(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5906488号
(P5906488)
(45)発行日　平成28年4月20日(2016.4.20)　(24)登録日　平成28年4月1日(2016.4.1)

(51)Int.Cl.　F I
G01R 15/20 (2006.01)　G01R 15/20 D

請求項の数 3　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2012-33966(P2012-33966)
(22)出願日　平成24年2月20日(2012.2.20)
(65)公開番号　特開2013-170878(P2013-170878A)
(43)公開日　平成25年9月2日(2013.9.2)
審査請求日　平成26年10月27日(2014.10.27)

(73)特許権者　310014322
アルプス・グリーンデバイス株式会社
東京都大田区雪谷大塚町１番７号
(74)代理人　100108006
弁理士　松下　昌弘
(72)発明者　蛇口　広行
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス・グリーンデバイス株式会社内
(72)発明者　小寺　康夫
東京都大田区雪谷大塚町１番７号　アルプス電気株式会社内

審査官　中村　説志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電流センサ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
同一平面に配置された複数の電流路と、
前記複数の電流路にそれぞれ対応して、各々の前記電流路が形成する磁界を検出する一対の磁電変換素子とを備え、
各々の前記電流路は、
第１導体部と、
前記第１導体部の一端に接続され、前記第１導体部に直交して第１方向に延在する第２導体部と、
前記第１導体部の他端に接続され、前記第１導体部に直交して第２方向に延在する第３導体部とを有し、
各々の前記第１導体部は前記平面内で平行であり、前記第２導体部と前記第３導体部とは互いに前記平面内で平行であって、
前記第１導体部の前記一端と前記他端との間の寸法を前記第１導体部の長さとすると、前記第１導体部の前記一端から前記第１導体部の長さ方向に延びる延長線上には、隣りの前記第２導体部が配置され、
前記第１導体部の前記他端から前記第１導体部の長さ方向に延びる延長線上には、隣りの前記第３導体部が配置されているとともに、
前記一対の磁電変換素子は、前記第１導体部を対称に挟むとともに前記平面に垂直な位置に配設されて、前記電流路における前記第１導体部が形成する磁界を検出し、

前記平面内で前記第１導体部の長さ方向と直交する方向の寸法を、前記第１導体部の幅とすると、
前記一対の磁電変換素子は、それぞれ前記第１導体部の幅方向に主感度軸を有するとともに、前記第１導体部の長さ方向に磁気影響軸を有し、
前記一対の磁電変換素子は、前記主感度軸の向きが同じ向きであり、かつ、前記磁気影響軸の向きが同じ向きであり、
前記第１導体部及び第２導体部並びに第３導体部がそれぞれ、前記平面と直交する方向の寸法を、それぞれの厚さとすると、
前記第１導体部の厚さは、前記第１導体部の幅よりも小さく、
前記第２導体部及び前記第３導体部の厚さは、前記第１導体部の厚さよりも大きく、かつ、前記一対の磁電変換素子の間隔よりも大きい
ことを特徴とする電流センサ。
【請求項２】
同一平面に配置された複数の電流路と、
前記複数の電流路にそれぞれ対応して、各々の前記電流路が形成する磁界を検出する一対の磁電変換素子とを備え、
各々の前記電流路は、
第１導体部と、
前記第１導体部の一端に接続され、前記第１導体部に直交して第１方向に延在する第２導体部と、
前記第１導体部の他端に接続され、前記第１導体部に直交して第２方向に延在する第３導体部とを有し、
各々の前記第１導体部は前記平面内で平行であり、前記第２導体部と前記第３導体部とは互いに前記平面内で平行であって、
前記第１導体部の前記一端と前記他端との間の寸法を前記第１導体部の長さとすると、前記第１導体部の前記一端から前記第１導体部の長さ方向に延びる延長線上には、隣りの前記第２導体部が配置され、
前記第１導体部の前記他端から前記第１導体部の長さ方向に延びる延長線上には、隣りの前記第３導体部が配置されているとともに、
前記一対の磁電変換素子は、前記第１導体部を対称に挟むとともに前記平面に垂直な位置に配設されて、前記電流路における前記第１導体部が形成する磁界を検出し、
前記平面内で前記第１導体部の長さ方向と直交する方向の寸法を、前記第１導体部の幅とすると、
前記一対の磁電変換素子は、それぞれ前記第１導体部の幅方向に主感度軸を有するとともに、前記第１導体部の長さ方向に磁気影響軸を有し、
前記一対の磁電変換素子は、前記主感度軸の向きが逆向きであり、かつ、前記磁気影響軸の向きが逆向きであり、
前記第１導体部及び第２導体部並びに第３導体部がそれぞれ、前記平面と直交する方向の寸法を、それぞれの厚さとすると、
前記第１導体部の厚さは、前記第１導体部の幅よりも小さく、
前記第２導体部及び前記第３導体部の厚さは、前記第１導体部の厚さよりも大きく、かつ、前記一対の磁電変換素子の間隔よりも大きい
ことを特徴とする電流センサ。
【請求項３】
前記一対の磁電変換素子は磁気抵抗効果素子である
ことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の電流センサ。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、電流路が形成する磁界を検出して当該電流路に流れる電流を測定する電流センサに関し、特に、隣り合う電流路の影響をより小さくできる電流センサに関する。

【背景技術】

【０００２】

電流センサは、電流路に流れる電流を測定するセンサであって、非接触で被測定電流路の周りに形成される磁界を検出し、検出された磁界に基づいて当該電流路に流れる電流を測定するものが知られている。このような電流センサは、例えば、それぞれの延びる方向が平行となるように並設された３本の電流路を有する三相モータ等に搭載される。このような複数の電流路に適用される電流センサにおいては、隣り合う電流路（近接電流路）を流れる電流により生じる磁界が被測定電流路の電流測定精度を低下させる問題がある。そのため、近接電流路に起因する磁界や地磁気等の外来磁界の影響を抑制する必要がある。

【０００３】

たとえば、特許文献１に開示されているように、環状のコアを被測定電流路に巻きつけずに、近接電流路に起因する磁界の影響を抑制する方法が検討されている。図１２は特許文献１で開示された従来の電流センサ１０１を示している。図１２に示すように、被測定電流路１１１の周りに形成される磁界を一対の磁電変換素子１２１ａ、１２１ｂで検出し、その出力の差分を測定している。こうすれば、近接電流路１１２に起因する磁界は、同一方向で同一の大きさの磁界として検出されるので、出力の差分により相殺することができる。また、環状のコアをもたないので、環状のコアを有する電流センサに比べて小型化できる。なお、図１２では磁界を分かりやすく示すために、電流に直交する平面から少し傾けた状態で磁界を図示している。

【０００４】

従来の電流センサ１０１の一対の磁電変換素子１２１ａ、１２１ｂは、図１２のＸＹ平面に直交する方向の感度軸を有し、被測定電流路１１１に流れる電流が形成する磁界と、近接電流路１１２に起因する磁界と、の和の磁界強度または差の磁界強度のいずれかを検出している。一対の磁電変換素子１２１ａ、１２１ｂの一方が（磁界強度の大きさとして）和で、他方が差のとき、当該一方の磁電変換素子はこの磁界強度で飽和しないダイナミックレンジを有したものでなければならない。すなわち、被測定電流路１１１の電流が形成する磁界よりも大きな磁界強度を測定可能なセンサ仕様にしておく必要がある。言い換えれば、当該磁電変換素子の有するダイナミックレンジから期待されるセンサ仕様よりも、実際に測定可能な電流範囲が狭いことが分かる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０１０－２６６２９０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

一方、電流センサは、たとえば電気回路内に設置されるので、可能な限り小型化することが望まれている。しかしながら、隣り合う電流路を近づけると、磁電変換素子の位置での磁界強度が大きくなるので、出力の差分における相殺量が大きくなって、磁電変換素子の入出力特性における線形性からのずれに影響されて、電流センサとしての測定精度が低下する。そのため、隣合う電流路に起因する磁界の影響を相対的に小さくするように、被測定電流路と隣り合う電流路とは、あまり近づけずに配置されていた。この場合、被測定電流路と隣り合う電流路との間隔を狭められない問題があった。

【０００７】

したがって、被測定電流路と隣り合う電流路との間隔を狭めるため、隣り合う電流路に起因する磁界に影響されにくい電流センサが望まれていた。

【０００８】

本発明は上記課題を解決するためのものであり、特に、隣り合う電流路に起因する磁界

の影響をより小さくできる電流センサ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】

【０００９】

本発明の電流センサは、同一平面に配置された複数の電流路と、前記複数の電流路にそれぞれ対応して、各々の前記電流路が形成する磁界を検出する一対の磁電変換素子とを備え、各々の前記電流路は、第１導体部と、前記第１導体部の一端に接続され、前記第１導体部に直交して第１方向に延在する第２導体部と、前記第１導体部の他端に接続され、前記第１導体部に直交して第２方向に延在する第３導体部とを有し、各々の前記第１導体部は前記平面内で平行であり、前記第２導体部と前記第３導体部とは互いに前記平面内で平行であって、前記第１導体部の前記一端と前記他端との間の寸法を前記第１導体部の長さとすると、前記第１導体部の前記一端から前記第１導体部の長さ方向に延びる延長線上には、隣りの前記第２導体部が配置され、前記第１導体部の前記他端から前記第１導体部の長さ方向に延びる延長線上には、隣りの前記第３導体部が配置されているとともに、前記一対の磁電変換素子は、前記第１導体部を対称に挟むとともに前記平面に垂直な位置に配設されて、前記電流路における前記第１導体部が形成する磁界を検出する、ことを特徴とする。

【００１０】

これにより、被測定電流路に流れる電流は、当該電流路における第１導体部に流れる電流が形成する磁界を検出することによって測定される。磁電変換素子が磁界を検出する感度軸方向を主感度軸と定義する。すなわち、主感度軸は、第１導体部を流れる電流が形成する磁界の方向になるように、一対の磁電変換素子が所定の向きに配設される。一対の磁電変換素子は第１導体部を挟んで対称に配置されて、電流路が配置された平面に平行な主感度軸を有している。このとき、第２導体部及び第３導体部が形成する磁界は、磁界を検出する一対の磁電変換素子の主感度軸に対して直交する磁界成分のみである。また、隣り合う電流路における第１導体部が形成する磁界を、被測定電流路に配設された一対の磁電変換素子の位置でほとんど検出されないように配置することができる。さらに、隣り合う電流路における第２導体部及び第３導体部が形成する磁界は、被測定電流路に配設された一対の磁電変換素子の主感度軸に対して、直交する磁界成分であるので検出されない。

【００１１】

したがって、隣り合う電流路に起因する磁界の影響をより小さくできる。

【００１２】

さらに、上記電流センサにおいて、前記平面内で前記第１導体部の長さ方向と直交する方向の寸法を、前記第１導体部の幅とすると、前記一対の磁電変換素子は、それぞれ前記第１導体部の幅方向に主感度軸を有するとともに、前記第１導体部の長さ方向に磁気影響軸を有し、前記一対の磁電変換素子は、前記主感度軸の向きが同じ向きであり、かつ、前記磁気影響軸の向きが同じ向きであることを特徴とする。

【００１３】

上記電流センサにおいて、前記平面内で前記第１導体部の長さ方向と直交する方向の寸法を、前記第１導体部の幅とすると、前記一対の磁電変換素子はそれぞれ前記第１導体部の幅方向に主感度軸を有するとともに、前記第１導体部の長さ方向に磁気影響軸を有し、前記一対の磁電変換素子は、前記主感度軸の向きが逆向きであり、かつ、前記磁気影響軸の向きが逆向きであってもよい。

【００１４】

磁気影響軸とは、磁界を検出する主感度軸に直交する軸のうち、磁電変換素子の出力に対して影響する方向の軸を意味している。主感度軸以外の方向に特別な磁気影響軸を有する磁電変換素子を配設する場合に、一対の磁電変換素子のそれぞれが有する主感度軸と磁気影響軸との向きを、一対でそれぞれ同じ向きにするか、どちらも異なる向きにすれば、磁気影響軸方向の磁界の影響を相殺することができる。こうすれば、磁気影響軸の方向に外来磁界があっても、被測定電流の測定精度が低下しないようにできる。

【００１５】

上記電流センサにおいて、前記第１導体部及び第２導体部並びに第３導体部がそれぞれ、前記平面と直交する方向の寸法を、それぞれの厚さとすると、前記第１導体部の厚さは前記第１導体部の幅よりも小さく、前記第２導体部及び前記第３導体部の厚さは前記第１導体部の厚さよりも大きくかつ前記一対の磁電変換素子の間隔よりも大きいことが好ましい。こうすれば、一対の磁電変換素子の近傍において、外部磁界成分が磁電変換素子の位置に侵入してくることが防止できる。したがって、外部磁界成分の影響を受けにくいので、第１導体部の長さを小さくでき、複数の電流路を接近して配置することが可能である。

【００１６】

上記電流センサにおいて、前記一対の磁電変換素子は磁気抵抗効果素子であることが好適である。磁気抵抗効果素子は、実装するプリント配線基板等の面に平行な主感度軸をもち、小型かつ高感度なので、電流センサを小型化できる。

【００１７】

上記電流センサにおいて、前記一対の磁電変換素子は磁気収束板を具備したホール効果素子であってもよい。磁気収束板を具備したホール効果素子は、実装するプリント配線基板等の面に平行な主感度軸にできるので、電流センサを小型化できる。

【発明の効果】

【００１８】

本発明の電流センサによれば、被測定電流路と隣り合う電流路との間隔を狭めても、隣り合う電流路に起因する磁界は一対の磁電変換素子にほとんど検出されないので、隣り合う電流路に起因する磁界の影響をより小さくできる。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】第１の実施形態の電流センサを示す平面図である。

【図２】図１の電流センサにおける被測定電流路の事例を示す拡大平面図である。

【図３】図２のＩＩＩ－ＩＩＩ線で切断してＸ２方向から見た断面図である。

【図４】図２のＩＶ－ＩＶ線で切断してＹ１方向から見た断面図である。

【図５】磁電変換素子の感度軸を示す説明図であり、（ａ）はＺ２方向から見た模式図であり、（ｂ）はＸ２方向から見た模式図である。

【図６】磁電変換素子の第１の変形例であり、（ａ）はＺ２方向から見た模式図であり、（ｂ）はＸ２方向から見た模式図である。

【図７】磁電変換素子の第２の変形例であり、（ａ）はＺ２方向から見た模式図であり、（ｂ）はＸ２方向から見た模式断面図である。

【図８】第２の実施形態の電流センサを示す断面図である。

【図９】図８の電流センサにおける被測定電流路の事例を示す拡大平面図である。

【図１０】図９のＸ－Ｘ線で切断してＸ２方向から見た断面図である。

【図１１】図９のＸＩ－ＸＩ線で切断してＹ１方向から見た断面図である。

【図１２】従来の電流センサを示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、分かりやすいように、図面の各種寸法を適宜変更している。

【００２１】

＜第１の実施形態＞

第１の実施形態について、以下、図１～図５を参照しながら説明する。図１は第１の実施形態の電流センサ１を示す平面図である。

【００２２】

図１に示すように、電流路１１、１２、１３が近接してＸＹ平面に配置されている。以下、電流路１２について説明する。電流路１２は、Ｘ１－Ｘ２方向に電流が流れている第１導体部１２ａと、第１導体部１２ａの一端に接続され、第１導体部１２ａに直交して第１方向（Ｙ１方向）に延在する第２導体部１２ｂと、第１導体部１２ａの他端に接続され

、第１導体部１２ａに直交して第２方向（Ｙ２方向）に延在する第３導体部１２ｃと、を有している。図１においては、第１導体部１２ａの一端と他端とを分かりやすくするために、２点鎖線で図示している。また、電流が第２導体部１２ｂのＹ１方向から第３導体部１２ｃのＹ２方向に流れている様子を、各導体部に示す矢印で表わしている。この電流の向きに対して、電流に直交する平面に沿って磁界を生じている。図１においては磁界を点線の矢印で示している。なお、図１では、磁界を分かりやすく示すために、電流に直交する平面から少し傾けた状態で磁界を図示している。

【００２３】

電流路１２の第１導体部１２ａの平面位置には、磁界を検出する一対の磁電変換素子が第１導体部を挟む対称な位置に配設され、第１導体部１２ａが形成する磁界を検出する。図１では、平面視で、一対の磁電変換素子の一方（２２ａ）が第１導体部１２ａのほぼ中央に位置している。一対の磁電変換素子の他方（２２ｂ）は、第１導体部１２ａの裏側に、第１導体部１２ａを挟む対称な位置に配設されていて、平面視では見えない（後述の図３及び図４を参照）。

【００２４】

本明細書において、磁電変換素子２２ａ、２２ｂが磁界を検出する感度軸方向を主感度軸と定義する。それぞれの磁電変換素子の主感度軸は、電流路１２の第１導体部１２ａを流れる電流が形成する磁界の方向（Ｙ１－Ｙ２方向）になるように、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの向きが揃えられて配設されている。

【００２５】

第１導体部１２ａの平面位置に配設された一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂは主感度軸がＹ１－Ｙ２方向であるので、第１導体部１２ａを流れる電流が形成する磁界を検出する。なお、第１導体部１１ａ、１２ａ、１３ａはＸ１－Ｘ２方向に離れて配置されているので、電流路１２に配設された磁電変換素子の位置では、隣り合う電流路１１、１３の第１導体部１１ａ、１３ａが形成する磁界をほとんど検出することがない。また、第２導体部１２ｂと第３導体部１２ｃとは互いに平面内で平行であって、第１導体部１２ａの一端と他端との間の寸法を第１導体部１２ａの長さとすると、第１導体部１２ａの一端から第１導体部１２ａの長さ方向に延びる延長線上には、隣りの第２導体部１１ｂが配置され、第１導体部１２ａの他端から第１導体部１２ａの長さ方向に延びる延長線上には、隣りの第３導体部１３ｃが配置されている。隣りの第２導体部１１ｂ及び第３導体部１３ｃを流れる電流が形成する磁界は、電流路１２に配設された磁電変換素子２２ａ、２２ｂの位置ではＸＹ平面に直交する成分がほとんどである。したがって、隣り合う電流路１１、１３に起因する磁界の影響をより小さくできる。他の電流路１１、１３においても同様である。この結果、一対の磁電変換素子の出力の差分における相殺量が小さいので、磁電変換素子の入出力特性に線形性からのずれ（非線形性）を有していても、その影響が少ない。

【００２６】

図２は図１の電流センサ１における被測定電流路２の事例を示す拡大平面図である。図２は、電流路１２を被測定電流路２とした事例であり、第１導体部１２ａの長さＬ、幅Ｗａを図示している。また、第２導体部１２ｂの幅Ｗｂと第３導体部１２ｃの幅Ｗｃとを示した。また、図２のＩＩＩ－ＩＩＩ線に沿って切断した断面図を図３に、ＩＶ－ＩＶ線に沿って切断した断面図を図４に示す。図３及び図４から分かるように、各電流路は平板導体（バスバー）の形状である。第１導体部１２ａの長さＬのほぼ中央、かつ、幅Ｗａのほぼ中央に、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂが配設されている。一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂは図示しない基板に実装されて固定され、第１導体部１２ａを挟む対称な位置に配設される。一方、図３及び図４に、磁電変換素子２２ａ、２２ｂの主感度軸Ｓａ、Ｓｂの向きを矢印で示している。一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂにおいて、電流路１２における第１導体部１２ａが形成する磁界を検出するように、主感度軸Ｓａ、ＳｂはＹ１－Ｙ２方向でＹ１の向きに揃えられている。第１導体部の厚さ（Ｚ１－Ｚ２方向の寸法）Ｈａは幅Ｗａよりも小さく、図３のように矩形の断面形状である。このとき、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの間隔Ｄは第１導体部の厚さＨａより大きく、第１導体部の幅

Ｗａより小さくしている。

【００２７】

電流路１２に流れる電流が形成する磁界は電流路１２の周りに沿っているので、図３のような第１導体部１２ａの矩形断面では、磁電変換素子２２ａ、２２ｂの位置において、Ｙ１－Ｙ２方向の磁界成分がほとんどである。したがって、電流が形成する磁界を高感度に検出することができる。また、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂで検出される磁界は、被測定電流路２（電流路１２）に起因する成分は正負が異なり、地磁気のような外来磁界成分は正負が同じである。したがって、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの出力の差分を測定すれば、被測定電流路２に起因する磁界成分のみを測定できる。

【００２８】

磁電変換素子２２ａ、２２ｂのＸ１－Ｘ２方向の寸法は、図２に示す第１導体部１２ａの長さＬに比べて、十分に小さくすることができる。一方、上述したように、第１導体部１２ａ以外の電流路に起因する磁界は、磁電変換素子２２ａ、２２ｂの位置で、主感度軸Ｓａ、Ｓｂの方向の成分をほとんど有していない。このため、第２導体部１２ｂ、第３導体部１２ｃ、及び隣り合う電流路１１、１３が形成する磁界を検出して、出力の差分を測定する場合に比べて、第１導体部１２ａの長さＬを小さくしても、隣り合う電流路１１、１３に起因した磁界強度が大きくなる影響を受けにくい。したがって、第１導体部１２ａの長さＬを小さくできるので、電流路１１、１２、１３を接近して配置することが可能である。

【００２９】

また、図１に示す平面位置に対して、第２導体部１２ｂと隣り合う電流路１１の第３導体部１１ｃとが、Ｘ１－Ｘ２方向で重なっていても、Ｙ１－Ｙ２方向で離れていれば、接することがないので問題ない。第３導体部１２ｃと隣り合う電流路１３の第２導体部１３ｂとの配置についても同様である。さらに、被測定電流路２（電流路１２）に配設された磁電変換素子２２ａのＸ１－Ｘ２方向の位置では、隣り合う電流路１１、１３の第１導体部１１ａ、１３ａに起因する磁界のＹ１－Ｙ２方向の磁界成分が大きくならない。その範囲であれば、各電流路を接近して配置することが可能なので、隣り合う電流路１１、１３をＸ１－Ｘ２方向にさらに近づけることが可能である。

【００３０】

なお、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂは図示しない基板に実装されて、第１導体部１２ａと磁電変換素子２２ａ、２２ｂとの間隔と、該基板の厚さと、がほぼ等しいことが好ましい。こうすれば、第１導体部１２ａに基板を載置して、上記の間隔が一定になるように取り付け可能であり、取り付け精度が安定する。上記基板には、プリント配線基板やフレキシブル配線基板を用いることができる。

【００３１】

次に、用いる磁電変換素子２２ａ、２２ｂの特性に応じた配置について説明する。磁電変換素子２２ａ、２２ｂは、磁気検出が可能な磁電変換素子であれば特に限定されない。磁電変換素子２２ａが、磁気抵抗効果素子の一種であるＧＭＲ（Ｇｉａｎｔ　Ｍａｇｎｅｔｏ　Ｒｅｓｉｓｔａｎｃｅ）素子である場合を図５に示す。ＧＭＲ素子を用いた磁電変換素子２２ａの感度軸を示す説明図であり、図５（ａ）はＺ２方向から見た模式図であり、（ｂ）はＸ２方向から見た模式図である。

【００３２】

ＧＭＲ素子においては、磁化方向Ｐａが固定された固定層４１ａに対して、スペーサ層４２ａを介して、磁化方向Ｆａが変化するフリー層４３ａが積層された構造を有する。ここでフリー層４３ａの磁化方向Ｆａは、外部磁界が無いときに固定層４１ａの磁化方向Ｐａに直交するように、バイアス磁界Ｂｉを設けて設定されている。このため、図５（ｂ）に示すように、外部磁界がゼロのとき、フリー層４３ａの磁化方向Ｆａはバイアス磁界Ｂｉ方向である。外部磁界が加わると、固定層４１ａの磁化方向Ｐａ方向と主感度軸Ｓａ方向（－Ｐａ方向）との間で、フリー層４３ａの磁化方向Ｆａの向きが変化する。このとき、ＧＭＲ素子の電気抵抗値が変化し、外部磁界を検出することができる。固定層４１ａの

磁化方向Ｐａとフリー層４３ａの磁化方向Ｆａとのなす角度によって抵抗値が変化するので、外部磁界の大きさを測定することができる。ＧＭＲ素子等の磁気抵抗効果素子は、実装するプリント配線基板等の面に平行な主感度軸をもち、小型かつ高感度なので、電流センサを小型化できる。

【００３３】

測定可能な磁界の大きさはフリー層４３ａの磁化方向Ｆａが固定層４１ａの磁化方向Ｐａと同じ向きから、固定層４１ａの磁化方向Ｐａと反対向き（主感度軸Ｓａ方向）になる範囲である。この範囲は、バイアス磁界Ｂｉの大きさによって変えることが可能である。バイアス磁界Ｂｉの大きさによって、フリー層４３ａの磁化方向Ｆａの向きが変化するので、測定する磁界に対する感度が変化する。

【００３４】

このバイアス磁界Ｂｉの大きさに感度が依存する特性は、ダイナミックレンジを大きくする場合に有効な手法であるが、バイアス磁界Ｂｉの方向（正負）の外部磁界に影響されやすくなる。本明細書において、このような感度に影響する磁界方向を磁気影響軸と呼ぶことにする。磁気影響軸とは、磁界を検出する主感度軸に直交する軸のうち、磁電変換素子の出力に対して影響する方向の軸を意味している。また、磁気影響軸に対比して、本来測定する磁界方向は前述のように主感度軸である。

【００３５】

図３及び図４に示すように、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの主感度軸Ｓａ、Ｓｂが同じ向きであるとき、図５に示す磁電変換素子２２ａの固定層４１ａがもつ磁化方向Ｐａと同じ向きの磁化方向Ｐｂで、かつ、磁電変換素子２２ａと同じ向きのバイアス磁界Ｂｉを有した磁電変換素子２２ｂを用いている。こうすれば、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの出力の差分を測定して、被測定電流路２の電流を測定することができる。一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂをこのような組み合わせにすれば、磁気影響軸方向の磁界の影響を相殺することができる。こうすれば、磁気影響軸の方向に外来磁界があっても、被測定電流の測定精度が低下しないようにできる。

【００３６】

図６は、第１の変形例であり、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの主感度軸方向を逆向きにした場合の、磁電変換素子２２ｂの磁化方向Ｆｂを示している。図６（ｂ）に示すように、外部磁界がゼロのときに、バイアス磁界Ｂｉの方向にフリー層４３ｂの磁化方向Ｆｂが一致している。図３～図５と異なり、図６の場合は、被測定電流路２が形成する磁界の方向と、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの主感度軸の向きとが一致（または主感度軸とベクトルが反対向きで一致)する。このとき、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂのバイアス磁界Ｂｉの向きを反対にしておくことで、被測定電流路２に起因する磁界を検出して、被測定電流路２の電流を測定することができる。この場合も、磁気影響軸方向の磁界をキャンセルすることができる。こうすれば、磁気影響軸の方向に外来磁界があっても、被測定電流の測定精度が低下しないようにできる。

【００３７】

図７は、第２の変形例であり、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂとして、ホール効果素子５２ａ、５３ａを用いてＹ１－Ｙ２方向の磁界を測定する場合を示している。図７は磁電変換素子２２ａについて、（ａ）平面図と（ｂ）Ｘ２方向から見た断面図とを示している。ホール効果素子５２ａ、５３ａはホール係数を有する半導体材料（半導体基板５１）に電流を流し、半導体を流れるキャリア（電子または正孔）が電流と磁界とに直交する方向に移動して発生する電位差を検出する素子である。一般的なホール効果素子は基板材料の面に対して垂直な方向に感度軸を有するため、平面実装の面方向に磁界を生じる使用方法に適していない。そのため、磁気収束板５４ａ、５５ａを形成して、それらの方向に主感度軸Ｓａをもつように改良された。

【００３８】

磁気収束板５４ａ、５５ａは、図７のＹ１－Ｙ２方向の磁界を検出する方向で、それぞれの一端がホール効果素子５２ａ、５３ａの感度軸に平面視で重なるように配置されてい

る。このとき、磁電変換素子２２ａの周辺に磁気シールド部材が配置されない場合には、Ｘ１－Ｘ２方向の磁界成分や、Ｚ１－Ｚ２方向の磁界成分も検出してしまう。磁電変換素子２２ｂについても同様である。

【００３９】

本変形例においても、図１～図４に示したように、主感度軸Ｓａ方向には被測定電流路２の第１導体部１２ａに起因する磁界が形成されるが、隣り合う電流路１１、１３に起因する磁界はほとんど含まれないので、隣り合う電流路１１、１３に起因する磁界の影響をより小さくできる。さらに、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂを外部磁界をキャンセルするように配設できるので、地磁気や隣り合う電流路１１、１３に起因する、Ｘ１－Ｘ２方向の磁界成分や、Ｚ１－Ｚ２方向の磁界成分についても、影響を小さくできる。このように、磁気収束板を具備したホール効果素子は、実装するプリント配線基板等の面に平行な主感度軸にできることから、電流センサを小型化できる。

【００４０】

なお、図２～図７は電流路１２を被測定電流路２とした事例を図示しているが、他の電流路１１、１３においても同様である。

【００４１】

＜第２の実施形態＞

図８は第２の実施形態の電流センサ１を示す平面図であり、図９は図８の電流センサ１における被測定電流路２の事例を示す拡大平面図である。第２の実施形態を構成する部材は第１の実施形態で説明した部材と同じであり、同じ符号が用いられている。

【００４２】

図９は電流路１２における、第１導体部１２ａの長さＬ、幅Ｗａを図示している。また、第２導体部１２ｂの幅Ｗｂと第３導体部１２ｃの幅Ｗｃとを示した。図９のＸ－Ｘ線に沿って切断した断面図を図１０に、ＸＩ－ＸＩ線に沿って切断した断面図を図１１に示す。図１０及び図１１から分かるように、第１導体部１２ａの長さＬのほぼ中央で、幅Ｗａのほぼ中央に、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂが配設されている。一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂは図示しない基板に実装されて固定され、第１導体部１２ａを挟む対称な位置に配設される。一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂにおいて、電流路１２における第１導体部１２ａが形成する磁界を検出するように、主感度軸Ｓａ、ＳｂはＹ１－Ｙ２方向でＹ１の向きに揃えられている。第１導体部１２ａの厚さ（Ｚ１－Ｚ２方向の寸法）Ｈａは幅Ｗａよりも小さく、図１０のように矩形の断面形状である。一方、第２導体部１２ｂの厚さＨｂと、第３導体部１２ｃの厚さＨｃとは、第１導体部の厚さＨａより大きい。このとき、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの間隔Ｄは第１導体部の厚さＨａより大きく、第１導体部の幅Ｗａより小さくしている。さらに、第２導体部１２ｂの厚さＨｂと、第３導体部１２ｃの厚さＨｃとは、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの間隔Ｄよりも大きいことが特徴である。

【００４３】

第２導体部１２ｂの厚さＨｂ及び第３導体部１２ｃの厚さＨｃが、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの間隔Ｄよりも大きいので、Ｘ１－Ｘ２方向の外部磁界成分が磁電変換素子２２ａ、２２ｂの位置に侵入してくることが防止できる。

【００４４】

また、外部磁界成分の影響を受けにくいので、第１導体部１２ａの長さＬは、磁電変換素子２２ａ、２２ｂのＸ１－Ｘ２方向の寸法より長ければ、図９や図１１に示すよりも小さくできる。したがって、第１導体部１２ａの長さＬを小さくできるので、電流路１１、１２、１３を接近して配置することが可能である。

【００４５】

図８に示すように、被測定電流路２の第２導体部１２ｂと隣り合う電流路１１の第３導体部１１ｃとが、Ｘ１－Ｘ２方向で重なっていても、Ｙ１－Ｙ２方向で離れていれば、接することがないので問題ない。さらに、被測定電流路２に配設された磁電変換素子２２ａのＸ１－Ｘ２方向の位置では、隣り合う電流路１１、１３の第１導体部１１ａ、１３ａに

起因する磁界のＹ１－Ｙ２方向の磁界成分が大きくならない。その範囲であれば、各電流路を接近して配置することが可能なので、隣り合う電流路１１、１３をＸ１－Ｘ２方向にさらに近づけることが可能である。

【００４６】

図９は、電流路１２を被測定電流路２とした事例を図示しているが、他の電流路１１、１３においても同様である。本実施形態においても、第１の実施形態と同様の変形例として、用いる磁電変換素子２２ａ、２２ｂの特性に応じた配置が可能である。

【００４７】

なお、第２導体部１２ｂの厚さＨｂ及び第３導体部１２ｃの厚さＨｃに対して、一対の磁電変換素子２２ａ、２２ｂの間隔Ｄが同じか大きい場合であっても、第１の実施形態と同様の効果が得られることは言うまでもない。

【００４８】

第１の実施形態及び第２の実施形態における磁電変換素子２２ａ、２２ｂは、磁気検出が可能な磁電変換素子であれば特に限定されない。たとえば、ＡＭＲ（Ａｎｉｓｏｔｒｏｐｉｃ Ｍａｇｎｅｔｏ Ｒｅｓｉｓｔａｎｃｅ）素子やＴＭＲ（Ｔｕｎｎｅｌ Ｍａｇｎｅｔｏ Ｒｅｓｉｓｔａｎｃｅ）素子等の磁気抵抗効果素子を用いてもよい。また、基板材料の面に対して垂直な方向に感度軸を有するホール効果素子を、感度軸方向が上記実施の形態と同じ関係になるように、基板に実装して取り付けてもよい。

【００４９】

以上のように、上記実施の形態における各構成要素の配置、大きさなどは適宜変更して実施することが可能である。その他、本発明は、本発明の範囲を逸脱しないで適宜変更して実施することができる。

【産業上の利用可能性】

【００５０】

本発明の電流センサは、例えば、電気自動車やハイブリッドカーのモータ駆動用の電流の大きさを検知するために用いることが可能である。

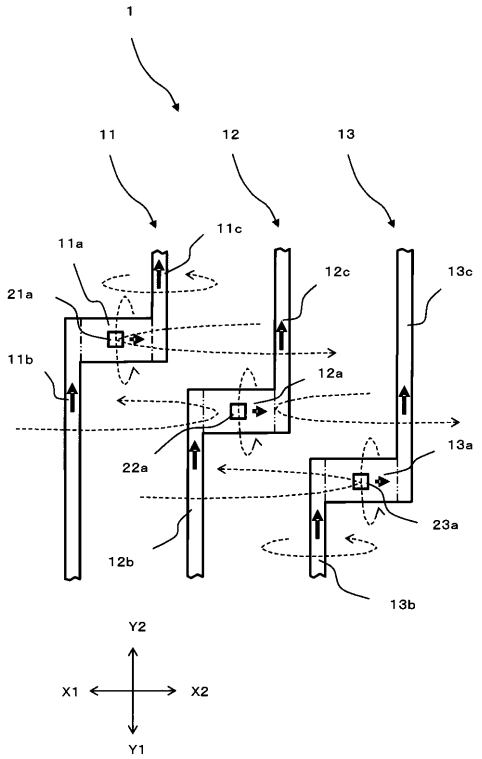
【符号の説明】

【００５１】

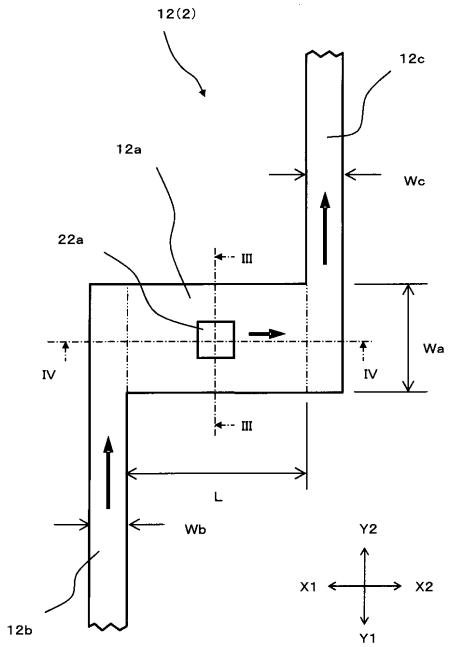
１　電流センサ
２　被測定電流路
１１、１２、１３　電流路
１１ａ、１２ａ、１３ａ　第１導体部
１１ｂ、１２ｂ、１３ｂ　第２導体部
１１ｃ、１２ｃ、１３ｃ　第３導体部
２１ａ、２１ｂ、２２ａ、２２ｂ、２３ａ、２３ｂ　磁電変換素子
４１ａ、４１ｂ　固定層
４２ａ、４２ｂ　スペーサ層
４３ａ、４３ｂ　フリー層
５１ａ　半導体基板
５２ａ、５３ａ　ホール効果素子
５４ａ、５５ａ　磁気収束板
１０１　電流センサ
１１２　被測定電流路
１１３　近接電流路
１２２ａ、１２２ｂ、１２３ａ、１２３ｂ　磁電変換素子
Ｄ　一対の磁電変換素子の間隔
Ｈａ　第１導体部の厚さ
Ｈｂ　第２導体部の厚さ
Ｈｃ　第３導体部の厚さ
Ｌ　第１導体部の長さ

Ｗａ　第１導体部の幅
Ｗｂ　第２導体部の幅
Ｗｃ　第３導体部の幅
Ｓａ、Ｓｂ　主感度軸
Ｐａ　固定層の磁化方向
Ｂｉ　バイアス磁界
Ｆａ　フリー層の磁化方向

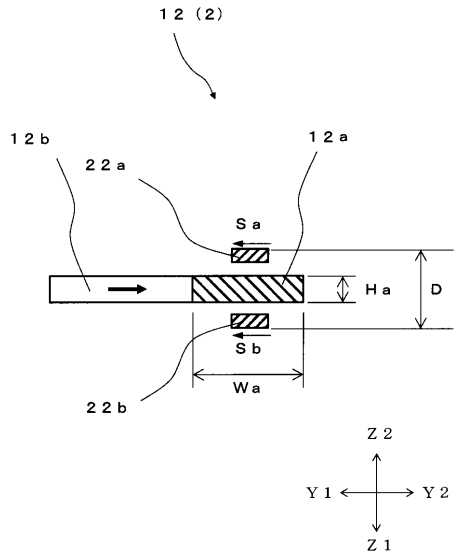
【図１】



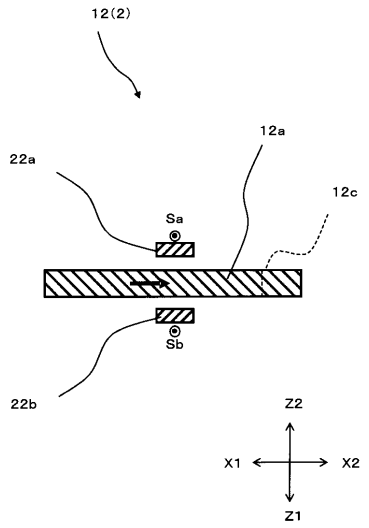
【図２】



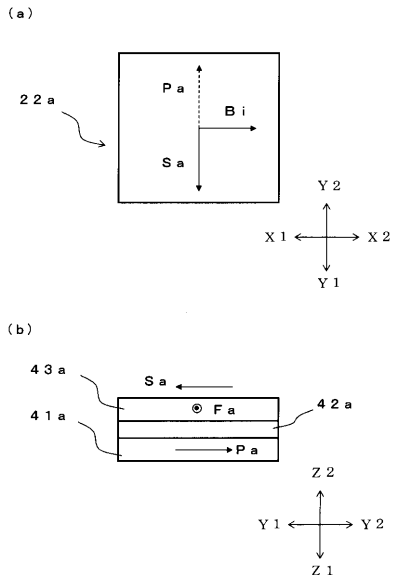
【図３】


１２（２）
１２ｂ
２２ａ
１２ａ
Ｓａ
Ｈａ
Ｄ
Ｓｂ
Ｗａ
２２ｂ
Ｚ２
Ｙ１
Ｙ２
Ｚ１

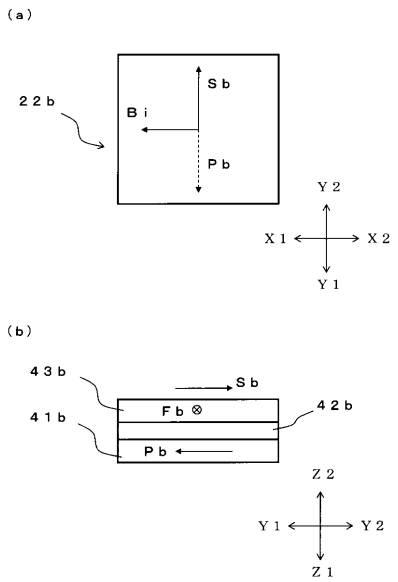
【図４】


12(2)
22a
12a
12c
Sa
Sb
22b
Z2
X1
X2
Z1

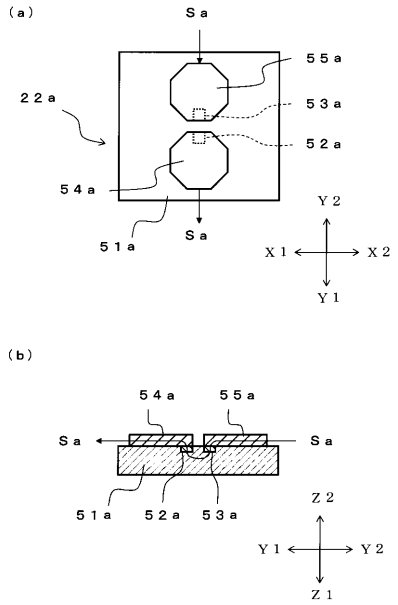
【図５】


（ａ）
２２ａ
Ｐａ
Ｂｉ
Ｓａ
Ｙ２
Ｘ１
Ｘ２
Ｙ１
（ｂ）
４３ａ
Ｓａ
Ｆａ
４１ａ
４２ａ
Ｐａ
Ｚ２
Ｙ１
Ｙ２
Ｚ１

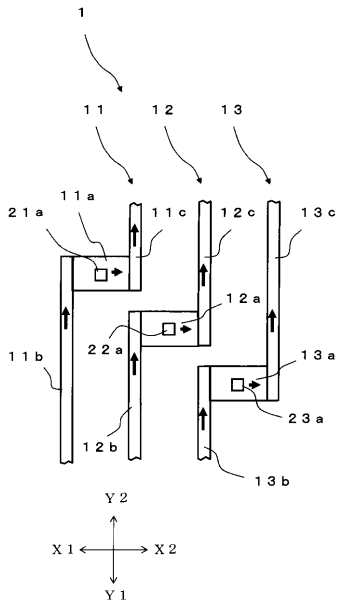
【図６】


（ａ）
２２ｂ
Ｓｂ
Ｂｉ
Ｐｂ
Ｙ２
Ｘ１
Ｘ２
Ｙ１
（ｂ）
４３ｂ
Ｓｂ
Ｆｂ
４１ｂ
４２ｂ
Ｐｂ
Ｚ２
Ｙ１
Ｙ２
Ｚ１

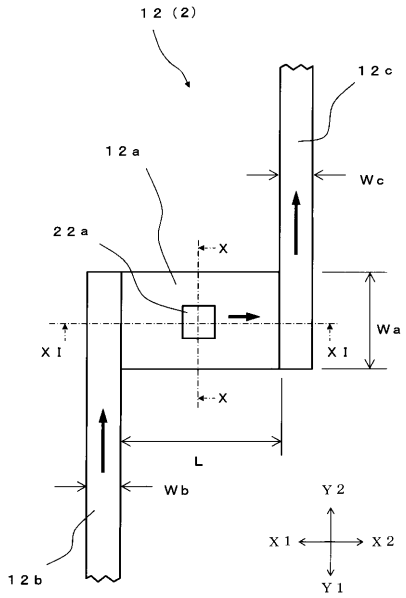
【図７】


(a)
Sa
55a
22a
53a
52a
54a
51a
Sa
Y2
X1
X2
Y1
(b)
54a
55a
Sa
Sa
51a
52a
53a
Z2
Y1
Y2
Z1

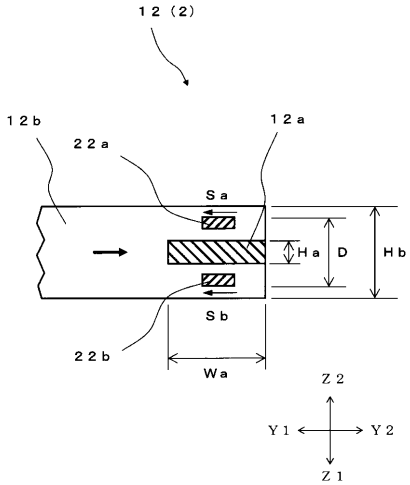
【図８】


1
11
12
13
21a
11a
11c
12c
13c
12a
22a
11b
13a
23a
12b
13b
Y2
X1
X2
Y1

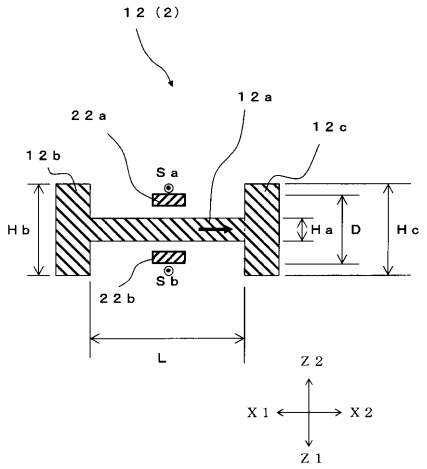
【図９】


12 (2)
12c
12a
Wc
22a
X
XI
Wa
XI
X
L
Wb
12b
Y2
X1
X2
Y1

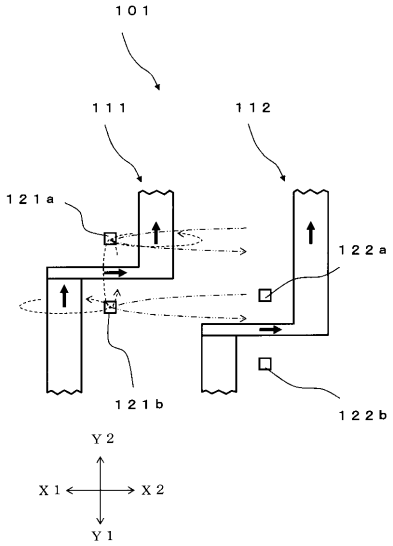
【図１０】


12 (2)
12b
22a
12a
Sa
Ha
D
Hb
Sb
22b
Wa
Z2
Y1
Y2
Z1

【図１１】


１２（２）
１２ａ
２２ａ
１２ｃ
１２ｂ
Ｓａ
Ｈｂ
Ｈａ
Ｄ
Ｈｃ
Ｓｂ
２２ｂ
Ｌ
Ｚ２
Ｘ１
Ｘ２
Ｚ１

【図１２】


１０１
１１１
１１２
１２１ａ
１２２ａ
１２１ｂ
１２２ｂ
Ｙ２
Ｘ１
Ｘ２
Ｙ１

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１０－１７５４７４（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１１２９６８（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１５５３９９（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１４５３５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－０４７００５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１９５４２７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２６６２９０（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２３３６９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｒ１５／００－１９／３２
Ｇ０１Ｒ３３／００－３３／６４