

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5657570号
(P5657570)

(45) 発行日 平成27年1月21日(2015.1.21)

(24) 登録日 平成26年12月5日(2014.12.5)

(51) Int.Cl. F I
 G O 1 R 15/20 (2006.01) G O 1 R 15/02 B
 G O 1 R 33/06 (2006.01) G O 1 R 33/06

請求項の数 8 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2011-547725 (P2011-547725)	(73) 特許権者	000003067
(86) (22) 出願日	平成22年12月28日 (2010.12.28)		T D K 株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/073753		東京都港区芝浦三丁目9番1号
(87) 国際公開番号	W02011/081197	(72) 発明者	中島 弘喜
(87) 国際公開日	平成23年7月7日 (2011.7.7)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
審査請求日	平成25年8月7日 (2013.8.7)		D K 株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-297648 (P2009-297648)	(72) 発明者	今井 考一
(32) 優先日	平成21年12月28日 (2009.12.28)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		D K 株式会社内
		(72) 発明者	大胡 拓矢
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
			D K 株式会社内
		(72) 発明者	奥野 礼二
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
			D K 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁界検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁界を発生する第1の磁界発生源と、
 前記第1の磁界発生源を取り囲むように設けられた第1の磁性体と、
 磁界を検出する磁界検出素子とを備え、
 前記第1の磁性体には第1のギャップが設けられ、
 前記磁界検出素子は、前記第1のギャップの外部であって前記第1の磁界発生源から発生した磁界を検出可能な位置に配置され、
 前記第1の磁界発生源の少なくとも一部は、前記第1のギャップ内に設けられることを特徴とする磁界検出装置。

【請求項2】

前記第1のギャップは、2つの平行な第1及び第2の磁極面によって構成され、
 前記磁界検出素子は、前記第1及び第2の磁極面とは異なる前記第1のギャップ近傍の側面を通じて前記第1の磁性体に入出力する磁束を検出可能に配置されることを特徴とする請求項1に記載の磁界検出装置。

【請求項3】

前記第1の磁性体は、前記第1の磁極面を端面とし、前記第1の磁極面と垂直な方向に延設された第1の端部を有し、
 前記磁界検出素子は、前記第1の端部の側方に配置されることを特徴とする請求項2に記載の磁界検出装置。

【請求項 4】

前記第 1 の磁性体は、
 前記第 2 の磁極面を有する第 2 の端部と、
 前記第 2 の端部から前記第 1 のギャップのギャップ方向と垂直に張り出した張出部とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の磁界検出装置。

【請求項 5】

前記第 1 の磁性体は、前記張出部から前記磁界検出素子側に向かって突出した突起部を有することを特徴とする請求項 4 に記載の磁界検出装置。

【請求項 6】

磁界を発生する第 2 の磁界発生源と、
 前記第 2 の磁界発生源を取り囲むように設けられた第 2 の磁性体とをさらに備え、
 前記第 2 の磁性体には第 2 のギャップが設けられ、
 前記磁界検出素子は、前記第 2 のギャップの外部であって前記第 2 の磁界発生源から発生した磁界を検出可能な位置に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の磁界検出装置。

10

【請求項 7】

前記第 2 のギャップは、2 つの平行な第 3 及び第 4 の磁極面によって構成され、
 前記磁界検出素子は、前記第 3 及び第 4 の磁極面とは異なる前記第 2 のギャップ近傍の側面を通じて前記第 2 の磁性体に入出入りする磁束も検出可能に配置されることを特徴とする請求項 6 に記載の磁界検出装置。

20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の磁界検出装置であり、
前記第 1 の磁界発生源は電流の流れる導体であることを特徴とする磁界検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は磁界検出装置及び電流センサに関し、特に検出磁界方向に制限がある GMR 素子やホール素子などの磁界検出素子を用いる磁界検出装置及び電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、モーター、産業機器、自動車など各種の用途に磁界検出装置が用いられるようになってきている。磁界検出装置は、GMR (Giant Magneto Resistive) 素子やホール素子などの磁界検出素子を有し、この磁界検出素子により、磁界発生源（電流や磁石など）から生ずる磁界を検出する装置である。特許文献 1 には、ホール素子を用いる磁界検出装置の例が開示されている。

30

【0003】

特許文献 1 に開示される磁界検出装置では、磁界発生源で生じた磁界を磁界検出素子に集中させるため、C コアと呼ばれる磁性体を用いて磁路を構成している。

【0004】

図 30 は、C コアの例を示す模式図である。同図では、図面縦方向が垂直方向であり、横方向及び奥行き方向が水平方向である。C コア 100 は、同図に示すように、途中にギャップ 101 を有する環状の磁性体であることからその名が付けられており、磁界発生源 102（ここでは電流）の周囲を取り囲むようにして設けられる。この構成により、磁界発生源 102 で発生した磁界 103 が C コア 100 の内部に集中し、ギャップ 101 の内部（空間 104）にも磁界 103 が集中する。磁界検出素子は、こうして磁界 103 が集中する空間 104 内に設けられる。特許文献 1 に記載されるホールセンサも、この空間 104 内に設けられている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

50

【特許文献1】特開2008-20403号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

図30にも示すように、Cコアのギャップ内の空間における磁束の方向は、ほぼ一方方向（図30の例では垂直方向）のみに偏っている。つまり、Cコアのギャップは対向する2つの平行な磁極面に挟まれた空間であり、ギャップ内の空間には、これら磁極面を通じてCコアに出入りする磁束のみが現れる。そして、2つの平行な磁極面の間を行き来する磁束の方向は磁極面にほぼ垂直となることから、ギャップ内の空間における磁束の方向は磁極面と垂直な方向に実質的に限定される。

10

【0007】

ところで、磁界検出素子の設置の向きは、磁束方向とは関係のない、例えば回路構成などの要因で決められてしまうことが一般的である。例えばGMR素子は磁界検出方向（＝強磁性固定層（ピン層）の磁化方向（ピン方向））が水平方向となるように設置されることになるのが一般的であるし、ホール素子は磁界検出方向（＝ホール素子を構成する半導体薄膜の法線方向）が垂直方向となるように設置されることになるのが一般的である。このような設置の向きに従う限り、図30に示したCコアのギャップ内には、ホール素子しか設置することができない。逆に、例えば上辺部にギャップを有するCコアでは、GMR素子しか設置できない。このように、従来の磁界検出装置には、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度が低いという問題がある。

20

【0008】

したがって、本発明の目的のひとつは、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度を高められる磁界検出装置及び電流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】

【0009】

上記目的を達成するための本発明による磁界検出装置は、磁界を発生する第1の磁界発生源と、前記第1の磁界発生源を取り囲むように設けられた第1の磁性体と、磁界を検出する磁界検出素子とを備え、前記第1の磁性体には第1のギャップが設けられ、前記磁界検出素子は、前記第1のギャップの外部であって前記第1の磁界発生源から発生した磁界を検出可能な位置に配置されることを特徴とする。

30

【0010】

第1のギャップの外部であれば、磁束の磁束方向は場所によって様々であるので、磁界検出素子の設置場所を適宜選択することで、磁界検出素子を通過する磁束の方向を適宜選択できる。したがって、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度が高められている。

【0011】

上記磁界検出装置において、前記第1のギャップは、2つの平行な第1及び第2の磁極面によって構成され、前記磁界検出素子は、前記第1及び第2の磁極面とは異なる前記第1のギャップ近傍の側面を通じて前記第1の磁性体に入出入りする磁束を検出可能に配置されることとしてもよい。

40

【0012】

また、この磁界検出装置において、前記第1の磁性体は、前記第1の磁極面を端面とし、前記磁極面と垂直な方向に延設された第1の端部を有し、前記磁界検出素子は、前記第1の端部の側方に配置されることとしてもよい。これによれば、磁界検出素子は、第1の端部の側面を通じて第1の磁性体に入出入りする磁束を検出できる。

【0013】

さらに、前記第1の磁性体は、前記第2の磁極面を有する第2の端部と、前記第2の端部から前記第1のギャップのギャップ方向と垂直に張り出した張出部とを有することとしてもよい。これによれば、第1の端部の側面を通じて第1の磁性体に入出入りする磁束の量が多くなるので、磁界検出素子の感度を高められる。

【0014】

50

上記各磁界検出装置において、前記磁界発生源の少なくとも一部は、前記第1のギャップ内に設けられることとしてもよい。これによれば、第1のギャップ近傍の側面を通じて第1の磁性体に入入りする磁束の分布が広がるので、磁界検出素子の設置場所を広く取ることができるようになる。

【0015】

上記各磁界検出装置において、磁界を発生する第2の磁界発生源と、前記第2の磁界発生源を取り囲むように設けられた第2の磁性体とをさらに備え、前記第2の磁性体には第2のギャップが設けられ、前記磁界検出素子は、前記第2のギャップの外部であって前記第2の磁界発生源から発生した磁界を検出可能な位置に配置されることとしてもよい。これによれば、磁界検出素子は、第1及び第2の磁界発生源でそれぞれ発生する磁界の両方を好適に検出できる。

10

【0016】

また、上記磁界検出装置において、前記第2のギャップは、2つの平行な第3及び第4の磁極面によって構成され、前記磁界検出素子は、前記第3及び第4の磁極面とは異なる前記第2のギャップ近傍の側面を通じて前記第2の磁性体に入入りする磁束も検出可能に配置されることとしてもよい。

【0017】

本発明の他の一側面による磁界検出装置は、磁界を検出する磁界検出素子と、前記磁界検出素子を、水平面内の四方から取り囲むように設けられた第1の磁性体コアと、前記第1の磁性体コアを、前記水平面と垂直な第1の面内の四方から取り囲むように設けられた第2の磁性体コアと、前記第1の磁性体コアの下面と前記第2の磁性体コアの下側内壁面との間に設けられた第1の磁界発生源とを備え、前記第1の磁性体コアの上面と前記第2の磁性体コアの上側内壁面とは磁氣的に接触しており、前記第1の磁性体コアの下面と前記第2の磁性体コアの下側内壁面とは離隔していることとしてもよい。

20

【0018】

本発明によれば、第1及び第2の磁性体コアにより磁路が構成されるとともに、第1の磁性体コアの下面と第2の磁性体コアの下側内壁面とをそれぞれ磁極面としてギャップが構成される。したがって、第1及び第2の磁性体コアにより上述した第1の磁性体が実現され、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度が高められている。また、第1及び第2の磁性体コアが外部磁界を遮蔽するので、外部磁界に対する耐性を高めることが可能になる。

30

【0019】

上記磁界検出装置において、前記第1の磁性体コアの下面と前記第2の磁性体コアの下側内壁面との間に設けられた第2の磁界発生源をさらに備え、前記第1の磁界発生源と前記第2の磁界発生源とは、前記磁界検出素子を挟んで前記第1の面内の互いに反対側に設けられることとしてもよい。これによれば、磁界検出素子は、第1及び第2の磁界発生源でそれぞれ発生する磁界の両方を好適に検出できる。

【0020】

上記磁界検出装置において、前記磁界検出素子は、前記第1の磁界発生源と前記第2の磁界発生源の前記第1の面に垂直な中心線を挟んで互いに反対側に設けられ、互いに同一のピン方向を有する一対の磁気抵抗素子を有することとしてもよい。これによれば、一対の磁気抵抗素子を電源電圧と接地電圧の間に直列接続し、その間の電圧を取得することで、磁界を検出することができる。なお、前記一対の磁気抵抗素子のピン方向は、前記中心線の延伸方向とは異なることとしてもよいし、前記一対の磁気抵抗素子のピン方向は、前記中心線と直交することとしてもよい。さらに、前記一対の磁気抵抗素子のフリー方向は互いに同一であり、前記磁界検出装置は、前記フリー方向と平行な磁界を発生する第3の磁界発生源をさらに備えるとしてもよい。

40

【0021】

上記各磁界検出装置において、前記第1及び第2の磁界発生源はそれぞれ、電流が流れることにより磁界を発生する線状の導体であり、前記第1及び第2の磁界発生源の延伸方

50

向は、前記第 1 の面と直交することとしてもよい。

【 0 0 2 2 】

上記各磁界検出装置において、前記第 1 及び第 2 の磁性体コアはそれぞれ、線対称な閉曲線を構成することとしてもよい。また、前記第 1 の磁性体コアにより構成される閉曲線の法線ベクトルと、前記第 2 の磁性体コアにより構成される閉曲線の法線ベクトルとは直交することとしてもよい。

【 0 0 2 3 】

また、上記各磁界検出装置において、前記第 1 の磁性体コアの下面の少なくとも一部は、前記磁界検出素子の下面より上方に位置していることとしてもよい。これによれば、磁界検出素子の感度をコントロールできる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明による電流センサは、上記各磁界検出装置のいずれかであり、前記第 1 の磁界発生源は電流の流れる導体であることを特徴とする電流センサである。

【発明の効果】

【 0 0 2 5 】

本発明によれば、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度を高めることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態による磁界検出装置の構成を示す模式図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態による磁界検出素子として GMR 素子を用いる場合の具体的な構成の例を示す図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態による 4 つの GMR 素子の接続並びにピン方向及びフリー方向を示す回路図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態による磁界検出装置の構成を示す模式図である。

【図 5】本発明の第 3 の実施の形態による磁界検出装置の構成を示す模式図である。

【図 6】本発明の第 4 の実施の形態による磁界検出装置 1 の構成を示す模式図である。

【図 7】本発明の第 5 の実施の形態による磁界検出装置の構成を示す模式図である。

【図 8】本発明の第 5 の実施の形態による 4 つの GMR 素子の接続並びにピン方向及びフリー方向を示す回路図である。

【図 9】(a) は、本発明の第 6 の実施の形態による磁界検出装置の斜視図である。(b) は、磁界検出装置の内部構造を示すために、(a) において第 2 の磁性体コアを少しずらして描いた図である。(c) は、磁界発生源としての導体の構造を示すために、(b) において第 1 の磁性体コアと基板とを透過的に描いた図である。

【図 10】本発明の第 6 の実施の形態による基板の上面図である。

【図 11】(a) は、図 9 (a) の C - C' 線の断面を示す断面図である。(b) は、図 9 (a) の D - D' 線の断面を示す断面図である。

【図 12】(a) は、図 11 (b) に示した磁界検出装置の断面図に、z 方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。(b) は、図 11 (b) に示した磁界検出装置の断面図に、x 方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。(c) は、図 10 に示した基板の上面図に、y 方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。(d) は、図 10 に示した基板の上面図に、x 方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。

【図 13】(a) は、磁界検出装置付近の磁界をシミュレーションした結果を示す図である。(b) は、(a) を第 1 の磁性体コア付近で拡大した拡大図である。

【図 14】(a) は、本発明の第 7 の実施の形態による磁界検出装置を示す斜視図である。(b) は、本発明の第 7 の実施の形態による磁界検出装置を、(a) とは異なる角度から見た斜視図である。

【図 15】本発明の第 7 の実施の形態による磁界検出装置の断面図である。

【図 16】本発明の第 8 の実施の形態による磁界検出装置の斜視図である。

【図 17】図 10 (b) の断面図に対応する本発明の第 8 の実施の形態による磁界検出装

10

20

30

40

50

置の断面図である。

【図18】本発明の第9の実施の形態による磁界検出装置の斜視図である。

【図19】(a)は、本発明の第9の実施の形態による磁界検出装置を基板にマウントした状態を示す側面図である。(b)(c)はそれぞれ基板の裏面の平面図である。

【図20】(a)(b)は、図10(b)の断面図に対応する本発明の第9の実施の形態による磁界検出装置の断面図である。

【図21】本発明の第10の実施の形態による磁界検出装置の斜視図である。

【図22】図10(b)の断面図に対応する本発明の第10の実施の形態による磁界検出装置の断面図である。

【図23】(a)は、第2の磁性体コアの上下面にスリットを設けた変形例を示す断面図である。(b)は、第2の磁性体コアの上面にスリットを設けた変形例を示す断面図である。

10

【図24】(a)は、第1の磁性体コアのx方向の両側面にスリットを設けた変形例を示す断面図である。(b)は、第1の磁性体コアのx方向の一方側面にスリットを設けた変形例を示す断面図である。

【図25】(a)は、第1の磁性体コアの断面形状を角丸四角形とした変形例(角をR若しくはC形状とした例)を示す断面図である。(b)は、第2の磁性体コアの断面形状を角丸四角形とした変形例(角をR若しくはC形状とした例)を示す断面図である。

【図26】(a)は、第1の磁性体コアの断面形状を丸形(円形)とした変形例を示す断面図である。(b)は、第2の磁性体コアの断面形状を丸形(楕円形)とした変形例を示す断面図である。(c)は、第1の磁性体コア12の断面形状をひし形とした変形例(四角形の対角線をx方向及びy方向と平行とした例)を示す断面図である。

20

【図27】磁界検出素子の配置される空間が、第1の磁性体コアと第2の磁性体コアによって完全に囲まれていることとした変形例を示す図である。

【図28】バスの先端をz方向の一方側に折り曲げた変形例を示す図である。(a)~(c)は、図9(a)~(c)に対応している。

【図29】(a)は、バスの先端をz方向の他方側に折り曲げた変形例を示す図である。(b)は、バスの先端をx方向に折り曲げた変形例を示す図である。(a)(b)はそれぞれ、図9(a)に対応している。

【図30】本発明の背景技術によるCコアの例を示す模式図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。

【0028】

図1は、本発明の第1の実施の形態による磁界検出装置1の構成を示す模式図である。同図に示すように、磁界検出装置1は、環状の磁性体であるCコア2(第1の磁性体)と、図面奥行き方向に延伸する導体3(第1の磁界発生源)と、磁界検出素子4とを備えている。なお、図1及び後掲する各図には、方向を示すためのx, y, z軸を示している。

【0029】

40

導体3には、電流が流れるよう構成されている。この電流が流れることにより、導体3は、図示した磁界B1を発生する磁界発生源として機能する。図1の例では、図面手前から奥に向かって電流が流れており、したがって磁界B1は右回りとなっている。

【0030】

Cコア2は、導体3の断面を取り囲むように設けられており、磁界B1の磁路として機能する。Cコア2は完全な環状ではなく、途中にギャップG1(第1のギャップ)が設けられる。ギャップG1は、2つの平行な磁極面2a, 2bによって構成されており、その内部の空間 S_{IN} では、図1に示すように磁束の方向がz方向のみにほぼ偏っている。これに対し、ギャップG1の外部の空間(Cコア2及び空間 S_{IN} によって占められる空間以外の空間)では、磁束の方向は、場所によって様々な方向を向いている。

50

【0031】

Cコア2は、ギャップG1を構成する磁極面2a, 2b(第1及び第2の磁極面)をそれぞれ端面とし、これらと垂直な方向(z方向)に延設された端部2c, 2d(第1及び第2の端部)を有している。これら端部2c, 2dの側面近傍における磁束の方向(端部2c, 2dの側面を通じてCコア2に出入りする磁束の方向)は、図1に示すように、端部2c, 2dの側面とほぼ垂直な方向(x方向)となっている。

【0032】

磁界検出素子4は、本実施の形態ではGMR素子又はホール素子である。磁界検出素子4は、ギャップG1の外部であって、かつ磁界B1を検出可能な位置に配置される。この配置は、換言すれば、磁極面2a, 2bとは異なるギャップG1近傍の側面(端部2c, 2dの側面)を通じてCコア2に出入りする磁束を検出可能な配置である。

10

【0033】

ギャップG1の外部では、図1に示すように、磁束の磁束方向は場所によって様々である。このため、磁界検出装置1では、磁界検出素子4の具体的な設置場所を適宜選択することで、磁界検出素子4を通過する磁束の方向を適宜選択できる。例えば、端部2c, 2dの側方(図示した空間Sの内部)に磁界検出素子4を設置することとすれば、水平方向(x方向)成分を多く含む磁束が磁界検出素子4を通過するように磁界検出素子4を配置することが可能である。したがって、GMR素子を、通常どおりの設置の向き(磁界検出方向、すなわちピン方向が水平方向となる向き)に従いながら、Cコア2を用いる磁界検出装置1の磁界検出素子4として利用可能になる。また、空間S内の磁束は垂直方向(z方向)成分も多く含むことから、ホール素子も、通常どおりの設置の向き(磁界検出方向、すなわちホール素子を構成する半導体薄膜の法線方向が垂直方向となる向き)に従いながら、Cコア2を用いる磁界検出装置1の磁界検出素子4として利用可能である。なお、本実施の形態では、導体3から発生する磁界を制御する上でギャップG1以外にも別のギャップをCコア2に形成しても良い。

20

【0034】

図2は、磁界検出素子4としてGMR素子を用いる場合の具体的な構成の例を示す図である。また、図3は、図2に示したGMR素子R1~R4の接続並びにピン方向及びフリー方向を示す回路図である。この例における磁界検出素子4は、一对のGMR素子R1, R2と、他の一对のGMR素子R3, R4とを有する。GMR素子R1とGMR素子R2、GMR素子R3とGMR素子R4はそれぞれ、y方向に延伸する直線Aを挟んで互いに線対称に配置される。言い換えると、GMR素子R1, R2は、直線Aを挟んで反対側に配置される。GMR素子R3, R4についても同様である。そして、各GMR素子R1~R4から直線Aまでの距離は互いに等しくなっている。なお、GMR素子R1, R3は、同じ側に配置される。

30

【0035】

GMR素子R2, R4のピン方向は、x方向と平行であり、かつCコア2に向かう向きとなっている。一方、GMR素子R1, R3のピン方向は、GMR素子R2, R4のピン方向と逆向きになっている。図3には、各素子のピン方向を矢印Pで示している。また、磁界検出素子4のy方向両端には一对の磁石30, 31(第3の磁界発生源)が配置されており、この一对の磁石30, 31により、各GMR素子R1~R4のフリー方向は、磁界B1, B2がない状態ではy方向の同一方向を向くように規定されている。つまり、各GMR素子R1~R4のフリー方向は、それぞれのピン方向と直交している。図3には、磁界B1, B2がない状態における各素子のフリー方向を矢印F₁で示している。

40

【0036】

図2に示すように、磁界検出素子4は他にも、各GMR素子R1~R4のx方向両側に設けられるパーマロイヨーク20と、各GMR素子R1~R4に接続された端子電極21~24と、各GMR素子R1~R4の下側に配置されたクローズドループ形成用の平面スパイラルコイル25とを有している。

【0037】

50

図3に示すように、各GMR素子R1～R4はフルブリッジ回路を構成する。具体的には、GMR素子R1、R2は端子電極22と端子電極21の間に直列接続される。同様に、GMR素子R4、R3も端子電極22と端子電極21の間に直列接続される。端子電極22には電源電圧Vccが供給され、端子電極21は接地される。GMR素子R1とGMR素子R2の接続点は端子電極23に接続され、GMR素子R3とGMR素子R4の接続点は端子電極24に接続される。

【0038】

磁界検出素子4の出力としては、端子電極23に現れる電圧Vaと、端子電極24に現れる電圧Vbとが用いられる。以下、電圧Va、Vbと磁界B1、B2の関係について説明する。

10

【0039】

導体3に電流が流れると、図1に示す磁界B1が発生する。この磁界B1は、図3に示すように、x方向に平行な磁界としてGMR素子R1～R4に印加される。この磁界の印加により、各GMR素子R1～R4のフリー方向は図3に示したF₂方向又はF₃方向に変化する。

【0040】

各GMR素子R1～R4のフリー方向がF₂方向に変化した場合、GMR素子R1、R3の抵抗値は減少し、GMR素子R2、R4の抵抗値は増加する。したがって、電圧Vaは増加し、電圧Vbは減少する。一方、各GMR素子R1～R4のフリー方向がF₃方向に変化した場合、GMR素子R1、R3の抵抗値は増加し、GMR素子R2、R4の抵抗値は減少する。したがって、電圧Vaは減少し、電圧Vbは増加する。したがって、いずれの場合であっても、電圧Va、Vbの差Va - Vbを測定することにより、磁界が印加されていることを確認することができる。また、差Va - Vbの符号を確認することにより、磁界の向きも検出でき、したがって導体3に流れる電流の向きも検出できることになる。

20

【0041】

以上説明したように、本実施の形態による磁界検出装置1によれば、磁界検出素子4として、通常どおりに設置した場合の磁界検出方向が90°異なるGMR素子とホール素子の両方を用いることが可能になる。つまり、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度を高めることが可能になっている。

30

【0042】

なお、本実施の形態による磁界検出装置1において空間Sに設置する磁界検出素子4としては、どちらかと言えばホール素子よりもGMR素子を用いることが好ましい。これは、空間Sにおいては水平方向(x方向)の磁束成分が微小であることから、水平方向(x方向)の磁束を検出するGMR素子を磁界検出素子4として用いることで、磁界検出素子4を飽和させることなく磁界を検出可能となるためである。

【0043】

図4は、本発明の第2の実施の形態による磁界検出装置1の構成を示す模式図である。本実施の形態による磁界検出装置1は、Cコア2の形状が異なる点で、第1の実施の形態による磁界検出装置1と相違している。

40

【0044】

具体的には、Cコア2では、端部2dは、ギャップG1を構成する一方の磁極面2bと垂直な方向に延設されてはいない。一方でCコア2は、端部2dからギャップG1のギャップ方向(磁極面2a、2bの法線方向。図示したz方向。)と垂直に張り出した張出部2eを有している。

【0045】

本実施の形態によるCコア2の構成によれば、張出部2eが存在していることにより、第1の実施の形態に比べて、端部2cの側面と端部2dの距離が近くなる。したがって、端部2cの側面を通じてCコア2に出入りする磁束の量が多くなるので、空間S内に磁界検出素子4を設置した場合の感度が高められる。なお、本実施の形態でも、導体3から発

50

生ずる磁界を制御する上でギャップG 1以外にも別のギャップをCコア2に形成しても良い。

【0046】

図5は、本発明の第3の実施の形態による磁界検出装置1の構成を示す模式図である。本実施の形態による磁界検出装置1は、Cコア2の形状が異なる点と、導体3の位置及び形状が異なる点とで、第2の実施の形態による磁界検出装置1と相違している。

【0047】

具体的には、Cコア2では、ギャップG 1と張出部2 eの長さが長くなっている。また、導体3は、平板状の導体により構成されている。そして、導体3の一部は、長くなったギャップG 1の内部に設けられている。

10

【0048】

本実施の形態によるCコア2の構成によれば、ギャップG 1内に導体3があるため、磁束はギャップG 1内を通過できず、その分、図5に示すように、端部2 cの外側側面2 c aを通じてCコア2に出入りする磁束の分布が広がる。したがって、図5に示すように、磁界検出素子4の設置場所として好適な空間Sの面積が広がり、磁界検出素子4の設置場所を広く取ることができるようになる。なお、本実施の形態でも、導体3から発生する磁界を制御する上でギャップG 1以外にも別のギャップをCコア2に形成しても良い。

【0049】

図6は、本発明の第4の実施の形態による磁界検出装置1の構成を示す模式図である。本実施の形態による磁界検出装置1は、Cコア2の形状が異なる点で、第3の実施の形態

20

【0050】

具体的には、本実施の形態によるCコア2は、張出部2 eの先端から磁界検出素子4側に向かって(空間Sに向かって)突出した突起部2 fを有している。突起部2 fの上面は、磁極面2 bと平行となっている。

【0051】

本実施の形態によるCコア2の構成によれば、端部2 cの外側側面2 c aから出た磁束が突起部2 fの上面に収束し、突起部2 fによって張出部2 eへの磁束の流れが作られる。その結果、図6と図5を比較すると理解されるように、本実施の形態による磁界検出装置1では、第3の実施の形態による磁界検出装置1に比べて、Cコア2の内部を通過する磁束及び空間S内を通過する磁束の量が多くなっている。これに伴い、磁界検出素子4を通過する磁束の量も増え、磁界検出素子4の磁界検出感度が高められている。別の観点から言えば、突起部2 fの有無により、磁界検出素子4の磁界検出感度をコントロールすることが可能になる。

30

【0052】

図7は、本発明の第5の実施の形態による磁界検出装置1の構成を示す模式図である。本実施の形態による磁界検出装置1は、第3の実施の形態による磁界検出装置1を2つ組み合わせた構成を有している。

【0053】

図7に示すように、本実施の形態による磁界検出装置1は、第3の実施の形態による磁界検出装置1においてさらに、環状の磁性体であるCコア5(第2の磁性体)と、図面奥行き方向に延伸する導体6(第2の磁界発生源)とを備えた構成を有する。

40

【0054】

Cコア5は、Cコア2と同様、2つの平行な磁極面5 a, 5 bによって構成されたギャップG 2(第2のギャップ)を有する。また、ギャップG 2を構成する磁極面5 aを端面とし、これと垂直な方向に延設された端部5 cと、磁極面5 bを有する端部5 dと、端部5 dからギャップG 2のギャップ方向(磁極面5 a, 5 bの法線方向。図示したz方向。)と垂直に張り出した張出部5 eとを有している。Cコア5のこれらの形状は、図示した直線Bを含むy-z面を挟んでCコア2と面对称な形状となっている。張出部5 eは、張出部2 eと一体化している。

50

【 0 0 5 5 】

導体 6 は、導体 3 と同様の平板状の導体であるが、電流の流れる向きが導体 3 とは逆（図 7 の例では、図面奥から手前に向かう方向）になっており、したがって、導体 6 を磁界発生源として発生する磁界 B 2 の磁束方向も、磁界 B 1 とは逆（図 7 の例では左回り）となっている。

【 0 0 5 6 】

磁界検出素子 4 としては GMR 素子又はホール素子のいずれも用いることができるが、GMR 素子を用いる場合、図示した直線 B 上ではなく、x 方向に少しずれた位置に配置される。直線 B 上では磁界 B 1 と磁界 B 2 とで x 方向成分が打ち消し合い、x 方向成分が残らないためである。

10

【 0 0 5 7 】

磁界検出素子 4 として GMR 素子を用いる場合について、より具体的な構成の例を挙げて説明する。この例における GMR 素子の具体的な構成は、図 2 に示した例と同様である。ただし、図 2 の直線 A は、図 7 の直線 B と同一の y - z 面上にあるとする。一方、図 8 は、この例における GMR 素子 R 1 ~ R 4 の接続並びにピン方向及びフリー方向を示す回路図である。図 3 に示すように、各 GMR 素子 R 1, R 2 の接続関係は図 3 に示した例と同様であるが、GMR 素子 R 2, R 4 のピン方向が図 3 の例とは異なっている。具体的には、GMR 素子 R 1 ~ R 4 のピン方向がすべて同じ向きとなっている。

【 0 0 5 8 】

導体 3, 6 に電流が流れると、図 7 に示す磁界 B 1, B 2 が発生する。この磁界 B 1, B 2 により、図 8 に示すように、GMR 素子 R 1, R 3 と GMR 素子 R 2, R 4 とでは、互いに反対向きの磁界が印加される。これらの磁界の印加により、各 GMR 素子 R 1 ~ R 4 のフリー方向は図 8 に示した F₂ 方向又は F₃ 方向に変化する。図 8 から明らかのように、GMR 素子 R 2, R 4 に関しては、図 3 に示した例とは逆の変化となっている。

20

【 0 0 5 9 】

各 GMR 素子 R 1 ~ R 4 のフリー方向が F₂ 方向に変化した場合、GMR 素子 R 1, R 3 の抵抗値は減少し、GMR 素子 R 2, R 4 の抵抗値は増加する。したがって、電圧 V_a は増加し、電圧 V_b は減少する。一方、各 GMR 素子 R 1 ~ R 4 のフリー方向が F₃ 方向に変化した場合、GMR 素子 R 1, R 3 の抵抗値は増加し、GMR 素子 R 2, R 4 の抵抗値は減少する。したがって、電圧 V_a は減少し、電圧 V_b は増加する。したがって、いずれの場合であっても、電圧 V_a, V_b の差 V_a - V_b を測定することにより、磁界が印加されていることを確認することができる。また、差 V_a - V_b の符号を確認することにより、磁界の向きも検出でき、したがって導体 3, 6 に流れる電流の向きも検出できることになる。

30

【 0 0 6 0 】

以上の構成により、端部 2 c の外側側面 2 c a と端部 5 c の外側側面 5 c a が向かい合うことになり、しかもそれぞれを通じて C コア 2 から出た磁束は、直線 B を中心として集合し、一体化した張出部 2 e, 5 e に入ることになる。したがって、図 7 に例示したように、外側側面 2 c a と外側側面 5 c a の間の領域、特に直線 B 付近に磁界検出素子 4 を配置することにより、磁界検出素子 4 は、磁界 B 1, B 2 の両方を好適に検出できるようになる。

40

【 0 0 6 1 】

また、磁界検出素子 4 として図 8 に示した GMR 素子 R 1 ~ R 4 を用いる場合、GMR 素子 R 1 ~ R 4 のピン方向が互いに同一であることから、地磁気などの一様な外部磁界の影響が相殺されるという効果も得られる。

【 0 0 6 2 】

また、C コア 2 と C コア 5 とが、直線 B を含む y - z 面を挟んで互いに面対称な形状を有していることとし、かつ GMR 素子 R 1 と GMR 素子 R 2、GMR 素子 R 3 と GMR 素子 R 4 をそれぞれ、y 方向に延伸する直線 A を挟んで互いに線対称に配置し、さらに各 GMR 素子 R 1 ~ R 4 によりフルブリッジ回路を構成したことから、電圧 V_a, V_b を安定

50

化することが可能になっている。

【0063】

なお、磁界検出素子4の具体的な回路構成としては、図3に示したような4つのGMR素子によって構成するフルブリッジ回路に限らず、2つのGMR素子によって構成するハーフブリッジ回路を採用することも可能である。

【0064】

図9(a)は、本発明の第6の実施の形態による磁界検出装置10の斜視図である。図9(b)は、磁界検出装置1の内部構造を示すために、図9(a)において第2の磁性体コア13を少しずらして描いた図である。図9(c)は、導体14の構造を示すために、図9(b)において第1の磁性体コア12と基板15とを透過的に描いた図である。また、図10は、基板15の上面図である。また、図11(a)(b)はそれぞれ、図9(a)のC-C'線、D-D'線の断面を示す断面図である。図11(b)には、磁力線も描いている。

10

【0065】

まず、図9(a)(b)に示すように、本実施の形態による磁界検出装置10は、磁界を検出する磁界検出素子11と、磁界検出素子11を、x-y面(第1の平面)内の四方から取り囲むように設けられた第1の磁性体コア12と、第1の磁性体コア12を、x-z面(第2の平面)内の四方から取り囲むように設けられた第2の磁性体コア13と、第1の磁性体コア12の下面と第2の磁性体コア13の下側内壁面との間に設けられた導体14(第1及び第2の磁界発生源)とを備える。なお、磁界検出素子11及び第1の磁性体コア12は、導体14の上に配置された樹脂製のプリント基板15の上に配置される。

20

【0066】

磁界検出装置10は、導体14を流れる電流により発生する磁界を検出することにより、導体14に電流が流れていることを検出する電流センサである。磁界検出装置10は、モーター、産業機器、自動車などに汎用的に用いられる。

【0067】

導体14は、平板状の導体により構成されたバスバー(電気エネルギーの分配に使用される電線路)であり、図9(c)に示すように、磁界検出素子11の中心を通るy-z面(第3の平面)に対して面对称な折り返し構造を有している。より具体的には、図11(b)に示すように、第1の磁性体コア12のx方向左側側面の真下に設けられた部分14aと、第1の磁性体コア12のx方向右側側面の真下に設けられた部分14bとを有し、これらが図11(b)の奥側で接続している。なお、導体14のx方向に平行な部分14c(折り返し部分)は、図11(a)に示すように、z方向から見て磁性体コア12及びその内部領域と重複しない領域(磁性体コア12の外側)に配置することが好ましい。このようにすることで、導体14の折り返し部分14cから発生する磁界が、磁性体コア12で囲まれた空間内部へ進入することを抑制できる。

30

【0068】

導体14は、電流が流れることにより、図11(b)に示した磁界B1, B2を発生する第1及び第2の磁界発生源として機能する。磁界B1, B2は互いに反対回りの磁束方向を有するが、これは、上記の折り返し構造のため、図11(b)に示すように、部分14aと部分14bとで電流の向きが逆になることによるものである。

40

【0069】

第1及び第2の磁性体コア12, 13はともに、強磁性材料を含む環状の磁性体であり、導体14で発生する磁界B1, B2の磁路を構成する。第1及び第2の磁性体コア12はともに、磁界検出素子11の中心を通るy-z面に対して面对称な閉曲線構造を有する。第1の磁性体コア12により構成される閉曲線の法線ベクトル(z方向のベクトル)と、第2の磁性体コア13により構成される閉曲線の法線ベクトル(y方向のベクトル)とは直交する。

【0070】

第1の磁性体コア12の上面と第2の磁性体コア13の上側内壁面とは、磁氣的に接触

50

している。このため、図 11 (b) に示すように、第 2 の磁性体コア 13 の上面を流れる磁束の一部は、第 1 の磁性体コア 12 の上面からその内部に入る。なお、磁氣的に接触しているとは、磁氣的なギャップがないとみなせる程度に接近していることを意味する。例えば、第 1 の磁性体コア 12 の上面と第 2 の磁性体コア 13 の上側内壁面とを接着剤で貼り付けた場合、これらの間に接着剤分の微小なスペースが生ずるが、一般的には磁氣的なギャップはないとみなしてよい。

【0071】

なお、導体 14 から発生する磁界を制御する上で必要な場合には、第 1 の磁性体 12 の上面と第 2 の磁性体 13 の上側内壁面間に第 3 のギャップ、第 4 のギャップを形成しても良い。また、第 3 のギャップ、第 4 のギャップは第 1 の磁性体 12 あるいは第 2 の磁性体 13 のいずれに形成しても良い。

10

【0072】

一方、第 1 の磁性体コア 12 の下面と第 2 の磁性体コア 13 の下側内壁面とは、図 11 (b) に示すように離隔しており、これにより、第 2 の磁性体コア 13 の上面から第 1 の磁性体コア 12 に入る磁路に設けられたギャップ G1, G2 を構成している。

【0073】

以上のような導体 14 並びに第 1 及び第 2 の磁性体コア 12, 13 の構成は、図 7 に示した磁界検出装置 1 と同一の構造を含んでいる。つまり、導体 14 の部分 14a, 14b がそれぞれ図 7 の導体 3, 6 に相当し、第 2 の磁性体コア 13 は C コア 2, 5 のうち端部 2c, 5c を除いた部分に相当し、第 1 の磁性体コア 12 は端部 2c, 5c に相当する。したがって、第 1 の磁性体コア 12 の内壁面を通じて出た磁束は、磁界検出素子 11 の中心を通る y - z 面 (図 11 (b) に示した直線 F を含む y - z 面) を中心として集合し、一体化した第 2 の磁性体コア 13 の下側内壁面に入ることになる。そして、第 1 の磁性体コア 12 の内壁面間の領域、特に直線 F を含む y - z 面付近に磁界検出素子 11 を配置することにより、磁界検出素子 11 は、磁界 B1, B2 の両方を好適に検出できるようになる。

20

【0074】

磁界検出素子 11 としては、GMR 素子とホール素子のいずれも用いることができる。磁界検出素子 11 として GMR 素子を用いる場合には、図 10 にも示すように、図 2 に示した構成と同様のフルブリッジ回路を用いることが好適である。なお、図 10 に示した直線 E が図 2 の直線 A に相当し、直線 E は図 11 (b) の直線 F と同一の y - z 面上にあるとする。そして、GMR 素子 R1 ~ R4 の接続及びピン方向としては、図 8 に示した例と同様の構成を採用することが好適である。こうすることで、電圧 Va, Vb の差 Va - Vb を測定することにより、導体 14 から発生した磁界 B1, B2 が印加されていることを確認することができる。また、差 Va - Vb の符号を確認することにより、磁界の向きも検出でき、したがって導体 14 に流れる電流の向きも検出できることになる。また、GMR 素子 R1 ~ R4 のピン方向が互いに同一であることから、地磁気などの一様な外部磁界の影響が相殺されるという効果も得られる。

30

【0075】

以上説明したように、本実施の形態による磁界検出装置 10 によれば、第 1 及び第 2 の磁性体コア 12, 13 により磁路が構成されるとともに、第 1 の磁性体コア 12 の下面と第 2 の磁性体コア 13 の下側内壁面とをそれぞれ磁極面としてギャップ G1, G2 が構成される。したがって、第 1 及び第 2 の磁性体コア 12, 13 により第 5 の実施の形態にて説明した C コア 2 (第 1 の磁性体) 及び C コア 5 (第 2 の磁性体) が実現され、磁界検出素子 11 の種類を選択する際の自由度が高められている。

40

【0076】

また、本実施の形態による磁界検出装置 10 によれば、第 1 及び第 2 の磁性体コア 12, 13 が外部磁界を遮蔽するので、外部磁界に対する耐性を高めることが可能になる。以下、この点につき、詳しく説明する。

【0077】

50

図12(a)は、図11(b)に示した磁界検出装置10の断面図に、z方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。同図に示すように、z方向から到来した外部磁界は第2の磁性体コア13によって遮蔽され、磁界検出素子11には届かない。

【0078】

図12(b)は、図11(b)に示した磁界検出装置10の断面図に、x方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。同図に示すように、x方向から到来した外部磁界も第2の磁性体コア13によって遮蔽され、磁界検出素子11には届かない。

【0079】

図12(c)は、図10に示した基板15の上面図に、y方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。同図に示すように、y方向から到来した外部磁界は第1の磁性体コア12によって遮蔽され、磁界検出素子11には届かない。

10

【0080】

図12(d)は、図10に示した基板15の上面図に、x方向から到来した外部磁界を書き入れた図である。同図に示すように、x方向から到来した外部磁界は第1の磁性体コア12によっても遮蔽される。

【0081】

このように、本実施の形態による磁界検出装置10によれば、x, y, zいずれの方向から到来した外部磁界であっても、第1及び第2の磁性体コア12, 13の少なくともいずれか一方により、好適に遮蔽される。したがって、外部磁界に対する耐性を高めることが可能になっている。

20

【0082】

図13(a)(b)は、磁界検出装置10付近の磁界をシミュレーションした結果を示す図である。同図には、図11(b)に示した磁界検出装置10の断面図を示し、その周囲に磁力線を書き込んでいる。(a)は磁界検出装置10の全体を示す図であり、(b)は第1の磁性体コア12付近の拡大図である。

【0083】

図13(a)(b)に示すように、第1の磁性体コア12の内壁面から出た磁束の磁束方向は、初めはx方向に平行であり、内壁面から離れるにしたがって次第に傾き、最終的にはz方向に平行となる。磁界検出素子11の左右の端部付近を通過する磁束はx方向成分を含んでおり、したがって、一对のGMR素子によって好適に磁界を検出することが可能になっている。

30

【0084】

また、図13(a)(b)から明らかなように、磁界検出装置10付近の磁界はz方向成分も含んでいる。したがって、ホール素子も、通常どおりの設置の向き(磁界検出方向が基板15の法線方向に平行となるよう設置すること。)に従いながら、磁界検出素子11として使用することが可能である。なお、磁界検出素子11としてホール素子を用いる場合には、x方向の中心線から左右に多少ずれたところに配置しても構わない。そのように配置しても、z方向成分を有する磁束が磁界検出素子11を通過するからである。

【0085】

図14(a)は、本発明の第7の実施の形態による磁界検出装置10を示す斜視図である。同図では、磁界検出装置10の内部構造を示すために、図9(b)と同様に第2の磁性体コア13を少しずらして描いている。図14(b)は、図14(a)とは異なる角度から見た磁界検出装置10を示す斜視図である。本実施の形態による磁界検出装置10は、第1の磁性体コア12の形状の点において、第6の実施の形態による磁界検出装置10と相違している。以下、この点について詳しく説明する。

40

【0086】

本実施の形態による第1の磁性体コア12は、図14(a)(b)に示すように、x方向両側の側面の下側に切り欠き12aを有しており、これにより、第1の磁性体コア12の下面の一部が磁界検出素子11の下面より上方に位置している。

【0087】

50

本実施の形態による磁界検出装置 1 によれば、切り欠き 1 2 a の大きさを適宜調節することで磁界の流れをコントロールでき、したがって、磁界検出素子 1 1 の感度をコントロールすることが可能になる。以下、詳しく説明する。

【 0 0 8 8 】

図 1 5 は、図 1 1 (b) の断面図に対応する本実施の形態による磁界検出装置 1 0 の断面図である。図 1 1 (b) と図 1 5 とを比較すると、第 1 の磁性体コア 1 2 の内壁面から出る磁束の位置が異なっている。すなわち、図 1 1 (b) の構成では、図 1 5 に示した点 X より上の位置から磁束が出るが、本実施の形態では、点 X より高い点 Y より上の位置からのみ磁束が出ることになる。

【 0 0 8 9 】

図 1 1 (b) に記載した磁力線から明らかなように、図 1 1 (b) の構成では、第 1 の磁性体コア 1 2 の内壁面の比較的下側から出た磁束は、磁界検出素子 1 1 を通過していない。これに対し、本実施の形態では、図 1 5 に記載したように、より多くの磁束が磁界検出素子 1 1 を通過する。したがって、本実施の形態による磁界検出素子 1 1 は、図 1 1 (b) の磁界検出素子 1 1 に比べ、高い感度で磁界を検出することが可能になっている。

【 0 0 9 0 】

このように、切り欠き 1 2 a の有無により、磁界検出素子 1 1 を通過する磁束の量をコントロールすることができる。また、切り欠き 1 2 a の大きさ（高さ及びノ又は幅）を変化させることによって、磁界検出素子 1 1 を通過する磁束の量をコントロールすることが可能である。したがって、本実施の形態による磁界検出装置 1 0 によれば、切り欠き 1 2 a の有無及び大きさを適宜調節することで、磁界検出素子 1 1 の感度をコントロールすることが可能になっている。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 は、本発明の第 8 の実施の形態による磁界検出装置 1 0 を示す斜視図である。同図では、磁界検出装置 1 0 の内部構造を示すために、図 9 (b) と同様に第 2 の磁性体コア 1 3 を少しずらして描いている。また、図 1 7 は、図 1 0 (b) の断面図に対応する本実施の形態による磁界検出装置 1 0 の断面図である。本実施の形態による磁界検出装置 1 0 は、第 3 の磁性体コア 5 0 を有する点において、第 6 の実施の形態による磁界検出装置 1 0 と相違している。以下、この点について詳しく説明する。

【 0 0 9 2 】

第 3 の磁性体コア 5 0 は、図 1 6 及び図 1 7 に示すように、磁界検出素子 1 1 の下面（より具体的には、基板 1 5 の下面）と第 2 の磁性体コア 1 3 の間の、z 方向から見て磁界検出素子 1 1 と重なる位置に配置される。第 3 の磁性体コア 5 0 の高さ H は、基板 1 5 の下面と第 2 の磁性体コア 1 3 の下側内壁面との距離より短く設定される。

【 0 0 9 3 】

第 3 の磁性体コア 5 0 の x 方向の幅 W は、第 3 の磁性体コア 5 0 に第 1 及び第 2 の磁性体コア 1 2、1 3 と同じ材料を用いる場合、第 2 の磁性体コア 1 3 の最大厚み（図 1 7 に示した角部 C 以外の場所の厚みの最大値）の 2 倍以上に設定することが好ましい。こうすることで、第 3 の磁性体コア 5 0 が飽和しにくくなる。また、第 3 の磁性体コア 5 0 と第 2 の磁性体コア 1 3 とで飽和レベルを揃えることが可能になる。具体的な例を挙げると、第 2 の磁性体コアの厚みを 1 . 5 mm とし、幅 W を 3 . 0 mm とすることが好ましい。また、幅 W は、磁界検出素子 1 1 の x 方向の幅より広く設定することが好ましい。

【 0 0 9 4 】

なお、幅 W は、第 3 の磁性体コア 5 0 を飽和磁束密度の高い材質によって構成することで、狭くすることが可能である。幅 W を狭くすれば、磁界検出素子 1 1 にかかる x 方向の磁界量が増加し、基板 1 5 に一体に形成された磁界検出素子 1 1 の面積を低減できるので、部品の小型化が可能となる。なお、第 3 の磁性体コア 5 0 を飽和磁束密度の高い材質によって構成すれば、第 3 の磁性体コア 5 0 が飽和しにくくなることから、導体 1 4 に流す電流の密度を上げることも可能となる。また、第 1 及び第 2 の磁性体コア 1 2、1 3 を通過する磁束が第 3 の磁性体コア 5 0 に集約するという観点からは、第 3 の磁性体コア 5 0 の

10

20

30

40

50

飽和磁束密度を第1及び第2の磁性体コア12, 13の飽和磁束密度よりも大きくすることが好ましい。

【0095】

第3の磁性体コア50の奥行(y方向の幅)は、第1の磁性体コア12の奥行より若干長い程度が好ましい。第3の磁性体コア50の奥行が第1の磁性体コア12の奥行より短いと、組み立て精度の問題などにより、最悪の場合、磁界検出素子11の下に第3の磁性体コア50が配置されなかったり、磁界が乱れる可能性がある。第3の磁性体コア50の奥行を第1の磁性体コア12の奥行より長くすることで、このような問題を解決できる。

【0096】

なお、第3の磁性体コア50の上面は第2の磁性体コア13の上側内壁面と平行に対向しているが、これら対向する2つの平行な磁極面は実質的に磁気ギャップを構成しない。これは、第2の磁性体コア13の側辺から上辺に入る磁束は、図17に示すようにほとんどの部分が第1の磁性体コア12側に流れ込み、第3の磁性体コア50の上面との対向面付近を通過する磁束は極めて希薄となるからである。したがって、本実施の形態においても、磁界検出素子11はギャップの外部(ギャップG1, G2の外部)に設けられている。

10

【0097】

第3の磁性体コア50は下面で第2の磁性体コア13と磁氣的に接触しており、第4の実施の形態にて説明した突起部2fを構成している。つまり、第1の磁性体コア12の内壁面を通じて出た磁束は、第3の磁性体コア50の上面に収束する。そして、第3の磁性体コア50によって、第2の磁性体コア13への磁束の流れが作られる。その結果、図17と図11(b)を比較すると理解されるように、本実施の形態による磁界検出装置10では、第6の実施の形態による磁界検出装置10に比べて磁界検出素子11を通過する磁束の量が多くなっており、磁界検出素子4の磁界検出感度が高められている。別の観点から言えば、第3の磁性体コア50の有無により、磁界検出素子11の磁界検出感度をコントロールすることが可能になる。

20

【0098】

磁界検出素子11の磁界検出感度は、第3の磁性体コア50の高さHの調節によってもコントロールできる。つまり、高さHが高いほど、第3の磁性体コア50を通過する磁束の量が増加する。したがって、磁界検出素子11を通過する磁束の量が増え、磁界検出素子11の磁界検出感度が上がることになる。

30

【0099】

なお、第3の磁性体コア50は2以上に分割してもよい。この場合、複数の第3の磁性体コア50をy-z面に対して対称となるように配置し、かつ、磁界検出素子11をy-z面に対して対象となるように配置することが好ましい。このように配置することにより、複数の磁界検出素子50を使用し、ブリッジ回路を形成することが可能となる。

【0100】

以上説明したように、本実施の形態による磁界検出装置10によれば、第3の磁性体コア50を設けたことで、磁界検出素子4の磁界検出感度を向上できる。また、第3の磁性体コア50の高さHの調節によって、磁界検出素子11の磁界検出感度をコントロールすることが可能になる。

40

【0101】

なお、第3の磁性体コア50は、x-y面内に複数個配置してもよい。また、z方向に複数個の第3の磁性体コア50を積層してもよい。さらに、第3の磁性体コア50は、第2の磁性体コア12と別体の磁性体コアであってもよいし、第2の磁性体コア12と一体化していてもよい。

【0102】

図18は、本発明の第9の実施の形態による磁界検出装置10を示す斜視図である。図19(a)は、本実施の形態による磁界検出装置10を基板60にマウントした状態を示す側面図である。図19(b)(c)はそれぞれ基板60の裏面60aの平面図であり、

50

図19(b)は本実施の形態による磁界検出装置10の第1の実施例、図19(c)は本実施の形態による磁界検出装置10の第2の実施例をそれぞれ示している。また、図20(a)(b)は、それぞれが図10(b)の断面図に対応する本実施の形態による磁界検出装置10の断面図であり、図20(a)は上記第1の実施例、図20(b)は上記第2の実施例にそれぞれ対応している。本実施の形態による磁界検出装置10は、導体14が2本(導体14-1, 14-2)設けられている点で、第6の実施の形態による磁界検出装置10と相違している。以下、この点について詳しく説明する。

【0103】

導体14-1, 14-2は、それぞれが第6の実施の形態で説明した導体14と同一の構造を有している。つまり、図18に示すように、導体14-1は、第1の磁性体コア12のx方向左側側面の真下に設けられた部分14-1aと、第1の磁性体コア12のx方向右側側面の真下に設けられた部分14-1bとを有し、これらが図18のy方向奥側で接続した構成を有している。同様に、導体14-2も、第1の磁性体コア12のx方向左側側面の真下に設けられた部分14-2aと、第1の磁性体コア12のx方向右側側面の真下に設けられた部分14-2bとを有し、これらが図18のy方向奥側で接続した構成を有している。

【0104】

導体14-1の磁界検出装置10内における配置は、第6の実施の形態で説明した導体14と同一である。一方、導体14-2は、導体14-1の下面と第2の磁性体コア13の間の、z方向から見て導体14-1と重なる位置に配置される。導体14-1と導体14-2との間には図示しない絶縁層が設けられ、この絶縁層によって導体14-1と導体14-2とは電氣的に絶縁されている。

【0105】

図19(a)に示すように、本実施の形態による磁界検出装置10は、導体14-1, 14-2の開放端を基板60に突き刺すことにより、基板60にマウントされる。図19(b)に示す第1の実施例では、部分14-1a, 14-2aはそれぞれ基板60の裏面60aで配線パターン61aと電氣的に接続し、部分14-1b, 14-2bはそれぞれ基板60の裏面60aで配線パターン61bと電氣的に接続している。したがって、導体14-1, 14-2は、配線パターン61a, 61bの間に並列に接続されている。一方、図19(c)に示す第2の実施例では、部分14-1aは基板60の裏面60aで配線パターン62aと電氣的に接続し、部分14-1b, 14-2aはそれぞれ基板60の裏面60aで配線パターン62bと電氣的に接続し、部分14-2bは基板60の裏面60aで配線パターン62cと電氣的に接続している。したがって、導体14-1, 14-2は、配線パターン62a, 62cの間に直列に接続されている。

【0106】

導体14-1, 14-2が並列に接続される第1の実施例では、図11(b)に示した第6の実施の形態の場合と比べ、磁界検出装置10内を通過する電流量は変わらない。したがって、第1及び第2の磁性体コア12, 13を通過する磁束の量は、図20(a)に示すように、図11(b)の例と同程度となる。したがって、磁界検出素子11の磁界検出感度も第6の実施の形態と同程度である。

【0107】

これに対し、導体14-1, 14-2が直列に接続される第2の実施例では、図11(b)に示した第6の実施の形態の場合と比べ、磁界検出装置10内を通過する電流量が2倍になる。したがって、第1及び第2の磁性体コア12, 13を通過する磁束の量は、図20(b)に示すように、図11(b)の例と比べて大きく増え、磁界検出素子11を通過する磁束の量も大きくなる。したがって、磁界検出素子11の磁界検出感度は、第6の実施の形態に比べて高くなる。

【0108】

このように、本実施の形態による磁界検出装置10によれば、基板60の配線パターンの結線によって、磁界検出素子11の磁界検出感度をコントロールすることが可能になる

10

20

30

40

50

【0109】

図21は、本発明の第10の実施の形態による磁界検出装置10を示す斜視図である。同図では、磁界検出装置10の内部構造を示すために、図9(b)と同様に第2の磁性体コア13を少しずらして描いている。また、図22は、図10(b)の断面図に対応する本実施の形態による磁界検出装置10の断面図である。本実施の形態による磁界検出装置10は、第4の磁性体コア51a, bを有する点において、第6の実施の形態による磁界検出装置10と相違している。以下、この点について詳しく説明する。

【0110】

第4の磁性体コア51a, 51bはそれぞれ、導体14の部分14a, 14bと第1の磁性体コア12の下面(より具体的には、基板15の下面)との間に配置される。図22に示すように、第4の磁性体コア51a, 51bそれぞれの一端は第2の磁性体コア13と磁氣的に接触しており、他端は、第1の磁性体コア12の内壁面とz方向に見て概ね重なる位置に設けられる。

【0111】

なお、第4の磁性体コア51a, 51bは、導体14と接触しないように配置することが好ましい。接触すると、第4の磁性体コア51a, 51bが磁氣的に飽和しやすくなるからである。また、第4の磁性体コア51a, 51bは、第2の磁性体コア13と一体に成形してもよいし、第2の磁性体コア13とは別体としてもよい。さらに、第4の磁性体コア51a, 51bは、基板15の裏面に貼り付けて構成することとしてもよい。

【0112】

以上のような第4の磁性体コア51a, 51bを設けたことにより、図22に示すように、磁界検出素子11を通過する磁束の量が図11(b)の例と比べて減少している。したがって、本実施の形態では、磁界検出素子11の磁界検出感度は、第6の実施の形態に比べて低くなるが、この感度低下の程度は、第4の磁性体コア51a, 51bのx方向の幅Lの調節によってコントロールできる。つまり、幅Lが長いほど第4の磁性体コア51a, 51bを通過する磁束の量が増える一方、磁界検出素子11を通過する磁束の量は減少する。したがって、幅Lの値を調節することにより、磁界検出素子11の磁界検出感度コントロールできることになる。

【0113】

以上説明したように、本実施の形態による磁界検出装置10によれば、第4の磁性体コア51a, 51bのx方向の幅Lの調節によって、磁界検出素子11の磁界検出感度をコントロールすることが可能になる。

【0114】

以上、本発明の好ましい実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、本発明が、その要旨を逸脱しない範囲において、種々なる態様で実施され得ることは勿論である。

【0115】

例えば、上記各実施の形態では、図3や図8に示したように、ピン方向がx方向と平行になるようにGMR素子を設置している。つまり、磁界のx方向成分を測定できるようにGMR素子を配置しているが、ピン方向がx方向とz方向の間を向くようにGMR素子を設置することで(つまり、ピン方向がx軸に対して傾いた状態とすることで)、x方向成分とz方向成分の両方を測定できるようにしてもよい。この場合、ピン方向とx軸のなす角は $\pm 45^\circ$ 以内とすることが好ましく、こうすることで、(z方向成分ではなく)x方向成分をメインに測定することが可能になる。

【0116】

また、上記各実施の形態ではGMR素子及びホール素子を用いる例を取り上げて説明したが、本発明は、磁界検出素子としてGMR素子以外の磁気抵抗素子、例えばTMR(Tunnel Magneto-Resistance)素子やAMR(An-Isotropic Magneto-Resistance)素子などを用いる場合にも同様に適用できる。

【 0 1 1 7 】

また、第 6 乃至第 1 0 の実施の形態において説明した第 1 及び第 2 の磁性体コア 1 2 , 1 3 は、途中に微小なスリットを有していてもよい。図 2 3 (a) は、第 2 の磁性体コア 1 3 の上下面にスリット 1 3 a を設けた例である。また、図 2 3 (b) は、第 2 の磁性体コア 1 3 の上面にスリット 1 3 a を設けた例である。また、図 2 4 (a) は、第 1 の磁性体コア 1 2 の x 方向の両側面にスリット 1 2 b を設けた例である。また、図 2 4 (b) は、第 1 の磁性体コア 1 2 の x 方向の一方側面にスリット 1 2 b を設けた例である。これらのようにスリットを設けた場合、若干外部磁界の遮蔽効果は減少するものの、ほぼ問題なく電流センサとして磁界検出装置 1 0 を機能させることが可能である。

【 0 1 1 8 】

また、第 1 及び第 2 の磁性体コア 1 2 , 1 3 の断面形状は、第 6 乃至第 1 0 の実施の形態において説明したような四角形に限られない。図 2 5 (a) は、第 1 の磁性体コア 1 2 の断面形状を角丸四角形とした例（角を R 若しくは C 形状とした例）である。また、図 2 5 (b) は、第 2 の磁性体コア 1 3 の断面形状を角丸四角形とした例（角を R 若しくは C 形状とした例）である。また、図 2 6 (a) は、第 1 の磁性体コア 1 2 の断面形状を丸形（円形）とした例である。また、図 2 6 (b) は、第 2 の磁性体コア 1 3 の断面形状を丸形（楕円形）とした例である。また、図 2 6 (c) は、第 1 の磁性体コア 1 2 の断面形状をひし形とした例（四角形の対角線を x 方向及び y 方向と平行とした例）である。図 2 5 (a) (b) や図 2 6 (a) (b) に記載した例のように角のない断面形状を採用した場合、角部での磁束の漏れが少なくなるため、角部がある構成に比べ、外部磁界の遮蔽効果が向上する。また、図 2 6 (c) に記載した例のようにひし形の断面形状を採用した場合、四角形の各辺を x 方向及び y 方向と平行とした例と同様の遮蔽効果が得られる。

【 0 1 1 9 】

なお、図 2 5 の各図や図 2 6 の各図に示した磁性体コアを採用する場合、図 1 0 , 図 1 1 (b) に示した直線 E , F を含む y - z 面を挟んで面対称な形状とすることが好ましい。そして、磁界検出素子 4 として 4 つの G M R 素子からなるフルブリッジ回路を用いる場合、図 1 0 に示したものと同様に、直線 E を挟んで線対称に配置することが好ましい。こうすることで、より安定した出力を得ることが可能になる。

【 0 1 2 0 】

また、構成によっては、ギャップの大きさをゼロとしても、磁界検出素子の種類を選択する際の自由度を高めることができる。図 2 7 は、このような例による磁界検出装置の断面図を示している。同図に示す例では、図 1 1 (b) に示した磁界検出装置において、ギャップ G 1 , G 2 の大きさをゼロとするとともに、基板 1 5 を除去し、導体 1 4 (部分 1 4 a , 1 4 b) の位置を、第 1 の磁性体コア 1 2 の側方に移動している。そして、部分 1 4 a , 1 4 b は、図 2 7 に示した上下方向の中心線 G に対して非対称となる位置（より具体的には上側）に配置している。

【 0 1 2 1 】

図 2 7 の例では、磁界検出素子 1 1 は、ギャップ G 1 , G 2 の外部に配置されている点では上述した各実施の形態と同様であるが、その配置される空間 T が、第 1 の磁性体コア 1 2 と第 2 の磁性体コア 1 3 によって完全に囲まれている点で各実施の形態と異なっている。つまり、磁界検出素子 1 1 は完全に磁気シールドされた状態となっているが、導体 1 4 の部分 1 4 a , 1 4 b が中心線 G に対して非対称な位置に配置されているために、導体 1 4 で発生した磁界の一部は、空間 T 内にも現れる。そして、その磁界は第 1 の磁性体コア 1 2 内壁面からも漏れ出る。したがって、上述した第 5 の実施の形態などと同様に、磁界検出素子 1 1 の種類を選択する際の自由度が高められている。また、このような構成とすることで、磁界検出素子 1 1 の小型化が可能になる。

【 0 1 2 2 】

また、図 9 に示した例ではバスバー 1 4 の各部分 1 4 a , 1 4 b の先端が y 方向に真っ直ぐ延伸していたが、本発明によれば、これを x 方向や z 方向に折り曲げることが可能にある。図 2 8 (a) ~ (c) は、バスバー 1 4 の各部分 1 4 a , 1 4 b の先端 1 4 a x ,

10

20

30

40

50

14bxがz方向の一方側に折れ曲がっている例を示す図である。図28(a)~(c)は、図9(a)~(c)に対応している。同様に、図29(a)は先端14ax, 14bxがz方向の他方側に折れ曲がっている例を示し、図29(b)は、先端14ax, 14bxがx方向に折れ曲がっている例を示している。図28(a)(b)はそれぞれ、図9(a)に対応している。

【0123】

バスバー14の先端を折り曲げた場合、折り曲げた部分からは折り曲げていない部分とは異なる方向の磁界が発生することになる。これは、磁界検出素子11の検出精度を下げる要因となり得るが、本発明では、折り曲げた部分から生ずる磁界を第1及び第2の磁性体コア12, 13によって遮蔽することができるので、折り曲げた部分から発生する磁界を気にせずに、バスバー14の先端を自由に折り曲げることが可能になる。

10

【符号の説明】

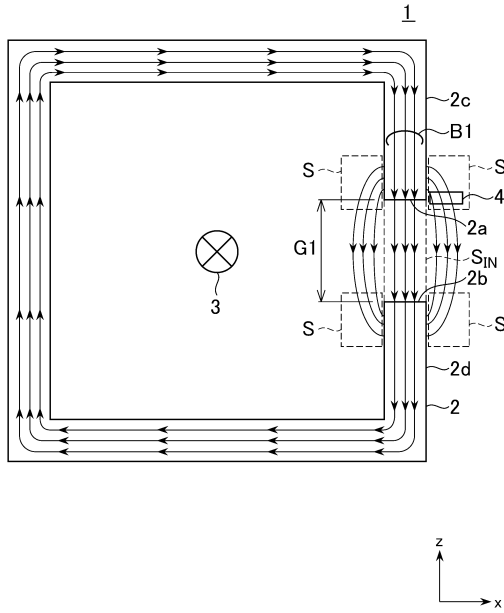
【0124】

1, 10 磁界検出装置
 2, 5 Cコア
 2a, 2b, 5a, 5b 磁極面
 2c, 2d, 5c, 5d 端部
 2ca, 5ca 外側側面
 2e, 5e 張出部
 3, 6 導体
 4, 11 磁界検出素子
 12 第1の磁性体コア
 13 第2の磁性体コア
 14, 14-1, 1-42 導体(バスバー)
 14a, 14b 導体14の部分
 14-1a, 14-1b 導体14-1の部分
 14-2a, 14-2b 導体14-2の部分
 15 基板
 20 パーマロイヨーク
 21~24 端子電極
 25 平面スパイラルコイル
 30, 31 磁石
 50 第3の磁性体コア
 51a, 51b 第4の磁性体コア
 B1, B2 磁界
 G1, G2 ギャップ
 R1~R4 GMR素子

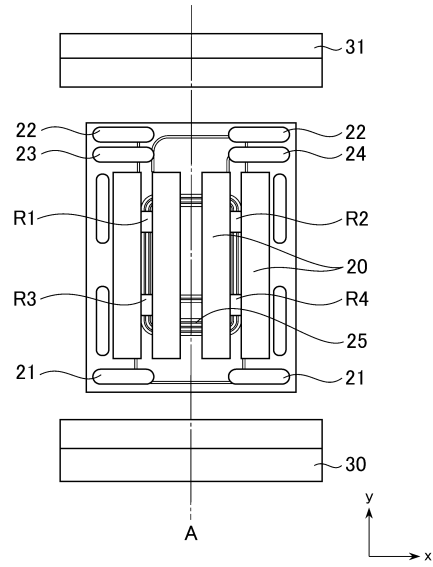
20

30

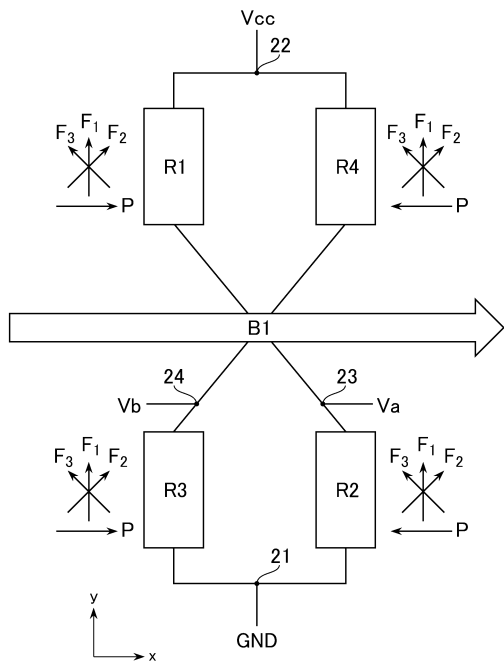
【図 1】



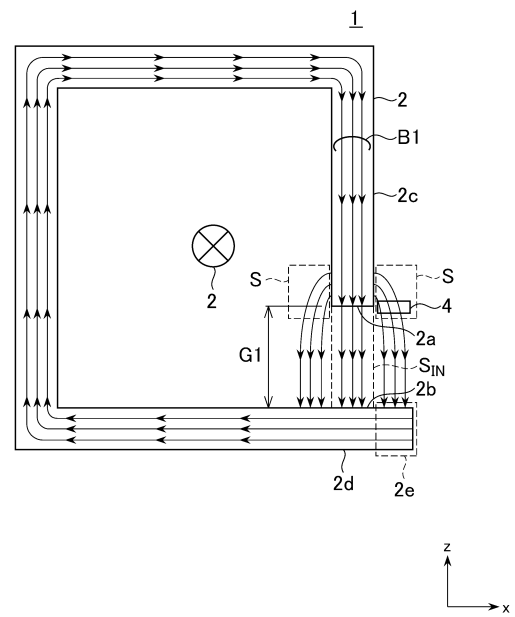
【図 2】



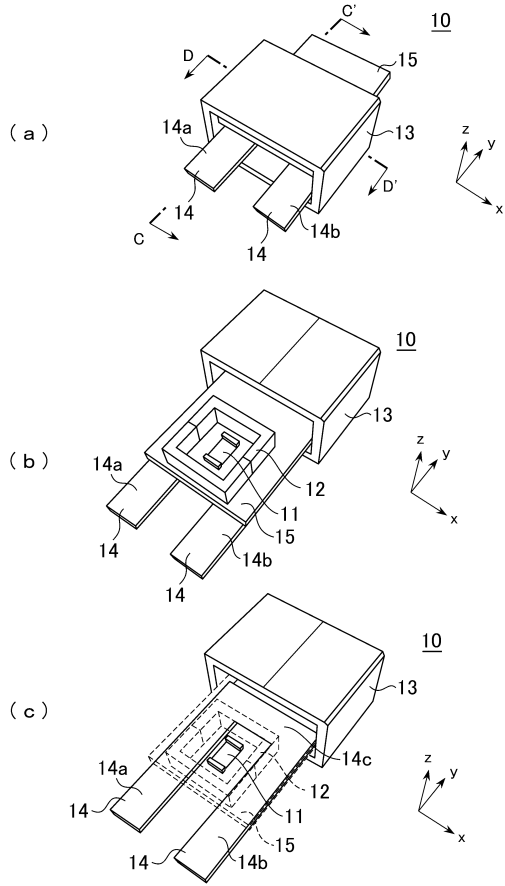
【図 3】



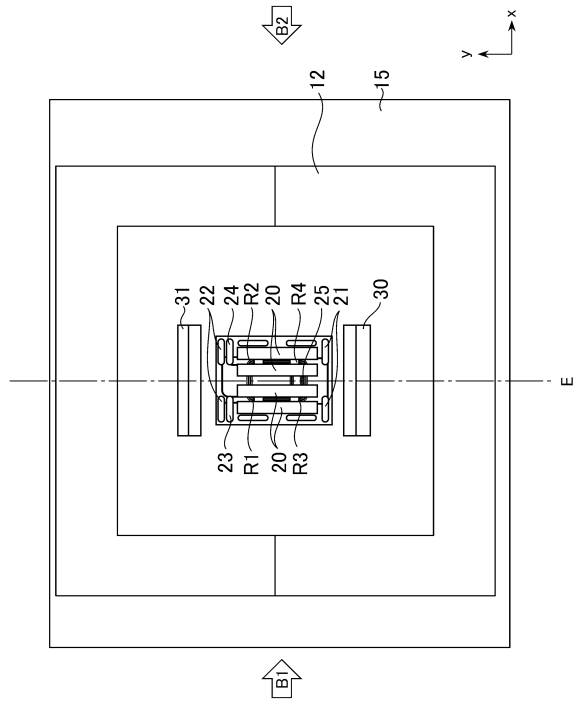
【図 4】



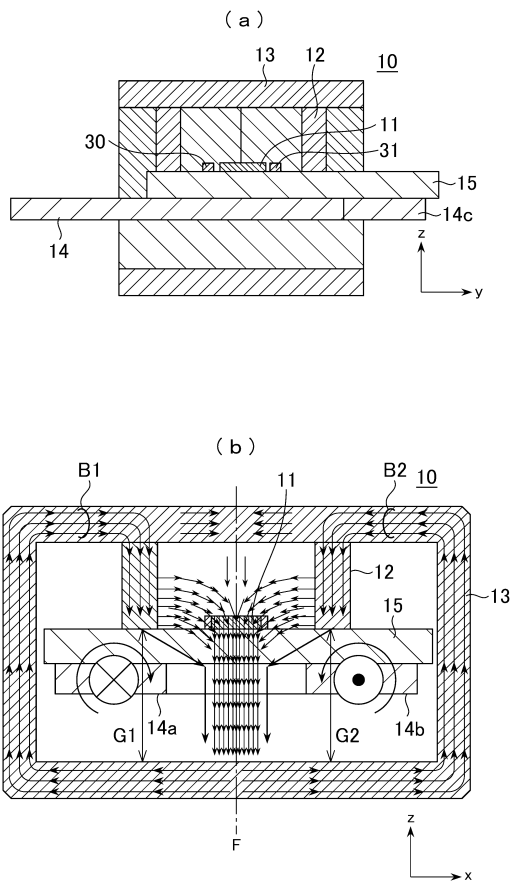
【図9】



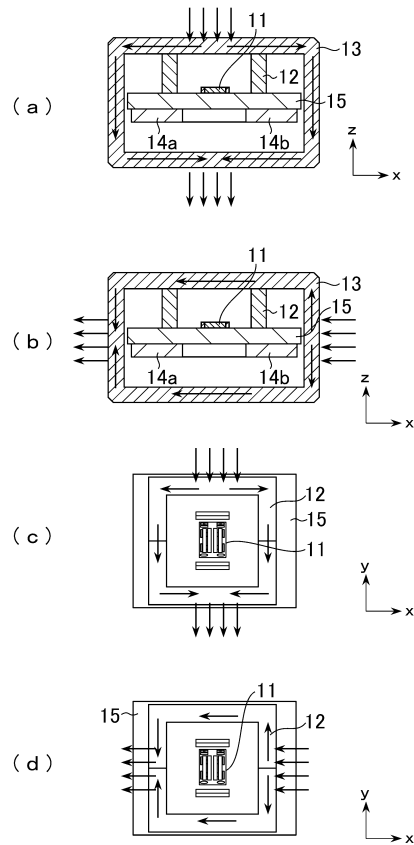
【図10】



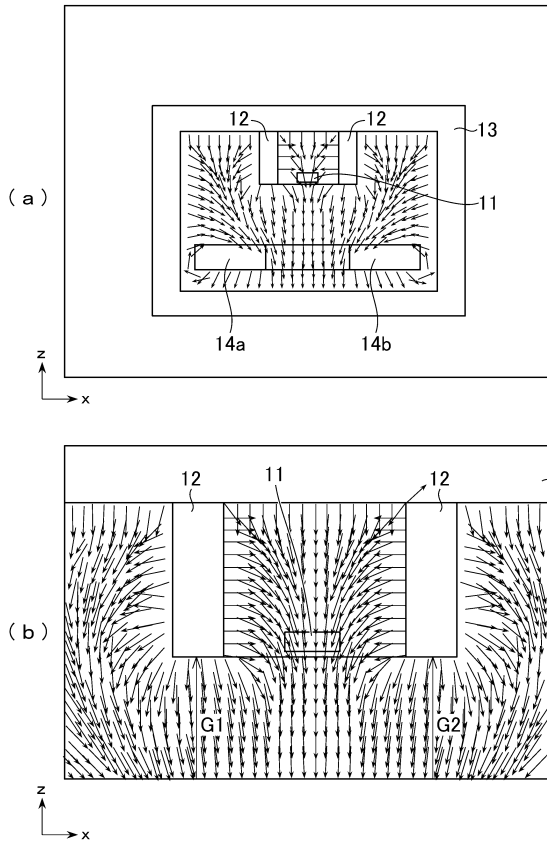
【図11】



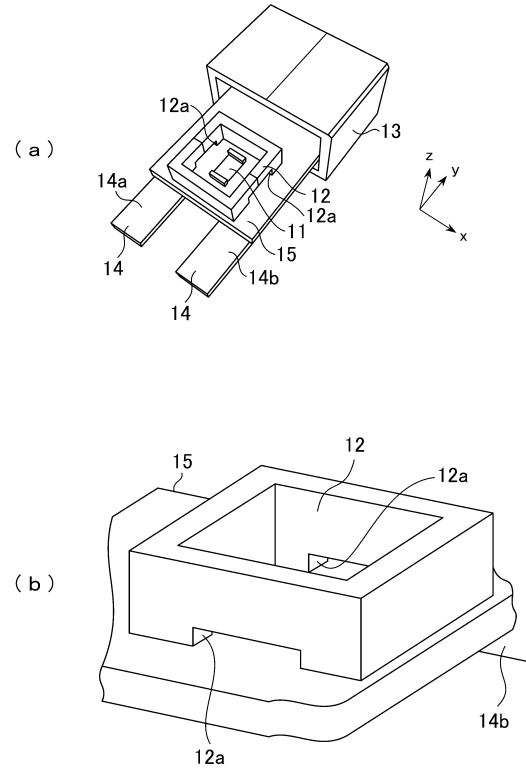
【図12】



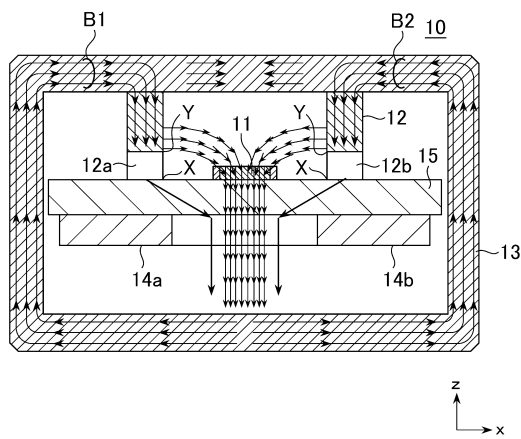
【図 13】



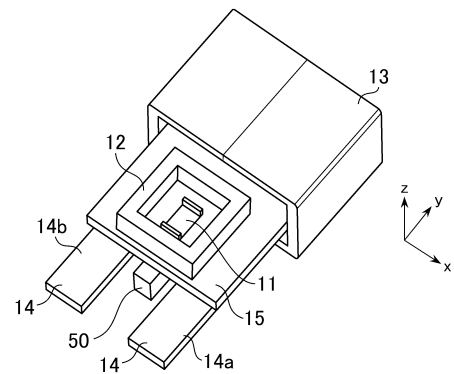
【図 14】



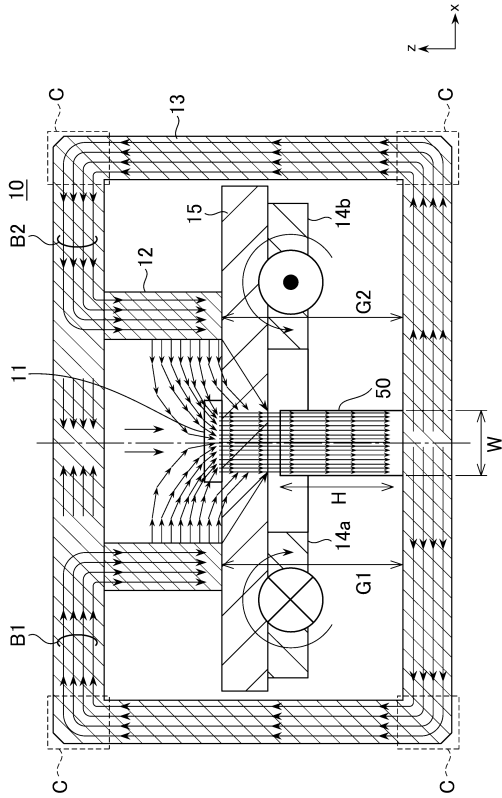
【図 15】



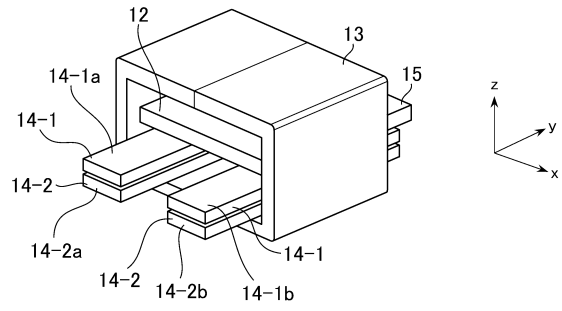
【図 16】



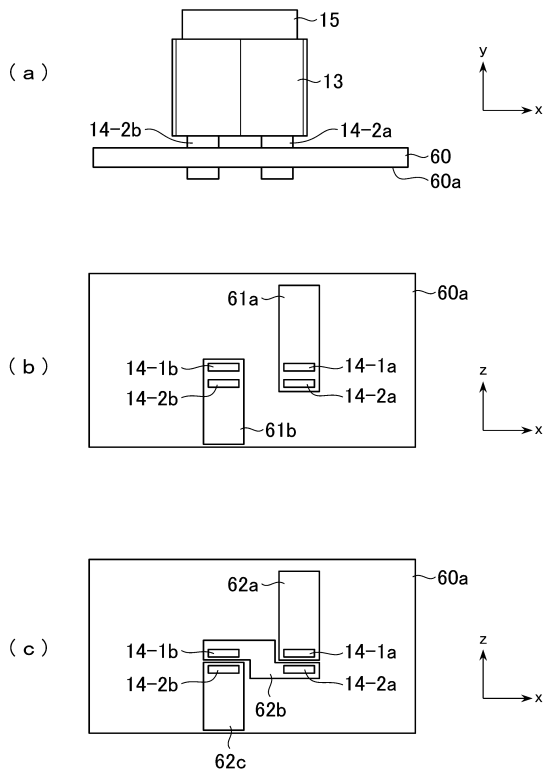
【図 17】



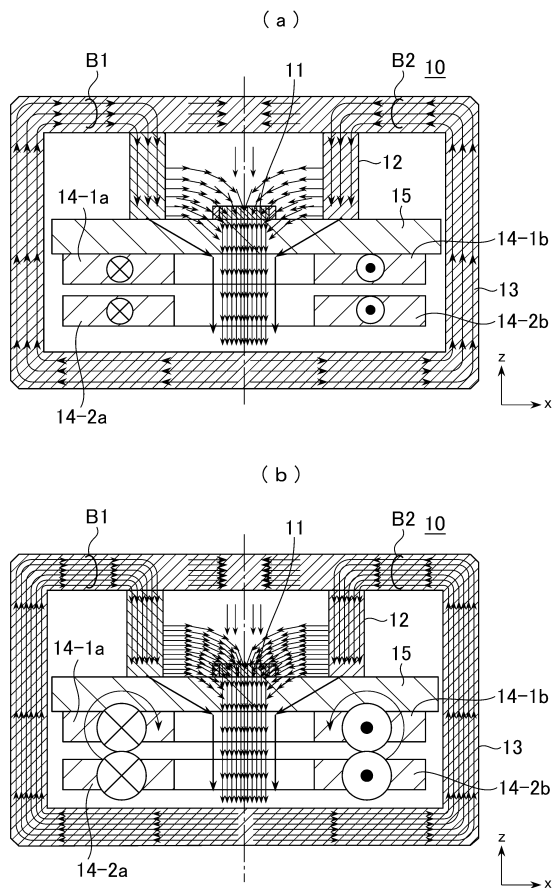
【図 18】



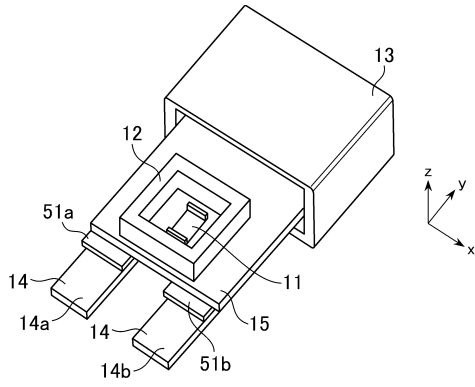
【図 19】



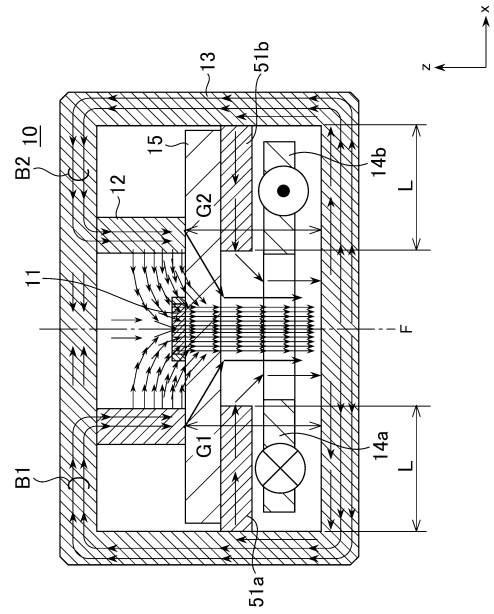
【図 20】



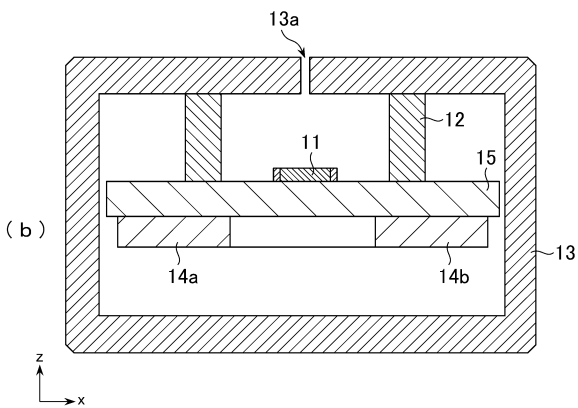
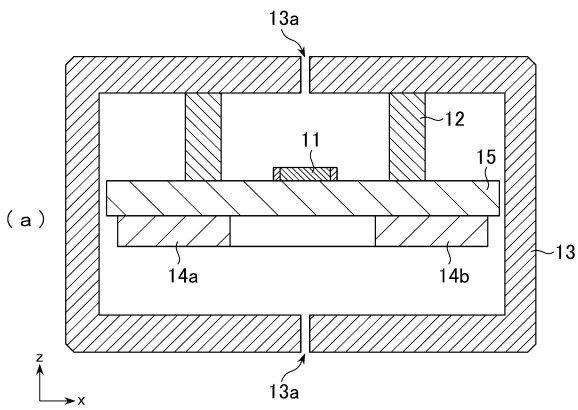
【図 2 1】



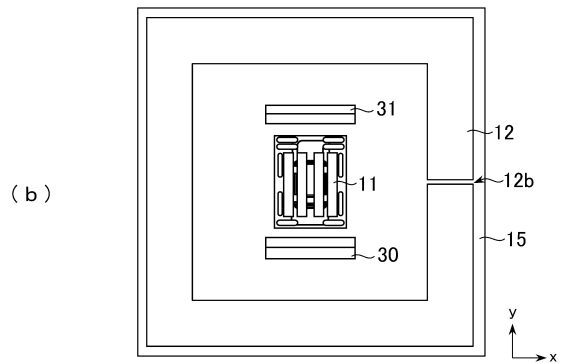
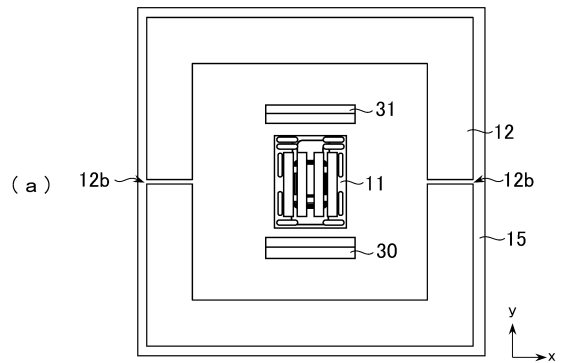
【図 2 2】



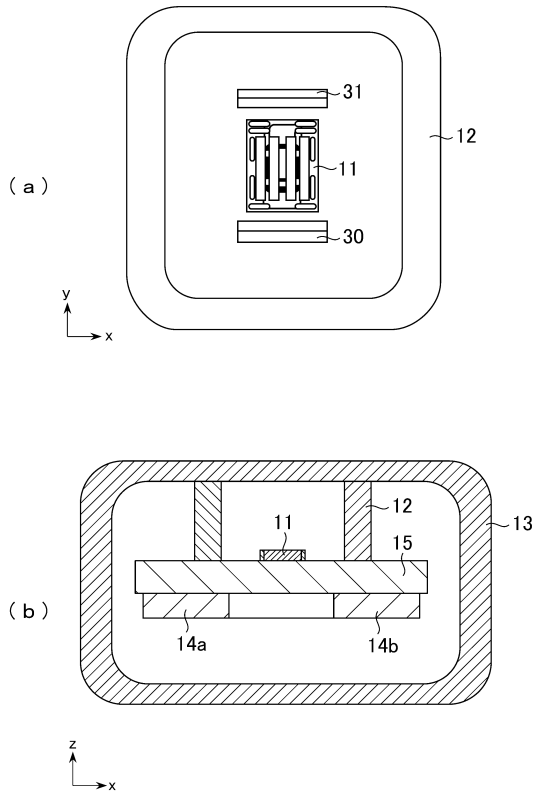
【図 2 3】



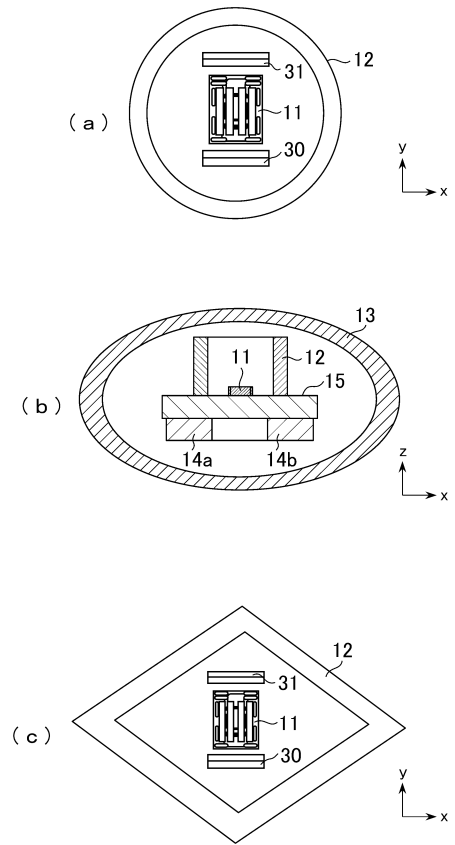
【図 2 4】



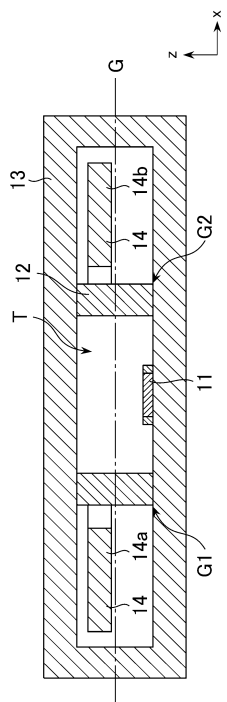
【図 25】



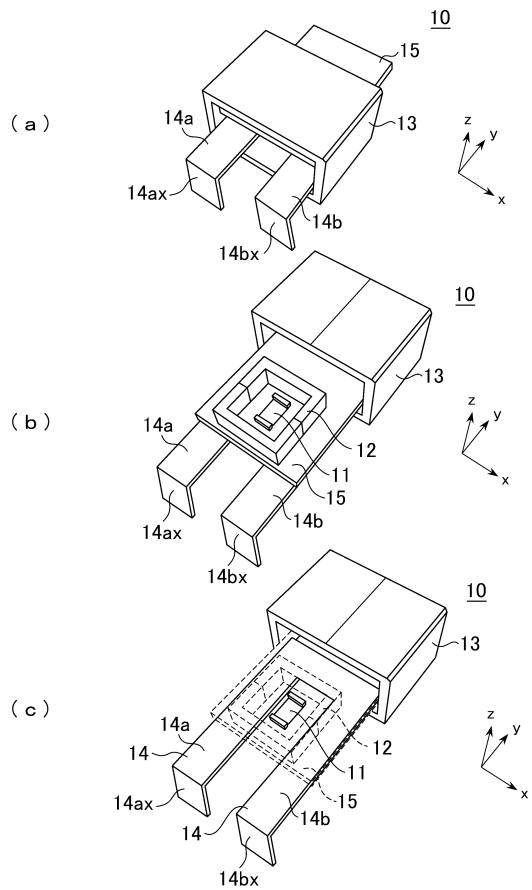
【図 26】



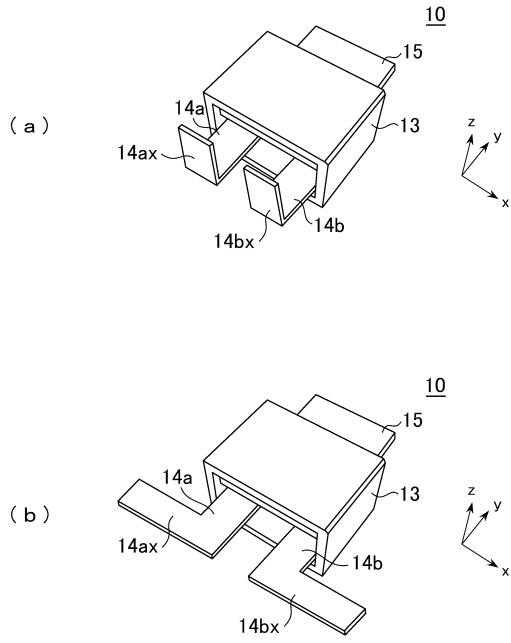
【図 27】



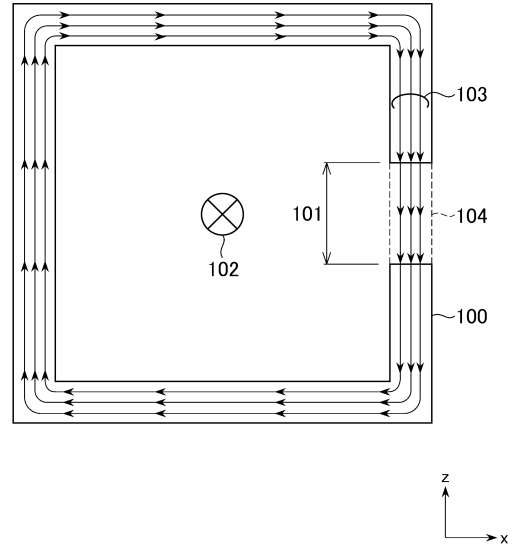
【図 28】



【 図 29 】



【 図 30 】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 純也
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

審査官 續山 浩二

(56)参考文献 特開平06-130088(JP,A)
特開2006-017457(JP,A)
登録実用新案第3024442(JP,U)
特開2000-283999(JP,A)
特開2008-151743(JP,A)
特開平04-148870(JP,A)
特開平11-258275(JP,A)
特開平05-189724(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 15/20
G01R 33/06