

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-59755  
(P2018-59755A)

(43) 公開日 平成30年4月12日(2018.4.12)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
GO 1 R	33/02	(2006.01)	GO 1 R	33/02	L	2 G O 1 7
GO 1 R	33/09	(2006.01)	GO 1 R	33/02	V	5 F O 9 2
HO 1 L	43/08	(2006.01)	GO 1 R	33/06	R	
			HO 1 L	43/08	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2016-196053 (P2016-196053)	(71) 出願人	303046277 旭化成エレクトロニクス株式会社 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地
(22) 出願日	平成28年10月3日 (2016.10.3)	(71) 出願人	000003067 TDK株式会社 東京都港区芝浦三丁目9番1号
		(74) 代理人	110000877 龍華国際特許業務法人
		(72) 発明者	石田 一裕 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地 旭化成エレクトロニクス株式会社内
		(72) 発明者	田中 健 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地 旭化成エレクトロニクス株式会社内 最終頁に続く

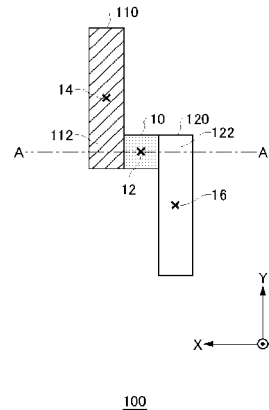
(54) 【発明の名称】 磁気センサユニットおよび磁気センサ装置

(57) 【要約】

【課題】 3方向の磁場を略同一の感度で検出する磁気センサ。

【解決手段】 互いに直交する第1から第3軸方向のうち第1軸方向に感磁軸を有する磁気検知部と、第1磁気収束部および第2磁気収束部と、を備え、第1磁気収束部は、第1から第3軸方向のそれぞれにおいて、第2磁気収束部よりも磁気検知部からより離れた部分を有し、第2磁気収束部は、第1から第3軸方向のそれぞれの逆方向において、第1磁気収束部よりも磁気検知部からより離れた部分を有する磁気センサユニットおよび磁気センサ装置を提供する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

互いに直交する第 1 から第 3 軸方向のうち前記第 1 軸方向に感磁軸を有する磁気検知部と、

第 1 磁気収束部および第 2 磁気収束部と、  
を備え、

前記第 1 磁気収束部は、前記第 1 から第 3 軸方向のそれぞれにおいて、前記第 2 磁気収束部よりも前記磁気検知部からより離れた部分を有し、

前記第 2 磁気収束部は、前記第 1 から第 3 軸方向のそれぞれの逆方向において、前記第 1 磁気収束部よりも前記磁気検知部からより離れた部分を有する  
磁気センサユニット。 10

## 【請求項 2】

前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部は、前記磁気検知部を中心として点対称に設けられる請求項 1 に記載の磁気センサユニット。

## 【請求項 3】

前記第 1 磁気収束部は、前記磁気検知部から前記第 1 軸方向および前記第 3 軸方向にずれた位置に対応する第 1 部分を有し、

前記第 2 磁気収束部は、前記磁気検知部から前記第 1 軸方向の逆方向および前記第 3 軸方向の逆方向にずれた位置に対応する第 2 部分を有する

請求項 1 または 2 に記載の磁気センサユニット。 20

## 【請求項 4】

前記第 1 磁気収束部は、前記第 1 部分から前記第 1 から第 3 軸方向のうちの少なくとも一方向に延伸し、

前記第 2 磁気収束部は、前記第 2 部分から前記第 1 磁気収束部の延伸方向の逆方向に延伸する

請求項 3 に記載の磁気センサユニット。

## 【請求項 5】

前記第 1 磁気収束部は、前記第 1 部分から、前記第 1 から第 3 軸方向のうちの 2 以上の方向に延伸する 2 以上の延伸部分を有し、

前記第 2 磁気収束部は、前記第 2 部分から、前記 2 以上の方向に対する 2 以上の逆方向に延伸する 2 以上の延伸部分を有する

請求項 4 に記載の磁気センサユニット。 30

## 【請求項 6】

前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部は、平板状領域を有する請求項 3 から 5 のいずれか一項に記載の磁気センサユニット。

## 【請求項 7】

前記第 1 磁気収束部は、前記第 1 部分に対して前記第 3 軸方向にずれた位置に接して設けられ、前記第 1 軸方向および前記第 2 軸方向の少なくとも一方に延伸する部分を有し、

前記第 2 磁気収束部は、前記第 2 部分に対して前記第 3 軸方向の逆方向にずれた位置に接して設けられ、前記第 1 軸方向の逆方向および前記第 2 軸方向の逆方向の少なくとも一方に延伸する部分を有する

請求項 3 に記載の磁気センサユニット。 40

## 【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の第 1 の磁気センサユニットと、

前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 1 軸方向を逆方向として前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部を配置した第 2 の磁気センサユニットと、

前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 1 軸方向および前記第 2 軸方向をそれぞれ逆方向として前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部を配置した第 3 の磁気センサユニットと、

前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 2 軸方向を逆方向として前記第 1 磁気収 50

東部および前記第 2 磁気収束部を配置した第 4 の磁気センサユニットと、  
のうち、少なくとも 2 つの磁気センサユニットを備える磁気センサ装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の第 1 の磁気センサユニットと、  
前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 1 軸方向を逆方向として前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部を配置した第 2 の磁気センサユニットと、  
前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 1 軸方向および前記第 2 軸方向をそれぞれ逆方向とし、または前記第 2 軸方向を逆方向として前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部を配置した第 3 の磁気センサユニットと、  
を備える磁気センサ装置。

10

【請求項 10】

前記第 3 の磁気センサユニットは、前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 2 軸方向を逆方向として前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部を配置した構成をとり、

当該磁気センサ装置は、前記第 1 の磁気センサユニットに対して前記第 1 軸方向および前記第 2 軸方向をそれぞれ逆方向として前記第 1 磁気収束部および前記第 2 磁気収束部を配置した第 4 の磁気センサユニットを更に備える

請求項 9 に記載の磁気センサ装置。

【請求項 11】

前記第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部は、感磁軸の正の方向が同じ向きに配置される請求項 10 に記載の磁気センサ装置。

20

【請求項 12】

前記第 1 から第 4 の磁気センサユニットのうちの少なくとも 2 つの磁気検知部は、他の磁気センサユニットの磁気検知部に対して感磁軸の正の方向を逆向きとするように配置される請求項 10 に記載の磁気センサ装置。

【請求項 13】

前記第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部と比較して磁場に対する感度を抑制した参照用磁気検知部を更に備える請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の磁気センサ装置。

【請求項 14】

前記第 1 から第 4 の磁気センサユニットは、前記第 2 磁気収束部として共通の磁気収束部を有する請求項 10 から 13 のいずれか一項に記載の磁気センサ装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気センサユニットおよび磁気センサ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、予め定められた一軸方向の磁気の有無を検出する巨大磁気抵抗 (GMR: Giant Magneto-Resistance) 素子及びトンネル磁気抵抗 (TMR: Tunnel Magneto-Resistance) 素子が知られていた。また、これらの磁気抵抗素子と、磁気収束部とを組み合わせた磁気センサが知られていた。(例えば、特許文献 1 ~ 8 参照)。

40

特許文献 1 特開 2006 - 3116 号公報

特許文献 2 特開 2006 - 10461 号公報

特許文献 3 特開平 7 - 169026 号公報

特許文献 4 特開 2002 - 71381 号公報

特許文献 5 特開 2004 - 6752 号公報

特許文献 6 特開 2003 - 282996 号公報

特許文献 7 国際公開第 2011 / 068146 号

50

特許文献 8 米国特許出願公開第 2011/0309829 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、このような磁気センサを用いて例えばXYZ方向といった直交する3方向の磁場を検出する場合、複数の磁気センサを検出すべき方向に対応して一方向毎に配置していたので、実装面積等が増加していた。これに代えて、例えば、磁気抵抗素子の近傍に磁気収束部を配置することで、2以上の方向から入力する磁場を1つの磁気抵抗素子を用いて検出することが知られていた。しかしながら、この場合、磁気収束部が磁気抵抗素子に供給する磁場の大きさは、入力する磁場の方向に応じて変化することがあり、3方向の磁場を略同一の感度で検出することが困難であった。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第1の態様においては、互いに直交する第1から第3軸方向のうち第1軸方向に感磁軸を有する磁気検知部と、第1磁気収束部および第2磁気収束部と、を備え、第1磁気収束部は、第1から第3軸方向のそれぞれにおいて、第2磁気収束部よりも磁気検知部からより離れた部分を有し、第2磁気収束部は、第1から第3軸方向のそれぞれの逆方向において、第1磁気収束部よりも磁気検知部からより離れた部分を有する磁気センサユニットおよび磁気センサ装置を提供する。

【0005】

20

なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第1構成例を示す。

【図2】第1構成例の磁気センサユニット100の断面の構成例を示す。

【図3】本実施形態に係る磁気センサユニット100の+X方向に、磁場 $B_x$ が入力した場合の磁路の一例を示す。

【図4】本実施形態に係る磁気センサユニット100の+Y方向に、磁場 $B_y$ が入力した場合の磁路の一例を示す。

30

【図5】本実施形態に係る磁気センサユニット100の+Z方向に、磁場 $B_z$ が入力した場合の磁路の一例を示す。

【図6】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第2構成例を示す。

【図7】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第3構成例を示す。

【図8】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第4構成例を示す。

【図9】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第5構成例を示す。

【図10】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第6構成例を示す。

【図11】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第7構成例を示す。

【図12】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第8構成例を示す。

【図13】本実施形態に係る磁気センサユニット100の第9構成例を示す。

40

【図14】本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第1構成例を示す。

【図15】本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第2構成例を示す。

【図16】本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第3構成例を示す。

【図17】本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第4構成例を示す。

【図18】本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第5構成例を示す。

50

【図19】本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第6構成例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0008】

図1は、本実施形態に係る磁気センサユニット100の第1構成例を示す。磁気センサユニット100は、直交する3方向をそれぞれ向く磁場が混在した（合成された）磁気信号を検出する。図1は、直交する3方向を第1軸（X軸）、第2軸（Y軸）、第3軸（Z軸）で示し、磁気センサユニット100のXY平面の平面視（Z方向から見た平面視）を示す。即ち、図1は、基板等の一方の面に磁気センサユニット100が形成された場合の上面図の一例を示す。磁気センサユニット100は、磁気検知部10と、第1磁気収束部110と、第2磁気収束部120とを備える。

10

【0009】

磁気検知部10は、互いに直交する第1から第3軸方向のうち第1軸方向に感磁軸を有する。磁気検知部10は、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の間に配置される。磁気検知部10は、第1軸方向と略平行なX方向の磁場を検出する。即ち、磁気検知部10は、XY平面においてX方向と略平行な磁場を感知する感磁軸を有する。また、磁気検知部10は、XY平面に対して平行かつX方向に対して垂直なY方向に略平行な磁場と、X方向およびY方向に垂直なZ方向に略平行な磁場とを感知しない。別の言い方をすると、磁気検知部10は、磁気センサユニット100の磁気収束部の無い状態において、X方向と略平行に入力する磁場を検出する感磁軸を有する。

20

【0010】

磁気検知部10は、1軸方向の磁場にのみを検出して抵抗値を変化させる素子でよい。磁気検知部10は、例えば、巨大磁気抵抗（GMR）素子、トンネル磁気抵抗（TMR）素子、及び異方性磁気抵抗（AMR）素子等のいずれであってもよい。磁気検知部10は、感磁軸の正の方向を+X方向としたとき、+X方向の磁場が入力すると抵抗値が増加し、-X方向の磁場が入力すると抵抗値が減少するように形成されてよい。また、磁気検知部10は、感磁軸の正の方向を-X方向としたとき、+X方向の磁場が入力すると抵抗値が減少し、-X方向の磁場が入力すると抵抗値が増加するように形成されてよい。したがって、磁気検知部10の抵抗値の変化を観測することにより、当該磁気検知部10に入力する磁場の大きさを検出することができる。

30

【0011】

図1の例において、第1軸から第3軸方向は、それぞれ互いに直交している例を示すが、これに代えて、互いの方向が異なっていればよい。つまり、それぞれが略直交となってもよいし、互いに屈曲していてもよい。

【0012】

また、磁気検知部10は、平板状であることが好ましい。磁気検知部10のそれぞれの形状は、Z方向から見た平面視で、矩形がより好ましい形状であるが、四角形、正方形、平行四辺形、台形、三角形、多角形、円形、及び楕円形等のいずれであってもよい。また、磁気検知部10は、小分けに分割区分された複数の磁気検知部を有してよい。この場合、分割区分された複数の磁気検知部は、1かたまりの磁気検知部として機能するように電氣的に接続されてよい。即ち、磁気検知部10は、単一の磁気検知部に限定されず、2以上の磁気検知部を接続して形成されてもよい。

40

【0013】

第1磁気収束部110は、第1から第3軸方向のそれぞれにおいて、第2磁気収束部120よりも磁気検知部10からより離れた部分を有する。図1は、第1磁気収束部110が、第2磁気収束部120と比較して、磁気検知部10から+X方向および+Y方向に向

50

けてより離れている例を示す。即ち、第1磁気収束部110は、第2磁気収束部120と比較して、+X方向側に位置する部分と、+Y方向側に位置する部分と、を有する。

【0014】

第1磁気収束部110は、磁気検知部10から第1軸方向にずれた位置に対応する第1部分112を有する。図1は、第1磁気収束部110が、磁気検知部10から+X方向にずれた位置に第1部分112を有し、当該第1部分112から+Y方向に延伸する例を示す。

【0015】

第2磁気収束部120は、第1から第3軸方向のそれぞれの逆方向において、第1磁気収束部110よりも磁気検知部10からより離れた部分を有する。図1は、第2磁気収束部120が、第1磁気収束部110と比較して、磁気検知部10から-X方向および-Y方向に向けてより離れている例を示す。即ち、第2磁気収束部120は、第1磁気収束部110と比較して、-X方向側に位置する部分と、-Y方向側に位置する部分と、を有する。

10

【0016】

第2磁気収束部120は、磁気検知部10から第1軸方向の逆方向にずれた位置に対応する第2部分122を有する。図1は、第2磁気収束部120が、磁気検知部10から-X方向にずれた位置に第2部分122を有し、当該第2部分122から-Y方向に延伸する例を示す。

【0017】

第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、Z方向から見た平面視で、磁気検知部10を中心として点対称に設けられてよい。図1は、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120が、Z方向から見た平面視で、磁気検知部10の重心12に対して点対称に設けられた例を示す。Z方向から見た平面視で、磁気検知部10の重心12は、第1磁気収束部110の重心14および第2磁気収束部120の重心16と重ならない位置にある。より好ましくは、第1磁気収束部110の重心14および第2磁気収束部120の重心16が、磁気検知部10の重心12に対して点対称に配置される。

20

【0018】

第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、パーマロイ等の磁性材料で形成され、当該磁気収束部の近傍の磁力線の向きを変化させる。例えば、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、NiFe、NiFeB、NiFeCo、およびCoFe等の軟磁性材料で形成されることが望ましい。

30

【0019】

図1において、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、形状がY方向に長手方向をもった矩形であり、各々がY方向に平行な向きに、並列に配置される例を示す。これに代えて、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の形状は、矩形に限らず、Y方向に略平行な向きに長手方向をもつ四角形、平行四辺形、台形のいずれであってもよい。

【0020】

また、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、各々がY方向に平行であり、且つ、Y方向に略平行な各々の長辺が同一の長さを有する例を示したが、これに代えて、各々の長辺が異なる長さであってもよい。また、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、X方向に略平行な各々の短辺が同一の長さを有する例を示したが、これに代えて、各々の短辺が異なる長さであってもよい。

40

【0021】

図2は、第1構成例の磁気センサユニット100の断面の構成例を示す。図2は、図1に示す磁気センサユニット100のA-A'線の断面図の一例を示す。第1磁気収束部110の第1部分112は、磁気検知部10から+X方向および+Z方向にずれた位置に配置される。同様に、第2磁気収束部120の第2部分122は、磁気検知部10から-X方向および-Z方向にずれた位置に配置される。

50

## 【0022】

図2は、基板20の基板表面22に形成された磁気センサユニット100の一例を示す。ここで、基板表面22は、XY平面に略平行な面として形成される。基板20は、シリコン基板、化合物半導体基板、およびセラミック基板等のいずれであってもよい。また、基板20は、IC等の電子回路を搭載した基板であってもよい。基板20の基板表面22には、絶縁層30等が形成されてよい。絶縁層30は、複数の層状に形成されてよい。即ち、絶縁層30が形成される過程において、XY平面に略平行な複数の面が形成されてよい。磁気センサユニット100の少なくとも一部は、このように形成された絶縁層30の内部に形成されてよい。

## 【0023】

図2は、第2磁気収束部120が基板20の基板表面22に接して形成され、磁気検知部10が絶縁層30内部の第1面24に接して形成され、第1磁気収束部110が絶縁層30内部の第2面26に接して形成された例を示す。即ち、図2に示す磁気センサユニット100は、基板20の基板表面22に第2磁気収束部120が形成され、その後、絶縁層の一部が形成されて第1面24が形成された例を示す。そして、当該第1面24に磁気検知部10が形成され、その後、絶縁層の一部が更に形成されて第2面26が形成され、当該第2面26に第1磁気収束部110が形成されることにより、磁気センサユニット100が形成された例を示す。なお、便宜上、基板表面22を第3面とする。即ち、第2面26および第3面は、第1面24を挟むように形成される。

## 【0024】

このように、磁気検知部10、第1磁気収束部110、および第2磁気収束部120は、それぞれ異なる面に形成される。したがって、第1磁気収束部110は、第2磁気収束部120と比較して、磁気検知部10から+Z方向に向けてより離れることになる。同様に、第2磁気収束部120は、第1磁気収束部110と比較して、磁気検知部10から-Z方向に向けてより離れることになる。即ち、第1磁気収束部110は、第2磁気収束部120と比較して、+Z方向側に位置する部分を有する。また、第2磁気収束部120は、第1磁気収束部110と比較して、-Z方向側に位置する部分を有する。

## 【0025】

以上のように、本実施形態に係る磁気センサユニット100は、直交する3方向のそれぞれにおいて、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の間に磁気検知部10が挟まれるように配置される。これにより、磁気センサユニット100に入力する磁場は、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の一方に収束されて向きを変え、磁気検知部10を一軸方向に通過した後に、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の他方から外部へと出力される。磁気センサユニット100に入力する磁場について、次に説明する。

## 【0026】

図3は、本実施形態に係る磁気センサユニット100の+X方向に、磁場 $B_x$ が入力した場合の磁路の一例を示す。第2磁気収束部120は、-X方向において、第1磁気収束部110よりも磁気検知部10からより離れた部分を有するので、磁気センサユニット100の部材のうち最も-X方向に突出した部分を有することになる。即ち、-X方向から+X方向に向かう磁場 $B_x$ は、まず、第2磁気収束部120に入力することになる。

## 【0027】

磁場 $B_x$ は、第2磁気収束部120の内部において、当該第2磁気収束部120の延伸方向に略平行で、かつ、第1磁気収束部110が配置された向き(即ち、+Y方向)に曲げられる。そして、磁場 $B_x$ は、第2磁気収束部120から第1磁気収束部110に向かう方向(即ち、+X方向)に曲げられて出力する。

## 【0028】

第2磁気収束部120および第1磁気収束部110の間には磁気検知部10が配置されるので、磁場 $B_x$ は、磁気検知部10を+X方向に通過してから第1磁気収束部110に入力する。そして、磁場 $B_x$ は、第1磁気収束部110の内部において、当該第1磁気収

10

20

30

40

50

束部 1 1 0 の延伸方向（即ち、+ Y 方向）に曲げられ、再び + X 方向に曲げられてから外部に出力する。

【 0 0 2 9 】

このように、磁気センサユニット 1 0 0 の + X 方向に inputs する磁場  $B_x$  は、第 2 磁気収束部 1 2 0 に収束され、磁気検知部 1 0 を + X 方向に通過した後に、第 1 磁気収束部 1 1 0 を経て外部へと出力される。なお、磁気センサユニット 1 0 0 の - X 方向に inputs する磁場 -  $B_x$  は、図 3 に示す磁路の反対向きの磁路を通過することになる。即ち、磁気センサユニット 1 0 0 の - X 方向に inputs する磁場 -  $B_x$  は、第 1 磁気収束部 1 1 0 に収束され、磁気検知部 1 0 を - X 方向に通過した後に、第 2 磁気収束部 1 2 0 を経て外部へと出力される。

10

【 0 0 3 0 】

図 4 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 1 0 0 の + Y 方向に、磁場  $B_y$  が inputs した場合の磁路の一例を示す。第 2 磁気収束部 1 2 0 は、- Y 方向において、第 1 磁気収束部 1 1 0 よりも磁気検知部 1 0 からより離れた部分を有するので、磁気センサユニット 1 0 0 の部材のうち最も - Y 方向に突出した部分を有することになる。即ち、- Y 方向から + Y 方向に向かう磁場  $B_y$  は、まず、第 2 磁気収束部 1 2 0 に inputs することになる。

【 0 0 3 1 】

磁場  $B_y$  は、第 2 磁気収束部 1 2 0 の内部において、当該第 2 磁気収束部 1 2 0 の延伸方向に進み、第 2 磁気収束部 1 2 0 から第 1 磁気収束部 1 1 0 に向かう方向（即ち、+ X 方向）に曲げられて出力する。第 2 磁気収束部 1 2 0 および第 1 磁気収束部 1 1 0 の間には磁気検知部 1 0 が配置されるので、磁場  $B_y$  は、磁気検知部 1 0 を + X 方向に通過してから第 1 磁気収束部 1 1 0 に inputs する。そして、磁場  $B_y$  は、第 1 磁気収束部 1 1 0 の内部において、当該第 1 磁気収束部 1 1 0 の延伸方向に曲げられ、+ Y 方向に向けて外部に出力する。

20

【 0 0 3 2 】

このように、磁気センサユニット 1 0 0 の + Y 方向に inputs する磁場  $B_y$  は、第 2 磁気収束部 1 2 0 に収束され、磁気検知部 1 0 を + X 方向に通過した後に、第 1 磁気収束部 1 1 0 を経て外部へと出力される。なお、磁気センサユニット 1 0 0 の - Y 方向に inputs する磁場 -  $B_y$  は、図 4 に示す磁路の反対向きの磁路を通過することになる。即ち、磁気センサユニット 1 0 0 の - Y 方向に inputs する磁場 -  $B_y$  は、第 1 磁気収束部 1 1 0 に収束され、磁気検知部 1 0 を - X 方向に通過した後に、第 2 磁気収束部 1 2 0 を経て外部へと出力される。

30

【 0 0 3 3 】

図 5 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 1 0 0 の + Z 方向に、磁場  $B_z$  が inputs した場合の磁路の一例を示す。第 2 磁気収束部 1 2 0 は、- Z 方向において、第 1 磁気収束部 1 1 0 よりも磁気検知部 1 0 からより離れた部分を有するので、磁気センサユニット 1 0 0 の部材のうち最も - Z 方向に突出した部分を有することになる。即ち、- Z 方向から + Z 方向に向かう磁場  $B_z$  は、まず、第 2 磁気収束部 1 2 0 に inputs することになる。

【 0 0 3 4 】

磁場  $B_z$  は、第 2 磁気収束部 1 2 0 の内部において、当該第 2 磁気収束部 1 2 0 の延伸方向に略平行で、かつ、第 1 磁気収束部 1 1 0 が配置された向き（即ち、+ Y 方向）に曲げられる。そして、磁場  $B_z$  は、第 2 磁気収束部 1 2 0 から第 1 磁気収束部 1 1 0 に向かう方向（即ち、+ X 方向）に曲げられて出力する。

40

【 0 0 3 5 】

第 2 磁気収束部 1 2 0 および第 1 磁気収束部 1 1 0 の間には磁気検知部 1 0 が配置されるので、磁場  $B_z$  は、磁気検知部 1 0 を + X 方向に通過してから第 1 磁気収束部 1 1 0 に inputs する。そして、磁場  $B_z$  は、第 1 磁気収束部 1 1 0 の内部において、当該第 1 磁気収束部 1 1 0 の延伸方向（即ち、+ Y 方向）に曲げられ、再び + Z 方向に曲げられてから外部に出力する。

【 0 0 3 6 】

50



このように、磁気センサユニット100の+Z方向に入力する磁場 $B_z$ は、第2磁気収束部120に収束され、磁気検知部10を+X方向に通過した後に、第1磁気収束部110を経て外部へと出力される。なお、磁気センサユニット100の-Z方向に入力する磁場 $-B_z$ は、図5に示す磁路の反対向きの磁路を通過することになる。即ち、磁気センサユニット100の-Z方向に入力する磁場 $-B_z$ は、第1磁気収束部110に収束され、磁気検知部10を-X方向に通過した後に、第2磁気収束部120を経て外部へと出力される。

#### 【0037】

以上のように、本実施形態に係る磁気センサユニット100は、互いに直交する第1から第3軸方向のいずれの方向から磁場が入力しても、当該磁場を第2磁気収束部120で受け取って曲げ、磁気検知部10の感磁軸の方向に磁場を供給することができる。また、磁気センサユニット100は、第1から第3軸方向のいずれの逆方向から磁場が入力しても、当該磁場を第1磁気収束部110で受け取って曲げ、磁気検知部10の感磁軸の逆方向に磁場を供給することができる。

#### 【0038】

したがって、磁気センサユニット100は、磁気検知部10の抵抗値の正負を含めた変化を検出することで、空間的に入力する磁場の大きさを検出することができる。また、磁気センサユニット100は、いずれの方向から入力する磁場に対しても、直接磁気検知部10で受け取ることなく、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120のいずれか一方で受け取って曲げるので、入力する磁場の方向に応じた感度の差異を低減できる。即ち、本実施形態に係る磁気センサユニット100は、複数の磁気検知部10を用いることなく、例えばXYZ方向といった直交する3方向の磁場を検出することができ、また、3方向の磁場を略同一の感度で検出することができる。

#### 【0039】

以上の本実施形態に係る磁気センサユニット100として、図1および図2の構成例を用いて説明したが、これに限定されることはない。例えば、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、図3から図5で説明した磁路を形成することができれば、形状および配置の設計に自由度を有する。

#### 【0040】

図6は、本実施形態に係る磁気センサユニット100の第2構成例を示す。第2構成例の磁気センサユニット100において、図1および図2に示された本実施形態に係る磁気センサユニット100の第1構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。第2構成例の磁気センサユニット100は、Z方向から見た平面視で、第1磁気収束部110の第1部分112が、磁気検知部10から-Y方向にもずれた位置に配置される。即ち、第1磁気収束部110は、磁気検知部10と比較して、+Y方向および-Y方向に突出する。第1磁気収束部110は、-Y方向において、第2磁気収束部120よりも突出しない程度に突出してよい。

#### 【0041】

同様に、第2構成例の磁気センサユニット100は、Z方向から見た平面視で、第2磁気収束部120の第2部分122が、磁気検知部10から+Y方向にもずれた位置に配置される。即ち、第2磁気収束部120は、磁気検知部10と比較して、+Y方向および-Y方向に突出する。第2磁気収束部120は、+Y方向において、第1磁気収束部110よりも突出しない程度に突出してよい。

#### 【0042】

図7は、本実施形態に係る磁気センサユニット100の第3構成例を示す。第3構成例の磁気センサユニット100において、図1および図2に示された本実施形態に係る磁気センサユニット100の第1構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。第3構成例の磁気センサユニット100は、Z方向から見た平面視で、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120が磁気検知部10の一部と重なるように配置される。第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の間に形成される磁路が磁気

10

20

30

40

50

検知部 10 を通過する程度であれば、このように第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 の間隔は、磁気検知部 10 の X 方向の長さよりも小さく形成されてよい。

【0043】

図 8 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 4 構成例を示す。第 4 構成例の磁気センサユニット 100 において、図 1 および図 2 に示された本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 1 構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。第 4 構成例の磁気センサユニット 100 は、Z 方向から見た平面視で、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 が磁気検知部 10 とは離間するように配置される。第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 の間に形成される磁路が磁気検知部 10 を通過する程度であれば、このように第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 の間隔は、磁気検知部 10 の X 方向の長さよりも大きく形成されてよい。

10

【0044】

以上の本実施形態に係る磁気センサユニット 100 は、第 1 磁気収束部 110 が Y 方向に、第 2 磁気収束部 120 が - Y 方向に延伸する例を説明したが、これに限定されることはない。第 1 磁気収束部 110 は X 方向に、第 2 磁気収束部 120 は - X 方向に延伸してよい。なお、第 1 部分 112 および第 2 部分 122 は、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 の延伸方向に対応して配置される。例えば、第 1 部分 112 は、磁気検知部 10 から - Y 方向および + Z 方向にずれた位置に配置され、第 2 部分 122 は、磁気検知部 10 から + Y 方向および - Z 方向にずれた位置に配置される。

【0045】

また、第 1 磁気収束部 110 は Z 方向に、第 2 磁気収束部 120 は - Z 方向に延伸してもよい。このように、第 1 磁気収束部 110 は、第 1 部分 112 から X Y Z 方向のうち少なくとも一方向に延伸し、第 2 磁気収束部 120 は、第 2 部分 122 から第 1 磁気収束部 110 の延伸方向の逆方向に延伸してよい。以上のような構成であっても、図 1 から図 5 で説明した第 1 構成例の磁気センサユニット 100 と略同一の動作を実行することができる。また、第 1 磁気収束部 110 は、第 1 部分 112 から、X Y Z 方向のうち 2 以上の方向に延伸する 2 以上の延伸部分を有し、第 2 磁気収束部 120 は、第 2 部分 122 から、2 以上の方向に対する 2 以上の逆方向に延伸する 2 以上の延伸部分を有してもよい。

20

【0046】

図 9 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 5 構成例を示す。第 5 構成例の磁気センサユニット 100 において、図 1 および図 2 に示された本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 1 構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。第 5 構成例の磁気センサユニット 100 は、Z 方向から見た平面視で、第 1 部分 112 から + X 方向および + Y 方向に延伸する第 1 磁気収束部 110 と、第 2 部分 122 から - X 方向および - Y 方向に延伸する第 2 磁気収束部 120 と、を備える例を示す。

30

【0047】

図 9 に示すように、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 は、異なる 2 方向に延伸する部分をそれぞれ有してよい。これにより、磁気センサユニット 100 は、X 方向、Y 方向、および Z 方向のうち異なる 2 方向と略平行にそれぞれ入力する磁場を、第 1 磁気収束部 110 または第 2 磁気収束部 120 の延伸した部分でそれぞれ収束させることができる。

40

【0048】

また、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 は、Z 方向に延伸する部分を有してもよい。即ち、第 1 磁気収束部 110 は、第 1 部分 112 に対して第 3 軸方向にずれた位置に接して設けられ、第 1 軸方向および第 2 軸方向の少なくとも一方に延伸する部分を有してよい。また、第 2 磁気収束部 120 は、第 2 部分 122 に対して第 3 軸方向の逆方向にずれた位置に接して設けられ、第 1 軸方向の逆方向および第 2 軸方向の逆方向の少なくとも一方に延伸する部分を有してよい。

【0049】

図 10 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 6 構成例を示す。第 6 構成

50

例の磁気センサユニット 100 において、図 1 および図 2 に示された本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 1 構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。図 10 は、第 1 磁気収束部 110 が、第 1 部分 112 に対して + Z 方向にずれた位置に接して設けられ、+ Y 方向に延伸する部分を有する例を示す。また、図 10 は、第 2 磁気収束部 120 が、第 2 部分 122 に対して - Z 方向にずれた位置に接して設けられ、- Y 方向に延伸する部分を有する例を示す。

#### 【0050】

図 11 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 7 構成例を示す。第 7 構成例の磁気センサユニット 100 において、図 1 および図 2 に示された本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 1 構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。図 11 は、第 1 磁気収束部 110 が、第 1 部分 112 に対して + Z 方向にずれた位置に接して設けられ、+ X 方向および + Y 方向に延伸する部分を有する例を示す。また、図 11 は、第 2 磁気収束部 120 が、第 2 部分 122 に対して - Z 方向にずれた位置に接して設けられ、- X 方向および - Y 方向に延伸する部分を有する例を示す。

10

#### 【0051】

図 10 および図 11 に示すように、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 は、Z 方向を含む複数の方向に延伸する部分をそれぞれ有してよい。このような構成の磁気センサユニット 100 も、X 方向、Y 方向、および Z 方向と略平行にそれぞれ入力する磁場を、第 1 磁気収束部 110 または第 2 磁気収束部 120 にそれぞれ収束させて磁気検知部 10 の予め定められた方向に磁場を曲げて供給することができる。

20

#### 【0052】

以上の本実施形態に係る磁気センサユニット 100 は、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 が、X Y Z 方向のうち少なくとも一方向にそれぞれ延伸する例を説明したが、これに限定されることはない。第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 は、これに代えて、または、これに加えて、それぞれ平板上構造を有してよい。例えば、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 は、平板状領域を有する。

#### 【0053】

なお、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 が有する平板は、図 12 では、第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 の第 3 軸方向の長さが、第 1 方向および第 2 方向のそれぞれの長さよりも小さい例を示すが、これに限定されるものではない。第 1 磁気収束部 110 および第 2 磁気収束部 120 の第 3 軸方向の長さは、第 1 方向および第 2 方向のそれぞれの長さよりも大きくてもよいし、略同一であってもよい。

30

#### 【0054】

図 12 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 8 構成例を示す。第 8 構成例の磁気センサユニット 100 において、図 1 および図 2 に示された本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 1 構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。第 8 構成例の磁気センサユニット 100 は、第 1 部分 112 から X Y 平面と略平行な平板状領域が形成された第 1 磁気収束部 110 と、第 2 部分 122 から X Y 平面と略平行な平板状領域が形成された第 2 磁気収束部 120 と、を備える例を示す。

#### 【0055】

これにより、磁気センサユニット 100 は、例えば、+ X 方向および + Y 方向と略平行にそれぞれ入力する磁場を、第 2 磁気収束部 120 の平板状領域の - X 方向側または - Y 方向側の端面でそれぞれ収束させることができる。また、磁気センサユニット 100 は、例えば、+ Z 方向と略平行に入力する磁場を、第 2 磁気収束部 120 の平板状領域の - Z 方向側の端面でそれぞれ収束させることができる。

40

#### 【0056】

図 13 は、本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 9 構成例を示す。第 9 構成例の磁気センサユニット 100 において、図 1 および図 2 に示された本実施形態に係る磁気センサユニット 100 の第 1 構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。図 13 は、第 1 磁気収束部 110 が、第 1 部分 112 に対して + Z 方向にず

50

れた位置に接して設けられ、XY平面と略平行な平板状領域が形成された部分を有する例を示す。また、図13は、第2磁気収束部120が、第2部分122に対して-Z方向にずれた位置に接して設けられ、XY平面と略平行な平板状領域が形成された部分を有する例を示す。

【0057】

これにより、磁気センサユニット100は、例えば、第1磁気収束部110または第2磁気収束部120で収束した磁場を、第1部分112または第2部分122を介して磁気検知部10に効率的に供給することができる。

【0058】

以上の本実施形態に係る磁気センサユニット100は、例えば、XYZ方向といった直交する3方向の磁場を、それぞれ対応する磁気収束部の少なくとも一部が収束させるので、当該3方向の磁場を検出することができる。また、磁気センサユニット100は、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の形状を、磁気検知部10の形状および磁気検知部10からの距離等に応じた形状に形成することで、当該3方向の磁場を略同一の感度で検出することができる。

10

【0059】

なお、磁気センサユニット100は、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120の配置を調節することで、例えば、Y方向およびZ方向に入力する磁場に応じて磁気検知部10に供給する磁場の向きを、X方向および-X方向のいずれかに変更することができる。例えば、図1および図2で説明した第1構成例の磁気センサユニット100は、+Y方向および+Z方向の磁場入力に応じて、+X方向の磁場を磁気検知部10に供給する。これに対して、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120を、図1に示すZ方向から見た平面視において、左右に略対称な配置にした場合を考える。即ち、第1磁気収束部110および第2磁気収束部120は、YZ平面に対して面对称に形成された場合、+Y方向および+Z方向の磁場入力を収束して、-X方向の磁場を磁気検知部10に供給することになる。

20

【0060】

このように、磁気センサユニット100の配置を変更することで、磁気検知部10に供給する磁場の向きを変更することができる。そして、このような磁気センサユニット100を組み合わせると、入力する磁場を、例えば、XYZ方向といった直交する3方向のうち2方向または3方向の成分に分離して検出することができる。そこで、図1および図2に示す第1構成例の磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置について、次に説明する。

30

【0061】

図14は、本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第1構成例を示す。図14は、図1および図2に示された磁気センサユニット100を4つ組み合わせた磁気センサ装置1000の例を示す。磁気センサ装置1000は、第1の磁気センサユニット102と、第2の磁気センサユニット104と、第3の磁気センサユニット106と、第4の磁気センサユニット108と、を備える。

【0062】

第1の磁気センサユニット102は、図1および図2に示された磁気センサユニット100と同様に配置される磁気検知部10a、第1磁気収束部110a、および第2磁気収束部120aを有する。なお、第1の磁気センサユニット102は、図2に示すように、第2磁気収束部120aが基板表面22に接して形成され、磁気検知部10aが絶縁層30内部の第1面24に接して形成され、第1磁気収束部110aが絶縁層30内部の第2面26に接して形成されてよい。

40

【0063】

第2の磁気センサユニット104は、第1の磁気センサユニット102に対して第1軸方向を逆方向として第1磁気収束部110bおよび第2磁気収束部120bが配置される。第2の磁気センサユニット104は、磁気検知部10bと、磁気検知部10bよりも-

50

X方向側で、かつ、+Y方向に突出する第1磁気収束部110bと、磁気検知部10bよりも+X方向側で、かつ、-Y方向に突出する第2磁気収束部120bと、を有してよい。即ち、第1の磁気センサユニット102および第2の磁気センサユニット104は、図14の点線で示すYZ平面と略平行な面に対して面对称に配置される例を示す。

【0064】

第3の磁気センサユニット106は、第1の磁気センサユニット102に対して第2軸方向を逆方向として第1磁気収束部110cおよび第2磁気収束部120cが配置される。第3の磁気センサユニット106は、磁気検知部10cと、磁気検知部10cよりも+X方向側で、かつ、-Y方向に突出する第1磁気収束部110cと、磁気検知部10cよりも-X方向側で、かつ、+Y方向に突出する第2磁気収束部120cと、を有してよい。即ち、第1の磁気センサユニット102および第3の磁気センサユニット106は、図14の一点鎖線で示すXZ平面と略平行な面に対して面对称に配置される例を示す。

10

【0065】

第4の磁気センサユニット108は、第1の磁気センサユニット102に対して第1軸方向および第2軸方向をそれぞれ逆方向として第1磁気収束部110dおよび第2磁気収束部120dが配置される。第4の磁気センサユニット108は、磁気検知部10dと、磁気検知部10dよりも-X方向側で、かつ、-Y方向に突出する第1磁気収束部110dと、磁気検知部10dよりも+X方向側で、かつ、+Y方向に突出する第2磁気収束部120dと、を有してよい。即ち、第3の磁気センサユニット106および第4の磁気センサユニット108は、図14の点線で示すYZ平面と略平行な面に対して面对称に配置される例を示す。言い換えると、第1の磁気センサユニット102および第4の磁気センサユニット108は、Z軸に対して回転対称に配置される例を示す。

20

【0066】

ここで、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部、第1磁気収束部、および第2磁気収束部は、それぞれ略同一の平面上に形成されてよい。例えば、第1から第4の磁気センサユニットの第2磁気収束部は基板表面22に接して形成され、磁気検知部は第1面24に接して形成され、第1磁気収束部は第2面26に接して形成される。

【0067】

また、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、感磁軸の正の方向が同じになるように配置されてよい。例えば、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、+X方向の磁場に対して抵抗値が増加するように配置される。これにより、磁気センサ装置1000に対して+X方向に磁場 $B_x$ が入力すると、第1から第4の磁気センサユニットは、それぞれの磁気検知部に+X方向の磁場を供給する。したがって、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、それぞれ $R_x$ だけ抵抗値が増加することになる。

30

【0068】

また、磁気センサ装置1000に対して+Y方向に磁場 $B_y$ が入力すると、第1および第4の磁気センサユニットは、それぞれの磁気検知部に+X方向の磁場を供給する。したがって、第1および第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、それぞれ $R_y$ だけ抵抗値が増加することになる。一方、第2および第3の磁気センサユニットは、それぞれの磁気検知部に-X方向の磁場を供給するので、第2および第3の磁気センサユニットの磁気検知部は、それぞれ $R_y$ だけ抵抗値が減少することになる。

40

【0069】

また、磁気センサ装置1000に対して+Z方向に磁場 $B_z$ が入力すると、第1および第3の磁気センサユニットは、それぞれの磁気検知部に+X方向の磁場を供給する。したがって、第1および第3の磁気センサユニットの磁気検知部は、それぞれ $R_z$ だけ抵抗値が増加することになる。一方、第2および第4の磁気センサユニットは、それぞれの磁気検知部に-X方向の磁場を供給するので、第2および第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、それぞれ $R_z$ だけ抵抗値が減少することになる。

【0070】

50

以上より、磁気センサ装置 1000 に磁場  $B ( B_x , B_y , B_z )$  が入力することに対して、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、次式のように表される。なお、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部に入力する磁場の大きさが零の場合に対応する抵抗値を、 $R_0$  とした。また、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値を、順に、 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および  $R_d$  とした。

(数 1)

$$R_a = R_0 + R_x + R_y + R_z$$

$$R_b = R_0 + R_x - R_y - R_z$$

$$R_c = R_0 + R_x - R_y + R_z$$

$$R_d = R_0 + R_x + R_y - R_z$$

10

【0071】

(数 1) 式を次式のように変形することで、4 つの磁気検知部の抵抗値  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および  $R_d$  から、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に応じた出力を分離できる。

(数 2)

$$R_a - R_c + R_d - R_b = 4 R_y$$

$$R_a - R_d + R_c - R_b = 4 R_z$$

$$R_a + R_b + R_c + R_d = 4 ( R_0 + R_x )$$

【0072】

なお、磁場の入力方向が + X 方向または - X 方向の場合、磁気収束部の配置が換わっても磁気検知部に入力する磁場の方向を反転させることはできないので、(数 1) 式で示すように、 $R_x$  の符号は互いに同一となる。したがって、 $R_0$  と  $R_x$  とを分離することはできない。そこで、磁気センサ装置 1000 は、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部と比較して磁場に対する感度を抑制した参照用磁気検知部を更に備えてよい。

20

【0073】

参照用磁気検知部は、抵抗値が  $R_0$  と略等しい抵抗値  $R_e$  を有する素子でよい。また、参照用磁気検知部は、磁気センサ装置 1000 に磁場  $B ( B_x , B_y , B_z )$  が入力しても、抵抗値  $R_e$  が変化しないように配置されてよい。例えば、参照用磁気検知部は、周囲に磁気収束部が設けられ、当該磁気収束部によって外部からの磁場の入力が高減するように配置される。このような参照用磁気検知部を用いることにより、次式のように、磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

30

(数 3)

$$R_a - R_c + R_d - R_b = 4 R_y$$

$$R_a - R_d + R_c - R_b = 4 R_z$$

$$R_a + R_b + R_c + R_d - 4 R_e = 4 R_x$$

【0074】

ここで、(数 3) 式は、算出式の一例である。これに代えて、次式のように算出してもよい。

(数 4)

$$R_a - R_c = R_d - R_b = 2 R_y$$

$$R_a - R_d = R_c - R_b = 2 R_z$$

$$R_a + R_b - 2 R_e = R_c + R_d - 2 R_e = 2 R_x$$

40

【0075】

以上の本実施形態に係る磁気センサ装置 1000 は、磁気センサユニットを 4 つ有する例を説明した。これに代えて、磁気センサ装置 1000 は、第 1 から第 4 の磁気センサユニットのうち、3 つを備える構成であってもよい。例えば、磁気センサ装置 1000 が、第 1 から第 3 の磁気センサユニットを備える例を説明する。この場合、(数 1) 式のうち、 $R_a$ 、 $R_b$ 、および  $R_c$  に関する式を用いることができる。即ち、(数 3) 式に代えて、次式を用いることにより、磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

50

(数5)

$$\begin{aligned} R a - R c &= 2 R y \\ R c - R b &= 2 R z \\ R a + R b - 2 R e &= 2 R x \end{aligned}$$

【0076】

なお、3つの磁気センサユニットを備える構成の場合、第1から第3の磁気センサユニットの組み合わせには限定されない。第1から第4の磁気センサユニットのうち、第1の磁気センサユニット102を除く組み合わせでもよく、第2の磁気センサユニット104を除く組み合わせでもよく、また、第3の磁気センサユニット106を除く組み合わせでもよい。以上のように、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも3つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ同様に算出できる。

10

【0077】

さらに、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、2つを備える構成であってもよい。例えば、磁気センサ装置1000が、第1および第2の磁気センサユニットを備える例を説明する。この場合、(数1)式のうち、 $R_a$ および $R_b$ に関する式を用いることができる。即ち、(数3)式に代えて、次式を用いることにより、磁場成分 $B_x$ および、 $B_y$ または $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

(数6)

$$\begin{aligned} R a - R b &= 2 ( R y + R z ) \\ R a + R b - 2 R e &= 2 R x \end{aligned}$$

20

【0078】

なお、2つの磁気センサユニットを備える構成においても、第1および第2の磁気センサユニットの組み合わせには限定されない。第1から第4の磁気センサユニットのうち、第1および第3の磁気センサユニット、第1および第4の磁気センサユニット、第2および第3の磁気センサユニット、第2および第4の磁気センサユニット、または、第3および第4の磁気センサユニットの組み合わせでもよい。以上のように、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも2つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ のうち2成分に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ同様に算出できる。

30

【0079】

以上の本実施形態に係る磁気センサ装置1000は、磁気センサユニットが備える磁気検知部の感磁軸の正の方向を $+X$ 方向として説明したが、これに代えて、感磁軸の正の方向を $-X$ 方向としてもよい。この場合、(数1)式の磁場の入力に応じて変化する成分の符号が反転するだけなので、抵抗値の変化量の算出は同様に実行することができる。

【0080】

また、磁気センサ装置1000に入力する磁場の方向が反転しても、同様に、抵抗値の変化量を算出することができる。したがって、本実施形態に係る磁気センサ装置1000は、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、2方向または3方向の磁場成分に分離することができる。なお、図14に示した磁気センサ装置1000の構成は、一例であり、これに限定されることはない。磁気センサ装置1000の他の構成について、次に説明する。

40

【0081】

図15は、本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第2構成例を示す。第2構成例の磁気センサ装置1000は、図14に示す第1構成例の磁気センサ装置1000と同様に、磁気センサユニット100を4つ組み合わせた例を示す。そこで、第2構成例の磁気センサ装置1000において、図14に示された本実施形態に係る磁気センサ装置1000の第1構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。

50

## 【 0 0 8 2 】

第2構成例の磁気センサ装置1000は、第1の磁気センサユニット102と、第2の磁気センサユニット104と、第3の磁気センサユニット106と、第4の磁気センサユニット108と、を備える。第2構成例の磁気センサ装置1000は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える4つの磁気センサユニットの配置を変更した構成でよい。具体的には、第2構成例の磁気センサ装置1000は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える第3の磁気センサユニット106および第4の磁気センサユニット108の配置を交換した構成でよい。

## 【 0 0 8 3 】

即ち、第2構成例の磁気センサ装置1000は、第2の磁気センサユニット104が、第1の磁気センサユニット102の-X方向側に配置される。第1の磁気センサユニット102および第2の磁気センサユニット104の配置は、図14に示す第1構成例の磁気センサ装置1000の配置と略同一でよい。

10

## 【 0 0 8 4 】

また、第4の磁気センサユニット108は、第1の磁気センサユニット102の-Y方向側に配置される。即ち、第4の磁気センサユニット108は、第1の磁気センサユニット102をZ軸に対して回転対称に配置される例を示す。また、第3の磁気センサユニット106は、第4の磁気センサユニット108の-X方向側に配置される。即ち、第3の磁気センサユニット106および第4の磁気センサユニット108は、図15の点線で示すYZ平面と略平行な面に対して面对称に配置される例を示す。

20

## 【 0 0 8 5 】

このように配置された第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、+X方向の磁場に対して抵抗値が増加するように配置されてよい。この場合、第2構成例の磁気センサ装置1000が備える第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える磁気検知部の抵抗値と同様に、(数1)式のように表される。したがって、(数3)式および(数4)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

## 【 0 0 8 6 】

また、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、3つを備える構成であっても(数5)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。したがって、第2構成例の磁気センサ装置1000においても、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも3つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、当該3方向の磁場成分に応じた出力を分離することができる。

30

## 【 0 0 8 7 】

さらに、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、2つを備える構成であっても(数6)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。したがって、第2構成例の磁気センサ装置1000においても、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも2つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、当該3方向のうち2方向の磁場成分に応じた出力を分離することができる。

40

## 【 0 0 8 8 】

図16は、本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第3構成例を示す。第3構成例の磁気センサ装置1000において、図14に示された本実施形態に係る磁気センサ装置1000の第1構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。

## 【 0 0 8 9 】

第3構成例の磁気センサ装置1000は、第1の磁気センサユニット102と、第2の磁気センサユニット104と、第3の磁気センサユニット106と、第4の磁気センサユ

50



ニット108と、を備える。第3構成例の磁気センサ装置1000は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える4つの磁気センサユニットの配置を変更した構成でよい。具体的には、第3構成例の磁気センサ装置1000は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える第2の磁気センサユニット104、第3の磁気センサユニット106、および第4の磁気センサユニット108の配置を変更した構成でよい。

#### 【0090】

即ち、第3構成例の磁気センサ装置1000は、第3の磁気センサユニット106が、第1の磁気センサユニット102の-X方向側に配置される。即ち、第1の磁気センサユニット102および第3の磁気センサユニット106は、Y軸に対して回転対称に配置される例を示す。

10

#### 【0091】

また、第4の磁気センサユニット108は、第1の磁気センサユニット102の-Y方向側に配置される。即ち、第4の磁気センサユニット108は、第1の磁気センサユニット102をZ軸に対して回転対称に配置される例を示す。また、第2の磁気センサユニット104は、第4の磁気センサユニット108の-X方向側に配置される。即ち、第2の磁気センサユニット104および第4の磁気センサユニット108は、Y軸に対して回転対称に配置される例を示す。

#### 【0092】

このように配置された第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、+X方向の磁場に対して抵抗値が増加するように配置されてよい。この場合、第3構成例の磁気センサ装置1000が備える第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える磁気検知部の抵抗値と同様に、(数1)式のように表される。したがって、(数3)式および(数4)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

20

#### 【0093】

また、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、3つを備える構成であっても(数5)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。したがって、第3構成例の磁気センサ装置1000においても、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも3つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、当該3方向の磁場成分に応じた出力を分離することができる。

30

#### 【0094】

さらに、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、2つを備える構成であっても(数6)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。したがって、第2構成例の磁気センサ装置1000においても、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも2つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、当該3方向のうち2方向の磁場成分に応じた出力を分離することができる。

#### 【0095】

図17は、本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第4構成例を示す。第4構成例の磁気センサ装置1000において、図14に示された本実施形態に係る磁気センサ装置1000の第1構成例の動作と略同一のものには同一の符号を付け、説明を省略する。

40

#### 【0096】

第4構成例の磁気センサ装置1000は、第1の磁気センサユニット102と、第2の磁気センサユニット104と、第3の磁気センサユニット106と、第4の磁気センサユニット108と、を備える。第4構成例の磁気センサ装置1000は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える4つの磁気センサユニットの配置を変更した構成でよい。具体的には、第4構成例の磁気センサ装置1000は、第1構成例の磁気センサ装置1000

50

0が備える第2の磁気センサユニット104および第3の磁気センサユニット106の配置を交換した構成でよい。

【0097】

即ち、第4構成例の磁気センサ装置1000は、第3の磁気センサユニット106が、第1の磁気センサユニット102の-X方向側に配置される。即ち、第1の磁気センサユニット102および第3の磁気センサユニット106は、Y軸に対して回転対称に配置される例を示す。

【0098】

また、第2の磁気センサユニット104は、第1の磁気センサユニット102の-Y方向側に配置される。即ち、第1の磁気センサユニット102および第2の磁気センサユニット104は、X軸に対して回転対称に配置される例を示す。また、第4の磁気センサユニット108は、第2の磁気センサユニット104の-X方向側に配置される。即ち、第2の磁気センサユニット104および第4の磁気センサユニット108は、Y軸に対して回転対称に配置される例を示す。

【0099】

このように配置された第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部は、+X方向の磁場に対して抵抗値が増加するように配置されてよい。この場合、第4構成例の磁気センサ装置1000が備える第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、第1構成例の磁気センサ装置1000が備える磁気検知部の抵抗値と同様に、(数1)式のように表される。したがって、(数3)式および(数4)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

【0100】

また、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、3つを備える構成であっても(数5)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。したがって、第4構成例の磁気センサ装置1000においても、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも3つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、当該3方向の磁場成分に応じた出力を分離することができる。

【0101】

さらに、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち、2つを備える構成であっても(数6)式のように、磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。したがって、第2構成例の磁気センサ装置1000においても、第1から第4の磁気センサユニットのうち、少なくとも2つの磁気センサユニットと、参照用磁気検知部を用いることにより、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、当該3方向のうち2方向の磁場成分に応じた出力を分離することができる。

【0102】

以上の本実施形態に係る磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち少なくとも3つを組み合わせる配置することにより、直交する3方向の磁場を検出してそれぞれ出力することができる。また、磁気センサ装置1000は、第1から第4の磁気センサユニットのうち少なくとも2つを組み合わせる配置することにより、直交する3方向の磁場のうち2方向の磁場を検出してそれぞれ出力することができる。

【0103】

以上の磁気センサ装置1000は、図1および図2で説明した磁気センサユニット100の配置を変えて組み合わせる例を説明したが、これに限定されることはない。磁気センサ装置1000は、図6から図13で説明した磁気センサユニット100の配置を変えて組み合わせる構成であってもよい。この場合であっても、(数1)式から(数5)式と同様に、直交する3方向の磁場を略同一の感度で検出し、2方向または3方向の磁場成分に分離することができる。

【0104】

以上の本実施形態に係る磁気センサ装置 1000 は、第 1 から第 4 の磁気センサユニットがそれぞれ備える磁気検知部の感磁軸の方向を、+ X 方向または - X 方向のいずれか一方に配置することを説明した。これに代えて、第 1 から第 4 の磁気センサユニットのうちの少なくとも 2 つの磁気検知部は、他の磁気センサユニットの磁気検知部に対して感磁軸の正の方向を逆向きとするように配置してよい。

#### 【0105】

例えば、図 14 に示す第 1 構成例の磁気センサ装置 1000 において、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を - X 方向とする。この場合、磁気センサ装置 1000 に対して磁場 B ( B x , B y , B z ) が入力した場合、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の磁気検知部の抵抗値は、( 数 1 ) 式と同様に表される。

10

#### 【0106】

これに対し、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の磁気検知部の感磁軸の正の方向が逆向きなので、( 数 1 ) 式の R c および R d の抵抗値の変化量の符号が逆転する。即ち、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、次式のように表される。

#### ( 数 7 )

$$\begin{aligned} R a &= R 0 + R x + R y + R z \\ R b &= R 0 + R x - R y - R z \\ R c &= R 0 - R x + R y - R z \\ R d &= R 0 - R x - R y + R z \end{aligned}$$

20

#### 【0107】

( 数 7 ) 式を次式のように変形することで、4 つの磁気検知部の抵抗値 R a 、 R b 、 R c 、および R d から、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分 B x 、 B y 、および B z に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

#### ( 数 8 )

$$\begin{aligned} R a - R b + R c - R d &= 4 R y \\ R a - R b - R c + R d &= 4 R z \\ R a + R b - R c - R d &= 4 R x \end{aligned}$$

30

#### 【0108】

なお、磁気検知部の感磁軸の正の方向が全て同一方向ではないので、磁場の入力方向が + X 方向または - X 方向の一軸方向であっても、( 数 8 ) 式で示すように、R x の符号は感磁軸の正の方向に対応して反転する。即ち、R x の符号を反転させることができるので、本例の磁気センサ装置 1000 は、R 0 と R x とを参照用磁気検知部なしに分離することができる。

#### 【0109】

なお、本例は、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を - X 方向とする例を説明した。これに代えて、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を - X 方向とし、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を + X 方向としてもよい。この場合においても、( 数 7 ) 式、( 数 8 ) 式のように、参照用磁気検知部なしに、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分 B x 、 B y 、および B z に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

40

#### 【0110】

また、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 4 の磁気センサユニット 108 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 2 の磁気センサユニット 104 および第 3 の磁気センサユニット 106 の磁気検知部の感磁軸の正の方向を - X 方向としてもよい。この場合、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、次式のように表

50

される。

(数 9)

$$\begin{aligned} R a &= R 0 + R x + R y + R z \\ R b &= R 0 - R x + R y + R z \\ R c &= R 0 - R x + R y - R z \\ R d &= R 0 + R x + R y - R z \end{aligned}$$

【0111】

(数 9) 式を次式のように変形することで、4つの磁気検知部の抵抗値  $R a$ 、 $R b$ 、 $R c$ 、および  $R d$  から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分  $B x$ 、 $B y$ 、および  $B z$  に対応する抵抗値の変化量を分離できることがわかる。

10

(数 10)

$$\begin{aligned} R a - R b - R c + R d &= 4 R x \\ R a + R b - R c - R d &= 4 R z \\ R a + R b + R c + R d &= 4 (R 0 + R y) \end{aligned}$$

【0112】

なお、本例の場合、(数 9) 式で示すように、 $R y$  の符号は互いに同一となり、 $R 0$  と  $R y$  とを分離することはできない。そこで、参照用磁気検知部を用いることにより、次式のように、磁場成分  $B x$ 、 $B y$ 、および  $B z$  に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。

20

(数 11)

$$\begin{aligned} R a - R b - R c + R d &= 4 R x \\ R a + R b - R c - R d &= 4 R z \\ R a + R b + R c + R d - 4 R e &= 4 R y \end{aligned}$$

【0113】

また、第1の磁気センサユニット102および第3の磁気センサユニット106の磁気検知部の感磁軸の正の方向を  $+ X$  方向とし、第2の磁気センサユニット104および第4の磁気センサユニット108の磁気検知部の感磁軸の正の方向を  $- X$  方向としてもよい。この場合、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、次式のように表される。

30

(数 12)

$$\begin{aligned} R a &= R 0 + R x + R y + R z \\ R b &= R 0 - R x + R y + R z \\ R c &= R 0 + R x - R y + R z \\ R d &= R 0 - R x - R y + R z \end{aligned}$$

【0114】

(数 12) 式を次式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4つの磁気検知部の抵抗値  $R a$ 、 $R b$ 、 $R c$ 、および  $R d$  から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分  $B x$ 、 $B y$ 、および  $B z$  に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

(数 13)

$$\begin{aligned} R a - R b + R c - R d &= 4 R x \\ R a + R b - R c - R d &= 4 R y \\ R a + R b + R c + R d - 4 R e &= 4 R z \end{aligned}$$

40

【0115】

以上のように、第1から第4の磁気センサユニットのうち、2つの磁気センサユニットの磁気検知部の感磁軸の正の方向を反転させることにより、磁場成分  $B x$ 、 $B y$ 、および  $B z$  に対応する抵抗値の変化量をそれぞれ算出できる。なお、磁気検知部の感磁軸の正の方向を反転させる例として、図14に示した磁気センサ装置1000の構成を用いたが、これに限定されることはない。磁気センサ装置1000の他の構成について、同様に感磁軸の正の方向を反転させてもよい。

【0116】

50

例えば、図 15 に示す第 2 構成例の磁気センサ装置 1000 において、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を - X 方向とする。この場合、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、( 数 7 ) 式のように表される。

【 0 1 1 7 】

したがって、この場合、( 数 8 ) 式のように変形することで、4 つの磁気検知部の抵抗値  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および  $R_d$  から、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に対応する抵抗値の変化量を分離できる。なお、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の感磁軸の正の方向を - X 方向とし、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を + X 方向としても、同様の操作で同様に分離できる。

10

【 0 1 1 8 】

また、図 15 に示す第 2 構成例の磁気センサ装置 1000 において、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 2 の磁気センサユニット 104 および第 3 の磁気センサユニット 106 の感磁軸の正の方向を - X 方向としてもよい。この場合、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、( 数 9 ) 式のように表される。

【 0 1 1 9 】

したがって、この場合、( 数 11 ) 式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4 つの磁気検知部の抵抗値  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および  $R_d$  から、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

20

【 0 1 2 0 】

また、図 15 に示す第 2 構成例の磁気センサ装置 1000 において、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 3 の磁気センサユニット 106 の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 2 の磁気センサユニット 104 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を - X 方向としてもよい。この場合、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、( 数 12 ) 式のように表される。

【 0 1 2 1 】

したがって、この場合、( 数 13 ) 式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4 つの磁気検知部の抵抗値  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および  $R_d$  から、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

30

【 0 1 2 2 】

また、例えば、図 16 に示す第 3 構成例の磁気センサ装置 1000 において、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を - X 方向とする。この場合、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、( 数 7 ) 式のように表される。

【 0 1 2 3 】

したがって、この場合、( 数 8 ) 式のように変形することで、4 つの磁気検知部の抵抗値  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および  $R_d$  から、入力磁場の直交する 3 方向の磁場成分  $B_x$ 、 $B_y$ 、および  $B_z$  に対応する抵抗値の変化量を分離できる。なお、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 2 の磁気センサユニット 104 の感磁軸の正の方向を - X 方向とし、第 3 の磁気センサユニット 106 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を + X 方向としても、同様の操作で同様に分離できる。

40

【 0 1 2 4 】

また、図 16 に示す第 3 構成例の磁気センサ装置 1000 において、第 1 の磁気センサユニット 102 および第 4 の磁気センサユニット 108 の感磁軸の正の方向を + X 方向とし、第 2 の磁気センサユニット 104 および第 3 の磁気センサユニット 106 の感磁軸の正の方向を - X 方向としてもよい。この場合、第 1 から第 4 の磁気センサユニットの磁気

50

検知部の抵抗値は、(数9)式のように表される。

【0125】

したがって、この場合、(数11)式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4つの磁気検知部の抵抗値 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および $R_d$ から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

【0126】

また、図16に示す第3構成例の磁気センサ装置1000において、第1の磁気センサユニット102および第3の磁気センサユニット106の感磁軸の正の方向を+X方向とし、第2の磁気センサユニット104および第4の磁気センサユニット108の感磁軸の正の方向を-X方向としてもよい。この場合、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、(数12)式のように表される。

10

【0127】

したがって、この場合、(数13)式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4つの磁気検知部の抵抗値 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および $R_d$ から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

【0128】

また、例えば、図17に示す第4構成例の磁気センサ装置1000において、第1の磁気センサユニット102および第2の磁気センサユニット104の感磁軸の正の方向を+X方向とし、第3の磁気センサユニット106および第4の磁気センサユニット108の感磁軸の正の方向を-X方向とする。この場合、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、(数7)式のように表される。

20

【0129】

したがって、この場合、(数8)式のように変形することで、4つの磁気検知部の抵抗値 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および $R_d$ から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量を分離できる。なお、第1の磁気センサユニット102および第2の磁気センサユニット104の感磁軸の正の方向を-X方向とし、第3の磁気センサユニット106および第4の磁気センサユニット108の感磁軸の正の方向を+X方向としても、同様の操作で同様に分離できる。

【0130】

また、図17に示す第4構成例の磁気センサ装置1000において、第1の磁気センサユニット102および第4の磁気センサユニット108の感磁軸の正の方向を+X方向とし、第2の磁気センサユニット104および第3の磁気センサユニット106の感磁軸の正の方向を-X方向としてもよい。この場合、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、(数9)式のように表される。

30

【0131】

したがって、この場合、(数11)式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4つの磁気検知部の抵抗値 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および $R_d$ から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

【0132】

また、図17に示す第4構成例の磁気センサ装置1000において、第1の磁気センサユニット102および第3の磁気センサユニット106の感磁軸の正の方向を+X方向とし、第2の磁気センサユニット104および第4の磁気センサユニット108の感磁軸の正の方向を-X方向としてもよい。この場合、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、(数12)式のように表される。

40

【0133】

したがって、この場合、(数13)式のように変形し、参照用磁気検知部を用いることにより、4つの磁気検知部の抵抗値 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および $R_d$ から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

【0134】

なお、本実施形態に係る磁気センサ装置1000は、2つの磁気検知部の感磁軸の正の

50

方向を他の2つの磁気検知部とは逆向きに配置する例を説明したが、これに限定されることはない。例えば、磁気センサ装置1000は、1つまたは3つの磁気検知部の感磁軸の正の方向を他の磁気検知部とは逆向きに配置してもよい。

【0135】

例えば、図14に示す第1構成例の磁気センサ装置1000において、第1の磁気センサユニット102、第2の磁気センサユニット104、および、第3の磁気センサユニット106の磁気検知部の感磁軸の正の方向を+X方向とし、第4の磁気センサユニット108の磁気検知部の感磁軸の正の方向を-X方向とする。この場合、磁気センサ装置1000に対して磁場B( $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$ )が入力した場合、第1の磁気センサユニット102、第2の磁気センサユニット104、および、第3の磁気センサユニット106の磁気検知部の抵抗値は、(数1)式と同様に表される。

10

【0136】

これに対し、第4の磁気センサユニット108の磁気検知部の感磁軸の正の方向が逆向きなので、(数1)式の $R_d$ の抵抗値の変化の符号が逆転する。即ち、第1から第4の磁気センサユニットの磁気検知部の抵抗値は、次式のように表される。

(数14)

$$\begin{aligned} R_a &= R_0 + R_x + R_y + R_z \\ R_b &= R_0 + R_x - R_y - R_z \\ R_c &= R_0 + R_x - R_y + R_z \\ R_d &= R_0 - R_x - R_y + R_z \end{aligned}$$

20

【0137】

(数14)式を次式のように変形することで、4つの磁気検知部の抵抗値 $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、および $R_d$ から、入力磁場の直交する3方向の磁場成分 $B_x$ 、 $B_y$ 、および $B_z$ に対応する抵抗値の変化量を分離できる。

(数15)

$$\begin{aligned} R_a - R_c &= 2 R_y \\ R_c - R_b &= 2 R_z \\ R_c - R_d &= 2 R_x \end{aligned}$$

【0138】

以上のように、本実施形態に係る磁気センサ装置1000は、磁気収束部の配置および磁気検知部の感磁軸の正の方向を適切に配列することで、入力磁場の直交する3方向の磁場成分に対応する抵抗値の変化量を分離して算出することができ、それぞれの磁場成分を検出することができる。なお、本実施形態に係る磁気センサ装置1000は、3つまたは4つの磁気センサユニットを備える例を説明したが、これに限定されることはない。磁気センサ装置1000は、5以上の磁気センサユニットを備えてもよい。

30

【0139】

図18は、本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第5構成例を示す。図18に示す第5構成例の磁気センサ装置1000は、12の磁気センサユニット100を用いた例を示す。このように、磁気センサ装置1000は、実装面積に応じてより多くの磁気センサユニット100を備えることが望ましく、これにより、磁場の検出におけるS/Nを向上させることができる。

40

【0140】

また、それぞれの磁気センサユニット100は、3方向の磁場を略同一の感度で検出できるので、隙間を埋めるように密集させて、より多くの磁気センサユニット100を実装させてもよい。また、実装させる領域が複雑な形状であっても、種々の形状の磁気センサユニット100を組み合わせて配置させてよい。

【0141】

図19は、本実施形態に係る磁気センサユニット100を複数用いた磁気センサ装置1000の第6構成例を示す。図19に示す第6構成例の磁気センサ装置1000は、図9に示す第5構成例の磁気センサユニット100を4つ用いた例を示す。なお、4つの第2

50

磁気収束部 120 a、第2磁気収束部 120 b、第2磁気収束部 120 c、および第2磁気収束部 120 d は、一体に形成されてよい。また、4つの第2磁気収束部 120 a、第2磁気収束部 120 b、第2磁気収束部 120 c、および第2磁気収束部 120 d は、一体となった四角形の形状の磁気収束部でよい。

【0142】

このように、隣り合う磁気収束部は、連結されて形成されてよく、また、一体となって形成されてよい。即ち、第1から第4の磁気センサユニットは、第2の磁気収束部として共通の磁気収束部を有してよい。磁気センサ装置 1000 は、実装面積に応じてより多くの磁気センサユニット 100 を備えることができるので、磁場の検出における S/N を向上させることができる。

10

【0143】

なお、本実施形態において、点对称、面对称、および回転対称等の表現を用いたが、磁気収束部の配置関係を空間的に厳密な位置関係に限定するものではない。第1磁気収束部 110 および第2磁気収束部 120 が、磁気検知部 10 に予め定められた方向に磁場を供給することができる程度の配置関係であればよく、位置のずれ、形状の変化等を有してもよい。また、X軸またはY軸に対して回転対称といった表現を用いたが、これは第1磁気収束部 110 および第2磁気収束部 120 の配置関係の概略についての説明であり、磁気検知部 10 の上下が反転することを意味するものではない。

【0144】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

20

【0145】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

30

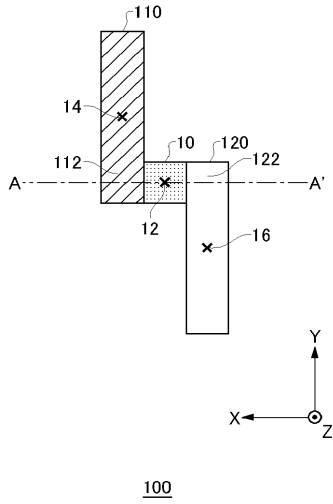
【符号の説明】

【0146】

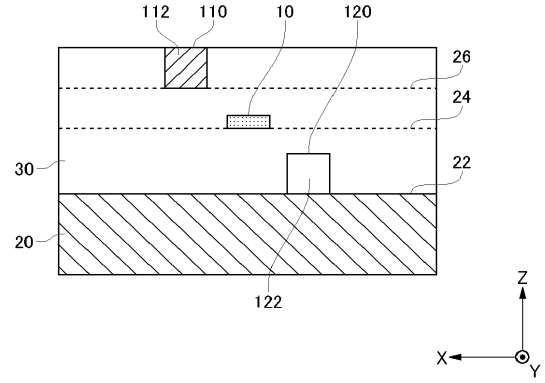
10 磁気検知部、12 重心、14 重心、16 重心、20 基板、22 基板表面、24 第1面、26 第2面、30 絶縁層、100 磁気センサユニット、102 第1の磁気センサユニット、104 第2の磁気センサユニット、106 第3の磁気センサユニット、108 第4の磁気センサユニット、110 第1磁気収束部、112 第1部分、120 第2磁気収束部、122 第2部分、1000 磁気センサ装置



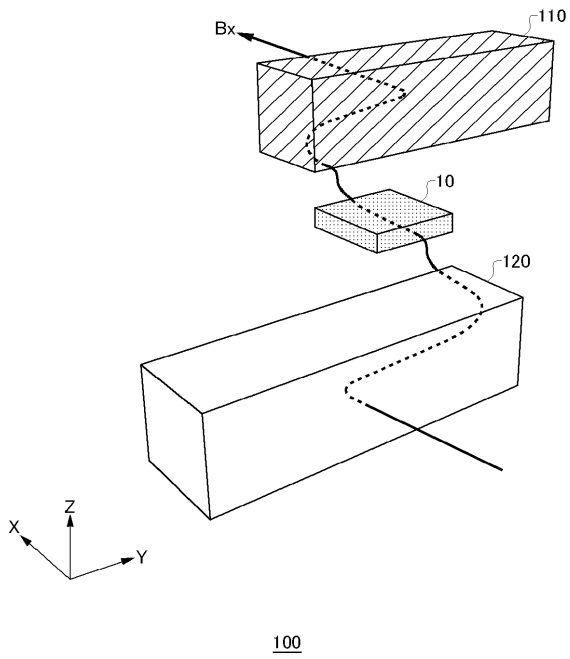
【 図 1 】



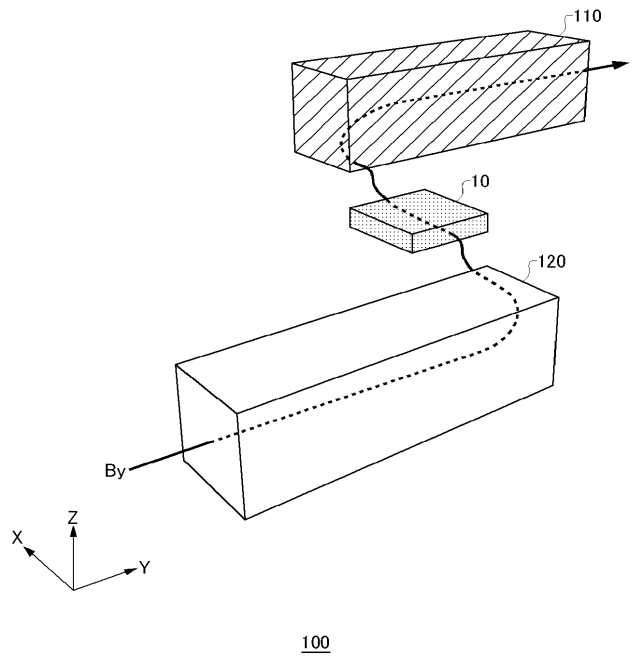
【 図 2 】



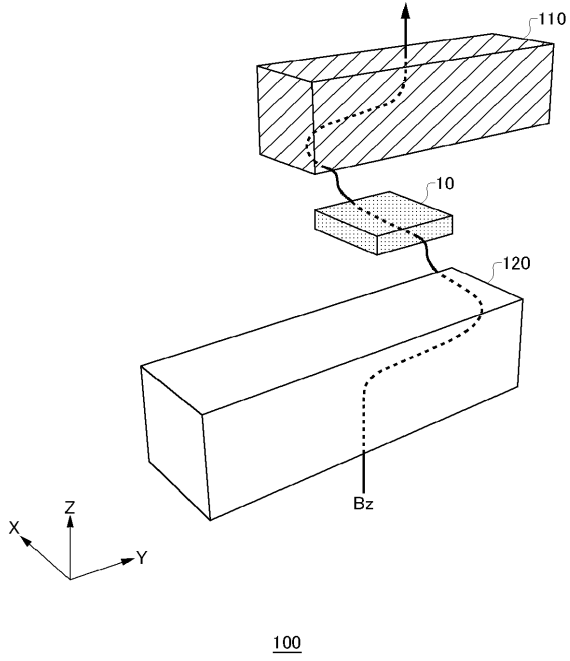
【 図 3 】



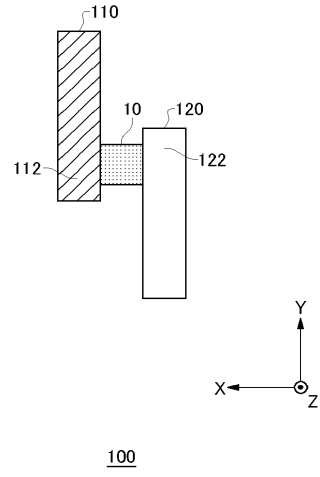
【 図 4 】



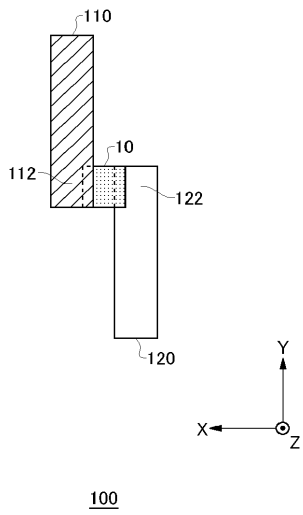
【 図 5 】



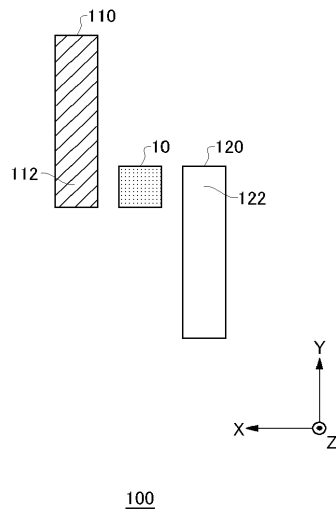
【 図 6 】



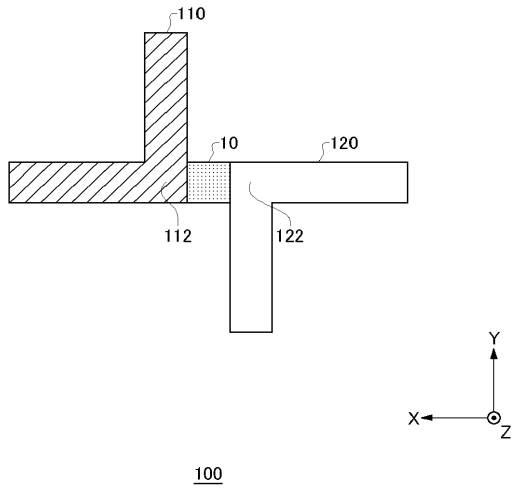
【 図 7 】



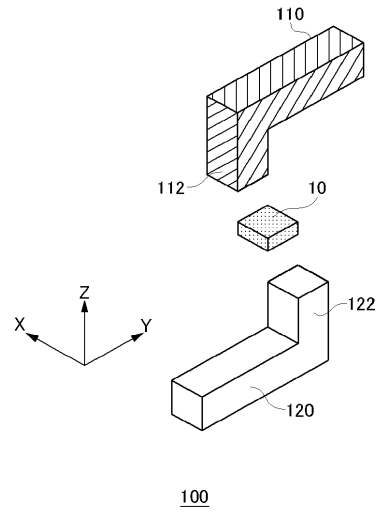
【 図 8 】



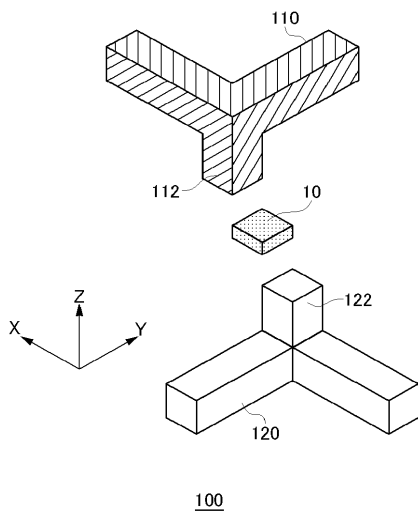
【 図 9 】



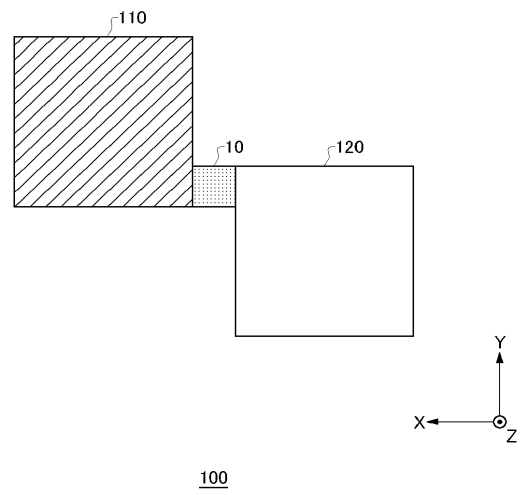
【 図 1 0 】



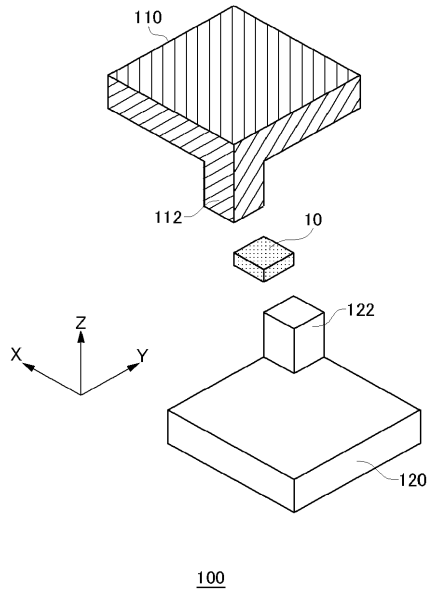
【 図 1 1 】



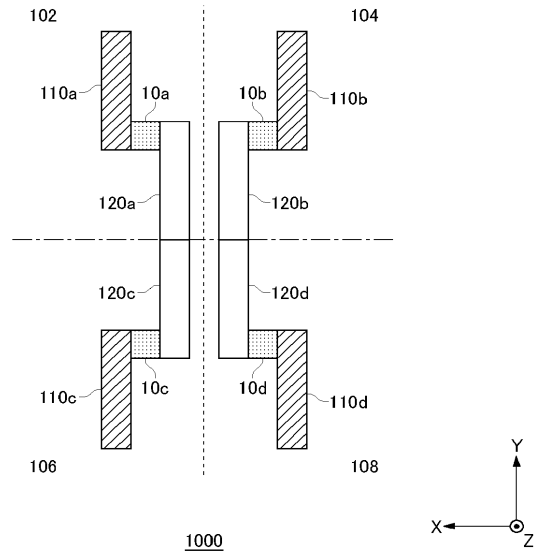
【 図 1 2 】



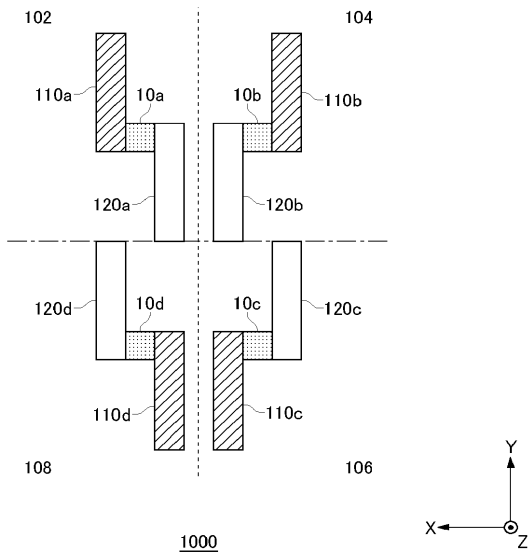
【 図 1 3 】



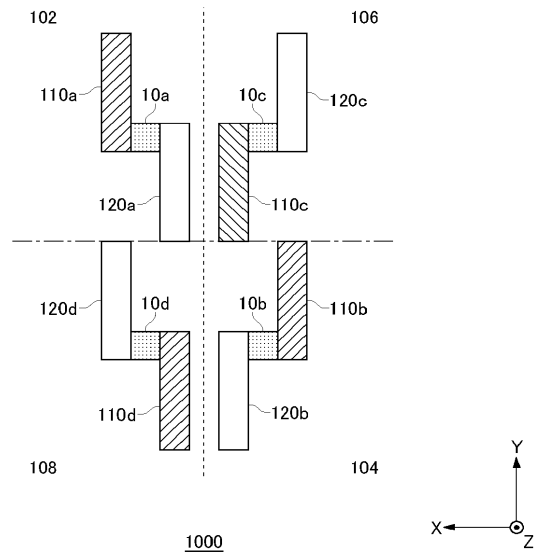
【 図 1 4 】



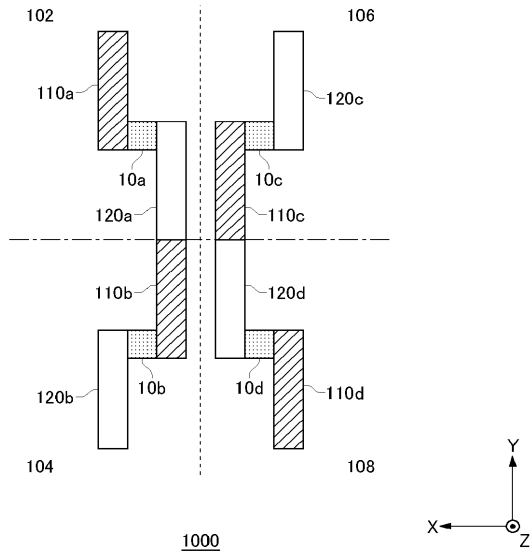
【 図 1 5 】



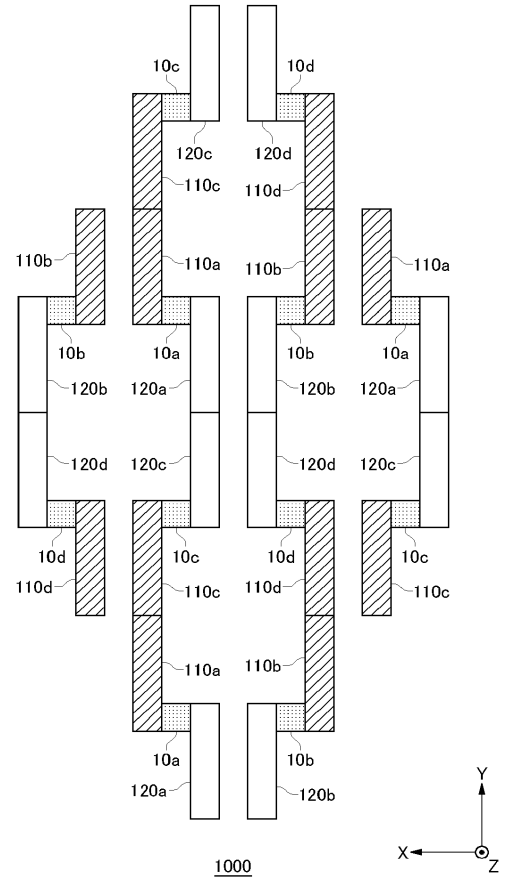
【 図 1 6 】



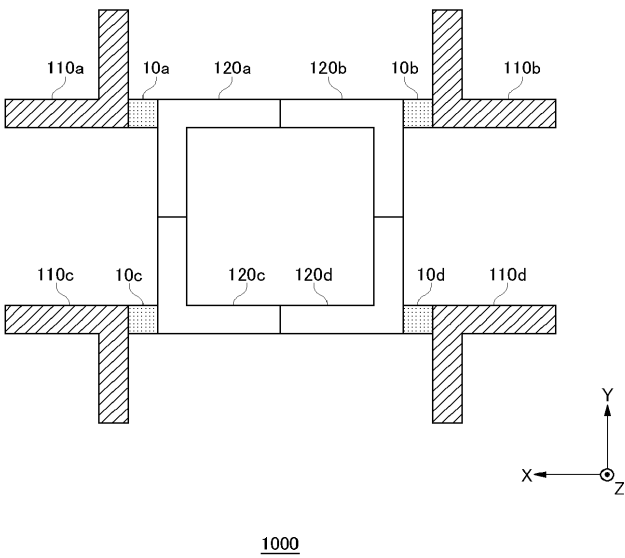
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 平林 啓  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 渡部 司也  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 永田 真己  
東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株式会社内
- Fターム(参考) 2G017 AA03 AB07 AC06 AC07 AD55  
5F092 AA13 AB01 AC05 AC06 AC11 FA08