(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7667759号
(P7667759)

(45)発行日　令和7年4月23日(2025.4.23)

(24)登録日　令和7年4月15日(2025.4.15)

(51)国際特許分類		FI		
G01R 33/09 (2006.01)		G01R	33/09	
H10N 50/80 (2023.01)		H10N	50/80	Z
H10N 50/10 (2023.01)		H10N	50/10	Z
G01R 33/02 (2006.01)		H10N	50/10	P
		G01R	33/02	L

請求項の数　12　（全26頁）

(21)出願番号　特願2022-32603(P2022-32603)
(22)出願日　令和4年3月3日(2022.3.3)
(62)分割の表示　特願2022-9846(P2022-9846)の分割
原出願日　令和4年1月26日(2022.1.26)
(65)公開番号　特開2023-46216(P2023-46216A)
(43)公開日　令和5年4月3日(2023.4.3)
審査請求日　令和5年7月11日(2023.7.11)
(31)優先権主張番号　特願2021-154816(P2021-154816)
(32)優先日　令和3年9月22日(2021.9.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000003067
ＴＤＫ株式会社
東京都中央区日本橋二丁目５番１号
(74)代理人　110001357
弁理士法人つばさ国際特許事務所
(72)発明者　▲高▼杉 圭祐
東京都中央区日本橋二丁目５番１号 ＴＤＫ株式会社内
(72)発明者　牧野 健三
東京都中央区日本橋二丁目５番１号 ＴＤＫ株式会社内
審査官　青木 洋平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　磁場検出装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

平坦面を含む基板と、

前記平坦面に対して傾斜した第１の傾斜面と、前記平坦面および前記第１の傾斜面の双方に対して傾斜した第２の傾斜面とをそれぞれ含み、前記平坦面にそれぞれ設けられた複数の凸部と、

前記第１の傾斜面に設けられた第１の磁気抵抗効果膜と、

前記第２の傾斜面に設けられた第２の磁気抵抗効果膜と、

前記複数の凸部のうちの、異なる２つの前記凸部のそれぞれの前記第１の傾斜面に設けられた前記第１の磁気抵抗効果膜同士を繋ぐ第１の配線と、

前記複数の凸部のうちの、異なる２つの前記凸部のそれぞれの前記第２の傾斜面に設けられた前記第２の磁気抵抗効果膜同士を繋ぐ第２の配線と、

１以上のパターンと

を有し、

前記複数の凸部は、前記第１の傾斜面と前記第２の傾斜面とが第１の方向において対向するように、前記第１の方向に隣り合って配列されており、

前記１以上のパターンは、互いに対向する前記第１の傾斜面および前記第２の傾斜面の少なくとも一方のうち前記平坦面から離れた位置に設けられており、前記第１の磁気抵抗効果膜、前記第２の磁気抵抗効果膜、前記第１の配線、および前記第２の配線のそれぞれから絶縁されており、

前記１以上のパターンの構成材料は、前記第１の配線および前記第２の配線の構成材料と同じである
磁場検出装置。
【請求項２】
前記１以上のパターンは、前記第１の傾斜面に設けられた第１パターンおよび前記第２の傾斜面に設けられた第２パターンを有する
請求項１記載の磁場検出装置。
【請求項３】
前記平坦面に直交する高さ方向において、前記平坦面を基準とした前記第１パターンの上端位置は、前記平坦面を基準とした前記第２パターンの上端位置と実質的に同じである
請求項２記載の磁場検出装置。
【請求項４】
前記複数の凸部は、第１の凸部および第２の凸部を有し、
前記１以上のパターンは、前記第２の凸部の前記第２の傾斜面に設けられており、
前記１以上のパターンが設けられた前記第２の凸部の前記第２の傾斜面に対向する前記第１の凸部の前記第１の傾斜面には、前記第１の配線が設けられている
請求項１記載の磁場検出装置。
【請求項５】
前記平坦面に直交する高さ方向において、前記平坦面を基準とした前記１以上のパターンの上端位置は、前記平坦面を基準とした前記第１の配線の上端位置と実質的に同じである
請求項４記載の磁場検出装置。
【請求項６】
前記複数の凸部は、第１の凸部および第２の凸部を有し、
前記１以上のパターンは、前記第２の凸部の前記第２の傾斜面に設けられており、
前記１以上のパターンが設けられた前記第２の凸部の前記第２の傾斜面に対向する前記第１の凸部の前記第１の傾斜面には、前記第１の配線と第３の配線と前記第１の磁気抵抗効果膜とが設けられており、
前記第３の配線は、前記第１の凸部の前記第１の傾斜面に設けられた２つの前記第１の磁気抵抗効果膜同士を繋ぐ配線であり、
前記第１の磁気抵抗効果膜は、前記平坦面に直交する高さ方向において前記第１の配線と前記第３の配線との間に配置されている
請求項１記載の磁場検出装置。
【請求項７】
前記１以上のパターンは導電性材料からなる
請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の磁場検出装置。
【請求項８】
前記１以上のパターンの構成材料は、前記第１の配線の構成材料および前記第２の配線の構成材料と同じである
請求項７記載の磁場検出装置。
【請求項９】
前記第１の配線は、前記平坦面に設けられた第１の平坦部と、前記第１の傾斜面に設けられて前記第１の方向と交差する第２の方向に延在する第１の傾斜部とを含み、
前記第１の平坦部は、前記第１の傾斜部のうちの前記第２の方向における両端部分以外の中途部分と接続されている
請求項１から請求項８のいずれか１項に記載の磁場検出装置。
【請求項１０】
前記第１の方向と前記第２の方向とは、実質的に直交している
請求項９記載の磁場検出装置。
【請求項１１】
平坦面を含む基板と、

前記平坦面に対して傾斜した第１の傾斜面と、前記平坦面および前記第１の傾斜面の双方に対して傾斜した第２の傾斜面とをそれぞれ含み、前記平坦面にそれぞれ設けられた第１から第３の凸部と、
前記第１の凸部の前記第１の傾斜面および前記第２の凸部の前記第１の傾斜面のそれぞれに設けられた第１の磁気抵抗効果膜と、
前記第１の凸部の前記第２の傾斜面および前記第３の凸部の前記第２の傾斜面のそれぞれに設けられた第２の磁気抵抗効果膜と、
前記第１の凸部の前記第１の傾斜面に設けられた前記第１の磁気抵抗効果膜と、前記第２の凸部の前記第１の傾斜面に設けられた前記第１の磁気抵抗効果膜とを繋ぐ第１の配線と、
前記第１の凸部の前記第２の傾斜面に設けられた前記第２の磁気抵抗効果膜と、前記第３の凸部の前記第２の傾斜面に設けられた前記第２の磁気抵抗効果膜とを繋ぐ第２の配線と、
１以上のパターンと
を有し、
前記第１の凸部の前記第１の傾斜面と前記第２の凸部の前記第２の傾斜面とが第１の方向において対向するように、前記第１の凸部と前記第２の凸部とが前記第１の方向に隣り合って配置されており、
前記第１の凸部の前記第２の傾斜面と前記第３の凸部の前記第１の傾斜面とが前記第１の方向において対向するように、前記第１の凸部と前記第３の凸部とが前記第１の方向に隣り合って配置されており、
前記１以上のパターンは、互いに対向する前記第１の凸部の前記第１の傾斜面および前記第２の凸部の前記第２の傾斜面の少なくとも一方のうち前記平坦面から離れた位置に設けられており、前記第１の磁気抵抗効果膜、前記第２の磁気抵抗効果膜、前記第１の配線、および前記第２の配線のそれぞれから絶縁されており、
前記１以上のパターンの構成材料は、前記第１の配線および前記第２の配線の構成材料と同じである
磁場検出装置。
【請求項１２】
平坦面を含む基板と、
前記平坦面に対して傾斜した第１の傾斜面と、前記平坦面および前記第１の傾斜面の双方に対して傾斜した第２の傾斜面とをそれぞれ含み、前記平坦面にそれぞれ設けられた第１から第３の凸部と、
前記第１の凸部の前記第１の傾斜面および前記第２の凸部の前記第１の傾斜面のそれぞれに設けられた第１の磁気抵抗効果膜と、
前記第１の凸部の前記第２の傾斜面および前記第３の凸部の前記第２の傾斜面のそれぞれに設けられた第２の磁気抵抗効果膜と、
前記第１の凸部の前記第１の傾斜面に設けられた前記第１の磁気抵抗効果膜と、前記第２の凸部の前記第１の傾斜面に設けられた前記第１の磁気抵抗効果膜とを繋ぐ第１の配線と、
前記第１の凸部の前記第２の傾斜面に設けられた前記第２の磁気抵抗効果膜と、前記第３の凸部の前記第２の傾斜面に設けられた前記第２の磁気抵抗効果膜とを繋ぐ第２の配線と、
１以上のパターンと
を有し、
前記第１の凸部の前記第２の傾斜面と前記第２の凸部の前記第１の傾斜面とが第１の方向において対向するように、前記第１の凸部と前記第２の凸部とが前記第１の方向に隣り合って配置されており、
前記第１の凸部の前記第１の傾斜面と前記第３の凸部の前記第２の傾斜面とが前記第１の方向において対向するように、前記第１の凸部と前記第３の凸部とが前記第１の方向に隣

り合って配置されており、
前記１以上のパターンは、互いに対向する前記第１の凸部の前記第２の傾斜面および前記第２の凸部の前記第１の傾斜面の少なくとも一方のうち前記平坦面から離れた位置に設けられており、前記第１の磁気抵抗効果膜、前記第２の磁気抵抗効果膜、前記第１の配線、および前記第２の配線のそれぞれから絶縁されており、
前記１以上のパターンの構成材料は、前記第１の配線および前記第２の配線の構成材料と同じである
磁場検出装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、磁気抵抗効果素子を備えた磁場検出装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
これまでに、磁気抵抗効果素子を用いた磁場検出装置がいくつか提案されている。例えば特許文献１には、導体における電流の流れる方向に沿った中心線の方向が、磁気抵抗効果素子における長手方向に沿った中心線の方向と異なるようにした磁界検出装置が開示されている（例えば特許文献１参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１６－１１１８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
ところで、このような磁場検出装置に対しては、さらなる小型化が求められている。
【０００５】
したがって、高い信頼性を維持しつつ、小型化に適する磁場検出装置を提供することが望まれる。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明の一実施態様としての磁場検出装置は、基板と、第１の凸部および第２の凸部と、第１の磁気抵抗効果膜と、第２の磁気抵抗効果膜と、第１の配線と、第２の配線と、１以上のパターンとを有する。基板は平坦面を含む。第１の凸部および第２の凸部は、平坦面に対して傾斜した第１の傾斜面と、平坦面および第１の傾斜面の双方に対して傾斜した第２の傾斜面とをそれぞれ含み、平坦面にそれぞれ設けられている。第１の磁気抵抗効果膜は、第１の傾斜面に設けられている。第２の磁気抵抗効果膜は、第２の傾斜面に設けられている。第１の配線は、第１の凸部の第１の傾斜面に設けられた第１の磁気抵抗効果膜と、第２の凸部の第１の傾斜面に設けられた第１の磁気抵抗効果膜とを繋いでいる。第２の配線は、第１の凸部の第２の傾斜面に設けられた第２の磁気抵抗効果膜と、第２の凸部の第２の傾斜面に設けられた第２の磁気抵抗効果膜とを繋いでいる。第１の凸部の第１の傾斜面と第２の凸部の第２の傾斜面とが第１の方向において対向するように、第１の凸部と第２の凸部とが第１の方向に隣り合って配置されている。１以上のパターンは、互いに対向する第１の凸部の第１の傾斜面および第２の凸部の第２の傾斜面の少なくとも一方に設けられている。
【発明の効果】
【０００７】
本発明の一実施態様としての磁場検出装置によれば、小型でありながら第１の配線と第２の配線との短絡を回避し、高い動作信頼性を発現することができる。
【図面の簡単な説明】

【０００８】
【図１】本発明の一実施の形態としての磁場検出装置の全体構成例を表す概略平面図である。
【図２】図１に示した磁場検出装置の回路図である。
【図３】図１に示した素子形成領域の平面構成を表す平面模式図である。
【図４】図１に示した素子形成領域の断面構成を表す断面模式図である。
【図５】図３に示した磁気抵抗効果膜の積層断面を表す断面模式図である。
【図６】図５に示した磁化固着層の磁化方向と磁化自由層の磁化方向との関係を説明するための平面模式図である。
【図７Ａ】図１に示した磁場検出装置の製造方法の一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｂ】図７Ａに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｃ】図７Ｂに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｄ】図７Ｃに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｅ】図７Ｄに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｆ】図７Ｅに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｇ】図７Ｆに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｈ】図７Ｇに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｉ】図７Ｈに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｊ】図７Ｉに続く一工程を表す断面模式図である。
【図７Ｋ】図７Ｊに続く一工程を表す断面模式図である。
【図８】参考例としての磁場検出装置の素子形成領域の平面構成を表す平面模式図である。
【図９Ａ】図８に示した素子形成領域の断面構成を表す断面模式図である。
【図９Ｂ】図８に示した磁場検出装置の製造方法の一工程を表す断面模式図である。
【図１０】本発明の第１の変形例としての磁場検出装置の一部の構成例を表す概略平面図である。
【図１１】本発明の第２の変形例としての磁場検出装置の一部の構成例を表す概略平面図である。
【図１２】本発明の第３の変形例としての磁場検出装置の一部の構成例を表す概略平面図である。
【図１３】図１２に示した第３の変形例としての磁場検出装置の一部の構成例を表す概略断面図である。
【図１４Ａ】図１２に示した第３の変形例としての磁場検出装置の作用効果を説明するための第１の説明図である。
【図１４Ｂ】図１２に示した第３の変形例としての磁場検出装置の作用効果を説明するための第２の説明図である。
【図１５】本発明の第４の変形例としての磁場検出装置の一部の構成例を表す概略平面図である。
【図１６】図１５に示した第４の変形例としての磁場検出装置の一部の構成例を表す概略断面図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。
１．一実施の形態
第１の傾斜面に設けられた第１の磁気抵抗効果膜と第２の傾斜面に設けられた第２の磁気抵抗効果膜とを含むブリッジ回路を備えた磁場検出装置の例。
２．変形例
【００１０】
＜１．一実施の形態＞
［磁場検出装置１００の構成］

最初に、図１から図６を参照して、本発明における一実施の形態としての磁場検出装置１００の構成について説明する。

【００１１】

（磁場検出装置１００の全体構成）

図１は、磁場検出装置１００の全体構成例を表す概略平面図である。磁場検出装置１００は、例えばＹ軸方向の磁場の変化およびＺ軸方向の磁場の変化をそれぞれ検出することができる２軸磁気検出コンパスである。磁場検出装置１００は、例えば地磁気を検出する電子コンパスとして用いることができる。

【００１２】

図１に示したように、磁場検出装置１００は、例えば基板１と、磁場検出ユニット２Ａ，２Ｂと、端子部３とを備えている。基板１は、Ｘ軸方向およびＹ軸方向に平行なＸＹ面に沿って延在している。基板１の厚さ方向をＺ軸方向とする。Ｘ軸方向、Ｙ軸方向およびＺ軸方向は、互いに直交する。磁場検出ユニット２Ａ，２Ｂは、基板１のＸＹ面の中央領域に、互いに隣り合うように設けられている。端子部３は、基板１のうちの、磁場検出ユニット２Ａ，２Ｂが設けられている中央領域以外の周辺領域に設けられている。端子部３は、磁場検出ユニット２Ａ，２Ｂと導通している。端子部３は、磁場検出ユニット２Ａ，２Ｂと外部装置との電気的接続を可能にする電極である。

【００１３】

磁場検出ユニット２Ａは、素子形成領域ＹＺ１および素子形成領域ＹＺ４を有している。素子形成領域ＹＺ１および素子形成領域ＹＺ４は、例えば、それぞれＹ軸方向に延在すると共にＸ軸方向において互いに隣り合うように配置されている。素子形成領域ＹＺ１および素子形成領域ＹＺ４には、後述する磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ４が複数形成されている。磁場検出ユニット２Ａは、さらに、素子形成領域ＹＺ１とＺ軸方向に重なり合うと共にＹ軸方向に延在する導線Ｃ１と、素子形成領域ＹＺ４とＺ軸方向に重なり合うと共にＹ軸方向に延在する導線Ｃ４とを有している。導線Ｃ１，Ｃ４には、＋Ｙ方向に流れるセット電流Ｉｓ１，Ｉｓ４がそれぞれ供給可能に構成されている。セット電流Ｉｓ１，Ｉｓ４は、磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ４にそれぞれ含まれる磁化自由層の磁化のセット動作を行うためのセット磁場を形成する。導線Ｃ１，Ｃ４には、さらに、－Ｙ方向に流れるリセット電流Ｉｒ１，Ｉｒ４がそれぞれ供給可能に構成されている。リセット電流Ｉｒ１，Ｉｒ４は、磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ４にそれぞれ含まれる磁化自由層の磁化のリセット動作を行うためのリセット磁場を形成する。

【００１４】

磁場検出ユニット２Ｂは、素子形成領域ＹＺ２および素子形成領域ＹＺ３を有している。素子形成領域ＹＺ２および素子形成領域ＹＺ３は、例えば、それぞれＹ軸方向に延在すると共にＸ軸方向において互いに隣り合うように配置されている。素子形成領域ＹＺ２および素子形成領域ＹＺ３には、後述する磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ３が複数形成されている。磁場検出ユニット２Ｂは、さらに、素子形成領域ＹＺ２とＺ軸方向に重なり合うと共にＹ軸方向に延在する導線Ｃ２と、素子形成領域ＹＺ３とＺ軸方向に重なり合うと共にＹ軸方向に延在する導線Ｃ３とを有している。導線Ｃ２，Ｃ３には、－Ｙ方向に流れるセット電流Ｉｓ２，Ｉｓ３がそれぞれ供給可能に構成されている。セット電流Ｉｓ２，Ｉｓ３は、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ３にそれぞれ含まれる磁化自由層の磁化のセット動作を行うためのセット磁場を形成する。導線Ｃ２，Ｃ３には、さらに、＋Ｙ方向に流れるリセット電流Ｉｒ２，Ｉｒ３がそれぞれ供給可能に構成されている。リセット電流Ｉｒ２，Ｉｒ３は、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ３にそれぞれ含まれる磁化自由層の磁化のリセット動作を行うためのリセット磁場を形成する。

【００１５】

図２は、磁場検出装置１００の回路構成例を表す回路図である。

【００１６】

（磁場検出装置１００の回路構成）

図２に示したように、磁場検出装置１００は、ブリッジ回路７Ｌ，７Ｒと、差分検出器

８Ｌ，８Ｒと、演算回路９とを有している。磁場検出装置１００では、それら２つのブリッジ回路７Ｌ，７Ｒを用いることにより、Ｙ軸方向およびＺ軸方向の磁場の変化を検出することができるようになっている。

【００１７】

ブリッジ回路７Ｌは、４つの磁気抵抗効果素子１１～１４を含んでいる。ブリッジ回路７Ｌは、直列接続された磁気抵抗効果素子１１および磁気抵抗効果素子１２と、直列接続された磁気抵抗効果素子１３および磁気抵抗効果素子１４とが、互いに並列接続されてなるものである。より具体的には、ブリッジ回路７Ｌは、磁気抵抗効果素子１１の一端と磁気抵抗効果素子１２の一端とが接続点Ｐ１において接続され、磁気抵抗効果素子１３の一端と磁気抵抗効果素子１４の一端とが接続点Ｐ２において接続され、磁気抵抗効果素子１１の他端と磁気抵抗効果素子１４の他端とが接続点Ｐ３において接続され、磁気抵抗効果素子１２の他端と磁気抵抗効果素子１３の他端とが接続点Ｐ４において接続されている。ここで、接続点Ｐ３は電源Ｖｃｃと接続されており、接続点Ｐ４は接地端子ＧＮＤと接続されている。接続点Ｐ１および接続点Ｐ２は、それぞれ、例えば差分検出器８Ｌの入力側端子と接続されている。

【００１８】

磁気抵抗効果素子１１～１４は、それぞれ、検出対象である信号磁場の変化を検出可能である。例えば磁気抵抗効果素子１１，１３は、＋Ｙ方向の信号磁場または＋Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が減少し、－Ｙ方向の信号磁場または－Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が増加する。一方、磁気抵抗効果素子１２，１４は、＋Ｙ方向の信号磁場または＋Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が増加し、－Ｙ方向の信号磁場または－Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が減少する。したがって、磁気抵抗効果素子１１，１３と磁気抵抗効果素子１２，１４とは、信号磁場の変化に応じて互いに例えば１８０°位相の異なる信号を出力する。ブリッジ回路７Ｌから取り出された信号は差分検出器８Ｌに流入する。差分検出器８Ｌは、接続点Ｐ３と接続点Ｐ４との間に電圧が印加されたときの接続点Ｐ１と接続点Ｐ２との間の電位差、すなわち、磁気抵抗効果素子１１および磁気抵抗効果素子１４のそれぞれに生ずる電圧降下の差分を検出し、差分信号ＳＬとして演算回路９へ向けて出力する。

【００１９】

ブリッジ回路７Ｒは、４つの磁気抵抗効果素子２１～２４を含んでいる。ブリッジ回路７Ｒは、直列接続された磁気抵抗効果素子２１および磁気抵抗効果素子２２と、直列接続された磁気抵抗効果素子２３および磁気抵抗効果素子２４とが、互いに並列接続されてなるものである。より具体的には、ブリッジ回路７Ｒは、磁気抵抗効果素子２１の一端と磁気抵抗効果素子２２の一端とが接続点Ｐ５において接続され、磁気抵抗効果素子２３の一端と磁気抵抗効果素子２４の一端とが接続点Ｐ６において接続され、磁気抵抗効果素子２１の他端と磁気抵抗効果素子２４の他端とが接続点Ｐ７において接続され、磁気抵抗効果素子２２の他端と磁気抵抗効果素子２３の他端とが接続点Ｐ８において接続されている。ここで、接続点Ｐ７は電源Ｖｃｃと接続されており、接続点Ｐ８は接地端子ＧＮＤと接続されている。接続点Ｐ５および接続点Ｐ６は、それぞれ、例えば差分検出器８Ｒの入力側端子と接続されている。

【００２０】

磁気抵抗効果素子２１～２４は、それぞれ、検出対象である信号磁場の変化を検出可能である。例えば磁気抵抗効果素子２１，２３は、＋Ｙ方向の信号磁場または＋Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が減少し、－Ｙ方向の信号磁場または－Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が増加する。一方、磁気抵抗効果素子２２，２４は、＋Ｙ方向の信号磁場または＋Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が増加し、－Ｙ方向の信号磁場または－Ｚ方向の信号磁場の印加により抵抗値が減少する。したがって、磁気抵抗効果素子２１，２３と磁気抵抗効果素子２２，２４とは、信号磁場の変化に応じて互いに例えば１８０°位相の異なる信号を出力する。ブリッジ回路７Ｒから取り出された信号は差分検出器８Ｒに流入する。差分検出器８Ｒは、接続点Ｐ７と接続点Ｐ８との間に電圧が印加されたときの

接続点Ｐ５と接続点Ｐ６との間の電位差、すなわち、磁気抵抗効果素子２１および磁気抵抗効果素子２４のそれぞれに生ずる電圧降下の差分を検出し、差分信号ＳＲとして演算回路９へ向けて出力する。

【００２１】

（素子形成領域ＹＺ１～ＹＺ４の構成）

図３は、素子形成領域ＹＺ１～ＹＺ４の一部を拡大して表す平面模式図である。図４は、素子形成領域ＹＺ１～ＹＺ４の一部を拡大して表す断面模式図である。図４は、図３に示したＩＶ－ＩＶ線に沿った矢視方向の断面を表している。

【００２２】

図３および図４に示したように、素子形成領域ＹＺ１～ＹＺ４は、基板１と、複数の凸部４と、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａと、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂと、下層配線群５と、上層配線群６とを有している。下層配線群５および上層配線群６により、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは互いに直列接続されている。下層配線群５および上層配線群６により、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは互いに直列接続されている。

【００２３】

基板１は、ＸＹ平面に沿って延在する平坦面１Ｓを有している。基板１は例えばAl_2O_3，SiO_2，ＳｉＮなどにより形成することができる。

【００２４】

複数の凸部４は、平坦面１Ｓ上に設けられており、平坦面１Ｓから上方、すなわち＋Ｚ方向に突出している。複数の凸部４は、例えば酸化珪素（ＳｉＯｘ）などの絶縁材料により形成することができる。複数の凸部４は、例えばＶ軸方向にそれぞれ延在しており、Ｗ軸方向に隣り合うように配列されている。なお、図３および図４に示した例では、複数の凸部４は平坦面１Ｓ上において互いに離間して配置されている。このため、Ｗ軸方向に隣り合う２つの凸部４同士の間には、基板１の平坦面１Ｓが露出している。なお、Ｖ軸方向およびＷ軸方向は、ＸＹ面に平行であるが、Ｘ軸方向およびＹ軸方向の双方と非平行である。具体的には、Ｖ軸方向およびＷ軸方向は、例えばＸ軸方向およびＹ軸方向の双方に対して４５°をなしている。さらに、Ｖ軸方向とＷ軸方向とは、互いに直交している。

【００２５】

複数の凸部４は、それぞれ傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂを有している。傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂは、平坦面１Ｓと非平行な面である。すなわち、傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂは、平坦面１Ｓに対して傾斜している。傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂは、Ｖ軸方向に延在する頭頂部４Ｔを形成し、頭頂部４Ｔから互いに遠ざかるにしたがって平坦面１Ｓに近づくように傾斜している。したがって、傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂは、互いに非平行であり、互いに傾斜しているともいえる。

なお、傾斜面４Ａは本発明の「第１の傾斜面」に対応する一具体例であり、傾斜面４Ｂは本発明の「第２の傾斜面」に対応する一具体例である。

【００２６】

複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、各凸部４の傾斜面４Ａに設けられている。複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、傾斜面４Ａの長手方向であるＶ軸方向に沿って配列されている。複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、それぞれ、Ｖ軸方向を長手方向とするように延在している。同様に、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、各凸部４の傾斜面４Ｂに設けられている。複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、傾斜面４Ｂの長手方向であるＶ軸方向に沿って配列されている。複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ-Ｂは、それぞれ、Ｖ軸方向を長手方向とするように延在している。

なお、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは本発明の「第１の磁気抵抗効果膜」に対応する一具体例であり、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは本発明の「第２の磁気抵抗効果膜」に対応する一具体例である。

【００２７】

下層配線群５は、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂの下層、すなわち、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａと傾斜面４Ａとの間、および磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂと傾斜面４Ｂとの間にそ

れぞれ設けられている。下層配線群５には、下層配線５１～５３が複数含まれている。複数の下層配線５１は、それぞれ、同じ凸部４の傾斜面４Ａにおいて互いに隣り合うように設けられた２つの磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａの下面同士を接続している。複数の下層配線５２は、それぞれ、同じ凸部４の傾斜面４Ｂにおいて互いに隣り合うように設けられた２つの磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂの下面同士を接続している。複数の下層配線５３は、それぞれ、互いに異なる凸部４の傾斜面４Ａに設けられた２つの磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａの下面同士を接続している。

【００２８】

上層配線群６は、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂの上層、すなわち、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａから見て傾斜面４Ａと反対側、および磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂから見て傾斜面４Ｂと反対側にそれぞれ設けられている。上層配線群６には、上層配線６１～６３が複数含まれている。複数の上層配線６１は、それぞれ、同じ凸部４の傾斜面４Ａにおいて互いに隣り合うように設けられた２つの磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａの上面同士を接続している。複数の上層配線６２は、それぞれ、同じ凸部４の傾斜面４Ｂにおいて互いに隣り合うように設けられた２つの磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂの上面同士を接続している。複数の上層配線６３は、それぞれ、互いに異なる凸部４の傾斜面４Ｂに設けられた２つの磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂの上面同士を接続している。

【００２９】

このように、傾斜面４Ａに設けられた複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、下層配線５３と、上層配線６１と、下層配線５１とによって直列接続されて１つの磁気抵抗効果膜アレイを形成している。すなわち、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは上層配線６１と下層配線５１との間、または、上層配線６１と下層配線５３との間に挟まれている。なお、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａを含む磁気抵抗効果膜アレイの始端の下層配線５３Ｓおよび終端の下層配線５３Ｅは、互いに異なる端子部３にそれぞれ接続されている。

【００３０】

同様に、傾斜面４Ｂに設けられた複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、上層配線６３と、下層配線５２と、上層配線６２とによって直列接続されて１つの磁気抵抗効果膜アレイを形成している。すなわち、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは上層配線６３と下層配線５２との間、または、上層配線６２と下層配線５２との間に挟まれている。なお、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂを含む磁気抵抗効果膜アレイの始端の上層配線６３Ｓおよび終端の上層配線６３Ｅは、互いに異なる端子部３にそれぞれ接続されている。

【００３１】

ここで、下層配線５３と上層配線６３とは、傾斜面４Ａ上および傾斜面４Ｂ上のうちの少なくとも一方で交差しており、クロスポイントＸＰを形成している。クロスポイントＸＰでは、下層配線５３と上層配線６３とが実質的に直交していてもよい。なお、図３に示した例では、傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂの双方にクロスポイントＸＰが設けられている。その一方で、下層配線５３と上層配線６３とは、基板１の平坦面１Ｓ上では互いに交差しないようになっている。ここでいう交差する、とは、積層方向であるＺ軸方向に眺めた状態において、上層配線６３が下層配線５３を横切るような位置関係であることをいう。さらに、交差する、とは、下層配線５３の幅方向の両端縁のうちの少なくとも一方とＺ軸方向に重なり合う位置に上層配線６３が設けられていることも包含する。すなわち、本実施の形態では、上層配線６３と下層配線５３とが並走する場合であっても、下層配線５３の幅方向の端縁が、Ｚ軸方向において上層配線６３と重なり合う位置にある場合、下層配線５３と上層配線６３とが交差していることとなる。

【００３２】

下層配線５１～５３および上層配線６１～６３は、例えばＡｌ（アルミニウム），Ｃｕ（銅），Ａｇ（銀）およびＡｕ（金）、ならびにそれらを含む合金などの、高導電性非磁性金属により形成可能である。また、下層配線５１～５３および上層配線６１～６３は、いずれも、単層構造であってもよいし複数層からなる多層構造であってもよい。さらに、下層配線５１～５３および上層配線６１～６３の各々の構成材料は、互いに同一であって

もよいし、互いに異なっていてもよい。

【００３３】

素子形成領域ＹＺ１に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、互いに直列接続されることにより、ブリッジ回路７Ｌの磁気抵抗効果素子１１を構成している。また、素子形成領域ＹＺ１に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、互いに直列接続されることによりブリッジ回路７Ｒの磁気抵抗効果素子２１を構成している。

【００３４】

素子形成領域ＹＺ２に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、互いに直列接続されることにより、ブリッジ回路７Ｌの磁気抵抗効果素子１２を構成している。また、素子形成領域ＹＺ２に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、互いに直列接続されることによりブリッジ回路７Ｒの磁気抵抗効果素子２２を構成している。

【００３５】

素子形成領域ＹＺ３に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、互いに直列接続されることにより、ブリッジ回路７Ｌの磁気抵抗効果素子１３を構成している。また、素子形成領域ＹＺ３に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、互いに直列接続されることによりブリッジ回路７Ｒの磁気抵抗効果素子２３を構成している。

【００３６】

素子形成領域ＹＺ４に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａは、互いに直列接続されることにより、ブリッジ回路７Ｌの磁気抵抗効果素子１４を構成している。また、素子形成領域ＹＺ４に形成された複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂは、互いに直列接続されることによりブリッジ回路７Ｒの磁気抵抗効果素子２４を構成している。

【００３７】

なお、上述の磁場検出装置１００と、Ｘ軸方向の磁場の変化を検出可能な磁場検出ユニット（便宜上、磁場検出ユニット２Ｃという。）とを組み合わせることにより、３軸方向の磁場の変化を検出する３軸磁気検出コンパスを実現できる。ここでいう磁場検出ユニット２Ｃは、例えば平坦面１Ｓに平行な面に複数の磁気抵抗効果膜が形成されることを除き、上記の磁場検出装置１００と実質的に同じ構造を有するものを適用可能である。

【００３８】

ここで、磁気抵抗効果素子１１を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果素子２１を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂ、すなわち素子形成領域ＹＺ１に形成された磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂを包括的に磁気抵抗効果膜ＭＲ１と呼ぶこととする。また、磁気抵抗効果素子１２を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果素子２２を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂ、すなわち素子形成領域ＹＺ２に形成された磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂを包括的に磁気抵抗効果膜ＭＲ２と呼ぶ。また、磁気抵抗効果素子１３を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果素子２３を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂ、すなわち素子形成領域ＹＺ３に形成された磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂを包括的に磁気抵抗効果膜ＭＲ３と呼ぶ。さらに、磁気抵抗効果素子１４を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果素子２４を構成する磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂ、すなわち素子形成領域ＹＺ４に形成された磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａおよび磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ｂを包括的に磁気抵抗効果膜ＭＲ４と呼ぶ。図５に、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４の積層構造の断面を模式的に表す。

【００３９】

図５に示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４は、磁性層を含む複数の機能膜が積層されたスピンバルブ構造を有している。具体的には、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４は、磁化固着層３１と中間層３２と磁化自由層３３とが順に積層された積層構造を有する。磁化固着層３１は、所定の方向に固着された磁化Ｊ３１を有する。中間層３２は非磁性体である。磁化自由層３３は、信号磁場の磁束の向きに応じて磁化Ｊ３３の向きが変化するようになっている。磁化固着層３１、中間層３２および磁化自由層３３は、いずれも傾斜面４Ａまたは傾斜面４Ｂに沿って広がる薄膜である。磁化自由層３３の磁化Ｊ３３の向

きは、傾斜面４Ａまたは傾斜面４Ｂに沿った面内において回転可能となっている。なお、上述したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４は、いずれもＶ軸方向に延在している。したがって、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４は、それぞれＶ軸方向の形状異方性を示す。このため、初期状態の磁化自由層３３の磁化Ｊ３３の向きは、Ｖ軸方向とほぼ平行となる。

【００４０】

また、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４における各々の磁化Ｊ３１の固着方向は、例えば図６にそれぞれ示したように設定される。図６は、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４のそれぞれについて、磁化固着層３１の磁化Ｊ３１の方向と、初期状態の磁化自由層３３の磁化Ｊ３３の方向との関係を説明するための平面模式図である。図６の（Ａ）に示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ１では、例えば磁化Ｊ３１の向きが＋Ｗ方向であると共に磁化Ｊ３３の向きが＋Ｖ方向である。また、図６の（Ｂ）に示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ２では、例えば磁化Ｊ３１の向きが－Ｗ方向であると共に磁化Ｊ３３の向きが－Ｖ方向である。また、図６の（Ｃ）に示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ３では、例えば磁化Ｊ３１の向きが＋Ｗ方向であると共に磁化Ｊ３３の向きが－Ｖ方向である。さらに、図６の（Ｄ）に示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ４では、例えば磁化Ｊ３１の向きが－Ｗ方向であると共に磁化Ｊ３３の向きが＋Ｖ方向である。

【００４１】

このように、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４における各々の磁化Ｊ３１の固着方向は、Ｖ軸方向と直交するＷ軸方向とほぼ平行である。したがって、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４が信号磁場に対して高い感度を示す感度方向はＷ軸方向である。しかしながら、磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ３における磁化固着層３１は＋Ｗ方向に固着された磁化Ｊ３１をそれぞれ有するのに対し、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ４における磁化固着層３１は－Ｗ方向に固着された磁化Ｊ３１をそれぞれ有する。そのため、信号磁場の印加により磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ３の各々の抵抗値が増大する際には、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ４の各々の抵抗値は減少することとなる。反対に、信号磁場の印加により磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ３の各々の抵抗値が減少する際には、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ４の各々の抵抗値は増大する。

【００４２】

なお、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４をそれぞれ構成する磁化固着層３１、中間層３２および磁化自由層３３は、いずれも単層構造であってもよいし、複数層からなる多層構造であってもよい。

【００４３】

磁化固着層３１は、例えばＣｏ（コバルト）やＣｏＦｅ（コバルト鉄合金）、ＣｏＦｅＢ（コバルト鉄ボロン合金）などの強磁性材料からなる。なお、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４において、磁化固着層３１とそれぞれ隣接するように、中間層３２と反対側に反強磁性層（図示せず）を設けるようにしてもよい。そのような反強磁性層は、白金マンガン合金（ＰｔＭｎ）やイリジウムマンガン合金（ＩｒＭｎ）などの反強磁性材料により構成されるものである。反強磁性層は、磁気抵抗効果膜ＭＲ１～ＭＲ４においては、＋Ｗ方向のスピン磁気モーメントと－Ｗ方向のスピン磁気モーメントとが完全に打ち消し合った状態にあり、隣接する磁化固着層３１の磁化Ｊ３１の向きを＋Ｗ方向へ固定し、あるいは－Ｗ方向へ固定するように作用する。

【００４４】

中間層３２は、スピンバルブ構造が磁気トンネル接合（ＭＴＪ：Magnetic Tunnel Junction）膜として機能するものである場合、例えば酸化マグネシウム（ＭｇＯ）からなる非磁性のトンネルバリア層であり、量子力学に基づくトンネル電流が通過可能な程度に厚みの薄いものである。なお、中間層３２は、例えばルテニウム（Ｒｕ）や金（Ａｕ）などの白金族元素や銅（Ｃｕ）などの非磁性金属により構成されていてもよい。その場合、スピンバルブ構造は巨大磁気抵抗効果（ＧＭＲ：Giant Magneto Resistive effect）膜として機能する。

【００４５】

磁化自由層３３は軟質強磁性層であり、互いに実質的に同一の材料により形成されている。磁化自由層３３は、例えばＣｏＦｅ、ＮｉＦｅあるいはＣｏＦｅＢなどによって構成される。

【００４６】

［磁場検出装置１００の動作および作用］

本実施の形態の磁場検出装置１００では、差分信号ＳＬおよび差分信号ＳＲに基づき、磁場検出装置１００に印加される信号磁場の変化を演算回路９において検出することができる。

【００４７】

（セット・リセット動作）

ところで、磁場検出装置１００では、信号磁場の検出動作を行う前に、各磁気抵抗効果素子における磁化自由層の磁化を所定の方向に一旦揃えることが望ましい。より正確な信号磁場の検出動作を行うためである。具体的には、既知の大きさの外部磁場を所定の方向と、それと反対の方向とに交互に印加する。これを磁化自由層３３の磁化Ｊ３３のセット・リセット動作という。

【００４８】

本実施の形態の磁場検出装置１００では、図１に示したように導線Ｃ１～Ｃ４にそれぞれセット電流Ｉｓ１～Ｉｓ４を供給することでセット動作がなされる。導線Ｃ１～Ｃ４へのセット電流Ｉｓ１～Ｉｓ４の供給により、導線Ｃ１～Ｃ４の周囲にセット磁場がそれぞれ生成される。その結果、磁場検出ユニット２Ａでは、－Ｘ方向のセット磁場を、磁気抵抗効果素子１１，２１の磁気抵抗効果膜ＭＲ１および磁気抵抗効果素子１４，２４の磁気抵抗効果膜ＭＲ４にそれぞれ印加することができる。これにより、磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ４における磁化自由層３３の磁化Ｊ３３は－Ｘ方向に向くこととなり、セット動作がなされる。一方、磁場検出ユニット２Ｂでは、＋Ｘ方向のセット磁場を、磁気抵抗効果素子１２，２２の磁気抵抗効果膜ＭＲ２および磁気抵抗効果素子１３，２３の磁気抵抗効果膜ＭＲ３にそれぞれ印加することができる。これにより、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ３における磁化自由層３３の磁化Ｊ３３は＋Ｘ方向に向くこととなり、セット動作がなされる。

【００４９】

また、導線Ｃ１～Ｃ４にそれぞれリセット電流Ｉｒ１～Ｉｒ４を供給することでリセット動作がなされる。導線Ｃ１～Ｃ４へのリセット電流Ｉｒ１～Ｉｒ４の供給により、導線Ｃ１～Ｃ４の周囲にリセット磁場がそれぞれ生成される。その結果、磁場検出ユニット２Ａでは、＋Ｘ方向のリセット磁場を磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ４にそれぞれ印加することができる。これにより、磁気抵抗効果膜ＭＲ１，ＭＲ４における磁化自由層３３の磁化Ｊ３３は＋Ｘ方向に向くこととなり、リセット動作がなされる。一方、磁場検出ユニット２Ｂでは、－Ｘ方向のリセット磁場を磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ３に印加することができる。これにより、磁気抵抗効果膜ＭＲ２，ＭＲ３における磁化自由層３３の磁化Ｊ３３は－Ｘ方向に向くこととなりリセット動作がなされる。

【００５０】

［磁場検出装置１００の製造方法］

次に、図７Ａ～７Ｉを参照して、磁場検出装置１００の製造方法について説明する。図７Ａ～７Ｉは、磁場検出装置１００のうち、特に下層配線群５、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂ、および上層配線群６の製造方法の各工程を表す断面模式図である。

【００５１】

最初に、基板１を用意したのち、図７Ａに示したように、平坦面１Ｓの上に、それぞれＶ軸方向に延在する複数の凸部４をＷ軸方向に並べるように形成する。そののち、基板１および複数の凸部４の全体を覆うように、導電材料膜５Ｚを形成する。

【００５２】

次に、図７Ｂに示したように、導電材料膜５Ｚを覆うように、磁気抵抗効果膜ＭＲＺを形成する。

【００５３】
次に、図７Ｃに示したように、フォトリソグラフィ法などを用いて磁気抵抗効果膜ＭＲＺを選択的にエッチングすることにより、所定形状の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂを形成する。そののち、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂの周囲を埋めるように絶縁膜Ｚ１を形成する。
【００５４】
次に、図７Ｄに示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂおよび絶縁膜Ｚ１を覆うように、第１レジスト層ＲＳ１と第２レジスト層ＲＳ２とを順次積層形成することにより２層レジストＲＳを形成する。
【００５５】
次に、図７Ｅに示したように、２層レジストＲＳを選択的に露光したのち、２層レジストＲＳのうち例えば露光されていない部分を洗浄により除去する。これにより、導電材料膜５Ｚを選択的に覆う２層レジストパターンＲＰを形成する。２層レジストパターンＲＰは、第１レジストパターンＲＰ１と、第２レジストパターンＲＰ２との２層構造からなる。
【００５６】
次に、図７Ｆに示したように、２層レジストパターンＲＰをマスクとして用い、絶縁膜Ｚ１および導電材料膜５Ｚを選択的にエッチングする。すなわち、絶縁膜Ｚ１および導電材料膜５Ｚのうち、２層レジストパターンＲＰにより覆われていない部分を除去する。これにより、各凸部４の傾斜面４Ａ，４Ｂに下層配線群５が形成される。なお、図７Ｆに示した断面では、各凸部４の傾斜面４Ａに下層配線５１がそれぞれ形成されると共に各凸部４の傾斜面４Ｂに下層配線５２がそれぞれ形成される。そののち、絶縁膜Ｚ１および導電材料膜５Ｚが除去された部分を埋めるように絶縁膜Ｚ２を形成し、２層レジストパターンＲＰをリフトオフする。
【００５７】
次に、図７Ｇに示したように、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂの上に、２層レジストパターンＲＰ－２を形成する。その際、２層レジストパターンＲＰ－２のＷ軸方向の幅は、下層配線５１，５２のＷ軸方向の幅よりもそれぞれ狭くなるようにする。
【００５８】
次に、図７Ｈに示したように、２層レジストパターンＲＰ－２、絶縁膜Ｚ１、および絶縁膜Ｚ２の全体を覆うように絶縁膜Ｚ３を形成する。
【００５９】
次に、２層レジストパターンＲＰ－２を除去することにより、図７Ｉに示したように、絶縁膜Ｚ３に形成された複数の開口Ｚ３Ｋが表れる。複数の開口Ｚ３Ｋには、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂの上面が露出することとなる。
【００６０】
そののち、図７Ｊに示したように、絶縁膜Ｚ３に設けられた複数の開口Ｚ３Ｋを埋めるように上層配線群６（図７Ｉでは、上層配線群６のうちの上層配線６１，６２を示す）を形成する。最後に、図７Ｋに示したように、絶縁膜Ｚ３および上層配線群６の全体を覆うように絶縁膜Ｚ４を形成するなどして、磁場検出装置１００の製造が終了する。
【００６１】
［磁場検出装置１００の効果］
このように、本実施の形態の磁場検出装置１００では、下層配線５３と上層配線６３とが傾斜面４Ａ上および傾斜面４Ｂ上のうちの少なくとも一方で交差しており、平坦面１Ｓ上では下層配線５３と上層配線６３とが交差していない。すなわち、図３に示したように、クロスポイントＸＰが傾斜面４Ａ上または傾斜面４Ｂ上のいずれかにあり、クロスポイントＸＰは平坦面１Ｓ上には存在しない。このため、下層配線５３と上層配線６３との短絡が生じる可能性を低減できる。これは以下に説明するように、平坦面１Ｓ上に形成される下層配線５３にはバリが発生しやすいのに対し、傾斜面４Ａ上または傾斜面４Ｂ上に形成される下層配線５３にはバリが発生しにくいからである。よって、上層配線６３を平坦面１Ｓ上に形成される下層配線５３と交差させることなく、傾斜面４Ａ上または傾斜面４

Ｂ上に形成される下層配線５３と上層配線６３とが交差するようにすることで、下層配線５３のバリが介在して下層配線５３と上層配線６３とが意図せずに導通してしまうのを回避できる。

【００６２】

図８は、参考例としての磁場検出装置１０００の素子形成領域を模式的に表した平面図であり、本実施の形態の図３に対応する図である。図８に示したように、参考例としての磁場検出装置１０００は、基板１の平坦面１Ｓ上に形成されたクロスポイントＸＰ１およびＸＰ２を有している。図９Ａは、図８に示したＩＸ－ＩＸ切断線に沿った矢視方向の断面を表す断面模式図である。図９Ａに示したように、クロスポイントＸＰ１では、バリＢＲを介した短絡部分ＳＨが形成されている。バリＢＲは、下層配線５２，５３のうちの、平坦面１Ｓ上の端部に発生している。このバリＢＲは、下層配線５２，５３のパターニングの際に生じるものである。図９Ｂは、磁場検出装置１０００の製造方法の一工程を表す断面模式図であり、特に下層配線５２，５３の選択的エッチングを実施した直後の状態を表している。参考例の磁場検出装置１０００の下層配線５２，５３は、本実施の形態の磁場検出装置１００の下層配線群５と同様、２層レジストパターンＲＰを用いて導電材料膜を選択的にエッチングすることによりパターニングされる。しかしながら、参考例の磁場検出装置１０００では、下層配線５２，５３の一部が傾斜面４Ａ，４Ｂだけではなく平坦面１Ｓ上の一部をも覆うように延在している。一般に、傾斜面上に付着するレジストパターンの厚さよりも、平坦面上に付着するレジストパターンの厚さのほうが厚くなることが多い。したがって、図９Ｂに示したように、平坦面１Ｓ上に形成された第１レジストパターンＲＰ１の厚さは、傾斜面４Ａ，４Ｂ上に形成された第１レジストパターンＲＰ１の厚さよりも厚くなることが多い。このような第１レジストパターンＲＰ１を含む２層レジストパターンＲＰを用いて導電材料膜を選択的にエッチングすると、図９Ｂに示したように、第１レジストパターンＲＰ１の端面に除去された導電材料膜が再付着してしまい、下層配線５２，５３の端面と接触したバリＢＲを形成することとなる。バリＢＲは、２層レジストパターンＲＰをリフトオフしたあとも残渣として平坦面１Ｓ上に残ることが多い。そののち、上層配線６３を形成すると、バリＢＲと上層配線６３とが接触した状態となる。バリＢＲは下層配線５２，５３の端面にも接触しているので、結果として上層配線６３と下層配線５２，５３とが導通することとなってしまう。

【００６３】

これに対し、本実施の形態の磁場検出装置１００では、平坦面１Ｓ上にクロスポイントＸＰは存在しないようにしている。このため、仮にバリＢＲが形成されてしまったとしても、バリＢＲとＺ軸方向に重なり合う位置に上層配線群６が設けられることはない。よって、下層配線群５と上層配線群６との短絡を回避することができる。

【００６４】

以上の理由から、磁場検出装置１００では、短絡の発生を抑制しつつ、単位面積当たりの磁気抵抗効果素子の存在密度を向上させることができる。したがって、本実施の形態の磁場検出装置１００は、動作信頼性を損なうことなく、寸法の小型化を図ることができる。

【００６５】

＜２．変形例＞

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態では、４つの磁気抵抗効果素子を用いてフルブリッジ回路を形成するようにしたが、本発明では、例えば２つの磁気抵抗効果素子を用いてハーフブリッジ回路を形成するようにしてもよい。また、複数の磁気抵抗効果膜の形状および寸法は、互いに同じであってもよいし、異なっていてもよい。また、各構成要素の寸法や各構成要素のレイアウトなどは例示であってこれに限定されるものではない。

【００６６】

（第１の変形例）

上記実施の形態では、例えば図３に示したように、上層配線群６と下層配線群５とがＺ

軸方向に重なり合う領域を、凸部４の傾斜面４Ａ，４Ｂのみに設けるようにした。しかしながら、本発明は、例えば図１０に示した第１の変形例としての磁場検出装置１００Ａをも含む概念である。図１０は、本発明の第１の変形例としての磁場検出装置１００Ａの一部を表す概略平面図である。図１０の磁場検出装置１００Ａでは、上層配線６３と下層配線５３とがＺ軸方向に重なり合う領域を、凸部４が形成されていない平坦面１Ｓ上に設けるようにしている。ただし、磁場検出装置１００Ａでは、平坦面１Ｓ上では、上層配線６３と下層配線５３とが互いに交差することなく実質的に同じ方向（例えばW軸方向）へ並走するようになっている。すなわち、上層配線６３は、平坦面１Ｓ上に設けられ、W軸方向に延在する平坦部６３Ｓを含み、下層配線５３は、平坦面１Ｓ上に設けられ、W軸方向に延在する平坦部５３Ｓを含んでいる。図１０に示した磁場検出装置１００Ａでは、平坦部５３Ｓが、下層配線５３のうちの傾斜面４Ａに設けられた部分５３Ａと平面視で略Ｌ字状に接続されている。同様に、平坦部６３Ｓが、上層配線６３のうちの傾斜面４Ｂに設けられた部分６３Ｂと平面視で略Ｌ字状に接続されている。下層配線５３の平坦部５３Ｓは、Ｚ軸方向に重なり合うように、上層配線６３の平坦部６３Ｓと平坦面１Ｓとの間に設けられている。さらに、平坦面１Ｓ上に設けられた下層配線５３ＳのＶ軸方向の幅W５３は、それとＺ軸方向に重なり合う上層配線６３ＳのＶ軸方向の幅W６３よりも広く、上層配線６３ＳのＶ軸方向の両端縁は、下層配線５３ＳのＶ軸方向の両端縁よりも内側に位置する。したがって、上層配線６３は、下層配線５３の両端縁とＺ軸方向に重なり合う位置には存在しない。このため、仮にバリが下層配線５３の平坦部５３Ｓの両端縁に生成されたとしても、そのようなバリを介した上層配線６３と下層配線５３との短絡は回避できる。よって、本発明の効果が得られる。また、磁場検出装置１００Ａでは、傾斜面４Ａ，４Ｂは、いずれも、平坦面１Ｓ上に設けられた下層配線６３の平坦部６３Ｓおよび上層配線５３の平坦部５３ＳがW軸方向に傾斜している。このため、下層配線６３の平坦部６３Ｓおよび上層配線５３の平坦部５３Ｓが斜め方向、例えばW軸方向およびＶ軸方向の双方と異なる方向に延在するよりも、限られた面積を効率的に利用して下層配線５３および上層配線６３をレイアウトすることができ、磁場検出装置１００Ａの小型化に寄与する。また、下層配線５３および上層配線６３の効率的なレイアウトにより、結果として下層配線５３および上層配線６３の各々の長さを短縮できる可能性がある。さらに、Ｖ軸方向に延在する傾斜面４Ａ，４Ｂ上の下層配線５１～５３を形成する際のエッチング処理時の再付着物の付着を低減できる。なお、W軸方向が本発明の「第１の方向」に対応する一具体例であり、Ｖ軸方向が本発明の「第２の方向」に対応する一具体例である。さらに、平坦部５３Ｓが本発明の「第１の平坦部」に対応する一具体例であり、平坦部６３Ｓが本発明の「第２の平坦部」に対応する一具体例である。また、部分５３Ａが本発明の「第１の傾斜部」に対応する一具体例である。

【００６７】

（第２の変形例）

なお、図１０に示した第１の変形例としての磁場検出装置１００Ａでは、平坦部５３Ｓと平坦部６３Ｓとが互いに重なり合うようにしたが、本開示はこれに限定されるものではない。例えば図１１に示した第２の変形例としての磁場検出装置１００Ｂのように、平坦面１Ｓ上に設けられた平坦部５３Ｓおよび平坦部６３Ｓが、互いに重なり合うことのない位置でそれぞれW軸方向に延在していてもよい。また、図１０に示した磁場検出装置１００Ａでは、平坦部５３Ｓが、下層配線５３のうちの傾斜面４Ａに設けられた部分５３Ａと平面視で略Ｌ字状に接続されているが、本発明はこれに限定されるものではない。図１１に示したように、平坦部５３Ｓが、下層配線５３のうちの傾斜面４Ａに設けられた部分５３Ａと平面視で略Ｔ字状に接続されていてもよい。同様に、図１０に示した磁場検出装置１００Ａでは、平坦部６３Ｓが、上層配線６３のうちの傾斜面４Ｂに設けられた部分６３Ｂと平面視で略Ｌ字状に接続されているが、本発明はこれに限定されるものではない。図１１に示したように、平坦部６３Ｓが、上層配線６３のうちの傾斜面４Ｂに設けられた部分６３Ｂと平面視で略Ｔ字状に接続されていてもよい。なお、図１１は、本発明の第２の変形例としての磁場検出装置１００Ｂの一部を表す概略平面図である。図１１の磁場検出

装置１００Ｂによれば、上記の構成を有することにより、下層配線５３および上層配線６３の効率的なレイアウトが可能となり、結果として下層配線５３および上層配線６３の各々の長さを短縮できる可能性がある。特に、図１０に示した磁場検出装置１００Ａと異なり、図１１の磁場検出装置１００Ｂによれば、平坦部５３Ｓを傾斜面４Ａに設けられた部分５３Ａにおける延在方向（Ｖ軸方向）の端部以外の中途部分と接続できる。また、図１１の磁場検出装置１００Ｂによれば、平坦部６３Ｓを、傾斜面４Ｂに設けられた部分６３Ｂにおける延在方向（Ｖ軸方向）の端部以外の中途部分と接続できる。よって、図１０に示した磁場検出装置１００Ａと比較して、下層配線群５および上層配線群６のレイアウトの自由度がより向上するうえ、配線抵抗の低減にも有利である。さらに、図１１の磁場検出装置１００Ｂによれば、Ｖ軸方向に延在する傾斜面４Ａ，４Ｂ上の下層配線５１～５３を形成する際のエッチング処理時の再付着物の付着を低減できる。ここで、平坦部５３Ｓの延在方向が部分５３Ａの延在方向に対して実質的に直交するようにするとよい。部分５３Ａの延在方向に対して平坦部５３Ｓの延在方向が傾斜している場合（０°よりも大きく９０°未満の場合）と比較して、再付着物の付着量をより低減できるからである。よって、下層配線５３と上層配線６３とが意図せずに導通してしまう可能性をより十分に低減できる。

【００６８】

（第３の変形例）

また、図３に示した一実施の形態の磁場検出装置１００では、傾斜面４Ａ，４Ｂにそれぞれ設けられた下層配線群５および上層配線群６が、複数の磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂを電気的に接続する導体となっている。しかしながら、本開示はこれに限定されるものではない。例えば図１２および図１３に示した第３の変形例としての磁場検出装置１００Ｃのように、傾斜面４Ｂに、１以上のダミーパターンＤＢを設けるようにしてもよい。図１２は、本発明の第３の変形例としての磁場検出装置１００Ｃの一部を表す概略平面図である。また、図１３は、図１２に示したＸＩＩＩ－ＸＩＩＩ線に沿った矢視方向の断面図である。図１２および図１３に示したように、傾斜面４Ｂに１以上のダミーパターンＤＢを設けることにより、Ｗ軸方向において平坦面１Ｓを挟んで隣り合って対向する傾斜面４Ａに下層配線５１，５３を形成する際、下層配線５１，５３の端縁にバリが発生するのを抑制し、あるいは、バリが発生したとしても、その大きさを小さくすることができる。

【００６９】

ここで、図１４Ａおよび図１４Ｂに参考例として示した態様のように、Ｗ軸方向において平坦面１Ｓを挟んで隣り合って対向する傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂのうち、傾斜面４Ａに下層配線５３を形成する一方で傾斜面４Ｂに下層配線やダミーパターンを形成しない場合について説明する。より具体的には、図１４Ａおよび図１４Ｂに示したように、Ｗ軸方向に隣り合う２つの凸部４Ｌおよび凸部４Ｒのうち、紙面左側の凸部４Ｌの傾斜面４Ａに下層配線５３および磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａを形成し、紙面右側の凸部４Ｒの傾斜面４Ｂには下層配線および磁気抵抗効果膜を形成しない場合について説明する。この場合、まず、基板１および複数の凸部４の全体を覆う導電材料膜５Ｚと、磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂおよび絶縁膜Ｚ１とを形成したのち、図１４Ａに示したように、導電材料膜５Ｚを選択的に覆う２層レジストパターンＲＰを形成する。２層レジストパターンＲＰは、凸部４Ｌの傾斜面４Ａ，４Ｂに設けられる。次に、図１４Ｂに示したように、２層レジストパターンＲＰをマスクとして用い、絶縁膜Ｚ１および導電材料膜５Ｚを選択的にエッチングする。すなわち、絶縁膜Ｚ１および導電材料膜５Ｚのうち、２層レジストパターンＲＰにより覆われていない部分を除去する。これにより、凸部４Ｌの傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂに、下層配線５３および下層配線５２がそれぞれ形成される。このとき、傾斜面４Ａに設けられた２層レジストパターンＲＰの端面などには、再付着物ＲＤが堆積する。再付着物ＲＤは、主に、対向する凸部４Ｒの傾斜面４Ｂに形成されていた絶縁膜Ｚ１および導電材料膜５Ｚがエッチングされて飛散したものである。このような再付着物は、２層レジストパターンＲＰをリフトオフした後であっても、凸部４Ｌの傾斜面４Ａに形成される下層配線５３の端縁にバリとして残存することがある。そのようなバリは、下層配線５３

の上層として形成される上層配線群６の形成を阻害したり、下層配線５３と上層配線群６との意図しない短絡を発生させたりする原因となる場合がある。そこで、本変形例としての磁場検出装置１００Ｃのように傾斜面４ＢにダミーパターンＤＢを設けることにより、ダミーパターンＤＢを設けた傾斜面４Ｂに対向する傾斜面４Ａに形成される下層配線５３でのバリの発生を効果的に抑制するようにしている。

【００７０】

なお、図１３に示したように、平坦面１Ｓに直交する高さ方向（Ｚ軸方向）において、例えば平坦面１Ｓを基準としたダミーパターンＤＢの上端位置ＤＢＨは、平坦面１Ｓを基準とした下層配線５３の上端位置５３Ｈと実質的に等しいとよい。Ｚ軸方向において、上端位置ＤＢＨと上端位置５３Ｈとが異なる場合と比較して、下層配線５３にバリが発生するのをより効果的に抑制することができるからである。

【００７１】

ダミーパターンＤＢは、例えば磁気抵抗効果膜ＭＲ－Ａ，ＭＲ－Ｂなどの電子デバイスや下層配線群５および上層配線群６などの通信や電力供給を行う配線とは繋がっていない構造物である。すなわち、例えばダミーパターンＤＢは導電性材料によって構成されてもよいが、ダミーパターンＤＢは下層配線群５および上層配線群６の双方と絶縁されている。なお、ダミーパターンＤＢの構成材料は、例えば下層配線群５の構成材料および上層配線群６の構成材料と同じであるとよい。ダミーパターンＤＢを下層配線群５または上層配線群６と同時に形成可能となり、製造容易性が向上するからである。また、本変形例では、傾斜面４Ｂに１以上のダミーパターンＤＢを設けるようにしたが、本発明では実配線として利用可能な１以上のパターンを傾斜面４Ｂに設けるようにしてもよい。なお、その実配線として利用可能な１以上のパターンは、下層配線群５および上層配線群６の双方と絶縁された第３の配線である。すなわち、本発明の「パターン」は、実配線として利用しないダミーパターンと、実配線として利用可能なパターンとの双方を含む概念である。

【００７２】

（第４の変形例）

さらに、本発明では、対向する２つの傾斜面の双方にダミーパターンを形成するようにしてもよい。例えば図１５および図１６に示した第４の変形例としての磁場検出装置１００Ｄのように、傾斜面４Ｂに１以上のダミーパターンＤＢを設けると共に、傾斜面４Ａにも１以上のダミーパターンＤＡを設けるようにしてもよい。図１５は、本発明の第４の変形例としての磁場検出装置１００Ｄの一部を表す概略平面図である。また、図１６は、図１５に示したＸＶＩ－ＸＶＩ線に沿った矢視方向の断面図である。この場合、平坦面１Ｓに直交する高さ方向（Ｚ軸方向）において、例えば平坦面１Ｓを基準としたダミーパターンＤＡの上端位置ＤＡＨは、平坦面１Ｓを基準としたダミーパターンＤＢの上端位置ＤＢＨと実質的に等しいとよい。

【００７３】

磁場検出装置１００Ｄのように、互いに対向する傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂの双方にダミーパターンＤＡおよびダミーパターンＤＢをそれぞれ設けるようにすることで、下層配線群５を形成する際に平坦面１Ｓおよび凸部４を覆うように形成されるレジストパターンの分布密度を均質化することができる。すなわち、平坦面１Ｓおよび凸部４を覆うレジストパターンが高密度で形成される領域と、平坦面１Ｓおよび凸部４を覆うレジストパターンが低密度で形成される領域との密度差を低減することができる。その結果、露光や現像を行う際のレジストパターンの寸法や形状をより高い精度で制御できる。よって、そのレジストパターンを用いて形成される下層配線群５の寸法のばらつきを低減できる。また、隣り合う２つの凸部４の間に挟まれた領域の平坦面１Ｓを横断するように形成される下層配線５３を形成する場合に、傾斜面４Ａもしくは傾斜面４Ｂから受ける露光ハレーションの影響を低減することができる。そのような傾斜面４Ａもしくは傾斜面４Ｂからの露光ハレーションがあると、下層配線５３をパターニングするためのレジストパターンの形状が崩れる場合があり、その場合、下層配線５３の寸法精度が低下する可能性がある。よって、磁場検出装置１００Ｄのように、互いに対向する傾斜面４Ａおよび傾斜面４Ｂの双方

にダミーパターンＤＡおよびダミーパターンＤＢをそれぞれ設けることで、露光時のハレーションを低減させ、下層配線５３の寸法精度の低下を防ぐことができる。また、本変形例では、傾斜面４Ａに１以上のダミーパターンＤＡを設けると共に傾斜面４Ｂに１以上のダミーパターンＤＢを設けるようにしたが、本発明では実配線として利用可能な１以上のパターンを傾斜面４Ａ，４Ｂにそれぞれ設けるようにしてもよい。なお、その実配線として利用可能な１以上のパターンは、下層配線群５および上層配線群６の双方と絶縁された第３の配線である。すなわち、本発明の「パターン」は、実配線として利用しないダミーパターンと、実配線として利用可能なパターンとの双方を含む概念である。

【００７４】

また、図３に示した平面模式図では、各凸部４の平面形状がＶ軸方向を長手方向とする矩形状となっているが、本実施の形態の凸部４の平面形状はこれに限定されるものではない。凸部４は、例えば長手方向の両端部がそれぞれ半円形状であるレーストラック形状の輪郭を有していてもよい。また、図４では、傾斜面４Ａ，４Ｂがいずれも平面である場合を例示したが、傾斜面４Ａ，４Ｂはいずれも湾曲した面であってもよい。また、図４に示した例では、頭頂部４Ｔが傾斜面４Ａと傾斜面４Ｂとが交差する角の頂点となっているが、頭頂部４Ｔはラウンド形状の断面を有するものであってもよい。

【符号の説明】

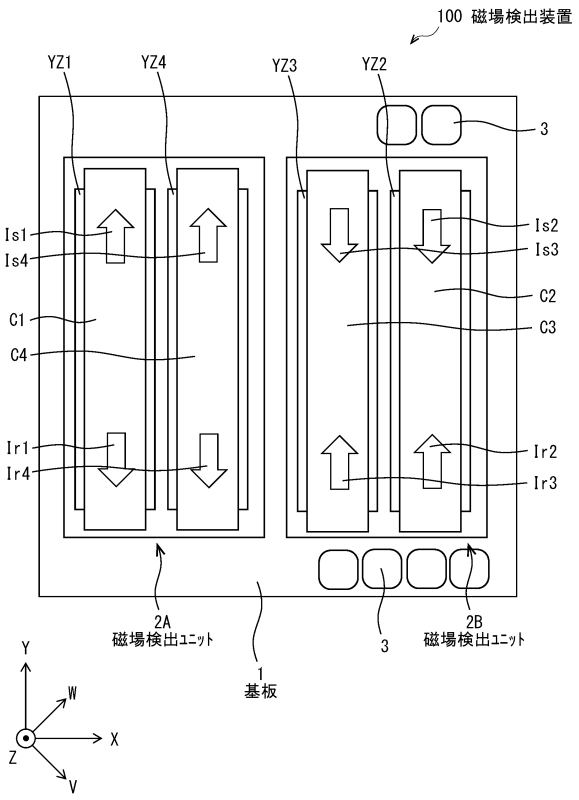
【００７５】

１００…磁場検出装置、１…基板、２Ａ，２Ｂ…磁場検出ユニット、３…端子部、４…凸部、４０…頭頂部、４１，４２…傾斜面、５…下部配線群、５１～５３…下部配線、６…上部配線群、６１～６３…上部配線、３１…磁化固着層、３２…中間層、３３…磁化自由層、７Ｌ，７Ｒ…ブリッジ回路、８Ｌ，８Ｒ…差分検出器、９…演算回路、ＤＡ，ＤＢ…ダミーパターン、Ｉｓ１～Ｉｓ４…セット電流、Ｉｒ１～Ｉｒ４…リセット電流、ＭＲ１～ＭＲ４…磁気抵抗効果膜、ＹＺ１～ＹＺ４…素子形成領域。

【図面】

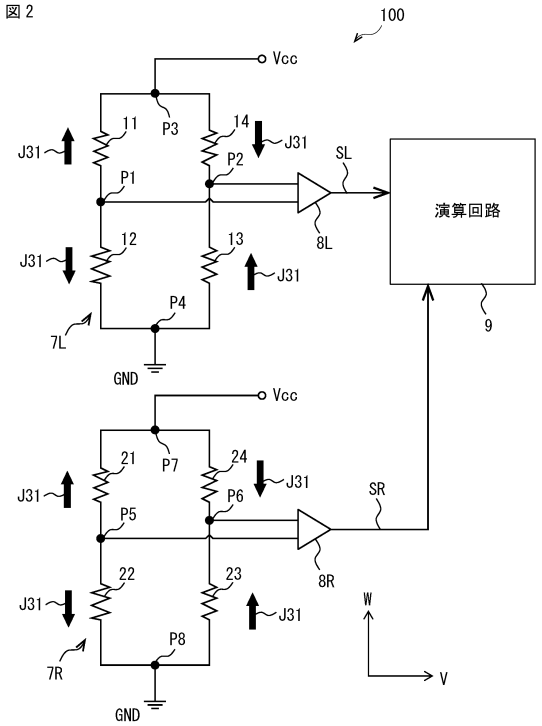
【図１】

図１



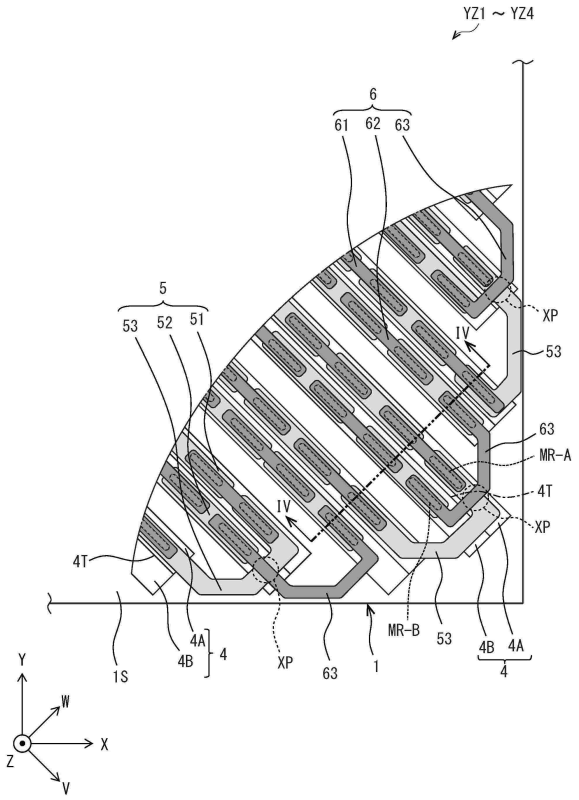
【図２】

図２



【図３】

図３



【図４】

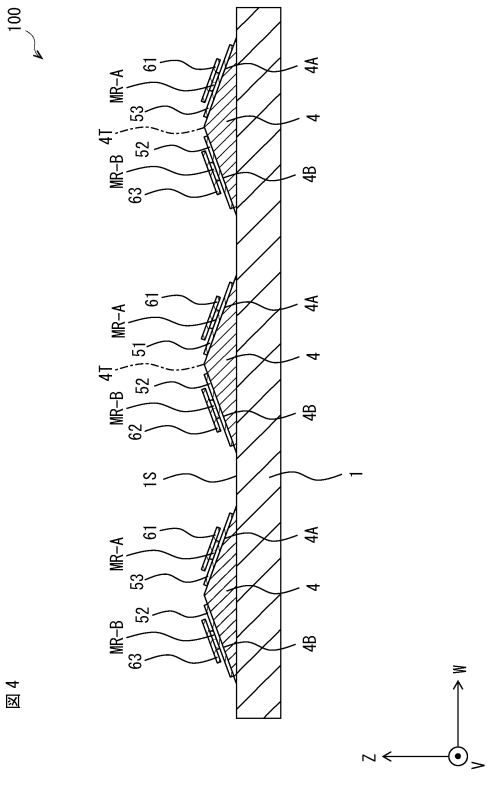
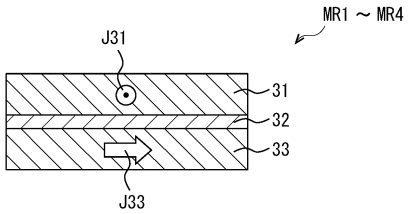


図４

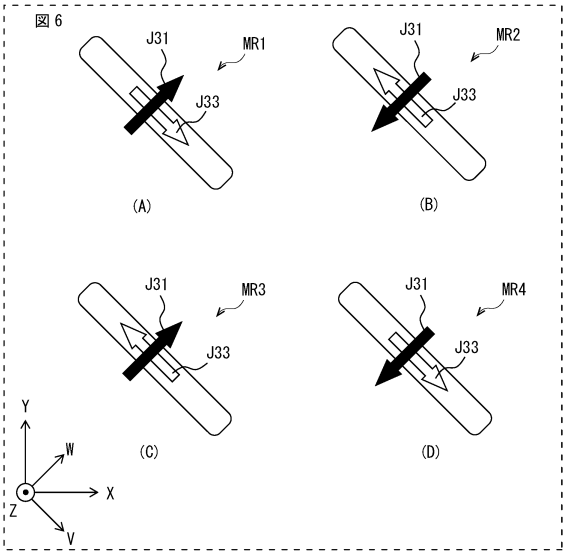
【図５】

図 5



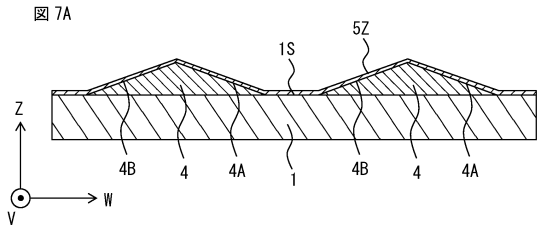
【図６】

図 6



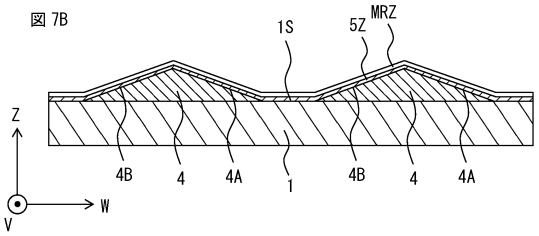
【図７Ａ】

図 7A

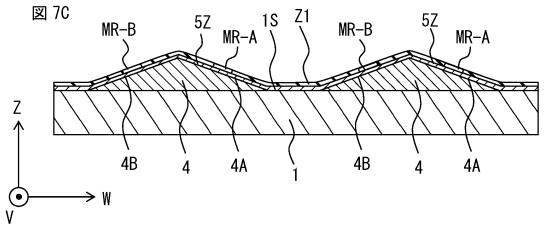


【図７Ｂ】

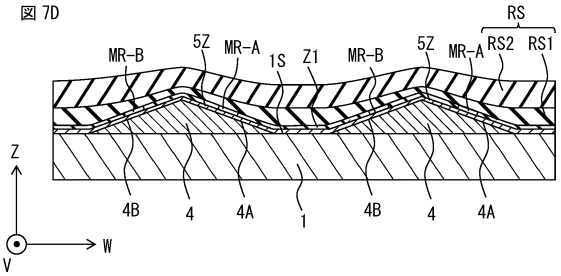
図 7B



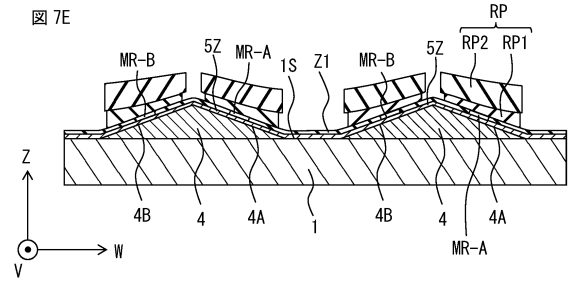
【図７Ｃ】



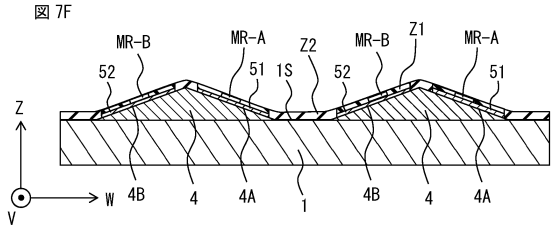
【図７Ｄ】



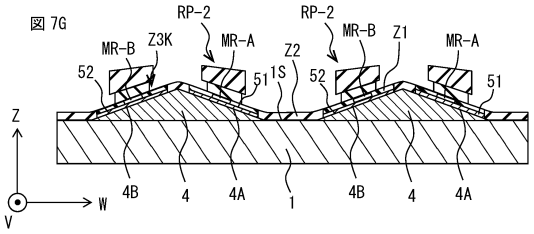
【図７Ｅ】



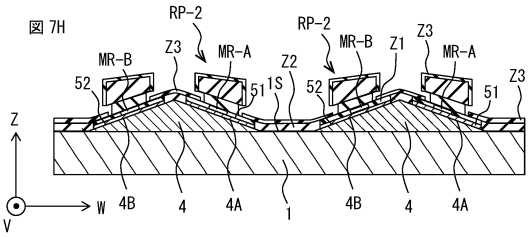
【図７Ｆ】



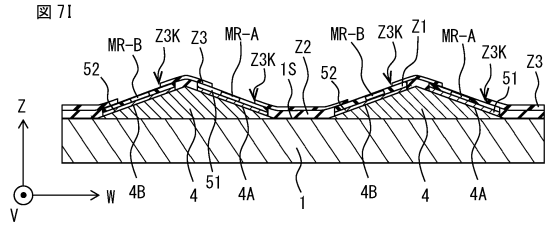
【図７Ｇ】



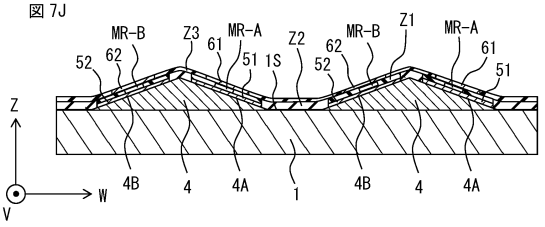
【図７Ｈ】



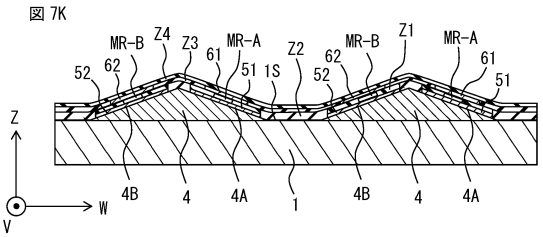
【図７Ｉ】



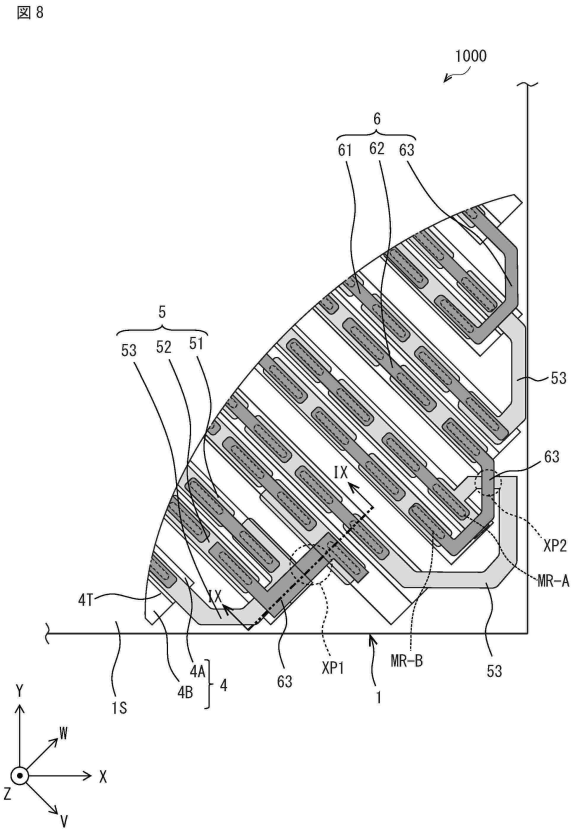
【図７Ｊ】



【図７Ｋ】

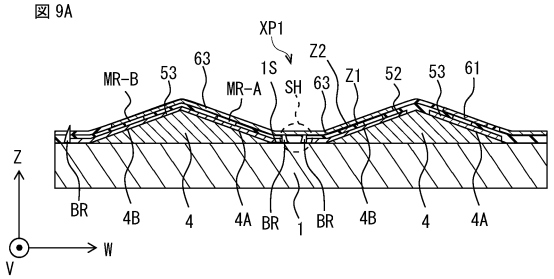


【図８】



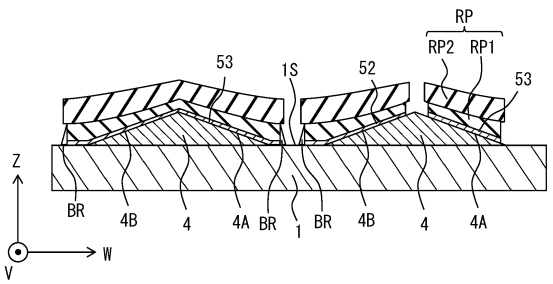
【図９Ａ】

図 9A



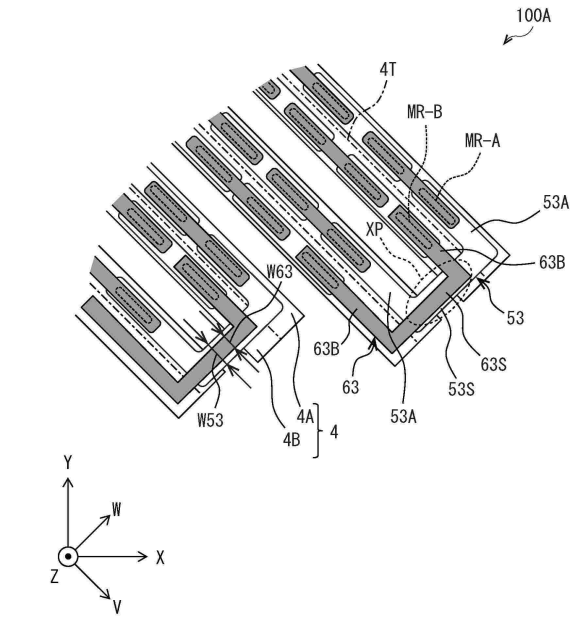
【図９Ｂ】

図 9B



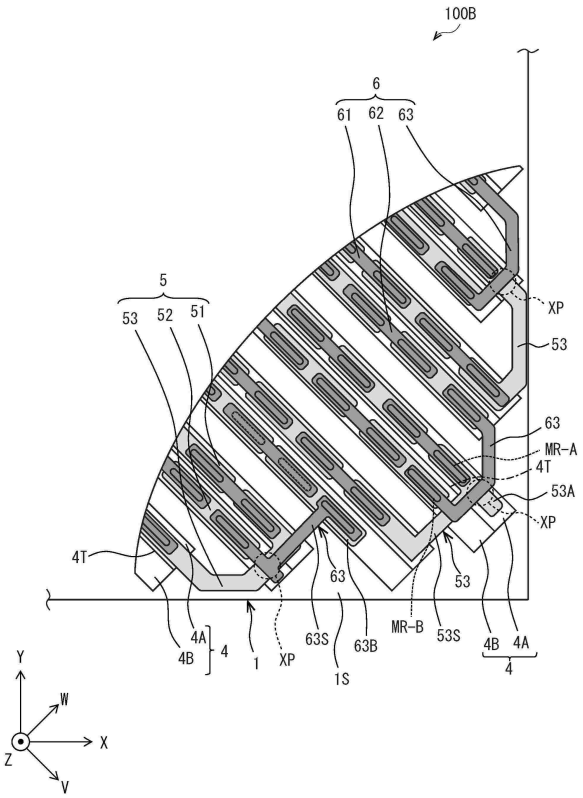
【図１０】

図 10



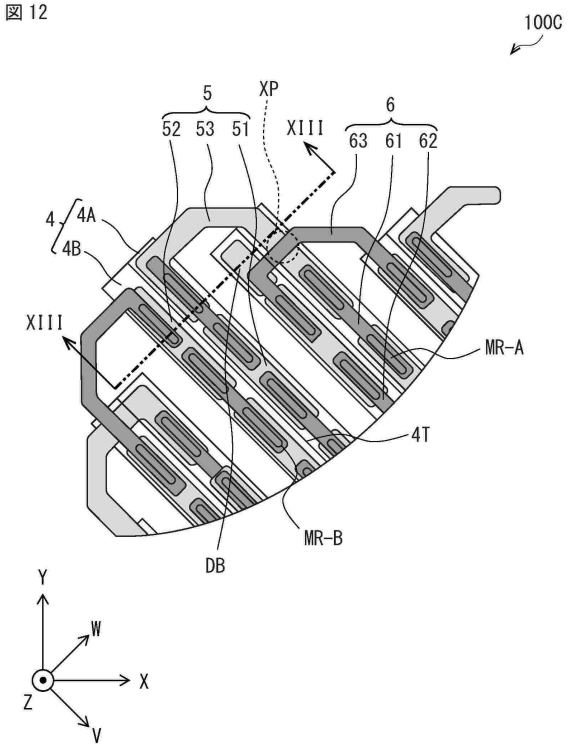
【図１１】

図 11



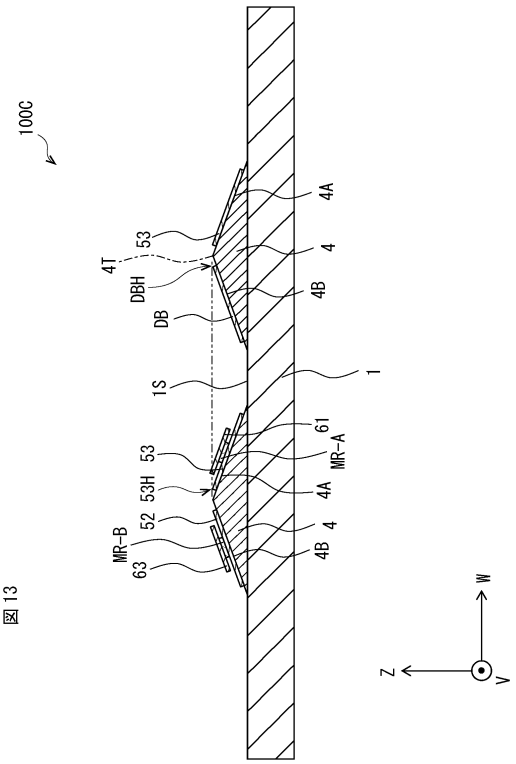
【図１２】

図 12



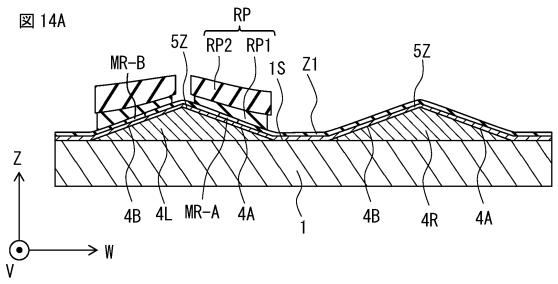
【図１３】

図 13



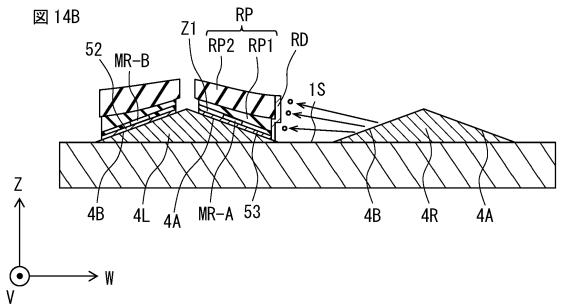
【図１４Ａ】

図 14A



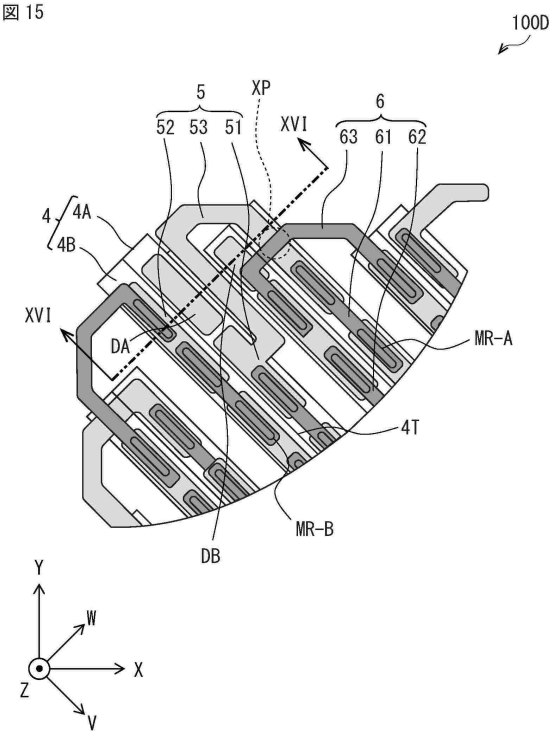
【図１４Ｂ】

図 14B



【図１５】

図15



【図１６】

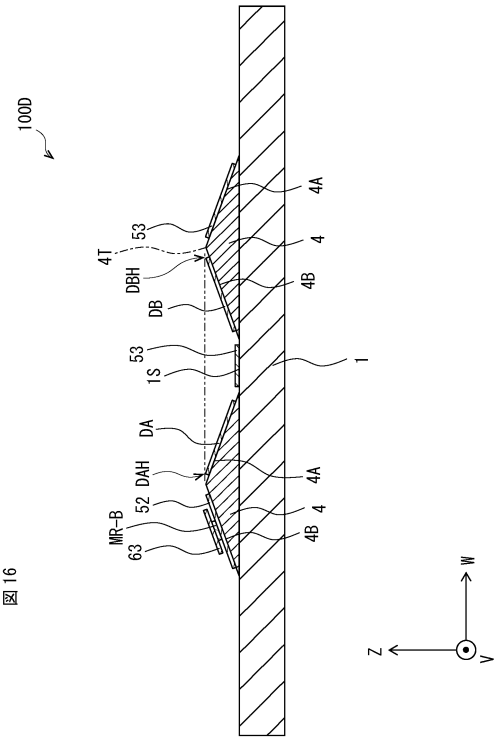


図16

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２００７－２１２２７５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－２５１８９２（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１０５２２５（ＪＰ，Ａ）
特開２０２１－０９２５２７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｒ　３３／０９
Ｈ１０Ｎ　５０／８０
Ｈ１０Ｎ　５０／１０
Ｇ０１Ｒ　３３／０２