

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-46271
(P2023-46271A)

(43)公開日 令和5年4月3日(2023.4.3)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 R 33/09 (2006.01)	G 0 1 R 33/09	2 G 0 1 7
H 1 0 N 50/10 (2023.01)	H 0 1 L 43/08	5 F 0 9 2
H 1 0 N 50/80 (2023.01)	H 0 1 L 43/02	Z

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全21頁)

(21)出願番号 特願2022-139173(P2022-139173)	(71)出願人 000003067
(22)出願日 令和4年9月1日(2022.9.1)	T D K 株式会社
(31)優先権主張番号 63/246,428	東京都中央区日本橋二丁目 5 番 1 号
(32)優先日 令和3年9月21日(2021.9.21)	(74)代理人 110002907
(33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)	弁理士法人イトーシン国際特許事務所
	(72)発明者 小嶋 秀和
	東京都中央区日本橋二丁目 5 番 1 号 T
	D K 株式会社内
	(72)発明者 梅原 弘道
	東京都中央区日本橋二丁目 5 番 1 号 T
	D K 株式会社内
	F ターム (参考) 2G017 AA02 AB09 AD55 BA09
	BA15
	5F092 AA01 AA15 AB01 AC08
	AC12 BB16 BB30 BB33
	最終頁に続く

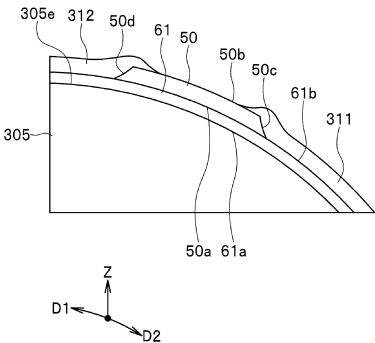
(54)【発明の名称】 磁気センサ

(57)【要約】

【課題】 所望の特性を実現することができる磁気センサを実現する。

【解決手段】 磁気センサ 1 は、上面 3 0 1 a を有する基板 3 0 1 と、傾斜面 3 0 5 e を有する絶縁層 3 0 5 と、傾斜面 3 0 5 e の上に配置された MR 素子 5 0 と MR 素子 5 0 の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第 1 の絶縁部 3 1 1 と、第 1 の絶縁部 3 1 1 から見て傾斜面 3 0 5 e に沿った方向であり且つ基板 3 0 1 の上面 3 0 1 a から遠ざかる方向の先において MR 素子 5 0 の他の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第 2 の絶縁部 3 1 2 とを備えている。

【選択図】 図 8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基準平面を有する基板と、
前記基板の上に配置され、前記基準平面に対して傾斜した少なくとも 1 つの傾斜面を有する支持部材と、
前記少なくとも 1 つの傾斜面の上に配置された少なくとも 1 つの磁気検出素子と、
前記少なくとも 1 つの磁気検出素子の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第 1 の絶縁部と、
前記第 1 の絶縁部から見て前記少なくとも 1 つの傾斜面に沿った方向であり且つ前記基準平面から遠ざかる方向の先において前記少なくとも 1 つの磁気検出素子の他の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第 2 の絶縁部とを備えたことを特徴とする磁気センサ。

10

【請求項 2】

更に、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子、前記第 1 の絶縁部および前記第 2 の絶縁部の上に配置され、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子に電氣的に接続された上部電極を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の磁気センサ。

【請求項 3】

更に、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子と前記少なくとも 1 つの傾斜面との間に介在し、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子に電氣的に接続された下部電極を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気センサ。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの磁気検出素子は、前記傾斜面に向いた下面と、前記下面とは反対側の上面と、前記下面と前記上面とを接続する第 1 の側面および第 2 の側面とを有し、
前記第 1 の絶縁部は、少なくとも前記第 1 の側面の上に配置され、
前記第 2 の絶縁部は、少なくとも前記第 2 の側面の上に配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気センサ。

20

【請求項 5】

前記第 1 の絶縁部は、更に、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子の前記上面の一部の上に配置されていることを特徴とする請求項 4 記載の磁気センサ。

【請求項 6】

前記第 2 の絶縁部は、更に、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子の前記上面の一部の上に配置されていることを特徴とする請求項 4 記載の磁気センサ。

30

【請求項 7】

前記第 2 の絶縁部は、前記少なくとも 1 つの磁気検出素子の前記上面の上には配置されていないことを特徴とする請求項 4 記載の磁気センサ。

【請求項 8】

前記傾斜面は、曲面であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気センサ。

【請求項 9】

前記傾斜面は、平面であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気センサ。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの傾斜面は、互いに異なる方向に向いた第 1 の傾斜面および第 2 の傾斜面を含み、

40

前記少なくとも 1 つの磁気検出素子は、前記第 1 の傾斜面の上に配置された第 1 の磁気検出素子と、前記第 2 の傾斜面の上に配置された第 2 の磁気検出素子とを含み、

前記支持部材は、前記基準平面から遠ざかる方向に張り出す凸面を有し、

前記凸面は、前記第 1 の傾斜面と前記第 2 の傾斜面とを含み、

前記第 1 の磁気検出素子の上に配置された前記第 2 の絶縁部と、前記第 2 の磁気検出素子の上に配置された前記第 2 の絶縁部は、1 つの絶縁部であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気センサ。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの傾斜面は、互いに異なる方向に向いた第 1 の傾斜面および第 2 の

50

傾斜面を含み、

前記少なくとも1つの磁気検出素子は、前記第1の傾斜面の上に配置された第1の磁気検出素子と、前記第2の傾斜面の上に配置された第2の磁気検出素子とを含み、

前記支持部材は、それぞれ前記基準平面から遠ざかる方向に張り出す第1の凸面および第2の凸面を有し、

前記第1の凸面は、前記第1の傾斜面を含み、

前記第2の凸面は、前記第2の傾斜面を含み、

前記第1の磁気検出素子の上に配置された前記第1の絶縁部と、前記第2の磁気検出素子の上に配置された前記第1の絶縁部は、1つの絶縁部であることを特徴とする請求項1記載の磁気センサ。

10

【請求項12】

前記第1の絶縁部と前記第2の絶縁部の各々は、絶縁材料よりなる第1の絶縁層と、絶縁材料よりなり前記第1の絶縁層の上に配置された第2の絶縁層とを含むことを特徴とする請求項1記載の磁気センサ。

【請求項13】

前記少なくとも1つの磁気検出素子は、前記傾斜面に向いた下面と、前記下面とは反対側の上面と、前記下面と前記上面とを接続する第1の側面および第2の側面とを有し、

前記第1の絶縁部の前記第1の絶縁層は、前記第1の側面に接し、

前記第2の絶縁部の前記第1の絶縁層は、前記第2の側面に接していることを特徴とする請求項12記載の磁気センサ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、傾斜面の上に配置された磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、種々の用途で、磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサが利用されている。磁気センサを含むシステムでは、基板上に設けられた磁気抵抗効果素子によって、基板の面に垂直な方向の成分を含む磁界を検出したい場合がある。この場合、基板の面に垂直な方向の磁界を基板の面に平行な方向の磁界に変換する軟磁性体を設けたり、磁気抵抗効果素子を基板上に形成された傾斜面上に配置したりすることによって、基板の面に垂直な方向の成分を含む磁界を検出することができる。

30

【0003】

磁気抵抗効果素子としては、例えば、スピバルブ型の磁気抵抗効果素子が用いられる。スピバルブ型の磁気抵抗効果素子は、方向が固定された磁化を有する磁化固定層と、印加磁界の方向に応じて方向が変化する自由層と、磁化固定層と自由層の間に配置されたギャップ層とを有している。

【0004】

特許文献1には、斜面の上に形成された磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサが開示されている。特許文献2には、磁気抵抗効果素子の側面に、互いに材料が異なる2つの保護膜を形成して、磁気抵抗効果素子が受ける応力を小さくする技術が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-194733号公報

【特許文献2】特開2008-141210号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般的に、特許文献1に開示された磁気センサのように、傾斜面上に磁気抵抗効果素子

50

を形成した場合には、磁気抵抗効果素子の側面はテーパになる。ここで、磁気抵抗効果素子としてスピバルブ型の磁気抵抗効果素子を用いた場合において、特許文献２に開示された技術のように、磁気抵抗効果素子の周囲に形成された絶縁層を用いて磁気抵抗効果素子の特性を制御する場合について考える。傾斜面に近い第１の層と傾斜面から遠い第２の層は、互いに面積が異なる。そのため、絶縁層から受ける影響も、第１の層と第２の層で互いに異なってしまう。その結果、磁気抵抗効果素子の特性が、意図していたものと異なってしまう場合があった。

【０００７】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、傾斜面の上に配置された磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサにおいて、所望の特性を実現することが可能な磁気センサを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明の磁気センサは、基準平面を有する基板と、基板の上に配置され、基準平面に対して傾斜した少なくとも１つの傾斜面を有する支持部材と、少なくとも１つの傾斜面の上に配置された少なくとも１つの磁気検出素子と、少なくとも１つの磁気検出素子の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第１の絶縁部と、第１の絶縁部から見て少なくとも１つの傾斜面に沿った方向であり且つ基準平面から遠ざかる方向の先において少なくとも１つの磁気検出素子の他の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第２の絶縁部とを備えている。

20

【発明の効果】

【０００９】

本発明の磁気センサでは、傾斜面の上に配置された磁気検出素子の一部の上に第１の絶縁部が配置され、磁気検出素子の他の一部の上に第２の絶縁部が配置されている。これにより、本発明によれば、傾斜面の上に配置された磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサにおいて、所望の特性を実現することが可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係る磁気センサを示す斜視図である。

【図２】本発明の第１の実施の形態に係る磁気センサを含む磁気センサ装置の構成を示す機能ブロック図である。

30

【図３】本発明の第１の実施の形態における第１の検出回路の回路構成を示す回路図である。

【図４】本発明の第１の実施の形態における第２の検出回路の回路構成を示す回路図である。

【図５】本発明の第１の実施の形態に係る磁気センサの一部を示す平面図である。

【図６】本発明の第１の実施の形態に係る磁気センサの一部を示す断面図である。

【図７】本発明の第１の実施の形態における磁気抵抗効果素子を示す側面図である。

【図８】本発明の第１の実施の形態における第１の例の第１および第２の絶縁部を示す断面図である。

40

【図９】本発明の第１の実施の形態における第２の例の第１および第２の絶縁部を示す断面図である。

【図１０】本発明の第１の実施の形態における第３の例の第１および第２の絶縁部を示す断面図である。

【図１１】本発明の第１の実施の形態における第４の例の第１および第２の絶縁部を示す断面図である。

【図１２】本発明の第１の実施の形態に係る磁気センサの一部を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

【第１の実施の形態】

50

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。始めに、図 1 および図 2 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係る磁気センサの構成について説明する。図 1 は、本実施の形態に係る磁気センサを示す斜視図である。図 2 は、本実施の形態に係る磁気センサを含む磁気センサ装置の構成を示す機能ブロック図である。

【0012】

図 1 に示したように、磁気センサ 1 は、直方体形状のチップの形態を有している。磁気センサ 1 は、互いに反対側に位置する上面 1 a および下面と、上面 1 a および下面とを接続する 4 つの側面とを有している。また、磁気センサ 1 は、上面 1 a 上に設けられた複数の電極パッドを有している。

【0013】

ここで、図 1 を参照して、本実施の形態における基準座標系について説明する。基準座標系は、磁気センサ 1 を基準とした座標系であって、3 つの軸によって定義された直交座標系である。基準座標系では、X 方向、Y 方向、Z 方向が定義されている。X 方向、Y 方向、Z 方向は、互いに直交する。本実施の形態では特に、磁気センサ 1 の上面 1 a に垂直な方向であって、磁気センサ 1 の下面から上面 1 a に向かう方向を、Z 方向とする。また、X 方向とは反対の方向を $-X$ 方向とし、Y 方向とは反対の方向を $-Y$ 方向とし、Z 方向とは反対の方向を $-Z$ 方向とする。基準座標系を定義する 3 つの軸は、X 方向に平行な軸と、Y 方向に平行な軸と、Z 方向に平行な軸である。

【0014】

以下、基準の位置に対して Z 方向の先にある位置を「上方」と言い、基準の位置に対して「上方」とは反対側にある位置を「下方」と言う。また、磁気センサ 1 の構成要素に関して、Z 方向の端に位置する面を「上面」と言い、 $-Z$ 方向の端に位置する面を「下面」と言う。また、「Z 方向から見たとき」という表現は、Z 方向に離れた位置から対象物を見ることを意味する。

【0015】

図 2 に示したように、磁気センサ 1 は、第 1 の検出回路 20 と、第 2 の検出回路 30 とを備えている。第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 の各々は、複数の磁気検出素子を含み、対象磁界を検出して少なくとも 1 つの検出信号を生成するように構成されている。本実施の形態では特に、複数の磁気検出素子は、複数の磁気抵抗効果素子である。以下、磁気抵抗効果素子を、MR 素子と記す。

【0016】

第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 が生成する複数の検出信号は、プロセッサ 40 によって処理される。磁気センサ 1 とプロセッサ 40 は、磁気センサ装置 100 を構成する。プロセッサ 40 は、第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 が生成する複数の検出信号を処理することによって、所定の基準位置における磁界の互いに異なる 2 つの方向の成分と対応関係を有する第 1 の検出値および第 2 の検出値を生成するように構成されている。本実施の形態では特に、上記の互いに異なる 2 つの方向は、XY 平面に平行な 1 つの方向と、Z 方向に平行な方向である。プロセッサ 40 は、例えば特定用途向け集積回路 (ASIC) によって構成されている。

【0017】

プロセッサ 40 は、例えば、磁気センサ 1 を支持する支持体に含まれていてもよい。この支持体は、複数の電極パッドを有している。第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 とプロセッサ 40 は、例えば、磁気センサ 1 の複数の電極パッド、支持体の複数の電極パッドおよび複数のボンディングワイヤを介して接続されている。磁気センサ 1 の複数の電極パッドが磁気センサ 1 の上面 1 a に設けられている場合、磁気センサ 1 は、磁気センサ 1 の下面が支持体の上面に対向する姿勢で、支持体の上面上に実装されていてもよい。

【0018】

次に、図 3 ないし図 6 を参照して、第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 について説明する。図 3 は、第 1 の検出回路 20 の回路構成を示す回路図である。図 4 は、第 2 の検出回路 30 の回路構成を示す回路図である。図 5 は、磁気センサ 1 の一部を示す平面図であ

10

20

30

40

50

る。図 6 は、磁気センサ 1 の一部を示す断面図である。

【0019】

ここで、図 5 に示したように、U 方向と V 方向を、以下のように定義する。U 方向は、X 方向から -Y 方向に向かって回転した方向である。V 方向は、Y 方向から X 方向に向かって回転した方向である。本実施の形態では特に、U 方向を、X 方向から -Y 方向に向かって α だけ回転した方向とし、V 方向を、Y 方向から X 方向に向かって α だけ回転した方向とする。なお、 α は、 0° よりも大きく 90° よりも小さい角度である。一例では、 α は 45° である。また、U 方向とは反対の方向を -U 方向とし、V 方向とは反対の方向を -V 方向とする。

【0020】

また、図 6 に示したように、W1 方向と W2 方向を、以下のように定義する。W1 方向は、V 方向から -Z 方向に向かって回転した方向である。W2 方向は、V 方向から Z 方向に向かって回転した方向である。本実施の形態では特に、W1 方向を、V 方向から -Z 方向に向かって β だけ回転した方向とし、W2 方向を、V 方向から Z 方向に向かって β だけ回転した方向とする。なお、 β は、 0° よりも大きく 90° よりも小さい角度である。また、W1 方向とは反対の方向を -W1 方向とし、W2 方向とは反対の方向を -W2 方向とする。W1 方向および W2 方向は、それぞれ、U 方向と直交する。

【0021】

第 1 の検出回路 20 は、対象磁界の W1 方向に平行な方向の成分を検出し、この成分と対応関係を有する少なくとも 1 つの第 1 の検出信号を生成するように構成されている。第 2 の検出回路 30 は、対象磁界の W2 方向に平行な方向の成分を検出し、この成分と対応関係を有する少なくとも 1 つの第 2 の検出信号を生成するように構成されている。

【0022】

図 3 に示したように、第 1 の検出回路 20 は、電源端 V2 と、グランド端 G2 と、信号出力端 E21、E22 と、第 1 の抵抗部 R21 と、第 2 の抵抗部 R22 と、第 3 の抵抗部 R23 と、第 4 の抵抗部 R24 とを含んでいる。第 1 の検出回路 20 の複数の MR 素子は、第 1 ないし第 4 の抵抗部 R21、R22、R23、R24 を構成する。

【0023】

第 1 の抵抗部 R21 は、電源端 V2 と信号出力端 E21 との間に設けられている。第 2 の抵抗部 R22 は、信号出力端 E21 とグランド端 G2 との間に設けられている。第 3 の抵抗部 R23 は、信号出力端 E22 とグランド端 G2 との間に設けられている。第 4 の抵抗部 R24 は、電源端 V2 と信号出力端 E22 との間に設けられている。

【0024】

図 4 に示したように、第 2 の検出回路 30 は、電源端 V3 と、グランド端 G3 と、信号出力端 E31、E32 と、第 1 の抵抗部 R31 と、第 2 の抵抗部 R32 と、第 3 の抵抗部 R33 と、第 4 の抵抗部 R34 とを含んでいる。第 2 の検出回路 30 の複数の MR 素子は、第 1 ないし第 4 の抵抗部 R31、R32、R33、R34 を構成する。

【0025】

第 1 の抵抗部 R31 は、電源端 V3 と信号出力端 E31 との間に設けられている。第 2 の抵抗部 R32 は、信号出力端 E31 とグランド端 G3 との間に設けられている。第 3 の抵抗部 R33 は、信号出力端 E32 とグランド端 G3 との間に設けられている。第 4 の抵抗部 R34 は、電源端 V3 と信号出力端 E32 との間に設けられている。

【0026】

電源端 V2、V3 の各々には、所定の大きさの電圧または電流が印加される。グランド端 G2、G3 の各々はグランドに接続される。

【0027】

以下、第 1 の検出回路 20 の複数の MR 素子を複数の第 1 の MR 素子 50B と言い、第 2 の検出回路 30 の複数の MR 素子を複数の第 2 の MR 素子 50C と言う。第 1 および第 2 の検出回路 20、30 は磁気センサ 1 の構成要素であることから、磁気センサ 1 が複数の第 1 の MR 素子 50B および複数の第 2 の MR 素子 50C を含んでいるとも言える。ま

10

20

30

40

50

た、任意のMR素子については、符号50を付して表す。

【0028】

図7は、MR素子50を示す側面図である。MR素子50は、複数の磁性層を含むスピ
ンバルブ型のMR素子である。MR素子50は、方向が固定された磁化を有する磁化固定
層51と、対象磁界の方向に応じて方向が変化可能な磁化を有する自由層53と、磁化固
定層51と自由層53の間に配置されたギャップ層52とを有している。MR素子50は
、TMR（トンネル磁気抵抗効果）素子でもよいし、GMR（巨大磁気抵抗効果）素子で
もよい。TMR素子では、ギャップ層52はトンネルバリア層である。GMR素子では、
ギャップ層52は非磁性導電層である。MR素子50では、自由層53の磁化の方向が磁
化固定層51の磁化の方向に対してなす角度に応じて抵抗値が変化し、この角度が0°の
ときに抵抗値は最小値となり、角度が180°のときに抵抗値は最大値となる。各MR素
子50において、自由層53は、磁化容易軸方向が、磁化固定層51の磁化の方向に直交
する方向となる形状異方性を有している。なお、自由層53に所定の方向の磁化容易軸
を設定する手段として、自由層53に対してバイアス磁界を印加する磁石を用いること
もできる。磁化固定層51、ギャップ層52および自由層53は、この順に積層されてい
る。

10

【0029】

MR素子50は、更に、磁化固定層51におけるギャップ層52とは反対側に配置され
た反強磁性層を有していてもよい。反強磁性層は、反強磁性材料よりなり、磁化固定層5
1との間で交換結合を生じさせて、磁化固定層51の磁化の方向を固定する。あるいは、
磁化固定層51は、いわゆるセルフピン止め型の固定層（Synthetic Ferri Pinned 層
、SFP層）であってもよい。セルフピン止め型の固定層は、強磁性層、非磁性中間層お
よび強磁性層を積層させた積層フェリ構造を有し、2つの強磁性層を反強磁性的に結合さ
せてなるものである。

20

【0030】

なお、MR素子50における層51～53の配置は、図7に示した配置とは上下が反対
でもよい。

【0031】

図3および図4において、塗りつぶした矢印は、MR素子50の磁化固定層51の磁化
の方向を表している。また、白抜きの矢印は、MR素子50に対象磁界が印加されてい
ない場合における、MR素子50の自由層53の磁化の方向を表している。

30

【0032】

図3に示した例では、第1および第3の抵抗部R21、R23の各々における磁化固定
層51の磁化の方向は、W1方向である。第2および第4の抵抗部R22、R24の各々
における磁化固定層51の磁化の方向は、-W1方向である。また、複数の第1のMR素
子50Bの各々の自由層53は、磁化容易軸方向がU方向に平行な方向となる形状異方性
を有している。第1および第2の抵抗部R21、R22の各々における自由層53の磁化
の方向は、第1のMR素子50Bに対象磁界が印加されていない場合、U方向である。第
3および第4の抵抗部R23、R24の各々における自由層53の磁化の方向は、上記の
場合、-U方向である。

【0033】

図4に示した例では、第1および第3の抵抗部R31、R33の各々における磁化固定
層51の磁化の方向は、W2方向である。第2および第4の抵抗部R32、R34の各々
における磁化固定層51の磁化の方向は、-W2方向である。また、複数の第2のMR素
子50Cの各々の自由層53は、磁化容易軸方向がU方向に平行な方向となる形状異方性
を有している。第1および第2の抵抗部R31、R32の各々における自由層53の磁化
の方向は、第2のMR素子50Cに対象磁界が印加されていない場合、U方向である。第
3および第4の抵抗部R33、R34の各々における自由層53の磁化の方向は、上記の
場合、-U方向である。

40

【0034】

磁気センサ1は、複数の第1のMR素子50Bと複数の第2のMR素子50Cの各々の

50

自由層 53 に対して、所定の方向の磁界を印加するように構成された磁界発生器を含んでいる。本実施の形態では、磁界発生器は、複数の第 1 の MR 素子 50B と複数の第 2 の MR 素子 50C の各々の自由層 53 に対して所定の方向の磁界を印加するコイル 80 を含んでいる。

【0035】

なお、磁化固定層 51 の磁化の方向と自由層 53 の磁化容易軸の方向は、MR 素子 50 の作製の精度等の観点から、上述の方向からわずかにずれていてもよい。また、磁化固定層 51 の磁化は、上述の方向を主成分とする磁化成分を含むように構成されていてもよい。この場合、磁化固定層 51 の磁化の方向は、上述の方向またはほぼ上述の方向になる。

【0036】

本実施の形態では、MR 素子 50 は、複数の磁性層すなわち磁化固定層 51 および自由層 53 の積層方向に電流が流れるように構成されている。後述するように、磁気センサ 1 は、MR 素子 50 に電流を流すための下部電極および上部電極を備えている。MR 素子 50 は、下部電極と上部電極との間に配置されている。

【0037】

以下、図 5 および図 6 を参照して、磁気センサ 1 の具体的な構造について詳しく説明する。図 6 は、図 5 において 6-6 線で示す位置の断面の一部を示している。

【0038】

磁気センサ 1 は、上面 301a を有する基板 301 と、絶縁層 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310 と、複数の下部電極 61B と、複数の下部電極 61C と、複数の上部電極 62B と、複数の上部電極 62C と、複数の下部コイル要素 81 と、複数の上部コイル要素 82 とを含んでいる。基板 301 の上面 301a は、XY 平面に平行であるものとする。Z 方向は、基板 301 の上面 301a に垂直な一方向でもある。なお、コイル要素とは、コイルの巻線の一部である。

【0039】

絶縁層 302 は、基板 301 の上に配置されている。複数の下部コイル要素 81 は、絶縁層 302 の上に配置されている。絶縁層 303 は、絶縁層 302 の上において複数の下部コイル要素 81 の周囲に配置されている。絶縁層 304, 305 は、複数の下部コイル要素 81 および絶縁層 303 の上に、この順に積層されている。

【0040】

複数の下部電極 61B と複数の下部電極 61C は、絶縁層 305 の上に配置されている。複数の第 1 の MR 素子 50B は、複数の下部電極 61B の上に配置されている。複数の第 2 の MR 素子 50C は、複数の下部電極 61C の上に配置されている。絶縁層 306 は、複数の下部電極 61B および複数の下部電極 61C の上において複数の第 1 の MR 素子 50B の周囲と複数の第 2 の MR 素子 50C の周囲に配置されている。絶縁層 307 は、絶縁層 305 の上において複数の下部電極 61B の周囲、複数の下部電極 61C の周囲および絶縁層 306 の周囲に配置されている。

【0041】

絶縁層 308 は、複数の第 1 の MR 素子 50B の各々の一部の上と複数の第 2 の MR 素子 50C の各々の一部の上と、絶縁層 306, 307 の上に配置されている。複数の上部電極 62B は、複数の第 1 の MR 素子 50B の各々の他の一部の上および絶縁層 308 の一部の上に配置されている。複数の上部電極 62C は、複数の第 2 の MR 素子 50C の各々の一部の上および絶縁層 308 の一部の上に配置されている。絶縁層 309 は、絶縁層 308 の他の一部の上において複数の上部電極 62B の周囲と複数の上部電極 62C の周囲に配置されている。

【0042】

絶縁層 310 は、複数の上部電極 62B、複数の上部電極 62C および絶縁層 309 の上に配置されている。複数の上部コイル要素 82 は、絶縁層 310 の上に配置されている。磁気センサ 1 は、更に、複数の上部コイル要素 82 および絶縁層 310 を覆う図示しない絶縁層を含んでいてもよい。

10

20

30

40

50

【0043】

磁気センサ1は、複数の第1のMR素子50Bと複数の第2のMR素子50Cを支持する支持部材を含んでいる。支持部材は、基板301の上面301aに対して傾斜した少なくとも1つの傾斜面を有している。本実施の形態では特に、支持部材は、絶縁層305によって構成されている。なお、図5では、磁気センサ1の構成要素のうち、絶縁層305、複数の第1のMR素子50B、複数の第2のMR素子50Cおよび複数の上部コイル要素82を示している。

【0044】

絶縁層305は、それぞれ基板301の上面301aから遠ざかる方向（Z方向）に張り出す複数の凸面305cを有している。複数の凸面305cの各々は、U方向に平行な方向に延在している。凸面305cの全体形状は、図6に示した凸面305cの曲線形状（アーチ形状）をU方向に平行な方向に沿って移動してできる半円筒状の曲面である。また、複数の凸面305cは、所定の間隔でV方向に平行な方向に並んでいる。

【0045】

複数の凸面305cの各々は、基板301の上面301aから最も遠い上端部を有している。本実施の形態では、複数の凸面305cの各々の上端部は、U方向に平行な方向に延在するものとする。ここで、複数の凸面305cのうちの任意の1つの凸面305cに着目する。凸面305cは、第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bとを含んでいる。第1の傾斜面305aは、凸面305cのうち、凸面305cの上端部よりもV方向側の面である。第2の傾斜面305bは、凸面305cのうち、凸面305cの上端部よりも－V方向側の面である。図5では、第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bとの境界を、点線で示している。

【0046】

凸面305cの上端部は、第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bとの境界であってもよい。この場合、図5に示した点線は、凸面305cの上端部を示している。

【0047】

基板301の上面301aは、XY平面に平行である。第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bの各々は、基板301の上面301aすなわちXY平面に対して傾斜している。基板301の上面301aに垂直な断面において、第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bの間隔は、基板301の上面301aから遠ざかるに従って小さくなる。

【0048】

本実施の形態では、凸面305cが複数存在することから、第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bもそれぞれ複数存在する。絶縁層305は、複数の第1の傾斜面305aと、複数の第2の傾斜面305bとを有している。

【0049】

絶縁層305は、更に、複数の凸面305cの周囲に存在する平坦面305dを有している。平坦面305dは、基板301の上面301aに平行な面である。複数の凸面305cの各々は、平坦面305dからZ方向に突出している。また、本実施の形態では、複数の凸面305cは、所定の間隔を開けて配置されている。従って、V方向に隣接する2つの凸面305cの間には、平坦面305dが存在する。

【0050】

絶縁層305は、それぞれZ方向に突出した複数の突出部と、複数の突出部の周囲に存在する平坦部とを含んでいる。複数の突出部の各々は、U方向に平行な方向に延在すると共に、凸面305cを有している。また、複数の突出部は、所定の間隔でV方向に平行な方向に並んでいる。平坦部の厚み（Z方向の寸法）は、実質的に一定である。また、絶縁層304は、実質的に一定の厚み（Z方向の寸法）を有し、絶縁層305の下面に沿って形成されている。

【0051】

複数の下部電極61Bは、複数の第1の傾斜面305aの上に配置されている。複数の下部電極61Cは、複数の第2の傾斜面305bの上に配置されている。前述のように、

10

20

30

40

50

第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bの各々は、基板301の上面301aすなわちXY平面に対して傾斜していることから、複数の下部電極61Bの各々の上面と複数の下部電極61Cの各々の上面も、XY平面に対して傾斜する。従って、複数の第1のMR素子50Bと複数の第2のMR素子50Cは、XY平面に対して傾斜した傾斜面上に配置されていると言える。絶縁層305は、複数の第1のMR素子50Bと複数の第2のMR素子50Cの各々をXY平面に対して傾くように支持するための部材である。

【0052】

なお、本実施の形態では、第1の傾斜面305aは曲面である。そのため、第1のMR素子50Bは、曲面（第1の傾斜面305a）に沿って湾曲する。本実施の形態では、便宜上、第1のMR素子50Bの磁化固定層51の磁化の方向は、直線的な方向として前述のように定義される。第1のMR素子50Bの磁化固定層51の磁化の方向であるW1方向および-W1方向は、第1の傾斜面305aのうち、第1のMR素子50Bの近傍の部分に接する接線が延在する方向でもある。

10

【0053】

同様に、本実施の形態では、第2の傾斜面305bは曲面である。そのため、第2のMR素子50Cは、曲面（第2の傾斜面305b）に沿って湾曲する。本実施の形態では、便宜上、第2のMR素子50Cの磁化固定層51の磁化の方向は、直線的な方向として前述のように定義される。第2のMR素子50Cの磁化固定層51の磁化の方向であるW2方向および-W2方向は、第2の傾斜面305bのうち、第2のMR素子50Cの近傍の部分に接する接線が延在する方向でもある。

20

【0054】

図5に示したように、複数の第1のMR素子50Bは、U方向とV方向にそれぞれ複数個ずつ並ぶように配列されている。1つの第1の傾斜面305aの上には、複数個の第1のMR素子50Bが1列に並んでいる。同様に、複数の第2のMR素子50Cは、U方向とV方向にそれぞれ複数個ずつ並ぶように配列されている。1つの第2の傾斜面305bの上には、複数個の第2のMR素子50Cが1列に並んでいる。本実施の形態では、複数の第1のMR素子50Bの列と複数の第2のMR素子50Cの列が、V方向に平行な方向において交互に並んでいる。

【0055】

なお、隣接する1つの第1のMR素子50Bと1つの第2のMR素子50Cは、Z方向から見たときに、U方向に平行な方向にずれていてもよいし、ずれていなくてもよい。また、1つの第2のMR素子50Cを挟んで隣接する2つの第1のMR素子50Bは、Z方向から見たときに、U方向に平行な方向にずれていてもよいし、ずれていなくてもよい。また、1つの第1のMR素子50Bを挟んで隣接する2つの第2のMR素子50Cは、Z方向から見たときに、U方向に平行な方向にずれていてもよいし、ずれていなくてもよい。

30

【0056】

複数の第1のMR素子50Bは、複数の下部電極61Bと複数の上部電極62Bによって、直列に接続されている。ここで、図7を参照して、複数の第1のMR素子50Bの接続方法について詳しく説明する。図7において、符号61は、任意のMR素子50に対応する下部電極を示し、符号62は、任意のMR素子50に対応する上部電極を示している。図7に示したように、個々の下部電極61は細長い形状を有している。下部電極61の長手方向に隣接する2つの下部電極61の間には、間隙が形成されている。下部電極61の上面において、長手方向の両端の近傍に、それぞれMR素子50が配置されている。また、個々の上部電極62は細長い形状を有し、下部電極61の長手方向に隣接する2つの下部電極61上に配置されて隣接する2つのMR素子50同士を電氣的に接続する。

40

【0057】

図示しないが、1列に並んだ複数個のMR素子50の列の端に位置する1つのMR素子50は、下部電極61の長手方向と交差する方向に隣接する他の複数個のMR素子50の列の端に位置する他の1つのMR素子50に接続されている。この2つのMR素子50は

50

、図示しない電極によって互いに接続されている。図示しない電極は、２つのMR素子50の下面同士または上面同士を接続する電極であってもよい。

【0058】

図7に示したMR素子50が第1のMR素子50Bである場合、図7に示した下部電極61は下部電極61Bに対応し、図7に示した上部電極62は上部電極62Bに対応する。また、この場合、下部電極61の長手方向は、U方向に平行な方向になる。

【0059】

同様に、複数の第2のMR素子50Cは、複数の下部電極61Cと複数の上部電極62Cによって、直列に接続されている。前述の複数の第1のMR素子50Bの接続方法についての説明は、複数の第2のMR素子50Cの接続方法にも当てはまる。図7に示したMR素子50が第2のMR素子50Cである場合、図7に示した下部電極61は下部電極61Cに対応し、図7に示した上部電極62は上部電極62Cに対応する。また、この場合、下部電極61の長手方向は、U方向に平行な方向になる。

【0060】

複数の上部コイル要素82の各々は、Y方向に平行な方向に延在している。また、複数の上部コイル要素82は、X方向に並ぶように配列されている。本実施の形態では特に、Z方向から見たときに、複数の第1のMR素子50Bと複数の第2のMR素子50Cの各々には、2つの上部コイル要素82が重なっている。

【0061】

複数の下部コイル要素81の各々は、Y方向に平行な方向に延在している。また、複数の下部コイル要素81は、X方向に並ぶように配列されている。複数の下部コイル要素81の形状および配列は、複数の上部コイル要素82の形状および配列と同じであってもよいし、異なってもよい。図5および図6に示した例では、複数の下部コイル要素81の各々のX方向の寸法は、複数の上部コイル要素82の各々のX方向の寸法よりも小さい。また、X方向に隣接する2つの下部コイル要素81の間隔は、X方向に隣接する2つの上部コイル要素82の間隔よりも小さい。

【0062】

図5および図6に示した例では、複数の下部コイル要素81と複数の上部コイル要素82は、複数の第1のMR素子50Bと複数の第2のMR素子50Cの各々の自由層53に対して、X方向に平行な方向の磁界を印加するコイル80を構成するように、電気的に接続されている。また、コイル80は、例えば、第1の検出回路20の第1および第2の抵抗部R21，R22と第2の検出回路30の第1および第2の抵抗部R31，R32における自由層53に対してX方向の磁界を印加し、第1の検出回路20の第3および第4の抵抗部R23，R24と第2の検出回路30の第3および第4の抵抗部R33，R34における自由層53に対して-X方向の磁界を印加することができるように構成されている。また、コイル80は、プロセッサ40によって制御されてもよい。

【0063】

次に、第1および第2の検出信号について説明する。始めに、図3を参照して、第1の検出信号について説明する。対象磁界のW1方向に平行な方向の成分の強度が変化すると、第1の検出回路20の抵抗部R21～R24の各々の抵抗値は、抵抗部R21，R23の抵抗値が増加すると共に抵抗部R22，R24の抵抗値が減少するか、抵抗部R21，R23の抵抗値が減少すると共に抵抗部R22，R24の抵抗値が増加するように変化する。これにより、信号出力端E21，E22の各々の電位が変化する。第1の検出回路20は、信号出力端E21の電位に対応する信号を第1の検出信号S21として生成し、信号出力端E22の電位に対応する信号を第1の検出信号S22として生成するように構成されている。

【0064】

次に、図4を参照して、第2の検出信号について説明する。対象磁界のW2方向に平行な方向の成分の強度が変化すると、第2の検出回路30の抵抗部R31～R34の各々の抵抗値は、抵抗部R31，R33の抵抗値が増加すると共に抵抗部R32，R34の抵抗

10

20

30

40

50

値が減少するか、抵抗部 R 3 1, R 3 3 の抵抗値が減少すると共に抵抗部 R 3 2, R 3 4 の抵抗値が増加するように変化する。これにより、信号出力端 E 3 1, E 3 2 の各々の電位が変化する。第 2 の検出回路 3 0 は、信号出力端 E 3 1 の電位に対応する信号を第 2 の検出信号 S 3 1 として生成し、信号出力端 E 3 2 の電位に対応する信号を第 2 の検出信号 S 3 2 として生成するように構成されている。

【0065】

次に、プロセッサ 4 0 の動作について説明する。プロセッサ 4 0 は、第 1 の検出信号 S 2 1, S 2 2 および第 2 の検出信号 S 3 1, S 3 2 に基づいて、第 1 の検出値と第 2 の検出値を生成するように構成されている。第 1 の検出値は、対象磁界の V 方向に平行な方向の成分に対応する検出値である。第 2 の検出値は、対象磁界の Z 方向に平行な方向の成分に対応する検出値である。以下、第 1 の検出値を記号 S v で表し、第 2 の検出値を記号 S z で表す。

10

【0066】

プロセッサ 4 0 は、例えば、以下のようにして第 1 および第 2 の検出値 S v, S z を生成する。プロセッサ 4 0 は、まず、第 1 の検出信号 S 2 1 と第 1 の検出信号 S 2 2 の差 S 2 1 - S 2 2 を求めることを含む演算によって、値 S 1 を生成すると共に、第 2 の検出信号 S 3 1 と第 2 の検出信号 S 3 2 の差 S 3 1 - S 3 2 を求めることを含む演算によって、値 S 2 を生成する。次に、プロセッサ 4 0 は、下記の式 (1)、(2) を用いて、値 S 3, S 4 を算出する。

【0067】

$$S 3 = (S 2 + S 1) / (2 \cos \alpha) \quad \dots (1)$$

$$S 4 = (S 2 - S 1) / (2 \sin \alpha) \quad \dots (2)$$

20

【0068】

第 1 の検出値 S v は、値 S 3 そのものであってもよいし、値 S 3 に対してゲイン調整およびオフセット調整等の所定の補正を加えたものであってもよい。同様に、第 2 の検出値 S z は、値 S 4 そのものであってもよいし、値 S 4 に対してゲイン調整およびオフセット調整等の所定の補正を加えたものであってもよい。

【0069】

次に、本実施の形態に係る磁気センサ 1 の構造上の特徴について説明する。始めに、第 1 の例について説明する。図 8 は、第 1 の例の第 1 および第 2 の絶縁部を示す断面図である。

30

【0070】

図 8 は、任意の傾斜面 3 0 5 e の上に配置された MR 素子 5 0 と交差する断面であって、V Z 平面に平行な断面を示している。以下、V Z 平面に平行な断面を、V Z 断面と言う。図 8 に示した V Z 断面は、図 6 と同様に、U 方向の先にある位置から MR 素子 5 0 の断面を見た V Z 断面であってよい。この場合、MR 素子 5 0、下部電極 6 1 および傾斜面 3 0 5 e は、それぞれ、第 1 の MR 素子 5 0 B、下部電極 6 1 B および第 1 の傾斜面 3 0 5 a に対応する。あるいは、図 8 に示した V Z 断面は、-U 方向の先にある位置から MR 素子 5 0 の断面を見た V Z 断面であってよい。この場合、MR 素子 5 0、下部電極 6 1 および傾斜面 3 0 5 e は、それぞれ、第 2 の MR 素子 5 0 C、下部電極 6 1 C および第 2 の傾斜面 3 0 5 b に対応する。

40

【0071】

ここで、図 8 および図 9 に示したように、V Z 平面に平行な第 1 の方向 D 1 と第 2 の方向 D 2 を定義する。第 1 の方向 D 1 は、傾斜面 3 0 5 e に沿った方向であり且つ基準平面から遠ざかる方向である。本実施の形態では、基板 3 0 1 の上面 3 0 1 a (図 6 参照) を、基準平面とする。Z 方向は、基準平面 (基板 3 0 1 の上面 3 0 1 a) に垂直な一方向である。第 2 の方向 D 2 は、傾斜面 3 0 5 e に沿った方向であり且つ基準平面 (基板 3 0 1 の上面 3 0 1 a) に近づく方向である。

【0072】

また、以下の説明において、傾斜面 3 0 5 e に沿った方向であり且つ第 1 の方向 D 1 に

50

平行な方向（第2の方向D2に平行な方向）を、単に傾斜面305eに沿った方向と言う。この方向は、傾斜面305eに沿った方向であり且つ基準平面（基板301の上面301a）からの距離が変化する方向でもある。

【0073】

MR素子50は、傾斜面305eに対向する下面50aと、下面50aとは反対側の上面50bと、第1の側面50cと、第2の側面50dとを有している。第1の側面50cは、下面50aの第2の方向D2の端部と上面50bの第2の方向D2の端部とを接続している。第2の側面50dは、第1の側面50cから見て第1の方向D1の先に配置されている。第2の側面50dは、下面50aの第1の方向D1の端部と上面50bの第1の方向D1の端部とを接続している。

10

【0074】

下部電極61は、MR素子50と傾斜面305eとの間に介在している。下部電極61は、傾斜面305eに対向する下面61aと、下面61aとは反対側の上面61bと、下面61aと上面61bとを接続する2つの側面（図6参照）とを有している。なお、下部電極61は、傾斜面305eから平坦面305dにかけて形成されていてもよい。この場合、下部電極61の2つの側面の一方は、傾斜面305eの上に配置され、他方は、平坦面305dの上に配置されている。あるいは、下部電極61は、その全体が傾斜面305eの上に配置されていてもよい。この場合、下部電極61の2つの側面は、いずれも、傾斜面305eの上に配置されている。

【0075】

20

磁気センサ1は、第1の絶縁部311と第2の絶縁部312とを備えている。第1および第2の絶縁部311, 312の各々は、1つの絶縁層によって構成されていてもよいし、複数の絶縁層によって構成されていてもよい。本実施の形態では特に、第1および第2の絶縁部311, 312の各々は、図6に示した絶縁層306, 308によって構成されている。なお、絶縁層306, 308の各々も、1つの絶縁膜によって構成されていてもよいし、複数の絶縁膜によって構成されていてもよい。

【0076】

絶縁層306, 308の各々は絶縁材料によって形成されていることから、第1および第2の絶縁部311, 312の各々も絶縁材料によって形成されている。第1および第2の絶縁部311, 312の各々（絶縁層306, 308の各々）を形成する絶縁材料としては、例えば、 Al_2O_3 や SiO_2 等が用いられる。

30

【0077】

第1の絶縁部311は、MR素子50の一部の上に配置されている。本実施の形態では特に、第1の絶縁部311は、MR素子50の第1の側面50cの上と、MR素子50の上面50bの一部の上に配置されている。

【0078】

第2の絶縁部312は、第1の絶縁部311から見て第1の方向D1の先においてMR素子50の他の一部の上に配置されている。本実施の形態では特に、第2の絶縁部312は、MR素子50の第2の側面50dの上と、MR素子50の上面50bの他の一部の上に配置されている。

40

【0079】

上部電極62（図7参照）は、MR素子50、第1の絶縁部311および第2の絶縁部312の上に配置され、MR素子50に電氣的に接続されている。MR素子50と上部電極62との間には、第1および第2の絶縁部311, 312の各々の一部が介在している。下部電極61と上部電極62の間には、第1および第2の絶縁部311, 312の各々の他の一部が介在している。

【0080】

ここまでは、1つの傾斜面305e（1つの第1の傾斜面305aまたは1つの第2の傾斜面305b）に注目して、磁気センサ1の構造上の特徴について説明してきた。本実施の形態では、第1の傾斜面305aと第2の傾斜面305bは、それぞれ複数存在する

50

。1つの傾斜面305eについての上記の説明は、複数の第1の傾斜面305aと複数の第2の傾斜面305bの各々にも当てはまる。

【0081】

ここで、1つの凸面305cに含まれる1つの第1の傾斜面305aと1つの第2の傾斜面305bと、この1つの第1の傾斜面305aの上に配置された1つの第1のMR素子50Bと、この1つの第2の傾斜面305bの上に配置された1つの第2のMR素子50Cに注目する(図6参照)。第1のMR素子50Bの一部の上に配置された第2の絶縁部312と、第2のMR素子50Cの一部の上に配置された第2の絶縁部312は、分割されずに連続する1つの絶縁部であってもよい。本実施の形態では特に、絶縁層308のうちの連続する一部分が、第1の傾斜面305aの上と第2の傾斜面305bの上とにまたがって形成されている。

10

【0082】

次に、V方向に平行な方向において隣接する2つの凸面305cと、-V方向側の凸面305cに含まれる第1の傾斜面305aと、V方向側の凸面305cに含まれる第2の傾斜面305bと、この1つの第1の傾斜面305aの上に配置された1つの第1のMR素子50Bと、この1つの第2の傾斜面305bの上に配置された1つの第2のMR素子50Cに注目する(図6参照)。第1のMR素子50Bの一部の上に配置された第1の絶縁部311と、第2のMR素子50Cの一部の上に配置された第1の絶縁部311は、分割されずに連続する1つの絶縁部であってもよい。本実施の形態では特に、絶縁層308のうちの連続する一部分が、第1の傾斜面305aの上と第2の傾斜面305bの上とにまたがって形成されている。

20

【0083】

図示しないが、第1の絶縁部311と第2の絶縁部312も、分割されずに連続する1つの絶縁部であってもよい。本実施の形態では特に、絶縁層308が、複数の第1の傾斜面305aと複数の第2の傾斜面305bの上に、分割されずに形成されていてもよい。また、複数の第1の傾斜面305aの各々の上において、絶縁層306が、第1のMR素子50Bの周囲に分割されずに形成されていてもよい。同様に、複数の第2の傾斜面305bの各々の上において、絶縁層306が、分割されずに第2のMR素子50Cの周囲に形成されていてもよい。

【0084】

次に、第2の例について説明する。図9は、第2の例の第1および第2の絶縁部311, 312を示す断面図である。第2の例では、第1の絶縁部311によって覆われたMR素子50の上面50bの面積が、第2の絶縁部312によって覆われたMR素子50の上面50bの面積よりも大きくなっている。

30

【0085】

次に、第3の例について説明する。図10は、第3の例の第1および第2の絶縁部311, 312を示す断面図である。第3の例では、第2の絶縁部312によって覆われたMR素子50の上面50bの面積が、第1の絶縁部311によって覆われたMR素子50の上面50bの面積よりも大きくなっている。

【0086】

次に、第4の例について説明する。図11は、第4の例の第1および第2の絶縁部311, 312を示す断面図である。第4の例では、第2の絶縁部312は、MR素子50の第2の側面50dを覆っているが、MR素子50の上面50bは覆っていない。

40

【0087】

次に、本実施の形態に係る磁気センサ1の作用および効果について説明する。本実施の形態では、MR素子50の周囲には、絶縁層306, 308が配置されている。第1および第2の絶縁部311, 312の各々は、絶縁層306, 308によって構成されている。MR素子50の周囲に配置された絶縁部(絶縁層)は、MR素子50の特性に影響を及ぼすことが知られている。本実施の形態では、MR素子50の一部の上に第1の絶縁部311が配置され、MR素子50の他の一部の上に第2の絶縁部312が配置されている。

50

これにより、本実施の形態によれば、所望の特性を実現することが可能になる。

【0088】

以下、MR素子50の特性として、MR素子50の感度を例にとって説明する。自由層53は、磁化容易軸方向がU方向に平行な方向となる形状異方性を有している。MR素子50に対象磁界が印加されていない場合、自由層53の磁化の方向は、U方向または-U方向となる。このような構成のMR素子50では、U方向に直交する方向の自由層53の異方性を大きくすると、自由層53の磁化の方向が変化しやすくなり、その結果、MR素子50の感度が向上する。

【0089】

例えば、負磁歪の磁性層によって自由層53を構成し、自由層53に圧縮応力を印加する絶縁層によって第1および第2の絶縁部311, 312を構成することによって、U方向に直交する方向の自由層53の異方性を大きくすることができる。本実施の形態では特に、MR素子50の一部の上に第1の絶縁部311が配置され、MR素子50の他の一部の上に第2の絶縁部312が配置されている。また、本実施の形態では特に、第1および第2の絶縁部311, 312のうちの少なくとも一方が、MR素子50の上面50bの上に配置されている。これにより、本実施の形態によれば、MR素子50の一部の上に第1および第2の絶縁部311, 312が配置されていない場合に比べて、U方向に直交する方向の自由層53の異方性を大きくすることができ、MR素子50の感度を向上させることができる。

【0090】

ところで、MR素子50は、傾斜面305eの上に形成されている。MR素子50を形成する製造プロセスの制限により、第1および第2の側面50c, 50dの各々は、テーパになる。そのため、傾斜面305eから離れた位置にある自由層53の面積は小さくなり、自由層53の外周の長さも短くなる。もし、MR素子50の一部の上に第1および第2の絶縁部311, 312が配置されていない場合には、自由層53に十分な大きさの圧縮応力を印加することができない場合がある。これに対し、本実施の形態では、前述のように、MR素子50の一部の上に第1および第2の絶縁部311, 312を配置している。これにより、本実施の形態によれば、自由層53に十分な大きさの圧縮応力を印加することができる。

【0091】

なお、自由層53に印加する圧縮応力の大きさは、第1および第2の絶縁部311, 312の各々のMR素子50の上への乗り上げ量や、第1および第2の絶縁部311, 312の各々の構成によって制御することが可能である。例えば、第1および第2の絶縁部311, 312の各々が、 $Al_2O_3/SiO_2/Al_2O_3$ の3層構造である場合、各層の厚みの比率を変えることで圧縮応力の大きさを調整することが可能である。

【0092】

また、自由層53に印加する圧縮応力が大きくなると、MR素子50の感度のヒステリシスが増加する場合がある。前述のように、自由層53に印加する圧縮応力の大きさを制御することによって、MR素子50の感度のヒステリシスを調整することが可能である。

【0093】

なお、ここまでは、図7に示したように、自由層53が磁化固定層51よりも傾斜面305eから遠い位置に配置されている場合を例にとって説明してきた。しかし、MR素子50の構成は、図7に示した例に限られず、磁化固定層51が自由層53よりも傾斜面305eから遠い位置に配置されていてもよい。この場合、磁化固定層51の磁化の方向がより変動しないように、磁化固定層51、第1の絶縁部311および第2の絶縁部312の各々の材料を選択してもよい。この場合、MR素子50の一部の上に第1および第2の絶縁部311, 312を配置することにより、MR素子50の一部の上に第1および第2の絶縁部311, 312が配置されていない場合に比べて、磁化固定層51の磁化の方向が変動することを抑制することができる。

【0094】

〔第 2 の実施の形態〕

次に、図 1 2 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態に係る磁気センサ 1 について説明する。図 1 2 は、本実施の形態に係る磁気センサ 1 の一部を示す断面図である。

〔0095〕

本実施の形態では、絶縁層 305 の複数の凸面 305 c の各々の全体形状は、図 1 2 に示した凸面 305 c の三角形形状を U 方向に平行な方向に沿って移動してできる三角屋根形状である。また、絶縁層 305 の複数の第 1 の傾斜面 305 a と複数の第 2 の傾斜面 305 b の各々は、平面である。複数の第 1 の傾斜面 305 a の各々は、U 方向と W 1 方向に平行な平面である。複数の第 2 の傾斜面 305 b の各々は、U 方向と W 2 方向に平行な平面である。

10

〔0096〕

絶縁層 305 は、図 6 に示した例と同様に、複数の凸面 305 c を形成する複数の突出部を含んでいてもよい。あるいは、絶縁層 305 は、V 方向に平行な方向に並ぶ複数の溝部を含んでいてもよい。複数の溝部の各々は、第 1 の傾斜面 305 a に対応する第 1 の壁面と、第 2 の傾斜面 305 b に対応する第 2 の壁面とを有している。1 つの凸面 305 c は、1 つの溝部の第 1 の壁面と、この 1 つの溝部の - V 方向側に隣接する他の 1 つの溝部の第 2 の壁面とによって構成される。

〔0097〕

なお、図 1 2 に示した例では、複数の溝部の各々は、更に、平坦面 305 d に対応する底面を有している。しかし、複数の溝部の各々は、底面を有していなくてもよい。

20

〔0098〕

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

〔0099〕

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、請求の範囲の要件を満たす限り、第 1 および第 2 の絶縁部 311, 312 の各々の形状は、各実施の形態に示した例に限られず、任意である。

〔0100〕

また、磁気センサ 1 は、更に、対象磁界の X Y 平面に平行な一方向の成分を検出し、この成分と対応関係を有する少なくとも 1 つの第 3 の検出信号を生成するように構成された第 3 の検出回路を備えていてもよい。この場合、プロセッサ 40 は、少なくとも 1 つの第 3 の検出信号に基づいて、対象磁界の U 方向に平行な方向の成分に対応する検出値を生成するように構成されていてもよい。第 3 の検出回路は、第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 と一体化されていてもよいし、第 1 および第 2 の検出回路 20, 30 とは別のチップに含まれていてもよい。

30

〔0101〕

以上説明したように、本発明の磁気センサは、基準平面を有する基板と、基板の上に配置され、基準平面に対して傾斜した少なくとも 1 つの傾斜面を有する支持部材と、少なくとも 1 つの傾斜面の上に配置された少なくとも 1 つの磁気検出素子と、少なくとも 1 つの磁気検出素子の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第 1 の絶縁部と、第 1 の絶縁部から見て少なくとも 1 つの傾斜面に沿った方向であり且つ基準平面から遠ざかる方向の先において少なくとも 1 つの磁気検出素子の他の一部の上に配置された絶縁材料よりなる第 2 の絶縁部とを備えている。

40

〔0102〕

本発明の磁気センサは、更に、少なくとも 1 つの磁気検出素子、第 1 の絶縁部および第 2 の絶縁部の上に配置され、少なくとも 1 つの磁気検出素子に電氣的に接続された上部電極を備えていてもよい。また、本発明の磁気センサは、更に、少なくとも 1 つの磁気検出素子と少なくとも 1 つの傾斜面との間に介在し、少なくとも 1 つの磁気検出素子に電氣的に接続された下部電極を備えていてもよい。

〔0103〕

50

また、本発明の磁気センサにおいて、少なくとも1つの磁気検出素子は、傾斜面に向いた下面と、下面とは反対側の上面と、下面と上面とを接続する第1の側面および第2の側面とを有していてもよい。第1の絶縁部は、少なくとも第1の側面の上に配置されていてもよい。第2の絶縁部は、少なくとも第2の側面の上に配置されていてもよい。第1の絶縁部は、更に、少なくとも1つの磁気検出素子の上面の一部の上に配置されていてもよい。第2の絶縁部は、更に、少なくとも1つの磁気検出素子の上面の一部の上に配置されていてもよい。あるいは、第2の絶縁部は、少なくとも1つの磁気検出素子の上面の上には配置されていなくてもよい。

【0104】

また、本発明の磁気センサにおいて、傾斜面は、曲面であってもよい。あるいは、傾斜面は、平面であってもよい。

【0105】

また、本発明の磁気センサにおいて、少なくとも1つの傾斜面は、互いに異なる方向に向いた第1の傾斜面および第2の傾斜面を含んでいてもよい。少なくとも1つの磁気検出素子は、第1の傾斜面の上に配置された第1の磁気検出素子と、第2の傾斜面の上に配置された第2の磁気検出素子とを含んでいてもよい。支持部材は、基準平面から遠ざかる方向に張り出す凸面を有していてもよい。凸面は、第1の傾斜面と第2の傾斜面とを含んでいてもよい。第1の磁気検出素子の上に配置された第2の絶縁部と、第2の磁気検出素子の上に配置された第2の絶縁部は、1つの絶縁部であってもよい。

【0106】

また、本発明の磁気センサにおいて、少なくとも1つの傾斜面は、互いに異なる方向に向いた第1の傾斜面および第2の傾斜面を含んでいてもよい。少なくとも1つの磁気検出素子は、第1の傾斜面の上に配置された第1の磁気検出素子と、第2の傾斜面の上に配置された第2の磁気検出素子とを含んでいてもよい。支持部材は、それぞれ基準平面から遠ざかる方向に張り出す第1の凸面および第2の凸面を有していてもよい。第1の凸面は、第1の傾斜面を含んでいてもよい。第2の凸面は、第2の傾斜面を含んでいてもよい。第1の磁気検出素子の上に配置された第1の絶縁部と、第2の磁気検出素子の上に配置された第1の絶縁部は、1つの絶縁部であってもよい。

【0107】

また、本発明の磁気センサは、第1の絶縁部と第2の絶縁部の各々は、絶縁材料よりなる第1の絶縁層と、絶縁材料よりなり第1の絶縁層の上に配置された第2の絶縁層とを含んでいてもよい。少なくとも1つの磁気検出素子は、傾斜面に向いた下面と、下面とは反対側の上面と、下面と上面とを接続する第1の側面および第2の側面とを有していてもよい。第1の絶縁層は、第1の側面および第2の側面に接していてもよい。

【符号の説明】

【0108】

1…磁気センサ、20…第1の検出回路、30…第2の検出回路、40…プロセッサ、50…MR素子、50B…第1のMR素子、50C…第2のMR素子、51…磁化固定層、52…ギャップ層、53…自由層、61, 61B, 61C…下部電極、62, 62B, 62C…上部電極、80…コイル、81…下部コイル要素、82…上部コイル要素、100…磁気センサ装置、301…基板、301a…上面、302~305, 307~310…絶縁層、305a…第1の傾斜面、305b…第2の傾斜面、305c…凸面、305d…平坦面、305e…傾斜面、311…第1の絶縁部、312…第2の絶縁部。

10

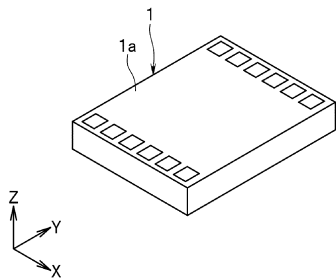
20

30

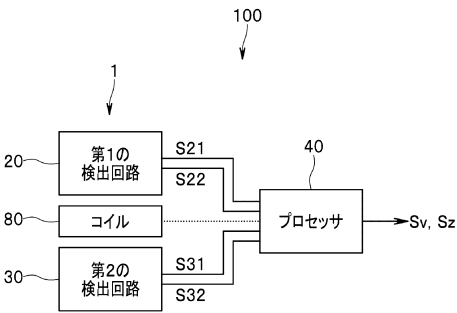
40

50

【図面】
【図 1】

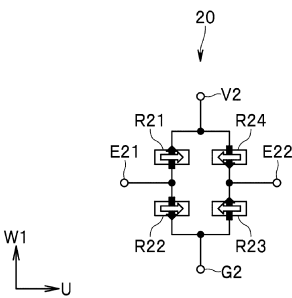


【図 2】

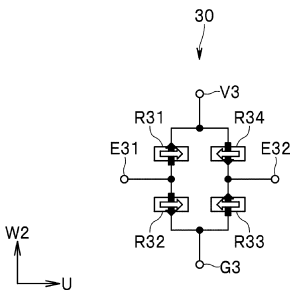


10

【図 3】



【図 4】



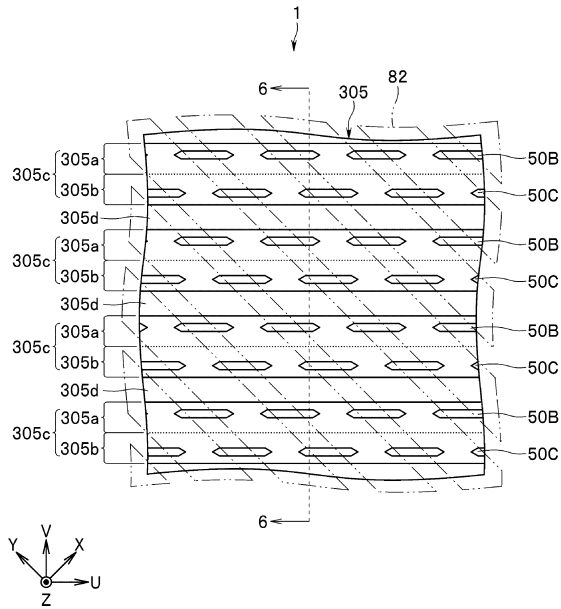
20

30

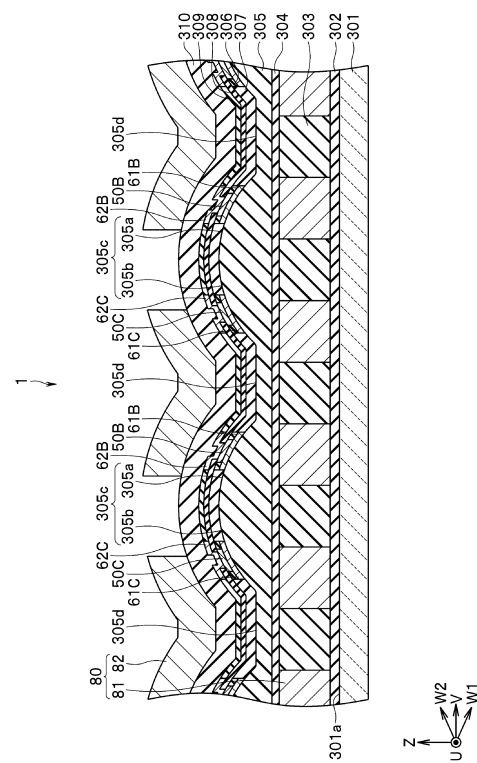
40

50

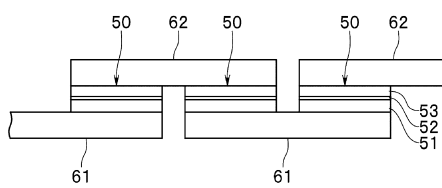
【図 5】



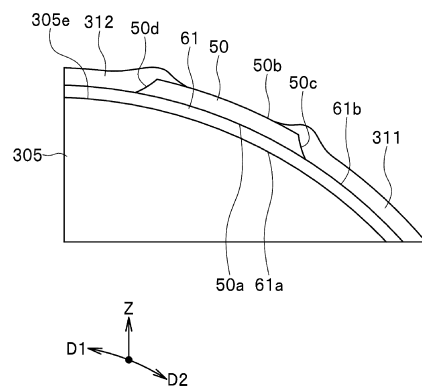
【図 6】



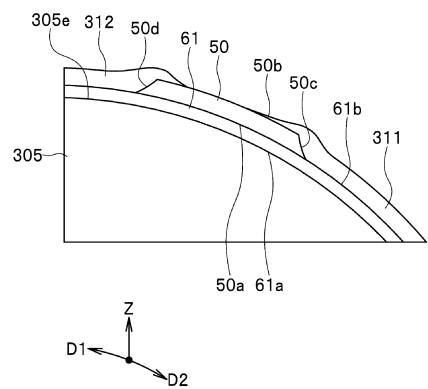
【圖 7】



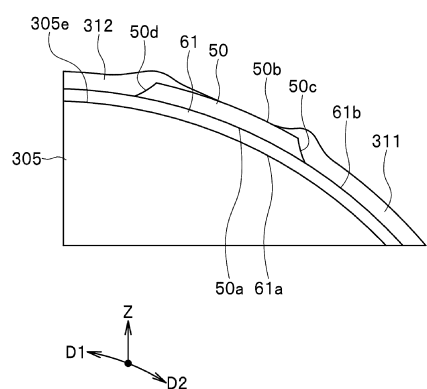
【圖 8】



【図 9】

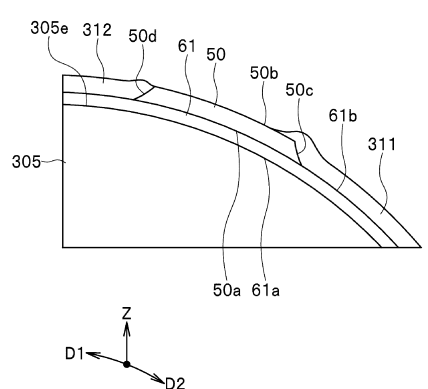


【図 10】

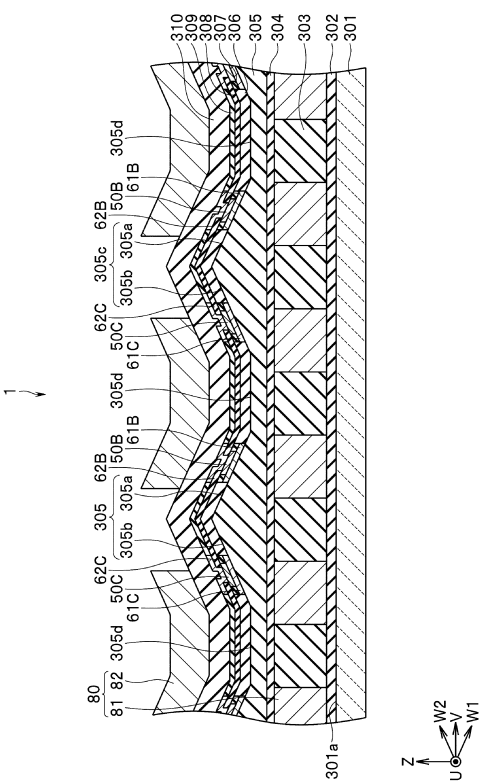


10

【図 11】



【図 12】



20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) BC03 BC04 BC07 BC43 EA01 EA08 FA10