

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6225748号
(P6225748)

(45) 発行日 平成29年11月8日(2017.11.8)

(24) 登録日 平成29年10月20日(2017.10.20)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 43/08 (2006.01)	HO 1 L 43/08 M
HO 1 L 43/10 (2006.01)	HO 1 L 43/08 Z

請求項の数 6 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2014-35811 (P2014-35811)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成26年2月26日 (2014. 2. 26)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(65) 公開番号	特開2015-162515 (P2015-162515A)	(73) 特許権者	504157024 国立大学法人東北大学
(43) 公開日	平成27年9月7日 (2015. 9. 7)		宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号
審査請求日	平成28年12月19日 (2016. 12. 19)	(74) 代理人	110001128 特許業務法人ゆうあい特許事務所
		(72) 発明者	矢野 敏史 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	青 建一 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

薄膜状に形成されて、その面内方向に平行である方向に磁化方向が固定されている磁化固定層(20)と、

外部磁場によって磁化方向が変化する磁界検出層(40)と、

前記磁化固定層と前記磁界検出層との間に配置されて、前記磁化固定層の磁化方向と前記磁界検出層の磁化方向との間の角度によって抵抗値が変化する中間層(30)と、を備え、

前記磁界検出層の磁化方向は、前記面内方向とは異なる方向になっており、

前記磁界検出層は、単位面積当たりの磁化量が $0.17 \text{ [memu/cm}^2\text{]}$ 以下になっていることを特徴とする磁気抵抗素子。

10

【請求項 2】

前記磁界検出層は、前記中間層に接する単層膜であり、

前記単層膜は、単位面積当たりの磁化量が $0.17 \text{ [memu/cm}^2\text{]}$ 以下になっていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 3】

前記外部磁場の強度が零であるときに、前記磁界検出層の磁化方向は、前記面内方向に直交する方向になっていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 4】

前記磁界検出層は、Co、Fe、Niのうち少なくとも1つ以上の元素を含むものであ

20

ることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗素子。

【請求項 5】

前記磁界検出層は、B を含むものであることを特徴とする請求項 4 に記載の磁気抵抗素子。

【請求項 6】

前記磁界検出層は、Co、Fe、B を含む合金を膜状に形成されてなる CoFeB 膜であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、磁気センサでは、固定層 P、スペーサ層 S、フリー層 F を含む磁性抵抗効果膜と、フリー層 F にバイアス磁界を与えるバイアス磁石膜とを同一基板上に配置してなるものがある（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

このものにおいて、バイアス磁石膜からフリー層 F に付与されるバイアス磁界によって、フリー層 F の磁化の向きを安定して初期状態に戻すことにより、磁気センサとして、外部磁界の検出磁界範囲を広げることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 66821 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献 1 の磁気センサでは、バイアス磁石膜からフリー層 F に付与されるバイアス磁界によって、外部磁界の検出磁界範囲を広げることができるものの、実際の検出磁界の範囲は、2 [mT]（換言すれば、20 [Oe]）程度に留まっており、これ以上の大きな検出磁界の範囲には対応できないという課題があった。

【0006】

本発明は上記点に鑑みて、外部磁界の広い検出磁界範囲の磁気センサを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、磁気センサにおいて、磁界検出層の単位面積当たりの磁化量を一定値未満にすれば、外部磁界の広い検出磁界範囲を得ることができる点に着目して、成されたものである。

【0008】

具体的には、請求項 1 に記載の発明では、薄膜状に形成されて、その面内方向に平行である方向に磁化方向が固定されている磁化固定層（20）と、外部磁場によって磁化方向が変化する磁界検出層（40）と、磁化固定層と磁界検出層との間に挟まれて磁化固定層の磁化方向と磁界検出層の磁化方向との間の角度によって抵抗値が変化する中間層（30）と、を備え、

磁界検出層の磁化方向は、面内方向とは異なる方向になっており、磁界検出層は、単位面積当たりの磁化量が $0.17 \text{ [memu/cm}^2\text{]} \text{ 以下}$ になっていることを特徴とする

。

【0009】

これにより、外部磁界の検出磁界範囲として広い検出磁界範囲の磁気センサを提供する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0010】

なお、この欄および特許請求の範囲で記載した各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係る一実施形態における磁気センサの断面構成を示す図である。

【図2】上記実施形態における磁気センサの検出磁界範囲を示す図である。

【図3】上記実施形態における磁気センサの面積当たりの磁化[memu]と検出磁界範囲の関係を示す図である。

【図4】上記実施形態における磁気センサのフリー層(CoFeB膜)の厚さ寸法と検出磁界範囲の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明に係る磁気センサ10の一実施形態について図に基づいて説明する。

【0013】

本実施形態の磁気センサ1は、図1に示すように、基板10、熱酸化膜11、ピン層20、中間層30、フリー層40、および、保護層50から構成されている。

【0014】

基板10は、Siウエハ(シリコンウエハ)からなる基板である。熱酸化膜11は、SiO₂からなるものであって、基板10上に薄膜状に形成されている。ピン層20は、下地層21、反強磁性層22、強磁性層23、非磁性層24、および強磁性層25を備える。

【0015】

下地層21は、Ta、Ruなどからなるもので、熱酸化膜11上に薄膜状に形成されている。反強磁性層22は、IrMn、PtMnなどなるもので、下地層21上に薄膜状に形成されている。反強磁性層22の磁化方向(すなわち、ピン層20の磁化方向)が所定方向に固定されている。反強磁性層22の磁化方向は、反強磁性層22(すなわち、基板10)の面内方向に平行になっている。面内方向は、反強磁性層22(すなわち、基板10)が平らに広がる面方向のことである。

【0016】

強磁性層23は、Co、Fe、Niを含む合金からなるもので、反強磁性層22上に薄膜状に形成されている。非磁性層24は、Ruなどなるもので、強磁性層23上に薄膜状に形成されている。強磁性層25は、Co、Fe、Ni、Bを含む合金からなるもので、強磁性層25上に薄膜状に形成されている。強磁性層23、非磁性層24、および強磁性層25は、反強磁性層22側からの磁界がフリー層40側に漏れることを遮る。

【0017】

中間層30は、強磁性層25上に薄膜状に形成されている。例えば、MgO、AlOなどからなる絶縁層によって中間層30を構成する場合には、磁気センサ1としてTMR素子(Tunneling Magneto Resistance; TMR)を構成することになる。一方、Cu、Agなどからなる非強磁性層によって中間層30を構成する場合には磁気センサ1としてGMR素子(Giant Magneto Resistance; GMR)を構成することになる。

【0018】

フリー層40は、中間層30上に薄膜状に形成されている。フリー層40は、外部磁場によって磁化方向が変化する磁界検出層を構成する。本実施形態のフリー層40は、Co、Fe、Bを含む合金からなるCoFeB膜である。保護層50は、Ta、Ruなどからなるもので、フリー層40上に薄膜状に形成されている。

【0019】

なお、本実施形態のフリー層40を構成するCoFeB膜の状態としては、結晶でもアモルファスでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

このように構成される本実施形態の磁気センサ 1 では、基板 1 0、ピン層 2 0、中間層 3 0、およびフリー層 4 0 はそれぞれ平行に形成されている。そして、中間層 3 0 を介するピン層 2 0 およびフリー層 4 0 の電気抵抗値（以下、磁気センサ 1 の抵抗値という）が外部磁界の強度によって変化する。

【 0 0 2 1 】

次に、本実施形態の磁気センサ 1 の作動について図 2 について説明する。

【 0 0 2 2 】

図 2 (a) は縦軸を磁気センサ 1 の抵抗値とし、横軸を外部磁界強度とするグラフ G である。図 2 (a) では、横軸の中央を外部磁界強度を 0 (零) とする基準点としている。図 2 (b)、(c)、(d) 中の矢印 A は、外部磁界の方向、矢印 B はフリー層 4 0 の磁化方向、矢印 C はピン層 2 0 の磁化方向である。

10

【 0 0 2 3 】

図 2 (b) に示すように、外部磁界強度が 0 (零) であるときには、フリー層 4 0 の磁化方向 B は、フリー層 4 0 の面内方向に直交する方向になる。

【 0 0 2 4 】

図 2 (c) に示すように、磁気センサ 1 に対してそのピン層 2 0 の磁化方向 C と同一方向に外部磁界を与えた場合には、外部磁界強度の大きさを大きくするほど、フリー層 4 0 の磁化方向が変化してフリー層 4 0 の磁化方向とピン層 2 0 の磁化方向との間の角度が小さくなる。この場合、外部磁界強度の大きさを大きくするほど、磁気センサ 1 の抵抗値が大きくなる。

20

【 0 0 2 5 】

図 2 (d) に示すように、磁気センサ 1 に対してそのピン層 2 0 の磁化方向 C と逆方向に外部磁界を与えた場合には、外部磁界強度の大きさを大きくするほど、フリー層 4 0 の磁化方向が変化してフリー層 4 0 の磁化方向とピン層 2 0 の磁化方向との間の角度が大きくなる。この場合、外部磁界強度の大きさを大きくするほど、磁気センサ 1 の抵抗値が小さくなる。

【 0 0 2 6 】

以上により本実施形態の図 2 (a) 中のグラフ G は、変極点 h_1 、 h_2 を備え、変極点 h_1 、 h_2 の間では、外部磁界強度を大きくするほど、磁気センサ 1 の抵抗値が大きくなる特性になる。そこで、変極点 h_1 、 h_2 の間の外部磁界強度の範囲を磁気センサ 1 の検出磁界範囲と定義する。

30

【 0 0 2 7 】

本発明者等は、磁気センサ 1 の検出磁界範囲として広い検出磁界範囲を得るために、磁気センサ 1 について検証実験を実施した。以下、磁気センサ 1 の検証実験の結果について図 3 (a) (b) (c) を用いて説明する。

【 0 0 2 8 】

当該検証実験は、フリー層 4 0 の単位面積当たりの磁化量と磁気センサ 1 の検出磁界範囲との関係を調べる実験である。

【 0 0 2 9 】

図 3 (a) 中の 4 つの菱形のプロットは、それぞれ、磁気センサ 1 においてフリー層 4 0 の単位面積当たりの磁化量と検出磁界範囲との関係を示す検証実験の結果である。4 つの菱形のプロットは、フリー層 4 0 の単位面積当たりの磁化量をそれぞれ異なる値に設定した場合の検証実験の結果である。図 3 (b) は、フリー層 4 0 の単位面積当たりの磁化量を $0.20 [memu/cm^2]$ とした磁気センサ 1 の検出磁界範囲が約 $0 [mT]$ となっている実験結果を示している。図 3 (c) では、フリー層 4 0 の単位面積当たりの磁化量が $0.17 [memu/cm^2]$ とした磁気センサ 1 の検出磁界範囲は、 $300 [mT]$ となっている実験結果を示している。図 3 (c) の検出磁界範囲は、最小値を $-200 [mT]$ とし、最大値を $100 [mT]$ としている。このため、図 3 (a) 中の 4 つのプロット、および図 3 (b)、(c) から分かるように、フリー層 4 0 の単位面積当たり

40

50

の磁化量が、 $0.2 [\text{memu} / \text{cm}^2]$ 未満であるときには、磁気センサ1の検出磁界範囲が $300 [\text{mT}]$ 以上となることが分かる。フリー層40の単位面積当たりの磁化量とは、フリー層40の単位面積当たりの磁気モーメントの大きさである。

【0030】

そこで、本実施形態の磁気センサ1では、フリー層40の単位面積当たりの磁化量が、 $0 [\text{memu} / \text{cm}^2]$ よりも大きく、かつ $0.2 [\text{memu} / \text{cm}^2]$ 未満とする値に設定されている。

【0031】

さらに、検証実験によれば、図4に示すように、フリー層40の厚さ寸法（図中CoFeB膜厚という）を薄くするほど、フリー層40の単位面積当たりの磁化量が小さくなり、検出磁界範囲が広がる。そこで、本実施形態では、フリー層40の厚さ寸法を約 $1.5 [\text{nm}]$ 未満とすることにより、磁気センサ1において $300 [\text{mT}]$ 以上の検出磁界範囲を設定している。図4中の3つの菱形のプロットは、フリー層40の厚さ寸法の厚さ寸法を異なる値にした磁気センサ1の検出磁界範囲を示している。

10

【0032】

以上説明した本実施形態によれば、磁気センサ1は、外部磁場に対して磁化方向が固定されているピン層20と、外部磁場によって磁化方向が変化するフリー層40と、ピン層20とフリー層40との間に配置されてピン層20の磁化方向とフリー層40の磁化方向との間の角度によって抵抗値が変化する中間層30と、を備える。フリー層40は、単位面積当たりの磁化量が $0.2 [\text{memu} / \text{cm}^2]$ （ $= 0.2 \times 10^{-3} [\text{emu} / \text{cm}^2]$ ）未満になっている。これにより、磁気センサ1において、 $300 [\text{mT}]$ 以上の広い検出磁界範囲を設定することができる。

20

【0033】

この磁気センサ1では、フリー層40の位面積当たりの磁化量を $0.2 [\text{memu} / \text{cm}^2]$ 未満に規定したが、磁化量を規定する数値は、フリー層40の材料や結晶状態、ピン層20や中間層30を上述した内容と変えても、同じである。つまり、磁気センサ1では、フリー層40の位面積当たりの磁化量を $0.2 [\text{memu} / \text{cm}^2]$ 未満に規定すれば、フリー層40の材料や結晶状態、ピン層20や中間層30に依存することなく、 $300 [\text{mT}]$ 以上の広い検出磁界範囲を設定することができる。

【0034】

（他の実施形態）

上記実施形態では、フリー層40をCoFeB膜によって構成した例について説明したが、これに限らず、CoFeB膜以外のもので、フリー層40を構成してもよい。さらに、本発明を実施する際に、ピン層20や中間層30を上述した材料以外のものを用いて磁気センサ1を構成してもよい。

30

【0035】

上記実施形態では、CoFeB膜によってフリー層40を構成した例について説明したが、これに代えて、Co、Fe、Niのうち少なくとも1つ以上の元素を含むものからフリー層40を構成してもよい。この場合、Co、Fe、Niのうち少なくとも1つ以上の元素とBを含む合金からフリー層40を構成してもよい。

40

【0036】

上記実施形態では、フリー層40の厚さ寸法を薄くすることにより、フリー層40の単位面積当たりの磁化量を小さくした例について説明したが、これに代えて、フリー層40に非磁性体の材料の含有量を増加させて、フリー層40の単位面積当たりの磁化量を小さくしてもよい。この場合、フリー層40に非磁性体の材料の含有量を調整することにより、磁気センサ1において検出磁界範囲を広くすることができる。

【0037】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。

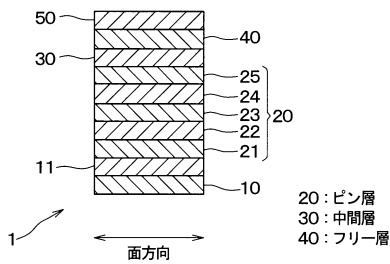
【符号の説明】

50

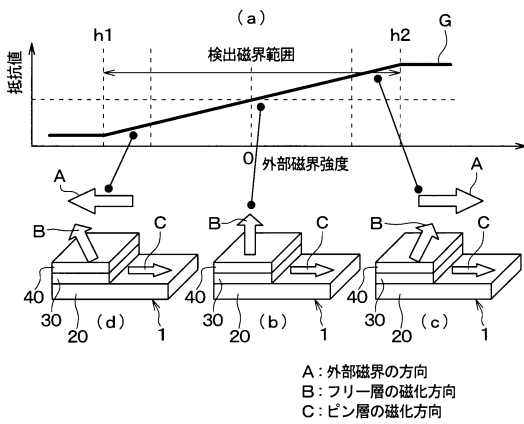
【 0 0 3 8 】

- 1 磁気センサ
- 2 0 ピン層 (磁化固定層)
- 4 0 フリー層 (磁界検出層)
- 3 0 中間層 (中間層)

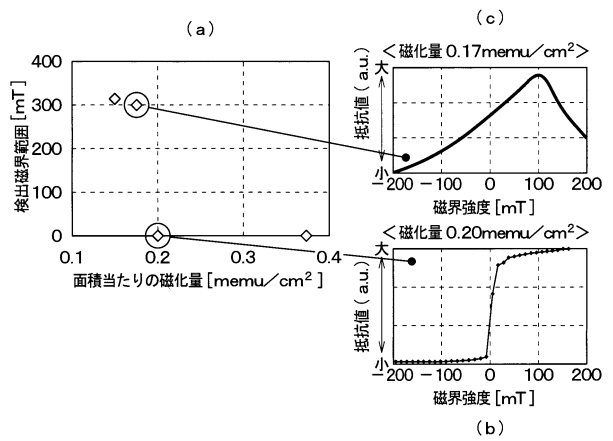
【 図 1 】



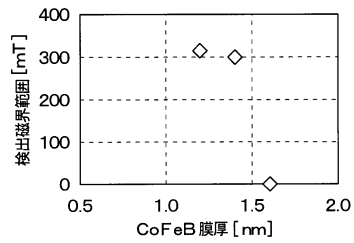
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 古市 喬干
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 安藤 康夫
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内
- (72)発明者 大兼 幹彦
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内
- (72)発明者 中野 貴文
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

審査官 上田 智志

- (56)参考文献 特開2003-309305(JP,A)
特開2004-006494(JP,A)
特開2003-298139(JP,A)
TONG, H.C. et al, A high temperature stable spin valve sensor head for high density applications, IEEE Transactions on Magnetics, 1997年 9月, Volume33, Issue5, pp. 2884 - 2886
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 43/08, 43/10
G01R 33/09
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)