

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5007916号  
(P5007916)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月8日(2012.6.8)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 R 33/09 (2006.01)** GO 1 R 33/06 R  
**HO 1 L 43/08 (2006.01)** HO 1 L 43/08 Z

請求項の数 2 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-87356 (P2006-87356)                  (22) 出願日 平成18年3月28日 (2006.3.28)                  (65) 公開番号 特開2007-263654 (P2007-263654A)                  (43) 公開日 平成19年10月11日 (2007.10.11)                  審査請求日 平成19年6月20日 (2007.6.20)</p>	<p>(73) 特許権者 000005083                  日立金属株式会社                  東京都港区芝浦一丁目2番1号                  (72) 発明者 白崎 文雄                  栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式会社 O E デバイスセンター内                  (72) 発明者 阿部 泰典                  栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式会社 O E デバイスセンター内                  審査官 堀 圭史</p>
--	--

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】

外部磁界に反応して電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜で形成したセンサ素子と、固定抵抗膜で形成したセンサ素子で、ブリッジ回路を形成しており、

前記固定抵抗膜で形成したセンサ素子は、電気抵抗の温度特性が磁気抵抗効果膜と同等であり、外部磁界がない状態での電気抵抗が磁気抵抗効果膜と同等であり、外部磁界によって電気抵抗がほとんど変化せず、

前記固定抵抗膜及び磁気抵抗効果膜は積層膜であり、

前記固定抵抗膜は、磁気抵抗効果膜と同じ材料で構成され、磁気抵抗効果膜の積層順序に対して、一部積層順序を入れ替えた構成にしてあり、

前記磁気抵抗効果膜で形成したセンサ素子で検知可能な磁界を漏洩する磁気媒体を有し、

前記磁気媒体は回転可能であり、

前記ブリッジ回路は、前記磁気媒体の周面に対向しており、

前記固定抵抗膜の非磁性導電層は磁気抵抗効果膜の非磁性導電層と膜厚が異なることを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】

前記磁気抵抗効果膜が、基板上に形成された下地層と、非磁性導電層と、前記非磁性導電層を挟む磁化固定層および磁化自由層と、磁化固定層の隣に形成される反強磁性層とを有するスピバルブ型巨大磁気抵抗効果膜(SVGM R膜)であることを特徴とする請求

項 1 に記載の磁気センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、非接触で磁気媒体との変位を測定するために使用される磁気センサで、スピナルブ巨大磁気抵抗効果膜および、スピナルブ巨大磁気抵抗効果膜と同じ電気抵抗の温度特性をもつ固定抵抗膜を備えた磁気センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

工業計測の分野では、磁気媒体と非接触で位置や回転角等の物理的変量を検出するために、ホール素子のような低価格の感磁素子が多く使用されている。高感度で検出を行う必要がある場合には、磁気媒体との相対速度が再生出力に依存しない異方性磁気抵抗効果膜（以下、AMR膜と言う）を有する磁気センサが使用されている。しかしAMR膜を用いた磁気センサは、磁気抵抗変化率が3%程度と小さいため、得られる出力信号電圧が小さい。そこで、磁気抵抗変化率が大きく、回路上では単純な2端子の抵抗として取り扱えるという利点がある巨大磁気抵抗効果膜（GMR膜）を備えた磁気センサが注目され、その実用化が検討されている。

【0003】

巨大磁気抵抗効果膜は、非磁性層を介して隣り合う磁性層の磁化方向が互いに逆向きになっている結合型GMR人工格子膜（以下、結合型GMR膜と言う）が知られている。結合型GMR膜は磁界変化に対する抵抗変化特性がAMR膜と同じであるため、容易にAMR膜からの置き換えが可能である。結合型GMR膜は抵抗変化率が10%以上と大きいので大出力を得ることができる。しかし、最大抵抗変化を起こす動作磁界強度が大きいので、大型の動作磁界発生手段が必要となる。また、結合型GMR膜の電気抵抗がAMR膜の1/2～1/3程度と小さいため、磁気センサの低消費電力化が難しい。そのため、結合型GMR膜を用いた磁気センサの用途は、制限を受けるという問題がある。

【0004】

比較的弱い磁場強度領域で結合型GMR膜と同程度の磁気抵抗変化率を示す膜として、スピナルブ型巨大磁気抵抗効果膜（以下、SVGMR膜と言う）がある。SVGMR膜はハードディスク記憶装置（HDD）の磁気ヘッドに用いられている。SVGMR膜は、特許文献1に開示されているように、外部磁界の方向が変化しても磁化方向が変化しない磁化固定層と非磁性導電層、外部磁界の変化に追従して磁化方向が変化する磁化自由層から構成されている。SVGMR膜を加工したセンサ素子（以下、SVGMR素子と言う）は、結合型GMR膜を加工したセンサ素子に比べ電気抵抗が5～6倍大きいので、磁気センサに用いた時低消費電力化が行ない易い。また、1～160（A/m）[約0.006～20（Oe）]と比較的小さい磁場強度領域で動作するという特徴がある。以降、本願の磁気抵抗効果膜は、特に断りのない限りSVGMR膜と言う。

【0005】

【特許文献1】特許第3040750号 公報

【0006】

図10に、磁気センサと磁気媒体を示す。回転する磁気媒体61に所定の間隔（ギャップ）を持って対向して磁気センサ60を配している。磁気センサ60は複数の磁気センサ素子51からなり、磁気センサ素子51は、磁界により電気抵抗が変化するSVGMR素子27と、固定抵抗膜で形成した固定抵抗素子28が直列に接続されている。固定抵抗素子28の他端は接地、SVGMR素子27の他端は電源電圧Vccに接続している。SVGMR素子27と固定抵抗素子28の接続点31から中点電位を取り、この電圧が磁気センサ60の出力電圧となる。固定抵抗素子28は磁界によって電気抵抗が変化しないので電気抵抗は略一定であり、SVGMR素子27の比較抵抗として働く。SVGMR素子27が磁気媒体61の漏洩磁界を検知すると、電気抵抗が変化して中点電位が変化する

10

20

30

40

50

る。この中点電位の変化を磁気媒体と磁気センサの相対位置信号として検出する。

【0007】

2個の磁気センサ素子51を用いてブリッジを組むこともできる。図11に、ブリッジを組んだ磁気センサ素子52を示す。磁気センサ素子51を逆方向で並列接続した形である。この様にブリッジを組むことで、磁界により電気抵抗が変化するSVGMRセンサ素子27aと27bで、より電気抵抗の変化量を増幅する効果が得られる。接続点34aと34b間で、図10の接続点31の約2倍の出力電圧が得られる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、SVGMR膜と銅(Cu)などの金属導体からなる固定抵抗膜を用いて、磁気センサ素子51を形成した場合、電気抵抗の温度特性の違いから、磁気センサが高温もしくは低温にさらされる周囲環境で使用されると、磁気センサ素子の中点電位が変化して精度良く変位を検出できなくなる。磁気センサを車載用センサとして使用する場合、150以上の耐熱性が要求されるが、例えばCuの温度係数が $4.3 \times 10^{-3} (\text{deg}^{-1})$ であるのに対して、SVGMR素子の温度係数は $1.0 \sim 1.3 \times 10^{-3} (\text{deg}^{-1})$ であり等しくないため、周囲温度の変化によりブリッジ回路の中点電位が変化することになる。他の導体に用いられる金属のアルミニウムや金、銀の温度係数も $4.0 \sim 4.2 \times 10^{-3} (\text{deg}^{-1})$ であり、SVGMR素子の温度係数との差が大きい。

【0009】

SVGMR膜の温度係数と近い金属は合金系から選ぶことができる。例えば、アルミニウム・マンガンを含んだニッケル合金のアルメル、銅と亜鉛の合金の黄銅、白金とロジウムの合金があり、これらの温度係数は $1.2 \sim 1.4 \times 10^{-3} (\text{deg}^{-1})$ とSVGMR膜と非常に近いが、同じ値ではない。また、SVGMR膜とシート抵抗値が異なるため、素子の形状や厚みを変えて電気抵抗値を合わせることが非常に難しい。また、固定抵抗膜を得るために余分な製膜装置やスパッターターゲット材が必要となる。

【0010】

本願発明の目的は、電気抵抗値と電気抵抗の温度特性が同じSVGMR膜と固定抵抗膜で形成した素子で磁気センサ素子を構成し、周囲温度変化に対しても安定した出力特性が得られる磁気センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本願発明の磁気センサは、外部磁界に反応して電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜で形成したセンサ素子と、磁気抵抗効果膜と電気抵抗の温度特性が等しく、外部磁界がない状態での電気抵抗も等しく、外部磁界でほとんど抵抗変化しない固定抵抗膜で形成したセンサ素子で、ブリッジ回路を形成していることが好ましい。

【0012】

磁気抵抗効果膜が基板上に形成された単層または複数層からなる下地層と、非磁性導電層と、非磁性導電層を挟む磁化固定層および磁化自由層と、磁化固定層の隣に形成される反強磁性層からなる多層部と、最上位に形成される保護膜とから構成されるSVGMR膜とすることが好ましい。

【0013】

多層部で磁化固定層および/または磁化自由層は、単層または複数層からなることが好ましい。

【0014】

SVGMR膜は、ボトムタイプやトップタイプ、積層フェリ固定層タイプ、積層フェリ自由層タイプ、スピフィルタータイプのいずれの構造のSVGMR膜でも良い。また、いずれかの積層界面で界面の平坦化を目的として、プラズマ処理を施すことができる。

【0015】

固定抵抗膜は磁気抵抗効果膜と同じ材料で構成され、一部積層順を入れ替えた構成とす

10

20

30

40

50

ることが好ましい。

【0016】

ブリッジ回路を構成する固定抵抗膜は、SVGMR膜の非磁性導電層と磁化自由層の積層順、もしくは非磁性導電層と磁化固定層の積層順を入れ替えた構造とすることで、非磁性導電層を介しての磁化自由層と磁化固定層間のスピン依存散乱をなくし、GMR効果が発現しない構造にすることができる。また、固定抵抗膜はSVGMR膜と同じ材料で同じ膜厚を用いているため、電気抵抗値が同じで電気抵抗の温度特性も同じとなるので、周囲温度の変化による中点電位の変化を抑えることができる。

【0017】

磁気抵抗効果膜と固定抵抗膜が同一の基板上に形成されていることが好ましい。

10

【0018】

SVGMR膜と固定抵抗膜は、フォトリソプロセスとスパッタ成膜プロセスを組み合わせることで、同一基板上に直接形成することができる。SVGMR膜と固定抵抗膜は、一部積層順を入れ替えただけの構成であるため、同じスパッタ装置で成膜可能で膜厚分布も等しく成膜することができるため、電気抵抗値と電気抵抗の温度特性のバラツキを低減できる。

【0019】

固定抵抗膜は非磁性導電層の膜厚を変えることで、電気抵抗値を調整することができる。

【0020】

固定抵抗膜に流れるセンス電流の殆どは非磁性導電層を流れるため、その電気抵抗値は非磁性導電層の膜厚に最も良く反応する。そのため、非磁性導電層以外の膜厚を変更することなく、非磁性導電層の膜厚調整だけで抵抗膜の電気抵抗値を微調整することができる。

20

【発明の効果】

【0021】

SVGMR膜と固定抵抗膜は、膜の積層順が一部違うだけであるため電気抵抗値は同じとすることができる。また、電気抵抗の温度特性が等しいSVGMR膜と固定抵抗膜で磁気センサ素子を構成することで、周囲温度変化に対して安定した出力特性が得られる磁気センサを実現できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下本発明を図面を参照しながら実施例に基づいて詳細に説明する。説明を判り易くするため、同一の部品、部位には同じ符号を用いている。SVGMR膜や固定抵抗膜とこれらを用いて形成した素子は同じ様に用いている。例えば、SVGMR膜はSVGMR膜だけでなくSVGMR膜を用いて形成した素子を指す場合もある。

【実施例1】

【0023】

実施したSVGMR膜と固定抵抗膜の詳細を述べる前に、図1を用いてSVGMR膜の積層順を一部変えることで、固定抵抗膜となる理由を詳細に説明する。図1は、反強磁性層下置タイプ(ボトムタイプ)のSVGMR膜と固定抵抗膜を表している。図1a)は、基板11上に下地層12、反強磁性層13、磁化固定層14、非磁性導電層15、磁化自由層16、保護層17の順でスパッタ成膜したボトムタイプのSVGMR膜101である。外部磁界により磁化自由層16の磁化が回転し、磁化固定層14の磁化方向と成す相対角度によって電気抵抗が変化する。図1b)は、SVGMRの一部積層順を変えた固定抵抗膜102で、基板11上に下地層12、反強磁性層13、磁化固定層14、磁化自由層16、非磁性導電層15、保護層17の順にスパッタ成膜している。固定抵抗膜102は、SVGMR膜101の磁化自由層16と非磁性導電層15の積層順序を入れ替えた構造となっている。このため、非磁性導電層15を介してのGMR効果が発現しなくなり、外部磁界による固定抵抗膜102の電気抵抗値の変化がほぼゼロとなる。

40

50

## 【 0 0 2 4 】

非磁性導電層 1 5 と磁化自由層 1 6 の積層順序を入れ替えると、固定抵抗膜 1 0 2 の GMR 効果の発現がなくなる理由は、SVGMR 素子の積層構造中でセンス電流の大部分が流れる非磁性導電層 1 5 の位置の移動を最小にするためである。例えば、スピンバルブ構造を基にして、その材料、各層の成膜条件、膜厚を実質的に変更せず、単に GMR 効果を発現させなくするためには、非磁性導電層 1 5 と磁化固定層 1 4 を入れ替えても良い。しかし磁化固定層 1 4 は反強磁性層 1 3 と接することで交換結合により磁化方向が強く固定され、外部磁界に反応しにくくなっている。したがって磁化固定層と反強磁性層を分離することは、磁化固定層の磁化固定強度を弱めることになり好ましくない。

## 【 0 0 2 5 】

非磁性導電層 1 5 と磁化固定層 1 4 とを入れ替える場合は、図 2 b ) に示すような積層順とすることが良い。反強磁性層 1 3 も同時に入れ替えることが好ましく、固定抵抗膜 1 0 2 ' の積層構造は、下地層 1 2 / 非磁性導電層 1 5 / 反強磁性層 1 3 / 磁化固定層 1 4 / 磁化自由層 1 6 / 保護層 1 7 とする必要がある。しかし、図 2 b ) の固定抵抗膜 1 0 2 ' の積層構造では非磁性導電層 1 5 の位置が、図 2 a ) の SVGMR 膜 1 0 1 の非磁性導電層 1 5 の位置と大きく差があるため、同じスパッタ装置内で成膜を行っても膜厚の厚い反強磁性膜 1 3 の影響で、膜厚や膜厚分布を制御することが難しい。このことから、非磁性導電層 1 5 と磁化自由層 1 6 を入れ替えて、固定抵抗膜 1 0 2 を得る、図 1 a ) が好ましいものである。

## 【 0 0 2 6 】

SVGMR 膜 1 0 1 と固定抵抗膜 1 0 2 の各々の電気抵抗の変化量  $dR$  について説明する。SVGMR 膜 1 0 1 の抵抗変化量を  $dR_1$ 、固定抵抗膜 1 0 2 の抵抗変化量を  $dR_2$  とすると、 $dR_1 = [GMR \text{ 効果による抵抗変化量}] + [AMR \text{ 効果による抵抗変化量}] + [温度変化による抵抗変化量]$ 、 $dR_2 = [AMR \text{ 効果による抵抗変化量}] + [温度変化による抵抗変化量]$  と表せる。SVGMR 膜 1 0 1 に流れるセンス電流の殆どは非磁性導電層 1 5 を流れ、固定抵抗膜 1 0 2 のセンス電流も大部分が非磁性導電層 1 5 を流れる。また、シャント電流の多くは積層膜中で最も膜厚が厚い反強磁性層 1 3 を流れるため、磁化固定層 1 4 と磁化自由層 1 6 に流れる電流はごく僅かとなる。そのため、 $[AMR \text{ 効果による抵抗変化量}]$  は  $[GMR \text{ 効果による抵抗変化量}]$  に比べ極めて小さく、無視できるレベルとなる。もし、 $[AMR \text{ 効果による抵抗変化量}]$  が僅か存在したとしても、使用される材料、膜厚が互いに等しい SVGMR 膜 1 0 1 と固定抵抗膜 1 0 2 で、図 1 1 に示した様なブリッジ回路を組み差動をとることで、 $[AMR \text{ 効果による抵抗変化量}]$  をキャンセルすることができる。

## 【 0 0 2 7 】

磁気センサ 6 0 を、室内の様な温度変化が小さい周囲環境で使用する場合は、前述した  $[温度変化による抵抗変化量]$  を無視することができる。しかし、例えば 1 0 0 以上の高温もしくは 0 以下の低温の苛酷な周囲環境で使用する場合は、 $[温度変化による抵抗変化量]$  を無視することができなくなる。図 1 1 に示した様なブリッジ回路を、材料が異なる SVGMR 膜と固定抵抗膜で構成した場合、SVGMR 膜と固定抵抗膜の電気抵抗の温度特性の違いから、 $[温度変化による抵抗変化量]$  に差が生じて中点電位が変化し精度の高い測定ができなくなる。本願特許の SVGMR 膜 1 0 1 と固定抵抗膜 1 0 2 は使用する材料が同じで、多層膜を構成する各層の膜厚も同じであるため、温度が大きく変化する周囲環境で使用しても  $[温度変化による抵抗変化量]$  に差が生じないので、中点電位が変化することはなく、精度の高い測定ができる磁気センサを提供できるものである。

## 【 0 0 2 8 】

図 3 に、実施した SVGMR 膜 1 1 1 と固定抵抗膜 1 1 2 の積層構造を断面図を用い、各層の材料と膜厚を示す。図 3 a ) に示す SVGMR 膜 1 1 1 は、電気絶縁性もしくは絶縁層を有する基板 1 1 側から NiFeCr ( 4 nm ) / MnPt ( 1 5 nm ) / CoFe ( 2 nm ) / Cu ( 2 nm ) / CoFe ( 1 nm ) - NiFe ( 3 nm ) / Ta ( 3 nm ) の順にスパッタ膜を積層した。NiFeCr が下地層 1 2、MnPt が反強磁性層 1 3

10

20

30

40

50

、基板側のCoFeが磁化固定層14、Cuが非磁性導電層15、保護層側のCoFeとNiFeが磁化自由層16、Taが保護層17と、図1a)に対応している。図1a)では、磁化自由層16は1層で表していたが、実施するときはCoFeとNiFeの2層膜としている。非磁性導電層15のCuとNiFeを直接積層する場合に比べ、CuとNiFeの間に薄くCoFeを挿入することで、磁気抵抗変化率が大きくなる。そのため、磁化自由層16はCoFeとNiFeの2層膜とした。磁化自由層16を4層とする時も、非磁性導電層15のCuと磁化自由層16のCoFeとNiFeの積層順は、磁気抵抗変化率の面から変えることはない。

#### 【0029】

図3b)にSVGMR膜111と組み合わせる固定抵抗膜112を示す。図3a)と図3b)の間に、矢印で入れ替えた層を示している。SVGMR膜111の非磁性導電層15と磁化自由層16の積層順序を入れ替えたものである。また、磁化自由層16のCoFeとNiFeの入れ替えた。磁化自由層16のCoFeとNiFeの入れ替えを行わないと、磁化固定層14のCoFeと連続積層されることになり、CoFeの膜厚が厚くなる。強磁性体であるCoFeの膜厚が増加することは、前述した〔AMR効果による抵抗変化量〕の増加につながるため好ましくない。固定抵抗膜112は、基板11側からNiFeCr(4nm)/MnPt(15nm)/CoFe(2nm)/NiFe(3nm)-CoFe(1nm)/Cu(2nm)/Ta(3nm)の順に積層した。

#### 【0030】

図4に、SVGMR膜111と固定抵抗膜112の、シート抵抗( $R_s$ )および磁気抵抗変化率( $dR/R$ )の温度特性を示す。 $R_s$ および $dR/R$ の測定は、試料膜を真空中で室温から350℃までヒーター加熱し、4端子法で測定を行なった。 $dR/R$ の測定は、磁化固定層の磁化方向およびこれと反対方向に、それぞれ最大7.9(kA/m)(100(Oe))の磁界を印加して測定を行なった。室温におけるSVGMR膜111の $R_s$ は19.6( $\Omega/\square$ )、 $dR/R$ は9.2(%)、固定抵抗膜112の $R_s$ は19.4( $\Omega/\square$ )、 $dR/R$ は0.2%以下であった。固定抵抗膜112の $dR/R$ 0.2%は、測定器の測定限界値より低い値であるので磁気抵抗変化率は略ゼロと言えるレベルである。図示していないが、電気抵抗の温度特性は、室温~350℃の温度範囲でSVGMR膜111と固定抵抗膜112の $R_s$ は同じの温度特性を示し、電気抵抗の温度係数は $1.2 \times 10^{-3} (\text{deg}^{-1})$ であった。SVGMR膜111の $dR/R$ は温度の上昇とともに減少するが、固定抵抗膜112の $dR/R$ は温度によらず略ゼロで磁気抵抗効果を示さなかった。SVGMR膜111と固定抵抗膜112で形成したセンサ素子で、図10、図11に示した磁気センサ素子51, 52を形成することで、磁気センサ60の周囲温度の変化によっても中点電位が変化しない磁気センサが得られた。

#### 【実施例2】

#### 【0031】

図5に、本願発明の第2の実施例である反強磁性層上置タイプ(トップタイプ)のSVGMR膜と固定抵抗膜を示している。実施例1の反強磁性層下置タイプ(ボトムタイプ)SVGMR膜の積層順を略逆にした構造である。図5a)に示す様に、基板11側から下地層12、磁化自由層16、非磁性導電層15、磁化固定層14、反強磁性層13、保護層17でSVGMR膜121を形成している。材料と膜厚は、基板11側からNiFeCr(4nm)/NiFe(3nm)-CoFe(1nm)/Cu(2nm)/CoFe(2nm)/MnPt(15nm)/Ta(3nm)の順にスパッタ膜を積層した、反強磁性層上置タイプ(トップタイプ)のSVGMR膜121である。図5b)に固定抵抗膜122を示す。SVGMR膜121の非磁性導電層15と磁化自由層16の順を入れ替えているので、基板11側から下地層12、非磁性導電層15、磁化自由層16、磁化固定層14、反強磁性層13、保護層17で固定抵抗膜122を形成している。膜材料と膜厚は、基板11側からNiFeCr(4nm)/Cu(2nm)/CoFe(1nm)-NiFe(3nm)/CoFe(2nm)/MnPt(15nm)/Ta(3nm)の順にスパッタ膜を積層した。

10

20

30

40

50

## 【実施例 3】

## 【0032】

図6に、本願発明の第3の実施例であるボトム積層フェリ固定層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜を示している。図6a)に示す様に、基板11側からNiFeCr(4nm)/MnPt(12nm)/CoFe(1.8nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(2.2nm)/Cu(2nm)/CoFe(1nm)-NiFe(2nm)/Ta(3nm)の順にスパッタ膜を積層したボトム積層フェリ固定層タイプのSVGMR膜131である。NiFeCrが下地層12、MnPtが反強磁性層13、下地層側のRuとこれを挟むCoFeが磁化固定層14、Cuが非磁性導電層15、保護層側のCoFeとNiFeが磁化自由層16、Taが保護層17にそれぞれ対応する。図5b)に固定抵抗膜132を示す。SVGMR膜131の非磁性導電層15と磁化自由層16の積層順を入れ替え、また磁化自由層のCoFeとNiFeの順を入れ替えた。膜材料と膜厚は、基板11側からNiFeCr(4nm)/MnPt(12nm)/CoFe(1.8nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(2.2nm)/NiFe(2nm)-CoFe(1nm)/Cu(2nm)/Ta(3nm)の順に積層した。

10

## 【実施例 4】

## 【0033】

図7に、本願発明の第4の実施例であるボトム積層フェリ固定層および積層フェリ自由層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜を示している。図7a)に示す様に、基板11側からNiFeCr(4nm)/MnPt(12nm)/CoFe(1.5nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(2nm)/Cu(2nm)/CoFe(1nm)-NiFe(2nm)-Ru(0.9nm)-NiFe(2nm)/Ta(3nm)の順にスパッタ膜を積層したボトム積層フェリ固定層および積層フェリ自由層タイプのSVGMR膜141である。NiFeCrが下地層12、MnPtが反強磁性層13、下地層側のRuとこれを挟むCoFeが磁化固定層14、Cuが非磁性導電層15、保護層側のCoFeとこれに接するRuを挟むNiFeが磁化自由層16、Taが保護層17にそれぞれ対応する。図7b)の固定抵抗膜142は、SVGMR膜141の非磁性導電層15と磁化自由層16の積層順を入れ替え、また磁化自由層のCoFeと磁化自由層の基板側のNiFeとを入れ替えた。膜材料と膜厚は、基板11側からNiFeCr(4nm)/MnPt(12nm)/CoFe(1.5nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(2nm)/NiFe(2nm)-CoFe(1nm)-Ru(0.9nm)-NiFe(2nm)/Cu(2nm)/Ta(3nm)の順に積層した。

20

30

## 【実施例 5】

## 【0034】

図8に、本願発明の第5の実施例であるトップ積層フェリ固定層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜を示している。図8a)に示す様に、基板11側からNiFeCr(4nm)/NiFe(2nm)-CoFe(1nm)/Cu(2nm)/CoFe(2nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(1.5nm)/MnPt(12nm)/Ta(3nm)の順にスパッタ膜を積層させたトップ積層フェリ固定層タイプのSVGMR膜151である。NiFeCrが下地層12、下地層に接するNiFeとこの上に成膜されるCoFeが磁化自由層16、Cuが非磁性導電層15、保護層側のRuとこれを挟むCoFeが磁化固定層16、MnPtが反強磁性層13、Taが保護層17にそれぞれ対応する。図8b)に示す固定抵抗膜152は、SVGMR膜151の非磁性導電層15と磁化自由層16の積層順序を入れ替え、また磁化自由層のCoFeとNiFeを入れ替えた。膜材料と膜厚は、基板11側からNiFeCr(4nm)/Cu(2nm)/CoFe(1nm)-NiFe(2nm)/CoFe(2nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(1.5nm)/MnPt(12nm)/Ta(3nm)の順に積層した。

40

## 【実施例 6】

## 【0035】

図9に、本願発明の第6の実施例であるトップ積層フェリ固定層および積層フェリ自由

50

層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜を示している。図9a)に示す様に、基板11側からNiFeCr(4nm)/NiFe(2nm)-Ru(0.9nm)-NiFe(2nm)-CoFe(1nm)/Cu(2nm)/CoFe(2nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(1.5nm)/MnPt(12nm)/Ta(3nm)の順にスパッタ膜を積層した、トップ積層フェリ固定層および積層フェリ自由層タイプのSVGMR膜161である。NiFeCrが下地層12、下地層側のRuとこれを挟むNiFe、およびこの上に成膜されるCoFeが磁化自由層16、Cuが非磁性導電層15、保護層側のRuとこれを挟むCoFeが磁化固定層16、MnPtが反強磁性層13、Taが保護層17にそれぞれ対応する図9b)に示す固定抵抗膜162は、SVGMR膜161の非磁性導電層15と磁化自由層16の積層順を入れ替え、また磁化自由層のCoFeと磁化自由層の保護層側のNiFeを入れ替えた。膜材料と膜厚は、基板11側からNiFeCr(4nm)/Cu(2nm)/NiFe(2nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(1nm)-NiFe(2nm)/CoFe(2nm)-Ru(0.9nm)-CoFe(1.5nm)/MnPt(12nm)/Ta(3nm)の順に積層した。

10

#### 【0036】

実施例2~6についても、実施例1と同様にブリッジ回路を形成するSVGMR膜と固定抵抗膜の $R_s$ は同じで、また室温~350の温度範囲で $R_s$ の温度特性も同じであった。温度係数は実施例2~6の全ての膜で $1 \sim 1.2 \times 10^{-3} (\text{deg}^{-1})$ の範囲にあり良く一致した。またSVGMR膜と積層順序を入れ替えた実施例2~6のいずれの固定抵抗膜も、室温~350の温度範囲で $dR/R$ は0.2%以下であった。 $dR/R$  0.2%以下は、測定器の測定限界値より低い値であるので磁気抵抗変化率は略ゼロと言えるレベルである。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0037】

【図1】本願発明の反強磁性層下置タイプ(ボトムタイプ)のSVGMR膜と固定抵抗膜を説明する図である。

【図2】本願発明の非磁性伝導層と磁化固定層とを入れ替えるときの積層構造を説明する図である。

【図3】本願発明の反強磁性層下置タイプ(ボトムタイプ)のSVGMR膜と固定抵抗膜の積層構造を説明する図である。

30

【図4】SVGMR膜と固定抵抗膜の、シート抵抗( $R_s$ )および磁気抵抗変化率( $dR/R$ )の温度特性を説明する図である。

【図5】本願発明の第2の実施例である反強磁性層上置タイプ(トップタイプ)のSVGMR膜と固定抵抗膜の積層構造を説明する図である。

【図6】本願発明の第3の実施例であるボトム積層フェリ固定層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜の積層構造を説明する図である。

【図7】本願発明の第4の実施例であるボトム積層フェリ固定層および積層フェリ自由層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜の積層構造を説明する図である。

【図8】本願発明の第5の実施例であるトップ積層フェリ固定層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜の積層構造を説明する図である。

40

【図9】本願発明の第6の実施例であるトップ積層フェリ固定層および積層フェリ自由層タイプのSVGMR膜と固定抵抗膜の積層構造を説明する図である。

【図10】磁気センサと磁気媒体を説明する図である。

【図11】ブリッジを組んだ磁気センサ素子を説明する図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0038】

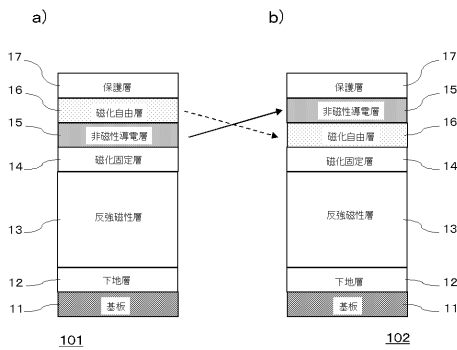
- 11 基板、12 下地層、
- 13 反強磁性層、14 磁化固定層、
- 15 非磁性導電層、16 磁化自由層、
- 17 保護層、27 SVGMR素子、

50

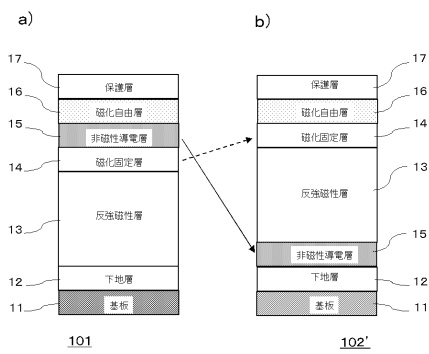


2 8 固定抵抗素子、3 1, 3 2, 3 3, 3 4 端子、  
 5 1, 5 2 磁気センサ素子、6 0 磁気センサ、  
 6 1 磁気媒体、  
 1 0 1, 1 1 1, 1 2 1, 1 3 1, 1 4 1, 1 5 1, 1 6 1 SVGMR膜、  
 1 0 2, 1 1 2, 1 2 2, 1 3 2, 1 4 2, 1 5 2, 1 6 2 固定抵抗膜。

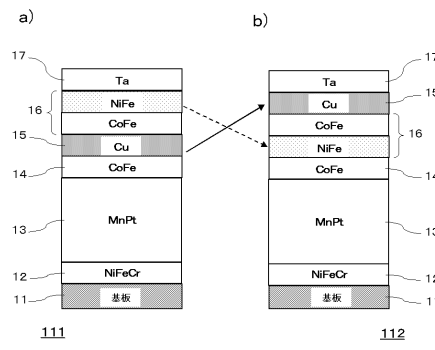
【図 1】



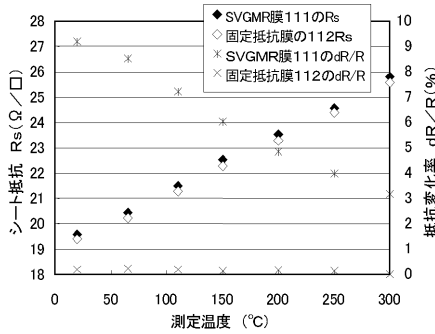
【図 2】



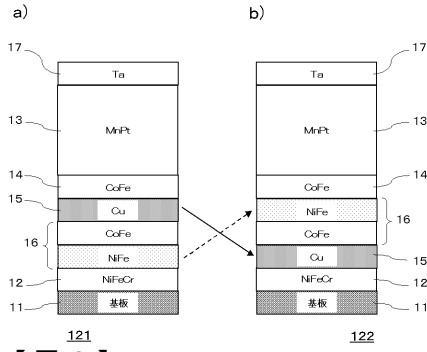
【図 3】



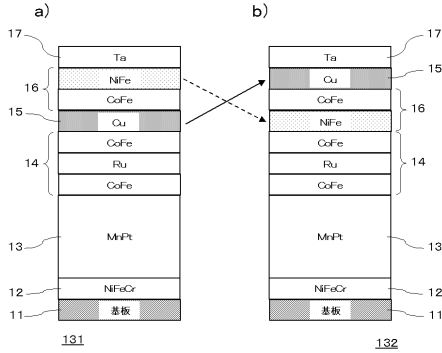
【図 4】



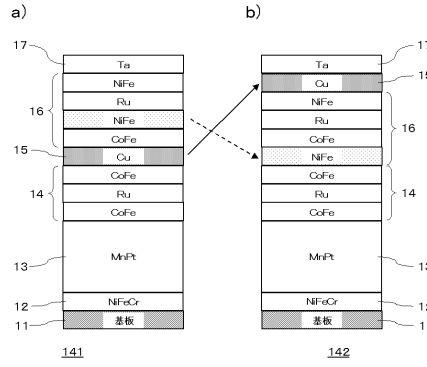
【図5】



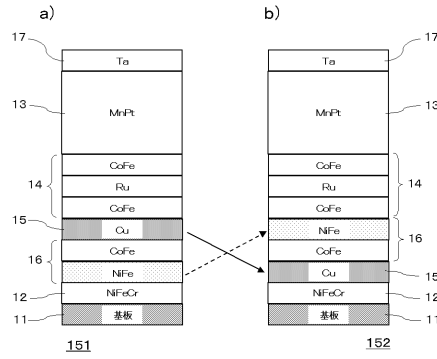
【図6】



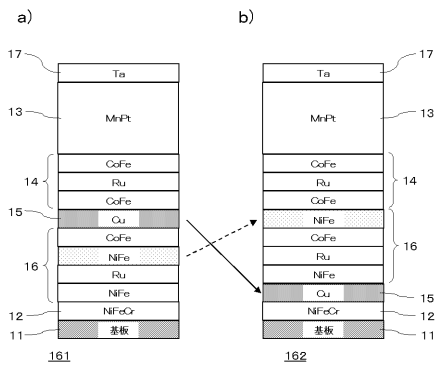
【図7】



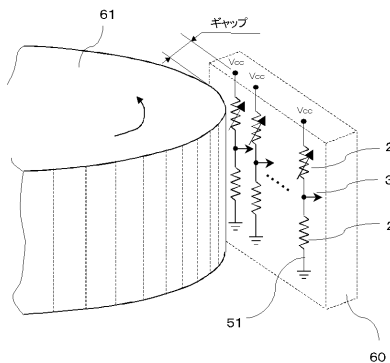
【図8】



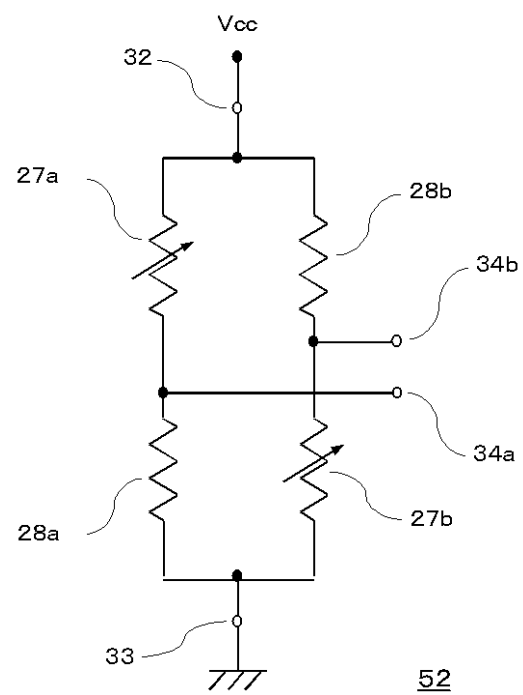
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-248054(JP,A)  
特開2005-195413(JP,A)  
特開2000-180524(JP,A)  
特開2000-049401(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 33/02-10, 15/14-26  
H01L 43/00-14, 27/22  
G01D 5/12-252, 5/56