

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4469570号
(P4469570)

(45) 発行日 平成22年5月26日 (2010. 5. 26)

(24) 登録日 平成22年3月5日 (2010. 3. 5)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 43/08 (2006. 01)	H O 1 L 43/08 Z
G 1 1 B 5/39 (2006. 01)	G 1 1 B 5/39
H O 1 F 10/16 (2006. 01)	H O 1 F 10/16
H O 1 F 10/30 (2006. 01)	H O 1 F 10/30
H O 1 F 10/32 (2006. 01)	H O 1 F 10/32

請求項の数 8 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-201131 (P2003-201131)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成15年7月24日 (2003. 7. 24)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2005-44895 (P2005-44895A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成17年2月17日 (2005. 2. 17)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成16年9月17日 (2004. 9. 17)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドおよび磁気記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非磁性導電層と、それぞれ前記非磁性導電層の膜面に接し、互いに離間して設けられ、磁化方向が実質的に固着された第 1 および第 2 の磁性層とを具備し、

前記非磁性導電層は Cu からなり、膜厚が 0. 5 nm 以上 5 nm 以下であり、前記非磁性導電層の前記第 1 および第 2 の磁性層間に位置する部分は、一方の磁性層から他方の磁性層へのスピン偏極した電子の経路であり、感磁領域として規定されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

前記第 1 および第 2 の磁性層間に位置する前記非磁性導電層の感磁領域の長さが 1 0 0 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。 10

【請求項 3】

前記非磁性導電層の感磁領域の長さ方向に直交する幅が 1 0 0 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 の磁性層が Co、Fe および Ni からなる群より選択される少なくとも一つの元素を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

前記第 1 および第 2 の磁性層に接してそれぞれ反強磁性層が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。 20

【請求項 6】

前記第 1 および第 2 の磁性層が Co を含む硬質磁性層から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 8】

磁気記録媒体と、請求項 7 に記載の磁気ヘッドとを有することを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドおよび磁気再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

巨大磁気抵抗効果 (Giant MagnetoResistive Effect: GMR) を示す磁気抵抗効果素子の発見により、磁気デバイス、特に磁気ヘッドの性能が飛躍的に向上している。特に、スピバルブ膜 (Spin-Valve: S V 膜) は磁気デバイスに適用しやすい構造を有するため、磁気ヘッドなどに大きな技術的進歩をもたらした。

【0003】

20

スピバルブ膜とは、二つの強磁性層の間に非磁性層を挟み、一方の強磁性層 (ピン層と称される) の磁化を反強磁性層などによって固着し、もう一方の強磁性層 (フリー層と称される) の磁化を外部磁界にตอบสนองさせ、ピン層とフリー層の磁化の相対角度を変化させることによって、巨大な磁気抵抗変化を得るようにしたものである。スピバルブ膜は原理的には、ゼロ磁界のときにフリー層の磁化をトラック幅方向に向け、外部磁界によってフリー層の磁化方向が変化することによって磁気抵抗が変化するようにして動作させると、効率的な磁界検出が可能になる (特許文献 1)。

【0004】

従来、スピバルブ膜は、膜面に平行な方向にセンス電流を通電する C I P (Current In Plane) 型が主流であった。これに対して、膜面に対して略垂直方向にセンス電流を通電する C P P (Current Perpendicular to Plane) 型は、C I P 型に比べてさらに大きな GMR 効果を発現するため、現在研究されている。現段階で、C P P スピバルブ膜は 200 Gbit/inch² (Gbps) 以上の記録密度を実現するための本命技術と目されている。

30

【0005】

高密度化を達成しようとする、スピバルブ膜のサイズは必然的に小さくなる。すなわち、高密度化のためには媒体に記録されるトラック幅を狭くする必要があり、それに伴ってスピバルブ膜の感磁層であるフリー層のサイズも小さくする必要がある。例えば、200 Gbit/inch² の面記録密度のときにはトラック幅は約 100 nm、500 Gbit/inch² のときにはトラック幅は約 50 nm、1 Tbit/inch² になると約 35 nm という、非常に狭い幅となる。このように、500 Gbit/inch² の超える記録密度に対応させて、従来構造の C P P スピバルブ膜のサイズを小さくしていくと、以下のような 2 つの大きな問題が生じることが予想される。

40

【0006】

一つ目の問題は、フリー層における vortex ドメインの発生である。垂直通電されるセンス電流の大きさを変化させないと仮定すると、フリー層のサイズを小さくするほどフリー層内の電流密度は大きくなるため、フリー層に電流磁界に起因する vortex ドメインが発生する。フリー層に vortex ドメインが発生すると、フリー層の磁化を一方向 (トラック幅方向) に向けることができなくなるので、満足な磁界検出ができなくなる。こうした vortex ドメインは、約 $10^8 \text{ A} / \text{cm}^2$ 程度の電流密度から発生しはじめる。いま、500 Gbit/inch² の記録密度で、3 mA のセンス電流を通電すると仮定すると、電流密度は 1.2×10

50

$8\text{ A}/\text{cm}^2$ となり、vortexドメインが発生する。この場合、vortexドメインが生じないようにセンス電流を1 mA程度に小さくするのは、信号の出力電圧（＝電流×抵抗変化量）の低下を招くため、有効な対策とはならない。

【0007】

従来のC P Pースピンバルブ膜の二つ目の問題点として、スピントランスファートルク現象の影響が考えられる（例えば、非特許文献1参照）。非磁性層を挟んだ2つの磁性層を有する素子のサイズ（一辺）を100 nm以下とし、 $10^7\sim 10^8\text{ A}/\text{cm}^2$ の電流密度で垂直方向に通電すると、一方の磁性層のスピントルクがもう一方の磁性層に伝播してその磁性層の磁化方向を変化させるという現象が観測される。C P Pースピンバルブ膜でスピントランスファートルク現象が生じるということは、媒体による外部磁界がゼロであったとしても、センス電流の通電によってフリー層の磁化方向が変化してしまうことを意味する。つまり、スピンバルブ動作原理である、媒体磁界によってフリー層磁化方向を変化させて抵抗変化量をみるという、正常なスピンバルブ動作を実現することが困難になってしまう。 $500\text{ Gbit}/\text{inch}^2$ 以上の記録密度に対応するC P Pースピンバルブ膜は、素子サイズおよび電流密度ともにスピントランスファートルクによる影響が十分にでてくる領域なので、その動作が阻害される。

10

【0008】

以上のように、素子サイズの小さいC P Pースピンバルブ構造では、vortexドメインおよびスピントランスファートルクという2つの問題の発生により、 $500\text{ Gbit}/\text{inch}^2$ 以上の記録密度に対応することは困難である。

20

【0009】

【特許文献1】

米国特許第5206590号明細書

【0010】

【非特許文献1】

Journal of Magnetism and Magnetic Materials 159 (1996) L1-L7

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、 $500\text{ Gbit}/\text{inch}^2$ 以上の高密度記録に対応できる新規な磁気抵抗効果素子、それを用いた磁気ヘッド、およびそれを搭載した磁気記録再生装置を提供することにある。

30

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明の一態様に係る磁気抵抗効果素子は、非磁性導電層と、それぞれ前記非磁性導電層の膜面に接し、互いに離間して設けられ、磁化方向が実質的に固着された第1および第2の磁性層とを具備し、前記非磁性導電層はCuからなり、膜厚が0.5 nm以上5 nm以下であり、前記非磁性導電層の前記第1および第2の磁性層間に位置する部分は、一方の磁性層から他方の磁性層へのスピン偏極した電子の経路であり、感磁領域として規定されることを特徴とする。

【0013】

40

上記磁気抵抗効果素子において、前記第1および第2の磁性層間に位置する前記非磁性導電層の感磁領域の長さは100 nm以下に設定される。

【0014】

本発明の他の態様に係る磁気ヘッドは、上記の磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする。

【0015】

本発明のさらに他の態様に係る磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、上記磁気ヘッドとを有することを特徴とする。

【0016】

【発明の実施の形態】

50

本発明者らは、従来技術のスピンバルブ膜の問題点が軟磁性フリー層に存在に起因したものであることを考慮し、フリー層を用いることなく磁気抵抗効果を発揮できる素子の構成を検討した。実質上磁化方向が動くことのない磁性層を用いているかぎりには、vortexドメインやスピントランスファートルクによる問題は避けることができる。この際、本発明者らは、 500 Gbit/inch^2 以上の高記録密度に対応できる磁気抵抗効果素子のディメンションが、量子効果を生じさせる物理領域であることに着目し、外部磁界を感知する伝導電子が流れる非磁性導電層を感磁領域として用いることを検討した。この場合、非磁性導電層を流れる伝導電子では、磁性層中を流れる伝導電子よりもはるかに高感度に外部磁界の変化を感知できると期待される。これは、磁性層中を流れる伝導電子のスピン情報に関しては、外部磁界による伝導電子へのスピン情報への影響よりも、その磁性層の磁化方向に起因したスピン情報の方がはるかに大きいいため、磁性層中の伝導電子は外部磁界による変化を実質的に感知できないからである。

10

【0017】

上記のように非磁性導電層を感磁領域として用いるのに適した素子が満たすべき構造的な要件は以下のようにまとめられる。

【0018】

第1に、伝導電子がアップまたはダウンのスピン情報をもっていることが必要である。なぜなら、伝導電子がスピン情報をもっていなければ、外部磁界の変化を伝導電子が感知することができないからである。

【0019】

20

第2に、感磁領域として用いられる非磁性導電層は磁性層と接していなければならない。これは以下のような理由による。通常、非磁性層を流れる伝導電子はスピン情報が平均化され、アップまたはダウンのいずれかの情報に偏ることがないので、アップまたはダウンのスピン情報をもった伝導電子を非磁性導電層に注入する必要がある。そのためには、アップスピン、もしくはダウンスピンのうちどちらかを多くもった（つまり、スピン情報をもった）伝導電子をもつ磁性層が、非磁性導電層に接している必要がある。

【0020】

第3に、非磁性導電層は前記磁性層（第1の磁性層）とは別の磁性層（第2の磁性層）と接していなければならない。これは、非磁性導電層（感磁領域）において外部磁界により伝導電子のスピン情報がいくら変化したとしても、電気抵抗の変化は生じにくいいため、スピン情報をもった伝導電子をあるスピン情報をもつ磁性層に再注入する必要があるからである。非磁性導電層から第2の磁性層にスピン情報をもつ伝導電子が再注入される段階で、スピン情報がアップかダウンかによって電気抵抗が変化し、磁気抵抗効果が生じる。

30

【0021】

すなわち、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子は、互いに離間して設けられ、磁化方向が実質的に固着された第1および第2の磁性層と、一方の磁性層から他方の磁性層へのスピン偏極した電子の経路として第1および第2の磁性層に接して形成され、第1および第2の磁性層間に位置する部分が感磁領域として規定される非磁性導電層とを有する。

【0022】

本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を、図1～図4を参照して説明する。図1および図2は、磁気記録媒体再生用の再生ヘッドに適用した本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子をABS（媒体対向面）に平行な面で切断した断面図である。図3は、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子のABS（媒体対向面）に平行な面で切断した断面と、磁気記録媒体（磁気ディスク）のトラックとの位置関係を説明する図である。図4は、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子および磁気記録媒体（磁気ディスク）を鉛直な面で切断した断面図である。

40

【0023】

図1および図2に示すように、基板1上に Al_2O_3 の下地層2が形成され、下地層2上に膜厚 $0.5\sim 5\text{ nm}$ のCuからなる非磁性導電層3が形成される。非磁性導電層3上にはこの非磁性導電層3に接して例えば $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ からなる第1の磁性層11および第2の

50

磁性層 1 2 が形成され、第 1 の磁性層 1 1 と第 2 の磁性層 1 2 との間は互いに離間している。第 1 の磁性層 1 1 および第 2 の磁性層 1 2 の磁化方向はそれぞれ実質的に固着されている。ここでは、第 1 の磁性層 1 1 および第 2 の磁性層 1 2 の磁化方向はいずれも A B S から上向きに固着されている例を示している。非磁性導電層 3 は、第 1 の磁性層 1 1 から第 2 の磁性層 1 2 へのスピン偏極した電子の経路となる。第 1 の磁性層 1 1 上には電極 2 1 が、第 2 の磁性層 1 2 上には電極 2 2 がそれぞれ形成されている。

【0024】

ここで下地層 2 は Al_2O_3 以外の材料であっても構わない。たとえば、絶縁性材料として、 SiO_2 などの他の酸化物材料を用いてもよい。また下地層 2 と非磁性導電層 3 の間に、バッファ層や配向シード層を用いてもよい。たとえば、シード層として、Ta、Ti、Cr、V、Zr、Nb、Mo、W などを含む合金材料や、酸化物、窒化物を用いてもよい。また、シード層として、fcc や hcp の金属材料を用いてもよい。

10

【0025】

図 3 および図 4 に示すように、第 1 の磁性層 1 1 と第 2 の磁性層 1 2 との間に位置する非磁性導電層 3 の部分が外部磁界を感知する感磁領域となり、磁気ディスク 101 に形成されるトラック（トラック幅 TW）上に配置される。感磁領域の長さは、トラック幅に対応して決定されるが、100nm 以下、さらに 10～100nm に設定することが望ましい。図 3 および図 4 に示すように、非磁性導電層 3 について、膜厚を t、幅（感磁領域の長さ方向に直交する幅）を h とする。非磁性導電層 3 の幅 h は 10～300nm 程度、さらに 100nm 以下であることが望ましい。

20

【0026】

図 1 および図 2 を参照して本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の動作を説明する。図 1 は外部磁界情報が“0”（上向き）、図 2 は外部磁界情報が“1”（下向き）の場合を示している。

【0027】

センス電流は電極 2 1 から第 1 の磁性層 1 1 を通して非磁性導電層 3 へ通電される。この結果、第 1 の磁性層 1 1 からスピン偏極した伝導電子が非磁性導電層 3 へ注入される。伝導電子は非磁性導電層 3 の感磁領域を通過し、この領域において外部磁界を感知する。

【0028】

図 1 の場合には外部磁界情報が“0”であり、第 1 の磁性層 1 1 の磁化と向きが同じなので、伝導電子はスピン情報の変化を受けることなく非磁性導電層 3 の感磁領域を通過する。また、第 2 の磁性層 1 2 の磁化方向も第 1 の磁性層 1 1 の磁化方向と一致しているため、伝導電子のスピン情報は全く変化することなく、非磁性導電層 3 から第 2 の磁性層 1 2 へ伝導電子が注入される。つまり、スピン情報に何の変化もないので電気抵抗は小さい状態となる。この場合、“0”状態の外部磁界情報を、電気抵抗が小さい状態として検知したことになる。

30

【0029】

図 2 の場合には外部磁界情報が“1”であり、第 1 の磁性層 1 1 の磁化と向きが逆なので、伝導電子が非磁性導電層 3 の感磁領域を通過する間に外部磁界によってスピンの向きが変化を受ける。極端な場合には、外部磁界によってスピンの向きが完全に反転する。つまり、非磁性導電層 3 から伝導電子のスピンの向きと、第 2 の磁性層 1 2 中のスピンの向きとが、完全に逆向きになる。この状態では、非磁性導電層 3 から第 2 の磁性層 1 2 へ伝導電子が注入されるときに、非磁性導電層 3 と第 2 の磁性層 1 2 との界面においてスピンの反転しなければならないため、電気抵抗が大きくなる。この場合、“1”状態の外部磁界情報を、電気抵抗が大きい状態として検知したことになる。

40

【0030】

図 1 および図 2 を参照して説明したように、第 1 および第 2 の磁性層 1 1、1 2 の磁化の向きは外部磁界によって実質的に変化しないにもかかわらず、素子の電気抵抗は外部磁界によって低抵抗状態と高抵抗状態の二つの状態に変化する。これが、動作原理に関して、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子が従来のスピバルブ膜と決定的に異なる点で

50

ある。つまり、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子は、磁性層として、磁化方向が外部磁界によって実質的に変化しないように硬く磁化固着された第1および第2の磁性層11、12のみを含み、外部磁界によって磁化方向が変化する感磁磁性層（フリー層）を持たない。このため、従来技術の問題点であった、フリー層におけるvortexドメインの発生やスピントランスファートルク現象の影響を受けないという大きなメリットが得られる。

【0031】

以上のように、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子は図1～図4に示した単純な構成で磁気抵抗効果を検出できるようにしたものであり、従来技術の薄ピンバルブ膜から容易に予想できるものではない。

【0032】

次に、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の物理ディメンションについて説明する。本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の効果を考慮した場合、重要な物理ディメンションとして、図3に示した非磁性導電層3の膜厚 t および図4に示した非磁性導電層3の幅 h の2つが挙げられる。

【0033】

図5に、MR変化率の非磁性導電層3の膜厚 t に対する依存性を示す。この測定は、非磁性導電層3の材料としてCuを用い、非磁性導電層3の幅 h を80nmに設定した磁気抵抗効果素子で行った。図5に示されるように、非磁性導電層3の膜厚 t が5nmよりも厚い場合には有意なMR変化率が得られていない。このことから、感磁領域となる非磁性導電層3の膜厚 t は重要なパラメータであることがわかる。非磁性導電層3の膜厚 t は非磁性導電層の平均自由行程よりも小さいことが好ましい。

【0034】

図6に、非磁性導電層3の膜厚 t を1nmとしたときの、MR変化率の非磁性導電層の幅 h に対する依存性を示す。図6から、非磁性導電層3の膜厚 t が十分な磁気抵抗効果を生じさせる程度の厚さ（ここでは1nm）である場合には、非磁性導電層3の幅（素子幅） h を300nm程度まで広くしても、かなり高い磁気抵抗効果が得られることがわかる。

【0035】

図7に、非磁性導電層3の膜厚 t を5nmとしたときの、MR変化率の非磁性導電層の幅 h に対する依存性を示す。図7から、非磁性導電層の膜厚 t が5nmと比較的厚い場合でも、非磁性導電層3の幅 h を図5の80nmより小さくしていくことによって、有意なMR変化率が得られるようになることがわかる。

【0036】

次いで、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子に用いられる材料について説明する。

【0037】

非磁性導電層3の材料としては、Cu、Au、Ag、Ru、Rh、Alなどを用いることができる。

【0038】

第1および第2の磁性層11、12の材料としては、Co、Fe、Niや、これらの元素のうち少なくとも一種を含む合金、例えばCoFe合金、FeCo合金、CoNi合金、NiFe合金など、代表的にはCo₉₀Fe₁₀が用いられる。第1および第2の磁性層11、12の膜厚は、2～20nm程度が好ましい。第1および第2の磁性層11、12の膜厚が薄すぎると、スピン偏極した電子の注入源としての機能が弱くなるので膜厚の下限は2nm程度になる。

【0039】

これらの磁性層は非磁性導電層へスピン偏極した電子を注入するための注入源となるので、アップ電子とダウン電子の偏極率が大きいほうが好ましい。そこで、磁性層の材料として、アップ電子およびダウン電子のうち一方しか存在しないハーフメタルといわれる材料を用いることが理想的である。ハーフメタルとしては、Fe₃O₄、Cr₂O₃、ペロブスカイト酸化物系のLaSrMnOなど、ホイスラー合金系のNiMnSbなどが挙げられる

10

20

30

40

50

。

【0040】

また、第1および第2の磁性層11、12と非磁性導電層3との界面を通してスピン注入が行われるので、第1および第2の磁性層11、12および非磁性導電層3の材料は、シャープな界面が形成されやすい組み合わせにすることが好ましい。具体的には、第1および第2の磁性層11、12と非磁性導電層3とが非固溶な関係であることが好ましい。たとえば、磁性層の主元素がCoである場合には好ましい非磁性導電層としてCu、Auなど、磁性層の主元素がNiである場合には好ましい非磁性導電層としてRu、Agなどが挙げられる。

【0041】

第1および第2の磁性層11、12の磁化方向を一方向に固着するためには、例えば磁性層に接して反強磁性膜を形成する。反強磁性層としては、PtMn、IrMnなどのMn系反強磁性層が挙げられる。反強磁性層の膜厚は10～20nm程度に設定される。

【0042】

図8に示す磁気抵抗効果素子では、第1および第2の磁性層11、12と電極21、22との間に反強磁性層31、32が挿入され、その他は図1および図2と同様の構造を有する。

【0043】

図9に示すように、いわゆるシンセティックAF構造（磁性層／Ru／磁性層／反強磁性層）により第1および第2磁性層11、12の磁化を固着させてもよい。図9に示す磁気抵抗効果素子は、第1および第2の磁性層11、12が磁性層11a、12a／Ru11b、12b／磁性層11a、12aの積層構造を有し、第1および第2の磁性層11、12と電極21、22との間に反強磁性層31、32が挿入され、その他は図1および図2と同様の構造を有する。

【0044】

第1および第2の磁性層11、12として硬質磁性層を用い、磁化方向を一方向に固着してもよい。この場合、硬質磁性層としては、CoPt合金、CoCr合金、FePt合金などを用いることができる。

【0045】

電極21、22の材料としては、Cu、Au、Alなどの金属を用いることができる。

【0046】

本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子に用いられる薄膜を形成するには、スパッタリング成膜装置、MBE、イオンビームスパッタ成膜装置、CVDなどの成膜装置を用いることができる。これらの成膜装置を用いれば、非磁性導電層のような薄膜の膜厚を制御することも可能である。また、膜厚方向以外の薄膜のサイズを規定するには、リソグラフィを用いてパターンニングすればよい。具体的には、ステッパや電子ビーム描画装置などを用い、例えば非磁性導電層の幅hまたはトラック幅に対応する感磁領域の長さを規定することができる。

【0047】

次いで、本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子について説明する。

図10の磁気抵抗効果素子は、図1～図4の磁気抵抗効果素子と異なり、第1の磁性層11の磁化と第2の磁性層12の磁化とを互いに逆向きに固着したものである。図10の磁気抵抗効果素子では、図1～図4の場合と逆向きの媒体磁界に対してそれぞれ高抵抗状態と低抵抗状態が得られる。

【0048】

第1および第2の磁性層11、12の磁化は、必ずしもABSに対して垂直方向へ固着されている必要はない。例えば、図11の磁気抵抗効果素子は、第1および第2の磁性層11、12の磁化がABSに対して平行で同じ向きに固着されている。また、図12の磁気抵抗効果素子は、第1および第2の磁性層11、12の磁化がABSに対して平行で互いに逆向きに固着されている。図11または図12に示す磁気抵抗効果素子も、上記と同様

10

20

30

40

50

な原理で動作する。

【0049】

本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子では、基板上での薄膜の積層順序が、図1～図4の磁気抵抗効果素子と逆、すなわち基板に近い位置に電極を積層し、基板から遠い位置に非磁性導電層を積層してもよい。このような磁気抵抗効果素子を、図13～図15を参照して説明する。図13は、本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子をABSに平行な面で切断した断面図である。図14は、本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子のABSに平行な面で切断した断面と、磁気ディスクのトラックとの位置関係を説明する図である。図15は、本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子および磁気ディスクを鉛直な面で切断した断面図である。

10

【0050】

図13～図15において、基板1上に電極21、22が互いに離間して形成されている。電極21、22の間には絶縁層15が形成されている。電極21、22に接するように、それぞれ第1および第2の磁性体11、12が互いに離間して形成されている。第1および第2の磁性体11、12の間も絶縁層15によって隔てられている。第1および第2の磁性体11、12の側面は絶縁層16によって絶縁されている。第1の磁性層11および第2の磁性層12の磁化方向はそれぞれ実質的に固着されている。第1および第2の磁性層11、12に接して、その上に非磁性導電層3が形成されている。非磁性導電層3は、第1の磁性層11から第2の磁性層12へのスピン偏極した電子の経路となる。第1の磁性層11と第2の磁性層12との間に位置する非磁性導電層3の部分が外部磁界を感知する感磁領域となり、磁気ディスク101に形成されるトラック（トラック幅TW）上に配置される。

20

【0051】

上記のように、基板に近い位置に電極を積層し、基板から遠い位置に非磁性導電層を積層した磁気抵抗効果素子は、図16および図17に示すように、ABSとの関係を図14および図15の場合から90°回転させた配置にすることもできる。すなわち、図14および図15では基板上の薄膜の積層方向がABSに平行な方向であるのに対し、図16および図17では基板上の薄膜の積層方向がABSに垂直な方向になっているが、表面側の非磁性導電層3を磁気ディスク101に対向させることができる。

【0052】

さらに、本発明の実施形態に係る磁気ヘッドおよび磁気記録再生装置について説明する。

30

【0053】

図18は、上記の磁気抵抗効果素子を搭載した本発明の実施形態に係る磁気ヘッドアセンブリをディスク側から見た斜視図である。磁気ヘッドアセンブリ50は、駆動コイルを保持するボビン部を有するアクチュエータアーム51を有し、アクチュエータアーム51の先端にはサスペンション52が接続されている。サスペンション52の先端には、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を搭載したヘッドスライダ53が取り付けられている。サスペンション52上には信号の書き込みおよび読み取り用のリード線61が配線され、このリード線61とヘッドスライダ53に搭載された磁気ヘッドの各電極とが電氣的に接続されている。また、リード線61は磁気ヘッドアセンブリ50の電極パッド62に接続されている。

40

【0054】

図19は、本発明の実施形態に係る磁気記録再生装置の斜視図である。磁気記録再生装置100は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。磁気ディスク101は、スピンドル102に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答するモータにより回転される。なお、複数の磁気ディスク101を備えていてもよい。図18に示した磁気ヘッドアセンブリ50のアクチュエータアーム51は、磁気ディスク101の近傍に設けられた軸104の上下2箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって回動可能に支持される。図18に示したように、アクチュエータアーム51の先端にはサスペンション52が接続され、サスペンション52の先端にヘッドスライダ53が取り

50

付けられる。アクチュエータアーム 51 の他端にはリニアモータの一種であるボイスコイルモータ 105 が設けられている。ボイスコイルモータ 105 は、アクチュエータアーム 51 のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成され、アクチュエータアーム 51 を回動させる。磁気ディスク 101 が回転すると、ヘッドスライダ 51 の A B S は磁気ディスク 101 の表面から所定量だけ浮上し、この状態で磁気ディスク 101 の記録再生が行われる。

【0055】

このような磁気ヘッドおよび磁気記録再生装置は、500 Gbit/inch²以上の高密度記録に対応できる。

【0056】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、500 Gbit/inch²以上の高密度記録に対応できる新規な磁気抵抗効果素子、それを用いた磁気ヘッド、およびそれを搭載した磁気記録再生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図2】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図3】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子と磁気ディスクのトラックとの位置関係を説明する図。

【図4】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子および磁気ディスクを鉛直な面で切断した断面図。

【図5】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子について、MR変化率の非磁性導電層の膜厚 t に対する依存性を示す図。

【図6】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子について、非磁性導電層の膜厚 t を 1 nm としたときの、MR変化率の非磁性導電層の幅 h に対する依存性を示す図。

【図7】 本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子について、非磁性導電層の膜厚 t を 5 nm としたときの、MR変化率の非磁性導電層の幅 h に対する依存性を示す図。

【図8】 本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図9】 本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図10】 本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図11】 本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図12】 本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図13】 本発明の他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子を媒体対向面に平行な面で切断した断面図。

【図14】 図13の磁気抵抗効果素子と磁気ディスクのトラックとの位置関係を説明する図。

【図15】 図13の磁気抵抗効果素子および磁気ディスクを鉛直な面で切断した断面図。

【図16】 本発明のさらに他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子および磁気ディスクを鉛直な面で切断した断面図。

【図17】 図16の磁気抵抗効果素子と磁気ディスクのトラックとの位置関係を説明する図。

10

20

30

40

50

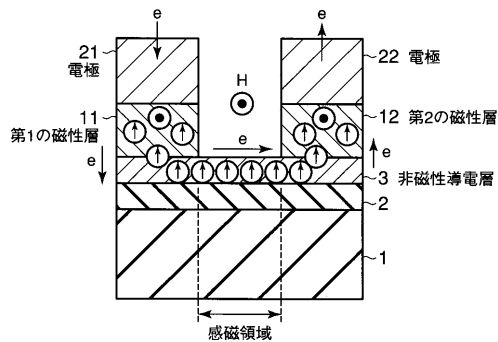
【図 18】 本発明の実施形態に係る磁気ヘッドアセンブリの斜視図。

【図 19】 本発明の実施形態に係る磁気記録再生装置の斜視図。

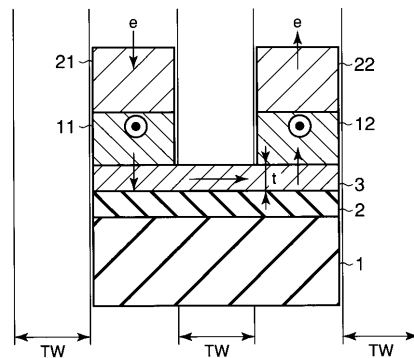
【符号の説明】

1…基板、2…下地層、3…非磁性導電層、11、11a…第1の磁性層、12、12a…第2の磁性層、15、16…絶縁層、21、22…電極、31、32…反強磁性層、50…磁気ヘッドアセンブリ、51…アクチュエータアーム、52…サスペンション、53…ヘッドスライダ、61…リード線、62…電極パッド、100…磁気記録再生装置、101…磁気ディスク、102…スピンドル、104…軸、105…ボイスコイルモータ。

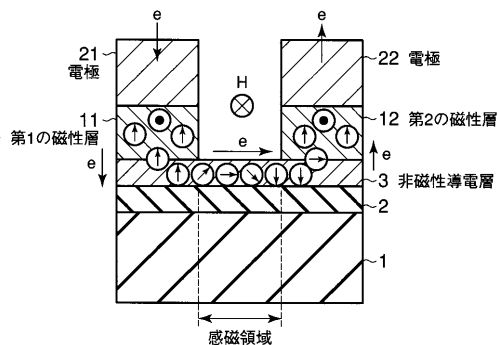
【図 1】



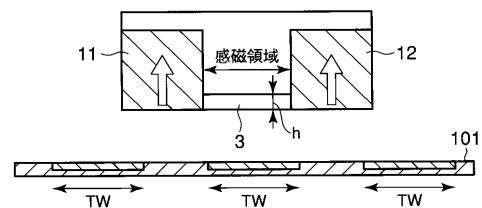
【図 3】



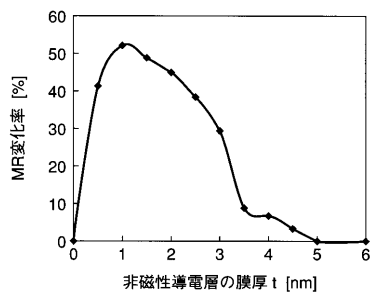
【図 2】



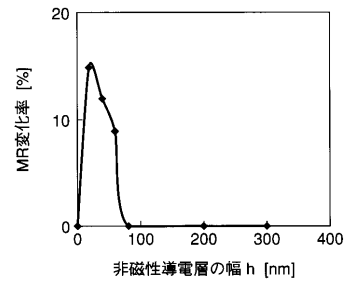
【図 4】



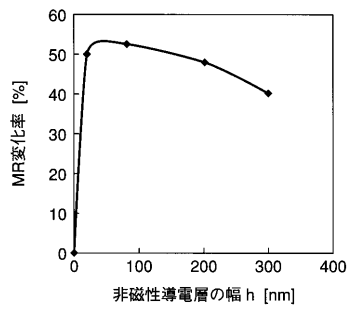
【図 5】



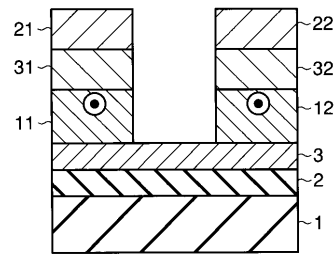
【図 7】



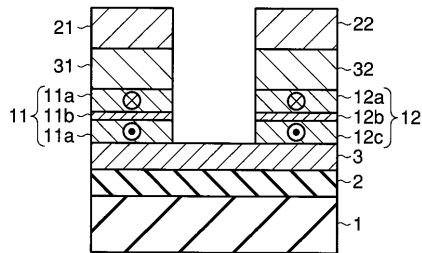
【図 6】



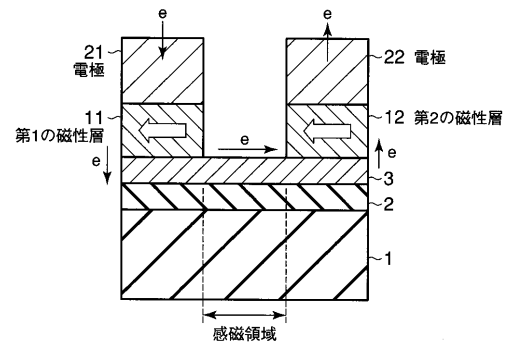
【図 8】



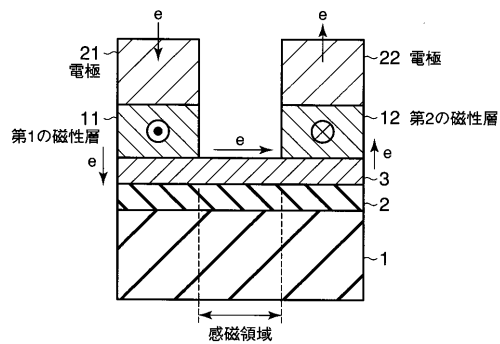
【図 9】



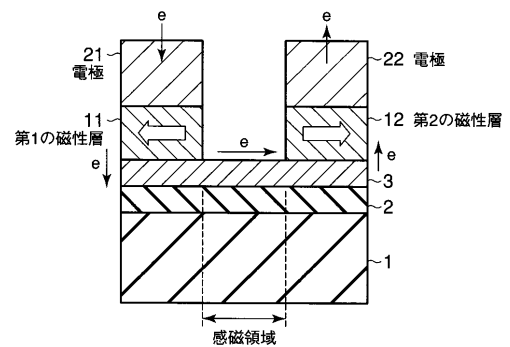
【図 11】



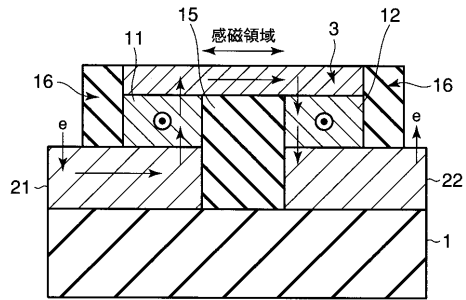
【図 10】



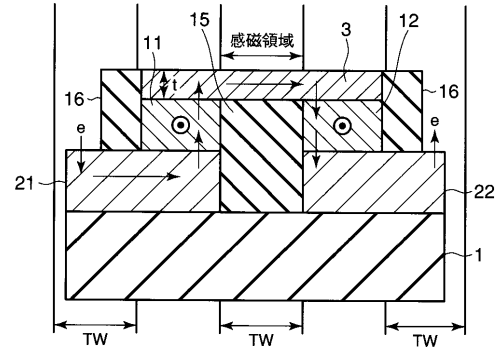
【図 12】



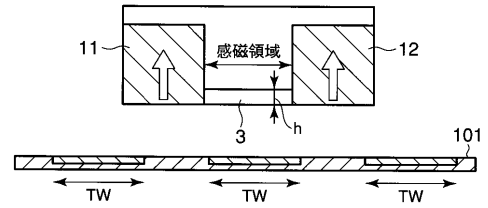
【図 13】



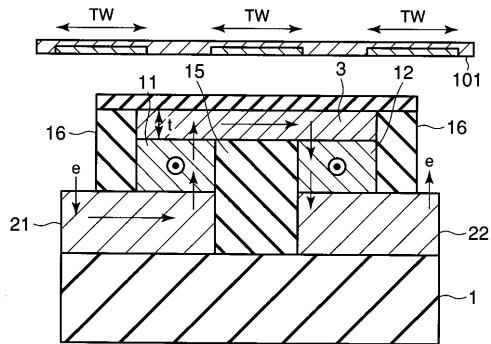
【図 14】



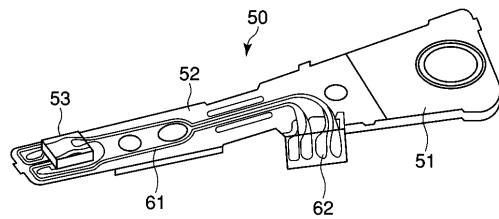
【図 15】



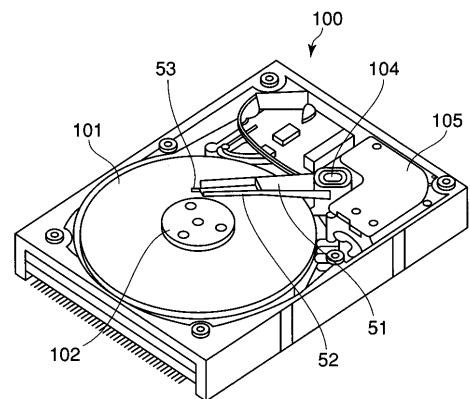
【図 16】



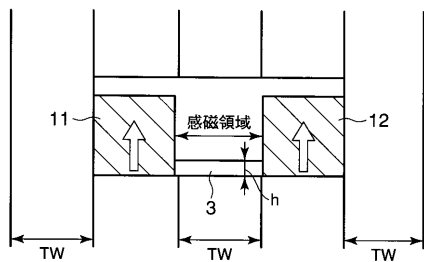
【図 18】



【図 19】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 43/10 (2006.01) H 0 1 L 43/10
H 0 1 L 29/82 (2006.01) H 0 1 L 29/82 Z

(72)発明者 福澤 英明
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内
 (72)発明者 湯浅 裕美
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内
 (72)発明者 橋本 進
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内
 (72)発明者 岩崎 仁志
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内

審査官 三浦 尊裕

(56)参考文献 特開平 0 9 - 2 1 4 0 1 6 (J P, A)
 特開 2 0 0 1 - 3 5 8 3 7 9 (J P, A)
 特開 2 0 0 3 - 0 0 8 1 0 5 (J P, A)
 猪俣浩一郎, 黒部篤, 『ナノで実現する新しいデバイス原理への挑戦』, 東芝レビュー, 日本,
 株式会社東芝 技術企画部, 1 9 9 9 年 2 月 1 日, Vol.54, No.2, p.2-8

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H01L 43/08
 G11B 5/39
 H01F 10/16
 H01F 10/30
 H01F 10/32
 H01L 29/82
 H01L 43/10