

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3590006号
(P3590006)

(45) 発行日 平成16年11月17日(2004.11.17)

(24) 登録日 平成16年8月27日(2004.8.27)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 43/08

H O 1 L 43/08

Z

G O 1 R 33/09

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H O 1 F 10/32

H O 1 F 10/32

G O 1 R 33/06

R

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-190512(P2001-190512)
 (22) 出願日 平成13年6月22日(2001.6.22)
 (65) 公開番号 特開2003-8103(P2003-8103A)
 (43) 公開日 平成15年1月10日(2003.1.10)
 審査請求日 平成15年3月28日(2003.3.28)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100108062
 弁理士 日向寺 雅彦
 (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
 (72) 発明者 鴻井 克彦
 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 吉川 将寿
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向に電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁気抵抗効果膜は、ハーフメタルを主成分とした磁性層を含み、前記磁化自由層の磁性体膜は、前記ハーフメタルを主成分とした磁性層と、前記磁性層よりも外部磁界に対して磁化方向が敏感に変化する強磁性層と、を含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

10

【請求項2】

磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向に電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁気抵抗効果膜は、ハーフメタルを主成分とした磁性層を含み、

20

前記ハーフメタルを主成分とした磁性層は、前記磁化自由層と前記磁化固着層との間に設けられたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

前記ハーフメタルは、自発磁化を有する鉄酸化物、自発磁化を有するクロム酸化物、及び自発磁化を有するマンガン酸化物の少なくともいずれかであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

前記ハーフメタルは、 Fe_3O_4 酸化物、 CrO_2 酸化物、及びマンガンナイトの少なくともいずれかであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

前記ハーフメタルを主成分とした磁性層は、ピンホールの面積比が 15% 以下の連続層であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】

ハーフメタルを主成分とした別の磁性層が、前記磁化固着層に含まれることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】

ハーフメタルを主成分とした別の磁性層が、前記磁化自由層と前記磁化固着層の少なくともいずれかに含まれることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 9】

請求項 8 記載の磁気ヘッドを備え、磁気記録媒体に磁気的に記録された情報の読み取りを可能としたことを特徴とする磁気再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置に関し、より詳細には、磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直方向にセンス電流を流す構造の磁気抵抗効果素子、これを用いた磁気ヘッド及び磁気再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁性体層の積層構造体における巨大磁気抵抗効果 (Giant Magnetoresistive effect: GMR) 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、「スピンバルブ (Spin-Valve: SV) 膜」による巨大磁気抵抗効果の発見は、磁気デバイス分野に大きな技術的進歩をもたらした。

【0003】

スピンバルブ膜とは、2つの金属強磁性膜の間に非磁性層を挟み、一方の強磁性層 (「ピン層」あるいは「磁化固着層」などと称される) の磁化のみを反強磁性層あるいは硬質磁性層からのバイアス磁界により一方向に固着し、もう一方の強磁性層 (「フリー層」あるいは「磁化自由層」などと称される) の磁化方向が外部磁界にตอบสนองしてピン層に対して相対的角度を有することにより、巨大な磁気抵抗変化が得られるものである。

【0004】

このようなスピンバルブ膜において、膜面に対して略垂直方向にセンス電流を通電する「CPP (Current Perpendicular to plane) 型」の磁気抵抗効果素子は、膜面に対して平行方向にセンス電流を通電する「CIP (Current In Plane) 型」の磁気抵抗効果素子に比べてさらに大きな巨大磁気抵抗効果を発現する。

【0005】

一方、CPP型の磁気抵抗効果素子としては、「トンネル磁気抵抗効果 (Tunnel

10

20

30

40

50

ling MagnetoResistive effect: TMR)」を利用したTMR素子も開発されている。但し、TMR素子においては、中間非磁性層としてアルミナなどの絶縁層を用いる点が特徴的であり、これに伴い、素子の動作メカニズムにも相違点がある。

【0006】

CPP型の磁気抵抗効果素子は、CIP型の磁気抵抗効果素子に比べて磁気抵抗変化率が大きいだけでなく、素子の抵抗が素子面積に依存するために素子を微細化した場合に抵抗変化量が増大するという利点も有する。この利点は、磁気デバイスの微細化が進む現在においては大きなメリットとなる。従って、CPP磁気抵抗効果素子およびそれを用いた磁気ヘッドは、1平方インチ当たり100ギガビット(100Gbps)以上の記録密度を

10

【発明が解決しようとする課題】

ところが、TMR素子の場合、中間層に絶縁体を用いるために素子抵抗が高くなりすぎ、素子面積が微細化すると大きな抵抗に起因してトンネル現象特有のショットノイズ発生や高周波応答劣化を引き起こすことが問題となる。

【0007】

一方、金属非磁性中間層を用いたCPP素子の場合、膜面に対して垂直方向にセンス電流を流すと、TMR素子と異なり素子抵抗が大幅に小さいために、抵抗変化率が巨大でも得られる抵抗変化量自体はかなり小さい。その結果として、大きな再生出力信号を得ることが困難である。

20

【0008】

この問題点を解決するために、金属非磁性中間層を用いたCPP素子に極薄の酸化層を積層することにより、抵抗を増大させ大きな抵抗変化を得る方法が報告されている(K. Nagasaka et al; The 8th Joint MMM-Intermag Conference, DD-10)。この方法の場合、酸化層の一部にピンホールの金属状の低抵抗領域を設けて、電流を絞り込むことにより高い抵抗を得ようとしている。しかしピンホールを均一に設けることは難しく、特に素子サイズが0.1μm程度になる100Gbps以上の記録密度では、抵抗が大きくばらついて安定したCPP素子の作製が困難であることが実用化を阻む。

【0009】

本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたのである。すなわち、その目的は、TMR素子と異なりショットノイズや高周波応答に優れる金属中間層を用いたCPP素子において、抵抗変化率の増大、素子抵抗増大およびピンホールに依存せずばらつきも解消された磁気抵抗効果素子、およびそれを用いた磁気デバイス、特に磁気ヘッド、それを搭載した磁気再生装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な

40

【0010】

または、本発明の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向に電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁気抵抗

50

効果膜は、ハーフメタルを主成分とした磁性層を含み、前記ハーフメタルを主成分とした磁性層は、前記磁化自由層と前記磁化固着層との間に設けられたことを特徴とする。

【0011】

本願明細書において、「ハーフメタル」とは、強磁性、フェリ磁性または反強磁性磁性の磁性を有し、電子のスピン方向に応じて伝導現象が大幅に異なる特性を有する材料を意味する。

【0012】

具体的には、ハーフメタルの磁化（スピン）と同方向スピンを有する電子（「アップスピン電子」と称する）の抵抗は、それと反対方向のスピンを有する電子（「ダウンスピン電子」と称する）の抵抗に比べて著しく小さい性質を、あるいはアップスピン電子の数はダウンスピン電子の数に比べて著しく多い性質を有するものである。

10

【0013】

ハーフメタルの材料としては、 Fe_3O_4 などの鉄酸化物、 CrO_2 などのクロム酸化物、ペロブスカイト型の結晶構造を有するマンガン系酸化物（いわゆるマンガナイト）が挙げられる。

【0014】

本発明者は、この性質をC P P型S V膜に適用すると、主にアップスピン電子のみがハーフメタル中を通過でき、非磁性中間層を介して第2磁性層にアップスピン電子を注入できるため大きな抵抗変化量の増大を生じる新しい現象を見出した。この現象は、従来の膜面に電流を流すC I P型磁気抵抗効果素子では発現しない現象である。非磁性中間層に絶縁体を用いるT M R素子に比べると、トンネル電流では不可能なハーフメタルと金属層との界面での電子反射効果も期待でき大きな抵抗変化が実現できる。

20

【0015】

具体的には、磁化固着層（ピン層）の一部あるいはすべてにハーフメタルを用いる構成が挙げられる。この場合には、ハーフメタルから注入されたアップスピン電子は、磁化自由層（フリー層）の磁化がアップスピン電子と同方向に向いている場合にはフリー層中でアップスピン電子は散乱されないため低い抵抗を示す。

【0016】

一方、アップスピン電子と逆方向に向けてフリー層の磁化が回転すると、アップスピン電子はフリー層を通過する時に散乱されるため高い抵抗を示す。ダウンスピン電子も伝導現象に寄与する通常の磁性膜に比べて純粋にアップスピン電子のみの伝導現象が利用できるように、従来C P P型S Vでは得られない大きな抵抗変化率が得られる。

30

【0017】

ピン層の磁化を固着するためには反強磁性膜（P t M n、I r M nなど）をピン層に積層して、その界面にて発生する交換結合バイアス磁界を用いる事が望ましい。通常、ハーフメタルを構成する酸化物と金属系の反強磁性膜を直接積層すると交換結合磁界が弱まるので、その界面にはC o、F e、N iなどからなる金属強磁性膜を挿入することが望ましい。

【0018】

一方、ハーフメタルをフリー層の一部あるいはすべてに用いた場合にも同様な効果が得られる。ハーフメタルは通常フリー層に必要な低磁界応答特性（軟磁気特性）を示さないため、フリー層をハーフメタルとする場合にはハーフメタルに軟磁気特性の良好なN i F e、C o F e N i、C o F e合金などを積層してハーフメタルの磁化応答をアシストすることが望ましい。ピン層とフリー層の両者にハーフメタルを用いてもよい。

40

【0019】

ピン層やフリー層以外にハーフメタル層を用いてもよい。中間金属非磁性層の一部にハーフメタル層を挿入する構成、フリー層、非磁性金属中間層、ピン層からなる積層ユニットの外側にハーフメタル層を挿入する構成、フリー層と非磁性金属中間層の中間にハーフメタル層を挿入する構成、ピン層と非磁性金属中間層の中間にハーフメタル層を挿入する構成が挙げられる。ピン層、非磁性金属中間層、フリー層に、さらに第2に非磁性金属中間

50

層、第2のピン層を積層したいわゆるデュアルタイプのC P P構造に本発明を適用してもよい。デュアルタイプのC P P構造では2つのピン層の一部あるいはすべてがハーフメタルからなることが望ましい。

【0020】

本発明のハーフメタル磁性層は、ピンホール領域が15%以下の連続層であることがハーフメタルで得られる効果を有効に引き出すために望ましい。

【0021】

本発明によると、ハーフメタル磁性膜は金属磁性膜に比べて比較的大きな抵抗を有するので(絶縁体よりはるかに金属的だが)、適度な抵抗値のC P P素子が実現できる。その結果、大きな抵抗変化率と適度な素子抵抗の両立が可能になり、大きな再生信号、低ノイズ、および高周波特性に優れた再生出力特性が得られる。ハーフメタルを用いたスピバルブC P P素子では、従来の極薄酸化層を挿入したスピバルブC P P素子と異なりピンホールを利用するものではなく、その結果ピン固着と大きな抵抗変化率が両立でき、量産制御性に優れ実用化に適する。

10

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

【0022】

図1は、本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の主要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図は、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図である。

20

【0023】

同図に表したように、本発明の磁気抵抗効果素子は、下部電極111の上に、下地層12、外部信号磁界による磁化が応答するフリー層13、非磁性中間層14、外部信号磁界に対して実質上磁化が動かないピン層15、磁気結合中間層16、反強磁性層17、保護膜18が順次積層された磁気抵抗効果膜を有する。保護膜18は、上部電極112の形成などに際して反強磁性層17の特性劣化などの問題がなければ、特に必要ない。

【0024】

この磁気抵抗効果膜の上には、上部電極112が形成される。そして、電極111および112を通じてセンス電流Iがこの積層体の膜面に対して垂直方向に通電される。

【0025】

本具体例においては、ピン層15は、ハーフメタルからなることを特徴とする。本願明細書において、「ハーフメタル」とは、そこを通過できる電子は一方のスピンを有するものに限定され、他方のスピンを有する電子は殆ど通過できない性質を有するものを意味する。

30

【0026】

本具体例の場合は、ピン層15を構成する「ハーフメタル」は、概ねアップスピンを有する電子のみを通過させ、ダウンスピンを有する電子は殆ど通過できない性質を有する磁性体を意味する。その材料としては、具体的には、 Fe_3O_4 のような鉄酸化物、 CrO_2 のようなCr酸化物、 $LrSrMnO$ のようなマンガンイトを挙げることができる。

【0027】

ハーフメタルを成膜する方法としては、例えば Fe_3O_4 酸化物を例にとると、 Fe_3O_4 を主成分とするターゲットを用いてスパッタする方法や、FeやFe基合金を酸素雰囲気中で反応性スパッタする方法を挙げることができる。また、FeあるいはFeにCoなどを加えたFe基合金を成膜した後に、原子状酸素、ラジカル酸素あるいは酸素イオンビーム照射を用いて酸化する方法も挙げることができる。

40

【0028】

ハーフメタルからなるピン層15の膜厚は、0.5~5nmが望ましく、できる限り連続な酸化膜を形成することが望ましい。メタル状のピンホール領域を15%を超えて含むと、ピンホールを通過する電子の伝導現象が支配的となり、本発明による抵抗変化増大効果が損なわれるからである。

50

【0029】

ピン層15の磁化は、通常のスピンバルブGMRと同様に、その上の反強磁性層17（例えば、PtMn、IrM、PdPtMn、NiMnなどにより構成される）によって一方向に固着される。ピン層15の磁化固着効果を上げるためには、反強磁性層17とピン層15との間に、磁気結合中間層16を挿入することが望ましい。磁気結合中間層16の材料としては、例えば、Fe、Co、Niなどを主成分とする強磁性合金を用いることができる。また、その層厚は、0.1～3nm程度と極力薄いことがピン層15の磁化を抑制するために必要とされる。

【0030】

また、磁気結合中間層16としては、スピンバルブGMRに採用される積層フェリ型の強磁性体層/Ru（ルテニウム）層/強磁性体層からなる積層構成もピン磁化を抑制するために好ましい。この積層構成においては、Ru層を介して上下の強磁性体層は反強磁性結合する。ここで、ピン層15と接する側の強磁性体層は、Ru層の反強磁性結合が十分発揮できれば必要ない。

10

【0031】

また、ピン層15と非磁性金属中間層14の間に、非磁性金属中間層14よりもハーフメタルピン層15との界面でアップスピン電子が散乱され難い磁性層を挿入すると、抵抗変化量の増大がより顕著になる。例えば、ピン層15の材料としてFe₃O₄ハーフメタルを用いる場合には、Feを含む磁性層をピン層15と中間層14との間に挿入するとよい。

20

【0032】

フリー層13の材料としては、例えば、CoFe、NiFe、CoFeNi合金を用いることができる。また、これらの合金層の積層体を用いることもできる。その積層構造としては、例えば、NiFe/CoFe、CoFe/NiFe、NiFe/CoFe/NiFe、CoFe/NiFe/CoFeなどを挙げることができる。

【0033】

また、フリー層13として、これらの合金と非磁性層との積層体を用いることもできる。その積層構造としては、例えば、CoFe/Cu/CoFe、NiFe/CoFe/Cu/CoFe/NiFeなどを挙げることができる。この場合、非磁性層との界面散乱が大きいCo系合金では、Ni系合金に比べて非磁性層との積層効果がより期待できる。

30

【0034】

フリー層13の全膜厚は、0.5～7nmの範囲にあることが望ましい。

【0035】

下地層12は、その上のフリー層13やピン層15の結晶性を改善する機能や、さらに界面の平滑性を高める機能などを有する材料により形成することが望ましい。このような材料としては、例えば、NiFeCr合金を挙げることができる。図示は省略したが、下地層12とフリー層13との間に低抵抗の非磁性層（例えば、Cu層など）を挿入してもよい。

【0036】

非磁性中間層14は、ピン層15とフリー層13との磁気結合を遮断する役割を有し、さらにピン層15からフリー層13へ流れるアップスピン電子が散乱されないような非磁性中間層14/ピン層15の界面を形成する役割を有することが必要である。非磁性中間層14の材料としては、例えば、Cu、Au、Ag、Re、Os、Ru、Ir、Pd、Cr、Mg、Al、Rh、Ptなどを用いることができる。その膜厚は、フリー層13とピン層15との間の磁気結合が十分に遮断できる程度に厚く、ピン層15からのアップスピン電子が散乱されない程度に薄いことが必要であり、材料に異なるが概ね0.5～5nmの範囲にあることが望ましい。

40

【0037】

以上詳述したような各要素により磁気抵抗効果素子を形成し、ハーフメタルからなるピン層15を介して、主にアップスピン電子をフリー層13へ注入するように上下電極111

50

、112間に電圧を印加する。すると、そのアップスピン電子は、フリー層13の磁化がピン層15と同方向の場合には散乱されず低抵抗となるのに対して、フリー層13の磁化がピン層15と反平行向きになると磁氣的散乱を受けて抵抗が高くなる。

【0038】

その結果として、通常メタル系のCPP-GMRに比べて、抵抗変化率の大幅な増大が実現できる。さらに、通常メタル系のCPP-GMRに比べて伝導を担う電子の数が少ないので抵抗を増大することが可能となる。つまり、大きな抵抗変化が実現でき、大きな再生出力が得られる磁気ヘッドが実現できる。

【0039】

一方、本発明の磁気抵抗効果素子は、TMR素子と異なり、トンネル現象特有のショットノイズを生じない。したがって、大きな再生出力に加えて高S/N比での再生が可能となる。

10

【0040】

ここで、本発明において大きな抵抗変化を得るためには、アップスピン電子は散乱されず、ダウンスピン電子のみがフリー層13の磁化方向に応じて散乱されることが望ましく、そのためには、フリー層13の周辺は良好な結晶欠陥の少ない良好な結晶性（例えば、結晶配向性が良好であることなど）を実現することが必要である。図1に例示したいわゆる「トップタイプ」は、酸化物ピン層15を成膜する前にフリー層13の周辺の薄膜を成膜形成できるので、フリー層13の周辺の結晶成長制御が容易であるというメリットを有する。

20

【0041】

さらに、本発明によれば以下の効果も期待できる。すなわち、通常メタル系CPP-GMRでは、スピン依存散乱を十分に大きくするためには、ピン層やフリー層が厚くなってしまいが、本発明では、スピン分極に優れたハーフメタルを用いるので物理的膜厚を薄くでき、狭いギャップに適する。さらに、ハーフメタルでは飽和磁化が小さいので、ピン層15の磁気膜厚を小さくすることができる。その結果として、十分なピン固着が可能になり、記録密度の向上、すなわち素子の微細化により必要となる高いピン固着の要求に応えることが可能となる。

【0042】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の他の具体例について説明する。

30

【0043】

図2は、本発明の磁気抵抗効果素子の第2の具体例の要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図も、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図である。図2については、図1に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0044】

本具体例の磁気抵抗効果素子10Bは、図1に例示したものと積層の順序が逆転している。すなわち、下部電極111の上に、下地層12、反強磁性層17、磁気結合中間層16、ピン層15、非磁性中間層14、フリー層13、保護膜18が順次積層された磁気抵抗効果膜が形成されている。そして、その上に上部電極112が形成されている。このよう

40

に積層順序を逆にしても、図1に関して前述したものと同様な効果が得られる。

【0045】

また、本具体例の場合、フリー層13が上側に積層されるので、そのパターンニングが容易であり、幅や形状の制御を確実に実施できるというメリットがある。

【0046】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の第3の具体例について説明する。

【0047】

図3は、本具体例の磁気抵抗効果素子の要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図も、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図である。図3については、図1乃至図2に関して前述したものと同様の要素には

50

同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0048】

本具体例の磁気抵抗効果素子10Cは、図2に表した磁気抵抗効果素子10Bのフリー層13の上にさらに、第2の非磁性金属中間層19、ピン層15と同様なハーフメタルからなる第2のピン層20、磁気結合中間層16と同様な第2の磁気結合中間層21、反強磁性層17と同様な第2の反強磁性層21、保護膜18が順次積層された構造を有する。

【0049】

本具体例の磁気抵抗効果素子10Cは、2つのハーフメタルピン層15、20を備えることにより電子のスピンによる選択性がさらに高くなり、抵抗変化量の増大はより顕著になる。その結果として、さらに高感度の磁気検出が可能となる。

10

【0050】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の第4の具体例について説明する。

【0051】

図4は、本具体例の磁気抵抗効果素子の要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図も、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図であり、図1乃至図3に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0052】

本具体例の磁気抵抗効果素子10Dにおいては、フリー層13にハーフメタルが用いられている。すなわち、下部電極111の上に、下地層12、反強磁性層17、磁気結合中間層16、ピン層15、非磁性中間層14、アシストフリー層131、ハーフメタルからなるフリー層13、保護膜18が順次積層された磁気抵抗効果膜が形成されている。そして、その上に上部電極112が形成されている。

20

【0053】

本具体例においては、フリー層13の材料としてハーフメタルを用いることにより、アップスピン電子のみを選択的に通過させ、前述したものと同様に磁気抵抗変化を増大できる。

【0054】

また、ハーフメタルとして用いる材料は、軟磁気特性(磁界応答性)が十分に高くない場合もある。そこで、本具体例においては、外部信号磁界による磁化応答をアシストするためのアシストフリー層131を積層し、磁界応答性を改善している。アシストフリー層131の材料としては、NiFe、CoFeNi、CoFeなどの軟磁性合金を用いることができる。

30

【0055】

また、本具体例において、フリー層13とともにピン層15にもハーフメタルを採用しても良い。

【0056】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の第5の具体例について説明する。

【0057】

図5は、本具体例の磁気抵抗効果素子の要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図も、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図であり、図1乃至図4に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

40

【0058】

本具体例の磁気抵抗効果素子10Eにおいても、フリー層13にハーフメタルが用いられている。但し、本具体例の場合は、図4に表した素子10Dとはアシストフリー層131の位置が異なり、保護膜18とハーフメタルからなるフリー層13との間に挿入されている。このようにアシストフリー層131を配置しても前述したものと同様の効果が得られる。

【0059】

50

また、本具体例においても、フリー層 13 とともにピン層 15 にもハーフメタルを採用しても良い。

【0060】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の第6の具体例について説明する。

【0061】

図6は、本具体例の磁気抵抗効果素子の要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図も、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図であり、図1乃至図5に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0062】

本具体例の磁気抵抗効果素子10Fにおいては、金属中間層にハーフメタルが挿入されている。すなわち、磁気抵抗効果素子10Fは、下部電極111の上に、下地層12、反強磁性層17、ピン層15、第1非磁性金属中間層141、ハーフメタル層142、第2非磁性金属中間層143、フリー層13、保護膜18が順次積層された磁気抵抗効果膜が形成されている。そして、その上に上部電極112が形成されている。

【0063】

このように、非磁性金属中間層の間にハーフメタルからなる層を設けることによっても、アップスピン電子のみを選択的に通過させ、前述したものと同様に磁気抵抗変化を増大できる。

【0064】

また、図示した具体例の他にも、例えば、図7に例示したように、フリー層13と中間層14との間にハーフメタルからなる層300を設けても良い。また、図8に例示したように、中間層14とピン層15との間にハーフメタルからなる層300を設けても良い。

【0065】

さらに、これら図6乃至図8に例示した構造を組み合わせても良い。つまり、ハーフメタルからなる層をスピバルブ構造の磁気抵抗効果膜の各層の間に適宜挿入しても良い。

【0066】

またさらに、これら具体例において、フリー層13やピン層15にもハーフメタルを採用しても良い。

【0067】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子の第9の具体例について説明する。

【0068】

図9は、本具体例の磁気抵抗効果素子の要部断面構造を表す模式図である。すなわち、同図も、磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドとして用いる場合の媒体対向面に対して平行な方向の断面図であり、図1乃至図6に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0069】

本具体例においては、ハーフメタルとハーフメタル的性質を有しない高抵抗層の両者が設けられている。

【0070】

すなわち、磁気抵抗効果素子10Gは、下部電極111の上に、下地層12、反強磁性層17、磁気結合中間層16、ハーフメタルからなるピン層15、非磁性金属中間層14、フリー層13、中間層25、信号磁界による磁化が応答するフリー層13、高抵抗層26、保護膜18が順次積層された磁気抵抗効果膜が形成されている。そして、その上に上部電極112が形成された構造を有する。

【0071】

電極111および112を通じてセンス電流がこの積層体の膜面に対して垂直方向に通電される。本具体例においては、ハーフメタルからなるピン層15と非磁性金属中間層14との界面、および中間層25と高抵抗層26との界面での電子反射効果のために、電子がハーフメタルピン層15と高抵抗層26との間に閉じ込められ易くなり、大きな抵抗変化

10

20

30

40

50

が得られる。

【0072】

高抵抗層26は、酸化物、窒化物、炭化物、あるいは弗化物などにより形成することができ、より具体的には、Ta(タンタル)酸化物やCr(クロム)酸化物、あるいはアルミナなどを用いることが望ましい。

【0073】

また、本具体例において、高抵抗層26を電子反射効果の高い層に置き換えても良い。電子反射効果の高い層の材料としては、例えば、Au(金)、Ag(銀)などを挙げることができ、より詳しくは、本発明者らによる特許出願(特願2001-321171号)において詳細に開示されている。

10

【0074】

次に、本発明の磁気抵抗効果素子を搭載した磁気再生装置について説明する。すなわち、図1乃至図9に関して説明した本発明の磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドは、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドアセンブリに組み込まれ、磁気記録再生装置に搭載することができる。

【0075】

図10は、このような磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。すなわち、本発明の磁気記録再生装置150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。同図において、磁気記録用媒体ディスク200は、スピンドル152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ตอบสนองする図示しないモータにより矢印Aの方向に回転する。本発明の磁気記録再生装置150は、複数の媒体ディスク200を備えたものとしてもよい。

20

【0076】

また、媒体ディスク200は、記録ビットの磁化方向がディスク面と略平行ないわゆる「面内記録方式」のものでも良く、あるいは、記録ビットの磁化方向がディスク面に対して略垂直な「垂直記録方式」のものでも良い。

【0077】

媒体ディスク200に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、例えば、前述したいずれかの実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

30

【0078】

媒体ディスク200が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面(ABS)は媒体ディスク200の表面から所定の浮上量をもって保持される。あるいはスライダが媒体ディスク200と接触するいわゆる「接触走行型」であってもよい。

【0079】

サスペンション154は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155の一端に接続されている。アクチュエータアーム155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156が設けられている。ボイスコイルモータ156は、アクチュエータアーム155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る。

40

【0080】

アクチュエータアーム155は、スピンドル157の上下2箇所設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ156により回転摺動が自在にできるようになっている。

【0081】

図11は、アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアセンブリ160は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155を有し、アクチュエータ

50

アーム 155 の一端にはサスペンション 154 が接続されている。

サスペンション 154 の先端には、図 1 乃至図 9 に関して前述したような本発明の磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドを具備するヘッドスライダ 153 が取り付けられている。サスペンション 154 は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線 164 を有し、このリード線 164 とヘッドスライダ 153 に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電氣的に接続されている。図中 165 は磁気ヘッドアッセンブリ 160 の電極パッドである。

【0082】

本発明によれば、図 1 乃至図 7 に関して前述したような磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドを具備することにより、従来よりも大幅に高い記録密度で磁気記録媒体ディスク 200 に磁氣的に記録された情報を確実に読みとることが可能となる。

10

【0083】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、磁気抵抗効果膜を構成する各要素の具体的な寸法関係や材料、その他、電極、バイアス印加膜、絶縁膜などの形状や材質に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

【0084】

また、磁気抵抗効果素子における反強磁性層、ピン層、スペーサ層、フリー層などの構成要素は、それぞれ単層として形成してもよく、あるいは 2 以上の層を積層した構造としてもよい。

20

【0085】

また、本発明の磁気抵抗効果素子を再生用磁気ヘッドに適用する際に、これと隣接して書き込み用の磁気ヘッドを設けることにより、記録再生一体型の磁気ヘッドが得られる。

【0086】

さらに、本発明の磁気再生装置は、特定の磁気記録媒体を定常的に備えたいわゆる固定式のものでも良く、一方、記録媒体が差し替え可能ないわゆる「リムーバブル」方式のものでも良い。

【0087】

さらに、本発明による磁気抵抗効果素子は、トランジスタ/ダイオード等と組み合わせて、あるいは単独で、磁気情報を記憶する「磁気メモリセル」を構成することができる。つまり、本発明は、磁気メモリセルを集積化した「磁気メモリ装置 (MRAM)」にも適用可能である。

30

【0088】

その他、本発明の実施の形態として上述した磁気ヘッド及び磁気記憶再生装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施しうるすべての磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気記憶再生装置も同様に本発明の範囲に属する。

【0089】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、スピバルブ構造を有する垂直通電型の磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果膜にハーフメタルからなる磁性層を挿入することにより、大きな抵抗変化量、低ノイズ、優れた高周波応答性など、従来の TMR や金属系スピバルブ構造の垂直通電型磁気抵抗効果素子では実現できなかった特性が併せて実現できる。

40

【0090】

その結果として、高周波応答性に優れ、高出力で高い S/N を有する磁気ヘッド、およびそれを搭載した磁気再生装置を提供することが可能となり産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構造を表す模式図である。

【図 2】本発明の磁気抵抗効果素子の第 2 の具体例の要部断面構造を表す模式図である。

50

【図3】本発明の磁気抵抗効果素子の第3の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図4】本発明の磁気抵抗効果素子の第4の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図5】本発明の磁気抵抗効果素子の第5の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図6】本発明の磁気抵抗効果素子の第6の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図7】本発明の磁気抵抗効果素子の第7の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図8】本発明の磁気抵抗効果素子の第8の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図9】本発明の磁気抵抗効果素子の第9の具体例の要部断面構造を表す模式図である。
 【図10】本発明の磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。
 【図11】アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。

10

【符号の説明】

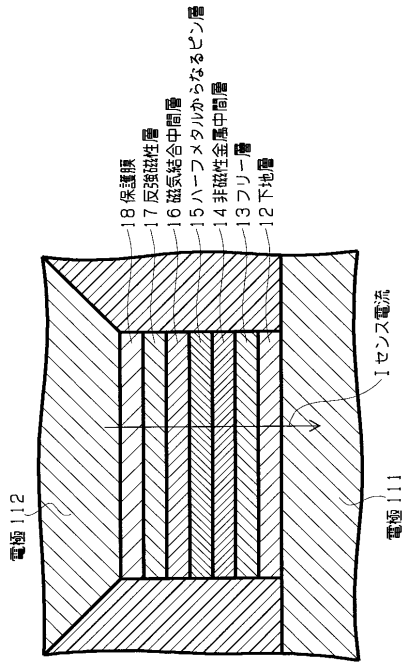
10A ~ 10G 磁気抵抗効果素子
 12 下地層
 13 フリー層
 14 非磁性金属中間層
 15 ピン層
 16 磁気結合中間層
 17 反強磁性層
 18 保護膜
 19 非磁性金属中間層
 20 ピン層
 21 反強磁性層
 21 磁気結合中間層
 25 中間層
 26 高抵抗層
 111 下部電極
 112 上部電極
 131 アシストフリー層
 141 非磁性金属中間層
 142 ハーフメタル層
 143 非磁性金属中間層
 150 磁気記録再生装置
 152 スピンドル
 153 ヘッドスライダ
 154 サスペンション
 155 アクチュエータアーム
 156 ボイスコイルモータ
 157 スピンドル
 160 磁気ヘッドアセンブリ
 164 リード線
 200 磁気記録媒体ディスク

20

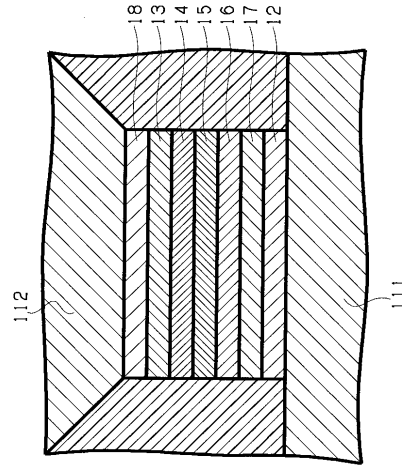
30

40

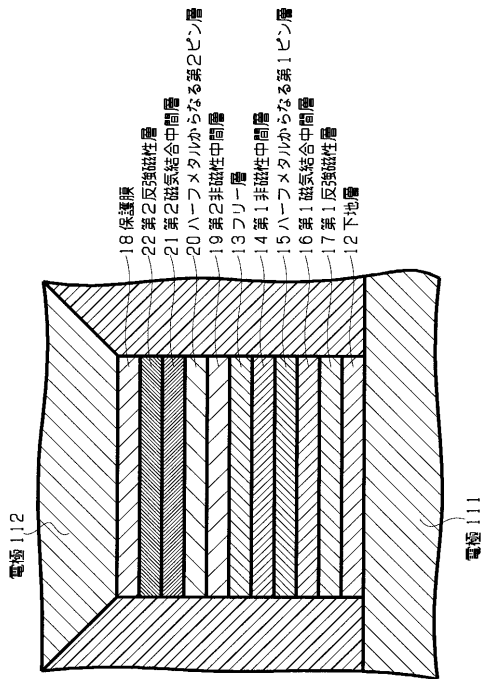
【 図 1 】



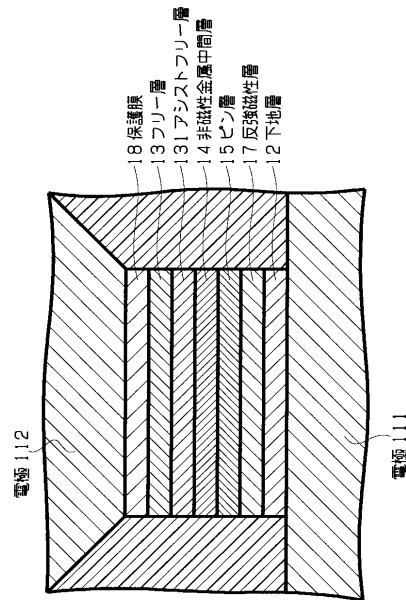
【 図 2 】



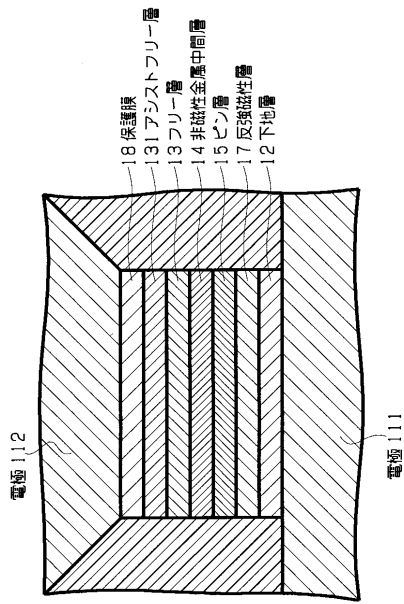
【 図 3 】



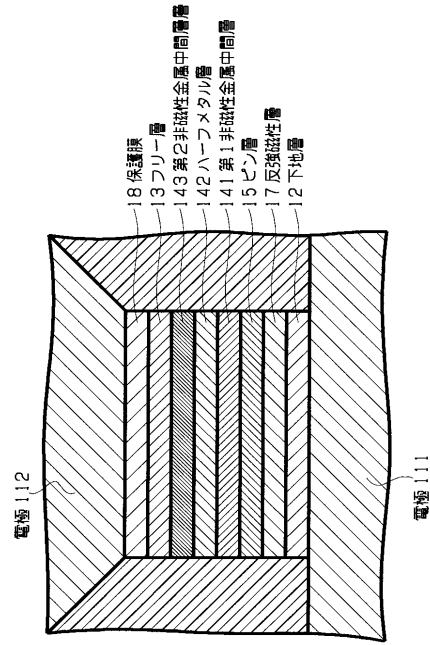
【 図 4 】



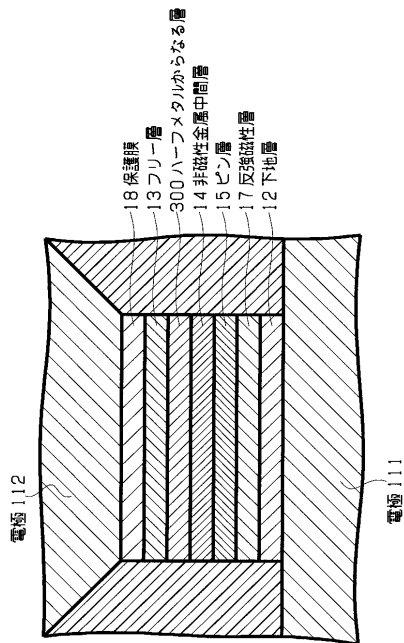
【 図 5 】



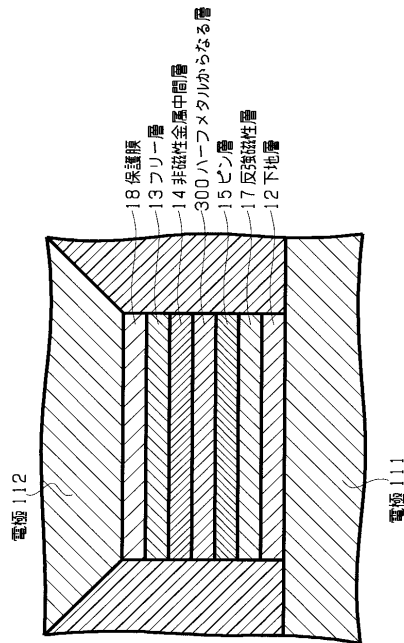
【 図 6 】



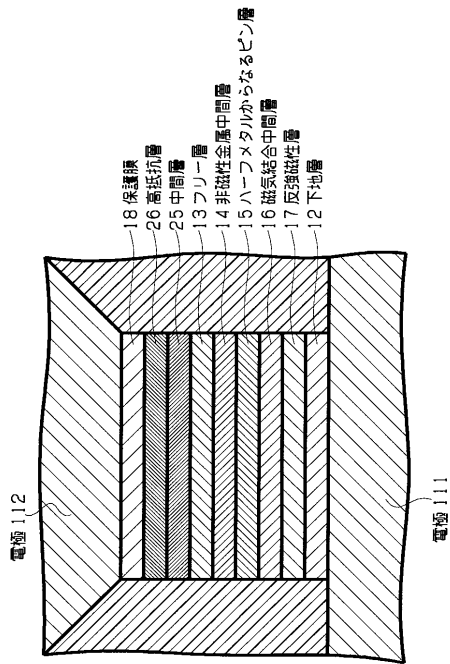
【 図 7 】



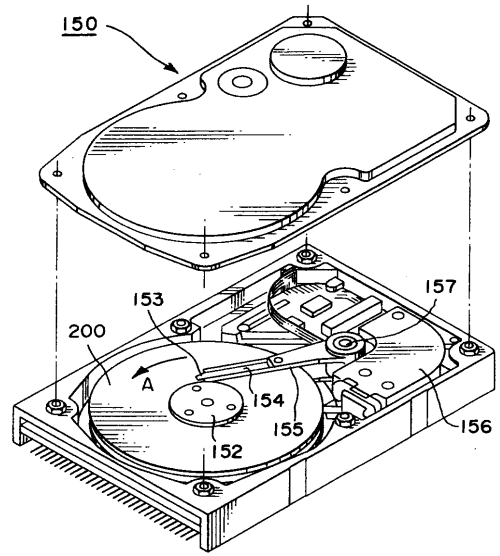
【 図 8 】



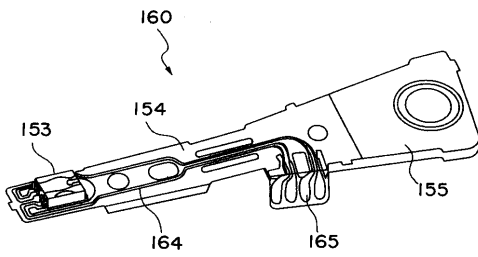
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

- (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 研究発センター内
- (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 研究発センター内
- (72)発明者 佐橋 政司
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 栗野 正明

- (56)参考文献 特開2001-160640(JP,A)
特開2000-252548(JP,A)
特開平05-275769(JP,A)
特開2002-190631(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 43/08
G01R 33/09
G11B 5/39
H01F 10/32