(11) 特許番号

(45)発行日	平成25年	E1 2月4日 (2013. 12	2.4)		(24)登録日	特許 平成25年9月13	第5361201号 (P5361201) 3日 (2013.9.13)
(51) Int.Cl.			FI				
HO1L	43/08	(2006.01)	HO1L	43/08	Z		
GO 1 R	33/09	(2006.01)	GO1R	33/06	R		
G 1 1 B	5/ 39	(2006.01)	G 1 1 B	5/39			
H01F	10/32	(2006.01)	HO1F	10/32			
HO1L	21/8246	i (200 6.01)	HO1L	27/10	447		
					請求項の数 5	(全 28 頁)	最終頁に続く
(21) 出願番号		特願2008-19366(P2008-19366)	(73)特許権	者 000003078		
(22) 出願日		平成20年1月30日	(2008.1.30)		株式会社東芝		
(65) 公開番号		特開2009-182130	(P2009-182130A)		東京都港区芝	浦一丁目1番1	号
(43) 公開日		平成21年8月13日	(2009.8.13)	(74)代理人	100149803		
審査請求	E	平成22年10月15E	3 (2010.10.15)		弁理士 藤原	康高	
審判番号		不服2012-17658(P2012-17658/J1)	(72)発明者	福澤 英明		
審判請求	E	平成24年9月10日	(2012.9.10)		東京都港区芝	浦一丁目1番1	号 株式会社
					東芝内		
				(72)発明者	村上 修一		
					東京都港区芝	浦一丁目1番1	号 株式会社
					東芝内		
				(72)発明者	湯浅 裕美		

(12) 特許公報(B2)

最終頁に続く

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社

東芝内

(54) 【発明の名称】磁気抵抗効果素子の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

(19) **日本国特許庁(JP)**

【請求項1】

磁化方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、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中間層と、 前記磁化固着層または磁化自由層の上に設けられたキャップ層と、前記磁化固着層と前記 中間層との界面又は前記中間層と前記磁化自由層との界面に設けられた機能層とを含む磁 気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に電流を流すための一対の電極とを有 する磁気抵抗効果素子の製造方法において、

前記機能層を形成するにあたり、 F e 含有量が 5 原子%以上である金属層を成膜する工程と、前記金属層を窒素雰囲気中に暴露する工程とを 1 モジュールとし、このモジュール 10 を 2 回以上繰り返すことを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項2】

前記機能層の膜厚をTナノメートル、前記モジュールの繰り返し回数をNとしたとき、

N (T/0.5)×X

(ここで、×は1~2の定数、T 1)

を満たすことを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項3】

1回に成膜する前記金属層の膜厚が1nm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の製造方法。

【請求項4】

前記中間層はAu、AgおよびCuからなる群より選択される元素を含有する金属層で 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の製造方法。

【請求項5】

前記中間層は酸素または窒素を含有する絶縁層および前記絶縁層を貫通する電流パスを 含み、前記電流パスはAu、Ag、Cu、Fe、CoおよびNiからなる群より選択され る元素を含有す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の製造方法。 【発明の詳細な説明】

【技術分野】

[0001]

本発明は、磁気抵抗効果膜の膜面の垂直方向にセンス電流を流して磁気を検知する磁気 10 抵抗効果素子、およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、HDD(Hard Disk Drive)などの磁気記録装置が、パソコン、携帯型音楽・ビ デオプレーヤー、ビデオムービー、カーナビゲーションなどの用途に用いられている。H DDは、用途の拡大に伴い、ますます記録容量の増大が望まれている。HDDの容積を上 げずに記録容量を上げるために、単位面積あたりの記録密度のさらなる向上が必要とされ ている。

[0003]

記録密度の向上に伴い、磁気記録媒体に記録された1ビットの面積は小さくなる。その 20 結果、記録媒体からでてくる磁界信号は極めて微弱になり、従来の再生ヘッドでは"0" か"1"を識別することが困難になる。したがって、記録密度の向上に伴い磁界感度の高 い再生ヘッドが必要となる。

【0004】

磁気デバイス、特に磁気ヘッドの性能は、巨大磁気抵抗効果(Giant Magneto-Resistiv e Effect:GMR)やトンネリングMR効果(Tunneling Magnetoresistive Effect:TMR)を用いることで飛躍的に向上している。特に、スピンバルブ膜(Spin-Valve:SV膜) の磁気ヘッドやMRAM(Magnetic Random Access Memory)などへの適用は、磁気デバ イス分野に大きな技術的進歩をもたらした。

【 0 0 0 5 】

「スピンバルブ膜」は、2つの強磁性層の間に非磁性のスペーサ層を挟んだ構造を有す る積層膜であり、スピン依存散乱ユニットとも呼ばれる。この2つの強磁性層の一方(「 ピン層」や「磁化固着層」などと称される)の磁化は反強磁性層などで固着され、他方(「フリー層」や「磁化自由層」などと称される)の磁化は外部磁界に応じて回転可能であ る。スピンバルブ膜では、ピン層とフリー層の磁化方向の相対角度が変化することで、巨 大な磁気抵抗変化が得られる。

[0006]

スピンバルブ膜を用いた磁気抵抗効果素子には、CIP(Current In Plane) - GMR 素子、CPP(Current Perpendicular to Plane) - GMR素子、およびTMR(Tunnel ing MagnetoResistance)素子がある。CIP - GMR素子ではスピンバルブ膜の膜面に 平行にセンス電流を通電し、CPP - GMR素子およびTMR素子ではスピンバルブ膜の 膜面にほぼ垂直方向にセンス電流を通電する。高記録密度のヘッドは、センス電流を膜面 に対して垂直に通電する方式に移行しつつある。

【 0 0 0 7 】

従来、ピン層と、フリー層と、スペーサ層と、前記ピン層、前記フリー層中、前記ピン 層と前記スペーサ層との界面、または前記フリー層と前記スペーサ層との界面に形成され た、酸化物、窒化物または酸窒化物を有する薄膜層とを備える磁気抵抗効果膜と、前記磁 気抵抗効果膜の膜面に略垂直な方向のセンス電流を通電する一対の電極を備えた磁気抵抗 効果素子が知られている(特許文献1)。上記の薄膜層はアップスピン電子またはダウン スピン電子のうちいずれか一方を優先的に透過させるので、より大きな磁気抵抗変化率(30

MR変化率:magnetoresistive ratio)を生み出すことに寄与する。このような薄膜層は スピンフィルター層(SF層)と呼ばれる。SF層は膜厚が薄くても、アップスピン電子 とダウンスピン電子の透過に差を生じさせることができるので、ヘッドの狭ギャップ化に も有利である。

【特許文献1】特開2004-6589号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

[0008]

しかし、従来のスピンフィルター層ではアップスピン電子とダウンスピン電子の透過の 差が不十分であり、より大きなMR変化率を実現できる余地があることがわかってきた。 ¹⁰ 【0009】

本発明の目的は、より大きなMR変化率を実現できる磁気抵抗効果素子を提供すること にある。

【課題を解決するための手段】

[0011]

本発明の一態様に係る磁気抵抗効果素子の製造方法は、磁化方向が実質的に一方向に固 着された磁化固着層と、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中間層と、前記磁化固着層または磁化自由層 の上に設けられたキャップ層と、前記磁化固着層と前記中間層との界面又は前記中間層と 前記磁化自由層との界面に設けられた機能層とを含む磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効 果膜の膜面に垂直に電流を流すための一対の電極とを有する磁気抵抗効果素子の製造方法 において、前記機能層を形成するにあたり、Fe含有量が5原子%以上である金属層を成 膜する工程と、前記金属層を窒素雰囲気中に暴露する工程とを1モジュールとし、このモ ジュールを2回以上繰り返すことを特徴とする。

【発明の効果】

[0012]

本発明によれば、より大きなMR変化率を実現できる磁気抵抗効果素子を提供すること ができる。

【発明を実施するための最良の形態】

[0013]

本発明者らは、センス電流を膜面に対して垂直に通電する方式の磁気抵抗効果素子において、磁化固着層中、磁化自由層中、磁化固着層と中間層との界面、中間層と磁化自由層 との界面、および磁化固着層または磁化自由層とキャップ層との界面のいずれかに、Fe を5%以上含有する金属材料と窒素とを含有する機能層(スピンフィルター層、SF層) を設けた場合に大きなMR変化率を実現できることを見出した。

【0014】

また、本発明者らは、機能層(SF層)の形成方法を改良することによって、上記のように大きなMR変化率を実現する磁気抵抗効果素子を製造できることを見出した。 【0015】

従来の方法では、下地層上に金属層を成膜した後、窒化処理を施して金属層を窒化物ま 40 たは酸窒化物に変換することによってSF層を形成している。この方法では、金属層の構 成原子に大きな変換エネルギーが加わることはないため、金属層が全膜厚にわたって窒化 物または酸窒化物に変換されないと考えられる。

[0016]

実施形態に係る磁気抵抗効果素子の製造方法では、機能層(SF層)を形成するに当た り、Fe含有量が5原子%以上である金属層を成膜する工程と、前記金属層を窒素雰囲気 に暴露する工程とを1モジュールとし、このモジュールを2回以上繰り返す。この場合、 薄い金属層に窒化処理を施すことになり、金属層の一原子あたりにより大きな変換エネル ギーを加えることができるので、金属層を全膜厚にわたって窒化物に変換することができ 、SF層としての機能を向上することができる。磁気抵抗効果素子の製造方法については 30

50

、後に図4を参照してより詳細に説明する。

【0017】

以下、図面を参照しながら、実施形態に係る磁気抵抗効果素子を説明する。なお、本明 細書において、全ての図面は模式的に描かれており、各構成要素の大きさ(膜厚など)お よび構成要素同士の比率などは実際のものと異なる。

【0018】

図1(a)および(b)、図2(a)および(b)、図3(a)および(b)に示す磁 気抵抗効果素子はいずれも、図示しない基板上に、下電極11、磁気抵抗効果膜SV、お よび上電極20を積層した構造を有する。

[0019]

10

図 1 (a) および (b) は、フリー層中に S F 層 2 1 を設けた磁気抵抗効果素子の一例 を表す斜視図である。

【0020】

図1(a)の磁気抵抗効果膜SVは、下地層12、ピニング層13、ピン層14、下部 金属層15、スペーサ層16、上部金属層17、フリー層18、キャップ層19を積層し た構造を有する。ピン層14は下部ピン層141、磁気結合層142および上部ピン層1 43を積層した構造を有する。スペーサ層16は絶縁層161および絶縁層161を貫通 する電流パス162を含む、いわゆる電流狭窄(CCP:Current-Confined Path)構造 を有する。なお、CCP構造の場合、下部金属層15、スペーサ層16および上部金属層 17を含めて広義のスペーサ層として取り扱うことがある。フリー層18は下部フリー層 181、SF層21および上部フリー層182を積層した構造を有する。 【0021】

20

図1(b)の磁気抵抗効果膜SVは、スペーサ層16が金属層からなり、下部金属層1 5および上部金属層17が省略されている以外は図1(a)と同様の構造を有する。 【0022】

図2(a)および(b)は、上部ピン層中にSF層22を設けた磁気抵抗効果素子の一 例を表す斜視図である。図2(a)はスペーサ層16がCCP構造を有する。図2(b) はスペーサ層16が金属層からなる。

【0023】

図3(a)の磁気抵抗効果膜SVは、上部ピン層が第1の上部ピン層144、SF層2 30 2および第2の上部ピン層145を積層した構造を有し、フリー層18が1層の磁性層か らなる以外は図2(a)と同様の構造を有する。

[0024]

図3(b)の磁気抵抗効果膜SVは、スペーサ層16が金属層からなり、下部金属層15および上部金属層17が省略されている以外は図3(a)と同様の構造を有する。 【0025】

図3(a)および(b)は、上部ピン層中にSF層22を設け、かつフリー層18中に SF層21を設けた磁気抵抗効果素子の一例を表す斜視図である。図3(a)はスペーサ 層16がCCP構造を有する。図3(b)はスペーサ層16が金属層からなる。その他の 構造は、図1(a)および(b)、図2(a)および(b)を参照して説明した通りであ る。

[0026]

以下、磁気抵抗効果素子の構成要素を説明する。

【 0 0 2 7 】

下電極11および上電極20は、スピンバルブ膜SVの垂直方向に通電するための一対 の電極である。下電極11と上電極20との間に電圧を印加することで、スピンバルブ膜 の膜面垂直方向にセンス電流が流れる。センス電流を通電して磁気抵抗効果に起因する抵 抗の変化を検出することにより、磁気の検知が可能になる。下電極11には、電流を磁気 抵抗効果素子に通電するために、電気抵抗が比較的小さい金属、たとえばNiFe、Cu などが用いられる。

[0028]

下地層12は、バッファ層およびシード層などとしての機能を有する。バッファ層は下 電極11表面の荒れを緩和するための層である。シード層は、その上に成膜されるスピン バルブ膜の結晶配向および結晶粒径を制御するための層である。

[0029]

バッファ層としては、Ta、Ti、W、Zr、Hf、Crまたはこれらの合金を用いる ことができる。バッファ層の膜厚は2~10nm程度が好ましく、3~5nm程度がより 好ましい。バッファ層の厚さが薄すぎるとバッファ効果が失われる。一方、バッファ層の 厚さが厚すぎるとMR変化率に寄与しない直列抵抗を増大させる。なお、バッファ層上に 成膜されるシード層がバッファ効果を有する場合には、バッファ層を必ずしも設ける必要 はない。好ましい例として、膜厚約3nmのTaが挙げられる。

[0030]

シード層には、その上に成膜される層の結晶配向を制御できる材料が用いられる。シー ド層としては、fcc構造(face-centered cubic structure: 面心立方構造)、hcp 構造(hexagonal close-packed structure:六方最密構造)、またはbcc構造(body-c entered cubic structure:体心立方構造)を有する金属層などが好ましい。たとえば、 シード層として、hcp構造を有するRuまたはfcc構造を有するNiFeを用いるこ とにより、その上のスピンバルブ膜の結晶配向をfcc(111)配向にすることができ る。また、ピニング層13(たとえばIrMn)の結晶配向を良好にすることができる。 上記の材料以外にも、Cr、Zr、Ti、Mo、Nb、Wまたはこれらの合金を用いるこ ともできる。結晶配向を向上させる機能を十分発揮するために、シード層の膜厚は1~5 nmが好ましく、1.5~3nmがより好ましい。シード層の厚さが薄すぎると結晶配向 制御などの効果が失われる。一方、シード層の厚さが厚すぎると、直列抵抗の増大を招き 、さらにスピンバルブ膜の界面の凹凸の原因となることがある。好ましい例として、膜厚 約2nmのRuを挙げることができる。

[0031]

スピンバルブ膜やピニング層13の結晶配向性は、 X線回折により測定できる。スピン バルブ膜のfcc(111)ピーク、bcc(110)ピーク、またはピニング層13(IrMn)のfcc(111)ピークでのロッキングカーブの半値幅を3.5~6度とし て、良好な配向性を得ることができる。なお、この配向の分散角は断面TEMを用いた回 折スポットからも判別することができる。

[0032]

シード層として、Ruの代わりに、NiFeベースの合金、たとえばNi_YFe_{100-×}(x = 9 0 ~ 5 0 %、好ましくは 7 5 ~ 8 5 %)、または N i F e に第 3 元素 X を添加して 非磁性にした(Ni_xFe_{100-x})_{100-v}X_v(X=Cr、V、Nb、Hf、Zr、Mo)を 用いることもできる。NiFeベースのシード層は、良好な結晶配向性を得るのが比較的 容易であり、上記と同様に測定したロッキングカーブの半値幅を3~5度にすることがで きる。

[0033]

シード層は結晶配向を向上させる機能だけでなく、その上に形成される層の結晶粒径を 制御する機能も有する。シード層の上に形成される層中の結晶粒の粒径は、断面TEMな どによって決定することができる。ピン層14がスペーサ層16よりも下層に位置するボ トム型スピンバルブ膜の場合には、シード層の上に形成されるピニング層13(反強磁性 層)やピン層14(磁化固着層)の結晶粒径を決定する。

[0034]

高密度記録に対応した再生ヘッドでは、素子サイズがたとえば100nm以下になる。 素子サイズに対して結晶粒径の比が大きく、素子面積あたりの結晶粒の数が少なくなると 、特性のばらつきの原因となりうるため、結晶粒径を大きくすることはあまり好ましくな い。特に電流パスを形成しているCCP-CPP素子では結晶粒径を大きくすることはあ まり好ましくない。一方、結晶粒径が小さくなりすぎても、良好な結晶配向を維持するこ 10

20

とが一般的には困難になる。このため、スピンバルブ膜の結晶粒径は5~40nmの範囲 が好ましく、5~20nmの範囲がより好ましい。このような結晶粒径の範囲であれば、 磁気抵抗効果素子のサイズが小さくなっても、特性のばらつきを招くことなく高いMR変 化率を実現できる。

【 0 0 3 5 】

この範囲の結晶粒径を得るためにも、シード層として膜厚約2nmのRuを用いること が好ましい。また、シード層として(Ni_xFe_{100-x})_{100-y}X_y(X=Cr、V、Nb、 Hf、Zr、Mo)を用いる場合には、第3元素Xの組成yを0~30%程度にすること が好ましい(yが0%の場合も含む)。

【0036】

一方、MRAM用途などでは素子サイズが100nm以上の場合があり、結晶粒径が40nm程度と大きくてもそれほど問題とならない場合もある。即ち、シード層を用いることで、結晶粒径が粗大化しても差し支えない場合もある。結晶粒径を40nmよりも粗大化させるには、シード層の材料として、たとえばNiFeCrベースでCr量を35~45%程度と多量に含みfccとbccの境界相を示す合金や、bcc構造を有する合金を用いることが好ましい。

【0037】

ピニング層13は、その上に成膜されるピン層14となる強磁性層に一方向異方性(un idirectional anisotropy)を付与して磁化を固着する機能を有する。ピニング層13の 材料としては、IrMn、PtMn、PdPtMn、RuRhMnなどの反強磁性材料を 用いることができる。このうち、高記録密度対応のヘッド用途では、IrMnが有利であ る。IrMnは、PtMnよりも薄い膜厚で一方向異方性を印加することができ、高密度 記録の為に必要な狭ギャップ化に適している。

【0038】

十分な強さの一方向異方性を付与するためには、ピニング層13の膜厚を適切に設定す る。ピニング層13の材料がPtMnやPdPtMnの場合には、膜厚は8~20nm程 度が好ましく、10~15nmがより好ましい。ピニング層13の材料がIrMnの場合 には、PtMnなどより薄い膜厚でも一方向異方性を付与可能であり、3~12nmが好 ましく、4~10nmがより好ましい。好ましい一例として、膜厚約7nmのIrMnが 挙げられる。

【0039】

ピニング層13として、反強磁性層の代わりにハード磁性層を用いてもよい。ハード磁 性層としては、たとえばCoPt(Co=50~85%)、(Co_xPt_{100-x})_{100-y}C r_y(x=50~85%、y=0~40%)、FePt(Pt=40~60%)が挙げら れる。ハード磁性層(特にCoPt)は比抵抗が比較的小さいため、直列抵抗および面積 抵抗RAの増大を抑制できる。

【0040】

ピン層14の好ましい例として、下部ピン層141(たとえばCo₉₀Fe₁₀[3.5n m])、磁気結合層142(たとえばRu)、および上部ピン層143(たとえばFe₅₀ Co₅₀[1nm]/Cu[0.25nm])×2/Fe₅₀Co₅₀[1nm])からなるシ ンセティックピン層が挙げられる。ピニング層13(たとえばIrMn)とその直上の下 部ピン層141は一方向異方性(unidirectional anisotropy)をもつように交換磁気結 合している。磁気結合層142の上下の下部ピン層141および上部ピン層143は、磁 化の向きが互いに反平行になるように強く磁気結合している。

【0041】

下部ピン層141の材料として、たとえばCo_xFe_{100-x}合金(×=0~100%)、 Ni_xFe_{100-x}合金(×=0~100%)、またはこれらに非磁性元素を添加したものを 用いることができる。下部ピン層141の材料として、Co、Fe、Niの単元素やこれ らの合金を用いてもよい。

[0042]

50

10

20

30

下部ピン層141の磁気膜厚(飽和磁化Bs×膜厚t、Bs・t積)は、上部ピン層1 43の磁気膜厚とほぼ等しいことが好ましい。つまり、上部ピン層143の磁気膜厚と下 部ピン層141の磁気膜厚とが対応することが好ましい。一例として、上部ピン層143 が(Fe₅₀Co₅₀[1nm]/Cu[0.25nm])×2/Fe₅₀Co₅₀[1nm]で ある場合、薄膜でのFeCoの飽和磁化が約2.2Tであるため、磁気膜厚は2.2T× 3nm=6.6Tnmとなる。Co₉₀Fe₁₀の飽和磁化が約1.8Tなので、上記と等し い磁気膜厚を与える下部ピン層141の膜厚tは6.6Tnm/1.8T=3.66nm となる。したがって、膜厚約3.6nmのCo₉₀Fe₁₀を用いることが望ましい。また、 ピニング層13としてIrMnを用いる場合には、下部ピン層141の組成はCo₉₀Fe 10よりも少しFe組成を増やすことが好ましい。具体的には、Co₇₅Fe₂₅などが好まし い例である。

【0043】

下部ピン層141に用いられる磁性層の膜厚は1.5~4nm程度が好ましい。これは 、ピニング層13(たとえばIrMn)による一方向異方性磁界強度および磁気結合層1 42(たとえばRu)を介した下部ピン層141と上部ピン層143との反強磁性結合磁 界強度の観点に基づく。下部ピン層141が薄すぎるとMR変化率が小さくなる。一方、 下部ピン層141が厚すぎるとデバイス動作に必要な十分な一方向性異方性磁界を得るこ とが困難になる。好ましい例として、膜厚約3.6nmのCo₇₅Fe₂₅が挙げられる。 【0044】

磁気結合層142(たとえばRu)は、上下の磁性層(下部ピン層141および上部ピ 2 ン層143)に反強磁性結合を生じさせてシンセティックピン構造を形成する機能を有す る。磁気結合層142としてのRu層の膜厚は0.8~1nmであることが好ましい。な お、上下の磁性層に十分な反強磁性結合を生じさせる材料であれば、Ru以外の材料を用 いてもよい。RKKY(Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida)結合の2ndピークに対応す る膜厚0.8~1nmの代わりに、RKKY結合の1stピークに対応する膜厚0.3~ 0.6nmを用いることもできる。例として、より高信頼性の結合を安定して特性が得ら れる、膜厚約0.9nmのRuが挙げられる。

【0045】

上部ピン層143の一例として、(Fe₅₀Co₅₀[1nm]/Cu[0.25nm]) ×2/Fe₅₀Co₅₀[1nm]のような磁性層を用いることができる。上部ピン層143 は、スピン依存散乱ユニットの一部をなす。上部ピン層143はMR効果に直接的に寄与 する磁性層であり、大きなMR変化率を得るためには、その構成材料および膜厚の両方が 重要である。特に、スペーサ層16との界面に位置する磁性材料は、スピン依存界面散乱 に寄与する点で重要である。

【0046】

上部ピン層143としては、たとえばbcc構造をもつ磁性材料を用いることが好ましい。上部ピン層143としてbcc構造をもつ磁性材料を用いた場合、スピン依存界面散乱効果が大きいため、大きなMR変化率を実現することができる。bcc構造をもつFe Co系合金として、Fe_xCo_{100-x}(x=30~100%)や、Fe_xCo_{100-x}に添加元素を加えたものが挙げられる。特に、諸特性を満たすFe₄₀Co₆₀~Fe₆₀Co₄₀、なかでもFe₅₀Co₅₀が好ましい材料である。

【0047】

上部ピン層143に、高MR変化率を実現しやすいbcc構造をもつ磁性層を用いた場合、この磁性層の全膜厚は1.5nm以上であることが好ましい。これはbcc構造を安定に保つためである。スピンバルブ膜に用いられる金属材料は、fcc構造またはfct 構造であることが多いため、上部ピン層143のみがbcc構造を有することがあり得る。このため、上部ピン層143の膜厚が薄すぎると、bcc構造を安定に保つことが困難 になり、高いMR変化率が得られなくなる。上部ピン層143の例として挙げた、(Fe 50 Co 50 [1 nm] / Cu [0.25 nm]) × 2 / Fe 50 Co 50 [1 nm] は、全膜厚 が3 nmのFe Coと、1 nmのFe Coごとに積層された0.25 nmのCuとを有し

50

40

30

、トータル膜厚3.5 nmである。一方、上部ピン層143の膜厚は5 nm以下であるこ とが好ましい。これは、大きなピン固着磁界を得るためである。大きなピン固着磁界と、 b c c 構造の安定性の両立のために、 b c c 構造をもつ上部ピン層143の膜厚は2.0 ~4nm程度であることが好ましい。

[0048]

上部ピン層143として、bcc構造をもつ磁性材料の代わりに、従来の磁気抵抗効果 素子で広く用いられているfcc構造を有するCo_{១0}Fe₁₀合金や、hcp構造をもつコ バルト合金を用いることもできる。上部ピン層143として、Co、Fe、Niなどの単 体金属、またはこれらのいずれか一つの元素を含む合金材料も用いることができる。上部 ピン層143の磁性材料として、大きなMR変化率を得るのに有利なものから並べると、 bcc構造をもつFeCo合金材料、50%以上のコバルト組成をもつコバルト合金、5 0%以上のNi組成をもつニッケル合金の順になる。 [0049]

10

40

上部ピン層143の例として挙げた、(Fe₅₀Co₅₀[1nm]/Cu[0.25nm]) x 2 / F e 50 C o 50 [1 n m] は、磁性層(F e C o 層)と非磁性層(極薄C u 層) とを交互に積層したものである。このような構造を有する上部ピン層143では、極薄C u層によって、スピン依存バルク散乱効果と呼ばれるスピン依存散乱効果を向上させるこ とができる。

[0050]

20 「スピン依存バルク散乱効果」は、「スピン依存界面散乱効果」と対をなす用語である スピン依存バルク散乱効果とは、磁性層内部でMR効果を発現する現象である。スピン 依存界面散乱効果とは、スペーサ層と磁性層の界面でMR効果を発現する現象である。 [0051]

図2(a)および(b)に示したように、上部ピン層にSF層22を挿入すると、MR 変化率を上昇させる効果がある。図2(a)のようにスペーサ層がCCP構造である場合 と、図2(b)のようにスペーサ層が金属層である場合のどちらにおいてもMR変化率上 昇の効果が期待できる。SF層22の材料や作製方法などについては、フリー層中にSF 層21を設ける場合に関連して後に詳述するので、ここでは省略する。

[0052]

30 以下、磁性層と非磁性層の積層構造をもつ上部ピン層を用いることによるバルク散乱効 果の向上について説明する。

[0053]

図1(a)のようなCCP構造をもつCPP-GMR素子の場合には、スペーサ層の近 傍で電流が狭窄されるため、界面近傍での抵抗の寄与が非常に大きい。つまり、スペーサ 層16と磁性層(ピン層14およびフリー層18)との界面での抵抗が、磁気抵抗効果素 子全体の抵抗に占める割合が大きい。このことは、CCP-CPP素子ではスピン依存界 面散乱効果の寄与が非常に大きく、重要であることを示している。つまり、スペーサ層1 6の界面に位置する磁性材料の選択が、従来のCPP素子の場合と比較して重要な意味を もつ。ピン層143にbcc構造をもつFeCo合金層を用いている理由は、前述したと おりスピン依存界面散乱効果が大きいためである。

[0054]

しかし、より高MR変化率を得るためには、バルク散乱効果の大きい材料を用いること も重要である。バルク散乱効果を得るために、極薄Cu層の膜厚は0.1~1nmが好ま しく、0.2~0.5nmがより好ましい。Cu層の膜厚が薄すぎると、バルク散乱効果 を向上させる効果が弱くなる。Cu層の膜厚が厚すぎると、バルク散乱効果が減少するこ とがあるうえに、非磁性のCu層を介した上下磁性層の磁気結合が弱くなり、ピン層14 の特性が不十分となる。これらの理由から、好ましい例として挙げた上部ピン層では膜厚 25nmのCuを用いている。

[0055]

上部ピン層143における磁性層間の非磁性層の材料として、Cuの代わりにHf、Ζ 50 r、Tiなどを用いてもよい。これらの極薄の非磁性層を挿入した場合、FeCoなど磁 性層の一層あたりの膜厚は0.5~2 nmが好ましく、1~1.5 nm程度がより好ましい。

【 0 0 5 6 】

上部ピン層143として、FeCo層とCu層との交互積層構造に代えて、FeCoと Cuを合金化した層を用いてもよい。このようなFeCoCu合金として、たとえば(F e_xCo_{100-x})_{100-y}Cu_y(x=30~100%、y=3~15%程度)が挙げられるが 、これ以外の組成範囲を用いてもよい。FeCoに添加する元素として、Cuの代わりに Hf、Zr、Tiなど他の元素を用いてもよい。

【0057】

上部ピン層143には、Co、Fe、Niやこれらの合金からなる単層膜を用いてもよい。たとえば、最も単純な構造の上部ピン層143として、従来から広く用いられている2~4nmのCo₉₀Fe₁₀単層を用いてもよい。この材料に他の元素を添加してもよい。 【0058】

スペーサ層16には、絶縁層161および絶縁層161を貫通する電流パス162を有 するCCP構造のものと、金属層(オールメタル)からなるものが用いられる。

【0059】

下部金属層15、スペーサ層16および上部金属層17を含むCCP構造のスペーサ層 (広義)について説明する。

[0060]

下部金属層15は電流パス162材料の供給源として用いられた後の残存層であり、最 終形態として必ずしも残存していないこともある。

[0061]

CCP構造のスペーサ層において、絶縁層161は酸化物、窒化物、酸窒化物などから 形成される。絶縁層161としては、Al₂O₃のようなアモルファス構造を有するもの、 およびMgOのような結晶構造を有するもののいずれでも用いることができる。スペーサ 層としての機能を発揮するために、絶縁層161の厚さは1~3.5nmの範囲が好まし く、1.5~3nmの範囲がより好ましい。

【0062】

絶縁層161に用いられる典型的な材料としては、A1₂O₃およびこれに添加元素を加 3 えたものが挙げられる。例として、膜厚約2nmのA1₂O₃を用いることができる。添加 元素としては、Ti、Hf、Mg、Ζr、V、Mo、Si、Cr、Nb、Ta、W、B、 C、Vなどがある。これらの添加元素の添加量は0%~50%程度の範囲で適宜変えるこ とができる。

【0063】

絶縁層161には、Al₂O₃のようなAl酸化物の代わりに、Ti酸化物、Hf酸化物、Mg酸化物、Zr酸化物、Cr酸化物、Ta酸化物、Nb酸化物、Mo酸化物、Si酸化物、V酸化物なども用いることができる。これらの酸化物に対しても上述した添加元素を用いることができる。添加元素の添加量は0%~50%程度の範囲で適宜に変えることができる。

【0064】

絶縁層161として、酸化物の代わりに、Al、Si、Hf、Ti、Mg、Zr、V、 Mo、Nb、Ta、W、B、Cをベースとする窒化物または酸窒化物を用いてもよい。 【0065】

電流パス162は、スペーサ層16の膜面垂直に電流を流す狭窄されたパス(経路)を 形成するものであり、たとえばCuなどの金属からなる。スペーサ層16にCCP構造を 用いた場合、電流狭窄効果によりMR変化率を増大できる。電流パス162の材料には、 Cu以外に、Au、Ag、Al、Ni、Co、Fe、およびこれらの元素を少なくとも一 つは含む合金を用いることができる。Cuを含む合金の例として、たとえばCuNi、C uCo、CuFeなどが挙げられる。MR変化率を高くし、ピン層14とフリー層18の 10

30

20

層間結合磁界(interlayer coupling field、Hin)を小さくするためには、50%以上 のCuを含む組成を有する合金を用いることが好ましい。

【0066】

電流パス162を形成する材料は、金属層(オールメタル)からなるスペーサ層に用いることもできる。特に、オールメタルのスペーサ層は、Au、AgおよびCuからなる群より選択される元素で形成することが好ましい。オールメタルスペーサ層の膜厚は、1. 5~3nm程度が好ましい。

[0067]

電流パス162は絶縁層161と比べて著しく酸素、窒素の含有量が少ない(酸素や窒素の含有量の比率が2倍以上である)領域であり、一般的には結晶相である。結晶相は非 10 結晶相よりも抵抗が小さいため、電流パス162として好ましい。

【0068】

上部金属層17は広義のスペーサ層の一部を構成する。上部金属層17は、その上に成 膜されるフリー層18がスペーサ層16の酸化物に接して酸化されないように保護するバ リア層としての機能、およびフリー層18の結晶性を良好にする機能を有する。たとえば 、絶縁層161の材料がアモルファス(たとえばA1₂O₃)の場合には、その上に成膜さ れる金属層の結晶性が悪くなる。そこで、上部金属層17として、fcc結晶性を良好に する層(たとえばCu層、1nm以下程度の膜厚でよい)を配置することにより、フリー 層18の結晶性を著しく改善することができる。

【0069】

なお、スペーサ層16の材料やフリー層18の材料によっては、必ずしも上部金属層1 7を設ける必要はない。アニール条件の最適化や、スペーサ層16の絶縁材料の選択、フ リー層18の材料の選択などによって、結晶性の低下を回避することができれば、スペー サ層16上の金属層17を不要にできる。

[0070]

ただし、製造上のマージンを考慮すると、CCP構造を採用する場合には、スペーサ層 16上に上部金属層17を形成することが好ましい。上部金属層17の好ましい例として 、膜厚約0.5nmのCuが挙げられる。

【0071】

上部金属層17の材料として、Cu以外にAu、Ag、Ruなどを用いることもできる 30 。上部金属層17の材料は、スペーサ層16の電流パス162の材料と同一であることが 好ましい。上部金属層17の材料が電流パス162の材料と異なる場合には界面抵抗の増 大を招くが、両者が同一の材料であれば界面抵抗の増大は生じない。

【0072】

上部金属層17の膜厚は0~1nmが好ましく、0.1~0.5nmがより好ましい。 上部金属層17が厚すぎると、スペーサ層16で狭窄された電流が上部金属層17で広が って電流狭窄効果が不十分になり、MR変化率の低下を招く。

【0073】

フリー層18は、外部磁界によって磁化方向が変化する強磁性体を含む層である。たと えば、図1(a)および(b)の磁気抵抗効果素子では、フリー層18の一部として金属 材料の窒化物からなり、スピンフィルター効果を有するSF層21を設けることにより、 膜厚を増大させることなく、より大きなMR変化率を実現することができる。窒化物から なるSF層に変換される金属材料としては、Feと、Co、NiおよびBからなる群より 選択される元素とを含有し、Fe含有量が5原子%以上であるものが用いられる。 【0074】

なお、図2(a)および(b)に示すように、上部ピン層中にSF層22を設けてもよいし、図3(a)および(b)に示すように、フリー層18中にSF層22を設けるとともに上部ピン層中にSF層22を設けてもよい。フリー層中またはピン層中に複数のSF層を設けてもよい。また、ピン層14とスペーサ層16との界面、スペーサ層16とフリー層18との界面、フリー層18とキャップ層19との界面にSF層を設けてもよい。

20

[0075]

キャップ層19はスピンバルブ膜を保護する機能を有する。キャップ層19は複数の金 属層、たとえばCu層とRu層の2層構造(Cu[1nm]/Ru[10nm])にする ことができる。キャップ層19として、フリー層18側にRuを配置したRu/Cu層を 用いることもできる。この場合、Ruの膜厚は0.5~2nm程度が好ましい。この構造 のキャップ層19は、特にフリー層18がNiFeからなる場合に望ましい。RuはNi と非固溶な関係にあるので、フリー層18とキャップ層19の間に形成される界面ミキシ ング層の磁歪を低減できる。

(11)

[0076]

キャップ層19がCu/RuおよびRu/Cuのいずれでも、Cu層の膜厚は0.5~ 10 10nm程度が好ましく、Ru層の膜厚は0.5~5nm程度が好ましい。Ruは比抵抗 値が高いため、厚いRu層を用いることは好ましくない。

【0077】

キャップ層19としてCu層やRu層の代わりに他の金属層を設けてもよい。スピンバルブ膜を保護可能な材料であれば、キャップ層19に他の材料を用いてもよい。ただし、 キャップ層の選択によってMR変化率や長期信頼性が変わる場合があるので、注意が必要 である。これらの観点からも、CuやRuはキャップ層の材料として好ましい。

【0078】

上電極20には、電気的に低抵抗な材料、たとえばCu、Au、NiFeなどが用いられる。

【0079】

次に、実施形態に係る磁気抵抗効果素子の製造方法を説明する。図4(a)~(e)は、図1(b)の磁気抵抗効果素子を製造するにあたり、下部フリー層181上にSF層2 1を形成するための製造工程を示す断面図である。

[0080]

図4(a)に示すように、下部フリー層181上に、SF層21に変換される第1の金 属層211を成膜する。第1の金属層211は、Fe含有量が5原子%以上である金属材 料からなる。

【0081】

図4(b)に示すように、第1の金属層211に変換処理を施し、窒素を含む変換層2 30 11'を形成する。この変換層211'はSF層21の一部となる。この変換処理におい ては、単に金属層211の表面を窒素雰囲気に暴露するのみでは所望の変換層に変換する ことはできない。窒素雰囲気中でイオンビームによって金属層の原子に運動エネルギーを 与えつつ、変換処理を行うことが必要である。このような処理では、金属層の原子へエネ ルギーアシストが作用する。第1の金属層211を薄く堆積して変換処理を行うことによ り、深さ方向に均一な変換処理を施すことができる。

【0082】

図4(c)に示すように、変換層211'の上にSF層21に変換される第2の金属層 212を再び成膜する。第2の金属層212も、Fe含有量が5原子%以上である金属材 料からなる。

【0083】

図4(d)に示すように、図4(b)と同様に、第2の金属層212に再び変換処理を施し、窒素を含む変換層212'を形成する。このとき、第2の金属層212のみで変換が進行するだけでなく、直下の変換層211'、さらには下部フリー層181においても変換が進行することがある。金属材料に応じて窒化物の生成エネルギーが異なるため、変換が進行する深さは、金属材料の組成および結晶構造などに大きく依存する。

【0084】

以下、最終的に完成されるSF層21の膜厚に応じて分割回数を変え、金属層の成膜および変換処理を1モジュールと、このモジュールを必要な回数だけ繰り返して行い、SF 層21を形成する。 40

[0085]

その後、図4(e)に示すように、上部フリー層182を成膜する。こうして下部フリ ー層181、SF層21および上部フリー層182を含むフリー層18を形成する。なお 、上述したように、下部フリー層181まで変換処理の影響が及んだ場合には、SF層2 1と下部フリー層181との間に明確な区分がなくなることがある。このような場合には 、スペーサ層16とフリー層18(この場合には上部フリー層182のみ)との界面にS F層21が形成されているのと等価である。

【0086】

窒化物からなるSF層を形成する場合、SF層の完成膜厚をTナノメートルとしたとき、金属層の成膜と変換処理を1モジュールとするモジュールの繰り返し回数Nは以下の式 ¹⁰ によって記述される。

【0087】

N (T/0.5)×× (1) (ここで、×は1~2の定数、T 1)。 【0088】

窒化物からなるSF層の完成膜厚に応じて分割して成膜する金属層の分割数を変化させるにあたり、上記(1)式に当てはめて繰返し回数Nを規定し、一連の製造工程を実施する。窒化物は生成エネルギーが大きいため、SF層に変換される金属層を1nm超の厚さに成膜して窒化処理を行うと、表面に薄い窒化層が形成されるだけで、SF層として所期の効果を発揮することができず、MR変化率を向上させる効果が小さい。したがって、1回に成膜する金属層の膜厚を1nm以下にすることが好ましい。

【0089】

特に、図2(a)および(b)に示したように、上部ピン層143中にSF層22を設ける場合、ピン層のピンニング特性(Hua)を低下させないようにすることが好ましい。 この場合、Ni、Fe、Coおよびこれらの合金から選択される強磁性金属層に変換処理 を施してSF層を形成すると、Huaが低下しにくい点で好ましい。また、SF層22を挟 む2層の強磁性層を強磁性結合させることが望ましい。

 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 9 & 0 \end{bmatrix}$

また、フリー層中にSF層を設ける場合、強磁性金属層に変換処理を施してSF層を形 成すると、強磁性体中の磁気モーメント同士の交換結合が働き、フリー層全体が強磁性結 合して、磁化の一斉回転が起こるようになる。このため、フリー層として必要条件の1つ である低保磁力(Hc)を制御性よく実現できる。

[0091]

窒化物からなるSF層21の完成膜厚は0.2nm~10nm程度が好ましく、0.3 ~5nm程度がより好ましい。なお、窒化物でも絶縁層として知られている材料は、膜厚 を大きくすると面積抵抗が増大するため、低抵抗ヘッド用の磁気抵抗効果素子を作製する 上で10nmに近い厚さをもつSF層21は実用的ではない。

【0092】

より均一なSF層を形成するために、原子の移動エネルギーをアシストする目的で、ア ルゴン、キセノン、ヘリウム、ネオン、クリプトンなどのガスをイオン化またはプラズマ ⁴⁰ 化し、このようなイオン化雰囲気またはプラズマ雰囲気中に窒素ガスなどを供給して生じ たイオンやプラズマを金属層表面に照射して変換処理を行ってもよい。 【0093】

SF層形成の際に、上記のようなイオンアシストによる窒化ではなく、単に窒素ガス雰 囲気に金属層を暴露させ、いわゆる自然窒化することも考えられるが、均一なSF層を形 成するには(1)式に従って分割した薄い膜厚の金属層を成膜することが好ましい。 【0094】

SF層を含む磁気抵抗効果素子の面積抵抗RAは0.5 ・μm²以下、具体的には0 .05 ・μm²~0.3 ・μm²が好ましい。

[0095]

20

以下、SF層を形成する際のビーム条件について説明する。窒化処理によりSF層を形 成する際に上述したように希ガスをイオン化またはプラズマ化する場合、加速電圧Vを+ 30~130V、ビーム電流Ibを20~200mAに設定することが好ましい。これら の条件は、イオンビームエッチングを行う場合の条件と比較すると著しく弱い条件である 。イオンビームの代わりにRFプラズマなどのプラズマを用いても同様にSF層を形成す ることができる。イオンビームの入射角度は、膜面に対して垂直に入射する場合を0度、 膜面に平行に入射する場合を90度と定義して、0~80度の範囲で適宜変更する。この 工程による処理時間は15秒~180秒が好ましく、制御性などの観点から30秒以上が より好ましい。処理時間が長すぎると、CPP素子の生産性が劣るため好ましくない。こ れらの観点から、処理時間は30秒~180秒が最も好ましい。

[0096]

イオンまたはプラズマを用いた窒化処理の場合、窒素暴露量は1000~100000 00L(1L=1×10⁻⁶Torr×sec)が好ましい。

【 0 0 9 7 】

上記のような適正な条件を図4の各工程で用いることにより、良好な特性を与えるSF 層を実現することができる。

【0098】

図4(a)および(c)において、分割して積層される第1および第2の金属層211 、212は同一の材料でもよいし異なる材料でもよい。一般的には、同一の材料を用いる ことが多いが、必ずしも一致している必要はない。

[0099]

図5に実施形態に係る磁気抵抗効果素子を製造するために用いられる装置の概略的な構成を示す。図5に示すように、搬送チャンバー(TC)50を中心として、ロードロック チャンバー51、プレクリーニングチャンバー52、第1の金属成膜チャンバー(MC1)53、第2の金属成膜チャンバー(MC2)54、変換処理チャンバー60がそれぞれ 真空バルブを介して設けられている。この装置では、真空バルブを介して接続された各チャンバーの間で、真空中において基板を搬送することができるので、基板の表面は清浄に 保たれる。

【0100】

金属成膜チャンバー53、54は多元(5~10元)のターゲットを有する。成膜方式 は、DCマグネトロンスパッタ、RFマグネトロンスパッタなどのスパッタ法、イオンビ ームスパッタ法、蒸着法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法、およびMBE(Mol ecular Beam Epitaxy)法などが挙げられる。変換処理には、イオンビーム機構、RFプ ラズマ機構、または加熱機構を有するチャンバーを利用でき、かつ金属成膜チャンバーと は分けることが必要である。

【0101】

真空チャンバーの典型的な真空度は、10⁻⁹Torr台であり、10⁻⁸Torrの前半 の値でも許容できる。より具体的には、金属成膜チャンバーの到達真空度は1×10⁻⁸T orr以下にすることが好ましく、5×10⁻¹⁰Torr~5×10⁻⁹Torr程度が一 般的である。搬送チャンバー50の到達真空度は10⁻⁹Torrオーダーである。変換処 理チャンバー60の到達真空度は8×10⁻⁸Torr以下である。

40

10

20

【0102】

SF層に変換される金属層の成膜は金属成膜チャンバー53、54のいずれかで行われ る。変換処理は変換処理チャンバー60において行われる。金属層の成膜後に、基板は搬 送チャンバー50を介して変換処理チャンバー60に搬送され変換処理が行われる。その 後、金属成膜チャンバー53、54のいずれかに搬送されて第2の金属層が成膜された後 、基板は再び搬送チャンバー50を介して酸化処理チャンバー60に搬送され、変換処理 が行われる。

【0103】

図6に、図5の変換処理チャンバー60の一例の構成を示す。この変換処理チャンバー 50

60はイオンビームを用いるものである。図に示すように、変換処理チャンバー60は真 空ポンプ61によって真空引きされ、変換処理チャンバー60にはマスフローコントロー ラー(MFC)63により流量制御された反応ガスが供給管62から導入される。変換処 理チャンバー60内にはイオンソース70が設けられている。イオンソースの形式は、I CP(Inductive coupled plasma)型、Capacitive coupled plasma型、ECR(Electro n-cyclotron resonance)型、カウフマン型などが挙げられる。イオンソース70に対向 するように基板ホルダー80が配置され、その上に基板1が設置される。

[0104]

イオンソース70からのイオン放出口には、イオン加速度を調整する3枚のグリッド7 1、72、73が設けられている。イオンソース70の外側にはイオンを中和するニュー トラライザ74が設けられている。基板ホルダー80は傾斜可能に支持されている。基板 1へのイオンの入射角度は広い範囲で変えることができるが、典型的な入射角度の値は1 5°~60°である。

【0105】

この変換処理チャンバー60において、Arなどのイオンビームを基板1に照射することにより、イオンを用いた変換処理に対するエネルギーアシストを行うことができ、供給管62から反応ガスを供給しながらArなどのイオンビームを基板1に照射することにより金属層を変換してSF層を形成する。

[0106]

変換処理チャンバーとしてRFプラズマチャンバーなどを用いてもよい。いずれにして ²⁰ も、変換処理においてエネルギーを与えるために、イオンまたはプラズマを発生すること ができるチャンバーにおいて変換処理を行う。

[0107]

また、エネルギーを与えるための手段として、加熱処理を行ってもよい。この場合、た とえば100 ~300 の温度で数十秒から数分程度の加熱処理が挙げられる。

【0108】

次に、図1(a)および(b)に示した磁気抵抗効果素子の製造方法を全体的に説明する。

【0109】

(1)下地層12の形成

基板(図示せず)上に、微細加エプロセスによって予め下電極11を形成しておく。下 電極11上に、下地層12としてたとえばTa[5nm]/Ru[2nm]を成膜する。 Taは下電極の荒れを緩和するためのバッファ層である。Ruはその上に成膜されるスピ ンバルブ膜の結晶配向および結晶粒径を制御するシード層である。

【0110】

(2) ピニング層13の形成

下地層12上にピニング層13を成膜する。ピニング層13の材料としては、PtMn 、PdPtMn、IrMn、RuRhMnなどの反強磁性材料を用いることができる。 【0111】

(3) ピン層14の形成

ピニング層13上にピン層14を形成する。ピン層14には、たとえば下部ピン層14 1(Co₉₀Fe₁₀)、磁気結合層142(Ru)、および上部ピン層143(Co₉₀Fe ₁₀)からなるシンセティックピン層を用いることができる。

【0112】

(4)スペーサ層の形成

次に、スペーサ層を形成する。スペーサ層は、図1(a)のようなCCP構造を有する ものでもよいし、図1(b)のような金属層でもよい。

【0113】

CCP構造のスペーサ層は、たとえば特開2006-54257号公報に開示されてい る方法で形成することができる。金属層からなるスペーサ層は、金属成膜チャンバーにお ⁵⁰

30

10

いてCu、Au、Ag、Cr、Mnなどを成膜することによって形成することができる。 [0114](5)フリー層の形成 次に、図4を参照して説明した方法に従って、SF層21を含むフリー層18を形成す る。 [0115] (6) キャップ層19および上電極20の形成 フリー層18の上に、キャップ層19としてたとえばCu[1nm]/Ru[10nm 1を積層する。キャップ層19の上にスピンバルブ膜へ垂直通電するための上電極20を 10 形成する。 【実施例】 [0116](実施例1) 本実施例においては、図1(b)に示す磁気抵抗効果素子を作製した。実施例1の磁気 抵抗効果素子の構成を示す。 [0117]下電極11 下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm] ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm] 20 ピン層14:Co₉₀Fe₁₀[4nm]/Ru[0.85nm]/Co₉₀Fe₁₀[4nm 1 スペーサ層(オールメタル)16:Cu[3nm] 下部フリー層181:Co₉₀Fe₁₀[2nm] SF層21:図4の方法で作製した(Fe₈₀Co₂₀[0.4nm]の窒化層)×5層 上部フリー層182:Co₉₀Fe₁₀[2nm] キャップ層19 上電極20。 [0118] ここで、スペーサ層16まで積層した後に、SF層を含むフリー層を形成する方法につ 30 いて説明する。本実施例のようにSF層を含むフリー層を形成する場合、まず通常のフリ 一層の半分の膜厚の磁性層を積層し、その上にSF層21を形成する。本実施例では下部 フリー層181として2nmのCo。。Feュ。を成膜した。 [0119]次に、図4(a)の工程で、SF層に変換される第1の金属層211として厚さ0.4 nmのFe₈₀Co₂₀を成膜した。図4(b)の工程で、以下のようにして変換処理を行っ た。まず、Arイオンビームを金属層表面に照射した状態で、窒素ガスを変換処理チャン バーにフローした。Arイオンビームの加速条件は60Vとした。こうして、1層目の極 薄の窒化層211~を形成した。窒素ガスのフローをストップして、基板を金属成膜チャ ンバーへ移した。図4(c)の工程で、SF層に変換される第2の金属層212として厚 40 さ0.4 n m の F e ₈₀ C o ₂₀を再び成膜した。図 4 (d)の工程で、第 2 の金属層 2 1 2 の変換処理を行った。この変換処理の条件は、図4(b)における窒化条件と同じにした 。こうして2層目の極薄の窒化層212~を形成した。このような金属層の成膜および窒 化処理を合計で5回繰り返すことによって、最終的に膜厚2nmのFe₈₀Co₂₀の窒化層 からなるSF層21を形成した。

SF層21の形成を完了した後、基板を金属成膜チャンバーへ移し、上部フリー層、キ ャップ層の成膜を行った。製造されるCPP素子は、すべての層を成膜した後に行う熱処 理によって最終的な層構成になるので、成膜途中の段階においては最終的な層構成になっ ていないこともある。実際にキャップ層まで成膜した後に行う熱処理もエネルギーアシス ト効果を示す。この熱処理は280 で4時間行った。

50

 $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ (実施例2) SF層21として、図4の方法で作製した(Co₆₄Fe₁₆B₂₀[0.4nm]の窒化層) × 5 層を用いた以外は実施例 1 と同様にして磁気抵抗効果素子を作製した。 [0122] (実施例3) SF層21として、図4の方法で作製した(Fe₅₀Co₅₀[0.4nm]の窒化層)× 5層を用いた以外は実施例1と同様にして磁気抵抗効果素子を作製した。 [0123]10 (実施例4) SF層21として、図4の方法で作製した(Ni₉₅Fe₅[0.4nm]の窒化層)× 5層を用いた以外は実施例1と同様にして磁気抵抗効果素子を作製した。 [0124](比較例1) 比較例1として、フリー層18が膜厚4nmのCosoFe10からなりSF層を含まない 磁気抵抗効果素子を作製した。比較例1の磁気抵抗効果素子の構成を示す。 [0125] 下雷極11 下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm] 20 ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm] ピン層14:Co₉₀Fe₁₀[4nm]/Ru[0.85nm]/Co₉₀Fe₁₀[4nm 1 スペーサ層(オールメタル)16:Cu[3nm] フリー層18:Co₉₀Fe₁₀[4nm] キャップ層19 上電極20。 [0126](比較例2) 比較例2では、SF層21として、1nmのFe₈₀Co₂₀の酸化層を用いた以外は、実 30 施例1と同様にして磁気抵抗効果素子を作製した。 **[**0127**]** 上記のようにして作製した実施例1~4および比較例1、2の磁気抵抗効果素子の特性 を評価した。各素子に対し、電流をピン層14からフリー層18の方向へ流し(電子をフ リー層18からピン層14の方向へ流し)、面積抵抗およびMR変化率を測定した。ここ で、電流をフリー層18からピン層14の方向へ流す(電子をピン層14からフリー層1 8の方向へ流す)場合、スピントランスファートルク効果によるノイズが大きくなる。こ のため、スピントランスファーノイズを低減するためには、上記のように電流をピン層1 4からフリー層18の方向へ流すことが好ましい。 [0128]40 図7に、実施例1~4および比較例1、2の磁気抵抗効果素子の面積抵抗(RA)とM R 変化率を示す。比較例1の素子では、RA=約0.08 µm²、MR変化率=約0. 8%であった。実施例1の素子では、RA=0.1 μm²、MR変化率=1.1%であ った。また、実施例2~4の素子でも、比較例1の素子と比較して、面積抵抗(RA)お

よびMR変化率が改善されていた。つまり、窒化物が形成しづらい磁性元素を母材料とす る場合でも、形成方法を工夫することによって、すべての実施例においてMR変化率の増 大を認めることができた。また、そのうち最大のMR変化率の増大を示したものは、最も Fe含有量の大きいFe₈₀Co₂₀を母材とするものであった。すなわち、Fe含有量が高 い金属材料と窒素とを含有する層ほど、MR変化率の増大効果が大きいことがわかった。 組成として、Fe含有量が5原子%以上である金属材料と窒素とを含有する層が有効であ ることがわかる。 **[**0129**]**

また、比較例2の素子では、RA=0.14 μm²、MR変化率=0.8%であり、 面積抵抗RAの増大のみが生じ、MR変化率の増大は認められなかった。つまり、窒素雰 囲気への暴露ではなく、酸素雰囲気に暴露したサンプルではRAの増大のみが見られ、M R変化率の増大は生じなかった。Fe含有量が大きい材料であっても、窒化物ではなく酸 化物の場合には、面積抵抗RAの増大のみが見られ、MR変化率の増大は得ることが困難 である。面積抵抗の増大が生じることは磁気ヘッドの応用として好ましくない。面積抵抗 RAは低いことが望ましいため、酸化物よりも窒化物の方が好ましいことがわかった。 【0130】

(17)

以上のMR変化率の結果を窒素または酸素に暴露する前の金属母材のFe組成に対して プロットして図8に示す。図8からわかるように、窒素雰囲気に暴露したサンプルにおい ては、窒素雰囲気に暴露する前の金属母材のFe含有量が5原子%以上であれば、MR変 化率の増大を認めることができた。一方、Fe含有量が5原子%以上であっても、酸素雰 囲気に暴露したサンプルの場合にはMR変化率の増大は全く認めることができなかった。 つまり、Fe含有量が5原子%以上で、かつ窒素暴露したサンプルは面積抵抗RAの増大 を招くことなく、MR変化率の増大を生じさせることができることがわかった。

【0131】

なお、実施例1の素子について断面透過型電子顕微鏡(断面TEM)像を観測したところ、スペーサ層16の結晶配向面と、下部フリー層181の結晶配向面とが両者の界面を境界として互いに異なっていることがわかった。また、下部フリー層に相当する部分と、(Fe₈₀Co₂₀[0.4 nm]の窒化層)×5からなるSF層に相当する部分は同じ結晶配向面を有することがわかった。さらに、これらの部分の結晶配向面と、その上の上部フリー層に相当する部分の結晶配向面は異なっていた。

【 0 1 3 2 】

断面 T E M 像を高速フーリエ変換(F F T)して結晶配向面の逆格子スポットを得た。 スペーサ層 1 6 の逆格子スポットと、S F 層 2 1 (および下部フリー層 1 8 1)の逆格子 スポットとを、[001]方位のスポットを中心として重ねた。スペーサ層 1 6 と S F 層 2 1 とで、中心のスポットから逆格子スポットまでの間隔がほぼ等しく、等価と考えられ る結晶配向面どうしが約 6 0 度傾いていることがわかった。

【0133】

これに対して、実施例2~4および比較例1では、実施例1のように2つの層の結晶配 向面の間に傾きが生じているような界面の存在は認められなかった。

【0134】

以上の結果は以下のように説明できる。金属層の積層と窒化処理を5回繰り返してSF 層を形成する場合、1層あたりの金属層の膜厚が十分薄い(この場合、0.4 nm)。薄 い金属層に対してイオンまたはプラズマを用いた窒化処理を行うと、金属層の構成原子に 十分なエネルギーが供給される。このため、金属層が膜厚全体にわたって確実に窒化膜に 変換され、良好なスピンフィルター機能を示すようになる。さらに、Fe含有量が多い金 属層を用いて窒化処理した場合には、SF層(および下部フリー層)と下地のスペーサ層 との間で結晶配向面に傾きが生じ、さらなる効果が付加され、さらに良好なスピンフィル ター機能を示すようになる。このため、図7に示したように、実施例1は実施例2~4と 比較して、さらに面積抵抗(RA)およびMR変化率が高くなったと考えられる。

【 0 1 3 5 】

(実施例5)

以下の材料を用い、図2(b)に示した磁気抵抗効果素子を作製した。

[0136**]**

下電極11

下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm]

ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm]

下部ピン層141:Co₉₀Fe₁₀[4nm]

20

30

(18)

反強磁性結合層142:Ru[0.85nm] 第1の上部ピン層144:Co₉₀Fe₁₀[2nm] SF層21:実施例1~4のいずれかの窒化層 第2の上部ピン層145:Co₉₀Fe₁₀[2nm] スペーサ層(オールメタル)16:Cu[3nm] フリー層18:Co₉₀Fe₁₀[4nm] キャップ層19:Cu[1nm]/Ru[10nm] 上電極20。 [0137] 10 (実施例6) 以下の材料を用い、図2(a)に示した磁気抵抗効果素子を作製した。 **[**0138] 下 雷 極 1 1 下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm] ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm] 下部ピン層141:Co₉₀Fe₁₀[4nm] 反強磁性結合層142:Ru[0.85nm] 第1の上部ピン層144:Co₉₀Fe₁₀[2nm] SF層21:実施例1~4のいずれかの窒化層 20 第2の上部ピン層145:Co₉₀Fe₁₀[2nm] スペーサ層(CCP - NOL)16: A 1 2 O 3 絶縁層161およびC u 電流パス162 フリー層18:Co₉₀Fe₁₀[4nm] キャップ層19:Cu[1nm]/Ru[10nm] 上電極20。 [0139](実施例7) 以下の材料を用い、図1(a)に示した磁気抵抗効果素子を作製した。 [0140]下電極11 30 下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm] ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm] ピン層14:Co₉₀Fe₁₀[4nm]/Ru[0.85nm]/Co₉₀Fe₁₀[4nm 1 スペーサ層(CCP-NOL)16:Al₂О₃絶緑層161およびCu電流パス162 下部フリー層181:Co₉₀Fe₁₀[2nm] SF層21:実施例1~4のいずれかの窒化層 上部フリー層182:Co₉₀Fe₁₀[2nm] キャップ層19:Cu[1nm]/Ru[10nm] 上電極20。 40 [0141](実施例8) 以下の材料を用い、図3(b)に示した磁気抵抗効果素子を作製した。 [0142] 下電極11 下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm] ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm] 下部ピン層141:Co₉₀Fe₁₀[4nm] 反強磁性結合層142:Ru[0.85nm] 第1の上部ピン層144:Co₉₀Fe₁₀[2nm] 50 SF層22:実施例1~4のいずれかの窒化層

第2の上部ピン層145:Co₉₀Fe₁₀[2nm] スペーサ層(オールメタル)16:Cu[3nm] 下部フリー層181:Co₉₀Fe₁₀[2nm] SF層21:実施例1~4のいずれかの窒化層 上部フリー層182:Co₉₀Fe₁₀[2nm] キャップ層19:Cu[1nm]/Ru[10nm] 上電極20。 [0143] (実施例9) 10 以下の材料を用い、図3(a)に示した磁気抵抗効果素子を作製した。 [0144]下電極11 下地層12:Ta[1nm]/Ru[2nm] ピニング層13:Ir₂₂Mn₇₈[7nm] 下部ピン層141:Co₀₀Fe₁₀[4nm] 反強磁性結合層142:Ru[0.85nm] 第1の上部ピン層144:Co₉₀Fe₁₀[2nm] SF層22:実施例1~4のいずれかの窒化層 第2の上部ピン層145:Co₉₀Fe₁₀[2nm] 20 スペーサ層(CCP-NOL)16:Al₂O₃絶縁層161およびCu電流パス162 下部フリー層181:Co₀₀Fe₁₀[2nm] SF層21:実施例1~4のいずれかの窒化層 上部フリー層182:Co₉₀Fe₁₀[2nm] キャップ層19:Cu[1nm]/Ru[10nm] 上電極20。 [0145] これらの実施例5~9の磁気抵抗効果素子でも、実施例1~4の磁気抵抗効果素子と同 様の効果を得ることができる。 [0146] 30 (磁気抵抗効果素子の応用) 以下、実施形態に係る磁気抵抗効果素子の応用について説明する。 [0147] CPP素子の素子抵抗RAは、高密度対応の観点から、0.5m ・µm²以下が好ま しく、0.3 ・µm²以下がより好ましい。素子抵抗RAを算出する場合には、CPP 素子の抵抗Rにスピンバルブ膜の通電部分の実効面積Aを掛け合わせる。ここで、素子抵 抗Rは直接測定できる。一方、スピンバルブ膜の通電部分の実効面積Aは素子構造に依存 する値であるため、その決定には注意を要する。 [0148] たとえば、スピンバルブ膜の全体を実効的にセンシングする領域としてパターニングし 40 ている場合には、スピンバルブ膜全体の面積が実効面積Aとなる。この場合、素子抵抗を 適度に設定する観点から、スピンバルブ膜の面積を少なくとも0.04µm²以下にし、 300Gbpsi以上の記録密度では0.02µm²以下にする。 【0149】 しかし、スピンバルブ膜に接してスピンバルブ膜より面積の小さい下電極11または上 電極20を形成した場合には、下電極11または上電極20の面積がスピンバルブ膜の実 効面積Aとなる。下電極11または上電極20の面積が異なる場合には、小さい方の電極 の面積がスピンバルブ膜の実効面積Aとなる。この場合、素子抵抗を適度に設定する観点 から、小さい方の電極の面積を少なくとも0.04um²以下にする。 [0150]

スピンバルブ膜の面積が一番小さいところは上電極20と接触している部分なので、そ 50

の幅をトラック幅 Twと考える。また、ハイト方向に関しては、やはり上電極 20と接触 している部分が一番小さいので、その幅をハイト長 Dと考える。スピンバルブ膜の実効面 積 Aは、A = Tw × Dとなる。

【0151】

実施形態に係る磁気抵抗効果素子では、電極間の抵抗Rを100 以下にすることがで きる。この抵抗Rは、たとえばヘッドジンバルアセンブリ(HGA)の先端に装着した再 生ヘッド部の2つの電極パッド間で測定される抵抗値である。

【0152】

[0153**]**

実施形態に係る磁気抵抗効果素子において、ピン層14またはフリー層18がfcc構造である場合には、fcc(111)配向性をもつことが望ましい。ピン層14またはフリー層18がbcc構造をもつ場合には、bcc(110)配向性をもつことが望ましい。ピン層14またはフリー層18がhcp構造をもつ場合には、hcp(001)配向またはhcp(110)配向性をもつことが望ましい。

本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の結晶配向性は、分散角で5.0度以内が好ましく、3.5度以内がより好ましく、3.0度以内がさらに好ましい。これは、X線回 折の -2 測定により得られるピーク位置でのロッキングカーブの半値幅として求められる。また、素子断面からのナノディフラクションスポットでのスポットの分散角度とし て検知することができる。

【0154】

反強磁性膜の材料にも依存するが、一般的に反強磁性膜とピン層14/スペーサ層16 /フリー層18とでは格子間隔が異なるため、それぞれの層において配向の分散角を別々 に算出することが可能である。たとえば、白金マンガン(PtMn)とピン層14/スペ ーサ層16/フリー層18とでは、格子間隔が異なることが多い。白金マンガン(PtM n)は比較的厚い膜であるため、結晶配向のばらつきを測定するのには適した材料である 。ピン層14/スペーサ層16/フリー層18については、ピン層14とフリー層18と で結晶構造がbcc構造とfcc構造というように異なる場合もある。この場合、ピン層 14とフリー層18とはそれぞれ別の分散角をもつことになる。

【0155】

(磁気ヘッド)

図9は、実施形態に係る磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドに組み込んだ状態を示している。図9は、磁気記録媒体(図示せず)に対向する媒体対向面に対してほぼ平行な方向に磁気抵抗効果素子を切断した断面図である。図10は、この磁気抵抗効果素子を媒体対向面 ABSに対して垂直な方向に切断した断面図である。

【0156】

図9に例示した磁気ヘッドは、いわゆるハード・アバッテッド(hard abutted)構造を 有する。磁気抵抗効果膜SVの上下には、下電極11と上電極20とがそれぞれ設けられ ている。図において、磁気抵抗効果膜の両側面には、バイアス磁界印加膜41と絶縁膜4 2とが積層して設けられている。図10に示すように、磁気抵抗効果膜の媒体対向面には 保護層43が設けられている。

【 0 1 5 7 】

磁気抵抗効果膜に対するセンス電流は、その上下に配置された下電極11、上電極20 によって矢印Aで示したように、膜面に対してほぼ垂直方向に通電される。また、左右に 設けられた一対のバイアス磁界印加膜41、41により、磁気抵抗効果膜にはバイアス磁 界が印加される。このバイアス磁界により、磁気抵抗効果膜のフリー層18の磁気異方性 を制御して単磁区化することによりその磁区構造が安定化し、磁壁の移動に伴うバルクハ ウゼンノイズ(Barkhausen noise)を抑制することができる。磁気抵抗効果膜のS/N比 が向上しているので、磁気ヘッドに応用した場合に高感度の磁気再生が可能となる。 【0158】

(ハードディスクおよびヘッドジンバルアセンブリ)

10

20

30

図10に示した磁気ヘッドは、記録再生一体型の磁気ヘッドアセンブリに組み込んで、 磁気記録装置に搭載することができる。図11は、このような磁気記録装置の概略構成を 例示する要部斜視図である。本実施形態の磁気記録装置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、磁気ディスク200は、スピンドル15 2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図示しないモータに より矢印Aの方向に回転する。本実施形態の磁気記録装置150は、複数の磁気ディスク 200を備えてもよい。

【0159】

磁気ディスク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。ヘッドスライダ153は、上述し ¹⁰たいずれかの実施形態に係る磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

【0160】

磁気ディスク200が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面(ABS)は磁 気ディスク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磁気 ディスク200と接触するいわゆる「接触走行型」でもよい。

[0161**]**

サスペンション154は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、ボビン部に巻か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。

20

30

40

【0162】

アクチュエータアーム155は、スピンドル157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。

【0163】

図12は、アクチュエータアーム155から先のヘッドジンバル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、アセンブリ160は、アクチュエータアーム 155を有し、アクチュエータアーム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、上述したいずれかの実施形態に係る磁気抵抗 効果素子を含む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気的に接続 されている。図中165はアセンブリ160の電極パッドである。

【0164】

本実施形態によれば、上述の磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッドを具備することにより 、高い記録密度で磁気ディスク200に磁気的に記録された情報を確実に読み取ることが 可能となる。

【0165】

(磁気メモリ)

実施形態に係る磁気抵抗効果素子を搭載した磁気メモリについて説明する。実施形態に 係る磁気抵抗効果素子を用いて、たとえばメモリセルがマトリクス状に配置されたランダ ムアクセス磁気メモリ(MRAM:magnetic random access memory)などの磁気メモリ を実現できる。

【0166】

図13は、実施形態に係る磁気メモリのマトリクス構成の一例を示す図である。この図は、メモリセルをアレイ状に配置した場合の回路構成を示す。アレイ中の1ビットを選択するために、列デコーダ350、行デコーダ351が備えられており、ビット線334と ワード線332によりスイッチングトランジスタ330がオンになり一意に選択され、セ

ンスアンプ352で検出することにより磁気抵抗効果膜中の磁気記録層(フリー層)に記録されたビット情報を読み出すことができる。ビット情報を書き込むときは、特定の書き込みワード線323とビット線322に書き込み電流を流して発生する磁場を印加する。 【0167】

(22)

図14は、実施形態に係る磁気メモリのマトリクス構成の他の例を示す図である。この 場合、マトリクス状に配線されたビット線322とワード線334とが、それぞれデコー ダ360、361により選択されて、アレイ中の特定のメモリセルが選択される。それぞ れのメモリセルは、磁気抵抗効果膜SVとダイオードDとが直列に接続された構造を有す る。ここで、ダイオードDは、選択された磁気抵抗効果膜SV以外のメモリセルにおいて センス電流が迂回することを防止する役割を有する。書き込みは、特定のビット線322 と書き込みワード線323とにそれぞれに書き込み電流を流して発生する磁場により行わ れる。

【0168】

図15は、本発明の実施形態に係る磁気メモリの要部を示す断面図である。図16は、 図15のA-A'線に沿う断面図である。これらの図に示した構造は、図13または図1 4に示した磁気メモリに含まれる1ビット分のメモリセルに対応する。このメモリセルは、記憶素子部分311とアドレス選択用トランジスタ部分312とを有する。

【0169】

記憶素子部分311は、磁気抵抗効果膜SVと、これに接続された一対の配線322、 324とを有する。

[0170]

一方、アドレス選択用トランジスタ部分312には、ビア326および埋め込み配線328を介して接続されたトランジスタ330が設けられている。このトランジスタ330 は、ゲート332に印加される電圧に応じてスイッチング動作をし、磁気抵抗効果膜SV と配線334との電流経路の開閉を制御する。

【0171】

また、磁気抵抗効果膜SVの下方には、書き込み配線323が、配線322とほぼ直交 する方向に設けられている。これら書き込み配線322、323は、たとえばアルミニウ ム(A1)、銅(Cu)、タングステン(W)、タンタル(Ta)あるいはこれらいずれ かを含む合金により形成することができる。

【0172】

このような構成のメモリセルにおいて、ビット情報を磁気抵抗効果膜SVに書き込むと きは、配線322、323に書き込みパルス電流を流し、それら電流により誘起される合 成磁場を印加することにより磁気抵抗効果膜の記録層の磁化を適宜反転させる。

【0173】

また、ビット情報を読み出すときは、配線322と、磁気記録層を含む磁気抵抗効果膜 SVと、下電極324とを通してセンス電流を流し、磁気抵抗効果膜SVの抵抗値または 抵抗値の変化を測定する。

【0174】

実施形態に係る磁気メモリは、上述した実施形態に係る磁気抵抗効果素子を用いること 40 により、セルサイズを微細化しても、記録層の磁区を確実に制御して確実な書き込みを確 保でき、且つ、読み出しも確実に行うことができる。

【0175】

(その他の実施形態)

本発明は上記の実施形態に限られず拡張、変更可能であり、拡張、変更した実施形態も 本発明の技術的範囲に含まれる。磁気抵抗効果膜の具体的な構造や、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。たとえば、磁気抵抗 効果素子を再生用磁気ヘッドに適用する際に、素子の上下に磁気シールドを付与すること により、磁気ヘッドの検出分解能を規定することができる。

20



[0176]

また、本発明の実施形態は、長手磁気記録方式のみならず、垂直磁気記録方式の磁気ヘッドあるいは磁気再生装置についても適用できる。さらに、本発明の磁気記録装置は、特定の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」方式のものでもよい。

(23)

【0177】

その他、本発明の実施形態を基にして、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、磁気記録装置および磁気メモリも同様に本発明の範囲に 属する。たとえば、本発明の実施形態に係る磁気抵抗効果素子は高記録密度に対応した全 てのHDDに用いることができ、民生用途で使用されるパソコン、携帯型音楽・ビデオプ レーヤー、カーナビゲーション、ビデオムービーなどの記録装置に適用することができる

【図面の簡単な説明】

- 【0178】
- 【図1】実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面図。
- 【図2】実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面図。
- 【図3】実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面図。
- 【図4】実施形態に係る磁気抵抗効果素子の製造方法を説明する断面図。
- 【図5】実施形態に係る磁気抵抗効果素子を製造するために用いられる装置の構成図。
- 【図6】図5の変換処理チャンバーの一例を示す構成図。

【図7】実施例1~4および比較例1の磁気抵抗効果素子の面積抵抗(RA)とMR変化 率を示す図。

- 【図8】窒素または酸素に暴露する前の金属母材のFe組成とMR変化率との関係を示す 図。
- 【図9】実施形態に係る磁気ヘッドの断面図。
- 【図10】実施形態に係る磁気ヘッドの断面図。
- 【図11】実施形態に係る磁気記録再生装置の斜視図。
- 【図12】実施形態に係る磁気ヘッドジンバルアセンブリの斜視図。
- 【図13】実施形態に係る磁気メモリのマトリクス構成の一例を示す図。
- 【図14】実施形態に係る磁気メモリのマトリクス構成の他の例を示す図。
- 【図15】実施形態に係る磁気メモリの要部を示す断面図。
- 【図16】図15のA-A'線に沿う断面図。
- 【符号の説明】
- **[**0179**]**

1...基板、SV...磁気抵抗効果膜、11...下電極、12...下地層、13...ピニング層、 14…ピン層、141…下部ピン層、142…磁気結合層、143…上部ピン層、15… 下部金属層、16…スペーサ層、161…絶縁層、162…電流パス、17…上部金属層 、18…フリー層、19…キャップ層、20…上電極、21…SF層、22…SF層41 … バイアス磁界印加膜、42… 絶縁膜、43… 保護層、50… 搬送チャンバー、51… ロ ードロックチャンバー、 5 2 … プレクリーニングチャンバー、 5 3 … 第 1 の金属成膜チャ ンバー、54…第2の金属成膜チャンバー、60…変換処理チャンバー、61…真空ポン プ、62…供給管、70…イオンソース、71、72、73…グリッド、74…ニュート ラライザ、75…プラズマ励起源、80…基板ホルダー、150…磁気記録再生装置、1 52…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 ドアッセンブリ、164…リード線、200…磁気記録磁気ディスク、311…記憶素子 部分、312…選択用トランジスタ部分、322…ビット線、322…配線、323…ワ – ド線、 323… 配線、 324…下部電極、 326… ビア、 328… 配線、 330… スイ ッチングトランジスタ、332…ゲート、332…ワード線、334…ビット線、334ワード線、350....列デコーダ、351....行デコーダ、352....センスアンプ、360

10

40

50











【図4】

図 4















12-



図 6









【図9】

図 9



【図10】

図 10



【図11】

図 11



【図13】





図 14



【図12】





【図15】

図 15





図 16



フロントページの続き

(51)Int.CI.		FΙ		
H 0 1 L	27/105	(2006.01)	H 0 1 L	43/12
H 0 1 L	43/12	(2006.01)		

(72)発明者 藤 慶彦 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

合議体

審判長 池渕 立 審判官 加藤 浩一

- 審判官 恩田 春香
- (56)参考文献 特開2004-006589(JP,A) 特開2004-179219(JP,A) 特開2002-190631(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L43/08