

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5630963号
(P5630963)

(45) 発行日 平成26年11月26日(2014.11.26)

(24) 登録日 平成26年10月17日(2014.10.17)

(51) Int. Cl.	F I	
G 1 1 B 5/39 (2006.01)	G 1 1 B 5/39	
H O 1 L 43/08 (2006.01)	H O 1 L 43/08	Z
H O 1 L 43/10 (2006.01)	H O 1 L 43/10	
H O 1 L 43/12 (2006.01)	H O 1 L 43/12	
G O 1 R 33/09 (2006.01)	G O 1 R 33/06	R
請求項の数 23 (全 20 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2009-86182(P2009-86182)	(73) 特許権者	500475649
(22) 出願日	平成21年3月31日(2009.3.31)		ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポ レイテッド
(65) 公開番号	特開2009-252342(P2009-252342A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 035 ミルピタス サウス ヒルビュー ドライブ 678
(43) 公開日	平成21年10月29日(2009.10.29)	(74) 代理人	100109656
審査請求日	平成24年2月16日(2012.2.16)		弁理士 三反崎 泰司
(31) 優先権主張番号	12/080,277	(74) 代理人	100098785
(32) 優先日	平成20年4月2日(2008.4.2)		弁理士 藤島 洋一郎
(33) 優先権主張国	米国(US)	(72) 発明者	張 坤亮
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94 539 フレモント パセオ パドレ パ ークウェイ 46068
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 複合シード層およびこれを有する磁気再生ヘッド、ならびにTMRセンサおよびCCP-CPP-GMRセンサの形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気再生ヘッドにおいてシールド層とスピバルブ積層体との間に設けられる複合シード層であって、

前記シールド層上に順に積層された第1の軟磁性(SM)層と、アモルファス層と、第2の軟磁性(SM)層と、バッファ層とを有し、

前記アモルファス層は、コバルト(Co)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも1種と硼素(B)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ケイ素(Si)、リン(P)およびニオブ(Nb)のうちの少なくとも1種との化合物を含む単一層であり、

前記バッファ層は、前記スピバルブ積層体に含まれる反強磁性(AFM)層と接し、

前記第1および第2の軟磁性層、ならびにアモルファス層は、前記シールド層と共に実効シールド構造を形成している

複合シード層。

【請求項2】

前記第1および第2の軟磁性層が、ニッケル鉄合金(NiFe)、ニッケル鉄コバルト合金(NiFeCo)、鉄コバルト合金(FeCo)、またはコバルト鉄合金(CoFe)のうちの少なくとも1種を含んでいる

請求項1記載の複合シード層。

【請求項3】

前記第1の軟磁性層が、 0.1 nm (1)以上 10 nm (100)以下の厚さを有し、

前記第2の軟磁性層が、 1 nm (10)以上 10 nm (100)以下の厚さを有する

請求項1記載の複合シード層。

【請求項4】

前記アモルファス層は、

0.1 nm (1)以上 3 nm (30)以下の厚さを有し、コバルト (Co)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) のうちの少なくとも1種と硼素 (B)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ケイ素 (Si)、リン (P) およびニオブ (Nb) のうちの少なくとも1種とが全体の40原子%未満を占めるものである

10

請求項1記載の複合シード層。

【請求項5】

前記バッファ層は、 0.5 nm (5)以上 3 nm (30)以下の厚さを有し、ルテニウム (Ru)、銅 (Cu)、アルミニウム (Al) またはニッケル鉄クロム合金 (NiFeCr) によって構成されている

請求項1に記載の複合シード層。

【請求項6】

前記スピバルブ積層体が、 MgO 、 AlOx 、 AlTiOx もしくは TiOx からなるトンネルバリア層、または、銅 (Cu) もしくは電流狭窄メタルパス (CCP) 構造からなるスペーサ層を含む

20

請求項1記載の複合シード層。

【請求項7】

磁気再生ヘッドにおいてシールド層とスピバルブ積層体との間に設けられる複合シード層であって、

前記シールド層上に順に積層されたアモルファス層と、軟磁性 (SM) 層と、バッファ層とを有し、

前記アモルファス層は、コバルト (Co)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) のうちの少なくとも1種と硼素 (B)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ケイ素 (Si)、リン (P) およびニオブ (Nb) のうちの少なくとも1種との化合物を含む単一層であり、

30

前記バッファ層は、前記スピバルブ積層体に含まれる反強磁性 (AFM) 層と接し、前記軟磁性層およびアモルファス層は、前記シールド層と共に実効シールド構造を形成している

複合シード層。

【請求項8】

前記軟磁性層は、ニッケル鉄合金 (NiFe)、ニッケル鉄コバルト合金 (NiFeCo)、鉄コバルト合金 (FeCo)、またはコバルト鉄合金 (CoFe) のうちの少なくとも1種を含んでおり、 0.1 nm (1)以上 10 nm (100)以下の厚さを有する

40

請求項7記載の複合シード層。

【請求項9】

前記アモルファス層は、

0.1 nm (1)以上 3 nm (30)以下の厚みを有し、コバルト (Co)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) のうちの少なくとも1種と硼素 (B)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ケイ素 (Si)、リン (P) およびニオブ (Nb) のうちの少なくとも1種とが全体の40原子%未満を占めるものである

請求項7記載の複合シード層。

【請求項10】

前記バッファ層は、

50

0.5 nm (5) 以上 3 nm (30) 以下の厚さを有し、ルテニウム (Ru) , 銅 (Cu) , アルミニウム (Al) またはニッケル鉄クロム合金 (NiFeCr) によって構成されている

請求項 7 に記載の複合シード層。

【請求項 11】

前記スピバルブ積層体が、

MgO , AlOx , AlTiOx もしくは TiOx からなるトンネルバリア層、または銅 (Cu) もしくは電流狭窄メタルパス (CCP) 構造からなるスペーサ層を含む

請求項 7 に記載の複合シード層。

【請求項 12】

シールド層を準備することと、

前記シールド層の上に、第 1 の軟磁性 (SM) 層とアモルファス層と第 2 の軟磁性 (SM) 層とバッファ層とを順次積層し、複合シード層を形成することと、

前記複合シード層の上に、トンネルバリア層を含むスピバルブ積層体を形成することと

を含み、

前記アモルファス層を、コバルト (Co) , 鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) のうちの少なくとも 1 種と硼素 (B) , ジルコニウム (Zr) , ハフニウム (Hf) , タンタル (Ta) , ケイ素 (Si) , リン (P) およびニオブ (Nb) のうちの少なくとも 1 種との化合物を含む単一層により形成し、

前記バッファ層を、前記スピバルブ積層体に含まれる反強磁性 (AFM) 層と接するように形成する

TMR センサの形成方法。

【請求項 13】

前記複合シード層およびスピバルブ積層体をスパッタ成膜装置内において形成する

請求項 12 に記載の TMR センサの形成方法。

【請求項 14】

前記第 1 の軟磁性層を、ニッケル鉄合金 (NiFe) , ニッケル鉄コバルト合金 (NiFeCo) , 鉄コバルト合金 (FeCo) , またはコバルト鉄合金 (CoFe) のうちの少なくとも 1 種を用いて、0.1 nm (1) 以上 10 nm (100) 以下の厚さとなるように形成し、

前記第 2 の軟磁性層を、NiFe , NiFeCo , FeCo , または CoFe のうちの少なくとも 1 種を用いて、1 nm (10) 以上 10 nm (100) 以下の厚さとなるように形成する

請求項 12 に記載の TMR センサの形成方法。

【請求項 15】

前記アモルファス層を、0.1 nm (1) 以上 3 nm (30) 以下の厚さとし、コバルト (Co) , 鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) のうちの少なくとも 1 種と硼素 (B) , ジルコニウム (Zr) , ハフニウム (Hf) , タンタル (Ta) , ケイ素 (Si) , リン (P) およびニオブ (Nb) のうちの少なくとも 1 種とが全体の 40 原子% 未満を占めるように形成する

請求項 12 に記載の TMR センサの形成方法。

【請求項 16】

前記バッファ層を、

ルテニウム (Ru) , 銅 (Cu) , アルミニウム (Al) またはニッケル鉄クロム合金 (NiFeCr) を用いて 0.5 nm (5) 以上 3 nm (30) 以下の厚さとなるように形成する

請求項 12 に記載の TMR センサの形成方法。

【請求項 17】

シールド層を準備することと、

10

20

30

40

50

前記シールド層の上に、第1の軟磁性(SM)層とアモルファス層と第2の軟磁性(SM)層とバッファ層とを順次積層し、複合シード層を形成することと、

前記複合シード層の上に、銅(Cu)もしくは電流狭窄メタルパス(CCP)構造からなるスペーサ層を含むスピバルブ積層体を形成することと

を含み、

前記アモルファス層を、コバルト(Co)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも1種と硼素(B)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ケイ素(Si)、リン(P)およびニオブ(Nb)のうちの少なくとも1種の化合物を含む単一層により形成し、

前記バッファ層を、前記スピバルブ積層体に含まれる反強磁性(AFM)層と接するように形成する

10

CCP-CCP-GMRセンサの形成方法。

【請求項18】

前記複合シード層およびスピバルブ積層体をスパッタ成膜装置内において形成する

請求項17に記載のCCP-CCP-GMRセンサの形成方法

【請求項19】

前記第1の軟磁性層を、ニッケル鉄合金(NiFe)、ニッケル鉄コバルト合金(NiFeCo)またはコバルト鉄合金(CoFe)のうちの少なくとも1種を用いて、0.1nm(1)以上10nm(100)以下の厚さとなるように形成し、

前記第2の軟磁性層を、NiFe、NiFeCoまたはCoFeのうちの少なくとも1種を用いて、1nm(10)以上10nm(100)以下の厚さとなるように形成する

20

請求項17に記載のCCP-CCP-GMRセンサの形成方法。

【請求項20】

前記アモルファス層を、0.1nm(1)以上3nm(30)以下の厚さとし、コバルト(Co)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも1種と硼素(B)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ケイ素(Si)、リン(P)およびニオブ(Nb)のうちの少なくとも1種とが全体の40原子%未満を占めるように形成する

請求項17に記載のCCP-CCP-GMRセンサの形成方法。

30

【請求項21】

前記バッファ層を、

ルテニウム(Ru)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)またはニッケル鉄クロム合金(NiFeCr)を用いて0.5nm(5)以上3nm(30)以下の厚さとなるように形成する

請求項17に記載のCCP-CCP-GMRセンサの形成方法。

【請求項22】

下部シールド層と、複合シード層と、スピバルブ積層体と、上部シールド層とを順に備え、

前記複合シールド層は、前記下部シールド層上に順に積層された第1の軟磁性(SM)層と、アモルファス層と、第2の軟磁性(SM)層と、バッファ層とを有し、

40

前記アモルファス層は、コバルト(Co)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも1種と硼素(B)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ケイ素(Si)、リン(P)およびニオブ(Nb)のうちの少なくとも1種との化合物を含む単一層であり、

前記バッファ層は、前記スピバルブ積層体に含まれる反強磁性(AFM)層と接し、前記第1および第2の軟磁性層、ならびにアモルファス層は、前記下部シールド層と共に下部実効シールド構造を形成している

磁気再生ヘッド。

【請求項23】

50

下部シールド層と、複合シード層と、スピバルブ積層体と、上部シールド層とを順に備え、

前記複合シールド層は、前記下部シールド層上に順に積層されたアモルファス層と、軟磁性 (SM) 層と、バッファ層とを有し、

前記アモルファス層は、コバルト (Co)、鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) のうちの少なくとも1種と硼素 (B)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ケイ素 (Si)、リン (P) およびニオブ (Nb) のうちの少なくとも1種との化合物を含む単一層であり、

前記バッファ層は、前記スピバルブ積層体に含まれる反強磁性 (AFM) 層と接し、前記軟磁性層およびアモルファス層は、前記下部シールド層と共に下部実効シールド構造を形成している
磁気再生ヘッド。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高性能なスピバルブ積層体の下地となる複合シード層およびこれを有する磁気再生ヘッド、ならびに TMR センサおよび CCP - CPP - GMR センサの形成方法

【背景技術】

【0002】

CPP (current perpendicular to plane) - GMR ヘッドは、 $200 \text{ Gb} / \text{in}^2$ を超える記録密度が得られることから、従来の CIP (current in plane) - GMR ヘッドに置き換わる有望なセンサの1つとして考えられている。一般的な CPP - GMR センサでは、バイアスを与える観点からボトムシンセティックスピバルブ積層膜が採用され、CIP - GMR 技術にならば、CoFe \ NiFe の複合フリー層が用いられている。GMR スピバルブ積層体は、2つの強磁性層が非磁性導電層 (スペーサ) によって分離された構造を有している。このような CPP - GMR センサの一種として、金属 CPP - GMR が挙げられる。これは、インナーピンド (AP1) 層とフリー層との間に銅からなるスペーサを有する構造、具体的には、「シード層 \ 反強磁性 (AFM: Anti-ferromagnetic) 層 \ AP2 層 \ Ru 層 \ AP1 層 \ Cu 層 \ フリー層 \ キャップ層」で表されるものである。ここで「AP2 層 \ Ru 層 \ AP1 層」は、隣接する AFM 層 (すなわちピンニング層) との交換結合によって磁化方向が固定された、シンセティック反平行 (SyAP: Synthetic anti-parallel) 構造を有するピンド層である。この SyAP ピンド層は、AP2 層が結合層 (Ru 層) によって AP1 層から分離されている。フリー層は、磁化ベクトルが外部磁場に応じて回転可能な強磁性層である。ピンド層の磁化に対するフリー層の磁化の回転は、この CPP - GMR 構造体の内部をセンス電流が通過した際の電圧変化として検出される抵抗変化を発生させる。CPP 構造では、センス電流は、積層体の膜面に対して直交する方向 (積層方向) に通過する。CIP センサでは、センス電流は、積層体の膜面に沿って通過する。

20

30

40

【0003】

超高密度記録 ($100 \text{ Gb} / \text{in}^2$ 以上) の再生を行うためには、高感度の再生ヘッドが必要となる。この要求を満たす上で、CPP 構造は、近年のハードディスクドライブ (HDD: Hard Disk Drive) で用いられてきた CIP 構造よりも有力な候補である。CPP 構造は、センサの寸法が減少するほど CIP 構造よりも強力な出力信号が得られるものであるうえ、CIP 構造よりも磁気抵抗変化率 (MR 比) が高いことから、超高密度記録を行ううえでより望ましいものといえる。GMR ヘッドの重要な特性は、スピバルブセンサの抵抗の変化を dR 、スピバルブセンサの抵抗の変化前の抵抗を R とした場合に dR/R で表される MR 比である。デバイスの感度向上には高い MR 比であることが望ましい。高 MR 比は、センス電流の電子が、より長時間に亘ってセンサの磁気活性層の内部に

50

滞在することによって達成される。積層体における層間の界面での電子の鏡面反射、すなわち界面散乱は、MR比を向上させ、感度を増加させることが可能である。

【0004】

センサの他の種類としては、いわゆる電流狭窄(CCP: Confining Current Path)型のCPP-GMRセンサ(以下、CCP-CPP-GMRセンサ)が挙げられる。このCCP-CPP-GMRセンサでは、センス電流がCuスペーサを流れる際に、酸化物の構造体によって絞り込まれ、互いに分離されたメタルパスを通過することとなる。この電流狭窄(CCP)方式により、CPP-GMRの性能をさらに向上させることができる。CCP-CPP-GMRセンサの例として、次の構成が挙げられる。以下の構成例では、CCP層が2つの銅(Cu)層間に挟まれている。

「シード層\AFM層\AP2層\Ru層\AP1層\Cu層\CCP層\Cu層\フリー層\キャップ層」

【0005】

CPP-GMRセンサの動作形態において、高感度および高記録密度を実現するための他の候補として、トンネル磁気抵抗(TMR: tunneling magneto-resistance)ヘッドが挙げられる。このTMRヘッドは、GMR積層体のピンド層とフリー層との間の非磁性導電層が、AlO_xまたはMgO等の絶縁層によって置き換えられたものである。磁気抵抗効果素子が磁気トンネル接合(MTJ: magnetic tunnel junction)構造を有しており、トンネルバリア層(絶縁層)の厚みを薄くし、極めて低いRA(< 5 × μm²)としている。

【0006】

再生ヘッド等の磁気デバイスにおけるMTJ素子は、トンネル磁気抵抗(TMR)効果に基づくものとしてでき、このMTJ素子は、2つの強磁性層が薄い非磁性誘電体層によって分離された積層構造を有する。MTJ素子の最下層は、典型的なものとして単層のNiFeCr層やTa層\NiCr層の2層構造からなるシード層である。このシード層は、その上に形成される積層構造の(111)面の格子配向を促進するように機能する。一般的には、このシード層の上に、AFM層、強磁性のピンド層、トンネルバリア層、強磁性のフリー層、およびキャップ層が順次形成されることによりMTJ素子が完成する。ピンド層は、隣接するAFM層との交換結合によって、例えばX方向に固定された磁気モーメントを有する。ピンド層の上方に位置するトンネルバリア層は、伝導電子の量子力学的なトンネリングにより電流の通過が可能な程度に厚みが薄くなっている。

【0007】

フリー層は、ピンド層における磁気モーメントの向きと平行または逆平行をなす向きの磁気モーメントを有している。フリー層の磁気モーメントは外部磁場に応じて変化する。フリー層とピンド層との相対的な磁気モーメントの向きがトンネル電流、ひいてはトンネル接合の抵抗を決定づける。センス電流がMTJ素子をその積層方向に通過する際、フリー層の磁気モーメントとピンド層の磁気モーメントとが互いに平行状態(「1」を記憶した状態)であれば低抵抗が検出され、それらの磁気モーメントが互いに逆平行状態(「0」を記憶した状態)であれば高抵抗が検出される。

【0008】

良好なデバイス性能を示す指標の1つは、dR/Rで表されるトンネル磁気抵抗変化率(TMR)比が高いことである。ここでRはMTJ素子の最小抵抗を表し、dRはフリー層の磁気状態を変化させることにより観測される抵抗の最大変化を表す。単位面積当たりの接合抵抗と面積との積である面積抵抗RA(Resistance Area)の値、高dR/R値、および高絶縁破壊電圧(Vb)などの所望の特性を得るためには、滑らかなトンネルバリア層を有することが必要となる。このようなトンネルバリア層は、AFM層、ピンド層およびシード層の(111)面における、平滑、かつ、高密度に充填される結晶成長によって促進される。MTJ素子に対して他に要求される磁気特性は、ピンド層とフリー層との間の層間結合磁場Hinが小さいこと、および、AFM層とピンド層との交換結合磁場Hexが大きいことである。大きな交換結合磁場Hexは、ピンド層の磁化を特定方向に維持

10

20

30

40

50

するために重要である。

【0009】

より良好なヘッド性能を得るためには、ピンニングのばらつきが小さいこと、および、AFM層とAP2層との間のピンニングの構造安定性(ロバスト性)を確保可能な程度に高い交換結合磁場Hexを有すること、が常に望まれる。すなわち、ノイズに関連したピンニング磁場を抑制するために、高いHex/Hc比が必要である。交換バイアス特性は、シード層、AFM層、およびピンド層を適切に選択することにより改善することができる。しかしながら、さらなる超高密度記録ヘッドを得るには、よりいっそうの最適化が必要とされている。さらに、超高密度記録ヘッドでは、高い分解能(resolution)および高い信号対雑音比(SNR)を得るために、MTJ素子全体の厚さを薄くすることが望ましい。

ピンド層やフリー層の厚さの減少は例えば抵抗変化率の低下を招くこととなるので、非磁性層の厚さを減少させることがよりよい選択となる。

10

【0010】

ちなみに、本発明に関連する先行技術としては以下の特許文献1~3のものが挙げられる。例えば、特許文献1には、エッチングされたギャップ層の上に成膜された、磁性材料を有するシード層が開示されている。このシード層は、例えば、下部のNiFe層と上部のCu層との2層構造とすることができる。

【0011】

特許文献2には、最下層がタンタル(Ta)、ハフニウム(Hf)、ニオブ(Nb)、ジルコニウム(Zr)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)およびタングステン(W)のうち少なくとも1つを含む非磁性層であり、その上層が、ニッケル鉄合金(NiFe)またはニッケル鉄イットリウム合金(NiFeM)から構成される層であるスピナル構造が記載されている。ここで、Mは、クロム(Cr)、ロジウム(Rh)、タンタル(Ta)、ハフニウム(Hf)、ニオブ(Nb)、ジルコニウム(Zr)およびチタン(Ti)のうち少なくとも1種である。

20

【0012】

特許文献3には、記録ギャップ層と磁極ペDESTALとの間に形成されたCoFeNからなるシード層が、開示されている。CoFeNからなるシード層内部の微量の酸素が、保磁力を減少させ、ライターのパフォーマンスを向上させている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】米国特許第7228619号明細書

【特許文献2】米国特許第7218487号明細書

【特許文献3】米国特許出願公開第2007/0169337号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

このように、従来、種々の提案がなされているが、超高密度な再生ヘッドを実現するには、さらなる最適化が望まれる。

40

【0015】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、磁気再生ヘッドに適用した場合に、MTJ素子におけるAP2ピンド層とAFM層との間の交換結合磁場Hexと保磁力Hcとの比(Hex/Hc)を高めることができ、かつ、AFM層の適正なプロッキング温度を保ちつつ、AFM層とAP2ピンド層との間の交換結合磁場Hexを向上させることのできる複合シード層を提供することにある。

【0016】

本発明の第2の目的は、上記複合シード層を用い、実効的なシールド間距離を減少させることにより高分解能および高信号対雑音比(SNR)を実現することの可能な磁気再生ヘッド、ならびにTMRセンサおよびCCP-CPG-GMRセンサの形成方法を提供す

50

ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

これらの目的は、本発明の新規な複合シード層により達成される。本発明の一実施の形態では、この複合シード層が、磁気再生ヘッドにおける下部のシールド層とスピバルブ積層体との間に設けられ、例えば「SM\A\SM\B」という積層構造によって表される。ここで、SMは高い透磁率を有する軟磁性材料からなる軟磁性層であり、Aは例えば1.5nm(15Å)の厚さを有する磁性または非磁性のアモルファス層であり、Bはバッファ層である。「SM\A\SM」の部分は、下部のシールド層と共に、実効シールド構造を形成している。下部のシールド層は、例えばニッケル鉄合金(NiFe)からなる。この複合シード層の本質的な部分は、従来技術と比較して下部のシールド層と上部のシールド層との間隔が減少するように、実質的に下部のシールド層と一体化される。また、バッファ層は、このバッファ層の上に形成されるスピバルブ積層体と同時にパターン化される。スピバルブ積層体は、例えば、バッファ層の上に順に形成されるAFM層、ピンド層、トンネルバリア層、フリー層およびキャップ層を有するMTJ素子である。したがって、上から下向きに見た場合、バッファ層はパターン化されたスピバルブ積層体とほぼ同一の形状を有する。

10

【0018】

アモルファス層は、例えば、コバルト(Co)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも1つの元素と、硼素(B)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ケイ素(Si)、リン(P)およびニオブ(Nb)のうちの少なくとも1つの元素とが全体の40原子%未満を占めるアモルファス金属(もしくはアモルファス合金)からなる導電層である。具体的には、CoFeB、CoFeZr、CoFeNiZr、CoFeHf、CoFeNiHf、CoFeTa、CoFeNiTa、CoFeNbZrおよびCoFeNiNbZrなどがアモルファス層の構成材料として挙げられる。このアモルファス層は、その表面が平滑であり、その表面上に設けられる軟磁性層、バッファ層、およびスピバルブ積層体の良好な結晶成長をもたらすものである。2つの軟磁性層は、例えばNiFeやNiFeCoなどにより形成される。但し、下部の軟磁性層と上部の軟磁性層とは、各々の構成材料が互いに同一でもよいし、互いに異なってもよい。バッファ層は、実質的にスピバルブ積層体のシード層として機能し、スピバルブ積層体の、平滑で均質な結晶構造を促進するものである。バッファ層は、Ru、Cu、AlまたはNiFeCrなどによって構成することができる。バッファ層の厚さは、一般的なシード層の厚さよりも大幅に小さく、例えば0.5nm(5Å)程度まで薄くすることができる。このような厚さであっても、バッファ層の上方に設けられるAFM層のプロッキング温度に悪影響を及ぼすことはない。さらに、従来のTa\Ruからなるシード層と比較し、より高いHex/Hc比が実現される。また、所望により、下部の軟磁性層を省略し、アモルファス層をNiFeなどからなる下部のシールド層に直接形成することにより、「NiFe\A\SM」からなる実効シールド構造および「A\SM\B」からなるシード構造を得るようにしてもよい。

20

30

【0019】

また、スピバルブ積層体は、トンネルバリア層の代わりに「Cu層\電流狭窄(CCP)層\Cu層」により表されるスペーサ層を有するCCP-CP-GMR素子であってもよい。CCP層は、絶縁体にメタルパスが複数形成されたものである。この場合も、膜面に対して垂直にセンス電流が流れることとなる。

40

【0020】

また、本発明には、上記複合シード層を有するTMRセンサおよびGMR-CPセンサの形成方法が含まれる。本発明の一実施の形態では、NiFeからなる下部のシールド層や軟磁性層は電気めっき法によって形成される。アモルファス層、バッファ層およびスピバルブ積層体の全ての層は、好ましくは、1以上のスパッタ蒸着チャンバと、1以上の酸化チャンバとを有するスパッタ蒸着装置内で形成される。MTJ素子においては、ト

50

ンネルバリア層として例えばAlOx層、MgO層、AlTiOx層もしくはTiOx層を用いることができる。また、トンネルバリア層は、金属元素がスパッタ蒸着チャンバ内において堆積されたのち、自然酸化(NOX : Natural Oxidation)法またはラジカル酸化(ROX : Radical Oxidation)法を用いて酸化チャンバ内において酸化されたものである。CCP - CPP - GMR素子では、「Cu層\CCP層\Cu層」の3層構造のスペーサ層を通過する電流の経路が、周知の方法により形成される、複数のメタルパスが内部に設けられた酸化物構造体によって制限される。スピバルブ積層体の全ての層が基板上に形成されたのち、従来の一連のパターニングおよびエッチングが続けて行われ、スピバルブ積層体の平面形状が画定される。TMRセンサの場合には、さらに、絶縁層がスピバルブ積層体(MTJ素子)の両方の側壁を覆うように形成されたのち、その絶縁層およびスピバルブ積層体の上面を覆うように上部のシールド層が形成される。また、CCP - CPP - GMRセンサの場合には、ハードバイアス層が、誘電層を介してスピバルブ積層体(CCP - CPP - GMR素子)の側壁と隣接するように設けられてもよい。

【発明の効果】

【0021】

本発明の複合シード層、磁気再生ヘッド、TMRセンサの形成方法、CCP - CPP - GMRセンサの形成方法によれば、シールド層とスピバルブ積層体との間に、アモルファス層、軟磁性層およびバッファ層を設けると共に、そのうちのアモルファス層および軟磁性層がシールド層と共に実効シールド構造を形成するようにしたので、Hex/Hcが増大すると共に交換結合磁場Hexが増大する。そのうえ、実効的なシールド間距離を狭めることができ、分解能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の第1の実施の形態としての再生ヘッド(TMRセンサ)を表す断面図である。

【図2】図1に示した再生ヘッドを製造する際の一工程を表す断面図である。

【図3】図2に続く一工程を表す断面図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態としての再生ヘッド(CPP - GMRセンサ)を表す断面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態としての再生ヘッド(TMRセンサ)を表す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明を実施するための形態(以下、単に実施の形態という。)について、図面を参照して詳細に説明する。本発明は、磁気再生ヘッドにおける磁気抵抗効果素子(MTJ素子またはCPP - GMR素子)の下地となる複合シード層に関するものである。この複合シード層は、少なくとも1つの軟磁性層と、磁性または非磁性のアモルファス層と、バッファ層とを含む。なお、本明細書に添付した図面は例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。例えば、図面ではボトムスピバルブ構造を示しているが、当業者により理解されるように、本発明はデュアルスピバルブ構造をも包含している。また、本発明は複合シード層を含む磁気再生ヘッド(TMRセンサおよびCCP - CPP - GMRセンサ)の形成方法をも包含する。

【0024】

超高密度設計に基づく高性能な、すなわち、高分解能および高い信号対雑音比(SNR)を実現する磁気再生ヘッドを得るためには、下部シールド層(S1)と、上部シールド層(S2)との間隔(実効シールド間距離)が狭いことが望ましい。そこで、本発明は、磁気抵抗効果素子の厚さを薄くすることなく、実効シールド間距離を最小限にすることを可能とする新規なシード層構造を提供する。既に、本出願人は、MTJ素子のシード層として、従来の「Ta層\NiCr層」の2層構造からなるシード層の代わりに「Ta層\Ru層」の2層構造を採用することにより、交換結合特性(高い交換結合磁場Hexと低い

保磁力 H_c とを示す特性) が大幅に改善することを見出している。さらに、シード層の厚みを薄くすることにより、全体の厚みを減少させるようにしている。また、本出願人は、薄い $CoFeB$ 層を、シード層と AFM 層との界面に挿入したことにより、交換結合特性をさらに向上させることができることを実証している。本発明は、上述した交換結合特性を犠牲にすることなく、実効シールド間距離を減少させる技術を開示するものである。すなわち、本発明は、「 Ta 層 \ Ru 層」のシード層を採用したものと比較して、 Hex / H_c 比を向上させつつ、実効シールド間距離を減少させ得る複合シード層を提供するものである。

【0025】

また、本発明では、超微粒状構造または微結晶構造を有するアモルファス層を、下部シールド層 ($S1$) の上に形成し、これにより下部シールド層 $S1$ が MTJ 素子の性能に及ぼす影響を軽減している。下部シールド層 ($S1$) は、周知のように、電気めっきを行った結果、その表面が相当の大きさの粗さを有しており、そのような大きな表面粗さは、化学機械研磨 (CMP : Chemical Mechanical Polish) 処理を用いて平坦化を行ったのちにおいても維持されることが多い。そこで、これまでは、単一のシード層または「 Ta 層 \ Ru 層」の2層構造を下部シールド層 ($S1$) の上に形成することにより、スピナルブ積層体における結晶構造の平滑性や均質性を向上させようとしていた。しかしながら、この場合、スピナルブ積層体における結晶構造の平滑性や均質性を向上させるには、シード層の厚さを一般的に約 7 nm (70°) とする必要があり、実効シールド間距離の低減の妨げとなる。これに対し、本発明では、スピナルブ積層体における良好な (平滑性や均質性に優れた) 結晶構造を確保しつつ、実効シールド間距離を最小限にすることにより高性能を発揮するようにしている。

【0026】

具体的には、本発明の複合シード層は、その一部が実効シールド構造に組み込まれている。これにより、シールド層の厚さを、従来の構造と比較して、少なくとも 3 nm (30°) から 3.5 nm (35°) 程度減少させることができる。すなわち、本発明では、アモルファス層や軟磁性層を下部シールド層 ($S1$) の一部として利用し、これにより実効シールド間距離を減少させている。この新規な複合シード層は、アモルファス層の上にスパッタリングにより成膜された $NiFe$ などからなる軟磁性層と、この軟磁性層上で実質的にスピナルブ積層体のシード層として機能するバッファ層とを含む。以下、より詳細に説明する。

【0027】

[第1の実施の形態]

図1は、本発明における第1の実施の形態としての複合シード層を備えた再生ヘッド1の要部断面構成を表している。この図は、再生ヘッド1のエアベアリング面 (ABS) に沿った断面図である。再生ヘッド1は、下部シールド層2の上に複合シード層15を介して MTJ 素子16を設けるようにした TMR センサである。 MTJ 素子16の上には、上部シールド層18が設けられている。

【0028】

下部シールド層2および上部シールド層18は、例えばパーマロイ ($NiFe$) を構成材料として電気めっきによって形成されたものである。下部シールド層2の上に設けられた複合シード層15は、「 $SM \setminus A \setminus SM \setminus B$ 」と表される積層構造を有している。すなわち、複合シード層15は、第1の軟磁性層 (SM) 3と、アモルファス層 (A) 4と、第2の軟磁性層 (SM) 5と、バッファ層 (B) 6とが下部シールド層2の側から順に積層されたものである。このうち、軟磁性層3、アモルファス層4および軟磁性層5は、下部シールド層2と共に実効シールド構造14を形成している。実効シールド構造14は、実質的にシールド層として機能する部分である。

【0029】

第1および第2の軟磁性層3, 5 (以下、単に軟磁性層3, 5とする。) は、 $NiFe$, $NiFeCo$, $FeCo$, または $CoFe$ などの、高い透磁率を有する軟磁性材料によ

10

20

30

40

50

って形成される。軟磁性層3および軟磁性層5は、互いの組成が同一であってもよいし、互いの組成が異なってもよい。NiFeを用いて軟磁性層3, 5を形成する場合、ニッケル元素の含有率は50~90原子%(at%)であることが望ましい。軟磁性層3は、下部シールド層2の上面に設けられ、例えば0.1nm(1)以上10nm(100)以下の厚さを有する。一方、軟磁性層5は、例えば1nm(10)以上10nm(100)以下の厚さを有する。

【0030】

一般に、電気めっき法により形成される薄膜に比べ、スパッタリング法によって形成される薄膜のほうが、より微小な粒度が得られる。よって、NiFeなどからなる軟磁性層3, 5は、より小さな粒度を得るために、スパッタリングにより成膜されることが好ましい。そのような微小な粒度の軟磁性層5は、その上方に設けられるMTJ素子16の反強磁性層7が(111)面方向を有する面心立方の結晶構造となるように機能する。このような反強磁性層7の結晶構造は、反強磁性層7と第2強磁性層8との間の交換結合磁場Hexを向上させる上で有益である。

10

【0031】

軟磁性層3の上には、0.1nm(1)以上3nm(30)以下、特に好ましくは1.5nm(15)未満の厚さを有するアモルファス層4が設けられている。このアモルファス層4は、コバルト(Co)、鉄(Fe)およびニッケル(Ni)のうち少なくとも1種と、硼素(B)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ケイ素(Si)、リン(P)およびニオブ(Nb)のうち少なくとも1種とを含む磁性または非磁性の導電層である。特に、上記した元素が、アモルファス層4全体の40原子%未満を占めるようにするとよい。具体的には、CoFeB, CoFeZr, CoFeNiZr, CoFeHf, CoFeNiHf, CoFeTa, CoFeNiTa, CoFeNbZrおよびCoFeNiNbZrなどがアモルファス層4の構成材料として挙げられる。このアモルファス層4は、その表面が平滑であり、その表面上に設けられる軟磁性層5、バッファ層6、およびMTJ素子16の良好な結晶成長をもたらすものである。

20

【0032】

アモルファス層4は、より小さな粒度の結晶からなるようにするとよい。微小な粒度のアモルファス層4を形成することにより、軟磁性層5、バッファ層6、およびMTJ素子16の、滑らかで均質な結晶成長がよりいっそう促進され、その結果、再生ヘッド1の抵抗変化率(TMR比)が向上するからである。

30

【0033】

バッファ層6は、軟磁性層5の上に形成され、例えば0.5nm(5)以上3nm(30)以下の厚さを有し、好ましくは1nm(10)の厚さを有する。このバッファ層6は、MTJ素子16に対する実効的なシード層としての機能を果たし、例えばルテニウム(Ru)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)またはニッケル鉄クロム合金(NiFeCr)などによって構成することができる。バッファ層6は、軟磁性層5および反強磁性層7(後出)における結晶方位との整合性に優れる面心立方(fcc)構造もしくは六方最密充填(hcp)構造を有し、軟磁性層5および反強磁性層7の間での磁気結合を防止するものである。バッファ層6は、厚さが0.5nm(5)未満であると、軟磁性層5と反強磁性層7との間における好ましくない磁気結合を抑制する効果が弱い。一方、バッファ層6の厚さが3nm(30)を超える場合、下部シールド層2と上部シールド層との厚み方向の間隔が大きくなるので、高密度記録への対応という観点において不利となる。

40

【0034】

バッファ層6の上にはMTJ素子16が設けられている。MTJ素子16は、バッファ層6の上に、反強磁性層7、第2強磁性層(AP2層)8、結合層9、第1強磁性層(AP1層)10、トンネルバリア層11、フリー層12、キャップ層13が順に積層されたものである。

【0035】

50

バッファ層 6 を覆う反強磁性層 7 は、例えば、イリジウムマンガン合金 (IrMn) などからなり、5 nm (50 Å) 以上 7.5 nm (75 Å) 以下の厚みを有する。IrMn のほか、MnPt, NiMn, OsMn, RuMn, RhMn, PdMn, RuRhMn または PtPdMn によって反強磁性層 7 を構成することができる。反強磁性層 7 は、その上層の第 2 強磁性層 8 の磁化方向をピンニングするものである。

【0036】

反強磁性層 7 の上には、第 2 強磁性層 8、結合層 9、および第 1 強磁性層 10 の 3 層からなるシンセティック反平行 (SyAP: Synthetic Anti-Parallel) ピンド構造が設けられている。ここで、第 2 強磁性層 8 の磁気モーメントは、第 1 強磁性層の磁気モーメントと反平行となるように固定 (ピン留め) されている。第 2 強磁性層 8 は、例えばコバルトの含有率が 75 ~ 90 at% のコバルト鉄合金 (CoFe) からなり、例えば 2 nm (20 Å) 以上 5 nm (50 Å) 以下の厚みを有している。また、第 2 強磁性層 8 は、第 1 強磁性層 10 よりも僅かに厚みが大きく、それによって SyAP ピンド構造における微小なネット磁気モーメントを発生させている。結合層 9 は、第 2 強磁性層 8 と第 1 強磁性層 10 との交換結合を促進するものであり、好ましくは、ルテニウム (Ru) からなり、例えば 0.75 nm (7.5 Å) の厚さを有する。ルテニウムのほか、ロジウム (Rh) やイリジウム (Ir) などによって結合層 9 を構成してもよい。第 1 強磁性層 10 は、例えば鉄の含有率が 25 ~ 50 at% のコバルト鉄合金 (CoFe) からなり、例えば 1 nm (10 Å) 以上 2.5 nm (25 Å) 以下の厚みを有するものである。所望により、第 1 強磁性層 10 を、複数の CoFe 層の間に FeTaO または CoFeO 等の薄いナノ酸化層 (NOL: Nano-Oxide Layer) を含むようにした複合層としてもよい。ナノ酸化層は、第 1 強磁性層 10 の平滑性を向上させるために用いられる。他の形態として、第 1 強磁性層 10 を、CoFe 層および Cu 層を複数含む積層構造、すなわち、 $[CoFe/Cu]_n/CoFe$ (n は 2 または 3) という構成の積層構造とすることができる。あるいは、第 1 強磁性層 10 は、CoFeB 層および CoFe 層を含む複合層であってもよい。

【0037】

トンネルバリア層 11 は、例えば AlOx、MgO、AlTiOx、または TiOx 等の金属酸化物からなるものである。このトンネルバリア層 11 は、例えば 0.5 nm (5 Å) ~ 0.6 nm (6 Å) の厚さのアルミニウム層を第 1 強磁性層 10 の上に形成したのち、そのアルミニウム層を、プラズマ酸化処理を伴うその場 (in-situ) ラジカル酸化 (ROX: Radical Oxidation) 法を用いて酸化することによって得られる。この工程では、格子状のキャップが、Al 層を成膜するために用いられるスパッタ成膜装置の酸化チャンバ内の、上部イオン化電極と基板表面 (Al 層) との間に設置される。結果として得られる AlOx 層は、およそ 0.7 nm (7 Å) ~ 1.1 nm (11 Å) の厚さを有しており、滑らかで高密度の複合シード層 15 と、AFM 層 7 および SyAP ピンド層の (111) 面方向の結晶構造とによって、優れた平滑性と均質性とを有することとなる。

【0038】

また、トンネルバリア層 11 を MgO によって形成する場合には、以下のように処理を行う。まず、0.8 nm (8 Å) 程度の厚みを有する第 1 のマグネシウム層を第 1 強磁性層 10 の上に形成する。次に、ROX 処理または自然酸化 (NOX: Natural Oxidation) 処理を行い、その第 1 のマグネシウム層の表面を酸化させる。続いて、酸化された第 1 のマグネシウム層の上に、第 2 のマグネシウム層を 0.4 nm (4 Å) 程度の厚みとなるように形成することにより、「Mg 層 \ MgO 層 \ Mg 層」構造のトンネルバリア層 11 を得る。このようにして得た「Mg 層 \ MgO 層 \ Mg 層」構造は、スパッタリングによって成膜された MgO 層からなるトンネルバリア層と比べ、より良好な RA の均質性をもたらす。NOX 法または ROX 法の処理条件によっては、トンネルバリア層 11 は、「MgO 層 \ Mg 層」構造と表記すべき場合もある。さらに、MTJ 素子 16 を構成する全ての層が成膜されたのちに、所定の条件下でアニール処理を行うことにより、トンネルバリアの第 2 のマグネシウム層を酸化させ、MgO で表される最終的なトンネルバリア層 11 の組成を得てもよい。

10

20

30

40

50

【0039】

トンネルバリア層11を覆うフリー層12は、例えばCoFeやCoFeBからなる。あるいは、フリー層12は、トンネルバリア層11上に位置するCoFeからなる下層と、NiFeからなる上層との2層構造であってもよい。フリー層12は、上記以外の他の軟磁性材料によっても構成することができる。フリー層12の磁気モーメントは、第1強磁性層10の磁気モーメントに対して平行または反平行となりうるものである。

【0040】

MTJ素子16の最上層であるキャップ層13は、例えば、フリー層12の側からルテニウム層とタンタル層とが順に積層された複合層とすることができる。さらにキャップ層13は、Ru\Ta\Ruの3層構造としてもよいし、キャップ層としてふさわしい、周知の他の材料からなるものとしてもよい。

【0041】

以下、本実施の形態の再生ヘッド1の製造方法について、図2、図3を参照して詳細に説明する。

【0042】

まず、典型的には従来の電気めっき法によって下部シールド層2を形成する。次に、スパッタ成膜装置において、スパッタリングを行うことにより、MTJ素子16を構成する各層を下部シールド層2の上に順に成膜する。例えば、ANELVA社製C-7100薄膜スパッタリング装置等が好適である。スパッタリング装置としては、各々が5つのターゲットを有する3つの物理蒸着(PVD: Physical Vapor Deposition)チャンバと、酸化チャンバと、スパッタエッチングチャンバとを有するものが好ましい。複数のPVDチャンバのうちの少なくとも1つは、同時スパッタリングが可能なものがよい。スパッタ成膜プロセスにおいては、一般的にはアルゴンスパッタガスを伴い、金属または合金からなるターゲットを用いて基板上に薄膜を堆積させる。上述したすべての層は、スパッタ装置の単一ポンプダウン後に形成して、スループットを向上させるようにしてもよい。ここで、ターゲットとしての個々の元素の各々を同時スパッタリングし、または1つ以上の合金を同時スパッタリングし、あるいは1つ以上の合金を1つ以上の個々の元素を用いて同時スパッタリングすることによって、合金を堆積させることができる。

【0043】

MTJ素子16を構成する全ての層が成膜されたのち、全体をアニール処理するとよい。すなわち、複合シード層15、AFM層7、SyAPピンド層(層8~10)、トンネルバリア層11、フリー層12、およびキャップ層13を含む積層体に対し、例えば、10kOeの大きさの磁場を一定方向に印加しつつ、0.5から20時間に亘って250以上350以下の温度を維持することにより、アニール処理を行う。

【0044】

一つの形態として、上面13aにフォトレジスト層(図示せず)をコーティングしたのち、層6~13のみを所定形状となるようにパターンニングし、複数のMTJ素子16を形成してもよい(図2参照)。フォトレジスト層に対してマスクを介したパターン露光を行ったのち、フォトレジスト層を現像し、MTJ素子を所望の形状となるようにエッチングする。例えば、アイランドは、基板面に対して垂直方向の上面から見て、楕円形状または他の円形を有するようにすることができる。その後、反応性イオンエッチング処理の際にフォトレジストをエッチマスクとして用い、フォトレジストのパターンを層6~13を通じて転写する。そして、フォトレジスト層を剥離することにより、各々が上面13aを有する複数のMTJ素子16が残留することとなる。あるいは、フォトレジストのパターンニングおよびエッチングの一連の操作を行う前に、Ta等から作られるハードマスクを堆積させるようにしてもよい。この場合、フォトレジストは、ハードマスクを通じてパターンを転写するためのエッチマスクとしてのみ機能する。そして、フォトレジスト層を剥離し、ハードマスクは、層6~13を通じてパターンを転写するためのマスクとして機能する。さらに他の形態として、エッチング処理をバッファ層6の上で終了させ、バッファ層6をパターン化せずに残すようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

さらに、図 3 に示すように、再生ヘッド 1 は、層 6 ~ 1 3 から構成された M T J 素子 1 6 の側壁に隣接する絶縁層 1 7 を形成することで完成する。絶縁層 1 7 は、C M P プロセスを経ることにより、その上面がキャップ層 1 3 の上面 1 3 a と共通平面を形成するようになる。その後、上部シールド層 1 8 が、従来の方法を用いてキャップ層 1 3 の上に形成される。

【 0 0 4 6 】

このように、本実施の形態では、下部シールド層 2 と M T J 素子 1 6 との間に、軟磁性層 3 , アモルファス層 4 , 軟磁性層 5 およびパツファ層 6 を順に積層してなる複合シード層 1 5 を設けるようにしたので、Hex / H c が増大すると共に交換結合磁場 Hex が増大し、ピンニング磁場のばらつきが低減される。さらに、複合シード層 1 5 のうちの軟磁性層 3 , アモルファス層 4 および軟磁性層 5 が、下部シールド層 2 と共に実効シールド構造 1 4 を形成するようにしたので、実効的なシールド間距離を狭めることができ、分解能を向上させることができる。したがって、この再生ヘッド 1 によれば、超高密度記録に対応しつつ、より安定した再生動作が可能となる。

【 0 0 4 7 】

[第 2 の実施の形態]

図 4 は、本発明の複合シード層を備えた第 2 の実施の形態としての再生ヘッド 1 A の断面構成を表している。この図は、再生ヘッド 1 A のエアベアリング面 (A B S) に沿った断面図である。再生ヘッド 1 A は、下部シールド層 2 の上に複合シード層 1 5 を介して G M R 素子 1 9 を設けるようにした C P P - G M R センサであり、M T J 素子 1 6 の代わりに G M R 素子 1 9 を搭載するようにした点を除き、図 1 の再生ヘッド 1 と同様の構成を有している。G M R 素子 1 9 の上には、上部シールド層 1 8 が設けられている。

【 0 0 4 8 】

G M R 素子 1 9 は、トンネルバリア層 1 1 の代わりに非磁性の導電性スペーサ層 2 5 を設けるようにしたことを除き、他は M T J 素子 1 6 と同様の構成を有する。第 1 強磁性層 1 0 の上に設けられた導電性スペーサ層 2 5 は、例えば銅 (C u) によって構成され、2 n m (2 0) ~ 5 n m (5 0) の厚みを有する。あるいは、導電性スペーサ層 2 5 を、複数のメタルパスが内部に設けられた酸化物構造体、すなわち電流狭窄メタルパス (C C P) 層としてもよい。その場合、導電性スペーサ層 2 5 を通過する電流が、メタルパスを通過するように酸化物構造体によって制限される。さらに、C C P 層を 2 つの C u 層によって挟むようにした 3 層構造によって導電性スペーサ層 2 5 を構成してもよい。ここで、下部の C u 層は、0 . 2 n m (2) 以上 0 . 8 n m (8) 以下の厚みを有し、上部の C u 層は、0 . 2 n m (2) 以上 0 . 6 n m (6) 以下の厚みを有し、C C P 層は、0 . 6 n m (6) 以上 1 . 0 n m (1 0) 以下の厚みを有するとよい。なお、C C P 層は、プラズマイオン処理に続いてイオンアシスト酸化処理が施された A l C u と下部の C u 層の一部とによって構成するようにしてもよい。

【 0 0 4 9 】

この再生ヘッド 1 A を製造するにあたっては、以下のように行う。まず、下部シールド層 2 の上に、複合シード層 1 5 、 A F M 層 7 、 S y A P ピンド層 (層 8 ~ 1 0) 、導電性スペーサ層 2 5 、フリー層 1 2 、およびキャップ層 1 3 を含む積層体を形成したのち、A F M 層 7 、 S y A P ピンド層 (層 8 ~ 1 0) 、導電性スペーサ層 2 5 、フリー層 1 2 、およびキャップ層 1 3 をフォトリソ法などによって所定形状にパターニングすることにより G M R 素子 1 9 を得る。さらに、G M R 素子 1 9 に対し、1 0 k O e の大きさの磁場を一定方向に印加しつつ、0 . 5 から 2 0 時間に亘って 2 2 0 以上 3 5 0 以下の温度を維持することにより、アニール処理を行う。そののち、複合シード層 1 5 の上面から G M R 素子 1 9 の側壁に亘って連続的に覆う第 1 の絶縁層 (図示せず) を成膜する。必要に応じて、T i W 、 C r 、 C r T i 、または C r M o 等のシード層を、その第 1 の絶縁層の上に形成してもよい。次に、C o C r P t または F e P t から構成され得るハードバイアス層 (図示せず) が、イオンビーム蒸着 (I B D : Ion Beam Deposition) プロセスまた

10

20

30

40

50

はPVDプロセスを用いて絶縁層（またはシード層）の上に成膜される。あるいは、NiFe、CoFe、CoNiFe、FeTa_n、またはFeAl_n等の軟磁性下地層を複合シード層15の上に形成し、複合シード層15とハードバイアス層との間の良好な格子整合を促進するようにしてもよい。そのうち、第2の絶縁層（図示せず）が、例えばCVD法またはPVD法を用いて、第1の絶縁層の上およびハードバイアス層の上に成膜される。CMPプロセス等の平坦化工程を採用することにより、キャップ層13を用いて第2の絶縁層を形成してもよい。最後に、上部シールド層18が、キャップ層13および第2の絶縁層を覆うように成膜される。上部シールド層18は、例えばTa\NiFe等の複合層とすることができる。

【0050】

10

本実施の形態においても、下部シールド層2とGMR素子19との間に複合シード層15を設けると共に、そのうちの軟磁性層3、アモルファス層4および軟磁性層5が下部シールド層2と共に実効シールド構造14を形成するようにしたので、上記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0051】

[第3の実施の形態]

図5は、本発明における第3の実施の形態としての複合シード層を備えた再生ヘッド1Bの断面構成を表している。この図は、再生ヘッド1Bのエアベアリング面（ABS）に沿った断面図である。再生ヘッド1は、下部シールド層2の上に、複合シード層15の代わりに複合シード層21も設け、実効シールド構造14の代わりに実効シールド構造20

20

を設けるようにした点を除き、他は図1の再生ヘッド1と同様の構成を有している。MTJ素子16の上には、図示しない上部シールド層18が設けられている。

【0052】

この再生ヘッド1Bでは、アモルファス層4が下部シールド層2の上に直接形成されており、複合シード層21がアモルファス層4、軟磁性層5、バッファ層4の3層構造となっている。よって、実効シールド構造20も、下部シールド層2、アモルファス層4、軟磁性層5の3層構造となっている。

【0053】

本実施の形態では、下部シールド層2とMTJ素子16との間に複合シード層21を設けると共に、そのうちのアモルファス層4および軟磁性層5が下部シールド層2と共に実効シールド構造20を形成するようにしたので、上記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。なお、本実施の形態では、スピバルブ積層体としてMTJ素子16を用いるようにしたが、その代わりに、上記第2の実施の形態で説明したGMR素子19を用いるようにしてもよい。その場合であっても同様の効果が得られる。

30

【実施例】

【0054】

以下、本発明の実施例としていくつかの実験例を示し、考察を加える。

【0055】

本明細書で説明した複合シード層の上にスピバルブ積層体が設けられた再生ヘッドの性能の向上を証明すべく、実験を行った。この再生ヘッドは、NiFeからなる下部シールド層の上に、複合シード層と、IrMnからなる反強磁性層と、第2強磁性層（AP2）と、キャップ層とが順次形成されたものである。ここで注意すべきことは、典型的なスピバルブ積層体に含まれる、Ruなどの結合層、第1強磁性層（AP1）層、スペーサ層またはトンネルバリア層、およびフリー層は、この実験において交換結合磁場Hexおよび保磁力Hcの評価を行うためには必要ないということである。しかしながら、当業者であれば、表1に示す簡略化したスピバルブ積層体の下地として設けられた複合シード層に見られる効果は、完成したCPP-GMRセンサまたはTMRセンサにおいても同様に得られることが理解されるはずである。

40

【0056】

（実験例1）

50

実験例1は、厚さが2nmのTa層と厚さが2nmのRu層との2層構造からなるシード層と、IrMnからなる7nm厚の反強磁性層と、 $\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$ からなる2.3nm厚のAP2層とが順に積層されたものである。さらに、AP2層の上に、キャップ層として1nm厚のRu層と5nm厚のTa層との2層構造を設けるようにした。

【0057】

(実験例2, 3)

実験例2, 3は、いずれも、実験例1のシード層を本発明の複合シード層に変更したものである。実験例2は、複合シード層を、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ からなる2nm厚の第1の軟磁性層と、 $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}$ からなる1nm厚のアモルファス層と、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ からなる2nm厚の第2の軟磁性層と、ルテニウムからなる1nm厚のバッファ層とを順に積層することによって形成したものである。実験例3は、バッファ層の厚さを0.5nmとしたことを除き、他は実験例2と同様の構成とした。

【0058】

なお、実験例1~3では、10kOeの磁場を一定方向へ印加しつつ、250 または 280 の温度下で5時間に亘ってアニール処理をおこなった。

【0059】

表1に実験結果をまとめて示す。ここでは、交換結合磁場 H_{ex} 、保磁力 H_c 、 H_{ex}/H_c 比、反強磁性層のブロッキング温度 T_b の評価を行った。ここで注目すべきことは、本発明の複合シード層を用いることで、実効シード層の厚さを1nmもしくは0.5nmに減少させることができるということである。これは、複合シード層の「 $\text{NiFe}\backslash\text{CoFeB}\backslash\text{NiFe}$ 」の部分、実効シールド構造に含まれているからである。同時に、実験例2, 3は、実験例1と比べ、 H_{ex} および H_{ex}/H_c の交換特性が向上していることがわかる。また、従来、シード層の厚みを過剰に薄くし、かつ粒度を過剰に小さくすると、反強磁性層(IrMn層)のブロッキング温度 T_b が低下する傾向が見られたが、実験例2, 3では、反強磁性層のブロッキング温度 T_b は260 に維持されている。すなわち、本発明の複合シード層を採用することにより、ブロッキング温度 T_b を良好に維持しつつ、 H_{ex} および H_{ex}/H_c の交換特性を向上させることが可能なことがわかった。

【0060】

10

20

【表 1】

	シート層 (厚さ: nm)	反強磁性層 (厚さ: nm)	AP2層 (厚さ: nm)	Hex (Oe)	Hc (Oe)	Hex/Hc	Tb (°C)
実験例 1	Ta(2.0) \ Ru(2.0)	IrMn (7.0)	Co ₇₅ Fe ₂₅ (2.3)	1939	291	6.7	260
実験例 2	Ni ₈₀ Fe ₂₀ (2.0) \ Co ₄₀ Fe ₄₀ B ₂₀ (1.0) \ Ni ₈₀ Fe ₂₀ (2.0) \ Ru(1.0)	IrMn (7.0)	Co ₇₅ Fe ₂₅ (2.3)	2044	218	9.4	260
実験例 3	Ni ₈₀ Fe ₂₀ (2.0) \ Co ₄₀ Fe ₄₀ B ₂₀ (1.0) \ Ni ₈₀ Fe ₂₀ (2.0) \ Ru(0.5)	IrMn (7.0)	Co ₇₅ Fe ₂₅ (2.3)	2015	259	7.8	260

*1[Oe] = 250/π [A/m]

【0061】

このように、本発明によれば、ブロッキング温度を維持しつつ、高Hexおよび高Hex/Hc比が得られるので、良好なヘッド性能が実現されるものと考えられる。なお、本発明では、独自の複合シート層を用いることによる抵抗変化率への大きな影響はないと考えられる。なぜなら、シート層のみが変更され、磁気抵抗効果に関与する磁性層には何らの変化を加えていないからである。

10

20

30

40

50

【0062】

本発明をその好適な実施の形態を参照して具体的に示し説明したが、当業者であれば、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、形式的な変更および詳細な変更をなし得ることを理解するであろう。

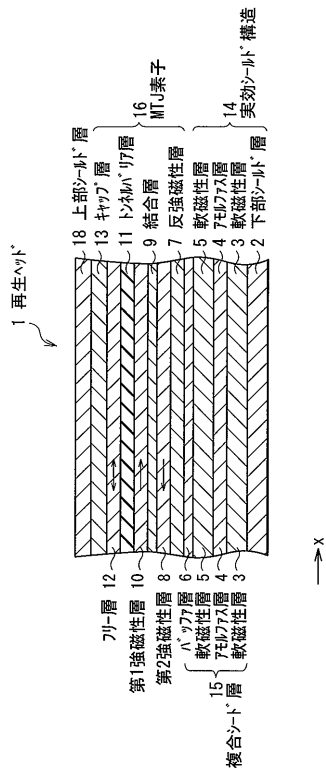
【符号の説明】

【0063】

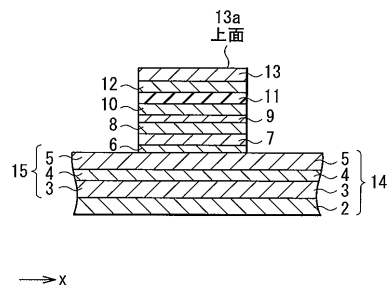
1, 1A, 1B...再生ヘッド、2...下部シールド層、3, 5...軟磁性層、4...アモルファス層、6...バッファ層、7...反強磁性層、8...第1強磁性層、9...結合層、10...第2強磁性層、11...トンネルバリア層、12...フリー層、13...キャップ層、14, 20...実効シールド構造、15, 21...複合シールド層、16...MTJ素子、17...絶縁層、18...上部シールド層、19...GMR素子、25...導電性スペーサ層。

10

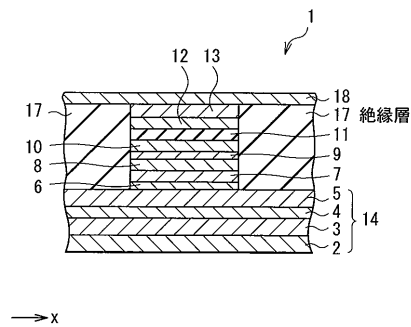
【図1】



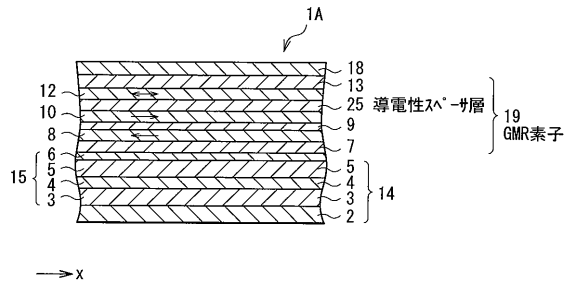
【図2】



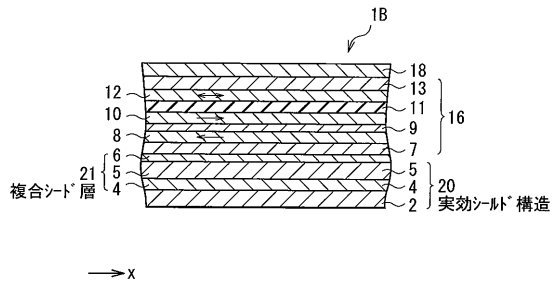
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 H 0 1 F 10/32 (2006.01) H 0 1 F 10/32

(72)発明者 赴 丹
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 5 5 フレモント エーガット テラス 3 4 3 4 3
 (72)発明者 王 恵 娟
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 8 プレザントン カルドゥッチ ドライブ 5 0
 2 7
 (72)発明者 李 民
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 8 ダブリン サルバティエラ コート 5 2 9 8

審査官 中野 浩昌

(56)参考文献 特開2007-193897(JP,A)
 特開2006-019743(JP,A)
 特開2008-034857(JP,A)
 特開2004-146028(JP,A)
 特開2007-158060(JP,A)
 特開2007-172824(JP,A)
 特開2002-319112(JP,A)
 特開2001-325704(JP,A)
 特開2004-334995(JP,A)
 特開2007-109807(JP,A)
 米国特許出願公開第2007/0064352(US,A1)
 特開2007-287226(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 1 1 B 5 / 3 9
 G 0 1 R 3 3 / 0 9
 H 0 1 F 1 0 / 3 2
 H 0 1 L 4 3 / 0 8
 H 0 1 L 4 3 / 1 0
 H 0 1 L 4 3 / 1 2