

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-62638

(P2016-62638A)

(43) 公開日 平成28年4月25日 (2016.4.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/39 (2006.01)	G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
H 0 1 L 43/08 (2006.01)	H 0 1 L 43/08	5 F 0 9 2

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-178092 (P2015-178092)	(71) 出願人	500373758
(22) 出願日	平成27年9月10日 (2015.9.10)		シーゲイト テクノロジー エルエルシー
(31) 優先権主張番号	14/486,607		アメリカ合衆国、95014 カリフォル
(32) 優先日	平成26年9月15日 (2014.9.15)		ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		・ブルバード、10200
		(74) 代理人	110001195
			特許業務法人深見特許事務所
		(72) 発明者	コンスタンティン・ニコラエフ
			アメリカ合衆国、55438 ミネソタ州
			・ブルーミントン、プリストル・ビレッジ
			・ドライブ、7350、ナンバー・230
		(72) 発明者	タラス・ポヒル
			アメリカ合衆国、55112 ミネソタ州
			・アーデン・ヒルズ、プレザント・サーク
			ル、1139

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 読取器センサ積層体

(57) 【要約】

【課題】 読取器センサ積層体を提供する。

【解決手段】 読取器センサは、センサ積層体を含む。読取器センサ積層体は、AFM層と、ピンド安定化層と、ピンド層とを備える。ピンド安定化層は、ピンド層よりもAFM層に近い位置に設けられている。読取器センサ積層体は、ピンド安定化層とピンド層との間に設けられ、ピンド安定化層およびピンド層と当接する非磁性スペーサ層をさらに備える。ピンド安定化層とピンド層との間の磁気結合は、ピンド安定化層とAFM層との間の磁気結合の50%以下である。

【選択図】 図1

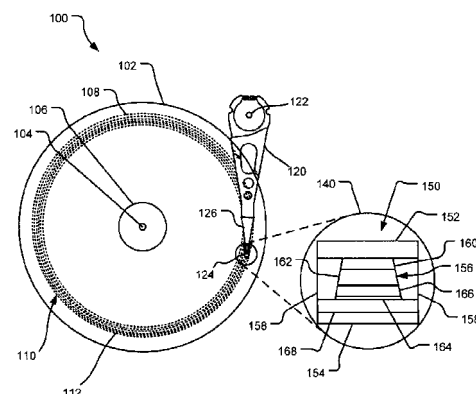


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

読取器センサ積層体であって、
A F M 層と、
ピンド安定化層と、
ピンド層とを備え、
前記ピンド安定化層は、前記ピンド層よりも前記 A F M 層に近い位置に設けられ、
前記ピンド安定化層と前記ピンド層との間に設けられ、前記ピンド安定化層および前記
ピンド層と当接する非磁性スペーサ層と、
基準層とを備え、
前記ピンド安定化層と前記ピンド層との間の磁気結合は、前記ピンド安定化層と前記 A
F M 層との間の磁気結合の 5 0 % 以下である、読取器センサ積層体。

10

【請求項 2】

前記ピンド安定化層と前記ピンド層との間の磁気結合は、前記ピンド安定化層と前記 A
F M 層との間の磁気結合の 3 5 % 以下である、請求項 1 に記載の読取器センサ積層体。

【請求項 3】

前記ピンド安定化層は、前記 A F M 層に隣接かつ当接している、請求項 1 に記載の読取
器センサ積層体。

【請求項 4】

前記非磁性スペーサは、R K K Y 結合を可能にする、請求項 1 に記載の読取器センサ積
層体。

20

【請求項 5】

前記非磁性スペーサは、R u、I r、R h、または T a を含む、請求項 1 に記載の読取
器センサ積層体。

【請求項 6】

前記ピンド安定化層は、2 n m 以下の厚さを有する、請求項 1 に記載の読取器センサ積
層体。

【請求項 7】

前記ピンド安定化層は、0 . 5 ~ 1 . 5 n m の範囲の厚さを有する、請求項 1 に記載の
読取器センサ積層体。

30

【請求項 8】

前記ピンド安定化層は、1 n m 以下の厚さを有する、請求項 1 に記載の読取器センサ積
層体。

【請求項 9】

前記 A F M 層とピンド安定化層とは、凹設される、請求項 1 に記載の読取器センサ積層
体。

【請求項 10】

読取器センサ積層体であって、
A F M 層と、
2 n m 以下の厚さを有するピンド安定化層と、
ピンド層とを備え、
前記ピンド安定化層は、前記ピンド層よりも前記 A F M 層に近い位置に設けられ、
前記ピンド安定化層と前記ピンド層との間に設けられ、前記ピンド安定化層および前記
ピンド層と当接する非磁性スペーサ層を備え、
前記スペーサ層は、前記ピンド安定化層と前記ピンド層との間に $0 . 1 5 \text{ e r g } / \text{ c m }^2$
の磁気結合を形成する、読取器センサ積層体。

40

【請求項 11】

前記ピンド安定化層は、前記 A F M 層に隣接かつ当接している、請求項 10 に記載の読
取器センサ積層体。

【請求項 12】

50

前記非磁性スペーサは、R K K Y結合特性を有する、請求項10に記載の読取器センサ積層体。

【請求項13】

前記スペーサは、Ru、Ir、Rh、またはTaを含む、請求項10に記載の読取器センサ積層体。

【請求項14】

前記ピンド安定化層は、1.5nm以下の厚さを有する、請求項10に記載の読取器センサ積層体。

【請求項15】

前記ピンド安定化層は、0.5～1.5nmの範囲の厚さを有する、請求項10に記載の読取器センサ積層体。

【請求項16】

前記ピンド安定化層は、1nm以下の厚さを有する、請求項10に記載の読取器センサ積層体。

【請求項17】

読取器センサ積層体であって、

A F M層と、

ピンド安定化層と、

ピンド層とを備え、

前記ピンド安定化層は、前記A F M層と前記ピンド層との間に設けられ、

前記ピンド安定化層と前記ピンド層との間に設けられ、前記ピンド安定化層および前記ピンド層と当接する非磁性スペーサ層を備え、

前記ピンド安定化層は、1.5nm以下の厚さを有する、読取器センサ積層体。

【請求項18】

前記ピンド安定化層は、1nm以下の厚さを有する、請求項17に記載の読取器センサ積層体。

【請求項19】

前記非磁性スペーサは、R K K Y結合を可能にする、請求項17に記載の読取器センサ積層体。

【請求項20】

前記スペーサは、Ru、Ir、またはRhを含む、請求項19の読取器センサ積層体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

背景

磁気データ記憶および再生システムにおいて、磁気読取/書込ヘッドは、磁気ディスク上に記憶された磁氣的に符号化された情報を再生するための磁気抵抗(MR)センサを備えた読取部を含む。ディスクの表面からの磁束は、MRセンサの検知層の磁化ベクトルを回転させ、その結果、MRセンサの電気抵抗を変化させる。MRセンサの電気抵抗の変化は、MRセンサに電流を流して、MRセンサの両端の電圧を測定することによって検出されることができる。その後、外部回路は、電圧情報を適切な形式に変換し、その情報を用いて、ディスク上に符号化された情報を回復する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0002】

概要

本明細書に記載の1つの特定の実現例の読取器センサ積層体は、A F M層と、ピンド安定化層と、ピンド層とを備え、ピンド安定化層は、ピンド層よりもA F M層に近い位置に設けられ、ピンド安定化層とピンド層との間に設けられ、ピンド安定化層およびピンド層と当接する非磁性スペーサ層と、基準層とを備える。ピンド安定化層とピンド層との間の

磁気結合は、ピンド安定化層とA F M層との間の磁気結合の50%以下である。

【0003】

別の特定の実現例の読取器センサ積層体は、A F M層と、2nm以下の厚さを有するピンド安定化層と、ピンド層とを備え、ピンド安定化層は、ピンド層よりもA F M層に近い位置に設けられ、ピンド安定化層とピンド層との間に設けられ、ピンド安定化層およびピンド層と当接する非磁性スペーサ層を備える。スペーサ層は、ピンド安定化層とピンド層との間に0.15erg/cm²の磁気結合を形成する。

【0004】

さらに別の特定の実現例の読取器センサ積層体は、A F M層と、ピンド安定化層と、ピンド層とを備え、ピンド安定化層は、A F M層とピンド層との間に設けられ、ピンド安定化層とピンド層との間に設けられ、ピンド安定化層およびピンド層と当接する非磁性スペーサ層を備える。ピンド安定化層は、1.5nm以下の厚さを有する。

10

【0005】

この概要は、以下の詳細な説明にさらに記載される思想の一部を簡略した形で紹介するために提供される。この概要は、請求される主題の本質的な特徴を特定する意図をしておらず、特許請求される主題の範囲を決定または制限する意図もしていない。これらの特徴および利点およびさまざまな他の特徴および利点は、以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【0006】

記載された技術は、添付の図面に関連して理解されるさまざまな実現例を説明する以下の詳細な説明から最もよく理解される。

20

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本明細書に開示されたセンサ構造を有する読取器を用いた例示的な記録装置を示す斜視図である。

【図2A】例示的な読取器センサ構造の空気軸受面(A B S)を示す概略図である。

【図2B】例示的な読取器センサ構造のA B Sと直交する断面を示す概略図である。

【図3】別の例示的な読取器センサ構造のA B Sと直交する断面を示す概略図である。

【図4A】例示的な読取器センサ構造のA B Sを示す代替的な概略図である。

【図4B】例示的な読取器センサ構造のA B Sを示す別の代替的な概略図である。

30

【図5】例示的な読取器センサ構造を形成する方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

詳細な説明

高密度のデータおよび磁気媒体からデータを読取る高感度センサに対する需要が高まっている。巨大磁気抵抗(GMR)センサが、一般的に、3つの磁気層から構成される。3つの磁気層のうち、1つの軟質磁石からなる層が、銅などからなる薄い導電性のある非磁性スペーサ層によって他の磁性層から離間されている。トンネル磁気抵抗(TMR)センサが、GMRの拡張である。TMRセンサにおいて、電子が薄い絶縁性トンネル障壁を越えて層に対して垂直に移動する。

40

【0009】

一般的に、これらの磁気抵抗(MR)センサには、第1磁性層の回転を防止するために、反強磁性材料(AFM)層(しばしば「ピン止め層」とも呼ばれる)は、第1磁性層に隣接して配置される。この性質を示すAFM材料は、「ピン止め材」と呼ばれる。第1層は、その回転がAFM層により抑制されるため、「ピンド層」(PL層)と呼ばれている。軟磁性層は、外部磁界に応じて自由に回転するため、「自由層」(FL)と呼ばれている。PL層と第3磁性層、すなわち基準層(RL)との間の結合スペーサ層は、それらの間に反強磁性結合(たとえば、RKKY結合)を形成し、よって、合成反強磁性(SAF)構造を形成する。MRセンサは、他の層(たとえば、非磁性層)を含むことができる。

【0010】

50

ドメイン壁の移動が電氣的なノイズを引起し、データの回復を困難にするため、MRセンサを適切に動作させるために、好ましくは、エッジドメインの形成に対してセンサを安定化させる。安定化を達成するための一般的な方法としては、永久磁石をジャンクションに当接する設計である。この方法において、高保磁力を有する永久磁石（すなわち、硬質磁石）は、センサの各端部に配置される。永久磁石からの磁場は、センサを安定化し、エッジ領域の形成を防止するとともに、適切なバイアスを提供する。自由層のバイアスを提供する別の一般的な方法としては、永久磁石の代わりに、安定化された軟磁性層を使用することである。AFMの使用は、SAF構造の一貫性および予測可能な方向性を可能にする。さらに、AFM層によって安定化されたSAF構造の使用は、MRセンサを用いた読取器に高振幅の線形応答を与えることができる。

10

【0011】

MRセンサの動作中に、個々のAFM粒子は、その磁化配向を「反転」する可能性があり、その結果、読取器の安定性を低下し、読取器の誤差を引起す可能性がある。センサの極性が維持される限り、AFM粒子の反転効果を低減することによってAFM/PL界面における交換結合を低減すると、読取器の安定性を高めることができる。AFM/PL界面における結合の低減は、AFM誘発不安定性およびAFM層に本来的に存在する磁気分散効果に対する読取器の感度を低下する。しかしながら、高温設定アニール処理中に、AFM粒子の整列は、界面交換に依存する。堆積された後、AFM層における個々の粒子は、薄膜の面内にランダムに配向される。アニール処理中に、AFM粒子は、処理中に印加された外部磁界に応じて、隣接PL層によって与えられたトルクによって磁氣的に配向される。しかしながら、AFM層とPL層との間の交換が弱くなると、粒子を配向するためのエネルギー障壁を増加し、その結果、AFMの高分散を引起す。AFMの高分散は、SAF/AFMの不安定性を誘発し、特定の場合に、反対の極性を有する部分をもたらす可能性がある。

20

【0012】

本明細書に開示された例示的なセンサ組立体は、SAF構造に弱い結合を提供しつつ、優れたAFM粒子の設定を組合わせたセンサ積層体設計を提供する。SAF構造との結合の強さは、制御可能であり、所望の（たとえば、最適の）センサ動作点を達成するように調整されることができる。このセンサ積層体の設計は、AFM誘起の不安定性（たとえば、粒子の磁化向きの反転）に対する感受性を低下することに加えて、これらの発生率を低減し、その後の熱アニールに対するピン止め安定性を向上させる。

30

【0013】

具体的には、センサ組立体は、AFM層に隣接しかつ結合されたピンド安定化層およびピンド安定化層とPL層との間に設けられた非磁性スペーサを有する読取器「積層体」を含む。スペーサは、ピンド安定化層とPL層との間の結合を制御する。また、スペーサは、AFM層とPL層との間の有効結合を低減するためのメカニズムを提供し、ひいてはAFM層からPL層へ不安定性を転嫁する可能性、結果的にはAFM層からPL層に不安定性を転嫁する可能性を低減する。

【0014】

留意すべきことは、ピンド安定化層を有しない構造において、通常、磁化を固定するAFM層に直接隣接する層を「ピンド層」またはPL層と呼ぶことである。しかしながら、本開示において、SAF構造のうち、AFMに最も近い磁性層は、（ピンド安定化層を介して）AFM層に弱く結合されていることにも関わらず、「ピンド層」またはPL層と呼ばれる。

40

【0015】

以下の説明は、添付の図面を参照して行われる。添付の図面は、本明細書の一部を構成する。添付の図面において、少なくとも1つの具体的な実現例は、例示として示される。以下の説明は、追加の具体的な実現例を提供する。理解すべきことは、他の実現例も考えられ、本開示の範囲または精神から逸脱することなく実施できることである。したがって、以下の詳細な説明は、限定的な意味で解釈されるべきではない。このように、本開示は

50

限定されておらず、本開示のさまざまな局面に対する理解は、以下に提供される実施例に対する検討を通じて得られるであろう。

【0016】

図1は、本明細書に開示されたセンサ構造を有する読取器を使用した例示記録装置100（たとえば、ディスクドライブ組立体100）を示す斜視図である。記録装置100は、動作中にディスクの中心軸または回転軸104を中心に回転するディスク102を含む。ディスク102は、内径106と外径108とを含む。内径106と外径108との間に、円形の破線によって示された複数の同心データトラック110が位置している。データトラック110は、実質的に円形であり、規則的に離間されたパターン化ビット112から構成される。これらのパターン化ビット112は、ディスク102上で点または楕円として示される。しかしながら、理解すべきことは、記載された技術は、パターン化された磁気媒体および離散トラック（DT）媒体などの他の種類の記憶媒体と共に使用されてもよいことである。

10

【0017】

情報は、ディスク102上の異なるデータトラック110のビット112に書込むことができ、そこから読取ることができる。変換器ヘッド124は、アクチュエータ回転軸122に対してアクチュエータ組立体120の遠位端に取付けられている。ディスク動作中に、変換器ヘッド124は、ディスク102表面の上方に近接して浮上する。シーク動作中に、アクチュエータ組立体120は、ディスク102に隣接して配置されたアクチュエータ回転軸122を中心に回転する。シーク動作により、変換器ヘッド124は、データトラック110の目標データトラックの上方に位置付けられる。

20

【0018】

分解図140は、変換器ヘッド124の一部の拡大図を示している。分解図において、読取器センサ150を示す概略ブロック図は、読取器センサ150の空気軸受面（ABS）を示している。すなわち、分解図140は、ディスクドライブ組立体100が使用中に、ディスク102のABSに面する変換器ヘッド124の一部を示している。よって、分解図140に示した読取器センサ150は、変換器ヘッド124に動作可能に取付けられるときに、軸（たとえばZ軸）を中心に約180度回転されることができる。留意すべきことは、分解図140に示された読取器センサ150は、必ずしも正確な寸法および/またはすべての要素を有するように示されておらず、むしろ、本開示に関連する読取器センサ150の適切な特徴が示されている。

30

【0019】

図示された実現例において、読取器センサ150は、上部シールド構造152と、下部シールド154と、読取器センサ150のダウトラック方向に沿って上部シールド構造152と下部シールド154との間に介在するセンサ積層体156とを含むように示されている。上部シールド構造152と下部シールド154とは、ディスク102上に隣接するデータトラック110からの磁束から、センサ積層体156を保護する。上部シールド構造152は、側方シールド158に安定性を与える。側方シールド158は、上部シールド構造152と下部シールド154との間に配置され、クロストラック方向に沿ってセンサ積層体156を囲む。

40

【0020】

分解図140に詳細に示されておらず、相対的な寸法も示されていないが、センサ積層体156は、磁気配向を切替える自由層160を備える複数の層を含む。また、センサ積層体156は、合成反強磁性（SAF）構造162と、ピンド安定化層164と、SAF構造162およびピンド安定化層164の間に介在する非磁性スペーサ層166とを含む。下部シールド154とピンド安定化層164の間には、反強磁性層（AFM）168が設けられている。図示されていないが、下部シールド154とAFM層168との間にシード層を設けてもよい。

【0021】

分解図140に示されていないが、SAF構造162は、少なくとも基準層と、ピンド

50

層と、両者の間に介在するスペーサ層とを含む。ピンド層は、スペーサ層 1 6 6 に隣接している。したがって、センサ積層体 1 5 6 は、2つのピンド層、すなわち、A F M 層 1 6 8 に隣接するピンド安定化層 1 6 4 および S A F 構造 1 6 2 に含まれるピンド層を含む。この2つのピンド層は、非磁性スペーサ層 1 6 6 を挟持している。

【0022】

ピンド安定化層 1 6 4 は、固定磁化を有する薄層（すなわち、厚さが 5 n m 未満）である。ピンド安定化層 1 6 4 は、磁気 A F M 層 1 6 8 に物理的に当接しており、磁氣的に結合している。A F M 層 1 6 8 とピンド安定化層 1 6 4 との界面に存在する高交換結合は、読取器センサ 1 5 0 を形成する際に使用されたアニール処理中、A F M 層 1 6 8 を構成する材料の粒子の適切な磁気設定を可能にする。

【0023】

図 2 A は、別のピンド層と A F M 層との間に介在するピンド安定化層を有するセンサ構造の実現例の A B S 面を示す図である。図 2 B は、図 2 A の A B S 面と直交する図である。図 2 A および図 2 B において、読取器 2 0 0 は、複数の層を有するセンサ積層体 2 1 0 の（ダウントラック方向に沿った）両側に位置する上部シールド構造 2 0 2 と下部バルクシールド 2 0 4 とを含む。この図に示されておらず図 1 に見られるが、側方シールドは、クロストラックまたは横方向に沿って上部シールド構造 2 0 2 と下部シールド 2 0 4 との間に存在し、センサ積層体 2 1 0 を囲む。示されている実現例において、側方シールドは、センサ積層体 2 1 0 の全ての層を囲み、他の実現例において、たとえば、側方シールドは、1 つまたは複数の層を囲まなくてもよい。

【0024】

センサ積層体 2 1 0 は、下部バルクシールド 2 0 4 に近接する A F M 層 2 1 2 を含む。図示されていないが、下部シールド 2 0 4 と A F M 層 2 1 2 との間に、シード層を設けてもよい。センサ積層体 2 1 0 は、A F M 層 2 1 2 に隣接しかつ当接するピンド安定化層 2 1 4、および S A F 構造 2 2 0 を含む。S A F 構造 2 2 0 は、ピンド層（P L）2 2 2 と、基準層（R L）2 2 4 と、ピンド層 2 2 2 と基準層 2 2 4 との間に介在するスペーサ層 2 2 3 とを含む。S A F 構造 2 2 0 は、ピンド層 2 2 2 が基準層 2 2 4 よりもピンド安定化層 2 1 4 に近いように、配置されている。スペーサ層 2 2 5 は、ピンド安定化層 2 1 4 と S A F 構造 2 2 0 との間に存在しおよびピンド安定化層 2 1 4 および S A F 構造 2 2 0 両方に当接している。磁気配向を切替える自由層（F L）2 2 6 は、S A F 構造 2 2 0 の基準層 2 2 4 に近接している。自由層 2 2 6 と基準層 2 2 4 との間に、バリア層 2 2 8 が設けられている。また、図面には、キャッピング層 2 3 0 および分離層 2 3 2 が示されている。

【0025】

読取器センサ 2 0 0 の具体的な構成の詳細は、読取器センサ 2 0 0 のピンド安定化層 2 1 4 に特に関連するものではなく、本明細書において、読取器センサ 2 0 0 の他の要素の詳細を説明しない。特に明記しない限り、読取器センサ 2 0 0 のさまざまな層は、これらの要素の通用材料から作られる。

【0026】

A F M 層 2 1 2 によって、S A F 構造 2 2 0 におけるピン止め層 2 2 2 の磁化がある程度しか安定化されないが、ピンド安定化層 2 1 4 およびスペーサ層 2 2 5 が存在しない場合に比べて、ピンド安定化層 2 1 4 およびスペーサ層 2 2 5 が存在する場合、結合が減少する。この結合の減少は、A F M 層 2 1 2 から不安定性をピンド層 2 2 2 に転嫁する可能性を低減する。

【0027】

上述したように、ピンド安定化層 2 1 4 は、固定磁化を有する薄層（すなわち、厚さが 5 n m 未満）である。いくつかの実現例において、ピンド安定化層 2 1 4 は、2 n m 以下の厚さを有する。他の実施形態では、ピンド安定化層 2 1 4 は、1 . 5 n m 以下の厚さを有する。さらに他の実施形態において、ピンド安定化層 2 1 4 は、1 n m 以下の厚さを有する。ピンド安定化層 2 1 4 の厚さの例示的な範囲は、0 . 5 ~ 1 . 5 n m である。比較

10

20

30

40

50

的には、ピンド層 2 2 2 は、典型的には約 1 . 5 ~ 4 n m の厚さを有する。ピンド安定化層 2 1 4 は、ピンド層 2 2 2 と同一材料または異なる材料から形成されてもよい。

【 0 0 2 8 】

ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間に介在するスペーサ層 2 2 5 は、ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合（強磁性結合または反強磁性結合）を可能にする。スペーサ層 2 2 5 は、非磁氣的な導電性材料から形成される。

【 0 0 2 9 】

ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合は、A F M 層 2 1 2 とピンド安定化層 2 1 4 との間の磁気結合よりも小さく、ピンド層 2 2 2 と基準層 2 2 4 との間の S A F 結合よりも小さい。多くの実現例において、A F M 層 2 1 2 とピンド安定化層 2 1 4 との間の（単位面積当たり）結合は、S A F 結合に匹敵する。ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合は、他の 2 つの結合（すなわち、A F M 層 2 1 2 とピンド安定化層 2 1 4 との間の結合およびピンド層 2 2 2 と基準層 2 2 4 との間の結合）のうち小さい方よりも 1 0 倍 ~ 2 0 倍小さくすることができる。ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合の役割は、主にセンサの形状異方性に依存して読取器 2 0 0 の S A F 構造 2 2 0 を安定化させるとともに、読取器の極性を維持することである。

【 0 0 3 0 】

いくつかの実現例において、ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合は、ピンド安定化層 2 1 4 と A F M 層 2 1 2 との間の磁気結合の 5 0 % 以下である。いくつかの実現例において、ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合は、ピンド層 2 2 2 と基準層 2 2 4 との間の磁気結合の 5 0 % 以下である。換言すれば、スペーサ層 2 2 5 は、他の 2 つの磁気結合のうち一方を少なくとも半分に減少する。いくつかの実現例において、磁気結合は、少なくとも 6 5 %、または少なくとも 7 5 %、または少なくとも 8 0 %、または少なくとも 8 5 %、または少なくとも 9 0 %、または 9 5 % に減少される。このような減少により、ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合は、ピンド安定化層 2 1 4 および A F M 層 2 1 2 との間の磁気結合またはピンド層 2 2 2 と基準層 2 2 4 との間の磁気結合の 3 5 % 以下、または 2 5 % 以下、または 2 0 % 以下、または 1 5 % 以下、または 1 0 以下、または 5 % 以下に減少され、一般的にはこの 2 つの磁気結合のうちより小さい方の 3 5 % 以下、または 2 5 % 以下、または 2 0 % 以下、または 1 5 % 以下、または 1 0 以下、または 5 % 以下に減少される。

【 0 0 3 1 】

いくつかの実現例において、スペーサ層 2 2 5 は、ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の R K K Y 結合を支援する材料から形成される。R K K Y 結合を支援し、よってスペーサ層 2 2 5 に適するであろう材料の例は、ルテニウム（R u）、イリジウム（I r）およびロジウム（R h）を含む。これらの材料および他の材料は、材料層の厚さの関数としての強磁性または反強磁性 R K K Y 結合を提供することができる。他の実現例において、磁気結合は、粗度誘発の結合であってもよい。ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の磁気結合は、強磁性結合であってもよく、反強磁性結合であってもよい。

【 0 0 3 2 】

ピンド層 2 2 2 は、非磁性スペーサ層 2 2 5 を介して、（強磁性結合または反強磁性結合によって）ピンド安定化層 2 1 4 に結合されている。上述したように、この結合は、R K K Y 結合であってもよく、粗度誘発の結合であってもよい。磁気結合の強度および極性（すなわち、正（強磁性）結合または負（反強磁性）結合）は、ピンド安定化層 2 1 4、ピンド層 2 2 2 およびスペーサ層 2 2 5 の材料および厚さを選択することによって制御することができる。ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の結合は、いくつかの実現例において $0 . 1 5 \text{ erg} / \text{cm}^2$ 以下であり、他の実現例において $0 . 1 \text{ erg} / \text{cm}^2$ 以下であり、さらなる他実現例において $0 . 0 5 \text{ erg} / \text{cm}^2$ 以下である。いくつかの実現例において、ピンド安定化層 2 1 4 とピンド層 2 2 2 との間の結合は、 $0 . 0 1 \sim 0 . 1 \text{ erg} / \text{cm}^2$ であり、他の実現例において $0 . 0 2 \sim 0 . 0 5 \text{ erg} / \text{cm}^2$ である。

10

20

30

40

50

【0033】

さまざまな理由で、非常に薄い（たとえば、1.5 nm未満または1 nm未満）ピンド安定化層214が望ましい。第一の理由として、各層の厚さがシールド間の正味間隔（SSS）（すなわち、上部シールド202と下部シールド204との間の間隔）に寄与するため、読取器センサ200の高線状密度性能を達成するためにSSSを低く維持することが望まれるため、薄い層214が望ましい。第二の理由として、センサ200の処理中に、高磁界設定アニールが非常に薄い安定化層214の磁化を飽和することができるが、その後のより低い磁界およびより低い温度のアニールが安定化層214の磁化に影響しない。このことは、積層体アニール（すなわち、高磁界設定アニール）時に達成されたAFM粒子の磁気配向の維持を支援し、その後のアニール処理の選択可能性を広げる。第三の理由として、ピンド安定化層214を設けることによって、ピンド安定化層を設けなかったピンド層に比べて、薄いピンド安定化層によって不安定トルクが減少されたため、AFM粒子の安定性が増加される。厚いピンド層（通常1.5～4 nmの厚さ）の場合、磁化が比較的均一であり、ピン止め方向に概ね垂直に配向されたAFM粒子に作用するトルクが高くなり、磁気配向を切替える障壁が低くなる。逆に、非常に薄いピンド層の磁化は、殆ど個別のAFM粒子の局所的な磁気秩序に従うため、AFM粒子を不安定化させない。

10

【0034】

センサ200は、追加層を有しない他のセンサに比べて、2つの追加層（すなわち、ピンド安定化層214およびスペーサ層225）を含んでいるが、2つの追加層に起因するSSSの増加を相殺するために、SAF構造220の厚さを薄くすることができる。SAF構造220がAFM層212と弱く結合されているため、SAF構造220の厚さを薄くすることができる。2つの追加層（すなわち、ピンド安定化層214およびスペーサ層225）を有しないセンサにおいて、AFM層212から由来する分散を抑制する必要があるため、ピンド層222および基準層224は、より厚く設けられる。

20

【0035】

図3は、別のピンド層とAFM層との間に介在するピンド安定化層を有するセンサ構造の実現例のABS面と直交する面の別の概略的なブロック図を示す。特に明記しない限り、図3の要素は、図2Aおよび2Bの同様な要素と同一または類似である。

【0036】

読取器300は、上部シールド構造302と、下部バルクシールド304とを含む。近位の下部バルクシールド304は、AFM層312である。AFM層312は、有効なSSSに寄与しないように、ABSから凹設される。凹設されたAFM層312によって形成された凹部または領域は、フロントシールド305を有する。図示されていないが、下部シールド304とAFM層312との間に、シード層を設けることができる。ピンド安定化層314は、AFM層312に隣接かつ当接している。同様に、ピンド安定化層314も、有効なSSSに寄与しないように、ABSから凹設される。凹設されたAFM層312によって形成された凹部または領域は、フロントシールド305を有する。読取器300は、ピンド層（PL）322と、基準層（RL）324と、ピンド層と基準層との間に介在するスペーサ層323とを備える。スペーサ層325は、ピンド安定化層314とピンド層322との間に介在し、ピンド安定化層314とピンド層322との両方に当接する。磁気配向を切り替え可能な自由層（FL）326が基準層324に近接するように設けられ、自由層326と基準層324の間には、バリア層328が介在している。また、図面には、キャッピング層330および絶縁層332が図示されている。

30

40

【0037】

図4Aおよび4Bは、別のピンド層とAFM層との間に介在するピンド安定化層を有するセンサ構造の実現例のABS面を示す他の2つの概略ブロック図である。特に明記しない限り、図4Aの要素は、図2Aおよび2Bの同様な要素と同一または類似であり、図4Bの要素は、図3の同様な要素と同一または類似である。

【0038】

図4Aおよび4Bの両方において、読取器400Aおよび400Bの各々は、複数の層

50

を有するセンサ積層体の（ダウントラック方向に沿った）両側に、上部シールド構造 4 0 2 と下部バルクシールド 4 0 4 とを含む。読取器 4 0 0 A、4 0 0 B は、上部シールド構造 4 0 2 と下部シールド 4 0 4 との間に介在する多層センサ積層体のクロストラック方向または横方向の各側面に設けた側面シールド 4 0 6 を含む。図示の実現例において、側面シールド 4 0 6 は、多層センサ積層体のすべての層を含まないが、そのうちいくつかの層を含む。接合分離層 4 0 8 は、側面シールド 4 0 6 をセンサ積層体の層から隔離する。

【0039】

図 4 A において、読取器 4 0 0 A の場合、センサ積層体は、下部バルクシールド 4 0 4 に近接して、AFM 層 4 1 2（AFM 4 1 2）と、下部シールド 4 0 4 と AFM 層 4 1 2 との間に介在するシード層 4 1 3 とを含む。また、センサ積層体は、AFM 層 4 1 2 に隣接かつ当接するピンド安定化層 4 1 4（PSL 4 1 4）を有する。

10

【0040】

同様に、図 4 B の読取器 4 0 0 B は、AFM 層と、下部シールド 4 0 4 と AFM 層との間に介在するシード層とを含む。また、センサ積層体は、AFM 層に隣接かつ当接するピンド安定化層を有する。しかしながら、この実現例において、シード層、AFM 層およびピンド安定化層は、ABS から凹設され、フロントシールド 4 0 5 によって ABS から隠され、さもなければ ABS から遮蔽される。

【0041】

読取器 4 0 0 A、4 0 0 B の両方は、ピンド層 4 2 2（PL 4 2 2）と、基準層 4 2 4（RL 4 2 4）と、ピンド層 4 2 2 と基準層 4 2 4 との間に介在するスペーサ層（図示せず）とをさらに有する。ピンド層 4 2 2 は、基準層 4 2 4 よりもピンド安定化層 4 1 4 に近い。スペーサ層 4 2 5 は、ピンド安定化層 4 1 4 とピンド層 4 2 2 との間に介在し、ピンド安定化層 4 1 4 とピンド層 4 2 2 との両方に当接する。磁気配向を切り替え可能な自由層 4 2 6（FL 4 2 6）が基準層 4 2 4 に近接するように設けられ、自由層 4 2 6 と基準層 4 2 4 との間には、バリア層 4 2 8 が介在している。また、図面には、キャッピング層 4 3 0 が図示されている。

20

【0042】

ピンド層 4 2 2 は、非磁性スペーサ層 4 2 5 を介して、（強磁性結合または反強磁性結合によって）ピンド安定化層 4 1 4 に結合されている。ピンド安定化層 4 1 4 とピンド層 4 2 2 との間に介在するスペーサ層 4 2 5 は、ピンド安定化層 4 1 4 とピンド層 4 2 2 との間に磁気結合（強磁性結合または反強磁性結合）を提供する。磁気結合の強度および極性（すなわち、正（強磁性）結合または負（反強磁性）結合）は、ピンド安定化層 4 1 4、ピンド層 4 2 2 およびスペーサ層 4 2 5 の材料および厚さを選択することによって制御することができる。

30

【0043】

上述したすべての読取センサ、たとえば読取器 1 5 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0 A、4 0 0 B およびその変形、ならびに上述したセンサ積層体、たとえば積層体 1 5 6、2 1 0 および変形は、めっき法、スパッタリング法、真空蒸着法、エッチング法、イオンミリング法および他の堆積技術および処理技術を含むさまざまな方法の組合わせによって作製されることができる。

40

【0044】

図 5 を参照して、フローチャートは、別のピンド層と AFM 層との間に介在するピンド安定化層と非磁性スペーサ層とを有するセンサ積層体を備える読取センサを形成するための例示的な方法 5 0 0 を示す。方法は、基板上に下部シールド層を形成する動作 5 0 2 を含む。下部シールドと基板との間に介在材料／介在層が存在してもよいため、この動作において、下部シールドを基板上に直接形成する必要がない。動作 5 0 4 ~ 5 1 2 において、積層体が下部シールド上に形成される。介在材料／介在層（たとえば、シード層）が下部シールドとセンサとの間に存在してもよいため、この動作において、積層体をシールド上に直接直接形成する必要がない。動作 5 0 4 において、反強磁性層（AFM）が形成される。動作 5 0 6 にいて、5 nm 以下の厚さを有するピンド安定化層が、AFM 層上に直

50

接形成され、A F M層に当接する。動作508において、非磁性スペーサ層がピンド安定化層上に直接形成され、ピンド安定化層と当接する。動作510において、ピンド層が非磁性スペーサ層上に直接形成され、非磁性スペーサ層に当接する。センサ積層体の残りの層は、動作512に形成される。この動作は、基準層、自由層、1つ以上のスペーサ層またはバリア層、および他の層の形成を含む。動作504～512のいずれかの動作またはすべての動作を単一の工程（たとえば、堆積工程）に行うことができ、または動作504～512のうち任意の数の動作を組み合わせることができ、任意の動作の間に別の動作を介在してもよい。たとえば、凹状のA F M層と凹状のピンド安定化層とを有するセンサ積層体を形成する場合、動作504および506を単一の工程として行うことができる。その後、フロントシールドを形成する。その後、動作508、510および512を単一の工程として行うことができる。

10

【0045】

センサ積層体を形成した後、読取器センサは、磁場の下で高温アニールされることができる。

【0046】

上記の記載および実施例は、本発明の例示的な実現例の構造および使用の完全な説明を提供する。上記の説明は、特定の実施を提供する。理解すべきことは、本開示の範囲または精神から逸脱することなく、他の実施も考えられ、行えることである。したがって、上記の詳細な説明は、限定的な意味で解釈すべきではない。本開示は、限定的なものではなく、提供された実施例を検討して、本開示のさまざまな局面を理解できるであろう。

20

【0047】

理解すべきことは、特に明記しない限り、特徴サイズ、特徴量および物理的性質を表すすべての数字は、「約」によって修飾されることである。したがって、特に明記しない限り、記載された数値パラメータは、当業者が本明細書に開示された教示を利用して求められる所望の特性に応じて変化し得る近似値である。

【0048】

特に明記しない限り、本明細書で使用された単数形の用語は、複数の対象を包含する実施を含む。特に明記しない限り、本明細書および添付の特許請求の範囲に使用される用語「または」は、一般的に「および/または」という意味で使用される。

【0049】

「底部」、「下部」、「頂部」、「上部」、「真下」、「下」、「上」、「上に」を含むがこれらに限定されない空間位置に関連する用語は、本明細書に使用された場合、1つの要素が別の要素に対する空間的な関係の説明を容易にするために使用される。これらの空間位置に関連する用語は、図面に示されおよび本明細書に記載された特定の配向に加えて、装置の異なる配向を含む。たとえば、図面に示された構造をひっくり返すまたは裏返した場合、前述した他の要素の下または真下に位置する部分は、他の要素の上または真上に位置するだろう。

30

【0050】

本発明の多くの実現例は、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、実施することができる。本発明は、添付の特許請求の範囲に依存する。さらに、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、異なる実現例の構造的特徴をさらに別の実現例に組み合わせることができる。

40

【図 1】

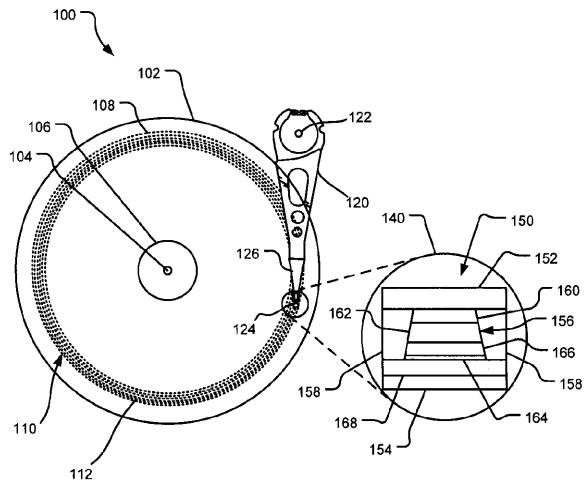


FIG. 1

【図 2 A】

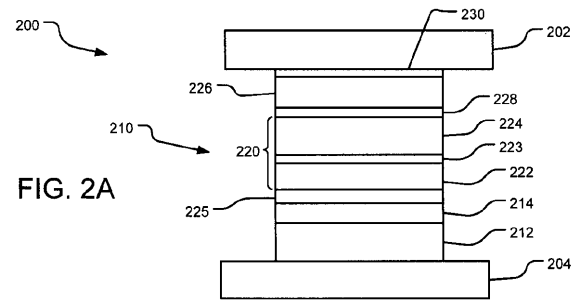


FIG. 2A

【図 2 B】

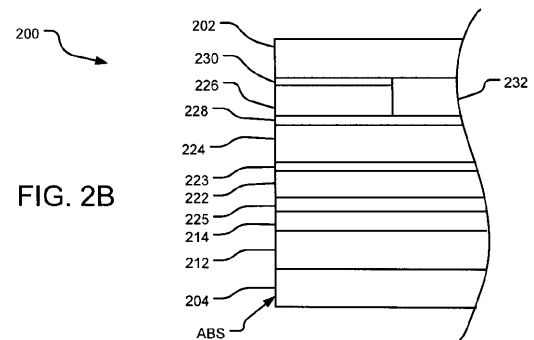


FIG. 2B

【図 3】

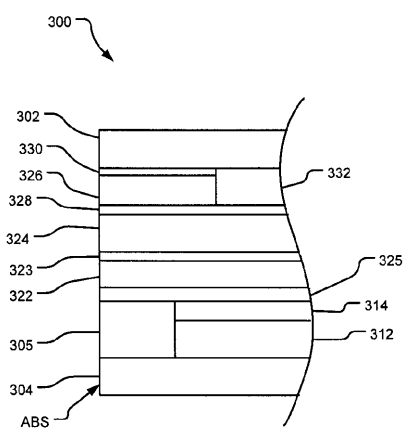


FIG. 3

【図 4 A】

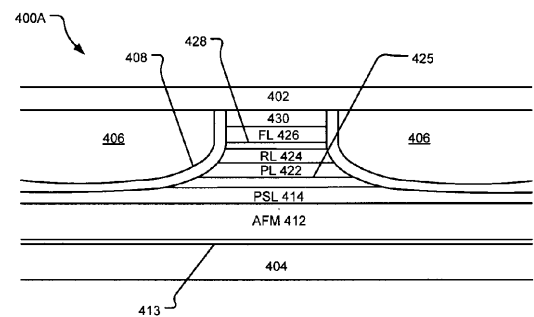


FIG. 4A

【図 4 B】

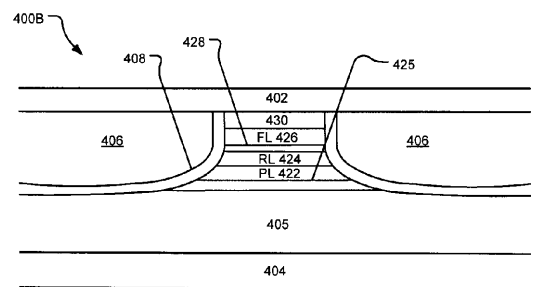


FIG. 4B

【図 5】

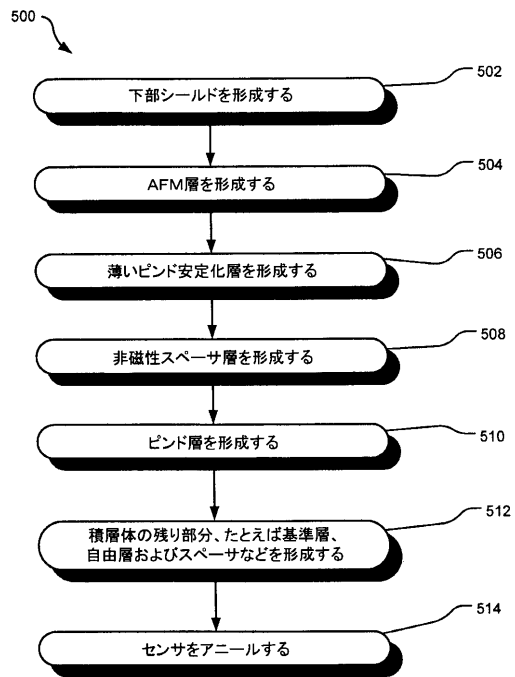


FIG. 5

フロントページの続き

(72)発明者 アンドレイ・スタンキーウィッツ

アメリカ合衆国、 5 5 4 1 0 ミネソタ州、エディナ、ピアード・アベニュー・サウス、 6 1 0 9

(72)発明者 モハメド・パトワリ

アメリカ合衆国、 5 5 3 4 7 ミネソタ州、エデン・プレーリー、エセックス・コート、 1 3 6 1
0

(72)発明者 エリック・シングルトン

アメリカ合衆国、 5 5 3 5 9 ミネソタ州、メープル・プレーン、マーシュ・ポイント・ウェスト
、 3 7 8 0

F ターム(参考) 5D034 BA03 BA04 BA06 BA09 BA15 BA21 BA30 BB08 BB12 CA04

CA06 CA08 DA07

5F092 AA15 AB03 AC08 AC12 BC07 BC12 BC19

【外国語明細書】
2016062638000001.pdf