

(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2004-348952

(P2004-348952A)

(43) 公開日 平成16年12月9日(2004.12.9)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/667	G 1 1 B 5/667	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/64	G 1 1 B 5/64	5 D 1 1 2
G 1 1 B 5/65	G 1 1 B 5/65	
G 1 1 B 5/66	G 1 1 B 5/66	
G 1 1 B 5/851	G 1 1 B 5/851	
審査請求 未請求 請求項の数 41 O L (全 14 頁)		

(21) 出願番号	特願2004-150378 (P2004-150378)	(71) 出願人	500430198
(22) 出願日	平成16年5月20日 (2004.5.20)		コマーグ・インコーポレーテッド
(31) 優先権主張番号	10/442756		アメリカ合衆国・95131・カリフォル
(32) 優先日	平成15年5月20日 (2003.5.20)		ニア州・サン ホゼ・オートメーション
(33) 優先権主張国	米国 (US)		パークウェイ・1710
		(74) 代理人	100064621
			弁理士 山川 政樹
		(72) 発明者	ジェラード・ベルテロ
			アメリカ合衆国・94062・カリフォル
			ニア州・レッドウッド シティ・ウッズワ
			ース アベニュー・185
		(72) 発明者	デイビッド・ワチエンシュワンツ
			アメリカ合衆国・95070・カリフォル
			ニア州・サラトガ・コピナ コート・12
			066
		最終頁に続く	

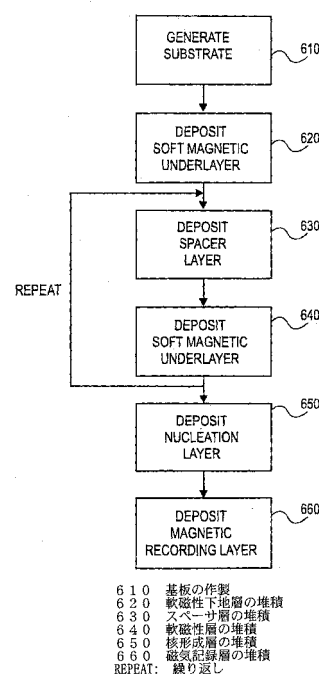
(54) 【発明の名称】 垂直記録ディスク用軟磁性膜

(57) 【要約】

【課題】 基板と磁気記録層の間に配設された軟磁性膜を有する垂直磁気記録ディスクを提供すること。

【解決手段】 軟磁性膜は、軟磁性下地層と、スペーサ層および各層群のスペーサ層の上に配設された軟磁性層を有する1層または複数の層群とを含む。スペーサ層は周囲の強磁性層間に反強磁性結合を誘導する。スペーサ層は、ルテニウムからなることができる。軟磁性層は偏析を使用することによってデカップルされた粒状構造を有することができる。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
磁気記録層と、

基板と磁気記録層の間に配設された、反強磁性膜である軟磁性膜とを含む垂直磁気記録ディスク。

【請求項 2】

前記軟磁性膜が、
第 1 の強磁性層と、
第 2 の強磁性層と、

前記第 1 と第 2 の強磁性層の間に配設されて、第 1 と第 2 の強磁性層の間に反強磁性結合を誘起する非磁性スペーサ層とを含む請求項 1 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 3】

前記スペーサ層が、ルテニウムを含む請求項 2 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 4】

前記スペーサ層が、約 4 ~ 15 オングストロームの範囲の厚さを有する請求項 2 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 5】

前記スペーサ層が、約 4 ~ 15 オングストロームの範囲の厚さを有する請求項 1 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 6】

前記スペーサ層の厚さが、約 8 オングストロームである請求項 4 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 7】

前記第 1 の強磁性層が、偏析物を含む請求項 2 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 8】

前記軟磁性膜が複数の層群を含み、複数の層群の各々が第 1 の強磁性層およびスペーサ層を有し、第 1 の強磁性層が各層群のスペーサ層の上に配設されている請求項 2 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 9】

前記第 1 の強磁性層が軟磁性層であり、第 2 の強磁性層が軟下地層である請求項 8 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 10】

前記各層群中のスペーサ層が、ルテニウムを含む請求項 9 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 11】

前記層群の少なくとも 1 群中のスペーサ層が、約 4 ~ 15 オングストロームの範囲の厚さを有する請求項 9 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 12】

前記層群の少なくとも 1 群中のスペーサ層が、約 8 オングストロームの厚さを有する請求項 11 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 13】

前記層群の少なくとも 1 群中の第 1 の強磁性層が、他の層群の第 1 の強磁性層とは異なる厚さを有する請求項 8 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 14】

各層群の第 1 の強磁性層が、その上に存在する層群の第 1 の強磁性層よりも厚い厚さを有する請求項 13 に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 15】

各層群の第 1 の強磁性層が、その直上の層群の第 1 の強磁性層よりも約 10 ~ 15 % 厚い厚さを有する請求項 14 に記載の垂直磁気記録ディスク。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記第1の強磁性層の少なくとも1層の厚さが、約20～100オングストロームの範囲である請求項8に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 17】

前記第2の強磁性層が、偏析物を含む請求項2に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 18】

前記偏析物が、 SiO_2 である請求項17に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 19】

前記軟磁性層の少なくとも1層が、偏析物を含む請求項9に記載の垂直磁気記録ディスク。

10

【請求項 20】

前記偏析物が、 SiO_2 である請求項19に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 21】

基板の上に第1の軟磁性層を堆積すること、
前記第1の軟磁性層の上に第1のスペーサ層を堆積すること、
前記スペーサ層の上に第2の軟磁性層を堆積すること、
前記第2の軟磁性層の上に磁気記録層を堆積することを含む垂直磁気記録ディスクを製造する方法。

【請求項 22】

前記第2の軟磁性層の上に第2のスペーサ層を堆積すること、
前記第2のスペーサ層の上に第3の軟磁性層を堆積することであって、前記磁気記録層が前記第3の軟磁性層の上に堆積されることをさらに含む請求項21に記載の方法。

20

【請求項 23】

前記少なくとも1層の軟磁性層を堆積することが、少なくとも1層の軟磁性層に偏析物を加えることを含む請求項21に記載の方法。

【請求項 24】

前記第1のスペーサ層がルテニウムを含む請求項21に記載の方法。

【請求項 25】

前記第1と第2のスペーサ層が、ルテニウムを含む請求項22に記載の方法。

【請求項 26】

前記第2の軟磁性層を堆積することが、前記軟磁性層に偏析物を加えることを含む請求項21に記載の方法。

30

【請求項 27】

前記偏析物が SiO_2 である請求項26に記載の方法。

【請求項 28】

複数の軟磁性層を含む軟磁性膜と、
前記軟磁性膜の上に堆積した磁性記録層と、
前記軟磁性膜中の複数の軟磁性層の間に反強磁性結合を誘起する手段とを含む垂直磁気記録ディスク。

【請求項 29】

前記軟磁性膜中の静磁気結合を低減する手段をさらに含む請求項28に記載の垂直磁気記録ディスク。

40

【請求項 30】

前記磁気記録層上の所定の距離の侵入磁界を最小化する手段をさらに含む請求項28に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 31】

前記各軟磁性層を粒子デカップリングする手段をさらに含む請求項28に記載の垂直磁気記録ディスク。

【請求項 32】

磁気抵抗読み取り要素を有するヘッドと、

50

前記ヘッドに作用するように結合した磁気記録ディスクであって、前記磁気記録ディスクが、

基板と、

磁気記録層と、

前記基板と前記磁気記録層の間に配設された軟磁性膜において、前記軟磁性膜が、

第１の強磁性層と、

第２の強磁性層と、

前記第１と第２の強磁性層の間に配設されて第１と第２の強磁性層の間に反強磁性結合を誘起するスペーサ層とを含む軟磁性膜とを含むディスク・ドライブ。

【請求項３３】

10

前記スペーサが、ルテニウムを含む請求項３２に記載のディスク・ドライブ。

【請求項３４】

前記軟磁性膜が複数の層群を含み、各複数の層群が、第１の強磁性層および前記スペーサ層を有し、前記第１の強磁性層が各層群中の前記スペーサ層の上に配設されている請求項３３に記載のディスク・ドライブ。

【請求項３５】

スペーサ層の少なくとも１層の厚さが、約４～１５オングストロームの範囲である請求項３４に記載のディスク・ドライブ。

【請求項３６】

前記一つの層群中の第１の強磁性層が、他の層群中の第１の強磁性層とは異なる厚さを有する請求項３５に記載のディスク・ドライブ。 20

【請求項３７】

各強磁性層が、その上に存在する第１の強磁性層の厚さよりも厚い厚さを有する請求項３６に記載のディスク・ドライブ。

【請求項３８】

前記第１の強磁性層が、偏析物を有する材料からなる請求項３７に記載のディスク・ドライブ。

【請求項３９】

前記偏析物が、 SiO_2 である請求項３８に記載のディスク・ドライブ。

【請求項４０】

30

前記第１の強磁性層が、偏析物を有する材料からなる請求項３２に記載のディスク・ドライブ。

【請求項４１】

前記偏析物が、 SiO_2 である請求項４０に記載のディスク・ドライブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

この発明はディスク・ドライブの分野に関し、さらに詳細にはディスク・ドライブに使用される垂直磁気記録ディスクに関する。

【背景技術】

40

【０００２】

磁気ハードディスク・ドライブの設計の傾向は、ディスク・ドライブ装置の記録密度を高めることである。記録密度はディスクの所与の面積に記憶できるデータの量の測定量である。現在のディスク・ドライブ製品は長手磁気記録技術を用いる。長手磁気記録は、面密度が増加するにつれて限界に達しつつある。それらの限界の一つは記録遷移の幅に関するものである。それらの他の限界は記録された磁化遷移の熱安定性である。長手記録の磁化遷移の幅は、磁気モーメント密度 $M_r T$ （ M_r は体積当たりの磁気モーメントの単位で測定した残留磁化、例えば emu/cm^3 であり、 T は長さの単位、例えば cm の単位で測定した膜厚である）に比例し、媒体の磁気保持力 H_c に反比例する。媒体の熱安定性はその $M_r T$ と H_c を増加することによって向上する。大きな遷移幅は、記録されたトラッ 50

クの長さあたりに解像できる磁化遷移の数を制限することによって、装置の記憶容量を制限する。したがって、産業における傾向は、面密度が増加するに伴ってより良い解像度を達成するために、 H_c を高めることと $M_r T$ を低下させることであった。しかし、可能な H_c の最大値は書き込みヘッドの磁界強度に制限され、可能な $M_r T$ の最小値は熱安定性の要求によって制限される。長手磁気記録ディスクの磁気記録層の遷移領域を低減する一つの解決は合成反強磁性 (SAF) 構造に頼ることである。SAF構造には2層の硬質記録層の間にルテニウム (Ru) 中間層が配設される。Ru中間層は硬質記録層の間に反強磁性結合を誘起する。この反強磁性結合はより低い有効 $M_r T$ を使用することを可能にし、同時に遷移を熱的に安定に保つ。この有効な $M_r T$ の低減によって、遷移領域の長さが短くなり、PW50 (孤立した遷移に应答する読み取りヘッドの出力の大きさがピークレベルの50%であるときのパルス幅) が改善される。 10

【0003】

長手磁気記録装置で可能な密度よりも高い記録密度を達成するために、垂直磁気記録装置が開発されてきた。図1Aは従来の垂直磁気記録ディスク・ドライブ装置の部分を示している。ディスク・ドライブ装置は、追跡 (trailing) 書き込みポールと、書き込みポールに磁氣的に結合されたリーディング (leading) 戻り (対向ポール) と、書き込みポールのヨークを取り囲む伝導性磁化コイルとを含む記録ヘッドを有する。対向ポールの底部は書き込みポールのチップ表面積よりもはるかに大きな表面積を有する。磁気記録媒体に書き込むためには、記録ヘッドは浮上高さとして知られる距離だけ磁化記録媒体から離れる。磁気記録媒体が記録ヘッドを通過して回転するので、記録ヘッドは磁気記録媒体のトラックに追従し、磁気記録媒体は最初に対向ポールの下を通過し、次いで書き込みポールの下を通過する。電流はコイルを通り、書き込みポールの内部に磁気フラックスを発生させる。磁気フラックスは、書き込みポールからディスクを経由し、対向ポールを横切って通過する。従来の垂直記録ディスクは一般にデータが記録される硬質磁気記録層と軟磁性下地層を含む。図1Aのヘッド・イメージで示したように、軟磁性層は、追跡書き込みポールからの磁気フラックスがヘッドのリーディング対向ポールへ低いインピーダンスで戻ることができることを可能にする。 20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

垂直記録層では全ての磁性容易軸が垂直方向、すなわち記録の方向に整列しているので、垂直記録ディスクは現在の長手記録ディスクで観察されるよりもはるかに狭いPW50を有するはずである。この種の垂直記録媒体では、狭い遷移が書き込まれるように、鋭いヘッド磁界勾配を提供するため軟磁性下地層 (SUL) をフラックス集束器として働かせる意図がある。現在の垂直磁気記録ディスクの一つの問題は、軟磁性下地層が完全に交換結合された磁気構造を含むことである。このように、軟磁性下地層に存在するいかなる磁化遷移も、図1Bに示すように、少なくとも典型的なドメイン壁幅 (例えば100~500nm) と同じ広さであろう。また、それらのドメイン壁の存在は、SULの局所的な透磁性を下げ、構造に影響を及ぼして、あたかも低インピーダンスのフラックス通路を提供する軟下地材料がその領域に存在しないかのように作動する。ドメイン壁の幅が大きいと、ヘッド勾配の鋭さが減じ、PW50の値が制限される。垂直磁気記録膜に狭い遷移で書き込むには、鋭いヘッド磁界勾配が必要なので、これは問題である。SULに存在するドメイン壁の他の問題は、それが放出する磁界である。読み取りヘッドがSUL中にドメイン遷移が存在している媒体の上を直接通過すると、それは装置の雑音に加わって対応する低周波の信号を検出し、したがって全体的な性能が低下する。 40

【課題を解決するための手段】

【0005】

遷移幅問題の一つの解決は軟下地材層料中の粒を交換デカップル (exchange decouple) することである。デカップリング (反結合) は、二酸化ケイ素 (SiO_2) などの材料を軟下地層材料に加えて SiO_2 を粒界に偏析させ、SUL粒間の強磁性結合を破壊するこ 50

とによって達成することができる。軟磁性粒間の交換結合の低減は、磁性遷移が記録媒体中に互いにより近接して存在することを可能にし、データ記憶密度がより高くなる。軟下地層材料に偏析物だけを加える一つの問題は、それが典型的な軟磁性材料よりも透磁性が低く、保磁力（ H_c ）が高いことである。さらに、粒間の交換結合が破壊されても、静磁気結合（磁界が存在しないときの、個々の磁性二極の磁気結合）のため軟磁性下地層の遷移は広い。これは、これらのSUL膜の高いモーメントと厚さ、および低 H_c 特性に起因する特別の場合（広い遷移）である。

【0006】

SUL中の静磁化結合の程度は、残留磁気（すなわち、外部から磁界が加えられないとき）中の遠距離結合で得られる正味のモーメントを最小にする、適切な合成反強磁性構造に頼ることによって効果的に低減することができる。磁気モーメントを効果的に低減し、かつ粒間交換を低くすることによって、遷移の長さは顕著に小さくすることができる。さらに、遷移から放出される磁界の量を大きく低減する特別な構造設計を行い、したがって、SULからの渦磁界による読み取りヘッドへの有害な影響を最小にすることができる。

【0007】

本発明は、付随する図面の図の中に、例示として制限することなく示され、同じ参照番号は同じ要素を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下の説明において、本発明を完全に理解するために、特定の材料、成分、寸法等の例など、多くの特定の詳細を述べる。しかし、本発明を実施するためにこれらの特定の詳細を利用する必要のないことは、当業者であれば明らかであろう。またその他、良く知られた成分または材料は、本発明を不必要に混乱させないために詳細には説明しなかった。

【0009】

本明細書に使用される用語、「上の（above）」、「下の（below）」、「間の（between）」は他の層に対する一つの層の相対的な位置を表している。このように、他の層の上、若しくは下に堆積または配設された一つの層は他の層と直接接触しても、1層または複数の介在層を有することができる。さらに、層の間に堆積または配設された一つの層は他の層と直接接触しても、1層または複数の介在層を有することができる。さらに、用語「下地層（underlayer）」は磁気記録層に対する位置を表している。このように、下地層と磁気記録層の間に配設された1層または複数の他の層が存在してもよい。

【0010】

「硬質（hard）」または「軟（soft）」の媒体によって垂直磁気記録ディスクの層を作製することができる。データ層として働く硬質磁性記録層は、特定の方向に永久に磁化されるためには大きな磁界を加えることが必要であり、そのようにして磁化されると、磁化の反転および/または記録された情報の消去のためには大きな磁界が必要である。他方、軟磁性層は特定の方向に磁化されるためには比較的低い磁界を必要とする。軟磁性層を提供する材料は、以下に説明するように、性能の向上のために硬質磁性層と一緒に使用される。

【0011】

垂直磁気記録ディスクを説明する。垂直磁気記録ディスクは、読み取り - 書き込みヘッドを含むディスク・ドライブ装置に使用される。ヘッドは追跡書き込みポール、書き込みポールと磁氣的に結合したリーディング戻り（対向ポール）を含む。硬質磁性記録層の下部の磁氣的に軟の膜はヘッドと磁気回路を形成するために使用される。軟磁性膜はヘッドへ、またはヘッドから流れる磁気フラックスの通路を提供する。軟磁性膜は、軟磁性下地層と、スペーサ層および軟磁性層と各層群中のスペーサ層の上に配設された軟磁性層を有する1層または複数の層群とを含む。スペーサ層は周囲の強磁性層の間に反強磁性結合を誘起する。スペーサ層はルテニウムからなることができる。軟磁性層は偏析を使用することによってデカップルされた粒状構造を有することができる。

【0012】

図 2 は垂直磁気記録層中の領域の磁化を示している。垂直磁気記録層 2 5 0 の領域 2 1 0 は、第 1 の方向に磁化され、領域 2 2 0 は第 1 の磁化方向とは逆の第 2 の方向に磁化されている。磁気記録層中の遷移領域 (TR_H) 2 2 5 は、磁気記録層 2 5 0 の対向する向きに配列された磁気領域 2 1 0、2 2 0 の間に存在する。これは、磁化が記録ビットの間で極性を反転させる領域である。磁気記録において、 TR_H 2 2 5 は面記録密度を最大化するため、できる限る小さいことが望ましい。軟磁性膜 2 1 5 には、磁気記録層 2 5 0 の中に狭い遷移の書き込みができるように、鋭いヘッド磁界勾配を提供するためフラックス集束器として働かせる意図がある。このように、軟磁性膜 2 1 5 (TR_S) 中の遷移領域 2 3 0 はできる限り小さいことが相応じて望ましい。一般に、 TR_S 2 3 0 の幅は、飽和磁化 (M_s) に軟磁性膜 2 1 5 (M_{st}) の厚さ (t) 2 1 7 を乗じたものに比例し、軟磁性膜 2 1 5 の保磁力 (H_c) (磁性材料が逆の方向に磁化されるのに抗する程度) に反比例する。

【 0 0 1 3 】

保磁力は膜の消磁界に耐える能力を決定し、したがってより高い記録密度を達成するのに重要である。しかし、保磁力は、消磁界が膜に加えられる間の、膜中の全ての結晶の平均的な挙動だけを説明するものである。磁化が切り替わるときの平均磁界を制御すること以上に、膜の粒が磁化されるときに形態も制御することができる。膜中の磁化の反転は、概念的に異なる経路で発生し得る。(1) 個々の粒が独立に反転することができる。(2) 互いに静磁的に結合した局所的な粒の群が同時に反転する。(3) 磁気ドメインから長距離で結合した粒 (およびドメイン壁の移動によって反転が起きる)。これらのモードの 1 つ以上が膜の中で働くことができる。

【 0 0 1 4 】

粒間交換結合 (従来の S U L 構造に存在し易い) に加えて、軟磁性層中の個々の磁気粒は強い静磁気結合を受けるほど十分近接している。これらの結合機構のいずれも、多かれ少なかれ、近隣の粒の群を同時に作動させる効果がある。軟磁性膜 2 1 5 の粒は、以下に論じるように、偏析の使用によって交換デカップルすることができる。磁気記録層 2 5 0 (図 3 A および 3 B に示すように) の下に存在する軟磁性膜 2 1 5 の上に、1 層または複数の非磁性スペーサ層 (例えば R u または R e) を加えることは、軟磁性膜 2 1 5 の中に誘起された強い反強磁性結合のために M_{st} が有効に低減されて、静磁気結合を妨害する働きをする。それらの非磁性スペーサ層を軟磁性膜 2 1 5 の内部に散在させて追加することは、実質上、軟磁性膜 2 1 5 中の磁気ドメインを中和する働きをする。スペーサ層と組み合わせた軟磁性膜層の粒間交換デカップルは、軟磁性膜 2 1 5 の磁気ドメインをさらに中和する働きをすることができる。以前は、軟磁性膜中の磁化遷移は膜内の典型的なドメイン壁の幅によって制限されていた。中和された軟磁性膜 2 1 5 の磁気ドメインによって、磁化遷移 (例えば、2 3 0) をより狭くすることができる。同時にこれは、垂直磁気記録層 2 5 0 により狭い遷移を書き込むためのより鋭いイメージ磁界とヘッド磁気勾配を提供することができる。

【 0 0 1 5 】

図 3 A は垂直磁気記憶ディスクの一実施形態を示している。一実施形態では、垂直磁気記録ディスク 3 0 0 は基板 3 1 0、軟磁性膜 3 1 5、硬質磁気記録層 3 5 0 を含む。上記の層 (および本明細書で論じる他の層) を基板 3 1 0 の両側に形成して両面磁気記録ディスクを形成することができる。しかし、説明の容易さのため基板 3 1 0 の単一の側だけを示している。替わりに、単面垂直磁気記録ディスクも形成することができる。

【 0 0 1 6 】

基板 3 1 0 は、例えばガラス材料または金属 / 金属合金材料からなることができる。使用することのできるガラス基板は、例えば、ホウケイ酸ガラスやケイ酸アルミニウムガラスなどのケイ素含有ガラスを含む。使用することのできる金属と金属合金基板は、それぞれ例えば、アルミニウム (A l) やアルミニウム・マグネシウム (A l M g) 基板を含む。代替の実施形態では、ポリマーまたはセラミックなどの他の基板材料を使用することもできる。また、基板 3 1 0 はニッケル・リン (N i P) 層 (示されていない) でめっきす

ることにもできる。基板表面（またはめっきされたNiP表面）は研磨、および／またはテクスチャーを形成することができる。

【0017】

軟磁性膜315は、軟磁性下地層320、さらにその上に配設されたスペーサ層321と他の軟磁性層331を含む層群を含む。一実施形態では、スペーサ層321はRuまたはRu合金（例えば、主としてRuからなる）とすることができる。Ruは非磁性の要素である。代替として、軟磁性層331と軟磁性下地層320の間に反強磁性結合を誘起する他の材料、例えばレニウム（Re）をスペーサ層321に使用することができる。

【0018】

スペーサ層321は、約4～10オングストロームの範囲の厚さ322を有することができる、一実施形態では約8オングストロームである。代替として、スペーサ層321は上記の範囲以外の厚さ322を有することができる。また、スペーサ層321は軟磁性下地層中のデカップルした柱状粒を磁氣的にデカップルすることを助けることもできる。

【0019】

軟磁性層320、331は、例えば、鉄-コバルト-ニッケル（FeCoNi）合金からなることができる。軟磁性下地層に使用することのできる他の材料は、例えば、コバルト-鉄（CoFe）、ニッケル-鉄（NiFe）、その合金を含む。軟磁性下地層と軟磁性下地層の製造に使用することのできる材料は、磁気記録ディスクの従来技術に良く知られており、したがって、詳細の論考は行わない。一実施形態では、軟磁性下地層320の厚さは約1000～1800オングストロームの範囲であり、軟磁性層331の厚さは約50～100オングストロームである。替わりに軟磁性層320、331は他の厚さであっても良い。垂直記録装置では、単純なフラックス保持の要求を満たすために、SULの厚さをヘッドの書き込みボールの幅に比例させることが考えられる。

【0020】

軟磁性膜315の粒は、偏析、例えば二酸化ケイ素（SiO₂）またはホウ素を軟磁性下地層に使用することによって交換デカップルすることができる。偏析は軟下地層材料と相溶性がなければならず、軟磁性材料の固有の特性に実質上影響を与えてはならない。そのデカップルされた構造を有する軟磁性膜315は、従来の典型的な磁性膜よりも透磁性が低く、H_cが高い。しかし、透磁性が十分高く（例えば、>20）、保磁力H_cが十分低く（例えば<500 Oe）保たれている限り、軟磁性膜315は、なおヘッド・フラックスの戻り通路として働くことができ、したがってその意図された目的を果たす。

【0021】

硬質磁気記録層350は、例えば、Co合金、Co/Ptベースの金属性多層からなることができ、またはFePtL10などの金属間化合物をベースにすることができる。代替として、硬質磁気記録層350は複数の磁性記録層と非磁性層からなることができる。磁気記録層は従来技術に知られており、したがって詳細の論考は行わない。

【0022】

代替の実施形態では、軟磁性膜315は、図3Bに示したように、軟磁性層とスペーサ層の複数（N）群の層を含むことができる。各層群は、図4に関して以下で論じるように、その上の群の磁気効果を妨げる働きをする。スペーサ層は、図3Bに示したように、軟磁性層の間に均一に分散させることができる。一つの特別な実施形態では、図3Cに関して以下に論じるように、軟磁性層331は異なる厚さを有することができる。

【0023】

図3Cは垂直磁気記録ディスクの一実施形態における軟磁性層の厚さを示している。1層または複数の軟磁性層は他の軟磁性層とは異なる厚さを有することができる。各軟磁性層はその上に存在する軟磁性層の厚さよりも厚くすることができる。例えば、軟磁性層331₁の厚さt₁391は軟磁性層331_{N-1}の厚さt₂392よりも厚く、軟磁性層331_{N-1}の厚さt₂392は軟磁性層331_Nの厚さt_N393よりも厚い。特別な実施形態では、各軟磁性層はその直上の軟磁性層の厚さよりも約10～15パーセントの範囲で厚い。軟磁性層間の他の厚さの比を用いることもできる。軟磁性層は、磁気記録ディスクの

10

20

30

40

50

上に浮上したヘッドにおける軟磁性膜 315 の遷移領域の信号を最小にするために、磁気記録層上の所定の距離のドメイン壁からの侵入磁界を最小にするように選択された厚さの比を有することができる。

【0024】

替わりに、各軟磁性層はその上に存在する軟磁性層の厚さよりも薄くすることができる。さらに他の実施形態では、いくつかの軟磁性層は上の配設された層よりも厚く、一方、他は上の配設された層よりも薄くすることができる。

【0025】

図4はスペーサ層と軟磁性層を有する軟磁性膜の一実施形態の磁気効果を示している。図4において、正(+)の印は正の磁気ポール磁化を示し、負(-)の印は負の磁気ポール磁化を示し、それらはドメイン壁の存在下、各層の内部に矢で示した層の磁化状態で遷移を発生させる。スペーサ層 321 ($1 \sim N$) が上記の範囲のある厚さを有するならば、軟磁性層 331 ($1 \sim N$) は互いに反強磁性的に結合し、層 331₁ は層 320 に反強磁性的に結合し、それによって、反強磁性の軟磁性層 315 を形成する。層 331 ($1 \sim N$) と軟磁性下地層 320 の間の反強磁性的な結合のため、層 331 (N) の内部の領域が一つの方向(例えば、矢 D1 で示すような)に磁化されるとき、層 331 ($N-1$) の領域の下の方 10 向は反対の方向(例えば、矢 D2 で示すような)である。層の磁化は履歴現象ループで特徴付けられる。媒体 300 への印加磁界を増加させると、331 ($1 \sim N$) は印加した磁界と同じ方向に磁化される。印加した磁界がある点を通して減少すると、層 331 の磁化は、隣接する 331 層に関して反強磁性状態に方向を切り替える。層 ($1 \sim N$) の間の強い反強磁性結合は媒体 300 の状態を切り替えるのに必要な時間を短くする。磁気記録媒体 300 は、層の磁化方向をそのより低いエネルギー形態に切り替えるために、部分的に熱エネルギーに頼る。 20

【0026】

SUL の反磁性構造の設計は、読み取りヘッドに向けられた磁界量を最小に抑えて、遷移が SUL に効果的に現れるようにするように行うことができ、例えば、ドメイン壁の存在から、それが実際に媒体の表面からよりもさらに大幅に遠ざかって見えるようにして、システムの雑音特性に対する有害な影響を最小化できる。

【0027】

さらに、軟磁性層 331 (N) の粒状性は、より鋭い磁気遷移を維持するのを助けることができ、軟磁性膜 315 の磁化によって、それ自身を記録層のそれらの磁化パターンから発生する磁界を相殺するように調節して、磁気記録層 350 の底部上の高密度磁気ポールの変化への応答性が良くなる。 30

【0028】

再び図3Bを参照すれば、1層または複数の追加の層、例えば核形成層 340 を基板 310 と磁気記録層 350 の間に配設することができる。核形成層 340 は、磁気記録層 350 の内部に、ある種の結晶成長を促進するのに使用している。下地層に追加された、構造化した核形成層は、より微細な磁気記録層 350 の結晶構造を提供することができる。核形成構造層 350 は、例えば、続いて堆積される磁気記録層 350 のエピタキシャル成長を提供する複数の中間層を含むことができる。核形成層は、下地層の核形成として実施されようとまたは中間層として実施されようと、後続の層のモルフォロジーと粒の配向を制御する。具体的には、核形成層は、後続の堆積層や磁気記録層 350 の粒のサイズ、粒の間隔、粒の配向、粒のc軸を制御する。核形成層 340 の材料は、その結晶構造、および所定の格子面で選択された磁性層材料に比較的近く調和する格子に基づいて選択することができる。垂直記録層として最善に機能するためには、磁気記録層 350 の材料(例えばコバルトまたはコバルト合金)は基板面に垂直に配設されたc軸の粒構造を持たなければならない。このように、核形成層 340 は、磁気記録層 350 の結晶方向を膜面に垂直にすることを容易にする。核形成層は従来技術に知られており、したがって、詳細な論考は行わない。また他の例として、追加の層は軟磁性膜 315 と磁気記録層 350 の間に他の中間層、および軟磁性下地層 320 の下にシード層を含むこともできる。 40 50

【 0 0 2 9 】

また、ディスク 3 0 0 は、磁気記録層 3 5 0 の上に 1 層または複数の層（示されていない）を含むこともできる。例えば、保護層を磁気記録層 3 5 0 の頂部に堆積して、接触 - 開始 - 停止（C S S）などの摩擦上の要求と腐食保護を満たす十分な特性を提供することができる。保護層用の優れた材料は水素化若しくは窒素化炭素などの炭素ベースの材料である。潤滑剤、例えば、過フッ化ポリエーテルまたはフッ素化潤滑剤を保護層の上に配置し（例えば、浸漬塗布、スピン塗布等）、摩擦的な性能をさらに向上させることができる。保護および潤滑層は従来技術に知られており、したがって、詳細な論考は行わない。

【 0 0 3 0 】

図 6 は垂直磁気記録ディスク 3 0 0 を製造する方法の一実施形態を示している。基板 3 1 0 はステップ 6 1 0 で形成される。基板の作製は従来技術に知られており、したがって、詳細な論考は行わない。一実施形態では、基板 3 1 0 はめっき（例えば N i P で）を行い、後続の層堆積の前に研磨および / またはテクスチャー形成を行うこともできる。ステップ 6 2 0 では、軟磁性下地層 3 2 0 が基板 3 1 0 の上に堆積される。次いで、ステップ 6 3 0 で、スペーサ層（例えば、ルテニウムの）3 2 1 が軟磁性下地層 3 2 0 の上に堆積され、続いてステップ 6 4 0 で軟磁性層 3 3 1 が堆積される。ステップ 6 3 0、6 4 0 は必要に応じて繰り返すことができ、上記で論じたように、N 群の軟磁性層 3 3 1 とスペーサ層 3 2 1 を形成することができる。

【 0 0 3 1 】

一実施形態では、次いでステップ 6 5 0 で、N 群の軟磁性層 3 3 1 とスペーサ層 3 2 1 の上に核形成層が堆積される。ステップ 6 6 0 で、磁気記録層 3 5 0 は核形成層 3 4 0 の上に堆積され、または代替として、核形成層 3 4 0 が存在しない場合には、N 群の軟磁性層 3 3 1 とスペーサ層 3 2 1 の上に堆積される。上記で論じたように、追加の層を磁気記録層 3 5 0 の上に堆積することができる。

【 0 0 3 2 】

基板上のスペーサ層、軟下地磁性層 / 複数の層、核形成層、磁気記録層、保護層の堆積は、従来技術に知られている様々な方法、例えば、スパッタ、化学気相成長（C V D）、イオン・ビーム成長（I B D）等などで達成することができる。

【 0 0 3 3 】

図 5 はディスク 3 0 0 を有するディスク・ドライブを示している。ディスク・ドライブ 5 0 0 はデータを記憶する 1 個または複数のディスク 3 0 0 を含む。ディスク 3 0 0 は、ドライブの筐体 5 8 0 に搭載されたスピンドル組み立て体 5 6 0 の上に載っている。データはディスク 3 0 0 の磁気記録層 3 5 0 のトラックに沿って記憶される。データの読み取りや書き込みは、読み取り、書き込み要素の両方を有するヘッド 5 5 0 によって行うことができる。書き込み要素はディスク 3 0 0 の垂直磁気記録層 3 5 0 の特性を変更するために使用される。一実施形態では、ヘッド 5 5 0 は磁気抵抗（M R）を有し、また特に巨大磁気抵抗（G M R）読み取り要素や誘導書き込み要素を有することもできる。代替の実施形態では、ヘッド 5 5 0 は、他の種類のヘッド、例えば、誘導読み取り / 書き込みヘッドまたはホール効果ヘッドとすることができる。スピンドル・モーター（示されていない）は、スピンドル組み立て体 5 6 0 を回転させ、それによってディスク 3 0 0 を回転させ、ヘッド 5 5 0 を所望のディスク・トラックに沿った特定の位置に配置する。ディスク 3 0 0 に対するヘッド 5 5 0 の位置は位置制御回路 5 7 0 によって制御することができる。論じたようにして製造したディスク 3 0 0 を使用することによって、ディスク 3 0 0 の垂直磁気記録層 3 5 0 を軟磁性膜 3 1 5 からのノイズに影響されにくくすることができる。軟磁性膜 3 1 5 は、ヘッド 5 5 0 の読み取り要素中の軟磁性膜のドメイン遷移の信号を最小にする働きをする。ドメイン遷移はヘッド 5 5 0 から効果的に遠ざかり、ヘッド 5 5 0 上の軟磁性膜 3 1 5 が放出する磁界が最小化される。

【 0 0 3 4 】

上記の明細書では、本発明はその特定の例示的实施形態を参照して説明した。しかし、

10

20

30

40

50

付随する請求項に記載された本発明の広い精神および範囲から逸脱することなく、様々な修正と変更を加えることができるのは明らかであろう。したがって、明細書と図面は制限よりも例示の意味に考えるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1A】従来の垂直記録ディスク・ドライブ装置を示す図である。

【図1B】従来の垂直記録ディスク・ドライブ装置におけるドメイン壁の効果を示す図である。

【図2】垂直磁気記録層の磁化領域を示す図である。

【図3A】垂直磁気記録ディスクの一実施形態を示す図である。

10

【図3B】垂直磁気記録ディスクの代替の実施形態を示す図である。

【図3C】垂直磁気記録ディスクの一実施形態の軟磁性層の厚さを示す図である。

【図4】軟磁性膜の一実施形態内の磁気効果を示す図である。

【図5】垂直磁気記録ディスクを有するディスク・ドライブ装置の一実施形態を示す図である。

【図6】垂直磁気記録ディスクの製造方法の一実施形態を示す図である。

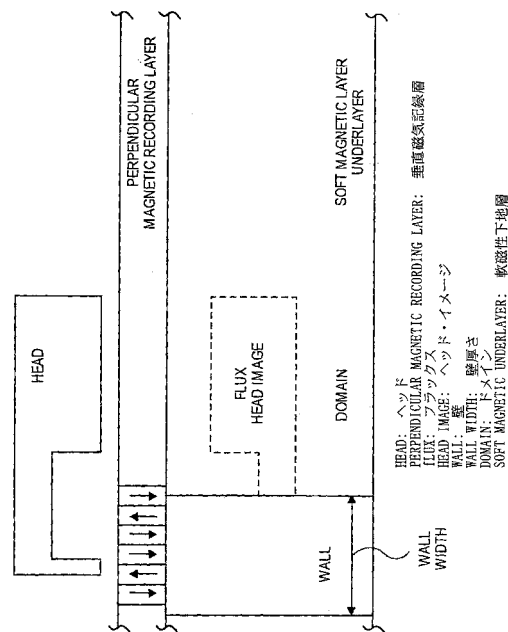
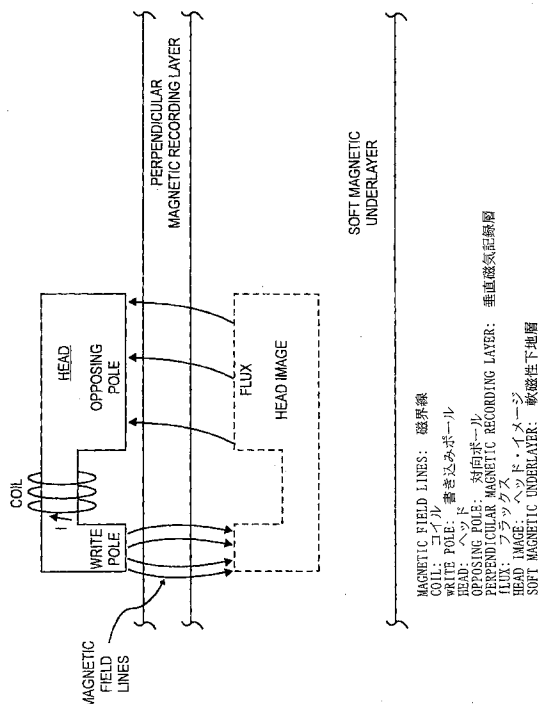
【符号の説明】

【0036】

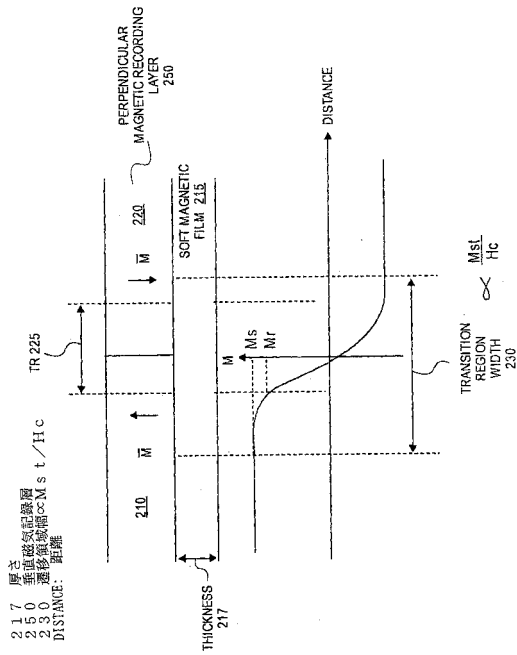
210、220 領域、215 軟磁性膜 (TR_s)、217 厚さ (t)、225 遷移領域 (TR_H)、230 遷移領域、250 垂直磁気記録層、300 垂直磁気録
20
ディスク、310 基板、315 軟磁性膜、320 軟磁性下地層、321 スペース
層、331 軟磁性層、340 核形成層、350 硬質磁気記録層、500 ディスク
・ドライブ、550 ヘッド、560 スピンドル組み立て体、570 位置制御回路

【図1A】

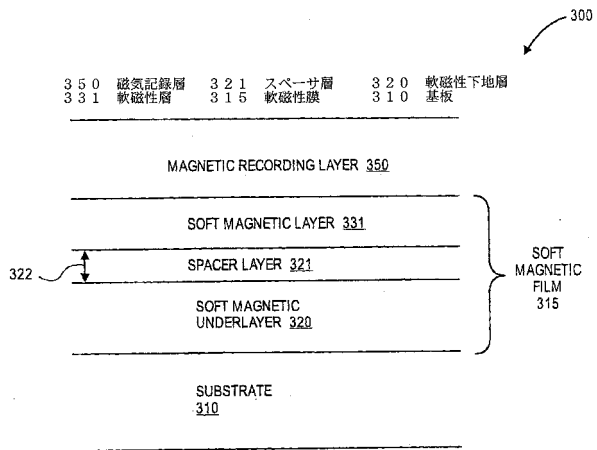
【図1B】



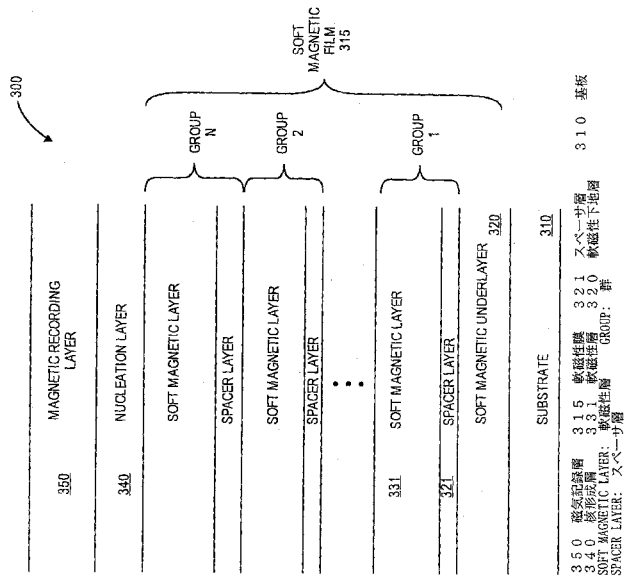
【図 2】



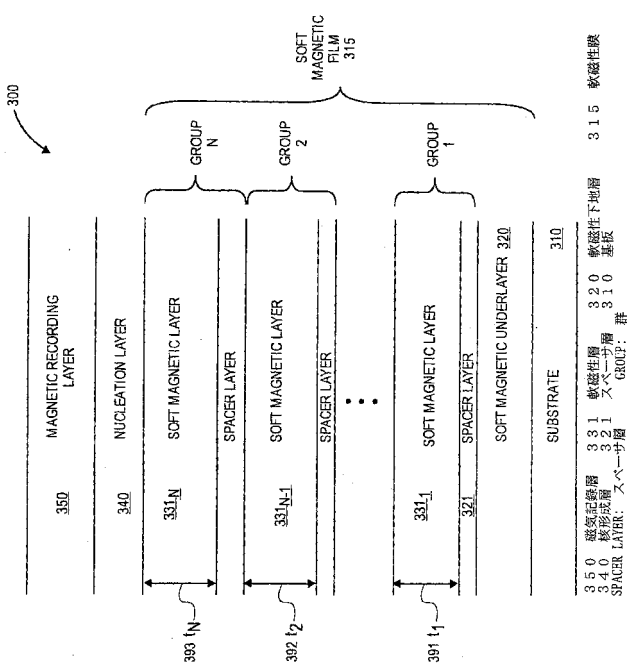
【図 3 A】



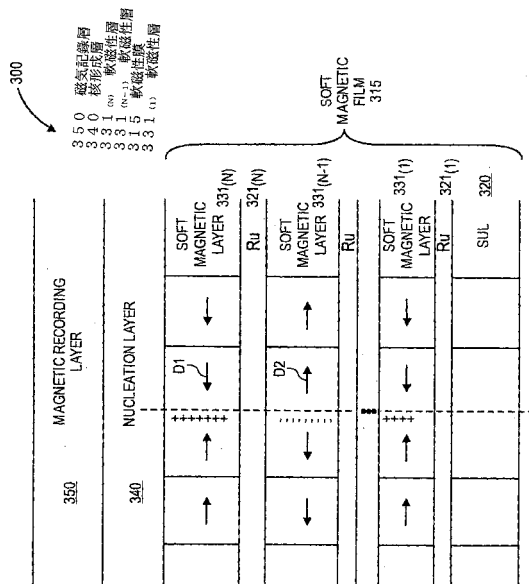
【図 3 B】



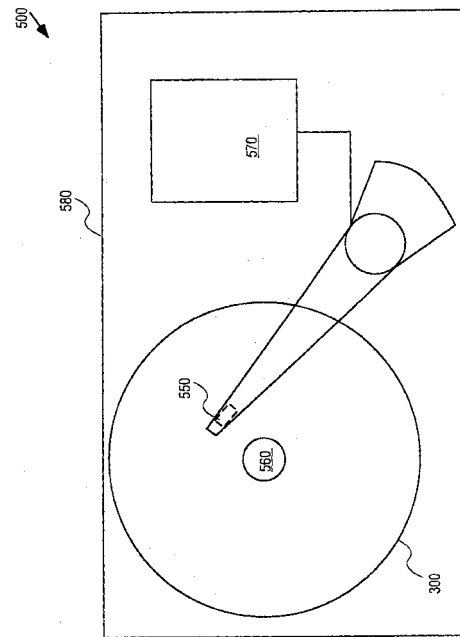
【図 3 C】



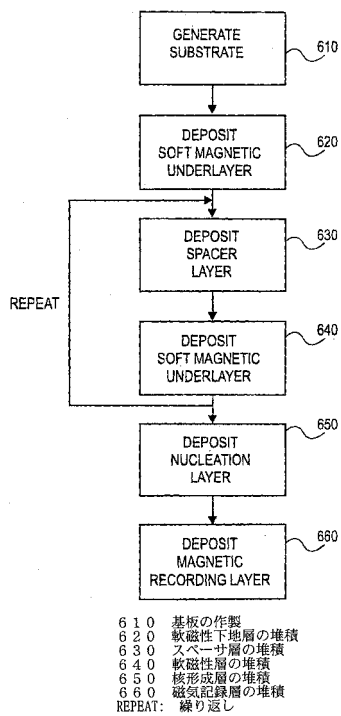
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 スディール・マルホトラ

アメリカ合衆国・9 4 5 3 9・カリフォルニア州・フレモント・ワシントン コモン・4 3 1 5 1

(72)発明者 エムール・エム・ヴェル

アメリカ合衆国・9 4 5 3 9・カリフォルニア州・フリモント・ガジェゴス アベニュー・4 3 2 4

8

F ターム(参考) 5D006 BB06 BB07 BB08 CA01 CA03 CA05

5D112 AA05 AA06 BB01 BD03 FA04