

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5897448号
(P5897448)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 43/06 (2006. 01)	H O 1 L 43/06 M
H O 1 L 43/10 (2006. 01)	G 1 1 B 5/39
G 1 1 B 5/39 (2006. 01)	H O 1 L 43/08
H O 1 L 43/08 (2006. 01)	H O 1 F 10/16
H O 1 F 10/16 (2006. 01)	H O 1 F 10/32

請求項の数 11 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2012-228542 (P2012-228542)	(73) 特許権者	503116280
(22) 出願日	平成24年10月16日 (2012. 10. 16)		エイチジーエスティーネザーランドビーブ イ
(65) 公開番号	特開2013-89967 (P2013-89967A)		オランダ国 1 1 0 1 シーエム アムス テルダム, ルナ アレナ, ヘリケルベルグ ヴェヘ 2 3 8
(43) 公開日	平成25年5月13日 (2013. 5. 13)	(74) 代理人	100091096
審査請求日	平成27年10月7日 (2015. 10. 7)		弁理士 平木 祐輔
(31) 優先権主張番号	13/275, 208	(74) 代理人	100105463
(32) 優先日	平成23年10月17日 (2011. 10. 17)		弁理士 関谷 三男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100102576
早期審査対象出願			弁理士 渡辺 敏章
		(74) 代理人	100101063
			弁理士 松丸 秀和
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固定層構造および自由層構造に C o F e B T a を有する磁気センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気センサであって、

第 1 磁性層構造、第 2 磁性層構造、および前記第 1 磁性層構造と前記第 2 磁性層構造との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造、

磁化自由層構造、

前記磁化自由層構造と前記磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層、

を備え、

前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造は、第 1、第 2、第 3 および第 4 磁性下位層を備え、

前記第 1 磁性下位層が C o を含み、かつ前記非磁性結合層に隣接して位置しており、

前記第 2 磁性下位層が C o F e B T a を含み、かつ前記第 1 磁性下位層と接触しており、

、

前記第 3 磁性下位層が C o F e B を含み、かつ前記第 2 磁性下位層と接触しており、

前記第 4 磁性下位層が前記第 3 磁性下位層と接触しており、かつ C o F e を含み、

前記磁化自由層構造が C o F e B T a の層を含み、

前記磁化固定層構造における前記 C o F e B T a の層が、ある濃度の (C o ₄₀ F e ₄₀ B ₂₀) _{100-X} T a _X を有し、4 < X < 10 原子パーセントであり、前記磁化自由層構造における前記 C o F e B T a の層が、ある濃度の (C o ₇₆ F e ₄ B ₂₀) _(100-X) T a _(X) を有し、4 < X < 10 原子パーセントである、

磁気センサ。

【請求項 2】

磁気センサであって、

第 1 磁性層構造、第 2 磁性層構造、および前記第 1 磁性層構造と前記第 2 磁性層構造との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造、

磁化自由層構造、

前記磁化自由層構造と前記磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層、

を備え、

前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造は、第 1、第 2、第 3 および第 4 磁性下位層を備え、

前記第 1 磁性下位層が Co を含み、かつ前記非磁性結合層に隣接して位置しており、

前記第 2 磁性下位層が CoFeB_{Ta} を含み、かつ前記第 1 磁性下位層と接触しており、

、

前記第 3 磁性下位層が CoFeB を含み、かつ前記第 2 磁性下位層と接触しており、

前記第 4 磁性下位層が前記第 3 磁性下位層と接触しており、かつ CoFe を含み、

前記磁化自由層構造が CoFeB_{Ta} の層を含み、

前記磁化固定層構造における前記 CoFeB_{Ta} の層が、ある濃度の $(\text{Co}_{60}\text{Fe}_{20}\text{B}_{20})_{(100-X)}\text{Ta}_X$ 、 $4 < X < 10$ 原子パーセントを有し、

前記磁化自由層構造における前記 CoFeB_{Ta} の層が、ある濃度の $\text{Co}_{76}\text{Fe}_4\text{B}_{20})_{(100-X)}\text{Ta}_X$ を有し、 $4 < X < 10$ 原子パーセントである、

磁気センサ。

【請求項 3】

磁気センサであって、

第 1 磁性層構造、第 2 磁性層構造、および前記第 1 磁性層構造と前記第 2 磁性層構造との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造、

磁化自由層構造、

前記磁化自由層構造と前記磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層、

を備え、

前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造は、第 1、第 2、第 3 および第 4 磁性下位層を備え、

前記第 1 磁性下位層が Co を含み、かつ前記非磁性結合層に隣接して位置しており、

前記第 2 磁性下位層が CoFeB_{Ta} を含み、かつ前記第 1 磁性下位層と接触しており、

、

前記第 3 磁性下位層が CoFeB を含み、かつ前記第 2 磁性下位層と接触しており、

前記第 4 磁性下位層が前記第 3 磁性下位層と接触しており、かつ CoFe を含み、

前記磁化自由層構造が CoFeB_{Ta} の層を含み、

前記磁化自由層構造における前記 CoFeB_{Ta} の層が、ある濃度の $\text{CoFe}_X\text{B}_Y\text{Ta}_Z$ を有し、X が 10 原子パーセント以下であり、Y が 25 原子パーセント以下であり、Z が 10 原子パーセント以下である、

磁気センサ。

【請求項 4】

前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造が前記非磁性障壁層に隣接して位置する、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気センサ。

【請求項 5】

前記第 2 磁性下位層が 4 ~ 6 オングストロームの厚さを有する、

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気センサ。

【請求項 6】

前記第 1 磁性下位層が約 5 オングストロームの厚さを有し、前記第 2 磁性下位層が約 5 オングストロームの厚さを有し、前記第 3 磁性下位層が約 5 オングストロームの厚さを有し、前記第 4 磁性下位層が約 4 . 5 オングストロームの厚さを有する、

10

20

30

40

50

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気センサ。

【請求項 7】

前記磁化自由層構造が第 1、第 2、第 3 および第 4 磁化自由下位層を含み、
 前記第 1 磁化自由下位層が前記非磁性障壁層に隣接して位置しており、
 前記第 2 磁化自由下位層が前記第 1 磁化自由下位層と接触しており、
 前記第 3 磁化自由下位層が前記第 2 磁化自由下位層と接触しており、
 前記第 4 磁化自由下位層が前記第 3 磁化自由下位層と接触しており、
 前記第 3 磁化自由下位層が CoFeBTa を含む、
 請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気センサ。

10

【請求項 8】

前記磁化自由層構造が第 1、第 2、第 3 および第 4 磁化自由下位層を含み、
 前記第 1 磁化自由下位層が前記非磁性障壁層に隣接して位置しており、
 前記第 2 磁化自由下位層が前記第 1 磁化自由下位層と接触しており、
 前記第 3 磁化自由下位層が前記第 2 磁化自由下位層と接触しており、
 前記第 4 磁化自由下位層が前記第 3 磁化自由下位層と接触しており、
 前記第 1 磁化自由下位層が CoFe を含む、
 前記第 2 磁化自由下位層が CoFeB を含む、
 前記第 3 磁化自由下位層が CoFeBTa を含む、
 前記第 4 磁化自由下位層が NiFe を含む、
 請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の磁気センサ。

20

【請求項 9】

磁気データ記録システムであって、
 磁気メディア、
 アクチュエータ、
 前記磁気メディアの表面に隣接した移動のために前記アクチュエータと接続されたスライダ、
 前記スライダ上に形成された磁気読み出しセンサ、
 を備え、
 前記磁気読み出しセンサは、

第 1 磁性層構造、第 2 磁性層構造、および前記第 1 磁性層構造と前記第 2 磁性層構造との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造、

30

磁化自由層構造、

前記磁化自由層構造と前記磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層、
 をさらに備え、

前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造は、第 1、第 2、第 3 および第 4 磁性下位層を備え、

前記第 1 磁性下位層が Co を含む、かつ前記非磁性結合層に隣接して位置しており、

前記第 2 磁性下位層が CoFeBTa を含む、かつ前記第 1 磁性下位層と接触しており

、

前記第 3 磁性下位層が CoFeB を含む、かつ前記第 2 磁性下位層と接触しており、

40

前記第 4 磁性下位層が前記第 3 磁性下位層と接触しており、かつ CoFe を含む、

前記磁化自由層構造が CoFeBTa の層を含み、

前記磁化固定層構造における前記 CoFeBTa の層が、ある濃度の $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{100-X}\text{Ta}_X$ を有し、 $4 < X < 10$ 原子パーセントであり、

前記磁化自由層構造における前記 CoFeBTa の層が、ある濃度の $(\text{Co}_{76}\text{Fe}_4\text{B}_2)_0(100-X)\text{Ta}_X$ を有し、 $4 < X < 10$ 原子パーセントである、

磁気データ記録システム。

【請求項 10】

磁気データ記録システムであって、

磁気メディア、

50

アクチュエータ、
前記磁気メディアの表面に隣接した移動のために前記アクチュエータと接続されたスライダ、
前記スライダ上に形成された磁気読み出しセンサ、
を備え、
前記磁気読み出しセンサは、
第 1 磁性層構造、第 2 磁性層構造、および前記第 1 磁性層構造と前記第 2 磁性層構造との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造、
磁化自由層構造、
前記磁化自由層構造と前記磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層、
をさらに備え、
前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造は、第 1、第 2、第 3 および第 4 磁性下位層を備え、
前記第 1 磁性下位層が Co を含み、かつ前記非磁性結合層に隣接して位置しており、
前記第 2 磁性下位層が CoFeB Ta を含み、かつ前記第 1 磁性下位層と接触しており、
前記第 3 磁性下位層が CoFeB を含み、かつ前記第 2 磁性下位層と接触しており、
前記第 4 磁性下位層が前記第 3 磁性下位層と接触しており、かつ CoFe を含み、
前記磁化自由層構造が CoFeB Ta の層を含み、
前記磁化固定層構造における前記 CoFeB Ta の層が、ある濃度の $(\text{Co}_{60}\text{Fe}_{20}\text{B}_{20})_{(100-X)}\text{Ta}_X$ 、 $4 < X < 10$ 原子パーセントを有し、
前記磁化自由層構造における前記 CoFeB Ta の層が、ある濃度の $\text{Co}_{76}\text{Fe}_4\text{B}_{20})_{(100-X)}\text{Ta}_X$ を有し、 $4 < X < 10$ 原子パーセントである、
磁気データ記録システム。
【請求項 11】
磁気データ記録システムであって、
磁気メディア、
アクチュエータ、
前記磁気メディアの表面に隣接した移動のために前記アクチュエータと接続されたスライダ、
前記スライダ上に形成された磁気読み出しセンサ、
を備え、
前記磁気読み出しセンサは、
第 1 磁性層構造、第 2 磁性層構造、および前記第 1 磁性層構造と前記第 2 磁性層構造との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造、
磁化自由層構造、
前記磁化自由層構造と前記磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層、
をさらに備え、
前記磁化固定層構造の前記第 2 磁性層構造は、第 1、第 2、第 3 および第 4 磁性下位層を備え、
前記第 1 磁性下位層が Co を含み、かつ前記非磁性結合層に隣接して位置しており、
前記第 2 磁性下位層が CoFeB Ta を含み、かつ前記第 1 磁性下位層と接触しており、
前記第 3 磁性下位層が CoFeB を含み、かつ前記第 2 磁性下位層と接触しており、
前記第 4 磁性下位層が前記第 3 磁性下位層と接触しており、かつ CoFe を含み、
前記磁化自由層構造が CoFeB Ta の層を含み、
前記磁化自由層構造における前記 CoFeB Ta の層が、ある濃度の $\text{CoFe}_X\text{B}_Y\text{Ta}_Z$ を有し、X が 10 原子パーセント以下であり、Y が 25 原子パーセント以下であり、Z が 10 原子パーセント以下である、
磁気データ記録システム。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気データ記録に関し、特に、自由層および固定層構造のうち的一方または両方内にC o F e B T aの層を有する磁気読み出しヘッドに関する。これらの層においてC o F e B T aを追加すると、センサ層内での拡散を防止すること、およびセンサの層におけるB C C粒状構造を促進することによって、センサの性能を改善する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータの心臓部は、磁気ディスクドライブと呼ばれるアセンブリである。磁気ディスクドライブは、回転型磁気ディスクと、回転型磁気ディスクの表面に隣接するサスペンションアームによって懸架される読み書きヘッドと、サスペンションアームを揺動させて回転ディスク上にある選択した円形トラックの上方に読み書きヘッドを配置するアクチュエータと、を備える。読み書きヘッドは、浮上面（A B S）を有するスライダに直結されている。サスペンションアームは、ディスクが回転していないときは、スライダを付勢してディスクの表面と接触させるが、ディスクが回転するときには、回転ディスクによって空気が渦流される。スライダがエアベアリング上に乗ると、回転ディスクに磁気インプレッションを書き込み、回転ディスクから磁気インプレッションを読み出すために読み書きヘッドが使用される。読み書きヘッドは、書き込みおよび読み出し機能を実装するために、コンピュータプログラムに従って動作する処理回路に接続されている。

【0003】

書き込みヘッドは、少なくとも1つのコイルと、書き込み極と、1つまたは複数の戻り極と、を備えている。電流がコイルを貫流すると、生成された磁界により、磁束が書き込み極を貫流し、その結果、書き込み極の先端から書き込み磁場が放出される。この磁場は十分に強いために、隣接する磁気ディスクの一部分を局所的に磁化し、それによってデータビットを記録する。書き込み磁場はその後、軟磁性磁気メディアの下層を通して書き込みヘッドの戻り極に戻る。

【0004】

トンネル接合磁気抵抗（T M R）センサなどの磁気抵抗センサを用いて、磁気メディアから磁気信号を読み出すことができる。センサは、第1および第2の強磁性層の間に挟まれた非磁性電気絶縁障壁層を含む（センサがT M Rセンサである場合）。この第1および第2強磁性層を、以降ではそれぞれ固定層および自由層と呼ぶ。電流が自由層、トンネル障壁層および固定層の平面に対して垂直に流れるように（平面に対して垂直な電流（C P P）動作モード）、磁気シールドがセンサスタックの上方および下方に位置付けられており、第1および第2の導線としての役割を果たすこともできる。固定層の磁化方向は、浮上面（A B S）に対して垂直に固定されており、自由層の磁化方向は、A B Sに対して平行だが、外部磁場を受けて自由に回転する。固定層の磁性は、反強磁性層との交換結合によって固定されているのが典型的である。

【0005】

障壁層（絶縁材料）を貫く磁気トンネル接合の電気抵抗は、固定層の磁性に対する自由層の磁性の相対的な向きによって変化する。固定層および自由層の磁性が互いと平行のときには低い抵抗が検出され、固定層および自由層の磁性が逆平行のときには高い抵抗が検出される。読み出しモードでは、T M Rセンサの抵抗が、回転ディスクからの磁場の大きさに対して概ね比例して変化する。検知電流がT M Rセンサを通じて伝導されると、抵抗の変化によって電位の変化が生じ、再生信号として検出および処理される。障壁層がM g Oを含む場合には、M g Oが固定層に隣接して結晶組織（1 0 0）を有し、かつ自由層が組織（1 0 0）を有するB C C結晶構造を有し、コヒーレントトンネリングと高いT M R率とを示唆していると、T M R率が最大化される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

これまでにないデータ密度の向上が求められており、センサの性能および堅牢性を常に改善していくことが必要になる。そのため、向上した固定強度、向上した自由層の安定性、および向上した感度を有する改良センサに対するニーズが依然として存在する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、第1および第2の磁性層構造ならびに第1の磁性層と第2の磁性層との間に挟まれた非磁性結合層を含む磁化固定層構造と、磁化自由層構造と、磁化自由層構造と磁化固定層構造との間に挟まれた非磁性障壁層（トンネル障壁層）と、を含む磁気読み出しセンサを提供する。固定層構造の第2の磁性層は、C o F e B T aの層を含む。

10

【0008】

加えて、磁化自由層構造は、C o F e B T aの層を含んでもよい。磁化固定層構造の第2の磁性層は、第1、第2、第3および第4の下位層を含んでよく、第1の下位層はC oで構成され、第2の下位層はC o F e B T aで構成され、第3の下位層はC o F e Bで構成され、第4の下位層はC o F eで構成される。

【0009】

同様に、磁化自由層構造は、第1、第2、第3および第4の下位層で構成されてよく、第1の下位層はC o F eで構成され、第2の下位層はC o F e Bで構成され、第3の下位層はC o F e B T aで構成され、第4の下位層はN i F eで構成される。N i F eは、自由層の磁気歪みのバランスをとる目的で使用される。

20

【発明の効果】

【0010】

固定層（第2の磁性層の第2の下位層）におけるC o F e B T a層の存在は、第1の磁性層、非磁性結合層、および第2の磁性層の第1の下位層の結晶組織成長を好都合に遮断する。C o F e B T a層はまた、C o F e B層と、M g O障壁層に隣接するC o F e層とにおいて、組織（100）を有する所望のB C C結晶構造の核形成および成長も促進する。加えて、C o F e B T a層は、M nなどの原子がA F M層からC o F e B層、C o F e層およびM g O障壁へと拡散するのを防止し得る。こうして、固定層の固定強度を高め、さらにT M R率も高めることにより、M g OベースのT M Rセンサの性能を高める。

30

【0011】

自由層の第3の下位層におけるC o F e B T a層の存在は、第4の下位層N i F eから第1および第2の下位層およびM g O障壁へのN i原子の拡散を好都合に防ぎ、第1および第2の下位層におけるB C C構造の成長を維持し、それにより、T M R率を高めることによってセンサの性能をさらに高める。

【0012】

本発明のこれらおよび他の特徴ならびに利点は、好適な実施形態に関する以下の詳細な説明を図と併せて読めば明らかであろう。図中において、同様の参照符号は、全体を通じて同様の要素を示す。

【0013】

40

本発明の性質および利点、ならびに好適な使用態様を十分に理解するために、以下の詳細な説明を添付の図面と併せて参照すべきである。これらの図面は、必ずしも原寸に比例していない。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施形態に係るディスクドライブシステムの概略図である。

【図2】磁気ヘッドの位置を示すスライダのA B S図である。

【図3】本発明の一実施形態にかかる磁気抵抗センサのA B S図である。

【図4】図3のセンサの一部分の拡大図であり、センサの各種下位層を示す。

【図5】図4と同様、本発明の代替実施形態を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下の説明は、本発明を実施するために現時点で意図される最良の実施形態である。この説明は、本発明の一般原理を説明するためになされたものであり、本明細書で請求される発明の概念を制限することを意図するものではない。

【0016】

ここで図1を参照すると、本発明の実施形態に係るディスクドライブ100が示されている。図1に示すとおり、少なくとも1つの回転型磁気ディスク112がスピンドル114で支持されており、ディスクドライブモータ118によって回転する。各ディスク上の磁気記録は、磁気ディスク112上の同心データトラック（図示せず）の環状パターンという形態である。

10

【0017】

少なくとも1つのスライダ113が磁気ディスク112の近くに配置されており、各スライダ113は、1つまたは複数の磁気ヘッドアセンブリ121を支持する。磁気ディスクが回転すると、スライダ113がディスク表面122の上方を内外へと放射状に移動して、所望のデータが書き込まれる磁気ディスクの様々なトラックに磁気ヘッドアセンブリ121がアクセスできるようになる。各スライダ113は、サスペンション115によってアクチュエータアーム119に取り付けられている。サスペンション115は、ディスク表面122に対してスライダ113を付勢するわずかなバネ力を提供する。各アクチュエータアーム119は、アクチュエータ手段127に取り付けられている。図1に示すアクチュエータ手段127は、ボイスコイルモータ（VCM）であってもよい。VCMは、一定の磁場内で移動可能なコイルを備え、コイルの移動方向および速度は、コントローラ129によって供給されるモータ電流信号によって制御される。

20

【0018】

ディスク記憶システムの動作中、磁気ディスク112の回転により、スライダ113とディスク表面122との間で、スライダに対して上方への力または揚力を働かせるエアベアリングを生成する。したがってこのエアベアリングは、通常動作中にサスペンション115のわずかなバネ力とのバランスを保ち、スライダ113を、小さく略一定の間隔でディスク表面から離し、わずかに上で支持する。

【0019】

30

ディスク記憶システムの各種構成要素の動作は、アクセス制御信号および内部クロック信号などの制御ユニット129によって生成される制御信号によって制御される。制御ユニット129は、論理制御回路と、記憶手段と、マイクロプロセッサとを備えるのが典型的である。制御ユニット129は、ライン123上の駆動モータ制御信号、ヘッド位置およびシーク制御信号などの制御信号を生成して、各種システム動作を制御する。ライン128上の制御信号は、スライダ113をディスク112上にある所望のデータトラックへと最適に動かし、位置付けるための所望の電流プロファイルを提供する。記録チャンネル125を経て、読み書きヘッド121との間で書き込みおよび読み出し信号が通信される。

【0020】

図2を参照すると、スライダ113にある磁気ヘッド121の方向をさらに詳細に見ることができる。図2はスライダ113のABS図であり、図示するとおり、誘導型書き込みヘッドと読み出しセンサとを備える磁気ヘッドがスライダの後端に位置する。典型的な磁気ディスク記憶システムに関する上記説明および図1の具体例は、提示だけを目的とするものである。ディスク記憶システムが多数のディスクおよびアクチュエータを備え得ること、および各アクチュエータがいくつかのスライダを支持し得ることは明らかなはずである。

40

【0021】

図3は、第1および第2の磁気シールド304、306の間に挟まれているセンサスタック302を有する磁気読み出しヘッド300を示す。磁気シールド304、306は、NiFeなど導電性の磁気材料で構成されており、センサスタック302に検知電流を供

50

給するとともに磁気シールドとしても機能する導線として機能することができる。センサスタックは、磁化固定層構造308と、磁化自由層310と、それらの間に挟まれた非磁性障壁層312とを含むことができる。センサスタック302は、その最下部にシード層326を含んでもよく、シード層326は、上記の堆積層に所望の粒状構造を確実に形成する目的で設けることができる。また、センサスタック302は、製造時に下位層を損傷から保護するために、その最上部にキャップ層328を含んでもよい。

【0022】

障壁層312は、Mg（例えばMg/MgO/Mg）の層間に挟まれたMgOの層として構成することができる。このような障壁層312を構成するために、Mgの薄層はまず、Mgターゲットを使用したDCスパッタリングによって堆積される。Ti（またはTa）ペースト法を使用することができる。MgO層はその後、MgOターゲットを使用した無線周波数（rf）スパッタリングによって堆積される。次に別のMgの薄層を、Mgターゲットを使用したDCスパッタリングによって堆積させることができる。最後に、酸素処理法を実施して、障壁層312の構造を完成させることができる。完成した障壁層312は、約8～10オングストロームの厚さを有し得る。

【0023】

固定層構造は、非磁性逆平行結合層318をまたいで逆平行結合されている第1および第2の磁性層314、316を含むことができる。非磁性逆平行結合層318は、Ruで構成することができ、約4～6オングストロームまたは約4.5オングストロームの厚さを有し得る。第1の磁性層314は、反強磁性材料の層（AFM層）320によって交換結合することができる。この層の材料は、約60オングストロームの厚さを有するIrMnなどを用いることができる。この交換結合は、第1の磁性層314の磁性を、矢じり記号322が示す、ABSに対して垂直な第1の方向に強く固定する。磁性層314、316間の逆方向結合は、矢じり記号324が示す、第1の方向と逆平行であり、かつABSに対して垂直な第2の方向に第2の磁性層316の磁性を固定する。

【0024】

AFM層320は、Krガスと30～250sccmのガス流量を使用して200～400の温度で堆積するIrMnスパッタを用いることができる。この結果、IrMn AFM層はL₁₂フェーズを有する。このL₁₂フェーズにより、AFM層320とAP1磁性層314との間の界面交換結合エネルギーが大幅に増大する。そのため、これによって固定強度が大幅に向上する。加えて、AFM層320のブロッキング温度も大幅に上昇するため、固定の熱耐性が向上する。

【0025】

自由層310は、矢印330によって示す、ABSと概ね平行な方向にバイアスされた磁性を有する。磁性330はこの方向でバイアスされるが、例えば磁気メディアからの外部磁場に反応して自由に移動する。

【0026】

磁性330のバイアスは、ハード磁気バイアス層332、334からのバイアス磁場によって実現される。これらの磁気バイアス層332、334は、CoPtまたはCoPtCrなどの高保磁力磁気材料から形成される永久磁石である。バイアス層332、334は、アルミナ336、338などの非磁性電気絶縁層の薄層により、センサスタック302から、および少なくとも最下部シールド304から分離される。

【0027】

図4は、センサスタック302の拡大図を示す。図4を参照すると、本発明の一実施形態にかかるセンサスタック302の各層の具体的な構造が、より詳細に記載されている。シード層326は、TaまたはCoHfの第1下位層402とRuの第2下位層404とを含むことができる。第1下位層402は、Taの場合で約10～20オングストロームまたは約20オングストローム、CoHfの場合で20～40オングストロームまたは約40オングストロームの厚さを有することができる。第2下位層404は、16～20オングストロームまたは約20オングストロームの厚さを有することができる。

【 0 0 2 8 】

固定層構造 (A P 1 3 1 4) の第 1 磁性層は、C o F e で構成され、約 1 6 オングストロームの厚さを有する第 1 下位層 4 0 6 と、C o で構成され、第 1 下位層 4 0 6 の上に形成された約 5 オングストロームの厚さを有する第 2 下位層 4 0 8 とを含むことができる。

【 0 0 2 9 】

固定層構造 (A P 2 3 1 6) の第 2 磁性層は、A P 結合層 3 1 8 に隣接して位置し、約 5 オングストロームの厚さを有する C o の第 1 下位層 4 1 0 を含むことができる。A P 2 層 3 1 6 はまた、第 1 下位層 4 1 0 の上に形成され、アモルファス C o F e B T a で形成され、かつ約 4 ~ 6 オングストロームまたは 5 オングストロームの厚さを有する第 2 下位層 4 1 2 も含む。A P 2 層 3 1 6 は、第 2 下位層 4 1 2 の上に形成された第 3 下位層 4 1 4 をさらに含む。第 3 下位層 4 1 4 は、C o F e B で構成することができ、4 ~ 6 オングストロームまたは約 5 オングストロームの厚さを有することができる。A P 2 層 3 1 6 はまた、第 3 下位層 4 1 4 の上に形成される第 4 下位層 4 1 6 も含む。第 4 下位層 4 1 6 は、C o F e で構成され、4 ~ 6 オングストロームまたは約 4 . 5 オングストロームの厚さを有する。

【 0 0 3 0 】

自由層構造 3 1 0 は、第 1、第 2、第 3 および第 4 の下位層 4 1 8、4 2 0、4 2 2、4 2 4 を含むことができ、層 4 2 0 は層 4 1 8 の上に形成され、4 2 2 は 4 2 0 の上に形成され、4 2 4 は 4 2 2 の上に形成される。第 1 下位層 4 1 8 は、4 ~ 6 オングストロームまたは約 4 . 8 オングストロームの厚さを有する C o F e から形成することができる。第 2 下位層 4 2 0 は、8 ~ 1 2 オングストロームまたは約 1 0 オングストロームの厚さを有する C o F e B で構成することができる。第 3 下位層 4 2 2 は、アモルファス C o F e B T a で構成することができ、1 8 ~ 2 2 オングストロームまたは約 2 0 オングストロームの厚さを有することができる。第 4 下位層 4 2 4 は、N i F e _x (X は 1 0 未満) で構成することができ、N i F e _x は磁気歪みのバランスをとる目的で使用され、3 0 ~ 3 5 オングストロームまたは約 3 2 オングストロームの厚さを有することができる。あるいは、N i F e _x を N i で置き換えることもできる。

【 0 0 3 1 】

キャップ層構造 3 2 8 は、第 1、第 2 および第 3 の下位層 4 2 6、4 2 8 および 4 3 0 で構成することができ、層 4 2 8 は 4 2 6 の上に形成され、4 3 0 は 4 2 8 の上に形成される。第 1 下位層 4 2 6 は R u で構成することができ、約 1 5 オングストロームの厚さを有することができる。第 2 下位層 4 2 8 は T a で構成することができ、約 1 5 オングストロームの厚さを有することができる。第 3 下位層 4 3 0 は R u で構成することができ、約 5 0 オングストロームの厚さを有することができる。

【 0 0 3 2 】

A P 2 層構造 3 1 6 における C o F e B T a の第 2 下位層 4 1 2 の存在は、第 1 磁性層 3 1 4、非磁性結合層 3 1 8 および第 2 磁性層 3 1 6 の第 1 下位層 4 1 0 の結晶組織成長を好都合に遮断する。C o F e B T a 層 4 1 2 はまた、C o F e B 第 3 下位層 4 1 4 および C o F e 第 4 下位層 4 1 6 における組織 (1 0 0) を有する所望の B C C 結晶構造の核形成および M g O 障壁層 3 1 2 への成長を促進する。加えて、C o F e B T a 層 4 1 2 は、M n などの原子が A F M 層 3 2 0 から C o F e B 層 4 1 4、C o F e 層 4 1 6 および障壁層 3 1 2 へと拡散するのを防止し得る。こうして、固定層の固定強度を高め、さらに T M R 率も高めることにより、M g O ベースの T M R センサ 3 0 2 の性能を高める。これらの目標を最良に達成するために、層 4 1 2 は、(C o _{4 0} F e _{4 0} B _{2 0}) (1 0 0 - x) T a (x) または (C o _{6 0} F e _{2 0} B _{2 0}) (1 0 0 - x) T a (x) (4 < X < 1 0 原子パーセント) という構成を有するのが好ましい。より一般的には、層 4 1 2 は C o F e _x B _y T a _z という構成を有することができ、ここで X は 6 0 原子パーセント以下であり、Y は 3 0 原子パーセント以下であり、Z は 1 5 原子パーセント以下である。あるいは、C o F e B T a における T a を、H f、Z r、N b または M o で置き換えることがで

10

20

30

40

50

き、BをAlまたはSiで置き換えることができる。

【0033】

自由層構造310の第3下位層422におけるCoFeB-Ta層の存在は、Ni原子が第4下位層424から第1および第2下位層418、420および障壁312へと拡散するのを好都合に防ぎ、第1および第2下位層418、420のBCC構造の成長を維持し、それによってTMR率を高めることにより、センサの性能をさらに高める。層422は、 $(\text{Co}_{0.76}\text{Fe}_{0.24}\text{B}_{2.0})_{(1.00-x)}\text{Ta}_x$ ($4 < x < 10$) という構成を有するのが好ましい。より一般的には、層422は $\text{CoFe}_x\text{B}_y\text{Ta}_z$ という構成を有することができ、ここでXは10原子パーセント以下であり、Yは25原子パーセント以下であり、Zは10原子パーセント以下である。あるいは、CoFeB-TaにおけるTaを、Hf、Zr、NbまたはMoで置き換えることができ、BをAlまたはSiで置き換えることができる。422の構成が(層412と比較して)異なるため、自由層310における所望の磁性および磁気歪みが確保される。

10

【0034】

図5は、本発明の代替実施形態を示す。図5においては、シード層326、AFM層320、固定層構造314、318、316およびキャップ層328が、図3および図4を参照して既に説明したものと同一であってもよい。ただし、この代替実施形態は、わずかに異なる自由層構造510を有する。本実施形態では、自由層510が、4～6オングストロームまたは約4.8オングストロームの厚さを有するCoFeから形成することのできる第1下位層518を含む。自由層510は、14～18オングストロームまたは約16オングストロームの厚さを有するCoFeBで構成できる第2下位層520(第1下位層518の上に形成)を有する。自由層510は、アモルファスCoHfで構成することができ、8～12オングストロームまたは約10オングストロームの厚さを有することのできる第3下位層522(第2下位層520の上に形成)を有する。自由層510は、NiFe_x ($x < 10$) で構成することができ、32～36オングストロームまたは約34オングストロームの厚さを有することのできる第4下位層524(第3下位層522の上に形成)を有する。あるいは、NiFeを純粋なNiで置き換えることができる。

20

【0035】

上記実施形態は、固定強度を大幅に高め、センサの信頼性および堅牢性を大幅に高める。この構造により、固定磁界が増える。つまり、磁化固定層の磁性が反転することなく、磁気ヘッドが大きな異質の外部磁場を受けることができる。加えて、AFM層320のブロッキング温度が上昇するため、温度障害に対する耐性が高まる。その上、上記実施形態は、トンネル障壁層312およびこの層と直接隣接する層における粒状構造の改善により、TMR率が高まる。

30

【0036】

以上、各種実施形態を記載してきたが、それらは例示目的でのみ提示されており、限定目的でないという点は理解すべきである。本発明の範囲内に属する他の実施形態が当業者にとって明らかになることもある。そのため、本発明の幅および範囲は、上記例示的な実施形態のいずれによっても制限されるべきでなく、以下の請求項とそれらの均等物とに従ってのみ定義されるべきである。

40

【符号の説明】

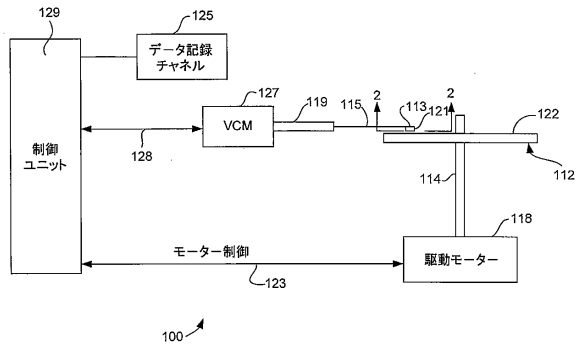
【0037】

- 100 ディスクドライブ
- 112 磁気ディスク
- 113 スライダ
- 114 スピンドル
- 115 サスペンション
- 118 ディスクドライブモータ
- 119 アクチュエータアーム
- 121 磁気ヘッドアセンブリ

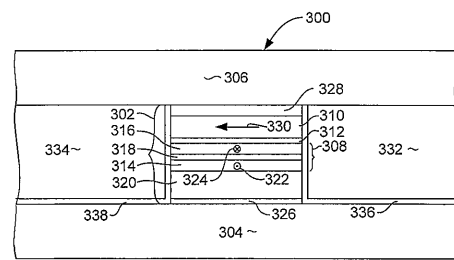
50

1 2 2	ディスク表面	
1 2 3	ライン	
1 2 7	アクチュエータ手段	
1 2 8	ライン	
1 2 9	制御ユニット	
3 0 0	磁気読み出しヘッド	
3 0 2	センサスタック	
3 0 4	第 1 の磁気シールド	
3 0 6	第 2 の磁気シールド	
3 0 8	磁化固定層	10
3 1 0	磁化自由層	
3 1 2	非磁性障壁層	
3 1 4	第 1 の磁性層	
3 1 6	第 2 の磁性層	
3 1 8	非磁性結合層	
3 2 0	反強磁性材料の層	
3 2 2	矢印の頭	
3 2 4	矢印の尾	
3 2 6	シード層	
3 2 8	キャップ層	20
3 3 2	ハード磁気バイアス層	
3 3 4	ハード磁気バイアス層	
4 0 2	第 1 の下位層	
4 0 4	第 2 の下位層	
4 0 6	第 1 の下位層	
4 0 8	第 2 の下位層	
4 1 0	第 1 の下位層	
4 1 2	第 2 の下位層	
4 1 4	第 3 の下位層	
4 1 6	第 4 の下位層	30
4 1 8	第 1 の下位層	
4 2 0	第 2 の下位層	
4 2 2	第 3 の下位層	
4 2 4	第 4 の下位層	
4 2 6	第 1 の下位層	
4 2 8	第 2 の下位層	
4 3 0	第 3 の下位層	
5 1 0	自由層構造	
5 1 8	第 1 の下位層	
5 2 0	第 2 の下位層	40
5 2 2	第 3 の下位層	
5 2 4	第 4 の下位層	

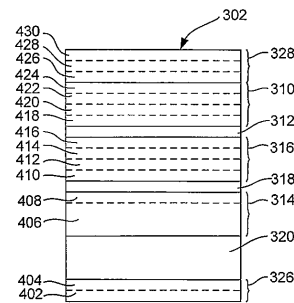
【図 1】



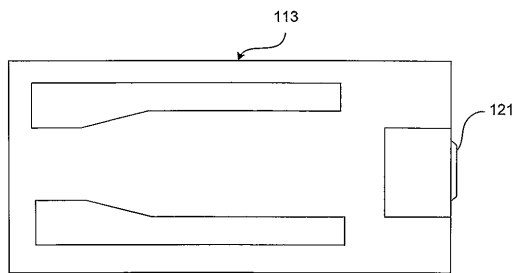
【図 3】



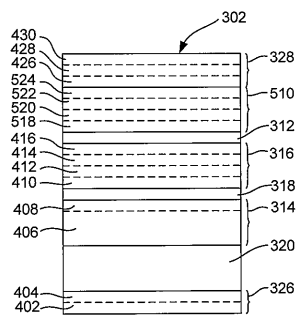
【図 4】



【図 2】



【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)

(74)代理人 100153903

弁理士 吉川 明

(72)発明者 ツェン ガオ

アメリカ合衆国 9 5 1 2 9 カリフォルニア州, サンノゼ, ダブリュ リバーサイド ウェイ
1 0 9 8

(72)発明者 インファン スー

アメリカ合衆国 9 5 1 2 3 カリフォルニア州, サンノゼ, ブラッサム ガーデنز サークル
5 4 4 8

(72)発明者 ファ アイ ゼン

アメリカ合衆国 9 5 1 2 3 カリフォルニア州, サンノゼ, パラ メサ ドライブ 5 9 0 7

審査官 小山 満

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 2 3 9 2 3 (J P , A)

特開 2 0 1 1 - 1 5 9 9 7 3 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 1 3 5 0 3 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 3 4 5 6 3 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 8 8 1 5 7 (U S , A 1)

特開 2 0 0 5 - 1 5 0 2 9 2 (J P , A)

特開 2 0 1 1 - 1 2 3 9 4 4 (J P , A)

特開 2 0 0 8 - 2 4 3 9 2 0 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 5 8 0 5 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 1 6 6 0 5 1 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 1 / 1 2 1 7 7 7 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H 0 1 L 4 3 / 0 6

G 1 1 B 5 / 3 9

H 0 1 F 1 0 / 1 6

H 0 1 F 1 0 / 3 2

H 0 1 L 4 3 / 0 8

H 0 1 L 4 3 / 1 0