

明 細 書

発明の名称：

P t－酸化物系スパッタリングターゲット及び垂直磁気記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、P t－酸化物系スパッタリングターゲット及び垂直磁気記録媒体に関し、特に、マイクロ波アシスト磁気記録媒体としての垂直磁気記録媒体及び当該垂直磁気記録媒体をマグネトロンスパッタリングにより形成するために用いられるP t－酸化物系スパッタリングターゲットに関する。

背景技術

[0002] ハードディスクドライブの磁気ディスクにおいては、情報信号が磁気記録媒体の微細なビットに記録されている。磁気記録媒体の記録密度をさらに向上させるためには、1つの記録情報を保持するビットの大きさを縮小しながら、情報品質の指標であるノイズに対する信号の比率も増大させる必要がある。ノイズに対する信号の比率を増大させるためには、信号の増大またはノイズの低減が必要不可欠である。

[0003] ハードディスクドライブの磁気ディスクにおいて、情報信号の記録を担う磁気記録膜の一つとして、C o P t 基合金－酸化物のグラニューラ構造からなる磁性薄膜が用いられている（例えば、非特許文献1参照）。このグラニューラ構造は、柱状のC o P t 基合金結晶粒とその周囲を取り囲む酸化物の結晶粒界とからなっている。このような磁気記録媒体を高記録密度化する際には、記録ビット間の遷移領域を平滑化してノイズを低減させることが必要である。記録ビット間の遷移領域を平滑化するためには、磁性薄膜に含まれるC o P t 基合金結晶粒の微細化が必須である。このため、室温で形成されるC o P t 基合金－酸化物のグラニューラ構造からなる磁性薄膜において記録密度をさらに向上させるためには、磁気記録層（磁性薄膜）に含まれるC o P t 基合金結晶粒を微細化する必要がある。

[0004] ところが、C o P t 基合金結晶粒の微細化が進展した結果、超常磁性現象

により記録信号の熱安定性が損なわれて記録信号が消失してしまうという、いわゆる熱揺らぎ現象が発生するようになった。この熱揺らぎ現象は、磁気ディスクの高記録密度化への大きな障害となっている。

[0005] この障害を解決するためには、各C o P t 基合金結晶粒において、磁気エネルギーが熱エネルギーに打ち勝つように磁気エネルギーを増大させることが必要である。各C o P t 基合金結晶粒の磁気エネルギーはC o P t 基合金結晶粒の体積 v と結晶磁気異方性定数 K_u との積 $v \times K_u$ で決定される。このためC o P t 基合金結晶粒の磁気エネルギーを増大させるためにはC o P t 基合金結晶粒の結晶磁気異方性定数 K_u を増大させることが必要不可欠である（例えば、非特許文献2参照）。

[0006] 大きい K_u を持つC o P t 基合金結晶粒を柱状に成長させるためには、C o P t 基合金結晶粒と粒界材料との相分離を実現させることが必須である。C o P t 基合金結晶粒と粒界材料との相分離が不十分でC o P t 基合金結晶粒間の粒間相互作用が大きくなってしまうと、C o P t 基合金－酸化物のグラニュー構造からなる磁性薄膜の保磁力 H_c が小さくなってしまい、熱安定性が損なわれて熱揺らぎ現象が発生しやすくなってしまう。したがって、C o P t 基合金結晶粒間の粒間相互作用を小さくすることも重要である。

[0007] C o P t 基合金結晶粒の K_u を増大させるための方策としては、各C o P t 基合金結晶粒におけるC oおよびP t 含有量の調整によるスピン軌道相互作用の増大や積層欠陥の低減や高温基板加熱プロセス中での成膜によるC o原子とP t原子の積層構造の周期性の向上などが挙げられる（例えば、非特許文献3、4参照）。しかしながら、現行のC o P t 基合金－酸化物の磁性薄膜においてはすでに十分に組成が最適化されており、これ以上調整することができない。また、用いられている現行のC o P t 基合金－酸化物グラニューラの磁性薄膜は高温基板加熱プロセスで作製すると K_u が劣化することが知られている（例えば、非特許文献5）。さらに、室温で成膜されたC oとP tの薄膜を多層化することで面直方向に界面磁気異方性が発現されること（例えば、非特許文献6）が知られている。

先行技術文献

非特許文献

- [0008] 非特許文献1: T. Oikawa et al., IEEE Trans. Magn., 38, 1976 (2002)
- 非特許文献2: S. N. Piramanayagam, J. Appl. Phys., 102, 011301 (2007).
- 非特許文献3: A. Ishikawa and R. Sinclair, IEEE Trans. Magn., 32, 3605 (1996).
- 非特許文献4: S. Saito, S. Hinata, and M. Takahashi, IEEE Trans. Magn., 50, 3201205 (2014).
- 非特許文献5: K. K. Tham, S. Hinata, S. Saito, and M. Takahashi, J. Appl. Phys., 115, 17B752 (2014).
- 非特許文献6: C. J. Lin, G. L. Gorman, C. H. Lee, R. F. C. Farrow, E. E. Marinero, H.V. Do, H. Notarys, and C. J. Chien, J. Magn. Magn. Mat., 93, 194 (1991).

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 本発明は、結晶磁気異方性定数 K_u 及び保磁力 H_c が高い磁気記録媒体を提供すること、及び当該磁気記録媒体を製造するために用いるスパッタリングターゲットを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明者らは、磁性層を構成する磁性薄膜の組成の最適化ではなく、磁性層の上又は下に別の組成の薄膜層（バッファ層）を積層させることにより、磁気記録媒体の結晶磁気異方性定数 K_u 及び保磁力 H_c を向上させることができることを知見し、本発明を完成するに至った。
- [0011] 本発明によれば、60vol%以上100vol%未満のPt基合金相と、0vol%超過40vol%以下の酸化物と、からなるPt-酸化物系スパッタリングターゲットであって、Pt基合金相は、Ptを50at%以上100at%以下含むことを特徴とするPt-酸化物系スパッタリングター

ゲットが提供される。

- [0012] 前記Pt基合金相は、さらに、Si、Ti、Cr、B、V、Nb、Ta、Ru、Mn、Zn、Mo、W、及びGeから選択される1種以上を合計で0at%以上50at%以下含むことが好ましい。
- [0013] 前記酸化物は、 B_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 から選択される1種以上であることが好ましい。
- [0014] また、本発明によれば、Coリッチ結晶粒を含むCoPt基合金－酸化物のグラニユラ構造の磁性層の上又は下に積層されているPtリッチ結晶粒を含むPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）を含む垂直磁気記録媒体が提供される。前記グラニユラ構造の磁性層は、60vol%以上100vol%未満のCoPt基合金相と、0vol%超過40vol%以下の酸化物と、からなる。前記磁性層のCoPt基合金相は、60at%以上85at%以下のCo及び15at%以上40at%以下のPtを含む。前記Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）は、60vol%以上100vol%未満のPt基合金相と、0vol%超過40vol%以下の酸化物と、からなる。前記Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）のPt基合金相は、Ptを50at%超過100at%以下含む。
- [0015] 本発明の垂直磁気記録媒体の第1実施形態において、Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）は、CoPt基合金－酸化物のグラニユラ構造の磁性層の下に積層されており、Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは0nm超過2nm以下である。
- [0016] 本発明の垂直磁気記録媒体の第2実施形態において、Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）は、CoPt基合金－酸化物のグラニユラ構造の磁性層の上に積層されており、Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは0nm超過4nm以下である。
- [0017] 本発明の垂直磁気記録媒体の第3実施形態において、CoPt基合金－酸化物のグラニユラ構造の磁性層の上に積層されているPt基合金－酸化物の

薄層（Ptリッチバッファ層）の組み合わせを複数含み、垂直磁気記録媒体に含まれるPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の全厚さは0nm超過4nm以下である。

[0018] 前記Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）のPt基合金相は、さらにSi、Ti、Cr、B、V、Nb、Ta、Ru、Mn、Zn、Mo、W、及びGeから選択される1種以上を合計で0at%以上50at%以下含むことが好ましい。

[0019] 前記Pt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）は、 B_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 から選択される1種以上の酸化物を合計で0vol%以上40vol%以下含むことが好ましい。

発明の効果

[0020] 本発明の垂直磁気記録媒体は、CoPt基合金－酸化物のグラニュー構造の磁性層の上又は下に積層されているPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）を含むことにより、従来の垂直磁気記録媒体に比べ、グラニュー構造の磁性層中の磁性結晶粒を良好に分離させることができるため、面直方向に界面磁気異方性が発現され、磁性薄膜全体の結晶磁気異方性定数Kuが向上し、Kuの向上に伴い、保磁力Hcも向上する。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の磁気記録媒体のRu下地層、Ptリッチ薄層（Ptリッチバッファ層）、及びCoリッチ磁性層の積層状態を示す垂直断面模式図である。

[図2]従来の磁気記録媒体のRu下地層、CoPt磁性層の積層状態を示す垂直断面模式図である。

[図3-A]実施例1～108で作製した磁気記録媒体サンプルAの積層構造を示す模式図である。

[図3-B]実施例109～119で作製した磁気記録媒体サンプルBの積層構造を示す模式図である。

[図3-C]実施例120～122及び比較例16で作製した磁気記録媒体サンプ

ルCの積層構造を示す模式図である。

[図4]実施例1～108にて測定したPtリッチ薄層（Ptリッチバッファ層）の膜厚と磁気記録媒体サンプルの磁性粒子のみの結晶磁気異方性定数 K_{ugrain} との関係を示すグラフである。

[図5]実施例1～108にて測定したPtリッチ薄層（Ptリッチバッファ層）の膜厚と磁気記録媒体サンプルの保磁力 H_c との関係を示すグラフである。

[図6]実施例1～108にて測定したPtリッチ薄層（Ptリッチバッファ層）の酸化物含有量と磁気記録媒体サンプルの磁性粒子のみの結晶磁気異方性定数 K_{ugrain} との関係を示すグラフである。

[図7]実施例1～108にて測定したCoリッチ磁性層の膜厚と磁気記録媒体サンプルの磁性粒子のみの結晶磁気異方性定数 K_{ugrain} との関係を示すグラフである。

[図8]実施例1～108にて測定したCoリッチ磁性層の膜厚と磁気記録媒体サンプルの保磁力 H_c との関係を示すグラフである。

[図9]実施例1～108にて測定したCoリッチ磁性層のCo含有量と磁気記録媒体サンプルの磁性粒子のみの結晶磁気異方性定数 K_{ugrain} との関係を示すグラフである。

[図10]実施例1～108にて測定したCoリッチ磁性層のCo含有量と磁気記録媒体サンプルの保磁力 H_c との関係を示すグラフである。

[図11]実施例120～122及び比較例15～16にて測定したPtリッチバッファ層の膜厚（BL膜厚）と磁気記録媒体サンプルの磁性粒子のみの結晶磁気異方性定数 K_{ugrain} との関係を示すグラフである。

[図12]実施例120～122及び比較例15～16にて測定したPtリッチバッファ層の膜厚（BL膜厚）と磁気記録媒体サンプルの保磁力 H_c との関係を示すグラフである。

[図13]実施例111、121、123～130及び比較例15、17にて測定したPtリッチバッファ層の全膜厚（全BL膜厚）と磁気記録媒体サンプ

ルの磁性粒子のみの結晶磁気異方性定数 K_{ugrain} との関係を示すグラフである。

[図14]実施例111、121、123～130及び比較例15、17にて測定したPtリッチバッファ層の全膜厚（全BL膜厚）と磁気記録媒体サンプルの保磁力 H_c との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0022] 本発明は、60vol%以上のPt基合金相と、40vol%以下の酸化物と、からなるPt－酸化物系スパッタリングターゲットを提供する。Pt－酸化物系スパッタリングターゲットは、好ましくは、65vol%以上（100vol%を含まない）のPt基合金相と、35vol%以下（0vol%を含まない）の酸化物とからなり、より好ましくは70vol%以上90vol%以下のPt基合金相と、10vol%以上30vol%以下の酸化物とからなる。

[0023] 本発明のPt－酸化物系スパッタリングターゲットは、Pt基合金相がPtを50at%以上（100at%を含む）含むことを特徴とする。Pt基合金相は、Ptを60at%以上100at%以下含むことが好ましく、Ptを70at%以上100at%以下含むことがより好ましい。

[0024] Pt基合金相は、さらに、Si、Ti、Cr、B、V、Nb、Ta、Ru、Mn、Zn、Mo、W、及びGeから選択される1種以上を合計で50at%以下（0at%を含む）、好ましくは0at%以上40at%以下、より好ましくは0at%以上30at%以下含むこともできる。

[0025] Pt基合金相の好適な組成（at%）として下記を挙げることができる。

(Pt)

(Pt95Si5)

(Pt95Ti5)

(Pt95Cr5)

(Pt95B5)

(Pt95V5)

(Pt 95 Nb 5)
(Pt 95 Ta 5)
(Pt 95 Ru 5)
(Pt 95 Mn 5)
(Pt 95 Zn 5)
(Pt 95 Mo 5)
(Pt 95 W 5)
(Pt 95 Ge 5)
(Pt 95 Ti 5)
(Pt 80 Ti 10)
(Pt 80 Ti 20)
(Pt 70 Ti 30)
(Pt 60 Ti 40)
(Pt 50 Ti 50)

[0026] 本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットの酸化物としては、 B_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 から選択される1種以上を好適に挙げることができる。酸化物の含有量は、合計で40vol%以下（0vol%を含まない。）、好ましくは10vol%以上40vol%以下、より好ましくは20vol%以上40vol%以下、特に好ましくは25vol%以上35vol%以下とすることができる。

[0027] 本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットは、Pt基合金相と酸化物とが微細に分散したマイクロ構造を有することが好ましい。酸化物を微細に分散させることによって、スパッタリング時に発生するパーティクルを低減させることができる。

[0028] 本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットは、ボールミルを用いてPt金属粉末又はPt基合金のアトマイズ粉末と、酸化物粉末とを混合して焼結用混合粉末を調製し、1000℃以上1300℃以下の焼結温度にて

真空下加圧焼結することで製造することができる。

[0029] 本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットは、垂直磁気記録媒体の製造に好適に用いることができる。たとえば、本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットを用いて、(1) Pt基合金-酸化物の薄層(Ptリッチバッファ層)をRu下地層の上に積層させ、さらにその上にグラニューラ構造の磁性層を積層させるか、(2) Ru下地層の上に積層させたグラニューラ構造の磁性層の上に本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットを用いてPt基合金-酸化物の薄層(Ptリッチバッファ層)を積層させるか、又は(3) Ru下地層の上に積層させたグラニューラ構造の磁性層の上に本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットを用いてPt基合金-酸化物の薄層(Ptリッチバッファ層)を積層させ、次いでグラニューラ構造の磁性層を積層させ、再び本発明のPt-酸化物系スパッタリングターゲットを用いてPt基合金-酸化物の薄層(Ptリッチバッファ層)を積層させることを繰り返して、新規な本発明の垂直磁気記録媒体を製造することができる。

[0030] 本発明の垂直磁気記録媒体は、Coリッチ結晶粒を含むCoPt基合金-酸化物のグラニューラ構造の磁性層の上又は下に積層されているPtリッチ結晶粒を含むPt基合金-酸化物の薄層を含むことを特徴とする。すなわち、Coリッチ結晶粒を含む磁性層の上又は下に、Ptリッチ結晶粒を積層させることが重要である。たとえば、図1に示すように、Ru結晶粒を含む下地層と、Coリッチ結晶粒を含む磁性層と、の間にPtリッチ結晶粒を含むPt基合金-酸化物の薄層を介在させることができる。あるいは、Ru結晶粒を含む下地層の上にCoリッチ結晶粒を含む磁性層を積層させ、Coリッチ結晶粒を含む磁性層の上に、Ptリッチ結晶粒を含むPt基合金-酸化物の薄層を積層させてもよい。あるいは、Ru結晶粒を含む下地層の上にCoリッチ結晶粒を含む磁性層を積層させ、Coリッチ結晶粒を含む磁性層の上に、Ptリッチ結晶粒を含むPt基合金-酸化物の薄層を積層させ、さらにCoリッチ結晶粒を含む磁性層を積層させてもよい。Coリッチ結晶粒を含む

磁性層の上又は下に、Ptリッチ結晶粒を含むPt基合金-酸化物の薄層を設けることにより、図1に示すように、磁性層のCoリッチの磁性結晶粒同士、Ptリッチ結晶粒同士及びRu結晶粒同士の間に酸化物が存在して隔壁となって、これらの結晶粒同士を良好に分離して、磁性結晶粒同士の磁気的な相互作用を小さくし、磁性層の保磁力H_cを大きくすることができる。

[0031] 本発明の垂直磁気記録媒体のグラニュラ構造の磁性層は、60vol%以上（100vol%を含まない）のCoPt基合金相と、40vol%以下（0vol%を含まない）の酸化物と、からなる。磁性層は、60vol%以上90vol%以下のCoPt基合金相と、10vol%以上40vol%以下の酸化物とからなることが好ましく、70vol%以上80vol%以下のCoPt基合金相と、20vol%以上30vol%以下の酸化物とからなることがより好ましい。

[0032] グラニュラ構造の磁性層のCoPt基合金相は、60at%以上85at%以下のCo及び15at%以上40at%以下のPtを含むCoリッチ結晶粒である。Coは強磁性金属元素であり、グラニュラ構造の磁性結晶粒（微小な磁石）の形成において中心的な役割を果たす。Ptは、合金相の磁気モーメントを低減させる機能を有し、磁性結晶粒の磁性の強さを調整する役割を有する。

[0033] CoPt基合金相は、Coを60at%以上85at%以下、好ましくは65at%以上80at%以下、より好ましくは70at%以上75at%以下、及びPtを15at%以上40at%以下、好ましくは20at%以上35at%以下、より好ましくは25at%以上30at%以下、含む。CoPt基合金相は、磁気特性を阻害しない範囲で、Co及びPt以外の元素を含むことができる。他の元素としては、Cr、Ru、B、Ti、Si、V、Nb、Ta、Ru、Mn、Zn、Mo、W、及びGeを好適に挙げることができる。他の元素の含有量は、合計で0at%以上20at%以下、好ましくは5at%以上15at%以下、より好ましくは5at%以上10at%以下とすることができる。

[0034] CoPt 基合金相の好適な例として、下記の組成 (at %) を挙げることができる。

(Co80Pt20)
(Co85Pt15)
(Co70Pt30)
(Co60Pt40)
(Co75Pt20Cr5)
(Co75Pt20B5)
(Co75Pt20Ru5)
(Co75Pt20Ti5)

[0035] グラニユラ構造の磁性層の酸化物は、Coリッチ結晶粒同士の間中存在し、Coリッチ結晶粒同士を分離する隔壁となる。酸化物としては、 B_2O_3 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 GeO_2 、 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 、及びCoOから選択される少なくとも1種又は任意の組み合わせを好適に挙げることができる。酸化物全体の含有量は40vol%以下 (0vol%を含まない)、好ましくは5vol%以上40vol%以下、より好ましくは10vol%以上35vol%以下とすることができる。

[0036] Coリッチの磁性層の上又は下に積層されているPt 基合金-酸化物の薄層 (Ptリッチバッファ層) は、60vol%以上100vol%未満のPt 基合金相と、0vol%超過40vol%以下の酸化物と、からなる。好ましくは、Pt 基合金-酸化物の薄層は、65vol%以上 (100vol%を含まない) のPt 基合金相と、35vol%以下 (0vol%を含まない) の酸化物とからなり、より好ましくは70vol%以上90vol%以下のPt 基合金相と、10vol%以上30vol%以下の酸化物とからなる。

[0037] Pt 基合金-酸化物の薄層 (Ptリッチバッファ層) のPt 基合金相は、Pt を50at%以上100at%以下含むPtリッチ結晶粒である。Pt

を50at%以上含むことで、結晶磁気異方性定数 K_u を向上させることができる。Pt基合金相は、Ptを60at%以上100at%以下含むことが好ましく、Ptを70at%以上100at%以下含むことがより好ましい。Pt基合金相は、Coリッチの磁性層の磁気特性を阻害しない範囲で、Pt以外の元素を含むことができる。他の元素としては、Si、Ti、Cr、B、V、Nb、Ta、Ru、Mn、Zn、Mo、W、及びGeから選択される1種以上を好適に挙げることができる。他の元素の含有量は、合計で50at%以下(0at%を含む)、好ましくは0at%以上40at%以下、より好ましくは0at%以上30at%以下とすることができる。

[0038] Pt基合金-酸化物の薄層(Ptリッチバッファ層)のPt基合金相の好適な組成(at%)として下記を挙げることができる。

(Pt)

(Pt95Si5)

(Pt95Ti5)

(Pt95Cr5)

(Pt95B5)

(Pt95V5)

(Pt95Nb5)

(Pt95Ta5)

(Pt95Ru5)

(Pt95Mn5)

(Pt95Zn5)

(Pt95Mo5)

(Pt95W5)

(Pt95Ge5)

(Pt95Ti5)

(Pt80Ti10)

(Pt80Ti20)

(Pt₇₀Ti₃₀)

(Pt₆₀Ti₄₀)

(Pt₅₀Ti₅₀)

[0039] コリッチの磁性層の上又は下に積層されているPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の酸化物としては、B₂O₃、WO₃、Nb₂O₅、SiO₂、Ta₂O₅、TiO₂、Al₂O₃、Y₂O₃、Cr₂O₃、ZrO₂、HfO₂から選択される1種以上を好適に挙げることができる。酸化物の含有量は、合計で40vol%以下（0vol%を含まない。）、好ましくは10vol%以上40vol%以下、より好ましくは20vol%以上40vol%以下、特に好ましくは25vol%以上35vol%以下とすることができる。酸化物の含有量を上記範囲内とすることによって、磁気記録媒体の結晶磁気異方性定数Kuを大きくすることができる（後述する実施例を参照されたい）。

[0040] コリッチの磁性層の下に積層されているPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは、0nm超過2nm以下である。本発明者らの研究によって、PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは、磁気記録媒体の結晶磁気異方性定数Ku及び保磁力Hcに影響を及ぼすこと、0.6nmの厚さで結晶磁気異方性定数Kuが最大になること、及び1.0nmの厚さで保磁力Hcが最大になることがわかった（後述する実施例を参照されたい）。そこで、結晶磁気異方性定数Ku及び保磁力Hcが高い磁気記録媒体を作製するために、PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは0nm超過2nm以下、好ましくは0.5nm以上1.5nm以下、より好ましくは0.8nm以上1.2nm以下とする。

[0041] コリッチの磁性層の上に積層されているPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは、0nm超過4nm以下である。本発明者らの研究によって、PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは、磁気記録媒体の結晶磁気異方性定数Ku及び保磁力Hc

に影響を及ぼすこと、 $0.9 \sim 1.3 \text{ nm}$ の厚さで結晶磁気異方性定数 K_u が最大になること、及び 2.6 nm の厚さで保磁力 H_c が最大になることがわかった（後述する実施例を参照されたい）。そこで、結晶磁気異方性定数 K_u 及び保磁力 H_c が高い磁気記録媒体を作製するために、PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の厚さは 0 nm 超過 4 nm 以下、好ましくは 0.4 nm 以上 3 nm 以下、より好ましくは 0.8 nm 以上 2.6 nm 以下とする。

[0042] Coリッチの磁性層の上に積層されているPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の組合せを複数含む場合のPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の全厚さは、 0 nm 超過 4 nm 以下である。本発明者らの研究によって、PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の全厚さは、磁気記録媒体の結晶磁気異方性定数 K_u 及び保磁力 H_c に影響を及ぼすこと、 $0.4 \sim 4 \text{ nm}$ の全膜厚で結晶磁気異方性定数 K_u が向上すること、 1.6 nm （ $= 0.4 \text{ nm} \times 4 \text{ 層}$ ）の全厚さで結晶磁気異方性定数 K_u が最大になること、及び全膜厚 0.4 nm で保磁力 H_c が最大になることがわかった（後述する実施例を参照されたい）。そこで、結晶磁気異方性定数 K_u 及び保磁力 H_c が高い磁気記録媒体を作製するために、PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の全厚さは 0 nm 超過 4 nm 以下、好ましくは 0.4 nm （ $= 0.2 \text{ nm} \times 2 \text{ 層}$ ）以上 4 nm （ $= 0.4 \text{ nm} \times 10 \text{ 層}$ ）以下、より好ましくは 0.8 nm （ $= 0.2 \text{ nm} \times 4 \text{ 層}$ 又は $0.4 \text{ nm} \times 2 \text{ 層}$ ）以上 3.2 nm （ $= 0.32 \text{ nm} \times 10 \text{ 層}$ 又は $0.4 \text{ nm} \times 8 \text{ 層}$ ）以下、特に好ましくは 1 nm 以上 3 nm 以下とする。PtリッチのPt基合金－酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）の全厚さが 0 nm 超過 4 nm 以下となれば積層回数は制限されないが、積層回数は1回以上10回以下が好ましく、1回以上8回以下がより好ましい。

[0043] 本発明の垂直磁気記録媒体の下地層は特に限定されないが、Ru基合金相－酸化物からなるRu下地層であることが好ましい。たとえば、Ru－Si

O_2 、 Ru-TiO_2 、 $\text{Ru-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ru-B}_2\text{O}_3$ 、 Ru-WO_3 、 $\text{Ru-Nb}_2\text{O}_5$ 、 Ru-MoO_3 、 Ru-SnO 、 $\text{Ru-Cr}_2\text{O}_3$ 、 RuCo-SiO_2 、 RuCo-TiO_2 、 $\text{RuCo-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{RuCo-B}_2\text{O}_3$ 、 RuCo-WO_3 、 $\text{RuCo-Nb}_2\text{O}_5$ 、 RuCo-MoO_3 、 RuCo-SnO 、 $\text{RuCo-Cr}_2\text{O}_3$ 、 RuCoCr-SiO_2 、 RuCoCr-TiO_2 、 $\text{RuCoCr-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{RuCoCr-B}_2\text{O}_3$ 、 RuCoCr-WO_3 、 $\text{RuCoCr-Nb}_2\text{O}_5$ 、 RuCoCr-MoO_3 、 RuCoCr-SnO 、 $\text{RuCoCr-Cr}_2\text{O}_3$ 、 RuTi-TiO_2 、 $\text{RuTa-Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{RuB-B}_2\text{O}_3$ 、 RuW-WO_3 、 $\text{RuNb-Nb}_2\text{O}_5$ 、 RuMo-MoO_3 、 RuSn-SnO 、 $\text{RuCr-Cr}_2\text{O}_3$ を好適に挙げることができる。

- [0044] 本発明の垂直磁気記録媒体のPtリッチのPt基合金-酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）は、本発明のスパッタリングターゲットをたとえば（1）Ru下地層を積層させた後に、Pt基合金-酸化物のスパッタリングターゲットを用いてマグネトロンスパッタリングにより積層させること、（2）Ru下地層及びCoリッチの磁性層を積層させた後にPt基合金-酸化物のスパッタリングターゲットを用いてマグネトロンスパッタリングにより積層させること、又は（3）Ru下地層及びCoリッチの磁性層を積層させた後にPt基合金-酸化物のスパッタリングターゲットを用いてマグネトロンスパッタリングにより積層させ、さらにPtリッチバッファ層の上にCoリッチのスパッタリングターゲットを用いてマグネトロンスパッタリングによりCoリッチの磁性層を積層させ、次いでCoリッチの磁性層の上にPt基合金-酸化物のスパッタリングターゲットを用いてマグネトロンスパッタリングにより積層させることを繰り返すことにより形成することができる。

実施例

- [0045] 以下、実施例及び比較例を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

- [0046] [スパッタリングターゲットの作製]

Pt粉末又はPt合金のアトマイズ粉（以下「Pt含有粉末」と略す。）を篩で分級して粒径 $100\mu\text{m}$ 以下のPt含有粉末を得た。下記実施例及び

比較例に示す「Pt リッチ層の組成」に示す目的組成となるように、Pt 含有粉末と酸化物粉末とをボールミルにて混合して、加圧焼結用混合粉末を得た。

[0047] 焼結温度：1000℃以上1300℃以下、焼結圧力：25MPa、焼結時間60分、焼結雰囲気： 5×10^{-2} Pa以下の真空の条件で、加圧焼結用混合粉末をホットプレスして焼結体を得た。焼結体を旋盤又は平面研削盤を用いて成形加工して直径161.0mm×厚み4.0mmのスパッタリングターゲットを作製した。

[0048] Pt 含有粉末を調製する際に用いた各原料粉末は以下のとおりである。

Pt 金属粉末：

Pt Si アトマイズ粉末：

Pt Ti アトマイズ粉末：

Pt Cr アトマイズ粉末：

Pt B アトマイズ粉末：

Pt V アトマイズ粉末：

Pt Nb アトマイズ粉末：

Pt Ta アトマイズ粉末：

Pt Ru アトマイズ粉末：

Pt Mn アトマイズ粉末：

Pt Zn アトマイズ粉末：

Pt Mo アトマイズ粉末：

Pt W アトマイズ粉末：

Pt Ge アトマイズ粉末：

[0049] [磁気記録媒体サンプルAの作製]

作製したスパッタリングターゲットを用いてDCスパッタ装置でスパッタリングを行い、Ru下地層の上に、下記実施例及び比較例に示す組成のPt基合金-酸化物の薄層（Pt リッチバッファ層）を実施例及び比較例に示す膜厚となるように積層させ、Pt リッチバッファ層の上に実施例及び比較例

に示す組成のC o P t 基合金－酸化物のC o リッチ磁性層を実施例及び比較例に示す膜厚となるように積層させて、磁気記録媒体のサンプルAを調製した。

[0050] 磁気記録媒体のサンプルAは、図3－Aに示すように、ガラス基板の上に、T a 層（5 n m、0. 6 P a）、N i 9 0 W 1 0 シード層（6 n m、0. 6 P a）、R u 下地層1（1 0 n m、0. 6 P a）、R u 下地層2（1 0 n m、8. 0 P a）、P t リッチ層（0－2. 5 n m、4 P a）、C o リッチ磁性層（0. 5－1 6 n m、4 P a）、C 表面保護層（7 n m、0. 6 P a）の順で積層させたものである。ここで、括弧内の数字は、膜厚（n m）とスパッタリング時のA r 雰囲気圧力（P a）を示す。R u 下地層2は、表面凹凸形状を形成するために積層させる層である。P t リッチ層及びC o リッチ磁性層は、基板を昇温せず、室温で成膜した。

[0051] [磁気記録媒体サンプルBの作製]

作製したスパッタリングターゲットを用いてD C スパッタ装置でスパッタリングを行い、R u 下地層の上に、下記実施例及び比較例に示す組成のC o P t 基合金－酸化物のC o リッチ磁性層を実施例及び比較例に示す膜厚となるように積層させ、C o リッチ磁性層の上に実施例及び比較例に示す組成のP t 基合金－酸化物の薄層（P t リッチバッファ層）を実施例及び比較例に示す膜厚となるように積層させて、磁気記録媒体のサンプルBを調製した。

[0052] 磁気記録媒体のサンプルBは、図3－Bに示すように、ガラス基板の上に、T a 層（5 n m、0. 6 P a）、N i 9 0 W 1 0 シード層（6 n m、0. 6 P a）、R u 下地層1（1 0 n m、0. 6 P a）、R u 下地層2（1 0 n m、8. 0 P a）、C o リッチ磁性層（0. 5－1 6 n m、4 P a）、P t リッチ層（0－2. 6 n m、4 P a）、C 表面保護層（7 n m、0. 6 P a）の順で積層させたものである。ここで、括弧内の数字は、膜厚（n m）とスパッタリング時のA r 雰囲気圧力（P a）を示す。R u 下地層2は、表面凹凸形状を形成するために積層させる層である。P t リッチ層及びC o リッチ磁性層は、基板を昇温せず、室温で成膜した。

[0053] [磁気記録媒体サンプルCの作製]

作製したスパッタリングターゲットを用いてDCスパッタ装置でスパッタリングを行い、Ru下地層の上に、下記実施例及び比較例に示す組成のCoPt基合金-酸化物のCoリッチ磁性層を実施例及び比較例に示す膜厚となるように積層させ、Coリッチ磁性層の上に実施例及び比較例に示す組成のPt基合金-酸化物の薄層（Ptリッチバッファ層）を実施例及び比較例に示す膜厚となるように積層させ、次いでCoリッチ磁性層とPtリッチバッファ層との積層を上記順番で3回繰り返して、磁気記録媒体のサンプルCを調製した。

[0054] 磁気記録媒体のサンプルCは、図3-Cに示すように、ガラス基板の上に、Ta層（5 nm、0.6 Pa）、Ni90W10シード層（6 nm、0.6 Pa）、Ru下地層1（10 nm、0.6 Pa）、Ru下地層2（10 nm、8.0 Pa）、Coリッチ磁性層1（4 nm、4 Pa）、Ptリッチ層1（0-0.8 nm、4 Pa）、Coリッチ磁性層2（4 nm、4 Pa）、Ptリッチ層2（0-0.8 nm、4 Pa）、Coリッチ磁性層3（4 nm、4 Pa）、Ptリッチ層3（0-0.8 nm、4 Pa）、Coリッチ磁性層4（4 nm、4 Pa）、Ptリッチ層4（0-0.8 nm、4 Pa）、C表面保護層（7 nm、0.6 Pa）の順で積層させたものである。ここで、括弧内の数字は、膜厚（nm）とスパッタリング時のAr雰囲気圧力（Pa）を示す。Ru下地層2は、表面凹凸形状を形成するために積層させる層である。Ptリッチ層及びCoリッチ磁性層は、基板を昇温せず、室温で成膜した。

[0055] 磁気記録媒体のサンプルの磁気特性のうち、保磁力 H_c は振動試料型磁力計（VSM：（株）玉川製作所製 TM-VSM211483-HGC型）を用いて測定し、結晶磁気異方性定数 K_u はトルク磁力計（（株）玉川製作所製 TM-TR2050-HGC型）を用いて測定した。

[0056] [Ptリッチバッファ層の膜厚と磁気特性（1）]

比較例1～2及び実施例1～9は、Ptリッチバッファ層の膜厚を0 nm

から2.5 nmまで変えて、磁気特性を調べた。

[0057] Ptリッチバッファ層はPt-30vol%TiO₂、Coリッチ磁性層は膜厚16 nmのCo80Pt20-30vol%B₂O₃とした。結果を表1及び図4～5に示す。表及び図において、Ku grainは各磁性結晶粒の結晶磁気異方性定数(Ku)を示す。

[0058] [表1]

表1 Ptリッチ層(Pt-30vol%TiO₂)の膜厚と磁気特性

例	Pt リッチバッファ層 膜厚 (nm)	Co リッチ磁性層 膜厚 (nm)	Ku grain ($\times 10^7 \text{ erg/cm}^3$)	Hc (kOe)
比較例 1	0	16	1.23	8.53
実施例 1	0.1	16	1.30	8.75
実施例 2	0.2	16	1.33	8.95
実施例 3	0.4	16	1.36	9.39
実施例 4	0.6	16	1.38	9.65
実施例 5	0.8	16	1.37	9.87
実施例 6	1.0	16	1.34	9.94
実施例 7	1.2	16	1.32	9.90
実施例 8	1.5	16	1.30	9.39
実施例 9	2.0	16	1.27	8.85
比較例 2	2.5	16	1.23	8.51

[0059] Ptリッチバッファ層を設けていない比較例1を基準とすると、Ptリッチバッファ層の膜厚が0.1 nm以上2.0 nm以下では結晶磁気異方性定数Ku grain及び保磁力Hcともに増加し、2.5 nmになると比較例1と同程度に戻ることが確認された。結晶磁気異方性定数Ku grainについては、膜厚0.6 nmの時に $1.38 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ と最も高く、膜厚0.1 nm以上1.5 nm以下の範囲で $1.30 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 以上と高いことがわかる。保磁力Hcについては、膜厚1.0 nmの時に9.94 kOeと最も高く、膜厚0.4 nm以上1.5 nm以下の範囲で9.39 kOe以上と高いことがわかる。

[0060] [Ptリッチバッファ層の膜厚と磁気特性(2)]

比較例1、3及び実施例10～18は、Ptリッチバッファ層の膜厚を0

nmから2.5nmまで変えて、磁気特性を調べた。

[0061] Ptリッチバッファ層はPt-30vol%SiO₂、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCo80Pt20-30vol%B₂O₃とした。結果を表2及び図4～5に示す。

[0062] [表2]

表2 Ptリッチバッファ層 (Pt-30vol%SiO₂) の膜厚と磁気特性

例	Pt リッチバッファ層 膜厚 (nm)	Co リッチ磁性層 膜厚 (nm)	Ku grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	Hc (kOe)
比較例 1	0	16	1.23	8.53
実施例 10	0.1	16	1.28	8.60
実施例 11	0.2	16	1.30	8.70
実施例 12	0.4	16	1.33	8.85
実施例 13	0.6	16	1.36	9.15
実施例 14	0.8	16	1.37	9.30
実施例 15	1.0	16	1.38	9.35
実施例 16	1.2	16	1.36	9.20
実施例 17	1.5	16	1.33	8.90
実施例 18	2.0	16	1.28	8.70
比較例 3	2.5	16	1.23	8.52

[0063] Ptリッチバッファ層を設けていない比較例1を基準とすると、Ptリッチバッファ層の膜厚が0.1nm以上2.0nm以下では結晶磁気異方性定数Ku grain及び保磁力Hcともに増加し、2.5nmになると比較例1と同程度に戻ることが確認された。結晶磁気異方性定数Ku grainについては、膜厚1.0nmの時に 1.38×10^7 erg/cm³と最も高く、膜厚0.2nm以上2.0nm未満の範囲で 1.30×10^7 erg/cm³以上と高いことがわかる。保磁力Hcについては、膜厚1.0nmの時に9.35kOeと最も高く、膜厚0.4nm超過1.5nm以下の範囲で8.90kOe以上と高いことがわかる。

[0064] また、図4～5に示すように、酸化物の種類によらず、Ptリッチバッファ層の膜厚が0nm超過2nm以下の範囲において、比較例1よりも結晶磁気異方性定数Ku grain及び保磁力Hcともに増加することがわかる。

[0065] [Ptリッチバッファ層の酸化物 (TiO_2) 含有量と磁気特性]

比較例4～6及び実施例19～25は、Ptリッチ層の酸化物 (TiO_2) の含有量を0vol%から45vol%まで変化させて、磁気特性を調べた。

[0066] Ptリッチバッファ層は膜厚1.0nmのPt-TiO₂、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCo₈₀Pt₂₀-30vol%B₂O₃とした。結果を表3及び図6に示す。

[0067] [表3]

表3 Ptリッチバッファ層の酸化物含有量と磁気特性

例	Ptリッチバッファ層組成	Ku grain ($\times 10^7 \text{ erg/cm}^3$)	Hc (kOe)
比較例4	Pt	1.26	7.70
比較例5	Pt-5vol%TiO ₂	1.29	8.52
実施例19	Pt-10vol%TiO ₂	1.33	8.85
実施例20	Pt-15vol%TiO ₂	1.35	8.95
実施例21	Pt-20vol%TiO ₂	1.36	9.23
実施例22	Pt-25vol%TiO ₂	1.37	9.45
実施例23	Pt-30vol%TiO ₂	1.38	9.94
実施例24	Pt-35vol%TiO ₂	1.38	10.1
実施例25	Pt-40vol%TiO ₂	1.35	9.85
比較例6	Pt-45vol%TiO ₂	1.27	7.95

[0068] Ptリッチバッファ層が酸化物を含まない比較例4を基準とすると、Ptリッチバッファ層の酸化物の含有量が10vol%以上40vol%以下では結晶磁気異方性定数Ku grain及び保磁力Hcともに増加し、45vol%になると比較例1と同程度に帰ることが確認された。結晶磁気異方性定数Ku grainについては、酸化物含有量15vol%以上40vol%以下の範囲で $1.35 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 以上 $1.38 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 以下と非常に高いことがわかる。保磁力Hcについては、酸化物含有量35vol%の時に10.1kOeと最も高く、酸化物含有量15vol%以上40vol%以下の範囲で8.95kOe以上と高いことがわかる。

[0069] また、図6に示すように、酸化物の種類によらず、酸化物含有量が10v

0.1%以上40vol%以下では結晶磁気異方性定数 $K_{\text{u grain}}$ 及び保磁力 H_c とともに増加することがわかる。

[0070] [Ptリッチバッファ層の酸化物(SiO_2)含有量と磁気特性]

比較例4、7～8及び実施例26～32は、Ptリッチバッファ層の酸化物(SiO_2)の含有量を0vol%から45vol%まで変化させて、磁気特性を調べた。

[0071] Ptリッチバッファ層は膜厚1.0nmのPt-SiO₂、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCo₈₀Pt₂₀-30vol%B₂O₃とした。結果を表4及び図6に示す。

[0072] [表4]

表4 Ptリッチバッファ層の酸化物含有量と磁気特性

例	Ptリッチバッファ層組成	$K_{\text{u grain}}$ ($\times 10^7 \text{ erg/cm}^3$)	H_c (kOe)
比較例4	Pt	1.26	7.70
比較例7	Pt-5vol%SiO ₂	1.28	8.49
実施例26	Pt-10vol%SiO ₂	1.32	8.75
実施例27	Pt-15vol%SiO ₂	1.34	8.95
実施例28	Pt-20vol%SiO ₂	1.35	9.10
実施例29	Pt-25vol%SiO ₂	1.37	9.25
実施例30	Pt-30vol%SiO ₂	1.38	9.35
実施例31	Pt-35vol%SiO ₂	1.38	9.55
実施例32	Pt-40vol%SiO ₂	1.34	9.25
比較例8	Pt-45vol%SiO ₂	1.27	7.85

[0073] Ptリッチバッファ層が酸化物を含まない比較例4を基準とすると、Ptリッチバッファ層の酸化物の含有量が10vol%以上40vol%以下では結晶磁気異方性定数 $K_{\text{u grain}}$ 及び保磁力 H_c とともに増加し、45vol%になると比較例1と同程度に戻ることが確認された。結晶磁気異方性定数 $K_{\text{u grain}}$ については、酸化物含有量15vol%以上40vol%以下の範囲で $1.34 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 以上 $1.38 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 以下と非常に高いことがわかる。保磁力 H_c については、酸化物含有量35vol%の時に9.55kOeと最も高く、酸化物含有量15vol%以上40v

○ 1 % 以下の範囲で 8.95 kOe 以上と高いことがわかる。

[0074] [Pt リッチバッファ層の酸化物の種類と磁気特性]

比較例 1 及び実施例 33～43 は、Pt リッチバッファ層の酸化物を変えて、磁気特性を調べた。

[0075] Pt リッチバッファ層の膜厚は 1.0 nm とし、Co リッチ磁性層は膜厚 16 nm の Co₈₀Pt₂₀-30 vol % B₂O₃ とした。結果を表 5 に示す。

[0076] [表 5]

表 5 Pt リッチバッファ層の酸化物の種類と磁気特性

例	Pt リッチバッファ層組成	Ku grain (x10 ⁷ erg/cm ³)	Hc (kOe)
比較例 1	なし	1.23	8.53
実施例 33	Pt-30vol%B ₂ O ₃	1.33	8.95
実施例 34	Pt-30vol%WO ₃	1.35	9.15
実施例 35	Pt-30vol%Nb ₂ O ₅	1.36	9.20
実施例 36	Pt-30vol%SiO ₂	1.38	9.35
実施例 37	Pt-30vol%Ta ₂ O ₅	1.39	9.63
実施例 38	Pt-30vol%TiO ₂	1.38	9.94
実施例 39	Pt-30vol%Al ₂ O ₃	1.39	10.12
実施例 40	Pt-30vol%Y ₂ O ₃	1.41	10.21
実施例 41	Pt-30vol%Cr ₂ O ₃	1.41	10.12
実施例 42	Pt-30vol%ZrO ₂	1.42	10.07
実施例 43	Pt-30vol%HfO ₂	1.39	9.98
実施例 44	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%B ₂ O ₃	1.37	9.62
実施例 45	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%WO ₃	1.36	9.71
実施例 46	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%Nb ₂ O ₅	1.35	9.52
実施例 47	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%SiO ₂	1.37	9.97
実施例 48	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%Ta ₂ O ₅	1.36	9.98
実施例 49	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%Al ₂ O ₃	1.35	9.77
実施例 50	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%Y ₂ O ₃	1.35	9.98
実施例 51	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%Cr ₂ O ₃	1.35	9.67
実施例 52	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%ZrO ₂	1.36	9.98
実施例 53	Pt-15vol%TiO ₂ -15vol%HfO ₂	1.35	9.98

[0077] Pt リッチバッファ層を設けていない比較例 1 を基準とすると、Pt リッチバッファ層を設けている実施例 33～53 は酸化物の種類に関わらず、ま

た複数の酸化物を含んでいても、いずれも結晶磁気異方性定数 K_u grain及び保磁力 H_c が高いことが確認された。

[0078] [Ptリッチバッファ層の追加の元素の種類と磁気特性]

比較例1及び実施例54～66は、Ptリッチバッファ層のPt基合金の追加の元素を変えて、磁気特性を調べた。

[0079] Ptリッチバッファ層は膜厚1.0nmのPt95M5-30vol%TiO₂ (Mは追加の元素を示す)とし、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCo80Pt20-30vol%B₂O₃とした。結果を表6に示す。

[0080] [表6]

表6 Ptリッチバッファ層の追加の元素の種類と磁気特性

例	Ptリッチバッファ層組成	K_u grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	H_c (kOe)
比較例1	なし	1.23	8.53
実施例54	Pt95Si5-30vol%TiO ₂	1.35	9.35
実施例55	Pt95Ti5-30vol%TiO ₂	1.37	9.75
実施例56	Pt95Cr5-30vol%TiO ₂	1.34	9.45
実施例57	Pt95B5-30vol%TiO ₂	1.38	10.32
実施例58	Pt95V5-30vol%TiO ₂	1.38	10.14
実施例59	Pt95Nb5-30vol%TiO ₂	1.37	9.89
実施例60	Pt95Ta5-30vol%TiO ₂	1.36	10.13
実施例61	Pt95Ru5-30vol%TiO ₂	1.39	9.85
実施例62	Pt95Mn5-30vol%TiO ₂	1.37	10.04
実施例63	Pt95Zn5-30vol%TiO ₂	1.37	9.98
実施例64	Pt95Mo5-30vol%TiO ₂	1.39	10.01
実施例65	Pt95W5-30vol%TiO ₂	1.39	10.05
実施例66	Pt95Ge5-30vol%TiO ₂	1.36	10.08

[0081] Ptリッチバッファ層を設けていない比較例1を基準とすると、Ptリッチバッファ層を設けている実施例54～66は追加の元素の種類に関わらず、いずれも結晶磁気異方性定数 K_u grain及び保磁力 H_c が高いことが確認された。

[0082] [Ptリッチバッファ層のPt含有量と磁気特性]

比較例1、9及び実施例67～73は、Ptリッチバッファ層のPt含有量を変えて、磁気特性を調べた。

[0083] Ptリッチバッファ層は膜厚1.0nmのPtTi-30vol%TiO₂とし、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCo80Pt20-30vol%B₂O₃とした。結果を表7に示す。

[0084] [表7]

表7 Ptリッチバッファ層のPt含有量と磁気特性

例	Ptリッチバッファ層組成	Ku grain (x10 ⁷ erg/cm ³)	Hc (kOe)
比較例1	なし	1.23	8.53
実施例67	Pt-30vol%TiO ₂	1.38	9.94
実施例68	Pt95Ti5-30vol%TiO ₂	1.37	9.75
実施例69	Pt80Ti20-30vol%TiO ₂	1.35	9.63
実施例70	Pt80Ti20-30vol%TiO ₂	1.32	9.52
実施例71	Pt70Ti30-30vol%TiO ₂	1.28	9.34
実施例72	Pt60Ti40-30vol%TiO ₂	1.26	9.03
実施例73	Pt50Ti50-30vol%TiO ₂	1.24	8.75
比較例9	Pt45Ti55-30vol%TiO ₂	1.19	8.23

[0085] Ptリッチバッファ層を設けていない比較例1を基準とすると、Ptリッチバッファ層のPt含有量が多いほど結晶磁気異方性定数Ku grain及び保磁力Hcが高く、Pt含有量が45at%の比較例9は比較例1と同等程度に低くなることが確認された。

[0086] [Coリッチ磁性層の膜厚と磁気特性]

実施例74～78は、Coリッチ磁性層の膜厚と磁気特性を調べた。

[0087] Ptリッチバッファ層は、膜厚1.0nmのPt-30vol%TiO₂とし、Coリッチ磁性層はCo80Pt20-30vol%B₂O₃とした。結果を表8、図7及び図8に示す。

[0088] [表8]

表8 Coリッチ磁性層の膜厚と磁気特性

例	Coリッチ磁性層膜厚 (nm)	Ku grain (x10 ⁷ erg/cm ³)	Hc (kOe)
実施例74	1	1.61	0.24
実施例75	2	1.53	0.57
実施例76	4	1.45	1.83
実施例77	8	1.42	5.30
実施例78	16	1.38	9.94

[0089] C o リ ッ チ 磁 性 層 の 厚 み が 厚 く な る ほ ど 、 結 晶 磁 気 異 方 性 定 数 $K_{u\text{ grain}}$ は わ ず か に 低 く な る が 、 保 磁 力 H_c は 高 く な る こ と が 確 認 さ れ た。

[0090] [C o リ ッ チ 磁 性 層 の 酸 化 物 含 有 量 と 磁 気 特 性]

比 較 例 1 0 ～ 1 1 及 び 実 施 例 7 9 ～ 8 2 は 、 C o リ ッ チ 磁 性 層 の 酸 化 物 含 有 量 と 磁 気 特 性 を 調 べ た。

[0091] P t リ ッ チ バ ッ フ ァ 層 は 、 膜 厚 1 . 0 n m の P t - 3 0 v o l % T i O ₂ と し 、 C o リ ッ チ 磁 性 層 は 膜 厚 1 6 n m の C o 8 0 P t 2 0 - B ₂ O ₃ と し た 。 結 果 を 表 9 に 示 す。

[0092] [表 9]

表 9 C o リ ッ チ 磁 性 層 の 酸 化 物 含 有 量 と 磁 気 特 性

例	C o リ ッ チ 磁 性 層 組 成	$K_{u\text{ grain}}$ ($\times 10^7 \text{ erg/cm}^3$)	H_c (kOe)
比 較 例 1 0	Co80Pt20	1.29	0.30
実 施 例 7 9	Co80Pt20-10vol%B ₂ O ₃	1.47	5.41
実 施 例 8 0	Co80Pt20-20vol% B ₂ O ₃	1.43	8.54
実 施 例 8 1	Co80Pt20-30vol% B ₂ O ₃	1.38	9.94
実 施 例 8 2	Co80Pt20-40vol% B ₂ O ₃	1.36	10.37
比 較 例 1 1	Co80Pt20-45vol% B ₂ O ₃	1.31	9.37

[0093] C o リ ッ チ 磁 性 層 の 酸 化 物 含 有 量 が 1 0 v o l % 以 上 4 0 v o l % 以 下 の 範 囲 で 酸 化 物 含 有 量 が 多 く な る ほ ど 、 結 晶 磁 気 異 方 性 定 数 $K_{u\text{ grain}}$ は 低 く な る が 、 保 磁 力 H_c は 高 く な る こ と が 確 認 さ れ た 。 酸 化 物 含 有 量 が 4 5 v o l % で は 、 保 磁 力 H_c は 高 い が 、 結 晶 磁 気 異 方 性 定 数 $K_{u\text{ grain}}$ は 酸 化 物 を 含 ま な い 比 較 例 1 0 と 同 程 度 で あ っ た。

[0094] [C o リ ッ チ 磁 性 層 の 酸 化 物 の 種 類 と 磁 気 特 性]

実 施 例 8 3 ～ 9 9 は 、 C o リ ッ チ 磁 性 層 の 酸 化 物 の 種 類 と 磁 気 特 性 を 調 べ た。

[0095] P t リ ッ チ バ ッ フ ァ 層 は 、 膜 厚 1 . 0 n m の P t - 3 0 v o l % T i O ₂ と し 、 C o リ ッ チ 磁 性 層 は 膜 厚 1 6 n m の C o 8 0 P t 2 0 - 3 0 v o l % X O (X O は 酸 化 物 を 示 す) と し た 。 結 果 を 表 1 0 に 示 す。

[0096] [表10]

表10 Coリッチ磁性層の酸化物の種類と磁気特性

例	Coリッチ磁性層組成	Ku grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	Hc (kOe)
実施例 83	Co80Pt20-30vol%B ₂ O ₃	1.38	9.94
実施例 84	Co80Pt20-30vol%WO ₃	1.35	8.85
実施例 85	Co80Pt20-30vol%Nb ₂ O ₅	1.30	8.75
実施例 86	Co80Pt20-30vol%SiO ₂	1.31	8.61
実施例 87	Co80Pt20-30vol%Ta ₂ O ₅	1.32	8.61
実施例 88	Co80Pt20-30vol%TiO ₂	1.34	8.71
実施例 89	Co80Pt20-15vol%B ₂ O ₃ -15vol%TiO ₂	1.37	10.14
実施例 90	Co80Pt20-15vol% B ₂ O ₃ -15vol%SiO ₂	1.35	10.15
実施例 91	Co80Pt20-15vol% B ₂ O ₃ -15vol%Cr ₂ O ₃	1.39	9.75
実施例 92	Co80Pt20-15vol% B ₂ O ₃ -15vol%WO ₃	1.35	9.96
実施例 93	Co80Pt20-15vol% B ₂ O ₃ -15vol%Nb ₂ O ₅	1.37	9.81
実施例 94	Co80Pt20-15vol% B ₂ O ₃ -15vol%Ta ₂ O ₅	1.36	10.17
実施例 95	Co80Pt20-10vol% B ₂ O ₃ -10vol%TiO ₂ -10vol%SiO ₂	1.38	9.94
実施例 96	Co80Pt20-10vol% B ₂ O ₃ -10vol%SiO ₂ -10vol%Cr ₂ O ₃	1.39	9.85
実施例 97	Co80Pt20-10vol% B ₂ O ₃ -10vol%TiO ₂ -10vol%Cr ₂ O ₃	1.39	9.75
実施例 98	Co80Pt20-10vol% B ₂ O ₃ -10vol%SiO ₂ -10vol%CoO	1.38	9.61
実施例 99	Co80Pt20-10vol% B ₂ O ₃ -10vol%TiO ₂ -10vol%CoO	1.39	9.63

[0097] Coリッチ磁性層の酸化物の種類によらず、また複数の酸化物を含む場合であっても、いずれも結晶磁気異方性定数K_{u grain}及び保磁力H_cは高いことが確認された。

[0098] [Coリッチ磁性層のCo含有量と磁気特性]

比較例12～14及び実施例100～103は、Coリッチ磁性層のCo含有量と磁気特性を調べた。

[0099] Ptリッチバッファ層は、膜厚1.0nmのPt-30vol%TiO₂とし、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCoPt-30vol%B₂O₃とした。結果を表11、図9及び図10に示す。

[0100]

[表11]

表11 Coリッチ磁性層のCo含有量の種類と磁気特性

例	Coリッチ磁性層組成	Ku grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	Hc (kOe)
比較例 12	Co-30vol%B ₂ O ₃	0.33	0.87
比較例 13	Co90Pt10-30vol% B ₂ O ₃	0.81	5.30
実施例 100	Co85Pt15-30vol% B ₂ O ₃	1.25	8.72
実施例 101	Co80Pt20-30vol% B ₂ O ₃	1.34	9.94
実施例 102	Co70Pt30-30vol% B ₂ O ₃	1.51	10.61
実施例 103	Co60Pt40-30vol% B ₂ O ₃	1.31	9.12
比較例 14	Co55Pt45-30vol% B ₂ O ₃	0.92	6.76

[0101] Coリッチ磁性層のCo含有量が60at%以上85at%以下の範囲では結晶磁気異方性定数K_{u grain}が 1.25×10^7 erg/cm³以上と高く、保磁力H_c 8.72 kOe以上と高いことが確認された。

[0102] [Coリッチ磁性層の追加の元素の種類と磁気特性]

実施例104～107は、Coリッチ磁性層の追加の元素の種類と磁気特性を調べた。

[0103] Ptリッチ層は、膜厚1.0nmのPt-30vol%TiO₂とし、Coリッチ磁性層は膜厚16nmのCoPtM-30vol%B₂O₃（Mは追加の元素を示す。）とした。結果を表12に示す。

[0104] [表12]

表12 Coリッチ磁性層の追加の元素の種類と磁気特性

例	Coリッチ磁性層組成	Ku grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	Hc (kOe)
実施例 104	Co75Pt20Cr5-30vol% B ₂ O ₃	1.31	10.15
実施例 105	Co75Pt20B5-30vol% B ₂ O ₃	1.38	10.25
実施例 106	Co75Pt20Ru5-30vol% B ₂ O ₃	1.36	9.59
実施例 107	Co75Pt20Ti5-30vol% B ₂ O ₃	1.33	10.05

[0105] Coリッチ磁性層の追加の元素の種類によらず、いずれも結晶磁気異方性定数K_{u grain}及び保磁力H_cともに高いことが確認された。

[0106] [Ptリッチバッファ層の積層位置と磁気特性]

比較例 1 及び実施例 108～109 は、Pt リッチバッファ層の積層位置と磁気特性を調べた。

[0107] Pt リッチバッファ層は、膜厚 1.0 nm の Pt-30 vol% TiO₂ とし、Co リッチ磁性層は膜厚 16 nm の CoPt-30 vol% B₂O₃ とした。結果を表 13 に示す。

[0108] [表13]

表 13 Pt リッチバッファ層の積層位置と磁気特性

例	Pt リッチバッファ層積層位置	Ku grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	Hc (kOe)
比較例 1	なし	1.23	8.53
実施例 108	Co リッチ磁性層の下	1.38	9.94
実施例 109	Co リッチ磁性層の上	1.38	8.95

[0109] Pt リッチバッファ層を積層させていない比較例 1 と比べると、Pt リッチバッファ層を Co リッチ磁性層の下又は上のいずれに積層しても結晶磁気異方性定数 Ku grain 及び保磁力 Hc とともに高いこと、結晶磁気異方性定数 Ku grain はいずれも同じ数値であること、保磁力 Hc は Co リッチ磁性層の下に積層する方が高いことが確認された。

[0110] [Pt リッチバッファ層の積層位置と膜厚と磁気特性]

比較例 15 及び 16 並びに実施例 110～122 は、Pt リッチバッファ層の積層位置と膜厚と磁気特性を調べた。

[0111] Pt リッチバッファ層は Pt-30 vol% SiO₂ とし、Co リッチ磁性層は Co₈₀Pt₂₀-30 vol% B₂O₃ とした。実施例 110～119 の Co リッチ磁性層の膜厚は 16 nm、実施例 120～122 及び比較例 15～16 の Co リッチ磁性層の膜厚は各層 4 nm、合計 16 nm とした。結果を表 14 に示す。また、Pt リッチバッファ層を Co リッチ磁性層の間に積層させた実施例 120～122 及び比較例 16 の Pt リッチバッファ層の膜厚と Ku grain との関係及び Hc との関係をそれぞれ図 11 及び図 12 に示す。

[0112]

[表14]

表14 Ptリッチバッファ層の積層位置と膜厚と磁気特性

例	Ptリッチバッファ層		Ku grain ($\times 10^7$ erg/cm ³)	Hc (kOe)
	積層位置	膜厚 (nm)		
比較例 15	なし	0	1.23	8.53
実施例 110	Coリッチ磁性層の上	0.2	1.33	9.46
実施例 111	Coリッチ磁性層の上	0.4	1.34	9.66
実施例 112	Coリッチ磁性層の上	0.5	1.36	9.61
実施例 113	Coリッチ磁性層の上	0.7	1.35	9.63
実施例 114	Coリッチ磁性層の上	0.9	1.35	9.76
実施例 115	Coリッチ磁性層の上	1.1	1.37	9.71
実施例 116	Coリッチ磁性層の上	1.3	1.37	9.72
実施例 117	Coリッチ磁性層の上	1.7	1.36	9.74
実施例 118	Coリッチ磁性層の上	2.2	1.35	9.76
実施例 119	Coリッチ磁性層の上	2.6	1.36	9.77
比較例 16	Coリッチ磁性層の間	0.8	1.09	6.30
実施例 120	Coリッチ磁性層の間	0.2	1.65	9.07
実施例 121	Coリッチ磁性層の間	0.4	1.89	9.53
実施例 122	Coリッチ磁性層の間	0.6	1.51	8.72

[0113] Ptリッチバッファ層を積層させていない比較例15と比べると、Ptリッチバッファ層をCoリッチ磁性層の上又は間のいずれに積層しても結晶磁気異方性定数Ku grain及び保磁力Hcともに高いこと、結晶磁気異方性定数Ku grainはいずれもほぼ同じ数値であることが確認された。Ptリッチバッファ層の膜厚が高くなるほど保磁力Hcは高くなり、同じ膜厚の場合にはPtリッチバッファ層をCoリッチ磁性層の上に積層する方が、Coリッチ磁性層の間に積層させるより高いことが確認された。

[0114] [Coリッチ磁性層の各膜厚と磁気特性]

比較例15及び17並びに実施例111、121、123～130は、各Ptリッチバッファ層の膜厚は0.4nmとして、Coリッチ磁性層の上にPtリッチバッファ層を積層させる組合せを複数繰返し、複数のCoリッチ磁性層の各膜厚と、Coリッチ磁性層とPtリッチバッファ層との積層回数を変えて、磁気特性を調べた。

[0115] Ptリッチバッファ層はPt-30vol%SiO₂とし、Coリッチ磁性

層はC o 8 0 P t 2 0 - 3 0 v o l % B₂O₃とした。結果を表15に示す。

また、P t リッチ磁性層の全膜厚とK u grainとの関係及びH cとの関係をそれぞれ図13及び図14に示す。

[0116] [表15]

表15 C o リッチ磁性層／P t リッチバッファ層複数積層時の膜厚と磁気特性

例	各磁性層膜厚 (nm)	積層回数 (回)	バッファ 層膜厚 (nm)	バッファ層と 磁性層の 全膜厚(nm)	Ku grain (x10 ⁷ erg/cm ³)	Hc (kOe)
比較例 15	16	0	0	16.0	1.23	8.53
実施例 111	16	1	0.4	16.4	1.34	9.66
実施例 123	8	2	0.8	16.8	1.52	9.63
実施例 124	5.3	3	1.2	17.1	1.71	9.59
実施例 121	4	4	1.6	17.6	1.89	9.53
実施例 125	3.2	5	2.0	18.0	1.85	9.57
実施例 126	2.7	6	2.4	18.6	1.86	9.58
実施例 127	2.3	7	2.8	18.9	1.66	9.47
実施例 128	2	8	3.2	19.2	1.53	9.45
実施例 129	1.8	9	3.6	19.8	1.47	9.37
実施例 130	1.6	10	4.0	20.0	1.40	9.22
比較例 17	1.5	11	4.4	20.9	1.21	8.49

[0117] P t リッチバッファ層を積層させていない比較例15と比べると、C o リッチ磁性層とP t リッチバッファ層の積層を繰り返すことにより結晶磁気異方性定数K u grain及び保磁力H cともに高くなるが、C o リッチ磁性層とP t リッチバッファ層の積層の繰り返しを11回としてC o リッチ磁性層とP t リッチバッファ層の全膜厚が20nm、P t リッチバッファ層の全膜厚が4nmを越えると結晶磁気異方性定数K u grain及び保磁力H cともに低くなることが確認された。