

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月16日(16.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/145114 A1

(51) 国際特許分類:

G11B 5/64 (2006.01) G11B 5/66 (2006.01)
G11B 5/65 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/050388

(22) 国際出願日: 2019年12月23日(23.12.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2019-003874 2019年1月11日(11.01.2019) JP

(71) 出願人: 田中貴金属工業株式会社(TANAKA KIKINZOKU KOGYO K.K.) [JP/JP]; 〒1006422 東京都千代田区丸の内2丁目7-3 東京ビルディング Tokyo (JP). 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).

(72) 発明者: タム キム コング(THAM, Kim Kong); 〒3004247 茨城県つくば市和台2番地 田中

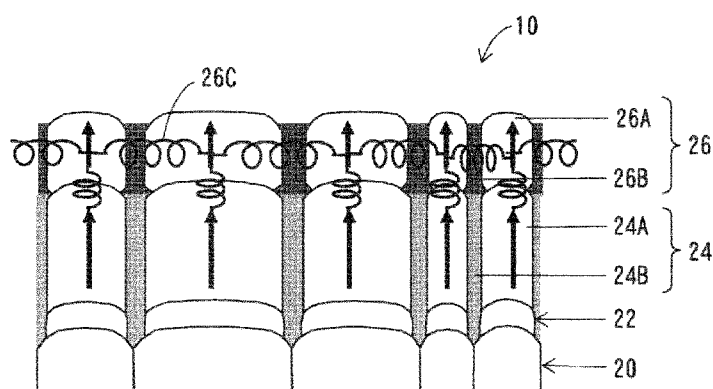
貴金属工業株式会社 筑波事業所内 Ibaraki (JP). 鎌田 知成(KAMADA, Tomonari); 〒3004247 茨城県つくば市和台2番地 田中貴金属工業株式会社 筑波事業所内 Ibaraki (JP). 櫛引了輔(KUSHIBIKI, Ryousuke); 〒3004247 茨城県つくば市和台2番地 田中貴金属工業株式会社 筑波事業所内 Ibaraki (JP). 齊藤 伸(SAITO, Shin); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 松山 圭佑, 外(MATSUYAMA, Keisuke et al.); 〒1510051 東京都渋谷区千駄ヶ谷五丁目21番7号 第5瑞穂ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 垂直磁気記録媒体



(57) Abstract: Provided is a perpendicular magnetic recording medium that exhibits improved thermal stability and achieves reduction in switching magnetic field by providing a cap layer having characteristics (characteristics contributing to reducing switching magnetic field of the perpendicular magnetic recording medium as well as to improving thermal stability thereof) superior to existing cap layers. A perpendicular magnetic recording layer (24) has a granular structure which comprises Co-Pt-alloy magnetic crystal grains (24A) and non-magnetic grain boundary oxide (24B). A cap layer (26) has a granular structure which comprises Co-Pt-alloy magnetic crystal grains (26A) and magnetic grain boundary oxide (26B). The Co-Pt-alloy magnetic crystal grains (26A) in the cap layer (26) contain 65-90 at% of Co and 10-35 at% of Pt. The magnetic grain boundary oxide (26B) is included in a volumetric fraction of 5-40 vol% with respect to the total volume of the cap layer (26).

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 現行のキャップ層よりも特性 (垂直磁気記録媒体の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界を低減させる特性) の優れたキャップ層を備えさせて、熱安定性の向上およびスイッチング磁界の低減がなされた垂直磁気記録媒体を提供する。垂直磁気記録層 (24) は、CoPt合金磁性結晶粒 (24A) と非磁性粒界酸化物 (24B) とからなるグラニューラ構造を有し、キャップ層 (26) は、CoPt合金磁性結晶粒 (26A) と磁性粒界酸化物 (26B) とからなるグラニューラ構造を有し、キャップ層 (26) のCoPt合金磁性結晶粒 (26A) は、Coを65at%以上90at%以下、Ptを10at%以上35at%以下含有し、磁性粒界酸化物 (26B) のキャップ層 (26) 全体に対する体積分率は5vol%以上40vol%以下である。

明 細 書

発明の名称：垂直磁気記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、垂直磁気記録媒体に関し、詳細には、垂直磁気記録層および垂直磁気記録層を覆うキャップ層を備える垂直磁気記録媒体に関する。なお、本願において、キャップ層とは、垂直磁気記録媒体において垂直磁気記録層を覆う層であって、垂直磁気記録層の磁性結晶粒の間の粒間交換結合の程度を調整する層のことである。

背景技術

[0002] 現行の垂直磁気記録媒体の垂直磁気記録層はグラニューラ層であり、隣接する磁性結晶粒から各磁性結晶粒を磁氣的に分離するために、非磁性粒界酸化物が用いられている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] この現行の垂直磁気記録媒体において、更なる高記録密度化が試みられているが、トリレンマの課題に直面している。トリレンマの課題とは、信号対雑音比（S N R）、熱安定性、および磁気記録の容易さの3つの特性を全て向上させることである。これらの3つの特性を全て向上させて、トリレンマの課題を打破するためには、グラニューラ層である垂直磁気記録層の磁性結晶粒間の粒間交換結合を適切に調整して、垂直磁気記録層の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界（磁性結晶粒の磁化反転に必要な磁界）を低減させることが必須である。

[0004] このため、現行の垂直磁気記録媒体においては、グラニューラ層である垂直磁気記録層の上にキャップ層が設けられているが、現行のキャップ層は、例えばC o P t C r B等のC o P t合金である（例えば、特許文献2、3参照）。

[0005] しかしながら、前述したトリレンマの課題を打破するべく、現行のキャップ層よりも特性の優れたキャップ層を開発して、垂直磁気記録媒体の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界を低減させることが求められて

いる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 0 0－3 0 6 2 2 8 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 9－5 9 4 0 2 号公報

特許文献3：特開 2 0 1 1－3 4 6 6 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、現行のキャップ層よりも特性（垂直磁気記録媒体の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界を低減させる特性）の優れたキャップ層を備えさせて、熱安定性の向上およびスイッチング磁界の低減がなされた垂直磁気記録媒体を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者は、現行の垂直磁気記録媒体のキャップ層を透過電子顕微鏡（以下、TEMと記す。）で観察し、現行のキャップ層においては、垂直磁気記録層との境界面に凹凸が生じていて、垂直磁気記録層の非磁性粒界酸化物の上方にボイドが形成されており、現行のキャップ層は膜厚が不均一になっていることを発見した。現行のキャップ層は、金属合金層（例えばC o P t C r B等のC o P t 合金）で構成されているため、磁気記録層（グラニューラ層）の非磁性粒界酸化物とは濡れにくいことが原因であると考え、本発明者は、垂直磁気記録層と同様のグラニューラ構造となる材料でキャップ層の研究開発を進め、前記課題を解決する本発明をするに至った。

[0009] 即ち、本発明に係る垂直磁気記録媒体の第1の態様は、垂直磁気記録層および前記垂直磁気記録層を覆うキャップ層を備える垂直磁気記録媒体であって、前記垂直磁気記録層は、C o P t 合金磁性結晶粒と非磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、前記キャップ層は、C o P t 合金磁性結晶

粒と磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、前記キャップ層の前記C o P t 合金磁性結晶粒は、C o を6 5 a t %以上9 0 a t %以下、P t を1 0 a t %以上3 5 a t %以下含有し、前記磁性粒界酸化物の前記キャップ層全体に対する体積分率は5 v o l %以上4 0 v o l %以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体である。

[0010] 本発明に係る垂直磁気記録媒体の第2の態様は、垂直磁気記録層および前記垂直磁気記録層を覆うキャップ層を備える垂直磁気記録媒体であって、前記垂直磁気記録層は、C o P t 合金磁性結晶粒と非磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、前記キャップ層は、C o P t 合金磁性結晶粒と磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、前記キャップ層の前記C o P t 合金磁性結晶粒は、C o を7 0 a t %以上8 5 a t %未満、P t を1 0 a t %以上2 0 a t %以下、C r、T i、B、M o、T a、N b、W、R u のうちの1種以上の元素を0. 5 a t %以上1 5 a t %以下含有し、前記磁性粒界酸化物の前記キャップ層全体に対する体積分率は5 v o l %以上4 0 v o l %以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体である。

[0011] 前記磁性粒界酸化物として、希土類酸化物を用いてもよい。

[0012] 前記磁性粒界酸化物は、例えば、G d、N d、S m、C e、E u、L a、P r、H o、E r、Y b、T bの酸化物のうちの1種以上の酸化物である。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、現行のキャップ層よりも特性（垂直磁気記録媒体の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界を低減させる特性）の優れたキャップ層を備えていて、熱安定性の向上およびスイッチング磁界の低減がなされた垂直磁気記録媒体を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施形態に係る垂直磁気記録媒体10を説明するための断面模式図である。

[図2]本実施形態に係る垂直磁気記録媒体10の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図である。

[図3]本実施形態に係る垂直磁気記録媒体10（キャップ層26を最適化した後の状態）の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図である。

[図4]現行の垂直磁気記録媒体100の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図である。

[図5]実施例17の厚さ9nmのキャップ層（ $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$ ）（アルゴンガス圧0.6Paで成膜）を含む領域の断面TEM写真である。

[図6]実施例8の厚さ9nmのキャップ層（ $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$ ）（アルゴンガス圧4.0Paで成膜）を含む領域の断面TEM写真である。

[図7]現行の垂直磁気記録媒体（比較例20）において、キャップ層（ CoPtCrB ）を含む領域の断面TEM写真である。

[図8]図5に示す実施例17の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（STEM）で撮影した暗視野像である。

[図9]図5に示す実施例17の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（STEM）で行ったエネルギー分散型X線分析（EDX）の測定結果を示す写真であり、（a）はGdの分布結果を示し、（b）はO（酸素）の分布結果を示し、（c）はCoの分布結果を示し、（d）はPtの分布結果を示す。

[図10]図6に示す実施例8の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（STEM）で撮影した暗視野像である。

[図11]図6に示す実施例8の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（STEM）で行ったエネルギー分散型X線分析（EDX）の測定結果を示す写真であり、（a）はGdの分布結果を示し、（b）はO（酸素）の分布結果を示し、（c）はCoの分布結果を示し、（d）はPtの分布結果を示す。

[図12]図7に示す現行の垂直磁気記録媒体（比較例20）の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（STEM）で撮影した暗視野像である。

[図13]図7に示す現行の垂直磁気記録媒体（比較例20）の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（STEM）で行ったエネルギー分散型X

線分析（EDX）の測定結果を示す写真であり、（a）はCrについての分布結果を示し、（b）はO（酸素）についての分布結果を示し、（c）はCoについての分布結果を示し、（d）はPtについての分布結果を示す。

[図14]実施例143のキャップ層（ $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$ ）を含む領域の平面TEM写真である。

[図15]実施例144のキャップ層（ $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Nd}_2\text{O}_3$ ）を含む領域の平面TEM写真である。

[図16]実施例145のキャップ層（ $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Sm}_2\text{O}_3$ ）を含む領域の平面TEM写真である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

[0016] 図1は、本発明の実施形態に係る垂直磁気記録媒体10を説明するための断面模式図である。また、図2は、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体10の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図であり、図3は、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体10（キャップ層26を最適化した後の状態）の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図である。

[0017] （1）垂直磁気記録媒体10の構成

本実施形態に係る垂直磁気記録媒体10は、基板12上に、付着層14、シード層16、第1のRu下地層18、第2のRu下地層20、バッファ層22、垂直磁気記録層24、キャップ層26、および表面保護層28を順次形成して成る構成を有する。

[0018] 基板12としては、各種公知の垂直磁気記録媒体用に用いられる基板を用いることができ、例えば、ガラス基板を用いることができる。

[0019] 付着層14は、金属膜であるシード層16と基板12との密着性を高めるための層である。付着層14としては、例えばTa層等を用いることができる。

[0020] シード層16は、第1のRu下地層18の結晶配向性および結晶成長性を制御するための層であり、例えば $\text{Ni}_{90}\text{W}_{10}$ 層等を用いることができる。

- [0021] 第1のRu下地層18は、垂直磁気記録層24の結晶配向性、結晶粒径、及び粒界偏析を好適に制御するための層である。第1のRu下地層18は、六法最密充填(hcp)構造である。第1のRu下地層18の厚さは、例えば10nm程度である。
- [0022] 第2のRu下地層20は、2層構成のRu下地層(第1のRu下地層18および第2のRu下地層20)の表面(即ち、第2のRu下地層20の表面)に凹凸形状を設けて、バッファ層22が望ましい層構成になるようにするための層である。第2のRu下地層20の厚さは例えば10nm程度である。第2のRu下地層20の上に設けるバッファ層22としてRu₅₀Co₂₅Cr₂₅-30vol%TiO₂層を設ける場合、第2のRu下地層20の凸部にはRu₅₀Co₂₅Cr₂₅が形成され、第2のRu下地層20の凹部にはTiO₂が形成される。
- [0023] バッファ層22は、垂直磁気記録層24のグラニューラ構造における柱状のCoPt合金磁性結晶粒同士の分離性を向上させるための層である。バッファ層22としては、例えばRu₅₀Co₂₅Cr₂₅-30vol%TiO₂層等を用いることができる。
- [0024] 垂直磁気記録層24は、磁気記録を行うための層であり、その層構造はグラニューラ構造である。垂直磁気記録層24としては、例えばCo₈₀Pt₂₀-30vol%B₂O₃層等を用いることができ、この場合、柱状のCoPt合金磁性結晶粒24Aが非磁性粒界酸化物24B(B₂O₃)によって仕切られた構造になっている(図2および図3参照)。垂直磁気記録層24の厚さは、例えば16nm程度である。
- [0025] キャップ層26は、垂直磁気記録層24を覆う層で、垂直磁気記録層24のCoPt合金磁性結晶粒24A間の粒間交換結合を適切に調整して、垂直磁気記録層24の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界(磁性結晶粒の磁化反転に必要な磁界)を低減させるための層であり、CoPt合金磁性結晶粒26Aと磁性粒界酸化物26Bとからなるグラニューラ構造を有する(図2および図3参照)。キャップ層26としては、例えばCo₈₀Pt₂₀-30vol%磁性酸化物(Gd₂O₃、Nd₂O₃、Sm₂O₃、CeO₂等)を用いること

ができ、この場合、柱状のC o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A が磁性粒界酸化物 2 6 B (G d ₂ O ₃、 N d ₂ O ₃、 S m ₂ O ₃、 C e O ₂等) によって仕切られたグラニューラ構造になっている。キャップ層 2 6 の厚さは、垂直磁気記録層 2 4 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 4 A 間の粒間交換結合に求められる大きさおよびキャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A 間の粒間交換結合 2 6 C の大きさに応じて適宜に定めることができ、例えば 1 n m 以上 9 n m 以下である。

[0026] 表面保護層 2 8 は、垂直磁気記録媒体 1 0 の表面を保護するための層であり、表面保護層 2 8 としては、例えば、カーボンを主体とする保護膜を用いることができ、その厚さは例えば 7 n m である。

[0027] (2) キャップ層 2 6 の組成についてのさらに詳細な説明

キャップ層 2 6 は、前述したように、C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A と磁性粒界酸化物 2 6 B とからなるグラニューラ構造を有するが、キャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A は、C o を 6 5 a t % 以上 9 0 a t % 以下、P t を 1 0 a t % 以上 3 5 a t % 以下含有する。垂直磁気記録媒体 1 0 の保磁力 H_c をより大きくする観点から、キャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A は、C o を 7 0 a t % 以上 7 5 a t % 以下、P t を 2 5 a t % 以上 3 0 a t % 以下含有することが好ましい。

[0028] また、キャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A は、C o を 7 0 a t % 以上 8 5 a t % 未満、P t を 1 0 a t % 以上 2 0 a t % 以下、C r、T i、B、M o、T a、N b、W、R u のうちの 1 種以上の元素を 0. 5 a t % 以上 1 5 a t % 以下含有するようにしてもよい。

[0029] また、垂直磁気記録媒体 1 0 の保磁力 H_c をより大きくする観点およびキャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A の粒間交換結合 2 6 C を大きくして、垂直磁気記録媒体 1 0 の飽和磁界 H_s を小さくする観点から、磁性粒界酸化物 2 6 B のキャップ層 2 6 全体に対する体積分率は 5 v o l % 以上 4 0 v o l % 以下であることが好ましく、1 0 v o l % 以上 3 5 v o l % 以下であることがより好ましく、1 5 v o l % 以上 3 0 v o l % 以下であることが

特に好ましい。垂直磁気記録媒体 10 に求められる特性に応じて、磁性粒界酸化物 26B のキャップ層 26 全体に対する体積分率を適宜に定めればよい。

- [0030] キャップ層 26 の磁性粒界酸化物 26B は、磁性を大きくする観点から、希土類酸化物であることが好ましく、具体的には、Gd、Nd、Sm、Ce、Eu、La、Pr、Ho、Er、Yb、Tb の酸化物のうちの 1 種以上の酸化物とすることが好ましい。
- [0031] なお、キャップ層 26 の磁性粒界酸化物 26B は希土類酸化物でなくともよく、具体的には例えば、次のような磁性酸化物、即ち、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 CoFe_2O_4 、 $\text{MnTi}_{0.44}\text{Fe}_{1.56}\text{O}_4$ 、 $\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{1.1}\text{Fe}_{2.2}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Ni}_{0.35}\text{Fe}_{1.3}\text{O}_4$ 、 NiFe_2O_4 、 $\text{Li}_{0.3}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_{2.69}\text{Ti}_{0.31}\text{O}_4$ 、 $\text{Mn}_{0.98}\text{Fe}_{2.02}\text{O}_4$ 、 $\text{Mn}_{0.8}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Y}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_3\text{Al}_{0.83}\text{Fe}_{4.17}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_3\text{Ga}_{0.4}\text{Fe}_{4.6}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Bi}_{0.2}\text{Ca}_{2.8}\text{V}_{1.4}\text{Fe}_{3.6}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{1.4}\text{Ca}_{1.26}\text{V}_{0.63}\text{Fe}_{4.37}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_2\text{Gd}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{1.2}\text{Gd}_{1.8}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{2.64}\text{Gd}_{0.36}\text{Al}_{0.56}\text{Fe}_{4.44}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{2.36}\text{Gd}_{0.64}\text{Al}_{0.43}\text{Fe}_{4.57}\text{O}_{12}$ 、 $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{BaFe}_{18}\text{O}_{27}$ 、 $\text{BaZnFe}_{17}\text{O}_{27}$ 、 $\text{BaZn}_{1.5}\text{Fe}_{17.5}\text{O}_{27}$ 、 $\text{BaMnFe}_{16}\text{O}_{27}$ 、 $\text{BaNi}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ 、 $\text{BaNi}_{0.5}\text{ZnFe}_{16.5}\text{O}_{27}$ 、 $\text{Ba}_4\text{Zn}_2\text{Fe}_{36}\text{O}_{69}$ 、 GdFeO_3 、 $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{Sn}_{0.985}\text{Mn}_{0.015}\text{O}_2$ 、 $\text{In}_{1.75}\text{Sn}_{0.2}\text{Mn}_{0.05}$ 等を用いることもできる。

- [0032] (3) キャップ層 26 の作用効果について

前述したように、図 2 は、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 10 の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図であり、図 3 は、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 10（キャップ層 26 を最適化した後の状態）の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図である。また、図 4 は、現行の垂直磁気記録媒体 100 の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図である。なお、図 2 および図 3 において、キャップ層 26 の CoPt 合金磁性結晶粒 26A 同士の粒間交換結合 26C は、バネ状の線で模式的に表現し、同様に図 4 において、キャップ層 102 の CoPt 合金磁性結晶粒 102A 同士の粒間交換結

合 1 0 2 B は、バネ状の線で模式的に表現している。

[0033] 図 2 ～図 4 を参照しつつ、キャップ層 2 6 の作用効果について詳細な説明をするが、説明の便宜上、ここでは、垂直磁気記録層 2 4 として $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{B}_2\text{O}_3$ 層を用い、キャップ層 2 6 として $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$ 層を用いるものとして説明を行う。また、バッファ層 2 2 として $\text{Ru}_{50}\text{Co}_{25}\text{Cr}_{25}-30\text{vol}\%\text{TiO}_2$ 層を用いるものとする。また、現行の垂直磁気記録媒体 1 0 0 のキャップ層 1 0 2 として CoPtCrB 合金を用いるものとする。

[0034] キャップ層 2 6 は、垂直磁気記録層 2 4 の CoPt 合金磁性結晶粒 2 4 A 間の粒間交換結合を適切に調整して、垂直磁気記録層 2 4 の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界（磁性結晶粒の磁化反転に必要な磁界）を低減させるための層である。垂直磁気記録層 2 4 自体は、グラニュー構造であり、 CoPt 合金磁性結晶粒 2 4 A が非磁性粒界酸化物 2 4 B (B_2O_3) によって仕切られた構造になっているため、垂直磁気記録層 2 4 自体では、 CoPt 合金磁性結晶粒 2 4 A 同士の粒間交換結合は小さくなっており、このため、熱安定性が不十分であり、また、スイッチング磁界の低減も不十分な状態になっている。

[0035] キャップ層 2 6 は、垂直磁気記録層 2 4 自体では不足している CoPt 合金磁性結晶粒 2 4 A 同士の粒間交換結合を補う役割を有しており、このため、キャップ層 2 6 においては、 CoPt 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C をある程度大きくすることが必要である。

[0036] そのため、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 1 0 のキャップ層 2 6 においては、酸化物として磁性酸化物（磁性が大きい点で希土類酸化物が好ましい。）を用いて磁性粒界酸化物 2 6 B を形成しており、キャップ層 2 6 の CoPt 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C をある程度大きくするようにしており、その結果、垂直磁気記録層 2 4 の CoPt 合金磁性結晶粒 2 4 A 同士の粒間交換結合も適切に補うことができるようになっている。

[0037] キャップ層 2 6 における CoPt 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C は、キャップ層 2 6 の厚さによって制御する。キャップ層 2 6 の厚

さが厚くなれば、キャップ層26におけるC o P t 合金磁性結晶粒26A同士の粒間交換結合26Cは大きくなる。キャップ層26の厚さは、必要な粒間交換結合26Cの大きさに応じて定めればよいが、保磁力H_cを低下させない観点から、キャップ層26の厚さは1nm以上7nm以下であることが好ましい。

[0038] ここで、図4は、現行の垂直磁気記録媒体100の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断面図であるが、図4に示すように、空隙104が垂直磁気記録層24の非磁性粒界酸化物24B (B₂O₃)の上に生じている。現行の垂直磁気記録媒体100のキャップ層102はC o P t C r B合金であり、酸化物を含まないため、垂直磁気記録層24の非磁性粒界酸化物24B (B₂O₃)と濡れにくく、そのため、空隙104が垂直磁気記録層24の非磁性粒界酸化物24B (B₂O₃)の上に生じると考えられる。また、現行の垂直磁気記録媒体において空隙104が観察されない場合でも、後に図7として示す断面TEM写真(比較例20)、図12として示す暗視野像(比較例20)、および図13として示すエネルギー分散型X線分析(EDX)の測定結果(比較例20)から読み取れるように、現行の垂直磁気記録媒体においては垂直磁気記録層(C o P t-B₂O₃層)とキャップ層(C o P t C r B層)との境界面は波打っており、凹凸が大きくなっている。

[0039] したがって、現行の垂直磁気記録媒体100のキャップ層102は、その厚さ方向における不均一性が大きい(厚さ方向と直交する平面で、厚さ方向に異なる位置で切断したときの断面の不均一性が大きい)ため、キャップ層102の厚さを変えても、その厚さに正確に比例してキャップ層102のC o P t 合金磁性結晶粒102A同士の粒間交換結合102Bの大きさが変わるわけではなく、キャップ層102の厚さを制御しても、キャップ層102のC o P t 合金磁性結晶粒102A同士の粒間交換結合102Bの大きさを正確に制御することは困難である。

[0040] 一方、図2に示すように、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体10のキャップ層26は、C o₈₀P t₂₀-30vol%G d₂O₃層であり、磁性酸化物G d₂O₃を有

しており、垂直磁気記録層 2 4 の非磁性粒界酸化物 2 4 B (B_2O_3) の上にはそれと濡れやすい磁性粒界酸化物 2 6 B (Gd_2O_3) が形成されるため、空隙は生じない。このため、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 1 0 のキャップ層 2 6 はその厚さ方向における均一性が高い（厚さ方向と直交する平面で、厚さ方向に異なる位置で切断したときの断面はいずれもほぼ同一である）ため、キャップ層 2 6 の厚さを変えた場合、その厚さに比例してキャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C の大きさが変わる。このため、キャップ層 2 6 の厚さを制御することにより、キャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C の大きさを正確に制御することが可能である。

[0041] 以上説明したように、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 1 0 のキャップ層 2 6 は C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A および磁性粒界酸化物 2 6 B を有するグラニューラ構造であるが、その磁性粒界酸化物 2 6 B (Gd_2O_3) は磁性を備えており、キャップ層 2 6 における C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C が大きくなっている。

[0042] また、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 1 0 のキャップ層 2 6 は、その厚さ方向における均一性が高い（厚さ方向と直交する平面で、厚さ方向に異なる位置で切断したときの断面はいずれもほぼ同一である）ため、キャップ層 2 6 の厚さを制御することにより、キャップ層 2 6 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C の大きさを正確に制御することが可能である。

[0043] このため、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 1 0 においては、キャップ層 2 6 の厚さを制御することにより、正確にキャップ層 2 6 における C o P t 合金磁性結晶粒 2 6 A 同士の粒間交換結合 2 6 C の大きさを制御することができ、その結果、垂直磁気記録層 2 4 の C o P t 合金磁性結晶粒 2 4 A 同士の粒間交換結合の大きさを正確に制御することができる。

[0044] 図 3 は、前述したように、本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 1 0 （キャップ層 2 6 を最適化した後の状態）の垂直断面の一部を模式的に示す垂直断

面図である。

[0045] 本実施形態に係る垂直磁気記録媒体 10 においてキャップ層 26 を最適化した状態においては、厚さ方向と直交する方向の断面における磁性粒界酸化物 26B (Gd_2O_3) の厚さが最小化されており、また、キャップ層 26 の表面の凹凸も最小化されている。

[0046] キャップ層 26 の磁性粒界酸化物 26B (Gd_2O_3) の厚さ (キャップ層 26 の C o P t 合金磁性結晶粒 26A 同士の間隔) を最小化することにより、キャップ層 26 の C o P t 合金磁性結晶粒 26A 同士の間隔の粒間交換結合 26C の強さを強くすることができ、キャップ層 26 を薄くしても、キャップ層 26 の C o P t 合金磁性結晶粒 26A 同士の間隔の粒間交換結合 26C の強さを一定の程度まで制御することができる。また、キャップ層 26 の表面の凹凸を最小化することにより、より正確にキャップ層 26 における C o P t 合金磁性結晶粒 26A 同士の間隔の粒間交換結合 26C の大きさを、キャップ層 26 の厚さを制御することにより制御することができ、その結果、垂直磁気記録層 24 の C o P t 合金磁性結晶粒 24A 同士の間隔の粒間交換結合の大きさをより正確に制御することができる。

[0047] (4) キャップ層 26 の作製に用いるスパッタリングターゲット

(4-1) スパッタリングターゲットの組成

キャップ層 26 の作製に用いるスパッタリングターゲットは、キャップ層 26 と同様の組成を有し、金属および磁性酸化物を含有しており、具体的には例えば、前記金属の全体に対して、C o を 65 a t % 以上 90 a t % 以下、P t を 10 a t % 以上 35 a t % 以下含有し、前記スパッタリングターゲットの全体に対して、前記磁性酸化物を 5 v o l % 以上 40 v o l % 以下含有する。また、具体的には例えば、金属の全体に対して、C o を 70 a t % 以上 85 a t % 未満、P t を 10 a t % 以上 20 a t % 以下、C r、T i、B、M o、T a、N b、W、R u のうちの 1 種以上の元素を 0.5 a t % 以上 15 a t % 以下含有し、前記スパッタリングターゲットの全体に対して、前記磁性酸化物を 5 v o l % 以上 40 v o l % 以下含有する。

[0048] (4-2) スパッタリングターゲットの製造方法

次に、キャップ層26の作製に用いるスパッタリングターゲットの製造方法について説明するが、ここでは、組成が $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol% Gd_2O_3 であるスパッタリングターゲットを取り上げて説明する。ただし、キャップ層26の作製に用いるスパッタリングターゲットの製造方法が以下の具体例に限定されるわけではない。

[0049] まず、金属Coおよび金属Ptの合計に対する金属Coの原子数比が80at%、金属Ptの原子数比が20at%となるように、金属Coおよび金属Ptを秤量してCoPt合金溶湯を作製する。そして、ガスアトマイズを行い、CoPt合金アトマイズ粉末を作製する。作製したCoPt合金アトマイズ粉末は分級して、粒径が所定の粒径以下（例えば106 μm 以下）となるようにする。

[0050] 作製したCoPt合金アトマイズ粉末に30vol%となるように Gd_2O_3 粉末を加えてボールミルで混合分散して、加圧焼結用混合粉末を作製する。CoPt合金アトマイズ粉末および Gd_2O_3 粉末をボールミルで混合分散することにより、CoPt合金アトマイズ粉末および Gd_2O_3 粉末が微細に分散し合った加圧焼結用混合粉末を作製することができる。

[0051] 前述したように、垂直磁気記録媒体10の保磁力 H_c をより大きくする観点およびキャップ層26のCoPt合金磁性結晶粒26Aの粒間交換結合26Cを大きくして、垂直磁気記録媒体10の飽和磁界 H_s を小さくする観点から、磁性粒界酸化物26Bのキャップ層26全体に対する体積分率は5vol%以上40vol%以下であることが好ましいので、 Gd_2O_3 粉末の加圧焼結用混合粉末の全体に対する体積分率を、5vol%以上40vol%以下となるようにすることが好ましい。

[0052] 作製した加圧焼結用混合粉末を、例えば真空ホットプレス法により加圧焼結して成形し、スパッタリングターゲットを作製する。作製した加圧焼結用混合粉末はボールミルで混合分散されており、CoPt合金アトマイズ粉末と Gd_2O_3 粉末とが微細に分散し合っているので、本製造方法により得られた

スパッタリングターゲットを用いてスパッタリングを行っているとき、ノジュールやパーティクルの発生等の不具合は発生しにくい。

[0053] なお、加圧焼結用混合粉末を加圧焼結する方法は特には限定されず、真空ホットプレス法以外の方法でもよく、例えばHIP法等を用いてもよい。

[0054] また、以上説明した製造方法の例では、アトマイズ法を用いてCoPt合金アトマイズ粉末を作製し、作製したCoPt合金アトマイズ粉末にGd₂O₃粉末を加えてボールミルで混合分散して、加圧焼結用混合粉末を作製しているが、CoPt合金アトマイズ粉末を用いることに替えて、Co単体粉末およびPt単体粉末を用いてもよい。この場合には、Co単体粉末、Pt単体粉末およびGd₂O₃粉末をボールミルで混合分散して加圧焼結用混合粉末を作製する。

実施例

[0055] 以下、実施例および比較例ならびに本発明に関連して取得した実験データについて記載する。

[0056] (実施例1～142、比較例1～20)

図1と同様の層構成(基板12上に、付着層14、シード層16、第1のRu下地層18、第2のRu下地層20、バッファ層22、垂直磁気記録層24、キャップ層26、および表面保護層28を順次形成する層構成)で、実施例1～142、比較例2～20の垂直磁気記録媒体を作製した。具体的には、次のようにした。

[0057] 基板12としては、ガラス基板を用いた。

[0058] 付着層14としては、アルゴンガス圧0.6Pa、投入電力500Wの条件でTa層を5nm成膜した。

[0059] シード層16としては、アルゴンガス圧0.6Pa、投入電力500Wの条件でNi₉₀W₁₀層を6nm成膜した。

[0060] 第1のRu下地層18としては、アルゴンガス圧0.6Pa、投入電力500Wの条件でRu層を10nm成膜した。

[0061] 第2のRu下地層20としては、アルゴンガス圧8.0Pa、投入電力5

00Wの条件でRu層を10nm成膜した。

[0062] バッファ層22としては、アルゴンガス圧0.6Pa、投入電力300Wの条件でRu₅₀Co₂₅Cr₂₅-30vol%TiO₂層を2nm成膜した。

[0063] 垂直磁気記録層24としては、アルゴンガス圧4.0Pa、投入電力500Wの条件で、Co₈₀Pt₂₀-30vol%B₂O₃層を16nm成膜した。

[0064] キャップ層26としては、前記「(4) キャップ層26の作製に用いるスパッタリングターゲット」に記載したようにして製造したスパッタリングターゲットを用いて、アルゴンガス圧0.6Paまたは4.0Pa、投入電力500Wの条件で、CoPt合金-磁性粒界酸化物を、表1～4に示すような組成および厚さで成膜した。

[0065] 表面保護層28としては、アルゴンガス圧0.6Pa、投入電力300Wの条件で、カーボンを7nm成膜した。

[0066] また、比較例1として、上記の構成において、キャップ層26を削除した構成の垂直磁気記録媒体を作製した。

[0067] 実施例1～142、比較例2～20において変更した条件は、キャップ層の組成、キャップ層の厚さ、およびキャップ層作製時のアルゴンガス圧である。比較例20は、キャップ層に現行の垂直磁気記録媒体のキャップ層(CoPtCrB)を用いた比較例である。

[0068] 作製した実施例1～142および比較例1～20の垂直磁気記録媒体について、その磁気特性を、超伝導量子干渉素子を使用した試料振動型磁力計(Squid-VSM)(製造会社:QUANTUM DESIGN、品番名、MPMS3)、高感度磁気異方性トルク計(トルク磁力計)(製造会社:玉川製作所、品番名:TM-TR2050-HGC)、磁気光学カー効果測定装置(Magneto Optical Kerr Effect (MOKE))を用いて測定した。また、作製した実施例1～142および比較例1～20の垂直磁気記録媒体のキャップ層の微細組織を、平面TEM-EDXおよび断面TEM-EDXを用いて観察した。

[0069] 以下の表1～4に、実施例1～142および比較例1～20の垂直磁気記録媒体について測定した保磁力Hcおよび飽和磁界Hsを示す。保磁力Hcおよ

び飽和磁界H_sは試料振動型磁力計（Squid-VSM）を用いて測定したヒステリシスループから求めた。

[0070] また、表1～4において、厚さはキャップ層の厚さを示し、A_rガス圧はキャップ層作製時のアルゴンガス圧を示す。

[0071] [表1]

	キャップ層の組成	厚み (nm)	Arガス圧 (Pa)	H _c (kOe)	H _s (kOe)
比較例01	なし	0	4.0	9.3	21.5
比較例02	Co80Pt20-30vol%B2O3	2	4.0	7.5	21.0
比較例03	Co80Pt20-30vol%B2O3	4	4.0	7.9	21.5
比較例04	Co80Pt20-30vol%B2O3	6	4.0	7.7	21.5
比較例05	Co80Pt20-30vol%B2O3	8	4.0	7.0	21.0
比較例06	Co80Pt20-30vol%B2O3	1	0.6	7.5	20.0
比較例07	Co80Pt20-30vol%B2O3	2	0.6	8.5	20.5
比較例08	Co80Pt20-30vol%B2O3	3	0.6	8.5	20.0
比較例09	Co80Pt20-30vol%B2O3	4	0.6	8.5	20.5
比較例10	Co80Pt20-30vol%B2O3	5	0.6	8.0	20.0
比較例11	Co80Pt20-30vol%B2O3	6	0.6	8.2	20.3
比較例12	Co80Pt20-30vol%B2O3	7	0.6	8.0	20.5
比較例13	Co80Pt20-30vol%B2O3	8	0.6	7.7	20.5
比較例14	Co80Pt20-30vol%B2O3	9	0.6	7.7	20.0
比較例15	Co80Pt20-4vol%Gd2O3	5	0.6	4.5	10.0
比較例16	Co80Pt20-41vol%Gd2O3	5	0.6	8.5	20.0
比較例17	Co95Pt5-30vol%Gd2O3	5	0.6	4.0	12.5
比較例18	Co60Pt40-30vol%Gd2O3	5	0.6	4.5	13.0
比較例19	Co65Pt20Cr15-30vol%Gd2O3	5	0.6	4.5	13.5
比較例20	CoPtCrB	9	0.6	4.9	12.5
実施例1	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	2	4.0	8.0	19.0
実施例2	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	3	4.0	8.5	19.0
実施例3	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	4	4.0	8.4	19.0
実施例4	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	5	4.0	8.9	19.0
実施例5	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	6	4.0	8.5	19.0
実施例6	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	7	4.0	8.5	19.0
実施例7	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	8	4.0	7.7	17.7
実施例8	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	9	4.0	7.0	16.0
実施例9	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	1	0.6	7.6	19.0
実施例10	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	2	0.6	7.5	18.5
実施例11	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	3	0.6	7.5	17.5
実施例12	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	4	0.6	7.6	18.0
実施例13	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	5	0.6	7.0	17.0
実施例14	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	6	0.6	8.6	19.0
実施例15	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	7	0.6	7.5	16.5
実施例16	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	8	0.6	6.4	14.0
実施例17	Co80Pt20-30vol%Gd2O3	9	0.6	5.5	12.5
実施例18	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	2	4.0	7.1	17.5
実施例19	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	3	4.0	8.0	19.0
実施例20	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	4	4.0	7.7	17.0
実施例21	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	5	4.0	7.2	17.5
実施例22	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	6	4.0	7.3	18.0
実施例23	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	7	4.0	7.2	16.5
実施例24	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	8	4.0	7.5	16.8
実施例25	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	9	4.0	6.0	14.0
実施例26	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	1	0.6	7.4	16.8
実施例27	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	2	0.6	7.3	17.2
実施例28	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	3	0.6	7.5	17.0
実施例29	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	4	0.6	7.3	19.0
実施例30	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	5	0.6	8.2	19.0
実施例31	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	6	0.6	8.1	18.5
実施例32	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	7	0.6	7.0	16.0
実施例33	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	8	0.6	7.1	16.0
実施例34	Co80Pt20-30vol%Nd2O3	9	0.6	7.2	15.3

[0072] [表2]

	キャップ層の組成	厚み (nm)	Arガス圧 (Pa)	Hc (kOe)	Hs (kOe)
実施例35	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	2	4.0	8.4	18.8
実施例36	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	3	4.0	8.1	18.5
実施例37	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	4	4.0	7.3	17.0
実施例38	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	5	4.0	7.5	16.5
実施例39	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	6	4.0	7.7	17.3
実施例40	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	7	4.0	6.7	16.0
実施例41	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	8	4.0	7.1	16.0
実施例42	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	9	4.0	6.7	14.5
実施例43	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	1	0.6	7.7	17.0
実施例44	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	2	0.6	8.1	18.0
実施例45	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	3	0.6	8.2	19.0
実施例46	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	4	0.6	8.1	18.3
実施例47	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	5	0.6	7.2	16.5
実施例48	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	6	0.6	7.7	17.0
実施例49	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	7	0.6	7.7	17.0
実施例50	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	8	0.6	7.4	16.0
実施例51	Co80Pt20-30vol%Sm2O3	9	0.6	6.6	14.3
実施例52	Co80Pt20-30vol%CeO2	2	4.0	8.8	18.8
実施例53	Co80Pt20-30vol%CeO2	3	4.0	8.2	19.0
実施例54	Co80Pt20-30vol%CeO2	4	4.0	8.9	19.0
実施例55	Co80Pt20-30vol%CeO2	5	4.0	9.0	19.0
実施例56	Co80Pt20-30vol%CeO2	6	4.0	8.1	18.5
実施例57	Co80Pt20-30vol%CeO2	7	4.0	7.2	17.0
実施例58	Co80Pt20-30vol%CeO2	8	4.0	7.4	16.5
実施例59	Co80Pt20-30vol%CeO2	9	4.0	6.2	14.8
実施例60	Co80Pt20-30vol%CeO2	1	0.6	7.7	18.0
実施例61	Co80Pt20-30vol%CeO2	3	0.6	8.6	19.0
実施例62	Co80Pt20-30vol%CeO2	4	0.6	8.1	18.0
実施例63	Co80Pt20-30vol%CeO2	5	0.6	8.0	18.0
実施例64	Co80Pt20-30vol%CeO2	6	0.6	7.2	16.5
実施例65	Co80Pt20-30vol%CeO2	7	0.6	7.2	16.5
実施例66	Co80Pt20-30vol%CeO2	8	0.6	6.9	15.0
実施例67	Co80Pt20-30vol%CeO2	9	0.6	5.7	13.0
実施例68	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	1	0.6	8.0	19.0
実施例69	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	2	0.6	8.1	19.0
実施例70	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	3	0.6	8.1	19.0
実施例71	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	4	0.6	8.0	18.3
実施例72	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	5	0.6	7.5	17.5
実施例73	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	6	0.6	7.7	17.0
実施例74	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	7	0.6	7.3	17.0
実施例75	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	8	0.6	7.1	15.5
実施例76	Co80Pt20-30vol%Eu2O3	9	0.6	6.6	14.0
実施例77	Co80Pt20-30vol%La2O3	1	0.6	7.5	19.0
実施例78	Co80Pt20-30vol%La2O3	2	0.6	7.3	18.5
実施例79	Co80Pt20-30vol%La2O3	3	0.6	7.2	17.5
実施例80	Co80Pt20-30vol%La2O3	4	0.6	7.1	18.0
実施例81	Co80Pt20-30vol%La2O3	5	0.6	7.0	17.0
実施例82	Co80Pt20-30vol%La2O3	6	0.6	7.3	18.5
実施例83	Co80Pt20-30vol%La2O3	7	0.6	7.1	16.0
実施例84	Co80Pt20-30vol%La2O3	8	0.6	6.3	13.5
実施例85	Co80Pt20-30vol%La2O3	9	0.6	5.3	12.0

[0073]

[表3]

	キャップ層の組成	厚み (nm)	Arガス圧 (Pa)	Hc (kOe)	Hs (kOe)
実施例86	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	1	0.6	8.2	19.0
実施例87	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	2	0.6	8.1	19.0
実施例88	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	3	0.6	8.0	19.0
実施例89	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	4	0.6	7.9	18.5
実施例90	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	5	0.6	7.7	17.5
実施例91	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	6	0.6	7.5	17.0
実施例92	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	7	0.6	7.3	16.5
実施例93	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	8	0.6	7.1	15.0
実施例94	Co80Pt20-30vol%Pr6O11	9	0.6	6.7	13.5
実施例95	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	1	0.6	7.9	19.0
実施例96	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	2	0.6	7.8	18.5
実施例97	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	3	0.6	7.7	18.5
実施例98	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	4	0.6	7.7	18.0
実施例99	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	5	0.6	7.6	17.5
実施例100	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	6	0.6	7.2	17.0
実施例101	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	7	0.6	6.9	16.5
実施例102	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	8	0.6	6.5	16.0
実施例103	Co80Pt20-30vol%Ho2O3	9	0.6	6.0	14.5
実施例104	Co80Pt20-30vol%Er2O3	1	0.6	8.3	19.0
実施例105	Co80Pt20-30vol%Er2O3	2	0.6	8.1	18.7
実施例106	Co80Pt20-30vol%Er2O3	3	0.6	7.8	18.5
実施例107	Co80Pt20-30vol%Er2O3	4	0.6	7.7	18.0
実施例108	Co80Pt20-30vol%Er2O3	5	0.6	7.6	18.0
実施例109	Co80Pt20-30vol%Er2O3	6	0.6	7.3	17.5
実施例110	Co80Pt20-30vol%Er2O3	7	0.6	7.0	17.0
実施例111	Co80Pt20-30vol%Er2O3	8	0.6	6.7	16.5
実施例112	Co80Pt20-30vol%Er2O3	9	0.6	6.5	15.0
実施例113	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	1	0.6	8.0	19.0
実施例114	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	2	0.6	7.8	18.5
実施例115	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	3	0.6	7.7	18.0
実施例116	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	4	0.6	7.6	18.0
実施例117	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	5	0.6	7.6	17.5
実施例118	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	6	0.6	7.2	17.0
実施例119	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	7	0.6	7.0	16.5
実施例120	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	8	0.6	6.5	16.0
実施例121	Co80Pt20-30vol%Yb2O3	9	0.6	6.0	14.0

[0074] [表4]

	キャップ層の組成	厚み (nm)	Arガス圧 (Pa)	Hc (kOe)	Hs (kOe)
実施例122	Co80Pt20-5vol%Gd2O3	5	0.6	5.0	11.0
実施例123	Co80Pt20-10vol%Gd2O3	5	0.6	5.3	12.5
実施例124	Co80Pt20-15vol%Gd2O3	5	0.6	5.8	13.5
実施例125	Co80Pt20-20vol%Gd2O3	5	0.6	6.2	14.5
実施例126	Co80Pt20-25vol%Gd2O3	5	0.6	6.5	16.0
実施例127	Co80Pt20-35vol%Gd2O3	5	0.6	7.5	18.0
実施例128	Co80Pt20-40vol%Gd2O3	5	0.6	7.9	19.0
実施例129	Co90Pt10-30vol%Gd2O3	5	0.6	5.0	13.5
実施例130	Co85Pt15-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.0	15.0
実施例131	Co75Pt25-30vol%Gd2O3	5	0.6	7.5	18.0
実施例132	Co70Pt30-30vol%Gd2O3	5	0.6	7.7	18.5
実施例133	Co65Pt35-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.0	15.5
実施例134	Co75Pt20Cr5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.0	16.0
実施例135	Co70Pt20Cr10-30vol%Gd2O3	5	0.6	5.0	15.0
実施例136	Co75Pt20Ru5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.1	16.5
実施例137	Co75Pt20B5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.5	16.8
実施例138	Co75Pt20Ta5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.4	16.5
実施例139	Co75Pt20Nb5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.2	16.0
実施例140	Co75Pt20W5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.0	16.0
実施例141	Co75Pt20Ti5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.3	16.0
実施例142	Co75Pt20Mo5-30vol%Gd2O3	5	0.6	6.1	16.0

[0075] 表 1 ～ 4 から明らかなように、本発明の範囲内に含まれる実施例 1 ～ 1 4 2 は、保磁力 H_c がいずれも 5 k O e 以上であり、かつ、飽和磁界 H_s は 2 0 k O e 未満である。一方、本発明の範囲内に含まれない比較例 1 ～ 2 0 は、保磁力 H_c が 5 k O e 未満であるか、または、飽和磁界 H_s は 2 0 k O e 以上である。

[0076] 保磁力 H_c がいずれも 5 k O e 未満では熱安定性が不十分であり、飽和磁界 H_s が 2 0 k O e 以上では、スイッチング磁界が大きすぎ、磁気記録の容易さが不十分である。

[0077] (実施例 1 4 3 ～ 1 5 9、比較例 2 1)

実施例 1 4 3 ～ 1 5 9、比較例 2 1 においてはキャップ層の組成を変えてサンプルの作製を行い、キャップ層の活性化粒径 $G D_{act}$ を測定して、キャップ層の熱安定性の評価を行った。実施例 1 4 3 ～ 1 5 9、比較例 2 1 のサンプルにおいては、垂直磁気記録層 2 4 は設けておらず、バッファ層 2 2 の上に厚さ 1 6 n m のキャップ層 2 6 を設けた。それ以外の点は、実施例 1 ～ 1 4 2 と同様にしてサンプルの作製を行った。なお、バッファ層 2 2 の上に厚さ 1 6 n m のキャップ層 2 6 を設ける際の成膜条件は、アルゴンガス圧 4 . 0 P a、投入電力 5 0 0 W とした。

[0078] 実施例 1 4 3 ～ 1 5 9、比較例 2 1 の各サンプルについて、磁気光学カー効果測定装置 (Magneto Optical Kerr Effect (MOKE)) を用いて、活性化粒径 $G D_{act}$ を測定した。

[0079] 次の表 5 に、測定した活性化粒径 $G D_{act}$ を示す。比較例 2 1 で用いた B_2O_3 は比較例 2 ～ 1 4 で用いた酸化物であり、実施例 1 4 3、1 5 3 ～ 1 5 9 で用いた $G d_2O_3$ は実施例 1 ～ 1 7、1 2 2 ～ 1 4 2、比較例 1 5 ～ 1 9 で用いた酸化物であり、実施例 1 4 4 で用いた $N d_2O_3$ は実施例 1 8 ～ 3 4 で用いた酸化物であり、実施例 1 4 5 で用いた $S m_2O_3$ は実施例 3 5 ～ 5 1 で用いた酸化物であり、実施例 1 4 6 で用いた $C e O_2$ は実施例 5 2 ～ 6 7 で用いた酸化物であり、実施例 1 4 7 で用いた $E u_2O_3$ は実施例 6 8 ～ 7 6 で用いた酸化物であり、実施例 1 4 8 で用いた $L a_2O_3$ は実施例 7 7 ～ 8 5 で用いた酸化物で

あり、実施例 149 で用いた Pr_6O_{11} は実施例 86 ～ 94 で用いた酸化物であり、実施例 150 で用いた Ho_2O_3 は実施例 95 ～ 103 で用いた酸化物であり、実施例 151 で用いた Er_2O_3 は実施例 104 ～ 112 で用いた酸化物であり、実施例 152 で用いた Yb_2O_3 は実施例 113 ～ 121 で用いた酸化物である。

[0080] なお、実施例 143、153 ～ 159 は、 Gd_2O_3 の体積分率を 5 ～ 40 vol % の範囲で変更した実施例である。

[0081] [表5]

	キャップ層の組成	GD_{act} (nm)
比較例 21	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%B ₂ O ₃	6.5
実施例 143	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Gd ₂ O ₃	10.1
実施例 144	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Nd ₂ O ₃	8.8
実施例 145	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Sm ₂ O ₃	8.7
実施例 146	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%CeO ₂	9.5
実施例 147	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Eu ₂ O ₃	8.9
実施例 148	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%La ₂ O ₃	10.5
実施例 149	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Pr ₆ O ₁₁	9.1
実施例 150	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Ho ₂ O ₃	8.5
実施例 151	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Er ₂ O ₃	9.0
実施例 152	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -30vol%Yb ₂ O ₃	8.6
実施例 153	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -5vol%Gd ₂ O ₃	21.6
実施例 154	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -10vol%Gd ₂ O ₃	19.3
実施例 155	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -15vol%Gd ₂ O ₃	17.5
実施例 156	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -20vol%Gd ₂ O ₃	14.7
実施例 157	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -25vol%Gd ₂ O ₃	12.1
実施例 158	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -35vol%Gd ₂ O ₃	8.6
実施例 159	$\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ -40vol%Gd ₂ O ₃	7.3

[0082] 表 5 に記載の酸化物のうち、非磁性酸化物は比較例 21 の B₂O₃ のみであり

、実施例143～159の酸化物 (Gd_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sm_2O_3 、 CeO_2 、 Eu_2O_3 、 La_2O_3 、 Pr_6O_{11} 、 Ho_2O_3 、 Er_2O_3 、 Yb_2O_3) は磁性酸化物である。

[0083] 表5から明らかなように、キャップ層中の酸化物の体積分率が30vol%の場合、非磁性酸化物である B_2O_3 を用いたキャップ層の活性化粒径 $G D_{act}$ は6.5nmであるのに対し、磁性酸化物 (Gd_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sm_2O_3 、 CeO_2 、 Eu_2O_3 、 La_2O_3 、 Pr_6O_{11} 、 Ho_2O_3 、 Er_2O_3 、 Yb_2O_3) を用いたキャップ層の活性化粒径 $G D_{act}$ は8.5～10.5nmであり、非磁性酸化物である B_2O_3 を用いたキャップ層の活性化粒径 $G D_{act}$ と比べて30%以上大きくなっており、磁性酸化物 (Gd_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sm_2O_3 、 CeO_2 、 Eu_2O_3 、 La_2O_3 、 Pr_6O_{11} 、 Ho_2O_3 、 Er_2O_3 、 Yb_2O_3) を用いたキャップ層は熱安定性に優れていると考えられる。

[0084] また、実施例143、153～159から明らかなように、キャップ層中の Gd_2O_3 の体積分率を5～40vol%の範囲で変更した場合、 Gd_2O_3 の体積分率が小さいほど活性化粒径 $G D_{act}$ の値は大きくなっており、熱安定性に優れると考えられる。

[0085] (断面TEM写真)

図5は、実施例17の厚さ9nmのキャップ層 ($Co_{80}Pt_{20}$ -30vol% Gd_2O_3) (アルゴンガス圧0.6Paで成膜) を含む領域の断面TEM写真であり、図6は、実施例8の厚さ9nmのキャップ層 ($Co_{80}Pt_{20}$ -30vol% Gd_2O_3) (アルゴンガス圧4.0Paで成膜) を含む領域の断面TEM写真であり、図7は、現行の垂直磁気記録媒体 (比較例20) において、キャップ層 ($CoPtCrB$) を含む領域の断面TEM写真である。

[0086] また、図8は、図5に示す実施例17の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡 (STEM) で撮影した暗視野像であり、図9は、図5に示す実施例17の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡 (STEM) で行ったエネルギー分散型X線分析 (EDX) の測定結果を示す写真である。図10は、図6に示す実施例8の断面領域の一部について、走査透過型

電子顕微鏡（S T E M）で撮影した暗視野像であり、図 1 1 は、図 6 に示す実施例 8 の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（S T E M）で行ったエネルギー分散型 X 線分析（E D X）の測定結果を示す写真である。図 1 2 は、図 7 に示す現行の垂直磁気記録媒体（比較例 2 0）の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（S T E M）で撮影した暗視野像であり、図 1 3 は、図 7 に示す現行の垂直磁気記録媒体（比較例 2 0）の断面領域の一部について、走査透過型電子顕微鏡（S T E M）で行ったエネルギー分散型 X 線分析（E D X）の測定結果を示す写真である。

[0087] 図 5、図 6、図 8～図 1 1 から読み取れるように、アルゴンガス圧 0. 6 P a で厚さ 9 n m にキャップ層を成膜した実施例 1 7 およびアルゴンガス圧 4. 0 P a で厚さ 9 n m にキャップ層を成膜した実施例 8 のどちらにおいても、垂直磁気記録層 2 4 の非磁性粒界酸化物 2 4 B（ B_2O_3 ）の上に空隙は生じておらず、また、垂直磁気記録層（C o P t - B_2O_3 層）とキャップ層（C o₈₀ P t₂₀ - 30vol% G d₂O₃）との境界は平坦になっている。

[0088] 一方、図 7、図 1 2、図 1 3 から読み取れるように、現行の垂直磁気記録媒体（比較例 2 0）においては、垂直磁気記録層（C o P t - B_2O_3 層）とキャップ層（C o P t C r B 層）との境界面は波打っており、凹凸が大きくなっている。

[0089] なお、垂直磁気記録層（C o P t - B_2O_3 層）の C o P t 合金磁性結晶粒の形状については、図 9、図 1 1 および図 1 3 に示す C o と P t の分布状態から推測することができる。

[0090] また、図 5、図 6 から明らかなように、アルゴンガス圧 0. 6 P a で厚さ 9 n m に成膜した実施例 1 7 のキャップ層（C o₈₀ P t₂₀ - 30vol% G d₂O₃）の表面の方が、アルゴンガス圧 4. 0 P a で厚さ 9 n m に成膜した実施例 8 のキャップ層（C o₈₀ P t₂₀ - 30vol% G d₂O₃）の表面よりも平坦になっており、アルゴンガス圧 0. 6 P a で成膜した実施例 1 7 のキャップ層の方が良好であることがわかる。

[0091] （平面 T E M 写真）

図14は、実施例143のキャップ層 ($\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Gd}_2\text{O}_3$) を含む領域の平面TEM写真であり、図15は、実施例144のキャップ層 ($\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Nd}_2\text{O}_3$) を含む領域の平面TEM写真であり、図16は、実施例145のキャップ層 ($\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}-30\text{vol}\%\text{Sm}_2\text{O}_3$) を含む領域の平面TEM写真である。

[0092] 図14～16に示すように、実施例143～145のキャップ層がグラニキュラ構造であることを確認した。

産業上の利用可能性

[0093] 本発明に係る垂直磁気記録媒体は、現行のキャップ層よりも特性（垂直磁気記録媒体の熱安定性を向上させるとともに、スイッチング磁界を低減させる特性）の優れたキャップ層を備えていて、熱安定性の向上およびスイッチング磁界の低減がなされており、産業上の利用可能性を有する。

符号の説明

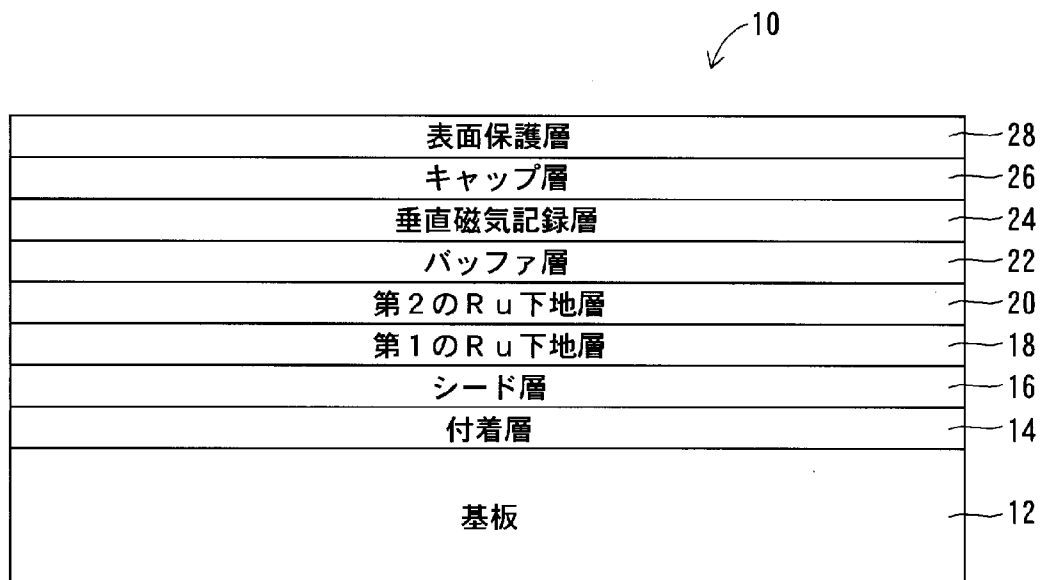
- [0094] 10…垂直磁気記録媒体
12…基板
14…付着層
16…シード層
18…第1のRu下地層
20…第2のRu下地層
22…バッファ層
24…垂直磁気記録層
24A、26A…CoPt合金磁性結晶粒
24B…非磁性粒界酸化物
26…キャップ層
26B…磁性粒界酸化物
26C…粒間交換結合
28…表面保護層

請求の範囲

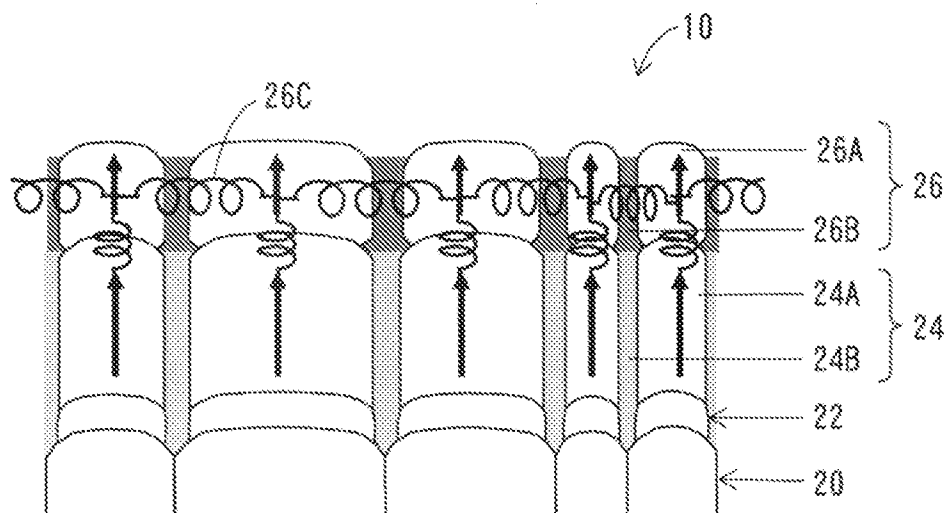
- [請求項1] 垂直磁気記録層および前記垂直磁気記録層を覆うキャップ層を備える垂直磁気記録媒体であって、
- 前記垂直磁気記録層は、C o P t 合金磁性結晶粒と非磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、
- 前記キャップ層は、C o P t 合金磁性結晶粒と磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、
- 前記キャップ層の前記C o P t 合金磁性結晶粒は、C o を6 5 a t %以上9 0 a t %以下、P t を1 0 a t %以上3 5 a t %以下含有し、
- 前記磁性粒界酸化物の前記キャップ層全体に対する体積分率は5 v o l %以上4 0 v o l %以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。
- [請求項2] 垂直磁気記録層および前記垂直磁気記録層を覆うキャップ層を備える垂直磁気記録媒体であって、
- 前記垂直磁気記録層は、C o P t 合金磁性結晶粒と非磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、
- 前記キャップ層は、C o P t 合金磁性結晶粒と磁性粒界酸化物とからなるグラニューラ構造を有し、
- 前記キャップ層の前記C o P t 合金磁性結晶粒は、C o を7 0 a t %以上8 5 a t %未満、P t を1 0 a t %以上2 0 a t %以下、C r、T i、B、M o、T a、N b、W、R uのうちの1種以上の元素を0. 5 a t %以上1 5 a t %以下含有し、
- 前記磁性粒界酸化物の前記キャップ層全体に対する体積分率は5 v o l %以上4 0 v o l %以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。
- [請求項3] 前記磁性粒界酸化物は、希土類酸化物であることを特徴とする請求項1または2に記載の垂直磁気記録媒体。

[請求項4] 前記磁性粒界酸化物は、Gd、Nd、Sm、Ce、Eu、La、Pr、Ho、Er、Yb、Tbの酸化物のうちの1種以上の酸化物であることを特徴とする請求項1または2に記載の垂直磁気記録媒体。

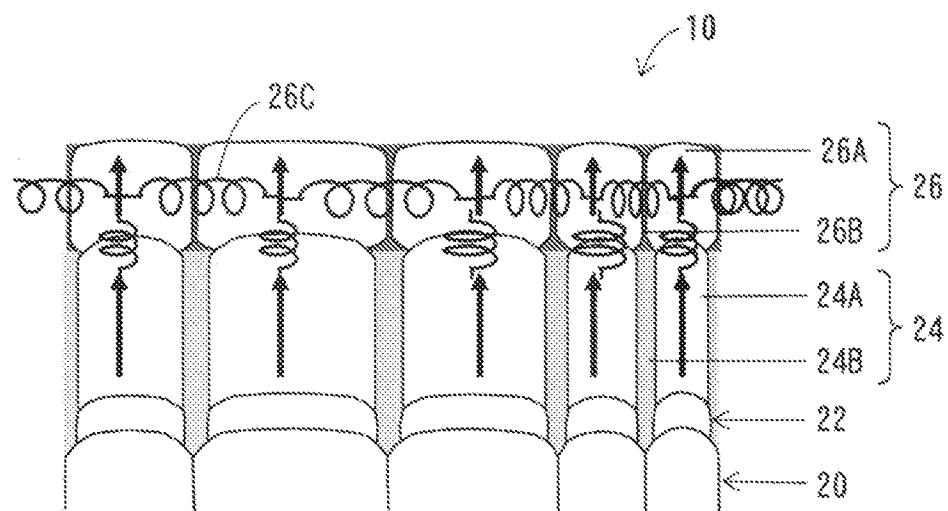
[図1]



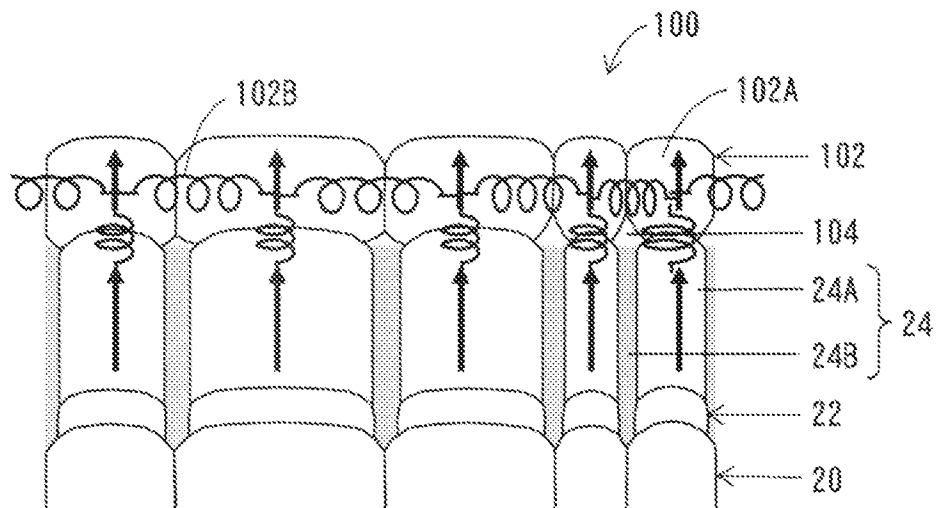
[図2]



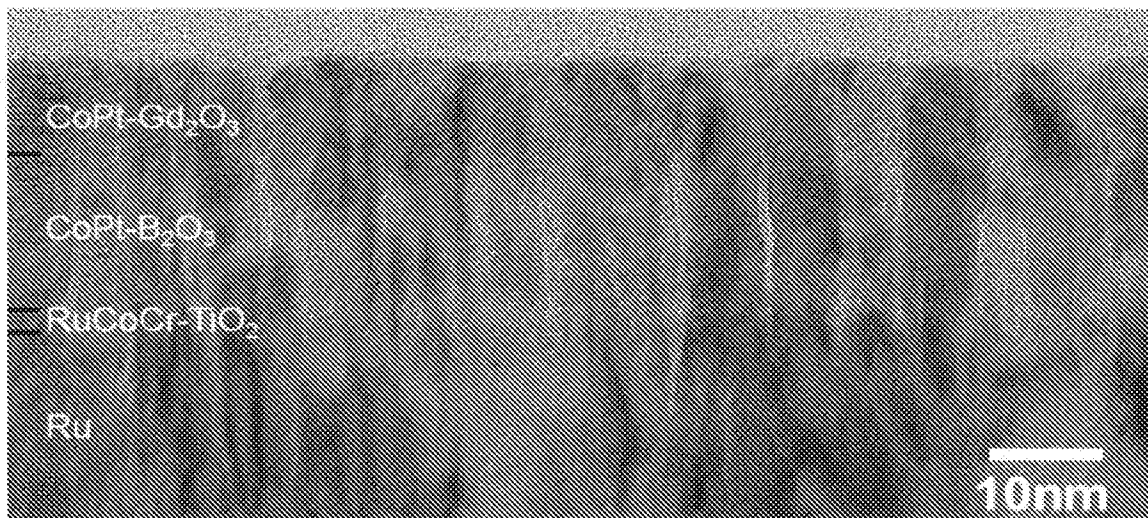
[図3]



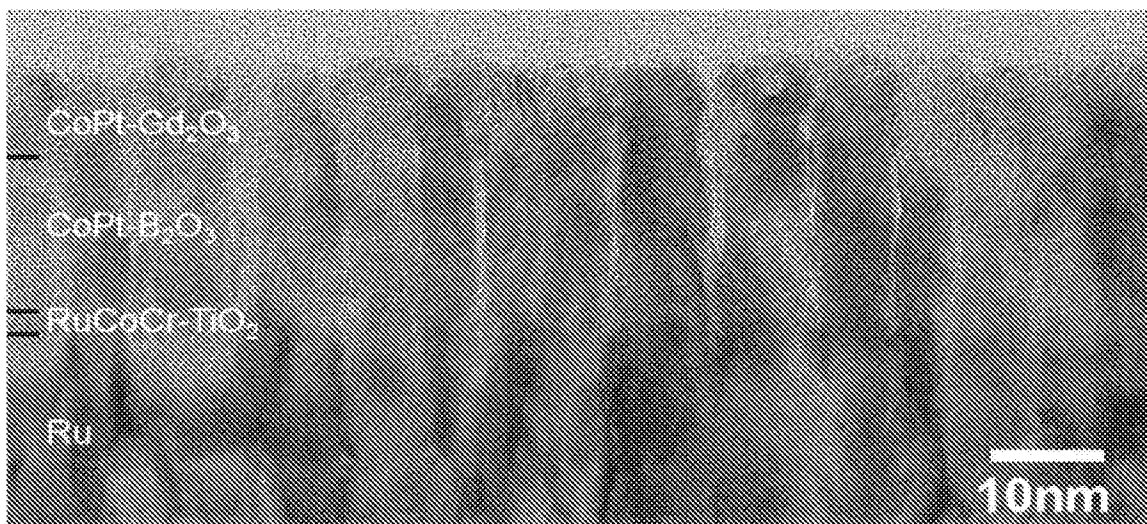
[図4]



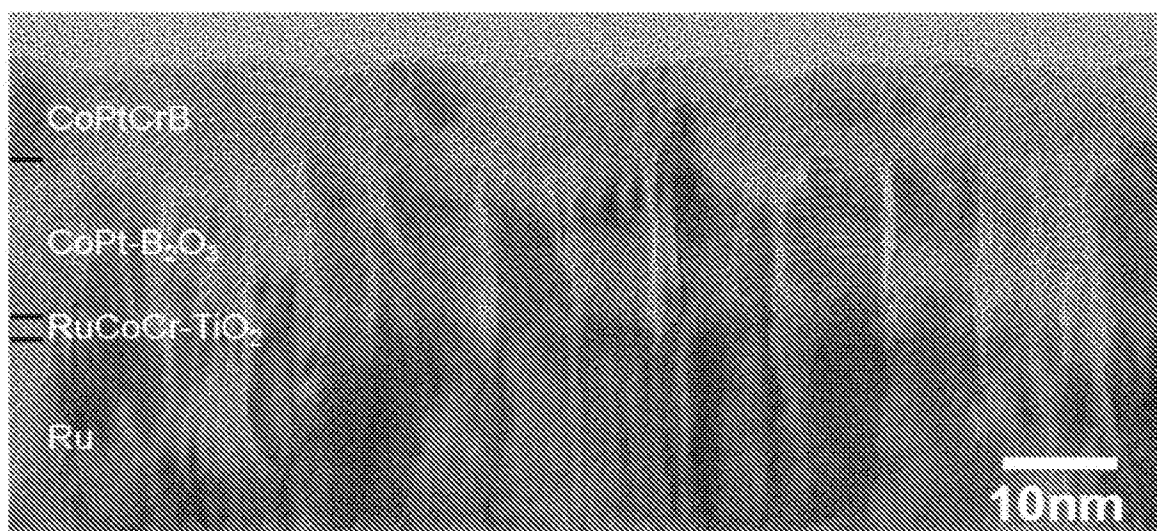
[図5]



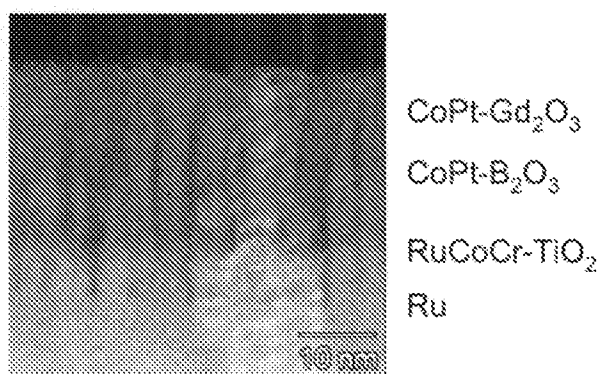
[図6]



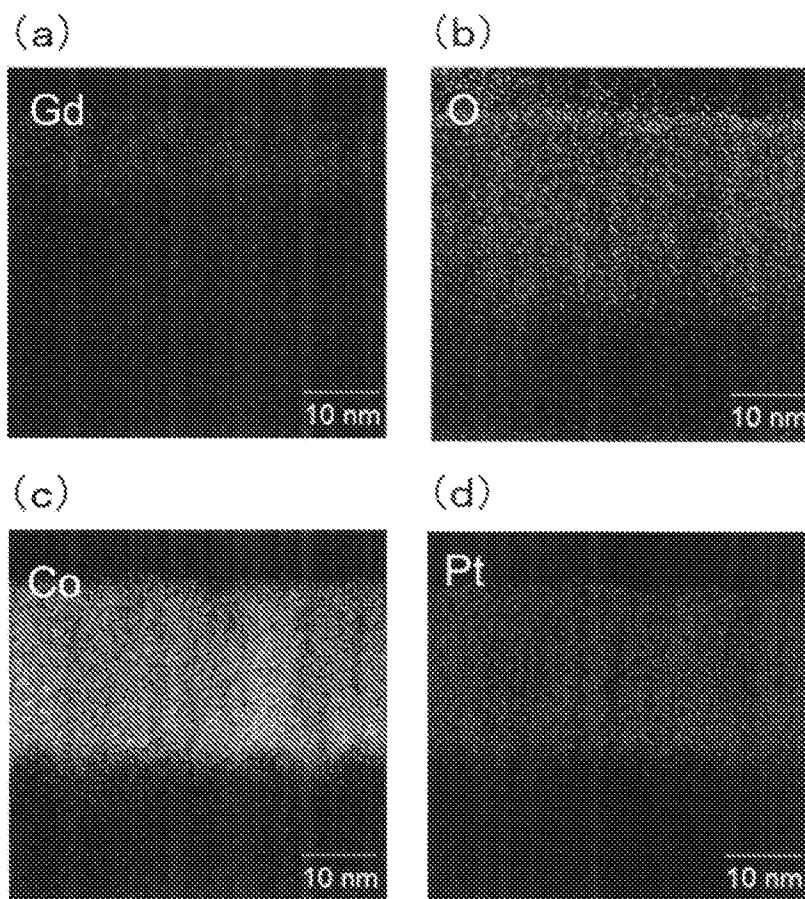
[図7]



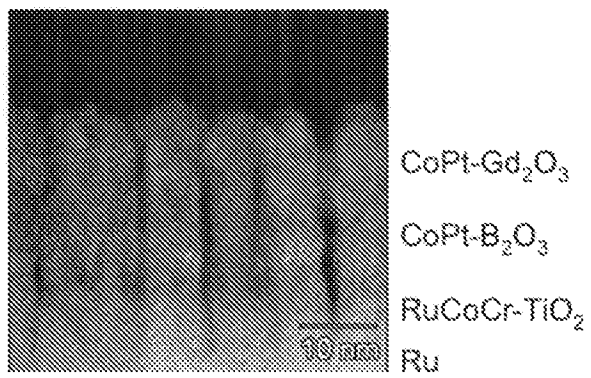
[図8]



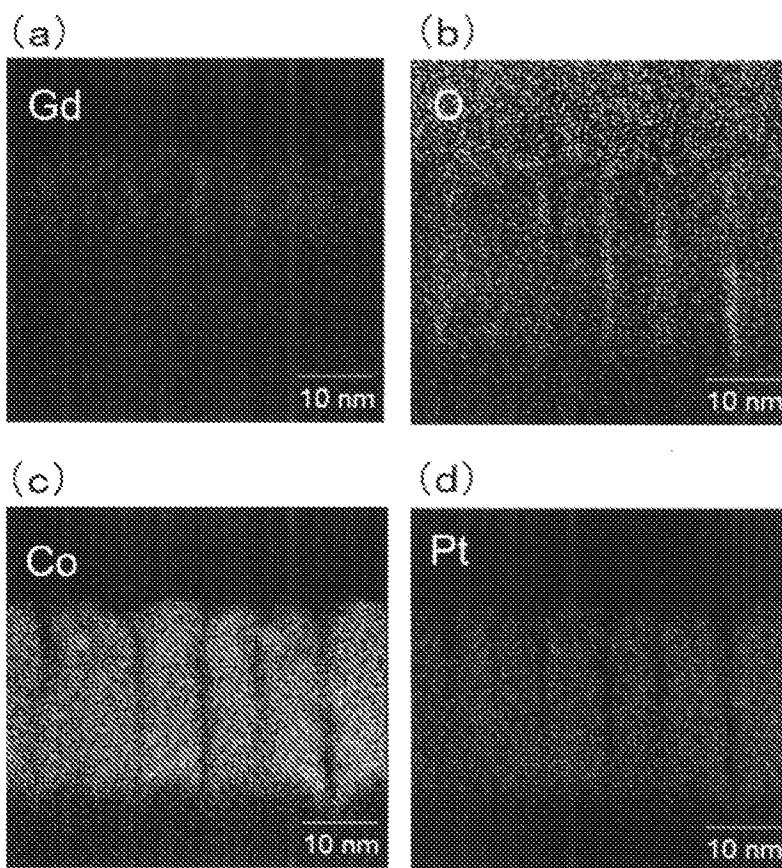
[図9]



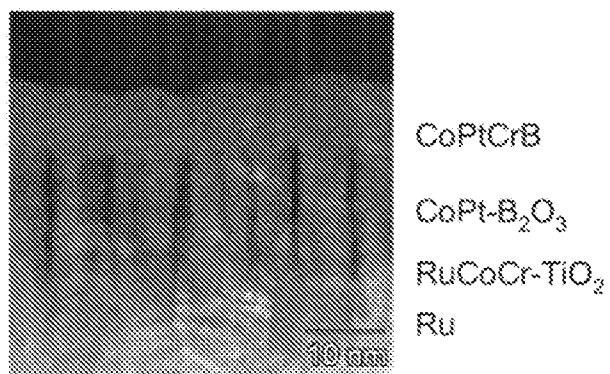
[図10]



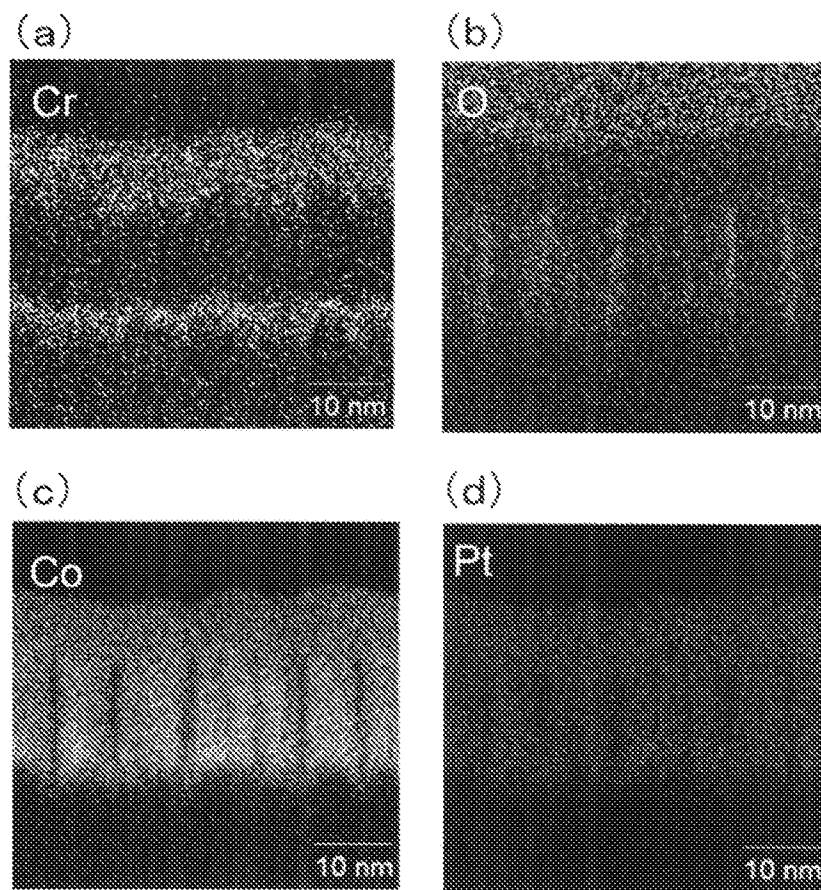
[図11]



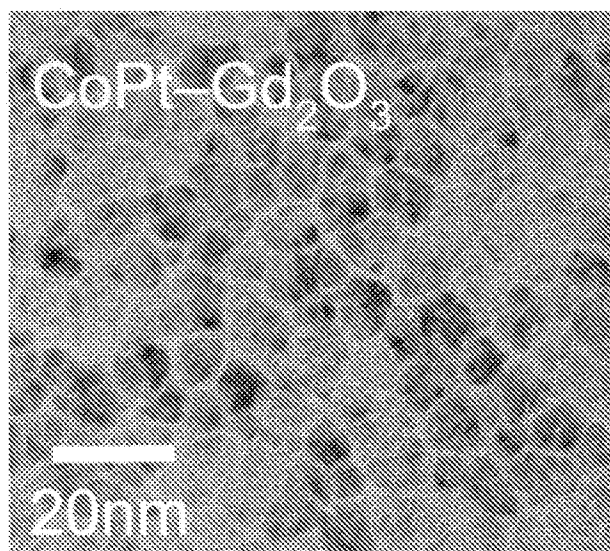
[図12]



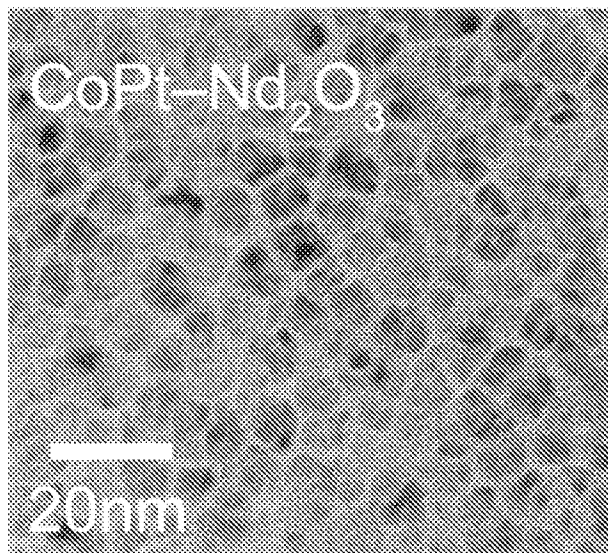
[図13]



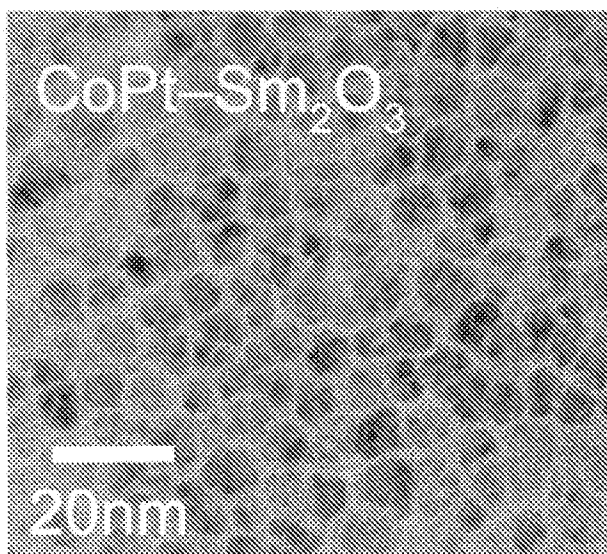
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050388

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B 5/64 (2006.01) i; G11B 5/65 (2006.01) i; G11B 5/66 (2006.01) i
FI: G11B5/66; G11B5/64; G11B5/65

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11B5/64; G11B5/65; G11B5/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-187652 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 20.08.2009 (2009-08-20) paragraphs [0022], [0049]-[0052], fig. 1, 7	1-4
A	JP 2010-257564 A (WD MEDIA (SINGAPORE) PTE. LTD.) 11.11.2010 (2010-11-11) paragraphs [0025], [0057]-[0063], [0067], fig. 1, 2	1-4
A	JP 2009-110641 A (HOYA CORPORATION) 21.05.2009 (2009-05-21) paragraphs [0022], [0031]-[0036], [0040]-[0042], fig. 1-2	1-4
A	JP 2008-146816 A (HITACHI GLOBAL STORAGE TECHNOLOGIES NETHERLANDS BV) 26.06.2008 (2008-06- 26) paragraphs [0017]-[0020], [0023], [0027], fig. 3-5	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 March 2020 (16.03.2020)

Date of mailing of the international search report
31 March 2020 (31.03.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/050388

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2009-187652 A	20 Aug. 2009	US 2009/0197119 A1 paragraphs [0034], [0061]-[0064], fig. 1, 7	
JP 2010-257564 A	11 Nov. 2010	KR 10-2009-0084564 A US 2011/0311841 A1 paragraphs [0034], [0093]-[0099], [0103], fig. 1-2	
JP 2009-110641 A	21 May 2009	US 2015/0027877 A1 WO 2010/064724 A1 US 2010/0323220 A1 paragraphs [0046], [0055]-[0060], [0064]-[0068], fig. 1-2	
JP 2008-146816 A	26 Jun. 2008	WO 2009/048045 A1 US 2008/0138662 A1 paragraphs [0027]- [0030], [0033], [0037], fig. 3-5 EP 1930882 A1 KR 10-2008-0052376 A CN 101197138 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G11B 5/64(2006.01)i; G11B 5/65(2006.01)i; G11B 5/66(2006.01)i FI: G11B5/66; G11B5/64; G11B5/65														
B. 調査を行った分野														
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G11B5/64; G11B5/65; G11B5/66														
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2009-187652 A（三星電子株式会社）20.08.2009（2009-08-20） 段落[0022], [0049]-[0052], 図1, 7	1-4												
A	JP 2010-257564 A（ダブリュディ・メディア・シンガポール・プライベートリミテッド）11.11.2010（2010-11-11） 段落[0025], [0057]-[0063], [0067], 図1, 2	1-4												
A	JP 2009-110641 A（H O Y A株式会社）21.05.2009（2009-05-21） 段落[0022], [0031]-[0036], [0040]-[0042], 図1-2	1-4												
A	JP 2008-146816 A（ヒタチグローバルストレージテクノロジーズネザerlandビービー）26.06.2008（2008-06-26） 段落[0017]-[0020], [0023], [0027], 図3-5	1-4												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 16.03.2020	国際調査報告の発送日 31.03.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 川中 龍太 5C 5892 電話番号 03-3581-1101 内線 3541													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/050388

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2009-187652	A	20.08.2009	US 2009/0197119 A1 paragraphs [0034], [0061]-[0064], Figs.1, 7 KR 10-2009-0084564 A	
JP	2010-257564	A	11.11.2010	US 2011/0311841 A1 paragraphs [0034], [0093]-[0099], [0103], Figs.1-2 US 2015/0027877 A1 WO 2010/064724 A1	
JP	2009-110641	A	21.05.2009	US 2010/0323220 A1 paragraphs[0046], [0055]- [0060], [0064]-[0068], Figs.1-2 WO 2009/048045 A1	
JP	2008-146816	A	26.06.2008	US 2008/0138662 A1 paragraphs [0027]-[0030], [0033],[0037], Figs.3-5 EP 1930882 A1 KR 10-2008-0052376 A CN 101197138 A	