

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2008 年 10 月 23 日 (23.10.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2008/126133 A1

- (51) 国際特許分類:  
*G11B 5/66* (2006.01) *G11B 5/667* (2006.01)  
*G11B 5/65* (2006.01) *G11B 5/738* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/000260
- (22) 国際出願日: 2007 年 3 月 19 日 (19.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杉本利夫 (SUGIMOTO, Toshio) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市

原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 栗田亮 (KURITA, Ryo) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号富士通株式会社内 Kanagawa (JP). アントニアジャン (ANTONY, Ajan) [IN/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

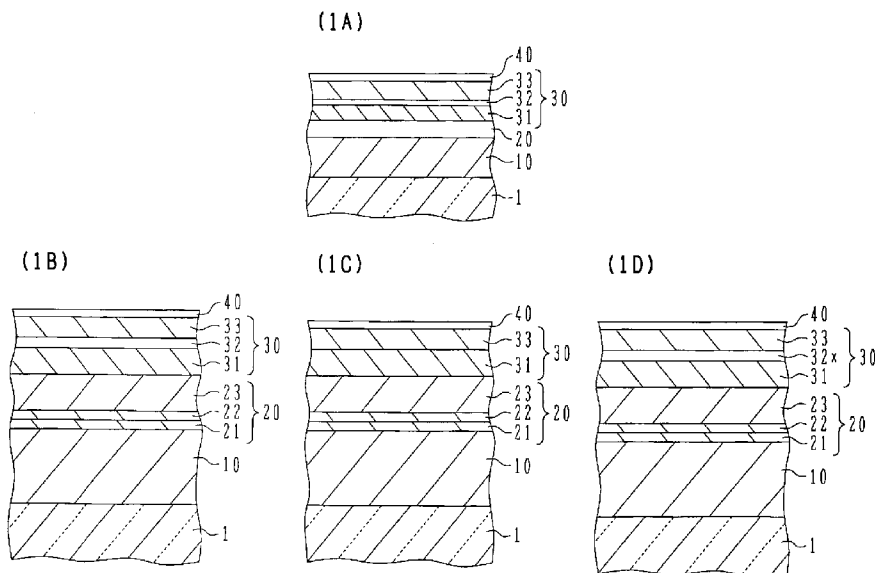
- (74) 代理人: 高橋敬四郎 (TAKAHASHI, Keishiro); 〒1100016 東京都台東区台東 3 丁目 1 2 番 1 号御徒町東誠ビル 4 階 高橋来山特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG,

[ 続葉有 ]

(54) Title: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 垂直磁気記録媒体

[ 図 1 ]



(57) Abstract: A perpendicular magnetic recording medium that realizes wide margin in the stage of coupling layer manufacturing and ensures easy write and suppression of rewrite by adjacent bit write. The perpendicular magnetic recording medium comprises a nonmagnetic substrate; a soft magnetic backing layer provided superior to the nonmagnetic substrate; a nonmagnetic interlayer superimposed on the soft magnetic backing layer; a first ferromagnetic recording layer with perpendicular magnetic anisotropy being a magnetic recording layer superimposed on the interlayer; a coupling layer consisting of any of Pd, Pt and alloy thereof, superimposed on the first ferromagnetic recording layer; and a magnetic recording layer including a second ferromagnetic recording layer with perpendicular magnetic anisotropy, superimposed on the coupling layer.

(57) 要約: 結合層製造工程のマージンが広く、書き込みが容易で、隣接ビット書き込みによって書き換えられにくい、垂直磁気記録媒体を提供する。垂直磁気記録媒体は、非磁性基板と、非磁性基板上方に形成された軟磁性裏打ち層と、軟磁性裏打ち層上に形成された非磁性中間層と、中間層上

[ 続葉有 ]

WO 2008/126133 A1



MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD,  
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

に形成された磁気記録層であって、垂直磁気異方性を有する第1の強磁性記録層と、第1の強磁性記録層上に形成され、Pd、Pt、これらの合金のいずれかで形成された結合層と、結合層上に形成され、垂直磁気異方性を有する第2の強磁性記録層を含む磁気記録層と、を有する。

## 明 細 書

### 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、特に結合層を介して複数の記録層を積層配置した垂直磁気記録媒体に関する。

### 背景技術

[0002] 磁気記録装置には、磁気記録層の磁化方向が面内を向いた面内磁気記録方式が使用されてきた。面内磁気記録方式では、高密度記録のため磁区ドメインを小さくして行くと、熱揺らぎのため記録した情報が消えていくことが問題となる。

[0003] 軟磁性裏打ち層の上に磁気記録層を配置し、磁気記録層の表面に対して垂直方向の磁界を印加し、磁化方向を記録層の面に垂直にした垂直磁気記録方式では、高密度記録が可能になるとされている。

[0004] しかし、垂直磁気記録媒体においても、耐熱揺らぎ特性と信号雑音比（S/N比）を、共に良好に保つことは容易でない。

[0005] 特開2003-157516号は、第1の磁性層の上に中間層を形成し、その上に第2の磁性層を形成する構成を提案する。第1、第2の磁性層は、たとえばCo（66at%）Pt（18at%）Cr（16at%）で形成し、中間層はRu-Ti合金、またはHfで形成する。第1と第2の磁性層で発生するノイズは独立でありS/N比を向上できる、第1と第2の磁性層は磁気的には分断されず良好な熱揺らぎ耐性を得られると説明されている。

[0006] 特開2006-48900号は、結合層によって第1と第2の磁性層を磁氣的に結合する際、反強磁性結合させる時と強磁性結合させる時とを比較し、強磁性結合させた場合、交換結合エネルギーが高くなるほど、反強磁性結合の場合と同様熱安定性が増し、反強磁性結合の場合と異なり記録容易性が向上すると教示する。このような磁氣的結合記録媒体を、ECC（exchange coupled composite）媒体と呼ぶ。

[0007] また、第1と第2の磁性層の磁化を反転させる時、一方の磁化を反転させた後他方の磁化を反転させるようにすると磁化反転に必要な反転磁界が低下する、このため、異方性磁界の低い方の層の1軸異方性定数と膜厚の積を他方の磁性層の1軸異方性定数と膜厚の積よりも小さくすることを教示する。この構成により、熱的安定性の向上と反転磁界の低下の効果を得られると教示する。

[0008] 第1、第2の磁性層は、少なくともCoとPtを含む強磁性材料が好適であり、第1の磁性層は非磁性物質中に磁性結晶粒子が分散したグラニュー磁性層が特に好ましい、結合層は、V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Ta, W, Re, Irの内から選ばれる少なくとも1つの元素、またはこれらの内の少なくとも1つの元素を主成分とする合金を用い、膜厚は2nm以下、より好ましくは0.3nm以下、Fe, Co, Ni以外の材料では0.3nm以下、または1.2nm-2nmの範囲とすることが好ましいと記載されている。PdやPtを用いた場合、反転磁界の増大を招く結果が得られており、不適であると記載されている。

[0009] 特許文献1：特開2003-157516号公報

特許文献2：特開2006-48900号公報

### 発明の開示

[0010] 本発明者らは、結合層としてRuやCuを用いた場合、結合層の厚さを0.3nm以下にする必要があることを実験的に確認した。厚さ0.3nm以下の膜を成膜するのは、製造工程のマージンが狭すぎる。

[0011] 本発明の目的は、結合層製造工程のマージンが広く、書き込みが容易で、隣接ビット書き込みによって書き換えられにくい、垂直磁気記録媒体を提供することである。

[0012] 本発明の1観点によれば、  
非磁性基板と、  
前記非磁性基板上方に形成された軟磁性裏打ち層と、  
前記軟磁性裏打ち層上に形成された非磁性中間層と、

前記中間層上に形成された磁気記録層であって、垂直磁気異方性を有する第1の強磁性記録層と、前記第1の強磁性記録層上に形成され、Pd、Pt、これらの合金のいずれかで形成された結合層と、前記結合層上に形成され、垂直磁気異方性を有する第2の強磁性記録層を含む磁気記録層と、を有する垂直磁気記録媒体が提供される。

- [0013] 結合層をPd、またはPtで形成すると、拡大された厚さ範囲内で改良された特性が得られることが判った。厚さ範囲が拡大するため、結合層製造工程のマージンが広がる。サンプルを作成し、特性を測定した結果、書き込みが容易で、隣接ビット書き込みによって書き換えられにくい、垂直磁気記録媒体を製造できることが判明した。Pd結合層、Pt結合層で類似の特性が得られるので、これらの合金でも同様の効果が期待できる。

#### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]図1AはECC構造を有する垂直磁気記録媒体の基本構成を示す概略断面図、図1Bは第1の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す断面図、図1C、1Dは第1、第2、第3の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す断面図である。
- [0015] [図2]図2A、2Bは、作成したサンプルで測定した、結合層の厚さに対する、保磁力 $H_c$ と飽和磁界 $H_s$ を示すグラフと、結合層の厚さ0の時の値で規格化した保磁力 $H_c/H_c(0)$ と飽和磁界 $H_s/H_s(0)$ を代表的な結合層の厚さでリストした表である。
- [0016] [図3]図3A、3Bは、別に作成した第1の実施例によるサンプルを用いて測定した、結合層の厚さに対する、記録磁界、隣接トラック許容磁界を示すグラフ、および $H_c$ 、記録磁界、隣接トラック許容磁界、隣接トラック許容磁界の記録磁界に対する比を代表的な結合層の厚さでリストした表である。
- [0017] [図4]図4A、4B、4Cは、第2の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体、第4の比較例による垂直磁気記録媒体、第5の比較例による垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す断面図である

[図5] 図5 A, 5 B, 5 Cは、サンプルを用いて測定した、記録特性を示すグラフおよび表である。

[0018] [図6] 図6 Aは、第3の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体を概略的に示す断面図、図6 Bは第3の実施例によるサンプルで測定した、Pd層の厚さに対する $H_c$ ,  $H_s$ の変化を示すグラフである。

### 符号の説明

[0019] 1 非磁性基板、10 軟磁性裏打ち層、11 FeCoB層、12 Ru層、13 FeCoB層、14 FeCoZrTa層、15 Ru層、16 FeCoZrTa層、20 非磁性中間層、21 Ta層、22 NiFeCr層、23 Ru層、25 NiFeCr層、26 Ru層、30 磁気記録層、31 グラニユラCoCrPt-SiO<sub>2</sub>第1記録層、32, 32x 結合層、33 CoCrPtB第2記録層、34, 35 CoCrPt磁性層、37 グラニユラCoCrPt-SiO<sub>2</sub>第1記録層、38 Pt結合層、39 CoCrPtB第2記録層、40 保護層、

### 発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

[0021] 図1 AはECC構造を有する垂直磁気記録媒体の基本構成を示す概略断面図、図1 Bは第1の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す断面図、図1 C, 1 Dは第1、第2、第3の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す断面図である。

[0022] 図1 Aに示すように、ECC構造を有する垂直磁気記録媒体は、ガラス、アルミニウム、Si等の非磁性材料で形成された非磁性基板1の上に、軟磁性裏打ち層10、非磁性中間層20、磁気記録層30、保護層40を積層した構成を有する。磁気記録層30は、強磁性記録層31, 33を非磁性の結合層32で結合した構成を有する。軟磁性裏打ち層10は磁気ヘッドと共に磁気閉回路を形成するための磁性層であり、例えば非晶質のCo合金であるCoZrNb, CoZrTa等を用いることができる。軟磁性裏打ち層を非

磁性層を含む複数層の積層で形成してもよい。たとえば、FeCoB層、Ru層、FeCoB層の積層としてもよい。非磁性中間層20は、磁気記録層30の結晶性を向上するための層であり、単層または複数層で形成される。非磁性中間層20は、例えば、アモルファスTa層、NiFeCr層、Ru層の積層、NiFeCr層、Ru層の積層等で形成できる。アモルファスTa層は、その上に形成する結晶性金属層の配向を向上できる機能を有する。強磁性記録層31、33は、例えばCoCrPt、CoCrPtB等のCoCrPtの磁性合金、CoCrTa、CoPt等の強磁性材料で形成できる。非磁性結合層32は、良好なECC構造を実現するための層であり、通常Ru、Cu等で形成される。本発明者は、非磁性結合層32として、PdまたはPtを用いることを試みた。

[0023] 図1Bは、本発明の第1の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体を示す。実際に作成したサンプルの構成を例にとって説明する。なお、材料の結晶構造を、面心立方格子はfcc、稠密六方格子はhcpとして併記する。ガラス基板1の上に、厚さ50nmのCoZrNb層10をアルゴンガス圧0.5Pa、スパッタ電力1kWのスパッタリングで成膜した。単層の軟磁性裏打ち層である。軟磁性裏打ち層10の上に、厚さ3nmの（アモルファス）Ta層21をアルゴンガス圧0.5Pa、スパッタ電力0.4kWのスパッタリングで成膜し、その上に厚さ3nmの（fcc）NiFeCr層22をアルゴンガス圧0.5Pa、スパッタ電力0.1kWのスパッタリングで成膜し、さらに厚さ20nmの（hcp）Ru層23をアルゴンガス圧4.0Pa、スパッタ電力0.4kWのスパッタリングで成膜した。Ta層21、NiFeCr層22、Ru層23が3層積層構造の中間層20を構成する。なお、NiFeCr層をNiFe層に置き換えると、NiFe層は、下のTa層を介して軟磁性CoZrNb層と共に3層構成の軟磁性裏打ち層を構成する。

[0024] 中間層20の上に、厚さ13nmのグラニューラ（hcp）CoCrPt-SiO<sub>2</sub>第1記録層31をアルゴンガス圧4Pa、スパッタ電力0.4kWで

成膜した。 $\text{CoCrPt-SiO}_2$ は、 $[\text{Co} (66 \text{ at} \%) \text{Cr} (13 \text{ at} \%) \text{Pt} (21 \text{ at} \%) ]_{91} (\text{SiO}_2)_9$ の組成を有する。第1記録層31の上に、厚さを種々に変えて(fcc)Pd層32をアルゴンガス圧0.5 Pa, スパッタ電力0.1 kWで成膜した。Pd層32の上に、厚さ6 nmの(hcp)CoCrPtB第2記録層33をアルゴンガス圧0.5 Pa, スパッタ電力0.4 kWで成膜した。

[0025] 第1記録層31、結合層32、第2記録層33がECC構造の記録層30を構成する。外部磁界を印加しない状態で、第1記録層31と第2記録層33とは強磁性の結合状態を有する。グラニュー強磁性層の第1記録層の垂直磁気異方性は、ノングラニュー強磁性層の第2記録層の垂直磁気異方性より大きい。

[0026] 記録層30の上に、厚さ3 nmのC層を保護層40として形成した。実際に使用する場合は、保護層40の上にさらに液体潤滑層を塗布することが好ましい。アモルファスTa層の上の層は、fccまたはhcp構造を有するので、優れた結晶性、配向性が得られ、エピタキシャル的層が得られる。

[0027] 図1Cは、第1の比較例による垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す。図1Bの構成と比べたとき、結合層32が形成されない。従って、ECC構造は持たない。図1Bの構成において、結合層32の厚さを0にしたときに当たる。他の点は同じである。

[0028] 図1Dは、第2、第3の比較例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す。結合層32xは、Pdではなく、第2の比較例ではRu、第3の比較例ではCuにより形成される。他の点は同じである。

[0029] 第1の実施例によるサンプルを、結合層32の厚さを0 (第1の比較例) から、0.1 nm刻みで2.5 nmまで変えて作成した。但し、厚さ1.9 nm以上では、グラニュー磁性層の下層と上層とがデカップリング状態となり、それぞれ単層の磁気特性を示すようになるので、以下の説明、図では省略する。第2、第3の比較例のサンプルも、結合層32xの厚さを0.1 nm刻みで変化させて作成した。

- [0030] 図2A, 2Bは、作成したサンプルで測定した、結合層の厚さに対する、保磁力 $H_c$ と飽和磁界 $H_s$ を示すグラフと、結合層の厚さ0の時の値で規格化した保磁力 $H_c/H_c(0)$ と飽和磁界 $H_s/H_s(0)$ を代表的結合層厚さでリストした表である。図2Aにおいて、横軸は結合層の厚さを単位nmで示し、縦軸は $H_s$ ,  $H_c$ を単位kOeで示す。
- [0031] 図2Aに示すように、Ruを結合層として用いた第2の比較例の場合、結合層の厚さが0.1nmで $H_c$ ,  $H_s$ が最小値となる。 $H_c$ の値は、意図せざる原因による磁氣的記録の書き換えに対する耐性を示し、熱的ゆらぎや、隣接領域の書き込みによる漏洩磁界に対する障壁高さ（記録を保持する力）を表し、大きいほど好ましい。 $H_s$ の値は、書き込みに必要な磁界を表わし、低いほど好ましい。 $H_c$ ,  $H_s$ は、結合層の厚さ0から0.1nmの変化で減少し、その後0.2nm以上にすると、結合層の厚さと共に増大する。結合層の厚さを0.2nm以上にすると、 $H_s$ の値は結合層の厚さ0（結合層無し）の場合よりも大きく増大してしまう。書き込みに必要な磁界が増大し、書き込みにくくなることを示唆する。書き込み磁界を増大させないためには、結合層の厚さは0.1nm以下とすべきであろう。
- [0032] 結合層をCuで形成した第3の比較例の場合、 $H_c$ は結合層の厚さが0.3nmで最小値となり、結合層の厚さ0.4nmで増大し始め、結合層の厚さ0.5nm以上で厚さ0の場合より大きくなる。 $H_s$ は結合層の厚さ0.2nm, 0.3nm付近で最小値となり、以後結合層の厚さと共に増大する。結合層の厚さ0.4nm, 0.5nmで厚さ0の場合と同等程度まで増大し、結合層の厚さ0.6nm以上では厚さ0の場合より大きく増大してしまう。書き込みに必要な磁界を大きくしないためには、結合層の厚さは0.5nm以下とすべきであり、好ましくは書き込みに必要な磁界を小さくするために、結合層の厚さは0.3nm以下とすべきであろう。
- [0033] 結合層をPdで形成した第1の実施例によるサンプルの場合は、 $H_c$ は結合層の厚さと共に減少し、結合層の厚さ1.3nmで最小値となり、結合層の厚さ1.4nmで増大し始め、結合層の厚さ1.5nm以上で厚さ0の場

合より大きくなる。 $H_s$ は、結合層の厚さ1.2 nm, 1.3 nm付近で最小値となり、厚さ1.4 nmで若干増大し、厚さ1.5 nm以後結合層の厚さと共に急激に増大し、結合層無しの場合より大きくなっている。結合層の厚さが0の第1の比較例と比べて、 $H_s$ の値を小さくし、小さな記録磁界で書き込むためには、結合層の厚さは、1.4 nm以下とするのが好ましいであろう。製造工程の制御を容易にし、マージンを大きくするには、結合層の厚さは0.4 nm以上とすることが望ましい。作成する結合層の厚さが0.4 nm~1.4 nmとなれば、 $H_s$ は小さくなり、製造工程のマージン、制御性は大幅に増大する。

[0034] 図2Bは、結合層の代表的厚さと規格化した $H_c$ ,  $H_s$ の関係を示す表である。大まかに見て、結合層がRuの第2の比較例の場合、結合層の厚さ0.1 nmまでが $H_s$ の減少を示す領域である。結合層がCuの第3の比較例の場合、結合層の厚さ0.3 nmまでが $H_s$ の減少を示す領域である。これらに対し、結合層がPdの第1の実施例によるサンプルの場合、結合層の厚さ1.3 nmまでが $H_s$ が減少を示す領域である。Pd層の厚さが1.8 nmとなると、 $H_s$ ,  $H_c$ は、Pd結合層無し（厚さ0）の場合より大きくなっている。

[0035] ただし、 $H_s$ ,  $H_c$ は静的（スタチック）な物性であり、磁気記録装置の性能を支配するのは動的（ダイナミック）な特性である。 $H_s$ の代わりに記録磁界（ $H_{c\_Write}$ と標記する）、 $H_c$ の変わりに隣接トラック許容磁界（ $H_{c\_Erase}$ と標記する）を用いるのが好ましい。第1の実施例による動的性能測定サンプルを、Pd結合層の厚さ0 nm、1.0 nm、1.5 nm、1.9 nmで作成した。

[0036] 図3A, 3Bはこれらのサンプルを用いて測定した、結合層の厚さに対する記録磁界 $H_{c\_Write}$ 、隣接トラック許容磁界 $H_{c\_Erase}$ の変化を示すグラフ、および保磁力 $H_c$ 、記録磁界 $H_{c\_Write}$ 、隣接トラック許容磁界 $H_{c\_Erase}$ 、隣接トラック許容磁界の記録磁界 $H_{c\_Write}$ に対する比 $H_{c\_Erase}/H_{c\_Write}$ を、結合層の厚さに対してリストした表である。図3Aにおいて、横軸は結合層であるPd層

の厚さを単位  $\text{nm}$  で示し、縦軸は記録磁界  $H_{c_{\text{Write}}}$ 、隣接トラック許容磁界  $H_{c_{\text{Erase}}}$  を単位  $\text{kOe}$  で示す。

[0037] 図 3 A に示すように、記録磁界  $H_{c_{\text{Write}}}$  は Pd 層の厚さが  $0 \text{ nm}$  から約  $1.5 \text{ nm}$  まで、Pd 層の厚さと共に減少する。Pd 層の厚さ  $1.9 \text{ nm}$  ではかなりの増大を示す。但し、Pd 層の厚さ  $1.9 \text{ nm}$  でも、記録磁界  $H_{c_{\text{Write}}}$  は Pd 結合層無しの場合より小さい。Pd 層の厚さ  $1.5 \text{ nm}$  で Pd 層無し（厚さ  $0$ ）の場合と比べ、記録磁界は、約  $5 \text{ kOe}$  の減少を示した。隣接トラック許容磁界  $H_{c_{\text{Erase}}}$  は、Pd 層の厚さの増大と共に緩やかな減少を示す。

[0038] 図 3 B に示した隣接トラック許容磁界  $H_{c_{\text{Erase}}}$  の記録磁界  $H_{c_{\text{Write}}}$  に対する比  $H_{c_{\text{Erase}}}/H_{c_{\text{Write}}}$  は、値が大きいほど書き込みやすく、消されにくい記録性能を示す指標となる。Pd 層の厚さ  $1.5 \text{ nm}$  まで、記録磁界  $H_{c_{\text{Write}}}$  は減少し、隣接トラック許容磁界  $H_{c_{\text{Erase}}}$  の記録磁界  $H_{c_{\text{Write}}}$  に対する比  $H_{c_{\text{Erase}}}/H_{c_{\text{Write}}}$  は増大を示している。Pd 層の厚さ  $1.5 \text{ nm}$  で記録磁界は、結合層無しの場合と比べ、約  $5 \text{ kOe}$  小さくなる。Pd 層の厚さ  $1.9 \text{ nm}$  では、比  $H_{c_{\text{Erase}}}/H_{c_{\text{Write}}}$  は結合層なしの場合より小さくなっている。Pd 層の厚さ  $1.7 \text{ nm}$  以下で磁気記録特性の向上が期待できる。

[0039] 図 3 A、3 B の実験結果は、製造工程のマージンを含めて、Pd 結合層の厚さは  $0.4 \text{ nm} \sim 1.7 \text{ nm}$  が好ましいであろうことを示唆する。なお、図 2 A に示した特性と比べ、好ましい Pd 層の厚さ領域に差がある。成膜技術が未だ確立されておらず、作成ロット間の差と考えられる。成膜技術が確立されれば、厚さ  $0.4 \text{ nm} \sim 1.7 \text{ nm}$  の Pd 結合層を採用して、優れた垂直磁気記録媒体を製造できるであろう。Pd 層の厚さを  $0.4 \text{ nm} \sim 1.4 \text{ nm}$  とすれば、より確実に優れた垂直磁気記録媒体を製造できるであろう。

[0040] 磁気記録装置には、書き込み／読み出し特性が求められる。書き込み特性として、一旦記録した上に再度記録を行なうオーバーライト（OW）特性がある。ビット長の短い高密度記録を行ない、その上にビット長の長い低密度記録を行なった時、先に記録していた高密度記録がどこまで減衰するかを示す

オーバーライトツウOW2 (dB) がよく測定される。OW2において、減衰率を高くすると、実効的ライトコア幅WCwは大きくなり易い。これらの特性を調べるため、第2の実施例によるサンプルを作成した。

[0041] 図4A, 4B, 4Cは、第2の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体、第4の比較例による垂直磁気記録媒体、第5の比較例による垂直磁気記録媒体の構成を概略的に示す断面図である。

[0042] 図4Aは、第2の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体を示す。実際に作成したサンプルの構成を例にとって説明する。ガラス基板1の上に、厚さ25nmのFeCoB層11、厚さ0.4nmのRu層12、厚さ25nmのFeCoB層13を形成し、軟磁性裏打ち層10を形成した。軟磁性裏打ち層10の上に、厚さ5nmのNiFeCr層25、厚さ20nmのRu層26を形成し、中間層20を形成した。中間層20の上に、厚さ11nmのグラニューCoCrPt-SiO<sub>2</sub>の第1記録層31、厚さを変えたPd結合層32、厚さ8nmのCoCrPtB第2記録層33を形成し、記録層30を形成した。第1記録層31、第2記録層33の組成は、第1の実施例の第1記録層31、第2記録層33の組成と同じである。記録層30の上に厚さ3nmのC保護層40を形成した。

[0043] 図4Bは、第4の比較例の構成を示す。図4Aの構成と比べたとき、結合層32が形成されない。従って、ECC構造は持たない。図4Aの構成において、結合層32の厚さを0にしたときに当たる。他の点は同じである。

[0044] 図4Cは、第5の比較例の構成を示す。図4Aに示す第2の実施例と比べると、第1記録層31の上に、結合層を形成することなく、2層のCoCrPt磁性層34, 35を形成した点が異なる。他の点は、第2の実施例と同じである。

[0045] 図5A, 5B, 5Cは、サンプルを用いて測定した記録特性を示すグラフおよび表である。

[0046] 図5Aは、第2の実施例のサンプルで測定した、OW2のPd層の厚さ依存性を示す。横軸がPd層の厚さを単位nmで示し、縦軸がOW2を単位dB

Bで示す。Pd層の厚さを厚くするほどOW2の減衰が大きくなることを示している。

[0047] 図5Bは、第2の実施例および、第4、第5の比較例を用いて測定した、OW2の大きさに対する実効的ライトコア幅WCwの変化を示すグラフである。横軸がOW2を単位dBで示し、縦軸がWCwを単位 $\mu\text{m}$ で示す。第2の実施例のサンプルの測定値を実線E2で結んで示す。2層記録層と付記されたプロットはPd層がない（厚さ0）第4の比較例のプロットである。他のプロットは図4Cに示した第5の比較例のプロットである。OW2の絶対値を大きくすると、WCwが大きくなる傾向は、第5の比較例と比べ、第2の実施例のサンプルで格段に小さい。

[0048] 図5Cは、第2の実施例によるPd層の厚さ1.5nmのサンプルと、第4の比較例のサンプルとを用いて測定したエラーレートを示す表である。第4の比較例と比べ、バイトエラーレートが改善している。また、実効的ライトコア幅WCwも第4の比較例が0.175-0.179（平均値0.177）に対して、第2の実施例では0.171と僅かではあるが狭くなっている。

[0049] 結合層としてPd層を用いた場合、結合層を用いない場合やRu層やCu層を結合層として用いた場合より、好ましい特性が得られることが判った。さらに、結合層として、Pd層の代わりにPt層を用いた場合も確認した。

[0050] 図6Aは、第3の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体を概略的に示す断面図、図6Bは第3の実施例によるサンプルで測定した、Pd層の厚さに対するHc、Hsの変化を示すグラフである。

[0051] 図6Aは、第3の実施例によるECC構造を有する垂直磁気記録媒体を示す。実際に作成したサンプルの構成を例にとって説明する。ガラス基板1の上に、厚さ25nmのFeCoZrTa層14、厚さ0.5nmのRu層15、厚さ25nmのFeCoZrTa層16を形成し、軟磁性裏打ち層10を形成した。軟磁性裏打ち層10の上に、厚さ5nmのNiFeCr層25、厚さ20nmのRu層26を形成し、中間層20を形成した。中間層20

の上に、厚さ11nmのグラニューラCoCrPt-SiO<sub>2</sub>第1記録層37、厚さを変えたPt結合層38、厚さ8nmのCoCrPtB第2記録層39を形成し、記録層30を形成した。第1記録層37の組成は、[Co(71at%)Cr(13at%)Pt(16at%)]<sub>0.92</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>8</sub>、第2記録層39の組成はCo(61at%)Cr(20at%)Pt(15at%)B(4at%)である。記録層30の上に厚さ3nmのC保護層40を形成した。

[0052] 図6Bは、Pt層の厚さに対するH<sub>c</sub>、H<sub>s</sub>の変化を示すグラフである。横軸はPt結合層の厚さを単位nmで示し、縦軸はH<sub>s</sub>、H<sub>c</sub>を単位kOeで示す。

[0053] 結合層をPtで形成した場合は、H<sub>c</sub>は結合層の厚さと共に緩やかに減少する。H<sub>s</sub>は、結合層の厚さと共に初め減少し、0.8nm付近で最小値となり、その後結合層の厚さと共に増大する。Pd結合層の場合同様、結合層の厚さ0.4nm~1.1nmの範囲で、Pt結合層がない場合より総合的に見て優れた磁気記録特性が得られるであろう。厚さ0.4nm~1.1nmのPt結合層を採用して、優れた垂直磁気記録媒体を製造できるであろう。

[0054] なお、厚さ0.4nm~1.1nmの範囲であれば、PdまたはPtの結合層を採用して、優れた垂直磁気記録媒体を製造できるといえる。PdまたはPtで作成した結合層の場合を説明したが、PdとPtの合金で結合層を作成しても、同様の効果が期待できるであろう。この場合、厚さ0.4nm~1.1nmのPd-Pt合金結合層で、優れた垂直磁気記録媒体を製造できるであろう。

[0055] 以上、実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。例えば、結合層以外の層構成、層の材料、厚さは種々変更、組み合わせ可能である。その他、種々の変更、置換、改良、組み合わせが可能なのは当業者に自明であろう。

産業上の利用の可能性

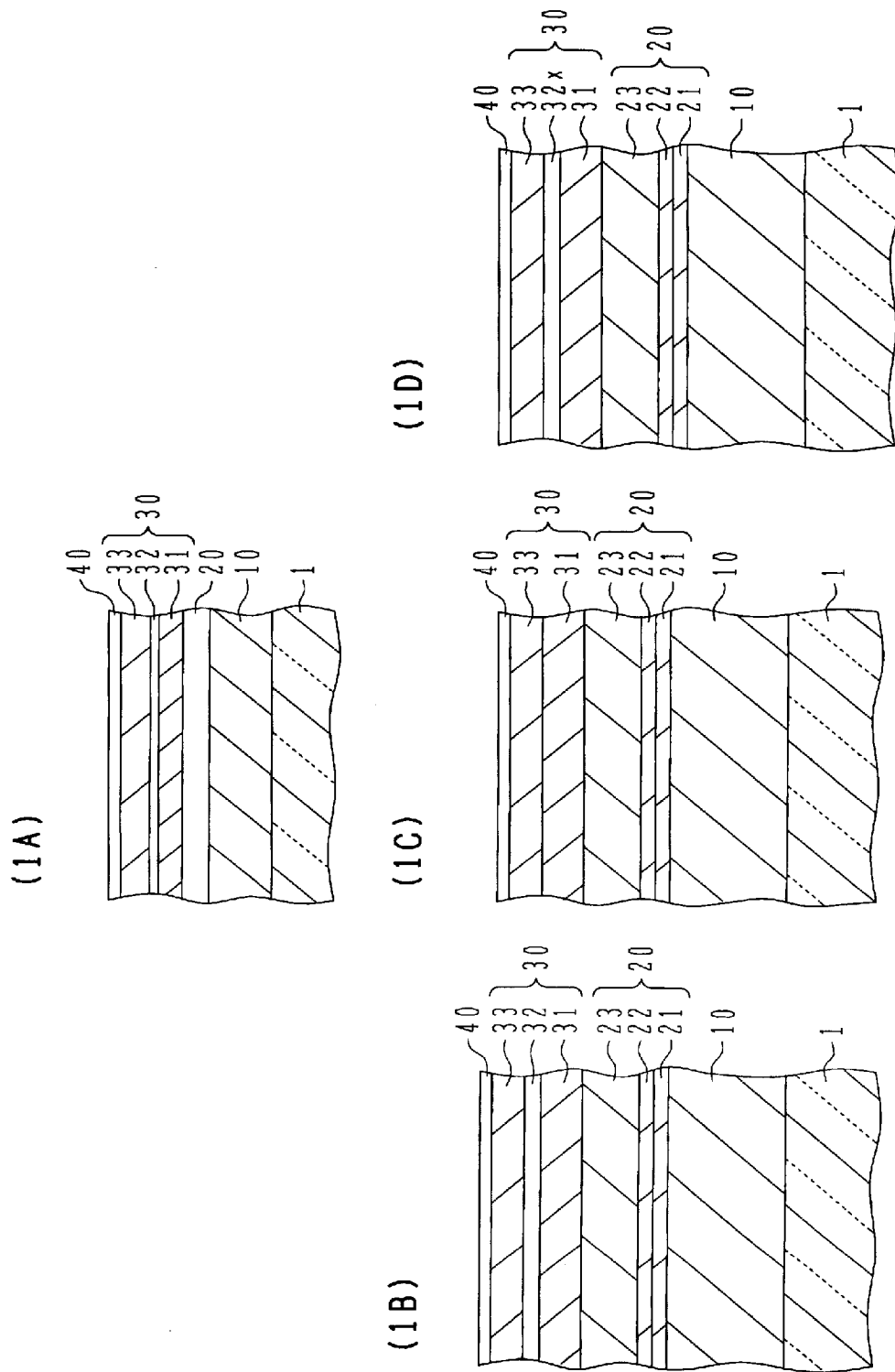
[0056] E C C構造を有する垂直磁気記録媒体

## 請求の範囲

- [1] 非磁性基板と、  
前記非磁性基板上方に形成された軟磁性裏打ち層と、  
前記軟磁性裏打ち層上に形成された非磁性中間層と、  
前記中間層上に形成された磁気記録層であって、垂直磁気異方性を有する第1の強磁性記録層と、前記第1の強磁性記録層上に形成され、Pd、Pt、これらの合金のいずれかで形成された結合層と、前記結合層上に形成され、垂直磁気異方性を有する第2の強磁性記録層を含む磁気記録層と、  
を有する垂直磁気記録媒体。
- [2] 前記第1の強磁性記録層と前記第2の強磁性記録層とが、外部磁界を印加しない状態で、強磁性の結合状態を有する請求項1記載の垂直磁気記録媒体。
- [3] 前記第1の強磁性記録層は、前記第2の強磁性記録層より大きい垂直磁気異方性を有する請求項1または2記載の垂直磁気記録媒体。
- [4] 第1の強磁性記録層がCoCrPt合金を含むグラニュー磁性層で形成され、第2の強磁性記録層がCoCrPtの磁性合金で形成された請求項3記載の垂直磁気記録媒体。
- [5] 前記結合層の厚さが、0.4nm～1.1nmの範囲である請求項1～4のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体。
- [6] 前記中間層が複数の層で形成され、前記中間層の少なくとも上部の層と、前記強磁性記録層とは、面心立方構造、または六方稠密構造の結晶構造を有する請求項1～5のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体。
- [7] 前記中間層が、NiFeCr層とその上に形成されたRu層を含み、前記第1の強磁性記録層が前記Ru層の上に形成されている請求項1～6のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体。
- [8] 前記軟磁性裏打ち層が、第1のFeCoB層と、その上に形成されたRu層と、その上に形成されたFeCoB層との積層、またはFeCoZrTa層と、その上に形成されたRu層と、その上に形成されたFeCoZrTa層との積層を含む請求項1～7のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体。

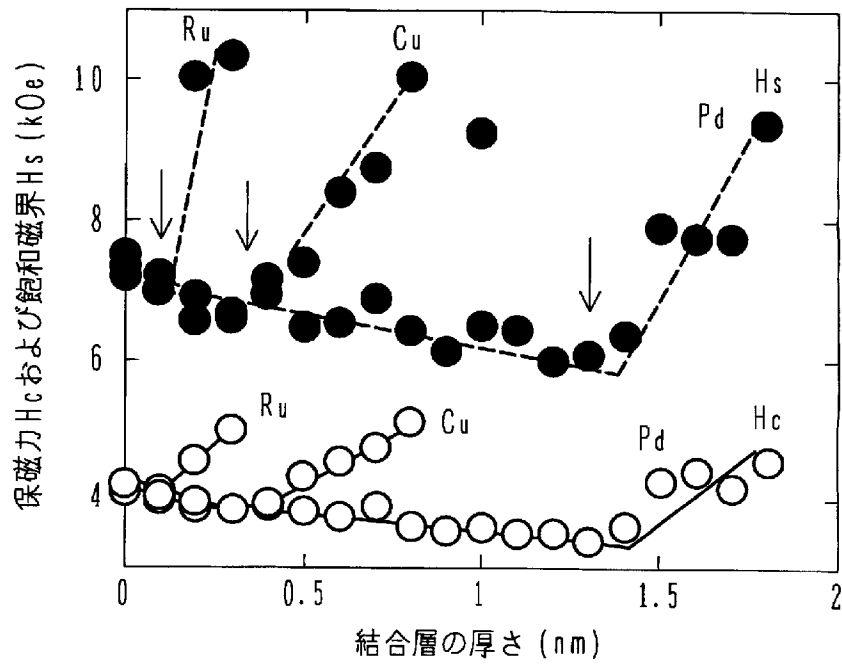
- [9] 前記結合層が、厚さ0.4 nm～1.7 nmのPd層である請求項1～8のいずれか1項記載の垂直記録媒体。
- [10] 前記結合層が、厚さ0.4 nm～1.4 nmのPd層である請求項9記載の垂直記録媒体。
- [11] 前記結合層が、厚さ0.4 nm～1.1 nmのPt層である請求項1～8のいずれか1項記載の垂直記録媒体。

[図1]



[図2]

(2A)

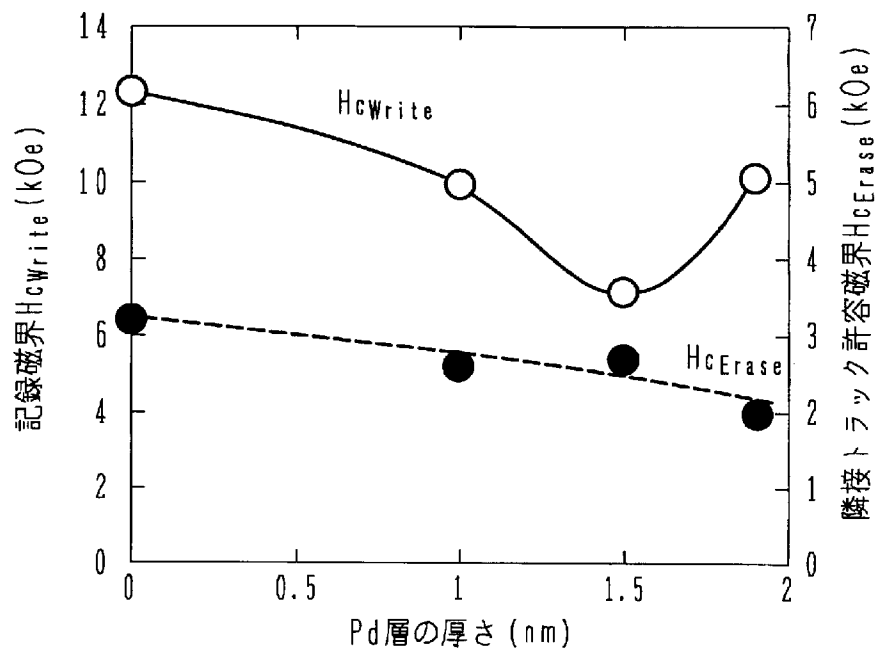


(2B)

| 結合層の厚さ (nm) | $H_c/H_c(0)$ |      |      | $H_s/H_s(0)$ |      |      |
|-------------|--------------|------|------|--------------|------|------|
|             | Ru           | Cu   | Pd   | Ru           | Cu   | Pd   |
| 0           | 1.00         | 1.00 | 1.00 | 1.00         | 1.00 | 1.00 |
| 0.1         | 0.98         | 0.98 | 0.96 | 0.95         | 0.97 | 0.99 |
| 0.3         |              | 0.94 | 0.92 |              | 0.92 | 0.92 |
| 1           |              |      | 0.86 |              |      | 0.89 |
| 1.3         |              |      | 0.81 |              |      | 0.84 |
| 1.8         |              |      | 1.08 |              |      | 1.29 |

[図3]

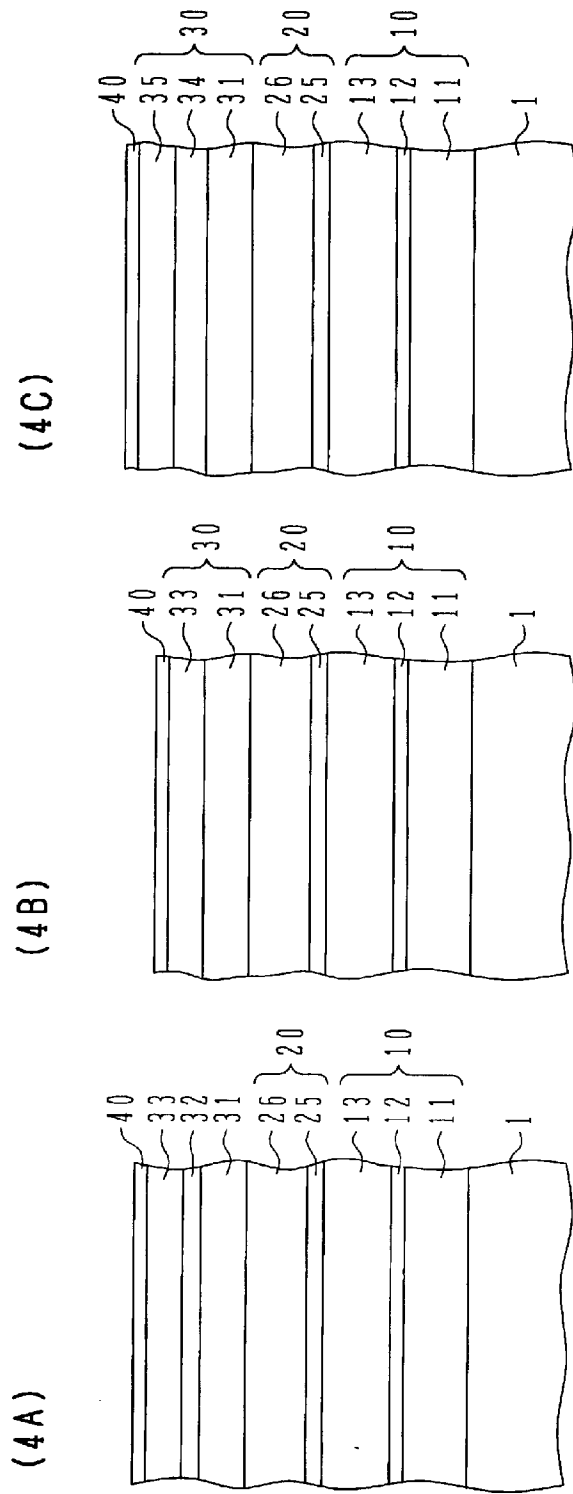
(3A)



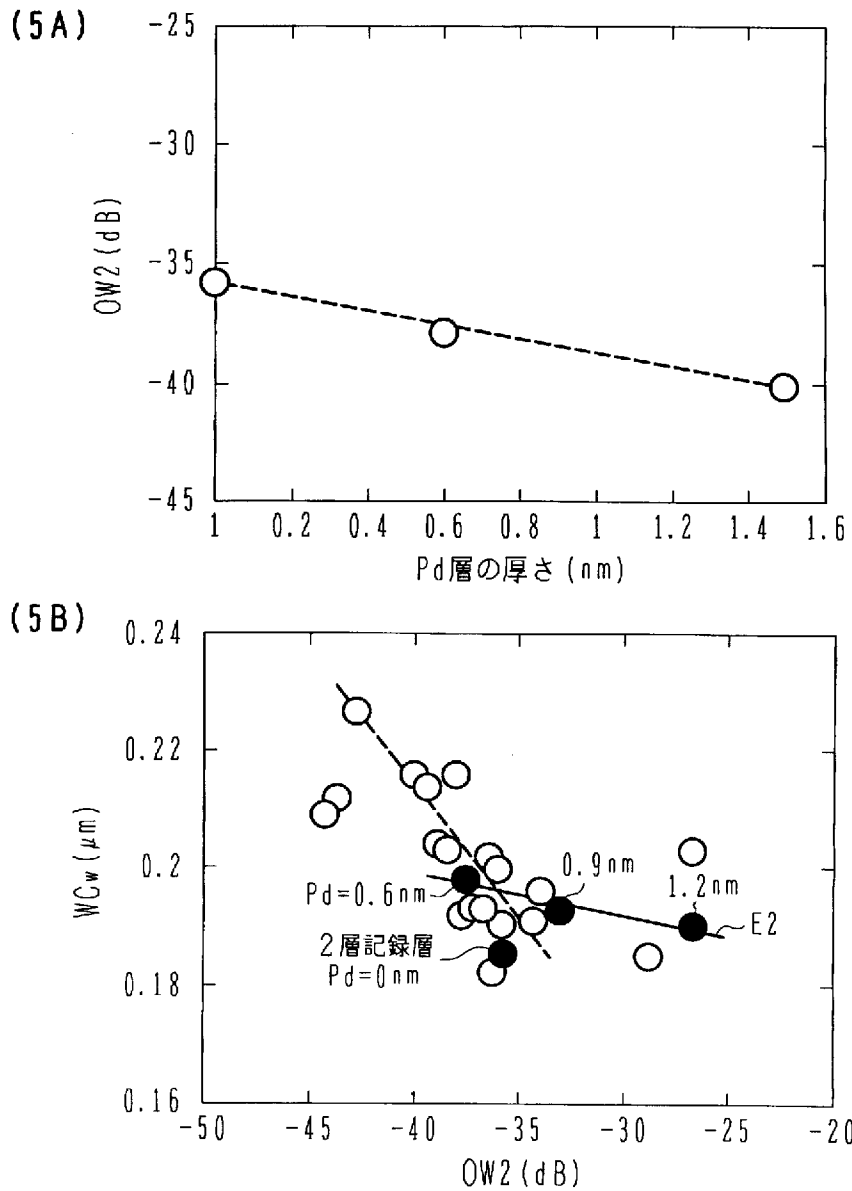
(3B)

| Pd<br>(nm) | Hc<br>(kOe) | HcWrite<br>(kOe) | HcErase<br>(kOe) | HcErase/HcWrite |
|------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0.0        | 4.4         | 12.3             | 3.2              | 0.26            |
| 1.0        | 3.6         | 10.0             | 2.6              | 0.26            |
| 1.5        | 3.5         | 7.2              | 2.7              | 0.37            |
| 1.9        | 2.8         | 10.1             | 2.0              | 0.20            |

[図4]



[図5]

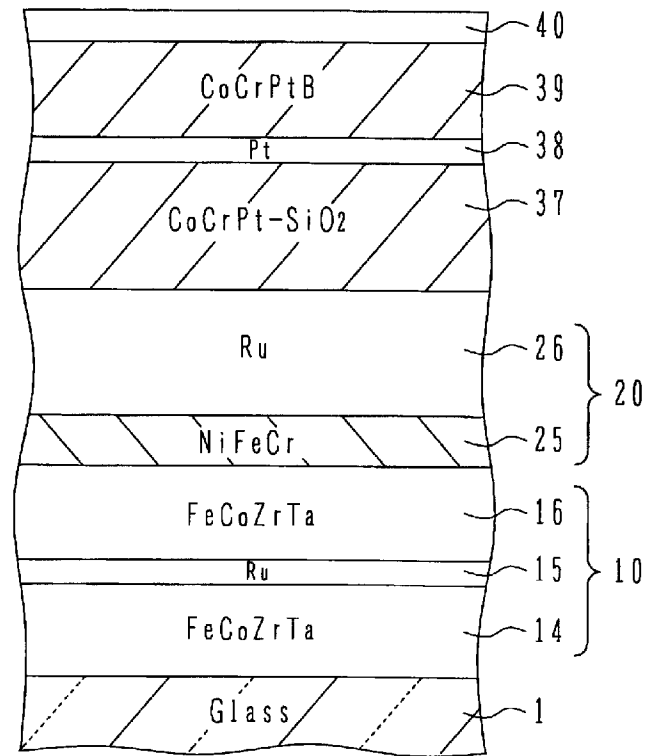


(5C)

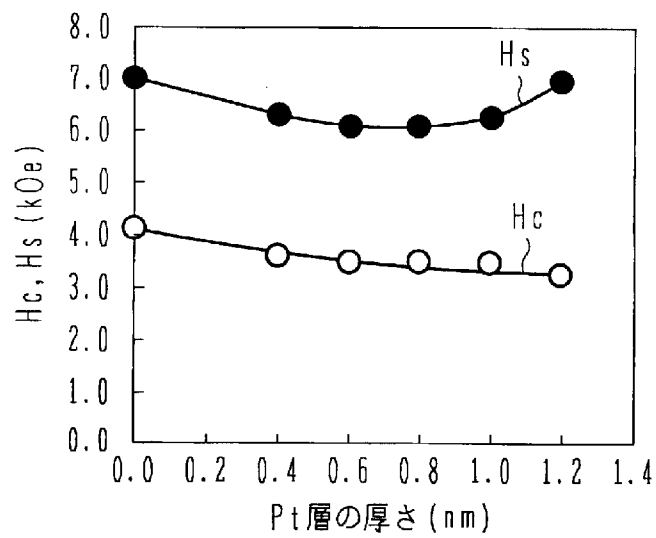
| 試料番号<br>BER     | バイトエラーレート (BER) |          | Wcw (μm) |
|-----------------|-----------------|----------|----------|
|                 | 990kBPI         | 1100kBPI |          |
| 第2の実施例          | -5.15           | -3.75    | 0.171    |
| 比較例4<br>(2層記録層) | -5.18           | -3.93    | 0.177    |

[図6]

(6A)



(6B)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000260

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/66(2006.01)i, G11B5/65(2006.01)i, G11B5/667(2006.01)i, G11B5/738(2006.01)i

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)

G11B5/62-5/82

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

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2007 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2007 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2007 |

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. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | WO 2006/003922 A1 (Hoya Corp.),<br>12 January, 2006 (12.01.06),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                                                       | 1-11                  |
| A         | JP 2006-048900 A (Fuji Electric Device<br>Technology Co., Ltd.),<br>16 February, 2006 (16.02.06),<br>Full text; all drawings<br>& US 2006/177703 A1 & CN 1734565 A | 1-11                  |
| A         | JP 2004-039033 A (Toshiba Corp.),<br>05 February, 2004 (05.02.04),<br>Full text; all drawings<br>& US 2004/053078 A1                                               | 1-11                  |

☐ 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  
11 May, 2007 (11.05.07)

Date of mailing of the international search report  
22 May, 2007 (22.05.07)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G11B5/66(2006.01)i, G11B5/65(2006.01)i, G11B5/667(2006.01)i, G11B5/738(2006.01)i

## 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 (I P C))

Int.Cl. G11B5/62-5/82

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

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2007年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2007年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2007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<br>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<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| X               | WO 2006/003922 A1 (HOYA株式会社)<br>2006.01.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                            | 1-11             |
| A               | JP 2006-048900 A<br>(富士電機デバイステクノロジー株式会社)<br>2006.02.16, 全文, 全図<br>& US 2006/177703 A1<br>& CN 1734565 A | 1-11             |

☒ 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。

## \* 引用文献のカテゴリー

「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  
「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  
「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)  
「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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「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  
「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  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.05.2007

国際調査報告の発送日

22.05.2007

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

馬場 慎

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

5D

9743

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                         |                  |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求の範囲の番号 |
| A                     | J P 2 0 0 4 - 0 3 9 0 3 3 A (株式会社東芝)<br>2 0 0 4 . 0 2 . 0 5 , 全文, 全図<br>& U S 2 0 0 4 / 0 5 3 0 7 8 A 1 | 1 - 1 1          |