

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年11月27日 (27.11.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/143296 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/JP2008/059374

(22) 国際出願日:

2008年5月21日 (21.05.2008)

(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2007-133679 2007年5月21日 (21.05.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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). 株式会社東芝 (TOSHIBA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番
1号 Tokyo (JP). 昭和電工株式会社 (SHOWA DENKO
K.K.) [JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目
13番9号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

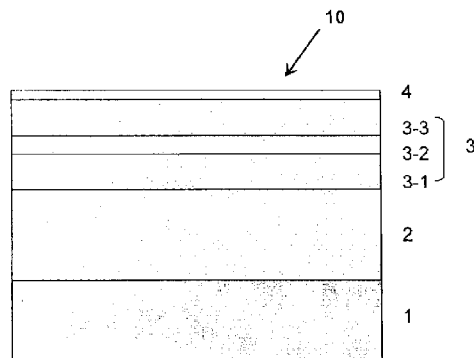
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高橋 研 (TAKA-
HASHI, Migaku) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青
葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内
Miyagi (JP). 斉藤 伸 (SAITO, Shin) [JP/JP]; 〒9808577
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学
法人東北大学内 Miyagi (JP). 前田 知幸 (MAEDA, To-
moyuki) [JP/JP]; 〒2128582 神奈川県川崎市幸区小向
東芝町1 株式会社東芝内 Kanagawa (JP). 竹尾 昭彦
(TAKEO, Akihiko) [JP/JP]; 〒2128582 神奈川県川崎
市幸区小向東芝町1 株式会社東芝内 Kanagawa (JP).

[続葉有]

(54) Title: VERTICAL MAGNETIC RECORDING MEDIUM, AND MAGNETIC RECORDING/REPRODUCING DEVICE

(54) 発明の名称: 垂直磁気記録媒体および磁気記録再生装置

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a vertical magnetic recording medium comprising a non-magnetic substrate and at least a soft magnetic underlayer, a vertical magnetic recording layer and a protective layer arranged on the non-magnetic substrate. The vertical magnetic recording layer is composed of a main recording layer, a non-magnetic intermediate layer and a support layer. The main recording layer comprises a material which comprises a magnetic crystalline particle and a grain boundary area surrounding the magnetic crystalline particle and has a vertical magnetic anisotropy. The support layer comprises a material having a negative crystalline magnetic anisotropy. The non-magnetic intermediate layer is formed between the main recording layer and the support layer, and comprises at least one metal selected from Ru, Rh and Ir or an alloy of the metal. The magnetic recording medium has good thermal stability and good recording/regenerating properties and enables a high-density recording.

(57) 要約: 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地層と垂直磁気記録層と保護層を有する垂直磁気記録媒体において、垂直磁気記録層を、主記録層と非磁性中間層と補助層から構成し、主記録層を、磁性結晶粒子とそれを取り囲む粒界領域を有し、かつ垂直磁気異方性を有する材料から構成し、補助層を、負の結晶磁気異方性を有する材料から構成し、非磁性中間層

[続葉有]



WO 2008/143296 A1



佐々木 有三 (SASAKI, Yuzo) [JP/JP]; 〒2900067 千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電工エレクトロニクス株式会社内 Chiba (JP). 坂口 竜二 (SAKAGUCHI, Ryuji) [JP/JP]; 〒2900067 千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電工エレクトロニクス株式会社内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 内田 幸男 (UCHIDA, Yukio); 〒1050014 東京都港区芝二丁目5番10号 サニーポート芝 1005 内田特許事務所 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN,

KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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.

(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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

垂直磁気記録媒体および磁気記録再生装置

技術分野

[0001] 本発明は、磁気記録技術を用いたハードディスク装置などに用いられる垂直磁気記録媒体および磁気記録再生装置に関する。

背景技術

[0002] コンピュータを中心に利用されている情報記録、再生を行う磁気記憶装置(HDD)は、その大容量、安価性、データアクセスの速さ、データ保持の信頼性などの理由により、近年徐々に応用の幅を広げ、家庭用ビデオデッキ、オーディオ機器、車載ナビゲーションシステムなど様々な分野で利用されている。HDDの利用の幅が広がるにつれ、その記憶容量の高密度化の要求も増し、近年、HDDの高密度化研究開発は重要さが増している。

[0003] 現在市販されているHDDの磁気記録方式として、いわゆる垂直磁気記録方式が、従来の面内磁気記録方式に代わる技術として急速に利用が広まっている。垂直磁気記録方式は、情報を記録する磁気記録層を構成する磁性結晶粒子が、基板に対して垂直方向にその磁化容易軸を持つ。ここで、磁化容易軸とは、磁化の方向が向きやすい軸のことであり、Co系合金の場合、Coのhcp構造の(0001)面の法線に平行な軸(c軸)である。このため、高密度化の際にも記録ビット間の反磁界の影響が少なく、また高密度化においても静磁的に安定である。垂直磁気記録媒体は、一般に、基板と、垂直磁気記録層の磁性結晶粒を(0001)面配向させ、かつその配向分散を低減する配向制御下地層と、硬質磁性材料を含む垂直磁気記録層と、垂直磁気記録層の表面を保護する保護層から形成されている。さらに、基板と配向制御下地層との間に、記録時に磁気ヘッドから発生する磁束を集中させる役割を担う軟磁性下地層が設けられる。

[0004] 垂直磁気記録媒体の記録密度の高密度化には、熱安定性を保ちながら低ノイズ化を実現する必要がある。ノイズ低減法としては、記録層の磁性結晶粒を膜面内で磁氣的に孤立させ、磁性結晶粒子間の磁氣的相互作用を低減させると同時に、磁性

結晶粒子そのものの大きさを微細化する方法が一般に用いられている。具体的には、例えば、記録層に SiO_2 などを添加し、磁性結晶粒子がこれらの添加物を主成分とする粒界領域に取り囲まれた、いわゆるグラニュー構造を有する垂直磁気記録層を形成する方法がある。しかしながら、このような方法で低ノイズ化を追求すると、熱安定性を確保するために磁性結晶粒子の磁気異方性エネルギー(K_u)を必然的に増加させる必要がある。しかしながら、磁性結晶粒子の磁気異方性エネルギーを増加させると、異方性磁界や飽和磁界、保磁力もまた大きくなってしまふことから、書き込みの際の磁化反転に必要な記録磁界も大きくなってしまふため、記録ヘッドによる書き込み能力(Writability)が低下し、その結果記録・再生特性が劣化するという問題が生じる。

[0005] この問題を克服するため、上述したグラニュー構造において磁氣的に孤立した硬磁性粒子からなる垂直磁気記録層(主記録層)の上または下に、同様に磁氣的に孤立した軟磁性粒子からなる層(補助層)を設けた、いわゆるコンポジットメディアが提案されている(例えば、非特許文献1)。このコンポジットメディアでは硬磁性粒子と軟磁性粒子は強磁性的に交換結合しているため、磁化が印加されていない残留磁化状態では、硬磁性粒子と軟磁性粒子を合わせた垂直磁気記録層全体の粒子の磁化は、従来の垂直磁気記録媒体と同様に垂直方向を向いている。

一方、従来の垂直磁気記録媒体と異なり、コンポジット媒体では、記録磁界印加時に補助層部分の磁化が主記録層に先立って磁化回転を開始することができる。

[0006] このため、主記録層の硬磁性粒子は磁化反転の際に、印加磁界や自身の反磁界に加えて、補助層の軟磁性粒子との間に働く交換磁界のアシストを受けるため、従来の垂直磁気記録媒体比べて低い印加磁界で磁化反転が容易となり、Writabilityを著しく向上させることができる。しかしながら、交換結合した主記録層と補助層は一体化して熱揺らぎを受けるため、補助層として K_u の絶対値が小さい軟磁性層を用いると、全体の K_u の平均値が低下するため、熱揺らぎ耐性の低下を招いてしまふ。

[0007] これに対して、軟磁性粒子の代わりに、絶対値は大きい符号が負の K_u を有する結晶粒子を補助層に用いることで、記録層全体の熱揺らぎ耐性をさらに向上させたコンポジットメディアが提案されている(特許文献1)。特許文献1に開示されているよ

うに、このような補助層を用いることによりWritabilityが向上するのに加えて、熱揺らぎ耐性の向上も期待される。

[0008] しかしながら、特許文献1のコンポジットメディアでは主記録層と補助層とが強く交換結合しているため、補助層の持つ負の K_u の影響でヒステリシスループにおける角型比(R_s)が1未満に劣化してしまう傾向にあり、このため結果として熱揺らぎ耐性に、期待されるような顕著な向上がみられない、という問題が生じていた。

さらに主記録層と補助層の間の非磁性中間層材料を設けることが提案され、その材料について研究されているが(非特許文献2および3)、これについては後述する。

[0009] 非特許文献1:IEEE Transaction on Magnetism, vol. 41, pp. 537

特許文献1:特開2006-351058号公報

非特許文献2:IEEE Transaction on Magnetism, vol. 41, pp. 3138

非特許文献3:第30回日本応用磁気学会講演会概要集 13aC-7

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、良好な熱安定性と良好な記録・再生特性をともに有し、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体、およびこれを用いた磁気記録装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明は、上記の課題を達成するためになされたもので以下の発明からなる。

(1) 基板と、該基板上に形成された少なくとも一層の軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層と、該垂直磁気記録層上に形成された保護層を具備し、

該垂直磁気記録層は、主記録層と非磁性中間層と補助層から構成されており、
該主記録層は、磁性結晶粒子とそれを取り囲む粒界領域を有し、かつ垂直磁気異方性を有しており、

該補助層は、負の結晶磁気異方性を有しており、
該非磁性中間層は、主記録層と補助層の間に形成され、Ru, Rh, Irの中から選択される少なくとも一種の金属または合金を含む

ことを特徴とする磁気記録媒体。

[0012] (2)前記補助層の結晶磁気異方性の絶対値が、 10^5 erg/cc以上である前記(1)に記載の磁気記録媒体。

(3)前記補助層の厚さが0.5nm以上である、前記(1)または(2)に記載の磁気記録媒体。

(4)前記補助層の厚さが、前記主記録層の厚さの半分以下である前記(1)～(3)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

[0013] (5)前記補助層は、Co-Ir, Co-Fe, Mn-Sb, Fe-C, Fe-Ptの中から選択される少なくとも一種の合金を含む前記(1)～(4)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

(6)前記補助層がCo-Irからなり、かつIr含有量が5～40原子パーセントの範囲である前記(5)に記載の磁気記録媒体。

(7)前記補助層が、前記(5)または(6)に記載の合金を含む磁性結晶粒子と、それを取り囲む粒界領域を有している前記(1)～(6)のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

[0014] (8)前記補助層の粒界領域が、Si, Ti, Cr, Al, Mg, Ta, Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物または窒化物または炭化物からなる前記(7)に記載の磁気記録媒体。

(9)前記補助層に含まれる前記酸化物または窒化物または炭化物の物質量の合計の割合が、1～20モル%の範囲である前記(8)に記載の磁気記録媒体。

(10)前記非磁性中間層膜厚が、0.3nm～2nmの範囲内である前記(1)～(9)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

[0015] (11)前記非磁性中間層が、Ru, Rh, Irの中から選択される少なくとも一種の金属または該金属の合金からなる結晶粒と、それを取り囲む粒界領域を有する前記(1)～(10)のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

(12)前記非磁性中間層の粒界領域が、Si, Ti, Cr, Al, Mg, Ta, Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物または窒化物または炭化物からなる前記(11)に記載の磁気記録媒体。

(13)前記非磁性中間層に含まれる前記酸化物または窒化物または炭化物の物質量の合計の割合が、1～20モル%の範囲である前記(12)に記載の磁気記録媒体。

[0016] (14)前記主記録層の磁性結晶粒子が、CoおよびPtを含み、六方最密充填(hcp)構造を有し、(0001)面配向している前記(1)～(13)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

(15)前記主記録層の粒界領域が、Si, Ti, Cr, Al, Mg, Ta, Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物または窒化物または炭化物からなる前記(1)～(14)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

(16)前記主記録層に含まれる前記酸化物または窒化物または炭化物の物質量の合計の割合が、5～20モル%の範囲である前記(15)に記載の磁気記録媒体。

[0017] (17)前記軟磁性下地層が、Co—Zr—Nb, CoB, CoTaZr, FeSiAl, FeTaC, CoTaC, NiFe, Fe, FeCoB, FeCoN, FeTaN, CoIrの中から選択される少なくとも一種の合金を含む前記(1)～(16)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

(18)前記軟磁性下地層がCoIrからなり、かつIr含有量が5～40原子パーセントの範囲である前記(1)～(17)のいずれかに記載の磁気記録媒体。

[0018] (19)前記軟磁性下地層と前記垂直磁気記録層の間に、
(0001)面配向したhcp構造、または
面心立方(fcc)構造と体心立方(bcc)構造の混合による層状不整格子を含む
(111)面配向した構造、または
fcc構造とhcp構造の混合による層状不整格子を含む(111)面配向した構造
を有する金属または合金からなる非磁性下地層が設けられている前記(1)～(18)の
いずれかに記載の磁気記録媒体。

(20)前記非磁性下地層が、(0001)面配向したRu, Ti, Re, Ru—Cr, Ru—W, Ru—Co, (111)面配向したPt—Cr, Au—Cr, Pd—Cr, Ir—Cr, Pd—W, Pd—W—Cr, Ir—Tiの中から選択される少なくとも一種である前記(19)に記載の磁気記録媒体。

[0019] (21)前記軟磁性下地層と前記非磁性下地層との間にシード層が設けられている上記(19)または(20)に記載の磁気記録媒体。

(22)前記シード層が、Pd、Pt、Ta、Ni-Ta、Ni-Nb、Ni-Zr、Ni-Fe-Cr、Ni-Feの中から選択される少なくとも一種である前記(21)に記載の磁気記録媒体。

(23)前記(1)～(22)のいずれかに記載の磁気記録媒体と、記録再生ヘッドを具備することを特徴とする磁気記録再生装置。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、媒体SNRが向上し、OW特性に優れ、良好な熱揺らぎ耐性を示す垂直磁気記録媒体が得られ、高密度記録が可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]垂直磁気記録媒体の一例を示す模式的断面図である。

[図2]垂直磁気記録媒体の他の例を示す模式的断面図である。

[図3]結晶のfcc構造の(111)配向を示す。

[図4]垂直磁気記録媒体のさらに他の例を示す模式的断面図である。

[図5]磁気記録再生装置の一例を示す斜視図である。

[図6]垂直磁気記録層の膜垂直方向のヒステリシスループの一例を示す。縦軸はKerr回転角 θ を表し、横軸は印加磁界Hを表す。

[図7]補助層のIr組成(Ir添加量)と補助層のKuの関係を示すグラフである。

[図8]補助層のIr組成(Ir添加量)と磁気記録媒体のSNRmの関係を示すグラフである。

[図9]補助層のIr組成(Ir添加量)と磁気記録媒体のOWの関係を示すグラフである。

[図10]補助層のIr組成(Ir添加量)と磁気記録媒体の V_{1000}/V_0 の関係を示すグラフである。

[図11]主記録層に含まれる SiO_2 組成zが8のとき、補助層に含まれる SiO_2 組成(SiO_2 添加量)yと磁気記録媒体のSNRmの関係を示すグラフである。

[図12]補助層に含まれる SiO_2 組成(SiO_2 添加量)yを8としたとき、主記録層に含まれる SiO_2 組成zと磁気記録媒体のSNRmの関係を示すグラフである。

[図13]非磁性中間層に含まれる SiO_2 組成(SiO_2 添加量)aと磁気記録媒体のSNRmの関係を示すグラフである。

[図14]非磁性中間層の膜厚とH_cの関係を示すグラフである。

[図15]非磁性中間層の膜厚とH_sの関係を示すグラフである。

[図16]非磁性中間層の膜厚とR_sの関係を示すグラフである。

[図17]非磁性中間層の膜厚とSNR_mの関係を示すグラフである。

[図18]非磁性中間層の膜厚と V_{1000}/V_0 の関係を示すグラフである。

符号の説明

- [0022]
- | | |
|----------|-----------|
| 1 | 基板 |
| 2 | 軟磁性下地層 |
| 3 | 垂直磁気記録層 |
| 3-1 | 補助層 |
| 3-2 | 非磁性中間層 |
| 3-3 | 主記録層 |
| 4 | 保護層 |
| 5 | 非磁性下地層 |
| 6 | シード層 |
| 10、20、40 | 垂直磁気記録媒体 |
| 51 | 磁気ディスク |
| 52 | スピンドル |
| 53 | スライダー |
| 54 | サスペンション |
| 55 | アーム |
| 56 | ボイスコイルモータ |
| 57 | 固定軸 |
| 58 | 蓋体 |

発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下、本発明を詳しく説明する。

本発明の垂直磁気記録媒体は、基板と、該基板上に形成された少なくとも一層の軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層と、該垂直磁気

記録層上に形成された保護層を具備している。

そして垂直磁気記録層は、主記録層と非磁性中間層と補助層から構成されており、主記録層は、磁性結晶粒子とそれを取り囲む粒界領域を有し、かつ垂直磁気異方性を有している。

[0024] 補助層は、負の結晶磁気異方性を有している。

非磁性中間層は、主記録層と補助層の間に形成され、Ru, Rh, Irから選択される少なくとも一種の金属または合金を含む。

[0025] 本発明の磁気記録再生装置は、上述の磁気記録媒体と記録再生ヘッドとを具備する。

以下、図面を参照して、本発明に係る垂直磁気記録媒体具体的に説明する。

図1は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の一例を表す模式的断面図である。

[0026] 図示するように、この垂直磁気記録媒体10は、基板1上に、軟磁性下地層2と、垂直磁気記録層3と、保護層4とが順に積層された構造を有する。垂直磁気記録層3は、補助層3-1と非磁性中間層3-2と主記録層3-3の三層からなる。

本発明の垂直磁気記録媒体の垂直磁気記録層は、少なくとも一層の補助層と、少なくとも一層の非磁性中間層と、少なくとも一層の主記録層から構成される。

[0027] 本発明の垂直磁気記録媒体の主記録層としては、各磁性結晶粒子を非磁性の粒界領域が取り囲んだ、グラニューラ構造をとるものを用いることが好ましい。主記録層の磁性結晶粒界に非磁性の粒界領域を形成させることで、磁性結晶粒間の交換相互作用を低減させることができるため、記録・再生特性における遷移性ノイズを低減させることができる。

[0028] 磁性結晶粒子材料としては、実質的に(0001)面配向した、CoおよびPtを含有するhcp構造の合金材料が好ましい。hcp構造のCo合金結晶粒が(0001)面配向していると、磁化容易軸が基板面に対して垂直方向に配向し、垂直磁気異方性を発現するため、垂直磁気記録媒体として好ましい。より好ましくは、例えばCo—PtおよびCo—Pt—Cr系の合金材料を使用し得る。これらの合金は、高い結晶磁気異方性エネルギーを有しているため熱揺らぎ耐性が高く、好ましい。これらの合金材料に、磁気特性を改善する目的で、必要に応じてTaやCu, B, Ndといった添加元素を加えるこ

とができる。

[0029] 主記録層が、グラニューラ構造を形成しているかどうかは、例えば、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて主記録層平面を観察することにより確認できる。また、エネルギー分散型X線分析(EDX)を併用すれば、結晶粒子部および粒界領域部の元素の同定およびその組成を評価することができる。

[0030] 各層の結晶粒の配向面は、例として、一般的なX線回折装置(XRD)を用いて、 $\theta-2\theta$ 法によって評価することができる。

主記録層の粒界領域を構成する材料としては、Si, Ti, Cr, Al, Mg, Ta, Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物、窒化物、炭化物といった化合物が好ましく使用しうる。これらの化合物は、上述の結晶粒材料とほとんど固溶しないため析出しやすく、好ましい。具体的には、SiOx, TiOx, CrOx, AlOx, MgOx, TaOx, YOx, TiNx, CrNx, SiNx, AlNx, TaNx, SiCx, TiCx, TaCxなどが挙げられる。

[0031] 粒界領域を構成する材料は、結晶質であっても、非晶質であっても構わない。磁性結晶粒を形成する合金に対する粒界領域を構成する上記材料の物質量の割合の合計は、5～20モル%の範囲が好ましい。5モルパーセント未満ならばグラニューラ構造を維持するのが困難となり、20モルパーセントを超えるとR/W特性における再生出力が低下するため、好ましくない。

主記録層は、これらの材料を用いた二層以上の多層膜としてもよい。その場合、少なくとも一層が、上述のグラニューラ構造をとっていればよい。

[0032] 本発明の垂直磁気記録媒体の補助層は、媒体面に対して垂直な方向に対する結晶磁気異方性エネルギー(Ku)が負の値をとる材料を用いる。すなわち、この補助層の磁化困難軸は媒体面に対して垂直方向となる。この場合、磁化容易軸方向は、磁化困難軸に対して直行する面内、すなわち媒体面と平行な面内の任意の方向を取りうる。従って、このような磁気特性を持つ磁性体の場合、磁化容易軸を特定の軸方向に定義することができないため、本発明においては磁化容易軸が存在する面を「磁化容易面」と定義する。

[0033] このような特性を示す材料としては、CoIr, CoFe, MnSb, FeC, またはFe-Ptなどを挙げるることができる。CoIr(Co-Irと表す場合も同じ)などはCoとIrの合

金を表し、CoとIrの原子比が1:1を意味するものではない(以下同様)。またFe-Pt₃としては、Fe₃Ptを用いるのが好ましい。

[0034] 本発明の補助層の K_u の絶対値は 10^5 erg/cc 以上とすることが好ましい。

前述のように、交換結合された主記録層と補助層とは、一体化して熱揺らぎをうけるため、補助層の K_u も大きくないと垂直磁気記録層全体の熱揺らぎ耐性は低下する。例えば、上記非特許文献1に記載のコンポジットメディアの場合、補助層の K_u が0とみなせる軟磁性材料を用いているため、熱揺らぎ耐性を主記録層のみで担わなければならない、熱揺らぎ耐性を維持するためには必然的に主記録層と補助層の合計膜厚を大きくせざるを得なくなる。これは、SULと記録ヘッド間の距離を短くしなければならない垂直磁気記録媒体にとっては好ましくない。この際、補助層と主記録層とで異方性の容易軸の向きが直行するが、熱揺らぎ耐性的には、容易軸の向きが平行である場合と同様に考えることができる。すなわち、補助層の K_u が大きい場合、両者のエネルギーの折り合いが付くところで磁化の微細構造が決まるが、そのようにして決まった構造自体が両者の K_u の絶対値の中間の値の熱揺らぎ耐性を持つからである。従って、補助層の K_u の絶対値は大きい方が好ましい。具体的には、 10^5 erg/cc 以上であると好ましく、 10^6 erg/cc 以上であればさらに好ましいことが実験によって明らかとなった。

[0035] このような条件を満たす補助層の材料としては、前述のCoIrや、CoFe、MnSb、FeC、Fe₃Ptなどを挙げることができる。この中でもCoIrは、現行のHDD用媒体の磁気記録層として用いられているCoCrPt合金と同じhcp構造をとり、格子定数も近いので両者を積層しても結晶配向が崩れにくいという利点がある。従って、(0001)面配向したCoIr上にCoCrPt合金を積層するとCoCrPt合金は容易に(0001)面配向する。この場合、補助層となるCoIrの磁化容易面は膜面であり、主記録層となるCoCrPtの磁化容易軸方向は、膜面垂直方向となる。

[0036] また、現在の垂直HDD用磁気記録媒体に用いられる下地層を用いて、(0001)面配向のCoCrPtを得ることができれば、逆に、CoCrPt上に積層されるCoIrを(0001)面配向させることができる。この場合も、補助層となるCoIrの磁化容易面は膜面であり、主記録層となるCoCrPtの磁化容易軸方向は、膜面垂直方向である。

[0037] 補助層としてCoIrを用いた場合、Ir組成を変化させることで、補助層の飽和磁化量(Ms)や、 K_u の絶対値を調整することができる。具体的には、CoIr中のIrの含有量を5～40原子%とすると、 K_u の絶対値が 10^5 erg/cc以上を得ることができ、かつ負の値を得ることができる。10～30原子%とすると、 K_u の絶対値が 10^6 erg/cc以上を得ることができ、かつ負の値を得ることができるため、さらに好ましい。

[0038] さらに、補助層の厚さは0.5nm以上であることが好ましく、さらに好ましくは1nm以上である。補助層の厚さが0.5nm未満であるとティルテッドメディアとしての効果が小さくなり、かつ媒体全面に亘って均一性を保つことが困難となるからである。

[0039] さらに、補助層の厚さは、主記録層の厚さの半分以下であることが好ましい。補助層の厚さが主記録の厚さの半分以上を超えると、残留磁化の主成分が面内方向となり、垂直磁気記録媒体としての信号強度が低下する。

補助層は、これらの材料を用いた二層以上の多層膜としてもよい。

[0040] 主記録層と同様に、補助層も各磁性結晶粒子を非磁性の粒界領域が取り囲んだ、グラニュー構造をとるものを用いると、磁性結晶粒間の交換相互作用を低減させることができるため、記録・再生特性における遷移性ノイズを低減させることができ、好ましい。

[0041] 補助層の粒界領域を構成する材料としては、Si, Ti, Cr, Al, Mg, Ta, Yのうち少なくとも一種の酸化物、窒化物、炭化物といった化合物が好ましく使用しうる。これらの化合物は、上述の結晶粒材料とほとんど固溶しないため析出しやすく、好ましい。具体的には、SiOx, TiOx, CrOx, AlOx, MgOx, TaOx, YOx, TiNx, CrNx, SiNx, AlNx, TaNx, SiCx, TiCx, TaCxなどが挙げられる。

[0042] 粒界領域を構成する材料は、結晶質であっても、非晶質であっても構わない。磁性結晶粒を形成する合金に対する粒界領域を構成する上記材料の物質量の割合の合計は、1～20モル%の範囲が好ましい。1モルパーセント未満であるとSNR向上の効果が顕著に現れず、20モルパーセントを超えるとOW特性の向上が顕著に現れない。

[0043] 本発明の磁気記録媒体においては、主記録層と補助層の間に、Ru, Rh, Irの中から選択される少なくとも一種の金属または合金を含む非磁性中間層を設けている。

前述のように、補助層として負のKuをもつ磁性材料を用いた場合、従来の技術ではRsが劣化するため、Kuの絶対値が大きな補助層を用いているにもかかわらず、期待されたような熱揺らぎ耐性の向上が顕著に現れない、といった問題が生じていた。これに対して、発明者らが鋭意検討した結果、本発明のように、負のKuを持つ材料からなる補助層と主記録層との間に、Ru, Rh, Irの中から選択される少なくとも一種の金属または合金を含む非磁性中間層を挿入することにより、角型比を1に保つことができ、熱揺らぎ耐性を向上させうることを見出した。

[0044] 特許文献1に、負のKuを有する磁性材料からなる補助層と主記録層との間に2nm以下の非磁性体からなる中間層を設けることができる旨の記載がある。しかしながら、特許文献1には使用しうる非磁性中間層の材料の具体例が明記されていない。一方、補助層として軟磁性材料を用いるタイプのコンポジットメディアにおいて、主にHcの更なる低減を目的として、主記録層と補助層の間の非磁性中間層材料が研究されている。例えば、補助層として軟磁性材料である $\text{Fe}-\text{SiO}_2$ を用いた場合において、 $\text{Pd}-\text{SiO}_2$ を挿入する技術が非特許文献2に、同じく軟磁性材料である $\text{Co}-\text{SiO}_2$ を用いた場合において、 $\text{Pt}-\text{SiO}_2$ を挿入する技術が非特許文献3に、それぞれ提案されている。しかしながら、後述の比較例に示した通り、本発明のように補助層として負のKuを持つ磁性材料を用いるタイプのコンポジットメディアに対して、軟磁性タイプの場合に用いられている非磁性中間層を流用しても、Hcの低減効果は認められるものの、Rsは劣化する。

[0045] これに対し、発明者らが鋭意検討した結果、負のKuを持つ磁性材料を補助層として用いたコンポジットメディアに対しては、非特許文献2および3などで研究されている材料ではRs向上効果が現れず、Ru, Rh, Irから選択される少なくとも一種の金属または合金を含む材料を用いた場合のみRs向上効果が現れることを見出した。この原因については現在検討中であるが、非特許文献や2, 3に示唆されているような、単に主記録と補助層間の交換結合力を適度に弱める効果のみが原因であれば、非特許文献2, 3で開示されている材料を用いた場合でも同様の効果が期待されるはずであり、それだけでは説明がつかない。例えば、実施例5に示したように、本発明で用いている非磁性中間層材料は、膜厚に対してHcやHsの大きさが周期的に変化

する特性を示しており、このような特異な特性がRs向上効果と関係している可能性がある。

[0046] また、非特許文献2, 3で用いられているようなうすいPtやPdを介した場合、補助層と主記録層間には一般的に強磁性的な交換結合力が働く傾向があるのに対し、本発明で用いられているようなRu, RhまたはIrを介した場合には反強磁性的交換結合力が働く場合があることが知られており、このことが影響している可能性もある。いずれにしても、本発明における非磁性中間層挿入効果の原因は単純ではなく、現時点では明確になっていない。

[0047] 非磁性中間層の膜厚は、0.3から2nmの範囲であれば好ましい。より好ましくは、0.5から1.8nmの範囲である。非磁性中間層膜厚が0.3nm未満では連続膜になりにくく、角型比向上効果が顕著に現れない。2nmを超えると、交換結合が著しく弱まり、Writabilityの向上効果が顕著に現れない。

非磁性中間層の膜厚は、例えば、断面TEM観察により評価することができる。

[0048] 非磁性中間層として、グラニュー構造を持つものを用いると、非磁性中間層の上部に積層された主記録層または補助層の磁性結晶粒子の磁氣的孤立化が促進されるため、SNR特性が向上し、より好ましい。非磁性中間層の粒界領域を構成する材料としては、酸化物、窒化物、炭化物といった化合物が好ましく使用しうる。これらの化合物は、上述の非磁性結晶粒材料とほとんど固溶しないため析出しやすく、好ましい。具体的には、SiO_x, TiO_x, CrO_x, AlO_x, MgO_x, TaO_x, YO_x, TiN_x, CrN_x, SiN_x, AlN_x, TaN_x, SiC_x, TiC_x, TaC_xなどが挙げられる。

[0049] 粒界領域を構成する材料は、結晶質であっても、非晶質であっても構わない。非磁性結晶粒を形成する合金に対する粒界領域を構成する上記材料の物質量の割合の合計は、1～20モル%の範囲が好ましい。1モルパーセント未満であるとSNR向上の効果が顕著に現れず、20モルパーセントを超えると直上の層である補助層、または主記録層の配向性が低下するため、好ましくない。

[0050] 垂直磁気記録層と基板との間に高透磁率な軟磁性下地層を設けることにより、いわゆる垂直二層媒体が構成される。この垂直二層媒体において、軟磁性下地層は、垂直磁気記録層を磁化するための磁気ヘッド例えば単磁極ヘッドからの記録磁界を、

水平方向に通して、磁気ヘッド側へ還流させるという磁気ヘッドの機能の一部を担っており、磁界の記録層に急峻で十分な垂直磁界を印加させ、記録再生効率を向上させる役目を果たし得る。

[0051] このような軟磁性下地層として、例えばCoZrNb, CoB, CoTaZr, FeSiAl, FeTaC, CoTaC, NiFe, Fe, FeCoB, FeCoN, FeTaN, CoIrなどが挙げられる。

ここで、軟磁性下地層と補助層の両方にCoIr合金を用いて、かつ、両層が接した場合、両層の境界が不明瞭になることが考えられる。しかしながら、この場合の両層のCoIr合金は、その機能によって組成比が相違し、また補助層のCoIr合金においては、粒界層にSiO₂などを含む構造とすることが好ましいため、両層を識別することが可能である。

軟磁性下地層は、二層以上の多層膜であってもよい。その場合、それぞれの層の材料、組成、膜厚が異なってもよい。また、軟磁性下地層二層を薄いRu層を挟んで積層させた三層構造としてもよい。

[0052] また、軟磁性下地層と基板との間に、例えば、面内硬磁性膜および反強磁性膜などのバイアス付与層を設けることができる。軟磁性層は磁区を形成しやすく、この磁区からスパイク状のノイズが発生することから、バイアス付与層の半径方向の一方向に磁界を印加することにより、その上に形成された軟磁性層にバイアス磁界をかけて磁壁の発生を防ぐことができる。バイアス付与層を積層構造として異方性を細かく分散して大きな磁区を形成しにくくすることもできる。バイアス付与層材料としては、CoCrPt、CoCrPtB、CoCrPtTa、CoCrPtTaNd、CoSm、CoPt、FePt、CoPtO、CoPtCrO、CoPt-SiO₂、CoCrPt-SiO₂、CoCrPtO-SiO₂、FeMn、IrMn、PtMnが挙げられる。

[0053] 図2は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の別の一例を表す模式的断面図である。

図示するように、この垂直磁気記録媒体20は、基板1上に、軟磁性下地層2と、非磁性下地層5と、垂直磁気記録層3と、保護層4とが順に積層された構造を有する。垂直磁気記録層3は、補助層3-1と非磁性中間層3-2と主記録層3-3の三層からなる。

[0054] 軟磁性下地層と垂直磁気記録層の間に非磁性下地層を設けることにより、垂直磁

気記録層の結晶配向性の向上や、磁性結晶粒の膜面内における磁氣的孤立化を促進することができ、好ましい。非磁性下地層用材料としては、(0001)面配向したhcp構造を有する金属または合金材料を好ましく使用しう。具体的には、Ru、Ti、Reといった単体金属や、Ru-Cr、Ru-W、Ru-Coといった合金が好ましい。

[0055] このほか、非磁性下地層用材料として、fcc構造を有する元素とbcc構造を有する元素、またはhcp構造を有する元素からなり、(111)面配向する結晶構造と、fcc構造とbcc構造、またはhcp構造の混合による層状不整格子(積層欠陥)を併せもつ合金を好ましく使用しう。fcc構造の(111)面配向とは、図3のように、原子を1面に最密に配置した3層(A, B, C)が周期的に重なり合って積層している($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow \dots$)。ここにbcc構造、またはhcp構造の元素が混合することにより、 $A \rightarrow B \rightarrow C$ という周期性にずれが生じるため積層欠陥が起こる(例: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \dots$)。この積層欠陥は、透過型電子顕微鏡(TEM)などにより観察することができる。また、X線回折のIn-Plane測定において、(111)面配向による回折ピークのほかに、低角側にfcc構造の消滅則からは現れない角度に回折ピークが観察される(fccの消滅則の破れ)。TEMの画像から積層欠陥に周期性がみられず、また回折ピークの強度から何度も積層欠陥が起こっていると考えられるので、層状不整格子と呼んでいる。fcc構造と同じ最密構造である、hcp構造の(0001)面配向は、A, Bの2層が交互に積層したものである($A \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \dots$)。

[0056] 言い換えれば、fcc構造の(111)面配向において、積層欠陥によりC層が完全にならない状態である。よって、fcc構造の元素とbcc構造、またはhcp構造の元素との混合により生じる層状不整格子は、fcc構造の(111)面配向とhcp構造の(0001)面配向の間に位置するものと考えられる。fcc構造の(111)面配向では、基板面に対して法線方向の $\langle 111 \rangle$ のほかに、 $\langle -111 \rangle$ 、 $\langle 1-11 \rangle$ 、 $\langle 11-1 \rangle$ 方向にも軸対称性が存在する。このような4つの軸対称性のうち、基板面に対して法線方向の $\langle 111 \rangle$ 以外のものは、bcc構造、またはhcp構造の元素を混合することで積層欠陥が起こるため、対称性が失われる。つまり、fcc構造を有する元素とbcc構造、またはhcp構造を有する元素の合金からなり、(111)面配向する結晶構造と、fcc構造とbcc構造、またはhcp構造の混合による層状不整格子(積層欠陥)を併せもつ中間層では、 $\langle$

111>軸対称性のみを有する。

- [0057] このような対称性を有する非磁性下地層上に垂直磁気記録層を積層すると、hcp構造の非磁性下地層上と同様に基板に対して法線方向にのみ軸対称性をもって結晶成長するため、垂直磁気記録層の結晶粒が効率よく(0001)配向する。このような材料として具体的には、Pt-Cr, Au-Cr, Pd-Cr, Ir-Cr, Pd-W, Pd-W-Cr, Ir-Tiといった合金を好ましく使用しうる。

非磁性下地層は、これらの材料を用いた二層以上の多層膜としてもよい。

- [0058] 図4は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の別の一例を表す模式的断面図である。図示するように、この垂直磁気記録媒体40は、基板1上に、軟磁性下地層2と、シード層6と、非磁性中間層5と、垂直磁気記録層3と、保護層4とが順に積層された構造を有する。垂直磁気記録層3は、補助層3-1と非磁性中間層3-2と主記録層3-3の三層からなる。

非磁性下地層の結晶配向性を向上させる目的で、軟磁性下地層と非磁性下地層との間にシード層を設けると、より好ましい。具体的には、例えば、Pd、Pt、Ta、Ni-Ta、Ni-Nb、Ni-Zr、Ni-Fe-Cr、Ni-Feなどが挙げられる。

- [0059] 軟磁性下地層の軟磁性材料の代わりに、負のKuを有する材料を用いることができる。

例えば、補助層としてhcp構造の(0001)配向したCoIr-SiO₂を用い、主記録層としてhcp構造の(0001)配向したCoPtCr-SiO₂を用いた場合、軟磁性下地層の代わりにhcp構造の(0001)配向したCoIrを用いれば、結晶構造、格子定数ともに類似した材料を用いているため、前述の非磁性下地層の機能を兼ねることができ、補助層および主記録層の(0001)配向性が向上し、好ましい。

- [0060] 非磁性基板として、ガラス基板、Al系の合金基板あるいは表面が酸化したSi単結晶基板、セラミックス、およびプラスチックなどを使用することができる。さらに、それら非磁性基板表面にNiP合金などのメッキが施されている場合でも同様の効果が期待される。

垂直磁気記録層上には、保護層を設けることができる。保護層としては、例えばC、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)、SiN_x、SiO_x、CN_xがあげられる。

各層の成膜法としては、真空蒸着法、各種スパッタ法、分子線エピタキシー法、イオンビーム蒸着法、レーザーアブレーション法および化学気相蒸着法を用いることができる。

[0061] 図5に、本発明の磁気記録再生装置の一例を一部分解した斜視図を示す。

本発明に係る情報を記録するための剛構成の磁気ディスク51はスピンドル52に装着されており、図示しないスピンドルモータによって一定回転数で回転駆動される。磁気ディスク51にアクセスして情報の記録を行う記録ヘッドおよび情報の再生を行うためのMRヘッドを搭載したスライダー53は、薄板状の板ばねからなるサスペンション54の先端に取付けられている。サスペンション54は図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアーム55の一端側に接続されている。

[0062] アーム55の他端側には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ56が設けられている。ボイスコイルモータ56は、アーム55のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、それを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークにより構成される磁気回路とから構成されている。

アーム55は、固定軸57の上下2カ所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ56によって回転揺動駆動される。すなわち、磁気ディスク51上におけるスライダー53の位置は、ボイスコイルモータ56によって制御される。なお、図2中、58は蓋体を示している。

実施例

[0063] 以下、実施例を示し、本発明をより具体的に説明する。

(実施例1)

2. 5インチハードディスク形状の非磁性ガラス基板(コニカミノルタガラステック社製MEL3)を、ANELVA社製c-3010型スパッタリング装置の真空チャンバー内に導入した。

[0064] スパッタリング装置の真空チャンバー内を 1×10^{-5} Pa以下に排気した後、軟磁性下地層として $\text{Co}_{90}\text{Zr}_5\text{Nb}_5$ (添え字は原子比を表す。以下同様。)を100nm、非磁性下地層としてRuを20nm、補助層として $(\text{Co}_{86}\text{—Ir}_{14})\text{—}8\text{モル}\%\text{SiO}_2$ 膜を5nm、非磁性中間層としてRuを1.2nm、主記録層として $(\text{Co}_{78}\text{—Cr}_6\text{—Pt}_{16})\text{—}8\text{モル}\%\text{SiO}_2$ 膜を

15nm、保護層としてCを5nm、順次成膜した。成膜後、保護層表面にディップ法によりパーフルオロポリエーテル(PFPE)潤滑剤を13Åの厚さに塗布し、各々垂直磁気記録媒体を得た。

- [0065] 軟磁性下地層の $\text{Co}_{90}\text{Zr}_5\text{Nb}_5$ 、および保護層のCの成膜時のAr圧力は0.7Pa、非磁性下地層のRu、主記録層の $(\text{Co}_{78}\text{Cr}_6\text{Pt}_{16})-8\text{モル}\%\text{SiO}_2$ 、非磁性中間層のRu、補助層の $(\text{Co}_{86}\text{Ir}_{14})-8\text{モル}\%\text{SiO}_2$ の成膜時のAr圧力はそれぞれ4Paで行った。スパッタリングターゲットはそれぞれ直径164mmの $\text{Co}_{90}\text{Zr}_5\text{Nb}_5$ 、Ru、 $(\text{Co}_{86}\text{Ir}_{14})-8\text{モル}\%\text{SiO}_2$ 、Ru、 $(\text{Co}_{78}\text{Cr}_6\text{Pt}_{16})-8\text{モル}\%\text{SiO}_2$ 、Cターゲットを用い、DCスパッタリング法で成膜した。各ターゲットへの投入電力は全て500Wで行った。ターゲットと基板の間の距離は50mm、成膜は全て室温で行った。

このほか、非磁性中間層としてRuの代わりにRh、Irを用いたものも同様に作製した。

- [0066] (比較例1)

比較例として、従来の垂直磁気記録媒体を、主記録層膜厚を20nmとし、補助層および非磁性中間層を成膜しないこと以外は実施例1と同様の要領で作製した。

- [0067] (比較例2)

比較例として、非磁性中間層を用いない以外は実施例1と同様の要領で垂直磁気記録媒体を作製した。

- [0068] (比較例3)

比較例として、非磁性中間層としてRuの代わりにPdを1.2nm用いた以外は実施例1と同様の要領で垂直磁気記録媒体を作製した。

得られた各垂直磁気記録媒体の微細構造は、加速電圧400kVのTEMを用いて評価した。

- [0069] 各垂直磁気記録媒体の垂直磁気記録層の膜垂直方向のヒステリシスループは、ネオアーク社製極Kerr効果評価装置BH-M800UV-HD-10にて、波長408nmのレーザ光源を用い、最大印加磁界20kOe、磁界掃引速度133 Oe/sの条件にて評価した。図6に、Rsが1未満である場合のヒステリシスループの一例と、保磁力Hc、角型比Rs、飽和磁界Hsを模式的に示す。

各垂直磁気記録媒体について、Philips社製 X線回折装置 X'pert-MRDを用いて、Cu-K α 線を加速電圧45kV、フィラメント電流40mAの条件で発生させ、 $\theta-2\theta$ 法により、結晶構造および結晶面配向を評価した。

[0070] 各垂直磁気記録媒体について、スピンスタンドを用いてR/W特性を評価した。磁気ヘッドとして、記録トラック幅0.3 μ mの単磁極ヘッドと、再生トラック幅0.2 μ mのMRヘッドを組み合わせたものを用いた。

測定条件は、半径位置20mmと一定の位置で、ディスクを4200rpmで回転させて行った。

媒体SNRとして微分回路を通した後の微分波形の信号対ノイズ比(SNR_m) (但し、Sは線記録密度119kfc_iの出力、Nmは716kfc_iでのrms (root mean square) 値)の値を評価した。

[0071] 媒体OW特性は、119kfc_i信号を記録した後、250kfc_i信号を上書きした前後の、119kfc_i信号の再生出力比(減衰率)で評価した。

媒体熱揺らぎ耐性は、温度70°Cの環境下における、100kfc_i信号を一度記録した直後の100kfc_i信号の再生出力と、1000秒放置後の再生出力との比 V_{1000}/V_0 で評価した。

[0072] 補助層の飽和磁化量Msの評価には、理研電子社製磁力計振動試料型磁力計(VSM) BHV-55を用いた。補助層のKuの評価には、東栄工業社製トルク磁力計TRT-2-15を用い、印加磁界21kOeでのトルクカーブの振幅から、Kuの値を算出した。ところで、100nmもの軟磁性下地層が存在すると、その大きな飽和磁化が妨げとなって、トルク磁力計による補助層のK_uや、VSMによる飽和磁化量の評価が困難である。そこで、軟磁性下地層のCo₉₀Zr₅Nb₅ 100nmを非磁性の非晶質下地層のNiTa 100nmに代えた、磁性評価用膜を作製し、Kerrによって両者のヒステリシスループを比較したところ、ほぼ一致した。したがって、軟磁性下地層を非磁性NiTa下地層に変更したことによる、補助層および主記録層の磁気特性の変化はほとんどないものと考えられるため、この磁性評価用膜を用いて評価した補助層のKuおよびMsも、実施例1のそれとほぼ一致すると期待される。以下、補助層のKuおよびMsは、軟磁性下地層を非磁性NiTa下地層に代替し、上層の非磁性中間層および主記録層を除

いた構成の膜のKuおよびMsをトルク磁力計およびVSMでそれぞれ評価し、その値とすることとした。

[0073] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、実施例1、比較例2および比較例3の垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子はいずれもhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、非磁性下地層のRuはいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

(平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。磁性結晶粒子の平均粒径は7.8nmであった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子にもCo, Pt, Crが含有されていることが分かった。

[0074] また、実施例1、比較例2および比較例3の垂直磁気記録媒体の補助層は、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。磁性結晶粒子の平均粒径は7.5nmであった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、実施例1、比較例2および比較例3の垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

[0075] (トルクメータによるKu評価の結果)

実施例1、比較例2および比較例3の垂直磁気記録媒体の補助層のKuは負の値を示し、 $-1.3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ であった。

表1に、ヒステリシスループから得られた各垂直磁気記録媒体のHc、Rs、Hsをそれぞれ示す。比較例1の媒体に比べて、実施例1、比較例2および3の媒体のHc、Hsはいずれも低減していることがわかった。一方、実施例1と比較例1の媒体の角型比が1であるのに対し、比較例2および3の媒体では1未満に劣化していることがわかった。

[0076] 表2に各磁気記録媒体のSNRm、OW、 V_{1000}/V_0 の値を示す。

比較例1と比較して、実施例1、比較例2および3の媒体では、OWが向上している

ことがわかる。これは、HcおよびHsの低減効果によるものであると考えられる。一方、熱揺らぎ耐性は、比較例1と比べると実施例1ではほぼ同等であるのに対し、比較例2および3ではむしろ劣化していることがわかる。これは、角型比の劣化によるものであると考えられる。

[0077] [表1]

	Hc [kOe]	Hs [kOe]	Rs
実施例1 非磁性中間層：Ru	5.0	9.5	1
実施例1 非磁性中間層：Ir	5.2	9.7	1
実施例1 非磁性中間層：Rh	5.1	9.5	1
比較例1	6.8	12.7	1
比較例2	4.3	9.0	0.9
比較例3	3.5	8.8	0.7

[0078] [表2]

	SNRm [dB]	OW [dB]	V_{1000}/V_0
実施例1 非磁性中間層：Ru	14.1	34.4	0.999
実施例1 非磁性中間層：Ir	13.9	33.1	0.999
実施例1 非磁性中間層：Rh	14.0	33.8	0.999
比較例1	11.7	18.2	0.999
比較例2	13.3	35.3	0.951
比較例3	12.7	28.1	0.902

[0079] (実施例2)

補助層のCo-Ir中のIr組成を、0から45原子%の範囲で変化させた媒体を、以下

の要領で作製した。

実施例1と同じ要領で、非磁性下地層まで成膜した後、補助層として $(\text{Co}_{100-x} - \text{Ir}_x) - 8\text{モル}\% \text{SiO}_2$ を5nm成膜し、実施例1と同様の要領で非磁性中間層成膜、主記録層成膜、保護層成膜、潤滑剤塗布を順次行った。Co-Ir中のIr組成xは、0から40の範囲で変化させた。補助層 $(\text{Co}_{100-x} - \text{Ir}_x) - 8\text{モル}\% \text{SiO}_2$ の成膜は、成膜圧力4Pa下で、直径90mmのCo, Ir, SiO_2 ターゲットを用いた三元同時スパッタ法にて行い、各ターゲットへの投入電力を変化させることでIr組成を調節した。

[0080] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、非磁性下地層のRuはいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

(平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子にもCo, Pt, Crが含有されていることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層も、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

[0081] 図7に、トルク磁力計によって評価した補助層のKuと、Ir組成(Ir添加量;原子%)の関係を示す。Ir組成が5原子%以上で、Kuが負の値を示し、かつその絶対値が 10^5erg/cc 以上となることが分かった。

図8～10に、各磁気記録媒体のSNRm、OW、 V_{1000}/V_0 とIr組成(Ir添加量;原子%)の関係を示す。Ir組成が5から40原子%の範囲で、SNRmが顕著に向上し、好ましいことが分かった。

[0082] (実施例3)

主記録層および補助層の粒界領域物質組成を変化させた媒体を、以下の要領で

作製した。

実施例1と同様の要領で非磁性下地層まで形成させた後、補助層として $(\text{Co}_{86} - \text{Ir}_{14}) - y$ モル% SiO_2 を5nm成膜し、実施例1と同様の要領で非磁性中間層成膜した後、主記録層として $(\text{Co}_{78} - \text{Cr}_6 - \text{Pt}_{16}) - z$ モル% SiO_2 を成膜し、実施例1と同様の要領で、保護層成膜および潤滑剤塗布を順次行った。補助層 $(\text{Co}_{86} - \text{Ir}_{14}) - y$ モル% SiO_2 の成膜は、成膜圧力4Pa下で、直径90mmの $\text{Co}_{86} - \text{Ir}_{14}$, SiO_2 ターゲットを用いた二元同時スパッタ法にて行い、各ターゲットへの投入電力を変化させることで SiO_2 組成を調節した。主記録層 $(\text{Co}_{78} - \text{Cr}_6 - \text{Pt}_{16}) - z$ モル% SiO_2 の成膜は、成膜圧力4Pa下で、直径90mmの $\text{Co}_{78} - \text{Cr}_6 - \text{Pt}_{16}$, SiO_2 ターゲットを用いた二元同時スパッタ法にて行い、各ターゲットへの投入電力を変化させることで SiO_2 組成を調節した。この他、主記録層および補助層の粒界領域物質として、 SiO_2 の代わりに、 TiO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 を用いた媒体も同様の要領で作製した。

[0083] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、非磁性下地層のRuはいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

(平面TEM観察の結果)

z が5以上の主記録層は、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子にもCo, Pt, Crが含有されていることが分かった。また、 y が5以上の補助層は、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

[0084] 図11に、主記録層に含まれる SiO_2 組成 z を8とし、補助層に含まれる SiO_2 組成(SiO_2 添加量;原子%) y を0から30の範囲で変化させた場合の、 y とSNRmの関係を示す。 SiO_2 組成の含有量が1~20モル%の範囲でSNRmが顕著に向上し、好ましい

ことが分かった。同様の傾向は、 SiO_2 を TiO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 に代えた媒体でも見られた。

[0085] 図12に、補助層に含まれる SiO_2 組成 y を8とし、主記録層に含まれる SiO_2 組成(SiO_2 添加量;原子%) z を0から30の範囲で変化させた場合の、 z とSNR m の関係を示す。 SiO_2 組成の含有量が5～20モル%の範囲でSNR m が顕著に向上し、好ましいことが分かった。同様の傾向は、 SiO_2 を TiO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 に代えた媒体でも見られた。

[0086] (実施例4)

非磁性中間層としてRuの代わりに $\text{Ru}-\text{SiO}_2$ を用いた媒体を以下の要領で作製した。

実施例1と同様の要領で補助層まで形成した後、非磁性中間層として $\text{Ru}-a$ モル% SiO_2 を1.2nm成膜し、実施例1と同様の要領で主記録層成膜、保護層成膜、潤滑剤塗布を順次行った。非磁性中間層 $\text{Ru}-a$ モル% SiO_2 の成膜は、成膜圧力4Pa下で、直径90mmのRu、 SiO_2 ターゲットを用いた二元同時スパッタ法にて行い、各ターゲットへの投入電力を変化させることで SiO_2 組成の含有量を調節した。この他、非磁性中間層の粒界領域物質として、 SiO_2 の代わりに、 TiO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 を用いた媒体も同様の要領で作製した。

[0087] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層に含まれる磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、非磁性下地層のRuはいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

[0088] (平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層に含まれる磁性結晶粒子にもCo、Pt、Crが含有されていることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層も

、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層に含まれる磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。さらに、aが5以上の非磁性中間層は、いずれも結晶粒子の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。

[0089] 図13に、非磁性中間層に含まれる SiO_2 組成aと、SNRmの関係を示す。 SiO_2 組成の含有量が1～20モル%の範囲でSNRmが顕著に向上し、好ましいことがわかった。同様の傾向は、 SiO_2 を TiO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 に代えた媒体でも見られた。

[0090] (実施例5)

非磁性中間層膜厚を変化させた媒体を、以下の要領で作製した。

実施例1と同様の要領で補助層まで形成した後、非磁性中間層としてRu-7モル% SiO_2 を0から2.5nmの膜厚範囲で成膜し、実施例1と同様の要領で主記録層成膜、保護層成膜、潤滑剤塗布を順次行った。非磁性中間層Ru-7モル% SiO_2 の成膜は、成膜圧力4Pa下で、直径164mmのRu-7モル% SiO_2 ターゲットを用いたDCスパッタリング法にて行った。この他、非磁性中間層をRu-7モル% SiO_2 の代わりに、Rh-7モル% SiO_2 、Ir-7モル% SiO_2 とした媒体に関しても同様に作製した。

[0091] (比較例4)

比較例として、非磁性中間層を、Ru-7モル% SiO_2 の代わりにPd-7モル% SiO_2 に代えた媒体を、実施例5と同様の要領で作製した。

[0092] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、非磁性下地層のRuはいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

[0093] (平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子にもCo, Pt, Crが

含有されていることが分かった。

- [0094] また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層も、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

また、いずれの非磁性中間層も、結晶粒子の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。

- [0095] 図14～18に、非磁性中間層がRu-SiO₂ およびPd-SiO₂ の場合の、非磁性中間層膜厚と、Hc、Hs、Rs、SNRm、OW、 V_{1000}/V_0 の関係をそれぞれ示す。

図14、15から、非磁性中間層がRu-SiO₂ の場合、膜厚とともにHcおよびHsが周期的に変化(振動)する特徴的な振る舞いをするということが分かった。同様の傾向は、Rh-SiO₂、Ir-SiO₂ の場合にも見られた。一方、Pd-SiO₂ の場合にはそのような傾向は見られなかった。

- [0096] 図16から、非磁性中間層がRu-SiO₂ の場合、膜厚が0.3nmから2nmの範囲のとき、Rsが1に向上することが分かった。同様の傾向は、Rh-SiO₂、Ir-SiO₂ の場合にも見られた。一方、Pd-SiO₂ では、そのようなRs向上効果は認められなかった。

図17から、Ru-SiO₂ の場合、膜厚が0.3nmから2nmの範囲のときSNRmが向上して好ましいことが分かった。同様の傾向は、Rh-SiO₂、Ir-SiO₂ の場合にも見られた。一方、Pd-SiO₂ の場合にはSNRmの顕著な向上は見られなかった。

- [0097] また、図18から、非磁性中間層がRu-SiO₂ の場合、膜厚が0.3nmから2nmの範囲のとき、 V_{1000}/V_0 が向上することが分かった。これは、Rsが向上したためであると考えられる。同様の傾向は、Rh-SiO₂、Ir-SiO₂ の場合にも見られた。一方、Pd-SiO₂ の場合には膜厚とともに V_{1000}/V_0 が劣化することが分かった。これは、Rsの劣化によるものであると考えられる。

- [0098] (実施例6)

非磁性中間層としてRuの代わりに、RuCr/Ru、PdW/Ru、PtCr/Ru、IrCr/Ru、IrTi/Ru二層を用いた媒体を、以下の要領で作製した。

実施例1と同様の要領で軟磁性下地層まで形成した後、非磁性下地層1としてPd₆₀

W₄₀を10nm、非磁性下地層2としてRuを10nm成膜した後、実施例1と同様の要領で主記録層成膜、非磁性中間層成膜、補助層成膜、保護層成膜、潤滑剤塗布を順次行った。非磁性下地層1の成膜は、成膜圧力0.5Pa下で、直径164mmのPd₆₀W₄₀ターゲットを用いたDCスパッタリング法にて行った。非磁性下地層2の成膜は、成膜圧力4Pa下で、直径164mmのRuターゲットを用いたDCスパッタリング法にて行った。この他、非磁性下地層1としてPd₆₀W₄₀の代わりに、Pt₆₀Cr₄₀、Ir₄₀Cr₆₀、Ir₈₀Ti₂₀、Ru₆₀Cr₄₀を用いたものも同様の要領で作製した。

[0099] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、非磁性下地層2のRuおよび非磁性下地層1のRu₆₀Cr₄₀はいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

(XRD、In-Plane XRDおよびTEM観察の結果)

非磁性下地層1のPd₆₀W₄₀、Pt₆₀Cr₄₀、Ir₄₀Cr₆₀、Ir₈₀Ti₂₀はいずれも(111)配向しており、層状不整格子を含むことが分かった。

[0100] (平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子にもCo、Pt、Crが含有されていることが分かった。

また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層も、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

[0101] また、aが5以上の非磁性中間層は、いずれも結晶粒子の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。

表3に、SNR_m、OW、 V_{1000}/V_0 をそれぞれ示す。非磁性下地層としてRuの代わり

に、(0001)配向した、hcp構造のRu—Cr合金、または(111)配向した、層状不整格子を含む合金材料を用いた場合においても良好なSNRm、OW、 V_{1000}/V_0 が得られることが分かった。

[0102] [表3]

非磁性下地層	SNRm[dB]
Ru	14.1
Ru ₆₀ Cr ₄₀ /Ru	14.2
Pd ₆₀ W ₄₀ /Ru	14.9
Pt ₆₀ Cr ₄₀ /Ru	14.6
Ir ₄₀ Cr ₆₀ /Ru	14.7
Ir ₈₀ Ti ₂₀ /Ru	14.3

[0103] (実施例7)

軟磁性下地層をCo₉₀Ir₁₀に代えた媒体を、以下の要領で作製した。

軟磁性下地層としてCo₉₀Ir₁₀を100nm成膜した後、実施例6と同様の要領で、非磁性下地層成膜、補助層成膜、非磁性中間層成膜、主記録層成膜、保護層成膜、潤滑剤塗布を順次行った。軟磁性下地層Co₉₀Ir₁₀の成膜は、成膜圧力0.7Pa下で、直径164mmのCo₉₀Ir₁₀ターゲットを用いたDCスパッタリング法にて行った。

[0104] (XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。

また、非磁性下地層のRuはいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。さらに、軟磁性下地層のCo₉₀Ir₁₀はいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

[0105] (平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM—EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層の磁性結晶粒子にもCo、Pt、Cr

が含有されていることが分かった。

また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層も、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層の磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

[0106] 表4に、SNRm、OW、 V_{1000}/V_0 をそれぞれ示す。軟磁性下地層に負のKuを有する材料を用いた場合でも、軟磁性材料を用いた場合と同様に良好なR/W特性が得られることがわかった。

[0107] [表4]

	SNRm [dB]	OW [dB]	V_{1000}/V_0
実施例1	14.1	34.4	0.999
実施例8	15.0	34.7	0.998

[0108] (実施例8)

軟磁性層を $\text{Co}_{90}\text{Ir}_{10}$ とし、非磁性下地層を省略した媒体を、以下の要領で作製した。

実施例6と同様の要領で軟磁性下地層を形成した後、補助層成膜、非磁性中間層成膜、主記録層成膜、保護層成膜、潤滑剤塗布を順次行った。

(XRD評価の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層に含まれる磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層に含まれる磁性結晶粒子もhcp構造をとり、(0001)面配向していることが分かった。さらに、軟磁性下地層の $\text{Co}_{90}\text{Ir}_{10}$ はいずれもhcp構造をとり、(0001)配向していることが分かった。

[0109] (平面TEM観察の結果)

いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層も、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。また、TEM-EDXによる組成分析の

結果、いずれの垂直磁気記録媒体の主記録層に含まれる磁性結晶粒子にもCo, Pt, Crが含有されていることが分かった。

[0110] また、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層も、主記録層と同様に、磁性結晶粒の周りを粒界領域が取り囲むグラニューラ構造を取っていることが分かった。TEM-EDXによる組成分析の結果、いずれの垂直磁気記録媒体の補助層に含まれる磁性結晶粒子にもCoおよびIrが含有されていることが分かった。

表5に、SNR_m、OW、 V_{1000}/V_0 をそれぞれ示す。軟磁性下地層に負のKuを有する材料を用い、非磁性下地層を省略すると、R/W特性がさらに向上し好ましいことが分かった。

[0111] [表5]

	SNR _m [dB]	OW [dB]	V_{1000}/V_0
実施例8	15.0	34.7	0.998
実施例9	15.5	41.1	0.997

産業上の利用可能性

[0112] 本発明によれば、媒体SNRが向上し、OW特性に優れ、良好な熱揺らぎ耐性を示す垂直磁気記録媒体が得られ、高密度記録が可能となる。それ故、この垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置はビデオデッキ、オーディオ機器、車載ナビゲーションシステムなどに利用できる。

請求の範囲

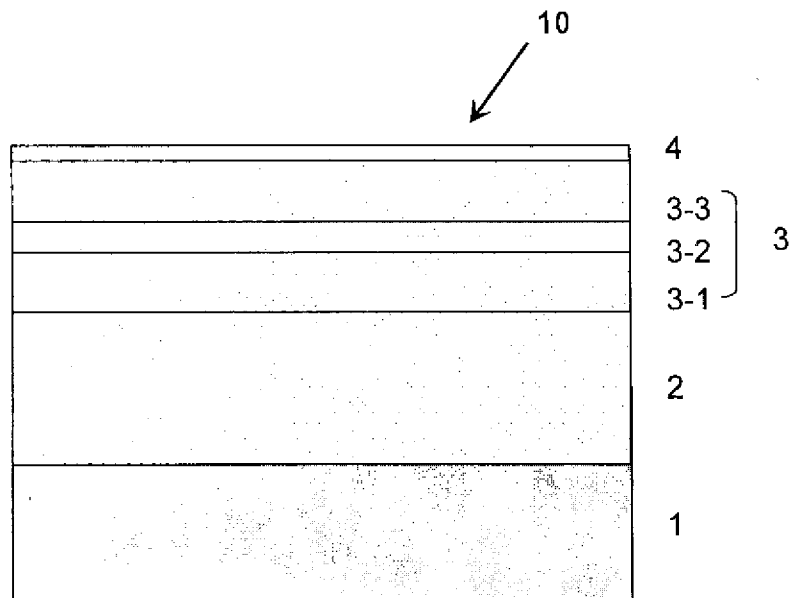
- [1] 基板と、該基板上に形成された少なくとも一層の軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層と、該垂直磁気記録層上に形成された保護層を具備し、
- 該垂直磁気記録層は、主記録層と非磁性中間層と補助層から構成されており、
- 該主記録層は、磁性結晶粒子とそれを取り囲む粒界領域を有し、かつ垂直磁気異方性を有しており、
- 該補助層は、負の結晶磁気異方性を有しており、
- 該非磁性中間層は、主記録層と補助層の間に形成され、Ru, Rh, Irの中から選択される少なくとも一種の金属または該金属の合金を含む
- ことを特徴とする磁気記録媒体。
- [2] 前記補助層の結晶磁気異方性の絶対値が 10^5 erg/cc以上である請求項1に記載の磁気記録媒体。
- [3] 前記補助層の厚さが0.5nm以上である請求項1または2に記載の磁気記録媒体。
- [4] 前記補助層の厚さが前記主記録層の厚さの半分以下である請求項1～3のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [5] 前記補助層は、Co-Ir, Co-Fe, Mn-Sb, Fe-C, Fe-Ptの中から選択される少なくとも一種の合金を含む請求項1～4のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [6] 前記補助層がCo-Irからなり、かつIr含有量が5～40原子パーセントの範囲である請求項5に記載の磁気記録媒体。
- [7] 前記補助層が、請求項5または6に記載の合金を含む磁性結晶粒子と、それを取り囲む粒界領域を有している請求項1～6のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [8] 前記補助層の粒界領域が、Si, Ti, Cr, Al, Mg, Ta, Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物または窒化物または炭化物からなる請求項7に記載の磁気記録媒体。
- [9] 前記補助層に含まれる前記酸化物または窒化物または炭化物の物質量の合計の割合が1～20モル%の範囲である請求項8に記載の磁気記録媒体。
- [10] 前記非磁性中間層膜厚が、0.3nm～2nmの範囲内である請求項1～9のいずれ

かに記載の磁気記録媒体。

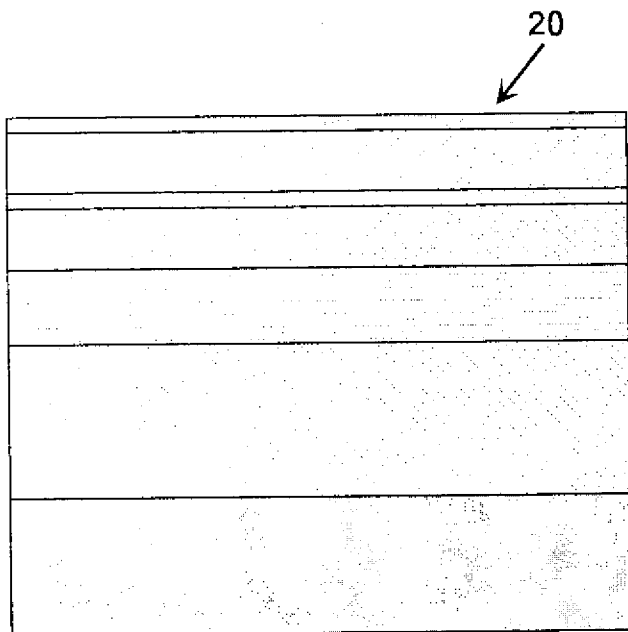
- [11] 前記非磁性中間層が、Ru、Rh、Irの中から選択される少なくとも一種の金属または合金からなる結晶粒と、それを取り囲む粒界領域を有する請求項1～10のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [12] 前記非磁性中間層の粒界領域が、Si、Ti、Cr、Al、Mg、Ta、Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物または窒化物または炭化物からなる請求項11に記載の磁気記録媒体。
- [13] 前記非磁性中間層に含まれる前記酸化物または窒化物または炭化物の物質量の合計の割合が1～20モル%の範囲にある請求項12に記載の磁気記録媒体。
- [14] 前記主記録層の磁性結晶粒子が、CoおよびPtを含み、六方最密充填(hcp)構造を有し、(0001)面配向している請求項1～13のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [15] 前記主記録層の粒界領域が、Si、Ti、Cr、Al、Mg、Ta、Yの中から選択される少なくとも一種の酸化物または窒化物または炭化物からなる請求項1～14のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [16] 前記主記録層に含まれる前記酸化物または窒化物または炭化物の物質量の合計の割合が、5～20モル%の範囲である請求項15に記載の磁気記録媒体。
- [17] 前記軟磁性下地層が、Co—Zr—Nb、CoB、CoTaZr、FeSiAl、FeTaC、CoTaC、NiFe、Fe、FeCoB、FeCoN、FeTaN、CoIrの中から選択される少なくとも一種の合金を含む請求項1～16のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [18] 前記軟磁性下地層がCoIrからなり、かつIr含有量が5～40原子パーセントの範囲である請求項1～17のいずれかに記載の磁気記録媒体。
- [19] 前記軟磁性下地層と前記垂直磁気記録層の間に、
(0001)面配向したhcp構造、または
面心立方(fcc)構造と体心立方(bcc)構造の混合による層状不整格子を含む
(111)面配向した構造、または
fcc構造とhcp構造の混合による層状不整格子を含む(111)面配向下構造
を有する金属または合金からなる非磁性下地層が設けられている請求項1～18のいずれかに記載の磁気記録媒体。

- [20] 前記非磁性下地層が、(0001)面配向したRu, Ti, Re、Ru-Cr, Ru-W、Ru-Co、(111)面配向したPt-Cr, Au-Cr, Pd-Cr, Ir-Cr, Pd-W, Pd-W-Cr, Ir-Tiの中から選択される少なくとも一種である請求項19に記載の磁気記録媒体。
- [21] 前記軟磁性下地層と前記非磁性下地層との間にシード層が設けられている請求項19または20に記載の磁気記録媒体。
- [22] 前記シード層が、Pd、Pt, Ta、Ni-Ta、Ni-Nb、Ni-Zr, Ni-Fe-Cr, Ni-Feの中から選択される少なくとも一種である請求項21に記載の磁気記録媒体。
- [23] 請求項1～22のいずれかに記載の磁気記録媒体と、記録再生ヘッドを具備することを特徴とする磁気記録再生装置。

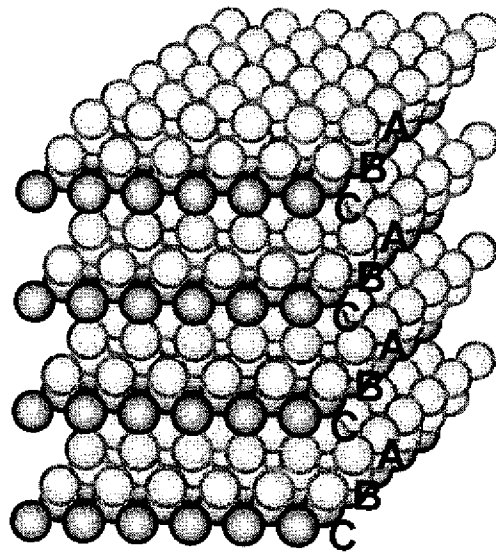
[図1]



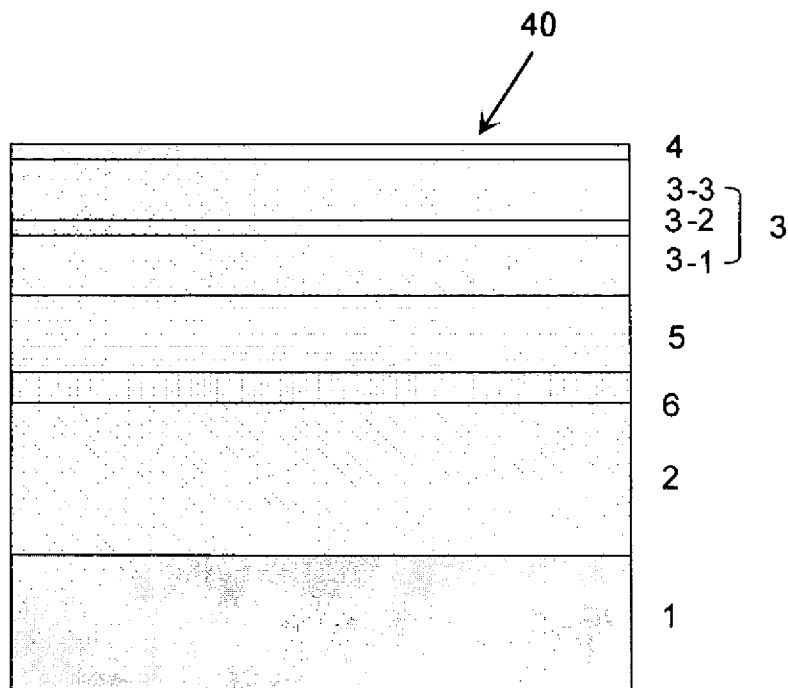
[図2]



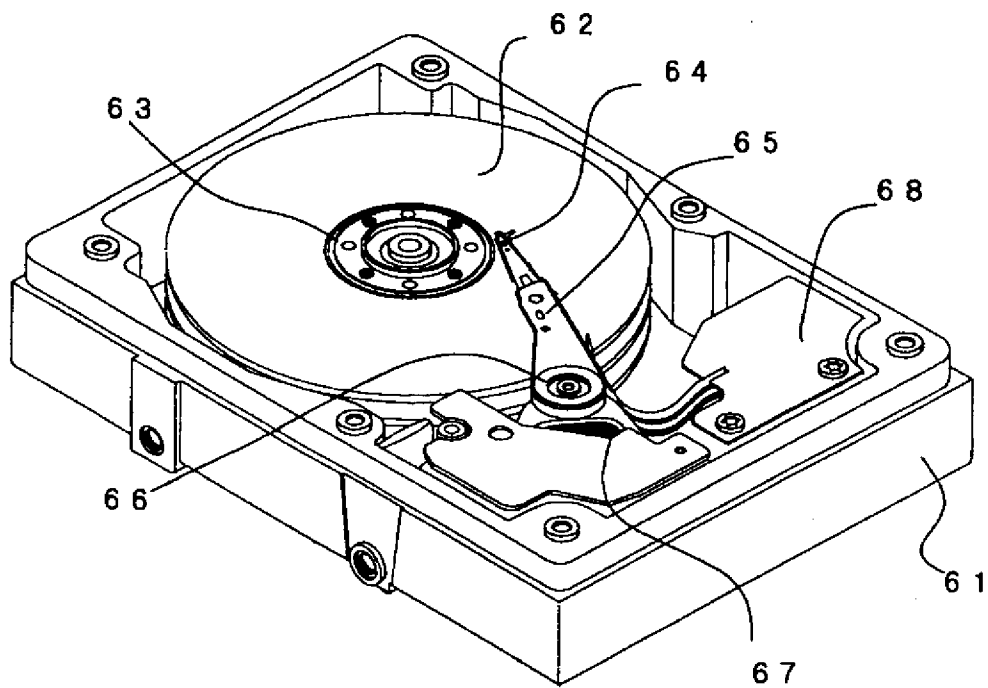
[[図3]]



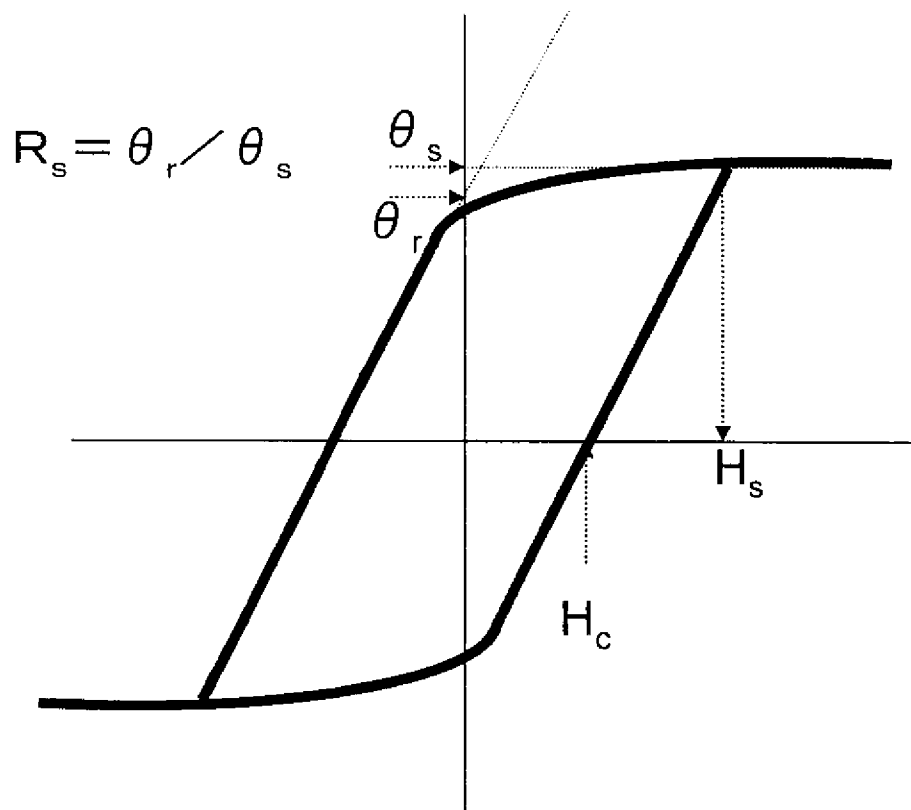
[[図4]]



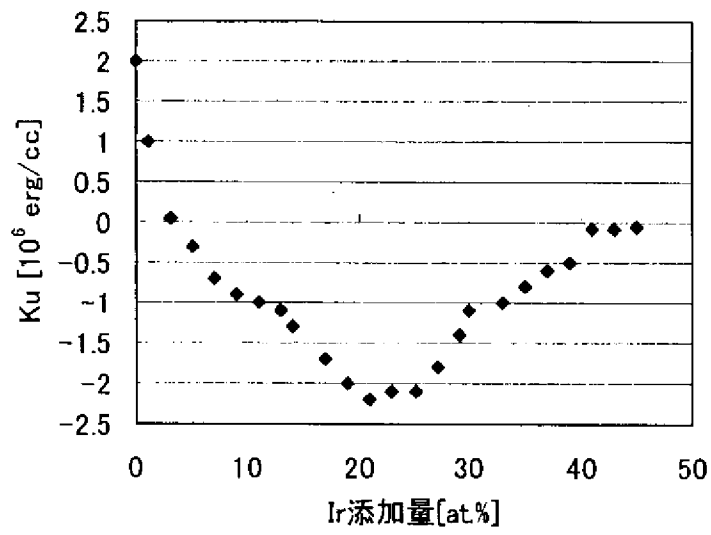
[図5]



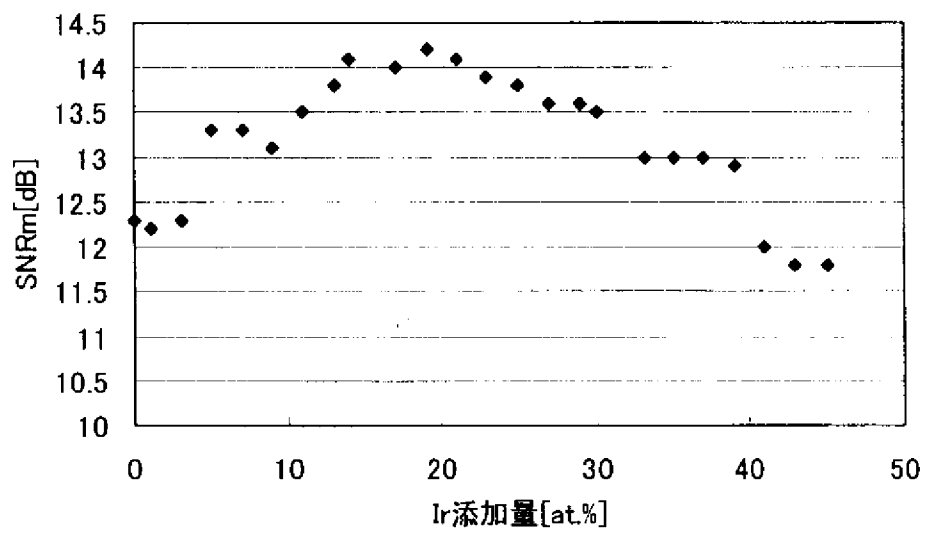
[図6]



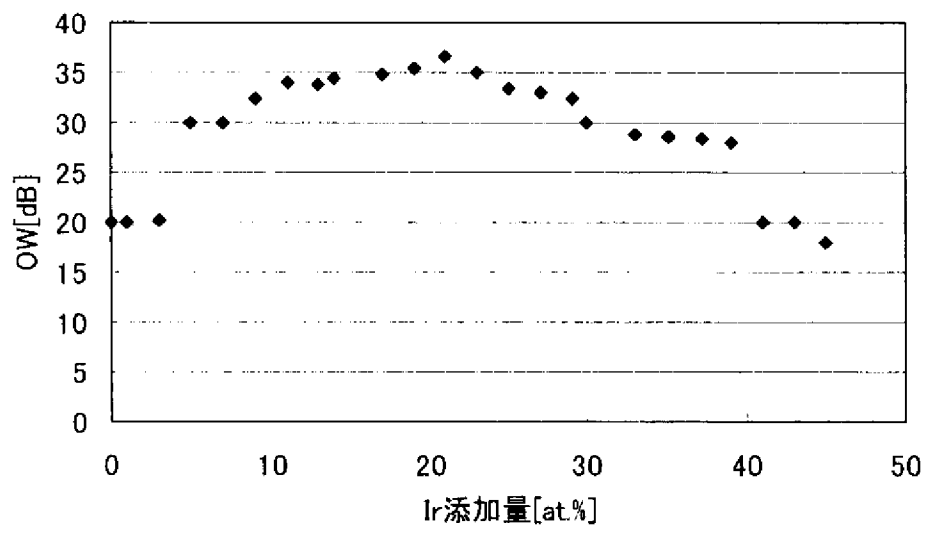
[図7]



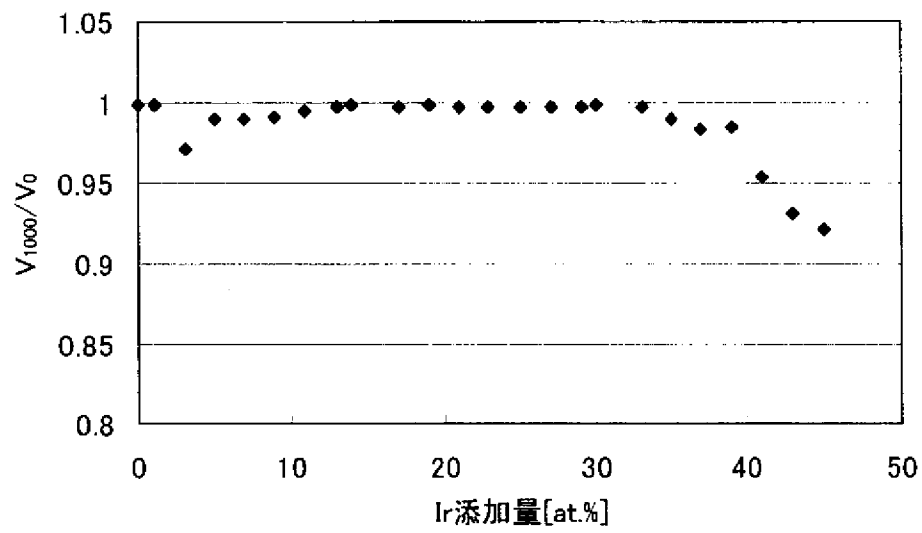
[図8]



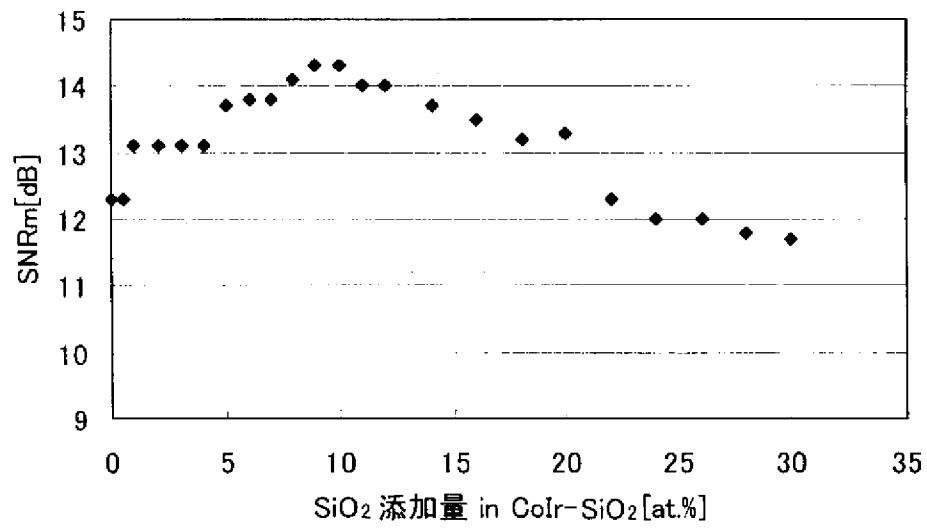
[図9]



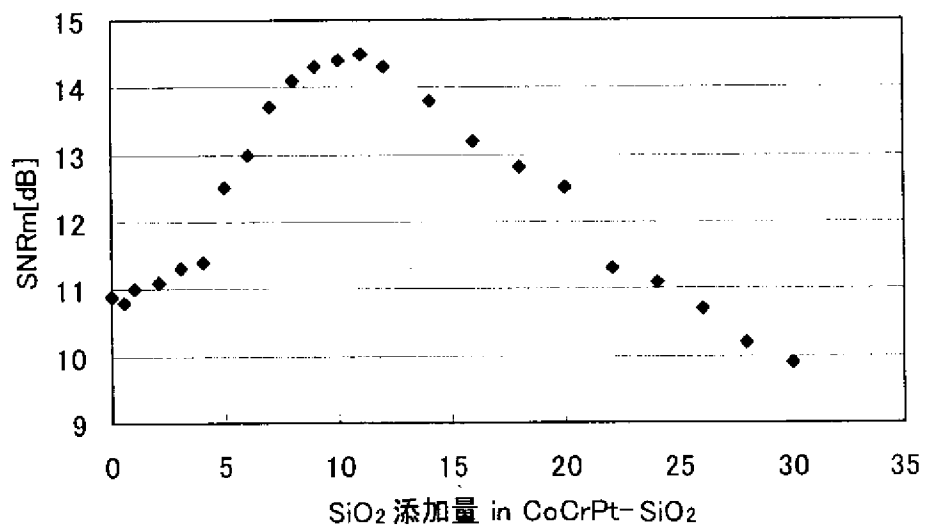
[図10]



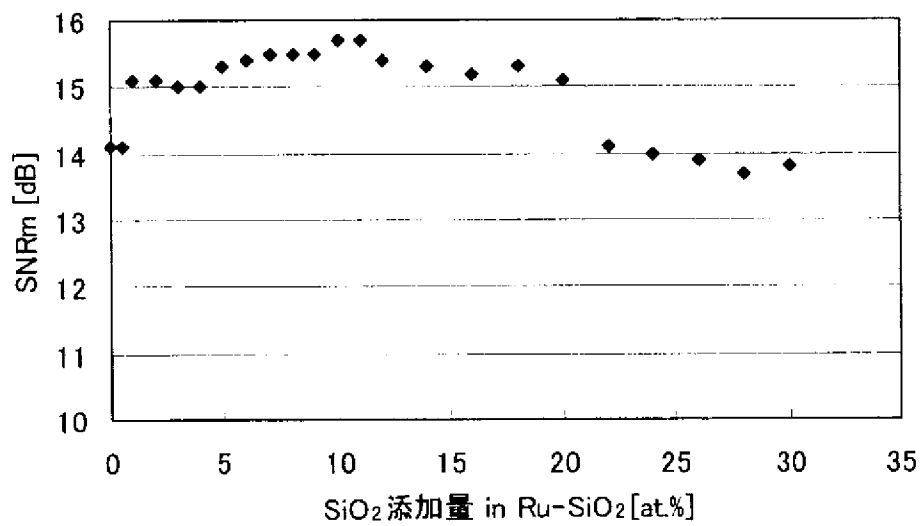
[図11]



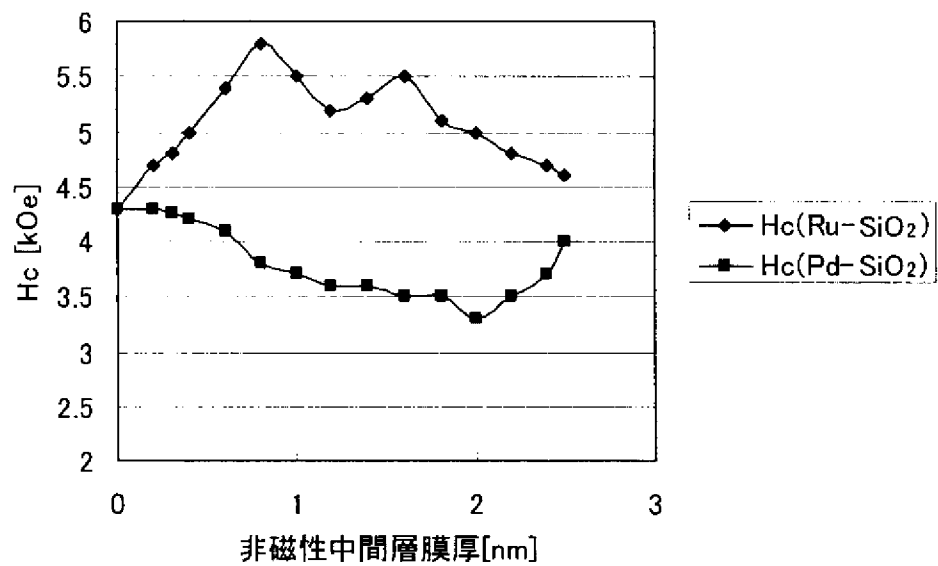
[図12]



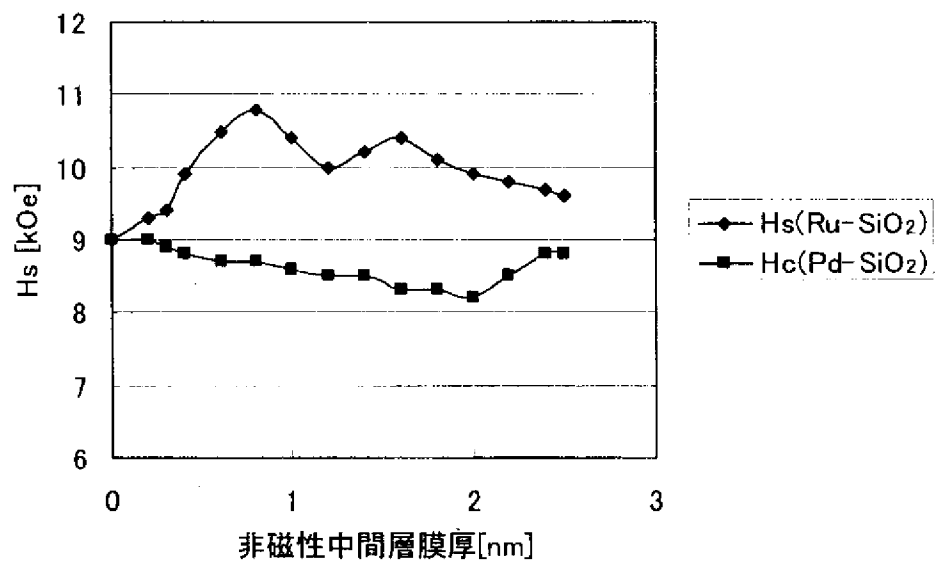
[図13]



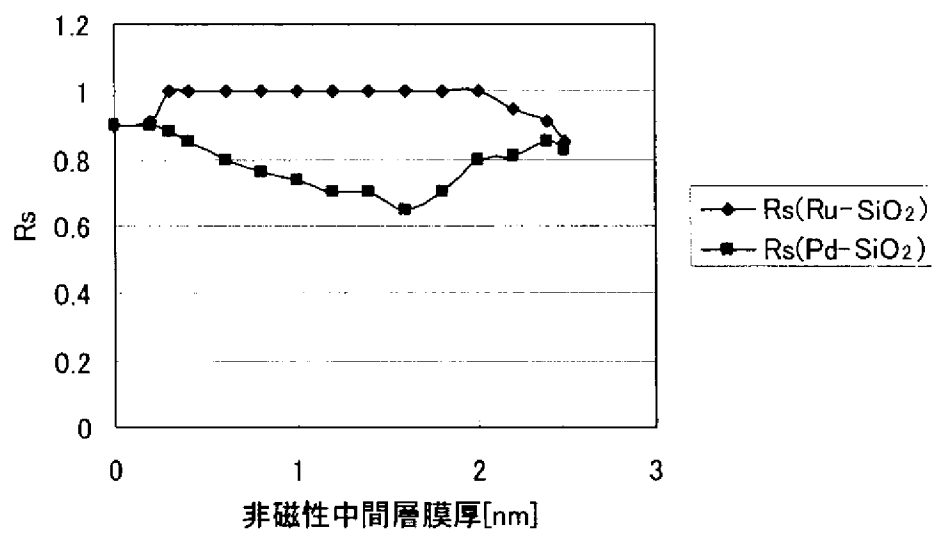
[図14]



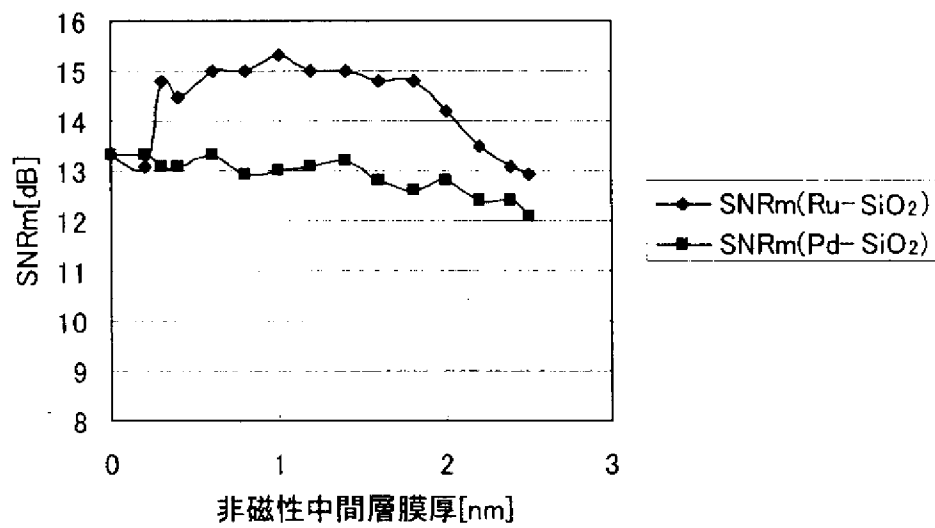
[図15]



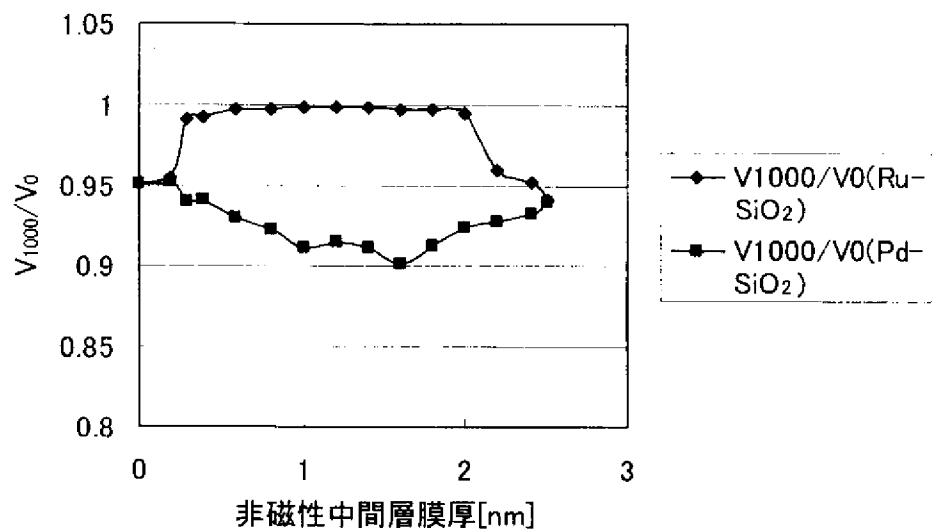
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/059374

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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.
Y	JP 2006-351058 A (Tohoku University), 28 December, 2006 (28.12.06), Full text; all drawings & WO 2006/135034 A1	1-23
Y	JP 2006-209943 A (Hitachi Global Storage Technologies Netherlands B.V.), 10 August, 2006 (10.08.06), Full text; all drawings & US 2006/0166039 A1 & EP 1686571 A1 & KR 2006086321 A & CN 1811927 A & SG 124376 A1	1-23

☒ 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
04 August, 2008 (04.08.08)

Date of mailing of the international search report
19 August, 2008 (19.08.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/059374

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-048900 A (Fuji Electric Device Technology Co., Ltd.), 16 February, 2006 (16.02.06), Full text; all drawings & US 2006/0177703 A1 & CN 1734565 A	1-23
Y	JP 2006-309926 A (Tohoku University), 09 November, 2006 (09.11.06), Full text; all drawings & WO 2006/107068 A1	18-23

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	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008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 請求の範囲の番号
Y	J P 2 0 0 6 - 3 5 1 0 5 8 A (国立大学法人東北大学) 2 0 0 6 . 1 2 . 2 8 , 全文, 全図 & W O 2 0 0 6 / 1 3 5 0 3 4 A 1	1 - 2 3

☒ 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

04.08.2008

国際調査報告の発送日

19.08.2008

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

5 D

9 7 4 3

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
Y	J P 2006-209943 A (ヒタチグローバルストレージテクノロジーズネザーランドビービー) 2006. 08. 10, 全文, 全図 & US 2006/0166039 A1 & EP 1686571 A1 & KR 2006086321 A & CN 1811927 A & SG 124376 A1	1-23
Y	J P 2006-048900 A (富士電機デバイステクノロジー株式会社) 2006. 02. 16, 全文, 全図 & US 2006/0177703 A1 & CN 1734565 A	1-23
Y	J P 2006-309926 A (国立大学法人東北大学) 2006. 11. 09, 全文, 全図 & WO 2006/107068 A1	18-23