

(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
2014年6月12日(12.06.2014)



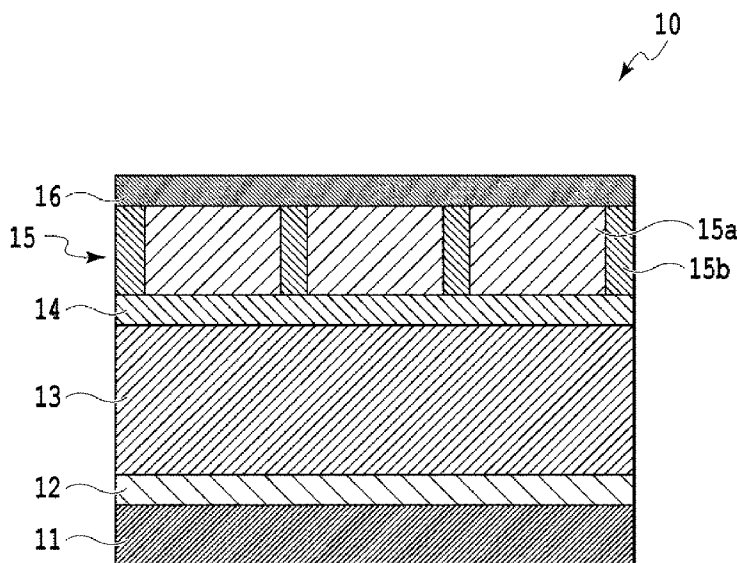
(10) 国際公開番号

WO 2014/087665 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 5/65 (2006.01) *G11B 5/64* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/007199
- (22) 国際出願日: 2013年12月6日(06.12.2013)
- (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 2012-267589 2012年12月6日(06.12.2012) JP
特願 2013-098390 2013年5月8日(08.05.2013) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 小野 拓也(ONO, Takuya); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 島津 武仁(SHIMATSU, Takehito); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6-2 O 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(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 in which magnetic crystal grains are ordered well and separate from one another, and that has a high magnetic anisotropy constant. A perpendicular magnetic recording medium having a high coercive force is provided. The perpendicular magnetic recording medium includes a non-magnetic substrate and a magnetic recording layer, and is characterized in that the magnetic recording layer has a granular structure that includes magnetic crystal grains and a non-magnetic crystal grain field enclosing the magnetic crystal grains, wherein the magnetic crystal grains contain an ordered alloy and the non-magnetic crystal grain field contains a Ge oxide.

(57) 要約: 磁性結晶粒が十分に規則化および粒分離されており、高い磁気異方性定数を有する垂直磁気記録媒体を提供する。高い保磁力を有する垂直磁気記録媒体を提供する。非磁性基板と、磁気記録層とを含む垂直磁気記録媒体である。前記磁気記録層は、磁性結晶粒と、前記磁性

結晶粒を取り囲む非磁性結晶粒界とを有するグラニュー構造を有し、前記磁性結晶粒は規則合金を含み、前記非磁性結晶粒界はGe酸化物を含むことを特徴とする。

WO 2014/087665 A1

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、特にGe酸化物を含有する垂直磁気記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 従来より、磁気記録装置の記録方式として、磁気記録媒体の磁気記録層(磁化膜)の表面に対して垂直に磁化する垂直磁気記録方式が用いられている。垂直磁気記録方式に用いられる磁気記録媒体(以下、垂直磁気記録媒体)は、非磁性基板および磁性材料で形成されている磁気記録層等から構成されている。

[0003] 垂直磁気記録媒体の記録密度を向上させるため、その特性の変更および改良が継続的に行われてきた。その主なものは、磁気記録層を構成する磁性結晶粒のサイズの漸進的な縮小化である。その結果、今日の磁性結晶粒のサイズは、周囲の熱の影響により磁化を安定に保つことができなくなる超常磁性限界と呼ばれる物性限界に近づきつつある。

[0004] 垂直磁気記録媒体の熱安定性は、強い磁気異方性を有する材料を磁気記録層として使用することにより改良可能である。この垂直磁気記録媒体の熱安定性指数は、磁気異方性定数を K_u 、磁性結晶粒の体積を V 、 k_B をボルツマン定数、 T を絶対温度としたとき、 $K_u V / k_B T$ で表わされる。記録情報を10年間安定に保つためには、 $K_u V / k_B T$ は60以上であることが必要であると見積もられている。上述の超常磁性限界の問題を克服する手段として、高い磁気異方性定数 K_u を有する材料を使用することが求められている。

[0005] さらに、磁気記録層を高密度化するための一方式として、磁性結晶粒の周囲を酸化物や窒化物のような非磁性結晶粒界で囲んだグラニューラ構造を用いる方法が提案されている。

[0006] 特許文献1には、合金の結晶粒の間に非磁性物質を介在させて磁性薄膜を

グラニューラ膜とした構成が記載されている。このグラニューラ膜を形成するために用いられる非磁性物質として、 SiO_2 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、及び Al_2O_3 などが挙げられている。これらの非磁性物質は、 Co-Pt-C 系合金の結晶粒を磁氣的に分離する可能性が高い。

[0007] 特許文献2には、グラニューラ構造を備えた磁性薄膜が記載されている。このグラニューラ構造は、 L_{1_1} 型の原子の規則構造を有する Co-M-Pt 合金（前記Mは単一若しくは複数の Co 、 Pt 以外の金属元素を示す。）を主成分とする強磁性結晶粒と、それを取り囲む非磁性粒界とからなる。前記合金は、グラニューラ構造を持つ CoFePt 等の3元系規則合金である。

[0008] このようなグラニューラ構造を有する磁気記録層においては、非磁性結晶粒界が磁性結晶粒を物理的に分離して、磁性結晶粒間の磁氣的な相互作用を低下させている。磁氣的な相互作用の低下は、記録単位の遷移領域に生じるジグザグ磁壁の形成を抑制して、低ノイズ特性の実現を可能にする。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2010-135610号公報

特許文献2：特開2010-34182号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：R. F. Penoyer: Rev. Sci. Instr. 30 (1959) 711

非特許文献2：強磁性体の物理（下）近角聰信__裳華房 p10-21

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] グラニューラ構造を有する磁気記録層を形成する場合、従来用いていた非磁性非金属物質では、垂直磁気記録媒体の磁気異方性定数および保磁力が満足いくものではなかった。例えば、従来 SiO_2 、 TiO_2 等の材料が FePt 等の規則合金をグラニューラ化するのに用いられていた。しかしながら、こ

これらの材料では当該合金の規則化および粒分離が不十分で磁気異方性が低下し、保磁力が減少していた。それゆえ、特に高い磁気特性を有する新規な垂直磁気記録媒体が望まれている。

[0012] また、FePt規則合金をグラニューラー化した垂直磁気記録層では、様々な課題があった。例えば、保磁力が高く、熱アシスト記録を行う温度が高くなってしまい、かつ、高温で記録しようとする反転磁界勾配が小さくなっていた。

[0013] 本発明は上述の問題に鑑みなされたものであって、その目的とするところは、磁性結晶粒が十分に規則化および粒分離されており、高い磁気異方性定数を有する垂直磁気記録媒体を提供することである。

[0014] 本発明の更なる目的は、記録を保存する常温領域において高い保磁力を有する垂直磁気記録媒体を提供することである。

[0015] 本発明の更なる目的は、記録を行う高温領域において反転磁界の低下が可能な垂直磁気記録媒体を提供することである。

[0016] 本発明の更なる目的は、記録を行う高温領域において反転磁界の温度勾配を大きくすることが可能な垂直磁気記録媒体を提供することである。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明の課題を解決するための手段の一例は、非磁性基板と、磁気記録層とを含む垂直磁気記録媒体において、前記磁気記録層は、磁性結晶粒と、前記磁性結晶粒を取り囲む非磁性結晶粒界とを有するグラニューラー構造を有し、前記磁性結晶粒は規則合金を含み、前記非磁性結晶粒界はGe酸化物を含むことを特徴とする垂直磁気記録媒体である。

[0018] ここで、前記非磁性結晶粒界は、Mn酸化物、Si酸化物、Al酸化物、Zn酸化物、B酸化物およびTi酸化物からなる群から選択された少なくとも1つをさらに含んでも良い。また、前記磁性結晶粒が、L₁₀型の規則合金を含むことが好ましい。更に、前記L₁₀型の規則合金は、FeおよびPtを含むことが好ましい。なお、前記L₁₀型の規則合金は、Ni、Mn、Cr、Cu、AgおよびAuからなる群から選択された少なくとも1つをさらに含

んでも良い。

[0019] 本発明の課題を解決するための手段の別の例は、非磁性基板、第1磁気記録層および第2磁気記録層をこの順に含む垂直磁気記録媒体において、前記第1磁気記録層は、第1磁性結晶粒と、前記第1磁性結晶粒を取り囲む第1非磁性結晶粒界とを有するグラニューラー構造を有し、前記第1磁性結晶粒は規則合金を含み、前記第1非磁性結晶粒界はCを含み、前記第2磁気記録層は、第2磁性結晶粒と、前記第2磁性結晶粒を取り囲む第2非磁性結晶粒界とを有するグラニューラー構造を有し、前記第2磁性結晶粒は規則合金を含み、前記第2非磁性結晶粒界はGe酸化物を含むことを特徴とする垂直磁気記録媒体である。

[0020] ここで、前記第2非磁性結晶粒界は、Mn酸化物、Si酸化物、Al酸化物、Zn酸化物、B酸化物およびTi酸化物からなる群から選択された少なくとも1つをさらに含んでも良い。また、前記第1磁性結晶粒および前記第2磁性結晶粒の少なくとも1つが、L1₀型の規則合金を含むことが好ましい。更に、前記L1₀型の規則合金は、FeおよびPtを含むことが好ましい。なお、前記L1₀型の規則合金は、Ni、Mn、Cr、Cu、AgおよびAuからなる群から選択された少なくとも1つをさらに含んでも良い。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、磁性結晶粒が微細化されて十分に規則化および粒分離された垂直磁気記録媒体を提供できる。本発明によれば、高い磁気異方性定数K_uを有する垂直磁気記録媒体を提供できる。本発明によれば、高い保磁力H_cを有する垂直磁気記録媒体を提供できる。

[0022] 更に本発明においては、特にMnが添加された磁性結晶粒と、Ge酸化物を含む非磁性結晶粒界とを有する磁気記録層を採用すると、キュリー温度の低下により反転磁界を低下させることができ、熱アシスト記録が容易となる。

[0023] また、C（カーボン）を主とした粒界材料を含むグラニューラー層、およびその層の上のGeを主として含む酸化物を含むグラニューラー層を形成し、こ

これらの層の磁性結晶粒に異なる添加材料を添加することで、熱アシスト記録温度を低くし、かつ、反転磁界を小さくすることができる。また、反転磁界勾配を大きくすることができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の垂直磁気記録媒体の構成例を示す概略断面図である。

[図2]本発明の垂直磁気記録媒体中の磁気記録層の構成例を示す概略平面図である。

[図3]本発明の垂直磁気記録媒体の更なる構成例を示す概略断面図である。

[図4]実施例4（鎖線）および実施例5（実線）の反転磁界の温度依存性を示す。

発明を実施するための形態

[0025] 図1は、本発明の垂直磁気記録媒体の構成例を示す概略断面図である。

[0026] 垂直磁気記録媒体10は、非磁性基板11上に、密着層12、下地層13、シード層14、磁気記録層15、および保護層16をこの順に有する。なお、本発明において、密着層12、下地層13、シード層14、および保護層16は任意選択的に形成される層である。

[0027] 非磁性基板11として、表面が平滑である様々な基板を使用することができる。たとえば、磁気記録媒体に一般的に用いられる材料（NiPメッキを施したAl合金、強化ガラス、結晶化ガラス等）を用いて、非磁性基板11を形成することができる。なお、以下に示す実施例においては、非磁性基板11として用いた基板は全てガラス基板である。しかしながら、以下に示す実施例が本発明の非磁性基板の材料を限定するものではない。

[0028] 密着層12は、密着層を挿入する2層間の密着性を確保するための層である。図1の構成例では、非磁性基板11と下地層13との間に挿入している。密着層12を形成するための材料は、Ta、Ni、W、Cr、Ruなどの金属、前述の金属を含む合金から選択することができる。密着層は、単一の層から形成されていてもよいし、複数の層の積層構造を有していてもよい。

[0029] 密着層12上に軟磁性裏打ち層（不図示）を任意選択的に設けてもよい。

軟磁性裏打ち層は、磁気ヘッドからの磁束を制御して、垂直磁気記録媒体の記録・再生特性を向上させる。軟磁性裏打ち層を形成するための材料は、NiFe合金、センダスト(FeSiAl)合金、CoFe合金などの結晶質材料、FeTaC、CoFeNi、CoNiPなどの微結晶質材料、CoZrNb、CoTaZrなどのCo合金を含む非晶質材料を含む。軟磁性裏打ち層の膜厚の最適値は、磁気記録に用いる磁気ヘッドの構造および特性に依存する。他の層と連続成膜で軟磁性裏打ち層を形成する場合、生産性との兼ね合いから、軟磁性裏打ち層が10nm～500nmの範囲内(両端を含む)の膜厚を有することが好ましい。

[0030] 下地層13は、上方に成膜する磁気記録層15の結晶性または結晶軸方位の制御を目的として形成される層である。下地層13は、単層であっても多層であってもよい。下地層13は、Crまたは主成分たるCrにMo、W、Ti、V、およびMnのうちの少なくとも1種以上が添加された合金またはこれらの混合物から形成される非磁性膜であることが好ましい。また、下地層13を構成する材料は、磁気記録層15の結晶格子間隔に近い結晶格子間隔を有することが好ましい。磁気記録層15の組成に応じて下地層13の構成材料を適宜選択することが好ましい。下地層13は、DCマグネトロンスパッタリング法、電子ビーム蒸着法等の慣用の方法により形成することができる。

[0031] シード層14は、下地層13と磁気記録層15との間の密着性を確保し、上層である磁気記録層15の磁性結晶粒15aの粒径および結晶配向を制御するための層である。シード層14は非磁性であることが望ましい。シード層14の材料は、磁性結晶粒15aの材料に合わせて適宜選択される。たとえば、磁性結晶粒15aがFePt、CoPtなどのL₁₀型規則合金で形成される場合、シード層14はMgO、TiN、NiW、Cr、SrTiO₃、MgAl₂O₄またはそれらの混合物から形成することができる。シード層14は、DCマグネトロンスパッタリング法、RFマグネトロンスパッタリング法などを含むスパッタ法、真空蒸着法などの当該技術において知られている任

意の方法を用いて形成することができる。

[0032] 図2は、本発明の垂直磁気記録媒体中の磁気記録層の構成例を示す概略平面図である。磁気記録層15は、磁性結晶粒15aの周りを非磁性結晶粒界15bで取り囲んだグラニュー構造を有している。

[0033] 磁性結晶粒15aは強磁性材料から形成されることが好ましい。磁性結晶粒15aとしては、FeおよびCoから選択される少なくとも一種の元素と、PtおよびPdから選択される少なくとも一種の元素とを含む規則合金であることが好ましい。例えば、FePt、FePd、CoPt等のL₁₀型規則合金を用いることができる。磁性結晶粒15aの特性変調を目的として、磁性結晶粒15aに対してNi、Mn、Cr、Cu、Ag、Auなどの金属を添加しても良い。Ni、Mn、Crを添加することにより、磁氣的相互作用が低減して磁気異方性やキュリー温度などの磁気特性を変化させることができるため、所望の磁気特性に調整することができる。また、Cu、Ag、Auを添加することにより、規則化温度を低減し、磁気異方性を向上させる効果を得ることができる。

[0034] 磁性結晶粒は必ずしもすべての原子が規則構造を有していなくてもよい。規則構造の程度を表わす規則度Sが所定の値以上であれば良い。規則度Sは、磁気記録媒体をXRDにより測定し、測定値と完全に規則化した際の理論値との比により算出される。例えばL₁₀型規則合金の場合は、規則合金由来の(001)および(002)ピークの積分強度を用いて算出する。測定された(001)ピーク積分強度に対する(002)ピーク積分強度の比の値を、完全に規則化した際に理論的に算出される(001)ピーク積分強度に対する(002)ピーク積分強度の比で割ることで規則度Sを得ることができる。このようにして得られた規則度Sが0.5以上であれば、磁気記録媒体として実用的な磁気異方性定数K_uを有する。

[0035] 非磁性結晶粒界15bとしては、Ge酸化物が用いられる。Ge酸化物は、Ge(M₁、M₂、…)O_xで表される酸化物である。M₁、M₂、…は例えばSi、Alである。典型的なGe酸化物は、例えばGeO₂、GeSiO₂、G

e A l O₂である。好ましくは、G e 酸化物はG e を主として含む酸化物であり、これはG e、M₁、M₂、…のうちG e が50%以上であることを意味する。好ましくは、磁性結晶粒15aおよび非磁性結晶粒界15bの組成比は、磁性結晶粒15a：非磁性結晶粒界15b＝80：20～50：50である。磁性結晶粒15aの比率が50vol%以上かつ非磁性結晶粒界15bの比率が50vol%以下であると高い磁気異方性を有するという理由で好ましい。磁性結晶粒15aの比率が80vol%以下かつ非磁性結晶粒界15bの比率が20vol%以上であると磁性結晶粒の分離が十分になされるという理由で好ましい。なお、ビットパターンドメディア（BPM）の構成を採用して記録ビット間の磁気的な相互作用の低減を優先する場合には、磁性結晶粒15aの比率を50vol%未満とすることもできる。

[0036] G e は電気陰性度が高いために、G e 酸化物、好適にはG e を主として含む酸化物は、従来のグラニュー材料よりも共有結合性が高い。そのため、規則合金を構成する例えばF e およびP t への酸素の影響を少なくすることができる。G e 酸化物は、規則合金の規則化を阻害することがなく、これにより低温成膜での規則化が可能となる。更に、G e 酸化物は融点が低く、表面エネルギーが小さいため、G e 酸化物が磁性結晶粒の粒界に形成されて、磁性結晶粒を十分に分離させることが可能である。

[0037] 非磁性結晶粒界15bは、M n 酸化物、S i 酸化物、A l 酸化物、Z n 酸化物、B 酸化物およびT i 酸化物からなる群から選択された少なくとも1つをさらに含んでも良い。これらの酸化物を含むことで、共有結合性および表面エネルギーを調整できるため、磁気異方性をさらに向上し、および／または、磁性結晶粒の分離性をさらに向上することが可能になる。

[0038] ここで、特にM n が添加された磁性結晶粒と、G e 酸化物を含む非磁性結晶粒界とを有する磁気記録層を採用すると、キュリー温度の低下により反転磁界を低下させることができ、熱アシスト記録が容易となる。すなわち、磁性結晶粒にM n を添加してG e 酸化物を含む非磁性結晶粒界と組み合わせると、反転磁界H_{sw}の温度依存性がキュリー温度付近で大きく変化し、磁気

ヘッドが発生する記録磁界以下となり、従来よりも大幅に低い温度で熱アシスト記録が可能となる。また、この温度領域で反転磁界の温度勾配が大きくなり、熱アシスト記録時の記録分解能を向上することが可能となる。

[0039] 磁気記録層 15 の膜厚は、好ましくは 4 ~ 16 nm、典型的には 10 nm である。磁気記録層 15 の膜厚が 4 nm 以上であると信号再生に必要な磁気モーメント量が確保できるという理由で好ましい。磁気記録層 15 の膜厚が 16 nm 以下であると磁化の一斉反転がなされるという理由で好ましい。特に、磁気記録層 15 が単層で形成されると磁性結晶粒の連続性が保たれるという理由で好ましい。

[0040] 保護層（保護膜） 16 は、磁気記録媒体の分野で慣用的に使用されているカーボンを主体とする材料などを用いて形成することができる。また、保護層 16 は、単層であってもよく、積層構造を有してもよい。積層構造は、たとえば、特性の異なる 2 種のカーボン系材料の積層構造、金属とカーボン系材料との積層構造、または金属酸化物膜とカーボン系材料との積層構造であってもよい。保護層 16 は、CVD 法、スパッタリング法（DC マグネトロンスパッタリング法などを含む）、真空蒸着法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。

[0041] また、任意選択的に、本発明の垂直磁気記録媒体は、保護層 16 の上に設けられる液体潤滑剤層（不図示）をさらに含んでもよい。液体潤滑剤層は、垂直磁気記録媒体の分野で慣用的に使用されている材料（たとえば、パーフルオロポリエーテル系の潤滑剤など）を用いて形成することができる。液体潤滑剤層は、たとえば、ディップコート法、スピンコート法などの塗布法を用いて形成することができる。

[0042] 図 3 は、本発明の垂直磁気記録媒体の更なる構成例を示す概略断面図である。

[0043] 垂直磁気記録媒体 20 は、非磁性基板 11 上に、密着層 12、下地層 13、シード層 14、第 1 磁気記録層 25、第 2 磁気記録層 35、および保護層 16 をこの順に有する。なお、なお、図 3 において図 1 の層と同一の材料を

用いた層に同一の符号を付し、その説明を省略する。

- [0044] 第1磁気記録層25は、第1磁性結晶粒25aと、第1磁性結晶粒25aを取り囲む第1非磁性結晶粒界25bとを有するグラニュー構造を有する。第1磁性結晶粒25aは規則合金を含み、第1非磁性結晶粒界25bはCを含む。
- [0045] 第1磁性結晶粒25aとしては、FeおよびCoから選択される少なくとも一種の元素と、PtおよびPdから選択される少なくとも一種の元素とを含む規則合金であることが好ましい。例えば、FePt、FePd、CoPt等のL₁₀型規則合金を用いることができる。第1磁性結晶粒25aは強磁性材料から形成されることが好ましい。第1磁性結晶粒25aに対してNi、Mn、Cr、Cu、Ag、Auなどの金属を添加しても良い。これらの金属を添加することによって得られる効果は、第1磁性結晶粒15aの場合と同様である。
- [0046] 第1非磁性結晶粒界25bとしては、C（カーボン）を含む材料が用いられる。好ましくは、第1磁性結晶粒25aおよび第1非磁性結晶粒界25bの組成比は、第1磁性結晶粒25a：第1非磁性結晶粒界25b＝80：20～50：50である。第1磁性結晶粒25aの比率が50vol%以上かつ第1非磁性結晶粒界25bの比率が50vol%以下であると高い磁気異方性を有するという理由で好ましい。第1磁性結晶粒25aの比率が80vol%以下かつ第1非磁性結晶粒界25bの比率が20vol%以上であると磁性結晶粒の分離が十分になされるという理由で好ましい。なお、ビットパターンドメディア（BPM）の構成を採用して記録ビット間の磁気的な相互作用の低減を優先する場合には、第1磁性結晶粒25aの比率を50vol%未満とすることもできる。
- [0047] 第1磁気記録層25の膜厚は、好ましくは1～4nm、典型的には2nmである。第1磁気記録層25の膜厚が1nm以上であると磁性結晶粒の規則化が十分になされるという理由で好ましい。第1磁気記録層25の膜厚が4nm以下であると磁性結晶粒の再成長が発生しないという理由で好ましい。

特に、第1非磁性結晶粒界25bがCからなる第1磁気記録層25は、その上方のGe酸化物を含む第2磁気記録層35に対して磁性結晶粒の成長が連続的になされるという理由で好ましい。

[0048] 第2磁気記録層35は、第2磁性結晶粒35aと、第2磁性結晶粒35aを取り囲む第2非磁性結晶粒界35bとを有するグラニューラ構造を有している。第2磁性結晶粒35aは規則合金を含み、第2非磁性結晶粒界35bはGe酸化物を含む。第2磁気記録層35、第2磁性結晶粒35a、および第2非磁性結晶粒界35bは、それぞれ磁気記録層15、磁性結晶粒15a、および非磁性結晶粒界15bと同様な構成を採用できるので、その説明を省略する。なお、第2磁気記録層35の膜厚は、第1磁気記録層25を形成することを勘案して第2磁気記録層35を単層で形成する場合よりも薄く設定することが好ましい。

[0049] 第1磁性結晶粒25aと第2磁性結晶粒35aは異なる材料とすることができる。例えば、異なる材料を用いてキュリー温度 T_c を上下の層で異なる温度とすることで、積層磁気記録層全体のグラニューラ構造や磁気特性を保持しつつも、熱アシスト記録温度を低くし、かつ、記録時の反転磁界を小さくすることができる。また、反転磁界の勾配を大きくすることができる。例えば、第1磁性結晶粒25aをCoPtからなるL1₀型の規則合金とし、第2磁性結晶粒35aをFePtからなるL1₀型の規則合金とすることができる。あるいは、各磁性結晶粒に添加するNi、Mn、Cr、Cu、Ag、Auなどの金属を各磁性結晶粒で異なる材料とすることができる。例えば、第1磁気記録層25をFePtと、FePtのキュリー温度 T_c を制御する目的で添加される材料Yと、C（カーボン）を主とした粒界材料とからなるFePtグラニューラ層を形成する。更に、第2磁気記録層35をFePtと、FePtのキュリー温度 T_c を制御する目的で添加される材料Xと、Geを主として含む酸化物からなるFePtグラニューラ層を形成する。この場合、添加材料Xと添加材料Yを異なる材料として、キュリー温度 T_c の制御効果を上下の層で異なるようにすることができる。

[0050] ここで、特に第2磁気記録層にMnを添加すると、キュリー温度の低下により反転磁界を低下させることができ、熱アシスト記録が容易となる。すなわち、磁性結晶粒にMnを添加してGe酸化物を含む非磁性結晶粒界と組み合わせると、反転磁界 H_{sw} の温度依存性がキュリー温度付近で大きく変化し、磁気ヘッドが発生する記録磁界以下となり、従来よりも大幅に低い温度で熱アシスト記録が可能となる。また、この温度領域で反転磁界の温度勾配が大きくなり、熱アシスト記録時の記録分解能を向上することが可能となる。

[0051] 上述した磁気記録層15、第1磁気記録層25、第2磁気記録層35に付加して、他の磁性層を配置することで磁気記録媒体の性能をさらに向上することができる。以下では、磁気記録層15、第1磁気記録層25、第2磁気記録層35から構成される層を総称して単に磁気記録層と称する。

[0052] 磁気記録層とは異なるキュリー温度 T_c を有する T_c 制御磁性層をさらに配置し、両者の T_c に合わせた記録温度を設定することで、記録時に必要とされる磁気記録媒体全体としての反転磁界を低減することができる。例えば、 T_c 制御磁性層のキュリー温度を磁気記録層のキュリー温度より低く設定する。記録温度を両者のキュリー温度の中間に設定すれば、記録時に T_c 制御磁性層の磁化は消失して記録を反転するために必要な磁界は低減する。このようにして磁気記録ヘッドに要請される記録時の発生磁界を低減して良好な磁気記録性能を発揮することができる。

[0053] T_c 制御磁性層の配置は、磁気記録層の上下いずれとしても良い。 T_c 制御磁性層はグラニューラー構造とすることが好ましい。磁気記録層と T_c 制御磁性層の磁性結晶粒を概ね同じ位置に配置することが特に好ましい。概ね同じ位置とすることで信号対雑音比(SNR)等の性能を向上することができる。

[0054] T_c 制御磁性層を構成する磁性結晶粒はCo、Feのうちのいずれかひとつを少なくとも含む材料とすることが好ましく、さらにPt、Pd、Ni、Mn、Cr、Cu、Ag、Auのうちの少なくともいずれかひとつを含むこ

とが好ましい。例えば、C o C r系合金、C o C r P t系合金、F e P t系合金、F e P d系合金等を用いることができる。磁性結晶粒の結晶構造は、L 1₀型、L 1₁型、L 1₂型等の規則構造、h c p構造（六方最密充填構造）、f c c構造（面心立方構造）等とすることができる。

[0055] T c制御磁性層を構成する非磁性結晶粒界の材料としては、前述したG e酸化物、あるいはS i O₂、T i O₂等の酸化物、S i N、T i N等の窒化物、C、B等を用いることができる。

[0056] T c制御磁性層としては、磁気記録層と同様の材料を用いて、異なる組成とした層を用いてもよい。例えば磁気記録層中のG e酸化物の比率を変更した層、非磁性結晶粒界に添加するM n酸化物などの材料を変更した層、規則合金に添加するN iなどの元素を変更した層等としてもよい。

[0057] 磁気記録層とT c制御磁性層の間の磁気的な交換結合を調整するために、磁気記録層とT c制御磁性層の間に交換結合制御層を配置することが好ましい。記録温度における磁気的な交換結合を調整することにより、反転磁界を調整することができる。交換結合制御層は、所望する交換結合に応じて磁性を有する層、非磁性の層を選択することができる。記録温度における反転磁界の低減効果を高めるためには非磁性層を用いることが好ましい。

[0058] 磁気記録層とは異なる一軸結晶磁気異方性定数K uを有するK u制御磁性層を配置し、両者の間に適切な磁気的な交換結合を設定することで、記録保存時に必要とされる磁気記録媒体全体としての熱的な安定性を向上することができる。

[0059] K u制御磁性層の配置は、磁気記録層の上下いずれとしても良い。K u制御磁性層はグラニューラー構造とすることが好ましい。磁気記録層とK u制御磁性層の磁性結晶粒を概ね同じ位置に配置することが特に好ましく、概ね同じ位置とすることで信号対雑音比（S N R）等の性能を向上することができる。

[0060] K u制御磁性層を構成する磁性結晶粒はC o、F eのうちのいずれかひとつを少なくとも含む材料とすることが好ましく、さらにP t、P d、N i、

Mn、Cr、Cu、Ag、Auのうちの少なくともいずれかひとつを含むことが好ましい。例えば、CoCr系合金、CoCrPt系合金、FePt系合金、FePd系合金等を用いることができる。磁性結晶粒の結晶構造は、 $L1_0$ 型、 $L1_1$ 型、 $L1_2$ 型等の規則構造、hcp構造（六方最密充填構造）、fcc構造（面心立方構造）等とすることができる。

[0061] Ku制御磁性層を構成する非磁性結晶粒界の材料としては、前述したGe酸化物、あるいはSiO₂、TiO₂等の酸化物、SiN、TiN等の窒化物、C、B等を用いることができる。

[0062] Ku制御磁性層としては、磁気記録層と同様の材料を用いて、異なる組成とした層を用いてもよい。例えば磁気記録層中のGe酸化物の比率を変更した層、非磁性結晶粒界に添加するMn酸化物などの材料を変更した層、規則合金に添加するNiなどの元素を変更した層等としてもよい。

[0063] 磁気記録層とKu制御磁性層の間の磁気的な交換結合を調整するために、磁気記録層とKu制御磁性層の間に交換結合制御層を配置することが好ましい。記録保存時における磁気的な交換結合を調整することにより、熱安定性を調整することができる。交換結合制御層は、所望する交換結合に応じて磁性を有する層、非磁性の層を選択することができる。記録保存温度における熱安定性の向上効果を高めるためには非磁性層を用いることが好ましい。

[0064] 他の磁性層として、キャップ層を配置してもよい。磁気記録層の上または下に、磁性層の層内で磁気的には連続な層を配置することができる。この連続磁性層を配置することにより、磁気記録媒体としての磁化反転を調整することができる。

[0065] 連続磁性層を構成する材料はCo、Feのうちのいずれかひとつを少なくとも含む材料とすることが好ましく、さらにPt、Pd、Ni、Mn、Cr、Cu、Ag、Au、希土類元素のうちの少なくともいずれかひとつを含むことが好ましい。例えば、CoCr系合金、CoCrPt系合金、FePt系合金、FePd系合金、CoSm系合金等を用いることができる。連続磁性層は多結晶あるいは非晶質のいずれで構成してもよい。多結晶で構成する

場合の結晶構造は、 $L1_0$ 型、 $L1_1$ 型、 $L1_2$ 型等の規則構造、hcp構造（六方最密充填構造）、fcc構造（面心立方構造）等とすることができる。

[0066] 上述した各磁性層は、記録を保存する温度において磁気記録層と協働して記録したい情報（例えば、0、1の情報。）に対応する磁化を保持する作用を有するか、および／または、記録する温度において磁気記録層と協働して記録を容易にする作用を有する。この目的に資するために、上述したTc制御磁性層、Ku制御磁性層、連続磁性層以外の磁性層を付加することができる。例えば、反転磁界を制御する磁性層、保磁力Hcを制御する磁性層、飽和磁化Msを制御する磁性層等の磁気特性を制御する磁性層、マイクロ波アシスト磁気記録に向けた強磁性共鳴周波数を制御する磁性層等を付加してもよい。また、付加する磁性層は単層で良く、あるいは異なる組成を有する等の異なる層を積層した構成としてもよい。

実施例

[0067] 非磁性基板、その上に順次設けられるTa密着層、Cr下地層、MgOシード層、規則合金型FePt系磁気記録層、およびC保護膜を有する垂直磁気記録媒体を、下記の手順に従って形成した。

[0068] [実施例1]

非磁性基板は、化学強化ガラス基板（HOYA社製N-10ガラス基板）を用いた。Ta密着層からC保護膜までの成膜は、大気開放することなくインライン式の成膜装置を用いて行った。Ar雰囲気中で純Taターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタ法により膜厚5nmのTa密着層を成膜した。更に、Ar雰囲気中で純Crターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタ法により膜厚20nmのCr下地層を成膜した。次に、基板を300℃に加熱した状態で、MgOターゲットを用いてRFスパッタリング法により膜厚5nmのMgOシード層を成膜した。MgO層を成膜する際に、Arガス雰囲気の圧力は0.02Paであり、RF投入電力は200Wであった。次に、磁気記録層としてFePt-GeO₂層を次のように成膜した。具体的には、基板を450℃に加熱した上で、FePtとGeO₂を含むターゲット

を用いてDCマグネトロンスパッタリング法により膜厚10nmのFePt-GeO₂層を成膜した。FePtとGeO₂を含むターゲットは、成膜時の組成が75vol%FePt-25vol%GeO₂になるように調整した。ここで、FePtの成膜時の組成は50at.%Fe-50at.%Ptであり、また、vol%は体積分率を表し、at.%は原子数分率を表す。特に明示しない限り、以下も同様である。FePt-GeO₂層を成膜する際は、Arガス雰囲気圧力は1.0Paであり、DC投入電力は25Wであった。最後に、膜厚3nmのC保護膜をスパッタリングで成膜した。

[0069] [実施例2]

第1磁気記録層としてFePt-C層を次のように成膜した。具体的には、基板を450℃に加熱した上で、FePtとCを含むターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタ法により膜厚2nmのFePt-C層を成膜した。FePtとCを含むターゲットは、成膜時の組成が60vol%FePt-40vol%Cになるように調整した。FePt-C層を成膜する際は、Arガス雰囲気圧力は1.0Paであり、DC投入電力は25Wであった。次に、第2磁気記録層としてFePt-GeO₂層を次のように成膜した。具体的には、基板を450℃に加熱した上で、FePtとGeO₂を含むターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタリング法により膜厚7nmのFePt-GeO₂層を成膜した。FePtとGeO₂を含むターゲットは、成膜時の組成が75vol%FePt-25vol%GeO₂になるように調整した。FePt-GeO₂層を成膜する際は、Arガス雰囲気圧力は1.0Paであり、DC投入電力は25Wであった。上記以外は実施例1と同様な手法を採用した。

[0070] [実施例3]

実施例2のFePt-GeO₂層が膜厚3nmを有すること以外は実施例2と同様な手法を採用した。

[0071] [比較例1]

実施例1のFePt-GeO₂層に代えて、FePt-SiO₂層を次のよう

に成膜した。具体的には、基板を450℃に加熱した上で、FePtとSiO₂を含むターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタリング法により膜厚10nmのFePt-SiO₂層を成膜した。FePtとSiO₂を含むターゲットは、成膜時の組成が77vol%FePt-23vol%SiO₂になるように調整した。上記以外は実施例1と同様な手法を採用した。

[0072] [比較例2]

実施例1のFePt-GeO₂層に代えて、FePt-TiO₂層を次のように成膜した。具体的には、基板を450℃に加熱した上で、FePtとTiO₂を含むターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタリング法により膜厚10nmのFePt-TiO₂層を成膜した。FePtとTiO₂を含むターゲットは、成膜時の組成が77vol%FePt-23vol%TiO₂になるように調整した。上記以外は実施例1と同様な手法を採用した。

[0073] 第1表に実施例1～3および比較例1、2の実験条件を示す。磁気異方性定数K_uは、PPMS装置(Quantum Design社製; Physical Property Measurement System)を用い、自発磁化の磁場印加角度依存性を評価し、非特許文献1、2に基づき算出した。第1表中、MO₂はGeO₂、SiO₂、またはTiO₂を意味する。FePt-GeO₂/FePt-Cの表記は、FePt-GeO₂層が上層であり、FePt-C層が下層であることを意味する。また、実施例1～3および比較例1、2の磁気記録層が目的のL₁₀規則構造を有していることをX線回折(XRD)による超格子線(001)の有無によって確認した。

[0074]

[表1]

第1表

	磁気記録層	圧力 (Pa)	C含有量 (vol%)	Mo ₂ 含有量 (vol%)	FePt-C膜厚 (nm)	FePt-MO ₂ 膜厚 (nm)	全膜厚 (nm)	Ku ($\times 10^7 \text{ erg/cm}^3$)	Hc(kOe) ([] : $\times 10^4 \text{ A/m}$)
実施例 1	FePt-GeO ₂	1	-	25	-	10	10	1.0	11.4 [0.91]
実施例 2	FePt-GeO ₂ /FePt-C	1	40	25	2	7	9	2.2	15.7 [1.25]
実施例 3	FePt-GeO ₂ /FePt-C	1	40	25	2	3	5	2.1	17.53 [1.39]
比較例 1	FePt-SiO ₂	3	-	23	-	10	10	0.8	8.2 [0.65]
比較例 2	FePt-TiO ₂	3	-	23	-	10	10	0.4	5.0 [0.40]

[0075] 実施例 1 において、比較例 1、2 の場合にくらべて磁気異方性定数 K_u が $1.0 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3 (= 1.0 \times 10^6 \text{ J/cm}^3)$ と高くなった。ま

た、保磁力 H_c も増大しており、これらは磁性結晶粒の微細化および規則化の促進によるものである。このように、非磁性結晶粒界としてGe酸化物を用いると、磁気異方性定数 K_u および保磁力 H_c が両方とも高い値を示した。このようなGe酸化物による効果は、他の酸化物と比較して優れた効果であり、他の文献によって予測困難なものである。実施例2において、FePt-C層の上にFePt-GeO₂層を形成した結果、磁気異方性定数 K_u が $2.2 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ とさらに高くなっており、さらに保磁力 H_c が増大し、微細化がさらに促進されている。実施例3では、FePt-GeO₂層の膜厚を薄くしたことにより磁気異方性定数 K_u が $2.1 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ となって実施例2と同等であり、保磁力 H_c も増大している。これは磁性結晶粒の分離がさらに促進されたためである。このように、FePt-C層の上にFePt-GeO₂層を形成すると、磁気異方性定数 K_u および保磁力 H_c が両方とも顕著に高い値を示した。このようなCを含む磁気記録層およびその上方のGe酸化物を含む磁気記録層による効果も、他の酸化物と比較して際立って優れた効果であり、他の文献によって予測困難なものである。

[0076] [比較例3]

比較例3は、第1磁気記録層としてのFePt-Cテンプレート層上に、第2磁気記録層としてのFePt-酸化物層を形成した例である。酸化物層を構成する酸化物は、SiO₂、TiO₂、Ta₂O₅、Al₂O₃、NiOまたはMnOである。層構成は上層が膜厚3nmの75vol%FePt-25vol%酸化物層であり、下層は膜厚2nmの60vol%FePt-40vol%Cである。比較例3においては、第2磁気記録層として膜厚3nmのFePt-酸化物層を成膜した以外は実施例3と同様な手法を採用した。

[0077]

[表2]

第2表

酸化物種類	SiO ₂	TiO ₂	Ta ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	NiO	MnO
磁気異方性定数 Ku (x10 ⁷ erg/cm ³)	1.8	1.3	0.8	1.5	0.3	1.4

[0078] 比較例3においては、いずれも実施例3に比べて、低い磁気異方性定数Kuしか得られておらず、Ge酸化物を用いた効果を実証する結果となった。

[0079] [実施例4]

第1磁気記録層としてFePtMn-C層を次のように成膜した。具体的には、基板を450℃に加熱した上で、FePtMnとCを含むターゲットを用いてDCマグネトロンスパッタ法により膜厚2nmのFePtMn-C層を成膜した。FePtMnとCを含むターゲットは、成膜時の組成が60

75 vol % FePtMn (35 at. % Fe – 50 at. % Pt – 15 at. % Mn) – 40 vol % C になるように調整した。FePtMn – C 層を成膜する際は、Ar ガス雰囲気圧力は 1.0 Pa であり、DC 投入電力は 25 W であった。次に、第 2 磁気記録層として FePt – GeO₂ 層を次のように成膜した。具体的には、基板を 450 °C に加熱した上で、FePt と GeO₂ を含むターゲットを用いて DC マグネトロンスパッタリング法により膜厚 7 nm の FePt – GeO₂ 層を成膜した。FePt と GeO₂ を含むターゲットは、成膜時の組成が 75 vol % FePt (50 at. % Fe – 50 at. % Pt) – 25 vol % GeO₂ になるように調整した。FePt – GeO₂ 層を成膜する際は、Ar ガス雰囲気圧力は 1.0 Pa であり、DC 投入電力は 25 W であった。上記以外は実施例 1 と同様な手法を採用した。

[0080] [実施例 5]

第 1 磁気記録層として FePt – C 層を次のように成膜した。具体的には、基板を 450 °C に加熱した上で、FePt と C を含むターゲットを用いて DC マグネトロンスパッタ法により膜厚 2 nm の FePt – C 層を成膜した。FePt と C を含むターゲットは、成膜時の組成が 60 vol % FePt (50 at. % Fe – 50 at. % Pt) – 40 vol % C になるように調整した。FePt – C 層を成膜する際は、Ar ガス雰囲気圧力は 1.0 Pa であり、DC 投入電力は 25 W であった。完成した膜の FePt の組成分析を行なったところ、組成比は 50.5 at. % Fe – 49.5 at. % Pt であった。次に、第 2 磁気記録層として FePtMn – GeO₂ 層を次のように成膜した。具体的には、基板を 450 °C に加熱した上で、FePtMn と GeO₂ を含むターゲットを用いて DC マグネトロンスパッタリング法により膜厚 7 nm の FePtMn – GeO₂ 層を成膜した。FePtMn と GeO₂ を含むターゲットは、成膜時の組成が 80 vol % FePtMn (35 at. % Fe – 50 at. % Pt – 15 at. % Mn) – 20 vol % GeO₂ になるように調整した。FePtMn – GeO₂ 層を成膜する際は、Ar ガス雰囲気圧力は 1.0 Pa であり、DC 投入電力は 25 W であった。完成した

膜のFePtMnの組成分析を行なったところ、組成比は36.9at.% Fe-50.4at.%Pt-12.7at.%Mnであった。上記以外は実施例1と同様な手法を採用した。

[0081] 磁気特性の測定結果を第3表に示す。反転磁界の温度依存性の測定結果を図4に示す。

[0082]

[表3]

第3表 磁気特性	磁気記録層	圧力 (Pa)	C含有量 (vol%)	GeO ₂ 含有量 (vol%)	第1磁気記録 層膜厚 (nm)	第2磁気記録 層膜厚 (nm)	全膜厚 (nm)	Ts (°C)	Hc (kOe) ([] : (x10 ⁶ A/m))
実施例4	FePt-GeO ₂ /FePtMn-C	1	40	25	2	7	9	450	17.5 [1.39]
実施例5	FePtMn-GeO ₂ /FePt-C	1	40	20	2	7	9	450	17.1 [1.36]

[0083] 実施例5の保磁力H_cは実施例4とほぼ等しく、FePtグラニューラー構

造や磁気特性に大きな違いが見られないことを示している。実施例4の反転磁界 H_{sw} の温度依存性は、熱アシスト記録を行うには 350°C 以上が好ましいことを示している。なお、反転磁界 H_{sw} (kOe)の各値は、当該各値に $1/4\pi$ を乗じることにより $\times 10^6 \text{ A/m}$ の値を算出できる。実施例4においては、高温時の反転磁界の温度変化が小さいため、熱勾配に伴う反転磁界勾配が小さくなる。一方、実施例5の反転磁界 H_{sw} の温度依存性は、FePtMnのキュリー温度(280°C)付近で大きな変化を示しており、磁気ヘッドが発生する記録磁界(12 kOe)以下になる。したがって、 280°C 以下で熱アシスト記録が可能である。また、反転磁界の温度変化が急激なため、温度勾配による反転磁界勾配が大きい。

[0084] 実施例5から分かるように、FePt-GeO₂層にMnを添加することによって、磁気記録層の反転磁界の温度変化を、磁気ヘッドによる記録が容易になるようにすることができることがわかった。一方、実施例4においては、FePt-C層の反転磁界の温度変化に関してMn添加効果は存在するものの、Mnを添加した第1磁気記録層の膜厚が 2 nm と薄いために、全体の磁気記録層の温度変化についてはMn添加の効果が少なかった。膜厚を増加したFePt-C層へMnを添加することにより、温度特性に対する効果が顕著となる。

符号の説明

- [0085] 10、20 垂直磁気記録媒体
- 11 非磁性基板
 - 12 密着層
 - 13 下地層
 - 14 シード層
 - 15 磁気記録層
 - 15a 磁性結晶粒
 - 15b 非磁性結晶粒界
 - 16 保護層

2 5 第 1 磁気記録層

2 5 a 第 1 磁性結晶粒

2 5 b 第 1 非磁性結晶粒界

3 5 第 2 磁気記録層

3 5 a 第 2 磁性結晶粒

3 5 b 第 2 非磁性結晶粒界

請求の範囲

- [請求項1] 非磁性基板と、磁気記録層を含む垂直磁気記録媒体において、
前記磁気記録層は、磁性結晶粒と、前記磁性結晶粒を取り囲む非磁性結晶粒界とを有するグラニューラー構造を有し、
前記磁性結晶粒は規則合金を含み、前記非磁性結晶粒界はGe酸化物を含むことを特徴とする垂直磁気記録媒体。
- [請求項2] 前記非磁性結晶粒界は、Mn酸化物、Si酸化物、Al酸化物、Zn酸化物、B酸化物およびTi酸化物からなる群から選択された少なくとも1つをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。
- [請求項3] 前記磁性結晶粒が、L₁₀型の規則合金を含む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L₁₀型の規則合金は、FeおよびPtを含むことを特徴とする請求項3に記載の垂直磁気記録媒体。
- [請求項5] 前記L₁₀型の規則合金は、Ni、Mn、Cr、Cu、AgおよびAuからなる群から選択された少なくとも1つをさらに含むことを特徴とする請求項4に記載の垂直磁気記録媒体。
- [請求項6] 非磁性基板、第1磁気記録層および第2磁気記録層をこの順に含む垂直磁気記録媒体において、
前記第1磁気記録層は、第1磁性結晶粒と、前記第1磁性結晶粒を取り囲む第1非磁性結晶粒界とを有するグラニューラー構造を有し、前記第1磁性結晶粒は規則合金を含み、前記第1非磁性結晶粒界はCを含み、
前記第2磁気記録層は、第2磁性結晶粒と、前記第2磁性結晶粒を取り囲む第2非磁性結晶粒界とを有するグラニューラー構造を有し、前記第2磁性結晶粒は規則合金を含み、前記第2非磁性結晶粒界はGe酸化物を含むことを特徴とする垂直磁気記録媒体。
- [請求項7] 前記第2非磁性結晶粒界が、Mn酸化物、Si酸化物、Al酸化物

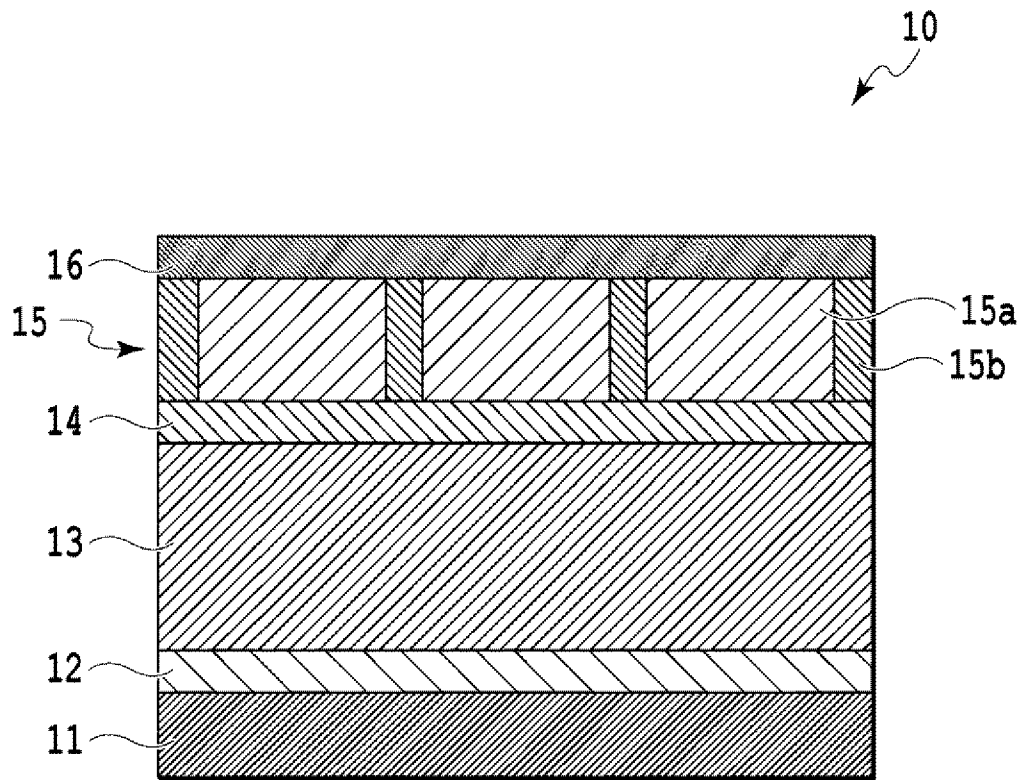
、Zn酸化物、B酸化物およびTi酸化物からなる群から選択された少なくとも1つをさらに含むことを特徴とする請求項6に記載の垂直磁気記録媒体。

[請求項8] 前記第1磁性結晶粒および前記第2磁性結晶粒の少なくとも1つが、L₁₀型の規則合金を含むことを特徴とする請求項6または7に記載の垂直磁気記録媒体。

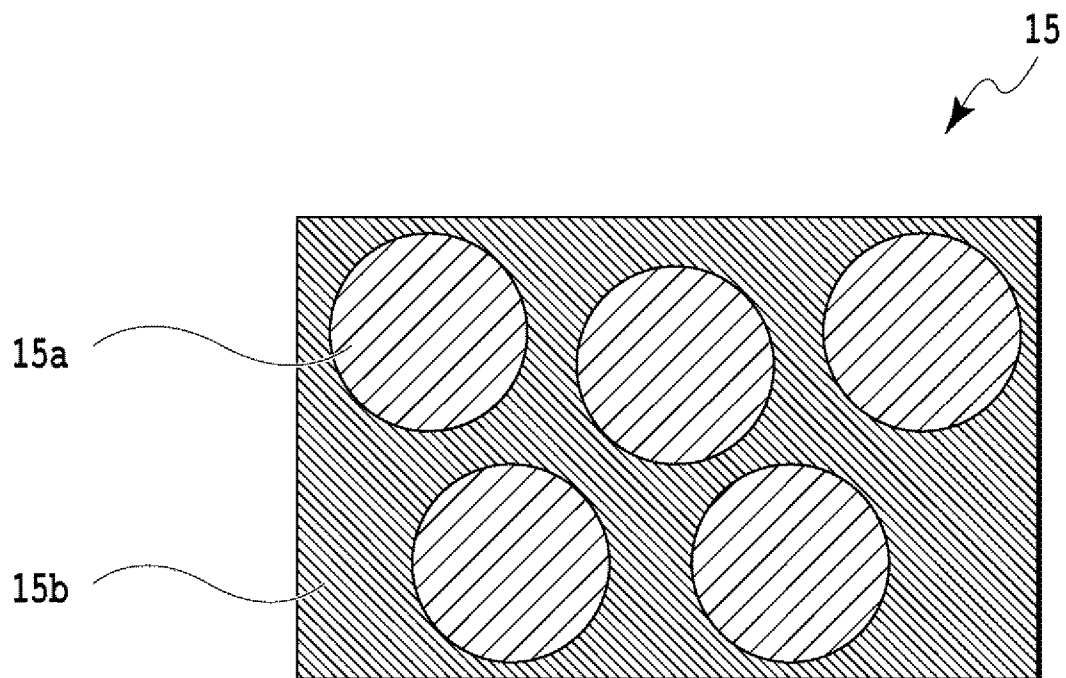
[請求項9] 前記L₁₀型の規則合金は、FeおよびPtを含むことを特徴とする請求項8に記載の垂直磁気記録媒体。

[請求項10] 前記L₁₀型の規則合金は、Ni、Mn、Cr、Cu、AgおよびAuからなる群から選択された少なくとも1つをさらに含むことを特徴とする請求項9に記載の垂直磁気記録媒体。

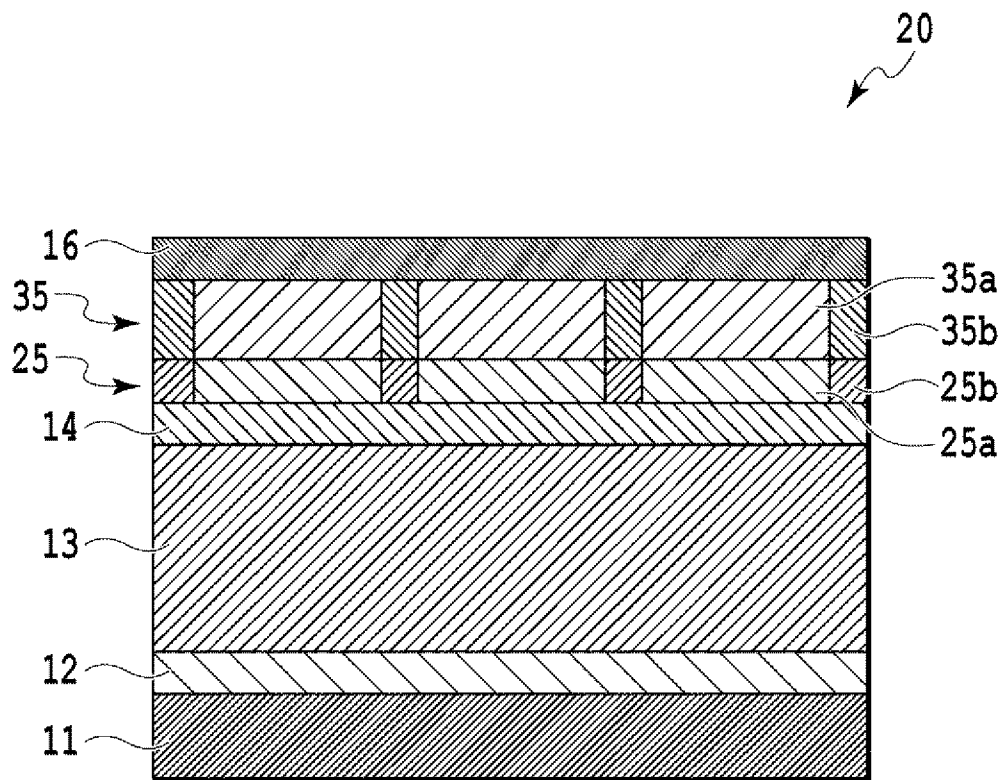
[図1]



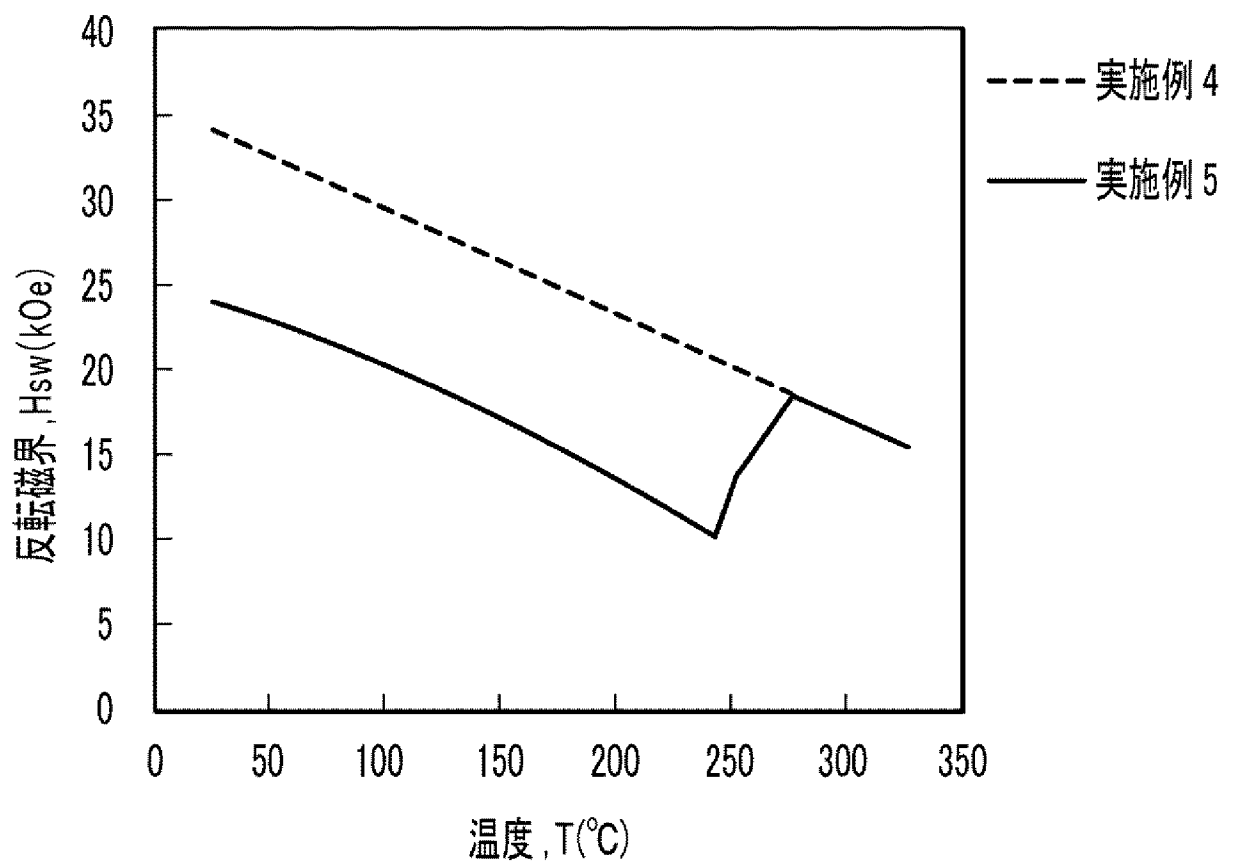
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B5/65(2006.01)i, G11B5/64(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)

G11B5/65, G11B5/64

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 A	JP 2007-018688 A (Canon Inc.), 25 January 2007 (25.01.2007), paragraphs [0004], [0024] to [0033] & US 2006/0280862 A1	1-5 6-10
Y	JP 2012-048784 A (Hitachi, Ltd.), 08 March 2012 (08.03.2012), paragraphs [0027], [0043] to [0047] & US 2012/0052330 A1 & CN 102385871 A	1-10
Y	JP 2010-102816 A (Hoya Corp.), 06 May 2010 (06.05.2010), paragraphs [0050] to [0052] (Family: none)	1-10

☒ 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
30 January, 2014 (30.01.14)

Date of mailing of the international search report
10 February, 2014 (10.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007199

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 2001-351217 A (Fujitsu Ltd.), 21 December 2001 (21.12.2001), paragraph [0047] (Family: none)	1-10
A	JP 2011-154746 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 11 August 2011 (11.08.2011), entire text & US 2012/0300600 A1 & WO 2011/093233 A1 & CN 102725793 A	1-10
A	JP 2004-237429 A (Canon Inc.), 26 August 2004 (26.08.2004), entire text & US 2004/0033339 A1 & WO 2003/078685 A1 & AU 2003221347 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G11B5/65(2006.01)i, G11B5/64(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. G11B5/65, G11B5/64

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X A	JP 2007-018688 A（キヤノン株式会社）2007.01.25 段落【0004】，【0024】－【0033】 & US 2006/0280862 A1	1-5 6-10
Y	JP 2012-048784 A（株式会社日立製作所）2012.03.08 段落【0027】，【0043】－【0047】 & US 2012/0052330 A1 & CN 102385871 A	1-10
Y	JP 2010-102816 A（H O Y A株式会社）2010.05.06 段落【0050】－【0052】（ファミリーなし）	1-10

☒ 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

3 0 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 2 . 2 0 1 4

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

原田 貴志

5 D

4 6 9 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

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 請求項の番号
Y	JP 2001-351217 A (富士通株式会社) 2001. 12. 21, 段落【0047】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2011-154746 A (昭和電工株式会社) 2011. 08. 11, 全文 & US 2012/0300600 A1 & WO 2011/093233 A1 & CN 102725793 A	1-10
A	JP 2004-237429 A (キヤノン株式会社) 2004. 08. 26, 全文 & US 2004/0033339 A1 & WO 2003/078685 A1 & AU 2003221347 A	1-10