

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-184066

(P2007-184066A)

(43) 公開日 平成19年7月19日(2007.7.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/66 (2006.01)	G 1 1 B 5/66	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/738 (2006.01)	G 1 1 B 5/738	
G 1 1 B 5/65 (2006.01)	G 1 1 B 5/65	
G 1 1 B 5/667 (2006.01)	G 1 1 B 5/667	
G 1 1 B 5/64 (2006.01)	G 1 1 B 5/64	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-2836 (P2006-2836)
 (22) 出願日 平成18年1月10日 (2006.1.10)

(71) 出願人 503116280
 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
 オランダ国 アムステルダム 1076
 エイズィ パルナスストーリー ロカテリ
 ケード 1
 (74) 代理人 100091096
 弁理士 平木 祐輔
 (74) 代理人 100102576
 弁理士 渡辺 敏章
 (72) 発明者 玉井 一郎
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記憶装置

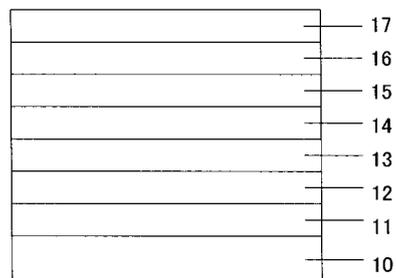
(57) 【要約】

【課題】 RuあるいはRu合金中間層とこの中間層上に形成したCoCr合金に酸素あるいは酸化物を添加したグラニューラ型記録層を用いた垂直磁気記録媒体において、記録層の中間層との界面近傍から発生するノイズの影響を低減することにより、低ノイズで高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 RuもしくはRu合金からなる中間層14上に、第一の記録層15と第二の記録層16をこの順で積層する。第一の記録層と第二の記録層はCoを主成分とするとともにCrと酸素を含んだグラニューラ構造を有し、第一の記録層の飽和磁化が第二の記録層の飽和磁化よりも低く、第一の記録層の飽和磁化をMs1 (emu/cm³)、第二の記録層の飽和磁化をMs2 (emu/cm³)、第一の記録層の膜厚をt1 (nm)とするとき、(Ms2 - Ms1) × t1を0 (memu/cm²) より大きく0.15 (memu/cm²) より小さくする。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に軟磁性層と、RuもしくはRu合金からなる中間層と、第一の記録層と、第二の記録層と、保護層とが順次積層され、

前記第一の記録層と第二の記録層はCoを主成分とするとともにCrと酸素を含んだグラニユラ構造を有し、

前記第一の記録層の飽和磁化が第二の記録層の飽和磁化よりも低く、

前記第一の記録層の飽和磁化を M_s1 (emu/cm^3)、前記第二の記録層の飽和磁化を M_s2 (emu/cm^3)、前記第一の記録層の膜厚を $t1$ (nm)とすると、 $(M_s2 - M_s1) \times t1$ が 0 (memu/cm^2)より大きく、 0.15 (memu/cm^2)より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。 10

【請求項 2】

基板上に軟磁性層と、RuもしくはRu合金からなる中間層と、第一の記録層と、第二の記録層と、保護層とが順次積層され、

前記第一の記録層と第二の記録層はCoを主成分とするとともにCrと酸素を含んだグラニユラ構造を有し、

前記第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度を $C1$ (at%)、前記第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度を $C2$ (at%)、前記第一の記録層の膜厚を $t1$ (nm)とすると、 $C1$ は $C2$ より大きく、 $(C1 - C2) \times t1$ が 0 (at%・nm)より大きく、 75 (at%・nm)より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。 20

【請求項 3】

請求項2記載の垂直磁気記録媒体において、前記第一の記録層の膜厚 $t1$ (nm)が 0 nmより大きく 5 nmより小さく、前記第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度 $C1$ (at%)と前記第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度 $C2$ (at%)の差 $(C1 - C2)$ が 14 at%より大きいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】

請求項2記載の垂直磁気記録媒体において、前記第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度が 12 at%より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。 30

【請求項 5】

請求項3記載の垂直磁気記録媒体において、前記第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度が 12 at%より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】

請求項2記載の垂直磁気記録媒体において、前記第一の記録層にPtが含まれないか、あるいはPtが含まれる場合には前記第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するPtの濃度が 15 at%より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 7】

請求項3記載の垂直磁気記録媒体において、前記第一の記録層にPtが含まれないか、あるいはPtが含まれる場合には前記第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するPtの濃度が 15 at%より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体。 40

【請求項 8】

請求項1記載の垂直磁気記録媒体において、前記第二の記録層の上にCoを主成分として酸化物を含まない第三の記録層が積層されていることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 9】

請求項2記載の垂直磁気記録媒体において、前記第二の記録層の上にCoを主成分として酸化物を含まない第三の記録層が積層されていることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 10】

垂直磁気記録媒体と、前記垂直磁気記録媒体を記録方向に駆動する手段と、記録部と再生部を有する磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記垂直磁気記録媒体に対して相対的に駆動する手段と、前記磁気ヘッドに対する入力信号及び出力信号を処理する信号処理手段とを有し、

前記垂直磁気記録媒体は、基板上に軟磁性層と、RuもしくはRu合金からなる中間層と、第一の記録層と、第二の記録層と、保護層とが順次積層され、前記第一の記録層と第二の記録層はCoを主成分とするとともにCrと酸素を含んだグラニューラ構造を有し、前記第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度をC1(at%)、前記第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するCrの濃度をC2(at%)、前記第一の記録層の膜厚をt1(nm)とすると、 $C1 > C2$ 、 $(C1 - C2) \times t1 > 0$ (at%・nm)より大きく75(at%・nm)より小さいことを特徴とする磁気記憶装置。

10

【請求項11】

請求項10記載の磁気記憶装置において、前記磁気ヘッドの記録部は、主磁極、補助磁極、及び前記主磁極の周囲を囲むシールドを有する単磁極型の記録ヘッドであることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項12】

請求項10記載の磁気記録装置において、前記垂直磁気記録媒体は、前記第二の記録層の上にCoを主成分として酸化物を含まない第三の記録層を有することを特徴とする磁気記憶装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大容量の情報記録が可能な磁気記録媒体及びそれを用いた磁気記憶装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、コンピュータの扱う情報量が増大し、補助記憶装置として用いられるハードディスク装置の大容量化が一段と求められている。さらに、家庭用の電気製品へのハードディスク装置の搭載が進むことにより、ハードディスク装置の小型化、大容量化の要望は強くなる一方である。面内記録方式を用いたハードディスク装置は1平方センチあたり20ギガビットを超える面記録密度を達成してきたが、この方式を用いてさらに記録密度を向上させるのは困難となってきた。これに代わる方式として垂直記録方式が検討されている。垂直記録方式は面内記録方式に比べて高密度記録領域での反磁界の影響が小さく、高密度化に有利と考えられている。

30

【0003】

この垂直記録方式に用いる垂直磁気記録媒体に関して、従来は面内記録媒体で用いられているCoCrPt系合金からなる記録層が検討されてきた。しかし、更にノイズを低減するために、CoCrPt合金に酸素あるいは酸化物を添加したグラニューラ型の記録層が提案され、注目を集めている。このグラニューラ型の記録層に関しては、例えば特開2001-222809号公報、特開2003-178413号公報に記載されている。従来のCoCrPt系合金からなる記録層の場合には、CoとCrの相分離を利用してCrを主とする非磁性材料を粒界に偏析させることにより、磁性結晶粒の磁気的な孤立化を図ってノイズを低減してきた。ノイズ低減の効果をより大きくするためにはCrを多く添加する必要があるが、その場合には磁性結晶粒内にもCrが多く残り、磁気異方性エネルギーが低下し、記録信号の安定性が劣化することが問題であった。それに対して、CoCrPt合金に酸素や酸化物を添加したグラニューラ型の記録層の場合には、酸化物が磁性結晶粒と容易に分離するため、酸化物粒界形成のきっかけとなるテンプレートが下地層として形成されていれば、酸化物が磁性結晶粒を取り囲む構造をCrの多量添加なしに形成することができる。その結果、磁性結晶粒に含まれるCr量を低減できるため、磁気異方性エネル

40

50

ギーを低下させることなくノイズの低減が可能である。

【0004】

このグラニユラ型の記録層の下地層の材料としてはRuが適している。このことは例えば特開2001-222809号公報、特開2004-22138号公報に開示されている。Ru結晶はCoCrPt合金と同じ六方最密充填構造であるために、CoCrPt合金がRu層上にエピタキシャル成長して良好なc軸配向性を得ることができる。さらにRuは結晶粒に対応した明瞭な表面起伏を持った柱状結晶粒として成長させることができるため、このRu結晶粒の表面起伏がグラニユラ型記録層の酸化物粒界形成のテンプレートとしての役割を果たすと考えられる。さらに、Ruに酸化物などを添加した材料もグラニユラ型記録層の下地層として適していることが、例えば特開2004-220737号公報に開示されている。一方、非磁性CoCr合金やTi合金もCoCrPt合金と同じ六方最密充填構造であるために、CoCrPt合金記録層のc軸配向性を得るための下地層としては適しているが、酸化物粒界の形成に関しては十分な効果をもっていないため、グラニユラ型記録層の低ノイズ化に有効ではない。また、Pt, Pd, Ni合金のような面心立方構造の材料を用いてもCoCrPt合金記録層は良好なc軸配向性を得ることができるが、やはり酸化物粒界の形成が不十分となるため、グラニユラ型記録層の下地層としては適していない。

10

【0005】

一方、グラニユラ型記録層の改良による低ノイズ化の検討も盛んに行われている。その一例として、組成の異なる2層以上の記録層を積層することが、例えば特開2004-310910号公報、特開2004-259423号公報に開示されている。

20

【0006】

【特許文献1】特開2001-222809号公報

【特許文献2】特開2003-178413号公報

【特許文献3】特開2004-22138号公報

【特許文献4】特開2004-220737号公報

【特許文献5】特開2004-310910号公報

【特許文献6】特開2004-259423号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0007】

このようにCoCr合金に酸素あるいは酸化物を添加したグラニユラ型の記録層の下地層（以下では、この下地層を軟磁性下地層と区別するために中間層と呼ぶ）としてRu又はRu合金が適しているが、この場合にRuとCoCr合金の結晶格子間隔に大きなミスマッチがあるために、記録層の中間層との界面近傍に格子歪が発生する。記録層の磁気特性を詳細に検討した結果、中間層との界面近傍の厚さ5nm未満の部分において磁気異方性が低下していることがわかった。この部分に関してさらに詳しく調べた結果、磁気異方性は著しく低下しているものの、磁化が低下していないために、この部分がノイズの原因となっていることがわかった。特に飽和磁化が大きく、したがって磁気異方性エネルギーが大きいCoCr合金を記録層に用いたときに、このノイズが顕著となる。

40

【0008】

本発明の第一の目的は、RuあるいはRu合金中間層とこの中間層上に形成したCoCr合金に酸素あるいは酸化物を添加したグラニユラ型記録層を用いた垂直磁気記録媒体において、記録層の中間層との界面近傍から発生するノイズの影響を低減することにより、低ノイズで高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体を提供することにある。

【0009】

本発明の第二の目的は、この垂直磁気記録媒体の性能を十分活かした磁気記憶装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

上記目的は、基板上に軟磁性層と、RuもしくはRu合金からなる中間層と、第一の記録層と、第二の記録層と、保護層とが順次積層され、第一の記録層と第二の記録層はCoを主成分とするとともにCrと酸素を含んだグラニユラ構造を有し、第一の記録層の飽和磁化が第二の記録層の飽和磁化よりも低く、第一の記録層の飽和磁化を M_s1 (emu/cm^3)、第二の記録層の飽和磁化を M_s2 (emu/cm^3)、第一の記録層の膜厚を t_1 (nm)とすると、 $(M_s2 - M_s1) \times t_1$ が 0 (memu/cm^2)より大きく、かつ 0.15 (memu/cm^2)より小さいことを特徴とする垂直磁気記録媒体とすることで達成される。

【0011】

記録層の中間層との界面近傍から発生するノイズの影響を抑えるには、Ru又はRu合金中間層とCoCr合金記録層の結晶格子間隔のミスマッチを小さくすることが有効な対策であると考えられるが、グラニユラ型の記録層に酸化物粒界を形成させ、低ノイズ特性を得るためには、中間層としてRuあるいはRu合金が適しているため、中間層材料の変更による結晶格子間隔のミスマッチ低減は困難である。このような問題に対し、本発明者は、記録層の中間層との界面近傍に飽和磁化の低い層を極薄く形成することで媒体ノイズの低減が可能であることを見出し、本発明に至った。本発明におけるRu合金中間層とは、Ruを50at%以上含む合金である。

10

【0012】

上述したような第一の記録層及び第二の記録層の飽和磁化を得るためには、第一の記録層及び第二の記録層に含まれるCrの濃度を選ぶ必要がある。すなわち、第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtが含まれる場合にはPtを加えたその総量に対するCrの濃度を C_1 (at%)、第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtが含まれる場合にはPtを加えた総量に対するCrの濃度を C_2 (at%)、第一の記録層の膜厚を t_1 (nm)とした場合に、 C_1 を C_2 より大きくし、かつ $(C_1 - C_2) \times t_1$ を 0 (at% · nm)より大きく 75 (at% · nm)より小さくすればよい。

20

【0013】

本発明の垂直磁気記録媒体において、第一の記録層の膜厚を 0 nmより大きく、 5 nmより小さくし、第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtが含まれる場合にはPtを加えたその総量に対するCrの濃度 C_1 (at%)と、第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtが含まれる場合にはPtを加えたその総量に対するCrの濃度 C_2 (at%)との差 $(C_1 - C_2)$ を、 14 at%より大きくした場合に、媒体S/Nの向上効果が大きく、より好ましい。さらに、第二の記録層に含まれるCo, Cr及びPtが含まれる場合にはPtを加えたその総量に対するCrの濃度が 12 at%より小さい場合に、媒体S/Nの向上効果が大きい。また、第一の記録層にPtが含まれないか、あるいはPtが含まれる場合には第一の記録層に含まれるCo, Cr及びPtの総量に対するPtの濃度が 15 at%より小さい場合に、媒体S/Nの向上効果が大きい。

30

【0014】

また、本発明の垂直磁気記録媒体は、第二の記録層の上にCoを主成分として酸化物を含まない第三の記録層を形成した場合に良好なオーバーライト特性が得られる。

【0015】

本発明の垂直磁気記録媒体を組み込むことにより、1平方センチあたり25ギガビット以上の記録密度を有する磁気記憶装置を得ることができる。

40

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、垂直磁気記録媒体の媒体S/Nを向上させることが出来るので、高密度記録が可能でかつ長期間の使用にも耐えうる信頼性の高い垂直磁気記録媒体を提供できる。このような垂直磁気記録媒体を用いることで、小型かつ大容量の磁気記憶装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

50

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0018】

[実験例1]

図1は、本発明の垂直磁気記録媒体の断面を模式的に表した図である。本実験例の垂直磁気記録媒体はアネルバ株式会社製のスパッタリング装置(C-3010)を用いて作製した。このスパッタリング装置は10個のプロセスチャンバーと1個の基板導入チャンバからなり、各チャンバは独立に排気されている。全てのチャンバを 2×10^{-5} Pa以下の真空度まで排気した後、基板を載せたキャリアを各プロセスチャンバーに移動させて順次プロセスを実施した。

【0019】

基板10上にプリコート層11、軟磁性層12、シード層13、中間層14、第一の記録層15、第二の記録層16、保護層17をDCマグネトロンスパッタリング法により順次積層した。基板10には厚さ0.635mm、直径65mmのガラス基板を用いた。基板の加熱は行わず、Arガス圧0.7Paの条件で、プリコート層11として厚さ30nmのNi-37.5at%Ta合金膜を、軟磁性層12として厚さ0.6nmのRu膜を介して厚さ50nmのCo-3at%Ta-5at%Zr合金膜を2層積層した膜を、シード層13として厚さ3nmのNi-7at%W膜を形成した。中間層14として厚さ6nmのRu膜をArガス圧1Paの条件で形成した上に、厚さ6nmのRu膜をArガス圧5Paの条件で積層した。第一の記録層15及び第二の記録層16は、アルゴンに0.5%の酸素を混合したガスを用いてガス圧4Paの条件で形成し、記録層の合計膜厚が14nmとなるようにそれぞれの膜厚を変えた。最後に保護層17としてアルゴンに8%の窒素を混合したガスを用いて0.6Paの条件で厚さ5nmカーボン膜を形成した。

【0020】

第一の記録層の組成と、第一の記録層と第二の記録層の膜厚比をパラメータとして種々の媒体を作製し、その記録再生特性を調べた。第二の記録層としてCo-17at%Cr-14at%Pt合金にSiO₂を8mol%添加したスパッタターゲットを用い、第一記録層としてCo-17at%Cr-14at%Pt合金、Co-22at%Cr-8at%Pt合金、Co-10at%Cr-14at%Pt合金、Co-26at%Cr-8at%Pt合金、Co-31at%Cr-10at%Pt合金、Co-33at%Cr-4at%Pt合金、Co-40at%Cr合金にそれぞれSiO₂を8mol%添加したスパッタターゲットを用いて媒体を作製した。

【0021】

上記のように種々のスパッタターゲットを用いて作製した記録層の飽和磁化(Ms)は、軟磁性層がなく1種類の記録層のみを形成した評価用サンプルを別に作製して、8mm角に切り出した後、振動試料型磁力計を用いて求めた。サンプル膜面の垂直方向に最大1035kA/mの磁化を印加して測定した磁化曲線から飽和磁化を求めた。

【0022】

記録再生特性はスピンドラによって評価した。評価にはトラック幅95nmの単磁極タイプの記録素子とトラック幅70nmの巨大磁気抵抗効果を利用した再生素子を有する磁気ヘッドを用いた。周速は10m/s、スキュー角0度、磁氣的スペーシング約15nmの条件で再生出力とノイズを測定し、媒体S/Nは1970fr/mmの信号を記録したときの再生出力と31520fr/mmの信号を記録したときの積分ノイズの比とした。

【0023】

媒体の各層の組成はエックス線光電子分光法を用いて求めた。加速電圧500Vのイオン銃でサンプル表面からスパッタして深さ方向に掘り進み、アルミニウムのK線をエックス線源として、長さ1.5mmで幅0.1mmの範囲を分析した。Cの1s電子、Oの1s電子、Siの2s電子、Crの2p電子、Coの2p電子、Ruの3d電子、Ptの4f電子などのそれぞれに対応するエネルギー近傍のスペクトルを検出することにより各元素の含有率を求めた。なお、以下で「記録層のCr濃度」と表現した場合には、全含有

10

20

30

40

50

元素に対するCr濃度ではなく、その記録層に含まれるCo、Cr及びPtの総量に対するCrの濃度をat%で求めた値を指すことにする。その記録層にPtを含まない場合にはCoとCrの総量に対するCrの濃度を指す。また、以下では第一の記録層のCr濃度をC1(at%)、第二の記録層のCr濃度をC2(at%)と表す。

【0024】

上記の媒体の中で3つの代表的なグループのサンプルについて、媒体S/Nを評価した結果を図2に示す。3つの代表的なグループとは、第一記録層として(Co-17at%Cr-14at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲット、(Co-22at%Cr-8at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲット、及び(Co-10at%Cr-14at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲットを用いた場合である。形成される膜の飽和磁化はそれぞれ、551emu/cm³、417emu/cm³、及び641emu/cm³であった。また、形成された膜のCr濃度はそれぞれ、13.6at%、21.4at%、及び8.5at%であった。また、第二の記録層の飽和磁化及びCr濃度はそれぞれ、551emu/cm³、及び13.6at%であった。グラフの横軸は第一の記録層の膜厚(以下t1と表す)で表した。図2から明らかなように、第一の記録層を(Co-22at%Cr-8at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲットで形成した場合、すなわち第一の記録層の飽和磁化(以下Ms1と表す)を第二の記録層の飽和磁化(以下Ms2と表す)より低くした場合、あるいは第一の記録層のCr濃度C1を第二の記録層のCr濃度C2より高くした場合には、媒体S/Nが大幅に向上するt1の範囲が存在した。一方、第一の記録層を(Co-17at%Cr-14at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲットで形成した場合、すなわち、Ms1とMs2が同じ場合、あるいはC1とC2が同じ場合、及び第一の記録層を(Co-10at%Cr-14at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲットで形成した場合、すなわち、Ms1をMs2より高くした場合、あるいはC1をC2より低くした場合には、媒体S/Nが低下することはあっても増加することはなかった。

【0025】

上記の媒体の中で、第一記録層として(Co-22at%Cr-8at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲット、(Co-26at%Cr-8at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲット、及び(Co-31at%Cr-10at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲット、(Co-33at%Cr-4at%Pt)-8mol%SiO₂合金ターゲット、(Co-40at%Cr)-8mol%SiO₂合金ターゲットを用いて形成したグループのサンプルについて、横軸を(Ms2-Ms1)×t1として媒体S/Nをプロットした結果を図3に示す。飽和磁化Ms1はそれぞれ、417emu/cm³、353emu/cm³、263emu/cm³、158emu/cm³、及び43emu/cm³であった。Cr濃度C1はそれぞれ、21.4at%、24.6at%、27.8at%、32.7at%、及び38.7at%であった。いずれのサンプルもMs1はMs2より小さく、C1はC2より大きい。図3から明らかなようにt1、Ms1及びMs2に関して、0<(Ms2-Ms1)×t1<0.15(memu/cm²)の関係を満たすサンプルに関して、従来の構成の媒体に比べて非常に高い媒体S/Nが得られた。

【0026】

また、同じ媒体に関して、第一の記録層のCr濃度と第二の記録層のCr濃度を指標にして、横軸を(C1-C2)×t1として媒体S/Nをプロットした結果を図4に示す。図4から明らかなようにt1、C1及びC2に関して、0<(C1-C2)×t1<75(at%・nm)の関係を満たすサンプルに関して、従来の構成の媒体に比べて非常に高い媒体S/Nが得られた。

【0027】

さらに、図4に示したサンプルの中で0<(C1-C2)×t1<75(at%・nm)の関係を満たし高い媒体S/Nを示したサンプルに関して、横軸を第一の記録層の膜厚t1として媒体S/Nをプロットした結果を図5に示す。第一記録層として(Co-22

10

20

30

40

50

at% Cr - 8 at% Pt) - 8 mol% SiO₂ 合金ターゲット、(Co - 26 at% Cr - 8 at% Pt) - 8 mol% SiO₂ 合金ターゲット、(Co - 31 at% Cr - 10 at% Pt) - 8 mol% SiO₂ 合金ターゲット、(Co - 33 at% Cr - 4 at% Pt) - 8 mol% SiO₂ 合金ターゲット、及び(Co - 40 at% Cr) - 8 mol% SiO₂ 合金ターゲットを用いて形成したサンプルの第一の記録層のCr濃度と第二の記録層のCr濃度の差C1 - C2は、それぞれ7.8 at%、11.0 at%、14.3 at%、19.1 at%、及び25.1%であった。この結果から24 dB以上のより高い媒体S/Nを得るためには、第一の記録層の膜厚t1を5 nmより小さくし、かつ第一の記録層のCr濃度と第二の記録層のCr濃度の差(C1 - C2)を14 at%より大きくすることが有効であった。

10

【0028】

本実験例は、RuあるいはRu合金中間層との界面近傍の磁気異方性が低下している部分からのノイズの影響を低減するために第二の記録層よりも飽和磁化の小さい第一の記録層をRuあるいはRu合金中間層上に形成することが有効であることを示している。ただし、飽和磁化の差(Ms2 - Ms1)が大きければ第一の磁性層の膜厚t1は小さくした場合に効果があり、飽和磁化の差(Ms2 - Ms1)が小さければ第一の磁性層の膜厚t1は大きくしても効果がある。これらの関係には効果の得られる明確な境界が存在し、 $0 < (Ms2 - Ms1) \times t1 < 0.15 (memu / cm^2)$ の関係を満たすことが重要である。この関係をCr濃度で表現すると、 $0 < (C1 - C2) \times t1 < 75 (at\% \cdot nm)$ となる。さらに大きな効果を得るためには、RuあるいはRu合金中間層との界面近傍の磁気異方性が低下している部分のみを飽和磁化の小さな記録層で置き換えるのが好ましく、t1を5 nmより小さくし、かつ(C1 - C2)を14 at%より大きくするのが良い。

20

【0029】

本発明の効果は基板の種類やプリコート層11、軟磁性層12、シード層13の材料、形成プロセス、厚さなどに制約されるものではなく、例えばプリコート層を使用しなかった場合、軟磁性層としてFeCoB合金を用いた場合、あるいはシード層としてNiTa合金を用いた場合にも同じ効果が得られる。

【0030】

また、第一の記録層に接する中間層としては、Ruに限らず、例えばRu - 7 mol% SiO₂、Ru - 15 at% Co、Ru - 10 at% Ti、Ru - 5% CrなどのRu合金を用いた場合にも同じ効果が得られる。しかしながら、非磁性CoCr合金やTi合金を第一の記録層に接する中間層として用いた場合には、CoCrPt合金と同じ六方最密充填構造であるために、CoCrPt合金記録層の良好なc軸配向性は得られるが、記録層の酸化物粒界の形成に関しては十分な効果をもっていないため、媒体S/Nが非常に低く、本発明の効果が得られない。また、Pt, Pd, Ni合金のような面心立方構造の材料を用いてもCoCrPt合金記録層の良好なc軸配向性を得ることができるが、やはり酸化物粒界の形成が不十分となるため、媒体S/Nが非常に低く、本発明の効果が得られない。本発明の効果は第一の記録層に接する中間層としてRu又はRu合金を用いたときに発揮されるものであり、これ以外の材料を第一の記録層に接する中間層に用いた場合には記録層の酸化物粒界の形成に問題が生じ、本発明の効果は発揮されない。

30

40

【0031】

また、第一の記録層及び第二の記録層を形成するとき、使用するターゲットに混合させる酸化物の濃度を変えても、あるいは酸化物を混合せずにプロセス中の酸素導入のみよって、記録層の結晶粒界に酸化物を形成した場合にも同じ効果が得られる。また、Si酸化物を他の酸化物に代えた場合、例えばTa酸化物やTi酸化物に代えた場合でも同じ効果が得られる。記録層の膜厚に関しては、第一の記録層の膜厚と第二の記録層の膜厚の合計が20 nm以下であるとき、中間層との界面近傍のノイズ低減の効果が顕著である。第一の記録層を酸化物を含まない膜とした場合、例えばCo - 22 at% Cr - 8 at% Pt合金ターゲット、Co - 26 at% Cr - 8 at% Pt合金ターゲット、Co - 31 a

50

t % Cr - 10 at % Pt合金ターゲット、Co - 33 at % Cr - 4 at % Pt合金ターゲット、Co - 40 at % Cr合金ターゲットを用いて形成した場合には、これらが第二の記録層の酸化物粒界形成のテンプレートとならないため、媒体S/Nが非常に低く、本発明の効果が得られない。第一の記録層と第二の記録層はCoを主成分とするとともにCrと酸素を含んだグラニユラ構造の膜であることで本発明の効果が発揮される。

【0032】

[実験例2]

実験例1と同様の構造の媒体、ただし第一の記録層の組成、及び第二記録層の組成を変えた媒体を作製し、その記録再生特性を調べた。第二の記録層のCr濃度と第一の記録層の膜厚をパラメータとして媒体S/Nを比較した。第一の記録層としてCo - 33 at % Cr - 4 at % Pt合金、第二の記録層としてCo - 6 at % Cr - 14 at % Pt合金、Co - 10 at % Cr - 14 at % Pt合金、Co - 14 at % Cr - 14 at % Pt合金、Co - 17 at % Cr - 14 at % Pt合金、Co - 19 at % Cr - 14 at % Pt合金、Co - 22 at % Cr - 14 at % Pt合金にそれぞれSiO₂を8 mol %添加したスパッタターゲットを用いて媒体を作製した。第一の記録層の飽和磁化Ms₁及びCr濃度C₁はそれぞれ、158 emu/cm³、及び32.7 at %であった。第二の記録層の飽和磁化Ms₂は上記の順にそれぞれ、725 emu/cm³、641 emu/cm³、597 emu/cm³、551 emu/cm³、516 emu/cm³、及び466 emu/cm³であった。Cr濃度C₂はそれぞれ、4.7 at %、8.5 at %、11.2 at %、13.6 at %、15.2 at %、及び17.7 at %であった。

10

20

【0033】

第一の記録層の膜厚が1 nm、1.6 nm、及び2.1 nmの3つの場合に関して、横軸を第二の記録層のCr濃度C₂として媒体S/Nをプロットした結果を図6に示す。C₂が12%よりも小さい場合に、より高い媒体S/Nが得られた。Cr濃度が小さく、飽和磁化の大きいCoCrPt合金と酸化物からなるグラニユラ記録層は高い媒体S/Nを得るポテンシャルを持っているものの、RuあるいはRu合金中間層との界面近傍から発生するノイズが大きいため、従来は高い媒体S/Nを示さなかったが、本発明を用いることによりRuあるいはRu合金中間層との界面近傍から発生するノイズが抑制され、より大きな媒体S/Nの向上効果が得られたものと推察される。

【0034】

このより大きな媒体S/Nの向上効果は、本発明の効果が得られる範囲内であれば第一の記録層のCoCrPt合金の組成に依らず、また第二の記録層のPt濃度にもよらず得られる。第一の記録層の膜厚と第二の記録層の膜厚の合計が15 nm以下であるときこの効果がより顕著である。

30

【0035】

[実験例3]

実験例1と同様の構造の媒体において、ただし第一の記録層の組成、及び第二記録層の組成を変えた媒体を作製し、その記録再生特性を調べた。また第一の記録層と第二の記録層の膜厚合計を11 nmとした。第一の記録層のPt濃度をパラメータとして媒体S/Nを比較した。第一の記録層としてCo - 31 at % Cr - 14 at % Pt合金、Co - 31 at % Cr - 10 at % Pt合金、Co - 31 at % Cr - 8 at % Pt合金、及びCo - 31 at % Cr - 4 at % Pt合金、第二の記録層としてCo - 10 at % Cr - 14 at % Pt合金にそれぞれSiO₂を9 mol %添加したスパッタターゲットを用いて媒体を作製した。第一の記録層のPt濃度は上記の順にそれぞれ、23.4 at %、18.0 at %、14.4 at %、及び7.8 at %であった。ここで述べるPt濃度とは第一の記録層に含まれるCo、Cr及びPtの総量に対するPtの濃度である。これらのサンプルについて媒体S/Nを評価した結果を図7に示す。第一の記録層のPt濃度が15 at %より小さい場合に、より高い媒体S/Nが得られた。

40

【0036】

CoCr合金へのPt元素の添加は磁気異方性を増加させる効果があるが、多量に添加

50

した場合には多くの積層欠陥を生成することなどにより、磁気異方性の低下がみられる。本発明の効果を十分発揮するためには、格子欠陥がより少なく結晶性の良いCoCrPt合金をグラニューラ構造のコアとする記録層を第一の記録層に用いるのが効果的であると考えられる。

【0037】

[実験例4]

実験例1と同様の構造の媒体、ただし第二の記録層と保護層の間に第三の記録層を形成した媒体を作製した。第三の記録層を設けたこと以外の媒体の構造及び作製条件については、実施例1と同様である。図8は、本実験例の垂直磁気記録媒体の断面を模式的に表した図である。第一の記録層15は(Co-33at%Cr-4at%Pt)-8mol% SiO₂合金、第二の記録層16は(Co-10at%Cr-14at%Pt)-8mol% SiO₂合金、第三の記録層87はCo-21at%Cr-10at%Pt合金、Co-25at%Cr-8at%Pt合金、あるいはCo-29at%-6at%Pt合金をターゲットに用いて形成した。第三の記録層87の形成にあたってはスパッタ中の酸素導入をせずに、酸素を含まない膜を形成した。第三の記録層87はArガス圧1Paの条件下で形成し、膜厚を6nmとした。

10

【0038】

上記媒体について、オーバーライト特性を評価した結果、第三の記録層形成に用いたターゲットがCo-21at%Cr-10at%Pt合金、Co-25at%Cr-8at%Pt合金、及びCo-29at%-6at%Pt合金の場合に、第三の記録層がない場合と比較して、オーバーライト特性がそれぞれ18.3dB、15.2dB、及び12.8dB改善した。媒体S/Nに関しては、第三の記録層がない場合とほぼ同じ値を示した。

20

【0039】

図1に示す構造の本発明の媒体の第二の記録層の上にCoを主成分として酸化物を含まない第三の記録層を形成することにより、高い媒体S/Nを示し、かつ良好なオーバーライト特性を併せ持つ媒体を得ることができる。

【0040】

[実験例5]

図9は本発明による磁気記憶装置の模式図である。図9(a)は平面模式図、図9(b)は断面模式図である。磁気記録媒体90は上記実験例3でCo-31at%Cr-4at%Pt合金にSiO₂を9mol%添加したターゲットを用いて第一の記録層を形成した媒体で構成され、この磁気記録媒体を駆動する駆動部91と、記録部と再生部からなる磁気ヘッド92と、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段93と、磁気ヘッドへの信号の入出力を行うための手段94を有する。磁気ヘッド92の再生部は磁気抵抗効果を備え、記録部は主磁極と補助磁極を有する単磁極型ヘッドとした。磁気ヘッドの浮上量は15nmとした。この装置構成とすることによって、1cm当たりの線記録密度を354600ビット、1cm当たりのトラック密度を78740トラックとすることによって1平方センチあたり27.9ギガビットでの動作を確認できた。

30

【0041】

また、図9に模式図を示した磁気記憶装置の磁気記録媒体90として、第三の記録層としてCo-25at%Cr-8at%Pt合金を6nm形成した上記実験例4の媒体を組み込んだ。磁気ヘッド92の記録部として、主磁極の周りにシールドを形成した単磁極ヘッドを用いた。図10は、磁気ヘッド92と磁気記録媒体90の関係を示す断面模式図である。磁気ヘッド92は、一对の磁気シールド106、107に挟まれた巨大磁気抵抗効果素子(GMR)101を備える再生部100と、主磁極103、補助磁極104、薄膜コイル108を有する単磁極ヘッドからなる記録部102を有する。また、主磁極103の周りにはラップアラウンドシールド105を有する。磁気ヘッドの浮上量は15nmとした。このように、記録部の主磁極の周りにシールドを形成した磁気ヘッドを用いることで記録磁界の勾配を急峻にし、かつ第三の記録層を形成した磁気記録媒体を用いることで高

40

50

い媒体 S/N を維持しつつオーバーライト特性を改善でき、 1 cm 当たりの線記録密度を 374100 ビット、 1 cm 当たりのトラック密度を 86620 トラックとすることによって 1 平方センチあたり 32.4 ギガビットでの動作を確認できた。再生部には巨大磁気抵抗効果素子の他にトンネル磁気抵抗効果素子 (TMR、CPP) を用いても同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本発明の一実施例である垂直磁気記録媒体の層構成を示す断面模式図。

【図2】媒体 S/N と第一の記録層の膜厚の関係を示す図。

【図3】媒体 S/N と $(M_{s2} - M_{s1}) \times t_1$ の関係を示す図。

10

【図4】媒体 S/N と $(C_1 - C_2) \times t_1$ の関係を示す図。

【図5】媒体 S/N と第一の記録層の膜厚の関係を示す図。

【図6】媒体 S/N と C_2 の関係を示す図。

【図7】媒体 S/N と第一の記録層の P_t 濃度の関係を示す図。

【図8】本発明の一実施例である垂直磁気記録媒体の層構成を示す断面模式図。

【図9】磁気記憶装置の模式図。

【図10】磁気ヘッドと磁気記録媒体の関係を示す模式図。

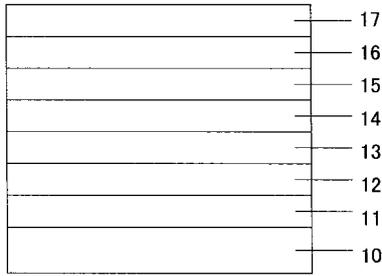
【符号の説明】

【0043】

10	基板	20
11	プリコート層	
12	軟磁性層	
13	シード層	
14	中間層	
15	第一の記録層	
16	第二の記録層	
17	保護層	
87	第三の記録層	
90	磁気記録媒体	
91	磁気記録媒体駆動部	30
92	磁気ヘッド	
93	磁気ヘッド駆動部	
94	信号処理系	
100	再生部	
101	巨大磁気抵抗効果素子	
102	記録部	
103	主磁極	
104	補助磁極	
105	ラップアラウンドシールド	
106, 107	磁気シールド	40
108	薄膜コイル	

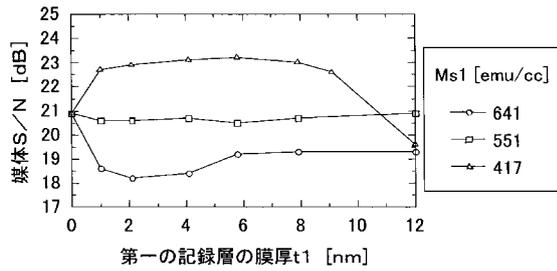
【 図 1 】

図1



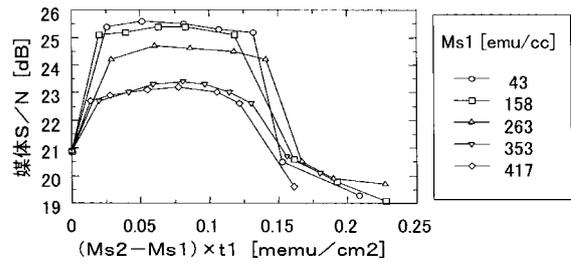
【 図 2 】

図2



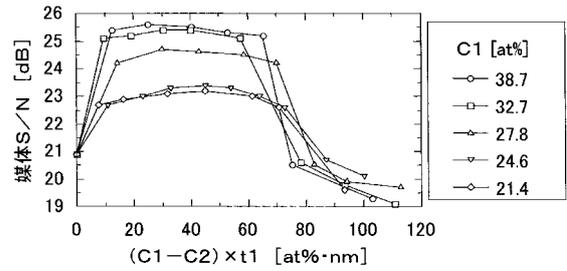
【 図 3 】

図3



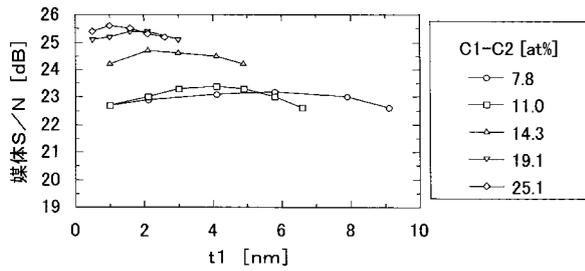
【 図 4 】

図4



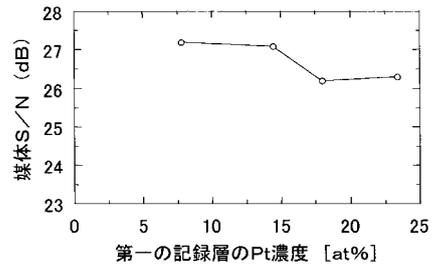
【 図 5 】

図5



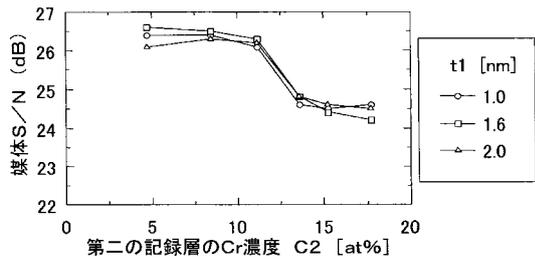
【 図 7 】

図7



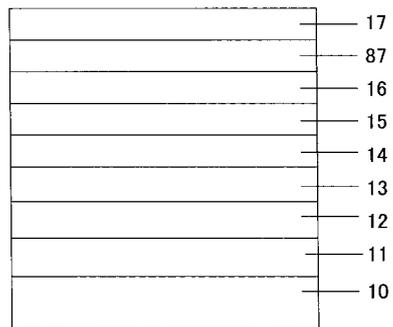
【 図 6 】

図6



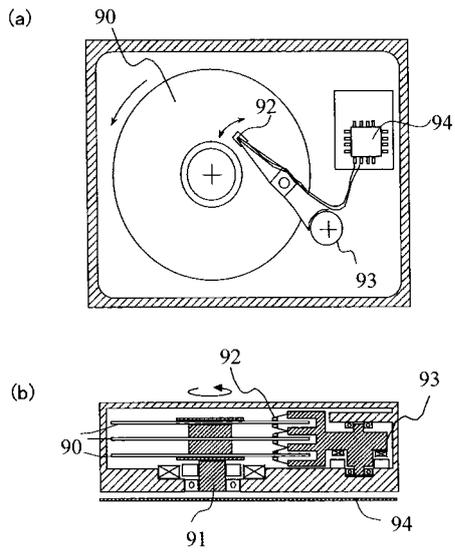
【 図 8 】

図8



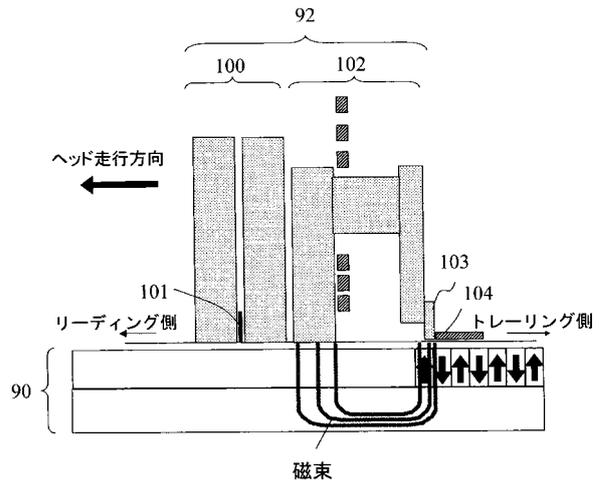
【 図 9 】

図9



【 図 1 0 】

図10



フロントページの続き

- (72)発明者 武隈 育子
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 根本 広明
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 平山 義幸
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- Fターム(参考) 5D006 BB02 BB06 BB07 BB08 CA01 CA03