

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6399515号  
(P6399515)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl. F I  
**G 1 1 B 5/72 (2006.01)** G 1 1 B 5/72  
**G 1 1 B 5/65 (2006.01)** G 1 1 B 5/65

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2014-238394 (P2014-238394)	(73) 特許権者	000002004 昭和電工株式会社 東京都港区芝大門1丁目13番9号
(22) 出願日	平成26年11月26日(2014.11.26)	(73) 特許権者	301032942 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
(65) 公開番号	特開2016-100038 (P2016-100038A)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(43) 公開日	平成28年5月30日(2016.5.30)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
審査請求日	平成29年8月8日(2017.8.8)	(72) 発明者	長谷川 浩太 千葉県市原市八幡海岸通5-1 昭和電工エレクトロニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

非磁性基板上に、垂直磁性層及び保護層が順次積層されており、  
 前記垂直磁性層は、六方最密充填構造を有し、(0002)結晶面が前記非磁性基板の表面に対して平行に配向している層が積層されており、  
 前記垂直磁性層の最上層は、多結晶粒を含み、  
 前記多結晶粒は、CoCr基合金、CoPt基合金、CoCrPt基合金又はCoPtCr基合金を含み、  
 前記保護層は、前記垂直磁性層の最上層に接触して形成されており、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体と、アモルファスカーボンを含み、  
 前記グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、前記多結晶粒の個々の(0002)結晶面と平行に結合しており、  
前記垂直磁性層の最上層は、非グラニュラ構造であり、  
前記グラフェンの積層体は、グラフェンが2層以上10層以下の範囲内で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2】

前記グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、窒素がドーピングされている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】

請求項1又は2に記載の垂直磁気記録媒体と、

該垂直磁気記録媒体に情報を記録し、該垂直磁気記録媒体に記録されている情報を再生する磁気ヘッドを有することを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ハードディスクドライブ（HDD）等に用いられる磁気記録媒体の分野では、記録密度の向上が著しく、最近では記録密度が1年間で1.5倍程度と、驚異的な速度で伸び続けている。記録密度を向上させるキーテクノロジーの一つとして、磁気ヘッドと磁気記録媒体との間における摺動特性を制御する技術が挙げられる。

10

【0003】

一方、ウインチェスター様式と呼ばれる、磁気ヘッドの起動から停止までの基本動作を磁気記録媒体に対して接触摺動 - 浮上 - 接触摺動としたCSS（接触起動停止）方式がハードディスクドライブに用いられて以来、磁気記録媒体上における磁気ヘッドの接触摺動は、偶発的な場合を含めて、避けることのできないものとなっている。

【0004】

このため、磁気ヘッドと磁気記録媒体との間のトライボロジーに関する問題が宿命的な技術課題となって現在に至っており、磁気記録媒体の磁性層上に保護層を形成して、磁気記録媒体の耐摩耗性及び耐摺動性を向上させることが磁気記録媒体の信頼性を確保するための大きな柱となっている。

20

【0005】

保護層を構成する材料としては、様々な材料が提案されているが、成膜性、耐久性等の総合的な見地から、主に炭素が採用されている。保護層の硬度、密度、動摩擦係数等は、磁気記録媒体のCSS特性に如実に反映されるため、非常に重要である。

【0006】

一方、磁気記録媒体の記録密度を向上させたり、読み書き速度を向上させたりするためには、磁気ヘッドの飛行高さ（フライングハイト）を低減したり、磁気記録媒体の回転数を増加させたりすることが好ましい。したがって、磁気ヘッドの偶発的な接触等に対応するために、保護層の耐摺動性や平坦性が要求されると共に、磁気記録媒体と磁気ヘッドとのスペーシングロスや低減して記録密度を高めるために、保護層の厚さをできるだけ薄く、例えば、30以下にすることが要求されるようになってきている。

30

【0007】

また、保護層には、環境物質が磁気記録媒体の磁性層に拡散して発生する腐食を防止するための耐腐食性も重要となっている。

【0008】

磁気記録媒体の保護層に用いられる炭素膜は、スパッタリング法、CVD法、イオンビーム蒸着法等により形成されている。このうち、スパッタリング法により形成されている炭素膜は、例えば、100以下の膜厚とした場合に、耐久性が不十分となることがある。一方、CVD法により形成されている炭素膜は、結晶性となりやすく、表面平滑性が低く、膜厚を薄くした場合に、磁気記録媒体の表面の被覆率が低下して、磁気記録媒体のコロージョンが発生する場合がある。これに対して、イオンビーム蒸着法は、スパッタリング法やCVD法に比べて、高硬度で表面平滑性が高く、緻密な炭素膜を形成することが可能である。

40

【0009】

保護層に用いられ硬質の炭素膜として、ダイヤモンド膜やダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜が知られている。ダイヤモンド膜は、一般的には、略100%のダイヤモンド結合による結晶の膜であるが、DLC膜は、アモルファス質の硬質炭素膜であることから、アモルファスカーボンとよばれる場合もある。ここで、磁気記録媒体の保護層に用い

50

られる炭素膜には、高い表面平滑性が求められるため、一般的には、結晶性のダイヤモンド膜は用いられずに、DLC膜（アモルファスカーボン膜）が用いられ、特に、その高い表面平滑性から、水素化DLC膜（水素を含むDLC膜（アモルファスカーボン膜））が用いられる。

【0010】

特許文献1には、複数の磁性粒と、複数の磁性粒のうちのそれぞれの磁性粒上に形成された黒鉛状炭素の複数の層を有する磁気データ記録用の磁気媒体が開示されている。このとき、黒鉛状炭素は、黒鉛、グラフェン（黒鉛の単一の単原子層である）、ナノチューブ（円筒形状に巻き付けられたグラフェンのシート）、フラーレン（球等の閉じた形状に巻き付けられたグラフェンのシート）等の様々な形態をとることができる。

10

【0011】

特許文献2には、ハードディスク用途のFePt/グラフェンが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2013-101742号公報

【特許文献2】特表2013-536141号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

20

磁気記録媒体の保護層を改善する努力は、嘗々と続けられている。現在、磁気記録媒体の保護層としては、主に水素化されているアモルファスカーボン膜が用いられている。水素化されているアモルファスカーボン膜は、表面平滑性が高く、比較的硬度が高いという特徴を有している。一方で、水素化されているアモルファスカーボン膜は、アモルファス構造であるため、膜の特性が幅をもち、成膜条件によって、耐摩耗性、耐摺動性及び耐腐食性が変動する問題点がある。また、水素化されているアモルファスカーボン膜の表面は、基本的に撥水性であるため、潤滑剤が塗布しにくい。このため、水素化されているアモルファスカーボン膜は、表面の窒化、酸化等の改質が必要となり、保護層の薄膜化の障害となっていた。

【0014】

30

本発明の一態様は、耐摩耗性、耐摺動性及び耐腐食性に優れる垂直磁気記録媒体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

(1) 非磁性基板上に、垂直磁性層及び保護層が順次積層されており、前記垂直磁性層は、六方最密充填構造を有し、(0002)結晶面が前記非磁性基板の表面に対して平行に配向している層が積層されており、前記垂直磁性層の最上層は、多結晶粒を含み、前記多結晶粒は、CoCr基合金、CoPt基合金、CoCrPt基合金又はCoPtCr基合金を含み、前記保護層は、前記垂直磁性層の最上層に接触して形成されており、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体と、アモルファスカーボンを含み、前記グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、前記多結晶粒の個々の(0002)結晶面と平行に結合しており、前記垂直磁性層の最上層は、非グラニユラ構造であり、前記グラフェンの積層体は、グラフェンが2層以上10層以下の範囲内で積層されていることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

40

(2) 前記グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、窒素がドーピングされていることを特徴とする(1)に記載の垂直磁気記録媒体。

(3) (1)又は(2)に記載の垂直磁気記録媒体と、該垂直磁気記録媒体に情報を記録し、該垂直磁気記録媒体に記録されている情報を再生する磁気ヘッドを有することを特徴とする磁気記録再生装置。

50

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明の一態様によれば、耐摩耗性、耐摺動性及び耐腐食性に優れる垂直磁気記録媒体を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0017】

【図1】垂直磁気記録媒体の一例を示す断面図である。

【図2】図1の保護層のラマンスペクトルの一例を示す図である。

【図3】磁気記録再生装置の一例を示す構成図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0018】

次に、本発明を実施するための形態を図面と共に説明する。

## 【0019】

図1に、垂直磁気記録媒体の一例を示す。

## 【0020】

垂直磁気記録媒体31は、非磁性基板20の両面に、軟磁性層21、中間層22、垂直磁性層23、保護層24及び潤滑層25が順次積層されている。

## 【0021】

中間層22は、非磁性であってもよいし、磁性（強磁性）であってもよい。

## 【0022】

垂直磁性層23は、磁化容易軸が非磁性基板20の表面に対して主に垂直に配向している。また、垂直磁性層23は、六方最密充填（hcp）構造を有し、（0002）結晶面が非磁性基板20に平行に配向している層が積層されている。さらに、垂直磁性層23の最上層は、多結晶粒を含み、多結晶粒は、CoCr基合金、CoPt基合金、CoCrPt基合金又はCoPtCr基合金を含む。

## 【0023】

なお、CoCrPt基合金は、PtよりもCrの組成比が大きく、CoPtCr基合金は、CrよりもPtの組成比が大きい。

## 【0024】

保護層24は、垂直磁性層23の最上層に接触して形成されており、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体と、アモルファスカーボンを含む。このとき、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、多結晶粒の個々の（0002）結晶面と平行に結合している。このような構造は、後述のラマンスペクトルによって特定される。

## 【0025】

ここで、グラフェンは、一般的に、成膜温度が600以上であるため、磁気記録媒体の製造に適用することは難しい。また、グラフェンの積層体は、グラファイトと同様に、剥離性がある。

## 【0026】

しかしながら、垂直磁性層23の最上層に含まれる多結晶粒に触媒活性があるため、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体を含む保護層24を450以下の温度で成膜することができる。さらに、保護層24がグラフェン及び/又はグラフェンの積層体と共に、アモルファスカーボンを含むため、グラフェンの積層体の剥離を低減することができる。

## 【0027】

CoCr基合金中のCrの含有量は、通常、14～24原子%である。

## 【0028】

CoPt基合金中のPtの含有量は、通常、8～22原子%である。

## 【0029】

CoCrPt基合金は、通常、Crの含有量が14～24原子%であり、Ptの含有量が8～22原子%である。

10

20

30

40

50

## 【0030】

CoPtCr基合金は、通常、Ptの含有量が8～22原子%であり、Crの含有量が7～21原子%である。

## 【0031】

これらの合金は、B、Ta、Mo、Cu、Nd、W、Nb、Sm、Tb、Ru、Re、Mnの中から選ばれる1種類以上の元素を1～10原子%の範囲内で含有してもよい。

## 【0032】

図2に、保護層24のラマンスペクトルの一例を示す。なお、図2には、アモルファスカーボン膜（水素を含むDLC膜）のラマンスペクトルも示す。

## 【0033】

保護層24のラマンスペクトルには、 $1585\text{ cm}^{-1}$ 付近のグラフェン及び/又はグラフェンの積層体の $sp^2$ 結合の伸縮振動に係るGバンド、 $2700\text{ cm}^{-1}$ 付近のグラフェン及び/又はグラフェンの積層体の六員環構造に係る2Dバンド、 $1350\text{ cm}^{-1}$ 付近のグラフェンのアモルファス化に係るDバンドが見られる。すなわち、保護層24のラマンスペクトルでは、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体の存在を示すGバンドと2Dバンドが見られる一方、Dバンドと、Dバンド及びGバンドに重畳するブロードなピークが見られる。これは、保護層24が、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体と、アモルファスカーボンを含み、また、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体が、垂直磁性層23を構成する多結晶粒の個々の(0002)結晶面と平行に結合していることを示している。

## 【0034】

これに対して、アモルファスカーボン膜のラマンスペクトルには、膜がアモルファス構造であるため、ブロードなシグナルが見られる。このため、アモルファスカーボン膜は、成膜条件によって膜質が変化しやすく、耐摩耗性、耐摺動性、耐腐食性に影響を及ぼす。

## 【0035】

一方、保護層24は、結晶性のグラフェン及び/又はグラフェンの積層体を含むため、安定した耐摩耗性、耐摺動性、耐腐食性が得られる。保護層24は、アモルファスカーボンは含むものの、アモルファスカーボンから生じ得る凹凸は、原子層の厚さ(約0.3nm)以下であることから、保護層24が形成されている垂直磁気記録媒体31の表面平滑性に及ぼす影響は小さいと考えられる。

## 【0036】

保護層24に含まれるグラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体を構成する六員環の面が垂直磁性層23に含まれる多結晶粒の個々の(0002)面と平行に結合している構造を有する。保護層24を形成する際に、CoCr基合金、CoPt基合金、CoCrPt基合金又はCoPtCr基合金が有する触媒活性を利用する。この際、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、Coと電子的に結合することが推測される。このため、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体を構成する六員環の面は、垂直磁性層23に含まれる多結晶粒の個々の(0002)面と平行に結合することとなる。その結果、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体を含む保護層24と垂直磁性層23は強固に結合することとなる。

## 【0037】

垂直磁性層23の最上層は、非グラニュラ構造であることが好ましい。これにより、垂直磁性層23と保護層24との界面において、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体と強固に結合するCoCr基合金、CoPt基合金、CoCrPt基合金又はCoPtCr基合金の占める面積比率を高めて、保護層24と垂直磁性層23の密着性を高めることができる。

## 【0038】

なお、非グラニュラ構造の磁性層とは、磁性層がCoCr基合金、CoPt基合金、CoCrPt基合金又はCoPtCr基合金の磁性粒子で構成され、かつ、磁性粒子の周囲に、各磁性粒子を分離する酸化物、窒化物、炭化物等を含まない構造をいう。

10

20

30

40

50

## 【0039】

また、多結晶粒の孤立化及び微細化を実現するため、垂直磁性層23の最上層以外は、Cr、Si、Ta、Al、B等の酸化物、窒化物、炭化物等を添加して、グラニューラ構造とするのが好ましい。

## 【0040】

グラフェンの積層体は、グラフェンが2～10層の範囲内で積層されていることが好ましく、グラフェンが4～6層の範囲内で積層されていることがさらに好ましい。これにより、グラフェンの積層体は、アモルファスカーボンで保護され、剥離が生じにくくなる。また、グラフェンの積層体が有する耐摩耗性、耐摺動性、耐腐食性が生かしやすくなる。

## 【0041】

グラフェンの積層体の層数は、ラマンスペクトルの2DバンドとGバンドのピーク高さの比から判定することができる。すなわち、2Dバンドのピーク高さがGバンドのピーク高さよりも大きい場合は、グラフェンであり、2Dバンドのピーク高さがGバンドのピーク高さと同様である場合は、グラフェンの積層体の層数がおおよそ2層であり、2Dバンドのピーク高さがGバンドのピーク高さよりも小さい場合は、グラフェンの積層体の層数が3層以上であり、具体的な層数は、2DバンドとGバンドのピーク高さの比から求めることができる(例えば、Ferrari, A.C. et al. Raman spectrum of graphene and graphene layers. Phys. Rev. Lett. 97, 187401 (2006).参照)。

## 【0042】

グラフェン及び/又はグラフェンの積層体は、窒素がドーピングされていることが好ましい。これにより、グラフェンの六員環構造を保ちながら、炭素原子を置換するように窒素原子をドーピングすることができるため、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体の結晶性を低下させることなく、潤滑層25を形成する際の保護層24の潤滑剤に対する濡れ性を高めることができる。

## 【0043】

ここで、従来、保護層として用いられているアモルファスカーボン膜は、表面が基本的には撥水性であることから、潤滑剤を塗布して潤滑層を形成するために、表面が窒化、酸化等により改質されている。そして、表面を窒化、酸化等により改質するためには、ある程度の膜厚が必要であるため、保護層の薄膜化の障害となっている。また、アモルファスカーボン膜を窒素ドーピングすることも可能ではあるが、アモルファス構造であるため、膜質の悪化や不安定化を引き起こし、保護層の耐摩耗性、耐摺動性及び耐腐食性が低下する。

## 【0044】

非磁性基板20を構成する材料としては、特に限定されないが、Al、Al-Mg合金等のAl合金、ソーダガラス、アルミノシリケート系ガラス、結晶化ガラス類、アモルファスガラス類、シリコン、チタン、セラミックス、各種樹脂等が挙げられる。中でも、Al合金、結晶化ガラス等のガラス、シリコンが好ましい。

## 【0045】

非磁性基板20の算術平均粗さ(Ra)は、通常、1nm以下であり、0.5nm以下であることが好ましく、0.1nm以下であることがさらに好ましい。

## 【0046】

軟磁性層21を構成する材料としては、特に限定されないが、FeCo基合金(例えば、FeCoB、FeCoSiB、FeCoZr、FeCoZrB、FeCoZrBCu)、CoFe合金、FeTa基合金(例えば、FeTaN、FeTaC)、Co基合金(例えば、CoTaZr、CoZrNB、CoB)等が挙げられる。

## 【0047】

中間層22を構成する材料としては、Ru等が挙げられる。

## 【0048】

垂直磁性層23は、グラニューラ構造の磁性層及び非グラニューラ構造の磁性層を順次積層することにより、形成することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 9 】

グラニユラ構造の磁性層を構成する材料としては、特に限定されないが、 $70\text{Co} - 5\text{Cr} - 15\text{Pt} - 10\text{SiO}_2$ 合金等が挙げられる。

## 【 0 0 5 0 】

非グラニユラ構造の磁性層を構成する材料としては、特に限定されないが、 $70\text{Co} - 15\text{Cr} - 15\text{Pt}$ 合金等が挙げられる。

## 【 0 0 5 1 】

なお、軟磁性層 2 1 と中間層 2 2 との間に、配向制御層を形成してもよい。

## 【 0 0 5 2 】

配向制御層を構成する材料としては、特に限定されないが、Pt、Pd、NiCr合金、NiFeCr合金、NiW合金等が挙げられる。

10

## 【 0 0 5 3 】

垂直磁性層 2 3 の厚さは、通常、 $3 \sim 20\text{nm}$ であり、 $5 \sim 15\text{nm}$ であることが好ましい。

## 【 0 0 5 4 】

垂直磁性層 2 3 の厚さは、再生の際に一定以上の出力を得るため、一定以上とすることが好ましい。ただし、記録再生特性を表す諸パラメーターは、通常、出力の上昇と共に、劣化するため、垂直磁性層 2 3 の厚さは、磁気記録再生装置の構成に合わせて設定することが好ましい。すなわち、垂直磁性層 2 3 は、使用する磁性合金の種類と積層構造に合わせて、十分なヘッド出入力が得られるように形成することが好ましい。

20

## 【 0 0 5 5 】

保護層 2 4 は、 $450$  以下の温度で、メタン等の炭化水素ガスを、必要に応じて、Arガス、水素ガス等を添加して、垂直磁性層 2 3 の表面に吹き付けることにより形成することができる。

## 【 0 0 5 6 】

保護層 2 4 の形成方法としては、特に限定されないが、UHV-CVD法（超高真空 - 気相成長法）、熱CVD法、RFプラズマCVD法等が挙げられる。

## 【 0 0 5 7 】

UHV-CVD法は、 $1 \times 10^{-6}\text{Pa}$ 以下の高真空雰囲気下で、保護層 2 4 を形成する。

30

## 【 0 0 5 8 】

熱CVD法は、 $10\text{Pa} \sim 10000\text{Pa}$ 程度の減圧雰囲気下で、保護層 2 4 を形成する。

## 【 0 0 5 9 】

RFプラズマCVD法は、UHV-CVD法と熱CVD法との間の真空度の雰囲気下で、保護層 2 4 を形成する。

## 【 0 0 6 0 】

保護層 2 4 に含まれるグラフェン及び/又はグラフェンの積層体とアモルファスカーボンとの比率は、原料ガスによって形成されたプラズマ中に含まれる水素ラジカルの量で制御することができる。すなわち、水素ラジカルは、アモルファスカーボンをエッチングすることができるが、そのエッチング力は、グラフェン及び/又はグラフェンの積層体よりもアモルファスカーボンに対して高い。このため、原料ガスに含まれる水素の量を多くすると、保護層 2 4 に含まれるグラフェン及び/又はグラフェンの積層体の比率が高まり、原料ガスに含まれる水素の量を少なくすると、保護層 2 4 に含まれるアモルファスカーボンの比率が高まる。

40

## 【 0 0 6 1 】

また、保護層 2 4 に含まれるグラフェン及び/又はグラフェンの積層体とアモルファスカーボンとの比率は、保護層 2 4 を形成する際の実験基板 2 0 の温度によっても制御できる場合がある。一般的に、非磁性基板 2 0 の温度が高いと、保護層 2 4 に含まれるグラフェン及び/又はグラフェンの積層体の比率が高まり、非磁性基板 2 0 の温度が低いと、

50

保護層 24 に含まれるアモルファスカーボンの比率が高まる。

【0062】

潤滑層 25 は、潤滑剤を塗布することにより形成することができる。

【0063】

潤滑剤としては、特に限定されないが、パーフルオロエーテル (PFPE) 等の弗化系液体潤滑剤、脂肪酸等の固体潤滑剤等が挙げられる。

【0064】

潤滑剤の塗布方法としては、特に限定されないが、ディッピング法、スピコート法等が挙げられる。

【0065】

潤滑層 25 の厚さは、通常、1 ~ 4 nm である。

【0066】

垂直磁気記録媒体 31 は、公知のインライン式成膜装置を用いて、複数の成膜室の間で、非磁性基板 21 を順次搬送させながら、軟磁性層 21、中間層 22、垂直磁性層 23、保護層 24 及び潤滑層 25 を順次積層することにより、製造することができる。

【0067】

図 3 に、磁気記録再生装置の一例を示す。

【0068】

磁気記録再生装置 30 は、垂直磁気記録媒体 31 と、垂直磁気記録媒体 31 を回転駆動させる媒体駆動部 32 と、磁気ヘッド 33 と、磁気ヘッド 33 を駆動するヘッド駆動部 34 と、記録再生信号処理系 35 を備える。磁気ヘッド 33 は、垂直磁気記録媒体 31 に情報を記録し、垂直磁気記録媒体 31 に記録されている情報を再生する。記録再生信号処理系 35 は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド 33 に送信し、磁気ヘッド 33 から送信された再生信号を処理してデータを出力する。

【実施例】

【0069】

以下に、実施例を挙げて具体的に説明するが、本発明は、実施例に限定されない。

【0070】

(実施例 1)

垂直磁気記録媒体 31 (図 1 参照) を以下のようにして製造した。

【0071】

まず、非磁性基板 20 として、外径が 2.5 インチのアモルファスガラス基板を用意した。

【0072】

次に、インライン式成膜装置 C3010 (キャノンアネルバ社製) を用いて、キャリアに装着された非磁性基板 20 の両面に、軟磁性層 21、中間層 22 及び垂直磁性層 23 を順次形成した。ここで、軟磁性層 21 は、厚さが 30 nm の CoFe 合金層 (70Co - 30Fe)、厚さが 5 nm の Ru 層及び厚さが 30 nm の CoFe 合金層 (70Co - 30Fe) が順次積層されている。また、中間層 22 は、厚さが 7 nm の NiW 合金層 (90Ni - 10W) 及び厚さが 20 nm の Ru 層が順次積層されている。さらに、垂直磁性層 23 は、厚さが 6 nm のグラニユラ構造の CoPtCr 基合金層 (70Co - 15Pt - 5Cr - 10SiO<sub>2</sub>) 及び厚さが 6 nm の非グラニユラ構造の CoCrPt 基合金層 (64Co - 20Cr - 15Pt - 1B) が順次積層されている。ここで、グラニユラ構造の CoCrPt 基合金層及び非グラニユラ構造の CoCrPt 基合金層は、六方最密充填構造を有し、(0002) 結晶面が非磁性基板 20 に対して平行に配向している。

【0073】

次に、熱 CVD 装置を用いて、垂直磁性層 23 上に保護層 24 を形成した。具体的には、原料として、アルゴン、水素及びメタンを体積比 1 : 1 : 9 で混合したガスを使用し、反応圧力を 2 kPa、非磁性基板 20 の温度を 450、反応時間を 30 分間として、厚さが約 1 nm の保護層 24 を形成した。

10

20

30

40

50

## 【0074】

ラマン分光装置（東京インスツルメンツ社製）を用いて、保護層24を分析したところ、2Dバンドの約1.6倍のDバンドが見られ、保護層24は、グラフェンが3層積層されている積層体及びアモルファスカーボンを含み、グラフェンの積層体が、垂直磁性層23を構成する多結晶粒の個々の(0002)結晶面に対して平行となっていることがわかった。なお、ラマン分光装置においては、高感度冷却CCD検出器（ANDOR Technology社製）及び溝本数が1200/nm、ブレイズ波長が500nmの回折格子を用いた。

## 【0075】

次に、ディッピング装置を用いて、保護層24上に、パーフルオロポリエーテル系の潤滑剤を塗布して、厚さが1.4nmの潤滑層25を形成し、垂直磁気記録媒体31を得た。

10

## 【0076】

得られた垂直磁気記録媒体31を、図3に示す磁気記録再生装置30に組み込み、高温高湿環境下において、耐摩耗性、耐摺動性、耐腐食性の加速評価を実施したところ、従来の垂直磁気記録媒体より優れた特性が得られた。

## 【符号の説明】

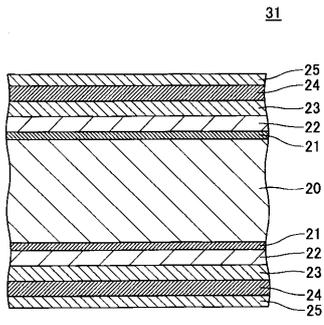
## 【0077】

- 20 非磁性基板
- 21 軟磁性層
- 22 中間層
- 23 垂直磁性層
- 24 保護層
- 25 潤滑層
- 30 磁気記録再生装置
- 31 垂直磁気記録媒体
- 32 媒体駆動部
- 33 磁気ヘッド
- 34 ヘッド駆動部
- 35 記録再生信号処理系

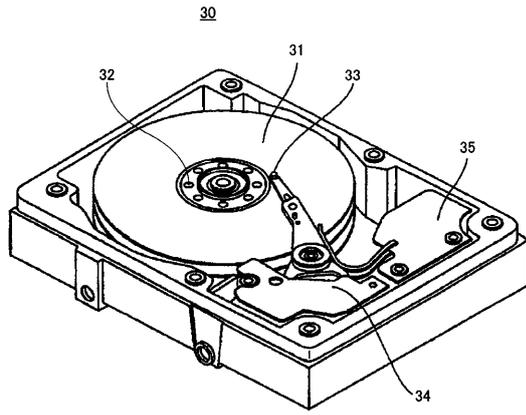
20

30

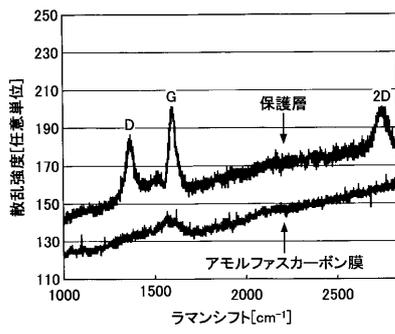
【図1】



【図3】



【図2】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 鵜飼 高広  
千葉県市原市八幡海岸通5 - 1 昭和電工エレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 山川 栄進  
千葉県市原市八幡海岸通5 - 1 昭和電工エレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 圓谷 志郎  
茨城県那珂郡東海村白方白根2 - 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター  
－ 原子力科学研究所内
- (72)発明者 境 誠司  
茨城県那珂郡東海村白方白根2 - 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター  
－ 原子力科学研究所内

審査官 中野 和彦

- (56)参考文献 特開2010 - 244666 (JP, A)  
特開2013 - 101742 (JP, A)  
特開平07 - 129949 (JP, A)  
特開2014 - 196206 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G11B 5/72  
G11B 5/65