

(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2005-353256

(P2005-353256A)

(43) 公開日 平成17年12月22日(2005.12.22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/738	G 1 1 B 5/738	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/64	G 1 1 B 5/64	5 D 1 1 2
G 1 1 B 5/65	G 1 1 B 5/65	5 E 0 4 9
G 1 1 B 5/851	G 1 1 B 5/851	
H 0 1 F 10/16	H 0 1 F 10/16	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)		

(21) 出願番号	特願2005-62662 (P2005-62662)	(71) 出願人	000005223
(22) 出願日	平成17年3月7日(2005.3.7)		富士通株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2004-144011 (P2004-144011)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(32) 優先日	平成16年5月13日(2004.5.13)	(74) 代理人	100070150
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	向井 良一
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		Fターム(参考)	5D006 BB01 BB07 BB09 CA01 CA05
			CA06 DA03 DA08 EA03 FA09
			5D112 AA03 AA05 AA24 BB01 BB06
			BD03 FA04 FB20 FB30
			5E049 AA01 AA04 AA07 BA08 BA12

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体およびその製造方法、磁気記憶装置

## (57) 【要約】

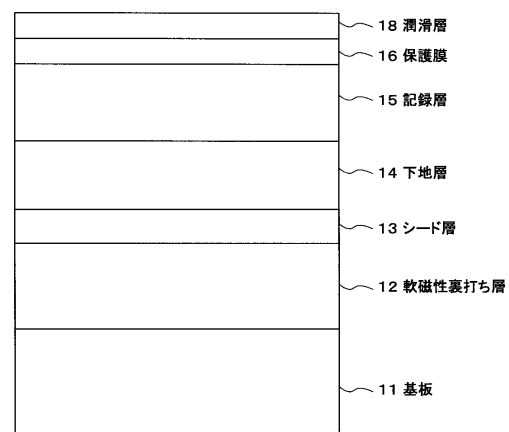
【課題】 柱状グラニューラー構造を有する記録層を備えた垂直磁気記録媒体において、良好な磁性粒子の粒径分布および一様に配置された磁性粒子を有する垂直磁気記録媒体およびその製造方法、並びに磁気記憶装置を提供する。

【解決手段】 基板11と、基板11上に、軟磁性裏打ち層12、シード層13、下地層14、記録層15、保護膜16、及び潤滑層18を順次積層した構成とし、下地層14は、RuまたはRu合金からなる結晶粒子と、結晶粒子同士を互い離隔する空隙部から構成して、結晶粒子を孤立化する。下地層14の下地としてRuまたはRu合金からなる連続膜をさらに設けてもよい。

【選択図】 図1

本発明の第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図

10



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
前記基板上に形成された軟磁性裏打ち層と、  
前記軟磁性裏打ち層上に形成された非晶質材料からなるシード層と、  
前記シード層上に形成された R u または R u 合金からなる下地層と、  
前記下地層上に形成された記録層とを備え、  
前記記録層は、基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなり、  
前記下地層が、基板面に対して垂直方向に成長してなる結晶粒子と、該結晶粒子を互いに離隔する空隙部からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。 10

## 【請求項 2】

前記シード層と下地層との間に他の下地層をさらに備え、  
前記他の下地層は、R u または R u 合金からなる他の結晶粒子と該他の結晶粒子同士が結晶粒界面部を介して結合した多結晶膜からなることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録媒体。

## 【請求項 3】

前記 R u 合金は h c p 結晶構造を有し、R u を主成分とする R u - X 合金であり、X が C o 、C r 、F e 、N i 、および M n からなる群のうち少なくとも 1 種であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の垂直磁気記録媒体。 20

## 【請求項 4】

前記シード層の表面に形成された島状の粒成長核からなる粒成長核層をさらに備え、  
前記他の下地層は、他の結晶粒子が粒成長核を覆うように形成されてなることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

## 【請求項 5】

前記シード層は、T a 、T i 、C 、M o 、W 、R e 、O s 、H f 、M g 、P t およびこれらの合金からなる群のうち少なくとも 1 種、あるいは N i P からなることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

## 【請求項 6】

前記記録層は、磁性粒子が、N i 、F e 、C o 、N i 系合金、F e 系合金、C o C r T a 、C o C r P t 、C o C r P t - M を含む C o 系合金からなる群のうちいずれか 1 種の材料からなることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体（ここで、前記 M は、B 、M o 、N b 、T a 、W 、C u およびこれらの合金からなる群のうち少なくとも 1 種の材料からなる。）。 30

## 【請求項 7】

磁気ヘッドを有する記録再生手段と、  
請求項 1 ~ 6 のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体と、を備える磁気記憶装置。

## 【請求項 8】

基板上に軟磁性裏打ち層と、シード層と、下地層と、前記基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなる記録層とが順次積層された垂直磁気記録媒体の製造方法であって、  
前記軟磁性裏打ち層上に非晶質材料からなるシード層を形成する工程と、  
前記シード層上に R u あるいは R u 合金からなる下地層を形成する工程と、  
前記下地層上に記録層を形成する工程とを含み、  
前記下地層を形成する工程が、スパッタ法を用いて、堆積速度を 0 . 1 n m / 秒以上かつ 2 n m / 秒以下の範囲で、かつ、雰囲気ガス圧を 2 . 6 6 P a 以上かつ 2 6 . 6 P a 以下の範囲に設定することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。 40

## 【請求項 9】

前記シード層を形成する工程と、前記下地層を形成する工程との間に、他の下地層を形 50

成する工程をさらに含み、

前記他の下地層を形成する工程は、スパッタ法を用いて、堆積速度を  $2 \text{ nm / 秒}$  よりも大きくかつ  $8 \text{ nm / 秒}$  以下の範囲、あるいは、雰囲気ガス圧を  $0.26 \text{ Pa}$  以上かつ  $2.66 \text{ Pa}$  未満の範囲に設定して、RuあるいはRu合金を堆積することを特徴とする請求項8記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項10】

前記シード層を形成する工程と、前記他の下地層を形成する工程との間に、粒成長核層を形成する工程をさらに含み、

前記他の下地層を形成する工程は、スパッタ法を用いて、雰囲気ガス圧を  $2.66 \text{ Pa}$  以上かつ  $26.6 \text{ Pa}$  以下の範囲に設定して、金属材料を島状に形成することを特徴とする請求項9記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、垂直磁気記録媒体およびその製造方法、磁気記憶装置に係り、特に磁性粒子が非磁性材料により離隔された磁性層を備えた垂直磁気記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気記憶装置、例えば、ハードディスクドライブ装置は、1ビット当りのメモリ単価が安く、大容量化が図れるデジタル信号記録装置であるので、近年、パーソナルコンピュータ等に大量に使用されている。さらに、デジタル音響画像関連機器での利用が牽引役となって、飛躍的な需要の増大と共に、ビデオ信号の記録のためにさらなるハードディスクドライブ装置の大容量化が望まれている。 20

【0003】

大容量化および低価格化を両立するためには、磁気記録媒体の高記録密度化を図ることにより、磁気記録媒体の枚数を削減し、それに伴って磁気ヘッド数を削減し、部品数の削減により低価格化が図れる。

【0004】

磁気記録媒体の高記録密度化の手法として、高分解能化と低ノイズ化による信号対雑音比(S/N比)の向上が挙げられる。低ノイズ化は、従来、記録層を構成する磁性粒子の微細化と磁性粒子の磁氣的な孤立化により促進されてきた。 30

【0005】

垂直磁気記録媒体は、基板上に軟磁性材料からなる軟磁性裏打ち層と、その上に記録層が積層されて構成されている。記録層は通常、CoCr基合金からなり、基板を加熱した状態でCoCr基合金をスパッタ法により形成することで、CoリッチなCoCr基合金の磁性粒子と、磁性粒子の粒界に非磁性であるCrが偏析して磁性粒子間の磁氣的な孤立化を図っている。

【0006】

一方、軟磁性裏打ち層は再生の際に磁気ヘッドに流れ込む磁束の磁路を形成し、結晶質軟磁性材料では磁区の形成によりスパイクノイズを発生する。そのため、軟磁性裏打ち層は磁区を形成し難い非晶質あるいは微結晶体により構成されるので、結晶化を回避するため記録層を形成する際の加熱温度が制限される。 40

【0007】

そこで、磁性粒子の孤立化を図り、高温の加熱処理を必要としない記録層として、CoCr基合金からなる磁性粒子をSiO<sub>2</sub>の非磁性母相により互いに離隔した記録層が検討されている。さらに、磁性粒子のc軸が基板面に垂直方向に成長した柱状構造を形成すると共に、磁性粒子をほぼ等間隔に成長させるために記録層の下地にRu膜を形成することが提案されている(例えば、特許文献1~2参照。 )。

【特許文献1】特開2003-217107号公報

【特許文献2】特開2003-346334号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、単にRu膜を記録層の下地として形成すると、磁性粒子はRu膜の結晶粒子の表面に結晶成長するので、結晶粒子の大きさや配置によっては、磁性粒子同士が結合して、十分な磁性粒子の孤立化を図ることができず、磁性粒子の粒径分布が増大して、その結果、媒体ノイズが増大するという問題が生ずる。

【0009】

一方、隣接する磁性粒子同士を略等距離に形成しようとする、Ru膜の下側にシード層を設け、Ru膜の結晶粒子の形成を制御する必要がある。このためには、複数のシード層の積層体が従来必要とされ、シード層が厚膜化してしまう。これにより軟磁性裏打ち層と記録層との距離が離れ、記録の際に必要なヘッド磁界が増加するという問題がある。またヘッド磁界の分布が拡大し、隣接トラックの情報を消去してしまうサイドイレース等の書き込みの問題が生じる。

【0010】

そこで、本発明は上記問題点に鑑みてなされたもので、本発明の目的は、柱状グラニューラ構造を有する記録層を備えた垂直磁気記録媒体において、良好な磁性粒子の粒径分布および一様に配置された磁性粒子を有する垂直磁気記録媒体およびその製造方法、並びに磁気記憶装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一観点によれば、基板と、前記基板上に形成された軟磁性裏打ち層と、前記軟磁性裏打ち層上に形成された非晶質材料からなるシード層と、前記シード層上に形成されたRuまたはRu合金からなる下地層と、前記下地層上に形成された記録層とを備え、前記記録層は、基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなり、前記下地層が、基板面に対して垂直方向に成長してなる結晶粒子と、該結晶粒子を互いに離隔する空隙部からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体が提供される。

【0012】

本発明によれば、下地層の結晶粒子が空隙部により互い離隔して成長しているので、その上に形成される記録層の磁性粒子が互いに離隔して形成され、磁性粒子の粒径分布が良好となり、磁性粒子間の相互作用を抑制あるいは一様化して媒体ノイズを低減することができ、その結果、高記録密度化が可能となる。

【0013】

前記シード層と下地層との間に他の下地層をさらに備え、前記他の下地層は、RuまたはRu合金からなる他の結晶粒子と該他の結晶粒子同士が結晶粒界面部を介して結合した多結晶膜から構成されてもよい。シード層と下地層との間に、結晶粒子と結晶粒界面部からなる他の下地層が設けられているので、下地層の結晶粒子の結晶配向性が促進され、記録層の磁性粒子の結晶配向性が一層向上される。その結果、他の下地層と下地層の総膜厚を薄膜化でき、軟磁性裏打ち層と記録層とを近接することができる。よって、記録の際に必要なヘッド磁界を低減すると共にサイドイレース等の書き込みを抑制することができる。

【0014】

さらに、前記シード層の表面に形成された島状の粒成長核からなる粒成長核層をさらに備え、前記他の下地層は、他の結晶粒子が粒成長核を覆うように形成されてなる構成としてもよい。島状の粒成長核がシード層の表面に形成されているので、他の下地層の他の結晶粒子が、粒成長核を覆うように結晶成長する。このように他の結晶粒子は、予め形成された粒成長核を起点として結晶成長するので、略同時に成長を始める。その結果、多数の他の結晶粒子の各々の粒径が略同一の粒径（基板面に対して平行な断面における結晶粒子の大きさ）となり、他の結晶粒子の粒径の均一化が図られる。そして、下地層の結晶粒子

10

20

30

40

50

は他の結晶粒子上に結晶成長し、さらに結晶粒子上に記録層の磁性粒子が結晶成長するので、記録層の磁性粒子の粒径均一化が図られる。よって、垂直磁気記録媒体は、良好な磁性粒子の粒径分布を有するので、媒体ノイズがいっそう低減される。

【0015】

本発明の他の観点によれば、磁気ヘッドを有する記録再生手段と、上記いずれかの垂直磁気記録媒体と、を備える磁気記憶装置が提供される。

【0016】

本発明によれば、垂直磁気記録媒体は媒体ノイズが低減されており、さらに軟磁性裏打ち層と記録層とが近接して形成されているので、サイドイレース等の書き込みが抑制される。その結果、線記録密度およびトラック密度の向上を図ることができ、高密度記録化が可能となる。

【0017】

本発明のその他の観点によれば、基板上に軟磁性裏打ち層と、シード層と、下地層と、前記基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなる記録層とが順次積層された垂直磁気記録媒体の製造方法であって、前記軟磁性裏打ち層上に非晶質材料からなるシード層を形成する工程と、前記シード層上にRuあるいはRu合金からなる下地層を形成する工程と、前記下地層上に記録層を形成する工程とを含み、前記下地層を形成する工程が、スパッタ法を用いて、堆積速度を0.1nm/秒以上かつ2nm/秒以下の範囲で、かつ、雰囲気ガス圧を2.66Pa以上かつ26.6Pa以下の範囲に設定することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法の製造方法が提供される。

【0018】

本発明によれば、下地層をスパッタ法により上記所定の範囲の堆積速度および雰囲気ガス圧に設定することにより、結晶粒子と結晶粒子を離隔する空隙部からなる下地層を形成することができる。その結果、磁性粒子の粒径分布が良好となり、磁性粒子間の相互作用を抑制あるいは一様化して記録層の媒体ノイズを低減することができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、柱状グラニューラー構造を有する記録層を備えた垂直磁気記録媒体において、Ru膜あるいはRu合金膜からなる下地層の結晶粒子を孤立化させることにより、良好な磁性粒子の粒径分布および一様に配置された磁性粒子を有する垂直磁気記録媒体を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下図面を参照しつつ実施の形態を説明する。

【0021】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の概略断面図である。図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0022】

図1を参照するに、第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体10は、基板11と、基板11上に、軟磁性裏打ち層12、シード層13、下地層14、記録層15、保護膜16、及び潤滑層18を順次積層した構成からなり、下地層14を構成する結晶粒子が互いに離隔して形成されている(図2の説明において詳述する。)。垂直磁気記録媒体10は、記録層15の磁性粒子が下地層14の結晶粒子の上に成長するので、磁性粒子の孤立化が促進され、その結果、媒体ノイズを低減し、高記録密度化が可能な垂直磁気記録媒体10が実現されている。

【0023】

基板11は、例えば、プラスチック基板、結晶化ガラス基板、強化ガラス基板、Si基板、アルミニウム合金基板などから構成され、垂直磁気記録媒体10がテープ状である場

10

20

30

40

50

合はポリエステル (PET)、ポリエチレンナフタレート (PEN)、耐熱性に優れたポリイミド (PI) などのフィルムを用いることができる。本発明では基板加熱を必要としないので、これらの樹脂製基板を用いることができる。

#### 【0024】

軟磁性裏打ち層 12 は、例えば、膜厚が  $50\text{ nm} \sim 2\text{ }\mu\text{m}$  であり、Fe、Co、Ni、Al、Si、Ta、Ti、Zr、Hf、V、Nb、C、B から選択された少なくとも 1 種類の元素を含む非晶質もしくは微結晶の合金、またはこれらの合金の積層膜から構成される。記録磁界を集中することができる点では飽和磁束密度  $B_s$  が  $1.0\text{ T}$  以上の軟磁性材料が好ましい。例えば、FeSi、FeAlSi、FeTaC、CoZrNb、CoCrNb、NiFeNb などを用いることができる。軟磁性裏打ち層 12 は、メッキ法、スパッタ法、蒸着法、CVD 法 (化学的気相成長法) などにより形成される。軟磁性裏打ち層 12 は、記録ヘッドからのほぼ総ての磁束を吸収するためのもので、飽和記録するためには飽和磁束密度  $B_s$  と膜厚の積の値が大きい方が好ましい。また、軟磁性裏打ち層 12 は、高転送レートでの書込性の点では高周波透磁率が高い方が好ましい。

10

#### 【0025】

シード層 13 は、例えば膜厚が  $1.0\text{ nm} \sim 10\text{ nm}$  であり、非晶質の Ta、Ti、C、Mo、W、Re、Os、Hf、Mg、Pt、およびこれらの合金のうち少なくとも 1 種の材料、あるいは NiP から選択される。シード層 13 は、この上に形成される下地層 14 の結晶粒子の c 軸の配向を膜厚方向にすると共に、面内方向に一樣に結晶粒子を分布させる。シード層 13 は下地層 14 の結晶配向性の点で Ta であることが好ましい。シード層 13 は、軟磁性裏打ち層と記録層を近接する点で、上記の材料の単層膜であることが好ましく、膜厚が  $1.0\text{ nm}$  から  $5\text{ nm}$  であることが好ましい。シード層 13 は上記の材料の膜を複数積層してもよい。

20

#### 【0026】

下地層 14 は、膜厚が  $2\text{ nm} \sim 16\text{ nm}$  の範囲に設定され、Ru、または、hcp 結晶構造を有し、Ru を主成分とする Ru-X 合金 ( $X = \text{Co}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Ni}$ 、および Mn のうち少なくとも 1 種) から構成される。

#### 【0027】

下地層 14 は、 $2\text{ nm}$  よりも薄くすると結晶性が劣り、 $16\text{ nm}$  よりも厚くすると、配向性が劣化し、記録の際の書き込み等の障害が生じる。また、下地層 14 は、結晶粒子の孤立化の点で膜厚が  $3\text{ nm} \sim 16\text{ nm}$  の範囲であることが好ましく、スペーシングロスの点で  $3\text{ nm} \sim 10\text{ nm}$  であることがさらに好ましい。

30

#### 【0028】

また、下地層 14 を Ru や Ru-X 合金のような hcp 結晶構造の材料を用いることで、記録層 15 の hcp 結晶構造を有する磁性粒子の磁化容易軸を基板面に対して垂直方向に配向性させることができる。下地層 14 は、結晶成長が良好な点で Ru が好ましい。次に、下地層 14 およびその上に形成される記録層 15 について詳しく説明する。

#### 【0029】

図 2 は、第 1 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図である。

40

#### 【0030】

図 2 を参照するに、下地層 14 は、Ru あるいは Ru-X 合金の結晶からなる多数の結晶粒子 14a と、結晶粒子 14a 同士を互い離隔する空隙部 14b から構成される。結晶粒子 14a は、シード層 13 の表面から膜厚方向に成長し、記録層 15 との界面に達する柱状構造を有し、一つの結晶粒子 14a 内は一つあるいは複数の単結晶から構成される。

#### 【0031】

また、空隙部 14b は、結晶粒子 14a を囲むように形成され、図 2 に示すような結晶粒子 14a の底面から記録層 15 との界面に達するように形成されていてもよく、結晶粒子 14a の上部に向かって広がるように形成されてもよい。本願発明者の検討によれば、後述する製造方法により形成された垂直磁気記録媒体の断面の TEM 像から、結晶粒子の

50

上半分の部分の周囲に下半分よりも広い空隙部が観察される場合が多い。このような下地層 14 を設けることにより、結晶粒子 15 a の表面に形成される記録層 15 の磁性粒子 15 a 同士を適度に離隔することができる。このような下地層 14 は、後程詳述するが、Ar ガス等の不活性ガス雰囲気中の圧力、あるいは、下地層 14 の堆積速度を所定の範囲に設定することで形成することができる。

#### 【0032】

結晶粒子 14 a の面内方向の平均粒径  $D_1$  は、 $2\text{ nm} \sim 10\text{ nm}$  (さらに好ましくは  $5\text{ nm} \sim 10\text{ nm}$ ) の範囲に設定することが好ましい。このことにより結晶粒子 14 a 上に成長する記録層の結晶粒子 14 a の粒径の制御性が良好となる。また、空隙部の平均幅  $X_1$  は  $1\text{ nm} \sim 2\text{ nm}$  の範囲に設定することが好ましい。記録層の磁性粒子同士の間隙の制

10

#### 【0033】

記録層 15 は、膜厚が例えば  $6\text{ nm} \sim 20\text{ nm}$  で、柱状構造を有する磁性粒子 15 a と、磁性粒子 15 a を囲み、隣り合う磁性粒子 15 a を物理的に離隔する非磁性材料からなる非固溶相 15 b から構成されている。磁性粒子 15 a の柱状構造は膜厚方向に延びており、面内方向に配置された多数の磁性粒子 15 a のそれぞれの間を非固溶相 15 b が充填するように形成されている。

#### 【0034】

磁性粒子 15 a は、Ni、Fe、Co、Ni 系合金、Fe 系合金、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-M を含む Co 系合金からなる群のうちいずれかの材料から構成される。ここで、M は、B、Mo、Nb、Ta、W、Cu 及びこれらの合金から選択される。磁性粒子 15 a は膜厚方向に磁化容易軸を有し、磁性粒子 15 a を構成する強磁性合金が hcp 構造を有する場合は、膜厚方向すなわち成長方向が  $(001)$  面となることが好ましい。

20

#### 【0035】

磁性粒子 15 a が CoCrPt 合金よりなる場合は、Co 含有量が 50 原子% ~ 80 原子%、Cr 含有量が 5 原子% ~ 20 原子%、Pt 含有量が 15 原子% ~ 30 原子% に設定される。Pt 含有量を従来の垂直磁気記録媒体と比較して多く含有させることにより、垂直異方性磁界を増加して高保磁力化を図ることができる。特にこのような高 Pt 含有量は、Cr 系下地に対してエピタキシャル成長が困難であることとされてきたが、本実施の形態の非磁性粒子 15 a の材料を用いることにより結晶性の優れた磁性粒子 15 a を形成することができる。

30

#### 【0036】

非固溶相 15 b は、磁性粒子 15 a を形成する強磁性合金と固溶あるいは化合物を形成しない非磁性材料から構成され、非磁性材料は、Si、Al、Ta、Zr、Y、Ti、及び Mg から選択されるいずれか 1 種の元素と、O、N、及び C から選択される少なくともいずれか 1 種の元素との化合物からなり、例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$  などの酸化物や、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{TaN}$ 、 $\text{ZrN}$ 、 $\text{TiN}$ 、 $\text{Mg}_3\text{N}_2$  などの窒化物や、 $\text{SiC}$ 、 $\text{TaC}$ 、 $\text{ZrC}$ 、 $\text{TiC}$  などの炭化物が挙げられる。磁性粒子 15 a はこのような非磁性材料よりなる非固溶相 15 b によって、隣り合う磁性粒子 15 a と物理的に離隔されるので磁氣的相互作用が低減され、その結果、媒体ノイズを低減することができる。

40

#### 【0037】

非固溶相 15 b を構成する非磁性材料は絶縁性材料であることが好ましい。強磁性を担う電子のトンネル効果による磁性粒子 15 a 間相互作用を低減することができる。

#### 【0038】

非固溶相 15 b の体積濃度は、記録層 42 の体積を基準として、 $2\text{ vol}\% \sim 40\text{ vol}\%$  の範囲に設定されることが好ましい。 $2\text{ vol}\%$  を割ると磁性粒子 15 a 間を十分に離隔することができないので磁性粒子 15 a の孤立化を十分に図れず、 $40\text{ vol}\%$  を超えると記録層 42 の飽和磁化が著しく低下し再生時の出力が低下する。さらに、非固溶相

50

15bの体積濃度は、磁性粒子15aの孤立化および垂直配向分散の点から8vol%~30vol%の範囲に設定されることが特に好ましい。

【0039】

図1に戻り、保護膜16は、例えば膜厚が0.5nm~15nmのアモルファスカーボン、水素化カーボン、窒化カーボン、酸化アルミニウム等により構成される。

【0040】

潤滑層18は、例えば膜厚が0.5nm~5nmのパーフルオロポリエーテルが主鎖の潤滑剤などにより構成される。潤滑剤としては、例えば、ZDol、Z25(以上Monte Fluos社製)Zテトラオール、AM3001(以上アウジumont社製)等を用いることができる。潤滑層18は、保護膜16の材料に応じて設けてもよく、設けなくともよい。

10

【0041】

本実施の形態の垂直磁気記録媒体10は、下地層14の結晶粒子14aが空隙部14bにより互い離隔して成長しているので、その上に形成される記録層15の磁性粒子15aが互いに離隔して形成され、磁性粒子15aの粒径分布が良好となり、磁性粒子15a間の相互作用を抑制あるいは一様化して媒体ノイズを低減することができる。

【0042】

次に、図1を参照しつつ、第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の製造方法を説明する。

【0043】

20

最初に、基板11の表面を洗浄・乾燥後、基板11上に上述した軟磁性裏打ち層12を、無電解めっき法、電気めっき法、スパッタ法、真空蒸着法等により形成する。

【0044】

次いで、軟磁性裏打ち層12上にスパッタ装置を用いて、上述した材料からなるスパッタターゲットを用いてシード層13を形成する。スパッタ装置は予め $10^{-7}$ Paまで排気可能な超高真空スパッタ装置を用いることが好ましい。具体的には、シード層13は、例えばDCマグネトロン法によりArガス雰囲気中で圧力0.4Paに設定して形成する。この際、基板11の加熱は行わない方が好ましい。軟磁性裏打ち層12の結晶化あるいは微結晶の肥大化を抑制することができる。もちろん、軟磁性裏打ち層12の結晶化あるいは微結晶の肥大化を伴わない程度の温度、例えば150℃以下の温度に加熱してもよい。また、基板11を冷却して成膜してもよく、例えば-100℃としてもよい。さらに、装置上の制約がなければ-100℃よりも低い温度に冷却してもよい。なお、基板11の加熱あるいは冷却は、シード層13、下地層14、および記録層15を形成する工程においても同様である。

30

【0045】

次いで、シード層13上にスパッタ装置を用いて、上述したRuあるいはRu-X合金からなるスパッタターゲットを用いて下地層14を形成する。具体的には、下地層14は、例えばDCマグネトロン法により不活性ガス、例えばArガス雰囲気中で、堆積速度を0.1nm/秒以上かつ2nm/秒以下の範囲で、かつ雰囲気ガス圧力を2.66Pa以上かつ26.6Pa以下の範囲に設定して成膜する。これらの範囲に堆積速度および雰囲気ガス圧力を設定することで、上述した結晶粒子と空隙部からなる下地層14を形成することができる。

40

【0046】

なお、堆積速度を0.1nm/秒よりも小さくすると生産効率が著しく低下し、2nm/秒よりも大きくすると、空隙部が形成されず結晶粒子と結晶粒界部からなる連続体(第2の実施の形態で説明する。)が形成される。また、不活性ガス圧力を2.66Paよりも低い圧力に設定すると、空隙部が形成されず結晶粒子と結晶粒界部からなる連続体が形成され、26.6Paよりも高くすると、不活性ガスが結晶粒子中に取り込まれ、結晶性が低下する。なお、上述した理由と同様に下地層14を形成する際に基板11の加熱は行わない方が好ましい。この際のスパッタ投入電力は、例えば50Wとする。

50



## 【0047】

次いで、下地層14上にスパッタ装置を用いて、上述した材料からなるスパッタターゲットを用いて記録層15を形成する。具体的には、RFマグネトロン法により、磁性粒子15aの磁性材料と非固溶相15bの非磁性材料を複合化したスパッタターゲットを用い、不活性ガス、あるいは、不活性ガスに非固溶相15bが含む酸素あるいは窒素を添加した雰囲気中で成膜する。なお、磁性粒子15aの磁性材料と、非固溶相15bの非磁性材料のそれぞれのスパッタターゲットを同時スパッタしてもよい。成膜時の圧力は、2.00 Pa ~ 8.00 Paの範囲に設定し、2.00 Pa ~ 3.99 Paの範囲に設定することが好ましい。

## 【0048】

なお、上述したシード層12を形成する工程から記録層15を形成する工程までは、その表面に各層を形成した状態で真空中あるいは成膜雰囲気に保持することが、表面の清浄性の点で好ましい。

## 【0049】

次いで、記録層15上に、スパッタ法、CVD法、FCA (Filtered Cathodic Arc) 法等を用いて保護膜16を形成する。次いで、保護膜16の表面に、引き上げ法、スピンコート法、液面低下法等により塗布される。以上により、本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体が形成される。

## 【0050】

本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の製造方法では、下地層14を形成する際の堆積速度および不活性ガス圧力を所定の範囲に設定することにより、簡便な方法により結晶粒子を空隙部により互いに離隔して形成し、結晶粒子の配置を引き継ぐ磁性粒子の孤立化を図ることができる。

## 【0051】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体は、シード層と下地層との間にさらに他の下地層を設けた以外は第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体と同様である。

## 【0052】

図3は、本発明の第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の概略断面図であり、図4は垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図である。図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。なお、本実施の形態において第2下地層は、第1の実施の形態における下地層14 (図1および図2に示される。) と同一であるので同じ符号を用い、第2下地層の説明を省略する。

## 【0053】

図3および図4を参照するに、第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体20は、基板11と、基板11上に、軟磁性裏打ち層12、シード層13、第1下地層21、第2下地層14、記録層15、保護膜16、及び潤滑層18を順次積層した構成からなる。

## 【0054】

垂直磁気記録媒体20は、シード層13と第2下地層14 (第1の実施の形態における下地層14) との間に、第2下地層14の同様の材料からなり結晶性が良好な連続膜の第1下地層21が設けられているので、第2下地層14の結晶粒子14aの結晶配向性を向上し、記録層15の磁性粒子15aの結晶配向性が一層向上されている。

## 【0055】

第1下地層21は、第2下地層14と同様の材料からなり、結晶粒子21aと結晶粒界面21bから構成される。結晶粒子21aは第2下地層14の結晶粒子14aと略同様であり、結晶粒界面21bは結晶粒子21aの結晶粒界面であり、すなわち結晶粒界面21bはRuまたはRu-X合金 (X = Co、Cr、Fe、Ni、及びMnのうち少なくとも1種) の原子 (非晶質あるいは微結晶体) から構成される。このように第1下地層21は、結晶粒子14aと、結晶粒子14a同士を結晶粒界面14bを介して結合した連続膜を形成しているので、結晶性が良好であり、その(001)面の結晶配向は基板面に対して垂

10

20

30

40

50

直方向となっている。したがって、第1下地層21との界面付近の第2下地膜14の結晶性が良好となり、第2下地層の結晶粒子14aの結晶性および結晶配向性が向上し、さらに、記録層15の磁性粒子15aの結晶性および結晶配向性が向上する。

#### 【0056】

第1下地層21の膜厚は、2nm～14nmの範囲に設定され、第1下地層21と第2下地層の総膜厚は、4nm～16nmの範囲に設定され、スペーシングロスの点で、4nm～11nmの範囲に設定されることが好ましい。

#### 【0057】

次に、図3および図4を参照しつつ第1下地層21の形成方法を次に説明する。第1下地層21は、シード層13上にスパッタ装置を用いて、上述したRuあるいはRu-X合金からなるスパッタターゲットを用いて形成する。具体的には、第1下地層21は、例えばDCマグネトロン法により不活性ガス、例えばArガス雰囲気中で、堆積速度を2nm/秒よりも大きくかつ8nm/秒以下の範囲、あるいは不活性ガス圧力を0.26Pa以上かつ2.66Pa未満（好ましくは0.26Pa以上かつ1.33Pa以下）の範囲に設定して成膜する。これらの範囲に雰囲気ガス圧力あるいは堆積速度を設定することで、上述した結晶粒子21aと結晶粒界部21bからなる多結晶体の第1下地層21を形成することができる。堆積速度を2nm/秒以下にすると、雰囲気ガス圧力によっては第2下地層14と同じ膜構造となり空隙部14bが形成され、8nm/秒よりも大きくすると、第2下地層14を形成する際に膜厚の制御性が低下する。また、雰囲気ガス圧力を0.26Paよりも低い圧力に設定するとスパッタ装置のプラズマ放電が不安定となり結晶性が低下し、2.66Paよりも高くすると、堆積速度によっては第2下地層14の同じ膜構造となり空隙部14bが形成される。なお、第1下地層21を形成する際は、上述した理由と同様に基板11の加熱は行わない方が好ましい。この際のスパッタ投入電力は、例えば300Wとする。

#### 【0058】

なお、第1下地層21を形成する際に、スパッタ装置内に希薄な活性ガスを供給し、シード層13の表面に活性ガスの分子を吸着させてもよい。活性ガスとしては、酸素ガス、N<sub>2</sub>Oが挙げられる。活性ガスの吸着分子の量は、吸着分子がシード層13表面に互いに離隔して吸着する程度とする。これにより、吸着分子が第1下地層21の結晶粒子14aの成長核となる。このような成長核が形成されていると、各々の結晶粒子14aが略同時に粒成長を開始するため、結晶粒子14aの粒径が均一化する。その結果、均一な粒径が第2下地層14、さらに記録層15に引き継がれ、粒径の揃った記録層15が形成される。

#### 【0059】

活性ガスのシード層13表面への吸着処理は、具体的には、シード層13の表面を1ラングミュア(L)単位未満の範囲で活性ガスに暴露することが好ましい。ここで、1L単位は、圧力 $1 \times 10^{-6}$  Torrの活性ガスに1秒間暴露することを意味する。

#### 【0060】

なお、吸着分子は、シード層13の表面を酸化あるいは窒化させてシード層13の材料を変換させてもよく、単にシード層13の表面に吸着していてもよい。吸着分子により酸化あるいは窒化された表面、または、吸着分子自体が粒成長核として機能する。

#### 【0061】

本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体20では、シード層13と第2下地層14との間に、結晶粒子21aと結晶粒界部21bからなる第1下地層21が設けられ、第1下地層21の結晶性が良好であるので、第2下地層14の結晶粒子14aの結晶配向性を促進し、記録層15の磁性粒子15aの結晶配向性が一層向上されている。その結果、第1下地層21と第2下地層14の総膜厚の薄膜化を図ることができ、軟磁性裏打ち層12と記録層15とを近接することができ、記録の際に必要なヘッド磁界を低減すると共にサイドイレース等の書き込みを抑制することができる。

#### 【0062】

10

20

30

40

50

また、本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体 20 では、第 2 下地層 14 の膜厚を第 1 の実施の形態における下地層の膜厚よりも薄膜化を図れるので、第 2 下地層 14 の表面の表面性を向上でき、その表面性を記録層 15 および保護膜 16 が引き継ぐので、表面性の良好な垂直磁気記録媒体 20 が実現できる。したがって、磁気ヘッドと垂直磁気記録媒体 20 とのスペーシングを低減して高記録密度化を図れる。

#### 【0063】

次に、第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態に係る実施例を説明する。

#### 【0064】

##### [ 実施例 1 ]

本実施例に係る垂直磁気記録媒体は、第 1 の実施の形態と同様の以下に示す構成とした。基板側から Si 基板 / 非晶質シリコン酸化膜 / 軟磁性裏打ち層 : CoZrNb 膜 ( 200 nm ) / シード層 : Ta 膜 ( 3 nm ) / 下地層 : Ru 膜 ( 13.2 nm ) / 記録層 : ( Co<sub>67</sub>Cr<sub>7</sub>Pt<sub>26</sub> ) 88.5 vol % - ( SiO<sub>2</sub> ) 11.5 vol % 膜 ( スパッタターゲット組成 ) ( 16 nm ) / 保護膜 : カーボン膜 ( 3 nm ) とした。CoZrNb 膜、Ta 膜、およびカーボン膜は、DC マグネトロンスパッタ装置を用いて、0.399 Pa ( 3 m Torr ) の Ar ガス雰囲気中で形成し、Ru 膜は、5.32 Pa の Ar ガス雰囲気中で、堆積速度を 0.55 nm / 秒として形成した。記録層は、RF スパッタ装置を用いて 2.66 Pa の Ar ガス雰囲気中で形成した。なお、上記成膜の際に Si 基板の加熱は行わなかった。

10

#### 【0065】

本実施例に係る垂直磁気記録媒体の Ru 膜を断面 TEM 像により観察したところ、結晶粒子と結晶粒子同士を離隔する空隙部が確認された。

20

#### 【0066】

##### [ 実施例 2 ]

本実施例に係る垂直磁気記録媒体は、第 2 の実施の形態と同様の構成とし、実施例 1 の下地層を、第 1 下地層 : Ru 膜 ( 6.6 nm )、および第 2 下地層 : Ru 膜 ( 6.6 nm ) の積層体とした以外は同様の構成とした。第 1 下地層の Ru 膜は、5.32 Pa の Ar ガス雰囲気中で、堆積速度を 6.6 nm / 秒として形成し、第 2 下地層は実施例 1 の下地層と同様の条件で形成し、これら以外の各層は実施例 1 と同様の条件で成膜した。なお、上記かっこ内の数値は膜厚を示す。

30

#### 【0067】

本実施例に係る垂直磁気記録媒体の第 1 下地層および第 2 下地層の Ru 膜を断面 TEM 像により観察したところ、第 1 下地層の Ru 膜は連続膜となっており、第 2 下地層の Ru 膜は、結晶粒子と結晶粒子同士を離隔する空隙部が確認された。

#### 【0068】

図 5 は実施例 1 および 2 の結晶配向を示す図であり、図 6 は実施例 1 および 2 の結晶配向性を示す図であり、( A ) は Ru 膜の配向性、( B ) は記録層の配向性を示す。図 5 は、実施例 1 および 2 に係る垂直磁気記録媒体を、X 線ディフフラクトメータを用いて - 2 スキャンにより得られた X 線プロファイルを示している。図 6 ( A ) は Ru 膜の ( 002 ) 面のロックングカーブを示している。また、図 6 ( B ) は記録層の CoCrPt の ( 002 ) 面のロックングカーブを示している。

40

#### 【0069】

図 5 を参照するに、実施例 1 および実施例 2 とともに Ru の ( 002 ) および ( 004 )、CoCrPt の ( 002 ) および ( 004 ) の回折ピークが観察された。このことと、これら以外の回折ピークが観察されないことより、Ru 膜は ( 001 ) 面の結晶配向が形成され、記録層は磁性粒子の CoCrPt が ( 001 ) 面の結晶配向が形成されていることが分かる。

#### 【0070】

図 6 ( A ) に示す Ru 膜の ( 002 ) 面のロックングカーブから、半値幅  $\gamma_{50}$  が実施例 1 は 6.0 度、実施例 2 は 4.5 度が得られた。このことにより、実施例 1 と比較して

50

実施例 2 の方が、Ru 膜の (001) 面が基板面に対して平行な結晶配向性が良好であることが分かる。さらに図 6 (B) に示す CoCrPt の (002) 面のロックアップカーブから、半値幅  $\theta_{50}$  が実施例 1 は 6.3 度、実施例 2 は 5.6 度が得られた。このことより、磁性粒子の CoCrPt の (001) 面が基板面に対して平行な結晶配向性が良好であり、すなわち磁化容易軸 (c 軸) の基板面に対する垂直異方性分散が実施例 1 よりも実施例 2 の方が良好であることが分かる。

#### 【0071】

図 7 は、実施例 2 の垂直磁気記録媒体の記録層の平面 TEM 像を撮影し、その磁性粒子と非固溶相を示す図であり、図 8 は、図 7 に示す磁性粒子と非固溶相の組成を示す図である。図 7 は、紙面上の総合倍率で約 175 万倍に拡大した平面 TEM 像をスケッチしたものである。また、図 8 は、EDS (X-ray Energy Dispersive Spectroscopy) により図 7 に示すポイント A および B を組成分析したものである。

10

#### 【0072】

図 7 および図 8 を参照するに、ポイント A は、Co が 64.3 原子%、Pt が 17.4 原子%、Cr 5.2 原子% であるので磁性粒子であり、粒状の部分が磁性粒子 (面内方向の断面) であることが分かる。また、ポイント B は、Si が 45.1 原子%、O が 39.6 原子% 含まれており、非固溶相の領域であることが分かる。

#### 【0073】

また、図 7 より、平均粒径が約 4 nm の磁性粒子が形成されており、個々の磁性粒子が非固溶相によって分離され磁性粒子の孤立化が促進されていることが分かる。さらに、磁性粒子が一樣に分布しているのは、第 2 下地層の Ru 膜の結晶粒子が一樣に分布していることによるものである。

20

#### 【0074】

##### [ 実施例 3 ]

実施例 1 の下地層の Ru 膜の膜厚を、それぞれ 13 nm、20 nm、26 nm、および 44 nm と異ならせて形成し、記録層を (Co<sub>76</sub>Cr<sub>9</sub>Pt<sub>15</sub>) 90 vol% - (SiO<sub>2</sub>) 10 vol% のスパッタターゲットを使用した以外は、実施例 1 と同様の条件で垂直磁気記録媒体を形成した。但し、保磁力測定の便宜のため軟磁性裏打ち層 (CoZrNb 膜) を形成しなかった (下記実施例 4 および比較例も同様である。 )。

30

#### 【0075】

##### [ 実施例 4 ]

実施例 2 の第 1 下地層の Ru 膜の膜厚を 6.6 nm とし、第 2 下地層の Ru 膜の膜厚を異ならせて、第 1 下地層と第 2 下地層の総膜厚を 11 nm、14 nm、24 nm、34 nm、および 44 nm と異ならせて形成し、記録層を (Co<sub>76</sub>Cr<sub>9</sub>Pt<sub>15</sub>) 90 vol% - (SiO<sub>2</sub>) 10 vol% のスパッタターゲットを使用した以外は、実施例 2 と同様の条件で垂直磁気記録媒体を形成した。

#### 【0076】

##### [ 比較例 ]

本比較例に係る垂直磁気記録媒体は、Ru 膜を、堆積速度 6.6 nm / 秒とし、Ru 膜の膜厚を 13 nm、20 nm、26 nm、および 44 nm に異ならせて形成した以外は、実施例 3 と同様の条件で垂直磁気記録媒体を形成した。本比較例に係る垂直磁気記録媒体の Ru 膜を断面 TEM 像により観察したところ、Ru 膜は連続膜となっていることが確認された。

40

#### 【0077】

図 9 は、実施例および比較例の垂直保磁力と中間層膜厚との関係を示す図である。図 9 は、振動試料型磁力計を用いて、垂直磁気記録媒体の基板面に垂直方向に磁場を印加して垂直保磁力を測定したものである。下地層膜厚は、Ru 膜の膜厚を示し、実施例 4 の場合は 2 層の Ru 膜の総膜厚を示している。

#### 【0078】

50

図 9 を参照するに、連続膜の R u 膜を下地層とする比較例に対して、下地層の膜厚にかかわらず、実施例 3 および実施例 4 の垂直保磁力が高くなっていることが分かる。下地層の膜厚が薄い 10 nm 台から 20 nm 台では、実施例 3 および実施例 4 が特に優れていることが分かる。実施例 3 と実施例 4 を比較すると、R u 膜の結晶粒子が空隙部により分離して形成された実施例 3 よりも、その膜の下にさらに連続膜の R u 膜を形成した実施例 4 の方が、垂直保磁力が向上している。このことは、比較例に比べ、実施例 3、さらには実施例 4 の方が結晶配向性に優れると共に、磁性粒子の分布が一樣でありかつ粒径分布が少ないことを示している。

【0079】

したがって、実施例 3、さらには実施例 4 の構成とすることで、比較例よりも下地層あるいは第 1 下地層と第 2 下地層の総膜厚を低減することができ、その結果、軟磁性裏打ち層と記録層との間を近接することができ、記録に必要なヘッド磁界の低減やサイドイレズ等の書き込みを抑制できる。

【0080】

(第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体は、シード層と第 1 下地層との間にさらに粒成長核層を設けた以外は第 2 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体と同様である。

【0081】

図 10 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の概略断面図であり、図 11 は垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図である。図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0082】

図 10 および図 11 を参照するに、第 3 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体 60 は、基板 11 と、基板 11 上に、軟磁性裏打ち層 12、シード層 13、粒成長核層 61、第 1 下地層 21、第 2 下地層 14、記録層 15、保護膜 16、及び潤滑層 18 を順次積層した構成からなる。

【0083】

垂直磁気記録媒体 60 は、シード層 13 と第 1 下地層 21 との間に、粒成長核層 61 が設けられている。粒成長核層 61 は、島状に形成された粒成長核 61a からなる。粒成長核 61a は、シード層 13 の表面に互いに離隔して形成されている。すなわち、粒成長核層 61 は、島状の互いに離隔された多数の粒成長核からなり、いわゆる不連続膜である。第 1 下地層 21 は、その結晶粒子 21a が粒成長核 61a を起点として、粒成長核 61a を覆うように形成されている。

【0084】

粒成長核層 61 は、金属材料からなり、その元素および組成比に特に制限はないが、島状に形成され易い点で高融点金属からなることが好ましい。粒成長核層 61 に好適な高融点金属としては、Pt、W、Ag、Au およびこれらの元素を含む合金が挙げられる。

【0085】

また、粒成長核層 61 は、Ru、または Ru を主成分とする Ru-X 合金 (X = Co、Cr、Fe、Ni、および Mn のうち少なくとも 1 種)、Ta、および Ti のうちいずれか一種からなることが好ましい。これにより、粒成長核 61a と第 1 下地層 21 とは互いに原子間距離が近接するので、粒成長核 61a の表面に第 1 下地層 21 が成長し易くなる。さらに、粒成長核層 61 は、Co または CoPt からなることが好ましい。

【0086】

粒成長核層 61 の厚さは、粒成長核 61a の集合体と同一の体積を有する連続膜として換算した厚さで、0.2 nm ~ 1.0 nm の範囲に設定されることが好ましい。

【0087】

垂直磁気記録媒体 60 の製造方法は、粒成長核層 61 の形成工程をさらに設けた以外は、第 2 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の製造方法と同様である。同様の工程はその

説明を省略する。

【0088】

粒成長核層61の形成は、スパッタ装置を用いて、上述した粒成長核層61の材料のスパッタターゲットを用いて、シード層13の表面に粒成長核層61を形成する。具体的には、粒成長核層61は、例えばDCマグネトロン法により不活性ガス、例えばArガス雰囲気、雰囲気ガス圧力を2.66Pa以上かつ26.6Pa以下の範囲に設定する。この際、堆積速度は低いほどよいが、例えば、0.1nm/秒以上かつ1nm/秒以下の範囲に設定することが好ましい。ここで、堆積速度の計算に用いる厚さは、粒成長核61aの集合体と同一の体積を有する連続膜として換算した厚さである。また、この際、基板の加熱は行わない方が好ましく、他の層の形成工程と同様に基板を冷却してもよい。また、スパッタ処理は、シード層13の表面に粒成長核61aが離隔して形成された状態でスパッタを停止する。次いで、粒成長核層61上に第1下地層21を上述した方法で形成する。

10

【0089】

本実施の形態の垂直磁気記録媒体60は、シード層13の表面に、互いに離隔して形成された粒成長核61aからなる粒成長核層61が設けられている。第1下地層21の結晶粒子21aは、粒成長核61aを覆うように形成される。すなわち、結晶粒子21aは、すでに形成されている粒成長核61aを起点として結晶成長する。したがって、多数の結晶粒子21aは略同時に結晶成長を始めるので、結晶粒子21aの粒径が略同一の粒径となる。その結果、第1下地層21の結晶粒子21aの粒径の均一化が図られる。第2下地層14の結晶粒子14aはそれぞれが1つの第1下地層21の結晶粒子21aの上に結晶成長するので、第2下地層14の結晶粒子14aの粒径の均一化が図られる。さらに、記録層15の磁性粒子15aはそれぞれが1つの第2下地層14の結晶粒子14aの上に結晶成長するので、記録層15の磁性粒子15aの粒径のいっそうの均一化が図られる。したがって、磁性粒子15aの粒径均一化により、垂直磁気記録媒体50は、良好な磁性粒子15aの粒径分布を有するので、媒体ノイズがいっそう低減される。なお、垂直磁気記録媒体60は、第1および第2の実施の形態の垂直磁気記録媒体の効果の有することは言うまでもない。

20

【0090】

(第4の実施の形態)

30

本発明の第4の実施の形態は、第1～第3の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体を備えた磁気記憶装置に係るものである。

【0091】

図12は、本発明の実施の第4の実施の形態に係る磁気記憶装置の要部を示す図である。図12を参照するに、磁気記憶装置40は大略ハウジング41からなる。ハウジング41内には、スピンドル(図示されず)により駆動されるハブ42、ハブ42に固定され回転される垂直磁気記録媒体43、アクチュエータユニット44、アクチュエータユニット44に取り付けられ垂直磁気記録媒体43の半径方向に移動されるアーム45及びサスペンション46、サスペンション46に支持された磁気ヘッド48が設けられている。

【0092】

40

図13は磁気ヘッドの概略断面図である。図13を参照するに、磁気ヘッド48は、アルチックのスライダ50上にアルミナ絶縁層51を介して、単磁極型記録ヘッド52とGMR(Giant Magnetoresistive)素子53を備えた再生ヘッド54が形成された構成となっている。単磁極型記録ヘッド52は、垂直磁気記録媒体53に記録磁界を印加するための軟磁性体よりなる主磁極55と、主磁極55に磁氣的に接続されたリターンヨーク56と、主磁極55とリターンヨーク56に記録磁界を誘導するための記録用コイル58などから構成されている。また、再生ヘッド54は、主磁極55を下部シールドとし、主磁極54上にアルミナ絶縁層51を介して形成されたGMR素子53と、さらにアルミナ絶縁層51を介して形成された上部シールド59より構成されている。単磁極型記録ヘッド52は、主磁極55から記録磁界を垂直磁気記録媒体43に対し

50

て垂直方向に印加して、垂直磁気記録媒体 43 に垂直方向の磁化を形成する。

【0093】

主磁極 55 の先端部 55 - 1 は先端に向かう程先細り形状、すなわち断面積が次第に小さくなっている。記録磁界に係る磁束密度を高めて垂直保磁力の高い垂直磁気記録媒体 43 を磁化できる。主磁極 55 の先端部 55 - 1 の軟磁性材料は飽和磁束密度の高い、例えば 50 at % Ni - 50 at % Fe、FeCoNi 合金、FeCoNiB、FeCoAlO などよりなることが好ましい。磁気飽和を防止して高い磁束密度の磁束を集中して垂直磁気記録媒体 43 に印加できる。

【0094】

また、再生ヘッド 54 は、垂直磁気記録媒体 43 の磁化が漏洩する磁界を感知して、その方向に対応する GMR 素子 53 の抵抗値の変化により垂直磁気記録媒体 43 に記録された情報を得ることができる。なお、GMR 素子 53 の代わりに TMR (Ferromagnetic Tunnel Junction Magnetoresistive) 素子を用いることができる。

10

【0095】

垂直磁気記録媒体 43 は第 1 ~ 第 3 の実施の形態の垂直磁気記録媒体のいずれかである。図 12 では、1 枚の垂直磁気記録媒体 43 が示されているが、1 枚に限られず、2 枚以上でもよく、そのうちの 1 枚が第 1 ~ 第 3 の実施の形態の垂直磁気記録媒体のいずれかであればよい。

【0096】

20

なお、本実施の形態に係る磁気記憶装置 40 の基本構成は、図 12 および図 13 に示すものに限定されるものではなく、磁気ヘッド 48 は上述した構成に限定されず、公知の磁気ヘッドを用いることができる。また、本発明で用いる垂直磁気記録媒体 43 は、磁気ディスクに限定されず磁気テープであってもよい。

【0097】

本実施の形態によれば、垂直磁気記録媒体 43 が、媒体ノイズが低減されている。さらに垂直磁気記録媒体 43 が軟磁性裏打ち層と記録層とが近接して形成されているので、サイドイレース等の書き込みが抑制される。その結果、磁気記憶装置 40 は、線記録密度およびトラック密度の向上を図ることができ、高密度記録化が可能となる。

【0098】

30

以上本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明に係る特定の実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【0099】

なお、以上の説明に関して更に以下の付記を開示する。

(付記 1) 基板と、

前記基板上に形成された軟磁性裏打ち層と、

前記軟磁性裏打ち層上に形成された非晶質材料からなるシード層と、

前記シード層上に形成された Ru または Ru 合金からなる下地層と、

前記下地層上に形成された記録層とを備え、

40

前記記録層は、基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなり、

前記下地層が、基板面に対して垂直方向に成長してなる結晶粒子と、該結晶粒子を互いに離隔する空隙部からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

(付記 2) 前記下地層は、空隙部が当該下地層の底面から記録層の界面まで形成されてなることを特徴とする付記 1 記載の垂直磁気記録媒体。

(付記 3) 前記結晶粒子の間隙は、1 nm ~ 2 nm の範囲に設定されることを特徴とする付記 1 または 2 記載の垂直磁気記録媒体。

(付記 4) 前記結晶粒子の平均粒径は、2 nm ~ 10 nm の範囲に設定されることを特徴とする付記 1 ~ 3 のうちいずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

50

(付記5) 前記下地層は、その膜厚が2nm~16nmの範囲に設定されることを特徴とする付記1~4のうちいずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記6) 前記シード層と下地層との間に他の下地層をさらに備え、

前記他の下地層は、RuまたはRu合金からなる他の結晶粒子と該他の結晶粒子同士が結晶粒界面部を介して結合した多結晶膜からなることを特徴とする付記1~5のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記7) 前記Ru合金はhcp結晶構造を有し、Ruを主成分とするRu-X合金であり、XがCo、Cr、Fe、Ni、およびMnからなる群のうち少なくとも1種であることを特徴とする付記1~6のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記8) 前記シード層の表面に形成された島状の粒成長核からなる粒成長核層をさらに備え、 10

前記他の下地層は、他の結晶粒子が粒成長核を覆うように形成されてなることを特徴とする付記1~7のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記9) 粒成長核層は、Pt、W、Ag、Auおよびこれらの元素を含む合金からなる群のうちいずれか1種からなることを特徴とする付記8記載の垂直磁気記録媒体。

(付記10) 粒成長核層は、Ru、Ru合金、Ti、Ta、Co、およびCoPtからなる群のうちいずれか1種からなることを特徴とする付記8記載の垂直磁気記録媒体。

(付記11) 前記Ru合金はRu-X合金であり、XがCo、Cr、Fe、Ni、およびMnからなる群のうち少なくとも1種であることを特徴とする付記8のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。 20

(付記12) 粒成長核層は、粒成長核の集合体と同一の体積を有する連続膜として換算した厚さで、0.2nm~1.0nmの範囲に設定されることを特徴とする付記7~9のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記13) 前記シード層は、Ta、Ti、C、Mo、W、Re、Os、Hf、Mg、Ptおよびこれらの合金からなる群のうち少なくとも1種、あるいはNiPからなることを特徴とする付記1~12のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記14) 前記シード層は単層膜であり、膜厚が1.0nm~10nmの範囲に設定されることを特徴とする付記13記載の垂直磁気記録媒体。

(付記15) 前記記録層は、磁性粒子が、Ni、Fe、Co、Ni系合金、Fe系合金、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo系合金からなる群のうちいずれか1種の材料からなることを特徴とする付記1~14のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体(ここで、前記Mは、B、Mo、Nb、Ta、W、Cuおよびこれらの合金からなる群のうち少なくとも1種の材料からなる。)。 30

(付記16) 前記記録層は、非固溶相が、Si、Al、Ta、Zr、Y、およびMgからなる群のうちいずれか1種の元素と、O、C、およびNからなる群のうち少なくともいずれか1種の元素との化合物であることを特徴とする付記1~15のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体。

(付記17) 基板と、

前記基板上に形成された軟磁性裏打ち層と、

前記軟磁性裏打ち層上に形成された非晶質材料からなるシード層と、 40

前記シード層上に形成されたRuまたはRu合金からなる他の下地層と、

前記他の下地層上に形成されたRuまたはRu合金からなる下地層と、

前記下地層上に形成された記録層とを備え、

前記記録層は、基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなり、

前記他の下地層は、他の結晶粒子と、該他の結晶粒子同士が結晶粒界面部を介して結合した多結晶膜からなり、

前記下地層が、前記他の結晶粒子上に基板面に対して垂直方向に成長してなる結晶粒子と、該結晶粒子を互いに離隔する空隙部からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

(付記18) 基板と、 50



前記基板上に形成された軟磁性裏打ち層と、  
前記軟磁性裏打ち層上に形成された非晶質材料からなるシード層と、  
前記シード層の表面に形成された島状の粒成長核からなる粒成長核層と、  
前記粒成長核層上に形成されたRuまたはRu合金からなる他の下地層と、  
前記他の下地層上に形成されたRuまたはRu合金からなる下地層と、  
前記下地層上に形成された記録層とを備え、

前記記録層は、基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなり、

前記他の下地層は、前記粒成長核を覆うように形成された他の結晶粒子と、該結晶粒子同士が結晶粒界部を介して結合した多結晶膜からなり、

前記下地層が、前記他の結晶粒子上に基板面に対して垂直方向に成長してなる結晶粒子と、該結晶粒子を互いに離隔する空隙部からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

(付記19) 磁気ヘッドを有する記録再生手段と、

付記1～17のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体と、を備える磁気記憶装置

(付記20) 基板上に軟磁性裏打ち層と、シード層と、下地層と、前記基板面に対して略垂直方向に磁化容易軸を有する複数の磁性粒子と、該磁性粒子を互いに離隔する非磁性の非固溶相からなる記録層とが順次積層された垂直磁気記録媒体の製造方法であって、

前記軟磁性裏打ち層上に非晶質材料からなるシード層を形成する工程と、

前記シード層上にRuあるいはRu合金からなる下地層を形成する工程と、

前記下地層上に記録層を形成する工程とを含み、

前記下地層を形成する工程が、スパッタ法を用いて、堆積速度を0.1nm/秒以上かつ2nm/秒以下の範囲で、かつ、雰囲気ガス圧を2.66Pa以上かつ26.6Pa以下の範囲に設定することを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。

(付記21) 前記シード層を形成する工程と、前記下地層を形成する工程との間に、他の下地層を形成する工程をさらに含み、

前記他の下地層を形成する工程は、スパッタ法を用いて、堆積速度を2nm/秒よりも大きくかつ8nm/秒以下の範囲、あるいは、雰囲気ガス圧を0.26Pa以上かつ2.66Pa未満の範囲に設定して、RuあるいはRu合金を堆積することを特徴とする付記20記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(付記22) 前記他の下地層を形成する工程は、予めシード層の表面を活性ガスに暴露することを特徴とする付記20または21記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(付記23) 前記シード層を形成する工程と、前記他の下地層を形成する工程との間に、粒成長核層を形成する工程をさらに含み、

前記他の下地層を形成する工程は、スパッタ法を用いて、雰囲気ガス圧を2.66Pa以上かつ26.6Pa以下の範囲に設定して、金属材料を島状に形成することを特徴とする付記21記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(付記24) 前記記録層を形成する工程は、スパッタ法を用いて雰囲気ガス圧を2.00Pa以上かつ8.00Pa以下の範囲に設定することを特徴とする付記20～23のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(付記25) 前記シード層を形成する工程から前記記録層を形成する工程において、基板温度を150以下の範囲に設定することを特徴とする付記20～24のうち、いずれか一項記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図である。

【図2】第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図である。

【図4】第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図である

10

20

30

40

50

。

【図 5】実施例 1 および 2 の結晶配向を示す図である。

【図 6】実施例 1 および 2 の結晶配向性を示す図であり、(A) は Ru 膜、(B) は記録層のロッピングカーブを示す。

【図 7】実施例 2 の記録層の磁性粒子と非固溶相を示す図である。

【図 8】図 7 に示す磁性粒子と非固溶相の組成を示す図である。

【図 9】実施例および比較例の垂直保磁力と中間層膜厚との関係を示す図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図である。

【図 11】第 3 の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図である。

10

【図 12】本発明の第 4 の実施の形態の磁気記憶装置の要部を示す図である。

【図 13】磁気ヘッドの概略断面図である。

【符号の説明】

【0101】

10, 20、43、60 垂直磁気記録媒体

11 基板

12 軟磁性裏打ち層

13 シード層

14 下地層、第 2 下地層

14a 結晶粒子

14b 空隙部

15 記録層

15a 磁性粒子

15b 非固溶相

16 保護膜

18 潤滑層

21 第 1 下地層

40 磁気記憶装置

48 磁気ヘッド

52 単磁極型記録ヘッド

53 GMR 素子

54 再生ヘッド

61 粒成長核層

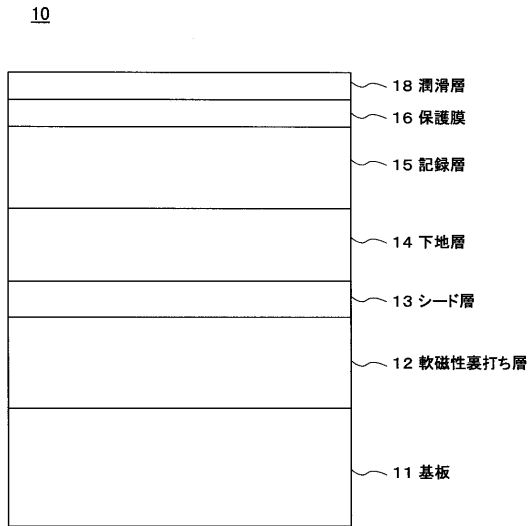
61a 粒成長核

20

30

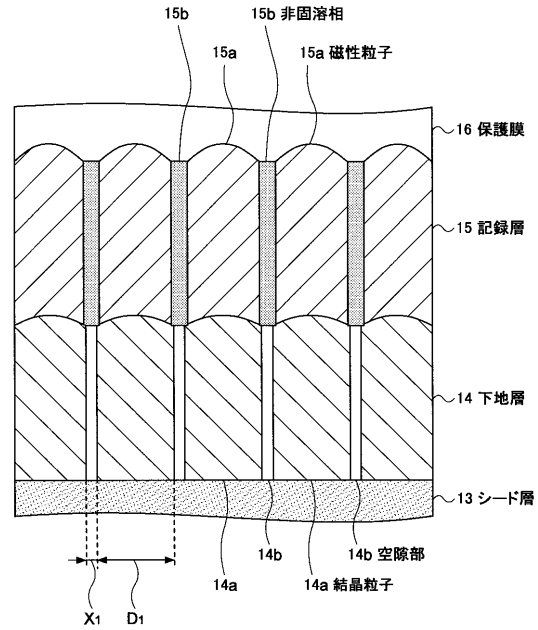
【 図 1 】

本発明の第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図



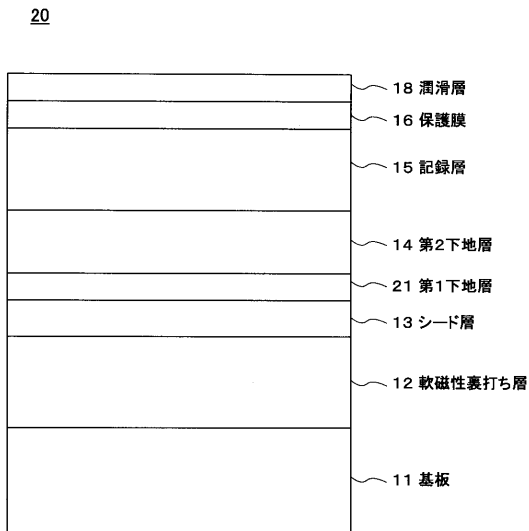
【 図 2 】

第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図



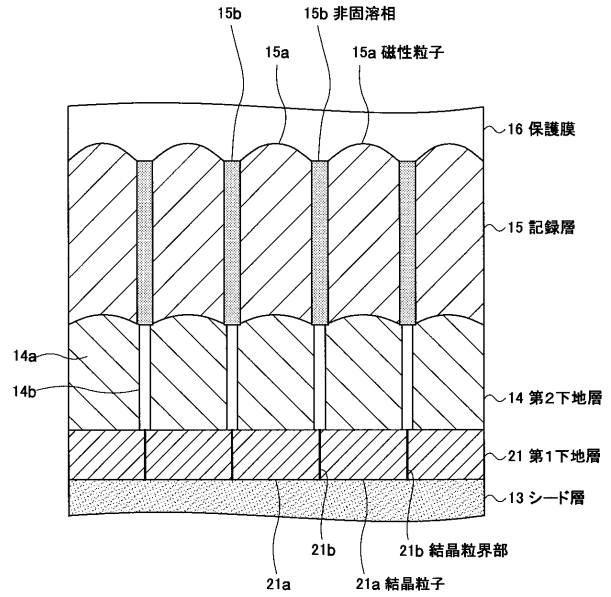
【 図 3 】

本発明の第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図



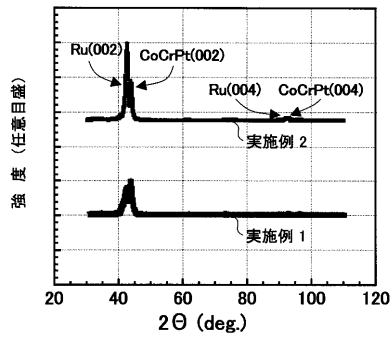
【 図 4 】

第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図



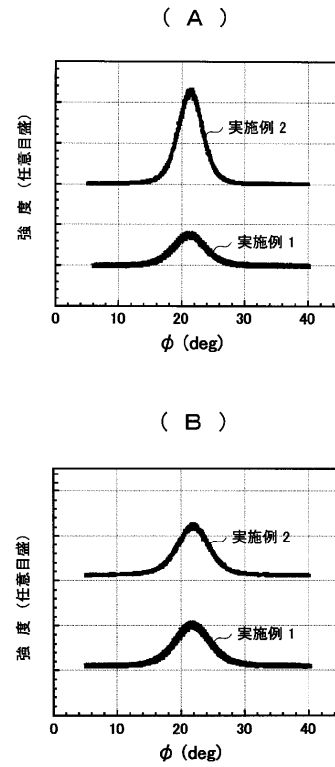
【図 5】

実施例1および2の結晶配向を示す図



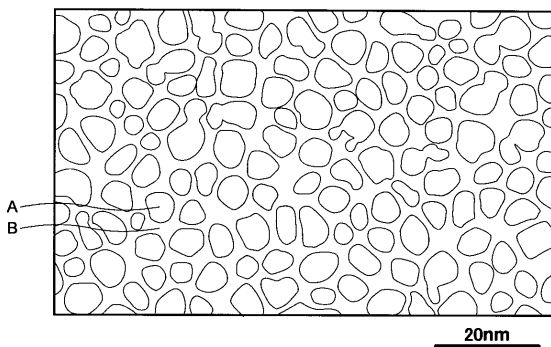
【図 6】

実施例1および2の結晶配向性を示す図であり、  
(A)はRu膜、(B)は記録層のロックインカーブ



【図 7】

実施例2の記録層の磁性粒子と非固溶相を示す図



【図 8】

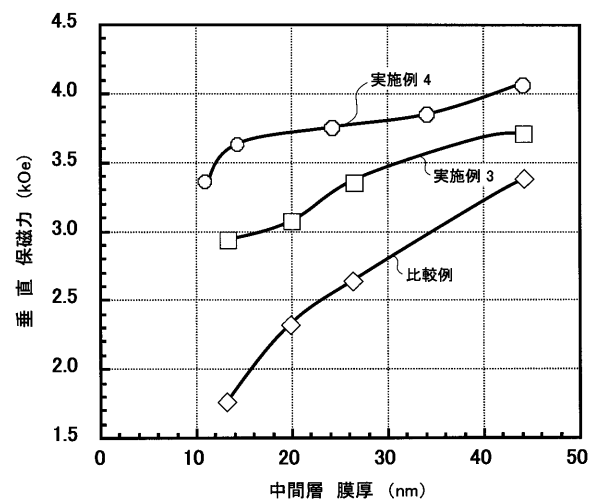
図7に示す磁性粒子と非固溶相の組成を示す図

	O	Si	Cr	Co	Pt
ポイント A	7.4	5.7	5.2	64.3	17.4
ポイント B	39.6	45.1	2.8	10.6	2.0

(単位: 原子%)

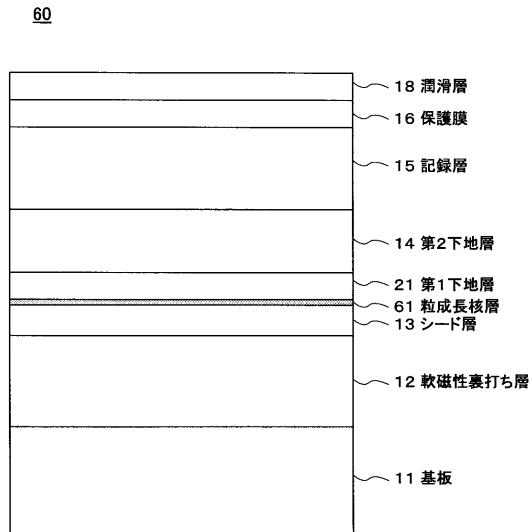
【図 9】

実施例および比較例の垂直保磁力と中間層膜厚との関係を示す図



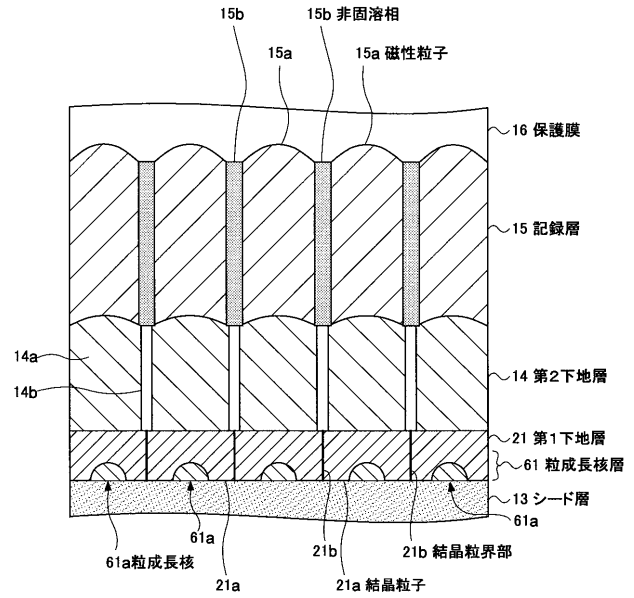
【図 1 0】

本発明の第3の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の断面図



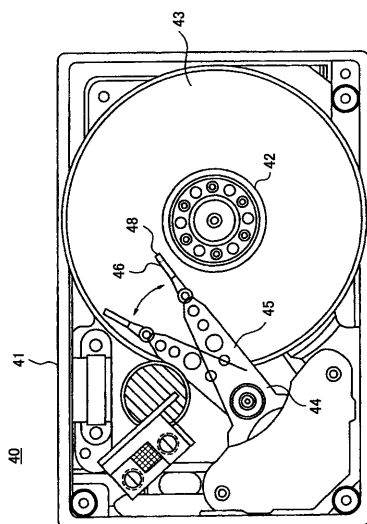
【図 1 1】

第3の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の要部を模式的に示した拡大図



【図 1 2】

本発明の第4の実施の形態の磁気記憶装置の要部を示す図



【図 1 3】

磁気ヘッドの概略断面図

