



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104240728 B

(45)授权公告日 2019.01.15

(21)申请号 201410234952.X

(22)申请日 2014.05.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104240728 A

(43)申请公布日 2014.12.24

(30)优先权数据  
2013-119187 2013.06.05 JP

(73)专利权人 索尼公司  
地址 日本东京

(72)发明人 立花淳一 关口昇 尾崎知惠

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240  
代理人 余刚 吴孟秋

(51)Int.Cl.

G11B 5/66(2006.01)

(56)对比文件

CN 101339775 A, 2009.01.07,  
CN 101339775 A, 2009.01.07,  
CN 101785052 A, 2010.07.21,  
CN 101042881 A, 2007.09.26, 说明书第13  
页第18-20行.

US 2004000374 A1, 2004.06.01,  
JP 2005196885 A, 2005.07.21,  
CN 101138025 A, 2008.03.05,  
CN 100440325 C, 2008.12.03,  
CN 100492496 C, 2009.05.27,  
US 2009296278 A1, 2009.12.03,

审查员 付庆庆

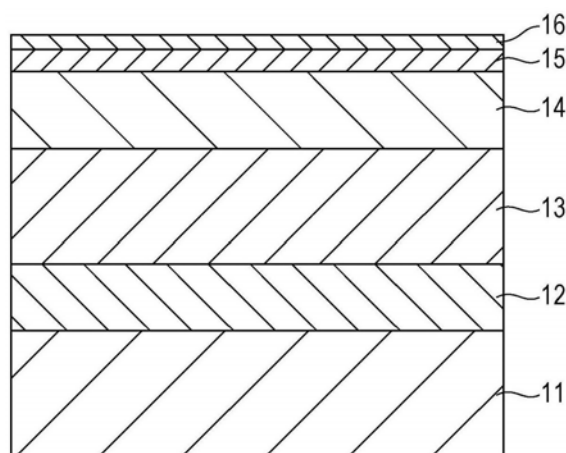
权利要求书1页 说明书21页 附图3页

(54)发明名称

磁记录介质

(57)摘要

一种磁记录介质包括基体、品种层、底层以及具有粒状结构的垂直记录层。 $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33})$ 、 $M_s$ 以及 $\alpha$ 满足 $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33}) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ 、 $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ 以及 $\alpha \geq 1.2$ 。在上述公式中, $M_s$ 表示饱和磁化量, $\alpha$ 表示抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度, $\delta$ 表示垂直记录层的厚度,并且 $R_s$ 表示矩形比。



1. 一种磁记录介质,包括:

基体;

晶种层;

底层;以及

垂直记录层,所述垂直记录层具有粒状结构;

其中,  $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33})$ 、 $M_s$ 以及 $\alpha$ 满足下列关系:

$$(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33}) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}];$$

$M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ ; 并且

$\alpha \geq 1.2$ ; 并且

其中,在上述公式中, $M_s$ 表示饱和磁化量, $\alpha$ 表示抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度, $\delta$ 表示所述垂直记录层的厚度,并且 $R_s$ 表示矩形比。

2. 根据权利要求1所述的磁记录介质,

其中,所述晶种层呈非晶态并且包括具有2000℃以下熔点的金属。

3. 根据权利要求1所述的磁记录介质,

其中,所述晶种层呈非晶态并且包括包含Ti和Cr的合金。

4. 根据权利要求1所述的磁记录介质,

其中,  $(K_u \cdot V/k_B \cdot T)$  满足下列关系:

$$(K_u \cdot V/k_B \cdot T) \geq 65; \text{ 并且}$$

其中,在上述公式中, $K_u$ 表示磁各向异性能量, $V$ 表示活化体积, $k_B$ 表示波尔兹曼常数,并且 $T$ 表示绝对温度。

5. 根据权利要求1所述的磁记录介质,

其中,所述底层包括Ru。

6. 根据权利要求1所述的磁记录介质,

其中,所述垂直记录层具有包含Co、Pt以及Cr的粒子彼此分离且氧化物在所述粒子之间的粒状结构。

7. 根据权利要求6所述的磁记录介质,

其中,所述垂直记录层具有以下列式(1)表示的平均组成:

$$(\text{Co}_x\text{Pt}_y\text{Cr}_{100-x-y})_{100-z}(\text{SiO}_2)_z \quad (1); \text{ 并且}$$

其中,在式(1)中, $x$ 、 $y$ 以及 $z$ 分别满足  $69 \leq x \leq 72$ 、 $12 \leq y \leq 16$ 、 $9 \leq z \leq 12$ 。

8. 根据权利要求1所述的磁记录介质,

其中,所述基体是挠性非磁性基体。

9. 根据权利要求1所述的磁记录介质,其中,所述晶种层包含Ti、Cr和O,并且O相对于包含在所述晶种层中的Ti、Cr和O的总量的比率小于等于15原子%。

10. 根据权利要求1所述的磁记录介质,其中,所述晶种层包含Ti和Cr,并且Ti相对于包含在所述晶种层中的Ti和Cr的总量的比率为30原子%到100原子%。

## 磁记录介质

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2013年6月5日提交的日本优先权专利申请JP2013-119187的权益，通过引用将其全部内容结合在此。

### 技术领域

[0003] 本技术涉及一种磁记录介质。更具体地，本技术涉及一种包括晶种层的磁记录介质。

### 背景技术

[0004] 近年来，其中将磁粉末施加在非磁性支撑件上的涂覆型磁记录介质已经成为用于数据存储的磁记录介质的主流。为了增加每一个磁盒(catridge)的记录容量，需要使用精细粉状磁粉末来提高记录密度；然而，根据目前使用的涂敷方法，使用具有10nm以下直径的精细粒子难以形成薄膜。

[0005] 因此，例如，通过溅射方法，提出了其中在挠性基体上形成具有高磁各向异性的CoCrPt类金属材料膜的磁记录介质，此外，该材料是晶状并且定位在垂直于基体表面的方向上。对于磁记录介质，希望通过改善磁记录层的方位来改善磁特征，因此，近年来，已经对满足该目的的各种技术进行了研究。例如，根据日本未经审查专利申请公开第2005-196885号，作为上述技术之一，已经公开了一种磁记录介质，其中，非晶态层、晶种层、底层、磁性层以及保护层至少顺次层压在基体上。此外，上述技术还公开了由Ti、Cr、Mo、W、Zr、Ti合金、Cr合金以及Zr合金中的一种形成晶种层；由Ru形成底层；并且磁性层形成为具有粒状结构。

### 发明内容

[0006] 希望提供一种具有卓越信噪比(SNR)的磁记录介质。

[0007] 为实现上述目的，根据本技术的实施方式，提供一种磁记录介质，该磁记录介质包括基体、晶种层、底层、以及具有粒状结构的垂直记录层，并且其中， $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33})$ 、 $M_s$ 以及 $\alpha$ 满足下列关系：

[0008]  $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33}) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$

[0009]  $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$

[0010]  $\alpha \geq 1.2$

[0011] (在上述公式中， $M_s$ 表示饱和磁化量， $\alpha$ 表示抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环(loop)的梯度， $\delta$ 表示垂直记录层的厚度，并且 $R_s$ 表示矩形比。)

[0012] 如上所述，根据本技术的实施方式，能够提供一种具有卓越SNR的磁记录介质。

### 附图说明

[0013] 图1是示出了根据本技术的实施方式的磁记录介质的结构的一种实施例的示意性截面图。

[0014] 图2是示出了用于制造根据本技术的实施方式的磁记录介质所使用的溅射装置的结构的一种实施例的示意图。

[0015] 图3是示出了根据本技术的实施方式的磁记录介质的结构的一种变形例的示意性截面图。

[0016] 图4A是示出了SNR与公式 $F(= (M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33}))$ 之间的关系图表。

[0017] 图4B是示出了输出衰减与公式 $f(= K_u \cdot V/k_B \cdot T)$ 之间的关系图表。

## 具体实施方式

[0018] 根据本技术的实施方式,晶种(seed)层、底层以及记录层可具有单层结构或者多层结构。为了进一步改善磁记录介质的磁特征和/或记录/再生特征,优选采用具有多层结构的一层。考虑到制造效率,在多层结构中,优选采用双层结构。

[0019] 此外,在本技术中,术语“包括”包含更多的限定性术语“基本由...构成”和“由...构成”。

[0020] 将按照下列顺序描述本技术的实施方式。

[0021] 1.磁记录介质的结构

[0022] 2.溅射装置的结构

[0023] 3.用于制造磁记录介质的方法

[0024] 4.效果

[0025] 5.变形例

[0026] 【1.磁记录介质的结构】

[0027] 图1是示意性示出了根据本技术的实施方式的磁记录介质的结构的一种实施例的截面图。根据本实施方式的磁记录介质是所谓的单层垂直磁记录介质,并且如图1所示,磁记录介质包括基体11、设置在基体11的表面上的晶种层12、设置在晶种层12的表面上的底层13、设置在底层13的表面上的磁记录层14、设置在磁记录层14的表面上的保护层15、以及设置在保护层15的表面上的顶部涂层16。本实施方式中的磁记录介质是能够通过环形头等记录信息信号的磁记录介质。此外,在本说明书中,不具有软磁衬里层的磁记录介质被称为“单层垂直磁记录介质”并且具有软磁衬里层的磁记录介质被称为“双层垂直磁记录介质”。

[0028] 磁记录介质适合用作数据存档用途的存储介质,从现在开始这种需求逐渐增加。磁记录介质能够实现目前存储用途涂料型磁记录介质10倍以上的表面记录密度,即,实现50Gb/in<sup>2</sup>的表面记录密度。当使用具有如上所述的表面记录密度的磁记录介质形成通用线性记录型数据磁盒时,能够实现每一个数据磁盒50TB以上的大容量记录。

[0029] 根据本技术的实施方式,定义下列公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ (参考文献:N.Honda et.al., J.Magn.Soc.Japan, vol.21 (S2), pp.505to508, 1997)。

[0030]  $F(M_s, \alpha, \delta, R_s) = (M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33}) [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$

[0031] (在上述公式中, $M_s$ 表示饱和磁化量, $\alpha$ 表示抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度, $\delta$ 表示垂直记录层14的厚度,并且 $R_s$ 表示矩形比。)

[0032] 而且,根据本技术的实施方式,还定义了下列公式 $f(K_u, V, T)$ 。

[0033]  $f(K_u, V, T) = (K_u \cdot V/k_B \cdot T)$

[0034] (在上述公式中, $K_u$ 表示磁各向异性能量, $V$ 表示活化体积, $k_B$ 表示波尔兹曼常数,

并且T表示绝对温度。)

[0035] 在本实施方式的磁记录介质中,公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 、饱和磁化量 $M_s$ 、以及抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 满足下列关系。当满足这些关系时,能够实现具有卓越SNR的磁记录介质。

[0036]  $F(M_s, \alpha, \delta, R_s) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$

[0037]  $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$

[0038]  $\alpha \geq 1.2$

[0039] 在下文中,将详细描述将公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 设置为满足 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ 的原因。公式F的值主要涉及噪音输出。在本实施方式设想的记录密度区域(诸如,50Gb/in<sup>2</sup>以上),信号输出主要取决于低间距和再生头敏感度,作为介质特征,低噪音特征较理想。因此,在本实施方式中,将公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 设置为满足 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ ,使得实现了磁记录介质的低噪音特征。

[0040] 在下文中,将详细描述将饱和磁化量 $M_s$ 设置为满足 $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ 的原因。尽管作为磁记录介质的特征,公式F的值如上所述地优选下降,从而实现低噪音特征,但当饱和磁化量 $M_s$ 的值过度下降时,信号输出下降变得大于噪音输出下降,因此,SNR也下降。因此,在本实施方式中,首先将公式F设置为满足 $F \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ ,并且进一步将饱和磁化量 $M_s$ 设置为满足 $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ 。

[0041] 在下文中,将详细描述将梯度 $\alpha$ 设置为满足 $\alpha \geq 1.2$ 的原因。抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 是与磁粒子之间交换相互作用相关联的参数。因此,当 $\alpha$ 下降时,因为交换相互作用下降,所以表示结晶粒子通过交换相互作用和磁相互作用结合在一起的状态下的体积(volume)的活化体积下降,因此,噪音下降。然而,当 $\alpha$ 过度下降时,饱和记录则需要大的头磁场,此外,反磁化变慢;因此,信号输出下降,导致SNR下降。因此,在本实施方式中,将梯度 $\alpha$ 设置为满足 $\alpha \geq 1.2$ 。

[0042] 在本实施方式的磁记录介质中,尽管公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 、饱和磁化量 $M_s$ 以及抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 满足上述关系,然而,优选地,公式 $f(K_u, V, T)$ 进一步满足下列关系。当满足该关系时,能够实现不仅具有卓越SNR而且还具有针对热扰动的高稳定性的磁记录介质。

[0043]  $f(K_u, V, T) \geq 65$

[0044] 在下文中,将详细描述将公式 $f(K_u, V, t)$ 设置为满足 $f(K_u, V, T) \geq 65$ 的原因。尽管为了实现噪音减少,优选地,磁粒子的大小下降,然而,当磁粒子的大小下降时,热扰动的影响增大,因此,在某些情况下,不能维持磁状态。为了充分抵制热扰动的影响,通常,优选地,将 $K_u \cdot V/k_B \cdot T$ 设置为满足 $K_u \cdot V/k_B \cdot T \geq 60$ 到80。在本实施方式中,优选地,将 $K_u \cdot V/k_B \cdot T$ 设置为满足 $K_u \cdot V/k_B \cdot T \geq 65$ 。

[0045] (基体)

[0046] 例如,用作支撑件的基体11是长膜。作为基体11,优选使用挠性非磁性基体。例如,作为非磁性基体的材料,可以使用通常用于磁记录介质的挠性高分子重量材料。如上所述,例如,作为高分子重量材料的具体实施例,可能提及聚酯、聚烯烃、纤维素衍生物、乙烯类树脂、聚酰亚胺、聚酰胺以及聚碳酸酯。

[0047] (晶种层)

[0048] 晶种层12设置在基体11与底层13之间。晶种层12优选具有非晶态状态并且优选包含具有2000℃以下熔点的金属。晶种层12可进一步包含除具有2000℃以下熔点的金属之外的O(氧)。例如,当通过溅射法形成晶种层12时,氧是晶种层12中存在的非常少量的杂质氧。在实施方式中,“晶种层”并不表示具有类似于底层13的结晶结构的中间层和设置用于结晶生长的中间层,而是表示由于晶种层12的平坦性和非晶态状态而改善底层13的垂直方位的中间层。例如,“合金”表示固体溶液、共晶化合物、以及金属间化合物中的至少一种,且每种均包含Ti和Cr。“非晶态状态”表示通过电子衍射法观察光晕图案并且难以识别晶体结构的状态。

[0049] 具有非晶态状态并且包含具有2000℃以下熔点的金属的晶种层12不仅具有抑制基体11上和基体11中吸收的O<sub>2</sub>气体和H<sub>2</sub>O的影响的功能,而且通过在基体11的表面上形成金属扁平面还具有改善底层13的垂直方位的功能。此外,当晶种层12放置在结晶状态下时,明显形成与结晶速度相关联的柱状形状,并且基体11的表面的不规则性明显增加。因此,底层13的结晶方位劣化。

[0050] 具有2000℃以下熔点的金属可以是金属元素或者合金。例如,对于具有2000℃以下熔点的金属,可以涉及选自于包括Ti、Cr、Co、Ni、Al等组合的至少一种元素。更具体地,例如,可以涉及包含Ti和Cr的合金、包含Ni和Al的合金、包含Co和Cr的合金、Ti元素等,并且在上述所述中,特别的优选为包含Ti和Cr的合金。

[0051] 如上所述,提供晶种层12的目的之一是实现基体表面的平坦化。当具有低熔点的金属用作晶种层12的材料时,或者更具体地,当使用具有2000℃以下熔点的金属时,评估可以形成优选扁平表面。容易理解材料的熔点与扩散系数之间的关联性,并且当材料具有较低熔点时,其扩散系数增大。材料的扩散系数对膜生长机制具有重大影响,并且当扩散系数增大时,基体11的表面的偏移增加,因此,认为密度增大,并且表面的扁平性得到改善。

[0052] 当晶种层12包含Ti、Cr以及O(氧)时,O相对于晶种层12中包含的Ti、Cr以及O的总量的比率优选为15原子%(at%)以下并且更优选为10at%以下。当氧的比率大于15at%时,由于产生了TiO<sub>2</sub>晶体,所以由此影响在晶种层12的表面上形成的底层13的晶体核形成,并且底层13的方位大幅度劣化。

[0053] Ti相对于晶种层12中包含的Ti和Cr的总量的比率优选为30at%至100at%并且更优选为50at%至100at%。当Ti的比率小于30at%时,定位Cr的体心立方晶格(bcc)结构的(100)平面,并且晶种层12的表面上形成的底层13的方位劣化。

[0054] 此外,如下所述能够获得上述元素的速率。在使用离子束从顶部涂敷层16侧蚀刻磁记录介质时,通过奥格(Auger)电子能谱对蚀刻晶种层12的最外表面进行分析,并且平均原子数关于厚度的比率被视为元素速率。具体地,对Ti、Cr以及O等三种元素进行分析,并且识别以百分率表示的元素含量。

[0055] 当包含Ti和Cr的合金用作晶种层12的材料时,合金还可包含至少一种金属元素作为除Ti和Cr之外的添加元素。作为添加元素,优选为具有2000℃以下熔点的金属元素,例如,可以涉及选自于包括Co、Ni、Al等的组中的至少一种元素。

[0056] (底层)

[0057] 底层13优选具有类似于磁记录层14的晶体结构。当磁记录层14包含Co类合金时,底层13优选包含具有类似于Co类合金的六方密堆积(hcp)结构的材料,并且该结构的c轴优

选定位在垂直于膜表面的方向上(即,膜厚度方向上)。原因是能够改善磁记录层14的方位,并且可以相对改善底层13与磁记录层14之间晶格常数的匹配度。作为具有六方密堆积(hcp)结构的材料,优选使用包含Ru的材料,具体地,优选为Ru元素或者Ru合金。作为Ru合金,例如,Ru合金氧化物,可以涉及诸如Ru-SiO<sub>2</sub>、Ru-TiO<sub>2</sub>、Ru-ZrO<sub>2</sub>等。

[0058] (磁记录层)

[0059] 为了改善记录密度,磁记录层14优选为包含Co类合金并且具有粒状结构的垂直记录层。粒状磁性层由包含Co类合金铁磁结晶粒子和铁磁结晶粒子周围的非磁性粒子边界物(非磁性材料)形成。更具体地,粒状磁性层由包含Co类合金的柱状物(柱状晶体)和在柱状物周围并且使柱状物彼此磁分离的非磁性粒子边界物(诸如SiO<sub>2</sub>等氧化物)形成。通过该结构,磁记录层可以形成为使柱状物彼此磁分离。

[0060] Co类合金具有六方密堆积(hcp)结构,并且其c轴定位在膜表面的垂直方向(膜厚度方向)上。作为Co类合金,优选使用包含至少Co、Cr以及Pt的CoCrPt类合金。CoCrPt类合金不受具体限制,并且CoCrPt类合金可进一步包含至少一种添加元素。例如,作为添加元素,可以涉及选自于包括Ni、Ta等的组中的至少一种元素。

[0061] 铁磁结晶粒子周围的非磁性粒子边界物包含非磁性金属材料。在本实施方式中,金属包括半金属。例如,作为非磁性金属材料,可以使用金属氧化物或者金属氮化物,并且为了更加稳定地维持粒状结构,优选使用金属氧化物。例如,作为金属氧化物,可以涉及包含选自于包括Si、Cr、Co、Al、Ti、Ta、Zr、Ce、Y以及Hf的组中的至少一种元素的金属氧化物,并且优选为包含至少Si氧化物(即,SiO<sub>2</sub>)的金属氧化物。例如,作为金属氧化物的具体实施例,可以涉及SiO<sub>2</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CoO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ZrO<sub>2</sub>或HfO<sub>2</sub>。例如,作为金属氮化物,可以涉及包含选自于包括Si、Cr、Co、Al、Ti、Ta、Zr、Ce、Y以及Hf的组中的至少一种元素的金属氮化物。例如,作为金属氮化物的具体实施例,可以涉及SiN、TiN以及AlN。为了更加稳定地维持金属氮化物和金属氧化物的粒状结构,非磁性粒子边界物优选包含金属氧化物。

[0062] 为了进一步改善SNR,铁磁结晶粒子中包含的CoCrPt类合金和非磁性粒子边界物中包含的Si氧化物优选具有以下列公式(1)表示的平均组成。原因是因为能够实现抑制退磁场影响并且能够保证充分再生输出的饱和磁化量Ms,所以能够保证高SNR。

[0063]  $(\text{Co}_x\text{Pt}_y\text{Cr}_{100-x-y})_{100-z}(\text{SiO}_2)_z$  (1)

[0064] (在公式(1)中,x、y以及z分别满足 $69 \leq x \leq 72$ 、 $12 \leq y \leq 16$ 、 $9 \leq z \leq 12$ 。)

[0065] 此外,如下所述可以获得上述组合物。在使用离子束从顶部涂敷层16侧蚀刻磁记录介质时,通过奥格电子能谱对由此蚀刻的磁记录层14的最外表面进行分析,并且平均原子数相对于厚度的速率被视为元素速率。具体地,对Co、Pt、Cr、Si以及O等五种元素进行分析,并且识别以百分率表示的元素含量。

[0066] 尽管根据本实施方式的磁记录介质是具有包含软磁性材料的非衬里层(软磁性衬里层)的单层磁记录介质,然而,对于该类型的磁记录介质,当由磁记录层14产生的退磁场影响在垂直方向上较大时,则在垂直方向上执行充分记录变得比较困难。因为退磁场与磁记录层14的饱和磁化量Ms成比例的增加,为了抑制退磁场,优选为使饱和磁化量Ms下降。然而,当饱和磁化量Ms下降时,剩余磁化量Mr下降,因此,再生输出下降。因此,优选选择磁记录层14中包含的材料,以使得能够抑制退磁场的影响(即,饱和磁化量Ms下降),同时,能够获得保证充分再生输出的剩余磁化量Mr。在以上述公式(1)表示的平均组合物中,能够满足

这些特征,因此,能够保证高SNR。

[0067] (保护层)

[0068] 例如,保护层15包含碳材料或者二氧化硅( $\text{SiO}_2$ ),就保护层15的膜强度而言,优选为包含碳材料。例如,作为碳材料,可以涉及石墨、类金刚石(DLC)、金刚石等。

[0069] (顶部涂敷层)

[0070] 例如,顶部涂敷层16包含润滑剂。例如,作为润滑剂,可以使用硅润滑剂、碳氢化合物润滑剂、氟化碳氢化合物润滑剂等。

[0071] 【2. 溅射装置的结构】

[0072] 图2是示出了用于制造根据本技术的实施方式的磁记录介质所使用的溅射装置的结构的一种实施例的示意图。溅射装置是用于晶种层12、底层13以及磁记录层14的膜形成的连续缠绕型溅射装置,并且如图2所示,溅射装置包括膜形成室21、转鼓22、阴极23a至23c、进料筒24以及卷线筒25。例如,尽管溅射装置是DC(直流电流)磁控管溅射型装置,然而,溅射方法并不局限于此方法。

[0073] 膜形成室21经由排气口26连接至真空泵(未示出),并且通过真空泵,膜形成室21内部的大气被设置为预定程度的真空。旋转转鼓22,进料筒24、以及卷线筒25设置在膜形成室21内。在溅射过程中,在进料筒24卷出的基体11通过转鼓22由卷线筒25缠绕。转鼓22设置有冷却机制(未示出)并且在溅射过程中例如被冷却至约 $-20^{\circ}\text{C}$ 。在膜形成室21内部,阴极23a至23c设置为面向转鼓22的柱状表面。目标被设置给相应的阴极23a至23c。具体地,分别将形成晶种层12、底层13、以及磁记录层14的目标设置为阴极23a、23b以及23c。通过该阴极23a至23c,同时形成多个类型的膜,即,晶种层12、底层13、以及磁记录层14。

[0074] 例如,在溅射过程中,膜形成室21内的大气被设置为大约 $1 \times 10^{-5}$ 至 $5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 。例如,通过调整用于卷绕基体11的磁带线速、在溅射时引入的Ar气体的压力(溅射气体压力)、以及输入电源,可以控制各个晶种层12、底层13以及磁记录层14的膜厚度和特征(诸如,磁特征)。磁带线速优选在约 $1\text{m}/\text{min}$ 至 $10\text{m}/\text{min}$ 的范围内。溅射气压优选为在大约 $0.1\text{Pa}$ 至 $5\text{Pa}$ 的范围内。输入电功率优选为在大约 $30\text{mW}/\text{cm}^2$ 至 $150\text{mW}/\text{cm}^2$ 的范围内。

[0075] 【3. 用于制造磁记录介质的方法】

[0076] 例如,如下所述,可以形成根据本技术的实施方式的磁记录介质。

[0077] 首先,通过使用图2中所示的溅射装置,晶种层12、底层13以及磁记录层14形成在基体11上。具体地,如下所述实现膜形成。首先,膜形成室21内部产生真空至预定压力。随后,将诸如Ar气体等处理气体引入至膜形成室21中时,对设置为阴极23a至23c的目标进行溅射,使得晶种层12、底层13以及磁记录层14顺次形成在基体11的表面上。

[0078] 接着,保护层15形成在磁记录层14的表面上。例如,作为用于形成保护层15的方法,可以使用化学气相沉积(CVD)法或者物理蒸汽沉积(PVD)法。

[0079] 接着,例如,将润滑剂施加在保护层15的表面上以形成顶部涂敷层16。例如,作为用于施加润滑剂的方法,可以使用诸如凹面涂敷和滴落涂敷等各种应用方法。

[0080] 因此,获得图1中所示的磁记录介质。

[0081] 【4. 效果】

[0082] 根据实施方式的磁记录介质具有这样一种层叠结构,即,晶种层12、底层13、以及具有粒状结构的磁记录层(垂直记录层)14依次层压。此外,公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 、饱和磁化量



$M_s$ 、以及抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 满足下列关系。因此,能够实现具有卓越SNR的磁记录介质。

[0083]  $F(M_s, \alpha, \delta, R_s) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$

[0084]  $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$

[0085]  $\alpha \geq 1.2$

[0086] 尽管公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 、饱和磁化量 $M_s$ 以及抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 满足上述所述关系,然而,当公式 $f(K_u, V, T)$ 进一步满足下列关系时,能够实现具有卓越SNR和具有针对热扰动的高磁稳定性的磁记录介质。

[0087]  $f(K_u, V, T) \geq 65$

[0088] 当具有非晶态状态并且包含具有2000℃以下熔点的金属的晶种层12设置在基体11与底层13之间时,能够抑制底层13上的基体11上和基体11中吸收的 $O_2$ 气体和/或 $H_2O$ 的影响,同时,通过基体11表面上形成的金属平坦表面改善底层13的方位和磁记录层14的方位,使得能够实现卓越的磁特征。因此,能够实现介质性能改善,诸如,输出增加和噪音降低。

[0089] 【5. 变形例】

[0090] 在上述实施方式中,尽管通过实例性方式描述了具有单层结构的晶种层12,然而,如图3所示,晶种层12可被配置为具有其中设置有第一晶种层(下侧晶种层)12a和第二晶种层(上侧晶种层)12b的双层结构。在这种情况下,第一晶种层12a设置在基体11侧处,并且第二晶种层12b设置在底层13侧处。第一晶种层12a可由类似于上述实施方式的晶种层12的材料形成。例如,第二晶种层12b包含具有不同于第一晶种层12a的成分的材料。例如,作为该材料的具体实施例,可以涉及NiW或者Ta。当晶种层12被配置为具有上述所述的双层结构时,可进一步改善底层13的方位和磁记录层14的方位,因此,可以进一步改善磁特征。此外,晶种层12可被配置为具有含至少三个层的多层结构。

[0091] 此外,在上述实施方式中,尽管通过实例性方式描述了具有单层结构的底层13,然而,如图3所示,底层13可以被配置为具有其中设置有第一底层(下侧底层)13a和第二底层(上侧底层)13b的双层结构。在这种情况下,第一底层13a设置在晶种层12侧处,并且第二底层13b设置在磁记录层14侧处。第二底层13b的厚度优选为大于第一底层13a的厚度。原因是能够改善磁记录介质的特征。此外,底层13被配置为具有含至少三个层的多层结构。

[0092] 此外,在上述所述的磁记录介质中,尽管通过实例性方式描述了其中将公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 、饱和磁化量 $M_s$ 以及抗磁力 $H_c$ 周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 设置在相应数字范围内的情况,然而,公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 的数字范围可仅被设置为满足 $F \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ 。在上述所述情况下,为了获得针对热扰动的高磁稳定性,将公式 $f(K_u, V, T)$ 的数字范围也优选设置为满足 $f \geq 65$ 。

[0093] 实例

[0094] 在下文中,尽管参考实例描述了本技术,然而,本技术并不局限于下列实例。

[0095] (膜厚度)

[0096] 在本实例中,如上所述测量被层压在非磁性基体上的各个层的厚度。首先,在垂直于其主表面的方向上切断磁带,并且通过透射电子显微镜(TEM)拍摄其横截面。接着,从由此拍摄的TEM图像获得各个层的厚度。

[0097] (实例1-1至1-8以及比较例1-1至1-4)

[0098] (形成晶种层的步骤)

[0099] 首先,在下列膜形成条件下,具有5nm厚度的TiCr晶种层形成在用作非磁性基体的高分子重量膜上。

[0100] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0101] 目标:TiCr目标(然而,实例1-2中使用的TiCr目标具有不同于实例1-1和1-3至1-8中以及比较例1-1至1-4中使用的TiCr目标的成分,并且如表1所示,TiCr晶种层的成分改变了。)

[0102] 背景压力 $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0103] 气体种类:Ar

[0104] 气压:0.5Pa

[0105] 在本说明书中,背景压力(BG压力)表示开始溅射之前的压力

[0106] (形成底层的步骤)

[0107] 接着,在下列膜形成条件下,具有20nm厚度的Ru底层形成在TiCr晶种层上。

[0108] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0109] 目标:Ru目标

[0110] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0111] 气体种类:Ar

[0112] 气压:根据每种样本,气压变化如下。

[0113] 实例1-1至1-6、比较例1-1至1-3:1.5Pa

[0114] 比较例1-4:0.3Pa

[0115] 实例1-7:0.7Pa

[0116] 实例1-8:1.0Pa

[0117] (形成磁记录层的步骤)

[0118] 接着,在下列膜形成条件下,具有20nm厚度的(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)磁记录层形成在Ru底层上。

[0119] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0120] 目标:(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)目标(然而,为了形成具有表1中所示的成分的磁记录层,根据各种样本调整(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)目标的成分。)

[0121] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0122] 气体种类:根据各种样本,被引入的气体种类变化如下。

[0123] 实例1-1至1-5、1-7以及1-8;比较例1-1至1-4:仅引入Ar气体。

[0124] 实例1-6:除Ar气体之外,同时引入包含Ar和O<sub>2</sub>(3%)的混合气体。此外,将混合气体的气体流动率设置为5sccm。

[0125] 气压:根据每种样本,气压变化如下。

[0126] 实例1-1至1-6、比较例1-1至1-3:1.3Pa

[0127] 实例1-7和实例1-8、比较例1-4:1.5Pa

[0128] (形成保护层的步骤)

[0129] 接着,在下列膜形成条件下,具有5nm厚度的保护层由(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)磁记录层上的碳形成。

- [0130] 溅射方法:DC磁控溅射方法
- [0131] 目标:碳目标
- [0132] 气体种类:Ar
- [0133] 气压:1.0Pa
- [0134] (形成顶部涂敷层的步骤)
- [0135] 接着,将润滑剂施加到保护层上以在保护层上形成顶部涂敷层。
- [0136] 因此,获得磁带。
- [0137] (实例2-1至2-8)
- [0138] 用于形成晶种层的步骤的膜形成条件被如下改变。此外,用于磁记录层的膜形成条件的气压被改变为1.5Pa。除上述所述的改变外,以类似于实例1-4中的方式获得磁带。
- [0139] 溅射方法:DC磁控溅射方法
- [0140] 目标:改变实例2-1至2-3中和比较例2-1至2-5中的目标材料,从而形成包含表3中所示材料的晶种层。
- [0141] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa
- [0142] 气体种类:Ar
- [0143] 气压:0.5Pa
- [0144] (实例3-1至3-5)
- [0145] 除用于形成磁记录层的步骤的膜形成条件外被改变如下外,以类似于实例1-1中的方式获得磁带。
- [0146] 溅射方法:DC磁控溅射方法
- [0147] 目标:(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)目标(然而,根据各种样本调整(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)目标的成分,从而形成具有表1中所示的成分的磁记录层)。
- [0148] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa
- [0149] 气体种类:根据各种样本,被引入的气体种类改变如下。
- [0150] 实例3-1至3-3:仅引入Ar气体。
- [0151] 实例3-4和3-5:除Ar气体之外,同时引入包含Ar和O<sub>2</sub>(3%)的混合气体。此外,在实例3-4中,将混合气体的气体流动率设置为2.6sccm,并且在实例3-5中,将混合气体的气体流动率设置为4.0sccm。
- [0152] 气压:1.5Pa
- [0153] (实例4)
- [0154] (形成第一晶种层的步骤)
- [0155] 首先,在下列膜形成条件下,作为第一晶种层,具有10nm厚度的TiCr晶种层形成在用作非磁性基体的高分子重量膜上。
- [0156] 溅射方法:DC磁控溅射方法
- [0157] 目标:TiCr目标
- [0158] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa
- [0159] 气体种类:Ar
- [0160] 气压:0.5Pa
- [0161] (形成第二晶种层的步骤)

[0162] 接着,根据下列膜形成条件,作为第二晶种层,具有5nm厚度的NiW晶种层形成在TiCr晶种层上。

[0163] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0164] 目标:NiW目标

[0165] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0166] 气体种类:Ar

[0167] 气压:0.5Pa

[0168] (形成第一底层的步骤)

[0169] 接着,在下列膜形成条件下,作为第一底层,具有5nm厚度的Ru底层形成在NiW晶种层上。

[0170] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0171] 目标:Ru目标

[0172] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0173] 气体种类:Ar

[0174] 气压:0.5Pa

[0175] (形成第二底层的步骤)

[0176] 接着,在下列膜形成条件下,作为第二底层,具有25nm厚度的Ru底层形成在用作第一底层的Ru底层上。

[0177] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0178] 目标:Ru目标

[0179] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0180] 气体种类:Ar

[0181] 气压:1.5Pa

[0182] 此外,尽管第一底层和第二底层均由Ru形成,然而,因为其间的膜形成条件(气压)变化,所以膜的性能彼此不同。

[0183] (形成磁记录层的步骤)

[0184] 接着,在下列膜形成条件下,具有20nm厚度的(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)磁记录层形成在Ru底层上。

[0185] 溅射方法:DC磁控溅射方法

[0186] 目标:(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)目标(然而,调整(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)目标的成分,从而形成具有表8中所示的成分的磁记录层。)

[0187] 背景压力: $1.0 \times 10^{-5}$ Pa

[0188] 气体种类:除Ar气体之外,同时引入包含Ar和O<sub>2</sub>(3%)的混合气体。此外,将混合气体的气体流动率设置为2.6sccm。

[0189] 气压:1.5Pa

[0190] (形成保护层和顶部涂敷层的步骤)

[0191] 接着,保护层和顶部涂敷层以类似于实例1-1中的方式顺次形成在(CoCrPt)-(SiO<sub>2</sub>)磁记录层上。因此,获得磁带。

[0192] (特征评估)

[0193] 对在各个实例1-1至1-8、2-1至2-8、3-1至3-5与4以及比较例1-1至1-4中获得的磁带进行下列评估(a)至(h)。

[0194] (a) 底层状态

[0195] 通过使用x-射线衍射装置检查 $\theta/2\theta$ 特性来分析底层结构的状态和结晶结构。

[0196] (b) 晶种层状态

[0197] 通过电子衍射法,分析晶种层的状态和结晶结构。此外,在电子衍射法中,当晶种层为结晶结构时,获得圆点作为电子衍射图像,当晶种层为多晶状态时,获得环作为电子衍射图像,并且当晶种层为非晶态状态时,获得晕圈作为电子衍射图像。

[0198] (c) 晶种层成分

[0199] 如下所述分析晶种层的成分。在使用离子束从其表面层蚀刻该样本之后,通过奥格电子能谱对由此蚀刻的最外表面进行分析,并且平均原子数关于厚度的比率被视为元素比率。具体地,对Ti、Cr以及O等三种元素进行分析,并且识别以百分率表示的元素含量。

[0200] 在下文中,将描述奥格电子能谱。奥格电子能谱是一种使用更窄的电子束通过固态表面辐射,测量俄歇电子产生的能量和数目,以识别固态表面上存在的元素的类型和数量的分析法。由此发射的奥格电子能取决于当电子从外壳能级(level)坠落至由辐射在表面上的电子束形成的空能级时发射的能量,并具有通过元素确定的固有值;因此,能够识别样本表面上存在的元素。

[0201] (d) 磁记录层的成分

[0202] 如下所述分析磁记录层的成分。如在上述“(c) 晶种层成分”的情况下,通过奥格电子能谱进行分析,并且平均原子数相对于厚度的比率被视为元素比率。具体地,对Co、Pt、Cr、Si以及O等五种元素进行分析,并且识别以百分率表示的元素含量。

[0203] (e) 磁记录层的磁特性

[0204] 如下所述评估磁记录层的磁特性。首先,通过使用振动样本磁力计(VSM),获得磁记录层的M-H环。接着,从由此获得的M-H环获得饱和磁化量 $M_s$ 、矩形比 $R_s$ 、抗磁力 $H_c$ 、以及M-H环绕抗磁力 $H_c$ 的梯度 $\alpha$ 。此外,在垂直于样本表面的方向上进行测量,并且执行基于样本形状的所谓的 $4\pi M_s$ 的退磁场校正。接着,除如上所述获得的饱和磁化量 $M_s$ 、梯度 $\alpha$ 、矩形 $R_s$ 之外,使用单独获得的磁记录层的厚度 $\delta$ ,因此,获得公式 $F(M_s, \alpha, \delta, R_s) (=M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33})$ 的值。

[0205] (f) 热稳定性

[0206] 如下所述评估磁带的热稳定性。首先,如下所述获得磁各向异性能量 $K_u$ 、活化体积 $V$ 以及绝对温度 $T$ 。

[0207] 磁各向异性能量 $K_u$

[0208] 在使用扭矩磁力计获得 $K_{u1}$ 和 $K_{u2}$ 之后,通过使用这些至获得 $K_u (=K_{u1}+K_{u2})$ 。

[0209] 活化体积 $V$

[0210] 在从面内TEM图像获得柱状物的平均粒子直径 $D$ 之后,柱状物约为圆柱形状,并且获得活化体积 $V=\pi (D/2)^2 t$ 。在这种情况下, $t$ 表示磁记录层的膜厚度。

[0211] 此外,显而易见,溅射CoCr类膜的活化体积接近于一个柱状物的体积(参考文献: by T.Shimazu, H.Uwazumi, H.Muraoka, and Y.Nakamura: Journal of the Magnetism Society of Japan Vol.26, No.3, (2002))。

[0212] 绝对温度T

[0213] 绝对温度T被视为293K(室温20℃时的环境)。

[0214] 接着,通过使用磁各向异性能量 $K_u$ ,获得活化体积V、由此获得的绝对温度T、以及公式 $f(K_u, V, k_B) (= (K_u \cdot V / k_B \cdot T))$ 的值。

[0215] (g) 记录/再生特性

[0216] 如下所述评估记录/再生特性。首先,通过使用环型记录头和大磁阻(GMR)型再生头,通过使用压电台使头往复振动执行记录/再生,即,通过所谓的阻力试验机进行测量。在该测量中,再生头的读磁道宽度设置为120nm。接着,将记录波长设置为每英尺250千磁通量变化,并且通过使用再生波形的峰值至峰值电压与从0kFCI至500kFCI噪音频谱的结合值获得的电压之间的比率进行计算获得SNR。

[0217] 通常,认为就在波形均衡化并且执行误差校正之后获得的SNR(所谓的数字SNR)而言,需要运行记录/再生系统的最小SNR为约16dB。因为数字SNR低于通过该测量方法(用于记录/再生特性评估使用的上述测量方法)测量的SNR约4dB,以确保16dB的数字SNR,通过该测量方法测量的SNR必须约为20dB。因此,通过该测量方法测量的SNR必须为至少20dB。而且,SNR裕度被进一步优选地纳入对由磁带与磁头之间滑动产生的实际特性劣化的考量,该劣化诸如输出下降和磁带变形。当将上述所述裕度考虑在内时,认为SNR优选设置为23dB以上。

[0218] 此外,在各个实例的磁带中,当线性记录密度为每英尺500千比特(kBPI)时,假定磁道间距为再生头的磁道宽度的两倍,磁道密度为每英尺106千个磁道(kTPI),能够实现 $53\text{Gb/in}^2 (500\text{kBPI} \times 106\text{kTPI})$ 的表面记录密度。

[0219] (h) 输出衰减

[0220] 如下所述评估输出衰减。首先,如在上述“(f) 记录/再生特性”中,获得磁带的SNR作为初始特征。接着,如上所述获得SNR的磁带保持处于室温100个小时,并且再次获得磁带的SNR。接着,从下列公式获得磁带的输出衰减。

[0221] (输出衰减) = (初始SNR) - (在100个小时之后获得的SNR)

[0222] (评估结果)

[0223] 表1示出了各个实例1-1至1-8以及比较例1-1至1-4中的膜形成条件和磁带的层结构。

[0224]

表 1

	晶种层							底层				磁记录层							
	气压 [Pa]	材料	成分比率		状态	氧化度 [at. %]	膜厚度 [nm]	气压 [Pa]	材料	状态	膜厚度 [nm]	气压 [Pa]	气体种 类	(Ar+O <sub>2</sub> ) 流动率 [sccm]	成分比率				膜厚度 δ [nm]
			Ti [at. %]	Cr [at. %]											Co [at. %]	Pt [at. %]	Cr [at. %]	SiO <sub>2</sub> [at. %]	
比较例 1-1	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	70	14	9	7	20
比较例 1-2	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	72	14	7	7	20
实例 1-1	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	70	14	8	8	20
实例 1-2	0.5	TiCr	30	70	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	67.5	13.5	9	10	20
实例 1-3	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	67.5	13.5	9	10	20
实例 1-4	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	63	13.5	13.5	10	20
比较例 1-3	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	56.5	13.1	17.4	13	20
实例 1-5	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar	0	58.5	13.5	18	10	20
实例 1-6	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.3	Ar, Ar+O <sub>2</sub>	5	63	14.5	12.5	12	20
比较例 1-4	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	0.3	Ru	hcp	20	1.5	Ar	0	63	13.5	13.5	10	20
实例 1-7	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	0.7	Ru	hcp	20	1.5	Ar	0	63	13.5	13.5	10	20
实例 1-8	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.0	Ru	hcp	20	1.5	Ar	0	63	13.5	13.5	10	20

Amp: 非晶态

背景压力: 1.0×10<sup>-5</sup>[Pa] (用于晶种层、底层以及磁记录层)

晶种层: Ti/1,666℃的熔点, Cr/1,857℃的熔点。

[0225] 表2示出了各个实例1-1至1-8以及比较例1-1至1-4中磁带的评估结果。

[0226] 表2

[0227]

	Hc [Oe]	Ms [emu/cc]	$\alpha$	Rs	$Ms\alpha\delta^{1.5}(1-Rs)^{0.33}$ [ $\mu\cdot\text{emu}\cdot(\text{mm})^{-1.5}$ ]	Ku [erg/cc]	V [nm <sup>3</sup> ]	KuV/kbT	SNR [dB]	输出衰 减 100H [dB]
比较 例 1-1	3500	850	2.7	0.85	0.109	-	-	-	17	-
比较 例 1-2	3200	900	3.2	0.85	0.137	-	-	-	12	-
实例 1-1	3600	800	2.5	0.85	0.095	-	-	-	20	-
实例 1-2	4000	750	2.2	0.8	0.086	$5.70\times 10^6$	500	70	21	0.5
实例 1-3	4500	750	2.1	0.85	0.075	$5.70\times 10^6$	500	70	24	0.5
实例 1-4	4500	600	2	0.85	0.057	$5.30\times 10^6$	500	65	25	1.0
比较 例 1-3	3300	400	1.5	0.75	0.034	-	-	-	19	-
实例 1-5	3500	450	1.7	0.8	0.040	-	-	-	23	-
实例 1-6	4000	500	1.9	0.8	0.050	-	-	-	25	-
实例 1-4	3600	600	1.1	0.6	0.043	-	-	-	19	-
实例 1-7	3700	600	1.2	0.7	0.043	-	-	-	23	-
实例 1-8	4000	600	1.5	0.8	0.047	-	-	-	23	-



[0228]

表 3 示出了实例 2-1 至 2-8 中的膜形成条件和层结构。

表 3

	晶种层						底层			磁记录层								
	气压 [Pa]	材料	熔点 [°C]	成分比率 [at.%]	状态	氧化 度 [at.%]	膜厚 度 [nm]	气 压 [Pa]	材 料	状 态	膜厚 度 [nm]	气 压 [Pa]	气 体 种 类	成分比率			膜厚 度 δ[nm]	
实例 2-1	0.5	Ta	2985	Ta=100	-	-	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	Co [at.%]	Pt[at.%]	Cr[at.%]	SiO <sub>2</sub> [at.%]	20
实例 2-2	0.5	W	3407	W=100	-	-	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20
实例 2-3	0.5	Mo	2623	Mo=100	-	-	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20
实例 2-4	0.5	TiMo	Ti:1666 Mo:2623	TiMo=95:5	-	-	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20
实例 2-5	0.5	NiW	Ni:1455 W:3407	NiW=95:5	-	-	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20
实例 2-6	0.5	Ti	1666	Ti=100	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20
实例 2-7	0.5	NiAl	Ni:1455 Al:660.4	Ni:Al=50:50	-	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20
实例 2-8	0.5	CoCr	Co:1495 Cr:1857	Co:Cr=70:30	-	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	63	13.5	13.5	10	20

Amp: 非晶态

背景压力: 1.0×10<sup>-5</sup>[Pa] (对于晶种层、底层以及磁记录层)

[0229] 表4示出了各个实例2-1至2-8中磁带的评估结果。

[0230] Table4

[0231]

	Hc [Oe]	Rs
实例 2-1	3500	0.65
实例 2-2	3500	0.6
实例 2-3	3000	0.5
实例 2-4	3500	0.65
实例 2-5	3500	0.63
实例 2-6	4500	0.85
实例 2-7	4000	0.82
实例 2-8	3800	0.78

[0232] 表5示出了各个实例3-1至3-5中的膜形成条件和磁带的层结构。

[0233]

表 5

	晶种层						底层			磁记录层									
	气压 [Pa]	材料	成分比率		状态	氧化 度 [at. %]	膜厚 度 [nm]	气压 [Pa]	材 料	状 态	膜厚 度 [nm]	气压 [Pa]	气体 种类	(Ar+O <sub>2</sub> ) 流动率 [sccm]	成分比率				膜厚 度
			Ti [at. %]	Cr [at. %]											Co [at. %]	Pt [at. %]	Cr [at. %]	SiO <sub>2</sub> [at. %]	
实例 3-1	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	0	63	14.5	12.5	12	10
实例 3-2	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	0	63	14.5	12.5	12	15
实例 3-3	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar	0	58.5	13.5	18	10	20
实例 3-4	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar, Ar+O <sub>2</sub>	2.6	69	13.8	9.2	8	20
实例 3-5	0.5	TiCr	50	50	Amp	10	5	1.5	Ru	hcp	20	1.5	Ar, Ar+O <sub>2</sub>	4.0	69	13.8	9.2	8	20

Amp: 非晶态  
背景压力: 1.0×10<sup>-5</sup>[Pa] (对于晶种层、底层以及磁记录层)  
晶种层: Ti/1,666℃的熔点, Cr/1,857℃的熔点。

[0234]

表 6 示出了各个实例 3-1 至 3-5 中磁带的评估结果。

表 6

	Hc [Oe]	Ms [emu/cc]	$\alpha$	Rs	$M_s\alpha\delta^{1.5}(1-R_s)^{0.33}$ [ $\mu\cdot\text{emu}\cdot(\text{mm})^{-1.5}$ ]	Ku [erg/cc]	V [nm <sup>3</sup> ]	KuV/kbT	SNR [dB]	输出衰减 100H [dB]
实例 3-1	4000	600	2.2	0.85	0.022	$5.45\times10^6$	263	35.5	24	4
实例 3-2	4300	600	2.1	0.85	0.039	$5.45\times10^6$	395	53.5	25	2
实例 3-3	3800	450	1.7	0.8	0.040	$4.10\times10^6$	500	46	24	2.5
实例 3-4	4500	650	2.1	0.85	0.065	$5.50\times10^6$	482	65	25	1.0
实例 3-5	4500	750	1.9	0.88	0.063	$5.70\times10^6$	470	66	24	0.8

表 7 和表 8 示出了实例 4 中的膜形成条件和磁带的层结构。

表 7

	第一晶种层（下侧）						第二晶种层（上侧）				
	气压 [Pa]	材料	熔点 [°C]	成分比率		状态	氧化 度 [at. %]	膜厚 度 [nm]	气体 压力 [Pa]	材料	熔点 [°C]
				Ti [at. %]	Cr [at. %]						
实例 4	0.5	TiCr	Ti:1666 Cr:1857	50	50	Amp	10	5	0.5	NiW	Ni:1455 W:3407

Amp: 非晶态  
背景压力:  $1.0\times10^{-5}$ [Pa]（用于第一晶种层和第二晶种层）

[0235]

表 8

	第一底层（下侧）				第二底层（上侧）				磁记录层							
	气压 [Pa]	材料	状态	膜厚 度 [nm]	气压 [Pa]	材料	状态	膜厚 度 [nm]	气压 [Pa]	气体 种类	Ar+O <sub>2</sub> 流 动 率 [sccm]	成分比率				膜厚 度 $\delta$ [nm]
												Co [at.%]	Pt [at.%]	Cr [at.%]	SiO <sub>2</sub> [at.%]	
实例 4	0.5	Ru	hcp	5	1.5	Ru	hcp	25	1.5	Ar, Ar+O <sub>2</sub>	2.6	63	13.5	13.5	10	20

背景压力：1.0×10<sup>-5</sup>[Pa]（用于第一底层、第二底层以及磁记录层）

表 9 示出了实例 4 中磁带的评估结果。

表 9

	Hc [Oe]	Ms [emu/cc]	$\alpha$	Rs	$Ms\alpha\delta^{1.5}(1-Rs)^{0.33}$ [ $\mu\cdot\text{emu}\cdot(\text{mm})^{-1.5}$ ]	Ku [erg/cc]	V [nm <sup>3</sup> ]	KuV/kbT	SNR [dB]	输出衰减 100H [dB]
实例 4	5000	600	1.8	0.9	0.045	$5.30\times10^6$	550	72	26	0.4

[0236] 从表1至9以及图4A和图4B的理解如下。

[0237] 当公式F (Ms,  $\alpha$ ,  $\delta$ , Rs)、饱和磁化量Ms、以及抗磁力Hc周围的M-H环的梯度 $\alpha$ 满足F

$(M_s, \alpha, \delta, R_s) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ 、 $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$  以及  $\alpha \geq 1.2$  时, 可以将 SNR 设置为 20dB 以上。

[0238] 当公式  $F(M_s, \alpha, \delta, R_s)$ 、饱和磁化量  $M_s$ 、以及 M-H 环绕抗磁力  $H_c$  的梯度  $\alpha$  满足上述关系时, 此外, 当将公式  $f(K_u, V, k_B)$  也设置为满足  $f(K_u, V, k_B) \geq 65$  时, 可以将输出衰减设置为 1.0dB 以下。

[0239] 上述效果的表达并不局限于将 TiCr 合金用作晶种层材料的情况。当具有 2000℃ 以下熔点的金属用作晶种层材料时, 并且此外, 当  $F$ 、 $M_s$  以及  $\alpha$  或者  $M_s$ 、 $\alpha$  和  $f$  满足上述关系时, 认为可以获得类似于上述所述的效果。例如, 作为具有 2000℃ 以下熔点的金属, 除 TiCr 合金之外, 还可以使用 Ti 元素、NiAl 合金或者 CoCr 合金。

[0240] 当晶种层和底层均具有层压结构时,  $F$ 、 $M_s$  以及  $\alpha$  或者  $F$ 、 $M_s$ 、 $\alpha$  以及  $f$  满足上述关系, 可以获得更卓越的效果。

[0241] 当将比较例 1-3 的评估结果与实例 1-5 的评估结果进行比较时 (见表 2), 发现为了实现目标 SNR ( $\geq 20 [\text{dB}]$ ), 必须将公式  $F$  和饱和磁化量  $M_s$  分别设置为满足  $F \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$  和  $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ 。

[0242] 当将比较例 1-4 的评估结果与实例 1-7 的评估结果进行比较时 (见表 2), 发现为了实现目标 SNR ( $\geq 20 [\text{dB}]$ ), 必须将公式  $F$  和饱和磁化量  $M_s$  分别设置为满足  $F \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$  和  $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ , 而且, 必须将梯度  $\alpha$  设置为满足  $\alpha \geq 1.2$ 。

[0243] 从实例 1-2 至 1-4 的输出衰减的评估结果中。发现为了充分抵制热扰动的影响, 优选满足  $K_u \cdot V / k_B \cdot T \geq 65$ 。

[0244] 从表 4 所示的评估结果 ( $R_s$  评估结果) 中, 发现当具有 2000℃ 以下熔点的金属用作晶种层材料时, 改善了底层的垂直方位和磁记录层的垂直方位。此外, 为了实现高 SNR,  $R_s$  优选为 0.7 (70%) 以上。

[0245] 因此, 尽管已经详细描述了本技术的实施方式, 然而, 本技术并不局限于上述所述实施方式, 并且在不偏离本技术的技术范围内可以做出各种改造和变形。

[0246] 例如, 仅通过实例性方式示出了上述实施方式中所描述的结构、方法、步骤、形状、材料、数字等, 并且如果需要, 还可以使用不同的结构、方法、步骤、形状、材料、数字等。

[0247] 此外, 在不偏离本技术的范围内, 可以将上述实施方式中所描述的结构、方法、步骤、形状、材料、数字等进行组合。

[0248] 此外, 根据本技术的实施方式, 还可以采用下列结构。

[0249] (1) 一种磁记录介质, 包括: 基体、晶种层、底层、以及具有粒状结构的垂直记录层, 并且  $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33})$ 、 $M_s$  以及  $\alpha$  满足下列关系:

[0250]  $(M_s \cdot \alpha \cdot \delta^{1.5} (1-R_s)^{0.33}) \leq 0.1 [\mu \cdot \text{emu} \cdot (\text{mm})^{-1.5}]$ 、

[0251]  $M_s \geq 450 [\text{emu/cc}]$ ; 并且

[0252]  $\alpha \geq 1.2$

[0253] (在上述公式中,  $M_s$  表示饱和磁化量,  $\alpha$  表示抗磁力  $H_c$  周围的 M-H 环的梯度,  $\delta$  表示垂直记录层的厚度, 并且  $R_s$  表示矩形比。)

[0254] (2) 在根据上述 (1) 的磁记录介质中, 所述晶种层具有非晶态状态并且包括具有 2000℃ 以下熔点的金属。

[0255] (3) 在根据上述 (1) 或者 (2) 的磁记录介质中, 所述晶种层具有非晶态状态并且包

括包含Ti和Cr的合金。

[0256] (4) 在根据上述 (1) 至 (3) 中任一项所述的磁记录介质中,  $(K_u \cdot V/k_B \cdot T)$  满足下列关系:

[0257]  $(K_u \cdot V/k_B \cdot T) \geq 65$

[0258] (在上述公式中,  $K_u$  表示磁各向异性能量,  $V$  表示活化体积,  $k_B$  表示波尔兹曼常数, 并且  $T$  表示绝对温度。)

[0259] (5) 在根据上述 (1) 至 (4) 中任一项所述的磁记录介质中, 所述底层包括Ru。

[0260] (6) 在根据上述 (1) 至 (5) 中任一项所述的磁记录介质中, 所述垂直记录层具有粒状结构, 其中, 包含Co、Pt以及Cr的粒子彼此分离且氧化物内置其间。

[0261] (7) 在根据上述 (6) 所述的磁记录介质中, 所述垂直记录层具有以下列公式 (1) 表示的平均成分。

[0262]  $(Co_xPt_yCr_{100-x-y})_{100-z}-(SiO_2)_z$  (1)

[0263] (在公式 (1) 中,  $x$ 、 $y$  以及  $z$  分别满足  $69 \leq x \leq 72$ 、 $12 \leq y \leq 16$ 、 $9 \leq z \leq 12$ 。)

[0264] (8) 在根据上述 (1) 至 (7) 中任一项所述的磁记录介质中, 所述基体是挠性非磁性基体。

[0265] 本领域技术人员应当理解的是, 只要在不偏离所附权利要求或其等价物的范围内, 可以根据设计需要和其他因素做出各种变形、组合、子组合和改造。

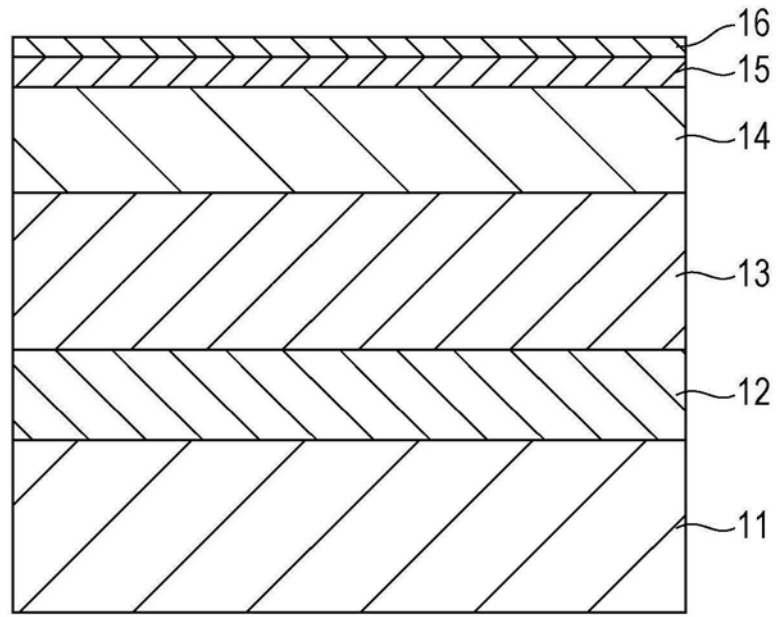


图1

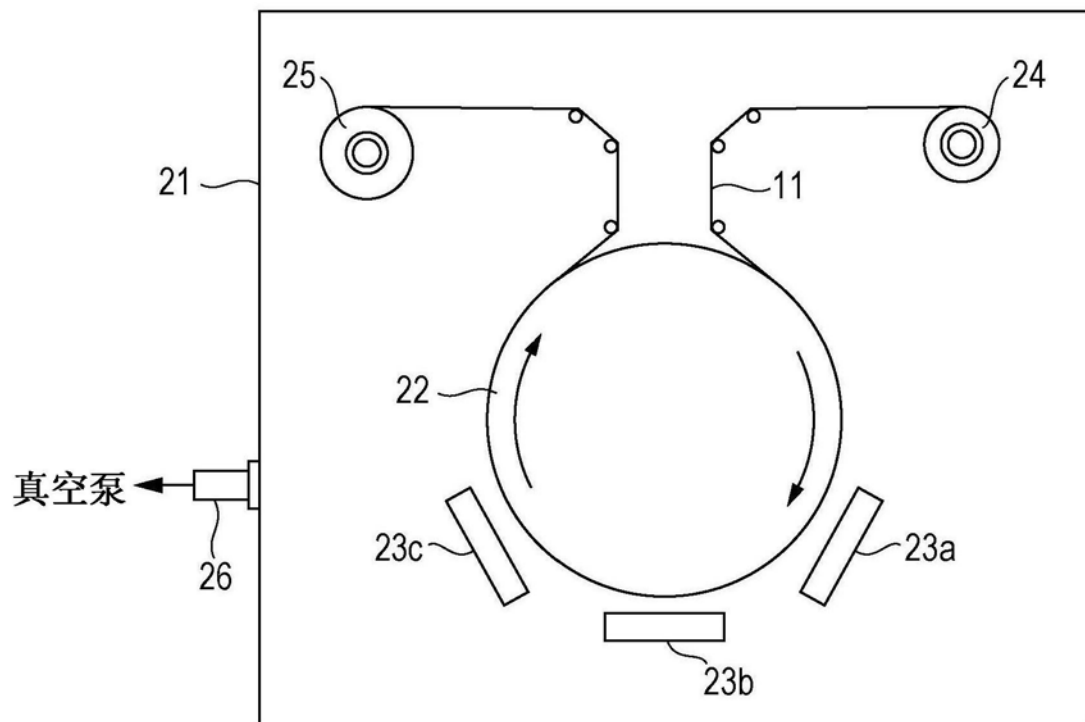


图2



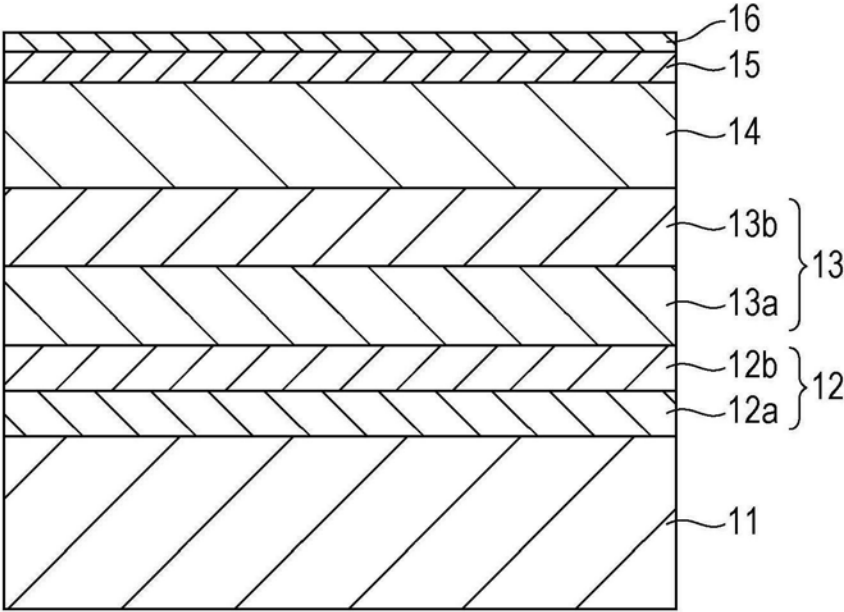


图3

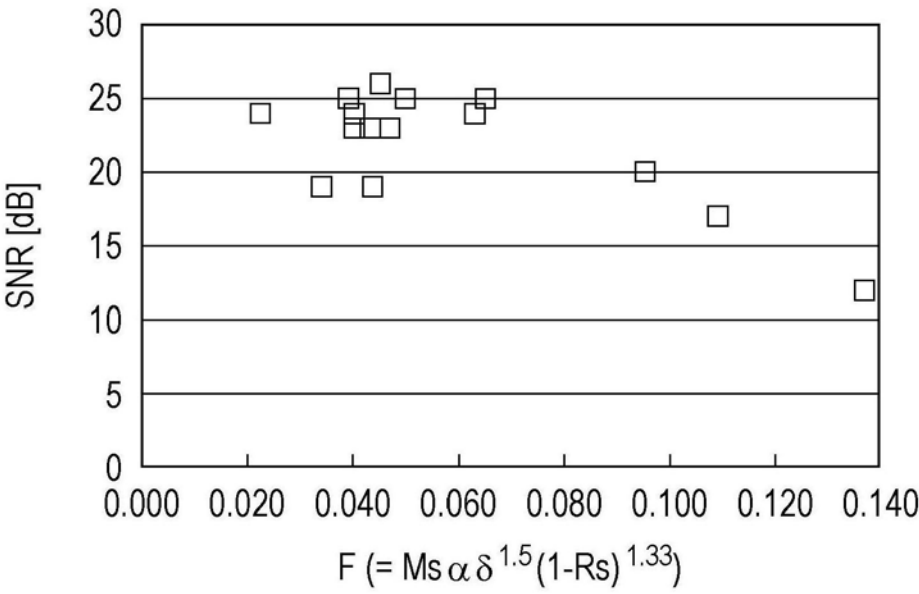


图4A

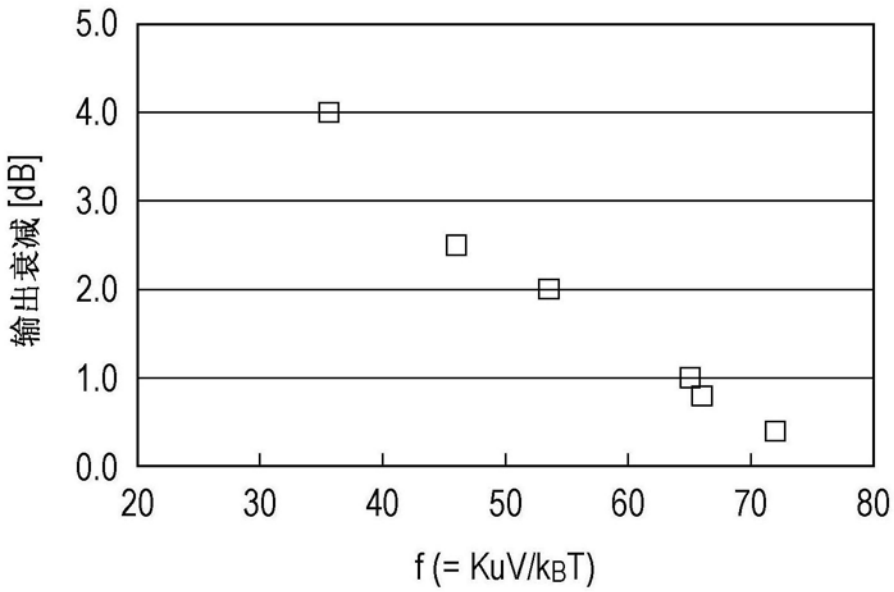


图4B