



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104952463 B

(45)授权公告日 2019.10.11

(21)申请号 201510131717.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.03.24

G11B 5/667(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G11B 5/725(2006.01)

申请公布号 CN 104952463 A

G11B 5/851(2006.01)

(43)申请公布日 2015.09.30

审查员 付小璞

(30)优先权数据

2014-074953 2014.03.31 JP

(73)专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

(72)发明人 关口昇 立花淳一 远藤哲雄

尾崎知惠 照井辉

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 王玉双 祁建国

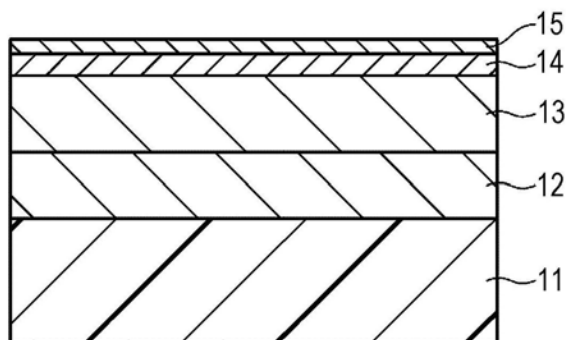
权利要求书2页 说明书26页 附图6页

(54)发明名称

磁记录介质

(57)摘要

一种磁记录介质包括：具有柔性的基材、下方涂层、以及记录层，其中在X射线衍射峰值中，通过摆动曲线法测量所述记录层中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值为 5° 以上且小于 10° 。



1. 一种磁记录介质,包括:

具有柔性的基材;

下方涂层;以及

记录层,

其中,在X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量所述记录层中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta \theta_{50}$ 的值为 5° 以上且小于 10° ,

其中,所述基材和所述下方涂层的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。

2. 根据权利要求1所述的磁记录介质,还包括:

设置在所述下方涂层与所述记录层之间的中间层,

其中在X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量所述中间层中包含的原子的衍射峰值时的 $\Delta \theta_{50}$ 的值为 4° 以上且 9° 以下。

3. 根据权利要求2所述的磁记录介质,

其中所述中间层具有组成相同而成膜条件不同的多个层。

4. 根据权利要求2所述的磁记录介质,

其中所述中间层含有Ru。

5. 一种磁记录介质,包括:

具有柔性的基材;

下方涂层;

设置在所述基材与所述下方涂层之间的软磁性底层;以及

记录层,

其中,在X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量所述记录层中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta \theta_{50}$ 的值为 5° 以上且小于 10° ,

其中,所述软磁性底层和所述下方涂层的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。

6. 根据权利要求5所述的磁记录介质,

其中所述软磁性底层具有APC结构。

7. 根据权利要求5或6所述的磁记录介质,还包括:

设置在所述基材与所述软磁性底层之间的含有Ti合金的层。

8. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质,

其中所述下方涂层含有Ti或者Ni。

9. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质,

其中所述记录层的平均厚度为10nm以上。

10. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质,

其中所述记录层是垂直记录层。

11. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质,

其中所述记录层具有粒状结构。

12. 根据权利要求11所述的磁记录介质,

其中所述记录层包括:含有Co、Cr和Pt的合金以及含有Si的氧化物。

13. 根据权利要求11所述的磁记录介质，
其中所述记录层中包含的晶粒的平均粒径为6nm以上且8nm以下。
14. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质，还包括：
堆叠层。
15. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质，
其中，矫顽磁力 H_c 为30000e以上且55000e以下，且
矩形比 R_s 为85%以上。
16. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质，
其中所述下方涂层和所述记录层通过溅射法而成膜。
17. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质，
其中所述下方涂层和所述记录层通过卷装进出方法而成膜。
18. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质，所述磁记录介质进一步设有在所述记录层的表面上设置的保护层、和在所述保护层的表面上设置的顶部涂层。
19. 根据权利要求1或5所述的磁记录介质，其中所述磁记录介质进一步设有在所述记录层的表面上设置的保护层、和在所述保护层的表面上设置的顶部涂层。

磁记录介质

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有2014年3月31日提交的日本优先权专利申请JP2014-074953的权益,该专利申请的全部内容并入本文以供参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及使用柔性基材的磁记录介质。

背景技术

[0004] 用于硬盘驱动器(以下称为“HDD”)的磁记录介质一般根据记录磁化的布置方法而分类为面内磁记录介质和垂直磁记录介质。从增加记录密度的角度来讲,与面内磁记录介质相比,垂直磁记录介质具有优点。

[0005] 在垂直磁记录介质中,记录层内部的磁体微晶的易磁化轴被取向为相对于基板垂直。为了增加记录密度,重要的是将磁体微晶的易磁化轴取向为在垂直方向上完全对准。

[0006] 日本未审专利申请公开文本号2008-287808(参看第[0054]段)公开了:在用于HDD的磁记录介质中,通过抑制垂直记录层中的磁体微晶的易磁化轴的取向分散,将 $\Delta\theta_{50}$ (其是取向分散的指数)抑制为大约3度。

发明内容

[0007] 本发明提供一种能够同时获得记录与重放特性和可靠性的磁记录介质。

[0008] 根据本发明的实施例,提供了一种磁记录介质,包括:具有柔性的基材、下方涂层、以及记录层,其中在X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量所述记录层中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值为 5° 以上且小于 10° 。

[0009] 如上所述,根据本发明可以同时获得记录与重放特性和可靠性。

附图说明

[0010] 图1是示意性地示出根据本发明第一实施例的磁记录介质的构造的一个示例的截面图;

[0011] 图2是示出用于制造根据本发明第一实施例的磁记录介质的溅射装置的构造的一个示例的示意图;

[0012] 图3A是示意性地示出根据本发明第一实施例的变型例1的磁记录介质的构造的一个示例的截面图,图3B是示意性地示出根据本发明第一实施例的变型例2的磁记录介质的构造的一个示例的截面图;

[0013] 图4是示意性地示出根据本发明第一实施例的变型例3的磁记录介质的构造的一个示例的截面图;

[0014] 图5是示意性地示出根据本发明第一实施例的变型例4的磁记录介质的构造的一个示例的截面图;

[0015] 图6是示意性地示出根据本发明第二实施例的磁记录介质的构造的一个示例的截面图;以及

[0016] 图7是示意性地示出根据本发明第三实施例的磁记录介质的构造的一个示例的截面图。

具体实施方式

[0017] 磁记录介质一般分类为使用诸如玻璃基板或者合金基板之类的硬性基材的磁记录介质(通常称作用于HDD的磁记录介质)和使用诸如聚合物膜之类的柔性基材的磁记录介质(通常称作磁带)。两种介质在制造工艺以及记录与重放系统方面存在以下差异。

[0018] 制造工艺差异

[0019] 在使用硬性基材的磁记录介质中,由于如上所述使用了玻璃基板、合金基板等,所以可加热基材。因此,即使是在具有不良表面性质的基材上形成薄膜的情形中,如果在加热基材的同时形成薄膜等,薄膜的膜质量也不会受到成膜表面的状态的显著影响。换言之,不管成膜表面的状态如何,都可以以比较满意的膜质量形成薄膜,并且可以获得比较良好的记录与重放特性。

[0020] 而另一方面,在使用柔性基材的磁记录介质中,由于如上所述使用了聚合物膜等,所以难以加热基材。因此,薄膜的成膜表面的状态极大地影响薄膜的膜质量。换言之,为了以满意的膜质量形成薄膜并获得良好的记录与重放特性,成膜表面的状态是很重要的。

[0021] 记录与重放系统的差异

[0022] 在使用硬性基材的磁记录介质的记录与重放系统中,由于使用了浮动磁头,因而通常介质和磁头不滑动。因此,在记录介质中,由于没必要考虑滑动特性,所以从改善下方涂层的膜质量的角度来讲,下方涂层的成膜表面越平滑,越令人满意。

[0023] 而另一方面,在使用柔性基材的磁记录介质的记录与重放系统中,介质和磁头的滑动被认为是前提性的。为此,表面性质的过度改进会导致摩擦增加,而且滑动性能降低。当滑动性质以这样的方式降低时,可能导致磁记录介质的可靠性降低。

[0024] 根据如上所述的两种介质之间的差异,可明了使用柔性基材的磁记录介质所独有的以下问题。在使用柔性基材的磁记录介质中,当使下方涂层的成膜表面平滑以实现优秀的记录与重放特性时,可能导致滑动性能下降,即可靠性下降。与此相反,当使下方涂层的成膜表面的平滑性下降以改善滑动性能、即获得优秀的可靠性时,可能导致记录与重放特性下降。即,在使用柔性基材的磁记录介质中,存在难以同时获得记录与重放特性和可靠性的问题。

[0025] 因而,本发明人进行了深入研究,以便在使用柔性基材的磁记录介质中同时获得记录与重放特性和可靠性。结果发现,将通过摆动曲线法测量记录层中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内,由此可以同时获得记录与重放特性和可靠性。

[0026] 用于将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内的方法的示例包括用于调整下方涂层的下层的表面性质,例如基材或者软磁性底层的表面性质的方法,所述表面性质与记录层中包括的磁性晶体的取向性具有密切关系。然而,用于将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内的方法不限于此,可以使用其他方法。

[0027] 在本发明中,优选进一步提供设置在下方涂层与记录层之间的中间层。此外,优选进一步提供与记录层的表面相邻设置的CAP层。

[0028] 在本发明中,所述下方涂层、中间层和记录层中的每个层可以具有单层结构或多层结构。从进一步改善磁记录介质的记录与重放特性等的角度来讲,优选采用多层结构。当考虑制造效率时,优选采用具有两层结构的多层结构。

[0029] 在本发明中,磁记录介质优选为进一步设有在基材与下方涂层之间、或者在下方涂层与记录层之间设置的软磁性层。在磁记录介质设有在下方涂层与记录层之间设置的中间层的情形中,可以进一步在下方涂层与中间层之间设置软磁性层。可以使用单层结构或者多层结构来作为软磁性层的结构;然而,从改善记录与重放特性的角度来讲,优选的是使用多层结构。优选的是,具有多层结构的软磁性层设有第一软磁性层、中间层和第二软磁性层,其中所述中间层设置在第一软磁性层与第二软磁性层之间。在磁记录介质进一步设有软磁性层的情形中,优选的是在基材与软磁性层之间的位置以及在软磁性层与记录层之间的位置之中的至少一个位置处设置下方涂层。

[0030] 在本发明中,中间层优选含有Ru。Ru优选为以Ru单体、Ru合金或者Ru氧化物的形式被包含;然而,所述形式并不特别限于此。优选的是下方涂层含有Ti或者Ni。具有这种构成的下方涂层的示例包括含有Ti合金的单层、含有Ni合金的单层、或者它们的层叠膜;然而,所述构成并不特别限于此。

[0031] 在本发明中,从改善生产率的角度来讲,优选的是通过卷装进出(Roll to Roll)方法将下方涂层和记录层顺次成膜。在其中磁记录介质设有中间层、下方涂层和CAP层之中的至少一种的情形中,优选的是也通过卷装进出方法,将该层与所述下方涂层和记录层顺次成膜。优选的是使用诸如溅射法之类的物理沉积方法来作为所述成膜方法。

[0032] 将参考附图按以下顺序描述本发明的实施例。这里,在以下实施例的所有附图中,将相同的附图标记用于相同的或者相应的部分。

[0033] 1. 第一实施例(磁记录介质的示例)

[0034] 1.1磁记录介质的构造

[0035] 1.2溅射装置的构造

[0036] 1.3用于制造磁记录介质的方法

[0037] 1.4效果

[0038] 1.5变型例

[0039] 2. 第二实施例(磁记录介质的示例)

[0040] 2.1磁记录介质的构造

[0041] 2.2效果

[0042] 2.3变型例

[0043] 3. 第三实施例(磁记录介质的示例)

[0044] 3.1磁记录介质的构造

[0045] 3.2效果

[0046] 3.3变型例

[0047] 1. 第一实施例

[0048] 在第一实施例中,将描述磁记录介质的示例,其中下方涂层的下层是基材,并且通

过调整基材表面的算术平均粗糙度 R_a ,即基材与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度 R_a ,将记录层的取向性强度 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内。

[0049] 1.1磁记录介质的构造

[0050] 如图1所示,根据本发明第一实施例的磁记录介质是所谓的单层垂直磁记录介质,并设有基材11、设置于基材11的表面的下方涂层12、和设置于下方涂层12的表面的记录层13。根据需要,所述磁记录介质可以进一步设有在记录层13的表面上设置的保护层14、和在保护层14的表面上设置的顶部涂层15。

[0051] 例如通过物理沉积方法将下方涂层12和记录层13成膜。从生产率等的角度来讲,优选的是采用溅射法作为该物理沉积方法。优选的是,通过卷装进出方法将下方涂层12和记录层13顺次成膜。这里,在本说明书中,不具有软磁性底层的磁记录介质称为“单层垂直磁记录介质”,具有软磁性底层的磁记录介质称为“双层垂直磁记录介质”。

[0052] 磁记录介质适合于用作用于数据存档的存储介质,未来对于这种用于数据存档的存储介质的需求必将越来越多。磁记录介质例如能够实现目前涂布型存储用磁带的十倍以上的表面记录密度,即 50Gb/in^2 的表面记录密度。在利用具有这种表面记录密度的磁记录介质构成一般的线性记录型盒式数据磁带的情形中,可以在盒式数据磁带中为每一卷以50TB以上的大容量进行记录。磁记录介质适合于在使用环形记录磁头和巨大磁阻(GMR)型重放磁头的记录与重放装置中使用。

[0053] 优选的是,使用克尔效应测量的在磁记录介质的垂直方向上的磁特性 H_c (矫顽磁力)为30000e以上且55000e以下,并且在垂直方向上的磁特性 R_s (矩形比)为85%以上。通过使磁特性 H_c 和磁特性 R_s 在上述范围内,可以获得良好的记录与重放特性。

[0054] 基材

[0055] 作为支撑体的基材11例如是长膜,并且其表面具有长边方向(MD方向)和短边方向(TD方向)。优选的是使用具有柔性的非磁性基材来作为基材11。例如可以使用在常规磁记录介质中使用的柔性聚合树脂材料来作为非磁性基材的材料。这种聚合物材料的具体示例包括聚酯、聚烯烃、纤维素衍生物、乙烯基树脂、聚酰亚胺、聚酰胺、聚碳酸酯等。

[0056] 优选的是,基材11具有不平坦表面,该不平坦表面具有细微的不平坦度。优选的是,诸如下方涂层12和记录层13之类的每个层具有遵循所述不平坦表面的形状。优选的是,基材11和下方涂层12是相邻设置,且作为下方涂层12的下层的基材11的表面(成膜表面)的算术平均粗糙度 R_a ,即基材11与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度 R_a 为0.4nm以上且1.0nm以下。由于这一点,在磁记录介质的X射线衍射峰值中,可将通过摆动曲线法测量记录层13中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内。然而,用于将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内的方法不限于如上所述的用于调整基材11的表面性质的方法,可以使用除此以外的方法。

[0057] 下方涂层

[0058] 下方涂层12设置在基材11与记录层13之间。下方涂层12优选为含有Ti或者Ni的合金,例如是含有Ti合金的单层、含有Ni合金的单层、或者是层叠这些层而得的层叠膜。

[0059] 优选的是,含有Ti合金的下方涂层12包括其中含有Ti和Cr的合金并具有非结晶状态。此外,合金中可以进一步含有氧(O)。所述氧是当通过诸如溅射法之类的成膜方法将下方涂层12成膜时以少量包含在下方涂层12内部的掺杂氧。这里,“合金”的含义是含有Ti和

Cr的固溶体、共晶体、金属互化物等中的至少一种。“非结晶状态”的含义是通过电子衍射方法观察到晕轮(halo)且没有指定晶体结构。

[0060] 包括含有Ti和Cr的合金、并具有非结晶状态的下方涂层12具有以下效果:抑制吸附在基材11上的O₂气体、H₂O等的影响,且通过缓和基材11的表面的不平坦度而在基材11的表面上形成金属平滑表面。由于这一效果,增强了记录层13的垂直取向性。这里,当下方涂层12的状态是结晶状态时,伴随晶体生长的柱形状是明显的,提高了基材11的表面的不平坦度,有可能发生记录层13的晶体取向性恶化。

[0061] 下方涂层12中包含的氧(O)相对于Ti、Cr和O的总量的比率优选为15atomic%(at%)以下,更优选为10atomic%以下。当氧的比率超过15atomic%时,产生TiO₂结晶,从而有可能极大地降低记录层13的取向性,从而对形成在下方涂层12的表面上记录层13的晶核形成造成影响。

[0062] 下方涂层12中包含的Ti相对于Ti和Cr的总量的比率优选为在30atomic%以上且100atomic%以下的范围内,更优选为50atomic%以上且100atomic%以下。当Ti的比率小于30atomic%时,Cr的体心立方品格(bcc)结构的(100)面被取向,有可能会降低形成在下方涂层12的表面上记录层13的取向性。

[0063] 这里,可以如下确定如上所述的元素的比率。使用来自磁记录介质的顶部涂层15侧的离子束执行蚀刻,使用俄歇电子能谱对蚀刻后的下方涂层12的顶表面进行分析,相对于膜厚度的平均原子数比率为如上所述的元素的比率。详细来讲,对Ti、Cr和O三种元素执行分析,根据其百分比来确定元素含量。

[0064] 下方涂层12中包含的合金可以进一步包含除Ti和Cr以外的其他元素作为添加元素。添加元素的示例包括从由例如Nb、Ni、Mo、Al、W等构成的组中选出来的一种或多种元素。

[0065] 优选的是,含有Ni合金的下方涂层12包括其中含有Ni和W的合金。在这种情况下,下方涂层12可具有非结晶状态。

[0066] 记录层

[0067] 在磁记录介质的X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量作为磁性层的记录层13中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值为5°以上且小于10°。当该值小于5°时,由于滑动性能降低,因而可靠性降低。而另一方面,当所述值是10°以上时,由于记录层13中包含的晶粒的取向性降低,因而记录与重放特性降低。

[0068] 用于将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在5°以上且小于10°的范围内的方法的示例包括例如用于调整作为下方涂层12的下层的基材11的表面的算术平均粗糙度Ra(即,基材11与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度Ra)的方法,所述算术平均粗糙度Ra与磁性晶粒的取向性具有密切关系。然而,用于将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在5°以上且小于10°的范围内的方法不限于如上所述的用于调整基材11的表面性质的方法,可以使用除此以外的其他方法。

[0069] 记录层13的平均厚度优选为10nm以上,更优选为10nm以上且30nm。当平均厚度小于10nm时,由于磁性粒子的尺寸很小,因而热扰动的影响很大,难以保持记录磁化(recording magnetization)。而另一方面,当平均厚度超过30nm时,由于噪声增加,SNR(信噪比)降低。

[0070] 从增加记录密度的角度来讲,优选的是,记录层13是垂直记录层。垂直记录层优选为包含基于Co的合金的粒状磁性层。所述粒状磁性层由包含基于Co的合金的强磁性晶粒、

和围绕该强磁性晶粒的非磁性粒界(非磁体)构成。更详细来讲,所述粒状磁性层由包括基于Co的合金的柱(柱状晶体)、和围绕所述柱并磁性地分隔每个柱的非磁性粒界(例如,诸如SiO₂之类的氧化物)构成。在这种结构中,可将记录层13的结构构造为其中每个柱被磁性分隔。

[0071] 基于Co的合金具有六方紧密堆积(hexagonal close packing,hcp)结构,其c轴在相对于膜表面的垂直方向(膜厚度方向)上被取向。优选的是,使用至少含有Co、Cr和Pt的基于CoCrPt的合金来作为所述基于Co的合金。基于CoCrPt的合金并不是特别限定的,基于CoCrPt的合金还可以进一步包含添加元素。所述添加元素的示例包括从由例如Ni、Ta等构成的组中选出来的一种或多种元素。

[0072] 围绕强磁性晶粒的非磁性粒界包括非磁性金属材料。这里,所述金属包括半金属。可以使用金属氧化物和金属氮化物中的至少一种来作为所述非磁性金属材料,并且从稳定保持粒状结构的角度来讲,优选的是使用金属氧化物。金属氧化物的示例包括含有从由Si、Cr、Co、Al、Ti、Ta、Zr、Ce、Y、Hf等构成的组中选出来的至少一种或多种元素的金属氧化物,并且优选的是至少含有Si氧化物(即二氧化硅)的金属氧化物。其具体示例包括SiO₂,Cr₂O₃,CoO,Al₂O₃,TiO₂,Ta₂O₅,ZrO₂,HfO₂等。金属氮化物的示例包括含有从由Si、Cr、Co、Al、Ti、Ta、Zr、Ce、Y、Hf等构成的组中选出来的至少一种或多种元素的金属氮化物。其具体示例包括SiN、TiN、AlN等。为了更稳定地保持粒状结构,优选的是,非磁性粒界包括金属氮化物和金属氧化物之中的金属氧化物。

[0073] 优选的是,从进一步改善信噪比(SNR)的角度来讲,记录层13具有下式中示出的平均组成。这是因为,可以抑制去磁场的影响,并且实现能够确保充分的重放输出的饱和磁化量Ms,并且由于这一点而可以确保高SNR。

[0074] $(\text{Co}_x\text{Pt}_y\text{Cr}_{100-x-y})_{100-z}-(\text{SiO}_2)_z$

[0075] (这里,在该式中,x、y和z分别是在 $69 \leq x \leq 72$ 、 $12 \leq y \leq 16$ 、和 $9 \leq z \leq 12$ 的范围内的值)。

[0076] 这里,可以如下获得如上所述的组成。通过来自磁记录介质的顶部涂层15侧的离子束执行蚀刻,通过俄歇电子能谱对蚀刻后的记录层13的上表面进行分析,并将相对于膜厚度的平均原子数比率确定为如上所述的组成。详细来讲,对Co、Pt、Cr、Si和O五种元素执行分析,并根据其百分比来确定元素含量。

[0077] 优选的是,记录层13中包含的晶粒的平均粒径是6nm以上且8nm以下。当平均粒径小于6nm时,热扰动的影响很大,难以保持记录磁化。而另一方面,当平均粒径超过8nm时,由于颗粒之间的间隔很窄,因而交换相互作用很强,从而噪声增加。

[0078] 根据本实施例的磁记录介质是不具有包含软磁材料的底层(软磁性底层)的单层磁记录介质;然而,在这种磁记录介质中,当记录层13所引起的去磁场的影响在垂直方向上很大时,趋向于难以在垂直方向上进行充分的记录。由于去磁场与记录层13的饱和磁化量Ms成比例地变大,因而所希望的是使饱和磁化量Ms很小,以便抑制去磁场。然而,当饱和磁化量Ms很小时,残余磁量Mr很小,重放输出降低。因此,优选的是,从去磁场的影响的抑制(即,饱和磁化量Ms的减少)、以及能够确保充分的重放输出的残余磁量Mr两者的角度来选择记录层13中包含的材料。在上述式中的平均组成中,可以获得这两种特性,并可以确保高SNR。

[0079] 保护层

[0080] 保护层14例如包含碳材料或者二氧化硅(SiO_2),并且从保护层14的膜强度的角度来讲,优选的是包含碳材料。碳材料的示例包括石墨、类金刚石碳(DLC)、金刚石等。

[0081] 顶部涂层

[0082] 顶部涂层15例如包括润滑剂。作为润滑剂,例如可以使用基于硅酮的润滑剂、基于碳氢化合物的润滑剂、基于氟化烃的润滑剂等。

[0083] 1.2溅射装置的构造

[0084] 图2是示出用于制造根据本发明第一实施例的磁记录介质的溅射装置的构造的一个示例的示意图。所述溅射装置是用于将下方涂层12和记录层13成膜的连续绕组型溅射装置。如图2所示,所述溅射装置设有成膜室21、作为金属罐(旋转体)的滚筒22、阴极23a和23b、供线盘24、绕线盘25、和多个引导辊27和28。溅射装置例如是直流(DC)磁控溅射型装置;然而,溅射法不受限于这种类型。

[0085] 成膜室21经由排气口26而与图中未示出的真空泵连接,成膜室21内的气氛通过真空泵设置为预定的真空度。滚筒22、供线盘24和绕线盘25以可转动的构造布置在成膜室21内。在成膜室21内,设置了用于引导基材11在供线盘24与滚筒22之间的传送的多个引导辊27,并设置了用于引导基材11在滚筒22与绕线盘25之间的传送的多个引导辊28。在溅射期间,从供线盘24绕出的基材11,经由引导辊27、滚筒22和引导辊28而缠绕到绕线盘25上。滚筒22具有圆柱形状,并沿着滚筒22的圆柱表面形状的外周面来传送具有细长矩形形状的基材11。在滚筒22中设置有图中未示出的冷却机构,在溅射期间冷却结构被冷却至例如大约 -20°C 。在成膜室21内,与滚筒22的外周面相对地布置多个阴极23a和23b。将靶分别设置在阴极23a和23b中。详细来讲,将用于使下方涂层12和记录层13成膜的靶分别设置在阴极23a和23b中。以基材11的一次传送,通过阴极23a和23b同时地形成多种膜,即下方涂层12和记录层13。

[0086] 例如,溅射期间的成膜室21的气氛被设置为大约 $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 至 $5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 。可以通过调整缠绕基材11的带线速度、在溅射期间引入的Ar气体的压力(溅射气体压力)、供电功率等,来控制下方涂层12和记录层13的膜厚度和特性(例如,磁特性)。优选的是,所述带线速度在大约 1m/min 至 10m/min 的范围内。优选的是,溅射气体压力在大约 0.1Pa 至 5Pa 的范围内。优选的是,供电功率量在大约 30mW/mm^2 至 150mW/mm^2 的范围内。

[0087] 在具有如上所述构造的溅射装置中,可以使用卷装进出方法将下方涂层12和磁记录层13顺次成膜。

[0088] 1.3用于制造磁记录介质的方法

[0089] 例如可以如下制造根据本发明第一实施例的磁记录介质。

[0090] 首先,使用图2中示出的溅射装置,在基材11上形成下方涂层12和记录层13。详细来讲,如下执行成膜。首先,将成膜室21抽真空至预定压力。然后,通过在将诸如Ar气之类的工艺气体引入成膜室21中的同时对设置于阴极23a和23b中的靶执行溅射,在移动的基材11的表面上将下方涂层12和记录层13顺次成膜。

[0091] 这里,在将基材11从供线盘24绕出,以经由滚筒22而缠绕到绕线盘25上的一个工艺中,可在其中仅将下方涂层12成膜,再次将基材11从绕线盘25绕出,并缠绕到供线盘24上的工艺中将记录层13成膜。然而,由于当以这样的方式在不同的移动工艺中将下方涂层12

和记录层13成膜时有可能导致膜的表面状态的质量发生变化,所以优选的是在如上所述的一个移动工艺中同时将下方涂层12和记录层13成膜。

[0092] 接下来,在记录层13的表面上形成保护层14。例如可以使用化学气相沉积(CVD)法或者物理气相沉积(PVD)法作为用于形成保护层14的方法。

[0093] 接下来,例如,在保护层14的表面上涂布润滑剂,并形成顶部涂层15。可以使用各种涂布方法,比如凹版涂布和浸渍涂布来作为润滑剂涂布方法。

[0094] 由于上述内容,获得了图1中示出的磁记录介质。

[0095] 1.4效果

[0096] 在根据第一实施例的磁记录介质中,通过调整具有柔性的基材11的表面的算术平均粗糙度 R_a ,即基材11与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度 R_a ,而将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置为 5° 以上且小于 10° 。因此,可以同时获得记录与重放特性和可靠性。

[0097] 1.5变型例

[0098] 在如上所述的第一实施例中,描述了其中在基材11上顺次叠置下方涂层12和记录层13的构造。然而,磁记录介质的层构造不限于此,可采用其他层构造,只要基材11的表面的算术平均粗糙度 R_a ,即基材11与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度 R_a 为 0.4nm 以上且 1.0nm 以下。以下,将描述其他层构造。

[0099] 变型例1

[0100] 如图3A所示,磁记录介质可以进一步在下方涂层12与记录层13之间设有中间层16。优选的是,中间层16具有与记录层13相同的晶体结构。在其中记录层13包含基于Co的合金的情形中,优选的是,中间层16包含具有与基于Co的合金相同的六方紧密堆积(hcp)结构的材料,并且该结构的c轴在相对于膜表面的垂直方向(即膜厚度方向)上被取向。这是因为,可以增强记录层13的取向性,并且可以使中间层16和记录层13的品格常数的匹配相对良好。优选的是,使用含有Ru的材料作为具有六方紧密堆积(hcp)结构的材料,详细来讲,优选为Ru单体、Ru合金或者Ru氧化物。Ru氧化物的范例包括诸如Ru-SiO₂、Ru-TiO₂或者Ru-ZrO₂之类的Ru合金氧化物。

[0101] 这里,中间层16不限于单层结构,可以是具有两层以上的多层结构。在中间层16具有多层结构的情形中,使用具有相同组成、和诸如溅射条件之类的不同成膜条件的多个中间层。例如,在中间层16具有两层结构的情形中,中间层16设有第一中间层(下侧中间层)和第二中间层(上侧中间层)。第一中间层设置于下方涂层12一侧,第二中间层设置于记录层13一侧。

[0102] 例如可以使用与如上所述的中间层16相同的材料来作为第一和第二中间层的材料。然而,第一和第二中间层中的每一中间层中的期望效果是不同的,因此,各自的成膜条件是不同的。就是说,优选的是,第一中间层具有高晶体取向性的膜结构,第二中间层具有促进作为其上层的记录层13的粒状结构的膜结构。

[0103] 在磁记录介质的X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量中间层16中包含的原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值优选为 4° 以上且 9° 以下。由于这一点,可以将设置在中间层16上的记录层13的 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置为 5° 以上且小于 10° 。即,可以同时获得记录与重放特性和可靠性。

[0104] 变型例2

[0105] 如图3B所示,磁记录介质可以进一步在记录层13与保护层14之间设有CAP层(堆叠层)17。由具有粒状结构的记录层13、和与记录层13相邻设置的CAP层17构成的层叠结构一般被称为coupled granular continuous (CGC)。优选的是,CAP层17的膜厚度为4nm以上且12nm以下。通过在4nm以上且12nm以下的范围内选择CAP层17的膜厚度,可获得更优良的记录与重放特性。优选的是,CAP层17包含基于CoCrPt的材料。基于CoCrPt的材料范例包括CoCrPt、CoCrPtB、其中向这些材料进一步添加金属氧化物后得到的材料(CoCrPt-金属氧化物或者CoCrPtB-金属氧化物)等。可以使用从由例如Si、Ti、Mg、Ta、Cr等构成的组中选出来的至少一种来作为添加的金属氧化物。其具体范例包括SiO₂、TiO₂、MgO、Ta₂O₅、Cr₂O₃、其两种以上的混合物等。

[0106] 在采用其中在具有粒状结构的记录层13上设置CAP层17的结构的情形中,通过由于记录层13与CAP层17之间的交换相互作用而产生磁结合(magnetic bond)、并且由于其效果而使得M-H回线的倾斜度在H_c附近陡峭,可方便记录。通常,在仅通过记录层13使M-H回线的倾斜度陡峭的情形中会观察到噪声增加;然而,在所述结构的情形中,由于产生噪声的记录结构能够保持低噪声结构,因此可以实现具有低噪声且便于记录的结构。

[0107] 变型例3

[0108] 如图4所示,磁记录介质是所谓的双层垂直磁记录介质,可在下方涂层12与记录层13之间进一步设置具有单层结构的软磁性底层(下文称作“SUL”)18。所述磁记录介质有利地用于使用单极型(SPT)记录磁头和隧道磁阻(TMR)型重放磁头的记录与重放装置。

[0109] SUL 18的膜厚度优选为40nm以上,更优选为40nm以上且140nm以下。当膜厚度小于40nm时,记录与重放特性趋向于降低。而另一方面,当膜厚度超过140nm时,由于SUL 18的晶粒变粗导致的记录层13的晶体取向性的下降很明显,SUL 18的成膜时间很长,这有可能会产生率下降。SUL 18包含处于非结晶状态的软磁材料。例如可以使用基于Co的材料、基于Fe的材料等来作为软磁材料。基于Co的材料范例包括CoZrNb、CoZrTa、CoZrTaNb等。基于Fe的材料范例包括FeCoB、FeCoZr、FeCoTa等。

[0110] 由于SUL 18具有非结晶状态,所以SUL 18不具有促进形成在SUL 18上的层中的外延生长的作用;然而,要求不干扰形成在SUL 18上的记录层13的晶体取向性。为此,需要具有其中软磁材料不形成柱的微细结构;然而,在其中诸如水从基材11脱离的影响很大的情形中,软磁材料有可能会变粗,并且有可能会干扰形成在SUL 18上的记录层13的晶体取向性。通过在基材11的表面上设置下方涂层12,可以抑制这些影响。特别是,在使用其中吸附了大量水或者诸如氧之类的气体的聚合物材料膜来作为基材11的情形中,理想的是设置下方涂层12,以便抑制这些影响。

[0111] 所述磁记录介质通过在作为垂直磁性层的记录层13下方设置SUL 18来抑制在记录层13的顶层上产生磁极时的磁场减少、并将磁头磁通量(head magnetic flux)引导到SUL 18中,起到了辅助产生锐利的磁头磁场的作用。此外,由于在基材11与SUL 18之间设置下方涂层12,所以可以抑制SUL 18中包含的软磁材料变粗。就是说,可以抑制下方涂层12中的晶体取向性杂乱。因此,可以在具有高表面记录密度的磁记录介质中实现良好的记录与重放特性。

[0112] 变型例4

[0113] 如图5所示,代替图4中示出的具有单层结构的软磁性底层18,磁记录介质可设置

反平行耦合的SUL (以下称为“APC-SUL”) 19, APC-SUL 19是具有多层结构的软磁性底层。

[0114] APC-SUL 19具有如下结构:其中以薄的中间层19b介于中间的方式叠置两个软磁性层19a和19c,并且磁化是利用经由中间层19b的交换耦合而以反平行的方式主动耦合的。优选的是,软磁性层19a和19c的膜厚度基本上相同。软磁性层19a和19c的总膜厚度优选为40nm以上,更优选为40nm以上且70nm以下。当所述膜厚度小于40nm时,记录与重放特性趋向于降低。而另一方面,当所述膜厚度超过70nm时,APC-SUL 19的成膜时间很长,并且这可能会导致生产率下降。优选的是,软磁性层19a和19c的材料是相同的材料,并且可以使用与变型例3中的SUL 18相同的材料来作为所述材料。中间层19b的膜厚度例如为0.8nm以上且1.4nm以下,更优选为0.9nm以上且1.3nm以下,更优选为大约1.1nm。通过在0.9nm以上且1.3nm以下的范围内选择中间层19b的膜厚度,可获得更优良的记录与重放特性。中间层19b的材料的范例包括V、Cr、Mo、Cu、Ru、Rh、Re等,特别优选为Ru。

[0115] 由于在磁记录介质中使用APC-SUL 19,所以作为上层部分的软磁性层19a和作为下层部分的软磁性层19c以反平行方式交换耦合,并且处于残留磁状态的上层和下层的总磁量为零。由于这一点,可以抑制在其中APC-SUL 19内的磁畴移动的情形中产生的噪声尖峰。因此,可以进一步改善记录与重放特性。

[0116] 2. 第二实施例

[0117] 在第二实施例中,将描述磁记录介质的范例,其中下方涂层的下层是SUL,并且通过调整SUL表面的算术平均粗糙度Ra,即SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra,将记录层的取向性强度 $\Delta \theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内。

[0118] 2.1磁记录介质的构造

[0119] 如图6所示,根据本发明第二实施例的磁记录介质是所谓的双层垂直磁记录介质,其与根据第一实施例的磁记录介质的不同之处在于,在基材11与下方涂层12之间设置SUL 18。

[0120] SUL 18和下方涂层12相邻设置,且SUL 18的表面(成膜表面)的算术平均粗糙度Ra,即SUL 18与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。由于这一点,在磁记录介质的X射线衍射峰值中,可通过摆动曲线法测量记录层13中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta \theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内。然而,用于将 $\Delta \theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内的方法不限于如上所述的用于调整SUL 18的表面性质的方法,可以使用除此以外的其他方法。

[0121] 在第二实施例中,SUL 18与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度Ra可以是0.4nm以上且1.0nm以下,基材11的表面的算术平均粗糙度Ra可不设置在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内。

[0122] 用于调整SUL 18的表面性质的方法的范例包括:(1)调整作为非磁性支撑体的基材11的表面性质的方法,和(2)调整当将SUL 18成膜时的输入溅射电功率的方法。存在与其中在溅射粒子到达基材11之后溅射粒子由于其动能而在基材11上来回移动(迁移)的现象之间的关系,形成了随着所述迁移现象越大而越平滑且结晶性越高的膜。在基材11的表面性质是粗糙的情形中,溅射粒子的动能由于表面的不平坦度的影响而衰减,可能无法获得充分的迁移。此外,同样在输入溅射电功率很小的情形中,由于溅射粒子的动能同样很小,因而可能无法在溅射粒子中获得充分的迁移。可通过控制这些参数来改变溅射膜的表面性

质。

[0123] 除如上所述几点以外,第二实施例与第一实施例相同。

[0124] 2.2效果

[0125] 在根据第二实施例的磁记录介质中,通过将SUL 18与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度Ra调整至0.4nm以上且1.0nm以下, $\Delta\theta_{50}$ 的值被设置为 5° 以上且小于 10° 。因此,可以同时获得记录与重放特性和可靠性。

[0126] 2.3变型例

[0127] 在如上所述的第二实施例中,描述了其中在基材11的表面上顺次叠置SUL 18、下方涂层12和记录层13的构造。然而,磁记录介质的层构造不限于此,只要SUL 18与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下即可,可以采用其他层构造。以下,将描述其他层构造。

[0128] 所述磁记录介质可在下方涂层12与记录层13之间进一步设置中间层。所述磁记录介质可在记录层13与保护层14之间进一步设置CAP层(堆叠层)。中间层和CAP层均与第一实施例的变型例1和2中的相同。

[0129] 代替图6中示出的具有单层结构的软磁性底层18,磁记录介质可设置APC-SUL, APC-SUL是具有多层结构的软磁性底层。APC-SUL的表面(成膜表面)的算术平均粗糙度Ra,即APC-SUL与下方涂层12之间的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。所述APC-SUL在其他方面与第一实施例的变型例4相同。

[0130] 3.第三实施例

[0131] 在第三实施例中,将描述设有第一和第二下方涂层的磁记录介质的范例,其中所述第一下方涂层的下层是基材,所述第二下方涂层的下层是SUL,并且通过调整SUL与第二下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra,将 $\Delta\theta_{50}$ 的值设置在 5° 以上且小于 10° 的范围内。

[0132] 3.1磁记录介质的构造

[0133] 如图7所示,根据本发明第三实施例的磁记录介质是所谓的双层垂直磁记录介质,其与根据第一实施例的磁记录介质的不同之处在于在下方涂层12与记录层13之间进一步设置SUL 18和下方涂层20。SUL 18设置于下方涂层12一侧,下方涂层20设置于记录层13一侧。

[0134] SUL 18与下方涂层20之间的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。下方涂层20与第一实施例中的下方涂层12相同。

[0135] 除如上所述几点以外,第三实施例与第一实施例相同。

[0136] 3.2效果

[0137] 在第三实施例中,通过将SUL 18与下方涂层20之间的界面的算术平均粗糙度Ra调整为0.4nm以上且1.0nm以下, $\Delta\theta_{50}$ 的值被设置为 5° 以上且小于 10° 。因此,可以同时获得记录与重放特性和可靠性。

[0138] 3.3变型例

[0139] 在如上所述的第三实施例中,描述了其中在基材11的表面上顺次叠置下方涂层12、SUL 18、下方涂层20和记录层13的构造。然而,磁记录介质的层构造不限于此,只要SUL 18与下方涂层20之间的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下即可,可以采用其他层构造。以下,将描述其他层构造。

[0140] 所述磁记录介质可在下方涂层20与记录层13之间进一步设置中间层。所述磁记录介质可在记录层13与保护层14之间进一步设置CAP层(堆叠层)。中间层和CAP层均与第一实施例的变型例1和2中的相同。

[0141] 代替图7中示出的具有单层结构的SUL 18,所述磁记录介质可设置APC-SUL, APC-SUL是具有多层结构的软磁性底层。除APC-SUL与下方涂层20之间的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下以外,该APC-SUL与第一实施例的变型例4中的相同。

[0142] 范例

[0143] 以下,将使用范例详细说明本发明;然而,本发明不仅仅限于这些范例。

[0144] 在本实施例中,如下获得“记录层的平均厚度”和“晶粒的平均粒径”。

[0145] 记录层的平均厚度

[0146] 如下获得记录层的平均厚度。拍摄磁带的截面TEM图像,从该截面TEM图像中获取100nm之中的20个点处的记录层厚度,并求取其平均值(算术平均)。

[0147] 晶粒的平均粒径

[0148] 如下获得记录层(粒状(recorded))中包含的晶粒的平均粒径。首先,拍摄磁带的平面TEM图像(2百万倍),从该平面TEM图像中获取记录层中包含的多个柱(晶粒)中的每一柱的粒径。接下来,通过简单地求取所获得的多个粒径的平均值(算术平均值),来获得晶粒的平均粒径。粒子的数目是100以上。

[0149] 将按以下顺序描述本发明的范例。

[0150] i. 基材表面的不平坦度与取向性强度 $\Delta\theta_{50}$ 之间的关系

[0151] ii. SUL表面的不平坦度与取向性强度 $\Delta\theta_{50}$ 之间的关系

[0152] iii. 层结构和各种特性之间的关系

[0153] i. 基材表面的不平坦度与取向性强度 $\Delta\theta_{50}$ 之间的关系

[0154] 范例1-1,比较例1-1和1-2

[0155] 基材的制备工艺

[0156] 首先,制备具有不同表面粗糙度的三种聚合物膜来作为具有柔性的非磁性基材。

[0157] 下方涂层的成膜工艺

[0158] 接下来,利用以下成膜条件,在聚合物膜上成膜5nm TiCr层(下方涂层)。

[0159] 溅射法:DC磁控溅射法

[0160] 靶:Ti₃₀Cr₇₀靶

[0161] 最终真空度: 5×10^{-5} Pa

[0162] 气体类型:Ar

[0163] 气体压力:0.25Pa

[0164] 记录层的成膜工艺

[0165] 接下来,利用以下成膜条件,在TiCr层(下方涂层)上成膜14nm (CoCrPt)-(SiO₂)层(记录层)。

[0166] 溅射法:DC磁控溅射法

[0167] 靶:(Co₇₅Cr₁₀Pt₁₅)₉₀-(SiC₂)₁₀靶

[0168] 气体类型:Ar

[0169] 气体压力:1.0Pa

- [0170] 保护层的成膜工艺
- [0171] 接下来,利用以下成膜条件,在 (CoCrPt) - (SiO₂) 层 (记录层) 上成膜5nm碳层 (保护层)。
- [0172] 溅射法:DC磁控溅射法
- [0173] 靶:碳靶
- [0174] 气体类型:Ar
- [0175] 气体压力:1.0Pa
- [0176] 顶部涂层的成膜工艺
- [0177] 接下来,在保护层上涂布润滑剂,并在所述保护层上成膜顶部涂层。
- [0178] 如上所述,获得了作为垂直磁记录介质的磁带。
- [0179] ii. SUL表面的不平坦度与取向性强度 $\Delta \theta_{50}$ 之间的关系
- [0180] 范例2-1和2-2,以及比较例2-1和2-2
- [0181] 基材的制备工艺
- [0182] 首先,制备具有不同表面粗糙度的四种聚合物膜来作为具有柔性的非磁性基材。
- [0183] SUL的成膜工艺
- [0184] 接下来,利用以下成膜条件,在聚合物膜上成膜80nm CoZrNb层来作为具有单层结构的SUL。
- [0185] 溅射法:DC磁控溅射法
- [0186] 靶:CoZrNb靶
- [0187] 气体类型:Ar
- [0188] 气体压力:0.1Pa
- [0189] 输入电功率:96mW/mm²
- [0190] 下方涂层的成膜工艺
- [0191] 接下来,通过与范例1-1中相同的方式,在CoZrNb层 (SUL) 上叠置TiCr层 (下方涂层)、(CoCrPt) - (SiO₂) 层 (记录层)、碳层 (保护层) 和顶部涂层。
- [0192] 范例2-3
- [0193] 除了形成APC-SUL而不是具有单层结构的SUL之外,通过与范例2-1中相同的方式获得磁带。以下,将描述构成APC-SUL的每个层的成膜工艺。
- [0194] 第一软磁性层
- [0195] 首先,利用以下成膜条件在TiCr层 (下方涂层) 上成膜40nm CoZrNb层来作为第一软磁性层。
- [0196] 溅射法:DC磁控溅射法
- [0197] 靶:CoZrNb靶
- [0198] 气体类型:Ar
- [0199] 气体压力:0.1Pa
- [0200] 输入电功率:96mW/mm²
- [0201] Ru中间层
- [0202] 利用以下成膜条件在CoZrNb层上在0.8nm至1.1nm的范围内成膜Ru层 (中间层)。
- [0203] 溅射法:DC磁控溅射法

- [0204] 靶:Ru靶
- [0205] 气体类型:Ar
- [0206] 气体压力:0.3Pa
- [0207] 第二软磁性层
- [0208] 接下来,利用以下成膜条件在Ru层(中间层)上成膜40nm CoZrNb层来作为第二软磁性层。
- [0209] 溅射法:DC磁控溅射法
- [0210] 靶:CoZrNb靶
- [0211] 气体类型:Ar
- [0212] 气体压力:0.1Pa
- [0213] 输入电功率:96mW/mm²
- [0214] 范例2-4
- [0215] 除了在聚合物膜的制备工艺之后、且在SUL的成膜工艺之前进一步提供用于随后的下方涂层的成膜工艺之外,通过与范例2-3中相同的方式获得磁带。
- [0216] 下方涂层的成膜工艺
- [0217] 利用以下成膜条件在聚合物膜上成膜5nm TiCr层。
- [0218] 溅射法:DC磁控溅射法
- [0219] 靶:Ti₃₀Cr₇₀靶
- [0220] 最终真空度: 5×10^{-5} Pa
- [0221] 气体类型:Ar
- [0222] 气体压力:0.25Pa
- [0223] 比较例2-3
- [0224] 除了在第一软磁性层的工艺和第二软磁性层的工艺中将输入电功率变为55mW/mm²之外,通过与范例2-4中相同的方式获得磁带。
- [0225] iii.层结构和各种特性之间的关系
- [0226] 范例3-1
- [0227] 除了在下方涂层的成膜工艺之后、且在记录层的成膜工艺之前进一步提供用于随后的中间层的成膜工艺外,通过与范例2-4中相同的方式获得磁带。
- [0228] 中间层的成膜工艺
- [0229] 利用以下成膜条件在TiCr层(下方涂层)上成膜20nm Ru层(中间层)。
- [0230] 溅射法:DC磁控溅射法
- [0231] 靶:Ru靶
- [0232] 气体类型:Ar
- [0233] 气体压力:1.6Pa
- [0234] 范例3-2
- [0235] 除了在下方涂层的成膜工艺中将气体压力变为1.00Pa、且在中间层的成膜工艺中将气体压力变为0.5Pa之外,通过与范例3-1中相同的方式获得磁带。
- [0236] 范例4-1
- [0237] 除了形成具有两层结构的中间层而不是具有单层结构的中间层之外,通过与范例

3-1中相同的方式获得磁带。以下,将描述具有两层结构的中间层的成膜工艺。

[0238] 第一中间层的成膜工艺

[0239] 接下来,利用以下成膜条件在TiCr层(下方涂层)上成膜10nm Ru层来作为第一中间层。

[0240] 溅射法:DC磁控溅射法

[0241] 靶:Ru靶

[0242] 气体类型:Ar

[0243] 气体压力:0.5Pa

[0244] 第二中间层的成膜工艺

[0245] 接下来,利用以下成膜条件在Ru层(第一中间层)上成膜20nm Ru层来作为第二中间层。

[0246] 溅射法:DC磁控溅射法

[0247] 靶:Ru靶

[0248] 气体类型:Ar

[0249] 气体压力:1.6Pa

[0250] 范例5-1

[0251] 除了形成具有两层结构的下方涂层而不是具有单层结构的下方涂层之外,通过与范例4-1中相同的方式获得磁带。以下,将描述具有两层结构的下方涂层的成膜工艺。

[0252] 第一下方涂层的成膜工艺

[0253] 接下来,利用以下成膜条件,在CoZrNb层(第二软磁性层)上成膜2.5nm TiCr层(第一下方涂层)。

[0254] 溅射法:DC磁控溅射法

[0255] 靶:Ti₅₀Cr₅₀靶

[0256] 最终真空度: 5×10^{-5} Pa

[0257] 气体类型:Ar

[0258] 气体压力:0.5Pa

[0259] 第二下方涂层的成膜工艺

[0260] 接下来,利用以下成膜条件,在TiCr层上成膜10nm NiW层(第二下方涂层)。

[0261] 溅射法:DC磁控溅射法

[0262] 靶:NiW靶

[0263] 最终真空度: 5×10^{-5} Pa

[0264] 气体类型:Ar

[0265] 气体压力:0.25Pa

[0266] 比较例5-1

[0267] 除了在第一软磁性层的工艺和第二软磁性层的工艺中将输入电功率变为55mW/mm²之外,通过与范例5-1中相同的方式获得磁带。

[0268] 范例5-2

[0269] 除了将(CoCrPt)-(SiO₂)层(记录层)的平均厚度变为10nm之外,通过与范例5-1相同的方式获得磁带。

[0270] 范例5-3和5-4

[0271] 除了在记录层的成膜工艺中将气体压力变为0.8Pa和1.2Pa之外,通过与范例5-1中相同的方式获得磁带。

[0272] 范例6-1

[0273] 除了在记录层的成膜工艺之后、且在保护层的成膜工艺之前进一步提供用于随后的CAP层的成膜工艺外,通过与范例2-4中相同的方式获得磁带。

[0274] CAP层的成膜工艺

[0275] 除了利用以下成膜条件在记录层和保护层之间成膜8nm CoPtCrB层(CAP层)之外,通过与范例5-1中相同的方式获得磁带。

[0276] 溅射法:DC磁控溅射法

[0277] 靶:CoPtCrB靶

[0278] 气体类型:Ar

[0279] 气体压力:1.5Pa

[0280] 范例6-2和6-3

[0281] 除了在中间层的成膜工艺中将气体压力变为1.2Pa和2.0Pa之外,通过与范例6-1中相同的方式获得磁带。

[0282] 评估

[0283] 如下评估如上所述获得的磁带。

[0284] 聚合物膜表面的算术平均粗糙度Ra

[0285] 拍摄磁带的截面TEM图像(长边方向上的长度为100nm以上的2百万倍图像)。通过该截面TEM图像,在100nm长度之上的200个位置处(期望的是按照大约0.5nm的均匀间隔),测量聚合物膜和与其表面相邻设置的上层之间的界面的不平坦度,并获得其算术平均粗糙度。

[0286] 算术平均粗糙度Ra (nm)的定义如下。

[0287] $Z(i)$:每个测量点处的测量值(nm)

[0288] i :测量点数目 $i=1$ 至200个点

[0289] Z_{ave} :平均中心线 $= (Z(1) + Z(2) + \dots + Z(200)) / 200$

[0290] $Z''(i)$:每个测量点处与平均中心线的偏差 $= Z(i) - Z_{ave}$

[0291] $Ra(nm) = (Z''(1) + Z''(2) + \dots + Z''(200)) / 200$

[0292] SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra

[0293] 拍摄磁带的截面TEM图像(长边方向上的长度为100nm以上的2百万倍图像)。通过该截面TEM图像,在100nm长度之上的200个位置处(期望的是按照大约0.5nm的均匀间隔),测量SUL与下方涂层之间的界面的不平坦度,并获得其算术平均粗糙度。这里,算术平均粗糙度Ra (nm)的定义如上所述。

[0294] 记录层的取向性强度 $\Delta \theta_{50}$

[0295] 通过摆动曲线法测量记录层中包含的磁性原子的衍射峰值来获得 $\Delta \theta_{50}$ 。

[0296] 中间层的取向性强度 $\Delta \theta_{50}$

[0297] 通过摆动曲线法测量中间层中包含的原子的衍射峰值来获得 $\Delta \theta_{50}$ 。

[0298] 记录层的磁特性

[0299] 使用振动样品磁强计 (VSM) 检查记录层的垂直方向上的磁特性 (H_c 和 R_s)。

[0300] 记录与重放特性的评估

[0301] 如下评估不具有下方涂层的单层垂直磁带 (范例1-1, 比较例1-1至1-2) 的记录与重放特性。首先, 使用环线测试器 (loop tester) (由Microphysics公司制造) 来获取磁带的重放信号。如下示出用于获取该重放信号的条件。

[0302] 磁头: GMR

[0303] 磁头速度: 2m/s

[0304] 信号: 单个记录频率 (10MHz)

[0305] 记录电流: 最佳记录电流

[0306] 接下来, 通过频谱分析仪, 以跨距 (SPAN) 0至20MHz (分辨带宽 = 100kHz, VBW = 30kHz) 来获取重放信号。接下来, 通过将所获取的频谱峰值设置为信号量S、并将对除去峰值的底噪声进行积分的结果设置为噪声量N, 获取信号量S和噪声量N的比率S/N作为信噪比 (SNR)。接下来, 将所获得的SNR转换为以作为基准介质的比较例1-1中的SNR作为基准的相对值 (dB)。

[0307] 如下评估具有下方涂层的双层垂直磁带 (范例2-1和6-3, 比较例2-1至5-1) 的记录与重放特性。首先, 使用单极型记录磁头和隧道磁阻 (TMR) 型重放磁头, 通过用压电工作台 (piezo-stage) 使磁头以往复方式振动以执行记录与重放、或者在所谓的拖曳测试器 (drag tester) 中, 来执行测量。在超过100Gb/in²的高记录密度记录区域中, 主要由于记录问题, 即使对于垂直磁记录介质, 仍难以实现充分的记录与重放特性, 需要将能够产生在垂直方向上陡峭的磁场的单极型 (SPT) 磁头、与具有软磁性底层 (SUL) 的双层垂直磁记录介质相结合。此外, 认为同样需要隧道磁阻 (TMR) 型重放磁头, 隧道磁阻 (TMR) 型重放磁头与巨大磁阻磁头相比, 其磁阻变化率很大, 而且重放灵敏度很高。由于这种原因, 这里使用STP记录磁头和TMR重放磁头来执行评估。这里, 重放磁头的导轨宽度被设置为75nm。接下来, 将记录波长设置为300每英寸千磁通变化 (kilo flux changes per inch, kFCI), 并通过按照以下比率进行计算来获得SNR, 所述比率是重放波形的峰-峰电压相对于由在0kFCI至600kFCI的带域上将噪声频谱积分时的值而获得的电压的比例。接下来, 将所获得的SNR转换为以作为基准介质的比较例1-1中的SNR作为基准的相对值 (dB)。

[0308] 示出范例1-1以及比较例1-1至1-2中的磁带的成膜条件。

[0309]

表 1

	层构造									
	CAP 层	磁性层		中间层			下方涂层			TiCr 层
	有或无	厚度 (nm)	气体 压力 (Pa)	有或无 第二层	第二层 气体压 力 (Pa)	有或 无第 一层	有或无 第二层	第二层 气体压 力 (Pa)	有或 无第 一层	
范例 1-1	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	无
比较例 1-1	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	无
比较例 1-2	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	无

[0310] 示出范例1-1以及比较例1-1至1-2中的磁带的评估结果。

[0311]

表 2

	表面性质		$\Delta\theta_{50}$		粒径	克尔磁性		判定指标	
	基材	SUL	中间层	磁性层	磁性层	-	-	-	-
	算术平均粗糙度 (nm)	算术平均粗糙度 (nm)	$\Delta\theta_{50}$ (度)	$\Delta\theta_{50}$ (度)	Φ (nm)	Hc (Oe)	Rs (%)	SNR (dB)	摩擦 (%)
范例 1-1	0.5	-	-	8.0	7.0	3500	88	1.0	109
比较例 1-1	1.2	-	-	10.0	7.0	2900	80	0.0	100
比较例 1-2	0.3	-	-	4.8	7.0	3700	90	1.5	粘着

[0312] 示出范例2-1至2-4以及比较例2-1至2-3中的磁带的成膜条件。

[0313]

表 3

	层构造												TiCr 层
	CAP 层	磁性层		中间层			下方涂层				SUL		
有或无	厚度 (nm)	气体压 力(Pa)	有或无 第二层	第二层 气体压 力 (Pa)	有或无 第一层	有或无 第二层	第二层气 体压力 (Pa)	有或无 第一层	有或 无	功率 (mW/mm ²)	层结 构	有或 无	
范例 2-1	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	96	SL	无
范例 2-2	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	96	SL	无
比较例 2-1	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	96	SL	无
比较例 2-2	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	96	SL	无
范例 2-3	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	96	APC	无
范例 2-4	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	96	APC	有
比较例 2-3	无	14	1.0	无	-	无	有	0.25	无	有	55	APC	有

[0314] 这里,在表3中,“功率”表示膜制造时的输入溅射电功率,“SL”表示具有单层结构的SUL,“APC”表示具有反平行耦合结构的SUL。

[0315] 示出范例2-1至2-4以及比较例2-1至2-3中的磁带的评估结果。

[0316]

表 4

	表面性质		$\Delta\theta_{50}$		粒径	克尔磁特性		判定指标	
	基材	SUL	中间层	磁性层		-	-	-	-
	算术平均粗糙度 (nm)	算术平均粗糙度 (nm)	$\Delta\theta_{50}$ (度)	$\Delta\theta_{50}$ (度)	Φ (nm)	Hc (Oe)	Rs (%)	SNR (dB)	摩擦 (%)
范例 2-1	0.5	0.5	-	8.0	7.0	3500	88	1.0	105
范例 2-2	1.0	1.0	-	9.8	7.0	3100	85	0.5	102
比较例 2-1	1.2	1.2	-	11.0	7.0	2800	80	-0.8	99
比较例 2-2	0.3	0.3	-	4.8	7.0	3700	90	1.5	粘着
范例 2-3	0.5	0.5	-	7.5	7.0	3500	88	1.3	106
范例 2-4	0.5	0.5	-	7.5	7.0	3600	89	1.3	106
比较例 2-3	0.5	1.2	-	11.0	7.0	2600	78	-1.5	106

[0317] 示出范例3-1至6-3和比较范例5-1中的磁带的成膜条件。

[0318]

表 5

	层构造									
	CAP 层	磁性层		中间层			下方涂层			TiCr 层
		厚度 (nm)	气体压 力 (Pa)	有或无 第二层	第二层 气体压 力 (Pa)	有或无 第一层	有或无 第二层	第二层 气体压 力 (Pa)	有或 无第一层	
	有或 无									
范例 3-1	无	14	1.0	有	1.6	无	有	0.25	无	有
范例 3-2	无	14	1.0	有	0.5	无	有	1.00	无	有
范例 4-1	无	14	1.0	有	1.6	有	有	0.25	无	有
范例 5-1	无	14	1.0	有	1.6	有	有	0.25	有	有
比较例 5-1	无	14	1.0	有	1.6	有	有	0.25	有	有
范例 5-2	无	10	1.0	有	1.6	有	有	0.25	有	有
范例 5-3	无	14	0.8	有	1.6	有	有	0.25	有	有
范例 5-4	无	14	1.2	有	1.6	有	有	0.25	有	有
范例 6-1	有	14	1.0	有	1.6	有	有	0.25	有	有
范例 6-2	有	14	1.0	有	1.2	有	有	0.25	有	有
范例 6-3	有	14	1.0	有	2.0	有	有	0.25	有	有

[0319] 这里,在表5中,“功率”表示膜制造时的溅射电功率,“SL”表示具有单层结构的SUL,“APC”表示具有反平行耦合结构的SUL。

[0320] 示出范例3-1至6-3和比较范例5-1中的磁带的评估结果。

[0321]

表 6

	表面性质		$\Delta\theta_{50}$		粒径	克尔磁性		判定指标	
	基材	SUL	中间层	磁性层		-	-	-	-
	算术平均粗糙度 (nm)	算术平均粗糙度 (nm)	$\Delta\theta_{50}$ (度)	$\Delta\theta_{50}$ (度)	Φ (nm)	Hc (Oe)	Rs (%)	SNR (dB)	摩擦 (%)
范例 3-1	0.5	0.5	6.5	7.0	7.0	4200	93	1.8	107
范例 3-2	0.5	0.5	8.7	9.7	7.0	3200	86	0.4	107
范例 4-1	0.5	0.5	6.5	7.0	7.0	4500	93	2.1	105
范例 5-1	0.5	0.5	6.5	7.0	7.0	4700	98	2.5	104
比较范例 5-1	0.5	1.2	10.0	11.0	7.0	2700	78	-0.3	99
范例 5-2	0.5	0.5	6.5	7.0	7.0	4000	95	1.0	105
范例 5-3	0.5	0.5	6.5	7.0	8.0	4500	95	0.5	105
范例 5-4	0.5	0.5	5.5	7.0	6.0	4500	95	2.2	105
范例 6-1	0.5	0.5	6.5	7.5	7.0	4500	93	2.3	104
范例 6-2	0.5	0.5	6.5	7.5	7.0	3000	85	0.2	105
范例 6-3	0.5	0.5	6.5	7.5	7.0	5500	100	2.8	107

[0322] 根据表1和表2作出如下理解。

[0323] 在范例1-1中,由于聚合物膜表面的算术平均粗糙度Ra(即,聚合物膜与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra)在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内,所以记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在5°以上且小于10°的范围内。因此,获得了良好的SNR,并抑制了摩擦的增加。

[0324] 在比较例1-1中,由于聚合物膜表面的算术平均粗糙度Ra(即,聚合物膜与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra)超过1.0nm,所以记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在10°以上。因此,抑制了摩擦的增加;然而,SNR降低。

[0325] 在比较例1-2中,由于聚合物膜表面的算术平均粗糙度Ra(即,聚合物膜与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra)小于0.4nm,所以记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 小于5°。因此,获得了良好的SNR;然而,磁带和磁头之间发生粘着。

[0326] 根据表3和表4作出以下理解。

[0327] 在范例2-1和2-2中,由于在基材与下方涂层之间设置SUL,并且SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内,所以记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在5°以上且小于10°的范围内。因此,获得了良好的SNR,并抑制了摩擦的增加。

[0328] 在比较例2-1中,由于在基材与下方涂层之间设置SUL,并且SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra超过1.0nm并且很大,所以记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 超过10°。因此,抑制了摩擦的增加;然而,SNR降低。

[0329] 在比较例2-2中,由于在基材与下方涂层之间设置SUL,并且SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra小于0.4nm,所以记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 小于5°。因此,获得了良好的SNR;然而磁带和磁头之间发生粘着。

[0330] 在范例2-3和2-4中,SUL具有APC结构。即使在这种构造的情形中,以与其中SUL具有单层结构的情形相同的方式,当SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内时,记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在5°以上且小于10°的范围内。因此,获得了良好的SNR,并抑制了摩擦的增加。

[0331] 在比较例2-3中,SUL具有APC结构。即使在这种构造的情形中,以与其中SUL具有单层结构的情形相同的方式,当SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra超过1.0nm时,记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 超过10°。因此,抑制了摩擦的增加;然而,SNR降低。

[0332] 根据表5和表6作出以下理解。

[0333] 在范例3-1和3-2中,在下方涂层与记录层之间设置具有单层结构的中间层。在这种构造的情形中,当SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内时,记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在5°以上且小于10°的范围内,并且中间层的 $\Delta\theta_{50}$ 为4°以上且9°以下,获得了良好的SNR,并且抑制了摩擦的增加。

[0334] 在范例4-1中,中间层的结构是两层结构。在这种构造的情形中,以与具有单层结构的中间层的情形相同的方式,当SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内时,记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在5°以上且小于10°的范围内,并且中间层的 $\Delta\theta_{50}$ 为4°以上且9°以下,获得了良好的SNR,并且抑制了摩擦的增加。

[0335] 在范例5-1至5-4中,下方涂层具有两层结构。即使在这种构造的情形中,以与具有单层结构的中间层的情形相同的方式,当SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra在0.4nm以上且1.0nm以下的范围内时,记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 在5°以上且小于10°的范围内,并且中间层的 $\Delta\theta_{50}$ 为4°以上且9°以下,获得了良好的SNR,并且抑制了摩擦的增加。

[0336] 在比较例5-1中,下方涂层具有两层结构。即使在这种构造的情形中,以与其中SUL具有单层结构的情形相同的方式,当SUL与下方涂层之间的界面的算术平均粗糙度Ra超过1.0nm时,记录层的 $\Delta\theta_{50}$ 超过 10° 。此外,中间层的 $\Delta\theta_{50}$ 超过 9° 。因此,抑制了摩擦的增加;然而,SNR降低。

[0337] 在上文中,详细说明了本发明的实施例、变型例及其范例;然而本发明不限于如上所述的这些实施例、变型例及其范例,可以根据本发明的技术构思作出各种修改。

[0338] 例如,在实施例、变型例及其范例中给出的构造、方法、工艺、形状、材料、数值等仅仅是例子,可以根据需要采用与上述内容不同的构造、方法、工艺、形状、材料、数值等。

[0339] 此外,如上所述的实施例、变型例及其范例的构造、方法、工艺、形状、材料、数值等可以在不脱离本发明要旨的范围内相互结合。

[0340] 此外,本发明还可以采用以下构造。

[0341] (1) 一种磁记录介质包括:具有柔性的基材、下方涂层、以及记录层,其中在X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量所述记录层中包含的磁性原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值为 5° 以上且小于 10° 。

[0342] (2) 根据(1)所述的磁记录介质,其中所述基材和所述下方涂层的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。

[0343] (3) 根据(1)所述的磁记录介质,还包括设置在所述基材与所述下方涂层之间的软磁性底层,其中所述软磁性底层和所述下方涂层的界面的算术平均粗糙度Ra为0.4nm以上且1.0nm以下。

[0344] (4) 根据(3)所述的磁记录介质,其中所述软磁性底层具有APC结构。

[0345] (5) 根据(3)或(4)所述的磁记录介质,还包括设置在所述基材与所述软磁性底层之间的含有Ti合金的层。

[0346] (6) 根据(1)或(2)中任一项所述的磁记录介质,还包括设置在所述下方涂层与所述记录层之间的中间层,其中在X射线衍射峰值中,通过摆动曲线法测量所述中间层中包含的原子的衍射峰值时的 $\Delta\theta_{50}$ 的值为 4° 以上且 9° 以下。

[0347] (7) 根据(6)所述的磁记录介质,其中所述中间层具有组成相同而成膜条件不同的多个层。

[0348] (8) 根据(6)所述的磁记录介质,其中所述中间层含有Ru。

[0349] (9) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中所述下方涂层含有Ti或者Ni。

[0350] (10) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中所述记录层的平均厚度为10nm以上。

[0351] (11) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中所述记录层是垂直记录层。

[0352] (12) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中所述记录层具有粒状结构。

[0353] (13) 根据(12)所述的磁记录介质,其中所述记录层包括:含有Co、Cr和Pt的合金以及含有Si的氧化物。

[0354] (14) 根据(12)所述的磁记录介质,其中所述记录层中包含的晶粒的平均粒径为6nm以上且8nm以下。

[0355] (15) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,还包括堆叠层。

[0356] (16) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中矫顽磁力Hc为30000e以上且

55000e以下,且矩形比Rs为85%以上。

[0357] (17) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中所述下方涂层和所述记录层通过溅射法而成膜。

[0358] (18) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,其中所述下方涂层和所述记录层通过卷装进出方法而成膜。

[0359] (19) 根据(1)至(4)中任一项所述的磁记录介质,所述磁记录介质进一步设有在所述记录层的表面上设置的保护层、和在所述保护层的表面上设置的顶部涂层。

[0360] (20) 根据(6)所述的磁记录介质,其中所述磁记录介质进一步设有在所述记录层的表面上设置的保护层、和在所述保护层的表面上设置的顶部涂层。

[0361] (21) 根据(1)或(2)所述的磁记录介质,其中在所述下方涂层与所述记录层之间进一步设置有软磁性底层。

[0362] (22) 根据(21)所述的磁记录介质,其中所述磁记录介质进一步设有在所述记录层的表面上设置的保护层、和在所述保护层的表面上设置的顶部涂层。

[0363] 本领域技术人员应理解的是,可根据设计要求及其他因素作出各种修改、组合、再组合和变化,只要它们涵盖在所述权利要求的范围及其等同范围之内。

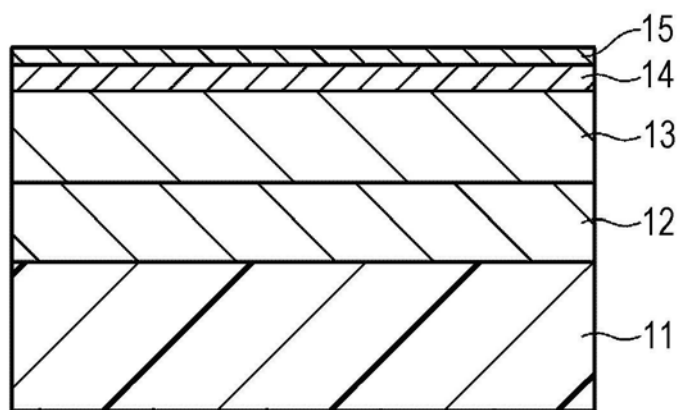


图1

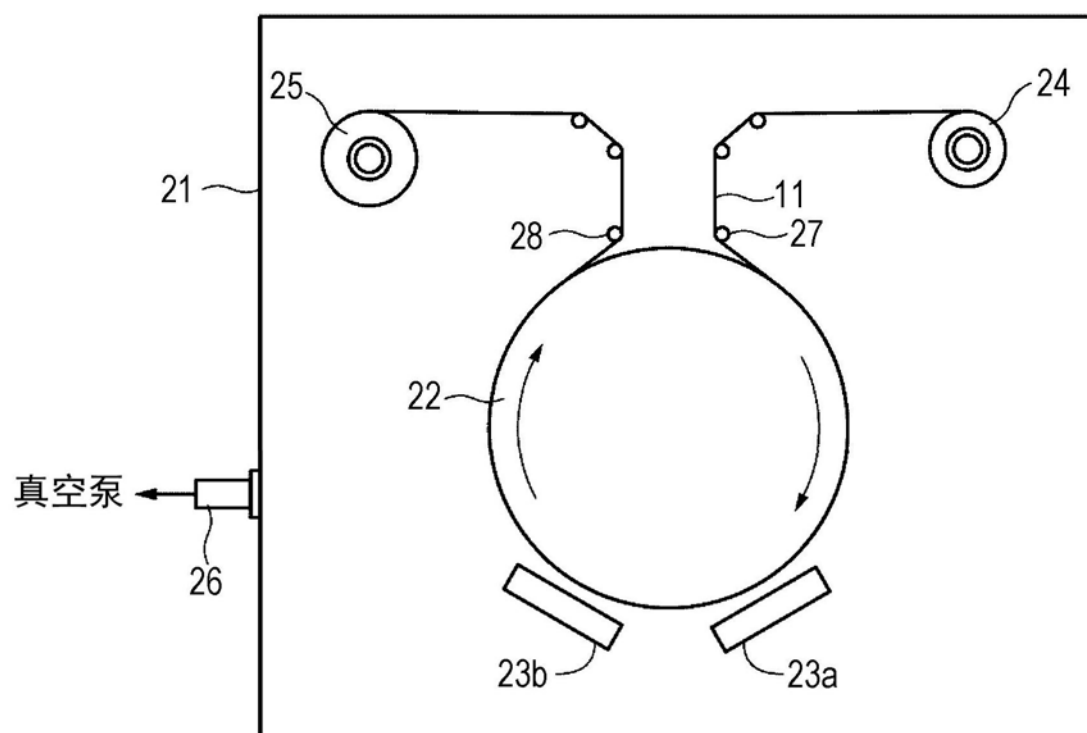


图2

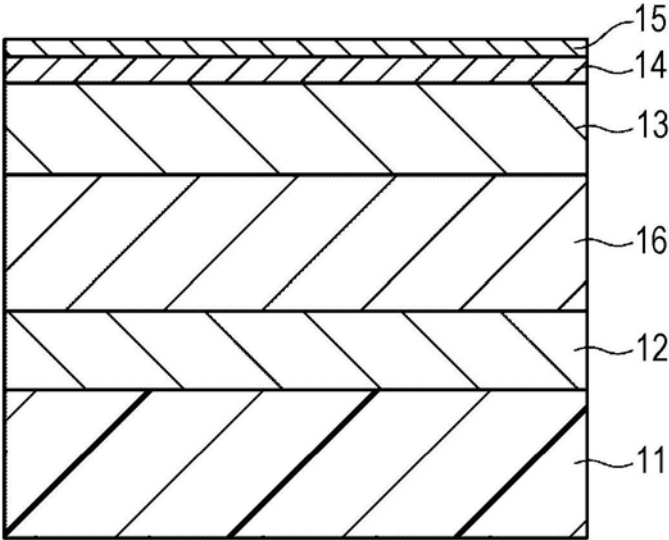


图3A

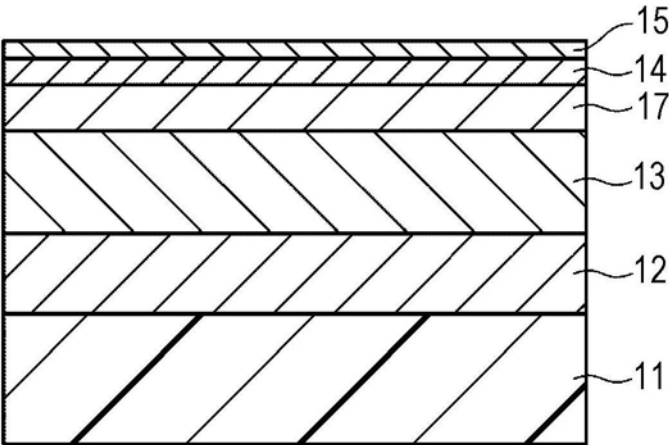


图3B

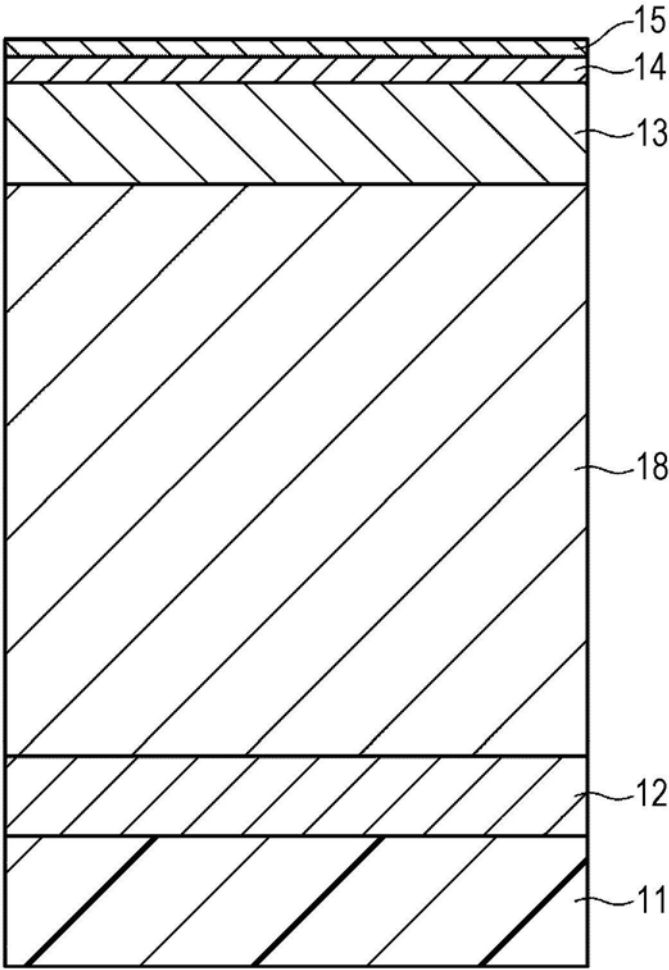


图4

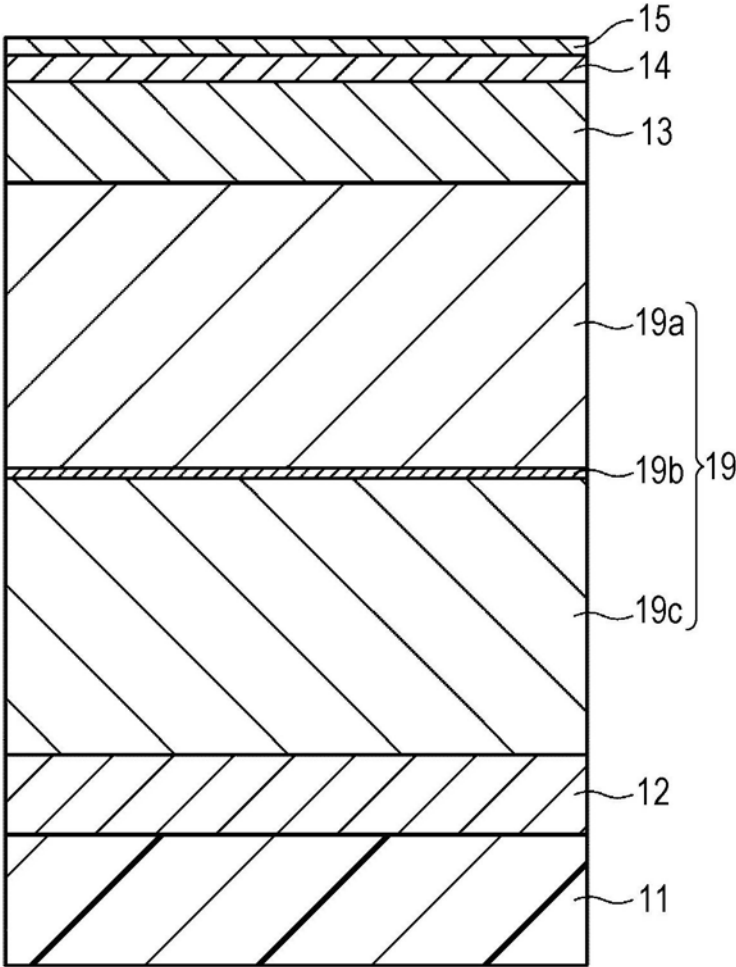


图5

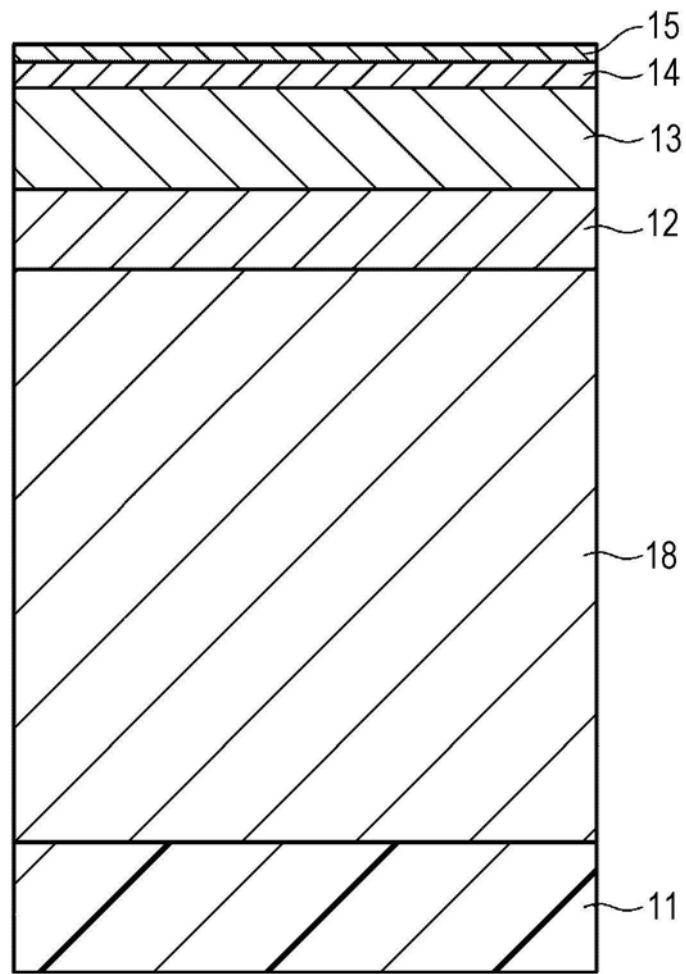


图6

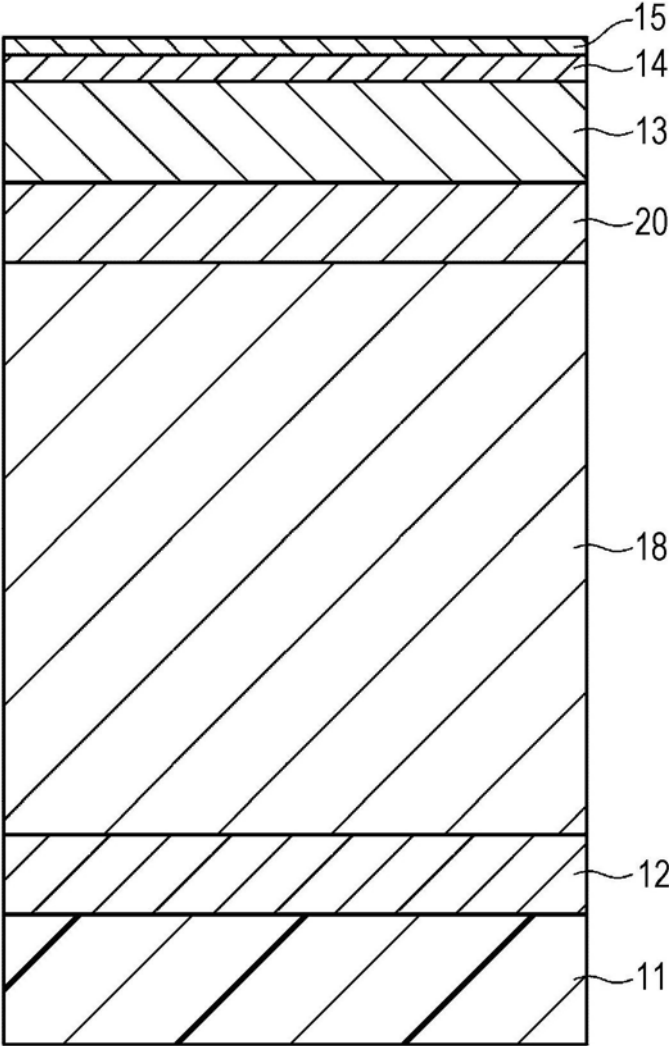


图7