

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610162762.7

[51] Int. Cl.

G11B 5/012 (2006.01)

G11B 5/48 (2006.01)

G11B 5/187 (2006.01)

G11B 21/16 (2006.01)

[43] 公开日 2007年6月6日

[11] 公开号 CN 1975862A

[22] 申请日 2006.11.28

[21] 申请号 200610162762.7

[30] 优先权

[32] 2005.11.28 [33] JP [31] 342359/2005

[71] 申请人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 阿部刚志

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 杨晓光 李 峥

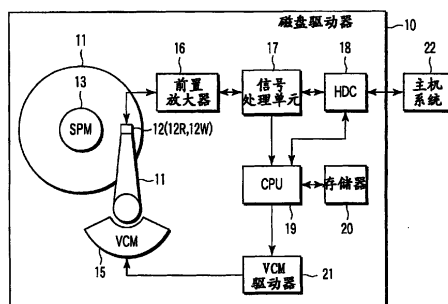
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

[54] 发明名称

具有用于垂直磁记录的磁头的磁盘驱动器

[57] 摘要

提供一种磁盘驱动器，它能实现一种有效的垂直磁记录系统的可变磁道间距结构。所述磁盘驱动器(10)使用一种磁头(12)，它包括一个写磁头(12W)，该写磁头具有一个主磁极结构，其底面形成梯形或三角形形状。写磁头在磁盘介质(11)上的可变磁道间距的磁道上记录，而可变磁道间距的设置基于所述主磁极结构的底面大小、斜交角和倾角。



1. 一种磁盘驱动器，其特征在于包含：

磁盘介质，被配置来允许进行垂直磁记录；

磁头，其配置为包括用于从所述磁盘介质读出垂直磁记录数据的读磁头和用于实施垂直磁记录到所述磁盘介质的写磁头，所述写磁头具有主磁极结构，其底面形成为梯形或三角形形状并面对着所述磁盘介质；以及

转动型致动器，其安装有磁头并被配置为在所述磁盘介质上沿着径向移动该磁头，其中，在所述磁盘介质上用所述写磁头来记录的那些磁道是这样的，就相对于所述底面而定义的一个倾角和一个在所述磁盘介质上方由所述转动型致动器来定位的所述磁头的斜交角而言，基于所述主磁极结构的所述底部的大小、斜交角和倾角而设置的磁道间距在所述磁盘介质的径向位置中是可变的，其中所述斜交角大于等于所述倾角。

2. 根据权利要求 1 所述的磁盘驱动器，其特征在于，在所述磁盘介质的径向位置中，其中所述斜交角小于所述倾角，所述磁道配置为使得所述磁道间距是常数。

3. 根据权利要求 1 所述的磁盘驱动器，其特征在于，用 MWW_0 表示当所述斜交角 Ha 为 0° 时所述写磁头的磁道宽度； MRW_0 表示所述读磁头的磁读宽度； MT 表示所述写磁头的磁头长度； Tp 表示磁道间距，所述磁道配置为满足下面的方程：

$$2Tp = MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) + MRW_0 \cdot \cos Ha \quad (H)$$

其中假设， $Ha > Ba$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的磁盘驱动器，其特征在于，用 MWW_0 表示所述斜交角 Ha 为 0° 时所述写磁头的磁道宽度； MRW_0 表示磁读宽度； MT 表示所述写磁头的磁头长度； Tp 表示磁道间距，所述磁道配置为满足下面的方程：

$$MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) + MRW_0 \cdot \cos Ha \leq 2Tp \quad (I)$$

$$2Tp \leq MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) + MRW_0 \cdot \cos Ha + 60 \quad (J)$$

其中假设, $H_a \gt B_a$ 。

5. 一种磁头, 其用于一种磁盘驱动器中, 该磁盘驱动器使用能进行垂直磁记录的磁盘介质, 其特征在于包括:

读磁头, 被配置为从所述磁盘介质中读出垂直磁记录的数据; 以及

写磁头, 被配置为在所述磁盘介质上实施垂直磁记录, 所述写磁头具有主磁极结构, 其底面形成梯形或三角形形状并面对着所述磁盘介质, 并且其中, 就相对于所述底面而定义的倾角和在所述磁盘介质上定位的斜交角而言, 被记录在所述磁盘介质上的那些磁道以在径向位置中的可变间距形成于所述磁盘介质上, 其中所述斜交角大于等于所述倾角, 设定与所述磁道间距相匹配的所述主磁极结构的底面大小和倾角。

6. 根据权利要求5所述的磁头, 其特征在于, 用 MWW_0 表示所述斜交角 H_a 为 0° 时所述写磁头的磁道宽度; MRW_0 表示所述读磁头的磁道宽度; MT 表示所述写磁头的磁头长度, 以及 T_p 表示磁道间距, 下面的方程得到满足:

$$2T_p = MWW_0 \cdot \cos H_a + MT \sqrt{1 + \tan^2 B_a} \cdot \sin(H_a - B_a) + MRW_0 \cdot \cos H_a \quad (K)$$

其中假设, $H_a \gt B_a$

7. 根据权利要求5所述的磁头, 其特征在于, 用 MWW_0 表示所述斜交角 H_a 为 0° 时所述写磁头的磁道宽度; MRW_0 表示所述读磁头的磁道宽度; MT 表示所述写磁头的磁头长度, 以及 T_p 表示磁道间距, 下面的方程 (L) 和 (M) 得到满足:

$$MWW_0 \cdot \cos H_a + MT \sqrt{1 + \tan^2 B_a} \cdot \sin(H_a - B_a) + MRW_0 \cdot \cos H_a \leq 2T_p \quad (L)$$

$$2T_p \leq MWW_0 \cdot \cos H_a + MT \sqrt{1 + \tan^2 B_a} \cdot \sin(H_a - B_a) + MRW_0 \cdot \cos H_a + 60 \quad (M)$$

其中假设, $H_a \gt B_a$ 。

具有用于垂直磁记录的磁头的磁盘驱动器

技术领域

本发明涉及到一种具有垂直磁记录系统的磁盘驱动器。

背景技术

一般而言，特别是在小型磁盘驱动器中，用于在磁盘介质上进行数据读/写操作的磁头被安装在一个转动型的致动器上。该转动型致动器的操作要使得允许写操作磁头在转动的磁盘介质上方沿径向来回摆动，这样，就可将该磁头定位到一个目标位置。

在使用转动型致动器的情形中，定位在磁盘介质上方的磁头牵涉一个所谓的斜交角，并会遇到相对于对应磁盘介质表面某径向位置的邻近磁道的间隔变化。更详细地说，斜交角的增加会导致有效磁道宽度（有效数据磁道宽度）的减少。

在磁盘介质表面有更多磁道形成的情形中，已经提出了一种用于根据磁盘介质表面的径向位置而改变磁道间距的可变磁道间距系统，作为一种考虑斜交角的增加磁道记录密度的方法（参见 JPT PAT APPLN KOKAI PUBLICATION No. 11-25609）。

在一种具有垂直磁记录系统的磁盘驱动器中，磁头被安装在一个滑块上，其中的只读数据的读磁头和垂直磁记录型的写磁头是分开的。在磁盘介质上该写磁头在主磁极结构的底面进行垂直磁记录，用以产生一个垂直记录磁场。在所谓的着陆点记录（footprint recording）中，即在主磁极结构的底面处进行的记录中，因为斜交角变得更大，对邻近磁道会施加更大的不利影响。

在具有垂直磁记录系统的磁盘驱动器中，如果使用一种写磁头，该写磁头具有通过将主磁极结构塑成一个梯形或三角形形状而定义的一个倾角，那

么会在另一方面有一种倾向，即，当斜交角变得更大时，有效磁道宽度变得更大。如果，在一方面，所述倾角变得更大，那么主磁极结构的面积减少并且垂直磁记录容量降低。在具有垂直磁记录系统的磁盘驱动器中，不可能只是通过使用一种能在斜交角的基础上改变磁道间距的可变磁道间距配置来增加磁盘介质的磁记录密度。

发明内容

因此，本发明的目标是，提供一种具有垂直磁记录系统的磁盘驱动器，该系统能够实现用于垂直磁记录系统的有效的可变磁道间距配置，并实现更高的磁道记录密度。

在本发明的一个方面，提供一种磁盘驱动器，它包括一种磁盘介质，被配置来允许进行垂直磁记录；一个磁头，其配置为包括一个用于从所述磁盘介质读出垂直磁记录数据的读磁头和一个用于实施垂直磁记录到所述磁盘介质的写磁头，所述写磁头具有一个主磁极结构，其底面形成一个梯形或三角形形状并面对着所述磁盘介质；以及一个转动型致动器，它安装有一个磁头，并被配置来在所述磁盘介质上沿着径向移动该磁头，其中，在所述磁盘介质上用写磁头来记录的那些磁道是这样的，就相对于所述底面而定义的一个倾角和一个在所述磁盘介质上方由所述转动型致动器来定位的磁头的斜交角而言，基于所述主磁极结构的底部表面的大小、斜交角和倾角而设置的磁道间距在磁盘介质表面的径向位置中是可变的，其中所述斜交角大于或等于所述倾角。

附图简述

结合进来并构成说明书的一部分的附图显示了本发明的实施例，并与上面给出的总的描述以及在下面给出的实施例的详细描述一起，用来解释本发明的原理。

图1是一个方框图，示出了根据本发明的一个实施例的磁盘驱动器的配置；

图 2 是解释根据本实施例的磁头的结构的示图；

图 3A 和 3B 是解释根据本实施例的磁头的主磁极结构的示图；

图 4 是解释位置关系的示图，显示了与本实施例相关的安装在致动器上的写磁头；

图 5A 和 5B 是解释本实施例所涉及的可变磁道间距的实际例子的示图；

图 6 是解释本实施例所涉及的磁道间距和斜交角之间的关系的示图；

图 7 是解释本实施例所涉及的磁道间距和磁道密度之间的关系的示图；

图 8 是解释本实施例所涉及的磁道间距和主磁极结构的各个参数之间关系方程的推导过程的示图；

图 9 是解释本实施例所涉及的磁道间距和主磁极结构的各个参数之间关系方程的推导过程的示图；以及

图 10 是解释本实施例所涉及的磁道间距和主磁极结构的各个参数之间关系方程的推导过程的示图。

具体实施方式

下面将参考附图解释本发明的一个实施例。

(磁盘驱动器的结构)

图 1 是一个方框图，显示了与本实施例相关的一个磁盘驱动器的结构。

本实施例中的磁盘驱动器 10 由一个硬盘驱动器组成，它使用能进行垂直磁记录的磁盘介质 11。该磁盘介质 11 被固定在一个主轴电动机 (SPM) 13 上的适当的位置，并且被置于磁盘驱动器 10 中能够进行高速转动。如图 2 所示，磁盘介质 11 由在非磁性衬底上的一个软磁层 112、一个中间非磁性层 111 和一个垂直记录层 110 的层叠结构所构成。垂直记录层 110 是一个与来自写磁头 12W 的垂直记录磁场相应而以磁方式记录数据的区域，如在下面所阐明的。

这里，在磁盘介质 11 上提供更多数量的磁道供写磁头 12W 进行数据记录。在本实施例中，如下面要阐明的，磁道与磁道的间隔所形成的磁道间距随着磁盘介质 11 上径向位置的不同而变化。

磁盘驱动器 10 具有一个磁头 12，相对于磁盘介质 11 而言它包括一个用于读出数据（伺服信息和用户信息）的读磁头 12R 和一个用于写入数据的写磁头。磁头 12 被安装在一个由音圈马达（VCM）15 驱动的致动器 14 上。所述 VCM 15 的驱动电流由一个 VCM 驱动器 21 提供，以便进行受控驱动。所述致动器 14 是一种移动头机构，它的驱动受微处理器（CPU）19 的控制，从而允许磁头 12 被定位到磁盘介质 11 上的目标位置（目标磁道）。

除了磁头磁盘组件，磁盘驱动器 10 还有前置放大器电路 16、信号处理单元 17、磁盘控制器（HDC）18、CPU 19 和存储器 20。

前置放大器电路 16 有读放大器，用于放大从磁头 12 中的读磁头 12R 输出的读数据信号，还有写放大器，它把写信号数据提供给写磁头 12W。信号处理单元 17 由处理读/写数据信号（包括对应着伺服信息的伺服信号）的信号处理电路构成，它也被称作读/写通道。

HDC 18 具有驱动器 10 和主机系统（例如，个人电脑以及各种数码器件）22 之间的接口功能。HDC 18 执行磁盘 11 和主机系统 22 之间读/写数据的转移控制。

CPU 19 由驱动器 10 的一个主控制器构成，它执行磁头定位控制和用户数据在控制下正常的读/写操作。即，CPU 19 包含一种实际的手段，为了允许磁盘介质 11 上磁道的磁道间距变化，该手段能影响磁头定位控制和数据写操作控制。

除了一个非挥发存储器闪存（EEPROM）之外，存储器 20 还包括 RAM、ROM 等，存储着各种控制 CPU 19 所必须的数据和程序。

（磁头的结构）

图 2 是解释与本实施例相关的磁头 12 的结构示意图。

磁头 12 由一个安装在滑块上的结构构成，图上没有显示，其中写磁头 12W 和读磁头 12R 是分开的。读磁头 12R 由一个只读磁头构成，通常是一个 GMR（巨磁阻元件）。

写磁头 12W 由一个适合进行垂直磁记录的单极型磁头构成，它有主磁极结构（记录磁极结构）120、对应于辅助磁极结构的具有拖边（trailing side）

磁极结构 121 的返回磁轭，以及激发线圈 122。写磁头 12W 的情形是这样的，在磁盘介质 11 的运动方向（图 2 中向右方向）上，拖边磁极结构 121 被置于后端，而主磁极结构 120 被置于前端。

主磁极结构 120 由磁导率较高的软磁材料构成，允许产生与流过激发线圈 122 的写电流相对应的垂直写磁场的激发。在本实施例中，如下面所阐明的，主磁极结构 120 是这样一种类型，其面向磁盘介质 11 表面的底面被塑成梯形或三角形形状。

（主磁极结构）

参考图 3A 到图 10，下面给出本实施例中写磁头 12W 处的主磁极结构 120 的解释。

图 3A 和 3B 显示了本实施例中写磁头 12W 的主磁极结构 120 处的底面 120W，该底面面向磁盘介质 11 的表面。此外，该底面 120W 可以被塑成一个三角形形状。

这里，主磁极结构 120 中的那些参数为：如图 3A 所示，PW，底面 120W 的上底宽度；PT，主磁极长度；PWB，下底宽度。如图 3B 所示，Ba 代表一个基于上底宽度 PW、主磁极长度 PT 和下底宽度 PWB 的倾角（bevel angle）。

图 4 显示了，在安装在致动器 14 上的状态中，磁盘介质上方读磁头 12R 中的读元件 120R 与主磁极结构 120 的底面 120W 的位置关系。在图 4 中，各个参数都用下面情形中的斜交角（skew angle）Ha 来定义，该情形中，在磁盘介质的上方，写磁头 12W 的磁道宽度用 MWW 表示，读磁头 12R 的磁读宽度用 MRW 表示。

这里，一般而言，磁道宽度 MWW 和主磁极结构 120 的上底宽度 PW 具有关系 $MWW > PW$ 。并且磁读宽度 MRW 和读元件 120 的读宽度 RW 具有关系 $MRW > RW$ 。而写磁头 12W 的磁头长度和主磁极长度 PT 的关系为 $MT > PT$ 。

在赋予磁头 12 一个斜交角 Ha 的状态中，如图 4 所示，eMWW 代表了相对于磁道宽度 MWW 的有效磁道宽度，eMRW 则代表了相对于磁读宽度

MRW 的有效读宽度。

(主磁极结构和可变磁道间距配置)

在本实施例的写磁头 12W 中,即使通过将主磁极结构 120 的底面 120W 塑成一个梯形或三角形形状并如上述那样给出倾角 Ba 而使斜交角 Ha 变得更大些,如下面将阐明的,有效磁道宽度仍变得更大,所以,有可能实现更高的磁道密度。另一方面,如果倾角 Ba 做得更大,那么主磁极结构 120 的底面 120W 的面积减小,因此导致磁记录能力的下降。

本实施例提供一种可变磁道间距结构来实现更高的磁道记录密度 (TPI), 而同时维持磁记录能力。

更详细地说,用 MWW_0 、 MRW_0 和 MT 分别代表斜交角 $Ha = 0^\circ$ 时的磁道宽度、磁读宽度、和磁头长度,磁道间距 Tp 的设定可由下面的方程 (A) 所指示的那样。

$$2Tp = MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) + MRW_0 \cdot \cos Ha \quad (A)$$

其中假设, $Ha > Ba$

或者,磁道间距 Tp 可以如此设定,使之满足下面的方程 (B) 和 (C) 所给出的关系。

$$MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) + MRW_0 \cdot \cos Ha \leq 2Tp \quad (B)$$

$$2Tp \leq MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) + MRW_0 \cdot \cos Ha + 60 \quad (C)$$

其中假设, $Ha > Ba$

参考图 8 到图 10,下面给出解释,说明了显示磁道间距 Tp 和主磁极结构 120 的各个参数之间关系的方程的推导过程。

如图 8 所示,磁道宽度 MWW 可以从 $\cos(Ha)$ 中计算,其中 $Ha = 0^\circ$ 时磁道宽度 = MWW_0 。因此,主磁极结构 120 的倾角 Ba 和磁头长度 MT 能够通过图 9 中所示的关系来表达。

如图 10 所示,下面的计算有效磁道宽度 $eMWW$ 的方程 (D) 能够从斜交角 Ha 和倾角 Ba 之间的关系中推导出来。

$$eMWW = MWW_0 \cdot \cos Ha + MT\sqrt{1 + \tan^2 Ba} \cdot \sin(Ha - Ba) \quad (D)$$

有效读宽度 $eMRW$ 可以由下面的方程 (E) 根据 $\cos(Ha)$ 得到,其中

$H_a = 0^\circ$ 时的磁道宽度 = MRW_0 。

$$eMRW = MRW_0 \cdot \cos H_a \quad (E)$$

这里，有效磁道宽度 $eMWW$ 能够从下面当 $H_a > B_a$ 时的方程 (F) 中得到。

$$eMWW = MWW_0 \cdot \cos H_a \quad (F)$$

其中假设， $H_a > B_a$ 。

另一方面，当斜交角 H_a 小于等于倾角 B_a 时，主磁极结构 120 的磁极就向外伸出一段距离，该距离由下面的方程给出：

$$MT\sqrt{1 + \tan^2 B_a} \cdot \sin(H_a - B_a) \quad (G)$$

其中假设， $H_a < B_a$ 。

通过上面的推导过程，就可以从上面的方程 (D) 推导出有效磁道宽度 $eMWW$ 。从方程 (D) 和 (E) 就可以推出方程 (A)，用以设定磁道间距 T_p 。也可以推出关系方程 (B) 和 (C)。

图 5 是一个说明图，给出了应用于本实施例的各个参数及其相关的磁道记录密度的实例。

现在假设有这样一个磁盘驱动器 10，其中，如图 5A 所示，在 300 Gbps 的目标面积密度下，磁盘介质 11 的半径值为 15 到 30 mm，斜交角 H_a 在半径为 15 mm 时为 -13° ，半径为 30 mm 时为 13° ，磁道组被等间距地分为 20 个区。

在这个磁盘驱动器 10 中，主磁极结构 120 的各个参数被设置为： $PW = 100 \text{ nm}$ ， $PT = 300 \text{ nm}$ ， $RW = 500 \text{ nm}$ ， $MWW = PW + 30 = 130 \text{ nm}$ ， $MRW = RW = 50 \text{ nm}$ ，以及 $MT = PT = 300 \text{ nm}$ 。

这里，图 6 给出了斜交角 H_a 和理想磁道间距 T_p 的关系。磁道间距 T_p 从关系式 $2T_p - eMWW - eMRW > 40$ 计算得到。在图 6 中，实线 60 给出了当作为主磁极结构 120 的参数之一的倾角 B_a 为 7° 时的特性。另一方面，虚线 61 给出了当所述倾角 B_a 为 9° 时的特性。如图 6 所示，磁道间距 T_p 在磁盘介质 11 上在斜交角 H_a 相对较小的范围内是一个常数。

如图 5B 中所示，在 $B_a = 7^\circ$ 时，如果为获得相同的表面容量而进行计

算,当不采用可变磁道间距时,平均线性密度(kBPI)和平均磁道密度(kTRI)分别变为 1459 kBPI 和 206 kTPI。另一方面,当采用可变磁道间距时,平均线性密度(kBPI)和平均磁道密度(kTRI)分别变为 1341 kBPI 和 224 kTPI。

类似地,在 $B_a = 9^\circ$ 时,当不采用可变磁道间距时,平均线性密度(kBPI)和平均磁道密度(kTRI)分别变为 1397 kBPI 和 215 kTPI。另一方面,当采用可变磁道间距时,平均线性密度(kBPI)和平均磁道密度(kTRI)分别变为 1317 kBPI 和 228 kTPI。即,当不采用可变磁道间距时,线性密度的差异为 118 kBPI。另一方面,采用可变磁道间距时,相应的差异只是 24 kBPI。如果采用可变磁道间距,可以获得更高的磁道密度(TPI),而倾角 B_a 不需要给定为任何相对较大的值。即,不用对磁头 12 和磁介质 11 施加任何不利的影响就可能获得高的记录密度。

图 7 给出了磁盘介质上半径方向磁道密度(TPI)的变化。在图 7 中,虚线 71 显示了没有采用可变磁道间距时的特性,即,磁道间距是常数时的特性。而实线 70 显示了采用可变磁道间距时的特性。如图 7 中的实线 70 所示,在磁盘介质 11 的中间圆周部分,在相对较小的斜交角 H_a 范围内,具有一个给定的高的磁道密度,在那些内圆周和外圆周部分,磁道间距被设置为可变的,以便允许磁道密度变化。

如上面所阐明的,基于关系式(A)和关系式(B)或(C)可以实现一种磁道结构,即,考虑到斜交角 H_a 和作为主磁极结构 120 的参数之一的磁头 12 表面的倾角 B_a ,采用可变磁道间距 T_p 实现了这种磁道结构。对于这种磁盘介质 11 上的这种磁道结构,有可能在磁盘介质 11 上获得一个相对高的磁道密度(TPI),而同时保持主磁极结构的记录能力。

换言之,在垂直磁记录中为了在斜交角 H_a 较大的情况下获得较高的磁道密度(TPI),主磁极结构 120 的底面 120W 被塑成梯形或三角形形状来产生一个倾角 B_a ,并且,通过这样做,即使没有提供一个相对较大的倾角 B_a ,也有可能是在磁盘介质 11 上在可变磁道间距的情况下获得较高的磁道密度(TPI)。我们注意到,如果斜交角 H_a 比倾角 B_a 小,那么磁道间距 T_p 可

为常数。

根据本实施例，对于使用垂直记录系统写磁头的磁盘驱动器，其中，通过将主磁极结构塑成梯形或三角形形状而使该写磁头产生一个倾角，可以获得一个有效的可变磁道间距配置而不需要降低垂直磁记录能力，并可以获得一个高的磁道记录密度。

对于本领域技术人员来说，会容易地看到其它的优点和修改方法。所以，本发明在其较宽广的层面上不限于这里所显示和描述的特殊细节和有代表性实施例。因此，可以做各种修饰而不偏离由附带的权利要求书和它们的等价提法所定义的一般性的发明概念的精神和范围。

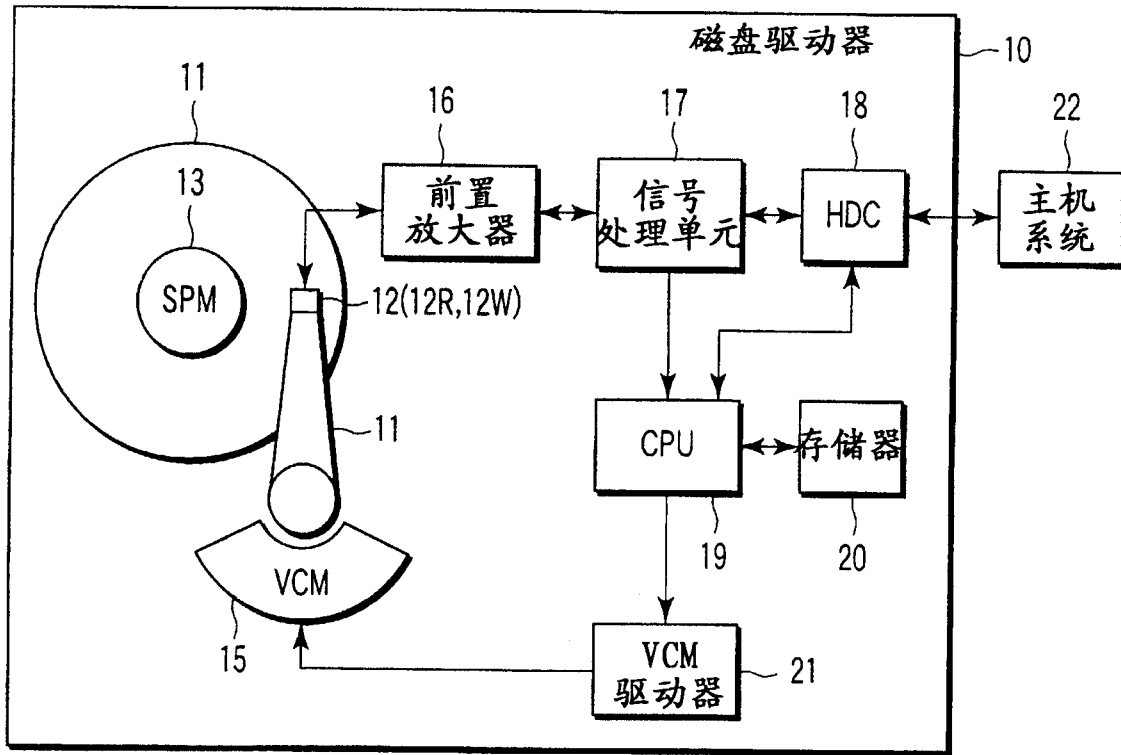


图 1

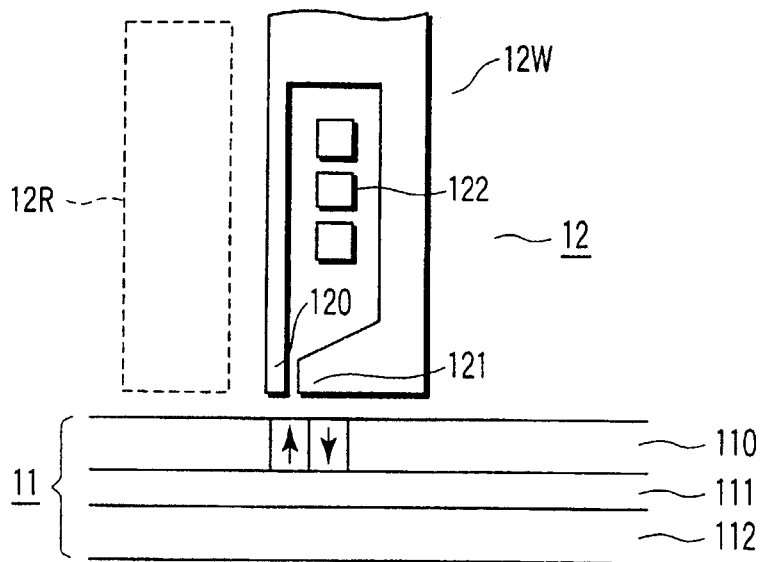


图 2

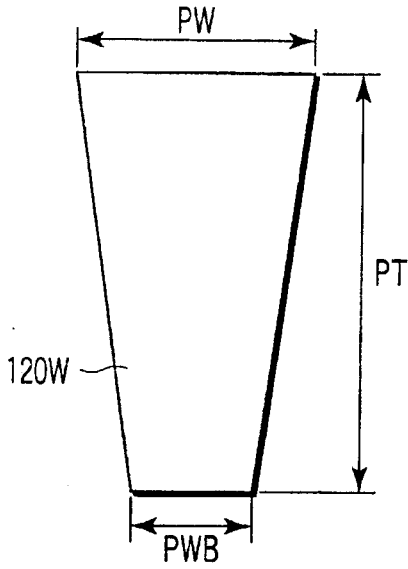


图 3A

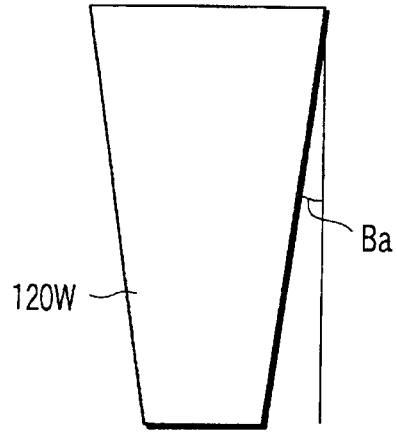


图 3B

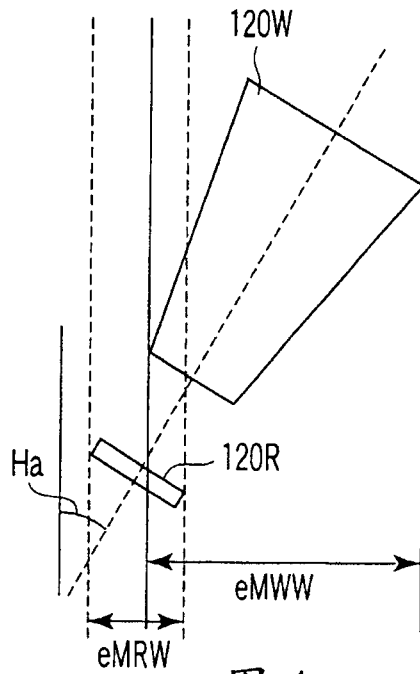


图 4

面密度 (Gbps)	PW (nm)	PT (nm)	RW (nm)	MRW (nm)	MWW (nm)	MT (nm)	倾角 (°)
300	100	300	50	50	130	300	7
							9

图 5A

倾角 (°)	使用可变磁道间距		不用可变磁道间距	
	线密度 (kBPI)	磁道密度 (kTPI)	线密度 (kBPI)	磁道密度 (kTPI)
7	1341	224	1459	206
9	1317	228	1397	215

图 5B

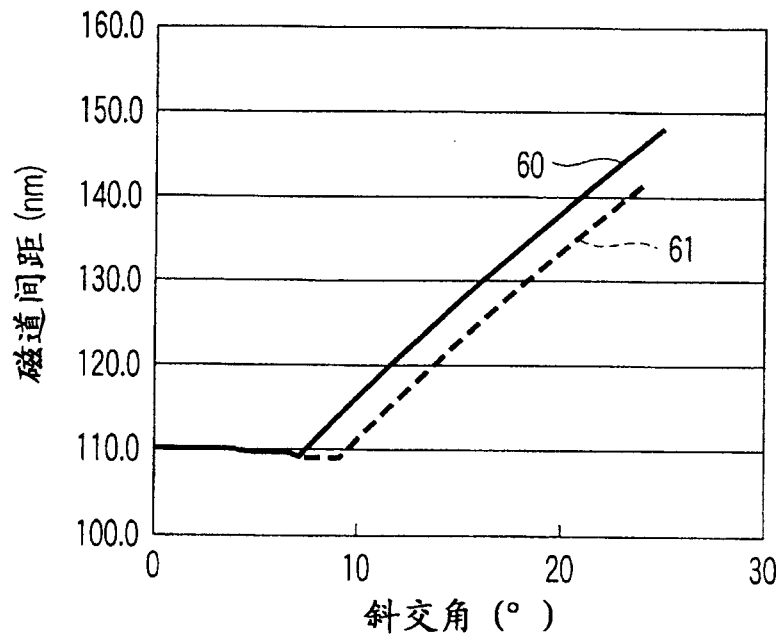


图 6

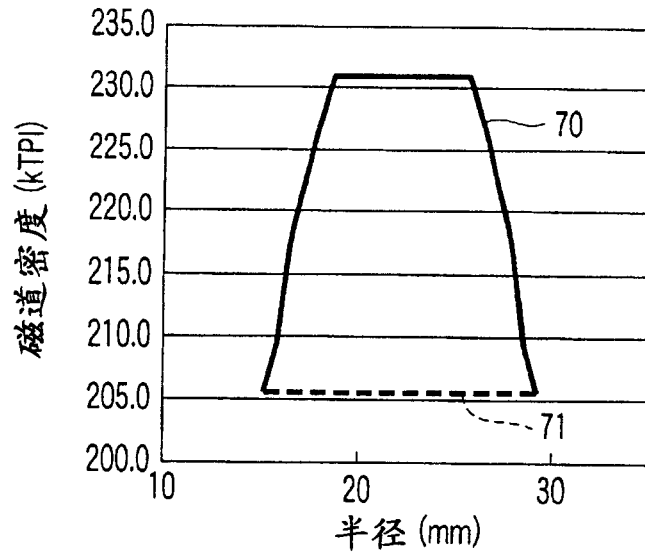


图 7

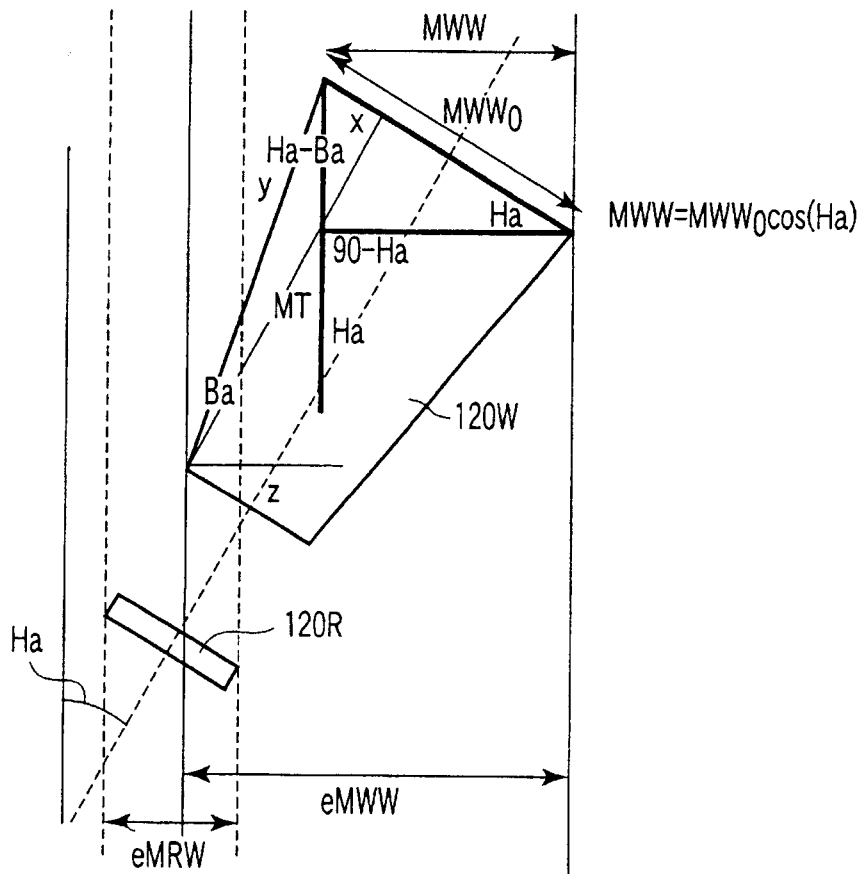


图 8

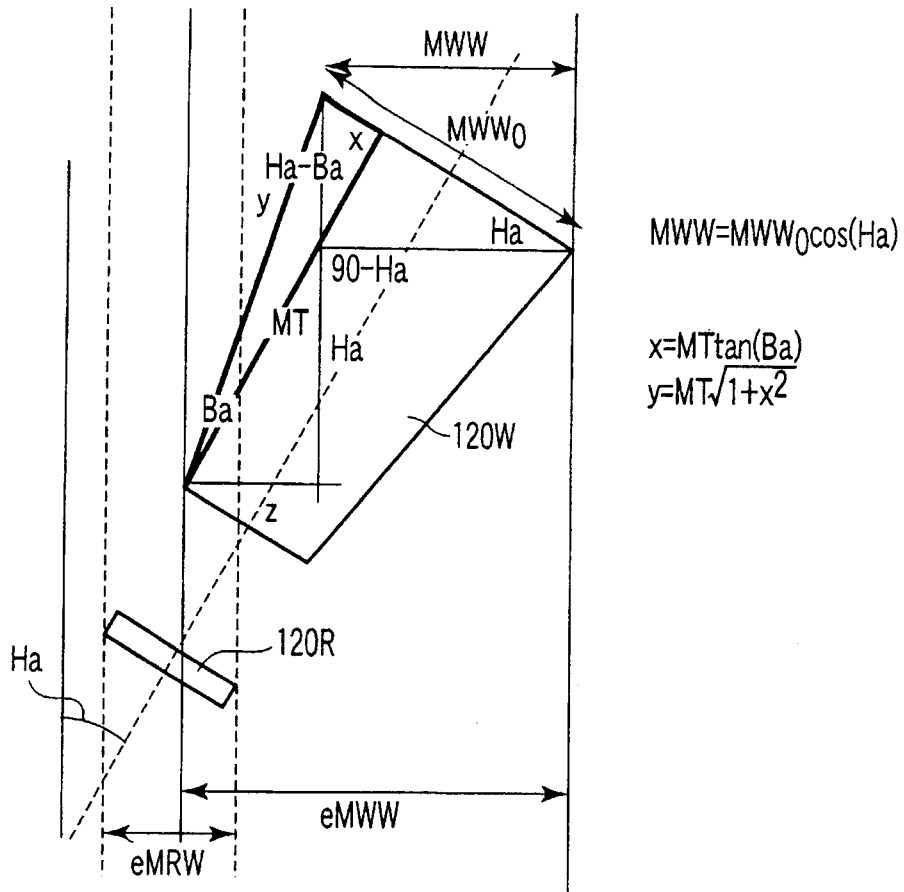


图 9

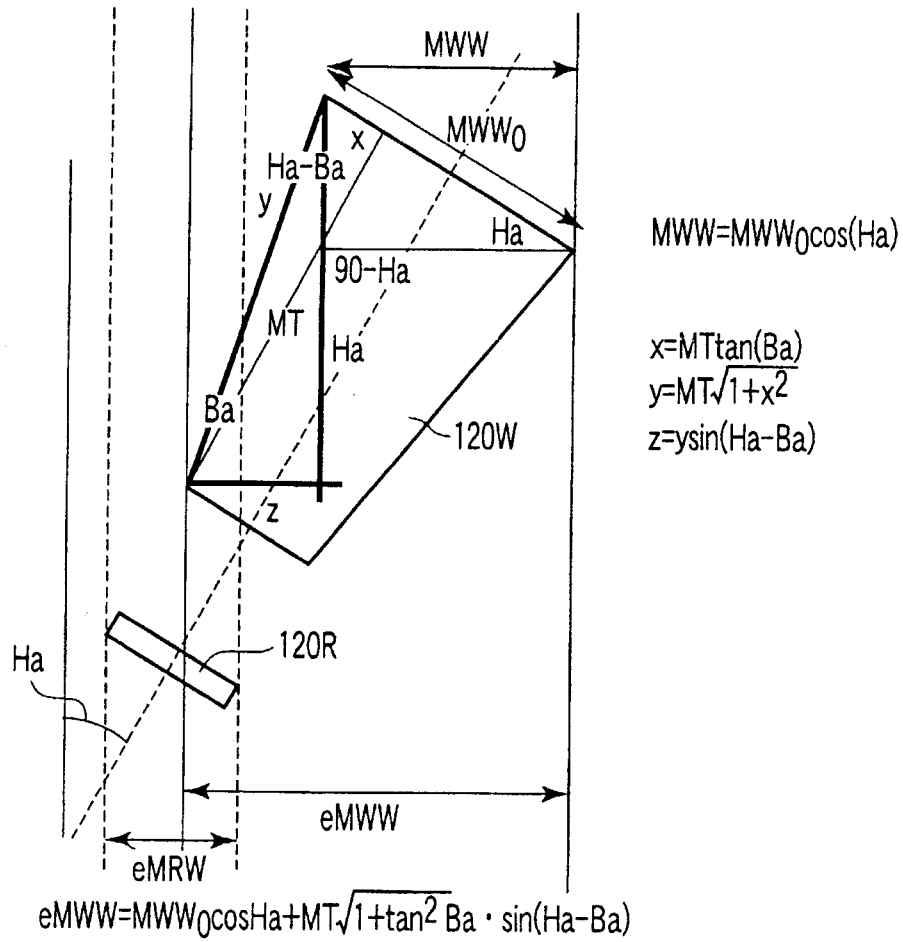


图 10