

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/012 (2006.01)

G11B 5/66 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410063898.3

[45] 授权公告日 2008 年 1 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100362569C

[22] 申请日 2004.7.14

[21] 申请号 200410063898.3

[30] 优先权

[32] 2003.7.15 [33] US [31] 10/620,542

[73] 专利权人 日立环球储存科技荷兰有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

[72] 发明人 戴维·T·玛格里斯

安德莱斯·莫瑟 哈尔·J·罗森

詹-尤尔利奇·蒂尔

[56] 参考文献

CN1383548A 2002.12.4

US2003/0017364A1 2003.1.23

JP2003-91801A 2003.3.28

审查员 田静怡

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 付建军

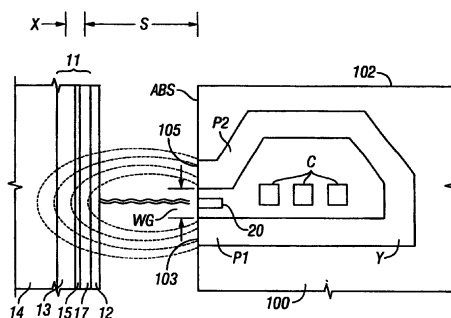
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

具有叠层介质并且介质信噪比改善的磁记录
盘驱动器

[57] 摘要

一种磁记录盘驱动器，具有感应写入磁头和加热器，用于在记录磁盘上的叠层介质中记录数据。该叠层介质具有被非磁性隔离层分隔的至少两层铁磁性层，由此 SNR 得以改善。每个铁磁性层可以由具有能够被传统的感应写入磁头进行写入的内禀矫顽力的材料形成，但是由于为了提高 SNR 的期望的叠层，距写入磁头最远的铁磁性层受到的磁场小于其内禀矫顽力，因此不能进行写入。为了对叠层介质进行写入，将热量引导至下铁磁性层，使其内禀矫顽力降低至其受到的磁场之下。



1. 一种磁记录盘驱动器, 包括:

磁记录盘, 包括基片和基片上的磁记录叠层, 该磁记录叠层具有下铁磁性层、上铁磁性层、以及下和上铁磁性层之间的非铁磁性隔离层; 其中, 下和上铁磁性层中的至少之一是反铁磁性耦合层, 该反铁磁性耦合层包括第一铁磁性薄膜、第二铁磁性薄膜和位于第一和第二铁磁性薄膜之间的反铁磁性耦合薄膜, 该反铁磁性耦合薄膜具有的厚度和组成使得第一和第二铁磁性薄膜产生反铁磁性交换耦合;

感应写入磁头, 用于产生改变下和上铁磁性层的区域中的磁化方向的磁场, 在所述区域的下和上铁磁性层的磁化方向是平行的; 以及

加热器, 用于将热量引向暴露于来自所述感应写入磁头的磁场的下铁磁性层的区域。

2. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中, 下铁磁性层是反铁磁性耦合层。

3. 根据权利要求 2 的磁记录盘驱动器, 其中, 反铁磁性耦合层的第一铁磁性薄膜具有厚度 t_1 和磁化强度 M_1 , 并且与非铁磁性隔离层相邻, 反铁磁性耦合层的第二铁磁性薄膜具有厚度 t_2 和磁化强度 M_2 , 其中第二铁磁性薄膜的单位面积磁矩 $M_2 \times t_2$ 小于第一铁磁性薄膜的单位面积磁矩 $M_1 \times t_1$ 。

4. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中, 反铁磁性耦合层的反铁磁性耦合薄膜由选自钌、铬、铽、铈、铜及其合金所构成的组之中的材料形成。

5. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中, 第一和第二铁磁性薄膜由选自钴、铁、镍及其合金所构成的组之中的材料形成。

6. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中还包括在基片与磁记录叠层之间位于基片上的底层。

7. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中还包括形成在磁记录叠层上的保护外涂层。

8. 一种磁记录盘驱动器, 包括:

磁记录盘, 包括基片和基片上的磁记录叠层, 该磁记录叠层具有下铁磁性层、上铁磁性层、以及下和上铁磁性层之间的非铁磁性隔离层;

感应写入磁头, 用于产生改变下和上铁磁性层的区域中的磁化方向的磁场, 在所述区域的下和上铁磁性层的磁化方向是平行的; 以及

电阻性加热器, 用于将热量引向暴露于来自所述感应写入磁头的磁场的下铁磁性层的区域。

9. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中, 加热器是激光器。

10. 根据权利要求 1 的磁记录盘驱动器, 其中还包括用于支承感应写入磁头的滑块。

11. 根据权利要求 10 的磁记录盘驱动器, 其中, 加热器被支承在滑块上。

12. 一种磁记录盘驱动器, 包括:

感应写入磁头, 用于产生磁场;

磁记录盘, 包括基片和基片上的磁记录叠层, 该磁记录叠层具有下铁磁性层、上铁磁性层、以及下和上铁磁性层之间的非铁磁性隔离层, 上铁磁性层位于距感应写入磁头的距离 S 处, 下铁磁性层位于距感应写入磁头的距离 $S+X$ 处, 当在距离 S 处暴露于来自感应写入磁头的磁场时, 下铁磁性层具有的内禀矫顽力可使磁化强度方向反转, 但在距离 $S+X$ 处暴露于来自感应写入磁头的磁场时, 下铁磁性层的内禀矫顽力不能使磁化强度方向反转;

用于加热下铁磁性层的降低其内禀矫顽力的加热器, 从而在距离 $S+X$ 处下铁磁性层被暴露于来自感应写入磁头的磁场时, 下铁磁性层的内禀矫顽力可使下铁磁性层中的磁化强度方向反转;

其中, 下和上铁磁性层中的至少之一是反铁磁性耦合层, 该反铁磁性耦合层包括第一铁磁性薄膜、第二铁磁性薄膜和位于第一和第二铁磁性薄膜之间的反铁磁性耦合薄膜, 该反铁磁性耦合薄膜具有的厚度和组成使得第一和第二铁磁性薄膜产生反铁磁性交换耦合。

13. 根据权利要求 12 的磁记录盘驱动器, 其中, 仅有下铁磁性层是反铁磁性耦合层。

14. 根据权利要求 13 的磁记录盘驱动器, 其中, 反铁磁性耦合层的第一铁磁性薄膜具有厚度 t_1 和磁化强度 M_1 , 并且与非铁磁性隔离层相邻, 反铁磁性耦合层的第二铁磁性薄膜具有厚度 t_2 和磁化强度 M_2 , 其中第二铁磁性薄膜的单位面积磁矩 $M_2 \times t_2$ 小于第一铁磁性薄膜的单位面积磁矩 $M_1 \times t_1$ 。

15. 根据权利要求 12 的磁记录盘驱动器, 其中, 加热器是电阻性加热器。

16. 根据权利要求 12 的磁记录盘驱动器, 其中, 加热器是激光器。

17. 根据权利要求 12 的磁记录盘驱动器, 其中还包括用于支承感应写入磁头的滑块。

18. 根据权利要求 17 的磁记录盘驱动器, 其中, 加热器被支承在滑块上。

19. 根据权利要求 12 的磁记录盘驱动器, 其中, 上铁磁性层由具有的内禀矫顽力大于下铁磁性层的内禀矫顽力的材料形成。

具有叠层介质并且介质信噪比 改善的磁记录盘驱动器

相关申请

本申请涉及名称为“在介质信噪比改善的叠层介质上进行磁记录的方法”的同时提交的共同未决专利申请,该申请基于与本申请相同的说明书。

技术领域

本发明一般涉及磁记录盘驱动器,更具体地涉及由于介质信噪比(SNR)改善而使得记录密度提高的磁记录盘驱动器。

背景技术

在磁记录盘驱动器中,磁盘上的磁记录介质是粒状金属合金,例如 CoPt 合金,介质内禀噪声随着线性记录密度的增大而增大。由于记录的磁性转换的不规则而出现介质噪声,并且导致读回信号峰值的随机漂移。较高的介质噪声导致较高的误码率。于是在磁记录盘驱动器中获得较高的面积密度,必须降低介质内禀噪声,即提高记录介质的信噪比(SNR)。

介质 SNR 的第一数量级比例是 $20\log(N^{1/2})$, 其中 N 是单位面积介质的磁性颗粒数量, SNR 以 dB 单位表示。因此, N 的增加可以伴随着 SNR 的提高。但是, N 受到保持记录的磁化强度的热稳定性所要求的单个颗粒面积的限制。产生这种限制是因为避免产生热退化的能量项是 KV, 其中 K 是各向异性, V 是单个磁性颗粒的体积。必须保持 KV 大于一定的值, 以便确保记录的磁化强度的热稳定性。仅通过减小颗粒面积 A 来增加 N 将降低 V, 因为 $V=At$, 其中 t 是颗粒高度(即磁记录层的厚度), 这样将降低 KV, 影响热稳定性。避免这

种问题的一种办法是随着 V 的减小成比例地提高各向异性 K 。但是，这种办法受到记录磁头可以产生的写入磁场的限制。对介质进行写入（即改变记录的磁化强度）的所必需的磁场由介质的短时或者内禀矫顽力 H_0 所代表，与 K/M 成正比，其中 M 是颗粒磁化强度或者磁矩。因此，提高 K 将提高 H_0 ，可以使得介质不能被传统的记录磁头写入。总之，为了保证磁记录盘驱动器的可靠工作，介质必须具有足够高的 SNR，对可写入而言足够低的 H_0 ，以及对热稳定性而言足够高的 KV 。

采用“叠层”介质可以实现介质的 SNR 改善。在叠层介质中，被非磁性隔离层分隔及磁性去耦的两层或多层分离的磁性层的叠层代替了单个磁性层。此发现是由 S. E. Lambert 等人在“利用叠层降低薄膜金属介质中的介质噪声”，IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 26, No. 5, 1990, 9, pp. 2706-2709 做出的，并且获得了美国专利 5051288。由于该办法在磁性叠层中包含两磁性层时增加了 N ，例如基本增加了一倍，所以提高了 SNR。在该办法中，单个磁性层中所用的同样的磁性合金组成用于磁性叠层的全部磁性层中，以便不必使用 K 更高的磁性合金材料。这样， K 保持与单层介质相同，即每个磁性层具有能够由传统写入磁头写入的内禀矫顽力 H_0 。如果叠层中的每个磁性层的厚度也与单个磁性层相同，则颗粒体积 V 保持相同，因为两磁性层中的颗粒被非磁性隔离层磁性去耦。这样，SNR 提高，但 Kv 不降低，从而也不会降低热稳定性。但是，这种提高介质 SNR 的叠层介质的办法实质上需要较厚的介质，例如为了使 SNR 提高大约 3dB，磁性层总厚度需要加倍。但是，因磁性层厚度加倍而产生了不同的问题，亦即重写（OW）的变劣，这涉及到衡量在在先写入信号上记录第二次信号究竟如何的问题。低的 OW 是不期望的，因为这意味着通过第二次信号重写之后仍然保留了大量的原有信号。即使叠层中的磁性材料能够被传统的写入磁头所写入，但是在叠层介质中出现低的 OW，这是因为随着与磁头的距离增大，写入磁场减弱，所以底部磁性层的写入磁场强度比顶部磁性层的要弱。

通过热辅助磁性记录（TAMR），也可以改善介质的 SNR，其中

在写入过程中将高 K 磁记录层加热到接近磁性材料的居里温度。在此办法中,用不同合金组成的单个磁性层代替具有 KV 值的单个磁性层。这种不同合金具有较小的颗粒,从而增加了 N,但是也具有较高的各向异性 K。由于较高 K 的材料具有较高的 H_0 ,所以不能用传统的写入磁头进行写入,于是必须加热磁性材料,降低内禀矫顽力,使得足以进行写入。已经提出了在 TAMR 中用于加热高 K 介质的几种方法,包括使用激光束或者紫外线灯进行局部加热,正如以下文献所记载的:
“Data Recording at Ultra High Density”, IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 39, No. 7, July 1996, p.237; “Thermally-Assisted Magnetic Recording”, IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 40, No. 10, October 1997, p.65; 和美国专利 5583727。TAMR 系统所用的读出/写入磁头公开于美国专利 5986978,其中靠近写入磁头的磁极或者在一定间隙内制造特殊的光学通道,用于将激光或者热量指引到通道。美国专利 6493183 公开了 TAMR 磁盘,其中薄膜感应写入磁头包括位于写入磁头极尖之间的写入间隙中的电阻性加热器,用于局部加热高 K 磁记录层。

需要的是具有热稳定性、OW 高的高 SNR 介质的磁记录盘驱动器。

发明内容

根据本发明的磁记录盘驱动器具有感应写入磁头和加热器,用于在记录磁盘上的叠层介质中记录数据。该叠层介质具有被非磁性隔离层分隔的至少两层铁磁性层,SNR 得以改善。每个铁磁性层可以由具有能够被传统的感应写入磁头进行写入的内禀矫顽力的材料形成,但是由于为了提高 SNR 的期望的叠层,距写入磁头最远的铁磁性层受到的磁场小于其内禀矫顽力,因此不能进行写入。为了对叠层介质进行写入,将热量引导至下铁磁性层,使其内禀矫顽力降低至其受到的磁场之下。由于上铁磁性层也被加热,所以上层可以使用具有高 K 值的材料,以便上铁磁性层能够具有的矫顽力可使其未被加热时不能由传

统的写入磁头进行写入。

加热器可以设置得靠近或者内置在感应写入磁头，并且可以是电阻性加热器或者其它加热源，例如激光。

叠层介质中的铁磁性层之一可以是反铁磁性耦合（AFC）结构，具有被反铁磁性耦合薄膜分隔的两个反铁磁性耦合的铁磁性薄膜。

为了进一步了解本发明的性质和优点，可以参见以下结合附图所做的详细说明。

附图说明

图 1 是根据本发明的磁盘驱动器的俯视图，其中盖已取走。

图 2A 是本发明的磁盘驱动器中使用的磁头结构的空气支承表面（ABS）视图，展示了感应写入磁极和电阻性加热器。

图 2B 是图 2A 的加热器结构和具有记录叠层的磁盘的剖面图，展示了来自磁头结构的写入磁场和热流量。

图 3 是具有磁记录叠层的磁盘结构的剖面示意图。

图 4 是来自感应写入磁头的归一化写入磁场作为与磁头极尖的距离的函数的曲线图。

图 5 是 CoPtCrB 合金磁记录层的 H_0 与以 dB 表示的重写（OW）的函数曲线图。

图 6 是另一种磁盘结构的剖面示意图，其中具有反铁磁性耦合（AFC）层作为磁记录叠层中的底层。

具体实施方式

图 1 是根据本发明的磁盘驱动器的俯视图，其中盖已取走。驱动器 10 具有外壳或基底 12，支承用于旋转磁记录盘 14 的致动器 30 和驱动电机，磁记录盘具有记录叠层。致动器 30 一般是音圈电机（VCM）旋转致动器，具有刚性臂 34，如箭头 24 所示地围绕枢轴 32 旋转。磁头悬浮组件 20 包括悬浮件 21 和磁头载体，悬浮件 21 一端固定在致动器 34 的末端，磁头载体一般是固定在悬浮件 21 的另一端的滑块 22。

磁盘 14 旋转时,致动器 30 的运动可使位于磁头载体 22 的尾端的磁头读取磁盘 14 上的不同数据磁道,用于记录和读取数据。位于滑块 22 上的磁头结构包括感应写入磁头、磁致电阻读取磁头和在施加写入磁场的同时加热记录叠层的装置。

图 2A-2B 展示了美国专利 6493183 公开的磁头部分,包括产生写入磁场的感应部分和加热介质的加热器。磁头的感应部分包括磁轭 Y 和线圈 C (图 2B 的剖面图中展示了线圈 C 的段)。磁头安装在磁头载体的尾端 102,例如空气支承滑块 100。当写入电流通过线圈 C 时,在两个磁极 P1 和 P2 之间的写入间隙 WG 中产生磁场,如图 2A 所示,其中写入磁头极尖 103、105 是从磁盘 14 正上方的滑块的空气支承表面 (ABS) 观察的。图 2B 也展示了面对 ABS 的磁盘 14 的剖面,该磁盘在保护外涂层 12 之下具有磁记录叠层 11。记录叠层 11 包括下或底铁磁性层 13、非磁性隔离层 15、上或顶铁磁性层 17。在此磁头中,加热器件是内置在磁极 P1、P2 之间的写入间隙 WG 之中的电阻性加热器 20。图 2A 展示了与加热器 20 连接的电引线 23。引线 23 由导电良好的导热材料形成,例如铜、铑或金。加热器 20 与磁盘 14 的紧密靠近可使磁性叠层 11 的区域被加热 (正如图 2B 中的波状线所示),同时在受到极尖 103、105 之间产生的磁场 (正如图 2B 的虚线所示) 的区域中记录数据比特。磁盘 14 在磁头之下旋转时,磁性层 11 是凉的,并且两铁磁性层 13、17 保持来自写入磁场的磁化强度方向。因此如果在此区域中的铁磁性层 13、17 的平行磁化强度处于与外加磁场相反的方向,则它们现在反向。虽然图 2A 和图 2B 展示了位于写入间隙 WG 中的加热器 20,但是加热器也可以位于写入间隙之外,例如在图 2A 的磁极 P2 之上或者 P1 之下。加热器也可以形成为线圈 C 的一部分,正如美国专利申请 2003/0021191A1 所披露的,其中线圈的壳部分起到加热器的电引线作用。此外,加热器不必是电阻性加热器,并且可以是不与感应写入磁头直接相关的分离元件,例如将光点指向介质的激光器。

图 3 是具有磁记录叠层 11 的磁盘 14 的更详细视图,展示了基片

(一般是具有表面涂层或者玻璃的 AlMg 合金)和用于增强磁记录层 11 的生长的传统底层。层 11 包括至少两个独立的磁性层 13、17, 每个具有磁矩 Mrt_1 , 其中相邻的两层被非铁磁性隔离层 15 分隔。此复合结构的两叠层具有总 $Mrt=2Mrt_1$ 。在此实施例中, 全部铁磁性层具有相同的组成, 因而 Mr 相同。但是, 可以采用不同的铁磁性材料和厚度, 对于图 3 的结构, 总磁矩将由 $Mrt_1t_1 + Mrt_2t_2$ 确定。如图 3 的箭头所示, 在每个磁化状态下, 两铁磁性层 13、17 的磁化强度相互平行。

使用图 3 的记录层结构, 将使单位面积的颗粒数量加倍, 介质 SNR 呈现 3dB 的改善。但是, 在传统磁盘中的介质 SNR 的这么大的改善给可写性方面带来明显的损失, 其本身表现在差的 OW 值。对于 SNR 的全部 3dB 的增益, 与传统的非叠层记录层相比, OW 可以小 6dB 之多。在测量 OW 时, 对介质写入低频方波信号。在频谱分析仪上测量该信号的幅度。然后以六倍于原始信号频率的频率, 用第二方波信号对该信号进行重写。然后用频谱分析仪测量原始信号残余的信号幅度。OW 定义为原始低频信号的幅度与其被更高频率信号重写之后的残余低频信号的幅度之间的比例。按是(上述比例的) $20\log$ 的 dB 单位测量 OW。使用该数字的绝对值。

与 TAMR 不同, 无可写能力是因为记录层的高 K 值, 在叠层介质结构中, 铁磁性材料具有各向异性 K 值以及能够写入的内禀矫顽力。但是, 差的可写性是因为记录叠层中的下磁性层受到的来自写入磁头的磁场极低。对于具有 100nm 写入间隙和 100nm 宽度的感应写入磁头而言, 一般写入磁头磁场分布与记录层距写入磁头极尖的垂直间距的函数关系如图 4 所示。在两层记录叠层 11 中的每个磁性层 13、17 的中部的磁场用实线正方形标明。在底磁性层 13 的中部的磁场比在顶磁性层 15 的中心的磁场低 20%, 这表明在写入底磁性层 13 时的困难。对于较小磁道宽度而言, 面积密度超过 100G 比特/英寸², 这种问题将更加严重, 将阻碍叠层介质对高面积密度磁盘驱动器的应用。

如图 2B 所示, 顶铁磁性层 17 与极尖 103、105 的距离为 S, 其

中 S 是从铁磁性层 17 的中部测量的，底磁性层 13 与极尖 103、105 的距离为 $S+X$ ，其中 $S+X$ 是从铁磁性层 13 的中部测量的。写入磁头是传统的写入磁头，极尖 103、105 一般由 CoFe 或者 CoFe 合金形成，在大约 25nm 的距离 S 处产生大约 9kOe 的写入磁场。两个铁磁性层一般由传统的粒状 CoPt 合金形成（例如 CoPtCrB）具有大约 8kOe 的 H_0 ，对于传统的写入磁头在距极尖 103、105 的距离 $S=25\text{nm}$ 处，该 H_0 进行写入、即改变磁化强度来说是足够的低了。但是，距磁头 40nm ($S+X$) 的写入磁场仅有大约 7.2kOe，小于底铁磁性层 13 的内禀矫顽力，因此不足以改变层 13 的磁化强度。

在本发明中，通过加热记录叠层提高了对下磁性层的写入能力。加热的应用降低了下磁性层的 H_0 ，不影响 SNR 增益。在升高的温度，两磁性层的 H_0 被降低，可明显改善 OW。对于一般的 CoPtCrB 合金磁性层， H_0 值对温度的依赖性大约是 $15\text{Oe}/^\circ\text{C}$ ，这对应于 100°C 温度上升有 1500Oe 的降低，或者大约 20% 的降低。图 5 展示了 OW 作为 H_0 的函数的关系。该图展示了每 100°C 温度上升，对应于 H_0 有 1500Oe 的降低，将产生大约 9dB 的 OW 的改善。这种显著的改善使得记录叠层具有与单磁性层可比的 OW 值，从而消除了记录叠层在磁盘驱动器中的应用的主要限制。

对记录叠层加热的本发明的另一方面，是使用顶或上磁性层由高 K 材料形成的记录叠层。这导致热稳定性的改善，可以用于降低上磁性层的厚度，从而降低写入磁头与下磁性层之间的磁性间隔。这进一步改善了下层的可写性，从而改善了 OW。这样，顶磁性层可以由具有高 K 的材料形成，例如具有相对较高 Pt 含量的 CoPt 合金，因此具有较高的 H_0 值。例如，顶磁性层可以由具有 16 原子百分比的 Pt 的 CoPtCrB 合金形成，具有大约 10kOe 的内禀矫顽力。这个值的 H_0 大于传统磁头在距离 S 能够产生的写入磁场。但是，当此下磁性层被加热到大约 100°C ，其内禀矫顽力降低到大约 8.5kOe。

如图 6 所示，根据本发明的磁盘驱动器也可以应用于反铁磁性记录叠层 111，正如未决申请 US2002/0098390 所介绍的。在此结构中，

记录叠层 111 的底磁性层 113 是反铁磁性耦合 (AFC) 结构, 正如 US6280813 所公开的, 包括被反铁磁性耦合薄膜 144 分隔的两反铁磁性耦合薄膜 142、146。非磁性隔离层 115 将顶磁性层 117 与 AFC 层 113 分隔。上铁磁性薄膜 146 具有的 Mrt_1 大于下铁磁性薄膜 144 的 Mrt_2 。可替代地, 在记录叠层 111 中, AFC 层 113 可以是上磁性层, 单磁性层 117 可以是下磁性层。如图 6 的箭头所示, 上层 117 的磁化强度和 AFC 层 113 的净磁化强度在每个磁化状态下是平行的。

虽然图 3 和 6 中仅给出了两磁性层叠层结构, 但是根据本发明的磁盘驱动器可以应用于具有两层或更多 AFC 层以及两层或更多单磁性层的叠层介质, 非磁性隔离层位于相邻磁性层之间。

虽然结合优选实施例对本发明做了特别展示和说明, 但是本领域技术人员应该了解, 在不脱离本发明的精神和范围的条件下, 可以在形式和细节方面做出各种改变。因此, 公开的本发明应仅认定为示例性的, 其范围仅由权利要求书来限定。

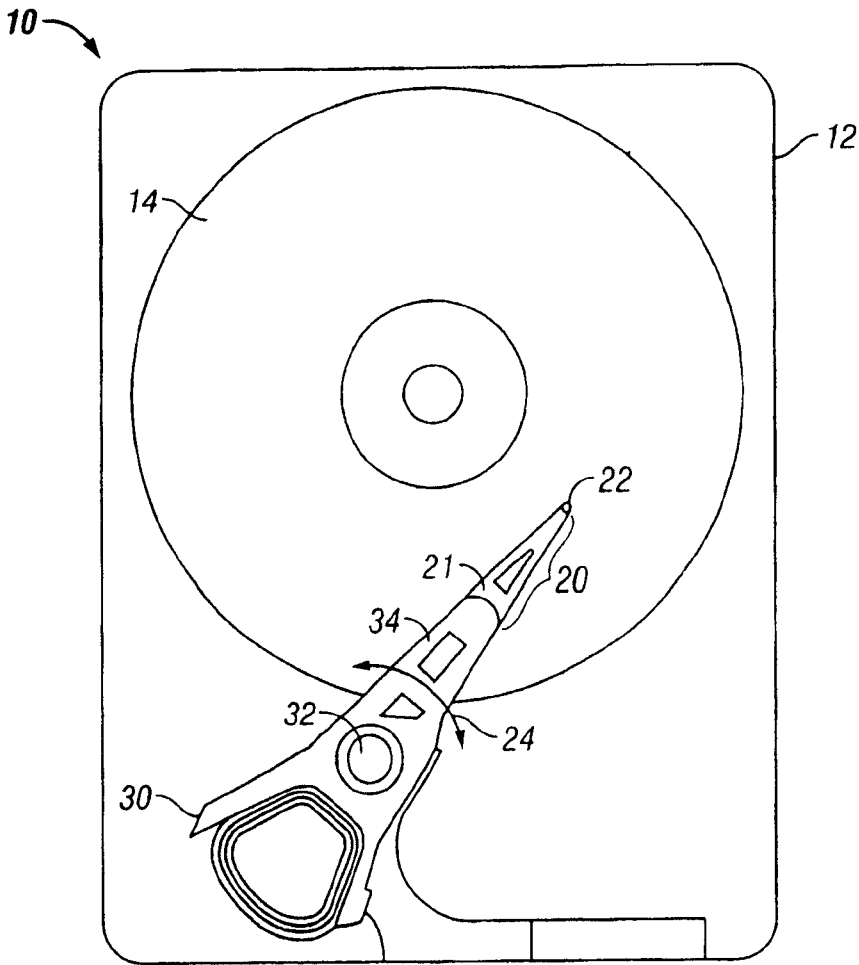


图1

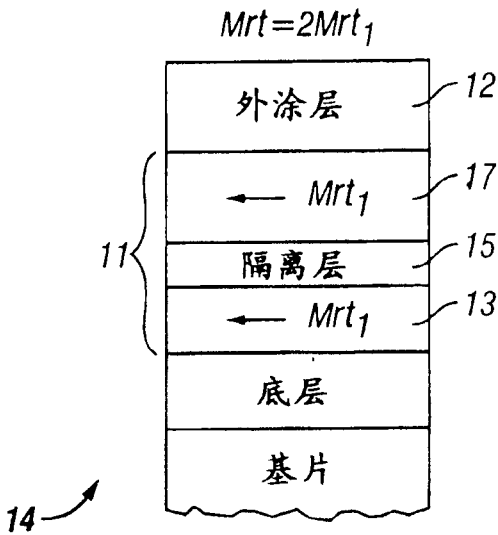


图 3

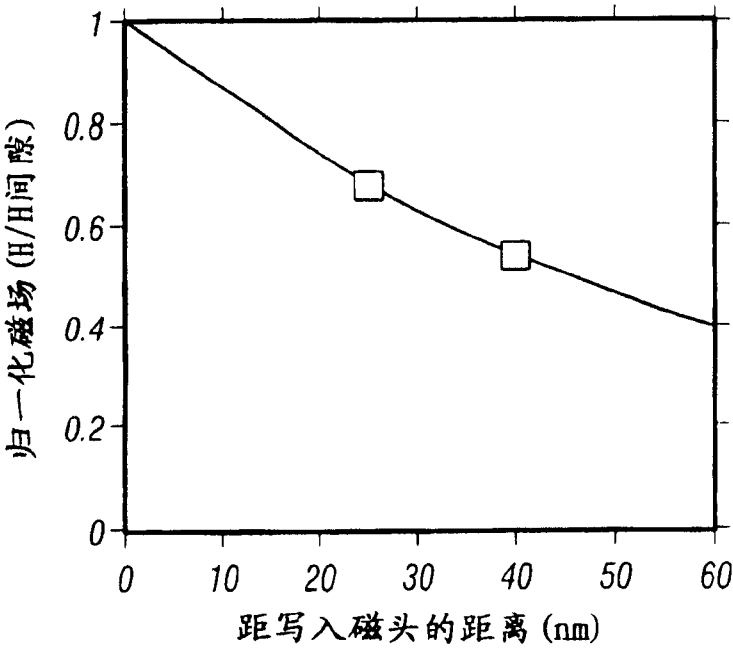


图 4

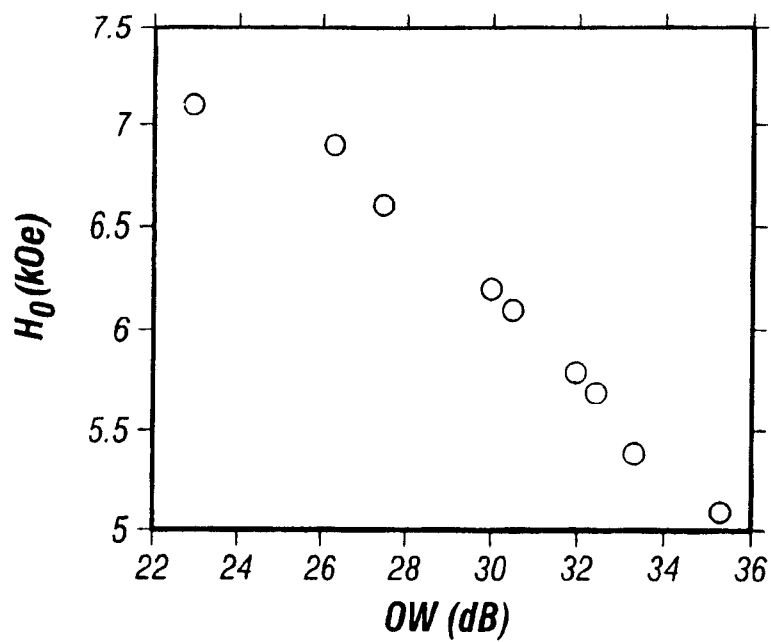


图 5

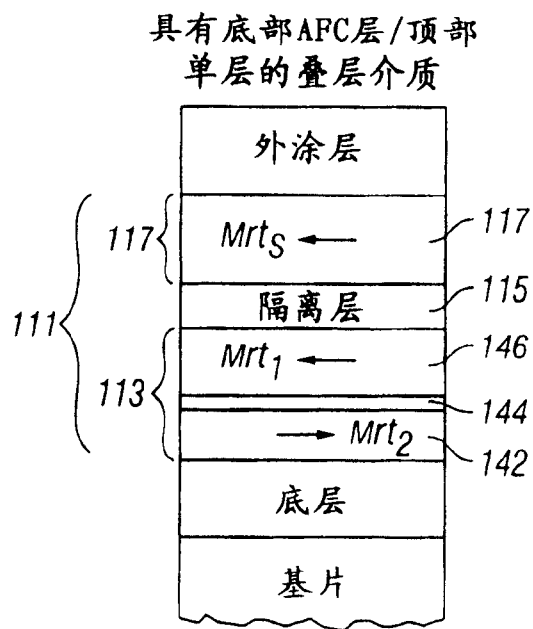


图 6