

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/31 (2006.01)

G11B 5/127 (2006.01)

G11B 5/187 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610143259.7

[45] 授权公告日 2009 年 10 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 100555419C

[22] 申请日 2004.9.23

[21] 申请号 200610143259.7

分案原申请号 200410011803.3

[30] 优先权

[32] 2003.9.26 [33] US [31] 10/671,639

[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 徐一民 李 邝 马森·L·威廉斯

[56] 参考文献

CN1356691A 2002.7.3

JP2001331909A 2001.11.30

CN1139795A 1997.1.8

审查员 王屹东

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 张 波

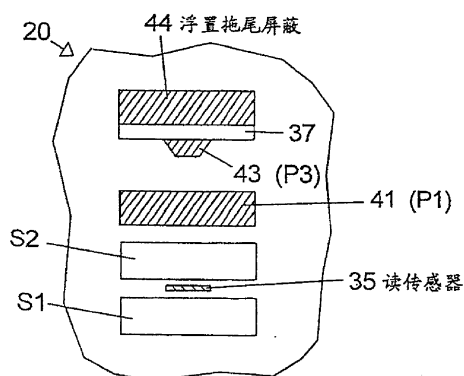
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

具有浮置拖尾屏蔽的垂直记录头

[57] 摘要

本发明公开了一种在记录介质中使用一种浮置拖尾屏蔽作为磁电路的一部分来写入磁域从而进行垂直记录的磁头。该浮置拖尾屏蔽沿其整个长度被非磁性材料层将其与主极靴分离，并且其气浮表面基本上大于主极靴。浮置拖尾屏蔽和记录介质中底层之间的磁阻相当低，以致于两者有相同的磁动势（或势能），从而浮置拖尾屏蔽与磁轭就不需要直接连接。当磁头用于具有带软底层的记录介质的存储系统中，该浮置拖尾屏蔽的作用是在记录时与返回极靴磁短接。在本发明的第二实施例中，浮置拖尾屏蔽绕主极靴的侧面延伸以减小偏离磁道磁场。



1. 一种在具有磁性软底层的磁记录介质中使用的薄膜磁记录头, 包括:
  - 一铁磁材料的主极靴;
  - 一铁磁材料的返回极靴;
  - 一非磁性导电金属层, 其主极靴的与返回极靴相反侧上与该主极靴相邻; 以及
  - 一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽, 其与该导电金属层相邻, 从而该导电金属层将浮置拖尾屏蔽与主极靴分离。
2. 如权利要求 1 所述的薄膜磁记录头, 其中主极靴和浮置拖尾屏蔽之间的第一磁阻大于浮置拖尾屏蔽和磁性软底层之间的第二磁阻。
3. 如权利要求 2 所述的薄膜磁记录头, 其中该第一磁阻大致为该第二磁阻的十倍。
4. 如权利要求 1 所述的薄膜磁记录头, 其中该主极靴在该薄膜磁记录头的气浮表面上具有一第一区域, 该浮置拖尾屏蔽在气浮表面上有一第二区域, 并且该第二区域大于该第一区域。
5. 如权利要求 1 所述的薄膜磁记录头, 其中该主极靴有一尖端, 该尖端从该薄膜磁记录头的气浮表面延伸到主极靴上的喇叭口端点; 以及  
该浮置拖尾屏蔽在垂直于气浮表面方向上具有一厚度, 该厚度小于从气浮表面到喇叭口端点的尖端的长度。
6. 如权利要求 1 所述的薄膜磁记录头, 其中该浮置拖尾屏蔽在垂直于气浮表面方向上具有偏离中心的厚度, 该厚度大于从气浮表面观察的浮置拖尾屏蔽的中心厚度。
7. 一种在磁记录介质中使用的薄膜磁记录头, 包括:
  - 一磁轭, 包括一铁磁材料的主极靴和一铁磁材料的返回极靴;
  - 一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽, 其位于主极靴的与返回极靴相反侧,
  - 一非磁性导电金属层将该浮置拖尾屏蔽与该磁轭分离,
  - 其中该主极靴具有一尖端, 该尖端从该薄膜磁记录头的气浮表面延伸到主极靴上的一喇叭口端点; 以及
  - 该浮置拖尾屏蔽在垂直于气浮表面方向上具有一厚度, 该厚度小于从气浮表面到喇叭口端点的尖端的长度。

- 
8. 一种在磁记录介质中使用的薄膜磁记录头，包括：
- 一磁轭，包括一铁磁材料的主极靴和一铁磁材料的返回极靴；
  - 一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽，其位于主极靴的与返回极靴相反侧，
  - 一非磁性导电金属层将该浮置拖尾屏蔽与该磁轭分离，
- 其中该浮置拖尾屏蔽在沿磁道方向上环绕该主极靴的第一和第二侧延伸，形成第一和第二侧间隙。

## 具有浮置拖尾屏蔽的垂直记录头

本申请是 2004 年 9 月 23 日提交的标题为“具有浮置拖尾屏蔽的垂直记录头”，申请号为 200410011803.3 的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

本发明涉及用于垂直记录的薄膜磁头，更具体地，涉及用于这种磁头中的磁极和磁屏蔽以及使用这种磁头的存储装置。

### 背景技术

在典型现有技术的磁盘记录系统中，当包含用于读和写磁转变的磁换能器的滑动器在磁盘上方飞驰时，它由悬挂装置所支撑，其中磁盘被主轴电动机所旋转。磁盘包括多个薄膜以及至少一个铁磁薄膜，在该铁磁薄膜中记录（写入）头记录了在其中对信息进行了编码的磁转变。在介质中的磁畴可以沿纵向或沿垂直方向写入。利用薄膜处理技术，该滑动器的读磁头和写磁头部分被内置于层中。通常，首先制造读磁头，但也可以首先制造写磁头。常规的写磁头为感应式的。

在采用垂直记录的磁盘驱动器中，记录头被设计成在垂直于磁盘平面的方向上引导磁通量穿过记录层。典型地，用于垂直记录的磁盘具有一硬磁记录层和一磁性软底层（magnetically soft underlayer）。在利用单极型磁头的记录操作期间，引导磁通量从记录头的主极靴垂直通过硬磁记录层，然后进入软衬层的平面，再返回该记录头的返回磁极（return pole）。主极靴（main pole piece）和相关屏蔽的形状和尺寸是确定磁道宽度的主要因素。

授予 Litvinov 等人的美国专利 6531202 是用于垂直或竖直记录的磁记录介质的例子。此介质包括一定积在基板上的磁性软底层。用于底层的合适的软磁材料据称包括 CoFe 及其合金，FeAlN，NiFe，CoZrNb 和 FeTaN，其中 CoFe 和 FeAlN 是优选的软材料。一磁性硬记录层淀积在软底层上。用于记录层的合适的硬磁材料据称包括多层的 Co/Pd 或 Co/Pt，CoPt、FePt、CoPd 和 FePd 的 L10 相（L10 phase），以及 hcp Co 合金，其中这种多层以

及 L10 相是优选的硬材料。

在 Nakamura 等人的美国公开专利申请 2003/0151850 中, 描述了具有主极靴下轨 (down-track) 的单极磁头。主极靴由至少两部分组成, 其中第一部分的宽度从上轨 (up-track) 一侧向下轨一侧沿着移动介质的方向持续增长, 第二部分的宽度在沿着移动介质的方向上和第一部分的下轨边缘的宽度相等而且从上轨一侧向下轨一侧沿着移动介质的方向是不变的。据称这样避免了记录磁场强度在磁道边缘的减弱, 并在抑止边缘写入 (side-writing) 的同时提高了有效磁道宽度, 从而实现了具有高磁道密度的磁记录磁盘设备。

在授予 Mallary 等人的美国专利 RE 33949 中, 描述了一用于垂直记录的单磁极磁头, 它包括了连接到背部处的写磁极并且在 ABS 处与写磁极相隔一小间隙的所谓的“下游屏蔽”(下轨)。屏蔽的 ABS 面被设计成写磁极部分的面的很多倍那样大, 这样, 在通入下游磁屏蔽中的磁通密度很低并且先前记录的图案没有被颠倒或弱化的情况下, 来自尖端部的磁通密度足以进行垂直记录。

具有拖尾屏蔽 (trailing shield) 的用于垂直记录的单磁极磁头以场的强度为代价来改善场的梯度。在现有技术中, 拖尾屏蔽设计需要: 1) 反向飞扬气悬 (reverse flying air bearing) 设计, 或者 2) 在读磁头之前制造写磁头 3) 精细的处理步骤, 从而将拖尾屏蔽与返回磁极相连。

### 发明内容

描述了使用浮置拖尾屏蔽作为磁路的一部分以用于在记录介质中写磁畴的垂直记录头。浮置拖尾屏蔽沿其整个长度通过一非磁性材料层与主极靴分离, 并且浮置拖尾屏蔽的气浮表面 (air bearing surface) 基本上大于主极靴的气浮表面。拖尾屏蔽和记录介质中底层之间的磁阻相当低, 使得两者具有相同的磁动势 (或势能), 这样, 在浮置拖尾屏蔽与磁轭 (yoke) 之间不需要直接的连接。当磁头用于存储系统, 而该存储系统具有包含软底层的磁记录介质时, 浮置拖尾屏蔽在记录期间实际上被磁短接到返回磁极。根据本发明的平面浮置拖尾屏蔽和拖尾屏蔽磁短接到主极靴以同样的方式改善了场的梯度。由于避免了将拖尾屏蔽连接到返回极靴所需的数个步骤, 平面浮置拖尾屏蔽简化了并入拖尾屏蔽的特性所需的处理步骤。在本发明

的第二实施例中，浮置拖尾屏蔽环绕主极靴的侧面延伸，从而减小偏离磁道（off-track）磁场。

根据本发明的一个方面，提供一种在磁记录介质中使用的薄膜磁记录头，包括：一磁轭，包括一铁磁材料的主极靴和一铁磁材料的返回极靴；一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽，其位于主极靴的与返回极靴相反侧，非磁性材料将该浮置拖尾屏蔽与该磁轭分离，其中该主极靴与该浮置拖尾屏蔽之间的第一磁阻大于该浮置拖尾屏蔽与该磁记录介质中的磁性软底层之间的第二磁阻。

根据本发明的另一方面，提供一种在具有磁性软底层的磁记录介质中使用的薄膜磁记录头，包括：一铁磁材料的主极靴；一铁磁材料的返回极靴；一导电金属层，其在主极靴的与返回极靴相对侧上与该主极靴相邻；以及一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽，其与该导电金属层相邻，从而该导电金属层将浮置拖尾屏蔽与主极靴分离。

根据本发明的再一方面，提供一种在具有磁性软底层的磁记录介质中使用的薄膜磁记录头，包括：一磁轭，包括一延伸到该薄膜磁记录头的气浮表面上的铁磁材料的主极靴和一延伸到该薄膜磁记录头的气浮表面上的铁磁材料的返回极靴；一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽，其由非磁性材料与该磁轭分离，延伸到该薄膜磁记录头的气浮表面，并且其在气浮表面上位于主极靴的与返回磁极相对侧，其中该主极靴与该浮置拖尾屏蔽之间的第一磁阻大于该浮置拖尾屏蔽和该磁性软底层之间的第二磁阻。

根据本发明的又一方面，提供一种在磁记录介质中使用的薄膜磁记录头，包括：一磁轭，包括一铁磁材料的主极靴和一铁磁材料的返回极靴；一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽，其位于主极靴的与返回极靴相反侧，非磁性材料将该浮置拖尾屏蔽与该磁轭分离，其中该主极靴具有一尖端，该尖端从该薄膜磁记录头的气浮表面延伸到主极靴上的一喇叭口端点，该浮置拖尾屏蔽在垂直于气浮表面方向上具有一厚度，该厚度小于从气浮表面到喇叭口端点的尖端的长度。

根据本发明的又一方面，提供一种在磁记录介质中使用的薄膜磁记录头，包括：一磁轭，包括一铁磁材料的主极靴和一铁磁材料的返回极靴；一铁磁材料的浮置拖尾屏蔽，其位于主极靴的与返回极靴相反侧，非磁性材料将该浮置拖尾屏蔽与该磁轭分离，其中该浮置拖尾屏蔽在沿磁道方向

上环绕该主极靴的第一和第二侧延伸，形成第一和第二侧间隙。

#### 附图说明

图 1 是根据本发明第一实施例的垂直于 ABS 的磁头部分的图；

图 2 是从 ABS 观看的根据本发明第一实施例的示例磁头的图；

图 3 是从 ABS 观看的根据本发明第二实施例的带有环绕屏蔽的示例磁头的图；

图 4 是与不带有浮置拖尾屏蔽的磁头相比，根据本发明第一实施例的示例磁头的  $B_y$  相对于下轨距离的有限元模型结果曲线图；

图 5 是与不带有浮置拖尾屏蔽的磁头相比，根据本发明第一实施例的示例磁头的  $dB_y/dx$  相对于下轨距离的有限元模型结果曲线图；

图 6 是与非屏蔽的磁头相比，配备了根据本发明的环绕屏蔽的根据本发明第二实施例的磁头的  $B_y$  的横穿轨道轮廓的有限元模型结果曲线图；

图 7 是垂直于 ABS 所获得根据本发明的磁头部分的图，其表示了没有磁介质存在时的磁势能；

图 8 表示了例如磁盘驱动器的存储设备，其包括根据本发明的磁头以及具有磁性软底层的磁介质。该磁头和介质部分是垂直于 ABS 所获得的并表示了在工作期间存在磁介质时的磁势能。

#### 具体实施方式

本发明的浮置拖尾屏蔽能与用于垂直记录的多种磁头设计一同使用。从有限元模型来看，在软底层存在的情况下，浮置拖尾屏蔽减小了边缘场并改善了在下轨方向上的场梯度。这种改善意味着更好的线性记录密度。在横穿轨道（cross-track）的方向上，浮置拖尾屏蔽也改善了边缘场，这意味着更好的写入磁道清晰度。这种设计与传统的磁头加工流程兼容，且不需要反向飞行空气支承（reverse flying air-bearing）。

通过非磁性材料，浮置拖尾屏蔽与主极靴完全分离。浮置拖尾屏蔽相对于主极靴“浮置”，即使主极靴和拖尾屏蔽之间的非磁性间隙材料提供了一间隙，在该间隙中形成了由磁头线圈（head coil）的电流所提供的磁动势所建立的纵向场，并且该间隙的厚度用来控制横过间隙的通量。除主要的垂直写入场（ $H_y$ ）之外还存在纵向场（ $H_x$ ）的优势有两点：倾斜场（由  $H_y$  和

$H_x$  的矢量和形成) 能根据 Stoner-Wohlfarth 转换曲线更容易地转换在磁记录介质中垂直定向的晶粒; 由于更大的  $H_x$  允许更大的  $dH_x/dy$ , 所以能够得到更大的导数  $dH_y/dx$ , 并且根据 Maxwell 旋度定律, 在没有电流密度的地方,  $dH_y/dx = dH_x/dy$ 。这样, 就获得跨越浮置拖尾屏蔽和主极靴之间的间隙的受控磁阻。发明者发现, 在此处将要讨论的某些条件下, 不需要使用磁路将拖尾屏蔽直接连接到返回磁极。在指定的条件下, 浮置屏蔽与返回磁极具有相同的磁动势。在为垂直记录而设计的典型磁头中, 记录介质的底层和返回磁极 (P1 或辅助磁极) 之间的磁阻相对较低。如果将拖尾屏蔽和记录介质中的底层之间的磁阻构造得很低, 以至于它们具有相同的磁动势, 那么就不需要直接的连接。

图 1 表示了根据本发明第一实施例的垂直于 ABS 的磁头 20 的一部分。交叉影线不是用来表示材料的类型, 而是在这些元件之间提供视觉上的区别。ABS 在左边。如图所示, 层是从下至上形成的, 因此读磁头部分在此设计中首先形成, 并能够被包装到向前的飞行气浮滑动器 (flying air-bearing slider) 中。读传感器 35 被磁屏蔽 S1 和 S2 从侧翼包围。铁磁写元件从作为返回极靴的 P1 41 开始。P1 41 和 P2 42 磁性连接通过线圈 33 的中心从而完成磁轭。线圈 33 从 P1 和 P2 之间穿过并且环绕磁轭 (未示出) 的后部, 从而形成电磁铁。P1 延伸到 ABS 并且没有逐渐变细, P2 在 ABS 之前一小距离处开始变细, 到达 ABS 时或者中止或者减小到一微小的尺寸。优选地 P2 不延伸到 ABS, 这样只有 P3 43 的形状需要被控制。P3 形成在 P2 的正上方, 并与 P2 相接触。P3 延伸到 ABS 并形成了 ABS 处写磁头的主极靴。尽管在这一图中看不到, P3 在靠近 ABS 处很窄, 但大约从图 1 中所示的喇叭口端点 (flare point) 开始, P3 会扩张为宽的多的尺寸, 在这个点, P2 达到了其完全的厚度。在 P3 的上方淀积了一层非磁性材料 37。该非磁性材料可以是导电金属, 也可以是氧化铝或另一绝缘材料。在该层非磁性材料 37 的上面, 在 ABS 处形成铁磁浮置拖尾屏蔽 44, 其从 ABS 向回延伸了一小段距离。由于磁记录介质会如图 1 所示的方向从底部移动到顶部, 浮置拖尾屏蔽 44 就成为主极靴 41 的下轨 (尾迹)。浮置拖尾屏蔽的尺寸以及浮置拖尾屏蔽与 P3 之间的间隔对设计的性能非常重要。选取 ABS 处的浮置拖尾屏蔽的面积使得浮置拖尾屏蔽和铁磁介质之间的磁阻基本上比主极靴 P3 与浮置拖尾屏蔽之间的磁阻小——系数大约至少是十。垂直于 ABS 的浮置拖尾屏蔽

44 的厚度（深度）受到限制，因为随着厚度的增加，写入场会减弱。优选浮置拖尾屏蔽的厚度比到喇叭口端点的距离小，也就是比主极靴 P3 的尖端的长度小。浮置拖尾屏蔽必须足够厚从而使在工作期间不饱和。

主极靴 P3 和浮置拖尾屏蔽之间的距离也是一重要的设计参数。这个距离应该大约与在工作期间距主极靴 P3 43 和介质的软底层的距离相同。

浮置拖尾屏蔽后面的空间充以非磁性材料 39。尽管未示出，但当任何包括了磁头的材料容易被腐蚀或涂污时，仍然需要薄膜保护涂层。以下，附图标记 ABS 将用于表示图 1 中标注为 ABS 的磁头的平面，而不管是否应用了保护涂层。

图 2 表示了从 ABS 观看的与图 1 磁头类似的根据本发明的磁头的选取元件。浮置拖尾屏蔽 44，主极靴 P3 43 以及返回极靴 P1 41 通常在 ABS 上沿直线设置。浮置拖尾屏蔽 44 在此实施例中是矩形的，但只要满足上述的磁阻标准，也可以是其他形状。在此实施例中，ABS 处 P3 的形状是梯形的，其底部离浮置拖尾屏蔽 44 最近。P3 的形状对于浮置拖尾屏蔽 44 的功能并不关键，所以可以使用其他的形状。

图 7 和图 8 是垂直于 ABS 获得的根据本发明的磁头的一部分。这些图表示了返回极靴 P1 41、主极靴 P3 43 以及浮置拖尾屏蔽 44 的相对磁动势。图 7 表示的是没有磁介质存在时的势能。在这种情况下，浮置拖尾屏蔽实际上是磁悬浮的。图 8 表示的是具有根据本发明的磁头的磁存储设备 25，比如磁盘驱动器，以及带有面向磁头 20 的软底层 46 的磁介质 22。在这种情况下，浮置拖尾屏蔽 44 实际上与软底层 46 短接。返回极靴 P1 41、浮置拖尾屏蔽 44 以及软底层 46 都为零值。硬铁磁记录层 47 在磁路分析中不起重要作用。

图 3 表示了从 ABS 观看的根据本发明第二实施例的磁头的选取元件。在这一实施例中，浮置拖尾屏蔽 44B 环绕 P3 的侧面。换句话说，P3 位于环绕浮置拖尾屏蔽 44B 中的沟槽（channel）中。非磁性材料 37B 在三个侧面上将 P3 与浮置拖尾屏蔽 44B 分离。环绕浮置拖尾屏蔽 44B 的优点是可以减小侧面写入场从而帮助减小磁道宽度。

图 4-6 中所列的是使用商业软件通过有限元模型得到的数据。模型的相关参数是：宽度 120nm、厚度 120nm 的磁极，具有渐细的前缘，具有 400nm 的狭道（throat），50nm 的到拖尾屏蔽的间隙，以及 50nm 的拖尾屏蔽狭道

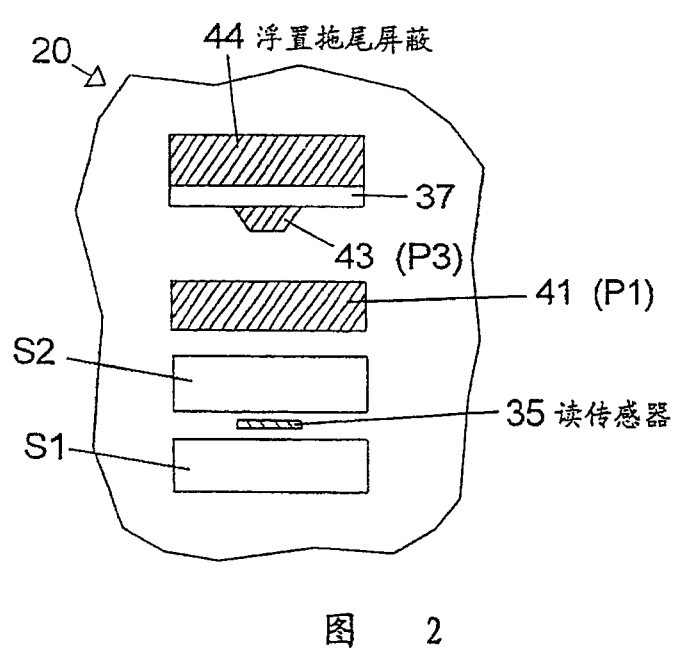
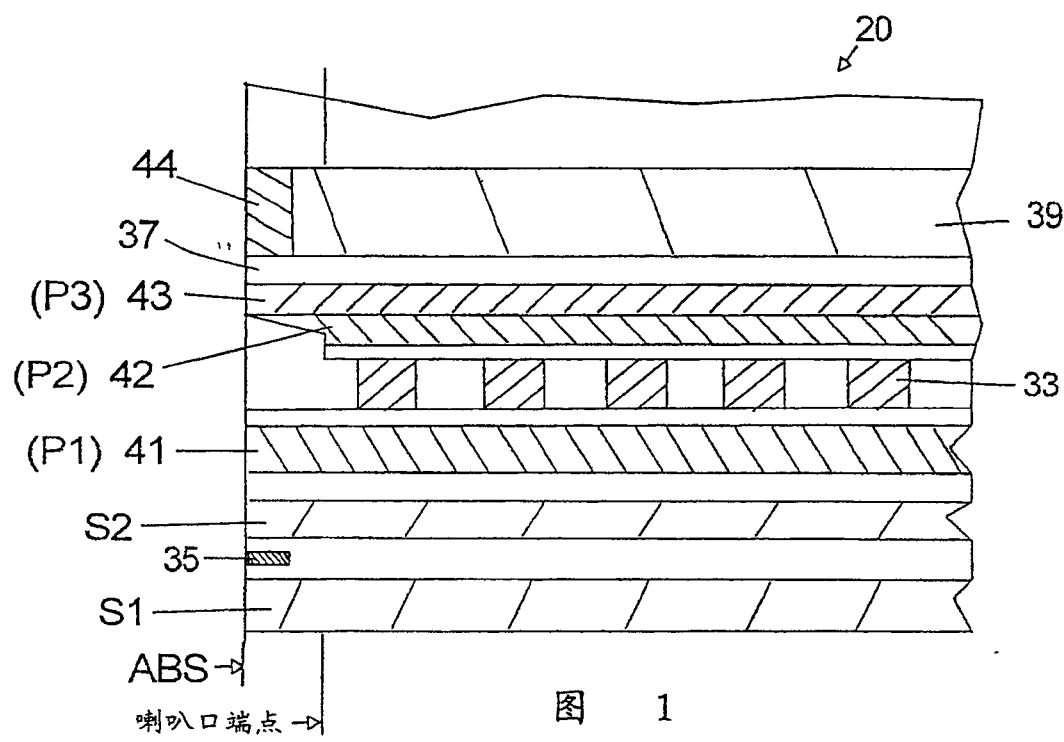
(靠近磁极垂直于 ABS 的厚度)。晶片上屏蔽的厚度最小为 200nm (在下轨的方向上) 并且在横穿轨道的方向上浮置屏蔽的宽度为 15 微米。这些参数适合用于磁头与底层间隔为 50nm 的情况, 用于磁头与底层间隔的其他值时应成比例地调整大小。可以选择的是, 垂直于 ABS 的屏蔽的厚度可以增加一定距离直至大于距主极靴 (磁道) 的中心 1 微米, 从而改善机械完整性 (mechanical integrity) 并允许某些重叠的非平面性, 但这对本发明的运行并不关键。因此在这个模型中, 浮置拖尾屏蔽远离中心的厚度被增加到大约 200nm。

图 4 是与不带有浮置拖尾屏蔽的磁头相比, 根据本发明第一实施例的示例磁头的磁通量密度  $B_y$  相对于下轨距离的有限元模型结果的曲线图。图中显示浮置拖尾屏蔽在下轨方向上减小了磁通量密度。最大的减小量是在大约 0.07 $\mu\text{m}$  处的 0.3 特斯拉。

图 5 是与不带有浮置拖尾屏蔽的磁头相比, 根据本发明第一实施例的示例磁头的磁通量密度的变化率  $dB_y/dx$  相对于下轨距离的有限元模型结果的曲线图。数据显示, 本发明的浮置拖尾屏蔽的磁通量密度的变化率更大。

在下轨方向上, 环绕浮置拖尾屏蔽 44B 被期望与非环绕型的表现类似。尽管以提高加工的复杂程度为代价, 但环绕浮置拖尾屏蔽在横穿轨道的方向上能够提供极佳的结果。在环绕浮置拖尾屏蔽中, 侧面间隙 (side gap) 的范围应该为磁头与底层间隔的 1 到 2 倍, 优选磁头与底层间隔的 1.5 倍。更大的侧面间隙距离使得在相邻轨道上写入的降低很小; 更小的侧面间隙距离会过多的减小可获得的写入通量。图 6 是配备根据本发明的环绕浮置拖尾屏蔽的磁头以及非屏蔽磁头的磁通量密度 ( $B_y$ ) 的横穿轨道轮廓的有限元模型结果曲线图。在所模拟的 0.3 $\mu\text{m}$  的大部分范围内, 磁通量密度被较低了大约 0.2 特斯拉。

根据本发明的磁头能使用标准的薄膜制造技术进行制造。尽管已参照特定实施例对本发明进行了描述, 但对于根据本发明的铁磁结构的其他使用和应用对于本领域技术人员来说仍是显而易见的。



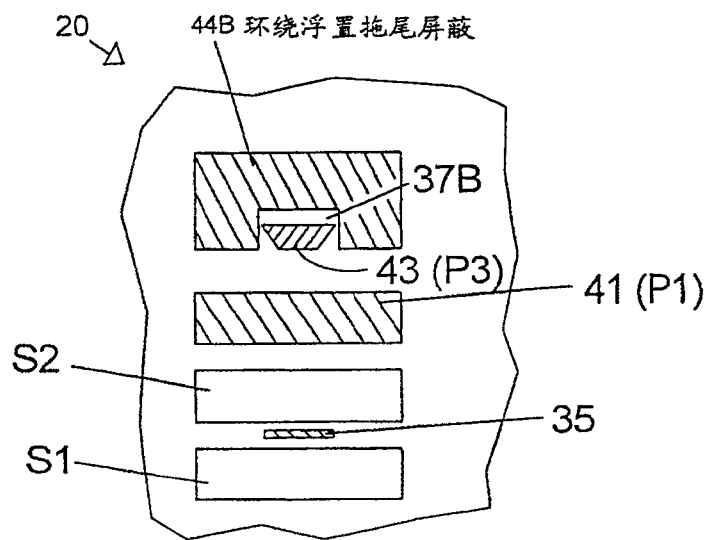


图 3

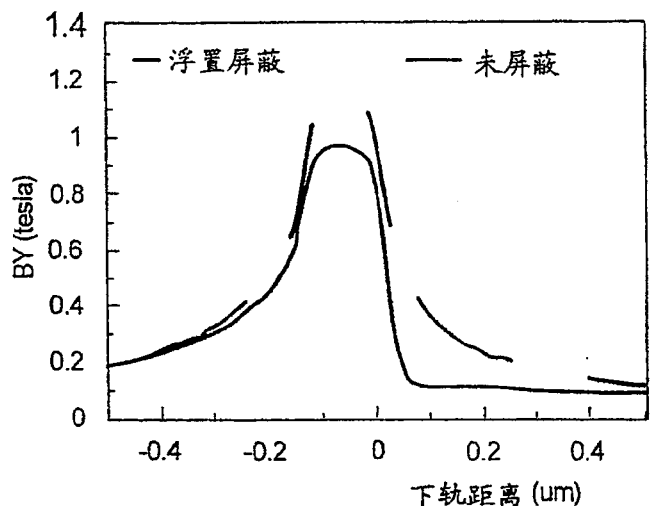


图 4

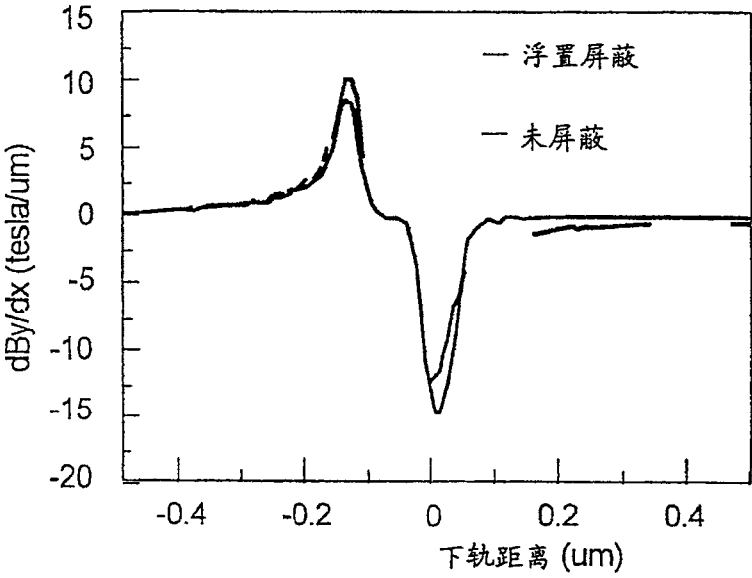


图 5

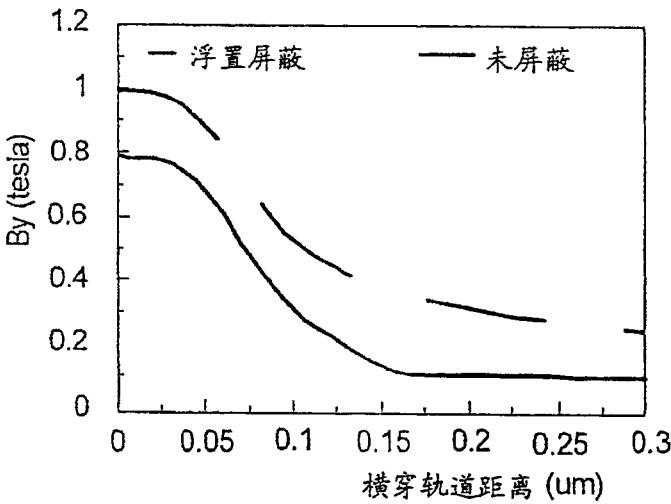


图 6

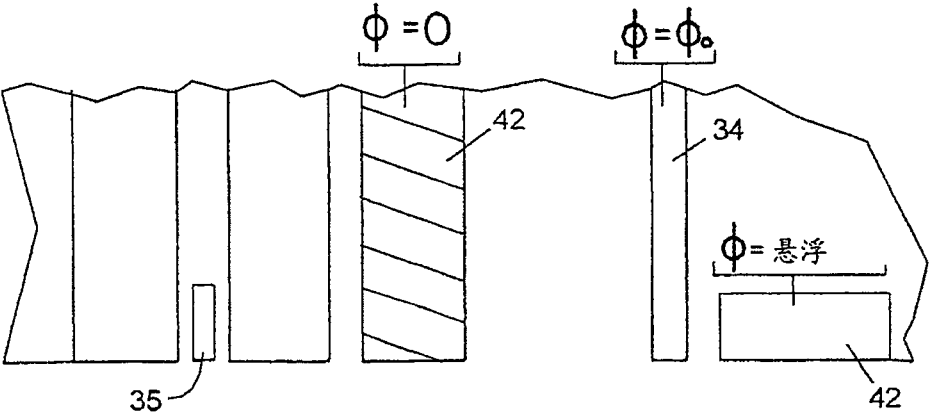


图 7

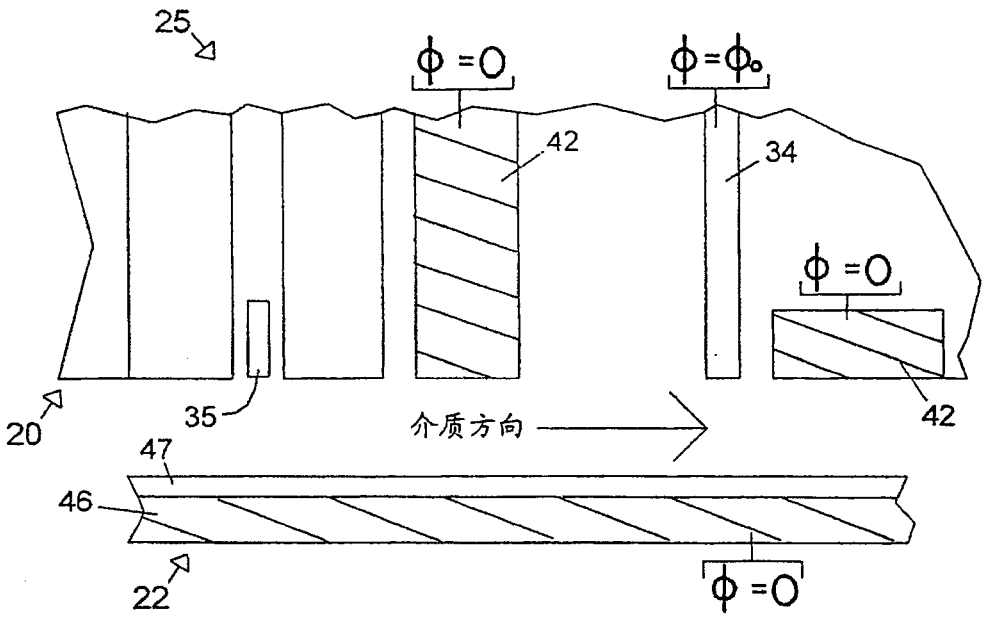


图 8