

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710101867.6

G11B 5/40 (2006.01)
G11B 5/39 (2006.01)
G11B 5/31 (2006.01)
G11B 5/187 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 10 月 31 日

[11] 公开号 CN 101064115A

[22] 申请日 2007.4.25

[21] 申请号 200710101867.6

[30] 优先权

[32] 2006.4.25 [33] US [31] 11/411,590

[71] 申请人 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 萧文千 徐一民 李显邦

弗拉迪米尔·尼基汀

凯塔林·彭特克

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 张波

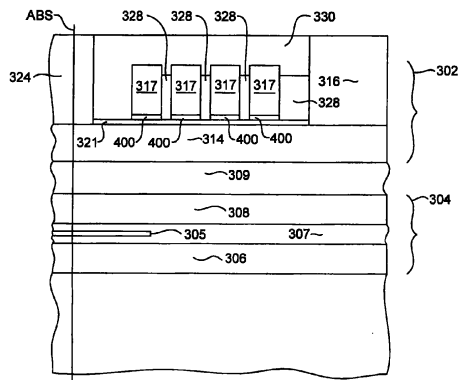
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于减小温度引起的突出的磁写头

[57] 摘要

本发明提供一种具有防止热引起的极尖突出的结构的磁写极。磁头具有返回极，磁座形成在气垫面处且背间隙形成在与 ABS 相反的末端。具有多个匝的导线写线圈越过返回极。具有低热膨胀系数的材料例如氧化铝的填充层设置在线圈和座之间，且可以在该线圈上延伸到背间隙。光致抗蚀剂线圈绝缘层可设置在线圈的匝之间以将线圈的匝彼此绝缘。光致抗蚀剂线圈绝缘层还可延伸到背间隙。形成在返回极和线圈之上的写极通过磁成形层与背间隙层和返回极磁连接。



1. 一种用于垂直磁数据记录的磁写头，该写头包括：
磁返回极，具有朝向气垫面 ABS 设置的第一端和与该第一端相反的第二端；
导电写线圈，其一部分越过该返回极，该写极通过非磁电绝缘材料与该返回极分隔开；
磁座，在该返回极的第一端与该返回极磁连接；以及
氧化铝填充材料，设置在该导电线圈与该座之间。
2. 根据权利要求 1 的写头，其中该线圈具有越过该返回极的多个匝，该写头还包括设置在该线圈的匝之间的线圈绝缘层。
3. 根据权利要求 2 的写头，其中该线圈绝缘层包括硬烘焙的光致抗蚀剂。
4. 一种用于垂直磁记录的磁写头，包括：
磁写极，具有朝向气垫面 ABS 设置的末端；
返回极，具有朝向该 ABS 设置的末端和与该 ABS 相反的末端，该返回极在远离该 ABS 的区域与该写极磁连接；
磁座，与该返回极在该 ABS 附近的末端磁连接且朝向该写极延伸；
导电线圈，具有其一部分越过该返回极的多个匝；
氧化铝填充层，设置在该线圈与该座之间；以及
光致抗蚀剂线圈绝缘层，设置在该线圈的匝之间。
5. 根据权利要求 4 的磁写头，其中该写线圈通过氧化铝薄层从该返回极分隔开。
6. 根据权利要求 4 的磁写头，其中该氧化铝填充层延伸在该线圈之上。
7. 根据权利要求 4 的磁写头，其中该线圈具有上表面且其中该光致抗蚀剂线圈绝缘层延伸到该线圈的顶表面之下的水平，且其中该氧化铝填充层延伸在该线圈和该线圈绝缘层之上。
8. 一种用于垂直磁记录的磁写头，包括：
磁写极，具有朝向气垫面 ABS 设置的末端；
磁成形层，从该 ABS 凹进且与该写极磁连接；
磁返回极，具有朝向该 ABS 设置的末端和远离该 ABS 设置的末端；

磁背间隙层，在远离该 ABS 的区域中磁连接该磁成形层和该磁返回极；
磁座，与该返回极在朝向该 ABS 设置的末端磁连接，该磁座从该返回极朝向写极延伸；

导电线圈，具有多个匝，其一部分经过该背间隙层与该座之间和该返回极与该成形层之间；

氧化铝填充层，设置在该线圈与该座之间；以及
光致抗蚀剂线圈绝缘层，设置在该线圈的匝之间。

9. 根据权利要求 8 的磁写头，其中该光致抗蚀剂线圈绝缘层延伸在该线圈与该背间隙层之间。

10. 根据权利要求 8 的磁写头，其中该座从该写极磁分隔开。

11. 根据权利要求 8 的磁写头，其中该氧化铝填充层延伸在该线圈与该成形层之间在该线圈之上。

12. 根据权利要求 8 的磁写头，其中该氧化铝填充层延伸在该线圈与该成形层之间在该线圈之上且延伸到该背间隙层。

13. 根据权利要求 8 的磁写头，其中该写线圈具有朝向该成形层设置的上表面，且其中该光致抗蚀剂线圈绝缘层延伸到该写线圈的上表面之下的高度。

14. 根据权利要求 8 的磁写头，其中：

该写线圈具有朝向该成形层设置的上表面；

该光致抗蚀剂线圈绝缘层具有朝向该成形层设置的上表面，其从该线圈的上表面凹进；以及

该氧化铝填充层延伸在该写线圈和该光致抗蚀剂线圈绝缘层之上。

15. 根据权利要求 8 的磁写头，其中：

该写线圈具有朝向该成形层设置的上表面；

该光致抗蚀剂线圈绝缘层具有朝向该成形层设置的上表面，其从该线圈的上表面凹进；以及

该氧化铝填充层延伸在该写线圈和该光致抗蚀剂线圈绝缘层之上，该氧化铝填充层接触该线圈和该光致抗蚀剂绝缘层的上表面且延伸到该背间隙。

16. 一种制造用于垂直磁记录的磁写头的方法，包括：

形成具有朝向气垫面 ABS 位置设置的第一末端和与该第一末端相反的第二末端的磁返回极；

在该返回极之上沉积电绝缘非磁材料的薄层；
沉积导电籽层；
在该薄的电绝缘层非磁材料之上沉积第一层光致抗蚀剂材料；
光刻构图和显影该第一光致抗蚀剂层以在该光致抗蚀剂层中形成定义线圈的槽，该线圈具有其一部分越过该返回极的多个匝；
沉积导电材料到形成在该第一光致抗蚀剂层中的槽中以形成写线圈；
去除该第一光致抗蚀剂层；
从未被该线圈覆盖的区域去除该籽层；
沉积第二光致抗蚀剂层；
光刻构图和显影该第二光致抗蚀剂层从而该光致抗蚀剂层保持在该线圈的区域中且留下从该线圈到该 ABS 的区域未被覆盖；以及
沉积氧化铝填充层。

17. 根据权利要求 16 的方法，还包括，在光刻构图和显影该第二光致抗蚀剂层之后，加热该第二光致抗蚀剂层从而硬烘焙该第二光致抗蚀剂层。

18. 根据权利要求 16 的方法，其中该线圈具有顶表面，该方法还包括，在光刻构图和显影该第二光致抗蚀剂层之后：

加热该第二光致抗蚀剂层以硬烘焙该第二光致抗蚀剂层；以及
进行光致抗蚀剂去除工艺以去除该第二光致抗蚀剂层的一部分直到该第二光致抗蚀剂层具有从该线圈的顶表面凹进的上表面。

19. 根据权利要求 16 的方法，还包括在形成该写线圈之后，去除该第一光致抗蚀剂层，在该返回极的该第一末端形成磁座和在该返回极的该第二末端形成磁背间隙层。

20. 根据权利要求 19 的方法，其中该氧化铝填充层延伸在该写线圈和该座之间。

21. 根据权利要求 19 的方法，其中该氧化铝填充层延伸在该写线圈和该座之间且还在该写线圈和该光致抗蚀剂线圈绝缘层之上延伸至该背间隙层。

22. 一种制造用于垂直磁记录的磁写极的方法，该方法包括：

形成磁返回极，该返回极具有设置在气垫面 ABS 位置的部分和远离该 ABS 位置设置的末端；

形成具有其一部分越过该返回极的多个匝的导电写线圈，该线圈从该返回极电绝缘；

在该返回极上在该 ABS 位置形成磁座，在该返回极的远离该 ABS 位置的末端处形成磁背间隙，该线圈的匝的越过该返回极的部分设置在该座和该背间隙之间；

形成光致抗蚀剂线圈绝缘层，其覆盖该线圈且留下该线圈和该座之间的区域未被覆盖；以及

沉积氧化铝填充层。

23. 根据权利要求 22 的方法，其中该氧化铝填充层填充该线圈与该座之间的空间且在该线圈之上延伸到该背间隙。

24. 一种用于垂直磁记录的磁写极，包括：

磁返回极，具有设置在气垫面 ABS 处的末端；

磁座，在设置于该 ABS 处的该末端处形成在该返回极上且与其磁接触；

填充层，包括具有低热膨胀系数的电绝缘非磁材料，设置在该返回极之上与该座相邻。

25. 根据权利要求 24 的磁写极，其中该填充层包括氧化铝。

用于减小温度引起的突出的磁写头

技术领域

本发明涉及磁数据记录，更特别地，涉及用于防止磁写头中热引起的极尖变形的方法和结构。

背景技术

计算机长期存储器的核心是称为磁盘驱动器的组件。磁盘驱动器包括旋转磁盘、通过悬臂被悬置地与旋转磁盘的表面相邻的写和读头、以及转动悬臂从而将读和写头置于旋转盘上选定环形道（track）之上的致动器。读和写头直接位于具有气垫面（ABS）的滑块上。悬臂偏置滑块朝向盘的表面，当盘旋转时，邻近盘的空气与盘表面一起移动。滑块在该移动空气的垫上飞行于盘表面之上。当滑块骑在气垫上时，采用写和读头来写磁转变到旋转盘且从旋转盘读取磁转变。读和写头连接到根据计算机程序运行的处理电路以实现写和读功能。

写头传统上包括嵌在一个或更多绝缘层（绝缘堆叠）中的线圈层，绝缘堆叠夹在第一和第二极片层（pole piece layer）之间。在写头的气垫面（ABS）处间隙（gap）通过间隙层形成在第一和第二极片层之间，极片层在背间隙（back gap）处连接。传导到线圈层的电流在极片中感应磁通，其导致磁场在 ABS 处在写间隙弥散出来，用于在移动介质上在道中写上述磁转变，例如在上述旋转盘上在环形道中。

在近来的读头设计中，自旋阀传感器，也称为巨磁致电阻（GMR）传感器，已经被用于检测来自旋转磁盘的磁场。该传感器包括下文中称为间隔层（spacer layer）的非磁导电层，其被夹在下文中称为被钉扎层和自由层的第一和第二铁磁层之间。第一和第二引线（lead）连接到自旋阀传感器以传导通过那里的检测电流。被钉扎层的磁化被钉扎为垂直于气垫面（ABS），自由层的磁矩平行于 ABS 但可以响应于外磁场自由旋转。被钉扎层的磁化通常通过与反铁磁层的交换耦合而被钉扎。

间隔层的厚度被选择为小于通过传感器的传导电子的平均自由程。采用

此设置，部分传导电子被间隔层与被钉扎层和自由层每个的界面所散射。当被钉扎层和自由层的磁化彼此平行时，散射最小，当被钉扎层和自由层的磁化反平行时，散射最大。散射的变化与 $\cos\theta$ 成比例地改变自旋阀传感器的电阻，其中 θ 是被钉扎层与自由层的磁化之间的角度。在读模式中，自旋阀传感器的电阻与来自旋转盘的磁场的大小成比例地改变。当检测电流传导通过自旋阀传感器时，电阻变化导致电势变化，其被检测到并作为重放信号（playback signal）处理。

自旋阀传感器位于第一和第二非磁电绝缘读间隙层之间，第一和第二读间隙层位于铁磁的第一和第二屏蔽层之间。在合并式（merged）磁头中，单个铁磁层作为读头的第二屏蔽层且作为写头的第一极片层。在背负式（piggyback）头中，第二屏蔽层和第一极片层是分开的层。

近来研究者已经专注于垂直磁记录系统的开发以提高记录系统的数据密度。这样的垂直记录系统沿垂直于磁介质表面的方向记录数据的磁位。在这样的系统中使用的写头通常包括在气垫面（ABS）具有较小横截面的写极和在 ABS 具有较大横截面的返回极。磁写线圈感应磁通沿基本垂直于磁介质平面的方向从写极发射。该磁通在返回极返回到写头，在那里它充分展开且是弱的从而它不擦除写极记录的信号。

为了满足日益增长的对改善的数据速率和数据容量的需求，研究者一直在寻求使读和写头更小同时提高这样的写头产生的写场的方法。提高写场需要提高流经写线圈的电流。减小写头的尺寸要求减小写线圈的尺寸（减小线圈匝的横截面积），这增大了线圈的电阻。

尺寸的减小和写电流的增大极大增大了写头在使用期间产生的热量。该热导致不期望的写头热膨胀，这会导致灾难性的写头结构变形。该变形在当前和未来的磁头中尤其成问题，其中头的飞行高度极小，在纳米左右。写头的热突出(thermal protrusion)与这些低飞行高度结合能导致使用期间灾难性的头盘接触。因此，强烈需要在小的高功率写头中避免写头的热引起的变形的方法和结构。

发明内容

本发明提供一种用于垂直磁记录的磁写头，其对热引起的变形具有抵抗力。该写头具有写极和返回极，其每个具有设置在气垫面（ABS）的末端。

磁座 (magnetic pedestal) 形成在返回极的 ABS 端且朝向写极延伸。具有多个线圈匝的导电写线圈越过返回极, 非磁电绝缘填充材料填充写线圈和座之间的空间。该填充材料由具有低热膨胀系数的材料例如氧化铝构成。

光致抗蚀剂线圈绝缘层可设置在线圈匝之间以将线圈匝彼此绝缘。该头还包括形成在返回极的远离 ABS 的末端处的背间隙。磁背间隙层可以通过磁成形层与写极磁连接。

该光致抗蚀剂线圈绝缘层可以延伸在该线圈和该背间隙层之间, 该非磁电绝缘的低热膨胀填充层可延伸在该写线圈和线圈绝缘层之上, 且可延伸到背间隙层。

当例如通过来自写线圈的焦耳加热被加热时, 具有低热膨胀系数的该填充层有利地不压在该座上而使座变形。例如, 光致抗蚀剂具有比氧化铝大得多的热膨胀系数。如果使光致抗蚀剂绝缘层填充该线圈和该座之间的空间, 则该光致抗蚀剂在被加热时会膨胀且会压在该座上, 导致该座的塑性变形且使该座朝向盘突出, 可能导致头盘接触和以其他方式负面影响写头的性能。因此, 本发明防止了这样的热引起的变形, 确保了优良的写头性能和可靠性。

通过结合附图阅读下面对优选实施例的详细描述, 本发明的这些和其他特征和优点将变得明显, 附图中相似的附图标记始终表示相似的元件。

附图说明

为了充分理解本发明的本质和优点, 以及优选使用模式, 应结合附图参考下面的详细描述, 附图未按照比例绘制。

图 1 是其中可实现本发明的盘驱动系统的示意图;

图 2 是从图 1 的线 2-2 取得的滑块的 ABS 视图, 示出其上磁头的位置;

图 3 是图 2 的线 3-3 取得且逆时针旋转 90 度的磁头的剖视图, 示出结合到垂直磁写头中的本发明一实施例; 以及

图 4-8 是在制造的各个中间阶段的磁写头的剖视图, 示出根据本发明一实施例制造磁写头的方法。

具体实施方式

下面的描述是关于目前构思的用于实施本发明的优选实施例。进行该说明以示出本发明的基本原理, 而不是限制这里要求保护的发明概念。

现在参照图 1, 示出了实施本发明的盘驱动器 100。如图 1 所示, 至少一个可旋转磁盘 112 支承在心轴 (spindle) 114 上且通过盘驱动器马达 118 被旋转。每个盘上的磁记录是磁盘 112 上的同心数据道 (未示出) 的环形图案形式。

至少一个滑块 113 位于磁盘 112 附近, 每个滑块 113 支持一个或更多磁头组件 121。当磁盘旋转时, 滑块 113 在磁盘表面 122 之上径向进出移动, 从而磁头组件 121 可以存取磁盘的写有所需数据的不同道。每个滑块 113 借助悬臂 (suspension) 115 连到致动器臂 119。悬臂 115 提供轻微的弹力, 其偏置滑块 113 倚着磁盘表面 122。每个致动器臂 119 连到致动器装置 127。如图 1 所示的致动器装置 127 可以是音圈马达 (VCM)。该 VCM 包括在固定磁场中可移动的线圈, 该线圈移动的方向和速度被由控制器 129 提供的马达电流信号所控制。

盘存储系统运行期间, 磁盘 112 的旋转在滑块 113 和盘表面 122 之间产生对滑块施加向上的力或举力的气垫 (air bearing)。于是在正常运行期间该气垫平衡悬臂 115 的轻微的弹力, 并且支承滑块 113 离开盘表面并且以小的基本恒定的距离稍微位于磁盘表面之上。

盘存储系统的各种组元在运行中由控制单元 129 产生的控制信号来控制, 例如存取控制信号和内部时钟信号。通常, 控制单元 129 包括逻辑控制电路, 存储装置和微处理器。控制单元 129 产生控制信号从而控制各种系统操作, 例如线 123 上的驱动马达控制信号以及线 128 上的头定位和寻道控制信号。线 128 上的控制信号提供所需的电流分布 (current profile), 从而优化地移动并定位滑块 113 到盘 112 上的所需数据道。写和读信号借助记录通道 125 传达到和读出自写头和读头 121。

参照图 2, 滑块 113 中磁头 121 的取向可以更详细地被观察。图 2 是滑块 113 的 ABS 视图, 可以看出包括感应写头和读传感器的磁头位于滑块的尾边缘 (trailing edge)。一般磁盘存储系统的上述描述以及图 1 的附图仅用于示例。应显然地, 盘存储系统可包括多个盘和致动器, 每个致动器可支持多个滑块。

现在参照图 3, 示出用于在垂直磁记录系统中使用的磁头 221。头 221 包括写元件 302 和读元件 304, 读元件 304 包括磁致电阻读传感器 305。传感器 305 可以是例如面内电流巨磁致电阻传感器 (CIP GMR)、电流垂直平

面巨磁致电阻传感器 (CPP GMR)、或隧道结传感器 (TMR)。传感器 305 位于第一和第二磁屏蔽件 306、308 之间且嵌在电介质材料 307 中。可以由例如 CoFe、NiFe 或铁硅铝合金(sendust)构成的磁屏蔽件 306、308 吸收磁场, 例如来自上道 (uptrack) 或下道数据信号的磁场, 确保读传感器 305 仅检测位于屏蔽件 306、308 之间的所需数据道。非磁电绝缘间隙层 309 可设置在屏蔽件 308 和写头 302 之间。如果传感器 305 是 CIP GMR 传感器, 则该传感器将从屏蔽件 306、308 绝缘, 如图 3 所示。然而, 如果传感器 305 是 CPP GMR 传感器或 TMR 传感器, 则, 传感器 305 的顶和底部可接触屏蔽件 306、308 从而屏蔽件可用作向传感器 305 提供检测电流的导电引线。

继续参照图 3, 写元件 302 包括写极 310, 其与磁成形层 312 磁连接且嵌入在绝缘材料 311 中。写极 310 在气垫面具有小横截面且由磁材料构成。写头 302 还包括返回极 314, 其由诸如 NiFe 或 CoFe 的磁材料构成且具有比写极 310 显著更大的平行于 ABS 面的横截面。返回极 314 通过背间隙部分 316 与成形层 312 和写极 310 磁连接, 如图 3 所示。返回极 314 和背间隙 316 可由例如 NiFe、CoFe 或某些其他磁材料构成。

如图 3 中的横截面所示, 导电写线圈 317 在成形层 312 和返回极 314 之间穿过写元件 302。由例如氧化铝构成的硬的电绝缘保护层 322 可设置在头 121 顶上以保护头免于腐蚀、磨损等损伤。

当电流经过线圈 317 时, 所得磁场导致磁通流过返回极 314、背间隙 316、成形层 312 和写极 310。该磁通导致写场朝向相邻磁介质 (未示出) 发射。从写极 310 发射的磁场磁化磁介质上的较高矫顽力的、薄的顶磁层 (图 3 未示出)。该磁场经磁介质的软磁衬层行进到返回极 314, 在那里它充分展开从而它不擦除写极 310 记录的信号。

仍参照图 3, 写头 302 还可包括磁屏蔽件或座 (pedestal) 324。该磁座可由诸如 NiFe、CoFe 等的磁材料构成, 且可以磁连接到返回极。座 324 用作磁屏蔽件以防止来自写线圈 317 的磁通到达和影响磁介质 (未示出)。

线圈 317 从返回极 314、背间隙 316、成形层 312 和返回极磁和电绝缘。底绝缘层 326 设置在写线圈 317 之下以将写线圈 317 从下面的返回极 314 绝缘。线圈绝缘层 328 填充线圈 317 的匝之间的空间且填充线圈 317 和背间隙 316 之间的空间。该线圈绝缘层优选由易于沉积到线圈 317 的匝之间小的、大高宽比空间中的材料构成。因此, 线圈绝缘层 328 优选是光致抗蚀剂, 其

能够容易地沉积到线圈匝之间的这些小空间中且稍后被硬烘焙。然而，可以看出，光致抗蚀剂线圈绝缘层 328 不延伸在线圈和座 324 之间。

继续参照图 3，绝缘填充层 330 填充线圈 317 与座 324 之间的空间且还可以填充线圈 317 之上线圈 317 与成形层 312 之间的空间。绝缘层 332 还填充成形层 312 与 ABS 之间的空间。该绝缘层 332 可以与绝缘填充层 330 成一体或与其不同。绝缘层 332 优选由氧化铝 (Al_2O_3) 构成，因为它提供硬的耐久表面以用于在 ABS 处的暴露。

仍参照图 3，可以看出绝缘填充层 330 填充线圈 317 与座之间的空间。绝缘填充层由具有较低热膨胀系数的电绝缘非磁材料构成。例如，用于填充层 330 的优良材料可以是氧化铝 (Al_2O_3)。该材料具有低的热膨胀系数，是硬的、非磁的、电绝缘的且易于得到。应指出，光致抗蚀剂构成的线圈绝缘层 328 具有比氧化铝填充层 330 大得多的热膨胀系数。如果使光致抗蚀剂线圈绝缘层延伸在线圈 317 与座 324 之间，则光致抗蚀剂线圈绝缘层 328 的热膨胀会导致座 324 上的过多机械应力。该应力将使座（可能塑性）变形，使座从 ABS 向外突出。座 324 的突出又能引起灾难性的与盘（未示出）接触，导致对盘的损坏和对头的损坏。

更传统的线圈制造方案将应用光致抗蚀剂线圈绝缘层，使得它延伸到座，使用座 324 作为堤坝 (dam) 来定义光致抗蚀剂层的前边缘。然而，根据本发明，用具有低热膨胀系数的材料例如氧化铝填充线圈 317 与座 324 之间的空间大大减小了写头 302 中的热突出。

现在参照图 4-8，描述根据本发明一实施例制造写头的方法。特别参照图 4，已经构造了读头 304，沉积非磁间隙层 309 且形成返回极 314。座 324 和背间隙 316 然后形成在返回极 314 之上。

例如由氧化铝构成的薄的电绝缘非磁层 321 沉积在返回极 314 之上。导电线圈籽层 400 沉积在薄绝缘层 321 之上。光致抗蚀剂掩模 402 形成得具有定义线圈图案的槽 404（其一部分示于图 4 的横截面图中）。尽管气垫面 (ABS) 还没有形成，但是研磨后将形成 ABS 的位置由指示 ABS 的线表示。

参照图 5，导电材料例如 Cu 317 沉积到形成于光致抗蚀剂掩模 402 中的槽 404 中以形成写线圈 317。导电材料 317 可利用导电籽层 400 作为电镀种子通过电镀来沉积。然后光致抗蚀剂掩模 402 例如通过化学顶离 (lift off) 被去除，可进行短的反应离子蚀刻 (RIE) 或离子研磨以去除籽层 400 的不

想要的部分。

现在参照图 6，沉积光致抗蚀剂线圈绝缘层 328。线圈绝缘层 328 被光刻构图且被显影使得光致抗蚀剂层的前边缘 602 延伸到线圈 317 的最靠近座 324 的最外匝附近某点。线圈绝缘层 328 的另一边缘（背边缘）604 延伸到背间隙 316。光致抗蚀剂线圈绝缘层 328 被加热从而硬烘焙抗蚀剂层 328。然后，参照图 7，进行光致抗蚀剂去除工艺例如干光致抗蚀剂蚀刻或反应离子蚀刻 702 以去除光致抗蚀剂线圈绝缘层 328 的上部，直到光致抗蚀剂线圈绝缘层的顶表面位于线圈 317 的顶部之下的期望的点。光致抗蚀剂线圈绝缘层 328 的高度减小到这样的高度从而氧化铝填料将能够有效地填充线圈匝之间的所得空间而不会留下空隙。然后，参照图 8，氧化铝（ Al_2O_3 ）填充层 330 沉积到至少座 324 和背间隙 316 的高度。可进行化学机械抛光（CMP）以形成跨背间隙 316、氧化铝填充层 330 和座 324 的顶部的光滑共面表面。然后可形成剩余结构例如磁成形层 312、绝缘层 332、311、写极 310 和保护层 322，得到参照图 3 描述的结构。

虽然上面已经描述了各种实施例，但是应理解，他们仅以示例的方式给出，而不是用于限制。落入本发明范围内的其他实施例也会对本领域技术人员变得显然。因此，本发明的广度和范围不应局限于任何上述示例性实施例，而是应仅根据所附权利要求及其等价物来定义。

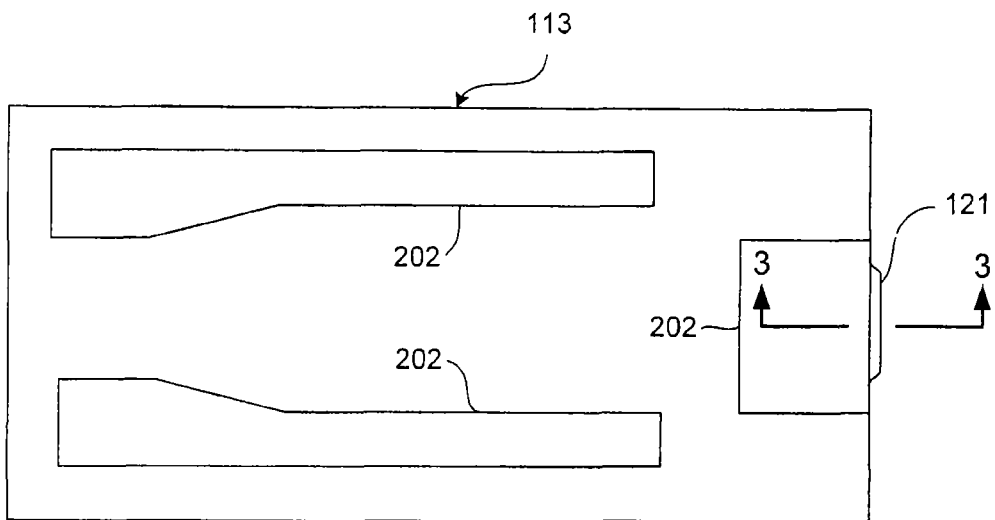


图 2

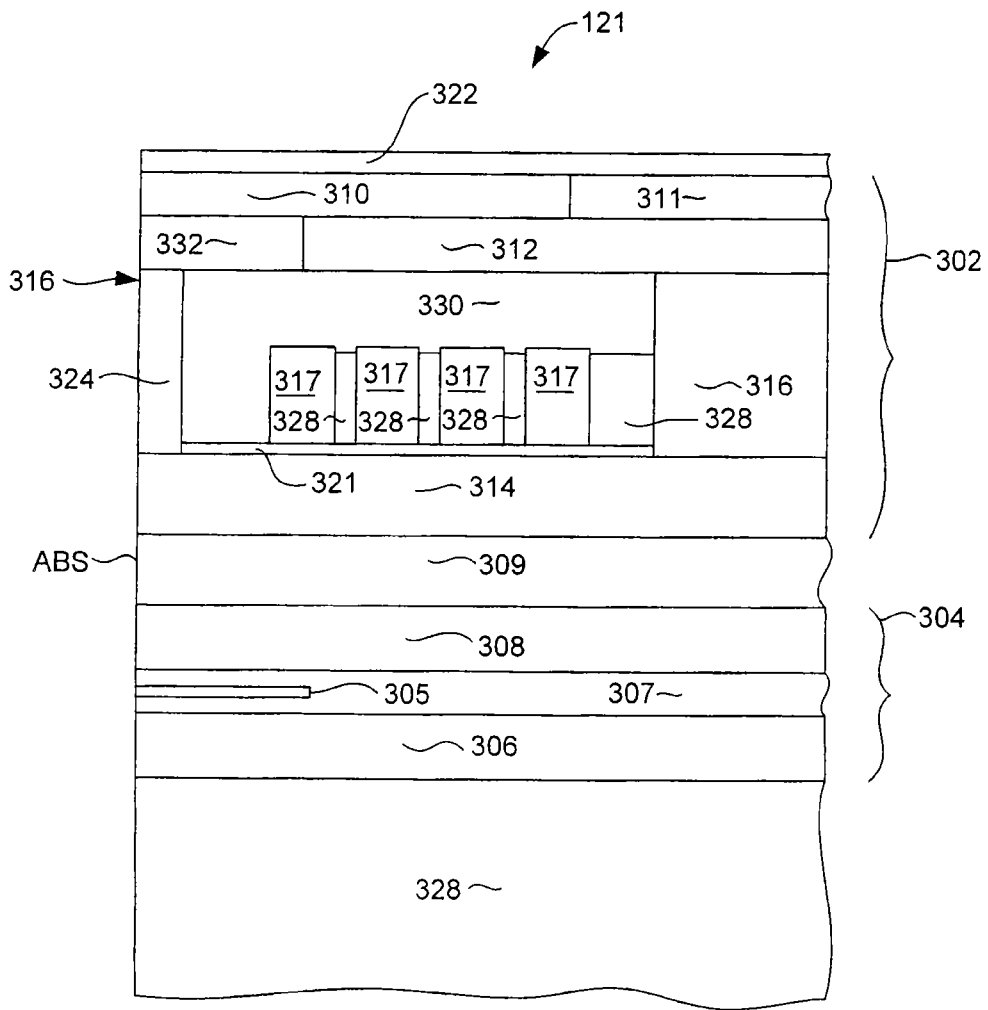


图 3

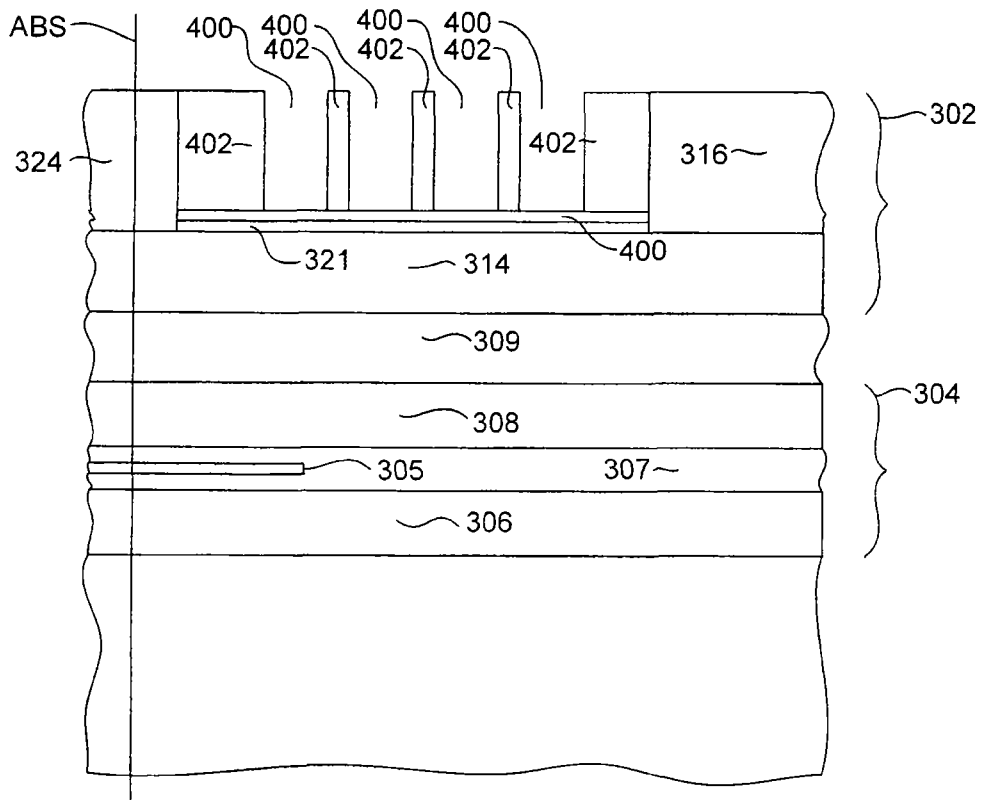


图 4

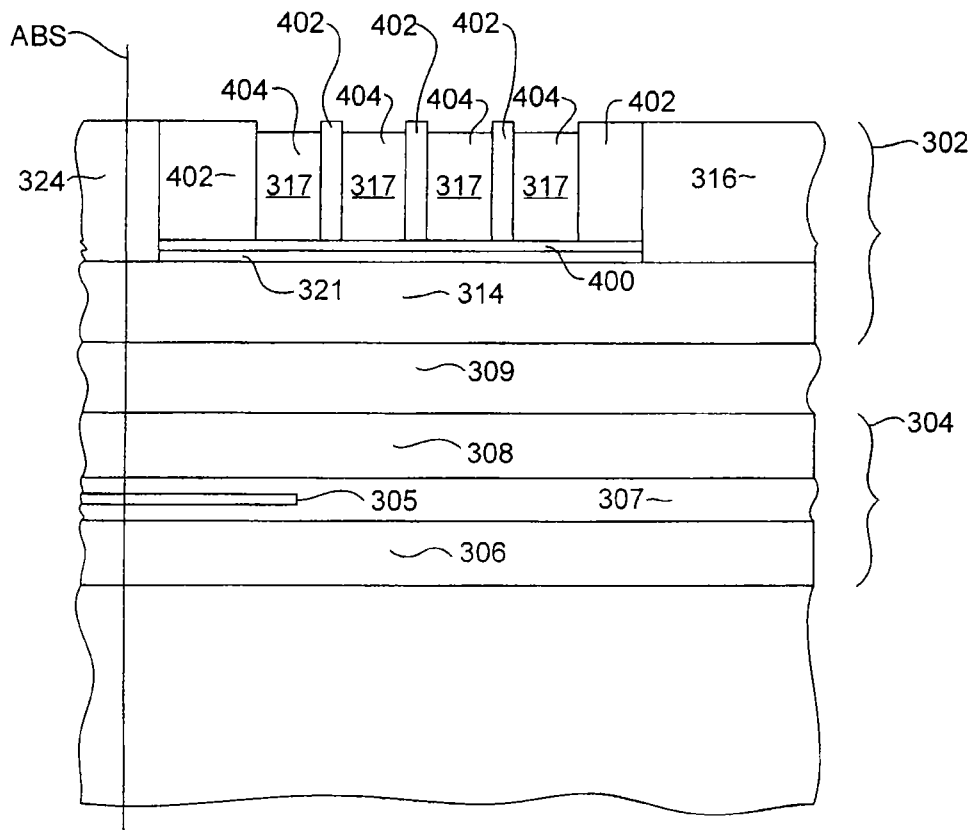


图 5

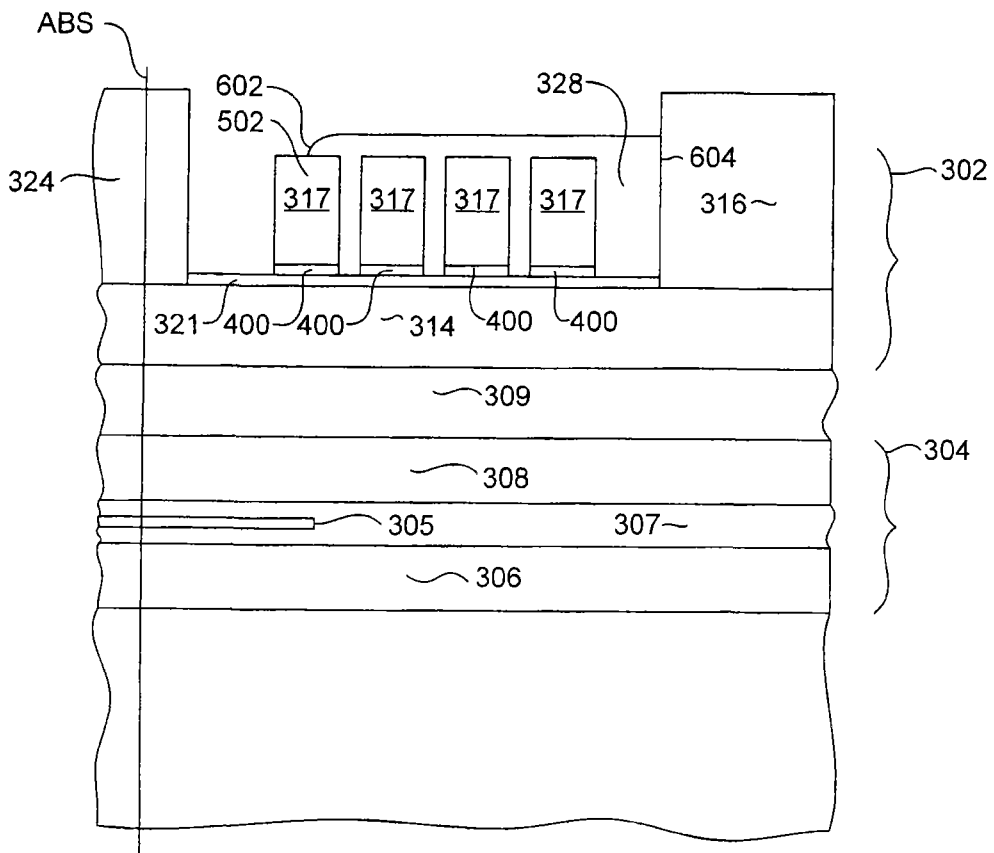


图 6

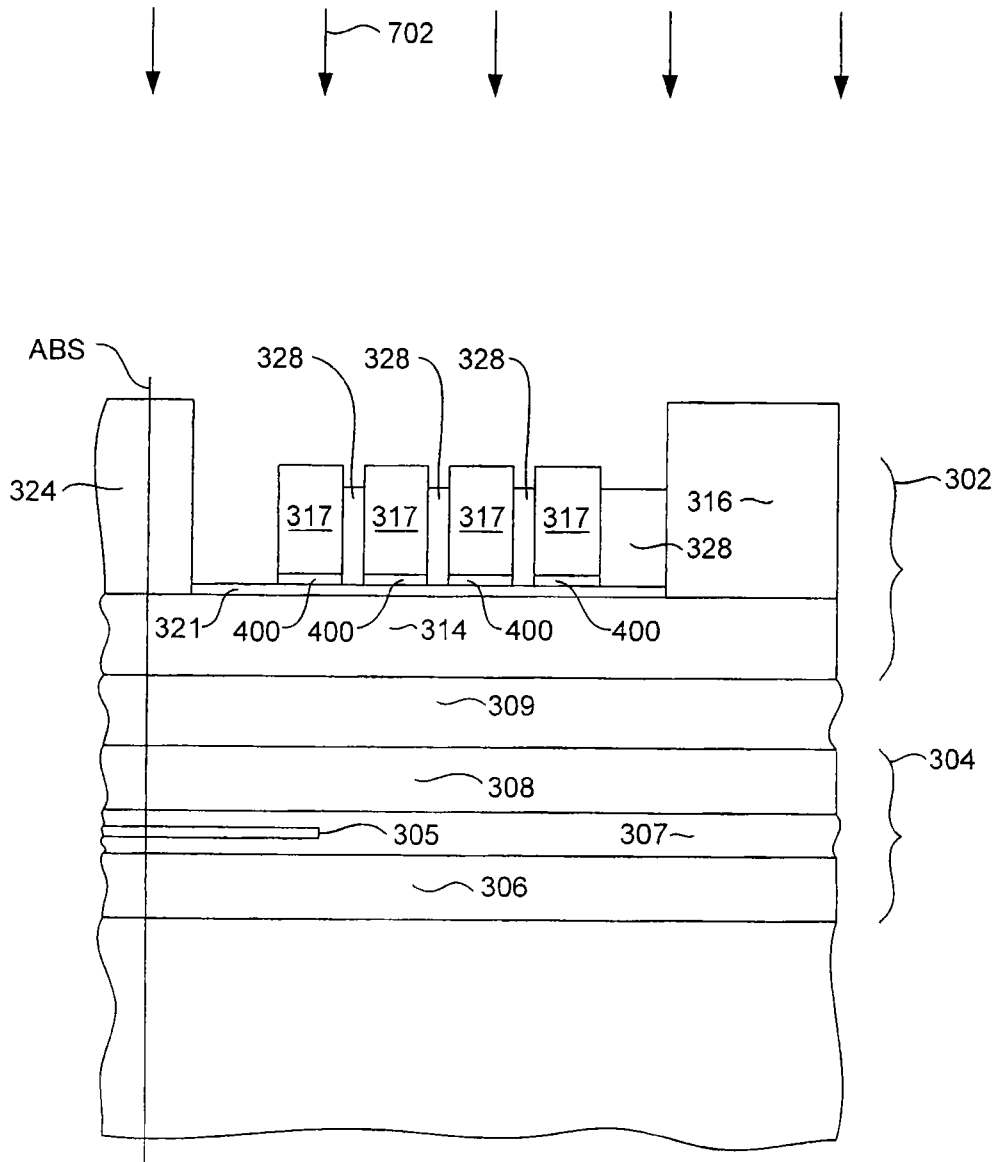


图 7

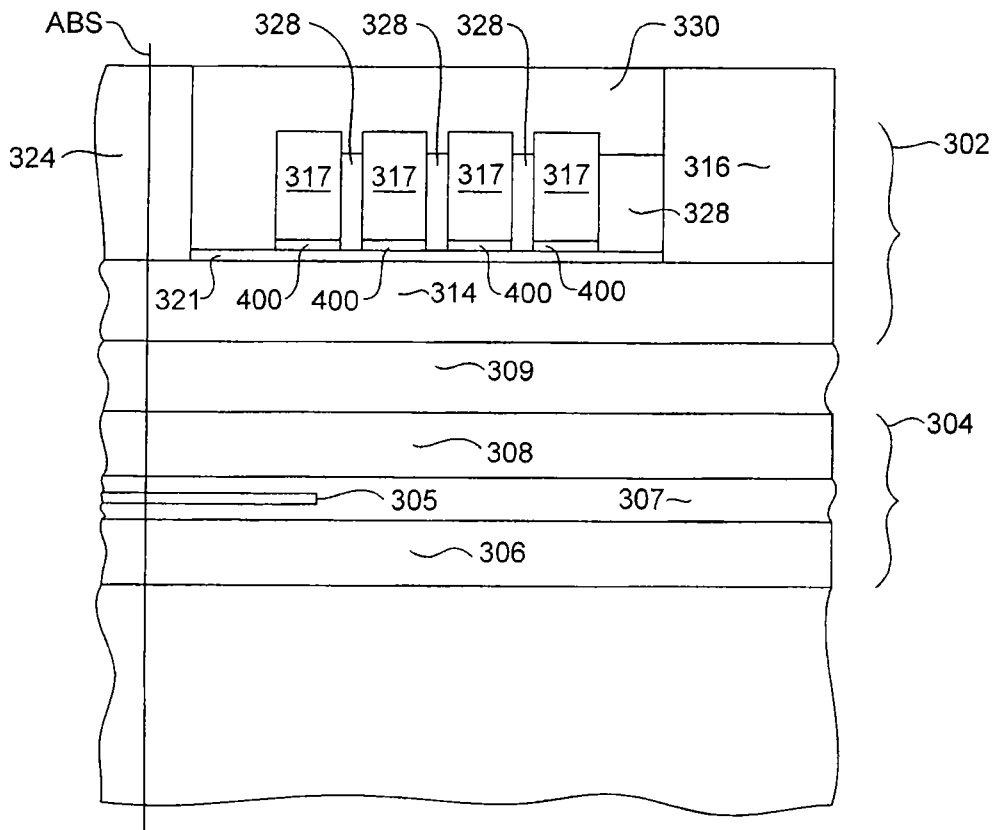


图 8