

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/39 (2006.01)

H01F 10/32 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610005181.2

[45] 授权公告日 2008年4月2日

[11] 授权公告号 CN 100378804C

[22] 申请日 2006.1.13

[21] 申请号 200610005181.2

[30] 优先权

[32] 2005.2.1 [33] US [31] 11/048,406

[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 李文扬 李晋山 丹尼尔·莫里

西冈浩一 田岛康成

[56] 参考文献

US6620530B1 2003.9.16

US6153320A 2000.11.28

US5856897A 1999.1.5

CN1180400C 2004.12.15

审查员 梁小容

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 李晓舒 魏晓刚

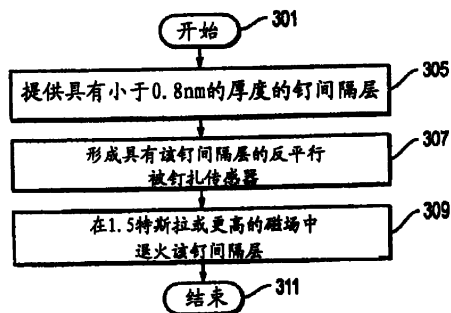
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称

利用薄钉间隔层和高磁场退火的增强反平行被钉扎传感器

[57] 摘要

本发明提供具有间隔层的反平行被钉扎传感器，所述间隔层提高了该传感器的反平行耦合强度。该反平行被钉扎传感器是 GMR 或 TMR 传感器，其具有纯钉或钉合金间隔层。间隔层的厚度小于 0.8nm，优选在 0.1 和 0.6nm 之间。间隔层还在 1.5 特斯拉或更高且优选大于 5 特斯拉的磁场中退火。该设计产生意想不到的结果，是利用 0.8nm 厚且在约 1.3 特斯拉的较低磁场中退火的钉间隔层的普通 AP 被钉扎 GMR 和 TMR 传感器的钉扎场的三倍以上。



1. 一种提高磁传感器的耦合强度的方法，该方法包括：
  - (a) 提供反平行耦合结构，该反平行耦合结构包括通过钉间隔层分隔开的两个铁磁层，该钉间隔层具有小于 0.8 nm 的厚度；
  - (b) 形成具有该反平行耦合结构的磁传感器；以及
  - (c) 在 5 特斯拉或更高的磁场中退火所述钉间隔层。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其中该磁传感器是反平行被钉扎传感器。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其中该磁传感器选自包括 GMR 和 TMR 传感器的组。
4. 如权利要求 1 所述的方法，其中该钉间隔层是钉合金。
5. 如权利要求 1 所述的方法，其中该钉间隔层是纯钉。
6. 如权利要求 1 所述的方法，其中该钉间隔层的厚度在 0.1 和 0.6 nm 之间。
7. 如权利要求 1 所述的方法，其中该磁场为 5 至 10 特斯拉。
8. 如权利要求 2 所述的方法，其中该反平行被钉扎磁传感器选自包括 GMR 和 TMR 传感器的组。
9. 如权利要求 2 所述的方法，其中该钉间隔层是钉合金。
10. 如权利要求 2 所述的方法，其中该钉间隔层是纯钉。
11. 如权利要求 2 所述的方法，其中该钉间隔层的厚度在 0.1 和 0.6 nm 之间。
12. 如权利要求 2 所述的方法，其中该磁场为 5 至 10 特斯拉。
13. 一种硬盘驱动器，包括：

磁盘；

致动器，其具有用于从该盘读数据且向其写数据的头，该头包括具有反平行耦合结构的反平行被钉扎磁传感器，该反平行耦合结构具有通过钉间隔层分隔开的两个铁磁层，该钉间隔层具有小于 0.8 nm 的厚度，且该钉间隔层经受 5 特斯拉或更高磁场下的退火处理。
14. 如权利要求 13 所述的硬盘驱动器，其中该反平行被钉扎磁传感器选自包括 GMR 和 TMR 传感器的组。
15. 如权利要求 13 所述的硬盘驱动器，其中该钉间隔层是钉合金。

16. 如权利要求 13 所述的硬盘驱动器, 其中该钉间隔层是纯钉。
17. 如权利要求 13 所述的硬盘驱动器, 其中该钉间隔层的厚度在 0.1 和 0.6 nm 之间。
18. 如权利要求 13 所述的硬盘驱动器, 其中该磁场为 5 至 10 特斯拉。

## 利用薄钉间隔层和高磁场退火的增强反 平行被钉扎传感器

### 技术领域

本发明总体涉及且特别涉及利用在高磁场中退火的超薄钉(Ru)合金间隔层提高反平行(AP)被钉扎巨磁致电阻(GMR)和隧穿磁致电阻(TMR)传感器的钉扎强度的改进的系统、方法和设备。

### 背景技术

用于硬盘驱动器的磁记录头的自旋阀型巨磁致电阻薄膜具有包括多个层或薄膜的多层膜结构。这些层包括反铁磁层、固定磁化层、非磁导电层、以及自由磁化层。在自旋阀型巨磁致电阻薄膜的多层膜结构中,非磁导电层形成在固定磁化层与自由磁化层之间从而二者被非磁导电层隔离开。另外,由于使得反铁磁层与固定磁化层相邻,所以固定磁化层的磁矩通过与反铁磁层的交换耦合被固定在一个方向上。另一方面,自由磁化层的磁矩根据外磁场而自由转动。

自旋阀型巨磁致电阻薄膜产生所谓的“巨磁致电阻效应”,或者由于固定磁化层的磁矩与自由磁化层的磁矩形成的相对角而导致的电阻的改变。由于巨磁致电阻效应而导致的电阻变化的比率被称为“磁致电阻率”(MR率)。自旋阀型巨磁致电阻薄膜的MR率远高于常规各向异性磁致电阻薄膜的MR率。

存在三种类型的自旋阀型巨磁致电阻薄膜。第一类型公知为“底型”且从衬底侧起包括以所列顺序堆叠的缓冲层、反铁磁层、固定磁化层、非磁导电层、自由磁化层、以及保护层。第二类型公知为“顶型”且包括以所列顺序的衬底、缓冲层、自由磁化层、非磁导电层、固定磁化层、反铁磁层、以及保护层。第三类型公知为“双型(dual type)”且包括以所列顺序的衬底、缓冲层、第一反铁磁层、第一固定磁化层、第一非磁导电层、自由磁化层、第二非磁导电层、第二固定磁化层、第二反铁磁层、以及保护层。

已经提出以合成铁磁结构替代单层固定磁化层的薄膜,所述合成铁磁结

构具有固定磁化层元件、非磁层、以及固定磁化层元件。此外，自由磁化层也有单层结构和多层结构。在多层结构的自由磁化层和固定磁化层中，全部层为磁膜，但是有时候叠置不同的磁膜或者使用其间置有非磁膜的夹层结构。

自旋阀型巨磁致电阻薄膜的巨磁致电阻效应归因于传导电子在多层膜的堆叠界面处的自旋相关散射。因此，为了获得高 MR 率，在自旋阀膜的制造过程中界面的清洁或平坦变得重要。因此，在自旋阀型巨磁致电阻薄膜中，为了实现界面的清洁或平坦，膜经常在相同真空室内连续形成从而一层与另一层的形成之间的间隔变得尽可能短。

用于在真空中形成膜的技术包括磁控溅射、离子束溅射、电子回旋共振（ECR）溅射、对靶溅射、高频溅射、电子束蒸镀、电阻加热蒸镀、分子束外延（MBE）等。

为了获得高 MR 率，非磁导电层的厚度应较小从而抑制不对巨磁致电阻效应作贡献的传导电子的流动（分流效应（shunt effect））。然而，如果使得非磁导电层的厚度较小，则固定磁化层和自由磁化层将通过非磁导电层铁磁性耦合。对于硬盘驱动器的磁记录头的实际使用而言固定磁化层与自由磁化层之间的层间耦合磁场应较小。过去，为了减小层间耦合磁场，非磁导电层的厚度被设定为 2.5 至 3.5 nm。

已经提出了通过将尺寸不大于 1 nm 的纳米氧化物层插入到底型自旋阀膜中的固定磁化层中来减小发生在固定磁化层与自由磁化层之间的铁磁耦合的技术。结果，即使使用薄的（2.0 至 2.5 nm）非磁导电层也获得了较小的层间耦合磁场且获得了高 MR 率。即，在常规自旋阀型巨磁致电阻薄膜中，非磁导电层的厚度被设定得厚（2.5 至 3.5 nm）从而减小层间耦合磁场，但出现了不对巨磁致电阻效应作贡献的传导电子的流动（分流效应）和 MR 率被减小的问题。另外，在形成上述纳米氧化物层的过程中，在固定磁化层的形成中氧化步骤变为必需。氧化步骤复杂且可重复性差。因此，期望改进的技术方案。

## 发明内容

本发明公开了用于提高反平行被钉扎传感器的反平行耦合强度的系统、方法和设备的实施例。本发明包括诸如 GMR 或 TMR 传感器的反平行被钉

扎传感器，其具有纯钉或钉合金间隔层。间隔层的厚度小于 0.8 nm，优选在 0.1 和 0.6 nm 之间。间隔层还在 1.5 特斯拉或更高的磁场中退火。在一个实施例中，磁场是 5 特斯拉或更高。本发明产生意想不到的结果，是利用 0.8 nm 厚且在约 1.3 特斯拉的较低磁场中退火的钉间隔层的普通 AP 被钉扎 GMR 和 TMR 传感器的钉扎场的三倍以上。

结合附图和所附权利要求，通过下面对本发明的详细描述，对本领域技术人员来说本发明的前述和其它目的和优点将更加明显。

### 附图说明

为了获得并详细理解其中本发明的特征和优点以及其它将变得明显的方式，上面简略概括的本发明的更具体的描述可参照附图所示的其实施例来得到，附图构成本说明书的一部分。然而，应注意，附图仅示出本发明的实施例，因此不应认为限制了本发明的范围，因为本发明可容许其它等价的有效实施例。

图 1 是用于盘驱动器中磁记录头的底型自旋阀型巨磁致电阻薄膜的多层结构的示意性截面图；

图 2 是根据本发明构造的传感器的各种实施例的间隔层厚度与钉扎场强度的关系曲线；

图 3 是根据本发明的方法的高层次流程图；

图 4 是根据本发明构造的硬盘驱动器的示意图。

### 具体实施方式

参照图 1，示出了多层膜的底型自旋阀型巨磁致电阻（GMR）薄膜的多层结构的一个实施例。根据多层结构的此实施例，Ta（3 nm）/NiFe（2 nm）/PtMn（12 nm）/CoFe（1.8 nm）/Ru/CoFe（2.8 nm）/Cu（2.2 nm）/CoFe（1.5 nm）/NiFe（2.5 nm）/Cu（1 nm）/Ta（3 nm）以所列顺序从衬底 25 侧顺序叠置。层中括号内给出的数字值是以纳米（nm）为单位的层厚度。本领域技术人员将理解这些数字值以示例形式给出且用于对本发明一实施例的参考。本发明不限于这些值。

在本发明一实施例中，Ru 膜或间隔层小于 0.8 nm 厚，优选在 0.1 和 0.6 nm 的范围之间。Ru 间隔层还在大于 1.5 特斯拉且在一实施例中大于 5 特斯

拉的高磁场中退火。在再一实施例中，间隔层在 5 至 10 特斯拉的磁场中退火。

在此多层结构中，Ta (3 nm) 和 NiFe (2 nm) 是缓冲层 41，PtMn (12 nm) 是反铁磁层 42，CoFe (1.8 nm)、Ru、以及 CoFe (2.8 nm) 是固定磁化层 (合成铁磁结构) 43，Cu (2.2 nm) 是非磁导电层 44，CoFe (1.5 nm) 和 NiFe (2.5 nm) 是自由磁化层 45，Cu (1 nm) 自旋过滤器 (spin filter) 46，Ta (3 nm) 是保护层 47。这些层可在一个或更多膜形成室中形成。等离子体处理在膜形成步骤中适当地进行。当进行等离子体处理时，在所需界面处膜形成被暂时中断，衬底 25 被传送到等离子体处理室用于等离子体处理。

现在参照图 2，示出了对于根据本发明构造的传感器 (例如磁传感器) 的四个实施例，间隔层厚度与钉扎场强度的关系曲线。曲线 21 示出纯钉间隔层的性能，曲线 23 是具有 9.2% 的 CoFe 的钉合金的性能，曲线 25 是具有 27.9% 的 CoFe 的钉合金的性能，曲线 27 是具有 33.6% 的 CoFe 的钉合金的性能。对于这些实施例中的每一个，在小于 0.8 nm 的间隔层厚度处钉扎场的强度明显增加，在小于 0.6 nm 的厚度处显著增加。

现在参照图 3，示出了描绘本发明的方法的一个实施例的简化的高层次流程图。例如，该方法如所示地始于步骤 301，且提高反平行被钉扎传感器的反平行耦合强度。该方法包括：提供具有小于 0.8 nm 的厚度的钉间隔层，如步骤 303 所示；形成具有钉间隔层的反平行被钉扎传感器 (步骤 305)；以及在 1.5 特斯拉或更高的磁场中退火钉间隔层 (步骤 307)。该反平行被钉扎传感器可选自包括 GMR 和 TMR 传感器的组。该钉间隔层可包括纯钉、或者与例如 Co、Fe、CoFe、和/或其它类似类型的金属形成的钉合金。在一实施例中，钉间隔层的厚度在 0.1 nm 和 0.6 nm 之间且磁场大于 5 特斯拉。

现在参照图 4，本发明的一个实施例提供在用于计算机系统的磁硬盘存储器或驱动器 111 中。驱动器 111 具有外壳或基座 113，其容纳至少一个磁盘 115。盘 115 被具有中心驱动轴 (hub) 117 的心轴 (spindle) 马达组件旋转。致动器 121 包括围绕枢轴组件 123 枢转地安装到基座 133 的梳 (comb) 形式的多个平行致动臂 125 (示出一个)。控制器 119 也安装到基座 113 用于选择性相对于盘 115 移动臂 125 的梳。

在所示实施例中，每个臂 125 具有从其延伸的至少一个悬伸的负载梁 (load beam) 和悬臂 127。磁读/写换能器 (transducer) 或头 (装备有上述

传感器)安装在滑块 129 上且固定到柔性安装于每个悬臂 127 的挠曲部件 (flexure) 上。读/写头从盘 115 磁性地读数据和/或向其磁性地写数据。所谓头万向组件的集成的水平在于头和滑块 129, 其安装在悬臂 127 上。滑块 129 通常被结合到悬臂 127 的端部。头通常是皮的大小 (pico size) (约  $1250 \times 1000 \times 300$  微米) 且由陶瓷或金属间化合 (intermetallic) 材料形成。头还可为飞的大小 (femto size) (约  $850 \times 700 \times 230$  微米) 且通过悬臂 127 倚着盘 115 的表面预装载 (在 2 至 10 克范围内)。

悬臂 127 具有类似弹簧的性质, 其将滑块 129 的气垫面偏置或压向盘 115 从而能够在滑块 129 与盘表面之间产生气垫膜 (air bearing film)。收纳在传统音圈马达磁体组件 134 (顶极未示出) 中的音圈 133 也被安装于臂 125 与头万向组件背离。致动器 121 通过控制器 119 的移动 (由箭头 135 表示) 使头万向组件跨过盘 115 上的道径向移动直到该头停留在其各自的目标道上方。头万向组件以传统方式运行且总是彼此一致地移动, 除非驱动器 111 使用其中臂能够彼此独立地移动的多个独立的致动器 (未示出)。

尽管仅以其一些形式显示和描述了本发明, 但是对于本领域技术人员来说显然的是, 本发明不局限于此, 而是在不偏离本发明范围的情况下易于进行各种变化。

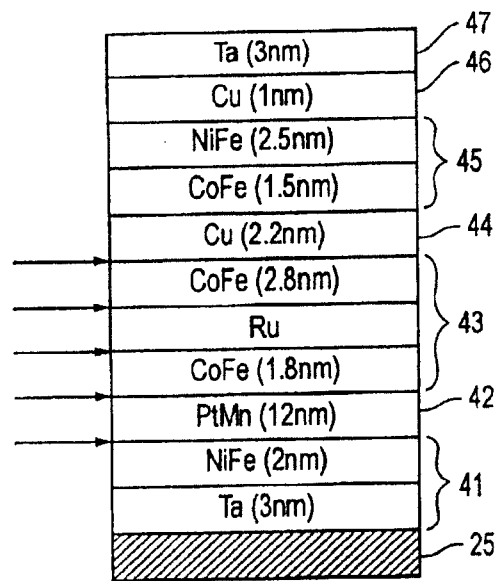


图 1

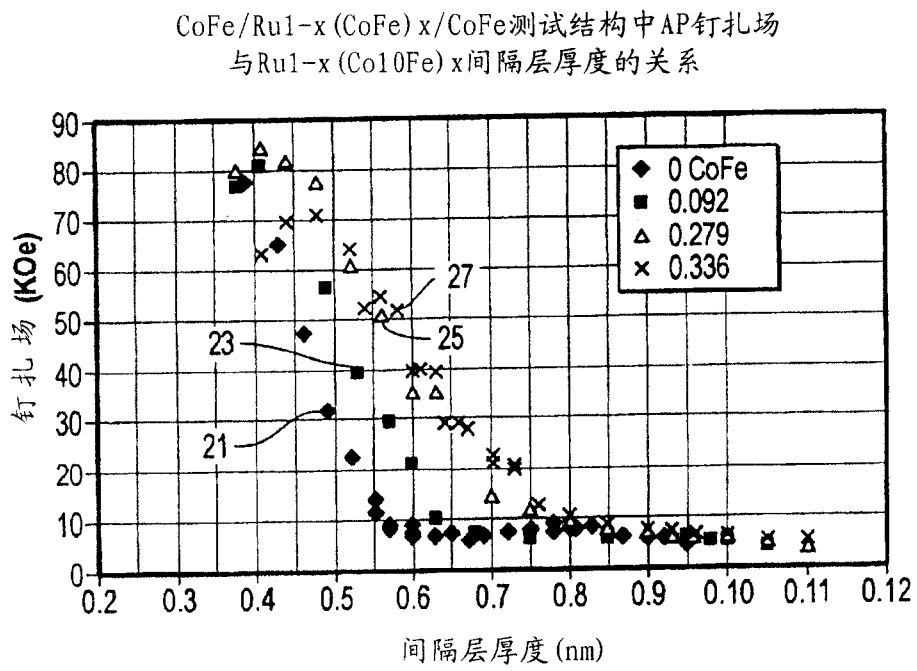


图 2

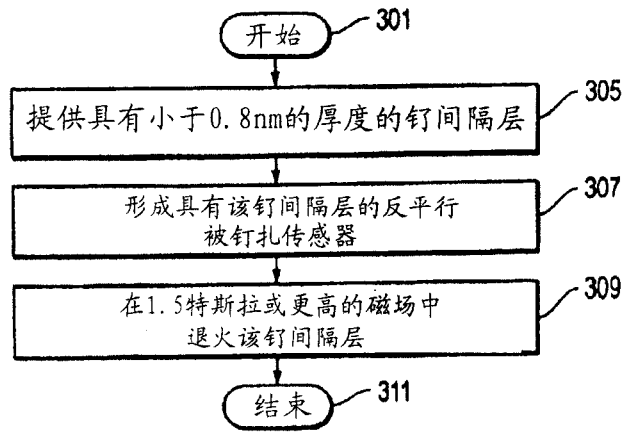


图 3

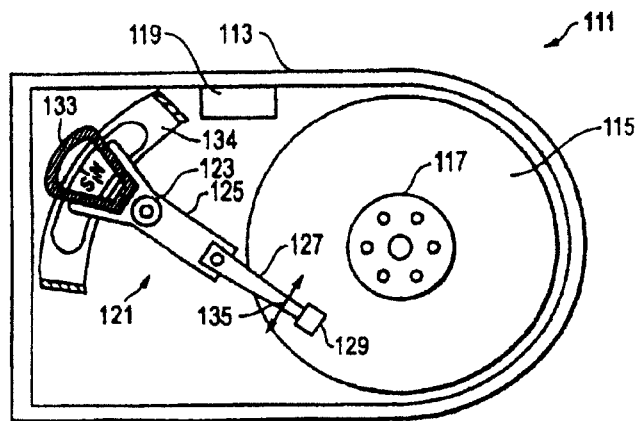


图 4