



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104347083 B

(45)授权公告日 2019.02.19

(21)申请号 201410356739.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.07.24

G11B 5/11(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 罗婷

申请公布号 CN 104347083 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(30)优先权数据

13/953,936 2013.07.30 US

(73)专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 K·麦克内尔 A·高根

M·奥姆斯顿

V·B·萨波日尼科夫

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 何焜

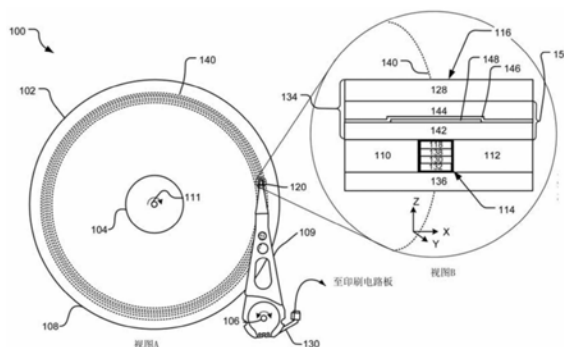
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

磁阻传感器屏蔽

(57)摘要

本申请公开了一种磁阻传感器屏蔽。本文所公开的实施例通过在合成反铁磁结构(SAF)屏蔽内,提供被降低各向异性的区域,允许被磁阻传感器检测到的信号得以改善。SAF屏蔽包含被耦合间隔层所隔离的第一与第二铁磁材料层。第一与第二铁磁材料层之间的距离在邻近传感器堆栈的区域大于远离传感器堆栈的区域。



1. 一种传感器装置,包括:
位于传感器堆栈第一侧的屏蔽,所述屏蔽包含:
第一铁磁材料层;
第二铁磁材料层;
隔离所述第一层与所述第二层的耦合间隔层,其中所述第一层与所述第二层之间在邻近所述传感器堆栈的区域距离大于在远离所述传感器堆栈的区域距离。
2. 如权利要求1所述传感器装置,其中所述耦合间隔层具有可变厚度。
3. 如权利要求1所述传感器装置,其中所述第一层与所述第二层之间在与所述传感器堆栈中心轴向对齐的区域距离大于远离所述传感器堆栈的区域距离。
4. 如权利要求1所述传感器装置,还包括:
在所述第一层与所述第二层之间的非磁性层。
5. 如权利要求4所述传感器装置,其中所述非磁性层具有在交叉磁道方向延伸的,超出所述传感器堆栈相对的表面的相对边缘。
6. 如权利要求1所述传感器装置,其中所述第一层,所述第二层与所述耦合间隔层构成所述传感器堆栈的顶部屏蔽的合成反铁磁(SAF)结构。
7. 如权利要求1所述传感器装置,其中所述第一层、所述第二层与所述耦合间隔层构成所述传感器堆栈的底部屏蔽的SAF结构。
8. 一种SAF屏蔽结构,包括:
第一铁磁材料层;
第二铁磁材料层,与所述第一铁磁材料层在传感器堆栈的同一侧;以及
间隔所述第一层与所述第二层的耦合间隔层,其中所述第一层与所述第二层在中心区域距离大于边缘区域距离。
9. 如权利要求8所述SAF屏蔽结构,其中所述耦合间隔层具有可变厚度。
10. 如权利要求8所述SAF屏蔽结构,其中所述耦合间隔层使用钌材料。
11. 如权利要求8所述SAF屏蔽结构,还包括:
在所述第一层与所述第二层之间的非磁性层。
12. 如权利要求8所述SAF屏蔽结构,其中所述SAF屏蔽结构是所述传感器堆栈的顶部屏蔽的一部分。
13. 如权利要求8所述SAF屏蔽结构,其中所述SAF屏蔽结构是所述传感器堆栈的底部屏蔽的一部分。
14. 一种传感器装置,包括:
位于传感器堆栈第一侧的屏蔽,所述屏蔽包括:
第一铁磁材料层;
第二铁磁材料层;
隔离所述第一层与第二层的耦合间隔层,其中所述第一层与所述第二层之间在邻近所述传感器堆栈的区域距离大于在远离所述传感器堆栈区域距离;与
把所述屏蔽从所述传感器堆栈分开的非磁性层。
15. 如权利要求14所述传感器装置,其中所述耦合间隔层具有可变厚度。
16. 如权利要求14所述传感器装置,其中所述第一层与所述第二层间在与所述传感器

堆栈中心轴向对齐的区域距离大于远离所述传感器堆栈的区域的距离。

17. 如权利要求14所述传感器装置,还包括:

在所述第一层与所述第二层之间的非磁性层。

18. 如权利要求17所述传感器,其中所述非磁性层在交叉磁道方向的长度大于所述传感器堆栈在所述交叉磁道方向上的长度。

19. 如权利要求14所述传感器装置,其中所述第一层、所述第二层与所述耦合间隔层构成所述传感器装置的顶部屏蔽的合成反铁磁结构(SAF)。

20. 如权利要求14所述传感器装置,其中所述第一层、所述第二层与所述耦合间隔层构成所述传感器装置的底部屏蔽的SAF结构。

磁阻传感器屏蔽

背景技术

[0001] 在磁性数据存储与检索系统中,磁性读/写头包括用于有磁性地检索磁盘存储的编码信息的磁阻传感器的读取器部分。来自磁盘表面的磁通量引起磁阻传感器的传感层磁化向量的旋转,反过来引起磁阻传感器电阻的变化。磁阻传感器电阻的变化可以通过传送磁阻传感器的电流与测量传感器上的电压降予以检测。外部电路将电压信息转换成合适的格式并操作这些信息以还原磁盘上的编码信息。

[0002] 目前磁存储介质的技术改进使得磁盘区域记录密度是可得。然而,随着区域记录密度的增加,需要更小、更敏感的磁阻传感器。当磁阻传感器变得更小时,磁阻传感器对磁盘被使用的区域表现不期望的磁响应的潜在性。有效的磁阻传感器能够减少或消除磁噪声并且提供足够幅度的信号以准确地还原写在磁盘上的数据。

发明内容

[0003] 这里所示出了与申请的实施例提供位于传感器堆栈第一侧的屏蔽,屏蔽包括第一铁磁材料层、第二铁磁材料层与隔离第一层与第二层的耦合间隔层,其中第一层与第二层在邻近传感器堆栈的距离大于远离传感器堆栈的距离。

[0004] 发明内容以简化的形式介绍后续将被进一步详细设计的被选择的设计理念。发明内容并不旨在确定所申请主题的关键的、重要特征,也不是旨在限制所申请主题的范围。所申请主题的其他特征、细节、实用性与优点可以从下面各种实施例、附图进一步描述的与附加权利要求定义的实施例的书面详细描述所明了。

附图说明

[0005] 图1示出了包含在滑动器上的磁阻传感器的示例磁盘驱动器组件的俯视图。

[0006] 图2示出了在顶部屏蔽与底部屏蔽的SAF结构中具有透磁性局部增强的示例磁阻传感器。

[0007] 图3示出了在顶部屏蔽的SAF结构中具有透磁性局部增强的示例磁阻传感器。

[0008] 图4示出了包含具有透磁性局部增强的SAF结构、解耦的顶层屏蔽的示例磁阻传感器。

[0009] 图5示出了在合成反铁磁结构形成过程中的被执行的沉积操作。

[0010] 图6示出了在SAF形成过程中的被执行的掩膜与研磨操作。

[0011] 图7示出了在SAF结构形成过程中的被执行的掩膜移除与附加的沉积操作。

[0012] 图8示出了在SAF结构形成过程中的被执行的沉积操作。

[0013] 图9示出了在SAF结构形成过程中的被执行的掩膜与沉积操作。

[0014] 图10示出了在SAF结构形成过程中的被执行的掩膜移除与附加的沉积操作。

具体实施方式

[0015] 脉冲窄化(例如,减少磁阻传感器检测到的磁信号的宽度)是提高磁阻传感器线性

密度分辨率的一种方法。脉冲窄化,也被称为PW50降低,可以通过增加传感器屏蔽的透磁性来实现。但是,增加屏蔽的透磁性会附带地降低屏蔽的稳定性。具有透磁性全局增强的屏蔽更容易与写入部件或者换能器头的外部漏磁场耦合,同时降低了从磁介质读出信号的信噪比。因此,在磁阻传感器中,存在增加屏蔽透磁性以提高PW50与保持屏蔽的低透磁性以维持屏蔽稳定性的相互矛盾的目标。

[0016] 下面所公开的实施例提供允许在接近传感器堆栈地方,局部增强屏蔽的透磁性以实现在所期望的PW50降低的同时,减轻信号质量附带的降低。尤其是,下面所公开的示例磁阻传感器包括透磁性局部增强的合成反铁磁屏蔽。依据一个实施例,在一对铁磁层之间插入一个非磁性层以减少接近传感器堆栈区域中的SAF屏蔽的各向异性。降低各向异性的区域具有(例如,局部透磁性)比SAF屏蔽的全局透磁性更高的透磁性。如本文所用的,“全局透磁性”指的是磁阻磁阻传感器屏蔽的一个或多个屏蔽部件的整个的透磁性。

[0017] 这里所公开的技术可以与各种不同类型的磁阻传感器一起使用(例如,各向异性磁阻传感器,隧道磁阻传感器,巨型磁阻传感器等)。相应地,这里所公开的实施例同样适用于基于新的物理现象的传感器设计,例如,横向自旋阀(简称LSV),自旋霍尔效应(简称SHE),自旋扭矩振荡(简称STO)等新的MR传感器等。

[0018] 图1示出了一个示例磁盘驱动器组件的俯视图。示例磁盘驱动器组件100包括在执行臂109末端,位于介质磁盘108上的滑动件120。围绕旋转106的执行轴的音圈电机用来把滑动件120定位在数据磁道(例如,数据磁道140),围绕旋转111的盘轴的主轴电机被用于旋转介质磁盘108。具体参照视图A,介质108包括外径102与内径104,两者之间是若干使用原形虚线表示的数据磁道(例如,数据磁道140)。软线130为滑动件120提供必需的电连接,同时允许在操作过程中,执行臂109的轴转运动。

[0019] 滑动件120是具有若干执行多种功能的多层的层叠结构。滑动件120包括具有与回路或轭或基座相反的电极耦合的主写电极的记录器部分(未示出)。磁线圈缠绕着轭或者基座以感应写入磁极的磁性写入脉冲。

[0020] 滑动件120还包括一个或多个从介质磁盘108读取数据的磁阻传感器。视图B示出了磁盘驱动器组件100使用中,朝向介质磁盘108空气支撑表面(ABS)的磁阻传感器的一侧。因此,视图B所示的磁阻传感器116在可操作地连接到视图A所示的滑动件时,需要旋转180度(例如,围绕Z轴)。

[0021] 滑动件120的磁阻传感器116包含传感器堆栈114,传感器堆栈114包含多个执行功能的多个层。在不同的实施例中,这些层的数量与它们的相关的功能可能有变化。不过,图1所示的示例传感器堆栈114包含第一软磁层130与第二软磁层118。第一软磁层130(也被称为“固定层”)在被AFM层132偏离的给定方向上具有磁性取向。参照层138,也可以使用软磁性材料制作,磁性地将第一软磁层130从第二软磁层118分离开。因此,第二软磁层118可以响应外部磁层自由地旋转并被称为“自由层”。该旋转使得底部屏蔽136与顶部屏蔽134间的传感器堆栈114的电阻率发生变化。传感器堆栈114电阻率的变化与介质磁盘108磁极化区域相关,反过来与磁性介质上存储的数据相对应。

[0022] 顶部屏蔽134与底部屏蔽136将传感器堆栈114从电磁干扰中隔离出来,主要是Z方向上的干扰,并用作连接到处理电路(未示出)的,导电性的第一与第二电导线。在一个实施例中,底部屏蔽136与顶部屏蔽134允许传感器堆栈114能够被传感器堆栈114正下面的数据

位的磁场影响,同时减少或者阻止其他相邻数据位的磁场干扰。在操作中,沿着介质磁盘108上的磁道140的数据位可以连续地在顶部屏蔽134的下面,传感器堆栈114的下面,然后在底部屏蔽136的下面通过。因此,接近顶部屏蔽134的传感器堆栈的边缘被称为传感器堆栈的“前缘”,接近底部屏蔽136的传感器堆栈的边缘被称为传感器堆栈的“后缘”。

[0023] 磁阻传感器的顶部屏蔽134包含反铁磁性 (AFM) 的固定层128与合成反铁磁 (SAF) 结构150。SAF结构150包括上铁磁层144、耦合隔离层146、非磁性插入层148与下铁磁层142。如其他SAF结构,铁磁层144与142在基本上相反的方向具有基本上相同幅度的磁矩。AFM固定层128将上铁磁层144的磁性取向限定在一组方向,耦合隔离层146提供RKKY (鲁德曼-基特-柏屋町-吉田茂) 反应,这一反应导致在上铁磁层144与下铁磁层142之间产生了强反铁磁耦合。这个耦合是强烈的,反并行耦合,并提供全局的、增强的磁性各向异性,它被转换以增加屏蔽的稳定性。

[0024] 上铁磁层144与下铁磁层142各自在Z方向的厚度比耦合间隔层146大得多。在一个实施例中,上铁磁层144与下铁磁层142各自在Z方面的厚度约10~40纳米,耦合间隔层146在Z方向上的厚度约为0.3~1.0纳米。上、下铁磁层144与142可以是,例如,铁磁合金材料,例如钴铁,镍铁,钴镍铁或者钴铁硼。耦合隔离层146可以是能够提供RKKY反应的非磁性材料,包括,例如,钌,铜,铬或者钼。在一个实施例中,耦合间隔层146是一层厚度1纳米的钌。

[0025] 非磁性插入层148在与传感器堆栈144中心轴向 (沿Z方向) 对齐的区域,增加了上铁磁层144与下铁磁层142间的距离。下铁磁层142与上铁磁层144间增加的间隔局部破坏或中断了RKKY耦合并减少SAF结构150各向异性。这种局部减少的各向异性局部增加了接近传感器堆栈114的前缘的区域的透磁性。结果是,由磁阻传感器116检测到PW50减小而没有显著影响顶部屏蔽134的稳定性。顶部屏蔽134的稳定性,在至少一个实施例中,可以独立地优化透磁性。

[0026] 有多种合适的材料可以被用于非磁性间隔层148,包含,不限于,钌,钽,铬,铜,铂与这些材料的非磁性合金 (例如,镍钌,镍铬,镍铂等)。非磁性间隔层148具有交叉磁道的长度 (X方向) 大于传感器堆栈114的交叉磁道长度。在图1中,非磁性间隔层148在交叉磁道方向 (X方向) 延长一定距离,超出了传感器堆栈114的任一侧。在一个示例实施例中,传感器堆栈114具有小于或等于50纳米的交叉磁道长度,并且非磁性间隔层148具有大约在50到200纳米的交叉磁道长度。

[0027] 除了上面描述的层之外,磁阻传感器116还包含接近传感器堆栈114相对侧的侧屏蔽110与112,它们通过把传感器堆栈114从X方向 (交叉磁道) 的干扰中隔离来提高磁阻传感器116的交叉磁道的分辨率。

[0028] 图2示出了传感器堆栈204的任意侧,具有透磁性局部增强区域的示例磁阻传感器200。磁阻传感器200包括具有第一SAF结构226的顶部屏蔽230与具有第二SAF结构228的底部屏蔽232。SAF结构226与228各自包括一对铁磁层 (例如,第一对铁磁层206与208与第二对铁磁层216与218)。另外,SAF结构226与228各自包括耦合间隔层 (例如,耦合间隔层212与222) 与非磁性插入层 (例如,非磁性插入层210与234)。AFM固定层214与236邻近第一与第二SAF结构226与228的外边缘,分别在优先方向 (例如,在铁磁层208与218用箭头示出的方向) 偏离邻近铁磁层208与218磁性取向。耦合间隔层212与222在每对铁磁层 (例如,铁磁层208与206;或者铁磁层216与218) 之间各自提供强RKKY反铁磁耦合。这个强耦合被非磁性插入

层210与234局部破坏,这样在包含非磁性插入层210与234的区域创建了增强的透磁性。

[0029] 磁阻传感器200的传感器堆栈204包含若干执行多种功能的层(没有示出)。侧屏蔽220与224,可以由硬或软磁性材料制造而成,被放置在传感器堆栈204相对侧并且在交叉磁道方向(例如,X方向)的电磁场保护传感器堆栈204。每个侧屏蔽220与224的磁性取向(在侧屏蔽220与224里用箭头表示出来)受到一个或多个邻近铁磁层206与216(在铁磁层206与216里用箭头表示出)的磁性取向而偏离。

[0030] 非磁性插入层210与234各自被放置在传感器堆栈238的后缘与相邻的耦合隔离层212或222间。不过,在其他的实施例中,一个或两个非磁性插入层210或234被放置在相邻耦合间隔层212或222的相对侧。例如,非磁性插入层210可以位于在耦合隔离层212与铁磁层208之间。

[0031] 非磁性插入层210在Z方向具有与耦合隔离层212相同或相似的厚度。在一个实施例中,非磁性插入层210与234中的一个或两个在Z方向的厚度大约是1纳米的数量级。磁阻传感器200的其他特征与上图1的描述的相同或相似。

[0032] 虽然SAF结构226与228被示出得完全相同,这样的结构可能会在组成或结构有所不同。SAF结构226与228的任一个或两个可能包含除所示那些层之外的层。其他实施例可能会省略所示的层或者使用具有相似功能的替代结构替换一个或多个层。在至少一个实施例中,SAF结构(例如,SAF结构228)被包括在底部屏蔽而不是顶部屏蔽中。

[0033] 图3示出了在顶部屏蔽330的SAF结构326具有局部透磁性增强的示例磁阻传感器300。SAF结构326包含在耦合间隔层312每侧的一对铁磁层306与308。耦合层312厚度可变(Z方向厚度),接近磁阻传感器中心轴350的厚度大于接近边缘的厚度。在操作中,耦合间隔层312在接近磁阻传感器300边缘的地方,铁磁层306与308之间提供强RKKY反铁磁耦合。不过,这个RKKY耦合影响在与传感器堆栈304轴向对齐的中心区域被减小或者消除,在这些地方耦合间隔层312厚度增加。因此,顶部屏蔽330在耦合间隔层312厚度增加的区域透磁性局部增强。

[0034] 在一个示例实施例中,耦合隔离层312基本上跨越(X方向)磁阻传感器300的整个交叉磁道长度,例如,约10-50微米。耦合隔离层312厚度增加的中心区域在交叉磁道方向跨越约50-200纳米的长度。

[0035] 耦合间隔层312邻近磁阻传感器300外部边缘(例如,在交叉磁道方向横切面的边缘)的区域在Z方向的厚度约为1纳米,不过厚度增加的中心区域在Z方向的厚度约为2-3纳米。

[0036] 除了SAF结构326,磁阻传感器300包括在优先方向(例如,在铁磁层308里用箭头示出的磁性取向)偏离铁磁层308磁性取向的AFM固定层314。侧屏蔽320与324被放置在传感器堆栈304的相对侧以保护传感器堆栈304免遭交叉磁道方向上的电磁场的影响。磁阻传感器300的其他特征与图1-2中描述的相同或相似。

[0037] 在透磁性局部增强的区域内(例如,耦合隔离层312厚度增加的区域或者图1-2所示出了与描述的非磁性插入层)通过允许更多的磁旋转,解耦SAF结构326与传感器堆栈304、侧屏蔽320与324能够进一步增加分辨率增益。相应地,图4示出了包含具有透磁性局部增强的SAF结构426,解耦的顶部屏蔽430屏蔽的示例磁阻传感器400。

[0038] 顶部屏蔽430包括反铁磁固定层414与SAF结构426。SAF结构426还包括一对铁磁层

406与408,耦合间隔层412与非磁性插入层410。耦合间隔层412在铁磁层406与408之间提供强RKKY反铁磁耦合。不过,这个RKKY耦合影响在与包含非磁性插入层410的传感器堆栈404轴向对齐的中心区域被减少或消减。局部削弱RKKY耦合使得与传感器堆栈404的前缘轴向对齐的磁阻传感器400的中心区域的各向异性降低。

[0039] 通过非磁性解耦层416,将顶部屏蔽430与传感器堆栈404、侧屏蔽420与424解耦。这个解耦允许侧屏蔽420与424具有与SAF结构426中的邻近铁磁层406磁性取向(在铁磁层406里使用箭头示出)不同的磁性取向(在侧屏蔽部件420与424里用箭头示出)。在一个实施例中,侧屏蔽420与424的磁性取向与铁磁层406的磁性取向相反或基本相反。

[0040] 由于图4中的SAF结构426与侧屏蔽420、424解耦,磁阻传感器400检测到PW50比SAF结构426没有与侧屏蔽420、424解耦(例如,图1-3)改善了。依据一个实施例,磁阻传感器400产生比SAF结构426与侧屏蔽410、420耦合的完全相同的实施例1到1.5纳米的PW50增益。

[0041] 图5-7示出了创建具有透磁性局部增强区域的SAF屏蔽的示例操作。图5示出了具有局部透磁性增强的SAF形成过程中被执行的沉积操作500。在沉积操作500中,铁磁材料层506与用非磁性材料层510被沉积在部分成型的磁阻传感器530上。部分成型的磁阻传感器530包含底部屏蔽536、传感器堆栈504与侧屏蔽520、524。铁磁材料层506基本上均匀地沉积在部分成型的磁阻传感器530上以便铁磁材料层506能够与侧屏蔽520与524都可以接触。非磁性材料层510被基本上均匀地沉积在铁磁材料层506的上。

[0042] 图6示出了具有透磁性局部增强的SAF结构形成过程中被执行的掩膜与研磨操作600。在掩膜与研磨操作600过程中,液体光阻材料薄层被基本上均匀地沉积在部分成型的磁阻传感器630上。部分成型的磁阻传感器600包括底部屏蔽636,传感器堆栈604,侧屏蔽620与624,铁磁材料层606与非磁性材料层610。部分的液态光阻材料被暴露在高强度的光照下,改变了被暴露或者未被暴露部分的可溶性(取决于光阻材料的类型)。没有改变的那部分光阻材料被显影液移除,在部分成型的磁阻传感器630的中心区域留下硬化的光阻材料掩膜622。硬化的光阻材料掩膜622保护下面、中心区域的非磁性材料610,同时,接近部分成型的磁阻传感器630边缘,没有被掩膜的非磁性材料(没有示出)被研磨掉。

[0043] 图7示出了在透磁性局部增强的SAF结构形成过程中,被执行的掩膜移除与附加的沉积操作。在掩膜移除与层构建操作700中,在底部屏蔽736,传感器堆栈704,侧屏蔽720与724,铁磁材料706,非磁性材料710形成后,使用光阻材料溶剂从磁阻传感器730移除硬化的光阻材料掩膜(例如,与图6中硬化光阻材料掩膜622相同或相似的掩膜)。在硬化的光阻材料掩膜被移除之后,耦合间隔层712被沉积在非磁性材料710上并与之接触;另一个铁磁层708被沉积在耦合间隔层712接触上并与之接触;AFM层714被沉积在铁磁层708上并与之接触。

[0044] 图8-10示出了用于创建具有透磁性局部增强区域的SAF屏蔽的附加的示例操作。图8示出了透磁性局部增强的SAF结构形成过程中,被执行的沉积操作800。在沉积操作800中,铁磁材料层806被沉积在部分成型的磁阻传感器830的上。部分成型的磁阻传感器820包含底部屏蔽836,与已成型的传感器堆栈804以及已成型的侧屏蔽820与824。铁磁材料层806基本上均匀地被沉积在部分成型的磁阻传感器830上,因此铁磁材料层806与侧屏蔽820、824以及传感器堆栈804均接触。

[0045] 图9描绘在透磁性局部增强的SAF结构形成过程中,被执行的掩膜与沉积操作900。

在掩膜与沉积操作900中,液态光阻材料薄层(没有示出)被基本上均匀沉积在的磁阻传感器930的上。磁阻传感器930包含底部屏蔽936,传感器堆栈904,侧屏蔽920与024,铁磁材料层906。部分液体光阻材料被暴露在高强度的光照下,改变了被暴露部分或者未暴露部分(取决于光阻材料的类型)的可溶性。没有被改变的光阻材料被显影液移除后,在部分成型的磁阻传感器930的外部边缘区域留下硬化的光阻材料掩膜922。硬化的光阻材料掩膜922保护下面、在外部边缘区域的铁磁材料906,同时在中心区域留下被暴露的铁磁材料906。一旦硬化光阻材料掩膜在适当的位置,非磁性材料层910被基本上均匀地沉积在部分成型磁阻传感器930上。

[0046] 图10示出了在透磁性局部增强的SAF结构形成过程中,被执行的掩膜移除与附加的沉积操作1000。在掩膜移除与层构建操作1000中,光阻材料溶剂被用在底部屏蔽1036,传感器堆栈1004,侧屏蔽1020、1024,铁磁材料层1006与非磁性材料层1010形成后,从磁阻传感器1030上移除硬化的光阻材料掩膜(例如,与图9中硬化光阻材料掩膜922相同或相似的掩膜)。在硬化的光阻材料掩膜被移除后,耦合间隔层1012被沉积在非磁性材料1010上并与之接触;另一个铁磁材料层1008被沉积在耦合间隔层1012上并与之接触,AFM层1014沉积在铁磁层1008上并与之接触。

[0047] 关于这里公开的每个实施例所讨论的特定步骤只是一个选择并且取决于使用的材料与/或既定系统的设计标准。上面的详细说明书、示例与数据为本发明的示例性实现与结构提供了全面的描述。因此,在没有背离本发明的设计理念与范围,可以制造很多本发明的实施例,因此本发明存在于后面附加的权利要求中。

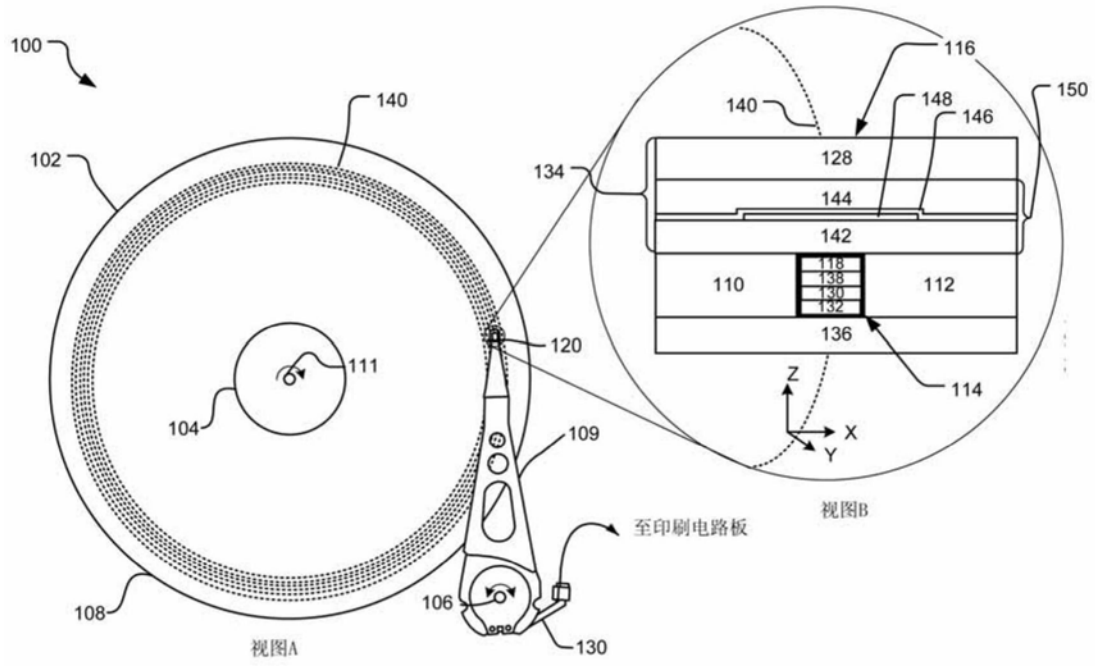


图1

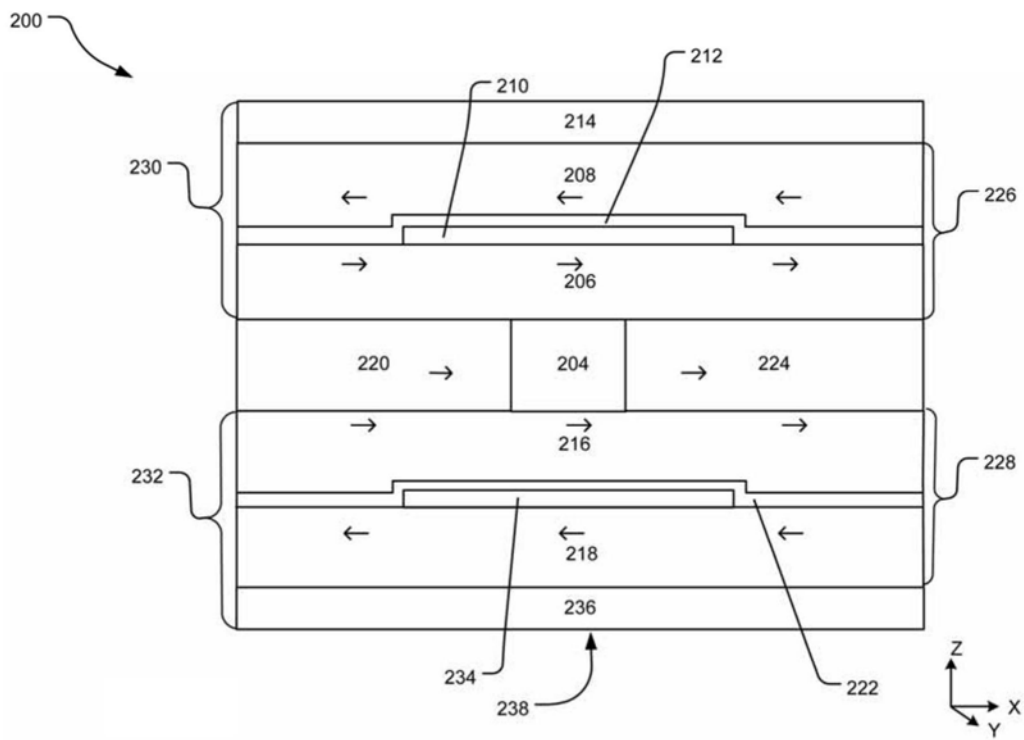


图2

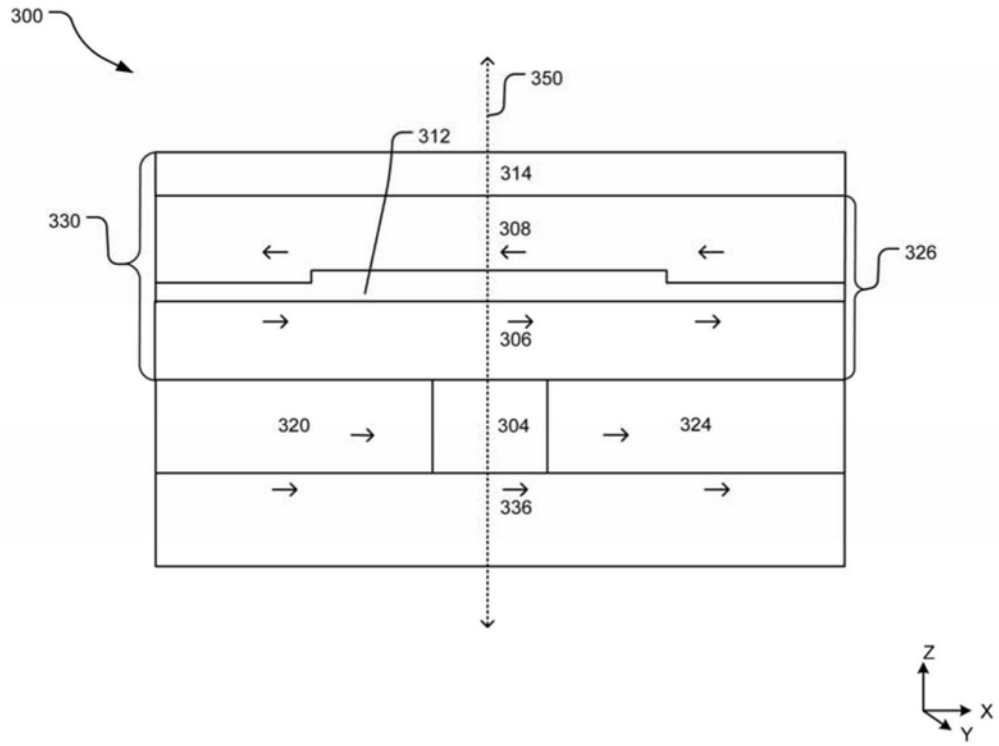


图3

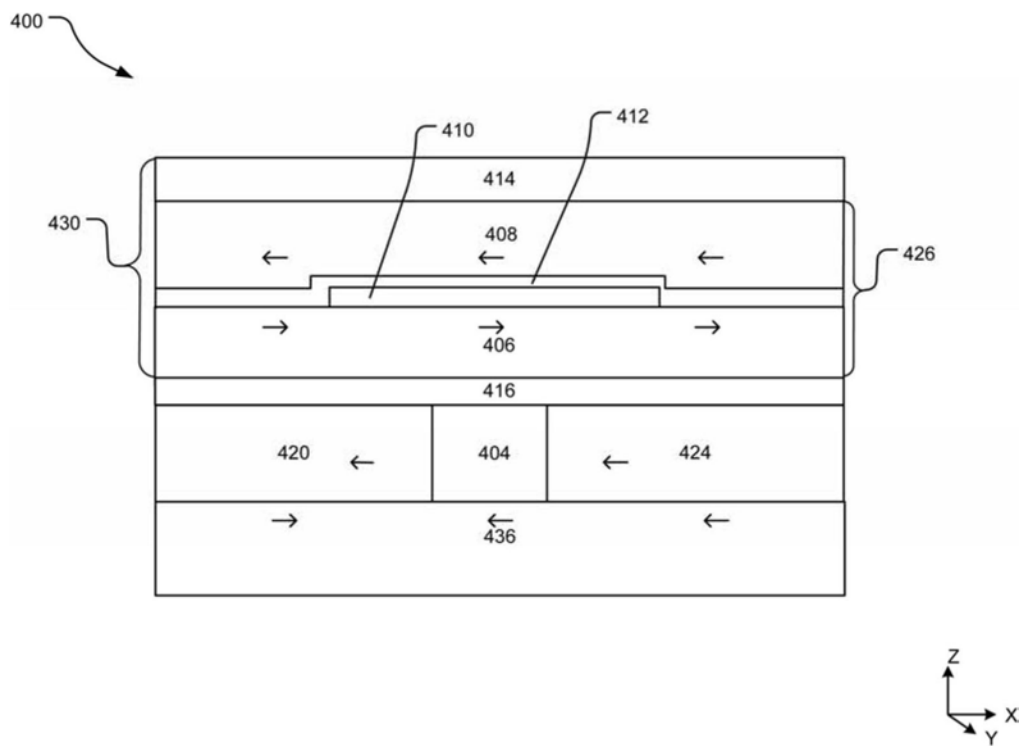


图4

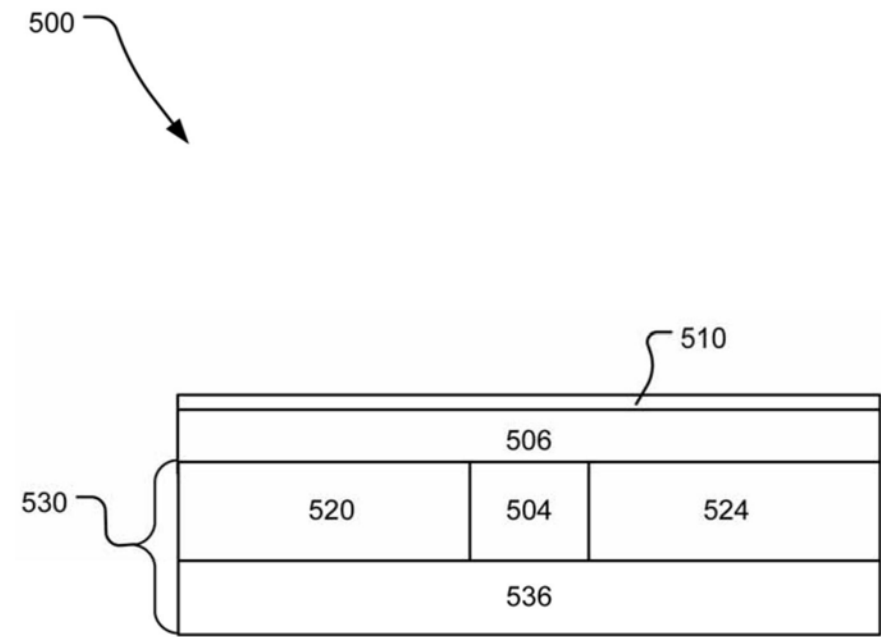


图5

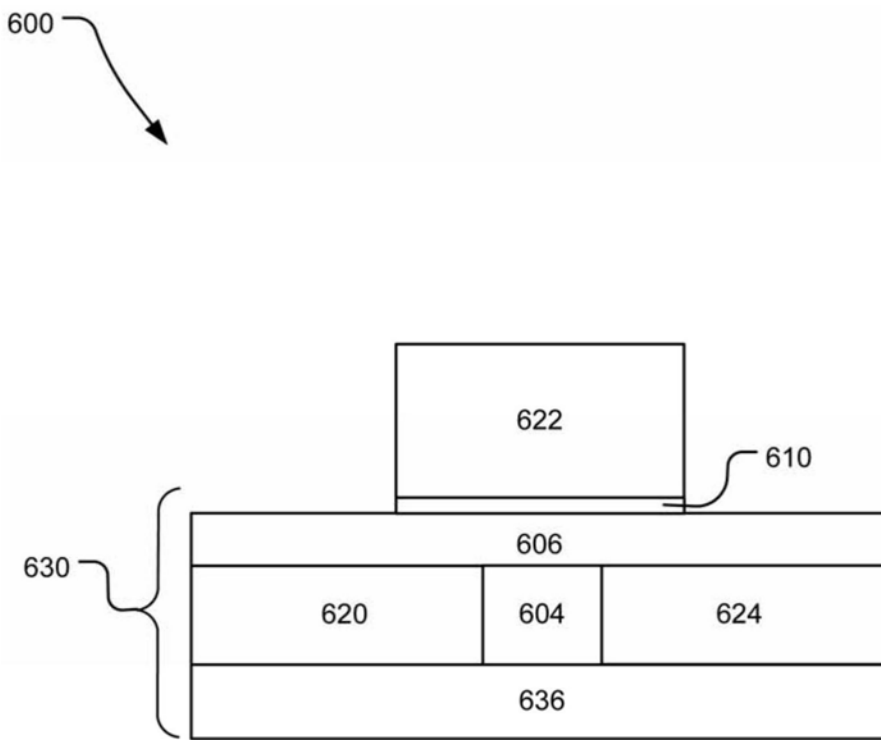


图6

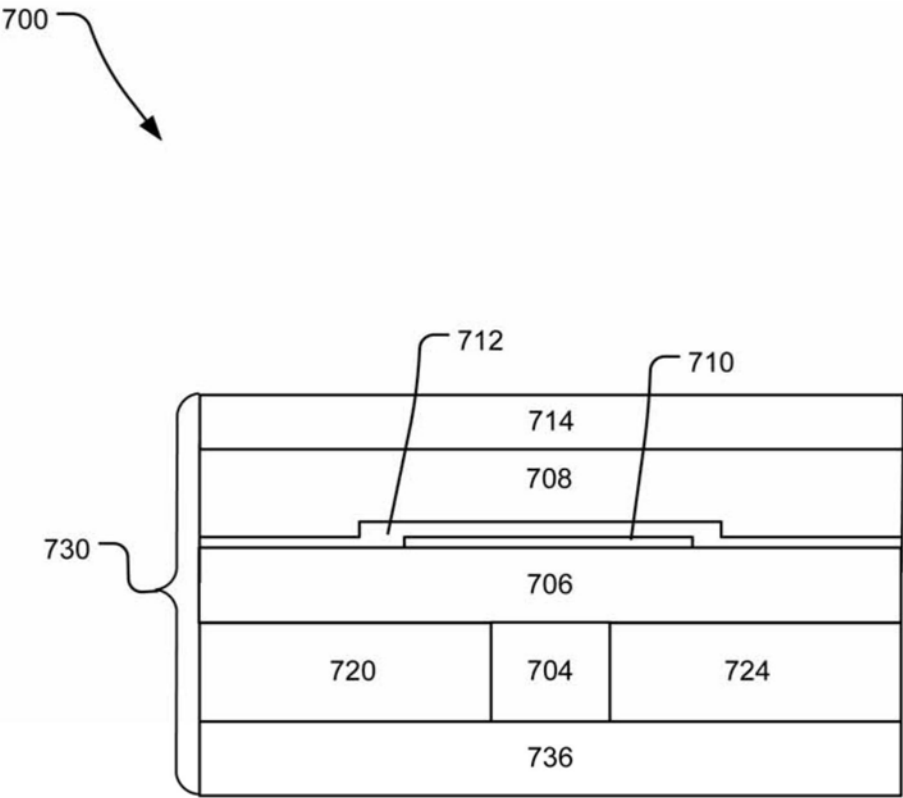


图7

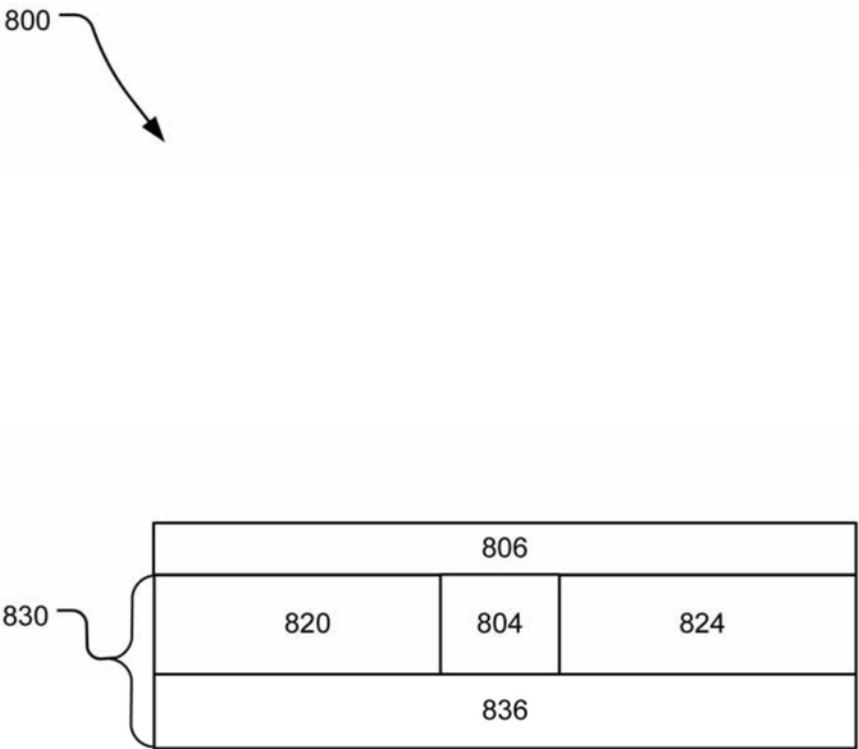


图8

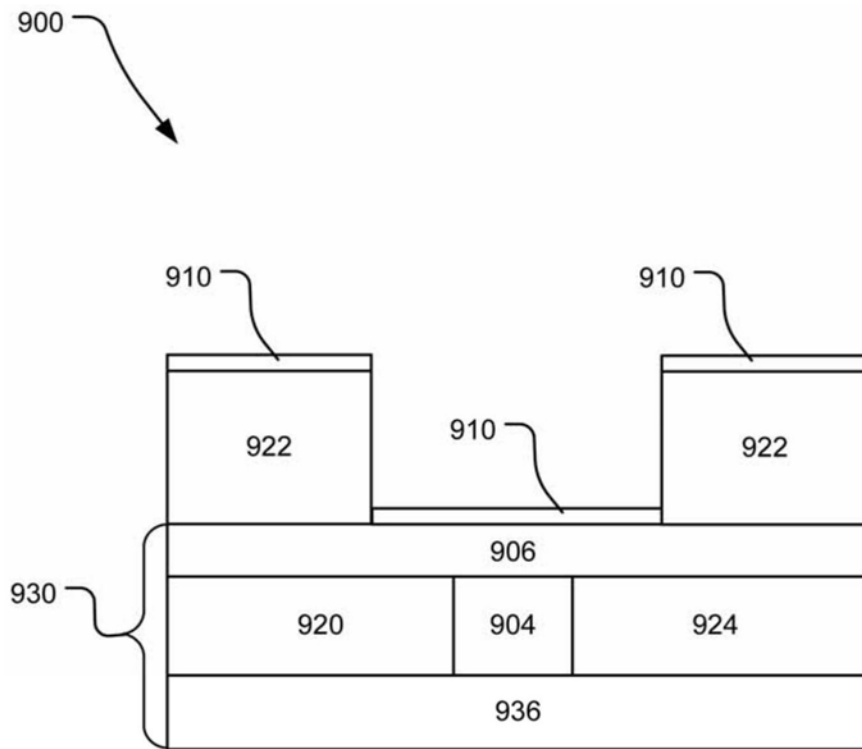


图9

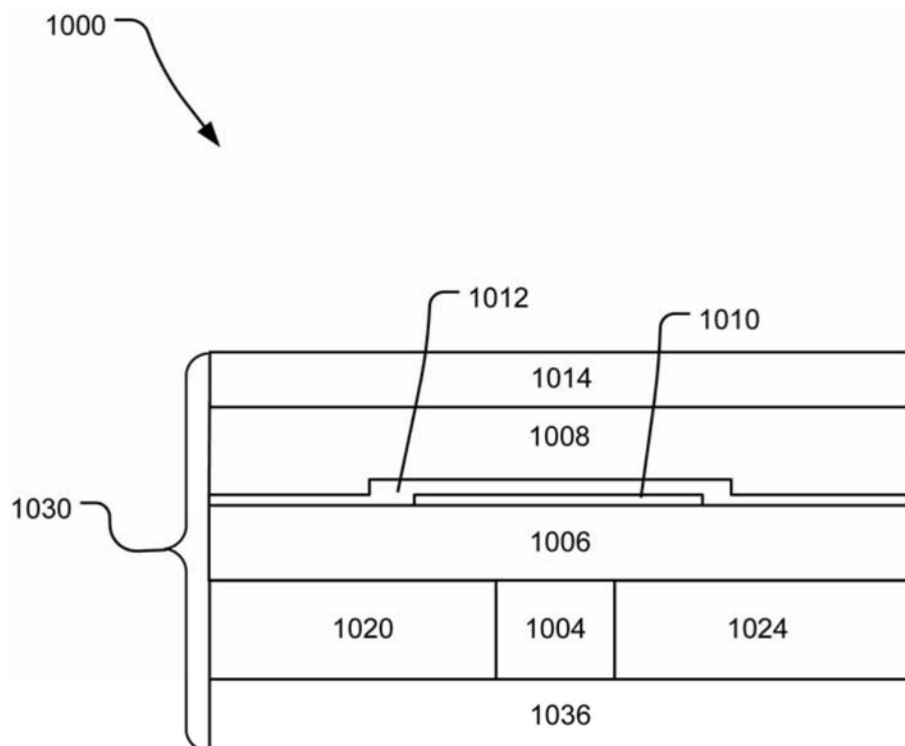


图10