

[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

G11B 5/39 (2006.01)  
G01R 33/09 (2006.01)  
H01L 43/08 (2006.01)  
H01L 43/12 (2006.01)

[21] 申请号 200610171216.X

[43] 公开日 2007年6月27日

[11] 公开号 CN 1988002A

[22] 申请日 2006.12.21

[21] 申请号 200610171216.X

[30] 优先权

[32] 2005.12.22 [33] US [31] 11/318,274

[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 太龙平 杜利普·A·韦利皮蒂亚

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
代理人 张波

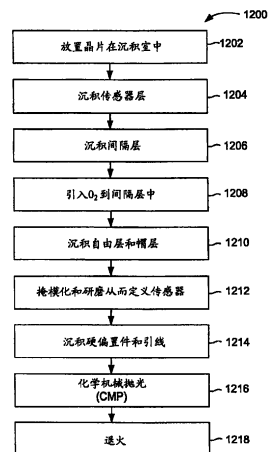
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 12 页

## [54] 发明名称

控制磁致电阻传感器的自由层中的磁致伸缩的方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种用于控制磁致电阻传感器的自由层中的磁致伸缩的方法。沉积被钉扎层结构且然后沉积优选为 Cu 的间隔层。氧被引入到该间隔层中。氧可以在间隔层的沉积期间或者在已经沉积间隔层之后被引入。然后自由层结构沉积在间隔层之上。帽层例如 Ta 可以沉积在自由层结构之上。该传感器被退火从而设置被钉扎层的磁化。在退火该传感器的工艺中氧迁移到间隔层外。退火之后,没有显著量的氧存在于间隔层或自由层结构中,仅微量的氧存在于 Ta 帽层中。尽管没有氧存在于间隔层或自由层中,但是制造期间氧的引入使得完成的自由层具有较低磁致伸缩(即更大的负磁致伸缩)。



1. 一种控制磁致电阻传感器中的磁自由层的磁致伸缩的方法，该方法包括：

沉积非磁间隔层；

将氧引入到该间隔层中；

在该非磁间隔层之上沉积磁材料层；以及

加热该非磁间隔层和该磁材料。

2. 根据权利要求1的方法，其中所述沉积间隔层包括沉积 Cu。

3. 根据权利要求1的方法，其中所述沉积磁材料包括沉积 CoFe 层。

4. 根据权利要求1的方法，其中所述沉积磁材料包括沉积 CoFe 层且然后沉积 NiFe 层。

5. 根据权利要求1的方法，还包括在沉积磁材料之后沉积帽层。

6. 根据权利要求1的方法，还包括在沉积磁材料之后沉积 Ta 层。

7. 根据权利要求1的方法，其中所述加热该非磁间隔层和该磁层包括加热至 260-275 华氏度的温度。

8. 一种用于控制磁致电阻传感器中的磁自由层的磁致伸缩的方法，该方法包括：

沉积非磁间隔层；

将氧引入到该间隔层中；

在该非磁间隔层之上沉积磁材料层；以及

进行退火。

9. 一种用于制造磁致电阻传感器的方法，包括：

提供衬底；

在该衬底之上沉积反铁磁材料层；

沉积磁被钉扎层结构；

沉积非磁间隔层；

将氧引入到该非磁间隔层中；

沉积磁自由层；以及

退火所沉积的层从而设置该被钉扎层的磁化。

10. 根据权利要求9的方法，还包括在沉积该磁自由层之后沉积 Ta 层。

11. 根据权利要求 9 的方法, 其中所述沉积磁自由层包括沉积 CoFe 层且然后沉积 NiFe 层。

12. 根据权利要求 9 的方法, 其中所述将氧引入到该间隔层中包括沉积该间隔层且然后将该间隔层暴露于氧。

13. 根据权利要求 9 的方法, 其中所述将氧引入到该间隔层中包括在该间隔层的沉积期间将氧引入到该间隔层中。

14. 根据权利要求 9 的方法, 其中该间隔层包括 Cu。

15. 一种用于构造磁致电阻传感器的方法, 包括:

提供沉积室, 该沉积室包括夹盘;

放置晶片在该沉积室内的该夹盘上;

沉积反铁磁材料层 (AFM 层), 该 AFM 层具有截止温度;

沉积磁被钉扎层在该 AFM 层上;

沉积间隔层;

将氧引入到该间隔层中;

沉积磁自由层;

沉积帽层;

在所沉积的层上形成掩模;

进行离子研磨从而去除该传感器材料的未被该掩模覆盖的部分; 以及

进行退火从而设置该磁被钉扎层结构的磁化。

16. 根据权利要求 15 的方法, 其中所述进行退火包括加热所沉积的层至该 AFM 层的所述截止温度附近的温度。

17. 根据权利要求 15 的方法, 其中该 AFM 层包括 PtMn。

18. 根据权利要求 15 的方法, 其中该 AFM 层包括 IrMn。

19. 根据权利要求 15 的方法, 其中所述沉积磁被钉扎层结构包括沉积第一磁层 (AP1)、沉积 Ru 耦合层以及然后沉积第二磁层 (AP2)。

20. 根据权利要求 15 的方法, 其中该间隔层包括 Cu。

21. 根据权利要求 15 的方法, 其中所述将氧引入到该间隔层中包括在该间隔层的沉积期间引入含氧气氛到该室中。

22. 根据权利要求 15 的方法, 其中所述引入氧到该间隔层中包括利用含氧的靶沉积该间隔层。

23. 根据权利要求 15 的方法, 其中所述引入氧到该间隔层中包括利用含

铜和氧的靶沉积该间隔层。

24. 根据权利要求 15 的方法,其中所述引入氧到该间隔层中包括利用含氧化铜的靶沉积该间隔层。

25. 根据权利要求 15 的方法,其中所述引入氧到该间隔层中包括沉积该间隔层、然后引入氧到该室中从而将该间隔层暴露于氧。

26. 根据权利要求 15 的方法,其中所述沉积磁自由层包括沉积 CoFe 层且然后沉积 NiFe 层。

## 控制磁致电阻传感器的自由层中的 磁致伸缩的方法

### 技术领域

本发明涉及磁致电阻传感器，更特别地，涉及控制磁致电阻传感器的自由层中的磁致伸缩的方法。

### 背景技术

计算机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、被与旋转磁盘的表面相邻的悬臂悬吊的写和读头、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。当盘不旋转时，悬臂偏置滑块接触盘的表面，当盘旋转时，空气被旋转的盘旋动。当滑块骑在气垫上时，写和读头被用来写磁印到旋转盘且从旋转盘读取磁印。读和写头连接到根据计算机程序运行的处理电路从而实现写和读功能。

写头包括嵌入在第一、第二和第三绝缘层（绝缘堆叠）中的线圈层，绝缘堆叠夹在第一和第二极片层之间。在写头的气垫面（ABS）处间隙通过间隙层形成在第一和第二极片层之间，极片层在背间隙处连接。传导到线圈层的电流在极片中感应磁通，其使得磁场在 ABS 处在写间隙弥散出来以用于在移动介质上的道中写上述磁印，例如在上述旋转盘上的环形道中。

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，已被用来检测来自旋转磁盘的磁场。该传感器包括下文称为间隔层的非磁导电层，其夹在下文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）连接到该自旋阀传感器以传导电流通过该传感器。被钉扎层的磁化被钉扎为垂直于气垫面（ABS），自由层的磁矩位于平行于 ABS，但是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交换耦合来被钉扎。

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。采用此布置，部分传导电子通过间隔层与被钉扎层和自由层的每个的界面被散

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  $\theta$  是被钉扎层和自由层的磁化之间的角。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变化。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，其被检测到且作为重放信号被处理。

当自旋阀传感器采用单个被钉扎层时，其被称为简单自旋阀。当自旋阀采用反平行（AP）被钉扎层时，其被称为 AP 被钉扎自旋阀。AP 自旋阀包括通过薄的非磁耦合层例如 Ru 分隔开的第一和第二磁层。选择间隔层的厚度从而反平行耦合被钉扎层的铁磁层的磁化。自旋阀还根据钉扎层在顶部（在自由层之后形成）还是在底部（在自由层之前）被称为顶或底型自旋阀。

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。在合并式磁头中，单个铁磁层充当读头的第二屏蔽层且充当读头的第一极片层。在背负式头中，第二屏蔽层和第一极片层是分开的层。

被钉扎层的磁化通常通过将铁磁层之一（API）与反铁磁材料例如 PtMn 的层交换耦合来被固定。虽然反铁磁（AFM）材料例如 PtMn 本身没有磁化，但是当与磁材料交换耦合时，它能够强烈地钉扎铁磁层的磁化。

日益提高的对数据速率和数据容量的需求不断推动具有改善的信号幅度和减小的道宽的磁致电阻传感器的研发。然而，随着传感器变得更小，这样的传感器中的自由层变得不稳定。自由层稳定性指的是自由层的磁化保持偏置在与 ABS 平行的期望方向上的能力。非常小的传感器中的此不稳定是由于若干因素，包括偏置层可以静磁地作用在其上来提供偏置场的区域的减小。影响稳定性的另一因素是自由层本身的小尺寸，其使得自由层内在地磁不稳定。

控制自由层稳定性的重要参数是自由层的磁致伸缩。磁致电阻传感器具有沿与 ABS 平行的方向作用的内在压应力。除了别的以外，此压应力尤其是由于当定义气垫面（ABS）时研磨所产生的应力。自由层内的正磁致伸缩将诱导沿垂直于 ABS 且垂直于期望偏置方向的方向上的磁各向异性。这当然妨碍了自由层的稳定性，使得自由层磁化的适当偏置非常困难。

自由层一般构造为 CoFe 层和 NiFe 层的组合，CoFe 层位于最接近间隔

层（或者在隧道阀的情况下的势垒层）。公知 CoFe 具有正磁致伸缩，但是需要接近于间隔/势垒层以使得传感器最优地运行。NiFe 层具有负磁致伸缩，其可以用来稍微抵消 CoFe 层的正磁致伸缩。然而，自由层的总体厚度受到限制，因为随着自由层变厚，其矫顽力增大，由此降低传感器性能。另一方面，CoFe 层的特定最小厚度必须被保持以使得传感器正常地起作用。因此，可以理解，不能简单地增大自由层的 NiFe 层的厚度以产生期望的负或中性磁致伸缩。

因此，需要一种控制自由层的磁致伸缩而无需增大自由层的 NiFe 层的厚度的方法。这样的方法必须不干扰自由层的其他磁属性而使传感器性能受损。例如，这样的调整磁致伸缩的方法不应导致增大的自由层矫顽力，由于这样的增大矫顽力将降低传感器的灵敏度。

#### 发明内容

本发明提供一种用于制造磁致电阻传感器的方法，其允许控制自由层的磁致伸缩。该方法包括沉积间隔层和将氧引入到该间隔层中。该自由层然后沉积在该间隔层上。退火该传感器以设置该被钉扎层的磁化使得该间隔层中的氧迁移到该间隔层外且还到该自由层外。

该间隔层可以是 Cu 且可以沉积在被钉扎层结构上，该被钉扎层结构可以是 AP 被钉扎结构，其交换耦合到 AFM 层。该自由层可包括 CoFe 层和形成在其上的 NiFe 层。Ta 帽层可形成在该自由层之上。

已发现，在退火后，实质上没有氧保留在该间隔层或该自由层中，仅微量氧保留在 Ta 帽层中。然而，制造其间将氧引入该间隔层使得该自由层具有较低（更负）磁致伸缩。

有利地，实现了此减小的磁致伸缩而没有影响传感器的其他重要磁属性。还实现了此减小的磁致伸缩而不需要调节自由层的 CoFe 和 NiFe 层的相对厚度。

参照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

为了更全面理解本发明的本质和优点、及其优选使用模式，请结合附图

参考下面的详细描述，附图未按比例绘制。

图 1 是其中可实现本发明的盘驱动器系统的示意图；

图 2 是滑块的 ABS 视图，示出其上磁头的位置；

图 3 是沿图 2 的环 3 截取且逆时针旋转 90 度的放大 ABS 视图；

图 4 是在制造的中间阶段示出的磁致电阻传感器的 ABS 视图，示出根据本发明一实施例制造传感器的方法；

图 5 是沉积室的示意图，其中可沉积传感器层；

图 6-11 是在制造的各个中间阶段的传感器的视图，示出根据本发明一实施例制造传感器的方法；以及

图 12 是流程图，总结了根据本发明一实施例制造传感器的方法。

## 具体实施方式

下面的描述是关于实施本发明的当前预期的较佳实施例。进行此描述以用于说明本发明的基本原理而不意味着限制这里主张的发明概念。

现在参照图 1，示出实现本发明的盘驱动器 100。如图 1 所示，至少一个可旋转磁盘 112 支承在心轴 (spindle) 114 上且被盘驱动器马达 118 所旋转。每个盘上的磁记录是磁盘 112 上同心数据道 (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 支承一个或更多磁头组件 121。磁盘旋转时，滑块 113 在盘表面 122 上方径向进出移动使得磁头组件 121 可以存取磁盘的写有所需数据的不同道。每个滑块 113 借助于悬臂 115 连接到致动器臂 119。悬臂 115 提供轻微的弹力，其将滑块 113 偏置朝向盘表面 122。每个致动器臂 119 连接到致动器装置 127。如图 1 所示的致动器装置 127 可以是音圈马达 (VCM)。VCM 包括在固定磁场内可动的线圈，线圈移动的方向和速度通过由控制器 129 提供的马达电流信号来控制。

盘存储系统运行期间，磁盘 112 的旋转产生滑块 113 与盘表面 122 之间的气垫，其对滑块施加向上的力或举力。因此在正常运行期间气垫反平衡悬臂 115 的弹力，支承滑块 113 离开盘表面且以一小的、基本恒定的间隔稍微在盘表面上方。

盘存储系统的各种部件运行时由控制单元 129 产生的控制信号控制，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和线 128 上的头定位和寻道控制信号。线 128 上的控制信号提供期望电流分布 (current profile) 从而将滑块 113 优化地移动和定位到盘 112 上期望的数据道。写和读信号借助于记录通道 125 传送到写和读头 121 且从其传出。

参照图 2, 可以更详细地观察滑块 113 中磁头 121 的取向。图 2 是滑块 113 的 ABS 视图, 如图所见, 包括感应写头和读传感器的磁头位于滑块的尾缘。以上关于普通磁盘存储系统的描述以及附图 1 仅用于示例。应是显然的, 盘存储系统可包括多个盘和致动器, 且每个致动器可支承多个滑块。

现在参照图 3, 根据本发明一实施例的磁致电阻传感器 300 包括夹在第一和第二非磁、电绝缘间隙层 304、306 之间的传感器堆叠 302。间隙层 304、306 可以由例如氧化铝构成。第一和第二硬偏置层 308、310 可设置在传感器堆叠 302 的任一侧, 且可以由例如 CoPtCr 或某些其他硬磁材料构成。由例如 Au、Cu、Rh 等构成的第一和第二引线层 312、314 可设置在硬偏置层 308、310 上从而便于检测电流传送到传感器。

继续参照图 3, 传感器堆叠 302 包括自由层结构 316、被钉扎层结构 318 和夹在自由层和被钉扎层结构之间的非磁导电间隔层 320。间隔层可以由 Cu 构成。籽层 322 可以设置在传感器堆叠 302 的底部从而促进传感器层中期望的结晶生长, 由例如 Ta 构成的帽层 324 可以设置在传感器堆叠 302 顶部从而保护传感器层在制造期间免于损坏。

被钉扎层结构可以是各种类型的, 例如自钉扎、简单钉扎, 但是优选是 AFM 钉扎、包括跨非磁 AP 耦合层 330 例如 Ru 反平行耦合的第一和第二铁磁层 AP1 326 和 AP2 328 的 AP 被钉扎结构。AP1 和 AP2 层 326、328 可以由例如 CoFe 构成。反铁磁材料层 332 例如 PtMn 或 IrMn 与 AP1 层 326 交换耦合, 其强烈地钉扎 AP1 层 326 的磁化 334 在垂直于 ABS 的期望方向上。AP1 层 326 与 AP2 层 328 之间的反平行耦合钉扎 AP2 层的磁化 336。

继续参照图 3, 自由层可以由 CoFe 层 338 和 NiFe 层 340 构成, CoFe 层 338 设置得最接近于间隔层 320。自由层具有沿平行于 ABS 的期望方向偏置但响应于磁场自由转动的磁化 342。自由层 316 的磁化 342 通过来自硬偏置层 308、310 的每个的偏置场被偏置。供选地, 偏置可通过堆叠内偏置结构 (未示出) 实现。

如根据设计要求所期望的那样, 自由层具有中性或负的净磁致伸缩。如

上所述, 当与传感器堆叠 302 中固有存在的压应力结合时负磁致伸缩导致平行于 ABS 且平行于自由层 316 的偏置磁化 342 取向的磁各向异性。这样的负磁致伸缩是期望的, 因为它辅助自由层 316 的偏置且提高自由层稳定性。然而, 过多的负磁致伸缩将妨碍自由层灵敏度, 使得自由层太僵硬 (即磁化 342 会变得对信号场不灵敏)。因此, 根据本发明, 自由层 316 具有期望的磁致伸缩量。

自由层 316 的磁致伸缩通过下面将描述的新颖制造工艺来控制。利用此新颖制造工艺, 自由层 316 的磁致伸缩可以被控制而不必调整自由层 316 的层 338、340 的厚度。这有利地允许层 338、340 形成至向传感器 300 提供理想磁性能的厚度。

现在参照图 4-12, 将描述根据本发明一实施例构造磁致电阻传感器的工艺。特别参照图 4, 一系列传感器层沉积到衬底 402 上, 衬底 402 可以是非磁电绝缘间隙层例如图 3 所示的间隙层 304。沉积在衬底上的传感器层可以包括籽层 404 例如 NiFeCr、或者 NiFeCr 和 NiFe。AFM 层 406 例如 PtMn 或 IrMn 沉积在籽层上, 接着是 AP1 层 408、Ru 间隔层 410 和 AP2 层 412。AP1 和 AP2 层 408、412 可以是例如 CoFe, 但是也可以是某些其他材料。然后, 非磁导电间隔层 414 优选 Cu 沉积在 AP2 层 412 之上。

上述层 402-414 可以在图 5 所示的溅射沉积室 502 中沉积。溅射沉积室 502 包括离子束枪 504 和靶 506。晶片 508 保持在室 502 内在夹盘 510 上。来自离子束枪的离子束 512 使离子和/或原子 514 从靶驱离且沉积到晶片 508 上。

再次参照图 4, 所需量的氧 ( $O_2$ ) 被引入到间隔层 414 (对应于图 3 所示的间隔层 320) 中。有至少两种方法用于引入氧到间隔层 414 中。一种方法是通过在间隔层 414 的表面上若干氧单层的吸附。这可以通过首先沉积间隔层 414 且然后将间隔层 414 暴露于含氧气氛来进行。

用于引入氧到间隔层 414 中的另一种方法是通过在中间层 414 的溅射沉积期间引入氧。这可以或者通过引入所需量的氧到溅射沉积室 502 (图 5) 的气氛中或者通过使所需量的氧包括在沉积室 502 内的靶 506 中来实现。例如, 靶 506 可由氧化铜构成。

现在参照图 6, 可以沉积其余的传感器层。自由层的第一层 602 沉积在间隔层 414 上, 该第一次优选含 CoFe。自由层的第二层 604 然后被沉积,

其优选含 NiFe。之后，帽层 606 例如 Ta 可以被沉积。

现在参照图 7，掩模结构 702 形成在传感器层 402-414 和 602-606 上。掩模 702 可包括诸如氧化铝、DLC 等的硬掩模层 704，诸如 DURIMIDE® 或一些类似材料的图像转移层 706，以及光致抗蚀剂掩模 708。掩模结构 702 可通过全膜沉积层 704-708 且然后光刻构图光致抗蚀剂层 708 来形成。然后可进行材料去除工艺例如 RIE 来转移光致抗蚀剂掩模 708 的图像到下面的层 704、706 上。参照图 8，可进行离子掩模 802 从而定义传感器。应指出，可进行一掩模化和研磨操作从而定义传感器的道宽，而可进行另一类似掩模化和研磨操作来定义传感器的条高（从 ABS 的尺寸）。

现在参照图 9，硬磁材料层 902 例如 CoPt 或 CoPtCr 被沉积，接着是导电引线材料层 904 例如 Au、Cu 或 Rh。然后，参照图 10，可进行化学机械抛光（CMP）工艺来去除掩模结构 702。也可进行反应离子蚀刻（RIE）来去除硬掩模层 704。然后，参照图 11，非磁间隙材料层 1102 例如氧化铝被沉积。

为了如参照图 3 描述的那样设置磁化 336、334，传感器必须经历退火工艺。传感器通过加热该传感器（或者实际上含有许多传感器的晶片）至 AFM 层 406 的截止温度（blocking temperature）附近的温度而被退火。例如，如果 AFM 由 PtMn 构成，则传感器将提升至 260-275 华氏度的温度。磁场被施加从而将第一磁层 408 的温度取向在垂直于 ABS 的期望方向。在传感器冷却至室温的同时该磁场被维持。

虽然如图 4 所示氧被引入到间隔层 414 中，已发现退火该传感器的工艺使得氧完全迁移到间隔层外。结果，完成的头中的 Cu 层保持期望的 Cu 纯度和高导电性（即间隔层不是氧化物）。而且，退火之后的材料检验发现，实际上也没有氧保留在自由层的磁层 602、604 中。因此，自由层保持其所需磁属性。在 Ta 帽层 606 中检测到了微量的氧，但是这不会负面影响传感器性能。

尽管没有氧保留在间隔层 414 或自由层的磁层 602、604 中，但是制造期间氧的存在导致磁层 602、604 的磁致伸缩的减小（即层 602、604 具有更强的负磁致伸缩）。因此，如上所述，自由层 602、604（或图 3 的 316）的磁致伸缩可通过添加的氧（O<sub>2</sub>）被控制，而不负面影响传感器层的任何磁或其他属性。

参照图 12,总结了根据本发明一实施例构造传感器的方法 1200。在步骤 1202 中,晶片放置到溅射沉积室中。在步骤 1204 中,一个或更多传感器层被沉积。然后,在步骤 1206,间隔层(优选 Cu)被沉积。在步骤 1208,氧被引入到间隔层。这可以在沉积间隔层时或者在已经沉积间隔层之后进行。然后,在步骤 1210,自由层和帽层被沉积。自由层的沉积可包括首先沉积 CoFe 层且然后沉积 NiFe 层。帽层可以是 Ta。

在步骤 1212,进行一个或更多掩模化和研磨工序以定义该传感器。然后,在步骤 1214,硬偏置和引线层被沉积。在步骤 1216,可进行 CMP 从而去除掩模,非磁间隙层可被沉积。最后,在步骤 1218,传感器被退火从而设置传感器的磁化且还从间隔层和自由层去除所注入的氧。

虽然上面描述了各种实施例,但是应理解,它们仅以示例而不是限制的方式给出。例如,尽管传感器被描述为面内电流传感器(CIP GMR),但是也还可以在电流垂直平面传感器例如 CPP GMR 传感器中实现。落入本发明的范围内的其他实施例也会对本领域技术人员变得明显。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,而应仅根据所附权利要求及其等价物来定义。

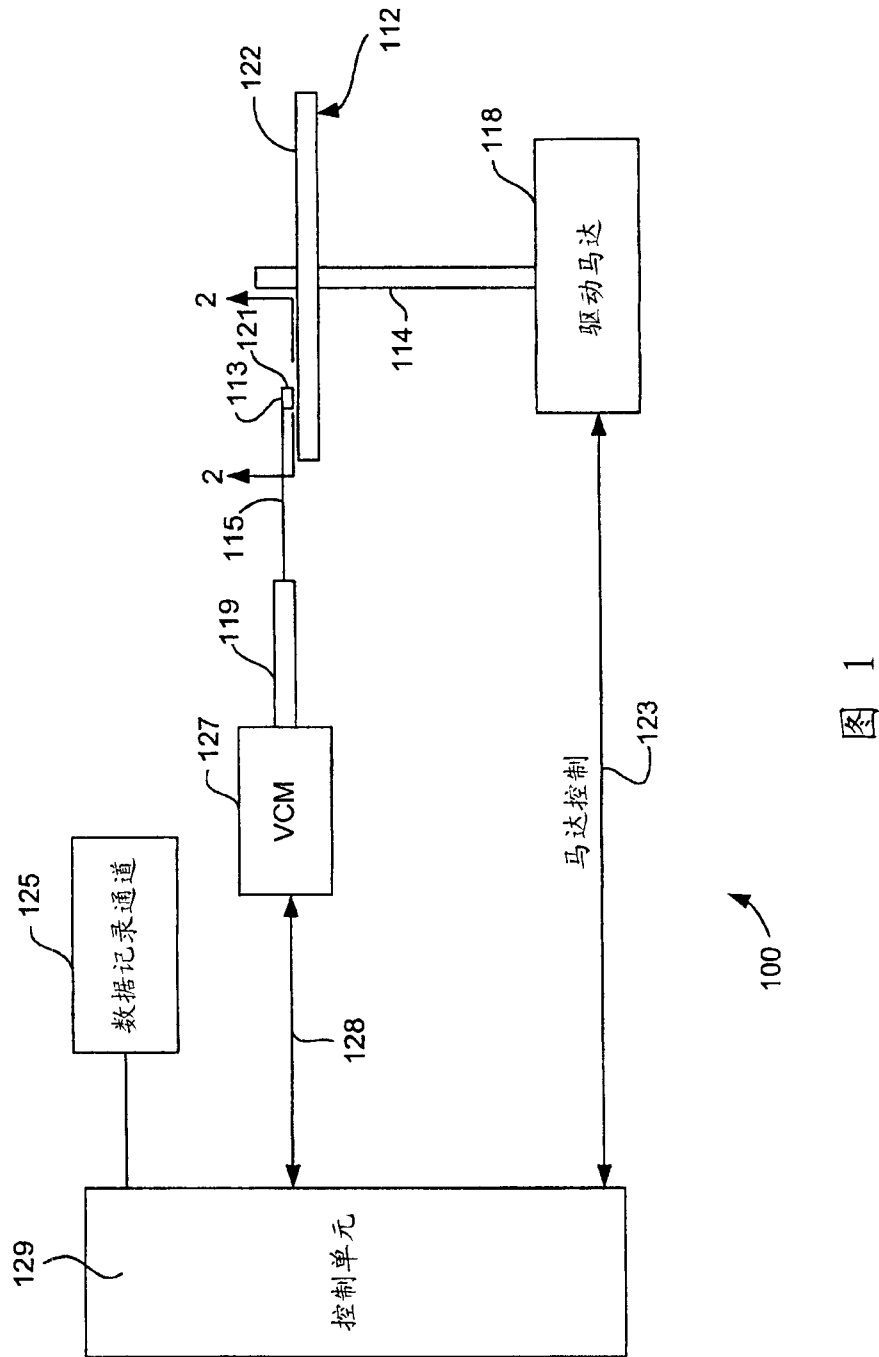


图 1

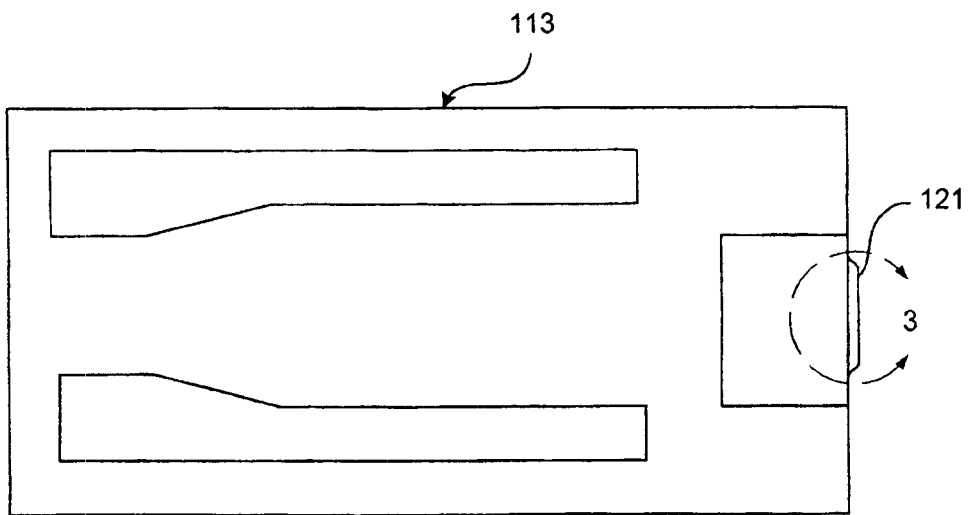


图 2

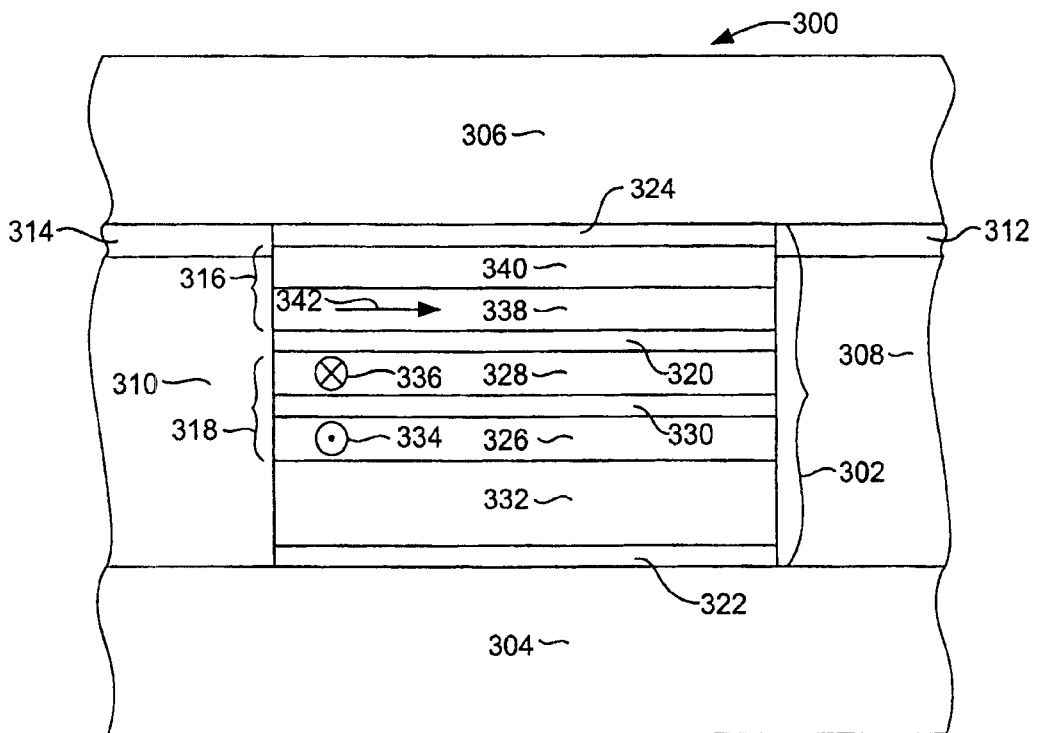


图 3

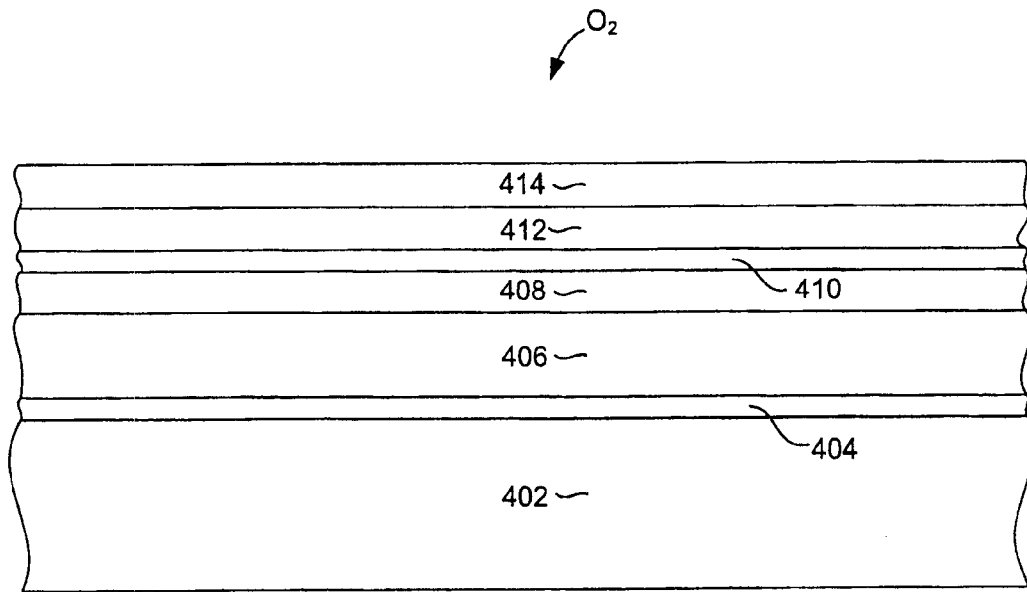


图 4



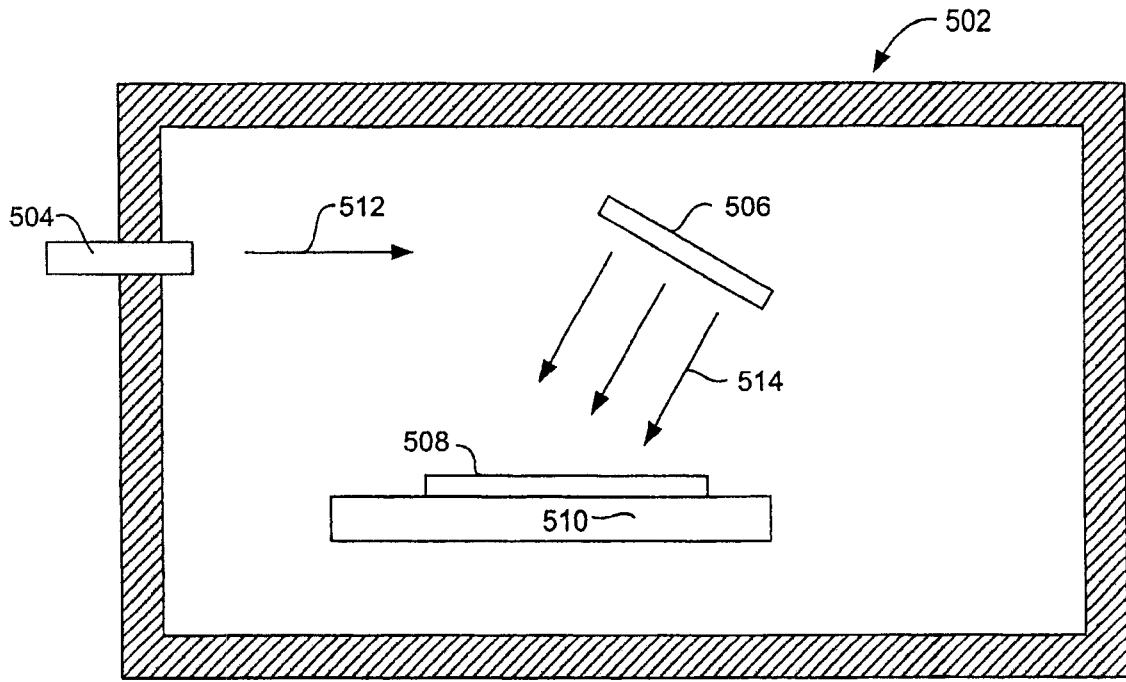


图 5

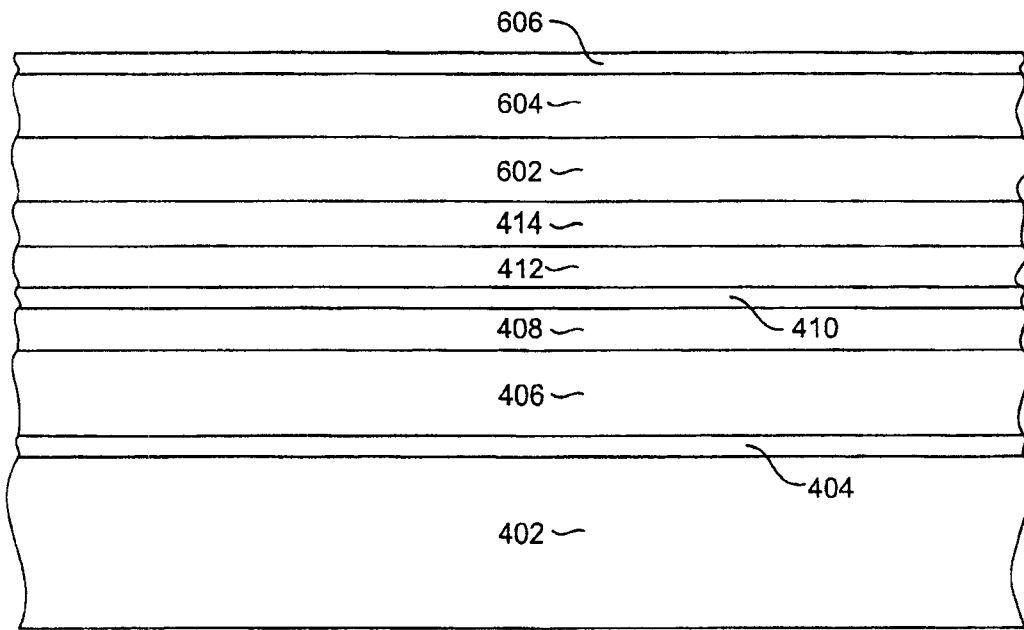


图 6

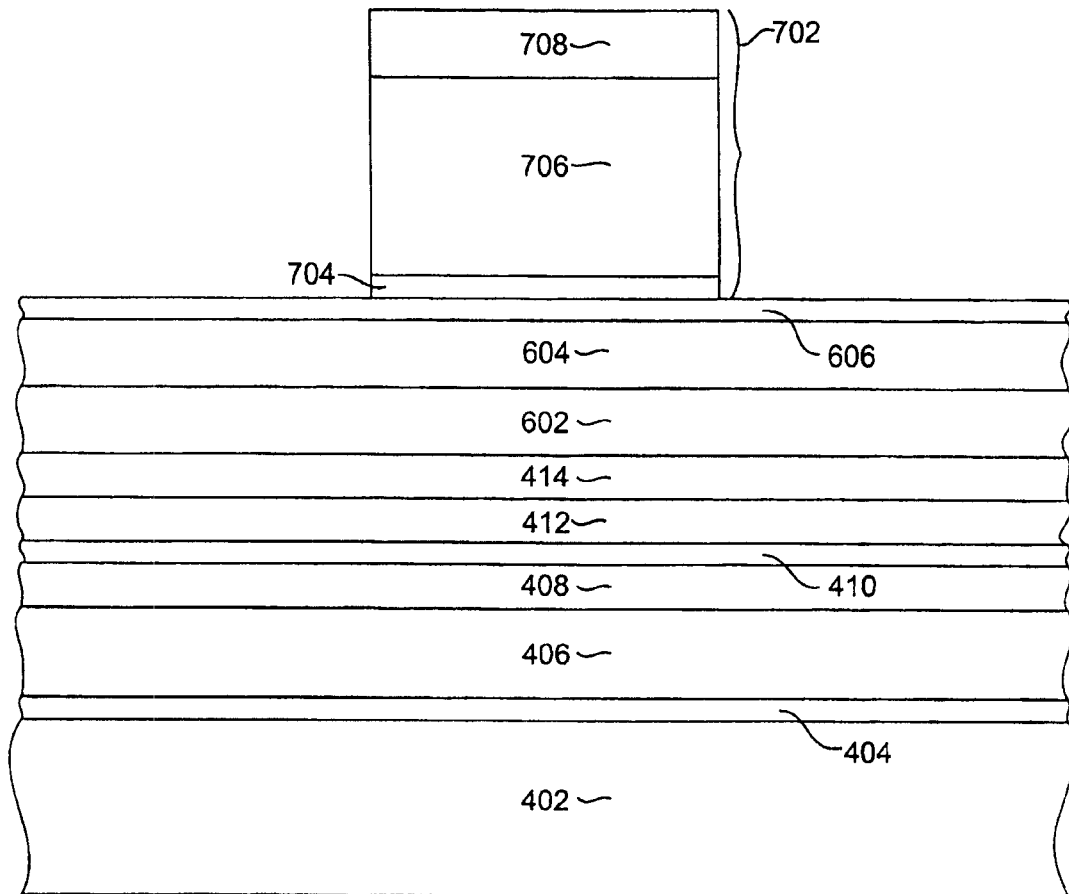


图 7

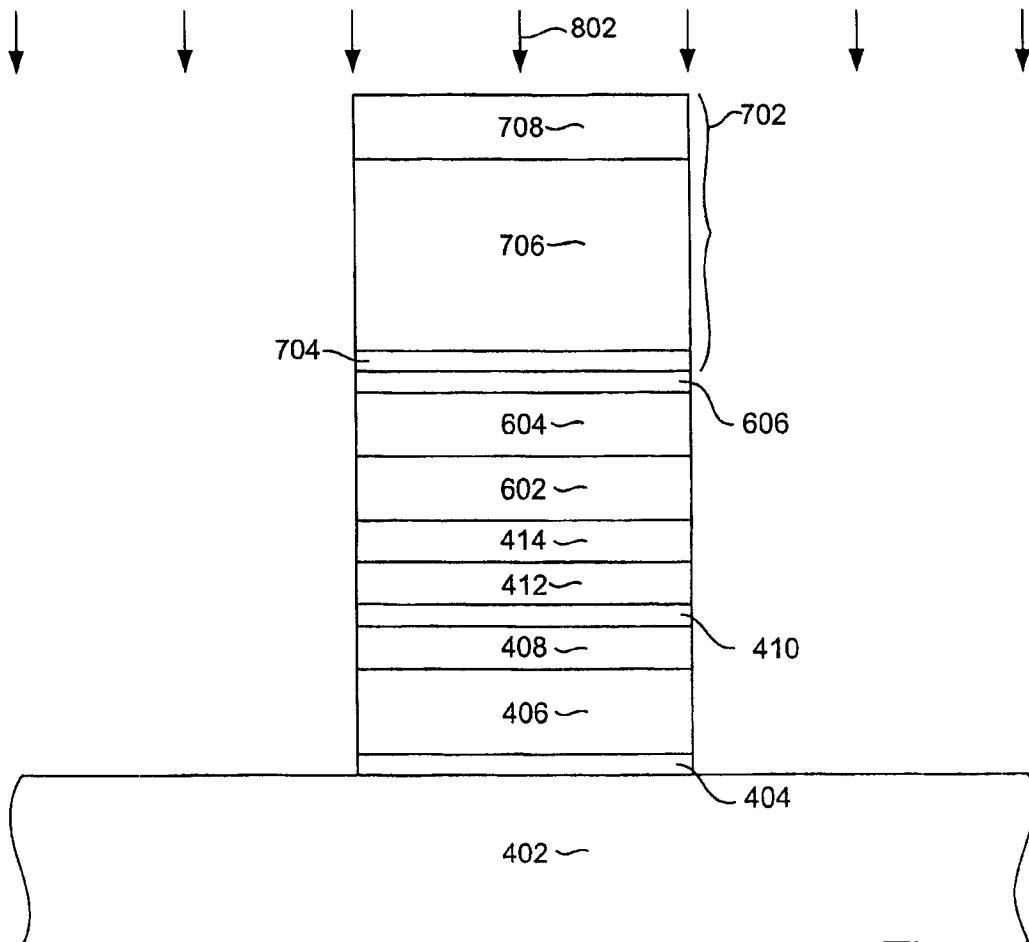


图 8

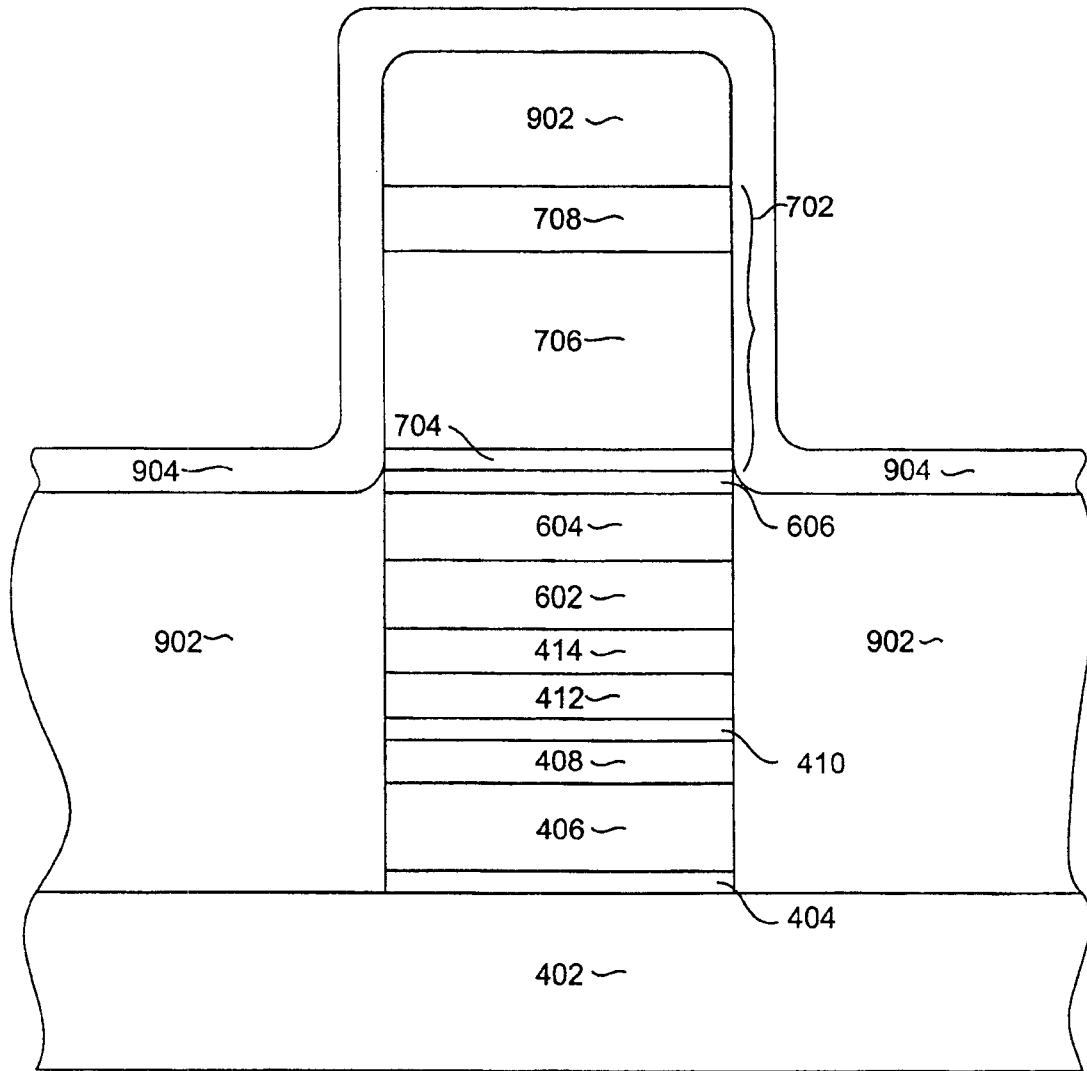


图 9

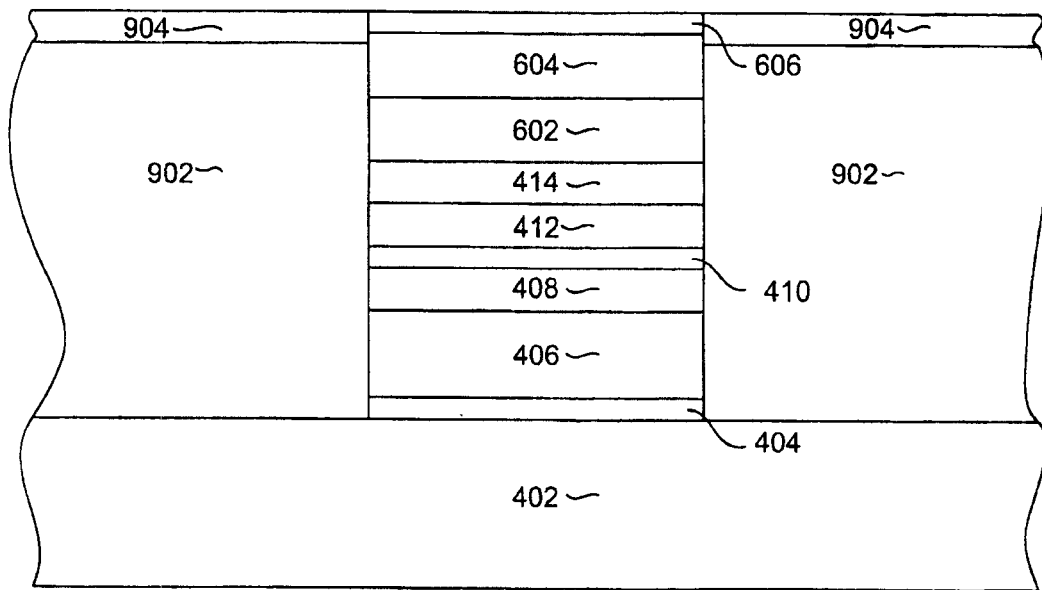


图 10

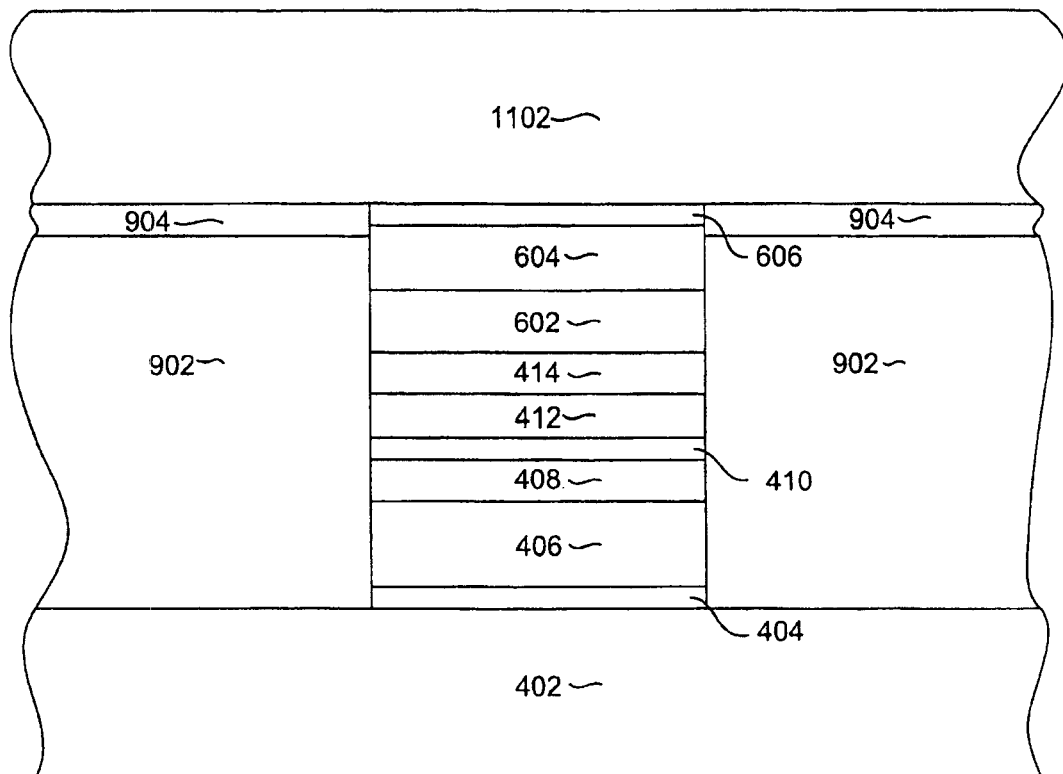


图 11

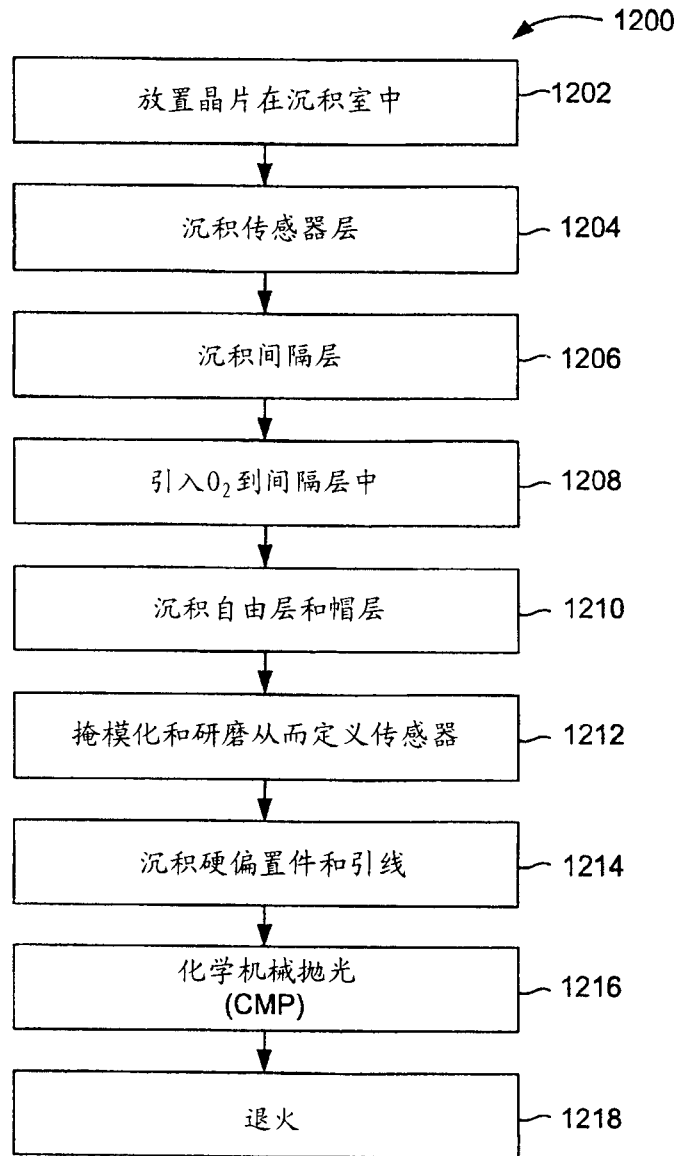


图 12