



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102483931 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201080031224. 9

(22) 申请日 2010. 07. 08

(30) 优先权数据

12/499, 157 2009. 07. 08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 01. 06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/041285 2010. 07. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/005914 EN 2011. 01. 13

(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 V·A·凡斯科 V·R·印图瑞

M·C·考茨基 Z·陆 M·T·基弗

Y·张

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 钱慰民

(51) Int. Cl.

G11B 5/39(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5838521 A, 1998. 11. 17, 说明书第 4, 6 栏, 附图 3, 4.

US 2008158741 A1, 2008. 07. 03, 说明书第 2, 3 页, 附图 2, 3.

US 2007242391 A1, 2007. 10. 18, 全文.

审查员 解欣

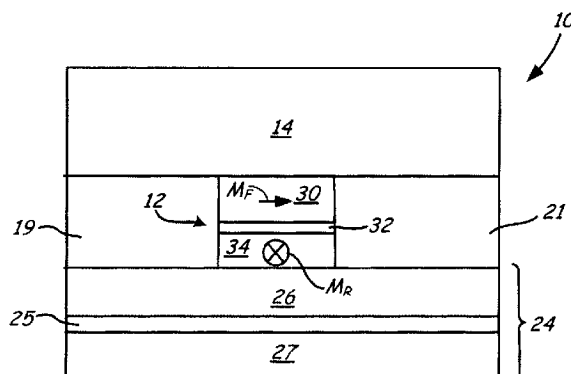
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

具有复合磁屏蔽的磁性传感器

(57) 摘要

磁阻读取器包括第一磁屏蔽元件、第二磁屏蔽元件和磁阻传感器叠层, 所述隧道磁阻传感器叠层将第一磁屏蔽元件与第二磁屏蔽元件分开。第一屏蔽元件包括由晶粒生长抑制层隔开的两个铁磁性各向异性层。



1. 一种磁阻读取器,包括:

第一磁屏蔽元件,所述第一磁屏蔽元件包括由晶粒生长抑制层隔开的第一铁磁性各向异性层和第二铁磁性各向异性层;

第二磁屏蔽元件;以及

隧道磁阻传感器叠层,所述隧道磁阻传感器叠层与所述第一磁屏蔽元件和所述第二磁屏蔽元件电连接,并且使所述第一磁屏蔽元件与所述第二磁屏蔽元件隔开。

2. 如权利要求1所述的磁阻读取器,其特征在于,所述磁阻是具有100%或更大的TMR比的隧道磁阻读取器。

3. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述晶粒生长抑制层具有小于100埃的厚度。

4. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述晶粒生长抑制层是非磁性的。

5. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述晶粒生长抑制层是磁性的。

6. 如权利要求4所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一磁屏蔽元件进一步包括硬磁层。

7. 如权利要求5所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一磁屏蔽元件进一步包括硬磁层。

8. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一和第二铁磁性各向异性层包括NiFe,而所述晶粒生长抑制层包括Ru。

9. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一和第二铁磁性各向异性层包括NiFe,而所述晶粒生长抑制层包括Ta。

10. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一和第二铁磁性各向异性层包括NiFe,而所述晶粒生长抑制层包括Nb、Zr或Hf。

11. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一和第二铁磁性各向异性层具有大致相等的厚度。

12. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述晶粒生长抑制层抑制所述磁阻读取器的磁性退火过程中的扩散、缺陷迁移和粒晶化。

13. 如权利要求1或2所述的磁阻读取器,其特征在于,所述第一磁屏蔽元件还包括第三铁磁性各向异性层,而第二晶粒生长抑制层位于所述第三铁磁性各向异性层和所述第二铁磁性各向异性层之间。

14. 一种形成磁阻读取器的方法,包括:

沉积第一屏蔽元件,所述第一屏蔽元件包括由晶粒生长抑制层隔开的两个铁磁性各向异性层;

在磁建立退火温度下对所述第一屏蔽元件退火以形成建立退火的第一屏蔽;

在所述退火的第一屏蔽上沉积磁阻传感器叠层;

在磁交叉建立退火温度下对所述磁阻传感器叠层退火以形成交叉建立退火的磁阻传感器叠层,其中所述磁交叉建立退火温度低于所述磁建立退火温度;以及

在交叉建立的退火磁阻传感器叠层上沉积第二屏蔽元件。

15. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,所述磁建立退火温度大于390摄氏度。

16. 如权利要求 14 或 15 所述的方法,其特征在于,所述磁交叉建立退火温度大于 300 摄氏度。

17. 如权利要求 14 或 15 所述的方法,其特征在于,所述晶粒生长抑制层具有小于 100 埃的厚度。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述晶粒生长抑制层是非磁性的。

19. 一种形成隧道磁阻读取器的第一屏蔽的方法,包括:

沉积第一屏蔽元件,所述第一屏蔽元件包括由晶粒生长抑制层隔开的两个铁磁性各向异性层;

在磁建立退火温度下对所述第一屏蔽元件退火以形成建立退火的第一屏蔽;

对所述第一屏蔽元件的露出表面抛光以形成光滑露出的第一屏蔽表面;

在所述光滑露出的第一屏蔽表面上沉积化学机械抛光停止层;

在所述第一屏蔽元件周围沉积绝缘材料;

通过化学机械抛光去除绝缘材料,直到所述化学机械抛光停止层;以及

去除所述化学机械抛光停止层,形成经抛光的第一屏蔽元件。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其特征在于,所述抛光步骤去除被抛光的铁磁性各向异性层的 2% 以下的量。

具有复合磁屏蔽的磁性传感器

背景技术

[0001] 在一种电子数据存储和检取系统中,磁性记录头可包括读取器部分,该读取器部分具有用于检索存储在磁性介质上的磁性编码信息的传感器。来自介质表面的磁通造成传感器的一个或多个感测层的磁化矢量的旋转,这进而造成传感器的电性质的改变。感测层经常被称为自由层,因为感测层的磁化矢量是响应外部磁通自由旋转的。传感器的电性质的改变可通过使电流流过传感器并测量传感器两侧的电压来检测出。根据设备的几何形状,感测电流可沿设备的各个层的平面(CIP)或垂直于设备的各个层的平面(CPP)流过。外部电路则将电压信息转化成适当的格式并在必要时操控该信息以恢复在磁盘上编码的信息。

[0002] 当代磁性读取头的结构是包含表现出某些类型的磁阻的铁磁性材料的薄膜多层结构。一种磁阻传感器结构包括多层结构,该多层结构由位于合成反铁磁体(SAF)和铁磁性自由层之间或两铁磁性自由层之间的非磁性层(例如薄绝缘阻挡层或非磁性金属)构成。磁性传感器的阻抗取决于磁性层的相对磁化取向。

[0003] 磁性读取传感器具有通过使读取传感器从杂散磁场屏蔽而增加读取传感器的空间分辨率的磁屏蔽。重要的是,使磁屏蔽的磁畴结构及其对来自记录介质的小磁场的响应相对于大而不均匀的磁场变得稳定,从而使寄存在读取传感器中的不想要噪声减至最小。该磁畴结构可通过控制铁磁屏蔽材料的磁各向异性来建立。然而,对读取传感器的处理可能需要使屏蔽在升高温度下暴露于强磁场,这可能以不适宜的方式重定向(例如造成磁晶粒生长)磁屏蔽的磁各向异性。

发明内容

[0004] 本公开涉及具有复合磁屏蔽的磁性传感器。本公开可提高各种类型磁阻(MR)读取器的面密度性能。复合的第一磁屏蔽层可在升高的磁性建立和交叉退火温度下提供稳定的各向异性。

[0005] 在一个特定实施例中,磁阻读取器包括第一磁屏蔽元件、第二磁屏蔽元件和隧道磁阻传感器叠层,所述隧道磁阻传感器叠层将第一磁屏蔽元件与第二磁屏蔽元件隔开。第一屏蔽元件包括由晶粒生长抑制层隔开的两个铁磁性各向异性层。磁阻读取器可以是具有100%或更大的TMR比率的隧道磁阻读取器。

[0006] 通过阅读以下详细描述,这些以及各个其他特征和优点将是显而易见的。

附图说明

[0007] 考虑以下结合附图对本公开的各个实施例的详细描述,可更完整地理解本公开,在附图中:

[0008] 图1是包括具有垂直于平面各向异性和侧屏蔽的自由层组件的读取器的前表面示意图;

[0009] 图2A是解说性复合屏蔽的层示意图;

- [0010] 图 2B 是另一解说性复合屏蔽的层示意图；
- [0011] 图 3A-3C 是示出形成解说性读取器的方法的层示意图；
- [0012] 图 4 是形成解说性读取器的解说性方法的流程图；
- [0013] 图 5A-5D 是示出形成解说性屏蔽元件的方法的层示意图；以及
- [0014] 图 6 是形成解说性屏蔽元件的解说性方法的流程图；
- [0015] 这些附图不一定按比例示出。附图中所使用的相同数字表示相同组件。然而，应当理解，在给定附图中使用数字表示组件并不旨在限制在另一附图中用相同数字标记的组件。

具体实施方式

[0016] 在以下描述中，参考形成本说明书一部分的一组附图，其中通过解说示出了若干具体实施例。应当理解，可构想并可作出其他实施例而不背离本公开的范围或精神。因此，以下详细描述不采取限制性含义。本文中所提供的定义用于便于对本文中频繁使用的某些术语的理解，而不是为了限制本公开的范围。

[0017] 除非另外指示，否则在说明书和权利要求书中使用的表示特征大小、量和物理性质的所有数字应当理解为在任何情况下均由术语“约”修饰。因此，除非相反地指出，否则在上述说明书和所附权利要求中阐述的数值参数是近似值，这些近似值可利用本文中公开的教导根据本领域技术人员所寻求获得的期望性质而变化。

[0018] 通过端点对数值范围的陈述包括归入该范围内的所有数字（例如，1 至 5 包括 1、1.5、2、2.75、3、3.80、4 和 5）以及该范围内的任何范围。

[0019] 如本说明书和所附权利要求书中所使用的，单数形式“一”、“一个”和“该”涵盖具有复数引用物的实施例，除非该内容另外明确地指出。如本说明书和所附权利要求书中所使用的，术语“或”一般以包括“和 / 或”的含义来使用，除非该内容另外明确地指出。

[0020] 要注意，诸如“顶”、“底”、“之上”、“之下”等术语可在本公开中使用。这些术语不应当解释为限制结构的位置或取向，而是应当用来提供结构之间的空间关系。其它层，例如籽晶层或覆盖层，为了清楚而不予以描述，但可根据技术需要包括在内。

[0021] 本公开涉及具有复合磁屏蔽的磁性传感器。复合的磁屏蔽可在升高的磁性建立退火和交叉温度下提供稳定的各向异性。复合磁屏蔽包括由晶粒生长抑制层隔开的两个铁磁性层。晶粒生长抑制层抑制了铁磁性层中的结构变化并在高温退火过程中使屏蔽的各向异性磁畴结构趋于稳定。尽管本公开不限于此，但通过讨论以下所提供的示例将获得对本公开的各个方面的理解。

[0022] 图 1 是在磁阻 (MR) 读取器是隧道磁阻 (TMR) 读取器的一些实施例中包含复合第一屏蔽 24 的磁阻 (MR) 读取器 10 的正面图。隧道磁阻 (TMR) 读取器 10 包括将第二磁屏蔽 14 与第一复合磁屏蔽 24 隔开的传感器叠层 12。传感器叠层 12 包括：基准磁性元件 34，其具有基准磁化取向 M_R 方向；自由磁性元件 30，其具有基本垂直于（并在面内）基准磁化取向 M_R 方向的自由磁化取向 M_F 方向；以及非磁性间隔层 32，它将基准磁性元件 34 与自由磁性元件 30 隔开。尽管图 1 示出具有基本垂直于基准磁化取向 M_R 方向的磁化取向 M_F 方向的自由磁性元件 30，然而要理解自由磁化取向 M_F 方向也可基本平行于或逆平行于基准磁化取向 M_R 方向。电绝缘层 19、21 使第二磁屏蔽 14 与第一复合磁屏蔽 24 隔绝。

[0023] 在所示实施例中,自由磁性元件 30 位于传感器叠层 12 的顶部上,而基准磁性元件 34 位于传感器叠层 12 的底部上。应当理解,传感器叠层 12 或者包括在传感器叠层 12 顶部上的基准磁性元件 34 和在传感器叠层 12 底部上的自由磁性元件 30。

[0024] 自由磁性元件 30 是具有响应外部磁场旋转的磁化 M_F 的单层或复合层或多层结构。在许多实施例中,传感器叠层 12 感测来自磁性介质的磁通。在隧道磁阻 (TMR) 读取器实施例中,传感器叠层 12 是隧道磁阻型 (TMR) 传感器,其中基准磁性元件 34 和自由磁性元件 30 是由绝缘间隔层 32 隔开的铁磁性层,所述绝缘间隔层 32 足够薄 (例如 1-5 纳米厚) 以允许电子从一个铁磁性层隧穿至另一铁磁性层。

[0025] 间隔层 32 是设置在自由磁性元件 30 和基准磁性元件 34 之间的非磁性绝缘层。在许多实施例中,间隔层 32 是非磁性、绝缘或半传导材料,例如由 Mg、Al、Hf 或 Ti 形成的氧化物。在一些实施例中,间隔层 32 是 MgO。

[0026] 基准磁性元件 34 具有处于磁性元件 34 的一个或多个层面内的固定磁化方向 M_R 。自由磁性元件 30 的磁化方向 M_F 要么垂直于处于静止状态的固定磁化方向 M_R , 要么平行或逆平行于处于静止状态的固定磁化方向 M_R 。基准磁性元件 34 可以是具有各向异性限定的磁化方向的单个铁磁性层。基准磁性元件 34 也可包括多种层的组合以提供具有固定方向的磁化 M_R , 例如具有反铁磁性钉扎层的铁磁性钉扎的层、合成的铁磁性钉扎层 (即通过例如 Ru 的非磁性金属耦合的两个铁磁性层) 或耦合于反铁磁性钉扎层的合成铁磁性钉扎层。基准层组件 34 的铁磁性层可由铁磁合金制成,例如 CoFe、NiFe 或 NiFeCo, 并且反铁磁性层可由 PtMn、IrMn、NiMn 或 FeMn 制成。

[0027] 在操作中,感测电流经由屏蔽 14、24 (在某些实施例中也可充当电子引线) 流过传感器叠层 12, 以使感测电流垂直于传感器叠层 12 的一个或多个层的平面而流过。随着磁化 M_F 响应于外部磁场而旋转,传感器叠层 12 的阻抗因变于磁化方向 M_F 和 M_R 之间的夹角而改变。通过外部电路 (未示出) 在引线 / 屏蔽 14、24 之间测量传感器叠层 12 两侧的电压以检测传感器叠层 12 的阻抗变化。

[0028] 传感器叠层 12 的一部分需要退火以在其中建立磁化方向。隧道磁阻型传感器叠层 12 设计已表现出,例如 300 摄氏度或更高或 340 摄氏度或更高或 390 摄氏度或更高的较高退火温度提高了传感器叠层 12 的 TMR 比%。高温退火可产生具有 100% 或更大或 200% 或更大或 300% 或更大的 TMR 比的隧道磁阻型传感器叠层 12。TMR (隧道磁阻) 比% 从下列等式 (1) 推导出:

$$[0029] \quad \text{TMR 比} (\%) = (R_{\max} - R_{\min}) / R_{\max} \times 100 (1)$$

[0030] 其中 $R_{\max}$ 和 $R_{\min}$ 是当沿平行 (低阻态) 和逆平行 (高阻态) 方向施加通过传感器叠层的电流时获得的电阻值。增加 TMR 比提高了传感器叠层的灵敏性和可靠性。

[0031] 由于隧道磁阻型传感器叠层 12 设置在复合的第一屏蔽 24 上,复合的第一屏蔽 24 必须提供在较高退火温度下稳定的各向异性,这是提供拥有较高 TMR 比率百分比的传感器叠层 12 所必需的。本文描述的复合的第一屏蔽 24 提供在较高退火温度下稳定的各向异性。

[0032] 复合的第一屏蔽 24 包括由晶粒生长抑制层 25 隔开的两个铁磁性各向异性层 26、27。晶粒生长抑制层 25 抑制在磁阻读取器 10 的磁退火过程中的扩散、缺陷迁移和粒晶化。晶粒生长抑制层 25 具有小于 100 埃或 50 埃或更小的厚度,或在 5-50 埃范围内的厚度。在许多实施例中,复合的第一屏蔽 24 的总厚度为大约 1 微米,并且在许多实施例中,两个铁磁

性各向异性层 26、27 中的每一个的厚度大致相等。

[0033] 在一些实施例中,晶粒生长抑制层 25 是非磁性的。在一些实施例中,晶粒生长抑制层 25 是磁性的。在图示实施例中,晶粒生长抑制层 25 是 Ru、Ta、Nb、Zr 或 Hf,并且两个铁磁性各向异性层 26、27 是 NiFe。在很多实施例中,晶粒生长抑制层 25 是 Ru 或 Ta,并且两个铁磁性各向异性层 26、27 是 NiFe。

[0034] 图 2A 是解说性复合的第一屏蔽 24 的层示意图。如前所述,复合的第一屏蔽 24 包括由晶粒生长抑制层 25 分隔的两个铁磁性各向异性层 26、27。在一些实施例中,晶粒生长抑制层 25 是非磁性的。在一些实施例中,晶粒生长抑制层 25 是磁性的。复合的第一屏蔽 24 可进一步包括可选用的硬磁层 28。硬磁层 28 可由具有磁耦合于复合的屏蔽层底部的能力的任何有用磁性材料形成,并具有足够高以承受来自介质和操作中的杂散场的磁化反转的磁矫顽性。

[0035] 图 2B 是另一个解说性复合的第一屏蔽 24 的层示意图。如前所述,复合的第一屏蔽 24 包括由晶粒生长抑制层 25、29 分隔的三个铁磁性各向异性层 26、27、23。在一些实施例中,晶粒生长抑制层 25、29 是非磁性的。在一些实施例中,晶粒生长抑制层 25、29 是磁性的。复合的第一屏蔽 24 可进一步包括如图 2A 中的硬磁层。硬磁层 28 可由任何有用的磁性材料形成。

[0036] 图 3A-3C 是解说形成示例性隧道磁阻 (TMR) 读取器 10 的方法的层示意图。图 4 是形成解说性隧道磁阻 (TMR) 读取器的解说性方法的流程图。该方法包括在衬底 5 上沉积第一屏蔽元件 24。该第一屏蔽元件 24 可使用半导体制造技术溅射沉积。在方框 101,第一屏蔽元件 24 包括由晶粒生长抑制层 25 隔开的两个铁磁性各向异性层 27、26。第一屏蔽元件 24 如前所述。

[0037] 然后,该方法在方框 102 包括在磁性建立退火温度下对第一屏蔽元件 24 退火以形成建立退火的第一屏蔽。在升高的温度下将磁场施加于第一屏蔽元件 24 以建立第一屏蔽元件 24 的至少一个铁磁性层 27、26 的磁取向。在许多实施例中,磁性建立退火温度高于 350 摄氏度,或高于 390 摄氏度或高于 440 摄氏度。如前所述,晶粒生长抑制层 25 抑制晶粒生长并改善第一屏蔽元件 24 的各向异性。

[0038] 然后,该方法包括在方框 103 将隧道磁阻传感器叠层 12 沉积在经退火的第一屏蔽 24 上。隧道磁阻传感器叠层 12 包括基准磁性元件 34、自由磁性元件 30 以及将基准磁性元件 34 和自由磁性元件 30 隔开的非磁性间隔层 32。隧道磁阻传感器叠层 12 如前所述并能使用半导体制造技术溅射沉积。

[0039] 然后在方框 104 在磁交叉建立退火温度下对隧道磁阻传感器叠层 12 退火,以形成交叉建立的经退火隧道磁阻传感器叠层。磁场在升高温度下施加于隧道磁阻传感器叠层 12 以建立隧道磁阻传感器叠层 12 的至少一个铁磁性层 30、34 的磁取向。在许多实施例中,交叉建立的磁场垂直于磁性建立的磁场。磁交叉建立的退火温度低于第一屏蔽元件 24 的建立退火温度从而不干扰第一屏蔽元件 24 的磁取向,并高于叠层中的反铁磁体的封闭温度,由此当在退火后冷却时基准层被钉扎。在许多实施例中,磁交叉建立退火温度高于 350 摄氏度或高于 390 摄氏度。在方框 105,第二屏蔽元件 14 然后被沉积到交叉建立的经退火隧道磁阻传感器叠层 12,以形成隧道磁阻 (TMR) 读取器 10。

[0040] 图 5A-5D 是示出形成解说性第一屏蔽元件的方法的层示意图。图 6 是形成解说性

第一屏蔽元件的解说性方法的流程图。该方法包括沉积第一屏蔽元件 24。如前所述,第一屏蔽元件 24 包括由晶粒生长抑制层 25 隔开的两个铁磁性各向异性层 27、26,并对第一屏蔽元件 24 退火以形成一建立退火的第一屏蔽。随后利用半导体制造技术对第一屏蔽元件 24 的露出表面抛光以形成光滑露出的第一屏蔽表面。抛光步骤去除正被抛光层的较少量。例如,抛光步骤去除正被抛光的铁磁性层的 2% 以下或 1% 以下。

[0041] 第一屏蔽元件 24 的结构可由任何有用方法限定,例如通过平版印刷随后蚀刻来图案化。可在方框 201 的沉积步骤之后执行图案化。所得到的结构在下文中描述为经图案化的第一屏蔽元件 24。

[0042] 在许多实施例中,随后在方框 201 将化学机械抛光 (CMP) 停止层 50 沉积到光滑露出的第一屏蔽表面。CMP 停止层 50 可以是任何有用的 CMP 停止材料,例如铬或 α - 碳。在许多实施例中,随后利用半导体制造技术对该结构图案化以形成要求的第一屏蔽元件尺寸。在其它实施例中,不沉积化学机械抛光 (CMP) 停止层 50。

[0043] 在方框 202 将绝缘材料 60 沉积在经图案化的第一屏蔽元件 24 周围。绝缘材料可以是任何有用的电绝缘材料,例如金属氧化物或半导体氧化物。绝缘材料 60 可包裹住经图案化的第一屏蔽元件 24。

[0044] 然后该方法包括在方框 203 通过化学机械抛光去除绝缘材料 60 直至化学机械抛光停止层 50。该 CMP 方法步骤形成绝缘区域和 CMP 停止层区域的平坦表面。然后在方框 204 去除化学机械抛光停止层 50。随后可如上所述地将传感器叠层沉积在第一屏蔽元件的光滑露出表面上。

[0045] 该方法提供提供复合的第一屏蔽的铁磁性顶层的厚度控制。在 CMP 工艺中去除非常少的铁磁性顶层,并且光滑抛光方法步骤提供用于沉积传感器叠层的光滑表面并在沉积过程中改善传感器叠层的均一性。

[0046] 由此,披露了具有复合磁屏蔽的磁性传感器的实施例。上述实现及其他实现在以下权利要求书的范围内。本领域技术人员应当理解,本公开可用除所披露的实施例以外的实施例来实施。出于说明而非限制目的给出了所公开的实施例,且本发明仅受限于所附权利要求。

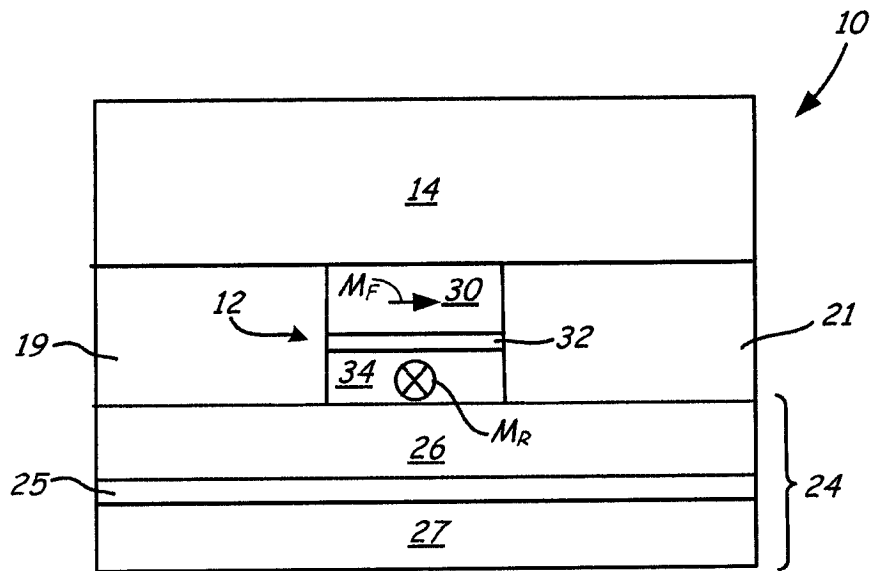


图 1

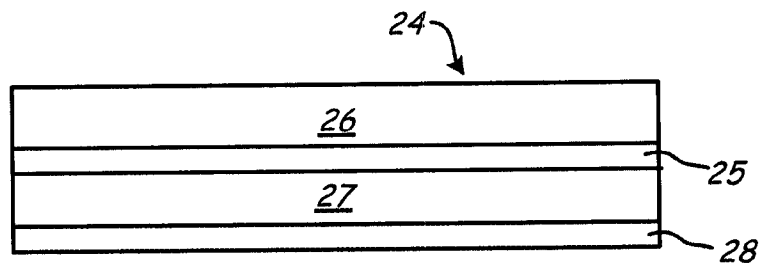


图 2A

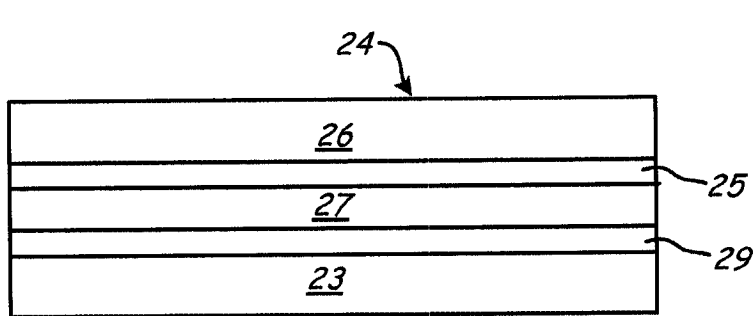


图 2B

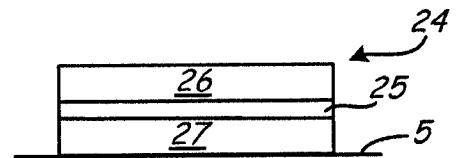


图 3A

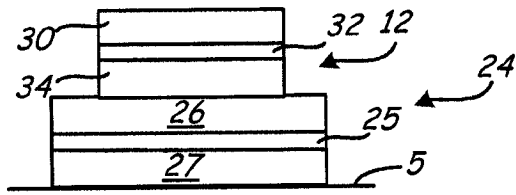


图 3B

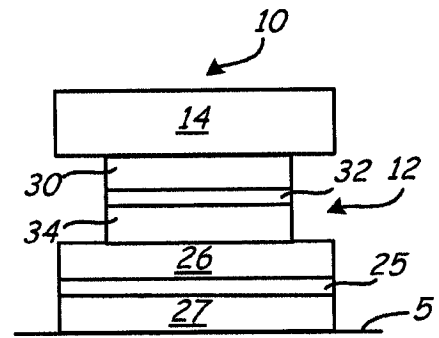


图 3C

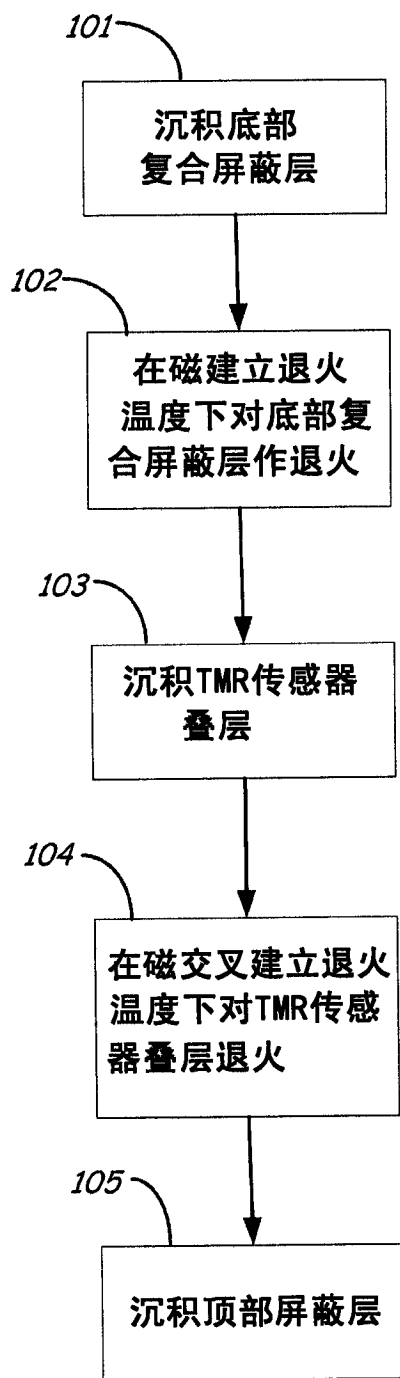


图 4

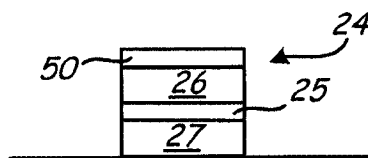


图 5A

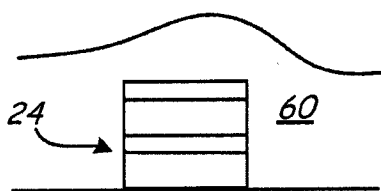


图 5B

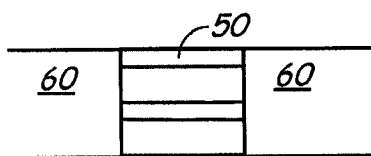


图 5C

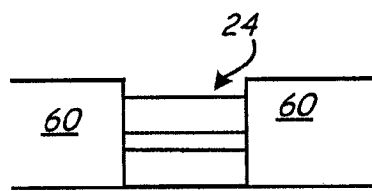


图 5D

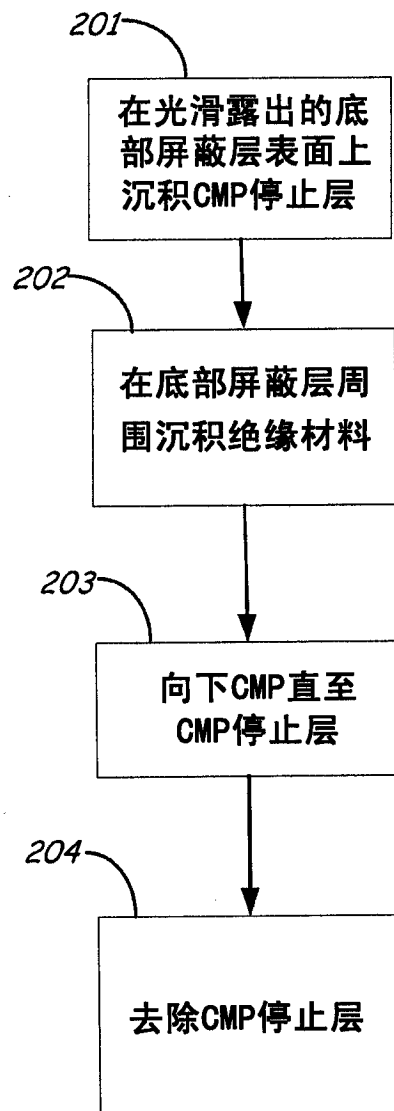


图 6