



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102097101 A

(43) 申请公布日 2011.06.15

(21) 申请号 201010585835.X

(22) 申请日 2010.12.08

(30) 优先权数据

12/634,589 2009.12.09 US

(71) 申请人 西部数据(弗里蒙特)公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 Q·冷 J·X·申 F·刘

G·W·安德尔森

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

G11B 5/37(2006.01)

权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

用于提供具有改进的读取传感器的磁式变换器的方法和系统

(57) 摘要

本发明提供用于提供具有改进的读取传感器的磁式变换器的方法和系统。描述一种用于提供磁式变换器中的磁结构的方法和系统。该方法和系统包括提供钉扎层、与钉扎层相邻的合成反铁磁介质(SAF)、非磁性层和传感器层。SAF位于非磁性层与钉扎层之间。非磁性层位于SAF层与传感器层之间。SAF包括被钉扎层、参考层和在被钉扎层与参考层之间的非磁性分隔层。被钉扎层被磁性耦合于参考层并且包括多个子层。第一子层具有第一截止温度分布(T_{BD})和第一交换能量。第二子层具有第二 T_{BD} 和第二交换能量。第一子层在钉扎层与第二子层之间。第一 T_{BD} 大于第二 T_{BD} 。第一交换能量小于第二交换能量。

1. 一种被配置以在磁性变换器中使用的磁阻结构,包括:

钉扎层;

与所述钉扎层相邻的合成反铁磁介质,即 SAF,所述 SAF 包括被钉扎层、参考层和在所述被钉扎层与所述参考层之间的非磁性分隔层,所述被钉扎层磁性耦合于所述参考层并且包括多个子层,所述多个子层中的第一子层具有第一截止温度分布,即 T_{BD} ,和第一交换能量,所述多个子层中的第二子层具有第二 T_{BD} 和第二交换能量,所述第一子层位于所述钉扎层与所述第二子层之间,所述第一 T_{BD} 大于所述第二 T_{BD} ,所述第一交换能量小于所述第二交换能量;

非磁性层,所述 SAF 位于所述非磁性层与所述钉扎层之间;以及

传感器层,所述非磁性层位于所述 SAF 与所述传感器层之间。

2. 根据权利要求 1 所述的磁阻结构,其中所述非磁性层包括绝缘的隧穿阻挡层。

3. 根据权利要求 1 所述的磁阻结构,其中所述第一子层包括 $Co_{1-x}Fe_x$,并且所述第二子层包括 $Co_{1-y}Fe_y$,其中 x 大于 0 且不大于 0.15,并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。

4. 根据权利要求 3 所述的磁阻结构,其中所述 x 至少等于 0.05,并且所述 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

5. 根据权利要求 3 所述的磁阻结构,其中所述第一子层具有第一厚度,并且所述第二子层具有第二厚度,所述第一厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,所述第二厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃。

6. 根据权利要求 5 所述的磁阻结构,其中所述第二厚度大于所述第一厚度。

7. 根据权利要求 1 所述的磁阻结构,其中所述多个子层还包括第三子层,所述第三子层具有第三 T_{BD} 和第三交换能量。

8. 根据权利要求 7 所述的磁阻结构,其中所述第三 T_{BD} 大于所述第二 T_{BD} ,并且所述第三交换能量小于所述第二交换能量。

9. 根据权利要求 8 所述的磁阻结构,其中所述第三交换能量基本上与所述第一交换能量相等,并且所述第三 T_{BD} 基本上与所述第一 T_{BD} 相等。

10. 根据权利要求 8 所述的磁阻结构,其中所述第一子层包括 $Co_{1-x}Fe_x$,所述第二子层包括 $Co_{1-y}Fe_y$,并且所述第三子层包括 $Co_{1-x}Fe_x$,其中 x 大于 0 且不大于 0.15,并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。

11. 根据权利要求 10 所述的磁阻结构,其中所述 x 至少等于 0.05,并且所述 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

12. 根据权利要求 10 所述的磁阻结构,其中所述第一子层具有第一厚度,所述第二子层具有第二厚度,并且所述第三子层具有第三厚度,所述第一厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,所述第二厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,并且所述第三厚度大于 0 埃且不大于 10 埃。

13. 根据权利要求 12 所述的磁阻结构,其中所述第二厚度大于所述第一厚度和所述第三厚度。

14. 根据权利要求 8 所述的磁阻结构,其中所述多个子层还包括第四子层,所述第四子层具有第四 T_{BD} 和第四交换能量。

15. 根据权利要求 1 所述的磁阻结构,其中所述被钉扎层包括 $Co_{1-x}Fe_x$ 和 $Co_{1-y-z}Fe_yB_z$ 中

的至少一个,其中 x 大于 0 且小于 1, y 大于 0, z 大于 0 并且 $y+z$ 小于 1。

16. 根据权利要求 15 所述的磁阻结构,其中所述第一子层包括 $\text{Co}_{1-y-z}\text{Fe}_y\text{B}_z$ 。

17. 根据权利要求 1 所述的磁阻结构,其中所述钉扎层包括反铁磁层。

18. 一种磁头,包括:

读取变换器,所述读取变换器包括读取传感器,所述读取传感器进一步包括钉扎层、与所述钉扎层相邻的合成反铁磁介质,即 SAF,非磁性层和传感器层,所述 SAF 位于所述非磁性层与所述钉扎层之间,所述非磁性层位于所述 SAF 与所述传感器层之间,所述 SAF 包括被钉扎层、非磁性分隔层和参考层,所述被钉扎层磁性地耦合于所述参考层并且包括多个子层,所述多个子层中的第一子层具有第一截止温度分布,即 T_{BD} ,和第一交换能量,所述多个子层中的第二子层具有第二 T_{BD} 和第二交换能量,所述第一子层位于所述钉扎层与所述第二子层之间,所述第一 T_{BD} 大于所述第二 T_{BD} ,所述第一交换能量小于所述第二交换能量。

19. 根据权利要求 18 所述的磁头,其中所述第一子层包括 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ 并且所述第二子层包括 $\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y$,其中 x 大于 0 且不大于 0.15,并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。

20. 根据权利要求 18 所述的磁头,其中 x 至少等于 0.05,并且 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

21. 根据权利要求 18 所述的磁头,其中所述第一子层具有第一厚度并且所述第二子层具有第二厚度,所述第一厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,所述第二厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃。

22. 根据权利要求 18 所述的磁头,其中所述多个子层还包括第三子层,所述第三子层具有第三 T_{BD} 和第三交换能量,所述第三 T_{BD} 大于所述第二 T_{BD} ,所述第三交换能量小于所述第二交换能量。

23. 根据权利要求 22 所述的磁头,其中所述第一子层包括 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$,所述第二子层包括 $\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y$,并且所述第三子层包括 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$,其中 x 大于 0 且不大于 0.15,并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。

24. 根据权利要求 23 所述的磁头,其中 x 至少等于 0.05,并且 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

25. 根据权利要求 23 所述的磁头,其中所述第一子层具有第一厚度,所述第二子层具有第二厚度,并且所述第三子层具有第三厚度,所述第一厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,所述第二厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,并且所述第三厚度大于 0 埃且不大于 10 埃。

26. 根据权利要求 18 所述的磁头,还包括:

写入变换器。

27. 一种磁盘驱动器,包括:

滑动件;以及

根据权利要求 18 所述的磁头。

28. 一种用于制造在磁式变换器中使用的磁阻结构的方法,所述方法包括:

提供钉扎层;

提供与所述钉扎层相邻的合成反铁磁介质,即 SAF,所述 SAF 包括被钉扎层、参考层和在所述钉扎层与所述参考层之间的非磁性分隔层,所述被钉扎层被磁性耦合于所述参考层并且包括多个子层,所述多个子层中的第一子层具有第一截止温度分布,即 T_{BD} ,和第一交换

能量,所述多个子层中的第二子层具有第二 T_{BD} 和第二交换能量,所述第一子层位于所述钉扎层与所述第二子层之间,所述第一 T_{BD} 大于所述第二 T_{BD} ,所述第一交换能量小于所述第二交换能量;

提供非磁性层,所述 SAF 位于所述非磁性层与所述钉扎层之间;

提供传感器层,所述非磁性层位于所述 SAF 和所述传感器层之间;以及

在所述钉扎层、所述 SAF、所述非磁性层和所述传感器层中形成所述磁阻结构的图案。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其中所述第一子层包括 $Co_{1-x}Fe_x$,并且所述第二子层包括 $Co_{1-y}Fe_y$,其中 x 大于 0 且不大于 0.15,并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,其中 x 至少等于 0.05,并且 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

31. 根据权利要求 29 所述的方法,其中所述第一子层具有第一厚度,并且所述第二子层具有第二厚度,所述第一厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,所述第二厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃。

32. 根据权利要求 28 所述的方法,其中所述多个子层还包括第三子层,所述第三子层具有第三 T_{BD} 和第三交换能量,所述第三 T_{BD} 大于所述第二 T_{BD} ,所述第三交换能量小于所述第二交换能量。

33. 根据权利要求 32 所述的方法,其中所述第一子层包括 $Co_{1-x}Fe_x$,所述第二子层包括 $Co_{1-y}Fe_y$,并且所述第三子层包括 $Co_{1-z}Fe_z$,其中 x 大于 0 且不大于 0.15,并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。

34. 根据权利要求 33 所述的方法,其中 x 至少等于 0.05,并且 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

35. 根据权利要求 33 所述的方法,其中所述第一子层具有第一厚度,所述第二子层具有第二厚度,并且所述第三子层具有第三厚度,所述第一厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,所述第二厚度至少等于 3 埃且不大于 20 埃,并且所述第三厚度大于 0 埃且不大于 10 埃。

用于提供具有改进的读取传感器的磁式变换器的方法和系统

技术领域

背景技术

[0001] 图 1 示出了常规的磁式变换器 10 例如常规的读取变换器或其它装置的一部分。常规的变换器 10 位于常规的基底 11 例如 AlTiC 基底上。常规的变换器 10 包括常规的底部护罩 12、常规的传感器 20 和常规的顶部护罩 40。变换器 10 通常还包括在常规的 AFM 层 22 与常规的护罩 12 之间的一个或多个种子层（未示出）。常规的护罩 12 和 40 通常包括 NiFe 并且是通过电镀形成的。传感器 20 在电流垂直于平面（CPP）的结构中被示出。在 CPP 结构中，读取电流通常被驱动为沿着所示的 z 轴垂直于装置的各层的平面。

[0002] 常规的传感器 20 包括常规的反铁磁介质（AFM）层 22、常规的合成反铁磁介质（SAF）24、常规的阻挡层 32 和常规的自由层 34，并且可包括常规的覆盖层 36。- 常规的自由层 34 具有响应于施加的磁场例如来自于正在读取的位的磁场基本上自由改变方向的磁化。常规的阻挡层 32 可允许传导经由隧道效应通过传感器 20。因此，传感器 20 是穿隧磁阻（TMR）传感器。注意，如果传导的分隔层被用来代替阻挡层 32，那么传感器 20 是自旋阀。常规的 SAF 层 24 通常包括由非磁性分隔层 28 分离的两个铁磁性层 26 和 30。铁磁性层通常被反铁磁地耦合。常规的 SAF 层 24 的一个或多个磁化是通过常规的 AFM 层 22 被钉扎或固定。更具体地，通常被称作被钉扎层或被固定层的第一铁磁性层 26 具有通过常规的 AFM 层 22 被钉扎的磁化，例如，经由交换相互作用。其余的铁磁性层或参考层 30 使自己的磁化被钉扎，这是因为它被强磁性地耦合于被钉扎层 26。常规的被钉扎层 26 通常是由例如 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 组成的单层。其它常规的被钉扎层 26 可由 $\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$ 组成。

[0003] 尽管常规的传感器 20 可以起作用，但是常规的变换器 10 可具有有限的效用。例如，当在 CPP 结构中使用常规的读取传感器 20 时，在常规的读取传感器 20 中可能出现基线爆音（BLP）和 / 或基线噪声（BLN）。BLP 是指高于噪声基线的时域随机噪声尖峰。BLN 是指高的整体噪声基线。BLP 和 BLN 都具有通常从 KHz 到 GHz 的大的频率带宽。BLP 和 BLN 的存在不利地影响常规的变换器 10 的信噪比，并且因此不利地影响常规的变换器 10 的性能。BLP 和 BLN 也可能是常规的传感器 20 的硬盘驱动应用中的主要失效模式。因为 BLN 和 BLP 可能是失效模式，因此它们还可能不利地影响常规的传感器 20 的可靠性。因此，常规的变换器 10 的使用可能具有缺陷。

[0004] 因此，需要一种用于提供具有改进性能的变换器的系统和方法。

发明内容

[0005] 本发明描述一种用于提供磁式变换器中的磁结构的方法和系统。该方法和系统包括提供钉扎层或固定层、与钉扎层相邻的合成反铁磁介质（SAF）、非磁性层和传感器层。SAF 位于非磁性层与钉扎层之间。非磁性层在 SAF 与传感器层之间。SAF 包括被钉扎层、参考层和在钉扎层与参考层之间的非磁性分隔层。被钉扎层被磁性地耦合于参考层并且包括

多个子层。多个子层中的第一子层具有第一截止温度分布 T_{BD} 和第一交换能量。多个子层中的第二子层具有第二 T_{BD} 和第二交换能量。第一子层在钉扎层与第二子层之间。第一 T_{BD} 大于第二 T_{BD} ，而第一交换能量小于第二交换能量。

附图说明

- [0006] 图 1 是包括常规传感器的常规变换器的一部分的示意图；
- [0007] 图 2 示出了具有包括磁结构的示例性实施例的变换器的磁头的示例性实施例；
- [0008] 图 3 示出了包括磁结构的示例性实施例的变换器的一部分的示例性实施例；
- [0009] 图 4 示出了包括磁结构的示例性实施例的变换器的一部分的另一个示例性实施例；
- [0010] 图 5 示出了包括磁结构的示例性实施例的变换器的一部分的另一个示例性实施例；以及
- [0011] 图 6 示出了形成包括磁结构的示例性实施例的变换器的一部分的方法的示例性实施例。

具体实施例

[0012] 图 2 示出了磁头 100。该磁头包括磁性读取变换器 110 和写入变换器 140。图 3 示出了可被用作磁头 100 的读取传感器的磁结构 130 的示例性实施例。然而，在其它实施例中，磁结构 130 可被用于其它目的。此外，磁结构 130 在 CPP 结构中被示出，并且因此被连接于护罩 112 和 122。然而，在另一个实施例中，在磁结构 130 与护罩 112 和 / 或 122 之间可存在空隙。参照图 2 至图 3，在另一个实施例中，头 100 可能只包括读取变换器 110。头 110 可位于磁盘驱动器（未示出）的滑动件（未示出）上。头 100 也以特定层的情况被描述。然而，在一些实施例中，这样的层可包括一个或多个子层。为了清晰，图 2 至图 3 未按比例绘制。

[0013] 写入变换器 140 包括第一磁极 142、辅助磁极 146、主磁极 148、写入空隙 150、线圈 144 和 152 以及返回护罩 (return shield) 154。然而，在另一个实施例中，写入变换器 140 可包括其它和 / 或不同组件。此外，在各种实施例中，写入变换器 140 的一个或更多部分可被省略。

[0014] 读取变换器 110 包括护罩 112 和 122 以及读取传感器 / 磁结构 130。此外，尽管只示出了一个磁结构 130，但是可存在多个磁结构。此外，尽管在变换器 100 中磁结构 130 被用作读取传感器，但是在另一个变换器中磁结构 130 可被用于其它目的。此外，如在图 3 中明确示出，磁结构 130 包括钉扎层或固定层 160、SAF 170、非磁性层 190 和自由层 192。在一些实施例中，其它组件可作为磁结构 130 的一部分被包括。例如，磁结构 130 也可包括一个或多个种子层和 / 或覆盖层。

[0015] 自由层 192 包括一个或更多个铁磁性层（未在图 3 中独立地示出）。这些铁磁性层中的至少一些可由非磁性层分隔。在图 3 所示的实施例中，自由层 192 是用于头 100 的传感器层。因此，自由层 192 在下文中被称作传感器层 192。非磁性层 190 将传感器层 192 与 SAF 170 分离。在一些实施例中，非磁性层 190 是绝缘的隧穿阻挡层 (tunneling barrier layer)。例如，非磁性层 190 可为结晶的隧穿阻挡层。在一些这样的实施例中，结

晶的隧穿阻挡层可包括晶体的 MgO 或者由晶体的 MgO 组成。在其它实施例中,非磁性层 190 可以是传导的和 / 或具有另一种结构。钉扎层 160 钉扎 SAF 170 的磁化。钉扎层 160 可为 AFM 层,例如 IrMn,其通过交换相互作用 (exchange interaction) 对被钉扎层或被固定层 172 的磁化进行钉扎或固定。然而,在其它实施例中,钉扎层 160 可为另一种材料和 / 或具有其它特性。

[0016] SAF 170 与钉扎层 160 相邻。SAF 170 包括邻接钉扎层 160 的被钉扎层 172、参考层 182 和在钉扎层与参考层之间的非磁性分隔层 180。被钉扎层 172 被磁性耦合于参考层 182。在一些实施例中,被钉扎层和参考层的磁化被反铁磁性地耦合。尽管图中显示为单个铁磁性层,但是参考层 182 可包括多个子层。还期望非磁性分隔层 182 是导电的。例如,如 Ru 等材料可被用于非磁性分隔层 180。

[0017] 被钉扎层 172 包括子层。在图 3 所示的实施例中,存在两个子层 174 和 176。然而,在其它实施例中,可提供额外的子层 (未在图 3 中示出)。第一子层 174 具有第一截止温度分布 (T_{BD}) 和第一交换能量。第二子层 176 具有第二 T_{BD} 和第二交换能量。层的 T_{BD} 是对在高温时磁性层的无序程度的度量。更具体地, T_{BD} 因此对应于指定比例部分的磁性层不再由钉扎层 160 钉扎的温度。例如,在一些实施例中, T_{BD} 是至少百分之十的磁性层不再由固定层或钉扎层 160 固定或钉扎的温度。通常,期望更高的 T_{BD} 。交换能量是对由于特定磁性层与 ARM 层之间的相互作用引起的钉扎强度的度量。子层 174 和 176 被配置以使第一子层 174 的第一 T_{BD} 大于第二子层 176 的第二 T_{BD} 。在一些实施例中,子层 174 和 176 还被配置以使第一 T_{BD} 和第二 T_{BD} 都大于或等于 270 摄氏度。相反地,第一子层 174 的第一交换能量小于第二子层 176 的第二交换能量。期望交换能量至少等于 $0.3 \text{ 尔格/厘米}^2 (\text{erg/cm}^2)$ 。在一些这样的实施例中,交换能量至少等于 0.4 erg/cm^2 。例如,在一些实施例中,第一子层 174 包括 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$, 并且第二子层 176 包括 $\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y$, 其中 x 大于 0 且不大于 0.15, 而 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。在一些这样的实施例中, x 至少等于 0.05, 并且 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。第一子层 174 和第二子层 176 还可包括不同的成分。例如,第一子层可包括 $\text{Co}_{1-v-w}\text{Fe}_v\text{B}_w$, 其中 v 大于 0, w 大于 0, 并且 $v+w$ 小于 1。在这样的实施例中,第二子层 176 可包括上面所述的 $\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y$ 。

[0018] 除了配置 T_{BD} 和交换能量,还可选择子层 174 和 176 的厚度。在一些实施例中,第一子层 174 具有至少等于 3 埃且不大于 20 埃的厚度。同样地,第二子层 176 具有至少等于 3 埃且不大于 20 埃的厚度。在一些实施例中,第一子层 174 和第二子层具有相同的厚度。然而,在其它实施例中,它们的厚度是不同的。例如,第二子层 176 可能比第一子层 174 更厚。在一些实施例中,例如,第一子层 174 可能具有至少等于 3 埃且不大于 7 埃的厚度,而第二子层 176 具有至少等于 8 埃且不大于 12 埃的厚度。

[0019] 除了上面所述的特性,期望被钉扎层 172 具有低散射。散射是对在磁性层的磁化方向周围磁性层中的颗粒的磁矩扩散的度量。低散射指示层中的磁矩与层的净磁化更严格地一致。因此,除了上面所述的 T_{BD} 和交换能量,期望子层 174 和 176 提供具有尽可能低散射的被钉扎层 172。

[0020] 使用包括 SAF 170 的被钉扎层 172 的磁结构 130 可改进变换器 110 的性能。因为子层 174 和 176 中的每一个被选择以具有上述 T_{BD} 和交换能量,因此被钉扎层 172 可具有更高的交换能量和更高的 T_{BD} 的期望组合。进一步地,子层 174 和 176 可被配置以使被钉扎层

172 具有比可能可利用的散射更低的散射。因此,钉扎层 160 可能能够更好地对被钉扎层 172 的磁化进行钉扎。因此,可使被钉扎层 172 的磁化更稳定。参考层 182 被磁性耦合于被钉扎层 172。因此,参考层 182 的磁化也可更稳定。已经确定,上面所述的 BLP 和 BLN 可能至少部分地由于 SAF 170 中的磁不稳定性引起。被钉扎层 172 的改进的钉扎并且因此参考层 182 的改进钉扎可减小 SAF 170 中的磁起伏。SAF 170 中的稳定性的改进可减小 BLP 和 BLN。改进的稳定性也可使磁结构 170 抵制在制造时或在驱动中使用时的应力的更强鲁棒性。此外,当在头 100 中使用磁结构 130 时,磁结构 130 可导致改进的滚降场。因此,磁结构 130 和头 100 的性能、可靠性和产量或收益 (yield) 可被提高。

[0021] 图 4 示出了包括磁结构 130' 的示例性实施例的变换器 110' 的一部分的另一个示例性实施例。变换器 110' 的各部分与图 2 至图 3 中所示的头 100 和结构 130 的那些部分相似。这样的相似结构被相似地标出。因此,磁结构 130' 包括分别与钉扎层 160、SAF 170、非磁性层 190 和传感器层 192 相似的钉扎层 160'、SAF 170'、非磁性层 190' 和传感器层 192'。在所示的实施例中,其它组件可作为磁结构 130' 的一部分被包括。例如,磁结构 130' 还包括一个或多个种子层 162 以及一个或多个覆盖层 196。因此,磁结构 130' 可被用作磁头 100 的读取传感器。然而,在其它实施例中,磁结构 130' 可被用于其它目的。进一步地,磁结构 130' 在 CPP 结构中被示出,并且因此被连接于位于基底 111 上的护罩 112' 和 122'。然而,在另一个实施例中,在磁结构 130' 与护罩 112' 和 / 或 122' 之间可能存在空隙。结构 130' 也以特定层的情况被描述。然而,在一些实施例中,这样的层可包括一个或多个子层。为了清晰,图 4 未按比例绘制。

[0022] SAF 170' 与 SAF 170 相似。因此,SAF 170' 包括子层 174' 和 176'。在图 4 所示的实施例中,存在额外子层 178。在其它实施例中,可提供其它子层(未在图 4 中示出)。第一子层 174' 具有第一 T_{BD} 和第一交换能量。第二子层 176' 具有第二 T_{BD} 和第二交换能量。第三子层 178 具有第三 T_{BD} 和第三交换能量。

[0023] 子层 174'、176' 和 178 被配置以使第一子层 174' 的第一 T_{BD} 大于第二子层 176' 的第二 T_{BD} 。在一些实施例中,第三子层 178 被配置以使第三 T_{BD} 大于第二 T_{BD} 。在一些实施例中,子层 174'、176' 和 178 也被配置以使第一 T_{BD} 、第二 T_{BD} 和第三 T_{BD} 大于或等于 270 摄氏度。相反地,第一子层 174' 的第一交换能量小于第二子层 176' 的第二交换能量。在一些实施例中,第三子层 178 被配置以使第三交换能量小于第二交换能量。期望交换能量至少等于 0.3 erg/cm^2 。在一些这样的实施例中,交换能量至少等于 0.4 erg/cm^2 。在一些实施例中,第三子层 178 被配置以具有与第一子层 174' 基本上相等的 T_{BD} 和交换能量。然而,在其它实施例中,第三子层 178 可具有与第一子层 174' 不同的 T_{BD} 和 / 或交换能量。

[0024] 例如,在一些实施例中,第一子层 174' 和第三子层 178 中的每一个包括 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ 。在这样的实施例中,第二子层 176' 可包括 $\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y$, 其中 x 大于 0 且不大于 0.15, 并且 y 不小于 0.2 且不大于 0.5。在一些这样的实施例中, x 至少等于 0.05, 并且 y 至少等于 0.25 且不大于 0.35。第一子层 174'、第二子层 176' 和第三子层 178 也可包括不同成分。例如,第一子层 174' 可包括 $\text{Co}_{1-v-w}\text{Fe}_v\text{B}_w$, 其中 v 大于 0, w 大于 0, 并且 $v+w$ 小于 1。如上所述,在这样的实施例中,第二子层 176 可包括 $\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y$, 并且第三子层 178 可包括 $\text{Co}_{1-v-w}\text{Fe}_v\text{B}_w$ 和 / 或 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ 。

[0025] 除了配置 T_{BD} 和交换能量,还可选择子层 174'、176' 和 178 的厚度。在一些实施例

中,第一子层 174' 具有至少等于 3 埃且不大于 20 埃的厚度。同样地,第二子层 176' 可具有至少等于 3 埃且不大于 20 埃的厚度。第三层 178 的厚度可大于 0 埃且不大于 10 埃。在一些实施例中,第一子层 174'、第二子层 176' 和第三子层 178 具有相同的厚度。然而,在其它实施例中,它们的厚度是不同的。例如,第二子层 176' 可能比第一子层 174' 和第三子层 178 更厚。在这样的实施例中,第一子层 174' 和第三子层 178 可能具有相同的厚度或者可能不具有相同的厚度。在一些实施例中,例如,第一子层 174' 和第三子层 178 中的每一个可具有至少等于 3 埃且不大于 7 埃的厚度,而第二子层 176' 具有至少等于 8 埃且不大于 12 埃的厚度。

[0026] 除了上面所述的特征,期望被钉扎层 172' 具有低散射。因此,除了上面所述的 T_{BD} 和交换能量,期望子层 174'、176' 和 178 提供具有尽量低散射的被钉扎层 172'。

[0027] 使用包括 SAF 170' 的被钉扎层 172' 的磁结构 130' 可改进变换器 110' 的性能。变换器 110' 和磁结构 130' 可具有上面关于变换器 110 和磁结构 130 所描述的益处。此外,使用第三子层 178 可改进磁结构 130' 的不对称性。

[0028] 图 5 示出了包括磁结构 130" 的示例性实施例的变换器 110" 的一部分的另一个示例性实施例。变换器 110" 的各部分与图 2 至图 4 中示出的头 100、变换器 110/110' 和结构 130' 的各部分相似。这样的相似结构被相似地标注。因此,磁结构 130" 包括分别与钉扎层 160/160'、SAF170/170'、非磁性层 190/190' 和传感器层 192/192' 相似的钉扎层 160"、SAF 170"、非磁性层 190" 和传感器层 192"。在所示的实施例中,其它组件可作为磁结构 130" 的一部分被包括。例如,磁结构 130" 还包括一个或多个种子层 162' 以及一个或多个覆盖层 196'。因此,磁结构 130" 可被用作磁头 100 的读取传感器。然而,在其它实施例中,磁结构 130" 可被用于其它目的。进一步地,磁结构 130" 在 CPP 结构中被示出,并且因此被连接于位于基底 111' 上的护罩 112" 和 122"。然而,在另一个实施例中,在磁结构 130" 与护罩 112" 和或 122" 之间可能存在空隙。结构 130" 也以特定层的情况被描述。然而,在一些实施例中,这样的层可包括一个或多个子层。为了清晰,图 5 未按比例绘制。

[0029] SAF 170" 与 SAF 170/170' 相似。因此,SAF 170" 包括子层 174"、176" 和 178'。子层 174"、176" 和 178' 的 T_{BD} 与交换能量之间的关系可与子层 174/174'、176/176' 和 178 的 T_{BD} 与交换能量之间的关系相同。此外,SAF 170" 包括第四子层 179。第四子层 179 包括第四 T_{BD} 和第四交换能量。在一些实施例中,第四 T_{BD} 小于第一 T_{BD} 和第三 T_{BD} 。第四交换能量大于第一交换能量和第三交换能量。因此,第四层 179 可与第二子层 176" 相似。因此,可认为被钉扎层 172" 包括两个双层。第一双层包括第一子层 174" 和第二子层 176"。第二双层包括第三子层 178' 和第四子层 179。子层 174"、176" 和 178' 具有与子层 174/174'、176/176' 和 178 的成分相似的成分。此外,第四子层 179 可包括 $Co_{1-u}Fe_u$, 其中 u 不小于 0.2 且不大于 0.5。在一些这样的实施例中, u 至少等于 0.25 且不大于 0.35。

[0030] 除了配置 T_{BD} 、交换能量和成分,子层 174"、176"、178' 和 179 的厚度也可被选择。子层 174"、176" 和 178' 具有与 174/174'、176/176' 和 178 的厚度相似的厚度。除了上面所述的特征,期望被钉扎层 172" 具有低散射。因此,除了上面所述的 T_{BD} 和交换能量,期望子层 174"、176"、178' 和 179 提供具有尽量低散射的被钉扎层 172"。

[0031] 使用包括 SAF 170" 的被钉扎层 172" 的磁结构 130" 可改进变换器 110" 的性能。变换器 110" 和磁结构 130" 可具有上面关于变换器 110/110' 和磁结构 130/130' 描述的益

处。

[0032] 图6示出了用于形成包括磁结构的示例性实施例的变换器的一部分的方法300的示例性实施例。为了清晰,一些步骤被省略和/或组合。方法300是以变换器110/110'/110"的情况被描述的。然而,方法300可被用于其它变换器。方法300也可在形成读取变换器和/或写入变换器的其它结构以后开始。方法300也以提供单个磁结构130/130'/130"的情况被描述。然而,方法300可被用于基本上同时制造多个结构。方法300和如变换器110/110'/110"的结构也以特定层的情况被描述。然而,在一些实施例中,这样的层可包括一个或多个子层。方法300在提供钉扎层160/160'/160"以后开始。

[0033] 通过步骤302,用于第一子层174/174'/174"的一种或多种材料被提供在钉扎层160/160'/160"上。通过步骤304,用于第二子层176/176'/176"的一种或多种材料被沉积在第一被钉扎层174/174'/174"上。通过步骤306,用于如子层178/178'和179等任意额外子层的一种或多种材料被提供。因此,在步骤302、304和306中,用于钉扎层172/172'/172"的材料被提供。通过步骤308,用于非磁性分隔层180/180'/180"的一种或多种材料被提供。通过步骤310,参考层182/182'/182"的一种或多种材料被提供。因此,在步骤302、304、306、308和310中,用于SAF 170/170'/170"的材料被提供。通过步骤312,用于非磁性层190/190'/190"的一种或多种材料被提供。通过步骤314,用于传感器层192/192'/192"的材料被沉积。此外,覆盖层的一种或多种材料也可被提供。

[0034] 因此,通过步骤302至步骤314,提供了用于磁结构130/130'/130"的堆。通过步骤316,磁结构130被定义。步骤316可包括提供堆的掩模(mask)和铣削暴露(milling exposed)部分。通过步骤318,可完成变换器110/110'/110"的制造。因此,通过使用方法300,可实现变换器110、110'和110"的益处。

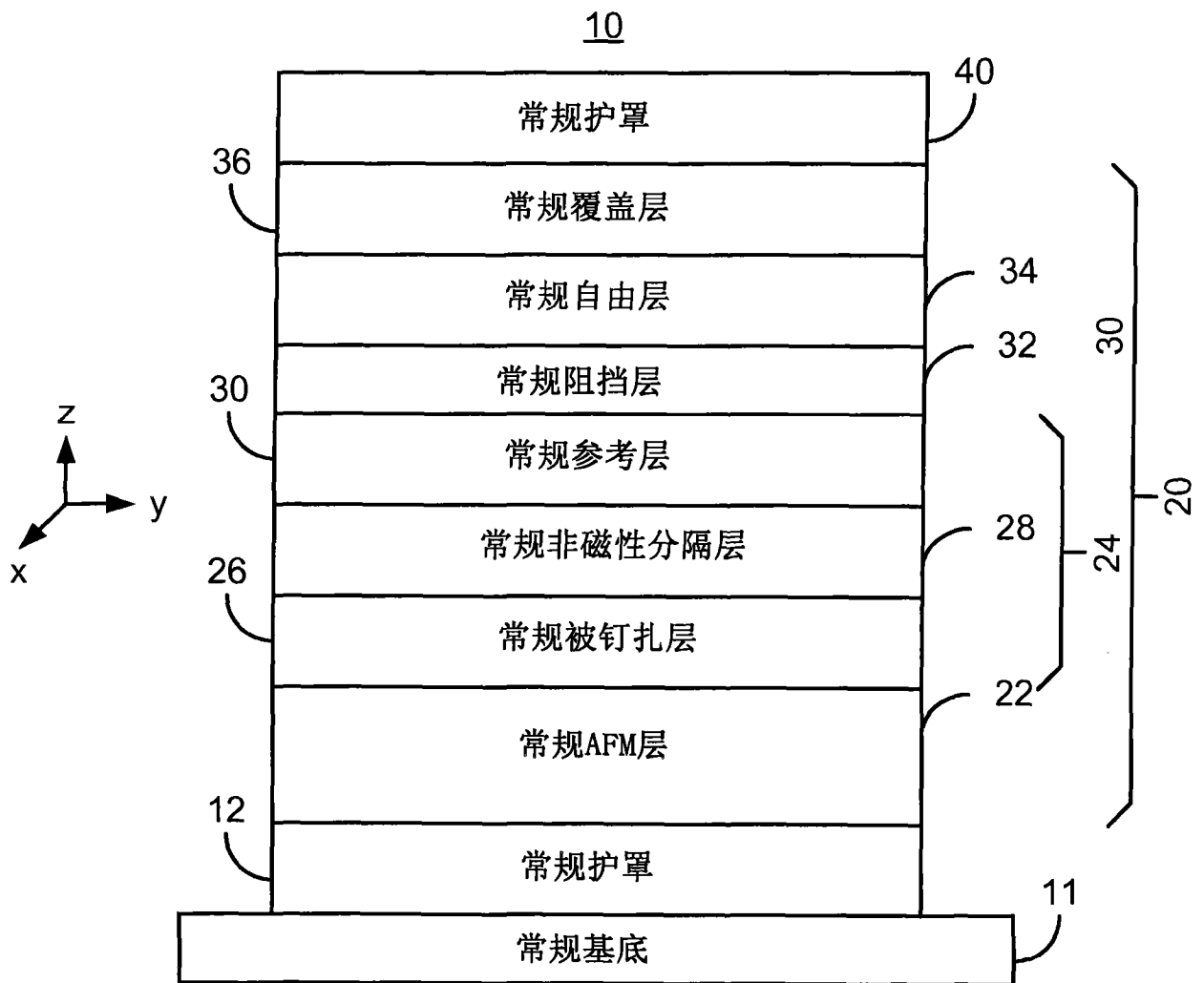


图1(现有技术)

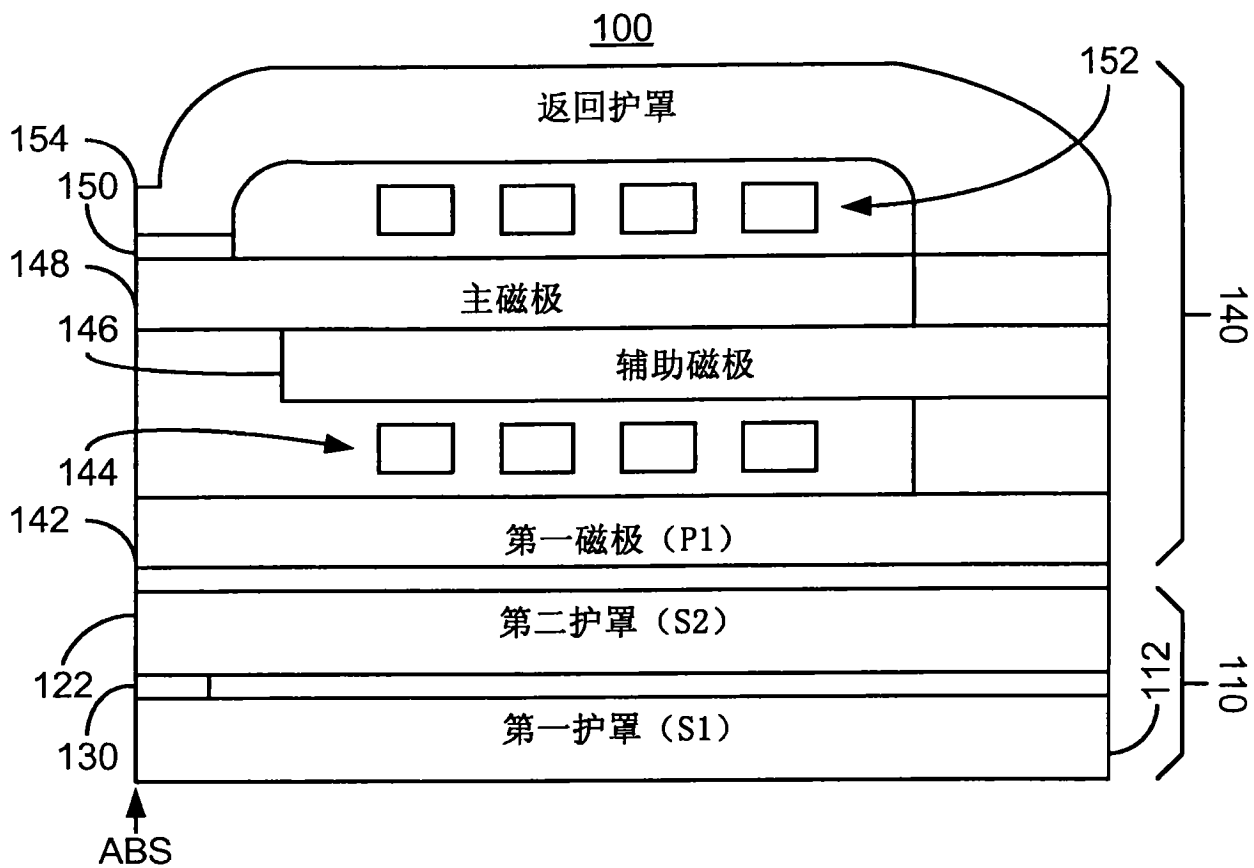


图 2

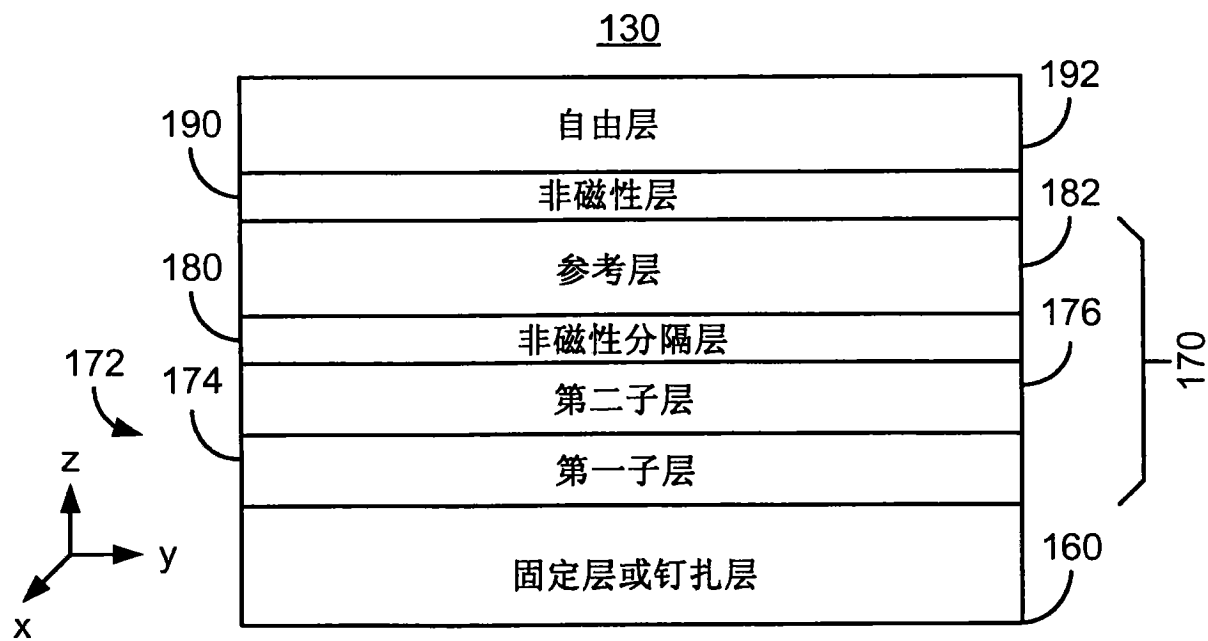


图 3

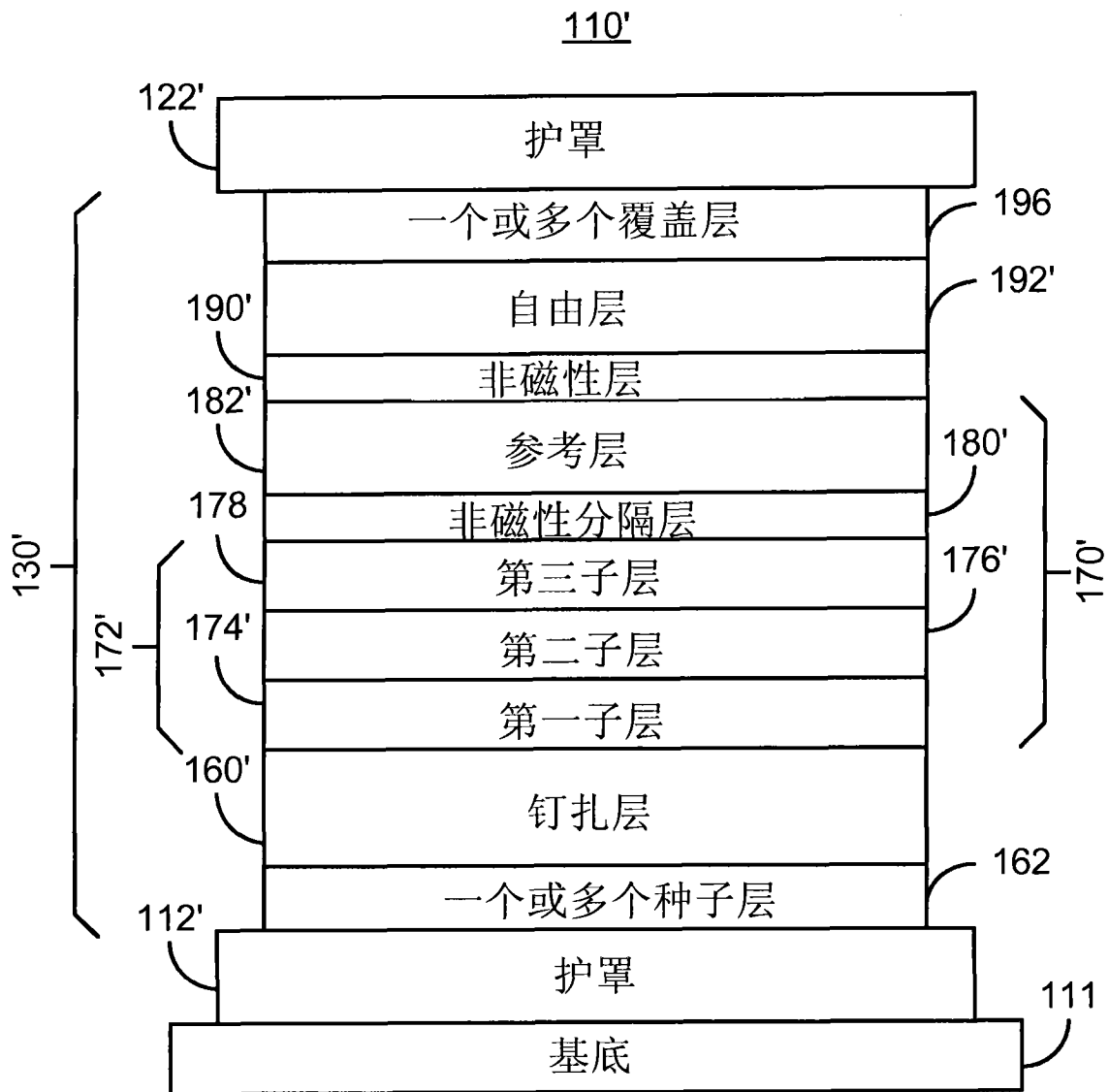


图 4

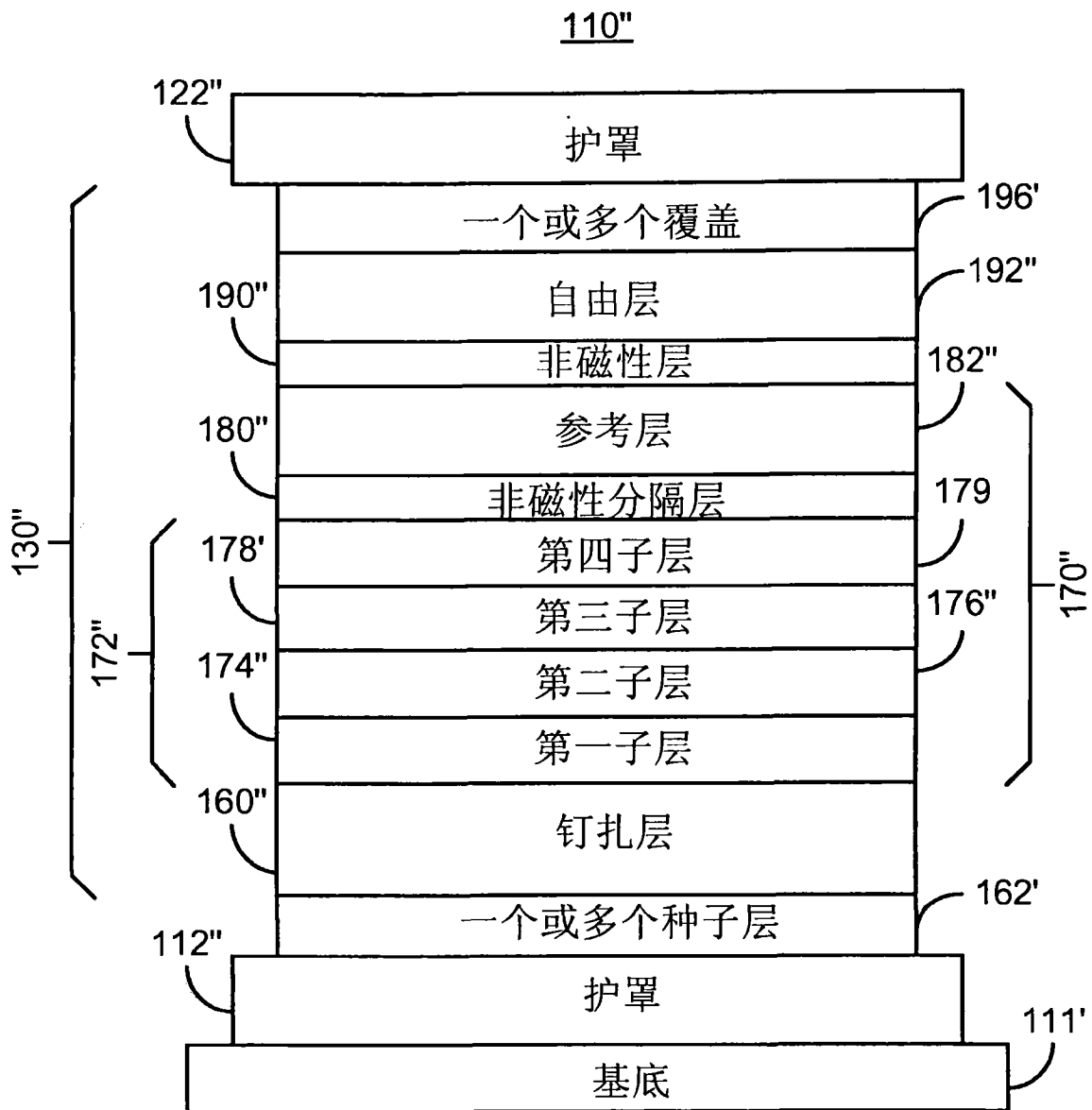


图 5

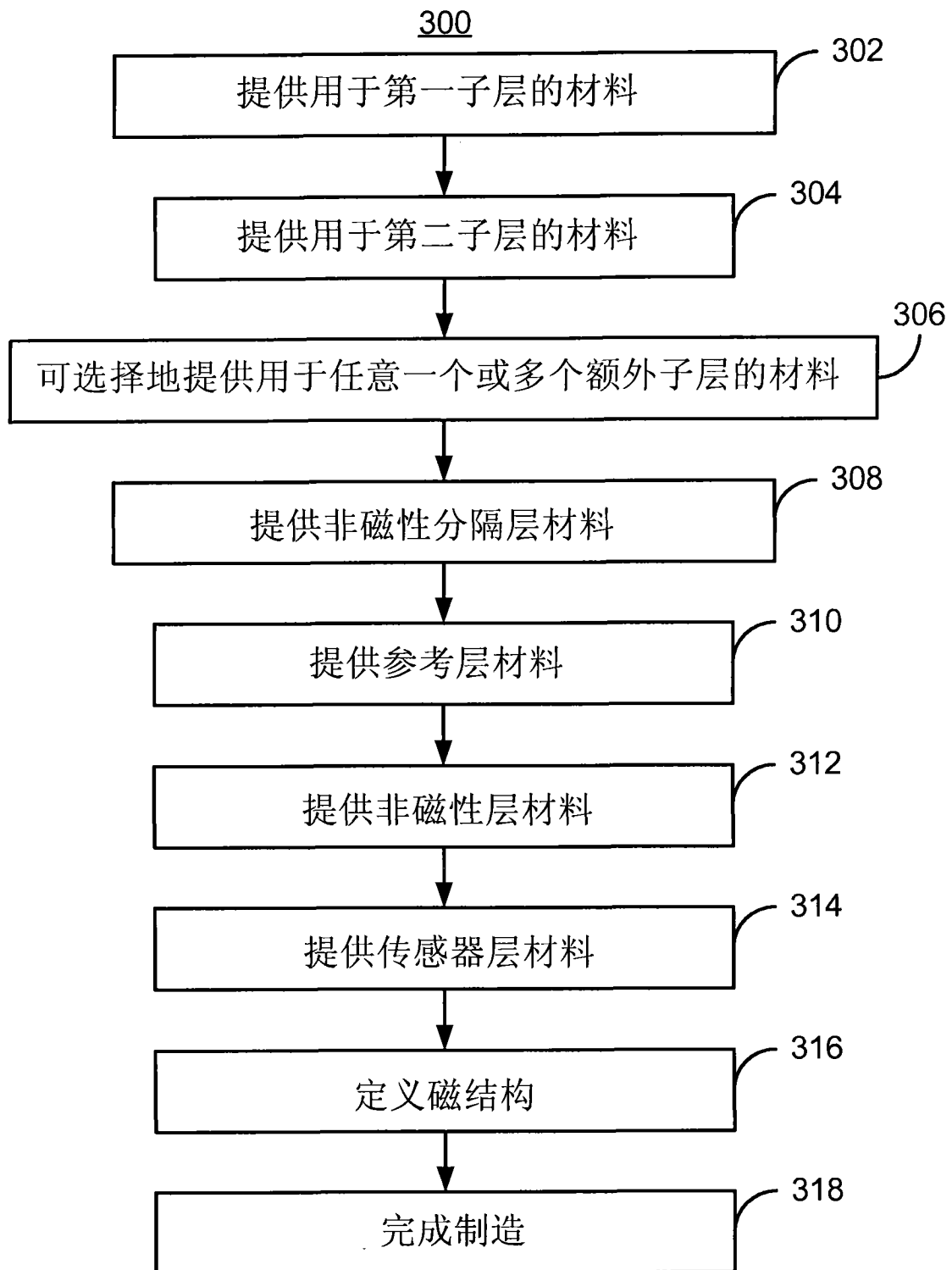


图 6