



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103854673 B

(45)授权公告日 2017.06.30

(21)申请号 201310629462.5

(22)申请日 2013.11.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103854673 A

(43)申请公布日 2014.06.11

(30)优先权数据

13/690,532 2012.11.30 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 V·K·三咖 M·W·科温顿

(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 5/66(2006.01)

G11B 5/84(2006.01)

(56)对比文件

US 2008204942 A1,2008.08.28,

US 2008204942 A1,2008.08.28,

US 2012128870 A1,2012.05.24,

CN 102298932 A,2011.12.28,

US 2008253039 A1,2008.10.16,

US 2012164484 A1,2012.06.28,

CN 102203971 A,2011.09.28,

US 2008232002 A1,2008.09.25,

审查员 李珊珊

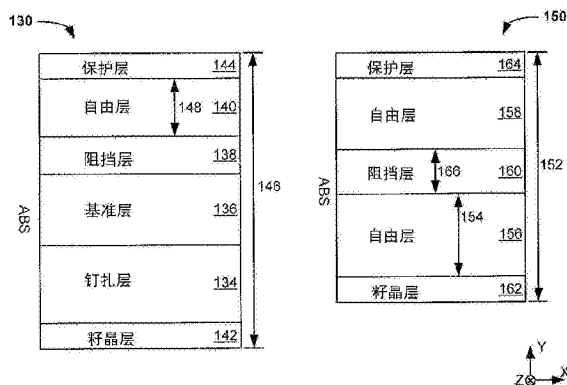
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

包括磁性叠层的装置、磁性元件及其制造方法

(57)摘要

本申请公开了低阻面积磁性叠层。一种基本被配置有磁性叠层的磁性元件,该磁性叠层具有设置在第一和第二铁磁层之间的多层阻挡结构。该多层阻挡结构可具有设置在第一和第二合金层之间的二元化合物层,所述二元化合物具有金属元素和第二元素,其中至少一个合金层具有该金属元素以及与第二元素不同的第三元素。



1. 一种包括磁性叠层的装置,所述磁性叠层具有设置在第一和第二铁磁层之间的多层阻挡结构,所述多层阻挡结构具有设置在第一和第二合金层之间的二元化合物层,所述二元化合物具有金属元素和第二元素,至少一个合金层具有所述金属元素和第三元素,所述第三元素是从下组中选取的:Ba、Sr和Li。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述金属元素包括镁。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二元素包括氧。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二元素包括钽。

5. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二元素包括锂。

6. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二元素包括铯。

7. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述磁性叠层包括三层堆叠,所述三层堆叠具有无固定基准磁化的第一和第二磁性自由层。

8. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述磁性叠层包括具有固定磁化基准结构的毗邻结堆叠,从磁性自由层起与所述多层阻挡结构相对。

9. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,每个合金层被设置在所述第一和第二铁磁层之一和所述二元化合物层之间。

10. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一和第二合金层具有相同的材料组成。

11. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述二元化合物层和至少一个合金层具有共同的厚度。

12. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述二元化合物层和至少一个合金层各自具有不同的厚度。

13. 如权利要求9所述的装置,其特征在于,所述第一和第二合金层具有不同的材料组成。

14. 一种磁性元件,包括:

磁性叠层,所述磁性叠层具有设置在第一和第二铁磁层之间和设置在第一和第二纯金属层之间的多层阻挡结构,所述多层阻挡结构具有设置在第一和第二合金层之间的二元化合物层,所述二元化合物包括MgO,每个合金层包括MgX,其中X是从下组中选取的:Ba、Sr和Li。

15. 如权利要求14所述的磁性元件,其特征在于,每个纯金属层包括所述二元化合物的金属元素。

16. 如权利要求14所述的磁性元件,其特征在于,所述二元化合物层包括MgX,其中X是从下组中选取的:Ba、Sr和Li,每个合金层是MgO,并且每个纯金属层为Mg。

17. 一种用于制造磁性元件的方法,包括:

用至少一个铁磁层构造磁性叠层的下部电极部分;

在所述下部电极部分顶上形成多层阻挡结构,所述多层阻挡结构具有设置在第一和第二合金层之间的二元化合物层,所述二元化合物包括金属元素和第二元素,至少一个合金层具有所述金属元素和第三元素,所述第三元素是从下组中选取的:Ba、Sr和Li;以及

在所述多层阻挡结构顶上用至少一个铁磁层沉积所述磁性叠层的顶部电极部分。

18. 如权利要求17所述的方法,其特征在于,还包括在沉积步骤之前将所述磁性叠层冷

却至深冷温度以调节所述多层阻挡结构。

19. 如权利要求17所述的方法,其特征在于,还包括在沉积步骤之前将所述磁性叠层加热至升高的温度以调节所述多层阻挡结构。

包括磁性叠层的装置、磁性元件及其制造方法

发明内容

[0001] 各个实施例大体涉及能够在高面密度、减小的形状因数数据存储环境中读取数据位的磁性元件。

[0002] 根据各实施例,磁性数据读取器可大体配置有至少一个磁性叠层,该至少一个磁性叠层具有设置在第一和第二铁磁层之间的多层阻挡结构。多层阻挡结构可具有设置在第一和第二合金层之间的二元化合物层,所述二元化合物具有金属元素和第二元素,其中至少一个合金层具有该金属元素以及与第二元素不同的第三元素。

附图说明

[0003] 图1是根据一些实施例配置和工作的数据存储设备的示例性部分的框图。

[0004] 图2A和2B分别示出能用于图1的数据存储元件的示例性磁性元件的磁性叠层部分。

[0005] 图3示出根据各实施例构造的示例性磁性叠层的一部分。

[0006] 图4示出根据一些实施例构造的示例性磁性叠层的一部分。

[0007] 图5给出根据各实施例实现的示例性磁性元件制造例程的流程图。

具体实施方式

[0008] 随着现代电子器件在要求更多数据存储容量和更快数据存取速度的同时物理尺寸不断减小,各种数据换能组件的可扩展性已接近可靠性的边缘地受到威胁。与更紧数据磁道对应的数据位密度增加强调了磁性元件的阻抗-面积积以快速和精确地感测数据位。对于数据读取器的减小物理尺寸和阻抗-面积积的组合会被微小材料缺陷主宰,微小材料缺陷会导致磁阻比不可靠。因此,对减小形状因数数据存储设备的阻抗-面积积进行优化是持续的产业话题。

[0009] 因此,各实施例可大体针对一种磁性叠层,该磁性叠层具有设置在第一和第二铁磁层之间的多层阻挡结构,该多层阻挡结构具有:设置在第一和第二合金层之间的二元化合物层,该二元化合物具有金属元素和第二元素,而至少一个合金层具有金属元素以及与第二元素不同的第三元素。用不同的化合物调谐和优化多层阻挡结构的能力能减少磁性叠层的有效阻挡结构高度并降低给定阻挡结构厚度的阻抗-面积。经优化的多层阻挡结构可进一步降低总阻挡结构厚度以允许使用更强健的阻挡结构材料来获得预定的阻抗-面积值。

[0010] 尽管可在无限制的多种数据存储环境中实现调谐的阻挡结构,但是图1一般地例示了可根据各个实施例利用调谐的磁性元件的示例性数据存储设备100环境的俯视框图表示。数据存储装置100是在非限制性配置中示出的,其中致动组件102能将换能头104定位在磁性存储介质106上的各个位置上,在该磁性存储介质上,所存储的数据比特108被定位在预定数据磁道110上,该磁性存储介质被配置成具有宽度112和相应的面密度,该宽度112和相应的面密度确定介质106的存储容量。存储介质106的移动可通过对一个或多个主轴马达

114的附连来助益,该一个或多个主轴马达112在使用期间旋转以产生空气承载表面(ABS),在其上面,致动组件102的滑块部分116飞行,以将包括换能头104的头万向架组件(HGA)118定位在介质106的预定部分之上。

[0011] 换能头104可被配置成具有一个或多个换能元件,如磁性写入器、磁性响应性读取器和磁性屏蔽,它们操作以分别对存储介质106的所选数据磁道110进行编程和读取数据。由此,致动组件102的受控运动对应于换能器与存储介质表面上所定义的磁道110的对准,以写入、读取,以及重写数据。随着数据位108更稠密地定位在具有更小径向宽度112的数据磁道110中,头104必须以可靠的精确度响应更小的磁通信号,当头104组件的物理尺寸减小尤其是当存在材料缺陷时,这是成问题的。

[0012] 应当注意,术语“叠层”在本公开中是非限制性术语,它可以是一个或多个垂直和水平对准的层,由能进行磁性读出和写入的磁性材料和非磁性材料构成。在本申请中,术语“叠层”将被理解一种组件,该组件被构造成在任何工作环境下响应于外部数据位以提供对外部数据位的访问。例如但不作为任何限制,磁性叠层可以是可在多个数据位之间作出区别的数据读取或写入配置。

[0013] 图2A和2B分别示出能用于图1的数据存储设备100的磁性叠层130、150。如图2A所示,磁性叠层130被构造有固定磁化钉扎层134,该固定磁化钉扎层134接触固定磁化基准层136,从磁性自由层140开始与非磁性阻挡层138相对。由于在基准层136由于与钉扎层134交换耦合而维持固定磁化的同时自由层140对外部数据位作出响应,外部数据位可被读取作为逻辑状态。尽管不提供固定或自由的磁化,但籽晶层142和保护层144在各实施例中可被定位在叠层130的单侧或相对两侧。

[0014] 毗邻结磁性叠层130的构造可具有屏蔽-屏蔽间距146和自由层厚度148,它们确定叠层130的磁性范围以及可能的数据磁道分辨率。然而,基准层136和钉扎层134的引入可对应于较小的自由层厚度148、高的阻抗-面积以及自由层140和基准层136之间的减小的磁阻比。考虑到这些问题,可使用三层叠层150读取数据位,该三层叠层150相比毗邻结叠层130具有减小的屏蔽-屏蔽间距152和更厚的自由层厚度154。

[0015] 在工作中,三层叠层150具有第一磁性自由层156和第二磁性自由层158,这两个自由层156、158由阻挡层160分隔并通过在三层叠层150外部的偏置结构被设置在默认的磁化。任何固定磁化结构从叠层150至别处的再布置相比具有毗邻结叠层130的固定磁化实现减小的物理尺寸152。即使三层叠层150可以更小并具有更厚的自由层156、158,相应叠层130、150的阻挡层138、160在提供充足的磁阻比和能够准确地感测到稠密填充的数据位的阻抗-面积时仍具有困难。

[0016] 对于磁性叠层130、150两者的问题的一部分是有效阻挡结构高度,更具体地是从自由层140、158跨过阻挡层138、160直至基准层136和自由层156或沿相反路径的隧道电子所经历的静电电位。也就是说,单种材料组成和结果产生的阻挡层138、160的电子能带结构可确定有效阻挡结构高度并因此确定叠层130、150的阻抗-面积和隧道磁阻比,不管自由层148、154的尺寸如何。

[0017] 图3示出用多层阻挡结构182调谐的示例性磁性叠层180的一部分,该多层阻挡结构182根据各实施例可通过优化有效阻挡结构高度提供预定的阻抗-面积和磁阻比。由于在例如图2A和图2B的毗邻结和三层叠层的多种非限定性数据感测堆叠中可利用多层阻挡结

构182,因此铁磁层184、186像书挡那样挡住阻挡结构182以总体地提供空间背景。

[0018] 通过将二元化合物层188设置在第一合金层190和第二合金层192之间并与它们接触,来构造多层阻挡结构182。各实施例将二元化合物配置成与不同材料组合的碱土金属以提供例如体心立方的预定晶格结构以及预定功函,该预定功函确定由隧道电子遇到的静电阻抗结构高度。

[0019] 在第一非限定实施例中,二元化合物层包括氧化镁,氧化镁可提供高的信噪比和与检测电子器件的兼容性。尽管MgO的使用能提供比类似铜的纯非磁性阻挡层更优的结构和工作优势,然而将各自由金属材料合金构成的合金层190、192布置在二元化合物层188内(在二元化合物层188的相对两侧上)有助于促成预定的晶格结构和功函以降低铁磁层184、186之间的有效阻挡结构高度。

[0020] 在一些实施例中,可选择合金层190、192的材料组成以与二元化合物层188的金属材料(例如Mg)匹配,并与相比金属材料具有较低功函的第二材料组合。基于下面的等式1和各实施例的功函特性,合金层190、192可被调谐以降低有效阻挡结构高度。

$$[0021] \quad \varphi_{AB} = \varphi_A + \left(\frac{d_A}{d_A + d_B} \right) \left[\frac{\varphi_B - \varphi_A}{\varphi_A + \varphi_B - 6.9} \right] \quad \text{等式 1}$$

[0022] 在该等式中, φ_A 是具有较小功函特性的元素的功函, φ_B 是具有较大功函的元素,而 d_A 是共价键强度。尽管可使用任何元素来形成合金层190、192,等式1采用钡、锂和锶以预期与二元化合物层188中发现的碱土金属组合,因为这些元素具有比单独Mg更低的功函并容易形成二元合金。

[0023] 这三种预期元素当形成为具有较低的氧化物阻挡结构高度和晶体结构的氧化物时可额外提供比MgO更低的电子能带隙,这可减小二元化合物层188的有效能带隙。三种元素中的每一个的又一方面,硼能与每种元素键合而不是扩散入二元化合物层,这可提供减少跨阻挡结构182的铁磁耦合的手段。由此,各实施例利用MgBa、MgLi或MgSr形成阻挡结构182的合金层190、192,该合金层190、192具有相应厚度194、196,这些厚度194、196可与二元化合物层188的厚度198匹配以提供预定的阻抗-面积,也可以不那样。

[0024] 应当注意,由于第一合金层190可由MgBa构成而第二合金层192由MgSr构成,所以合金层190、192不需要具有匹配的材料组成。这种互异调谐能力允许准确的阻抗-面积和有效阻挡结构高度调谐,这种调谐能迎合很宽范围的数据存储环境。在二元化合物层188任一侧上的合金层190、192的布置和材料组成可提供减小的阻抗-面积,但可能遭受减小的磁阻比,因为合金层190、192至少部分地由于最小厚度(例如0.5-2Å)以及类似射频溅射的沉积手段可能不呈现预定的纹理和晶格结构。

[0025] 这些因素可能排斥在合金层190、192的相对两侧上添加纯金属层。图4示出具有多层阻挡结构212的示例性磁性叠层210的一部分,该多层阻挡结构212使用纯金属层214作为带纹理的籽晶和保护元素以确保合金层216和二元化合物层218的预定纹理和晶格匹配。纯金属层214的添加可以与统一地用于二元化合物层218和合金层216的碱土金属(即Mg)相似或不相似的材料的形式出现。然而,一些实施例统一地使用金属(例如Cu)作为纯金属层214以及合金层216和二元化合物层218的一部分。

[0026] 不管纯金属层214的厚度220和材料如何,铁磁层222和合金层216之间的层214的位置将金属材料布置在阻挡结构212和铁磁层222的界面处,以提供减小的阻抗-面积和大

的磁阻比。可连同合金层厚度224和二元化合物层厚度226一起地调整金属层厚度220,以提供铁磁层222之间的预定多层厚度。在一些实施例中,多层阻挡结构212的每个层具有基本相同的厚度,例如2Å,而在其它实施例中,纯金属层214和合金层216具有比二元化合物层218的厚度226更小的厚度220、224。

[0027] 调谐多层阻挡结构212相应材料和厚度的各层的能力能满足对电子隧道结的电阻-面积的优化。这种调谐可在任何时间发生并可遵循预定的制造例程。图5仅给出根据各实施例执行的这样一个磁性元件制造例程240。尽管不需要或不构成限制,下部电极材料一开始可在步骤242沉积并可包括至少例如磁屏蔽的铁磁层,并可进一步包括籽晶层。

[0028] 下部电极材料的形成使例程240进至选择如何配置磁性元件。步骤244对应于三层叠层堆叠的形成,其中顶部电极和底部电极是铁磁自由层而叠层不具有固定的磁化,而是具有类似在空气承载表面远端的侧屏蔽或偏置磁体的外部偏置结构。因此,步骤246在下部电极之上形成第一铁磁自由层。相反,在步骤248形成毗邻结叠层的选择进至步骤250而不是步骤246,以形成固定的基准结构,例如耦合至铁磁基准层的钉扎磁化层。

[0029] 由于磁性元件的下部是由步骤242和步骤246或250构造成的,判决252确定是否要插入纯金属层。如果纯金属层位于多层阻挡结构的铁磁层和合金层之间,则步骤254沉积具有预定材料(例如Mg)并具有预定厚度的第一纯金属层。不将纯金属层纳入磁性元件的选择或在沉积第一纯金属层结束时,例程240进至步骤256,步骤256形成带合金层的多层阻挡结构,例如MgX,其中X是Ba、Li或Sr,这些合金层接触二元化合物层(例如MgO)的相对两侧。

[0030] 通过多个非限定实施例,合金层由MgO形成,其或者被沉积为MgO或者经由Mg层的氧化而形成,Mg层可在氧存在时沉积或者可以不那样。任一技术的结果是MgO薄层,该MgO薄层能被调谐至预定的厚度和纹理以允许二元化合物层为MgBa、MgLi或MgSr并具有晶格配置、晶体结构以及与预定阻抗-面积对应的功函。如果从判断252中选择金属层,则在步骤256形成多层阻挡结构之后,步骤258沉积第二纯金属层。不管第二纯金属层是否被沉积,步骤260在多层阻挡结构顶上形成顶部电极材料,例如铁磁自由层、保护层和磁性屏蔽,以完成磁性元件。

[0031] 在步骤260沉积顶部电极材料之前,各实施例可通过经修正的温度处理来调节多层阻挡结构。也就是说,叠层可暴露至例如50K的深冷温度和/或暴露至升高的原处热温度以使多层阻挡结构的材料反应并提供预定的阻抗-面积、功函和有效阻挡结构高度。

[0032] 通过例程240的各个步骤和判决,可形成具有优化的阻挡结构的磁性元件,所述优化的阻挡结构通过各种材料和厚度被调谐。然而,例程240不限于图5提供的步骤和判决,因为可将无限多的进程添加至例程240并同时可随意地修正和删除任何已有的方面。例如,可在步骤260之前引入判决以确定是否在多层阻挡结构上执行加热/冷却处理。

[0033] 由于可被调谐和优化的众多磁性叠层特征,可形成具有减少的有效阻挡结构高度和阻抗-面积的磁性元件。对于合金层和二元化合物层的碱土金属组合的明智选择允许获得大磁阻比,即便阻挡结构具有减小的物理尺寸。此外,具有相同根金属元素的合金和二元化合物层的较低功函可得到更强健的隧道阻挡结构而不增加有效阻挡结构高度。另外,尽管各个实施例已涉及磁感测,但应当理解,所要求保护的发明可易于在任意数量的其他应用(包括数据存储设备应用)中使用。

[0034] 将理解,尽管在先前描述中连同各实施例的结构和功能的细节一起阐述了本公开

的各实施例的许多特性和优势,但是此详细描述仅仅是示例性的,并且可以在细节上作出修改,尤其在由表达所附权利要求的术语的宽泛的一般含义所指示的尽可能范围内在当前技术的原理内对部件的结果和布置的诸方面作出修改。例如,在不偏离本公开的精神和范围的情况下,特定元件可以随着特定应用而变化。

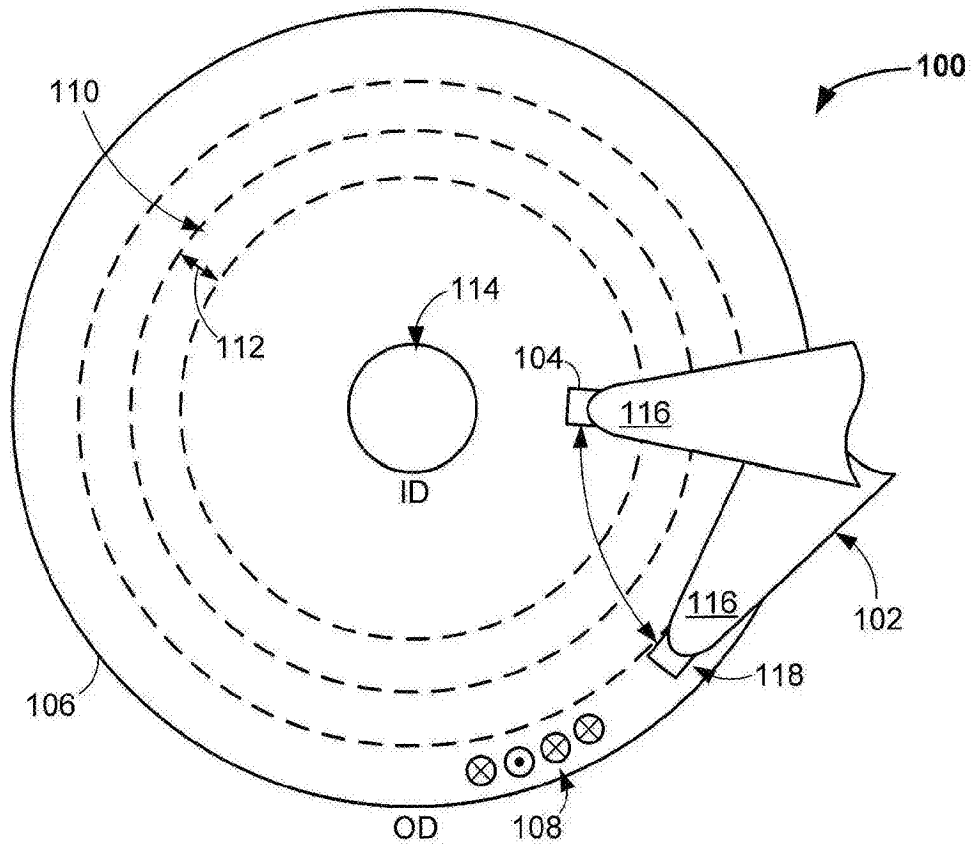


图1

130

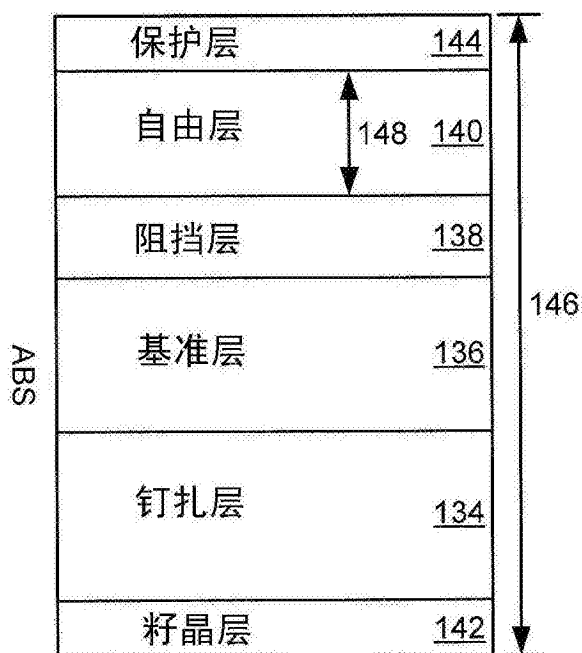


图2A

150

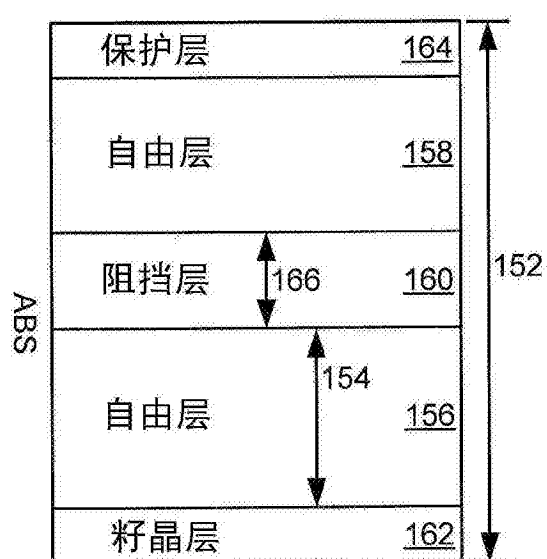
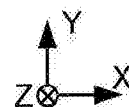


图2B



180

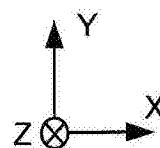
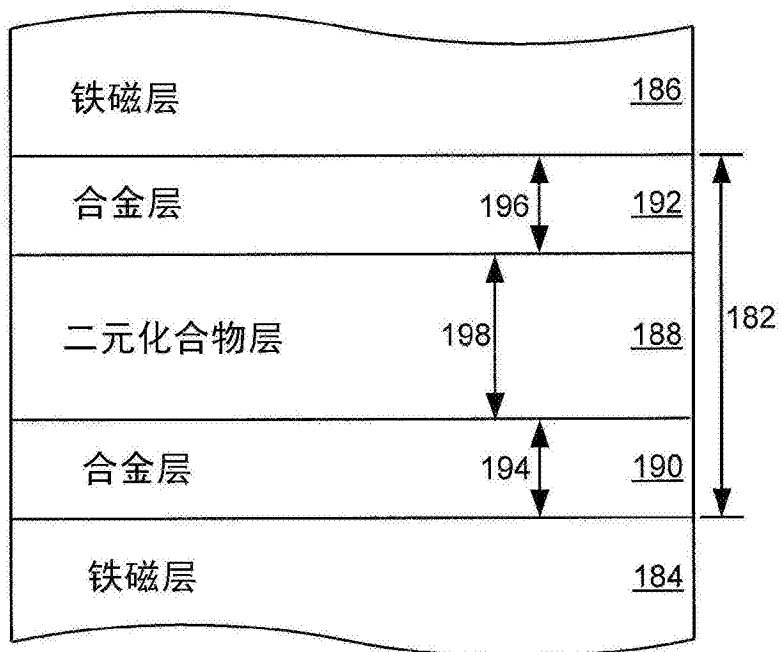


图3

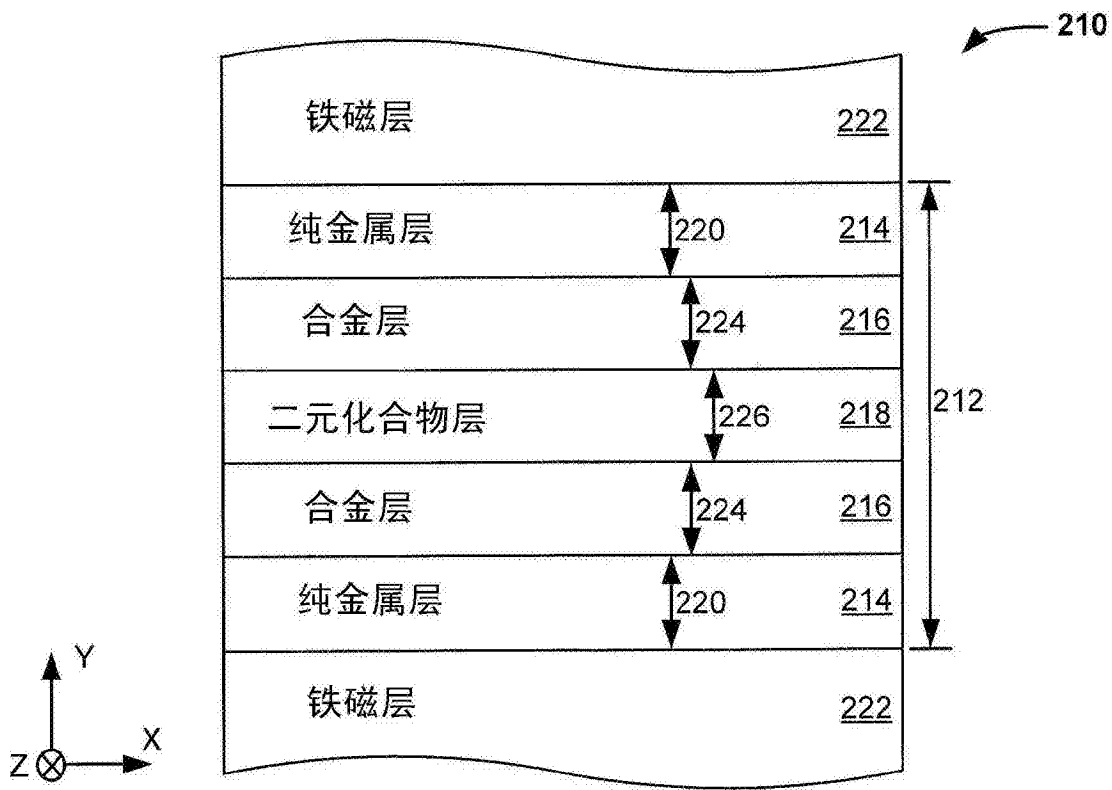


图4

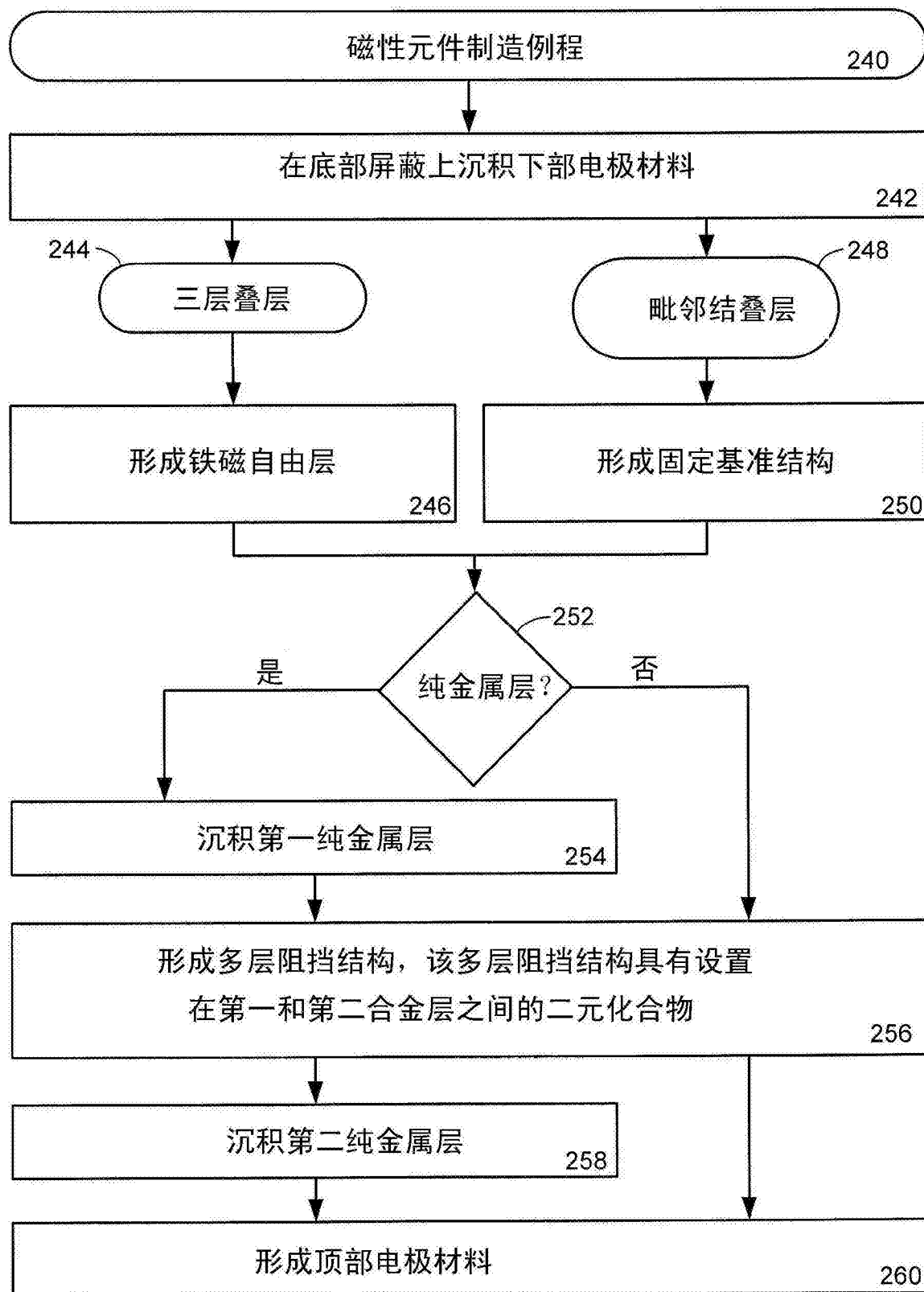


图5