



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104813402 B

(45)授权公告日 2017.10.31

(21)申请号 201380058513.1

(22)申请日 2013.11.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104813402 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(30)优先权数据

61/726,234 2012.11.14 US

13/800,362 2013.03.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.05.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/068436 2013.11.05

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/078124 EN 2014.05.22

(73)专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 罗曼·古科 史蒂文·韦尔韦贝克

亚历山大·康托斯

阿道夫·米勒·艾伦

凯文·莫雷斯

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 徐金国 赵静

(51)Int.Cl.

G11C 11/15(2006.01)

(56)对比文件

US 2011/0059235 A1, 2011.03.10,

US 2011/0059235 A1, 2011.03.10,

CN 102576548 A, 2012.07.11,

US 2011/0006034 A1, 2011.01.13,

US 2010/0232056 A1, 2010.09.16,

US 2007/0059878 A1, 2007.03.15,

CN 1538539 A, 2004.10.20,

审查员 李梦芸

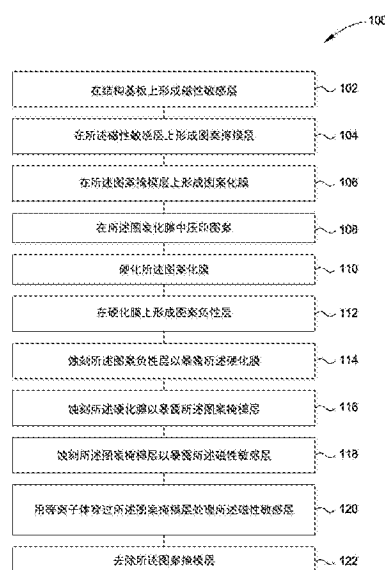
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

## (54)发明名称

用于HDD位元图案化介质图案转印的图案强化

## (57)摘要

描述了一种用于在基板上形成具有磁性图案的磁性层的方法和装置。所述方法包括使用金属氮化物硬模层来通过等离子体暴露图案化所述磁性层。所述金属氮化物层是使用纳米压印图案化工艺用氧化硅图案负性材料来图案化的。使用含卤素和氧的远程等离子体来使图案在金属氮化物中,并且在等离子体暴露之后使用腐蚀性的湿式剥离工艺去除所述图案。所有的处理都在低温下进行,以避免热损伤磁性材料。



1. 一种图案化基板的方法,所述方法包括:  
在所述基板的磁致激活表面上形成保护性层;  
用PVD工艺在小于约200℃的温度下在所述保护性层上形成金属氮化物膜;  
在所述金属氮化物膜上形成图案化膜;  
物理地压印所述图案化膜以形成图案;  
在所述图案化膜上形成图案负性层;  
去除所述图案负性层的一部分;  
去除所述图案化膜的一部分;  
图案化所述金属氮化物膜以形成用所述磁致激活表面的无保护畴分隔的所述磁致激活表面的受保护畴;  
通过用等离子体处理所述基板来改变所述磁致激活表面的所述无保护畴的磁特性;和  
去除所述金属氮化物膜以形成所述基板的具有磁特性图案的表面。
2. 如权利要求1所述的方法,还包括:在所述金属氮化物膜上形成含钨的保护性外涂层。
3. 一种图案化基板的方法,所述方法包括:  
在所述基板的磁致激活表面上形成保护性层;  
用PVD工艺在小于约200℃的温度下在所述保护性层上形成金属氮化物膜;  
在所述金属氮化物膜上形成保护性外涂层;  
在所述保护性外涂层上形成图案化掩模;  
物理地压印所述图案化掩模以形成图案;  
将所述图案转印到所述保护性外涂层;  
将所述图案转印到所述金属氮化物膜中,以形成用所述磁致激活表面的无保护畴分隔的所述磁致激活表面的受保护畴;  
去除所述图案化掩模;  
通过用等离子体处理所述基板来改变所述磁致激活表面的所述无保护畴的磁特性;和  
去除所述金属氮化物膜以形成所述基板的具有磁特性图案的表面。
4. 如权利要求1或3所述的方法,其中所述金属氮化物膜的所述金属包括选自由以下金属组成的群组的一或多种金属:钛、铝、钽和钨。
5. 如权利要求4所述的方法,其中所述金属氮化物膜是TiN膜。
6. 如权利要求1或3所述的方法,其中用等离子体处理所述基板的步骤包括将所述基板浸没在所述等离子体中。
7. 如权利要求3所述的方法,其中所述金属氮化物膜是氮化钛膜。
8. 如权利要求7所述的方法,其中转印所述图案到所述氮化钛膜中的步骤包括将所述基板暴露至远程等离子体。
9. 如权利要求8所述的方法,其中将所述基板暴露至所述远程等离子体的步骤包括过蚀刻所述基板。
10. 如权利要求7所述的方法,其中用等离子体处理所述基板的步骤包括将所述基板浸没在原位等离子体中并施加RF偏压至所述基板。
11. 如权利要求10所述的方法,其中去除所述氮化钛膜的步骤包括在约100℃以下的温

度下执行湿式剥离工艺,其中所述湿式剥离工艺包括施加TMAH和双氧水的水溶液到所述基板。

12. 如权利要求2或权利要求3所述的方法,其中所述保护性外涂层和所述金属氮化物膜是用湿式剥离工艺去除的。

## 用于HDD位元图案化介质图案转印的图案强化

### 技术领域

[0001] 本文描述的实施方式大体涉及用于制造磁性介质的方法和装置。更具体来说,本文描述的实施方式涉及用于在磁致激活表面中形成磁特性图案的方法和装置。

### 背景技术

[0002] 磁性介质是重要的信息存储装置,所述装置的突出实例是硬盘驱动器和磁性存储装置(比如MRAM)。磁性介质一般以具有可寻址的磁特性图案的表面为特征,所述磁特性图案使得能够实现所述表面的可检测性质的局部变化。通常,磁致激活材料的畴是由磁致失活材料的畴分隔的,以便一个畴的磁特性(比如残留磁性)可变得不同于相邻畴的磁特性。

[0003] 磁性介质的存储密度随时间推移不可阻挡地上升。当存储密度上升时,可寻址畴的尺寸减小,并且分隔畴发展成更小。这种趋势造成了维持分隔和畴的可寻址性的挑战。例如,当磁畴发展成更小且同时更靠近时,维持存在于所述畴中的磁场的可检测分隔变得更加困难。由于存储密度已经超过了1Tb/in<sup>2</sup>界限,已出现磁性表面的位元图案化作为进一步高密度化的有希望途径,但是这种途径的畴尺寸小于50nm,所以普通的图案化技术(比如光刻法)是无用的。

[0004] 目前使用纳米压印图案化来在磁致激活表面上形成小于50nm的特征结构。将可固化的掩模材料(通常是无定形碳材料)的膜施加到具有磁致激活表面的基板上。所述膜通常压印有图案并且随后被固化以形成图案化掩模,所述图案化掩模可具有小于10nm的特征结构。这样的图案化掩模为在磁致激活表面中产生磁特性图案的图案化操作形成了基础。

[0005] 硬模往往施加在磁致激活表面与图案化的掩模之间。所述硬模通过蚀穿所述图案化的掩模而被图案化,并且所述硬模提供了更加稳固的掩模材料,以用于在基板上产生磁性图案的后续工艺。在很多情况下,用来改变基板磁特性的工艺涉及等离子体注入,等离子体注入可剥蚀软掩模材料,从而改变在所述软掩模材料中形成的图案。相较于以上所述的图案化的掩模,所述硬模提供对等离子体环境更好的抵抗。

[0006] 然而,所述硬模并非完美的。对于非常小的特征结构,在例如等离子体注入图案化工艺期间观测到的无定形碳硬模的剥蚀足以致使小型畴的磁特性变得无法辨别。因此,存在对更好的图案化材料、工艺和装置的持续需要,以用于图案化磁性介质。

### 发明内容

[0007] 本文描述的实施方式公开了一种图案化基板的方法,所述方法包括:在基板的磁致激活表面上形成金属氮化物膜,图案化所述金属氮化物膜以形成被磁致激活表面的无保护的畴分隔的磁致激活表面的受保护畴,通过用等离子体处理所述基板来改变所述磁致激活表面的无保护畴的磁特性,以及去除所述金属氮化物膜以形成具有磁特性图案的基板表面。所述金属氮化物膜可为氮化钛、氮化铝、氮化钽、氮化钨或者以上各物质的任意组合,并且可以通过纳米压印工艺、使用对蚀刻所述金属氮化物层的化学品基本上惰性的图案负性材料(pattern negative material)来图案化。随后用腐蚀性的湿式剥离工艺去除所述金

属氮化物层。

[0008] 本文描述的实施方式还公开了用于在基板上形成具有磁特性图案的磁致激活层的装置,所述装置包括PVD腔室、物理图案化腔室、蚀刻腔室以及等离子体浸没腔室。所述装置可为群集工具或者线性构造,并且可包含真空和非真空处理。所述装置还可包括湿式剥离腔室或模块。

## 附图说明

[0009] 为了能详细理解本发明的上述特征,可通过参照实施方式获得上文简要概述的本发明的更具体的描述,一些实施方式图示于附图中。然而,应注意,附图仅图示本发明的典型实施方式,且因此不应被视为对本发明范围的限制,因为本发明可允许其他等同有效的实施方式。

[0010] 图1是流程图,概述根据一个实施方式的在基板中形成磁特性图案的方法。

[0011] 图2是根据一个实施方式的能够执行图1的全部或部分方法的装置的平面图。

[0012] 图3是根据另一实施方式的装置的平面图。

[0013] 图4是根据又另一实施方式的装置的平面图。

## 具体实施方式

[0014] 本发明人已经发现了用于在基板上形成磁特性图案的新型工艺,以及用于执行所述工艺的装置。在其上形成有磁性敏感层的结构基板涂覆有金属氮化物膜,所述金属氮化物膜被图案化以形成掩模。随后通过暴露至等离子体来处理基板,所述等离子体根据掩模的图案来改变所述磁性敏感层的磁特性。随后剥离掉所述掩模,留下带有具有磁特性图案的磁性敏感层的基板。

[0015] 图1是流程图,概述根据一个实施方式的方法100。所述方法100可用于形成具有磁特性图案的基板,所述磁特性图案由用具有第二磁特性值的第二多个畴分隔的具有第一磁特性值的第一多个畴组成,所述第二磁特性值可检测地 (detectably) 不同于所述第一值。所述第一多个畴和第二多个畴中的每一畴可具有小于约50nm的尺寸,所述尺寸比如在约1nm与约25nm之间,例如约10nm。所述磁特性可为矫顽磁性 (coercivity),以使得所述第一多个畴比所述第二多个畴更易被磁化。

[0016] 在102处,在结构基板上形成磁性敏感层。所述结构基板通常是几乎不具有磁活性或磁化率的基板,比如玻璃、塑料、陶瓷、非铁磁性金属或者以上物质的任意组合。实例包括玻璃-陶瓷复合物、金属合金、铝和聚碳酸酯。所述磁性敏感层通常是通过在所述基板上用气相沉积工艺沉积磁性敏感材料而形成的。所述磁性敏感材料可形成为多层,每一层具有相同或不同的组成。在一个实施方式中,在所述基板上形成第一层软磁材料,比如铁或铁/镍合金,以及在所述第一层上形成第二层磁性材料,比如钴/镍/铂合金。可用本领域已知的任何合适的方法形成这些层,所述方法比如物理气相沉积或溅射、化学气相沉积、等离子体增强化学气相沉积、旋涂、通过电化学或者无电手段进行镀覆及类似方法。所述磁性敏感层通常形成至小于约1 $\mu$ m的厚度,并且可形成至不超过将形成在所述基板上的特征结构尺寸的约两倍的厚度。例如,如果磁性图案将具有10nm的临界尺寸,那么所述磁性敏感层可形成为具有仅仅20nm的厚度。大部分实施方式中所述磁性敏感层的典型厚度是在约5nm与约

100nm之间。所形成的层通常具有均匀的磁特性,比如矫顽磁性。

[0017] 在104处,在所述磁性敏感层上形成图案掩模层。所述图案掩模层是用具有相当大的密度以在后续磁性图案化工艺期间抵抗离子穿透的材料形成的,所述掩模层能用不损伤下层的磁性敏感层的低温工艺移除,所述掩模层能承受蚀刻后清洁工艺而不损害图案清晰度,并且较好地粘附至在形成图案掩模层之前可形成在所述磁性敏感层上的任何保护性材料,以及较好地粘附至纳米压印抗蚀材料(比如碳)。可使用金属氮化物,比如氮化钛、氮化铝、氮化钽、氮化钨以及以上物质的组合。也可使用碳。

[0018] 所述图案掩模层可用任何便利的工艺形成,所述工艺可在不会实质上改变所述磁性敏感层的磁特性的温度下操作,所述温度比如小于约200℃,例如在约0℃与约150℃之间,比如约100℃。示例性工艺包括气相沉积工艺,比如CVD(化学气相沉积)和PVD(物理气相沉积),所述CVD可为等离子体增强的。如上所述的金属氮化物层或混合的金属氮化物层可具有从所述金属氮化物层的化学计量组成在约10%的范围内变化的组成。

[0019] 所述图案掩模层将最终充当掩模层以用于离子注入工艺,因此所述图案掩模层的厚度被选择成防止离子穿透所述层。当所述图案掩模层被图案化时,下层的磁性敏感层的部分通过未被覆盖或仅用图案掩模层的薄剩余部分覆盖而暴露,而所述下层的磁性敏感层的其他部分则用图案掩模层的厚覆盖物保护。所述图案掩模层的厚度通常为所述磁性敏感层中所需的注入深度的至少约50%,所述厚度例如在约2nm与约100nm之间,例如约10nm。

[0020] 如上所述,可在所述磁性敏感层和所述图案掩模层之间形成薄的保护性层,以减小在后续处理期间对所述磁性敏感层的任何损伤可能。所述保护性层通常是与图案掩模层的材料界面相容的材料,往往是碳,并且可为无定形碳或者结晶碳。往往使用具有在约2nm与约5nm之间的厚度的类金刚石碳层,并且所述类金刚石碳层可用汽相沉积(比如CVD或PVD)来沉积。

[0021] 在106处,在所述图案掩模层上形成可固化的或者可硬化的图案化膜。所述图案化膜通常是作为液体或者另外的柔性材料施加的,并且可用任何便利的方法沉积,所述方法包括旋涂、喷涂、浸没及类似方法。可固化膜的一实例是环氧树脂材料。可硬化的膜可为含碳的热塑性材料或热固性聚合物材料。所述图案化膜通常被形成至在约10nm与约100nm之间的厚度,所述厚度取决于将形成在所述膜中的特征结构尺寸。较小的特征结构将支持较薄的膜。典型的厚度为20nm。在所述图案化膜施加期间的温度通常为大约环境温度,但是如果需要降低所述材料的粘性以获得薄膜,那么所述温度可被提升至高至约200℃。所述膜的粘性还可使用合适的溶剂来控制,所述溶剂为比如烃类或其他合适的有机溶剂。

[0022] 关于本文描述的各种工艺的温度,应注意在方法100中包含的各种工艺中的任意工艺可在高达约200℃的温度下执行,但是优选最小化基板对高温的暴露时间以避免使所述磁性敏感层的磁特性显著地劣化。当更多的层被沉积而覆盖所述磁性敏感层时,可在更高温度下执行后续处理,这是因为形成在所述磁性敏感层上的层某种程度上隔离了所述磁性敏感层。另外,如果所述磁性敏感层被一或多个另外的层覆盖,那么如果基板被设置在具有能够冷却基板的热控制特征结构的基板支撑件上,则可以在更高温度下执行后续处理。

[0023] 在108处,在膜硬化、凝固或固化之前在所述图案化膜上执行物理压印或者纳米压印工艺。使携带有待压印的图案的模板抵靠所述图案化膜,同时所述膜处于柔韧的或者半柔韧的状态,软到足够在标称压力下变形并与所述模板的图案相符,所述模板可为金属、陶

瓷或者玻璃。在压印期间所述图案化膜的柔韧性可通过施加热量到所述膜来控制,例如通过加热所述模板。在所述图案化膜中溶解(resolve)出具有5-50nm宽度和5-50nm深度的孔,通常在每一孔的底部处具有抗蚀材料的垫层。

[0024] 在110处使所述图案化膜硬化。如果所述膜具有如此低的粘度以致所述膜在未接触所述模板的情况下流动,那么当与模板接触时所述图案化膜可部分地或者完全地硬化,或者部分地或者完全地固化。当所述图案化膜已经充分地凝固时,去除模板,留下与所述模板的图案相对应的厚和薄区域的图案。随后充分硬化所述膜。在硬化之后,可稍微蚀刻或灰化所述图案化膜以优化膜厚度和孔尺寸。如果需要,可去除孔底部的垫层。

[0025] 在112处,在所述图案化膜上形成图案负性层。所述图案负性层通常是具有结构强度并且与基本上不与图案化膜的材料反应的化学品发生反应的材料。例如如果所述图案化膜是含碳材料,则所述图案负性层可为抵抗反应性气氛的材料。以下物质可被用作图案负性层:氧化物,比如氧化硅、金属氧化物、陶瓷以及硅-金属混合氧化物或陶瓷;氮化物,比如氮化硅、金属氮化物以及硅-金属混合氮化物;氮氧化物,比如氮氧化硅、金属氮氧化物以及硅-金属混合氮氧化物;碳氧化物,比如碳氧化硅、金属碳氧化物以及硅-金属混合碳氧化物;硅酸盐,比如金属硅酸盐;碳酸盐,比如金属碳酸盐、碳酸硅以及硅-金属混合碳酸盐或者以上物质的任意组合。所述图案负性层可形成单层、多个不同的层、具有渐变组成的多个层或者具有渐变组成的单层。

[0026] 所述图案负性层通常是通过气相沉积工艺形成的,所述气相沉积工艺在工艺期间将磁性敏感层的温度维持在约200℃或低于约200℃。如果所述气相沉积工艺的持续时间小于穿过图案化层和图案掩模层将所述磁性敏感层加热到200℃所需的时间,那么依赖于图案化层和图案掩模层来在所述气相沉积工艺期间隔离所述磁性敏感层,所述气相沉积工艺本身可在约300℃或低于约300℃的温度下执行。或者,可例如使用具有热控制能力的基板支撑件来冷却所述基板,以将所述磁性敏感层维持在200℃或低于200℃。如果所述基板被冷却,那么所述气相沉积工艺可在约500℃或更低的温度下执行,并且在所述图案掩模层和所述图案化层中维持约300℃或更高的温度梯度。在此时在图案掩模层与图案化层之间需要好的粘附和/或小的热膨胀系数差,从而避免分层。诸如氮化钛之类的金属氮化物良好地粘附到碳。

[0027] 所述气相沉积工艺可为处于惰性气氛或反应性气氛中的PVD工艺,或者CVD工艺,所述CVD工艺可为等离子体增强的。所述工艺可设置成共形地或者以毯覆(blanket)方式沉积所述图案负性层。通常,形成在所述图案化层中的图案特征结构被图案负性层的材料填充。共形沉积工艺可用于使所述图案负性层中空隙的形成最少。典型的共形沉积工艺包括等离子增强CVD工艺,所述等离子体增强CVD工艺使用施加到所述基板的弱电偏压来平衡图案特征结构的顶部和底部处的气相组成。

[0028] 在114处,将所述图案负性层暴露于反应性的化学品,所述反应性的化学品优选地与所述图案负性层的材料反应以从所述图案负性层去除材料。所述反应性的化学品可蚀刻所述图案负性层,或者可将所述图案负性层的材料转换成可通过后续工艺(比如清洁工艺或者升华工艺)去除的材料。在从所述图案负性层去除材料期间使硬化的图案化膜暴露,以使得基板的表面具有覆盖图案掩模层的图案负性材料和图案化材料的交替的畴。如果需要的话,所述图案负性材料可被过去除或过蚀刻,以提供任何所需厚度的图案负性材料,但是

通常所述图案负性材料被去除直到暴露出硬化的图案化膜为止。在图案负性材料的去除期间,所述磁性敏感膜的温度被维持为约200℃以下。如上文所指出,这可以通过依赖于用图案负性膜和硬化的图案化膜来隔离所述磁性敏感层而在约300℃以下的温度下执行图案负性材料的去除来实现,或者所述基板可被冷却同时小于约500℃的温度下执行所述去除工艺。

[0029] 在116处,使用优先与所述硬化的图案化膜反应的反应性化学品去除所述硬化的图案化膜。如果所述硬化的图案化膜是含碳材料并且所述图案负性膜是抗氧材料,那么可通过暴露于反应性的氧环境来去除所述硬化的图案化膜,所述氧环境为比如含氧的等离子体,所述等离子体可为由诸如O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、氧化氮、氧化碳以及这些气体的混合物形成的原位产生的等离子体或者远程等离子体。可在低于约200℃的温度下执行所述硬化的图案化膜的去除,因为在这个操作中仅用图案掩模层以及选择性地保护性层将所述磁性敏感层与环境隔离。或者,如上所述,可冷却所述基板。在这个工艺之后,所述基板表面的特征为具有负性的压印图案的图案负性层,图案掩模层穿过所述图案负性层而暴露。

[0030] 在118处,去除图案掩模层的暴露部分以暴露出磁性敏感层或者选择性地保护性层。所述图案掩模层是使用低温工艺去除的,在所述低温工艺中将所述基板表面暴露于优先去除图案掩模层而不损伤磁性敏感层的化学品。在一些情形中可使用远程等离子体来活化所述化学品,而无需使基板暴露于高温。在将金属氮化物材料用于图案掩模层的情形中,可以使用HBr/Cl<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>或Cl<sub>2</sub>/CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>气体混合物来蚀刻图案掩模层,同时基板处于接近环境温度的温度下,其中所述气体混合物可用远程等离子体活化。在图案掩模材料的去除期间,所述基板可以低偏压功率偏置,例如约25-35W。所述偏置功率可为DC、脉冲DC或者RF(例如13.56MHz)。去除工艺的化学品被选择以用于提供超过80%的阶梯覆盖(即,特征结构底部的宽度与特征结构顶部的宽度的比),比如在约85%与105%之间,例如约90%。接近100%的阶梯覆盖提供后续等离子体暴露和穿透工艺期间的离子准直,从而导致暴露区域和保护区域之间的高差异。

[0031] 如果需要的话,在操作118期间基板表面可被过蚀刻。在一些实施方式中,过蚀刻可为有用的以最大化以离子注入为特征的后续磁性图案化工艺的效用。图案化所述图案掩模层的结果是所述磁性敏感层将覆盖有具有厚区域和薄区域的图案掩模层,以致后续的离子暴露工艺将穿透所述薄区域并且将离子注入所述磁性敏感层,同时离子被所述厚区域阻挡。过蚀刻所述图案掩模层产生薄的暴露层,所述暴露层覆盖所述磁性敏感层的暴露区域。覆盖暴露区域的较薄层允许离子以较低的能量穿透,从而减少作为热量而散逸到所述图案掩模层的能量的量,并且由此减小在离子暴露工艺期间所述磁性敏感层的整体热暴露。另外,离子穿透被改善增加所述磁性图案的差异。当使用过蚀刻时,过蚀刻时间通常是在约10%与约20%之间,例如约15%。例如,可蚀刻所述图案掩模层达35秒,其中约5秒是过蚀刻。

[0032] 在一些实施方式中,所述图案掩模层的蚀刻可产生图案的不理想转印。一些金属氮化物层,比如TiN,当用PVD在低温下沉积时,会产生具有提高的结晶度的层,并且蚀刻这种层可产生跨蚀刻进入所述膜中的凹处的桥接。此外,在以过蚀刻为特征的实施方式中,蚀刻残留物可形成在基板表面上。在蚀刻之后可利用清洁工艺来解决这两种情况。可利用使用水性HF的湿式清洁工艺来在等离子体暴露之前去除蚀刻残留物并且清除掉桥接凹处的

任何丝状物。

[0033] 可在基板上形成保护性外涂层,所述保护性外涂层覆盖硬模和图案掩模层的各列,以及所述磁性敏感层的暴露部分,如果需要的话。所述保护性外涂层可通过在所述图案掩模层上提供低穿透率涂层来改善后续处理期间的图案稳定性。用这样的方式使用保护性外涂层允许更高能量的工艺将离子注入到所述磁性敏感层的暴露区域中,从而导致被处理区域与未被处理区域之间更大的差异。

[0034] 诸如钨(W)之类的金属可用于这种外涂层。钨可被涂覆于基板上达在约1nm与约15nm之间的厚度,所述厚度比如在约2nm与约10nm之间,例如约5nm。所述外涂层的厚度是基于形成在所述图案掩模层中的图案的临界尺寸来选择的。钨是高分子量材料,钨可被涂覆到基板上而不损伤所述磁性敏感层,并且可用同样不损伤所述磁性敏感层的湿式剥离工艺来去除。

[0035] 钨可用非共形的PVD工艺涂覆在所述基板上,以在所述图案掩模层上获得比在所述磁性敏感层的暴露区域上更厚的涂层。用这种方法,可将离子阻挡外涂层选择性地施加到所述图案掩模层,同时保持所述磁性敏感层标称暴露于离子注入。钨可在PVD腔室中涂覆在这种基板上。

[0036] 在120处,用穿过所述图案掩模层并且选择性地穿过所述保护性外涂层的等离子体来处理所述磁性敏感层,所述保护性外涂层携带有在108处原始压印到所述图案化层的图案。所述基板可被浸没于原位或者远程等离子体,所述等离子体可不受引导或通过偏置所述基板来引导,或者所述基板可经受离子束或中性束注入工艺。如果留有任何薄层,那么所述离子一般穿过覆盖所述磁性敏感层的暴露区域的所述图案掩模层的剩余薄部分而穿透所述磁性敏感层,并且被所述图案掩模层的厚部分阻挡。在所述图案掩模层中留下的图案特征结构通常具有基本上竖向垂直的侧壁,所述侧壁使到达所述磁性敏感层的离子准直,以便进入所述磁性敏感层的穿透大部分是垂直的。暴露区域中磁特性的改变因此在暴露区域与受保护区域之间的界面处暴露区域中磁特性的改变具有高突变性(abruptness),通常在基板表面的 $5\text{\AA}$ 内为至少约 $10\%/ \text{\AA}$ 并且高至 $50\%/ \text{\AA}$ 。当离子穿透率通过穿过所述磁性敏感材料而从垂直面偏转时,突变性随着距离表面的深度的变化而下降。由于这个原因,预期的穿透往往是较浅的,具有较小的临界尺寸。

[0037] 在122处,从基板去除所述图案掩模层,在所述磁性敏感层中留下磁特性图案。为了避免实质上加热所述基板,利用湿式剥离工艺来去除所述图案掩模层。所述湿式剥离工艺使用去除所述图案掩模层而不会损伤所述磁性敏感层的化学品。应注意所述磁性敏感层的化学品可能已经通过离子注入而实质上被改变,因此适用于所述层的未改变区域的化学品可能不适合于被改变的区域。在这种情况下,如果金属氮化物材料被用于所述图案掩模层,那么可通过选则性地溶于水中的羟化四甲基铵(TMAH)和双氧水的pH值小于约12的溶液来去除所述金属氮化物材料。TMAH与过氧化物的摩尔比可在约1:1与约5:1之间,例如约3:1,并且可混入任意量的水。所述湿式剥离工艺是在室温与约 $100^{\circ}\text{C}$ 之间的温度下执行的,超出 $100^{\circ}\text{C}$ 将发生不合需要的湿式剥离溶液的沸腾和分解。典型的温度状况是在约 $75^{\circ}\text{C}$ 与约 $85^{\circ}\text{C}$ 之间。基板通常被剥离达约3秒与约30秒之间,比如约5秒与约15秒之间,例如约6秒。

[0038] 如果使用钨外涂层,那么1份双氧水在1至5份水中的溶液将在室温与 $100^{\circ}\text{C}$ 之间的温度下剥离所述钨外涂层。在钨被涂覆在氮化钛上的一实施方式中,可用双氧水溶液去除

所述钨,在去除钨后可添加TMAH到所述溶液中来去除氮化钛。

[0039] 所得基板具有磁致激活层,所述磁致激活层具有磁特性图案。所述基板的形貌实质上并未被整个图案化工艺改变,具有至多约20 Å的RMS或者平均粗糙度,例如 $R_a$ 、 $R_q$ 或者 $R_{rms}$ 粗糙度。对于大部分实施方式,在磁性图案化工艺之后的粗糙度小于约10 Å。使用本文描述的方法可获得的磁特性图案具有100nm(即,由具有第二磁特性值的50nm畴分隔的具有第一磁特性值的50nm畴,其中第二磁特性值可检测地不同于所述第一值)或更小的周期性,在很多情况下所述周期性低至2nm。通常选择20nm的周期性。在许多实施方式中,一个畴与紧邻畴之间的磁特性,比如磁性矫顽力,被改变50–100%,例如60–80%。应注意在一些实施方式中,在离子处理之后在暴露区域中可能事实上无法检测到磁特性。在一个实例中,本文描述的方法可用来制造具有有磁性矫顽力图案的表面的基板,所述图案的磁性矫顽力从一个畴中的约15000e变化到相邻畴中的约3000e或更小,其中每一畴具有约10nm的最大尺寸。

[0040] 图2是根据另一实施方式的装置200的平面图。装置200可用来实践本文描述的方法。装置200包括移送腔室202,移送腔室202具有用于操纵基板的机械手204。耦接至移送腔室的是输入/输出腔室206、第一处理腔室208、第二处理腔室210和第三处理腔室212。腔室206、208、210和212中的每一腔室是双腔室,所述双腔室包括两个子腔室,如由用于每一子腔室至移送腔室202的各个耦接件所指示的。输入/输出腔室206具有用于两个输入/输出子腔室的两个耦接件206A和206B。第一处理腔室208具有用于两个子腔室的两个耦接件208A和208B。第二处理腔室210具有用于两个子腔室的两个耦接件210A和210B。第三处理腔室212具有用于两个子腔室的两个耦接件212A和212B。

[0041] 在一个实施方式中,装置200可为真空处理装置,所述装置执行方法100的在真空状态下执行的任何部分,直到如在操作106中施加液体图案化膜。根据这种实施方式,第一、第二和第三处理腔室208、210和212中的每一腔室是沉积腔室,所述腔室可表征为PVD和/或CVD腔室,所述腔室可为等离子体增强的。在这种实施方式的操作中,基板将穿过输入/输出腔室206进入装置200,并且通过机械手204传送至第一处理腔室208。包括软磁性底层的磁性敏感层可通过PVD工艺而在第一处理腔室208中形成在基板上。随后通过机械手204将基板传送至第二处理腔室210,在第二处理腔室210中通过PVD或CVD而在基板上形成保护性层,比如类金刚石碳层。基板随后被传送至第三处理腔室212,在第三处理腔室212中通过PVD或CVD而在基板上形成图案掩模层。基板随后被机械手传送至输入/输出腔室206,并离开装置200。

[0042] 在另一实施方式中,装置200可为真空处理装置,所述装置执行在如操作110中硬化图案化膜之后,方法100的在真空状态下执行的任何部分。根据这种实施方式,第一处理腔室208可为沉积腔室,比如PVD或者CVD腔室,第二腔室210可为去除腔室,比如蚀刻或者升华腔室,并且第三腔室212可为等离子体暴露腔室,比如等离子体浸没或者等离子体离子注入腔室。在操作中,根据这种实施方式,基板可被传送到装置200中,其中磁性敏感层、选择性保护性层(比如类金刚石碳层)、图案掩模层以及具有压印图案的硬化的图案化层被传送到输入/输出腔室206。机械手204随后将基板传送至第一处理腔室208,在第一处理腔室208中将图案负性层沉积在硬化的图案化层上。机械手204随后将基板传送至第二处理腔室210,在第二处理腔室210中图案负性层被蚀刻或去除以暴露出硬化的图案化层,硬化的图案化层被蚀刻或去除以暴露出图案掩模层,以及图案掩模层被蚀刻或去除以暴露出磁性敏

感层。机械手204随后将基板传送至等离子体暴露腔室212,在等离子体暴露腔室212中基板经受等离子体工艺以在磁性敏感层中产生磁特性图案。机械手204随后将基板传送至第二处理腔室210,在第二处理腔室210中图案掩模层被去除。机械手204随后将基板传送至输入/输出腔室206,以及基板离开装置200。

[0043] 图3是根据另一实施方式的装置300的平面图。装置300是装置200的双重版本(dual version),装置300具有基板协调腔室302,基板协调腔室302具有入口门302A和出口门302B,将第一处理段200A和第二处理段200B耦接在一起。第一处理段200A可对应于以上所述的装置200的第一实施方式,而第二处理段200B可对应于以上所述的装置200的第二实施方式。用这种方法,一个装置可执行在方法100中涉及的全部真空处理。基板可在第一处理段200A中被涂覆磁性敏感层和保护性层,离开装置300以执行非真空操作,比如液体图案化层形成、压印和硬化,并且随后基板在第二处理段200B中显影和图案化,具有带有所需磁特性图案的磁性敏感层而离开装置300。

[0044] 图4是用于形成具有如本文所描述的磁特性图案的基板的装置400的平面图。装置400是能执行本文描述的方法的线性装置,与图2和图3的群集工具装置相反。基板在装置的第一端402处进入装置,并且在装置的第二端404处离开所述装置。在第一模块406中,可执行压印之前的真空处理步骤,所述真空处理步骤包括磁性敏感材料、类金刚石碳和TiN图案掩模材料的PVD沉积。在第二模块408中,可在接近大气压下执行压印处理,所述压印处理包括抗蚀层施加、压印和硬化。在第三模块410中,可执行在压印之后的真空处理步骤,所述真空处理步骤包括图案负性沉积和蚀刻、抗蚀层去除、图案掩模层蚀刻以及等离子体暴露。第三模块410还可包括湿式剥离工艺以去除所述图案掩模层。

[0045] 在一个实例中,使具有磁性敏感层的基板经受气相沉积工艺,以沉积2nm厚的类金刚石碳保护性层。随后用高密度PVD溅射工艺在小于约200℃的温度下沉积TiN层达约30nm的厚度。在室温下和大气压下通过旋压工艺在TiN层上形成约20nm的厚度的含碳的液体纳米压印抗蚀层,并且随后使用具有位元(bit)图案的金属模板压印所述含碳的液体纳米压印抗蚀层,所述位元图案具有约20nm的周期性。在纳米压印抗蚀层中溶解出约10-15nm深的孔。在纳米压印抗蚀层硬化之后,在100℃-150℃的温度下,通过等离子增强CVD使用硅烷和氧在图案化抗蚀层上形成毯覆的氧化硅膜。所述孔被填充,并且在抗蚀膜上沉积约10nm深的氧化物毯覆层。随后使用合适的卤素化学品,通过等离子体蚀刻或者远程等离子体工艺来蚀刻氧化硅,所述化学品例如氟,所述工艺比如为SICONI<sup>®</sup>工艺,所述工艺可购自加利福尼亚州圣克拉拉市的应用材料公司。在50℃-150℃的温度下执行氧化物回蚀工艺。当图案化层的厚部分暴露时,所述氧化物回蚀工艺停止。随后,使用诸如氧等离子体之类的氧化化学品来去除含碳的压印抗蚀层,从而暴露氧化物的柱之间的图案掩模层。

[0046] 随后使用HBr/Cl<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>气体混合物来蚀刻TiN层,所述气体混合物的体积比组成为约40%的HBr、40%的Cl<sub>2</sub>和20%的O<sub>2</sub>,所述气体混合物是使用13.56MHz的射频功率通过远程等离子体活化的。在约30W将相同频率的射频偏压施加至基板达约30-35秒以蚀刻TiN层,从而暴露碳保护性层。基板上留有磁性敏感层,所述磁性敏感层由类金刚石碳保护层和图案化的TiN/SiO<sub>x</sub>层覆盖,图案具有超过80%的阶梯覆盖。

[0047] 基板随后在弱HF溶液(例如1:50摩尔的HF/H<sub>2</sub>O)中清洁,干燥以及经受等离子体暴露工艺。所述等离子体暴露工艺通常是在等离子体浸没腔室中以10托或更小的压强,使用

任何便利的前驱物作为等离子源而执行的。使用在50W或更小功率处的RF偏压来偏置基板，以提供引导和动能至离子，以用于使所述离子穿过图案掩模层而穿透磁性敏感层。所述等离子体暴露工艺可分阶段执行以避免在工艺期间过度加热基板。通常在单一暴露周期中，基板将暴露于等离子体长达约60秒，接着进行类似的冷却时段，所述单一暴露周期可按需要重复以产生所需的图案化结果。在冷却时段期间，通常使冷却气体围绕基板循环。

[0048] 在等离子体暴露之后，使基板经受湿式剥离工艺。在约75℃的温度下，将50%的TMAH/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>混合物的、具有约10的pH值的水溶液施加至基板达约6秒。所述TMAH/过氧化物混合物中的TMAH与双氧水的摩尔比为约3:1。

[0049] 应注意在以上所述的所有方法和装置中，基板可单独地或者成组地处理。将成组处理的基板可被放置到载体上，所述载体可被传送通过各个处理阶段。此外，在许多实施方式中，处理基板的两个主要表面，以在每一基板的两面上产生磁性图案化层。因此，本文描述的方法和装置可包括用于翻转基板的方法和装置。包括基板翻转的基板操纵装置和基板载体的实例都描述在共同拥有的序列号为12/984,528的美国专利申请案中，所述专利申请案在2011年7月7日公开为美国专利公开案2011/0163065，通过引用将所述专利并入本文。

[0050] 尽管上述内容针对本发明的实施方式，但在不背离本发明的基本范围的情况下可设计出本发明的其他和进一步的实施方式，且本发明的范围由以下权利要求书来确定。

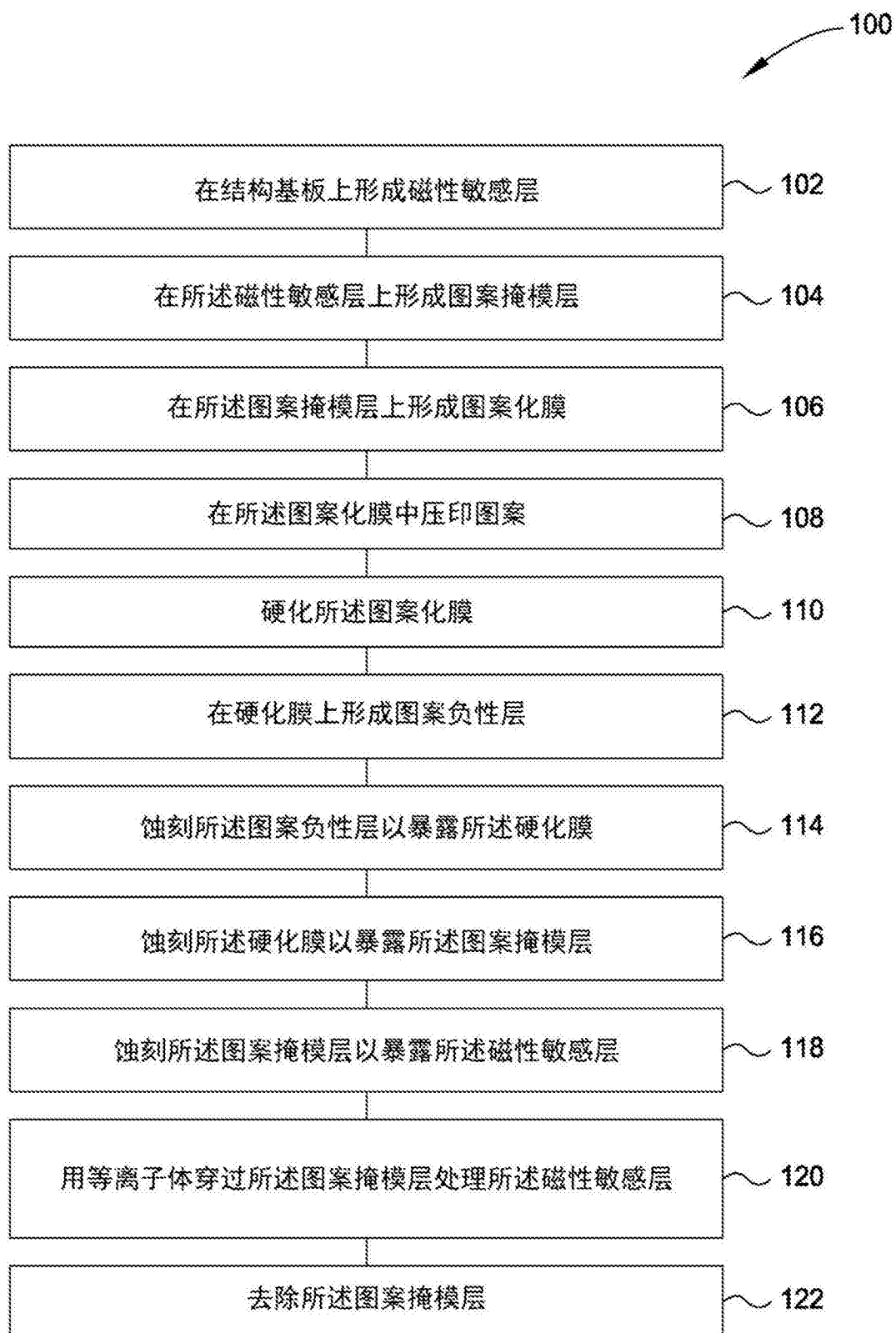


图1

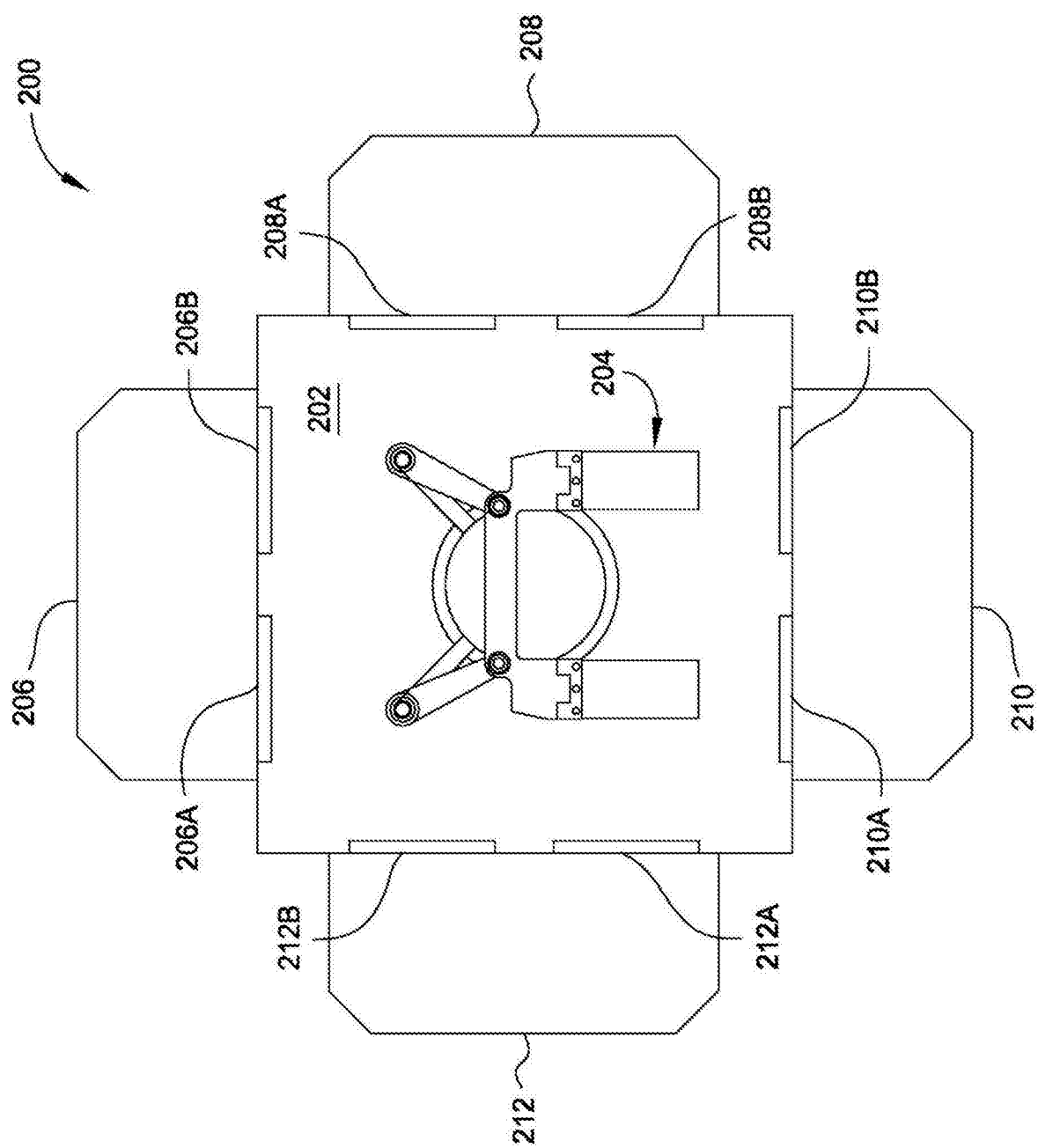


图2

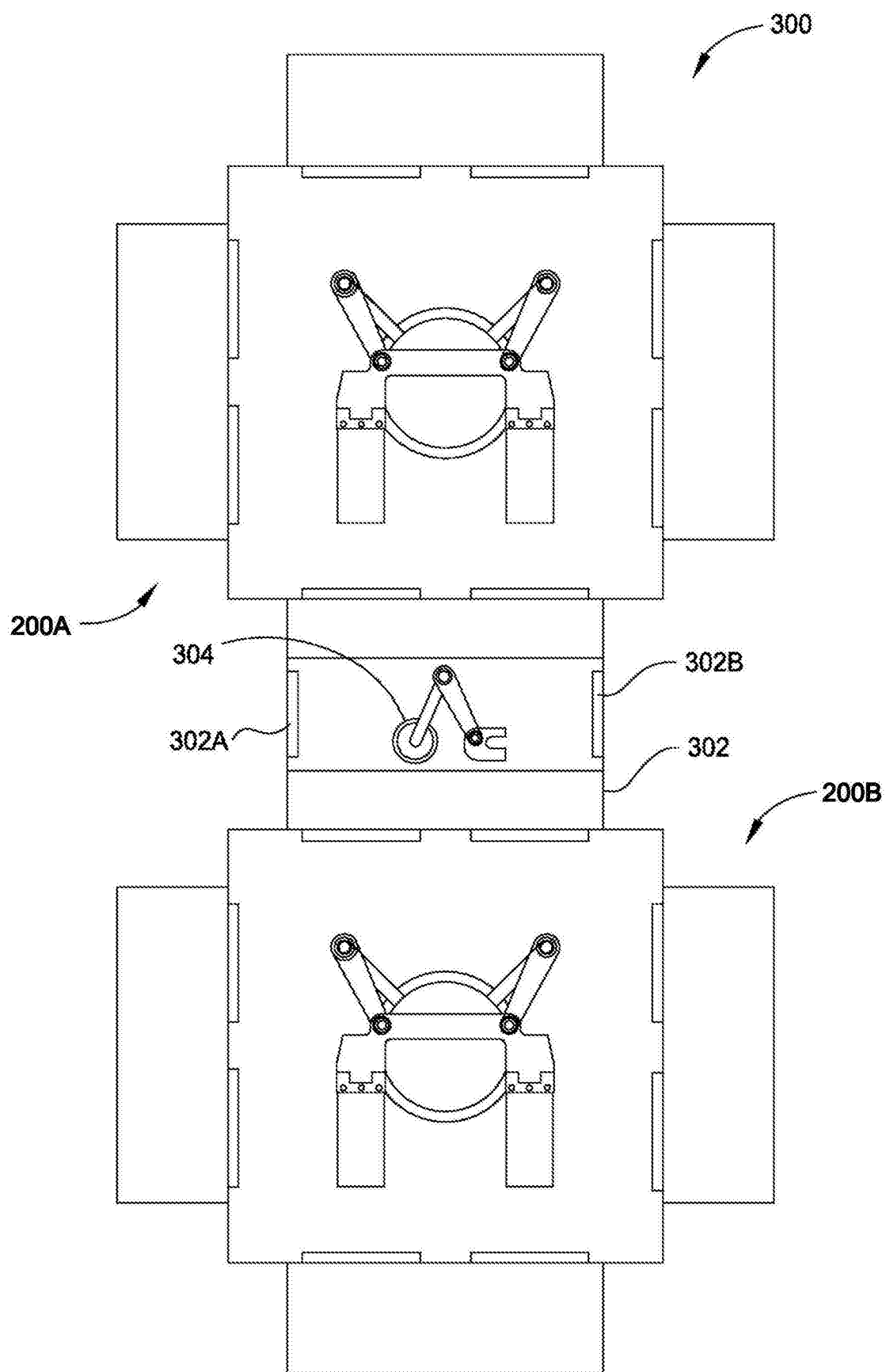


图3

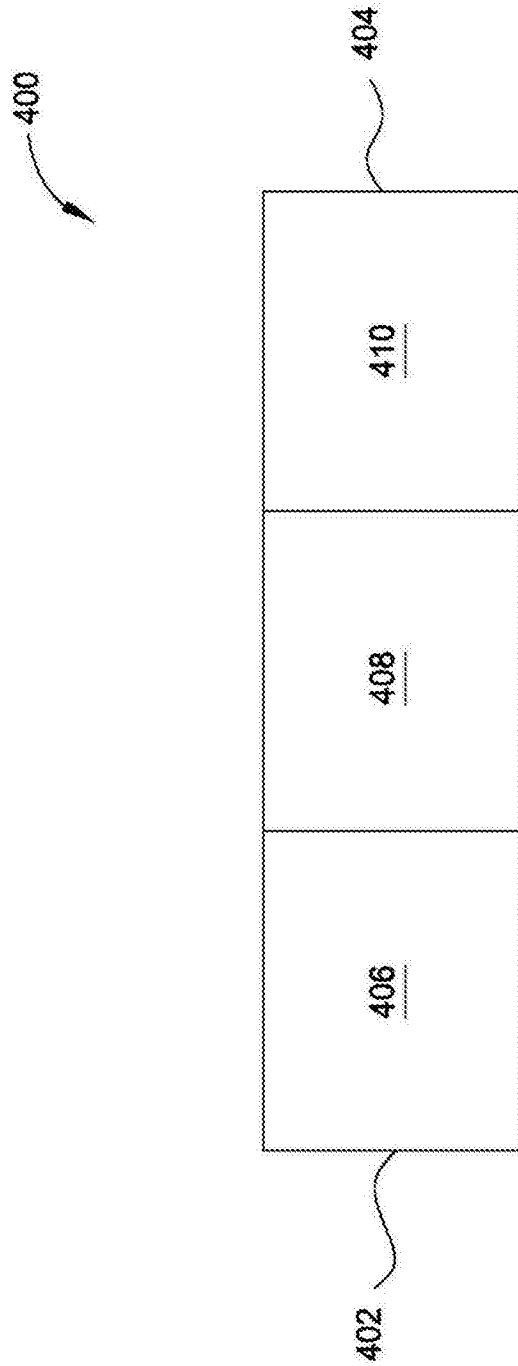


图4