



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107106315 B

(45)授权公告日 2020.03.24

(21)申请号 201580068460.0

马克·A·伊格兰

(22)申请日 2015.12.14

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107106315 A

代理人 周晨

(43)申请公布日 2017.08.29

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

A61F 5/01(2006.01)

62/094,240 2014.12.19 US

A61F 5/058(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.06.15

(56)对比文件

CN 102781375 A, 2012.11.14, 说明书第26-57段, 以及附图1-7.

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2015/065494 2015.12.14

CN 102781375 A, 2012.11.14, 说明书第26-57段, 以及附图1-7.

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/100182 EN 2016.06.23

WO 2013/113332 A1, 2013.08.08, 附图6a和8a.

(73)专利权人 3M创新有限公司  
地址 美国明尼苏达州

CN 2109183 U, 1992.07.08, 全文.

CN 202933068 U, 2013.05.15, 全文.

(72)发明人 托马斯·R·科里根

审查员 霍璐

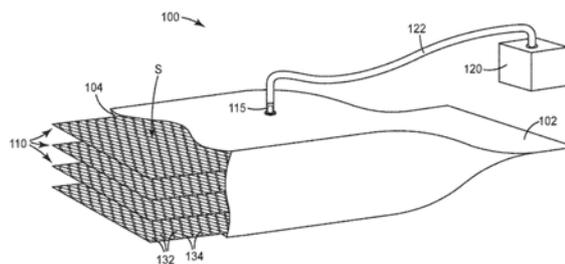
权利要求书2页 说明书35页 附图23页

(54)发明名称

包括锁定片的形状可成形设备

(57)摘要

本发明公开了一种包括锁定片的形状可成形设备。该设备可具有第一状态和第二状态,在第一状态下该设备是可成形的,在第二状态下该设备具有期望的形状并且远不如第一状态下可成形。该设备还可包括:限定腔室的包层,定位成将腔室与环境流体连通地联接的端口;和至少两个锁定片,它们以至少部分重叠的构造定位在腔室中。每个锁定片材包括主表面,并且每个锁定片材的至少一部分可被图案化成包括实心区域和开口区域,实心区域能够在主表面内相对于彼此移动。



1. 一种形状可成形设备,所述形状可成形设备包括:

第一状态,在所述第一状态下,所述设备是可成形的,以便所述设备能够形成为期望的形状;

第二状态,在所述第二状态下,所述设备具有所述期望的形状并且远不如所述第一状态下可成形;

包层,所述包层限定腔室,所述包层由不透气的材料形成;

端口,所述端口定位成将所述腔室与环境流体连通地联接;和

至少两个可成形锁定片,所述至少两个可成形锁定片以至少部分重叠的构造定位在所述腔室中,其中每个可成形锁定片包括主表面,并且

其中每个可成形锁定片的至少一部分被图案化成包括实心区域和开口区域,所述实心区域能够在所述主表面内相对于彼此移动以允许每个单独的可成形锁定片在各自的主表面内延伸。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中所述实心区域能够在所述主表面内相对于彼此从第一位置移动到第二位置,这在施加的力被移除之后在不发生塑性变形的情况下能够被维持。

3. 根据权利要求1所述的设备,其中至少一个可成形锁定片的所述实心区域由具有有效拉伸模量 $E_0$ 的材料形成,并且其中所述实心区域和所述开口区域被布置在所述至少一个可成形锁定片中,使得所述至少一个可成形锁定片具有总有效拉伸模量 $E_1$ ,并且其中所述至少一个可成形锁定片的有效拉伸模量 $E_0$ 与所述总有效拉伸模量 $E_1$ 的比率 $E_0/E_1$ 为至少2。

4. 根据权利要求3所述的设备,其中所述至少一个可成形锁定片的 $E_0/E_1$ 的所述比率在每个可成形锁定片的所述主表面内沿任何方向为至少2。

5. 根据权利要求3所述的设备,其中所述至少一个可成形锁定片的 $E_0/E_1$ 的所述比率为至少10。

6. 根据权利要求1所述的设备,其中至少一个可成形锁定片的所述实心区域由具有第一有效拉伸模量 $E_0$ 的材料形成,并且其中当所述设备处于所述第一状态时所述设备具有总有效拉伸模量 $E_a$ ,并且其中第一有效拉伸模量 $E_0$ 与所述总有效拉伸模量 $E_a$ 的比率 $E_0/E_a$ 为至少2。

7. 根据权利要求1所述的设备,其中所述至少两个可成形锁定片相对于彼此基本上平行地取向。

8. 根据权利要求1所述的设备,其中所述设备在处于所述第一状态时具有第一有效拉伸模量 $E_{UL}$ ,并且在处于所述第二状态时具有第二有效拉伸模量 $E_L$ ,并且其中所述第二有效拉伸模量 $E_L$ 与所述第一有效拉伸模量 $E_{UL}$ 的比率 $E_L/E_{UL}$ 为至少2。

9. 根据权利要求1所述的设备,其中所述设备被构造成在所述设备处于所述第一状态时基本上符合具有非零高斯曲率的复杂表面。

10. 根据权利要求1所述的设备,其中至少一个可成形锁定片的所述实心区域由具有屈服应变 $\epsilon_0$ 的材料形成,其中所述实心区域和所述开口区域被布置成使得所述至少一个可成形锁定片被构造成在所述设备处于所述第一状态时经受应变 $\epsilon_1$ 而不屈服,并且其中应变比率 $\epsilon_1/\epsilon_0$ 为至少1。

11. 根据权利要求1所述的设备,其中在所述设备处于所述第一状态时,所述至少两个

可成形锁定片能够在所述腔室中相对于彼此移动,但是在所述设备处于所述第二状态时,所述至少两个可成形锁定片是相对于彼此基本上不移动的。

12. 根据权利要求1所述的设备,其中至少一个可成形锁定片包括被取向成面向另一个锁定片的表面,并且其中所述表面包括高摩擦表面。

13. 根据权利要求1所述的设备,其中所述至少两个可成形锁定片包括第一锁定片和第二锁定片,所述第一锁定片包括被取向成面向所述第二锁定片的第一表面,所述第二锁定片包括被取向成面向所述第一锁定片的第二表面,其中所述第一表面包括多个第一接合特征部,并且其中所述第二表面包括被构造成接合所述多个第一接合特征部的多个第二接合特征部。

14. 根据权利要求1所述的设备,其中所述至少两个可成形锁定片包括被构造成相互接合的第一锁定片和第二锁定片。

15. 根据权利要求1所述的设备,其中至少一个锁定片包括连续的实心区域。

16. 根据权利要求15所述的设备,其中所述实心区域包括多个岛状物以及被定位成连接相邻岛状物的一个或多个桥接件,其中每个桥接件包括至少一个弯曲部。

17. 根据权利要求1所述的设备,其中至少一个可成形锁定片包括分立的实心区域。

18. 根据权利要求17所述的设备,其中所述分立的实心区域中的至少一个分立的实心区域包括连接到所述包层的一部分的固定端和未连接到所述包层的一部分的自由端。

19. 根据权利要求18所述的设备,其中所述至少两个可成形锁定片包括第一锁定片和第二锁定片,第一锁定片中的分立的实心区域的所述自由端与第二锁定片中的分立的实心区域的至少一部分重叠。

20. 根据权利要求1-19中任一项所述的设备,其中所述设备是片状的。

## 包括锁定片的形状可成形设备

### 技术领域

[0001] 本公开整体涉及被构造成形成为期望的形状并且然后保持为期望的的形状的形状可成形设备,并且具体地,涉及包括多个锁定片的形状可成形设备。

### 背景技术

[0002] 多种应用可受益于材料或装置:其具有可从从第一(柔性)状态改变到第二(更具刚性)状态的刚度,在第一状态下材料的形状可成形为期望的形状,在第二状态下期望的形状可得以保持或固定。

[0003] 一些现有的形状可成形设备在不透气的包层中采用通常相对于彼此自由移动的分立的颗粒(即,大块介质),但是当包层的内部压力减小到低于环境压力时,这些设备“卡”在一起并且抵抗相对运动。已经提出了大块介质的这种堵塞用于多种产品,从婴儿的医疗约束(美国专利号4,885,811)到肢体复员(美国专利号4,657,003)、到手术期间患者的稳定性(美国专利号6,308,353)、到机器人终端执行器(美国公布号2010/0054903)。大块介质堵塞的一个显著缺点是大块介质填充的装置所需的显著容积。大块介质不能良好地适用于薄的片状应用。

[0004] 其它现有的装置或系统采用薄形状因数的弯曲刚度变化。通过将材料片放在包层中并且从包层中移除空气(例如,如美国公布号2012/0310126和欧等人的“jamSheets:Thin Interfaces with Tunable Stiffness Enabled by Layer Jamming(堵塞片材:具有通过层干扰实现的可调谐刚度的薄型界面)”,关于有形的、嵌入式和具体化交互的第8届国际会议的TEI'14会议记录,第65-72页,计算机协会(ACM),2014年2月中所述),可实现具有变化的弯曲刚度的相对薄的制品。尽管具有高的杨氏模量(或拉伸模量),通过允许多个薄的材料层在彼此上滑动它们在非卡住状态下实现低的弯曲刚度。然而,因为这些单独的层各自具有高的总体杨氏模量,即使在非卡住状态下,并且它们沿平面内的一个或多个轴是基本上连续的,所以它们不能容易地在平面或薄制品的主表面内延伸。因为单独的层缺乏这种延展性,层的适形能力也受到限制。因此,这些层只能通过产生褶皱、而不能通过平滑且连续地呈现任意形状而采取复杂的形状。这些系统的弯曲刚度在真空下可增加,因为多个层卡在一起并且表现得更像是高杨氏模量材料的单个厚层。

### 发明内容

[0005] 本公开整体涉及形状可成形设备,其包括限定腔室的包层和定位在腔室中的至少两个锁定片,当腔室中的压力减小到低于环境压力时,该至少两个锁定片可卡在一起以抵抗相对移动。锁定片各自以此类方式被图案化成实心区域和开口区域:使得实心区域可在锁定片的主表面中相对于彼此移动,从而允许锁定片在主表面内延伸,并且由此增加锁定片的适形能力(即,沿两个或更多个轴)。实心区域可以是分立的并且与相邻的实心区域分开,并且/或者实心区域可连接到相邻的实心区域(例如,连续的),例如通过允许在锁定片的主表面内的实心区域之间的相对运动的路径或桥接件(例如,长的和/或曲折的路径)。当

腔室在真空下时,锁定片可卡在一起以增加设备的刚性或刚度(例如,弯曲刚度(例如,有效弯曲模量)、拉伸刚度(例如,有效拉伸模量)和压痕刚度(例如,有效的压痕模量)中的一个或多个)。

[0006] 本公开的一些方面提供一种形状可成形设备,其具有:第一状态,在第一状态下该设备是可成形的,以便该设备能够形成为期望的形状;以及第二状态,在第二状态下该设备具有期望的形状并且远不如第一状态下可成形。该设备还可包括:限定腔室的包层,包层由不透气的材料形成;以及端口,其定位成将腔室与环境流体连通地联接。该设备还可包括:以至少部分重叠的构造定位在腔室中的至少两个锁定片,其中每个锁定片包括主表面,并且其中每个锁定片的至少一部分被图案化成包括实心区域和开口区域,实心区域可在主表面内相对于彼此移动。

[0007] 参考具体实施方式和附图,本公开的其它特征和方面将变得显而易见。

### 附图说明

[0008] 图1是根据本公开的一个实施方案的形状可成形设备的剖面透视图,该设备采用包括连续实心区域的锁定片。

[0009] 图2A是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的透视图,该设备被示出为处于第一状态。

[0010] 图2B是图2A的形状可成形设备的透视图,该设备被示出为处于第二状态。

[0011] 图3A是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的透视图,该设备被示出为处于第一状态。

[0012] 图3B是图3A的形状可成形设备的透视图,该设备被示出为处于第二状态。

[0013] 图4是图1的两个锁定片的俯视平面图,两个锁定片被示出为处于交错构造。

[0014] 图5是图4的两个锁定片的侧面剖视图,其中下部锁定片被示出为包括高摩擦表面。

[0015] 图6A-图6C是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的示意性剖视图,该设备采用包括连续实心区域和高摩擦表面的锁定片,该图示出了根据本公开的一个实施方案的使用形状可成形设备的方法。

[0016] 图7是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的剖面透视图,该设备采用包括分立的实心区域的锁定片。

[0017] 图8A-图8C是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的示意性剖视图,该设备采用包括分立的实心区域和高摩擦表面的锁定片,该图示出了根据本公开的一个实施方案的使用形状可成形设备的方法。

[0018] 图9A是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的局部透视图,该设备采用包括重叠的分立实心区域的锁定片。

[0019] 图9B是图9A的形状可成形设备的示意性局部剖视图。

[0020] 图10A是根据本公开的一个实施方案的锁定片的分立的实心区域的透视图。

[0021] 图10B是根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备的局部透视图,该设备采用沿着两个轴重叠的图10A的分立的实心区域。

[0022] 图10C是图10B的形状可成形设备沿着线10C-10C截取的局部剖面透视图。

[0023] 图10D是图10B的形状可成形设备沿着线10D-10D截取的局部剖面透视图。

[0024] 图11-图25各自是根据本公开的另一个实施方案的包括连续实心区域的锁定片的俯视平面图。

### 具体实施方式

[0025] 本公开整体涉及一种形状可成形设备,其包括限定内部腔室的包层以及定位在腔室中的至少两个重叠的锁定片。每个锁定片可被图案化成实心区域和开口区域(即,实心区域之间的间隙或空间),使得实心区域中的至少一些实心区域可在锁定片的主表面内相对于彼此移动。该设备具有第一状态,在第一状态下该设备是可成形的并且能够被改变成期望的三维形状。该设备进一步被构造成从第一状态改变成第二状态,在第二状态下该设备的三维形状是基本上固定的或刚性的(或者至少远不如第一状态下可成形或远大于第一状态下的刚性),使得该形状可被维持用于期望的目的。该设备可通过以下方式从第一状态改变到第二状态:排空腔室以将腔室中的压力降低到低于环境压力并且从腔室移除气体(例如,基本上所有的气体)。通过释放腔室中的降低的压力并且允许其返回到环境压力,该设备可从第二状态改变到第一状态。该设备可包括提供腔室和环境之间的流体连通的开口或端口,使得真空源可经由连接器(例如,管道)联接到端口。

[0026] 本公开的形状可成形设备可用于能够受益于可从可成形状态改变到刚性或非可成形状态的材料或制品的各种应用,在可成形状态下该设备可形成为期望的形状,在刚性或非可成形状态下该期望的形状可基本上被锁定达期望的时间。此类应用的示例包括但不限于:手术入口收缩、组织或器官收缩、患者定位(例如,在处理、治疗、手术等期间将患者维持在期望的位置)、包装(例如,在运输期间保持、分离和/或保护物品)、家庭和办公室存储、组织和/或显示(例如,模块化搁架、抽屉分离器等)、固定装置(例如,用于固定肢体或关节的浇铸件)、其它合适的应用或它们的组合。

[0027] 2014年12月19日提交的美国申请号62/094279和2014年12月19日提交的62/094336中描述了使用形状可成形设备例如用于组织操纵的方法,这些申请各自全文以引用方式并入本文。此外,2014年12月19日提交的美国申请号62/094299中描述了其它形状可成形设备,该申请全文以引用方式并入本文。

[0028] 如上所述,不同于一些现有的形状可成形设备,本公开的形状可成形设备由于其基本上片状或板状的构造而占据基本上更少的三维空间或体积。一些现有的形状可成形设备填充有珠子或其它颗粒或“大块”物质或介质。本公开的片状设备可克服现有的“大块”或非片状设备存在的若干缺点,这些缺点包括但不限于:(i)大块设备需要显著的三维大小或空间以符合期望的形状(例如,以覆盖物体或围绕物体形成),具有标称的球形形状因子和相对大的横截面积;(ii)大块设备只能对物体施加小的力;(iii)大块设备在压缩力方面最强;以及(iv)大块设备不容易在不对物体施加显著的力的情况下符合期望的物体或采取期望的三维形状。

[0029] 定义

[0030] 术语“一个”、“一种”和“该”、“所述”可互换使用,“至少一个(种)”是指一个(种)或多个(种)所述要素。

[0031] 术语“和/或”意指任一者或两者。例如,“A和/或B”意指仅A、仅B或A和B两者。

[0032] 术语“包括”、“包含”或“具有”及其变型形式意在涵盖其后所列出的项目和它们的等同形式以及附加项目。

[0033] 除非另外指明或限制,术语“联接”及其变型形式被广义地应用并涵盖直接联接和间接联接。

[0034] 术语“前部”、“后部”、“顶部”、“底部”等仅用于在元件彼此有关时描述元件,而非意在描述设备的具体取向、指明或暗示设备的必要或必需取向、或规定本文所述本发明在使用时将如何使用、安装、显示或定位。

[0035] “低摩擦”表面大致可以用来指具有低的动摩擦系数的表面。在一些实施方案中,低摩擦表面可包括的动摩擦系数不大于约1,在一些实施方案中不大于约0.5,并且在一些实施方案中不大于约0.25,当在平坦膜上进行测量时,根据塑料膜和片材的ASTM D1894-08静摩擦系数和动摩擦系数抵靠另一片相同材料滑动。

[0036] “高摩擦”表面例如当描述单独的锁定片时大致可以用来指具有高的动摩擦系数的表面,或者当设备处于第一状态时用来指锁定片之间的相对移动。这种摩擦可通过表面材料的特性,或通过表面的物理结构来实现(例如,购自明尼苏达州圣保罗市的3M公司(3M Company, St. Paul, MN)的3M™夹持材料;网址为[www.3m.com/gripping](http://www.3m.com/gripping))。在一些实施方案中,高摩擦表面可包括为至少约1的动摩擦系数,在一些实施方案中至少约3,并且在一些实施方案中至少约10,当在平坦膜上进行测量时,根据塑料膜和片材的ASTM D1894-08静摩擦系数和动摩擦系数抵靠另一片相同材料滑动。

[0037] 短语“片”、“片状”、“片状构造”、“板”、“板状”、“板状构造”及其变型形式用来描述相对于其长度和宽度具有小厚度的制品。此类制品的长度和宽度可以限定制品的“主表面”,但是这个主表面以及制品不需要是平坦的或平面的。例如,以上短语可用来描述这样的制品:其具有的主表面的厚度(例如,在与制品的主表面正交的Z方向上、在沿着主表面的任何点处)与第一表面尺寸(例如,宽度或长度)的第一比率( $R_1$ ),并且主表面的厚度与第二表面尺寸的第二比率( $R_2$ ),其中第一比率( $R_1$ )和第二比率( $R_2$ )两者均小于0.1。在一些实施方案中,第一比率( $R_1$ )和第二比率( $R_2$ )可小于0.01;在一些实施方案中,小于0.001;并且在一些实施方案中,小于0.0001。需注意,两个表面尺寸不需要相同,并且第一比率( $R_1$ )和第二比率( $R_2$ )不需要相同,以便使第一比率( $R_1$ )和第二比率( $R_2$ )两者均落在期望的范围内。此外,第一表面尺寸、第二表面尺寸、厚度、第一比率( $R_1$ )和第二比率( $R_2$ )不需要是恒定的,以便使第一比率( $R_1$ )和第二比率( $R_2$ )两者均落在期望的范围内。

[0038] 短语“主表面”用来指制品的集体表面(例如,制品的外表面),即使制品是由较小的物体或部分形成。较小的物体和部分可共同限定制品的主表面。虽然在一些情况下此类主表面可以是平面的,但是主表面不需要是平坦的或平面的,并且在一些情况下可以是弯曲的或者其它复杂的。相对于图1、图4和图5的锁定片110下文更详述了短语“主表面”。

[0039] 短语“基本上平行”用来指具有主表面的至少两个片或片状制品,其中片或制品的主表面在沿着它们各自的主表面的任何点处相对于彼此平行取向,但允许略微偏离平行。例如,如果两个片具有位于X-Y平面中的主表面并且在与X-Y平面正交或垂直的Z方向上间隔开一定的距离,那么两个片可被认为是基本上平行的,即使两个片中的一者或两者具有被取向成在沿着主表面的给定点或区域处略微偏离与Z方向的正交关系的主表面。在一些实施方案中,如果两个片中的一者或两者具有在Z方向上延伸的量的主表面(即,具有Z尺

寸,因为主表面相对于Z方向倾斜),那么两个片可基本上平行,延伸的量不大于其在X-Y平面中尺寸的10%;在一些实施方案中,不大于5%;在一些实施方案中,不大于2%;并且在一些实施方案中,不大于1%。需注意,即使两个片不是平坦的或平面的,两个片仍然可以是基本上平行的。例如,如果两个片以相同的程度和相同的方式弯曲,使得两个片的主表面在沿着主表面的任何点或区域处相对于法线方向的取向仍落在上述范围内,那么两个弯曲的片可以是基本上平行的。

[0040] 术语“聚合物”和“聚合物材料”是指由一种单体制得的材料诸如均聚物,或是指由两种或更多种单体制得的材料诸如共聚物、三元共聚物等。术语“共聚物”和“共聚材料”是指由至少两种单体制得的聚合物材料。

[0041] 术语“室温”和“环境温度”可互换使用,表示20°C至25°C范围内的温度。

[0042] 在下文更详述的术语“有效拉伸模量”(ETM)是指在每单位宽度的张力对应变(伸长量除以原始长度)的曲线图中的线的斜率,如根据下文在实施例部分中描述的过程所测试的。

[0043] 在下文更详述的术语“有效弯曲模量”(EBM)是指当根据下文在实施例部分中描述的过程拉伸样本以引起弯曲时,在每单位宽度的张力对偏转角的无量纲近似值的曲线图中的线的斜率。

[0044] 术语“有效压痕模量”(EIM)是指当根据下文在被称为有效压痕模量的实施例部分中描述的过程测试样本时,在所施加的力对偏转距离的曲线图中的线的斜率。

[0045] 图1示出了根据本公开的一个实施方案的形状可成形设备100。与三维大体构造相反,设备100是片状或板状的,或具有片状或板状构造。

[0046] 如图1所示,设备100可包括:限定内部腔室104的包层(或壳体、或小袋)102;以至部分重叠且基本上平行的构造定位在腔室104中的至少两个相邻的锁定片110;以及包层102中的端口或开口115,其被定位成将腔室104与环境流体连通地联接,并且腔室104可通过端口或开口115例如通过联接到真空源120而被排空。

[0047] 为清楚起见,在图1中将包层102的顶边和底边示出为基本上间隔开的(即,具有连结它们的侧壁)。类似地,锁定片110被示出为基本上彼此间隔开。然而,应当理解,该图示仅仅用于更好且更清楚地示出锁定片110可如何相对于彼此堆叠并且可如何定位在腔室104中。实际上,设备100可看起来更平坦,具有片状或板状构造。

[0048] 设备100可被构造成形成为期望的形状并保持为期望的形状。即,设备100可具有第一状态,在第一状态下设备100是可成形的(如下文进一步描述的),使得设备100可形成为期望的三维形状(例如,如下所述表现出非零高斯曲率)。设备100还可具有第二状态,在第二状态下设备100具有期望的形状并且是基本上刚性的、或具有至少比第一状态下基本上更大的刚性,并且在第二状态下期望的形状被保持或锁定(即,基本上非可成形的)。

[0049] 因此,设备100在第一状态下是可成形的、可变形的、可适形的和/或可操纵的,并且在第二状态下是基本上不可成形的、不可变形的、不可适形的和/或不可操纵的。当描述设备100在第一状态下采取任何期望形状的能力时,可使用术语诸如可成形的、可变形的、可适形的和/或可操纵的,当设备100处于第二状态时相反的术语是真实的。

[0050] 为了呈现任何期望的三维形状并且根据本公开(在第一状态下)是“可成形的”,设备100具有柔韧性(或可弯曲性)和延展性两者。例如,根据本公开,高拉伸模量(例如,杨氏

模量)材料的实心片将不被认为是“可成形的”,因为它不能在类似量的力下延伸(例如,在合理量的力下,诸如可由手部施加的力)。一般来讲,当实现弯曲所需的力(无论是手动的或以其它方式的)的标度与延伸所需的力相当时,设备都可表现出可成形性。例如,如果需要约10-501b(45-224N)的力来引起设备弯曲,那么应当采用约10-501b(45-224N)的力来引起设备的延伸。典型的材料样本(简单地建模为具有厚度t、宽度w和长度L的仅在两端被支撑的矩形梁)将弯曲到最大偏转 $\delta_{bend} = \frac{FL^3}{4Ewt^3}$ (其中L是梁的长度,并且E是杨氏模量)。相同的材料样本将延伸 $\delta_{ext} = \frac{FL}{Ewt}$ 。使这种实心材料具有 $\delta_{bend} \sim \delta_{ext}$ 的唯一方式是在 $L \sim 2t$ 的情况下,这不是根据本公开的片或“片状”。

[0051] 为简单起见,可将第一状态描述为设备100是可成形的状态,或者设备100的形状(例如,三维形状)可改变或未锁定的状态;并且可将第二状态描述为设备100是“刚性”的状态,或者设备100的形状(例如,三维形状)是固定或锁定的状态。

[0052] 通过使用真空源120将腔室104排空(即,从腔室104移除气体),设备100可改变成第二状态。在设备100已形成为其期望的形状并且从第一状态改变到第二状态之后,端口115(或下文中描述的连接器122)可被密封和/或与真空源120断开连接,并且设备100可保持以期望的形状处于第二状态。

[0053] 图2A-图2B示出了根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备200,设备200是片状的。本公开的锁定片(未示出)容纳在由包层202限定的腔室内。腔室(未示出)可经由开口215和连接器222被排空,例如通过将连接器222连接到真空源(未示出)。图2A示出处于第一状态的设备200,在第一状态下包层202内的并且由包层202限定的腔室未被排空(即,未降低到显著低于环境压力)。在第一状态下时,设备200可形成为期望的形状(即,三维形状)。图2B示出在已形成为期望的形状并且从第一状态改变到第二状态以将设备200“锁定”(即,可逆地锁定)为期望的形状之后的设备200。连接器222在图2A和图2B中被示出为与包层202一体成形,使得在第二状态(图2B)下连接器202仍联接到包层202,但不一定非要这样。

[0054] 类似地,图3A-图3B示出了根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备300,设备300仍然是片状的,但具有管状构造。本公开的锁定片(未示出)容纳在由包层302限定的腔室内,并且可基本上平行于包层302的管状表面取向。锁定片也可以是管状的,或者一个或多个锁定片可围绕管件定位(例如,端对端或端重叠地)。单个长的锁定片也可围绕其自身多次缠绕以形成管状形状的许多层。包层302可经由开口315和连接器322被排空,例如通过将连接器322连接到真空源(未示出)。图3A示出处于第一状态的设备300,在第一状态下包层302内的并且由包层302限定的腔室未被排空(即,未降低到显著低于环境压力)。在处于第一状态时,设备300可形成为期望的形状(即,三维形状)。图3B示出在已形成为期望的形状并且从第一状态改变到第二状态以将设备300“锁定”为期望的形状之后的设备300。连接器322在图3A和图3B中被示出为与包层302一体成形,使得在第二状态(图3B)下连接器302仍联接到包层302,但不一定非要这样。

[0055] 仅以举例的方式分别示出图2A-图2B和图3A-图3B的设备200和300的构造。在本文中相对于本公开的形状可成形设备的其它实施方案描述的任何附加细节也可应用于设备200和300,反之亦然。

[0056] 虽然图2A-图3B中未示出,但是在一些实施方案中,与第一状态相比,本公开的设备在处于第二状态时可具有至少略微降低的体积。即,在一些实施方案中,相对于第一状态,处于第二状态的本公开的设备可至少部分折叠。在本公开的片状设备中,塌缩可主要发生在设备的厚度的方向(即,Z方向)上,在第一状态下该厚度相对于表面尺寸(即,限定设备的主表面的尺寸)已经很小。

[0057] 包层102大致由不透气的材料形成。包层102或其一部分(例如,其外表面的至少一部分)可由多种材料形成,这取决于设备100的期望用途。合适的包层材料的示例包括但不限于:复合材料、聚合物材料(例如,弹性体、热塑性、热固性、可生物降解的或它们的组合)或它们的组合。在一些实施方案中,包层102或其一部分(例如,其外表面的至少一部分)可由抵抗藏匿细菌和其它污秽的不可渗透(例如,液体和不透气)、非吸收性、微孔和/或非多孔材料形成。因此,包层102或其各自部分可容易被清洁和/或消毒。此外,在一些实施方案中,包层102或其一部分可包括抗菌层或抗菌涂层,以抑制微生物在包层102上聚集和/或生长。在一些实施方案中,包层102可由与普通消毒剂和清洁剂相容的材料形成,诸如氧化剂(例如,漂白剂、过氧化氢、稀释过乙酸等)、季铵消毒剂(例如,二甲基二癸基铵溴化物)、酚化合物(例如,三氯生)、清洁表面活性剂(例如,十二烷基硫酸钠)以及溶剂(例如乙二醇醚,诸如己基纤维素溶剂或己基卡必醇)。

[0058] 在一些实施方案中,包层102可由弹性体材料形成,弹性体材料是高度延展的和适形的,使得设备100的总体延展性或适形能力不受包层102的限制。换句话讲,包层102的延展性和适形能力至少是一个锁定片110的延展性和适形能力,或者至少是多个锁定片110的延展性和适形能力。更具体地,在一些实施方案中,包层102可具有小于一个锁定片110或小于多个锁定片110的拉伸模量(例如,杨氏模量或如实施例中阐述的有效拉伸模量)、弯曲模量(例如,如实施例中阐述的有效弯曲模量)和/或压痕模量(例如,如实施例中阐述的有效压痕模量)。

[0059] 在一些实施方案中,包层102可表现出不大于5N/mm(例如,例如根据实施例部分中描述的测试方法所测试的);在一些实施方案中,不大于3N/mm;在一些实施方案中,不大于1.5N/mm;在一些实施方案中,不大于1N/mm;在一些实施方案中,不大于0.5N/mm;并且在一些实施方案中,不大于0.1N/mm的有效拉伸模量。根据实施例的“测试过程”部分中所描述的方法,对以下实施例中使用的包层由自身进行了测试,并且发现其具有1.21N/mm的有效拉伸模量。

[0060] 弹性体材料的示例可包括硅氧烷、聚二甲基硅氧烷(PDMS)、液体硅橡胶、聚(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯)、其它合适的热塑性弹性体以及它们的组合。

[0061] 热塑性材料的示例可包括聚烯烃(例如,聚乙烯(高密度聚乙烯(HDPE)、中密度聚乙烯(MDPE)、低密度聚乙烯(LDPE)、线型低密度聚乙烯(LLDPE))、金属聚乙烯等,以及它们的组合)、聚丙烯(例如,无规和间规聚丙烯)、聚酰胺(例如,尼龙)、聚氨酯、聚缩醛(诸如迭尔林(Delrin))、聚丙烯酸酯和聚酯(诸如聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚对苯二甲酸乙二酯乙二醇(PETG)和诸如聚乳酸的脂肪族聚酯)、氟塑料(诸如购自明尼苏达州圣保罗市的3M公司(3M company, St. Paul, MN)的THV)以及它们的组合中的一个或多个。

[0062] 热固性材料的示例可包括聚氨酯、硅酮、环氧化物、三聚氰胺、酚醛树脂以及它们的组合中的一个或多个。

[0063] 可生物降解性聚合物的示例可包括聚乳酸(PLA)、聚乙醇酸(PGA)、聚(己内酯)、丙交酯和乙交酯的共聚物、聚(乙烯琥珀酸)、聚羟基丁酸盐以及它们的组合中的一个或多个。

[0064] 在采用聚合物包层102的实施方案中,包层102可通过多种方法形成,包括相对容易的制造方法,诸如挤出、模制或它们的组合。

[0065] 在一些实施方案中,包层102的一个或多个表面(例如,其外表面)或者其一部分可包括低摩擦表面,其可通过各自表面的材料组合物和/或纹理实现,或者通过处理该表面实现(例如,使用涂层或通过低摩擦层联接到包层102的期望部分等)。

[0066] 在一些实施方案中,当腔室104内的内部压力等于环境压力(例如,在海平面处为约101kPa)或在环境压力的 $\pm 5\%$ 以内时,设备100可处于第一状态。然而,腔室104可至少部分被排空(例如,通过将端口115联接到真空源120并且排空腔室104,即从腔室104移除气体)以将设备100改变到第二状态,在第二状态下腔室104内的内部压力降低到低于环境压力(例如,低于环境压力大于5%)。

[0067] 真空源120仅在图1中示意性地示出,但是应当理解,多种合适的真空源可联接到设备100。例如,真空源120可包括但不限于机械泵、诸如注射器-柱塞组合的手动泵、可降低腔室104中的压力的其它合适的真空源、或它们的组合中的一个或多个。

[0068] 真空源120仅以举例的方式被示出为通过连接器122联接到设备100的端口115。连接器122以举例的方式被示出为管道。在一些实施方案中,连接器122和真空源120中的一个或两个可被认为形成设备100的一部分(例如,包层102可与连接器122一体成形或包括连接器122);然而,在一些实施方案中,设备100可被认为联接到连接器122和真空源120中的一个或两个。

[0069] 锁定片110在图1中被示出为形成锁定片110的叠堆。为了简单起见并且仅以举例的方式,叠堆被示出为包括四个锁定片110。然而,应当理解,在本公开的设备中可采用少至两个锁定片以及与结构上可能的一样多的锁定片。虽然图1的锁定片110被示出为叠堆中的分立的片,但是应当理解,“至少两个锁定片”一般是指锁定片的至少两个重叠区段或部分,并且这些重叠区段或部分实际上不需要是分立的片,而相反地可以是一个长锁定片的彼此层叠的区段或部分,例如通过使长锁定片成之字形、通过卷绕锁定片、或者通过其它方式布置长锁定片,使得其包括至少两个重叠的部分或区段。为简单起见,这在本文和所附权利要求书中将被描述为“至少两个锁定片”。

[0070] 可将锁定片110的数目选择为在第一状态下提供设备100的足够的可成形性、同时在第二状态下还提供足够的刚性用于给定应用的数目。在一些实施方案中,所采用的锁定片110的数目可取决于每个锁定片110的材料构成和厚度。

[0071] 本公开的锁定片110可由多种材料形成,这取决于设备100的期望应用或用途。合适的锁定片材料的示例包括但不限于:纸材;金属,其可被退火用于增强的可锻性(例如,钢、铝);聚合物材料(例如,ABS或迭尔林)、复合材料(例如,碳纤维);其它类似的合适材料以及它们的组合。

[0072] 在一些实施方案中,锁定片110可全部由相同的材料形成;然而,在一个设备100中采用的锁定片110不需要全部由相同的材料形成。在一些实施方案中,锁定片110中的一些锁定片由相同的材料形成,而其它锁定片110由一种或多种不同的材料形成。在一些实施方案中,锁定片110可根据材料构成诸如以交替构造布置(例如,堆叠)在腔室104中。例如,在

一些实施方案中,由第一材料形成的锁定片110可邻近由第二材料形成的锁定片110定位,第二材料可邻近由第一材料形成的锁定片110定位,等等。然而,在一些实施方案中,由不同材料形成的锁定片110可以其它构造或甚至随机地布置在腔室104中。

[0073] 在一些实施方案中,锁定片110可全部具有相同的厚度(即,在与锁定片110的主表面正交的Z方向上);然而,在一些实施方案中,在一个设备100中采用的锁定片110不需要全部具有相同的厚度。在一些实施方案中,锁定片110中的一些锁定片可具有相同的厚度,而其它锁定片110具有一个或多个不同的厚度。在一些实施方案中,锁定片110可根据厚度,例如以增加的厚度、减小的厚度、交替的厚度、另一个合适构造或它们的组合的次序布置(例如,堆叠)在腔室104中。然而,在一些实施方案中,具有不同厚度的锁定片110可随机布置在腔室104中。

[0074] 此外,在一些实施方案中,一个或多个锁定片110可具有变化的厚度,使得厚度在整个锁定片110中不是恒定的。

[0075] 在一些实施方案中,锁定片110可通过多种方法形成,包括但不限于挤出、模制、激光切割、喷水、机加工、立体光照型技术或其它3D印刷、激光烧蚀、光刻、化学蚀刻、旋转模切、压印、其它合适的负极或正极加工技术,或它们的组合。

[0076] 当设备100处于第一状态时,锁定片110可以是可成形的,并且可相对于彼此滑动,即,使得相邻锁定片110的主表面越过彼此滑动(例如,在X和Y方向上),并且还可以在沿着锁定片110的主表面的任何点正交的Z方向上相对于彼此移动。然而,当设备100处于第二状态时(即,当腔室104被排空时),锁定片110可以是在表面(例如,X和Y)中以及Z方向上相对于彼此基本上不可移动或“被锁定”,使得设备100是“基本上/实质上不可移动的”或“基本上/实质上被锁定的”。

[0077] “基本上/实质上不可移动的”或“基本上/实质上被锁定的”设备100也可被称为“基本上刚性的”、“远大于第一状态下的刚性”、或者“远不如第一状态下可成形”,并且在一些实施方案中,其特征在于可通过将当设备100处于第二(锁定)状态时设备100的材料特性(例如刚度的测量,诸如拉伸模量)与当设备100处于第一(解锁)状态时设备100的相同材料特性进行比较,如下文更详述。

[0078] 如图1进一步示出,每个锁定片110的至少一部分可被图案化或分割成实心区域132和开口区域134(即,实心区域132之间的间隙或自由空间),使得实心区域132中的至少一些实心区域能够在锁定片110的主表面S内相对于彼此移动。为了说明的简单和清楚起见,图1的锁定片110被示出为具有实心轮廓;然而,应当理解,更可能的是,锁定片110的边缘将不是连续实心的,相反将由实心区域132和开口区域134以及可能地实心区域132的不完整部分组成。为简单和清楚的目的,现在将更详述一个锁定片110;然而,应当理解,下文描述的附加细节可应用于设备100的任何锁定片110。

[0079] 仅以举例的方式,图4的第一锁定片110的单独实心区域132的顶部(或底部)表面共同限定锁定片110的一个或多个主表面。为简单起见,一个示例性主表面S在图1和图4中被示出为基本上平面的,但是当锁定片110形成为期望的形状(例如,通过形成在物体上或符合复杂的表面)时,主表面S可采取任何复杂的形状。此类复杂形状可以是可能的,因为实心区域132能够在主表面S内相对于彼此移动。即,主表面S的形状可改变(例如,由于限定主表面S的实心区域132的相对移动),并且可以是非常复杂的。然而,无论主表面S具有什么形

状,实心区域132都可在主表面S内相对于彼此移动。此类移动可包括相对于彼此弯曲(例如,偏转进入和离开主表面S,但是在这样做时还重新限定主表面S),使得所得到的锁定片110是可弯曲的,以及还朝向和远离彼此移动,使得所得到的锁定片110是可延展的。柔韧性(可弯曲性)和延展性的这种组合形成了可成形的锁定片110。

[0080] 虽然应当理解,实心区域132在与主表面S正交的Z方向上也具有厚度,但是将存在由实心区域132共同限定的主表面(例如,主表面S),并且实心区域132将能够在该主表面内移动。实心区域132也能够相对于彼此移动进入和离开该主表面,或者相对于彼此在Z方向上移动。然而,本公开的锁定片的关键辨别特性是它们以此类方式被图案化成实心区域和开口区域,使得实心区域至少能够在锁定片110的主表面内相对于彼此移动。

[0081] 实心区域132进入和离开锁定片110的主表面的相对移动允许锁定片形成任何空间表面。例如,锁定片110可围绕球体或甚至人脸的轮廓平滑地形成而不起褶皱。这是可能的,因为实心区域132可在主表面内相对于彼此弯曲和延伸。锁定片110(或多个锁定片110)变形成任何期望的空间表面拓扑的能力可能受实心区域132的大小和柔韧性/延展性的限制,实心区域132限定了锁定片110的可调整以适应应用的一种空间分辨率。

[0082] 具体地,实心区域132可在主表面内相对于彼此从第一位置移动到第二位置,并且更具体地,可相对于彼此移动从第一位置移动到第二位置,这在形成锁定片110的材料没有任何塑性变形的情况下能够被维持。这与如下材料片相反:其中已切割开口,使得材料已被简单地移除以形成片,或者由织造的材料段或股形成的材料片。在此类片中,开口可为实心部分提供空间,以使其相对于彼此略微移动或摆动,但不能从第一位置移动到第二位置,这在不发生塑性变形的情况下能够被维持。例如,如果移动此类片的实心部分使得所施加的应力使材料在其弹性极限内延伸,那么一旦应力被移除,材料就将返回到其第一位置;并且如果移动材料使得所施加的应力使材料延伸超过其弹性极限,那么将发生塑性变形。即,如果材料片在一个或多个方向上仅包括连续的材料带或材料股,那么片的在这一个或多个方向上的材料特性将等于构成连续带或股的材料材料特性。相反,本公开的锁定片110由一种材料形成,但是包括与材料本身的特性不同的总体材料特性,并且具体地,在测试材料特性的任何方向上。

[0083] 在一些实施方案中,实心区域在主表面内的相对运动可通过材料特性比率来表征或量化,材料特性比率将构成实心区域132的材料的给定材料特性与将锁定片110图案化或分割成实心区域132和开口区域134而产生的锁定片的总体材料特性进行比较。即,实心材料段(例如,钢、纸材等)的作用将与由相同材料形成的本公开的锁定片110(即,具有实心区域132和开口区域134)基本上不同。

[0084] 例如,锁定片110可由具有第一有效拉伸模量( $E_0$ )的材料形成,并且实心区域132和开口区域134可被布置成使得锁定片110具有总有效拉伸弹性模量( $E_1$ ;例如当在锁定片110的主表面内沿任何或所有表面方向测试时),并且 $E_0/E_1$ 的比率为至少2;在一些实施方案中,至少3;在一些实施方案中,至少4;在一些实施方案中,至少5;在一些实施方案中,至少10;在一些实施方案中,至少20;在一些实施方案中,至少50;在一些实施方案中,至少100;在一些实施方案中,至少1000;并且在一些实施方案中,至少10,000。在一些实施方案中, $E_0/E_1$ 的比率可以不大于100,000;在一些实施方案中,不大于50,000;并且在一些实施方案中,不大于25,000。

[0085] 在一些实施方案中,总有效拉伸模量 $E_1$ 在锁定片110的主表面上可以是变化的,使得在锁定片110的第一区域或部分上的有效拉伸模量 $E_1$ 可能与在第二区域或部分上的有效拉伸模量不同,但是第一区域处 $E_0/E_1$ 的比率为至少为2,并且第二区域处 $E_0/E_1$ 的比率为至少为2。即,即使锁定片110的总体刚度在片上是变化的,在锁定区域的任何给定位置、部分或区域处 $E_0/E_1$ 的比率仍为至少为2。

[0086] 在一些实施方案中,锁定片110可由具有第一有效拉伸模量( $E_0$ )的材料形成,并且实心区域132和开口区域134可被布置成使得设备100在处于第一或未锁定状态时整体上具有总有效拉伸模量( $E_a$ ),并且 $E_0/E_a$ 的比率为至少为2;在一些实施方案中,至少3;在一些实施方案中,至少4;在一些实施方案中,至少5;在一些实施方案中,至少10;在一些实施方案中,至少20;在一些实施方案中,至少50;在一些实施方案中,至少100;在一些实施方案中,至少1000;并且在一些实施方案中,至少10,000。在一些实施方案中, $E_0/E_a$ 的比率可以不大于100,000;在一些实施方案中,不大于50,000;并且在一些实施方案中,不大于25,000。

[0087] 在一些实施方案中,设备100在第一(未锁定)状态下的总有效拉伸模量 $E_a$ 在设备100上可以是变化的,使得设备100的第一区域或部分上的总有效拉伸模量 $E_a$ 可能与第二区域或部分上的总有效拉伸模量不同,但第一区域处 $E_0/E_a$ 的比率为至少2,并且第二区域处 $E_0/E_a$ 的比率为至少2。即,即使设备100的总体刚度在片上是变化的,在锁定区域的任何给定位置、部分或区域处 $E_0/E_a$ 的比率仍为至少2。

[0088] 在一些实施方案中,锁定片110可由具有屈服应变( $\epsilon_0$ ) (即,在弹性极限处或在塑性变形开始处的应变,如通过针对所考虑的特定材料的标准方法所定义或确定的)的材料形成,并且实心区域132和开口区域134可被布置成使得由该材料形成的锁定片110能够操作超过该应变极限,并且仍然不会遭遇塑性变形。例如,在一些实施方案中,形成锁定片110的实心区域132的材料具有屈服应变( $\epsilon_0$ ),实心区域132和开口区域134被布置成使得锁定片110被构造成经历应变( $\epsilon_1$ )而不会在设备处于第一状态时产生任何材料,并且其中应变比率 $\epsilon_1/\epsilon_0$ 为至少1;在一些实施方案中,至少2;在一些实施方案中,至少3;在一些实施方案中,至少5;在一些实施方案中,至少10;在一些实施方案中,至少50;在一些实施方案中,至少100;在一些实施方案中,至少1000;在一些实施方案中,至少10,000;在一些实施方案中,至少50,000;并且在一些实施方案中,至少100,000。

[0089] 在一些实施方案中,至少部分地由于实心区域132在锁定片110的主表面内的相对运动,在处于第一状态时,设备100和/或锁定片110可表现出三维适形能力。适形能力可被定义在设备100具有极少或没有褶皱(例如,聚集)的情况下设备100形成在三维物体(例如,球体或更复杂的三维物体)上(即,基本上符合三维物体)的能力。

[0090] 例如,在一些实施方案中,设备100和/或锁定片110在第一状态下可基本上符合具有非零高斯曲率的复杂表面,使得设备100和/或锁定片110可表现出围绕两个正交轴的同时曲率,例如该同时曲率需要变形平面的面积变化。例如,实心纸材段基本上不能符合具有非零高斯曲率的表面(即,纸材在这样做时将聚集并形成褶皱)。然而,已经以此类方式被分割或图案化成包括实心区域和开口区域的纸材段可基本上符合具有非零高斯曲率的复杂表面,使得实心区域能够在纸材段(例如,表现出至少为10的 $E_0/E_1$ 比率(例如,在任何方向上)图案化或分割的纸材段)的主表面中相对于彼此移动。

[0091] 具有非零高斯曲率的复杂表面仅仅是设备100和/或锁定片110在第一状态下可基

本上符合的复杂表面的一个示例。应当理解,由于设备100和/或锁定片110的可成形性(即,柔韧性(可弯曲性)和延展性的组合),设备100和/或锁定片110也可基本上符合其它复杂的非高斯表面。

[0092] 在一些实施方案中,可使用第一状态和第二状态的刚度比率(如下所述,或下述模量比率中的任一个)来限定和辨别设备100的第一“可成形”状态和设备100的第二“刚性”状态。

[0093] 在一些实施方案中,设备100的第一状态和第二状态可通过刚度比率( $S_L/S_{UL}$ )来表征和/或辨别。刚度比率( $S_L/S_{UL}$ )可以是当设备100处于第二状态时设备100的第二(或锁定的)刚度 $S_L$ (例如,拉伸模量、弯曲模量、压痕模量或另一个合适模量中的一个或多个)与当设备100处于第一状态时设备100的第一(或未锁定的)刚度 $S_{UL}$ 的比率。

[0094] 在一些实施方案中,刚度比率( $S_L/S_{UL}$ )可为至少2;在一些实施方案中,至少3;在一些实施方案中,至少4;在一些实施方案中,至少5;在一些实施方案中,至少8;在一些实施方案中,至少10;在一些实施方案中,至少15;在一些实施方案中,至少20;在一些实施方案中,至少40;并且在一些实施方案中,至少50。

[0095] 因此,在一些实施方案中,如上所述,设备100可被描述为具有第一状态和第二状态,其中第二状态下设备100的刚度与第一状态下设备100的刚度的刚度比率( $S_L/S_{UL}$ )为至少2;在一些实施方案,至少3;等等。换句话讲,第二状态可被表征为这样的状态:在该状态下设备100具有的刚度是第一状态下设备100的刚度的至少2倍;在一些实施方案中,第一状态下设备100的刚度的至少3倍;等等。换句话讲,第一状态可被表征为这样的状态:在该状态下设备100具有的刚度不大于第二状态下设备100的刚度的1/2;在一些实施方案中,不大于第二状态下设备100的刚度的1/3;等等。

[0096] 在一些实施方案中,设备100的第一状态和第二状态可通过具体模量比率来表征和/或辨别。例如,在一些实施方案中,第一状态可通过第一(未锁定的)有效拉伸模量( $E_{UL}$ )来表征,并且第二状态可通过第二(锁定的)有效拉伸模量( $E_L$ )来表征,并且第二模量与第一模量的比率( $E_L/E_{UL}$ )可为至少2;在一些实施方案中,至少3;在一些实施方案中,至少4;在一些实施方案中,至少5;在一些实施方案中,至少8;在一些实施方案中,至少10;在一些实施方案中,至少15;在一些实施方案中,至少20;在一些实施方案中,至少40;并且在一些实施方案中,至少50。

[0097] 术语“有效拉伸模量”(EIM)是指当根据稍后在被称为有效拉伸模量的实施例部分中描述的过程进行测试时,在每单位宽度的张力对应变(伸长量除以长度)的曲线图中的线的斜率。该模量类似于杨氏模量,但适用于通过用薄片状材料的每单位宽度的力代替应力轴来测试该片状材料,其中宽度是垂直于所施加的张力的方向测量的。常规意义上,通过将样本的增加的伸长量除以其原始长度(即,  $\Delta L/L$ )来测量应变。这种有效拉伸模量对测量本公开的设备100和锁定片110是有用的,因为这些物体的横截面积可能难以测量(具体地,被图案化成实心区域132和开口区域134的锁定片110)。

[0098] 术语“有效弯曲模量”(EBM)是指当根据下文在被称为有效弯曲模量的实施例部分中描述的过程拉伸样本以引起弯曲时,在每单位宽度的张力对偏转角的无量纲近似值的曲线图中的线的斜率。该模量适用于通过使用薄片状材料的每单位宽度的力来测试该片状材料,其中宽度是垂直于所施加的弯曲力的方向测量的。通过将片的端部在所施加的载荷下

移动的距离除以片的长度,近似得到从夹具到所施加的载荷的弯曲角度。类似于有效拉伸模量,该模量对测量设备100和锁定片110是有用的,因为这些物体的横截面积可能难以测量(具体地,被图案化成实心区域132和开口区域134的锁定片110)。该EBM也是有用的,因为在更传统的过程中,图案化的锁定片110可能缺乏跨待测量弯曲度的支撑物支撑其自身的强度。

[0099] 术语“有效压痕模量”(EIM)是指当根据下文在被称为有效压痕模量的实施例部分中描述的过程测试样本时,在所施加的力对偏转距离的曲线图中的线的斜率。应当规定在过程期间使用的环的直径,因为它会影响读数。如果使用相同直径的环,那么这是用于比较各种材料片的有效过程。该测试在一定程度上测量片的弯曲以及另外延伸能力。因此它与片的适形能力具有相关性。然而,该测试并不区分褶皱而不是以基本上连续的方式使其形状变形的材料。

[0100] 在一些实施方案中,设备100的第一状态可通过这样的设备100来表征:在一些实施方案中,其具有的有效拉伸模量(如本文所定义的)小于20N/mm;在一些实施方案中,小于10N/mm;在一些实施方案中,小于5N/mm;并且在一些实施方案中,小于1N/mm。

[0101] 如上所述,在一些实施方案中,锁定片110中的实心区域132可以是连续的,即,连接到一个或多个相邻的实心区域132;并且在一些实施方案中,实心区域132可以是与锁定片110的主表面中的相邻实心区域132分立的或分开的。在一些实施方案中,设备100可包括全部连续的锁定片110(即,采用连续的实心区域132)或全部不连续的锁定片110(即,采用分立的实心区域132)。在一些实施方案中,设备100可包括连续的和分立的实心区域锁定片110的组合。即,在一些实施方案中,设备100中的至少一个锁定片110可包括连续的实心区域132,并且设备100中的至少一个锁定片110可包括分立的实心区域132。

[0102] 在一些实施方案中,设备100中的多个锁定片110可全部具有相同的图案(如图1所示),可全部具有不同的图案,或者它们的组合。图案的任何排列都是可能的。例如,在一些实施方案中,不同图案的锁定片110可以交替方式(例如,A、B、A、B等)布置,可以块图案(例如,A、A、B、B等)布置,或者它们的组合(例如,A、A、B、B、A、A等)。另外,在一些实施方案中,不同图案的锁定片110可随机布置(即,堆叠)。

[0103] 在一些采用相同图案的至少两个锁定片110的实施方案中,两个相同图案的锁定片110可被布置成基本上彼此对准,使得一个锁定片110中的实心区域132与相邻(即,在上方或下方)锁定片110中的实心区域132基本上重叠并对准,如图1所示。

[0104] 然而,在一些实施方案中,如图4所示,两个相同图案的锁定片110可相对于彼此交错,使得第一锁定片110中的实心区域132与第二锁定片110'中的开口区域134'重叠,并且第一锁定片110中的开口区域134与第二锁定片110'中的实心区域132'重叠。在图4中,顶部的第一锁定片110被示出为白色,并且底部的第二锁定片110'具有以浅灰色示出的实心区域132'和以暗灰色示出的开口区域134'。更具体地,在采用连续实心区域132的一些实施方案中,如图1和图4所示,实心区域132可包括岛状物以及定位成将每个岛状物连接到相邻岛状物的一个或多个连接件或桥接件。

[0105] 如图4所示,第一锁定片110包括具有八边形形状的岛状物136,并且每个岛状物136分别通过一个或多个桥接件138连接到一个或多个相邻岛状物136。岛状物136被布置成正方形堆积的布置,使得锁定片110的图案包括重复单元或单元格,其包括分别通过四个桥

桥接件138连接到四个相邻岛状物136的一个中心八边形岛状物136,四个桥接件138围绕岛状物136等距隔开,使得每个岛状物136的每隔一个八边形边缘连接到桥接件138。以举例的方式,每个桥接件138包括90度弯曲部,并且来自同一岛状物136的每个桥接件138沿相同方向(即,顺时针或逆时针)弯曲,使得开口区域134包括四个相邻岛状物136之间的包括两个桥接件138的基本上正方形的空间,并且使得第一锁定片110的图案包括围绕每个岛状物136的中心的4倍旋转对称。

[0106] 此外,由于岛状物136的致密堆积,图案包括交错的水平行岛状物136、交错的垂直行岛状物136以及对角线行岛状物136。每个岛状物136具有与同一水平行中的任何岛状物136的桥接件沿相同方向(即,顺时针或逆时针)弯曲的桥接件138,但是与相邻水平行中的任何岛状物136的桥接件沿相反方向弯曲。类似地,每个岛状物136具有与同一垂直行中的任何岛状物136的桥接件沿相同方向(即,顺时针或逆时针)弯曲的桥接件138,但是与相邻垂直行中的任何岛状物136的桥接件沿相反方向弯曲。然而,每个岛状物136具有与同一对角线行中(在任何方向上)的相邻岛状物136的桥接件沿相反方向弯曲的桥接件138。

[0107] 第二锁定片110'具有与第一锁定片110相同的图案,即,还包括岛状物136'和桥接件,但是第二锁定片110'中的桥接件在图4中不可见,因为第一锁定片110中的岛状物136被定位成与第二锁定片110'的桥接件重叠。此外,第一锁定片110中的每个岛状物136也部分与第二锁定片110'中的四个岛状物136'重叠。

[0108] 图4的锁定片110、110'的具体图案仅以举例的方式示出,并且具体地,为了说明设备100中的相邻锁定片110(例如,采用相同的图案)可如何交错使得一个锁定片110中的实心区域132可以与相邻锁定片110中的开口区域134'重叠。

[0109] 不连续锁定片(即,采用分立的实心区域)的示例在图7-图10D中示出。连续锁定片(即,采用连续的实心区域)的附加示例在图11-图25中示出并且在下文进行描述。

[0110] 此外,或另选地,在一些实施方案中,设备100中的相邻锁定片110(例如,无论具有相同还是不同的图案)可围绕相对于每个锁定片110基本正交或垂直于每个锁定片110的z轴相对于彼此旋转。即,在一些实施方案中,即使锁定片110包括相同的图案,一个或多个锁定片110也可相对于彼此旋转,使得图案并不直接且相同地彼此重叠。例如,在一些实施方案中,第一锁定片110可围绕z轴相对于第二锁定片110以90度的角度旋转。在一些实施方案中,例如,如果采用多于两个锁定片110,那么锁定片110可被布置成使得图案旋转与每个片交替,使得第一片和第三片可精确地重叠(即,相对于彼此不旋转),而第二片和第四片彼此精确地重叠,但是相对于第一片和第三片以一定角度旋转。在其它实施方案中,每个锁定片110可相对于每个相邻的锁定片110以一定的角度旋转。例如,第二锁定片110可相对于第一锁定片110以90度的角度旋转,第三锁定片110可相对于第二锁定片110以90度的角度旋转,等等。

[0111] 在一些实施方案中,一个锁定片110可包括多于一种图案的实心区域132和开口区域134。即,在一些实施方案中,给定锁定片110内的图案不需要是恒定的。例如,锁定片110的周边附近的图案可不同于锁定片110的中心附近的图案,或者在整个给定的锁定片110中图案可以改变或甚至是随机的。

[0112] 在一些实施方案中,一个或多个锁定片110可在一个或多个点或位置固定(例如,钉或胶合)到包层102和/或一个或多个其它锁定片110。在此类实施方案中,锁定片110可通

过下文描述的相对于将图7的分立实心区域532联接到包层502的任何联接装置联接到包层102和/或其它锁定片110。

[0113] 即,在一些实施方案中,设备100中的至少一个锁定片110可包括变化图案的实心区域132和开口区域134。图案中的此类变型本身可遵循一定的图案,可以是块图案(例如,锁定片110的一半上的一个图案和另一半上的不同图案),可以是随机的,或它们的组合。

[0114] 在一些实施方案中,锁定片110或其一部分(例如,被取向成面向另一个锁定片110的表面125、125'(参见图4和图5))可包括高摩擦表面,其可通过各自表面的材料组成和/或纹理实现,或者通过处理该表面实现(例如,使用涂层、通过将高摩擦层联接到锁定片110的期望部分等)。当设备100改变到第二状态时,此类高摩擦表面可便于将锁定片110卡在一起。因此,此类高摩擦表面可增强设备100在第二状态下的刚度(例如,任何上述类型的刚度)。

[0115] 在一些实施方案中,高摩擦表面可以是制造过程的固有结果。例如,纸材本身可具有足够高摩擦的表面,用于由纸材制成的两个锁定片110在真空下相互接合。在其它实施方案中,高摩擦表面可通过压花、滚花、任何合适的微复制工艺、研磨、喷砂、模制、压印、气相沉积、形成高摩擦表面的其它合适手段或它们的组合中的一种或多种形成。

[0116] 图5示出了图4的两个交错的、重叠的锁定片110、110'的一部分的侧面剖视图。在图5中,示出了包括岛状物136、136'的前台实心区域132、132'以及前台开口区域134、134',但是为清楚起见,桥接件138和背景岛状物136、136'从每个锁定片110、110'移除。

[0117] 如图5所示,每个锁定片110、110'包括被构造成面向另一个锁定片110'、110的表面125、125'。然而,第二锁定片110'的表面125'被示出为包括高摩擦表面,并且具体地,被构造成包括在Z方向上朝向第一锁定片110延伸(或者在第一锁定片110的方向上具有Z尺寸)的接合特征部140'的高摩擦表面125'。仅以举例的方式,接合特征部140'被示出为等间距的柱子。可用于本公开的锁定片的合适的结构化高摩擦表面的一个示例是以商品名“3M™夹持材料”购自明尼苏达州圣保罗市(St. Paul, MN)的3M公司的纹理化或结构化材料。

[0118] 整个表面125'不需要包括高摩擦表面特征,而是在一些实施方案中,表面125'的仅一部分是高摩擦表面。在图5所示的实施方案中,第二锁定片110的每个岛状物136'仅以举例的方式被示出为包括柱子或钉。在一些实施方案中,这些柱子可以分布在每个岛状物136'的整个区域上,并且在一些实施方案中,柱子可分布在一些或所有岛状物136'的区域的一部分上。

[0119] 柱子仅以举例的方式被示出为高的、薄的、销轴状的圆柱形柱子;然而,应当理解,在本公开的结构化高摩擦表面中可采用多种结构形状,包括但不限于其它横截面形状(例如,正方形、三角形、多边形等)的柱子、正方形金字塔、三角形金字塔、其它合适的形状或它们的组合。

[0120] 尽管在图5中未示出,在一些实施方案中,第一锁定片110可包括开口或凹陷部,其尺寸设计为接收第二锁定片110'的接合特征部140'(即,与其相互接合)。另选地或除此之外,第一锁定片110的表面125还可包括在Z方向上朝向第二锁定片110'延伸并且可与第二锁定片110'的结构140'相互接合或互锁的接合特征部。在此类实施方案中,只要第一锁定片110上的接合特征部仍然可以与结构140'相互接合,该接合特征部就不需要与第二锁定片110'上的接合特征部相同。因为第一锁定片和第二锁定片110、110'可各自包括一个或多

个柱子或延伸部、一个或多个凹陷部或开口或它们的组合,所以一般来讲第一锁定片110可被描述为具有包括多个第一接合特征部的表面125,并且第二锁定片110'可被描述为具有被构造成接合多个第一接合特征部的多个第二接合特征部。

[0121] 应当理解,图5的交错构造仅以举例的方式示出,并且高摩擦表面(例如,包括相互接合的接合特征部)也可用于非交错的(例如,对准的)锁定片中。

[0122] 在一些实施方案中,具体地,在交错构造中,第一锁定片110中的开口区域134的尺寸可被设计为与第二锁定片110'的接合特征部140'相互接合,使得第一锁定片110的开口区域134可用作多个第一接合特征部。在其它实施方案中,可将锁定片110、110'图案化成使得当实心区域132在相应锁定片110的主表面中相对于彼此移动时,即当设备100形成为期望的形状时,第一锁定片和第二锁定片110、110'中的实心区域132、132'可稍微倾斜或旋转离开其相应锁定片110的主表面。在此类实施方案中,第一锁定片或第二锁定片110、110'中的倾斜或旋转的实心区域132、132'可分别与另一个锁定片110'或110中的实心区域132'、132和/或开口区域134'、134相互接合。

[0123] 虽然相邻锁定片110上的结构可被描述为相互接合的,但是应当理解,此类相互接合的结构一般是可逆地相互接合的,使得设备100可根据需要从第一状态改变到第二状态,并且再次返回到第一状态。这可提供在设备100第一次改变到第二状态之后设备100未丢失的可成形性。

[0124] 图6A-图10D示出了本公开的各种形状可成形设备,其中类似的数字表示类似的元件。图6A-图10D的形状可成形设备共享许多与上文相对于图1、图4和图5所述的设备100相同的元件、特征部和功能。为了更完整地描述图6A-图10D所示实施方案的特征部和元件(以及此类特征部和元件的替代形式),参考上文结合图1-图5作的描述。上文相对于图1、图4和/或图5所述的任何特征部可应用于图6A-图10D的实施方案中的任一者,反之亦然。

[0125] 图6A-图6C示出了根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备400,其采用包括连续的实心区域432、开口区域434以及被构造成面向相邻锁定片410的表面425的连续锁定片410。与三维大体积构造相反,设备400是大致片状或板状的,或具有片状或板状构造。图6A-图6C还示出了根据本公开的一个实施方案的使用形状可成形设备400的方法。

[0126] 设备400包括限定腔室404的包层402、锁定片410、端口415、连接器422以及真空源420,它们各自仅出于说明的目的示意性地示出。虽然为了说明的目的示意性地示出了锁定片410的实心区域432和开口区域434,但是应当理解,锁定片410与本公开的任何其它锁定片一样被图案化,并且旨在表示本公开的连续锁定片(即,采用连续的实心区域432,诸如上文或下文所述的那些的任一种)。如图所示,实心区域432可包括岛状物436。与本公开的任何其它连续锁定片图案一样,岛状物436可通过延伸穿过开口区域434的桥接件连接到相邻岛状物;然而,为简单起见,桥接件在图6A-图6C中未示出。此外,为说明的目的,仅以举例的方式示出七个岛状物436。

[0127] 每个锁定片410的表面425包括高摩擦表面,并且具体地,包括多个接合特征部440。顶部锁定片410可被称为具有多个第一接合特征部440的第一锁定片410,并且底部锁定片410可被称为具有多个第二接合特征部440的第二锁定片410,多个第二锁定片被构造成接合多个第一接合特征部440。表面425以举例的方式被示出为包括跨整个表面425的高摩擦表面,即接合特征部440;然而,如上所述,不一定非要这样。接合特征部440被示意性地

示出为具有三角形横截面形状,使得一个锁定片410中的接合特征部440可与另一个锁定片410中的接合特征部440相互接合。具体地,接合特征部440示意性地表示在Z方向上朝向相邻锁定片410突出的接合特征部440,由此使得当锁定片410进行接触时,来自一个锁定片410的接合特征部440将被移动到另一个锁定片410中的相邻接合特征部440之间的开口或空间中。

[0128] 虽然为简单起见在图6A-图6C中示出了两个锁定片410,但是应当理解,在设备400中可采用与结构上可能的或必要的一样多的锁定片410。在采用多于两个锁定片410的实施方案中,两个或更多个锁定片410可各自包括在取向成面向另一个锁定片410的表面425上的一个或多个高摩擦表面(例如,具有接合特征部440)。在一些实施方案中,每个锁定片410(或至少定位在两个相邻锁定片410之间的中间锁定片410)可包括两个表面425,每个表面被取向成面向相邻锁定片410,并且每个表面425(例如,顶部表面和底部表面)可包括一个或多个高摩擦表面(例如,具有接合特征部440)。

[0129] 图6A中示出处于第一状态的设备400。在第一状态下,腔室404内的压力可基本上与腔室404外部的压力(即,环境压力)相同。如图6B所示,在第一状态下,设备400可形成为任何期望的形状,并且锁定片410(例如,实心区域432)可相对于彼此滑动和/或可朝向彼此或远离彼此移动(即,在相对于锁定片410正交或垂直于锁定片410的Z方向上)。还如图6B所示,除包层402之外,锁定片410是可延展的且可成形的,由于相邻锁定片410之间的相对运动以及可发生在每个锁定片410的主表面内的实心区域432之间的相对运动。

[0130] 在已实现期望的形状之后,可激活真空源420以排空腔室404,由此将腔室404中的压力降低到低于环境压力。当腔室404被排空时,锁定片410被迫彼此接触,并且设备400的期望形状实质上被锁定。如图6C所示,在锁定片410包括高摩擦表面、并且具体地接合特征部440的实施方案中,一个锁定片410的接合特征部440可与另一个锁定片410上的接合特征部440相互接合,如上所述。相邻锁定片410之间的此类相互接合可增强第二状态下设备400的刚度或刚性。

[0131] 如上所述,通过经由真空源420维持真空压力,或者通过在腔室404中的压力已经降低之后密封端口415或连接器422,可将设备400维持在如图6C所示的第二状态下达期望长的时间。

[0132] 现在将相对于图6A-图6C的设备400描述根据本公开的一个实施方案的方法。此类方法可包括提供处于第一状态的设备400,如图6A所示,在第一状态下设备400是可成形的并且锁定片410可相对于彼此滑动,并且每个锁定片410的实心区域432、包括岛状物436可在锁定片410的主表面内相对于彼此移动。此外,在第一状态下,锁定片410的被取向成面向另一个锁定片410的表面425上的任何高摩擦表面(例如,包括接合特征部440)可在不相互接合或仅间歇地接合的情况下移动越过相邻锁定片410上的另一个高摩擦表面(例如,包括接合特征部440)。

[0133] 该方法还可包括将设备400形成为期望的形状(即,三维形状),如图6B所示,其中设备400的可成形性至少部分地通过实心区域432(例如,岛状物436)在锁定片410中的相对运动而得到促进。

[0134] 如图6C所示,该方法还可包括通过排空腔室404,例如通过激活真空源420以经由端口415、以及任选地连接器422从腔室404移除气体(例如,基本上所有气体),将设备400从

第一未锁定状态改变到第二锁定状态。排空腔室404引起锁定片410被拖曳成彼此直接且紧密接触,由此增加设备400的总体刚度或刚性,以便实质上将设备400锁定在期望的形状。锁定片410的直接且紧密接触还可包括相邻锁定片410上的接合特征部440的相互接合,使得相邻锁定片410的接合特征部440相对于彼此被锁定。然而,如上所述,此类锁定可以是可逆的,使得通过从腔室404释放真空(即,允许腔室404返回到环境压力),设备400可从第二状态改变回到可成形的第一状态。

[0135] 图7示出了根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备500。设备500是大致片状或板状的,或具有片状或板状构造。形状可成形设备500包括:限定腔室504的包层502;包括实心区域532和开口区域534的多个锁定片510;以及端口(或开口)515,其定位成将腔室504与环境流体连通地联接,使得真空源(未示出)可联接到端口515用于排空腔室504。图7的设备500和图1的设备100之间的差异是:设备500包括不连续的锁定片510,即包括分立的或分开的实心区域532。

[0136] 如图7所示,在一些实施方案中,分立的实心区域532可形成彼此不连接的“浮置”岛状物,并且可互换地被称为分立的实心区域或浮置岛状物。在此类实施方案中,岛状物可联接到基底(或背衬),并且具体地,可延展的基底,使得锁定片510具有显著的适形能力。在一些实施方案中,包层502的至少一部分(例如,其顶部部分或底部部分或者顶层或底层)可提供用于锁定片510的基底的至少一部分。另选地或除此之外,设备500可包括形成用于锁定片510的基底的至少一部分的附加材料或层,并且此类附加材料或层可以是片状或板状的,并且可被定位在腔室504中。此类附加的基底材料或层可由上文相对于图1的包层102所述的各种材料中的任一种形成。然而,在这种情况下,基底的气体渗透性可以很高,因为它可能不包括设备的不透气的包层502。此外,在一些实施方案中,本公开的连续锁定片可充当联接不连续锁定片的基底。

[0137] 类似于图1,为清楚的目的图7示出包层502的顶侧和底侧是基本上间隔开的(即,具有连结它们的侧壁),并且锁定片510是彼此基本上间隔开的。然而,应当理解,该图示仅仅用于更好且更清楚地示出锁定片510可如何彼此重叠并且可如何定位在腔室504中。实际上,设备500可看起来更平坦,具有片状或板状构造。

[0138] 图7的设备500仅以举例的方式被示出为包括两个锁定片510,锁定片中的每个锁定片包括直接联接到包层502(即,其内表面505)的分立的实心区域532。具体地,如图所示,锁定片510的实心区域532可联接到包层502的顶部内表面以形成一个锁定片510,并且联接到包层502的底部内表面以形成另一个锁定片510,使得所得到的锁定片510可具有至少部分重叠且基本上平行的构造。在一些实施方案中,包层502的顶部内表面和底部内表面可由可密封在所有侧面上以提供片状设备500的片或片状层提供;然而,形成片状设备500的其它方式也是可能的。

[0139] 实心区域532可通过多种联接装置联接到包层502(和/或基底,如果采用的话),包括但不限于:钩-环紧固件(例如,不可逆的接合特征部,诸如以商品名3M™DUAL LOCK™购自明尼苏达州圣保罗市的3M公司的互锁材料中采用的那些接合特征部)、粘合剂、粘结剂、夹具、卷曲夹、热密封、针线、销轴、订书钉、螺钉、钉子、铆钉、无头钉、焊接(例如,声波(例如,超声波)焊接)、任何热结合技术(例如,施加到待联接的一个或两个部件上的热和/或压力)、其它合适的联接装置或它们的组合。

[0140] 以另一个示例的方式,图7所示的顶部锁定片510包括以水平和垂直行布置的多个矩形形状的岛状物532,其中每个矩形岛状物532的长边沿X方向取向,并且底部锁定片510包括以水平和垂直行布置的相同的矩形岛状物532,但是相对于顶部锁定片510的岛状物532旋转了90度,使得底部锁定片510的矩形岛状物532的长边具有沿Y方向或相对于顶部锁定片510的长边方向(X方向)基本上垂直地取向的方向取向的长边。即,图7的设备500示出了具有相对于彼此旋转的图案的相邻锁定片510(并且特别地,不连续的锁定片510)的一个示例。在包括高摩擦表面的顶部和底部锁定片510中的一个或两个实施方案中,旋转的图案可确保例如:当设备500处于第二状态时,底部锁定片510的一个岛状物532将与顶部锁定片510的多于一个岛状物532重叠和相互接合,从而形成一个刚性片,其具有等于各个锁定片510的厚度的总和的厚度。

[0141] 每个锁定片510中的规则布置的且矩形盒形状的岛状物532(即,呈均匀隔开的岛状物的行)仅以举例的方式示出。然而,应当理解,不仅其它形状的岛状物532是可能的,而且其它布置也是可能的。例如,在一些实施方案中,岛状物532可以是圆盘形状的,或具有另一种有用的形状。除此之外或另选地,岛状物532可以不同的图案(例如,更致密堆积的图案)或以随机布置方式布置,只要每个岛状物532与相邻锁定片510中的岛状物532的至少一部分重叠。此外,每个锁定片510不需要包括与相邻锁定片510中的岛状物相同大小和形状的岛状物532,或者具有相同或相似的图案或布置。相反,在一些实施方案中,两个相邻的锁定片510可具有不同形状、大小和/或布置的岛状物532。

[0142] 在一些实施方案中,如图7所示,每个锁定片510可联接到包层502,或者在其它实施方案中,每个锁定片510可联接到附加的基底。另外,在其它实施方案中,设备500可包括联接到包层502的不连续锁定片510和联接到附加基底的不连续锁定片510(例如,其被定位、例如堆叠在图7所示的两个锁定片510之间的空间中)的组合。

[0143] 此外,如上所述,在一些实施方案中,设备500可包括不连续锁定片510和连续锁定片的组合。例如,一个或多个连续的锁定片可定位在腔室504中、位于两个示出的不连续锁定片510之间的空间中,即,与不连续锁定片510中的一个或两个处于至少部分重叠的关系和基本上平行的构造。在此类实施方案中,一个或多个连续的锁定片可包括各自被构造成面向相邻锁定片510的两个表面(即,顶部表面和底部表面)。这些表面中的一个或两个可包括被构造成与不连续锁定片510中的一个相互接合的高摩擦表面。即,在本公开的任何实施方案中,高摩擦表面可在被取向成面向另一个锁定片的锁定片的任何表面上采用。

[0144] 图8A-图8C示出了根据本公开的另一个实施方案的形状可成形设备600,其采用包括分立的实心区域632、开口区域634以及被构造成面向相邻锁定片610的表面625的不连续锁定片610。设备600是片状或板状的,或具有片状或板状构造。图8A-图8C还示出了根据本公开的一个实施方案的使用形状可成形设备600的方法。

[0145] 设备600包括限定腔室604的包层602、锁定片610、端口615、连接器622以及真空源620,它们各自仅出于说明的目的示意性地示出。为简单起见,仅示出了两个锁定片610,顶部锁定片610包括四个分立的实心区域或“岛状物”632,并且底部锁定片610包括相对于顶部锁定片610中的岛状物632交错的五个岛状物,使得当顶部锁定片和底部锁定片610直接且紧密接触时,两个锁定片610相互接合以实质上形成一个刚性片。

[0146] 以举例的方式,每个锁定片610被示出为直接联接到包层602,并且具体地,其内表

面605。具体地,顶部锁定片610被示出为联接到包层602的上部部分或上部内表面,并且底部锁定片610被示出为联接到包层602的底部部分或下部内表面。

[0147] 每个锁定片610的表面625包括高摩擦表面,并且具体地,包括多个接合特征部640。每个锁定片610的分立的岛状物632可共同限定表面625,并且每个锁定片610的表面625的至少一部分(例如,岛状物632的至少一些岛状物的至少一部分)可包括高摩擦表面。具体地,锁定片610的每个表面625包括接合特征部640。

[0148] 顶部锁定片610可被称为具有多个第一接合特征部640的第一锁定片610,并且底部锁定片610可被称为具有多个第二接合特征部640的第二锁定片610,多个第二锁定片被构造成为接合多个第一接合特征部640。表面625以举例的方式被示出为包括跨整个表面625的高摩擦表面,即接合特征部640;然而,如上所述,不一定非要这样。接合特征部640被示意性地示出为具有三角形横截面形状,使得一个锁定片610中的接合特征部640可与另一个锁定片610中的接合特征部640相互接合。具体地,接合特征部640示意性地表示在Z方向上朝向相邻锁定片610突出的接合特征部640,使得当锁定片610进行接触时,来自一个锁定片610的接合特征部640将被移动到另一个锁定片610中的相邻接合特征部640之间的开口或空间中。

[0149] 虽然为简单起见在图8A-图8C中示出了两个锁定片610,但是应当理解,在设备600中可采用与结构上可能的或必要的一样多的锁定片610。在采用多于两个锁定片610的实施方案中,例如,一个或多个连续的锁定片可定位在两个示出的不连续锁定片610之间。此外,或另选地,具有联接到附加基底的岛状物的一个或多个不连续锁定片可定位在两个示出的不连续锁定片610之间。

[0150] 此外,在采用多于两个示出的锁定片610的一些实施方案中,锁定片610可各自包括在取向成面向另一个锁定片610的表面625上的一个或多个高摩擦表面(例如,具有接合特征部640)。在一些实施方案中,每个锁定片610(或至少定位在两个相邻锁定片610之间的中间锁定片610)可包括两个表面625,每个表面被取向成面向相邻锁定片610,并且每个表面625(例如,顶部表面和底部表面)可包括一个或多个高摩擦表面(例如,具有接合特征部640)。

[0151] 图8A中示出处于第一状态的设备600。在第一状态下,腔室604内的压力可与腔室604外部的压力(即,环境压力)相同。如图8B所示,在第一状态下,设备600可形成为任何期望的形状,并且因为包层602的延展性和适形能力,锁定片610(例如,实心区域632)可相对于彼此滑动和/或可朝向彼此或远离彼此移动(即,在相对于锁定片610正交或垂直于锁定片610的Z方向上)。如图8B所示,由于包层材料特性以及可能发生在每个锁定片610的主表面内的实心区域632之间的相对运动,锁定片610是可延展的且可成形的。

[0152] 在已经实现期望的形状之后,可激活真空源620以排空腔室604,由此将腔室604中的压力降低到低于环境压力。当腔室604被排空时,锁定片610被迫彼此接触,并且设备600的期望形状实质上被锁定。如图8C所示,在锁定片610包括高摩擦表面、并且具体地接合特征部640的实施方案中,一个锁定片610的接合特征部640可与另一个锁定片610上的接合特征部640相互接合,如上所述。相邻锁定片610之间的此类相互接合可增强第二状态下设备600的刚度或刚性。

[0153] 此外,如上所述,顶部锁定片610的岛状物632相对于底部锁定片610的岛状物632

交错,使得顶部锁定片610的一个岛状物632可接合(例如,经由匹配的接合特征部640相互接合)底部锁定片610的两个岛状物632,由此形成一个刚性片,并且增强所得到的第二状态下设备600的刚度。

[0154] 如上所述,通过经由真空源620维持真空压力,或者通过在腔室604中的压力已经降低之后密封端口615或连接器622,可将设备600维持在如图8C所示的第二状态下期望长的时间。

[0155] 现在将相对于图8A-图8C的设备600描述根据本公开的一个实施方案的方法。此类方法可包括提供处于第一状态的设备600,如图8A所示,在第一状态下设备600是可成形的,并且锁定片610可相对于彼此滑动,并且每个锁定片610的实心区域或岛状物632可相对于彼此移动(即,在相应的锁定片610的主表面内)。此外,在第一状态下,锁定片610的被取向成面向另一个锁定片610的表面625上的任何高摩擦表面可在不相互接合或仅间歇地接合的情况下移动越过相邻锁定片610上的另一个高摩擦表面。

[0156] 该方法还可包括将设备600形成为期望的形状(即,三维形状),如图8B所示,其中设备600的可成形性至少部分地通过锁定片610中的岛状物632的相对运动以及包层602(或岛状物所联接的任何基底,如果未直接联接到包层602的话)的材料构成而得到促进。

[0157] 如图8C所示,该方法还可包括通过排空腔室604,例如通过激活真空源620以经由端口615、以及任选地连接器622从腔室604移除气体(例如,基本上所有气体),将设备600从第一未锁定状态改变到第二锁定状态。排空腔室604引起锁定片610被拖曳成彼此直接且紧密接触,由此增加设备600的总体刚度或刚性,以实质上将设备600锁定在期望的形状。锁定片610的直接且紧密接触还可包括相邻锁定片610上的接合特征部640的相互接合,使得相邻锁定片640的接合特征部640相对于彼此被锁定。然而,如上所述,此类锁定可以是可逆的,使得通过从腔室604释放真空(即,允许腔室604返回到环境压力),设备600可从第二状态改变回到可成形的第一状态。

[0158] 图9A和图9B示出了根据本公开的另一个实施方案的设备700的特写局部视图。设备700为大致片状或板状的,并且包括两个不连续的锁定片710。

[0159] 设备700包括:限定腔室704的包层702;包括分立的实心区域(或“岛状物”)732和开口区域734的多个锁定片710;以及端口(或开口)715,其定位成将腔室704与环境流体连通地联接,使得真空源(未示出)可联接到端口715用于排空腔室704。

[0160] 设备700包括许多与图7和图8A-图8C的实施方案相同的元件、特征部和功能,其也采用不连续的锁定片。为了更完整地描述图9A和图9B的实施方案的特征部(以及此类元件和特征部的替代形式),参考上文结合图7和图8A-图8C作的描述。

[0161] 图9A和图9B的设备700和图7的设备500之间的差异是:图9A和图9B的不连续锁定片710包括分立的岛状物732,岛状物各自具有直接联接到包层702的内表面705(或基底)的固定端742,以及至少部分在Z方向上朝向相邻锁定片710延伸且不直接联接到包层702(或基底)的自由端744。岛状物732的固定端742可通过上文相对于图7所述的联接装置中的任一者联接到包层702(和/或基底,如果采用的话)。

[0162] 此外,相邻锁定片710的岛状物732的自由端744被构造成彼此重叠(类似于正在洗牌的一副纸牌)。因此,每个锁定片710仍然包括可在锁定片710的主表面内相对于彼此移动的岛状物732,使得设备700在第一状态下可以是可成形的。然而,在设备处于第二状态时,

相邻锁定片710的重叠的自由端744可增强相邻锁定片710之间的紧密接触以及所得到的设备700的刚度。

[0163] 在一些实施方案中,岛状物732(或至少其自由端744)可包括被取向成面向至少一个相邻锁定片710的表面725,例如,相邻锁定片710中的岛状物732的一个或多个自由端744。此类表面725可包括高摩擦表面,并且可包括以上实施方案中所述的高摩擦表面特征部或替代形式中的任一者。

[0164] 此外,虽然锁定片710被示出为直接联接到包层702,但是应当理解,锁定片710可替代地联接到如上所述的附加基底,和/或可采用附加的锁定片710,例如在图9A和图9B所示的两个锁定片710的中间。例如,在一些实施方案中,可在两个示出的锁定片710之间采用不连续的锁定片,该不连续的锁定片包括联接到基底的顶部表面和底部表面的浮置岛状物。此类岛状物可包括仅固定端(类似于图7的锁定片510),和/或可包括被构造与所示出的锁定片710中的一个或两个的岛状物的自由端重叠的自由端。

[0165] 此外,虽然为简单起见仅示出了两个锁定片710,但是应当理解,在设备700中可采用与结构上可能的或必要的一样多的锁定片710,并且仅示出两个锁定片710,以说明岛状物732包括未直接联接到包层702(或其它基底)的重叠自由端744的概念。

[0166] 仅为清楚起见,具有重叠自由端744的岛状物732在图9A-图9B中被示出为远离固定端742成角度,并且包层702的顶边和底边被示出为基本上间隔开的。然而,应当理解,该图示仅用于更好且更清楚地示出岛状物732的自由端744可如何彼此重叠,并且实际上,设备700仍然可以是片状或板状的,并且锁定片710可被认为是基本上彼此平行地取向。

[0167] 虽然图9A-图9B的每个锁定片710被示出为仅包括一行岛状物732,但是应当理解,锁定片710可包括少至一行岛状物732以及与可能的或必要的一样多的岛状物732。包层702的大小可被设定成容纳多于一行。此外,岛状物732的自由端744被示出为沿着一个轴或方向(例如,X方向)重叠。如果采用多于一行,那么每个行可包括具有沿一个轴重叠的自由端744的岛状物732,并且这些行(和每个行的轴)可相对于彼此基本上平行地取向。然而,在采用多于一行岛状物732的一些实施方案中,岛状物732的大小和形状可被设定,并且相应地联接到包层702(或基底),以允许岛状物具有沿着多于一个轴或方向(例如,沿X方向和Y方向)重叠的自由端744。此类实施方案在图10A-图10D中示出,并且在下文进行描述。

[0168] 例如并且仅出于说明的目的,岛状物732被示出为具有大致矩形的形状。然而,应当理解,可采用与岛状物732的任何形状的相同构造,例如包括但不限于:圆形、三角形、正方形、梯形、任何其它多边形形状、不规则或随机形状、其它合适的形状或它们的组合。一个锁定片710的岛状物732不需要全部相同,相反,在一些实施方案中,一个锁定片710可包括各种形状、大小和/或材料的岛状物732。此外,每个锁定片710中的岛状物732被示出为具有与相邻锁定片710相同的形状、大小和取向。然而,应当理解,相邻锁定片710不需要包括相同形状、大小或取向的岛状物732。例如,在一些实施方案中,锁定片710中的一个可包括正方形或圆形形状的岛状物732,使得此类岛状物732的自由端744的仅一部分与相邻锁定片710中的岛状物732的自由端744重叠。

[0169] 在一些实施方案中,设备700可包括不连续锁定片710、其它不连续片(诸如图7的不连续片510)和/或连续锁定片的组合。在此类实施方案中,例如,不连续的锁定片可包括联接到基底的分立的岛状物(即,仅具有固定端和/或具有固定端和自由重叠端)。在此类实

实施方案中采用的多个锁定片可以至少部分重叠的关系和基本上平行的构造来布置(例如,至少部分堆叠)。此外,在此类实施方案中,如果采用不连续的锁定片作为中间锁定片(即,具有两个相邻锁定片),那么不连续的锁定片可包括联接到基底的顶部表面和底部表面的分立的岛状物。在此类实施方案中,基底的任一侧上的岛状物不需要类似地被设定大小、形状和/或布置。此外,任何中间定位的锁定片可包括被取向成面向另一个锁定片的两个表面(例如,顶部表面和底部表面),并且这些表面中的一个或两个可包括高摩擦表面。即,在本公开的任何实施方案中,高摩擦表面可在被取向成面向另一个锁定片的锁定片的任何表面上采用。

[0170] 图10A-图10D示出了根据本公开的另一个实施方案的设备800。图10A示出了根据本公开的一个实施方案的一个岛状物832的透视图。图10B-图10D示出了根据本公开的另一个实施方案的设备800的特写局部视图,设备800采用图10A的多个岛状物832。

[0171] 设备800包括:限定腔室804的包层802;包括分立的实心区域(或“岛状物”)832和开口区域834的多个锁定片810;以及端口(未示出,为清楚起见已移除),其定位成将腔室804与环境流体连通地联接,使得真空源(未示出)可联接到该端口用于排空腔室804。设备800是片状或板状的,并且包括具有岛状物832的两个不连续的锁定片810,岛状物832沿着两个轴或方向与相邻锁定片810的岛状物重叠。

[0172] 参考图10A,岛状物832包括固定端842和自由端844,并且被构造成沿两个轴或方向与相邻锁定片810的岛状物832重叠,如图10B-图10D所示和下文所述。仅以举例的方式并且为说明的目的,岛状物832被示出为形成为图10A所示的三维形状,具有九个连接的平台845,它们全部处于不同水平或Z轴位置。以另一个示例的方式,图10A中将岛状物832的最顶部平台845a示出为形成固定端842(即,被构造成联接到包层802的上部内表面或另一个基底),而剩余的平台包括在自由端844中。然而,应当理解,最底部平台845b(即,其下侧)可替代地形成岛状物的固定端842(即,通过联接到包层802的底部内表面或另一个基底),同时剩余的平台845包括在自由端844中。例如,对于下部或底部锁定片810的岛状物将是这种情况,如将相对于图10B-图10D更详述的。应当理解,九平台形岛状物832仅以举例的方式示出用于更清楚地说明岛状物832的一个部分或拐角(例如,最顶部或最底部平台845)可如何以如下方式联接到包层802(或另一个基底),使得岛状物832的其余部分可形成自由端844,自由端被构造成从固定端842延伸以在两个方向上与一个或多个其它岛状物832重叠。

[0173] 图10B-图10D的设备800包括许多与图9A-图9B的实施方案相同的元件、特征部和功能,设备也采用不连续的锁定片710,其包括具有自由端744的岛状物732,自由端与相邻锁定片710中的岛状物732的自由端744重叠。为了更完整地描述图10A-图10D的实施方案的特征部(以及此类元件和特征部的替代形式),参考上文结合图9A-图9B作的描述。

[0174] 图10B-图10D的设备800和图9A-图9B的设备700之间的差异是:图10B-图10D的分立的岛状物832具有自由端842,其沿多于一个方向、并且具体地沿着两个轴(例如,X轴和Y轴、或方向)与相邻锁定片810中的岛状物832的自由端844重叠。具体地,可通过以下想象来理解图10B-图10D的设备800:图9A-图9B的设备700的岛状物732中的每个岛状物已经沿着其宽度被剖开,并且每个岛状物732的自由端744不仅沿着两个轴与相对锁定片710的相邻自由端744重叠,而且还沿着两个轴与相同锁定片710上的相邻岛状物732的自由端744重叠。

[0175] 继续参考图10A-图10D,岛状物832的固定端842可直接联接到包层802的内表面805(或基底),并且自由端844可至少部分在Z方向上朝向相邻锁定片810延伸。此类自由端844未直接联接到包层802(或基底)。岛状物832的固定端842可通过上文相对于图7所述的联接装置的任一者联接到包层802(和/或基底,如果采用的话)。

[0176] 在图10B-图10D中,为清楚起见,示出了包层802的顶部部分803和底部部分803'的剖面图,并且包层802的顶部部分803被剖开以更好地示出两个锁定片810和岛状物832。以举例的方式,设备800被示为包括:具有第一岛状物832的第一锁定片810,每个第一岛状物832具有联接到包层802的顶部部分803(即,其内表面805)的固定端842;以及具有第二岛状物832'的第二锁定片810',每个第二岛状物832'具有联接到包层802'的底部部分803'(即,其内表面805')的固定端842'。

[0177] 第一锁定片810的最右侧的所有九个平台845、顶部第一岛状物832在图10B和图10C中是可见的。具体地,最顶部平台845a形成联接到包层802的顶部部分803的固定端842,并且剩余的平台形成岛状物832的自由端844。与第一锁定片810的第一岛状物832重叠的第二锁定片810'的第二岛状物832'包括形成第二岛状物832'的固定端842'的最底部平台845b'(即,其下侧),其联接到包层802的底部部分803'。然后,第一岛状物和第二岛状物832、832'重叠的这种图案在X方向和Y方向上继续,使得第一锁定片810的每个第一岛状物832直接与第二锁定片810'的第二岛状物832'重叠,并且一对第一岛状物和第二岛状物832、832'的相应的自由端844、844'在X方向和Y方向上与类似的一对岛状物832、832'重叠,等等,如图10C和图10D进一步示出。图10C和图10D示出了剖面透视图,以便进一步说明第一锁定片和第二锁定片810、810'的第一岛状物和第二岛状物832、832'的对如何沿着两个轴重叠。

[0178] 与上文讨论的其它实施方案一样,在不脱离本公开的情况下,在设备800中可采用其它形状、大小和布置的岛状物832。此外,虽然设备800的岛状物832被示出为全部具有相同的形状和大小,但是应当理解,不一定非要这样。此外,在一些实施方案中,设备800可包括以下各项的组合:图10B-图10D的不连续锁定片810;以及(i)固定端仅不连续的锁定片(参见例如图7的岛状物532)和(ii)连续锁定片中的一个或多个。此外,在一些实施方案中,岛状物832(例如,其自由端844)可包括被取向成面向相邻锁定片810的一个或多个表面,并且此类表面可包括高摩擦表面,如上所述。

[0179] 图11-图25示出了本公开的连续锁定片图案(即,采用连续的实心区域)的各种实施方案,其中类似的数字表示类似的元件。此类锁定片可在本公开的设备的任一者中采用。

[0180] 图11示出了根据本公开的一个实施方案的锁定片910。锁定片910包括实心区域932和开口区域934。实心区域932包括具有八边形形状的岛状物936,并且每个岛状物936通过两个桥接件938连接到每个相邻岛状物936,如下文更详述的。锁定片910的图案类似于图1和图4的锁定片110,不同的是:在锁定片910中,每个岛状物包括四个边或边缘,边或边缘各自连接到两个桥接件938而不是仅一个。

[0181] 如图11所示,岛状物936被布置成正方形堆积的布置,使得锁定片910的图案包括可沿任何方向(即,左、右、上、下)传播的重复单元或单元格,其包括通过八个桥接件938连接到四个相邻岛状物936(即,每个相邻岛状物936两个桥接件938)的一个中心八角形岛状物936。桥接件938围绕中心岛状物936等距隔开,使得中心岛状物936的每隔一个八边形边

缘连接到两个桥接件938。以举例的方式,每个桥接件938包括90度弯曲部,并且来自岛状物936的同一边缘的每对桥接件938沿彼此相反的方向(即,顺时针和逆时针)弯曲,使得开口区域934包括在四个相邻岛状物936之间具有基本上正方形空间的重复单元,该空间包括朝向正方形空间的中心弯曲的四个桥接件938,并且使得第一锁定片910的图案包括围绕每个岛状物936的中心的4倍旋转对称,除4个对称轴之外。

[0182] 图12示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1010。锁定片1010包括实心区域1032和开口区域1034。实心区域1032包括具有大致正方形形状的岛状物1036,并且每个岛状物1036分别通过一个桥接件1038连接到每个相邻岛状物1036。如图12所示,岛状物1036被布置成正方形堆积的布置,使得锁定片1010的图案包括重复单元或单元格,其包括布置成正方形的四个相邻且连接的岛状物1036。图12中的每个岛状物1036分别通过四个桥接件1038连接到四个相邻的岛状物1036。例如,第一岛状物1036连接到与第一岛状物1036在相同垂直线上的上方的一个岛状物1036和下方的一个岛状物1036;并且第一岛状物1036连接到与第一岛状物1036在相同水平线上的左侧的一个岛状物1036和右侧的一个岛状物1036。每个桥接件1038从第一正方形岛状物1036的一个边缘延伸并且具有与第一正方形岛状物1036的边缘相同的宽度。

[0183] 以举例的方式,每个桥接件1038包括两个90度弯曲部,它们间隔开比弯曲部与岛状物1036的间距更大的距离,使得图案中的开口区域1034包括交替的水平和垂直“T”形状。锁定片1010的图案包括沿着水平和垂直取向的“T”形开口区域1034的长度的对称线。此外,两个90度弯曲部的角度总和为180度,使得桥接件1038中的第一弯曲部在从岛状物1036延伸时顺时针或逆时针(左或右)弯曲,并且同一桥接件1038中的第二弯曲部在连接到相邻岛状物1036之前再次沿相同方向(即,顺时针或逆时针(左或右))弯曲。

[0184] 每个岛状物1036具有从其延伸的四个桥接件1038,四个桥接件全部沿相同方向(即,顺时针或逆时针)弯曲。然而,每个岛状物1036具有桥接件1038,其沿与从其所连接的相邻岛状物1036中的一个延伸的桥接件1038的弯曲方向相反方向(即,逆时针或顺时针)弯曲。

[0185] 图13示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1110。锁定片1110包括实心区域1132和开口区域1134。实心区域1132包括具有大致正方形形状的岛状物1136,并且每个岛状物1136分别通过一个桥接件1138连接到每个相邻岛状物1136。图13中所示的图案与图12的图案基本上相同,不同的是岛状物1136与桥接件1138的相对尺寸已经被改变。具体地,图13的锁定片1110的每个桥接件1138的宽度基本上小于每个岛状物1136的边缘。此外,每个桥接件1138被定位成直接相邻于正方形岛状物1136的拐角中的一个从岛状物1136的边缘延伸。因此,垂直取向的“T”形开口区域1134的顶部和底部被定位成更靠近水平取向的“T”形开口区域1134的长的中间片段,并且水平取向的“T”形开口区域1134的顶部和底部被定位成更靠近垂直取向的“T”形开口区域1134的长的中间片段。

[0186] 图14示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1210。锁定片1210包括实心区域1232和开口区域1234。实心区域1232包括具有大致正方形形状的岛状物1236,并且每个岛状物1236分别通过一个桥接件1238连接到每个相邻岛状物1236。如图14所示,岛状物1236被布置成正方形堆积的布置,使得锁定片1210的图案包括重复单元或单元格,其包括一个岛状物1236以及从其延伸到相邻岛状物1236的其四个桥接件1238的一部分。图14中的

每个岛状物1236分别通过四个桥接件1238连接到四个相邻的岛状物1236。例如,第一岛状物1236连接到上方的一个岛状物1236和下方的一个岛状物1236;并且第一岛状物1236进一步连接到其左侧的一个岛状物1236和其右侧的一个岛状物1236。每个桥接件1238具有基本上小于岛状物1236的一个边或边缘宽度的宽度,并且直接相邻于正方形岛状物1236的拐角从岛状物1236的一边延伸。

[0187] 以举例的方式,每个桥接件1238包括八个90度弯曲部,第一批四个弯曲部全部沿相同的方向(即,顺时针方向)行进以围绕其所延伸出的岛状物1236向外螺旋,第二批四个弯曲部全部沿相反的方向(即,逆时针方向)行进以围绕相邻岛状物1236向内螺旋并且螺旋至相邻岛状物1236。因此,桥接件1238在其相邻弯曲部之间的长度围绕其所延伸出的岛状物1236逐渐增加,而桥接件1238在其相邻弯曲部之间的长度围绕其延伸出并连接到的相邻岛状物1236逐渐减小。

[0188] 图15示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1310。锁定片1310包括实心区域1332和开口区域1334。实心区域1332包括具有大致正方形形状的岛状物1336,并且每个岛状物1336分别通过一个桥接件1338连接到每个相邻的岛状物1336。如图15所示,岛状物1336被布置成正方形堆积的布置,使得锁定片1310的图案包括重复单元或单元格,其包括一个岛状物1336以及从其延伸到相邻岛状物1336的其四个桥接件1338的一部分。图15中的每个岛状物1336分别通过四个桥接件1338连接到四个相邻的岛状物1336。例如,第一岛状物1336连接到上方的一个岛状物1336和下方的一个岛状物1336;并且第一岛状物1336进一步连接到其左侧的一个岛状物1336和其右侧的一个岛状物1336。每个桥接件1338具有基本上小于岛状物1336的一个边或边缘宽度的宽度,并且直接相邻于正方形岛状物1336的拐角从岛状物1336的一边延伸。

[0189] 以举例的方式,每个桥接件1338包括十个90度弯曲部;或者第一90度弯曲部,然后是四个180度弯曲部,它们从一个岛状物1336的一边朝向相邻岛状物1336的一边实质上以之字形向外延伸,然后是以连接到相邻岛状物1336的最终90度弯曲部。来自给定岛状物1336的每个边的第一90度弯曲部沿相同的方向(即,顺时针或向右)转动,并且进入相邻岛状物1336的最终90度弯曲部沿相反的方向(即,逆时针或向左)转动。当桥接件1338以之字形延伸到两个相邻岛状物1336之间的约中途位置时,桥接件1338的相邻弯曲部之间的长度逐渐增加,并且然后朝向相邻岛状物1336逐渐减小。

[0190] 图16示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1410。锁定片1410包括实心区域1432和开口区域1434。实心区域1432包括具有大致正方形形状的岛状物1436,并且每个岛状物1436分别通过一个桥接件1438连接到每个相邻的岛状物1436。图16中所示的图案与图15的图案基本上相同,除了以下各项:(i)图16的标度不同于图15的标度;图16的岛状物1436和桥接件1438更大,使得图16的锁定片1410包括每个区域更少的岛状物1436;(ii)每个桥接件1438包括十四个90度弯曲部;或者第一90度弯曲部,然后是六个180度弯曲部,以从一个岛状物1436的一边朝向相邻岛状物1436的一边实质上以之字形向外延伸,然后是以连接到相邻岛状物1436的最终90度弯曲部;并且(iii)来自给定岛状物1436的每个边的第一90度弯曲部逆时针(或向左)转动,并且进入相邻岛状物1436的最终90度弯曲部沿相反的方向(即,顺时针或向右)转动。

[0191] 图17示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1510。锁定片1510包括实心区

域1532和开口区域1534。实心区域1532包括岛状物1536,并且每个岛状物1536分别通过一个桥接件1538连接到每个相邻岛状物1536。图17中所示的图案与图16的图案基本上相同,除了以下各项:(i)岛状物1536具有基本上矩形(或细长的平行四边形)形状;(ii)每个桥接件1538包括六个90度弯曲部;或者第一90度弯曲部,然后是两个180度弯曲部,以从一个岛状物1536的一边朝向相邻岛状物1536的一边以之字形向外延伸,然后是以连接到相邻岛状物1536的最终90度弯曲部;(iii)从岛状物1536的长边延伸的桥接件1538的相邻弯曲部之间的长度彼此全部近似相同,并且不像在岛状物1536的短边上那样逐渐增加然后减小;并且(iv)图17的岛状物1536和桥接件1538之间的间距(即,开口区域1534)更窄。

[0192] 图18示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1610。锁定片1610包括实心区域1632和开口区域1634。实心区域1632包括具有基本上矩形(或细长的平行四边形)形状的岛状物1636,并且每个岛状物1636分别通过一个桥接件1638连接到每个相邻岛状物1636。图18中所示的图案与图15的图案基本上相同,除了以下各项:(i)岛状物1636具有基本上矩形(或细长的平行四边形)形状;并且(ii)图18的岛状物1636和桥接件1638之间的间距(即,开口区域1634)更窄。

[0193] 图19示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1710。锁定片1710包括实心区域1732和开口区域1734。实心区域1732包括具有等边三角形的形状的岛状物1736,并且每个岛状物1736分别通过一个桥接件1738连接到每个相邻的岛状物1736。开口区域1734包括致密堆积的六条腿的星号或星形形状的切口,使得一个星号形状的开口区域1734的每个腿部基本上与相邻星号形状的开口区域1734的腿部重叠。

[0194] 如图19所示,岛状物1736被布置成六边形堆积的布置,使得锁定片1710的图案包括重复单元或单元格,其包括布置成六边形的六个三角形岛状物1736以及从其延伸到相邻岛状物1736的桥接件1738的一部分。图19中的每个岛状物1736分别通过三个桥接件1738连接到三个相邻的岛状物1736。例如,第一岛状物1736连接到上方或下方的一个岛状物1736、一边上的一个岛状物1736以及另一边上的另一个岛状物1736。每个桥接件1738具有基本上小于岛状物1736的一个边或边缘宽度的宽度,并且直接相邻于三角形岛状物1736的拐角从岛状物1736的一边延伸。

[0195] 以举例的方式,每个桥接件1738包括紧邻的第一60度弯曲部和连接到另一个岛状物1736的第二60度弯曲部,并且桥接件1738在两个60度弯曲部之间的长度大约等于三角形岛状物1736的一个边,使得在两个60度弯曲部之间的每个桥接件1738沿着第一岛状物1736的一边和第二相邻岛状物1736的一边并在它们之间延伸。来自岛状物1736的每个桥接件1738中的第一60度弯曲部沿相同方向(即,顺时针或向右)转动,并且进入相邻岛状物1736的第二60度弯曲部沿相反方向(即,逆时针或向左)转动。

[0196] 图20示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1810。锁定片1810包括实心区域1832和开口区域1834。实心区域1832包括岛状物1836,并且每个岛状物1836分别通过一个桥接件1838连接到每个相邻的岛状物1836。图20中所示的图案与图19的图案基本上相同,不同的是:每个桥接件1838包括四个60度弯曲部,使得岛状物1836的每个边通过三个桥接件1838与相邻岛状物1836的边分开,并且当桥接件1838围绕岛状物1836延伸到桥接件1838在其连接的两个相邻岛状物1836之间延伸的位置时,桥接件1838在相邻弯曲部之间的长度增加,并且然后当桥接件1838围绕相邻岛状物1836的一边延伸并且连接到这个边时,

桥接件的长度减小。此外,六条腿的星号形状的开口区域1834的每个腿部包括相对于其所延伸出的腿部以60度弯曲的尖端分叉的端部。

[0197] 图21示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片1910。锁定片1910包括实心区域1932和开口区域1934。实心区域1932包括岛状物1936,并且每个岛状物1936分别通过一个桥接件1938连接到每个相邻岛状物1936。图21中所示的图案与图19和图20的图案基本上相同,不同的是:每个桥接件1938包括六个60度弯曲部,其中第一批三个弯曲部围绕桥接件1938所延伸出的岛状物1936沿相同的方向(即,顺时针)弯曲,并且第二批三个弯曲部围绕相邻岛状物1936沿相反方向(即,逆时针)弯曲。岛状物1936的每个边与相邻岛状物1936的一边通过五个弯曲部(或桥接件1938的部分)分开,并且当桥接件1938围绕岛状物1936延伸到桥接件1938在其连接的两个相邻岛状物1936之间延伸的位置时,桥接件1938在相邻弯曲部之间的长度增加,并且然后当桥接件1938围绕相邻岛状物1936的一边延伸并且连接到这个边时,桥接件的长度减小。

[0198] 图22示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片2010。锁定片2010包括实心区域2032和开口区域2034。实心区域2032包括岛状物2036,并且每个岛状物2036分别通过一个桥接件2038连接到每个相邻岛状物2036。图22中所示的图案与图20的图案基本上相同,不同的是每个桥接件的宽度与三角形岛状物2036的每个边的宽度相同(并且岛状物2036在形状上是不太明显的三角形)。因此,星号形状的开口区域2034较小,星号形状的开口区域2034的腿部较宽,一个星号形状的开口区域2034的腿部与相邻开口区域2034的腿部进一步隔开,并且这些腿部与相邻开口区域2034的腿部仅部分重叠。

[0199] 图23示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片2110。锁定片2110包括实心区域2132和开口区域2134。实心区域2132包括岛状物2136,并且每个岛状物2136分别通过一个桥接件2138连接到每个相邻岛状物2136。图23中所示的图案与图22的图案基本上相同,不同的是:每个桥接件2138包括四个60度弯曲部,使得岛状物2136的每个边通过三个桥接件2138与相邻岛状物2136的边分开,并且当桥接件2138围绕岛状物1836延伸到桥接件2138在其连接的两个相邻岛状物2136之间延伸的位置时,桥接件2138在相邻弯曲部之间的长度增加,并且然后当桥接件2138围绕相邻岛状物2136的一边延伸并且连接到这个边时,桥接件的长度减小。此外,六条腿的星号形状的开口区域2134的每个腿部包括相对于其所延伸出的腿部以60度弯曲的尖端分叉的端部。

[0200] 图24示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片2210。锁定片2210包括实心区域2232和开口区域2234。实心区域2232包括岛状物2236,并且每个岛状物2236分别通过一个桥接件2238连接到每个相邻的岛状物2236。图24中所示的图案与图23的图案基本上相同,不同的是:星号形状的开口区域2234堆积得更致密,使得一个星号形状的开口区域2234的每个腿部基本上与相邻星号形状的开口区域2234的腿部重叠。因此,图24的岛状物2234小于图23的那些岛状物,并且图24的桥接件2238比图23的那些桥接件更窄。

[0201] 图25示出了根据本公开的另一个实施方案的锁定片2310。锁定片2310包括实心区域2332和开口区域2334。实心区域2332包括岛状物2336,并且每个岛状物2336分别通过一个桥接件2338连接到每个相邻岛状物2336。每个单独的岛状物2336具有梯形形状(具体地,具有两个长边和两个短边的细长梯形形状),并且分别通过四个桥接件2338连接到四个相邻岛状物2336。具体地,一个桥接件2338直接相邻于岛状物2336的拐角从每个岛状物2336

的每个边或边缘延伸,并且立即转向以与桥接件2338所延伸出的岛状物2336一边并排延伸(同时也与这个边成一体)。锁定片2310的图案还包括多个岛状物群或组2337,每个群2337包括三个梯形岛状物2336,它们被布置成形成大致三角形形状,并且具体地,被布置成使得每个梯形岛状物2336的较短的长边取向成面向相同群2337内的相邻岛状物2336的短边。岛状物2336的六个三角形群2337围绕中心布置以形成用于锁定片2310的图案的大致六边形的重复单元或单元格。因此,岛状物群2337被布置成六边形堆积的布置。

[0202] 每个岛状物2336具有四个桥接件2338,如上所述:

[0203] (i) 第一桥接件2338a,其从梯形岛状物2336的第一短边延伸并且包括顺时针120度弯曲部、然后是顺时针60度弯曲部、然后是逆时针60度弯曲部、并且然后是以连接到相邻岛状物2336的逆时针60度弯曲部;

[0204] (ii) 第二桥接件2338b,其从岛状物2336的最长边延伸并且包括顺时针60度弯曲部、然后是顺时针60度弯曲部、然后是逆时针60度端部、并且然后是以连接到相邻岛状物2336的逆时针120度弯曲部;

[0205] (iii) 第三桥接件2338c,其从岛状物2336的第二短边延伸并且包括顺时针60度弯曲部、然后是顺时针120度弯曲部、然后是逆时针120度弯曲部、并且然后是以连接到相邻岛状物2336的逆时针120度弯曲部;以及

[0206] (iv) 第四桥接件2338d,其从较短的长边向外延伸并且包括顺时针120度弯曲部(在其之后第四桥接件2338d不连接到岛状物2336而是相邻于较短的长边延伸)、然后是顺时针120度弯曲部、然后是逆时针120度弯曲部、并且然后是以连接到相邻岛状物2336的逆时针60度弯曲部。

[0207] 图11-图25的锁定片图案仅以举例的方式示出;然而,应当理解,在本公开的锁定片中也可采用其它合适的图案。此外,在不脱离本公开的实质和范围的情况下,图11-图25的图案的任一者的相对大小(即,纵横比)、间距等可从精确示出的内容改变。

[0208] 此外,为清楚示出本公开的形状可成形设备的各种特征部,图中所示的形状可成形设备的每个实施方案均示出为单独的实施方案。然而,应当理解,可在本公开的形状可成形设备中采用图中所示和本文所描述的实施方案的任一者的元件和特征部的任何组合。例如,图1、图4和图5的形状可成形设备100的特征部和元件(以及此类特征部和元件的替代形式)的描述的任一者(例如,关于包层102或锁定片110的材料构成、制作包层102或锁定片110的方法、锁定片110的各种构造或布置或者任何其它细节)可应用于图2-图3和图6A-图10D的实施方案。此外,图11-图25的锁定图案的任一者可在本公开的任何形状可成形设备实施方案中采用。

[0209] 以下实施方案旨在举例说明本公开而非进行限制。

#### [0210] 实施方案

[0211] 1. 一种形状可成形设备,所述形状可成形设备包括:

[0212] 第一状态,在所述第一状态下,所述设备是可成形的,以便所述设备能够形成为期望的形状;

[0213] 第二状态,在所述第二状态下,所述设备具有所述期望的形状并且远不如所述第一状态下可成形;

[0214] 包层,所述包层限定腔室,所述包层由不透气的材料形成;

[0215] 端口,所述端口定位成将所述腔室与环境流体连通地联接;和

[0216] 至少两个锁定片,所述至少两个锁定片以至少部分重叠的构造定位在所述腔室中,其中每个锁定片包括主表面,并且其中每个锁定片的至少一部分被图案化成包括实心区域和开口区域,所述实心区域能够在所述主表面内相对于彼此移动。

[0217] 2.根据实施方案1所述的设备,其中所述实心区域能够在所述主表面内相对于彼此从第一位置移动到第二位置,这在所施加的力被移除之后在不发生塑性变形的情况下能够被维持。

[0218] 3.根据实施方案1或2所述的设备,其中至少一个锁定片的所述实心区域由具有有效拉伸模量( $E_o$ )的材料形成,并且其中所述实心区域和所述开口区域被布置在所述至少一个锁定片中,使得所述至少一个锁定片具有总有效拉伸模量( $E_1$ ),并且其中每个锁定片的 $E_o/E_1$ 的比率为至少2。

[0219] 4.根据实施方案3所述的设备,其中所述至少一个锁定片的 $E_o/E_1$ 的所述比率在每个锁定片的所述主表面内沿任何方向为至少2。

[0220] 5.根据实施方案3或4所述的设备,其中所述至少一个锁定片的 $E_o/E_1$ 的所述比率为至少10。

[0221] 6.根据实施方案3-5中任一项所述的设备,其中所述至少一个锁定片的 $E_o/E_1$ 的所述比率为至少100。

[0222] 7.根据实施方案1-6中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片的所述实心区域由具有第一有效拉伸模量( $E_o$ )的材料形成,并且其中当所述设备处于所述第一状态时所述设备具有总有效拉伸模量( $E_a$ ),并且其中 $E_o/E_a$ 的所述比率为至少2。

[0223] 8.根据实施方案1-7中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片相对于彼此基本上平行地取向。

[0224] 9.根据实施方案1-8中任一项所述的设备,其中所述设备具有在所述第一状态下的第一刚度和在所述第二状态下的第二刚度,并且其中所述第二刚度与所述第一刚度的刚度比率为至少2。

[0225] 10.根据实施方案1-9中任一项所述的设备,其中所述设备在处于所述第一状态时具有第一有效拉伸模量( $E_{UL}$ ),并且在处于所述第二状态时具有第二有效拉伸模量( $E_{UL}$ ),并且其中所述第二模量与所述第一模数的所述比率( $E_L/E_{UL}$ )为至少2。

[0226] 11.根据实施方案1-10中任一项所述的设备,其中所述设备被构造成在所述设备处于所述第一状态时基本上符合具有非零高斯曲率的复杂表面。

[0227] 12.根据实施方案1-11中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片被构造成基本上符合具有非零高斯曲率的复杂表面。

[0228] 13.根据实施方案1-12中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片的所述实心区域由具有屈服应变( $\epsilon_o$ )的材料形成,其中所述实心区域和所述开口区域被布置成使得所述至少一个锁定片被构造成在所述设备处于所述第一状态时经受应变( $\epsilon_1$ )而不屈服,并且其中应变比率 $\epsilon_1/\epsilon_o$ 为至少1。

[0229] 14.根据实施方案1-13中任一项所述的设备,其中所述腔室在所述第二状态下相对于所述第一状态被排空。

[0230] 15.根据实施方案1-14中任一项所述的设备,其中在所述设备处于所述第一状态

时,所述至少两个锁定片能够在所述腔室中相对于彼此移动,但是在所述设备处于所述第二状态时,所述至少两个锁定片是相对于彼此基本上不移动的。

[0231] 16. 根据实施方案1-15中任一项所述的设备,其中每个锁定片包括被取向成面向另一个锁定片的表面,并且其中所述表面包括高摩擦表面。

[0232] 17. 根据实施方案1-16中任一项所述的设备,其中每个锁定片包括被取向成面向另一个锁定片的表面,并且其中至少一个锁定片的所述表面的至少一部分被结构化。

[0233] 18. 根据实施方案1-17中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片包括第一锁定片和第二锁定片,所述第一锁定片包括被取向成面向第二锁定片的第一表面,所述第二锁定片包括被取向成面向所述第一锁定片的第二表面,其中所述第一表面包括多个第一接合特征部,并且其中所述第二表面包括被构造成接合所述多个第一接合特征部的多个第二接合特征部。

[0234] 19. 根据实施方案1-18中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片包括被构造成相互接合的第一锁定片和第二锁定片。

[0235] 20. 根据实施方案1-19中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片的所述实心区域被构造成与至少一个其它锁定片的所述实心区域和所述开口区域中的至少一者相互接合。

[0236] 21. 根据实施方案1-20中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片包括连续的实心区域。

[0237] 22. 根据实施方案21所述的设备,其中所述实心区域包括多个岛状物以及被定位成连接相邻岛状物的一个或多个桥接件,其中每个桥接件包括至少一个弯曲部。

[0238] 23. 根据实施方案22所述的设备,其中每个桥接件包括至少一个90度角弯曲部。

[0239] 24. 根据实施方案22或23所述的设备,其中每个桥接件包括至少一个60度角弯曲部。

[0240] 25. 根据实施方案22-24中任一项所述的设备,其中每个桥接件包括至少一个180度角弯曲部。

[0241] 26. 根据实施方案22-25中任一项所述的设备,其中每个岛状物分别通过四个桥接件连接到四个相邻的岛状物。

[0242] 27. 根据实施方案22-26中任一项所述的设备,其中每个岛状物分别通过三个桥接件连接到三个相邻的岛状物。

[0243] 28. 根据实施方案22-27中任一项所述的设备,其中至少两个锁定片相对于彼此被布置成使得第一锁定片中的岛状物与第二锁定片的桥接件重叠。

[0244] 29. 根据实施方案1-28中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片包括分立的实心区域。

[0245] 30. 根据实施方案1-28中任一项所述的设备,其中所述至少一个锁定片包括联接到基底的分立的实心区域。

[0246] 31. 根据实施方案29或30所述的设备,其中至少一个分立的实心区域包括连接到基底的固定端和未连接到所述基底的自由端。

[0247] 32. 根据实施方案31所述的设备,其中第一锁定片中的分立的实心区域的所述自由端与第二锁定片中的分立的实心区域的至少一部分重叠。

- [0248] 33. 根据实施方案32所述的设备,其中所述第一锁定片中的分立的实心区域的所述自由端在两个方向上与所述第二锁定片中的分立的实心区域的至少一部分重叠。
- [0249] 34. 根据实施方案33所述的设备,其中所述第一锁定片中的分立的实心区域的所述自由端进一步与所述第一锁定片中的相邻的分立的实心区域的至少一部分重叠。
- [0250] 35. 根据实施方案34所述的设备,其中所述第一锁定片中的分立的实心区域的所述自由端在两个方向上与所述第一锁定片中的相邻的分立的实心区域的至少一部分重叠。
- [0251] 36. 根据实施方案30-35中任一项所述的设备,其中所述包层提供所述基底,使得所述实心区域直接联接到所述包层。
- [0252] 37. 根据实施方案29-36中任一项所述的设备,其中包括分立的实心区域的所述至少一个锁定片联接到所述包层的内表面。
- [0253] 38. 根据实施方案1-37中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片包括连续的实心区域,并且至少一个锁定片包括分立的实心区域。
- [0254] 39. 根据实施方案1-38中任一项所述的设备,其中每个锁定片中的所述实心区域和所述开口区域形成六边形堆积的图案。
- [0255] 40. 根据实施方案1-39中任一项所述的设备,其中每个锁定片中的所述实心区域和所述开口区域形成正方形堆积的图案。
- [0256] 41. 根据实施方案1-40中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片包括由不同材料形成的锁定片。
- [0257] 42. 根据实施方案1-41中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片包括具有不同图案的锁定片。
- [0258] 43. 根据实施方案1-42中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片包括围绕基本上垂直于每个锁定片的z轴相对于彼此旋转的一个或多个锁定片。
- [0259] 44. 根据实施方案1-43中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片包括实心区域和开口区域的变化图案。
- [0260] 45. 根据实施方案44所述的设备,其中所述变化的图案朝向所述至少一个锁定片的边缘从中心向外改变。
- [0261] 46. 根据实施方案1-45中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片包括实心区域和开口区域的多于一种图案。
- [0262] 47. 根据实施方案1-46中任一项所述的设备,其中所述至少两个锁定片中的至少两个具有不同的厚度。
- [0263] 48. 根据实施方案1-47中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片具有变化的厚度。
- [0264] 49. 根据实施方案1-48中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片由退火金属形成。
- [0265] 50. 根据实施方案1-49中任一项所述的设备,其中至少一个锁定片相对于(i)另一个锁定片和(ii)所述包层中的至少一个固定在至少一个位置。
- [0266] 51. 根据实施方案1-50中任一项所述的设备,其中所述设备是片状的。
- [0267] 52. 根据实施方案1-51中任一项所述的设备,其中所述设备具有厚度与第一表面尺寸的第一比率以及厚度与第二表面尺寸的第二比率,并且其中所述第一比率和所述第二

比率各自小于0.1。

[0268] 53. 根据实施方案1-52中任一项所述的设备,其中所述包层包括低摩擦外表面。

[0269] 54. 根据实施方案1-53中任一项所述的设备,其中所述包层由聚二甲基硅氧烷、液体硅橡胶、聚(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯)以及它们的组合中的至少一种形成。

[0270] 55. 根据实施方案1-54所述的设备,其中所述端口被构造成联接到真空源。

[0271] 应当理解,本发明并不将其应用局限于以上描述所提及的或附图所示出的具体构造和组件布置方式。本发明能够具有其它实施方案,并且能够通过各种方式实践或进行。另外,应当理解,本文使用的措词和术语是用于说明目的而不应被视为限制性的。还应当理解,可利用其它实施方案,并且可在不脱离本公开范围的情况下作出结构变化或逻辑变化。

[0272] 以下工作示例旨在举例说明本发明而非进行限制。

[0273] 实施例

[0274] 实施例1-形状可成形设备-组件

[0275] 参考图1,三个形状可成形设备100以下述方式进行组装。将可购自马萨诸塞州弗雷明汉市的斯台普斯有限公司(Staples, Inc. of Framingham, MA)的11.43厘米(4.5英寸)×11.43厘米(4.5英寸)×9.7E-2厘米(3.8E-3英寸)20磅纸材的二十个锁定片110以重叠叠堆放置在彼此顶上,其中锁定片110的实心区域132和开口区域134彼此对准。二十个锁定片中的每个锁定片被图案化以匹配图15中表示和描述的设计。然后将二十个锁定片110的叠堆放置在可购自俄亥俄州威克利夫市的路博润公司(Lubrizol Corp. of Wickliffe, OH)的1.27E-2厘米(5.0E-3英寸)厚的聚氨酯包层102中,并且利用可购自加利福尼亚州美国国际电气工业城市(American International Electric of City of Industry, CA)的AIE-100T脉冲手动密封机进行密封。在密封之前,将端口115插入穿过聚氨酯包层102。

[0276] 三个附加的形状可成形设备100与上文定义的过程相同地组装,除了二十个片未被图案化。

[0277] 为了将形状可成形设备100的状态从未锁定(可成形)改变到锁定(刚性),通过可购自伊利诺斯州埃尔姆赫斯特市的麦克马斯特公司(McMaster-Carr of Elmhurst, IL)的连接器122将可购自密歇根州本顿港的嘉仕达公司(Gast of Benton Harbor, MI)的DOA-P704-AA无油隔膜真空泵连接到端口115。激活真空源120,并且将包层102内的压力降低至约-78kPa,以将形状可成形设备100的状态从可成形改变到刚性。维持真空源120以保持设备处于锁定状态(即,第二状态)。

[0278] 实施例2-形状可成形设备-性能

[0279] 在实施例1中组装的六个形状可成形设备100经受三次测试,以确定它们当处于可成形(未锁定)状态和刚性(锁定)状态时的有效拉伸模量、有效弯曲模量和有效压痕模量。形状可成形设备100经由以下测试工序来表征。

[0280] 测试工序

[0281] 有效拉伸模量

[0282] 通过将形状可成形设备100放置到可购自佛罗里达州拉哥市的阿美特克测量与校准技术公司(Ametek Measurement & Calibration Technologies of Largo, FL)(原名为劳埃德仪器公司(Lloyd Instruments))的LF Plus数字材料测试仪中来测量有效拉伸模量。利用也可购自佛罗里达州拉哥市的阿美特克测量与校准技术公司(原名为劳埃德仪器公

司)的橡胶面手动操作的虎钳夹口将形状可成形设备100的相反的两端夹紧到LF Plus数字材料测试仪中。对三个可成形的(未锁定的)形状可成形设备100中的每个可成形的(未锁定的)形状可成形设备进行三次测试,并且记录每延伸距离所施加的力(N/mm)的平均值。对三个刚性的(锁定的)形状可成形设备100中的每个刚性的(锁定的)形状可成形设备进行三次测试,并且将每延伸距离所施加的力(N/mm)的平均值记录为测量的张力 $T_{\text{测量}}$ 。

[0283] 有效拉伸模量(即,针对矩形标本)被定义为每单位宽度的力除以应变:

$$ETM = \frac{\text{Force per unit width}}{\text{strain}} = \frac{F/W}{\Delta L/L} = \left(\frac{F}{\Delta L}\right)\left(\frac{L}{W}\right)。$$

上述工序测量力除以伸长量,  $T_{\text{measured}} = \frac{F}{\Delta L}$ 。

通过乘以长度并且除以样本的宽度,根据所测量的张力 $T_{\text{测量}}$ 来计算有效拉伸模量,

$$ETM = T_{\text{measured}} \left(\frac{L}{W}\right)。$$

[0284] 有效弯曲模量

[0285] 通过利用佛罗里达州拉哥市的阿美特克测量与校准技术公司(原名为劳埃德仪器公司)的橡胶面手动操作的虎钳夹口夹紧形状可成形设备100的一端来执行有效弯曲模量的测量。形状可成形设备100的另一端竖直向下取向(与重力对准)并且用装订夹夹紧。通过滑轮将装订夹附接到由可购自加利福尼亚州尔湾市的禧马诺公司(Shimano Corp. of Irvine, CA)的钓线构成的线缆,使得装订夹沿与重力正交的方向被拉动,并且附接到可购自佛罗里达州拉哥市的阿美特克测量与校准技术公司(原名为劳埃德仪器公司)的LF Plus数字材料测试仪以测量偏转距离 $x$ 。对三个可成形的(解锁的)形状可成形设备100中的每个可成形的(解锁的)形状可成形设备进行三次测试,并且记录每弯曲(或偏转)距离的弯曲力(N/mm)的平均值。对三个刚性的(锁定的)形状可成形设备100中的每个刚性的(锁定的)形状可成形设备进行三次测试,并且将每弯曲(或偏转)距离所施加的力(N/mm)的平均值记录为测量的弯曲度 $B_{\text{测量}}$ 。

[0286] 有效弯曲模量被定义为每单位宽度的力除以偏转的角度:  $EBM = \frac{\text{Force per unit width}}{\text{theta}} = \frac{F/W}{\theta}$ 。

偏转的角度可近似(小角度近似)为 $\theta \sim \frac{x}{L}$ ,这意味着如果 $x$ 是偏转距离,  $EBM = \frac{F/W}{x/L} = \left(\frac{F}{x}\right)\left(\frac{L}{W}\right)$ 。

上述工序测量力除以偏转距离,  $B_{\text{measured}} = \frac{F}{x}$ 。通过乘以长度并且除以样本的宽度,根据所

测量的弯曲度 $B_{\text{测量}}$ 来计算有效弯曲模量,  $EBM = B_{\text{measured}} \left(\frac{L}{W}\right)$ 。

[0287] 有效压痕模量

[0288] 通过将形状可成形设备100放置在环支撑结构上来执行压痕刚度。形状可成形设备100可跨环支撑结构的表面自由滑动。环支撑结构的内径为2.40英寸(6.10厘米)。利用可购自佛罗里达州拉哥市的阿美特克测量与校准技术公司(原名为劳埃德仪器公司)的LF Plus数字材料测试仪来推动或压痕形状可成形设备100的中心。推动到设备上的尖端的直径为0.63英寸(1.60厘米)。对三个可成形的(解锁的)形状可成形设备100中的每个可成形的(解锁的)形状可成形设备进行三次测试,并且记录每压痕距离的压痕力(N/mm)的平均值。对三个刚性的(锁定的)形状可成形设备100中的每个三个刚性的(锁定的)形状可成形设备进行三次测试,并且记录每延伸距离所施加的力(N/mm)的平均值。

[0289] 有效压痕模量被定义为施加到样本的力除以偏转距离:  $EIM = \frac{\text{Force applied}}{\text{deflection distance}} = \frac{F}{x}$ 。

这是通过以上工序进行的直接测量,因此不需要计算。

[0290] 测试的结果总结在表1中。还计算了测试中的每次测试的平均锁定刚度相比于平均未锁定刚度的比率,并且记录在表1中。

[0291] 此外,根据上述有效拉伸模量方法对示例中使用的聚氨酯包层102本身进行测试,并且发现其具有1.21N/mm的有效拉伸模量。

[0292] 表1.用于包括未图案化和图案化锁定片的锁定和未锁定设备的ETM、EBM和EIM。

[0293]		纸材, 20 片, 未图案化			纸材, 20 片, 图案化		
[0294]		锁定(L) [N/mm]	未锁定(UL) [N/mm]	比率 [L/UL ]	锁定(L) [N/mm]	未锁定(UL) [N/mm]	比率 [L/UL ]
	ETM	3738	3824	1.0	70.1	4.3 [E <sub>a</sub> ]	16.1
	EBM	0.056	0.0038	14.5	0.0067	0.0016	4.2
	EIM	13.2	5.9	2.2	8.0	0.97	8.2

[0295] 该数据显示,未图案化纸材不能容易地延伸,从而限制了其适形能力,而图案化纸材更容易延伸约1000倍。

[0296] 观察到与未图案化纸材没有可测量的变化相比,图案化纸材的锁定/未锁定延展性的显著比率。图案化纸材的压痕比率也更好。在实心(即,未图案化的)纸材的压痕测试中,也看到显著的褶皱。

[0297] 实施例3-图案化锁定片对未图案化锁定片的ETM性能

[0298] 组装六组锁定片,具有以下特征:(1) 20个未图案化纸片的叠堆;(2) 20个纸片的叠堆,利用激光切割机(可购自亚利桑那州斯科茨代尔市的通用激光系统公司(Universal Laser System,Scottsdale,AZ)的型号ILS 9.75),被切割有图15的图案;(3) 1片未图案化的0.005”厚退火铝;(4) 1片0.005”厚的退火铝,经由水射流切割图案化,具有图15所示的图案;(5) 2片1/16”厚的未图案化的迭尔林;以及(6) 2片1/16”迭尔林,被切割有图15的图案。

[0299] 根据实施例2的工序来测试所有六组片材的有效拉伸模量。测试的结果总结在下表2中。

[0300] 表2.图案化锁定片和未图案化锁定片的ETM。

[0301]	材料	图案化的 ETM [E <sub>1</sub> , N/mm]	未图案化的 ETM [E <sub>0</sub> , N/mm]	比率 [E <sub>0</sub> /E <sub>1</sub> ]
	1 片纸(.003")	0.0022	24.5	10,947
	1 片迭尔林(.063")	2.7	1,868	692
	1 片铝(.005")	0.87	2,375	2,448

[0302] 此外,在表1中将包含20片图案化纸材的未锁定设备的总ETM (E<sub>a</sub>) 报告为4.3 (N/mm),并且在表2中将未图案化纸材的ETM (E<sub>0</sub>) 报告为24.5,因此包含20个图案化纸锁定片的设备的E<sub>0</sub>/E<sub>a</sub>的比率为(24.5/4.3)约6。

[0303] 本文所引用的所有参考文献和公布均明确地全文以引用方式并入本公开。

[0304] 以下权利要求书陈述了本公开的各种特征部和方面。

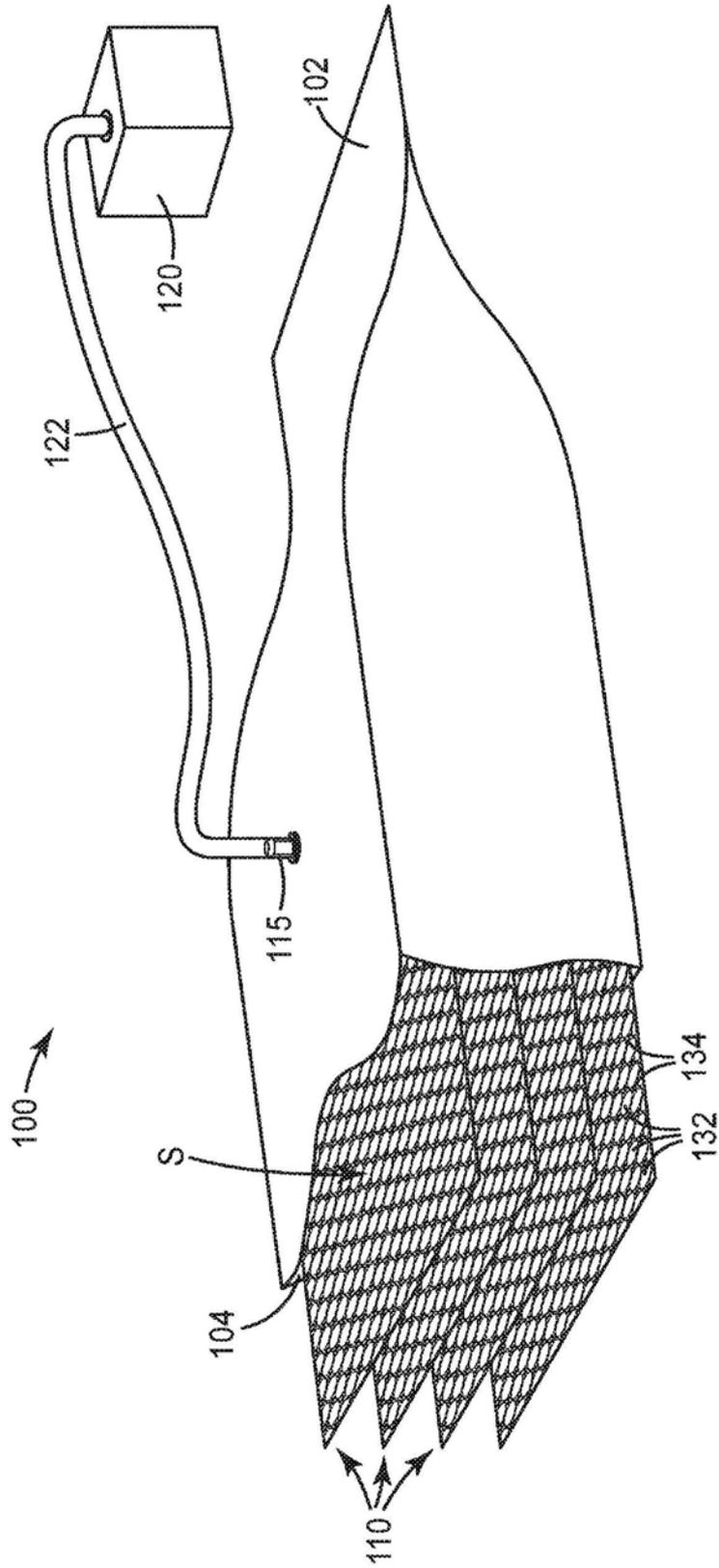


图1

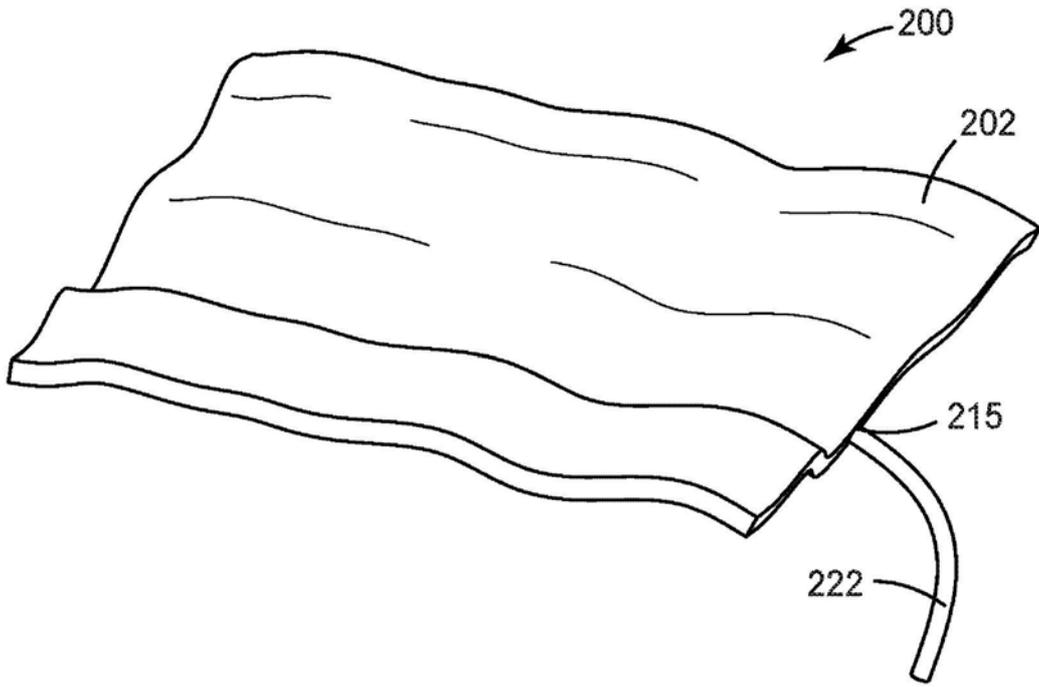


图2A

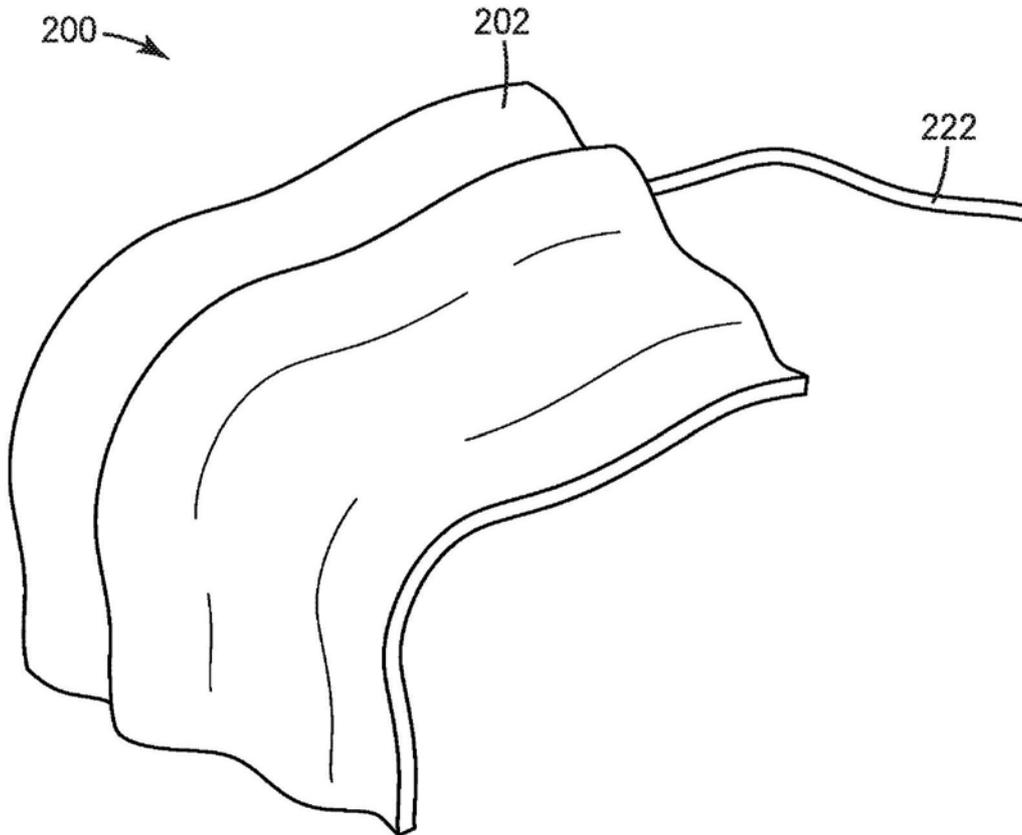


图2B

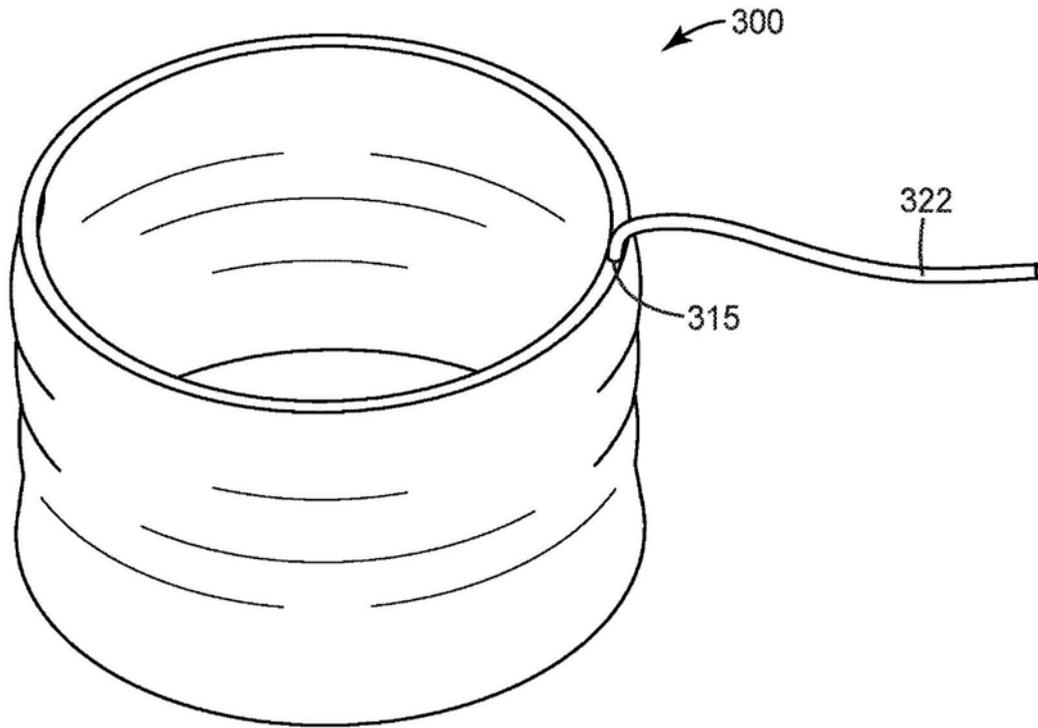


图3A

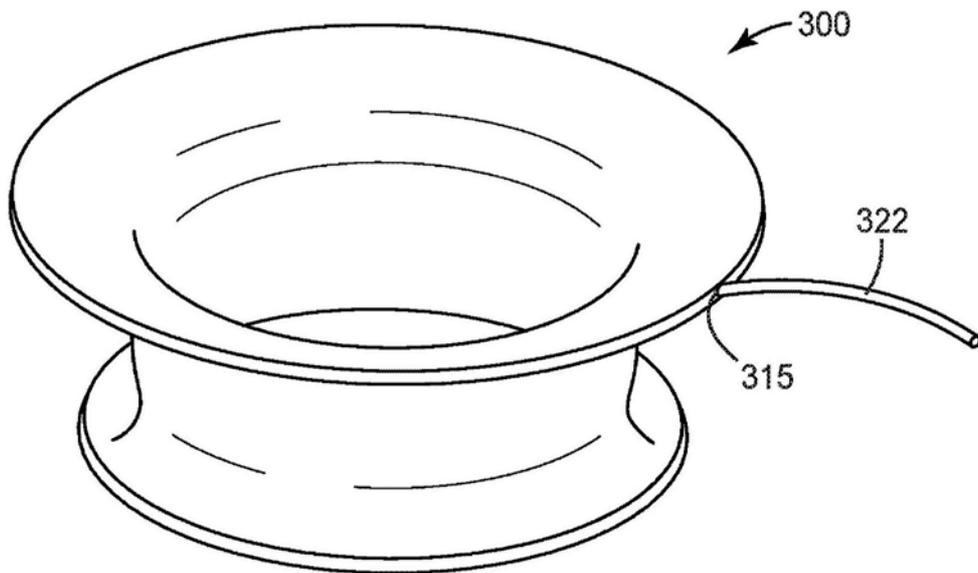


图3B

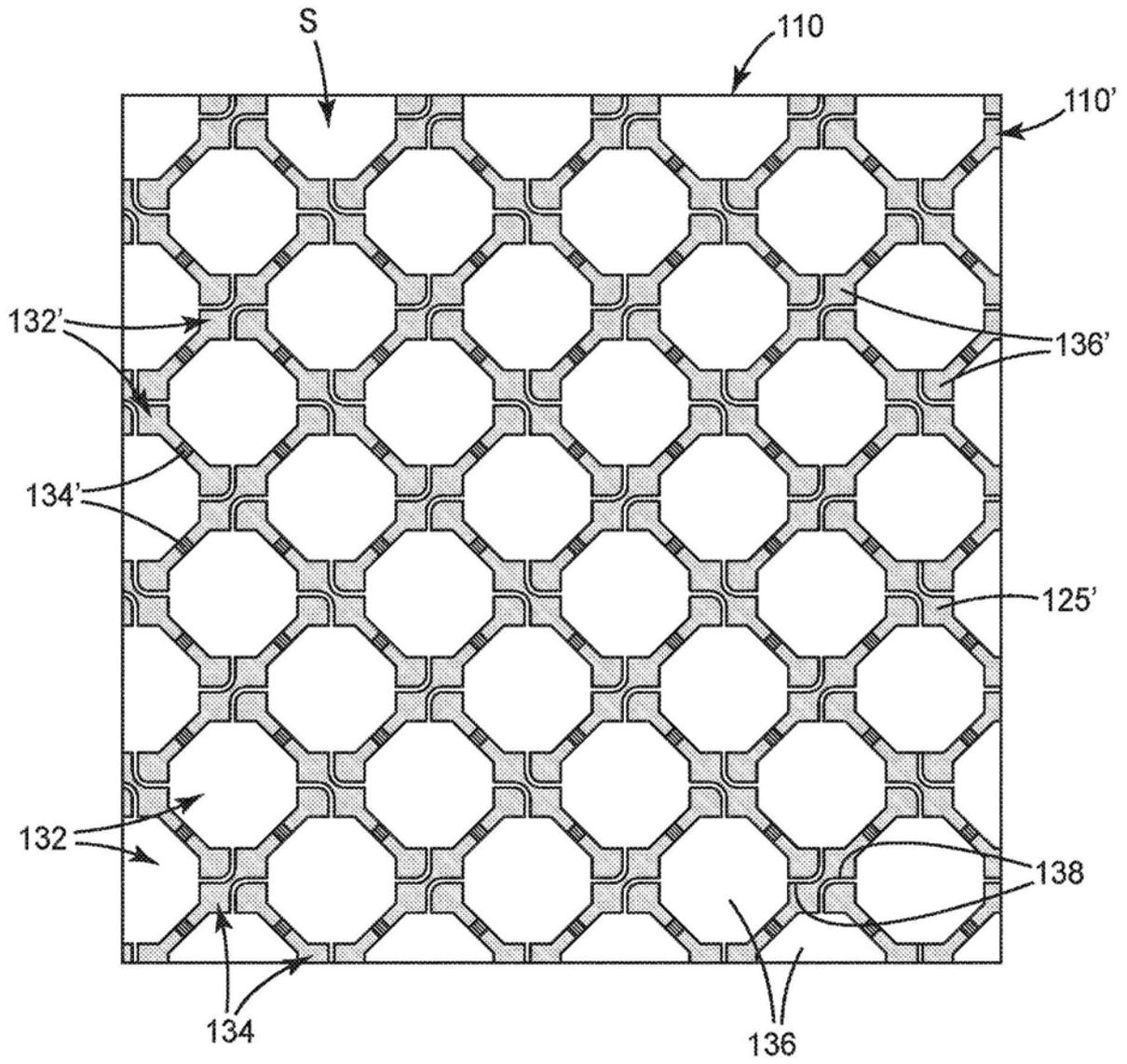


图4



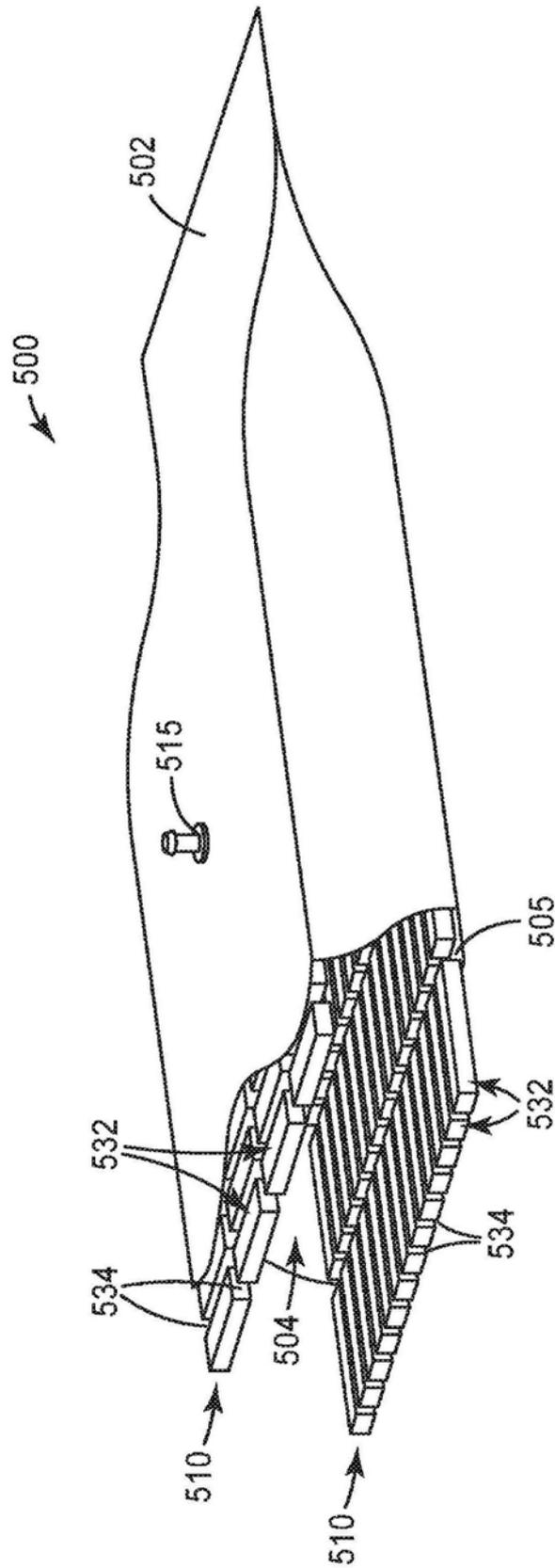


图7

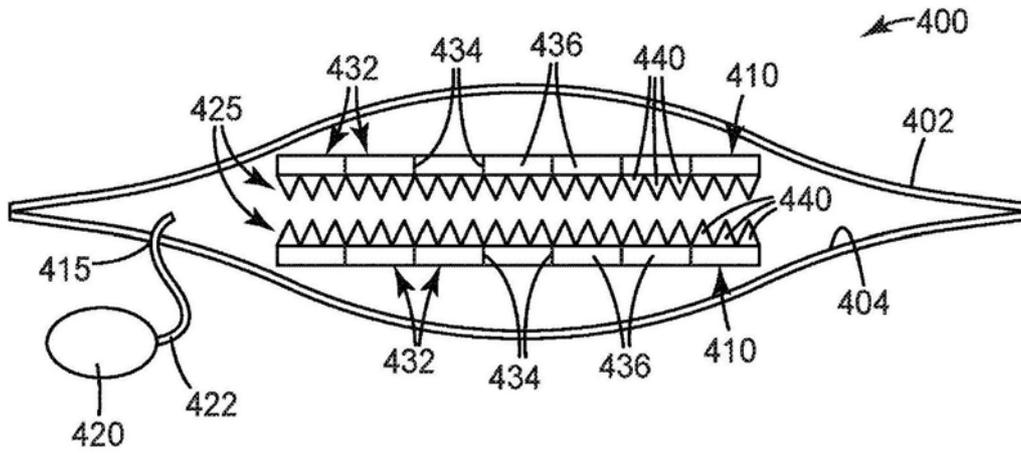


图6A

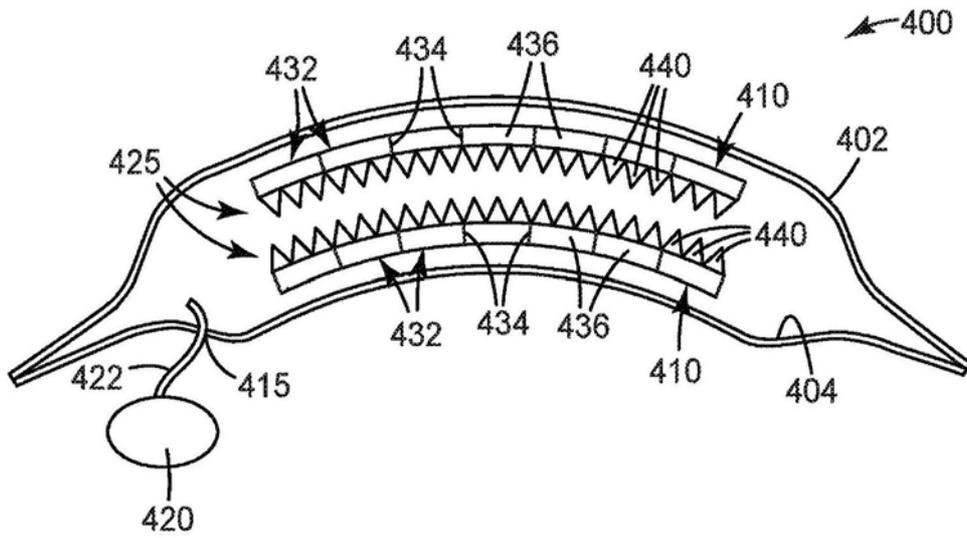


图6B

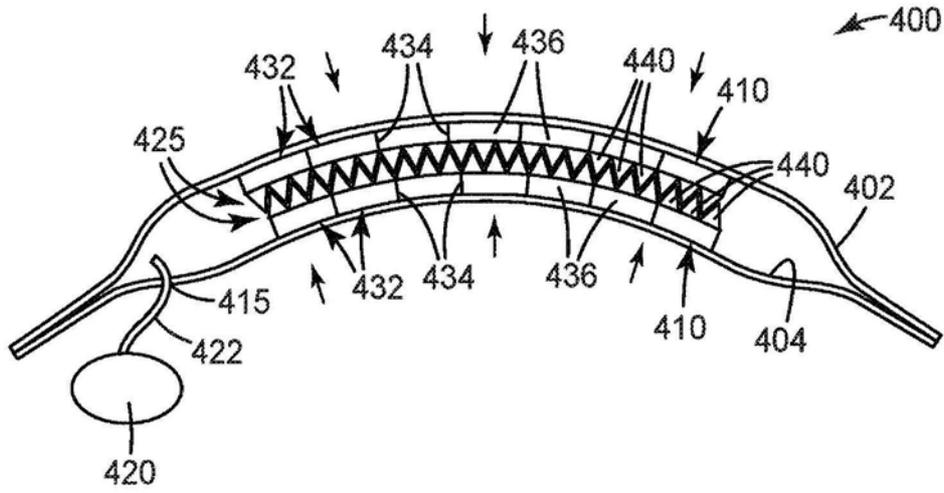


图6C

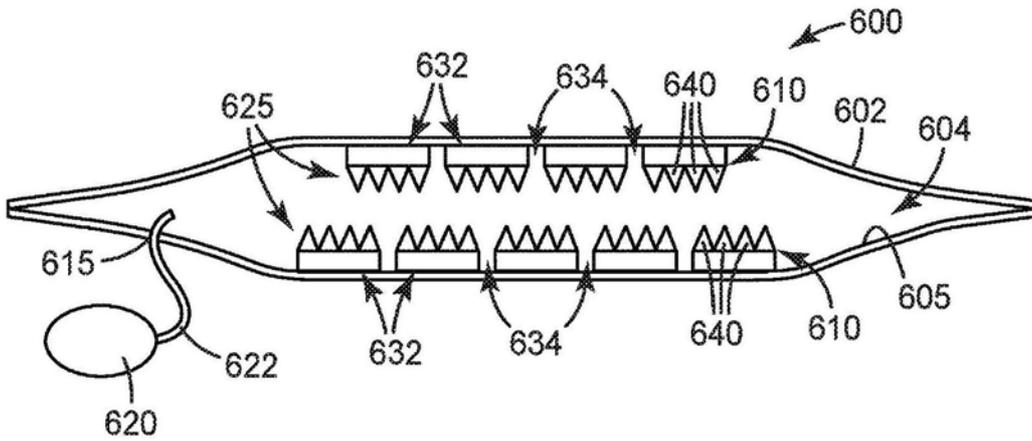


图8A

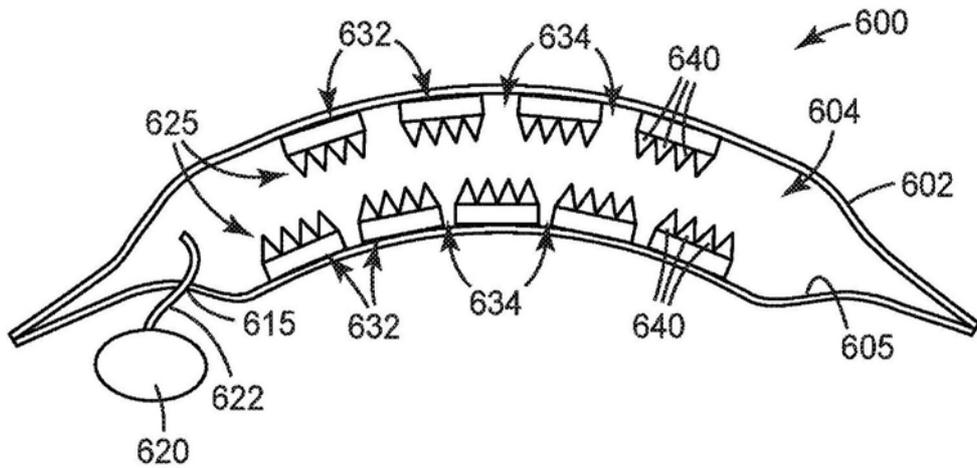


图8B

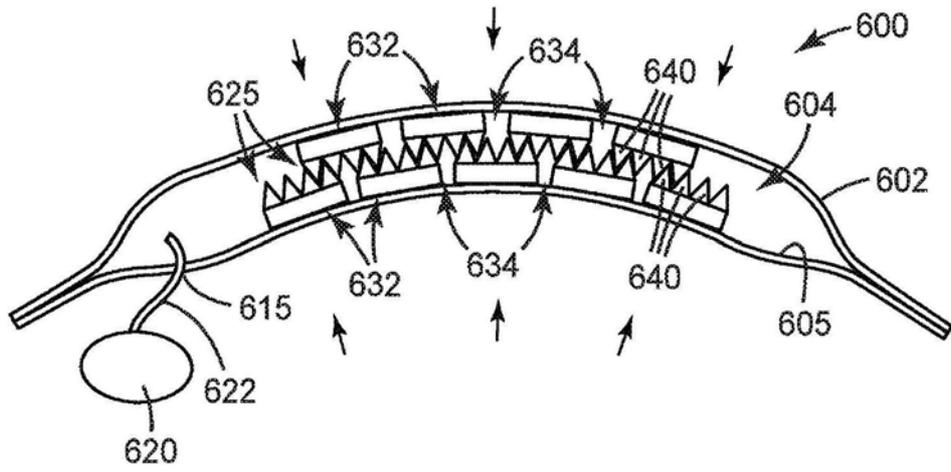


图8C

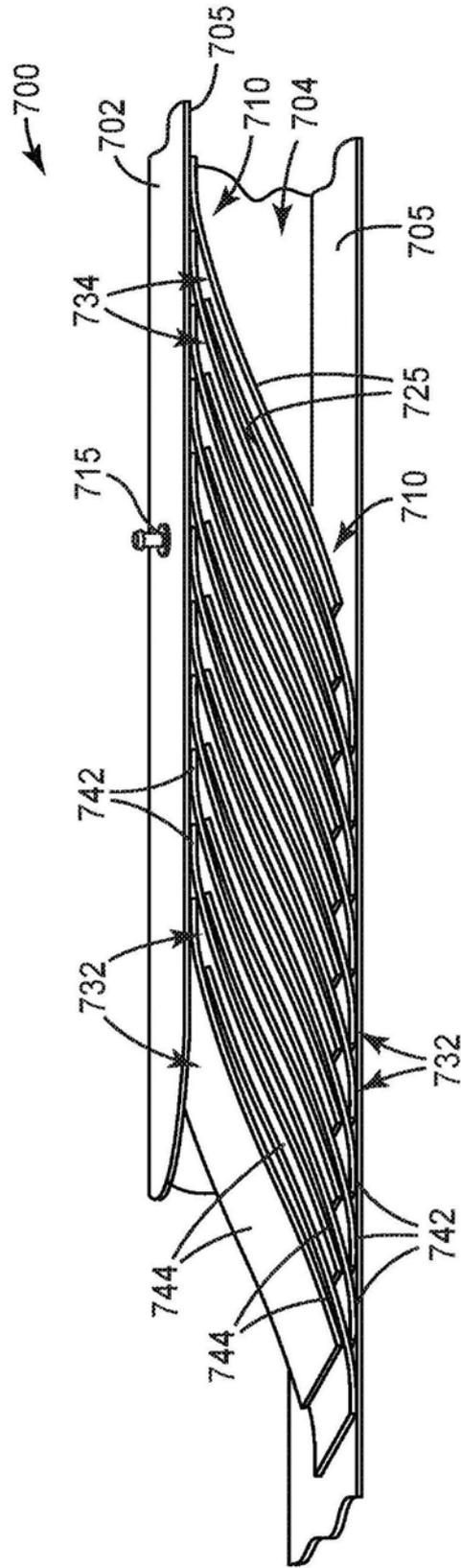


图9A



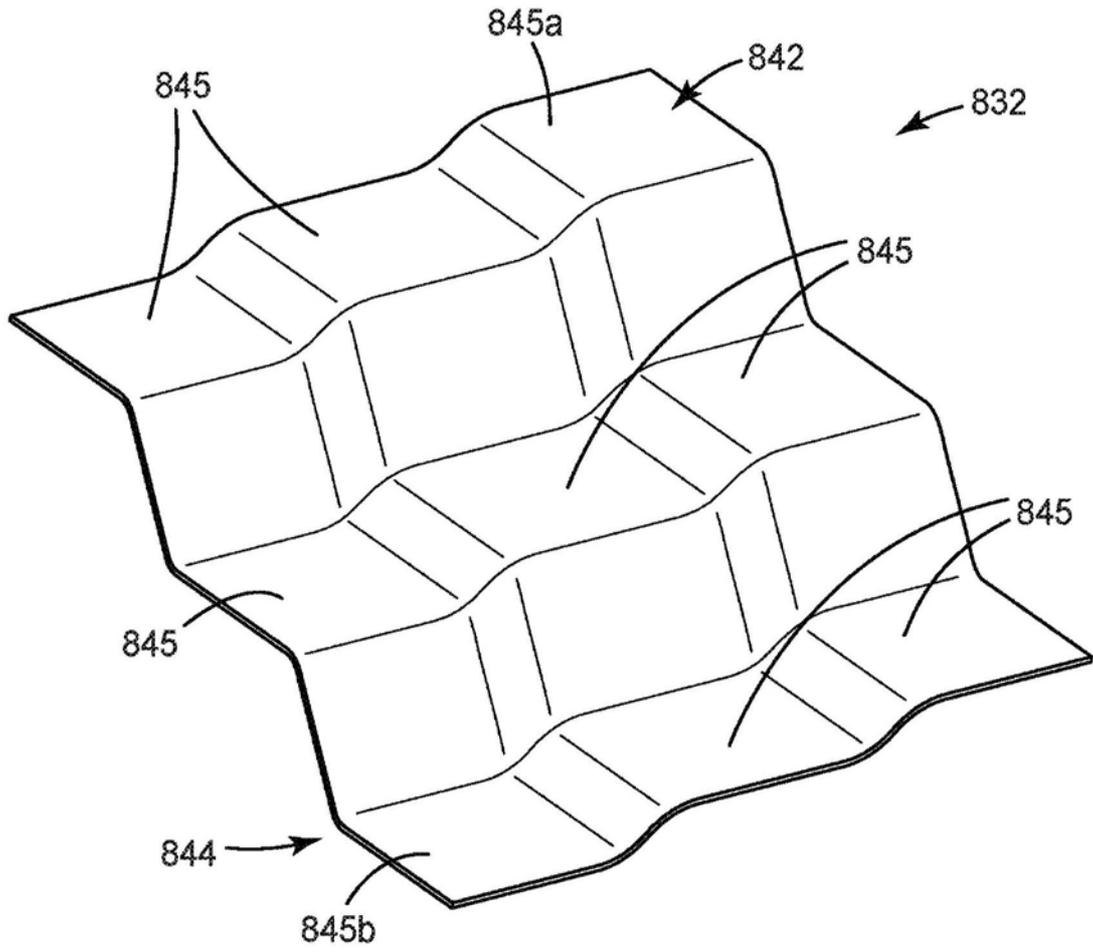


图10A





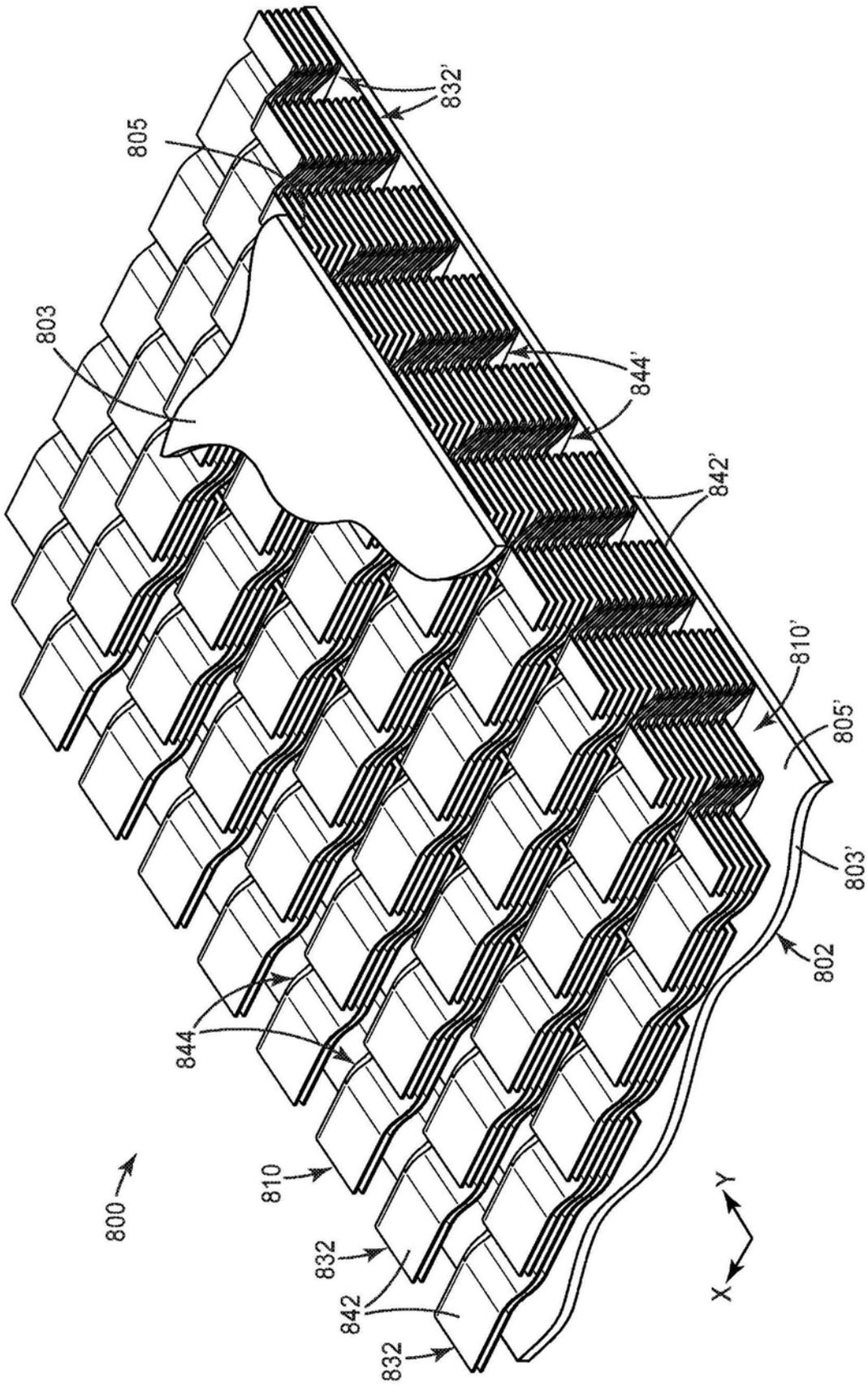


图10D

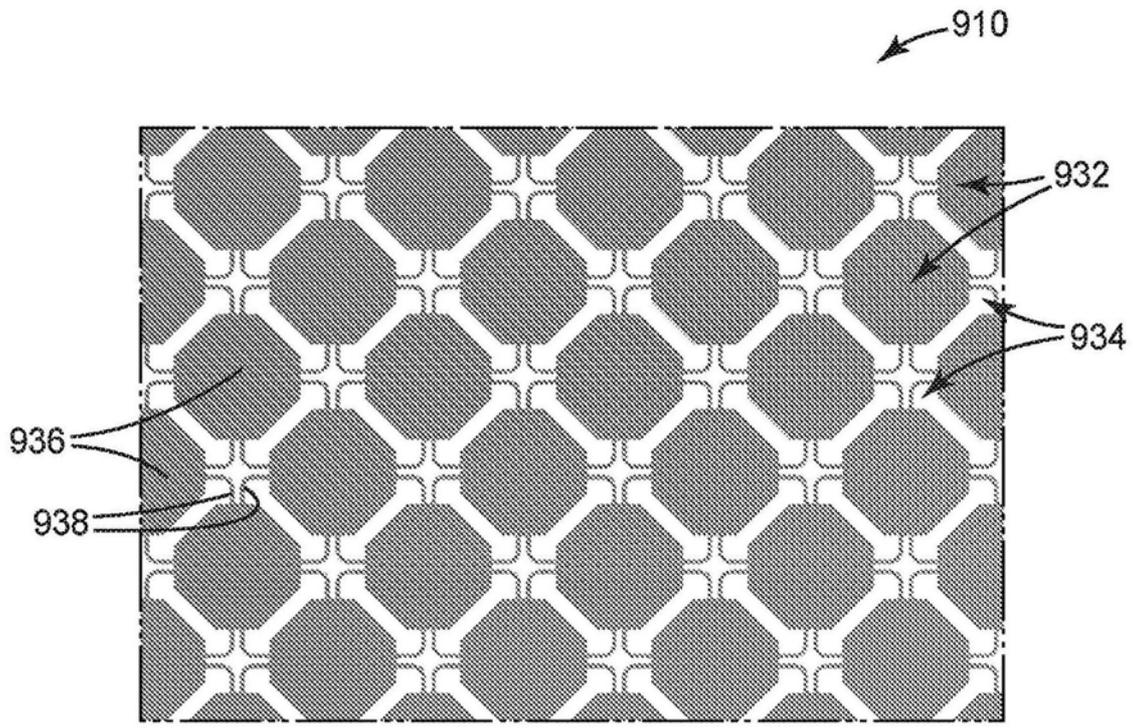


图11

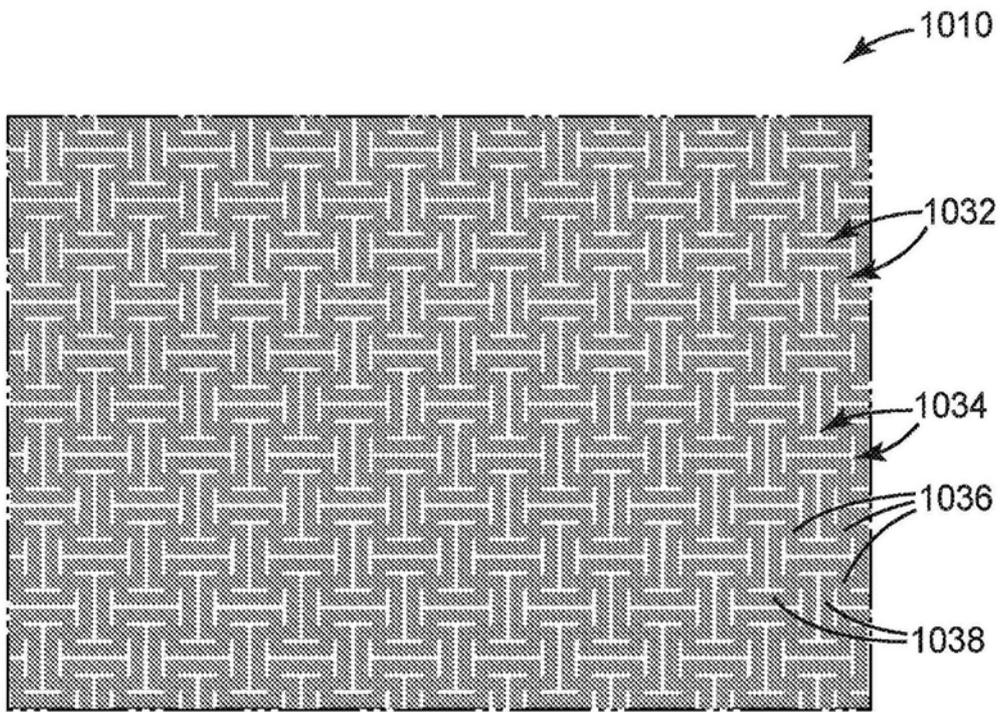


图12

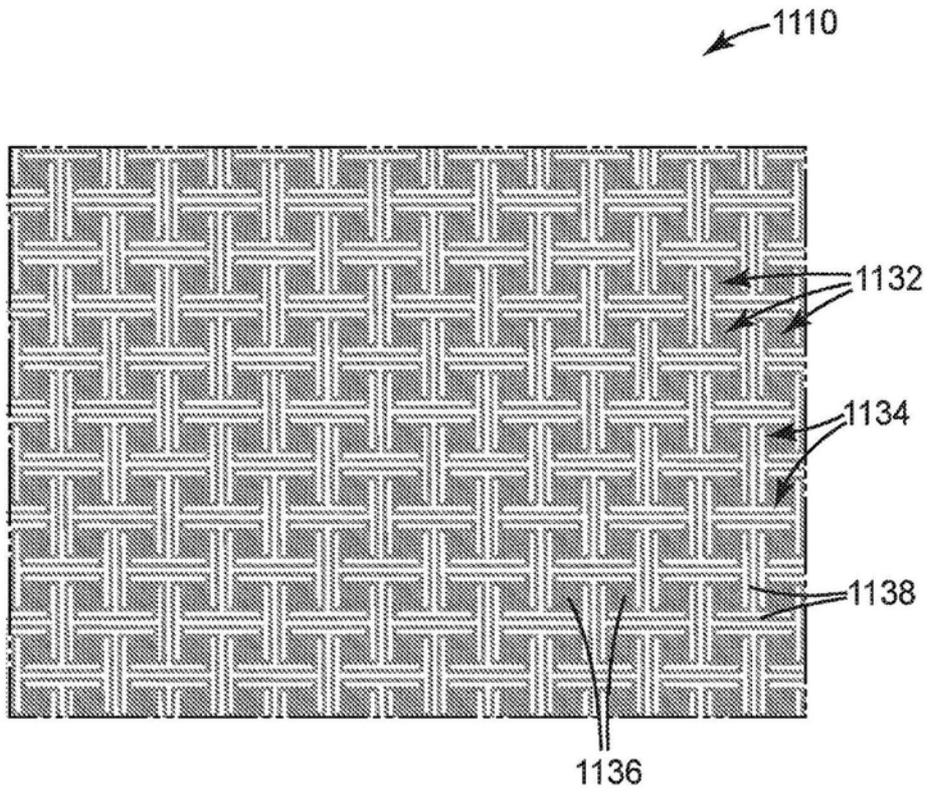


图13

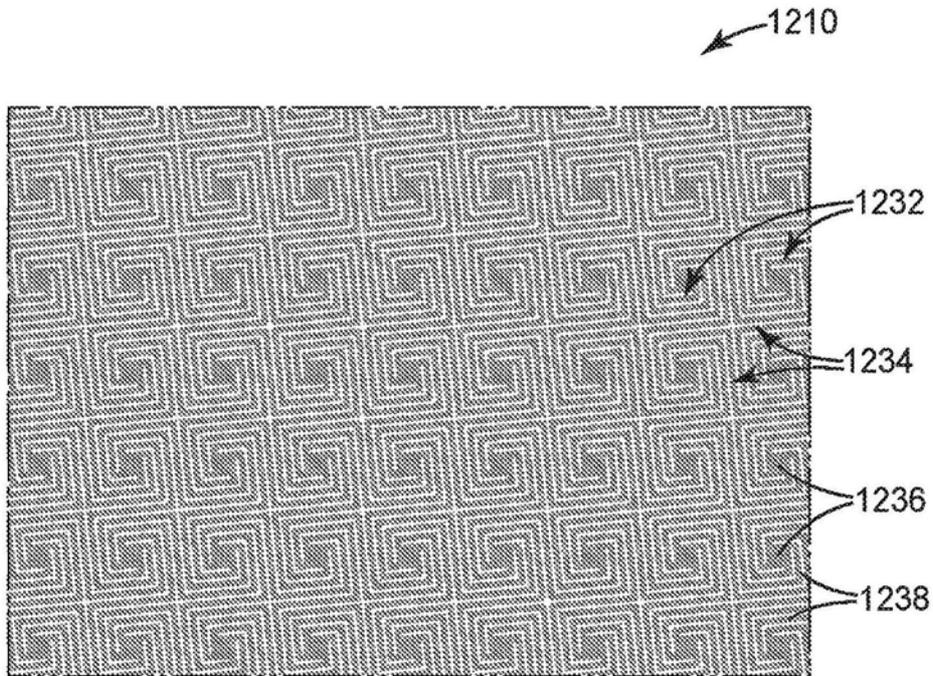


图14

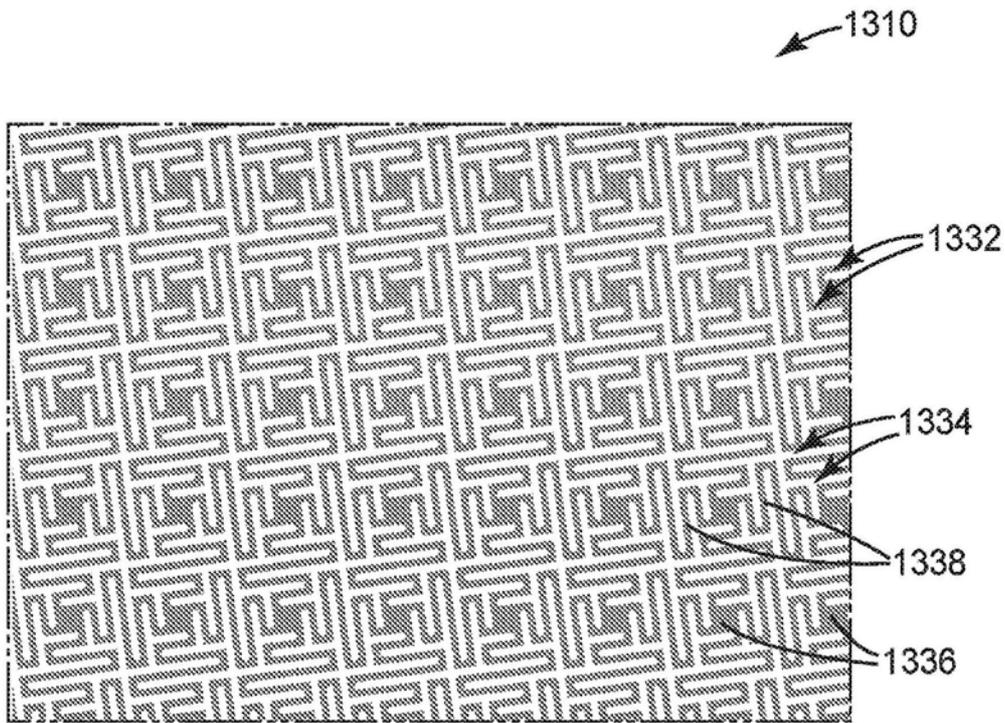


图15

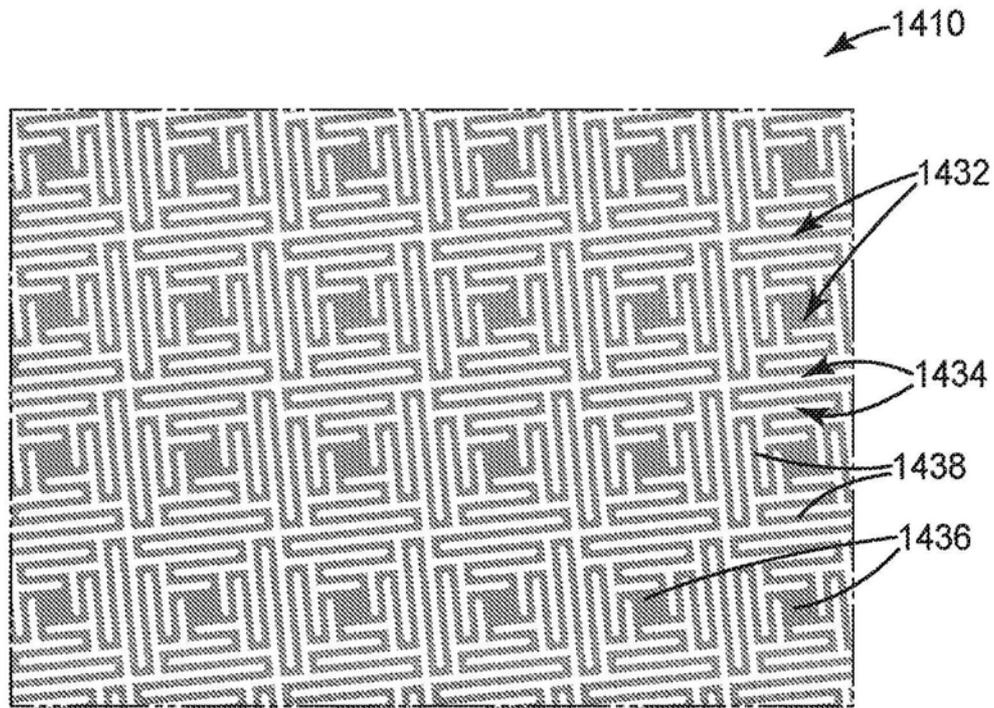


图16

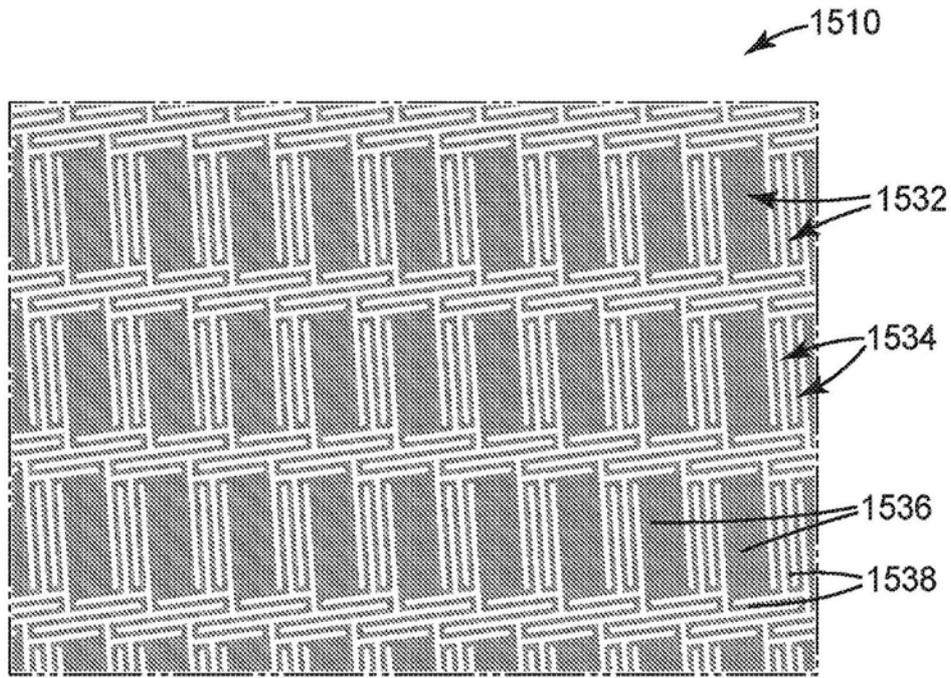


图17

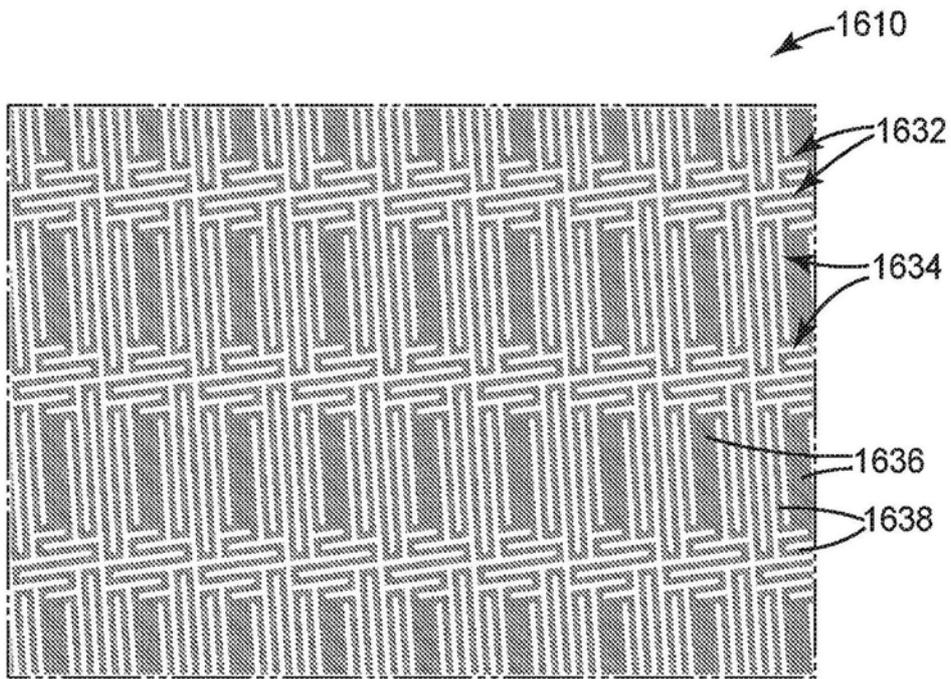


图18

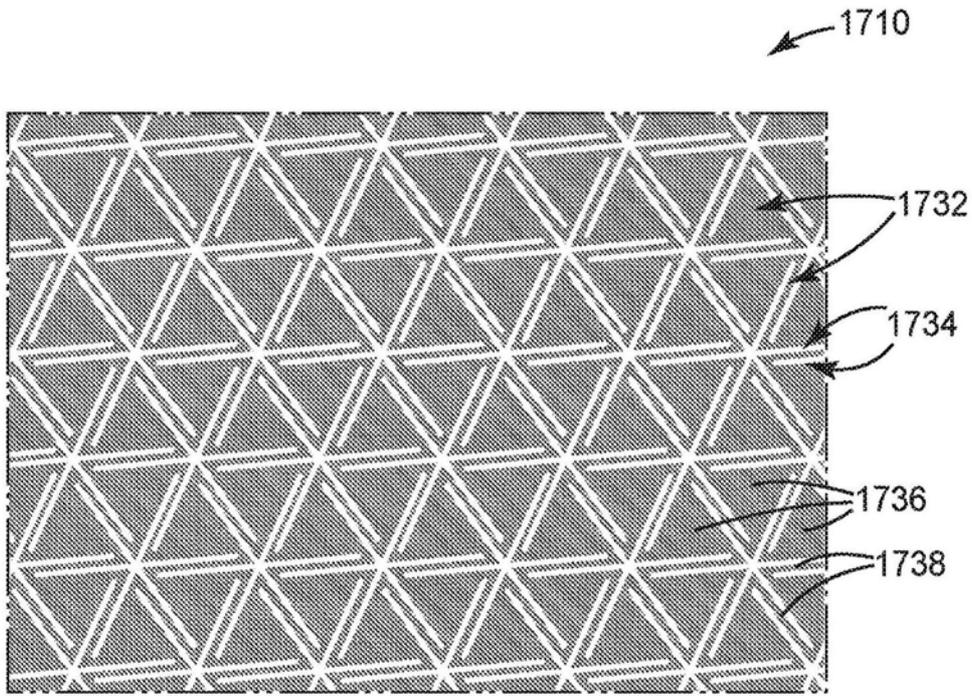


图19

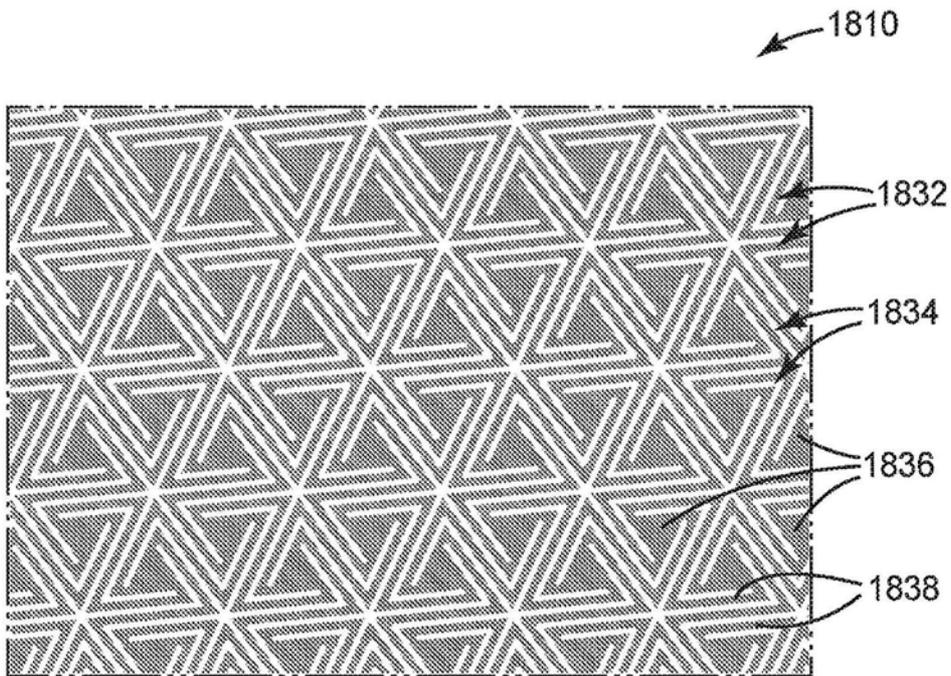


图20

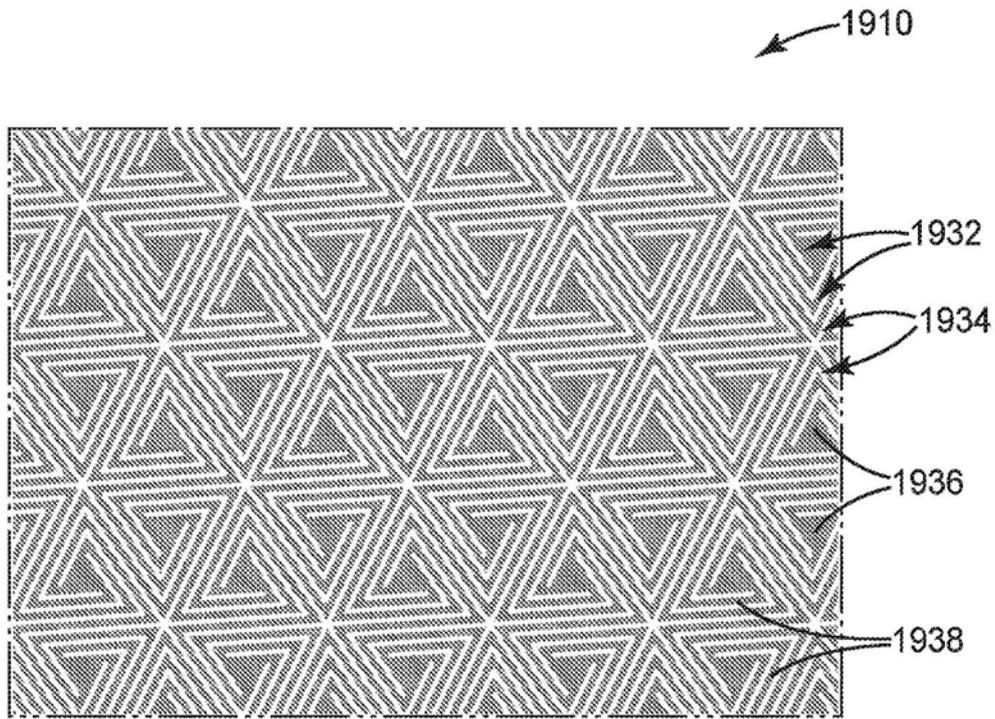


图21

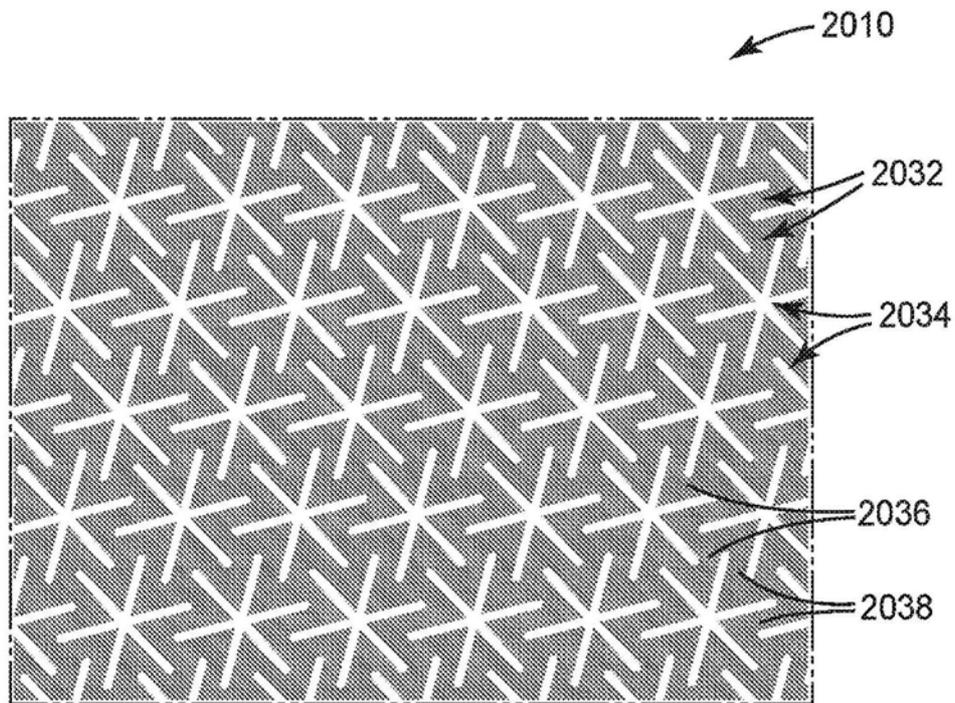


图22

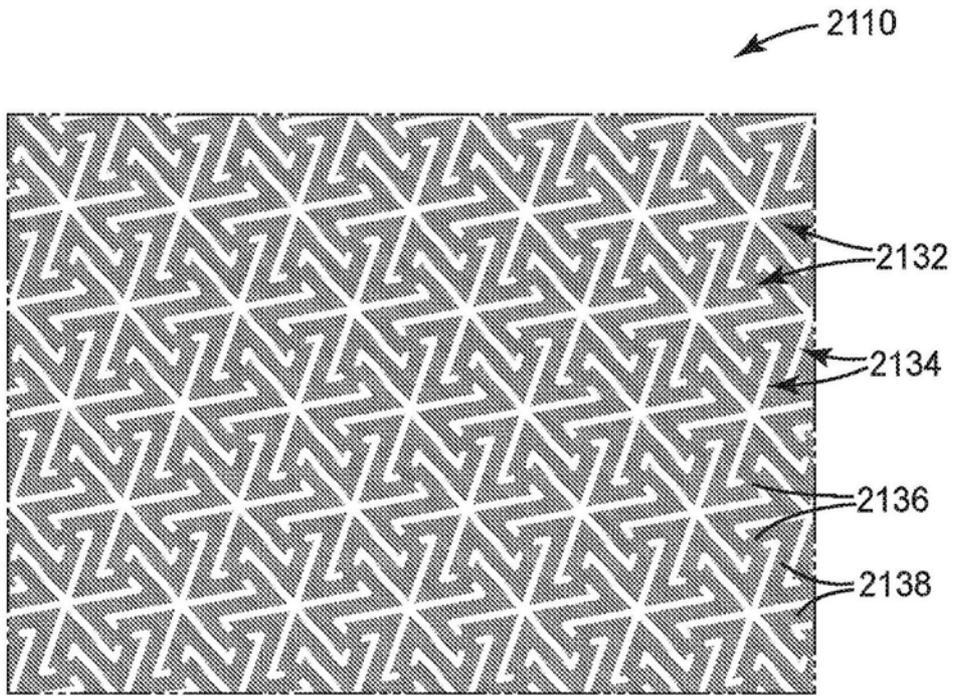


图23

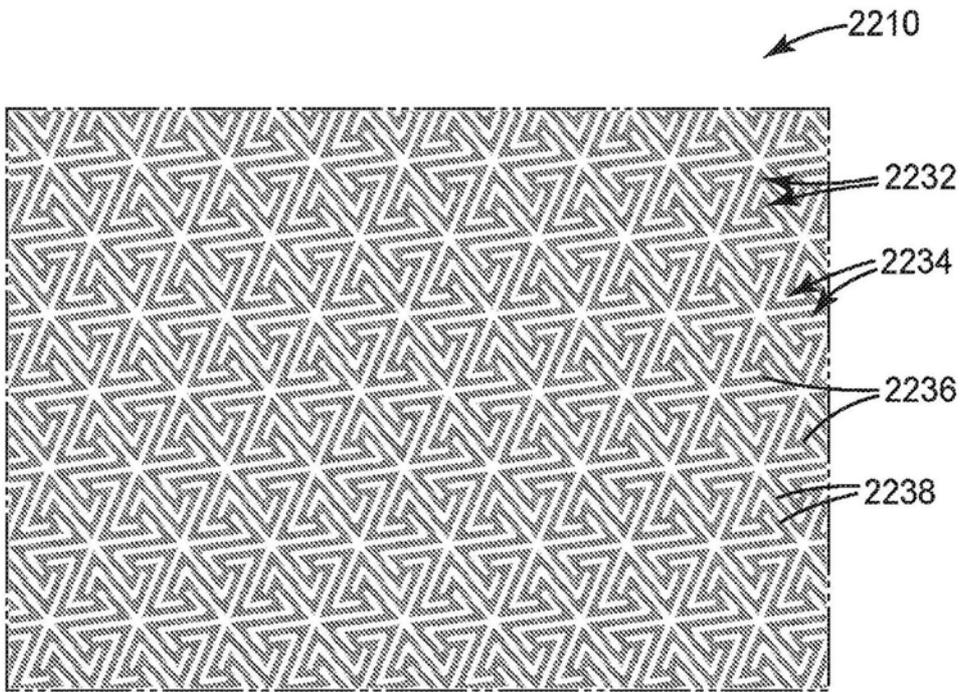


图24

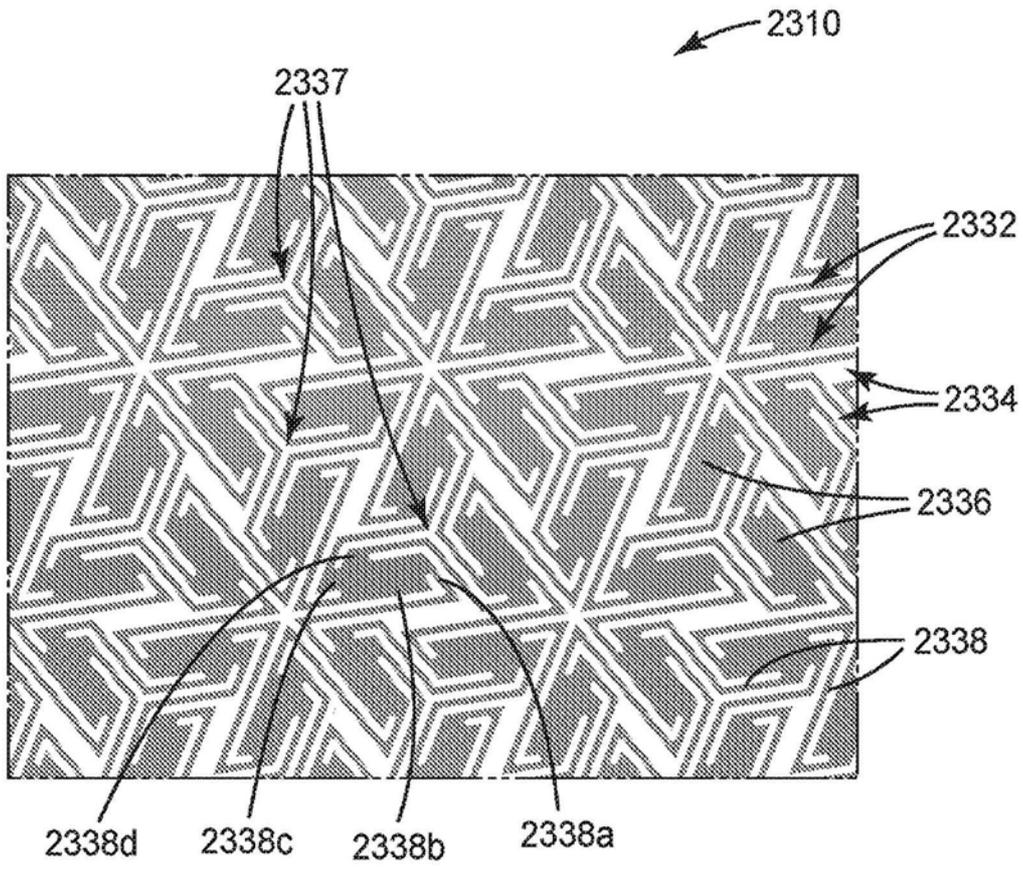


图25