(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113622080 A
(43)申请公布日 2021.11.09

(21)申请号 202110625074.4

(22)申请日 2017.12.18

(30)优先权数据
62/437,910 2016.12.22 US

(62)分案原申请数据
201780087234.6 2017.12.18

(71)申请人 分形编织公司
地址 美国俄勒冈州

(72)发明人 路易斯·A·阿什福德
杰西·贾雷尔 达斯汀·弗伦奇

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 刘晓杰

(51)Int.Cl.
D04C 3/30(2006.01)
D04C 3/36(2006.01)
D04C 3/12(2006.01)
D04C 3/32(2006.01)
D04C 3/48(2006.01)
D04C 3/18(2006.01)
D04C 3/38(2006.01)
D04C 3/22(2006.01)
D04C 3/24(2006.01)
D04C 3/04(2006.01)
H02K 3/28(2006.01)

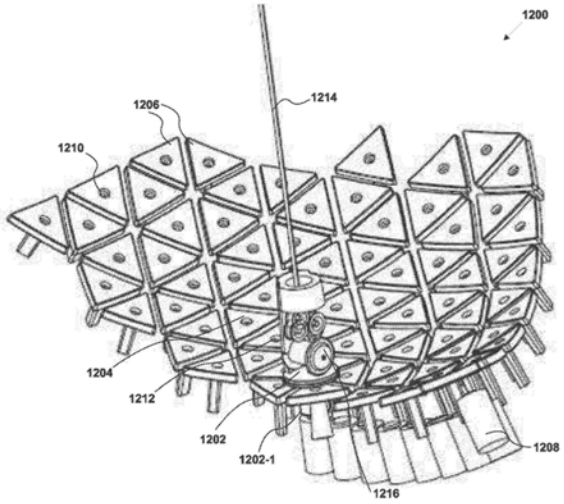
权利要求书1页 说明书30页 附图35页

(54)发明名称

用于操纵材料的装置和方法

(57)摘要

提供了用于操纵材料的装置。该装置可以包括一个或多个以三维配置布置的定子线圈，以及至少一个载体被配置用于在其上移动的表面。该装置的定子线圈可被配置用于产生电磁场，用于驱动表面上的载体来操纵材料。



CN 113622080 A

1.一种装置,包括:

磁性器件,其以三维配置布置;以及

表面,至少一个载体被配置成在该表面上移动,

其中所述磁性器件被配置用于提供磁场,该磁场用于驱动所述表面上的所述载体以操纵一材料。

2.根据权利要求1所述的装置,其中所述磁场被调节以驱动所述载体以操纵所述材料从而形成物体,并且所述物体选自三维编织结构、三维打印结构和三维组装结构。

3.根据权利要求1所述的装置,其中所述磁性器件选自定子线圈、可移动永磁体和可切换永磁体。

4.根据权利要求1所述的装置,其中所述材料选自纤维、液体聚合物、粉末材料和油墨。

5.根据权利要求1所述的装置,其中所述表面包括一个或多个轨道,所述载体被配置成沿着所述轨道移动。

6.根据权利要求5所述的装置,其中所述一个或多个轨道被配置成使所述载体以平移或旋转方式移动。

7.根据权利要求5所述的装置,其中所述一个或多个轨道被配置成使所述载体在运动过程中改变其方向。

8.根据权利要求5所述的装置,其中所述一个或多个轨道对应于相邻间隔的载体导板之间的间隙。

9.根据权利要求8所述的装置,其中多个载体导板以网格图案布置。

10.一种致动载体的方法,包括:

提供以三维配置布置的磁性器件阵列,该三维配置选自包括球体配置和多面体配置的组;

提供所述载体被配置成在其上移动的表面;以及

通过由所述磁性器件阵列提供的磁场驱动所述表面上的所述载体来操纵一材料。

用于操纵材料的装置和方法

本申请是申请日为2017年12月18日、申请号为201780087234.6、发明名称为“用于操纵材料的装置和方法”的中国专利申请(其对应PCT申请的申请日为2017年12月18日、申请号为PCT/US2017/067038)的分案申请。

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2016年12月22日提交的名称为“Apparatus and Methods for Material Manipulation”的美国临时专利申请号62/437,910的优先权,该申请出于所有目的以引用方式整体并入本文。

背景技术

[0002] 机械系统长期用于材料操作和运输。例如,机械系统可以用于生成简单的二维(“2D”)编织预制件,如绳索和套管结构。然而,这些系统不容易配置,并且经常会遇到适应性差的问题。尤其是,现有的机械系统可能无法满足与三维(“3D”)编织相关的一些挑战和要求。在3D编织中,为了利用纤维沿某些方向上的特定强度,使用移动载体通过多条复杂路径对纤维进行布线。

[0003] 复杂的机械系统可以实现更高程度的载体路径适应性,并可用于3D编织。然而,由于尺寸的限制以及需要制造的部件的尺寸复杂性,这些系统很难实现。例如,制造部件时会遇到挑战,这些部件可以通过各种复杂的路径被精确地固定、移动和通过载体。

[0004] 在一些情况下,可以通过用电磁系统替换机械系统来获得更大程度的载体路径适应性。然而,现有的电磁系统存在一些缺点,如在载体运动过程中无法保持线张力,这可能会增加载体弹出或失准的风险。这使得现有的电磁系统不适用于需要适当的线张力或精确对准的3D编织应用。从上面可以看出,需要一种改进的装置和方法来实现高程度的载体路径适应性。

发明内容

[0005] 公开了用于材料操纵(material manipulation)和运输的改进装置和方法。所述装置可以包括电磁致动系统,所述系统可以移动周围的材料或部件。例如,所述装置可以包括具有下方定子线圈的表面,所述定子线圈在所述表面上方产生电磁场。所述定子线圈可以以2D平面配置或3D配置进行布置。在一些情况下,所述定子线圈可以用可移动永磁体或可切换永磁体代替。用于容纳材料或部件的一个或多个载体可以耦合到所述装置的表面。使用所述电磁场施加的多个力,可以控制这些载体以不同的速度和加速度沿各种复杂路径在所述表面上移动。所述装置提供高度的载体路径适应性,并且可以容易地配置用于不同的应用。在一个实例中,所述装置可用于形成复杂的3D结构,如3D编织结构或3D打印结构。这可以通过例如使用所述表面上的所述载体沿复杂的运动路径运输和分配材料来实现。可由所述装置操纵的材料的实例包括纤维、粉末、油墨、液体聚合物或复合材料。在另一个实例中,可以按照类似传送机的方式在所述装置的表面上传送部件,甚至可以将部件组装在一起形成中间产品或成品。所述装置可以由许多易于组装和拆卸的分立组件形成。这允许

所述装置按比例缩放以满足不同的制造要求。例如所述，装置可以用于制造具有各种形状、大小和功能的产品。

[0006] 所述装置可以包括表面，至少一个载体被配置成在所述表面上移动。磁性器件可以以3D配置在装置中提供。所述3D配置可以包括球体或多面体配置。所述磁性器件可被配置用于提供用于驱动所述表面上的所述载体的磁场。所述磁性器件可以包括定子线圈、可移动永磁体或可切换永磁体。在一些情况下，所述磁性器件中的一个或多个组件的位置和/或取向可以是可调整或可移动的，以改变所述磁场的状态。在一些实例中，所述磁性器件可以包括具有相同或不同线圈直径的定子线圈。可选地，所述定子线圈可被布置成在所述线圈之间具有不同的间隔。在所述装置表面下方可以以3D配置提供不同密度的定子线圈。

[0007] 所述表面可以包括以网格图案布置的多个载体导板。所述载体导板可以通过定义多个轨道的间隙间隔开。所述载体可被配置成以平移或旋转的方式沿着所述轨道移动。所述轨道还可以允许所述载体在运动过程中改变其方向。在一些情况下，无需在所述表面上提供轨道。例如，表面可以包括无轨道承载层，一个或多个载体可以在所述承载层上移动。

[0008] 控制器可被配置用于激活所述磁性器件以提供所述磁场。所述控制器可以通过调节所述磁场来驱动所述装置表面上的所述载体。所述控制器还可以驱动所述表面上的所述载体三维地且沿预定路径移动。在一些情况下，所述控制器可被配置用于检测所述载体的位置和/或运动。可选地，一个或多个传感器可被配置用于检测所述载体的位置和/或运动。传感器的实例可以包括磁场传感器、光学传感器和/或惯性传感器。

[0009] 所述载体可以包括与由所述磁性器件提供的所述磁场相互作用的磁体。所述磁体可以是永磁体或电磁体。所述磁体可被配置成与所述磁场相互作用，从而驱动所述表面上的所述载体。所述载体可以在所述表面上被驱动以操纵材料。材料的实例可以包括纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨。可以操纵所述材料以形成具有3D编织结构、3D打印结构和/或3D组装结构的物体。

[0010] 所述载体可以包括被配置成支持一个或多个器件的基座，所述器件被配置用于操纵材料。所述器件可以包括线轴、组装机器人、材料喷射器或基体注入器。所述载体还可以包括将所述载体耦合到所述装置表面的耦合件，使得所述载体能够在所述表面上移动。所述载体可被配置用于响应于所述磁性器件提供的磁场在所述表面上被驱动。所述载体可以在所述表面上三维地被驱动，并且可以以平移或旋转的方式在所述表面上移动。

[0011] 应当理解，本公开内容的不同方面可以单独地、共同地或彼此组合地来理解。本文所述的本公开内容的各个方面可以应用于下文所述的任何特定应用，或用于任何其他类型的系统和方法，用于操纵材料形成3D结构，或用于组件的运输或组装。

[0012] 通过对说明书、权利要求和附图的审查，本公开内容的其他目的和特征将变得明显。

附图说明

[0013] 本发明的新颖特征在所附权利要求书中具体阐述。通过参考对其中利用到本发明原理的说明性实施方式加以阐述的以下详细描述和附图，将会获得对本发明的特征和优点的更好理解，在附图中：

[0014] 图1示出了具有载体可在其上移动的表面的装置的示意性横截面；

[0015] 图2A和图2B示出了在电磁场影响下载体在装置表面的移动；

[0016] 图3A至图3E示出了载体在具有六边形网格的表面上的移动；

[0017] 图4A至图4E示出了载体在具有方形网格的表面上的移动；

[0018] 图5A至图5D示出了载体在具有方形网格的表面上的移动；

[0019] 图6A至图6C示出了不同形状的3D行进表面的实例；

[0020] 图7A至图7C示出了具有六边形网格图案的半球形表面的实例；

[0021] 图8A至图8F示出了载体导板的六边形单元阵列；

[0022] 图9A和图9B示出了位于载体导板的六边形阵列之间的轨道上的载体；

[0023] 图10A、图10B和图10C示出了往复永磁体阵列的实例；

[0024] 图10D、图10E和图10F示出了往复永磁体阵列的另一个实例；

[0025] 图11A、图11B、图11C、图11D、图11E和图11F示出了可切换永磁体阵列的实例；

[0026] 图12示出了携载纤维的线轴附接在其上的载体；

[0027] 图13A和图13B示出了装置的半球形表面上的开口；

[0028] 图14A和图14B示出了装置的大致球形表面上的开口；

[0029] 图15示出了具有方形网格图案的曲面；

[0030] 图16A和图16B示出了包括呈方形网格图案的半球形表面的装置；

[0031] 图17示出了无导板无轨表面和不同类型的载磁体的实例；

[0032] 图18示出了用于控制装置的电磁场的控制系统的框图；

[0033] 图19示出了控制系统的电路原理图；

[0034] 图20示出了载体在装置表面上的不同运动路径的实例；

[0035] 图21A和图21B示出了使用所公开的装置的3D编织操作；

[0036] 图22A和图22B示出了使用所公开的装置的3D打印操作；

[0037] 图23示出了包含装置的系统；

[0038] 图24和图25示出了根据一些实施方式的载体加载系统；以及

[0039] 图26A、图26B、图27A和图27B示出了边带针设置的实例。

具体实施方式

[0040] 现将详细参考本公开内容的示例性实施方式，其示例如附图所示。在可能的情况下，在整个附图和公开内容中，将使用相同的参考数字来指代相同或类似的部件。

[0041] 以下是本发明内容的概述：

I.概要

II.致动原理

III.行进表面

A.六边形网格

B.正交网格

C.极坐标网格

IV.3D行进表面的实例

A.引导表面

B.无引导表面

V.控制系统

VI.材料的3D操纵

A.3D编织

B.3D打印

C.组件的运输和组装

[0042] I.概要

[0043] 本公开内容提供了用于实现各种物品可置于其上的载体的运输的装置和方法。载体可以被运输到装置内3D表面上的任何数目的预定位置。材料、部件或制成品可以在载体上运输，正如编织机线轴可以提供纱线以在编织机中编织成编织结构。材料的实例可以包括纤维、液体聚合物、粉末材料或油墨。尽管本文所述的装置主要是关于编织的，但很明显，所述装置还可用于材料的打印或分层沉积、传送或组件组装。该装置的其他用途对于本领域普通技术人员将会是显而易见的。

[0044] 本文所述的装置和方法可用于实现3D编织和3D打印。3D制造技术近年来备受关注，可以简化制造过程并提高制造过程的效率。例如，3D打印可以通过消除可能是劳动密集型的2D平面处理(例如切割和将多个2D层堆叠在一起)，使制造过程更加高效且成本更低。3D制造技术还可用于生产更复杂和更可靠的产品，通过复杂的路径或图案操纵材料，以利用期望的材料特性(例如，在一些方向上优异的拉伸强度)。例如，3D编织预制件可以为复合材料提供独特的结构特征和性能特性。这样的期望的特性包括分层抑制、改进的损伤容限、抗冲击性、疲劳寿命、改进的扭转阻力、改进的螺栓承载强度、改进的拉拔强度等。

[0045] 已经认识到，在编织领域，3D编织方法和机器的技术复杂度远远高于2D编织。例如，将大量金属部件加工成在组装中非常吻合并且能够在连续编织操作中平滑移动以形成3D编织结构的复杂形状可能具有挑战性且成本高昂。

[0046] 为提高可制造性，本文所述的装置采用无运动部件或具有很少运动部件的定子线圈阵列。定子线圈阵列能够生成电磁场，以沿各种不同的路径移动载体，例如以形成3D结构。与使用传统齿轮机构相比，通过使用定子线圈阵列可以显著减少上述装置中机械运动部件的数目。因此，该装置的可扩展性和操作性可以显著改善。

[0047] 定子线圈阵列可以以3D配置进行布置，并可集成到底板中。所述底板可以包括载体耦合到其上的表面。载体可被配置成在表面上移动。例如，载体可以携载磁体，在由定子线圈阵列产生的电磁场的影响下，该磁体提供驱动力以使载体移动。通过选择性地激活(通电/断电)定子线圈阵列中的独立线圈，可以实现载体路径的高度适应性。载体路径的高度适应性允许载体以高度精确性沿着各种复杂的路径移动。因此，该装置可以很容易地针对不同的应用进行配置，并满足不同的制造要求和产品类型。

[0048] 定子线圈阵列的布置还可以允许用户容易接近线圈。这在一些情况下可能有用，例如当阵列中的线圈需要更换或修理时。相比之下，传统的齿轮系统通常有大量的以串行方式耦合在一起的运动部件，这使得用户接近较为麻烦。将定子线圈阵列集成到底板中允许减小装置的形状系数，使其相对紧凑。

[0049] 图1示出了以横截面显示的装置100。所述装置可以包括表面102，载体104被配置用于在其上移动。该表面还为载体提供了刚性支撑。基本上，任何可以设想的材料都可以用来形成表面。表面可以由金属、塑料、复合材料、玻璃、有机材料、无机材料或其中任何的组

合制成，存在为板、片、垫、薄片、膜、载玻片、支承层等。表面可具有任何适宜的形状，如弯曲形状、球形、半圆形、球面、正方形、圆形、长方体、梯形、圆盘等。表面可以是光滑的，或可以采用多种不同的表面配置。例如，在一些情况下，表面可能包含凸起或凹陷区域。可以在表面形成轨道，如之后在说明书中详细描述的。例如，轨道可能包括凹槽、沟槽、台面结构等。载体可被配置成沿表面的轨道移动。表面可包括许多布置在一起的离散件，在这些离散件之间留有间隙以形成轨道。或者，可以使用公知的技术将轨道机械加工或蚀刻到表面上，以提供期望的表面特征。例如，加工过程如铣削、激光切割、水射流等可用于在表面形成轨道。

[0050] 定子线圈阵列106可以设置在装置表面下方。定子线圈阵列可以安设在装置的底板108上。在一些情况下，定子线圈阵列可以嵌入底板内。底板可以是装置框架的一部分。底板可为载体提供在其上移动的表面。或者，表面(载体在其上移动)可作为底板上的单独层提供。定子线圈阵列可以由铁磁材料组成，诸如导磁铁、铁合金等。定子线圈阵列可以包括多个定子线圈。每个定子线圈可以包括核心110，该核心110是导磁体。每个核心的周围都包围或包裹有线圈112。线圈的形状也可以与核心一致。在一些情况下，线圈可以是管状的。或者，线圈不需要是圆柱形或管状的。定子线圈阵列由在表面下方沿底板三维延伸的定子单元组成。每个线圈可通过对每个线圈进行磁化或去磁的控制器(图1中未显示)独立于其他线圈工作。不同的线圈可以使用控制器选择性地磁化或去磁。使电流沿一个方向通过线圈导致定子单元产生具有第一极性(例如，北极N)的电磁场。可以通过将电流反转以沿着相反的方向流动来切换极性。例如，使电流沿相反的方向通过线圈导致电磁场变为与第一极性相反的第二极性(例如，南极S)。

[0051] 定子线圈阵列可以按照规则图案或不规则图案提供。图案的实例可以包括正方形、圆形、多边形如六边形等。定子单元可以按固定节距或可变节距彼此隔开。在装置的不同部分可以提供不同密度的定子单元。例如，表面的一部分可以具有更高的下方定子单元密度，而表面的另一部分可以具有更低的下方定子单元密度。

[0052] 载体可被配置成沿定子线圈阵列上方的装置表面行进。载体可以与表面耦合，但允许在表面上移动。或者，载体可以可拆卸地耦合到表面。下面参考图2描述载体在表面上的致动。

[0053] II.致动原理

[0054] 定子线圈阵列可以产生电磁场，以沿表面驱动载体。参考图2A，定子线圈阵列中的线圈通过发送流过线圈的电流来通电，从而产生具有通量线114的电磁场，如图所示。通量线纵向延伸通过定子线圈的核心，并相互交叉。从本质上讲，电磁场在装置表面形成。

[0055] 载体可包括安设在其上的磁体。磁体可以附着在载体上，也可以形成载体的一部分。磁体可以是永磁体。当磁体靠近电磁场时产生驱动力。驱动力是由磁体自身的磁场与定子线圈阵列的电磁场的相互作用产生的。驱动力可以包括吸引力、排斥力或吸引力和排斥力的组合。吸引力产生于相反极性之间(如N-S或S-N)，而排斥力产生于相同极性之间(如N-N或S-S)。例如，载体上磁体的北极会被吸引到具有S极性的电磁场部分。这种吸引力可以导致磁体-载体朝向电磁场的S极性部分移动。相反，磁体的北极会被具有N极性的电磁场的另一部分所排斥。这种排斥力可以导致磁体/载体移动远离电磁场的N极性部分。在一些情况下，可以应用吸引力和排斥力的组合，从而将载体保持在表面上的特定点，以抵消作用在载体上的重力的影响。

[0056] 可通过调整输送至定子线圈阵列的电流来控制载体上的驱动力。例如，增大电流的幅度可以以相应的方式增大驱动力的强度。增大驱动力可导致载体移动得更快，诸如增加速度和/或加速度。以同样的方式，减小电流的幅度可以降低驱动力的强度。降低驱动力可导致载体移动更慢，诸如降低速度和/或减速度。驱动力还可以通过在载体上使用不同强度的磁体来改变。

[0057] 驱动力的方向可以通过将反转通往单个定子单元的电流来改变。这可导致电磁场中极性的切换。极性的切换可导致载体沿相反的方向移动。或者，其可以提供制动力来降低载体的运动速度。因此，通过控制装置表面上电磁场的强度和极性，载体可以获得一系列的运动特性(不同的速度、加速度、减速度)。

[0058] 载体可在表面上以平移、旋转或曲线方式驱动。还可以驱动载体以在表面上沿不同方向移动。例如，可以控制图2A的电磁场以沿第一方向116-1或第二方向116-2驱动载体，如图2B所示。该方向可以彼此平行、正交、相反或倾斜。载体可以在表面上以三维方式被驱动离开平面。或者，可以在平面上以二维方式在平面内驱动载体。载体可以从平面上的一点驱动到另一点。在一些实例中，可以控制载体以沿着预定的运动路径移动。路径可以是闭合环路，也可以是开放环路。在一些情况下，可以控制多个载体沿一系列运动路径在表面上移动，所述路径在不同时间点彼此相交。这可以用于例如3D编织应用中，在其中纱线或纤维被编织成复杂的3D图案。

[0059] 载体可被配置成直接或使用附接至载体的器件来携载或分配材料如纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨。如说明书中随后所述，可以在表面上驱动一个或多个载体来操纵材料以形成物体，诸如3D编织结构或3D打印结构。

[0060] III.行进表面

[0061] A.六边形网格

[0062] 如前所述，可以在装置表面上形成轨道，以向载体提供途径。在一些情况下，表面可由多个载体导板组成，这些导板通过形成轨道的间隙彼此相邻地间隔开。载体导板可以形成为具有任何形状和/或大小，并且可以按照网格图案布置。例如，图3A显示了以六边形图案排列的多个三角形载体导板302。由于形成六边形图案需要至少六个相同大小的三角形载体导板，因此图3A显示了载体导板的单元六边形阵列304。轨道314由相邻间隔的载体导板之间的间隙提供。由于载体导板的六边形布置，轨道可以相对于彼此安设成60度角。

[0063] 载体可以位于轨道上的任何位置，并且可被配置成沿轨道移动。例如，图3A显示了位于单元六边形阵列中心的载体306。载体可包括安设在其上的具有北(N)极和南(S)极的磁体。取决于磁体的空间位置和结构/类型，磁极可以位于载体上的任何位置。例如，尽磁极可以位于载体的相对端，如图3A所示，但本发明不限于此。

[0064] 载体导板和载体可以位于定子线圈阵列如图1所示的定子线圈阵列106上方。定子线圈阵列可以产生不同极性的电磁场。例如，如图3B所示，在位置308-1处生产生S极性场，并且在位置308-2处产生另一个S极性场。308-1处的S极性场与磁体的S极之间的相互作用产生排斥力，将载体推离位置308-1。相反，308-2处的S极性场与磁体的N极之间的相互作用产生吸引力，将载体拉向位置308-2。吸引力和排斥力共同提供驱动力，使载体沿图3B中所示的方向310移动，沿轨道平移一段距离。因此，通过调节装置表面的不同位置处的电磁场的极性，可以沿着轨道在多个不同方向上产生驱动力。通过调整电磁场的各个不同方面，如

强度、极性、位置和电磁场的方向，可以控制载体行进的距离的量、点到点的行进、速度、加速度、减速度和载体的其他运动特性。

[0065] 除了平移外，载体还可被配置用于旋转。例如，如图3C所示，在位置312-1处可产生N极性场，并且在位置312-2处可产生S极性场。312-2处的S极性场与磁体的S极之间以及312-1处的N极性场与磁体的N极之间的相互作用产生排斥力。相反，312-2处的S极性场与磁体的N极之间以及312-1处的N极性场与磁体的S极之间的相互作用产生吸引力。吸引力和排斥力共同提供驱动力，使载体以图3C所示的顺时针方向旋转120度的角θ。在单元六边形阵列中，120度的角可以对应于两个轨道间隔。

[0066] 图3D显示了能够沿着单元六边形阵列中的多个轨道314中的任一个移动的载体306。轨道可以相对彼此以60度角设置。因此，载体可被配置成沿着各自的轨道以60、120、180、240、300或360度角移动。

[0067] 图3E显示了具有载体导板302的六边形图案的表面316。表面可以由多个单元六边形阵列组成。载体306可被配置成沿不同的运动路径在表面上移动。例如，载体可以沿直线路径320-1从位置318-1移动到位置318-2。或者，载体可以以非线性路径移动，例如如路径320-2和320-3所示以之字形方式移动。在每个六边形单元阵列的中心(或轨道的交叉点)，载体可以以60度角的倍数(例如60度、120度、180度、240度、300度或360度)切换方向。载体导板的六边形布置允许载体在表面上以不同的复杂运动路径移动，从而提供更高的载体路径适应性。

[0068] B.正交网格

[0069] 除了三角形形状外，载体导板还可以有其他形状。载体导板形状的改变可能导致网格图案的改变。例如，图4A显示了以正方形图案排列的多个正方形载体导板402。由于形成正方形图案需要至少四个相同大小的正方形载体导板，因此图4A显示了载体导板的单位正方形阵列404。轨道414由相邻间隔的载体导板之间的间隙提供。与图3A中的六边形布置不同，由于载体导板的正方形布置，图4A中的轨道414可意相对彼此安设成90度角。

[0070] 类似地，载体可以位于轨道上的任何位置，并且可被配置成沿轨道移动。例如，图4A显示了位于单元正方形阵列中心的载体406。载体可以包括安设在其上的磁体，磁体具有北(N)极和南(S)极，如前所述。

[0071] 载体导板和载体可以位于定子线圈阵列如图1所示的定子线圈阵列106上方。定子线圈阵列可以产生不同极性的电磁场。例如，如图4B所示，在位置408-1处产生N极性场，并且在位置408-2处产生另一个N极性场。408-1处的N极性场与磁体的N极之间的相互作用产生排斥力，将载体推离位置408-1。相反，408-2处的N极性场与磁体的S极之间的相互作用产生吸引力，将载体拉向位置408-2。吸引力和排斥力共同提供驱动力，使载体沿图4B所示的方向410移动，沿轨道平移一段距离。因此，通过调节装置表面的不同位置处的电磁场的极性，可以沿着轨道在多个不同方向上产生驱动力。通过调整电磁场的各个方面，如强度、极性、位置和电磁场的方向，可以控制载体行进的距离的量、点到点的行进、速度、加速度、减速度和载体的其他运动特性。

[0072] 载体还可被配置成在正方形单元阵列中旋转。例如，如图4C所示，在位置412-1处可产生N极性场，并且在位置412-2处可产生S极性场。412-2处的S极性场与磁体的S极之间以及412-1处的N极性场与磁体的N极之间的相互作用产生排斥力。相反，412-2处的S极性场

与磁体的N极之间以及N极性场412-1与磁体的S极之间的相互作用产生吸引力。吸引力和排斥力共同提供驱动力，使载体以图4C所示的顺时针方向旋转90度的角α。在单位正方形阵列中，90度角可以对应于一个轨道间隔。

[0073] 图4D显示了能够沿着载体导板402的单位正方形阵列中的多个轨道414中的任一个移动的载体。轨道可以相对彼此以90度角布置。因此，载体可被配置成沿各自的轨道以90、180、270或360度角移动。

[0074] 图4E显示了具有载体导板402的正方形图案的表面416。所述表面可以由多个单元正方形阵列组成。表面可以包括以行和列布置的轨道414。载体406可被配置成以不同的运动路径在表面上移动。例如，载体可以沿直线路径420-1从位置418-1移动到位置418-2。或者，载体可以沿非线性路径移动，例如，如路径420-2所示。在每个正方形单元阵列的中心(或轨道的交叉点)，载体可以以90度角的倍数(例如90度、180度、270度或360度)切换方向。因此，与六边形布置相比，载体导板的正方形布置可提供较低的载体路径适应性。

[0075] C.极坐标网格

[0076] 如前所述，装置表面可具有不同的网格图案。除了上述六边形和正交网格之外，还可以形成具有极坐标网格的装置表面。例如，图5A显示了按照圆形同心图案布置的多个载体导板502。载体导板通常可以从共同的中心点径向向外延伸(未显示)。载体导板可以具有不同的形状和大小。例如，与位于更加远离中心点的载体导板相比，位于更靠近中心点的载体导板可以具有更小的大小。由于向外的径向图案，载体导板的密度可以随着与中心点距离的增加而减小。轨道514由相邻间隔的载体导板之间的间隙提供。轨道可以形成极坐标网格，从同心圆的中心点径向向外延伸。

[0077] 载体可以位于轨道上的任何位置，并可被配置为沿轨道移动。例如，图5A显示了位于径向轨道514-1和圆形轨道514-2的相交点处的载体506。载体可以包括布置在其上的磁体，磁体具有北(N)极和南(S)极，如前所述。

[0078] 载体导板和载体可以位于定子线圈阵列上方。定子线圈阵列可以产生不同极性的电磁场。例如，如图5B所示，在位置508-1处生成S极性场，并且在位置508-2处生成另一个S极性场。508-1处的S极性场与磁体的S极之间的相互作用产生排斥力，将载体推离位置508-1。相反，508-2处的S极性场与磁体的N极之间的相互作用产生吸引力，将载体拉向位置508-2。吸引力和排斥力共同提供驱动力，使载体沿图5B所示的径向方向510-1移动，沿轨道平移一段距离。因此，通过调节装置表面的不同位置处的电磁场的极性，可以沿着轨道在多个不同方向上产生驱动力。通过调整电磁场的各个方面，如强度、极性、位置和电磁场的方向，可以控制载体行进的距离的量、点到点的行进、速度、加速度、减速度和载体的其他运动特性。

[0079] 载体还可被配置成沿轨道以圆形方向移动。例如，如图5C所示，在位置512-1生成S极性场，并且在位置512-2生成另一个S极性场。512-1处的S极性场与磁体的S极之间的相互作用产生排斥力，将载体推离位置512-1。相反，512-2处的S极性场与磁体的N极之间的相互作用产生吸引力，将载体拉向位置512-2。吸引力和排斥力共同提供驱动力，使载体沿图5C所示的弧形(圆形)方向旋转角度β。

[0080] 图5D显示了具有载体导板502的闸门坐标网格的表面516。所述表面可以由以同心圆图案布置的多个载体导板组成。表面可以包括以径向方向(514-1)和以同心方式(514-2)布置的轨道514。载体506可被配置成沿不同的运动路径在表面上移动。例如，载体可以沿直

线路径520-1从位置518-1移动到位置518-2。或者，载体可以沿非线性的之字形路径移动，例如如路径520-2所示。载体还可以沿弧形移动，例如如路径520-3所示。载体可以在径向轨道和圆形轨道的交叉点处切换方向。载体导板的极坐标网格布置可能有用，例如在产生具有圆柱形形状或特征的3D编织物品时。

[0081] IV.3D行进表面的实例

[0082] 本文公开的装置的表面可以以不同的形状提供，例如弯曲、球形、半球形、圆柱形、长方体、梯形等。图6A示出了具有曲面604的装置602的实例。该表面可以位于装置的内部，并且可以是凹面。该表面可以是敞口(open-faced)半球或敞口半圆柱。在一些情况下，表面可以位于空心半球或空心半圆柱内。

[0083] 定子线圈阵列606可以位于表面下方。例如，定子线圈阵列可以安设在装置的底板608上或嵌入在底板608内。所述定子线圈阵列可以包括按照3D配置布置的多个定子线圈，使得所述定子线圈基本上与所述表面的曲率一致。定子线圈阵列能够在表面上产生电磁场。电磁场可用于驱动载体在表面上移动，如下所述。

[0084] 参考图6A，载体610可安设在表面上，并被配置成在表面上移动。载体可拆卸地耦合到表面。载体可包括安设在其上的磁体。如前所述，利用定子线圈阵列产生的电磁场，可以驱动载体在表面上移动。载体可以在表面上以平移、旋转或曲线的方式被驱动。还可以驱动载体在表面上沿不同方向移动。载体可被配置成在表面上在平面内(2D)或3D(出平面)移动。物体，诸如3D编织结构3D打印结构，可以通过驱动表面上的载体来操纵各种材料(例如，纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨)来形成。

[0085] 图6B示出了具有表面614的装置612的实例。该表面可以包括多个邻接的子表面。两个或更多个邻接的子表面可以相互正交。例如，子表面614-1可以与子表面614-2正交。所述表面可以对应于敞口立方体或敞口圆柱体的内表面。载体610可被配置成沿图6B所示的方向在表面上在平面内(2D)或3D(出平面)移动。例如，载体可以在子表面614-1上在平面内移动。此外，当载体在子表面614-1和614-2之间正交穿过时，可能会发生出平面运动。

[0086] 装置还可以包括多边形表面，例如，如图6C中的装置616所示。表面618可以包括多个离散的子表面，使得表面变为多面的。在一些情况下，表面可以映射到多面体的面。可考虑任何数目的面和/或多面体类型。表面的球形度通常随多面体的映射面数目而增加。例如，当映射到具有大量面的多面体时(例如，当映射到二十面体时)，该表面可以开始近似于基本上球形的表面。载体610可被配置成沿图6C所示的方向在表面上在平面内(2D)或3D(出平面)移动。

[0087] A.引导表面

[0088] 可以在3D行进表面上提供各种网格图案。这些网格图案可以包括六边形(例如，图3E)、正交(例如，图4E)或极坐标(例如，图5D)。网格图案产生引导表面，允许载体在表面上移动(被引导)。这些网格图案在装置表面的映射描述如下。

[0089] 图7A示出了包含大致半球形内表面702的装置700的俯视图。表面可以具有六边形网格图案。表面可以是凹面。定子线圈阵列704可以安设在表面下方。所述定子线圈阵列可以包括多个以3D配置布置的定子线圈，使得所述定子线圈基本上与所述表面的曲率一致。表面的形状还可能取决于定子线圈所布置的3D配置。图7B示出了装置的侧视图。参考图7A和图7B，定子线圈阵列可以在表面下圆周地以半球形阵列布置。共同中心点706可以相对于

该装置进行定义。定子线圈可以被定向使其纵轴径向指向中心点。因此，定子线圈可以相对彼此以不同的角度定向。

[0090] 定子线圈阵列和表面可以以一系列大小提供。例如，表面的直径可以是约300mm至约500mm。但是，本发明不限于此，并且表面的直径可以小于300mm，或在一些情况下大于500mm。

[0091] 图7C示出了图7A中部分708的放大图。参考图7C，表面可以包括多个按照六边形阵列布置的三角形载体导板710。载体导板可以设置在多边形的一些面上。可考虑任何数目的面和/或多面体类型。例如，多面体可以是凸正二十面体。在所有正多面体中，二十面体将4π角缺陷均匀地分布在大多数顶点上，从而使这些顶点附近球面三角形的变形最小化。因此，用二十面体细分表面是有利的。为了使表面基本上呈半球形，载体导板可以以二十面六边形网格图案布置。这将装置的表面离散成载体导板的六边形阵列。此外，二十面体六边形网格图案使载体导板能够映射到半球形定子线圈阵列。

[0092] 将装置的表面离散化为多个离散部分具有若干优点。制造具有良好连续性的光滑曲面的挑战是公知的。为了克服这些挑战，本文所述的实例提供了将曲面(例如，半球形表面)细分为多个离散面，这些离散面共同地接近曲面。这可以通过基于诸如有限差分法等数值分析技术的曲面的球形平铺(镶嵌)来实现。这些技术可以使感兴趣的区域(在这种情况下，是载体被配置成在其上移动的表面)被细分为网格。例如，可以使用测地网格来模拟具有细分多面体(可能是二十面体)的球形表面。多面体可以细分为任何水平的粒度。例如，二十面体可以细分不同的次数以获得不同的球形节点密度。

[0093] 装置的表面702(载体被配置成在其上移动)可以包括由柏拉图离体细分为单元或通过迭代平分多面体边缘并将新单元投影到半球表面而生成的测地半球形网格。在该测地网格中，所得测地半球形表面的每个顶点都对应于一个单元。二十面体可用作具有六边形布置单元的基多面体。

[0094] 将曲面镶嵌为二十面体六边形网格图案相对于传统的矩形网格(如高斯网格)还提供多个优点。例如，(i)二十面体六边形网格图案可以在很大程度上是各向同性的，(ii)网格的节点密度(分辨率)可以通过二分裂来增加，(iii)二十面体六边形网格在(球体或半球的)极点附近不存在过度采样，(iv)与谱方法相比，二十面体六边形网格不产生密集的线性系统，以及(v)相邻网格单元之间没有单点接触。此外，二十面体六边形网格中的单元可以是变形最小且接近等面积的。相比之下，当映射到曲面时，正方形或矩形网格的面积可能不相等。相反，由于表面的曲率，等面积矩形或正方形网格的形状从半球形表面的赤道到极点可以发生变化。

[0095] 中央或极点定子线圈的纵轴可朝向二十面体面的中心或二十面体面的顶点定向。半球形表面的中心可以位于二十面体的点(顶点)或面上。细分二十面体的面可以映射到半球形表面。这种映射可能发生，使得半球形表面覆盖细分二十面体的许多面。例如，半球形表面可以覆盖二十面体的x个面。半球形表面可以覆盖二十面体的完整面和/或部分面。例如，半球形表面可以覆盖二十面体的y个数目的完整面和z个数目的部分面。x、y和z的值可以是任何整数。x、y和z中的每一个都可以是1到20之间的任何值。在一些情况下，即使x＝1、y＝0并且z＝1，也可以获得有用/可操作的装置。

[0096] 在图7C的实例中，表面可以是二十面体六边形网格的形式。二十面体六边形网格

可以通过将二十面体(由20个全等等边平面三角形形成)的面划分成三角形网,并将网的顶点投影到由定子线圈的半球形阵列形成的表面上来生成。相关的拓扑结构可以包括三角形网和六边形维诺单元(Voronoi cell)。

[0097] 装置表面的球形度通常随表面所映射到的多面体的面的数目的增加而增加。例如,当映射到具有较大数目的面的多面体(例如,具有约0.940的球面度的二十面体)时,该表面可以近似为基本上(半)球形表面。简单的二十面体包括20个面,这些面可以进一步细分为多个面(例如,4*20个面、9*20个面等等)。二十面体网格可以通过递归结构或非递归结构来构造。递归结构将简单的二十面体中最初的20个平面等边三角形平分、投影和细分,并递归地在细分的平面三角形上重复该过程,以产生具有所需分辨率的网格。非递归结构细分20个初始平面等边三角形,然后将交叉点投影到球体表面。通过将每个二十面体的边缘分割成s条线段,并将中间点投影回球体,每个三角形被分割成s^2个较小的三角形。当s变为无穷大时,相对于外接球体体积的体积填充因子f_s接近1,如下表所示。体积填充因子f_s可以指示细分表面的球形度。

s	f_s	二十面体网格
1	0.605	具有20个面的简单二十面体
2	0.873	细分为4*20个面
3	0.941	细分为9*20个面

[0098] 表面的二十面体镶嵌可导致六边形网格内的不规则性。在对二十面体进行细分时,三角形网中最长边和最短边的比例随网格级别的增加而增大,并收敛到约1.195114(这表示网格不规则性略低于20%)。为了补偿网格不规则性,本公开内容中的定子线圈可以被设计为具有不同的线圈直径和间隔,从而导致表面上定子线圈的不同密度。例如,线圈直径相对较大的定子线圈可以位于二十面体的面的中心。相反,线圈直径相对较小的定子线圈可以位于球体节点密度增大的点上。线圈之间的间隔可调整到在20%以下轻微变化(以补偿网格不规则性),并且线圈直径可相应地调整。线圈直径可被设计为具有一系列值。例如,线圈直径可是约18mm至约23mm。在一些情况下,线圈直径可以小于18mm或大于23mm。

[0099] 载体导板710可以以任何配置映射到下方的定子线圈704。例如,每个载体导板可以映射到相邻间隔的定子线圈之间的独特间隙位置。载体导板可以按照1:m配置、n:1配置或m:n配置映射到定子线圈,其中m和n可以是大于1的任何整数。对于m和n可考虑任何值。装置中的载体导板和定子线圈的密度可以相同或不同。

[0100] 载体导板710可以通过间隙彼此隔开。这些间隙对应于为一个或多个载体714提供途径以表面上移动的轨道712。间隙可以具有固定宽度或可变宽度。在一些实例中,间隙可以具有约5mm的宽度。在其他情况下,间隙可以具有约2mm至约15mm的宽度。或者,间隙可能具有在亚毫米尺度内的宽度。

[0101] 载体714可以沿轨道712在表面702移动,类似于图3E所示。例如,载体可沿直线路径、之字形线和/或在表面上切换方向来移动。六边形网格图案允许载体在轨道之间的交叉点处以60、120、180、240、300或360度切换方向。在表面被映射到正二十面体的一些特定情况下,载体可以在轨道之间的交叉点处切换方向,但在二十面体的交叉点处存在五面交叉点处除外。

[0102] 可以移动和控制载体来操纵材料以形成物体,诸如3D编织结构或3D打印结构。可

选地，载体可以用于将材料从表面上的一个点运输到另一个点，或用于组件组装。材料的实例可以包括纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨。

[0103] 接下来参考图8A至图8F描述类似于图3D所示的载体导板的单元阵列。图8A显示了透视图；图8B显示了俯视图；图8C显示了侧视图；图8D显示了仰视图；并且图8E和图8F示出了不同的横截面视图。尽管上述图示出了基本上平面的配置，但应注意，上述配置可以容易地修改为图6A和图6C所示的曲面或多边形表面。

[0104] 参考上述附图，单元阵列800可以包括六个三角形载体导板802，其以六边形图案布置在定子线圈壳体804上方。所述壳体可以包括以匹配的六边形配置布置的多个圆柱体806。每个圆柱体可以包括腔808，其被配置用于容纳定子线圈(未显示)。腔可以被成形为具有任何形状。例如，腔可以是圆柱形形状。

[0105] 载体导板可以位于定子线圈之间的间隙位置。间隙点可以定义在等边三角形的中心，其顶点位于三个相邻间隔的定子线圈的中心。载体导板可通过间隙彼此间隔开，间隙提供轨道以供载体移动。轨道可以相对彼此以60度角安设。

[0106] 参考图8A和图8B，载体810可以位于轨道812汇聚的单元阵列的中心。载体可被配置成沿着任何轨道移动，如前所述。载体可以通过沿着不同的轨道移动而能够沿不同的方向移动。载体导板的六边形布置允许载体以较小的路径偏差改变方向(例如，以60度角，而不是正交布置中的90度角)。此外，六边形布置允许更高密度的线圈嵌套，从而允许更大的功率密度。

[0107] 载体导板可以间隔距离d位于定子线圈壳体上方。载体导板和定子线圈壳体之间可定义凹割区域814。凹割区域的高度可以由间隔距离d给出。载体可包括位于载体导板顶表面下方的凹割区域中的下部810-1。载体的下部可位于凹割区域，以维持载体的位置和/或对准。此外，载体的下部可包括位于靠近定子线圈壳体(定子线圈)的磁体，使得磁体与下方定子线圈产生的电磁场具有更大的相互作用。载体的磁体可安设在靠近定子线圈，例如，当载体位于定子线圈正上方时，其距离为约0.1mm至约8mm。接近距离可以取决于定子线圈中使用的磁芯的几何结构和材料以及线圈几何结构和待通过线圈的电流而变化。磁体与电磁场的相互作用提供了驱动力，以使载体沿着轨道移动，如前所述。

[0108] 可在每个载体导板中提供通孔816。例如，通孔可以位于每个载体导板的中心。通孔可为位于定子线圈壳体下方的非移动纤维电源提供输送路径。非移动纤维电源可从定子线圈壳体下方穿过底板820上的孔818到载体导板来布线。可以提供多个通道，用于将纤维电源布线到多个载体导板。例如，如图8D所示，可以提供六个不同的通道822，用于将纤维电源分别布线到六边形单元阵列中的六个载体导板802。如本说明书后文所述，多个携载纤维的载体可被配置成沿着装置表面上的预定路径移动，以生成3D编织结构。

[0109] 在一些实例中，孔818可以向电组件和/或机械组件提供途径。例如，孔818和通道822为单元阵列中19个线圈腔的聚集布线提供路径。可以将螺钉插入通孔816，以将载体导板固定到壳体。在一些实例中，取决于载体相对于下方载体导板的大小(例如直径)，非移动纤维电源可以通过载体导板中形成的通孔进行布线。

[0110] 参考图8E，沿着穿过定子线圈壳体的五个相邻间隔圆柱体的直线行中心的线A'截取横截面图A-A。因此，视图A-A中显示了五个圆柱体806的横截面图。圆柱体可能是空的(即不包含定子线圈)。横截面图B-B沿着与A'线正交的另一条线B'截取，并且图8F显示了横截

面图B-B的透视图。线B'穿过位于载体导板单元阵列中心正下方的中央定子线圈824，并且还穿过位于中央定子线圈的相对侧的两个空圆柱体806。中央定子线圈可以与单元阵列相关联，并可用于在单元阵列上产生电磁场。

[0111] 一旦定子线圈以3D配置(例如，球面阵列)布置，则可将其牢牢固定到位。可选地，一个或多个定子线圈在处于3D配置后可以是可移动的。一个或多个定子线圈的位置和/或取向可以是可调整的。例如，一个或多个定子线圈可被配置成在球形阵列配置内以不同角度倾斜。在一些情况下，一个或多个定子线圈可以能够以约0.1°至约15°的角度倾斜。可选地，定子线圈可以能够以超过15°的角度倾斜。定子线圈可以使用致动器以不同角度倾斜。致动器的实例可以包括杠杆、螺杆传动、电磁体或压电致动器。

[0112] 在一些情况下，一个或多个定子线圈可被替换为永久可切换磁体。永久可切换磁体可包括一个或两个可旋转核心，以实现不同的磁场状态。由于对大型定子线圈阵列的高功率要求，使用永久可切换磁体可能有利于大型装置。永久可切换磁体可以使用电机驱动，与对大型定子线圈阵列供电以产生电磁场相比，其通常消耗较少的能量。在一些实例中，电流仅用于改变磁场的状态，无需持续施加以维持磁场。

[0113] 图9A和图9B示出了装置900的表面902的一部分。该表面可以包括多个三角形载体导板904。每个载体导板可以包括嵌入其中的多个定子线圈906。可以在相邻间隔的载体导板之间提供轨道908。多个载体910可以安设在表面上。每个载体可以包含安设在其上的多个磁体912。载体可被配置成当定子线圈产生的电磁力与载体上的磁体相互作用时沿轨道移动。电磁场极性的转换也可以导致载体旋转。

[0114] 图9A和图9B中的表面描绘了细分成8份的三角形二十面体场，其中，本质上，定子线圈安设在放大的三角形载体导板中。这使得通过驱动在定子线圈两端具有磁场的载体更有效地利用线圈能量。此外，载体导板下方的区域可用于放置载体传感和通信硬件，以及导板后方的附加载体封套，这允许导板两侧的载体硬件保持平衡，以减少载体扭转。例如，载体的电池和控制电子装置可以位于场后方，以平衡结合侧(inbound side)的线轴和驱动/电机硬件。线轴驱动电机还可以从导板后面通过载体内的中轴驱动线轴。图9A和图9B中的载体导板、定子线圈和载体的配置可能导致导板之间的间隙(轨道)更大。

[0115] 在前面的实例中，定子线圈是可以通过控制流过线圈的电流来打开或关闭的电磁体。使电流穿过线圈导致定子线圈产生电磁场。当电流不再输送到线圈时，电磁场被撤除。

[0116] 在一些情况下，可以使用移动永磁体代替定子线圈来调节磁场。图10A示出了用于调节磁场的可移动永磁体阵列1002的实例。可移动永磁体阵列可以提供在装置表面1004的下方。所述表面可以对应于主动运动平面，一个或多个载体被配置成在该主动运动平面上移动。

[0117] 每个永磁体可以是具有N极和S极的轴向磁化圆盘磁体。永磁体可以由强磁性材料例如钕制成。永磁体提供的磁场在装置表面上方延伸。磁场可以通过相对于表面移动永磁体来调节，如下所述。表面可以包括多个载体导板1006，轨道1008位于其间。在一些情况下，载体导板可以包括磁片1010。磁片可被配置成将磁场朝向主动运动平面聚焦。磁片还可以减轻相邻永磁体之间的磁性相互作用/干扰。

[0118] 每个永磁体可被配置成沿相应磁片下方的往复轴1012移动。可移动永磁体的往复轴通常可延伸至可移动永磁体位于下方的表面的部分。每个永磁体1002可以通过可伸缩构

件1016可操作地耦合至闸门1014。可伸缩构件允许永磁体沿往复轴相对于闸门移动。可伸缩构件可以是可伸缩轴。例如，可伸缩构件可以是螺线管或活塞的一部分。

[0119] 使用不同的致动机构可以使永磁体能够沿往复轴移动。在一些情况下，可以使用活塞以气动方式实现往复。往复磁体可以是流体致动的(使用例如空气)而不是电动致动的来驱动磁体。在其他情况下，可以使用电磁体产生的吸引力和排斥力来实现往复，如图10B和图10C所示。闸门1014被配置用于激励或阻止永磁体1002沿往复轴1012运动。参考图10B，闸门1014可以是电磁体。当电流穿过电磁体的线圈时，闸门可能具有图10B所示的极性。靠近永磁体1002的S极的闸门1014的N极产生吸引力。当永磁体处于图10B所示的位置时，永磁体可能处于“关闭”状态，因为磁通量定向为离开装置的表面朝向电磁体的磁极。永磁体和电磁体的磁通量都在装置表面的下方进行内部走线。当永磁体处于“关闭”状态时，表面上方的磁场相对较弱，并且可能不足以提供驱动力来驱动表面上的载体。

[0120] 相反，当通过电磁体的线圈的电流反向流动时，闸门可以切换极性，如图10C所示。在闸门1014的S极和永磁体1002的S极之间产生排斥力，导致永磁体沿往复轴沿方向1018朝着磁片1010移动。当永磁体处于图10C中所示的位置时，永磁体可能处于“打开”状态，因为磁通量现在重新定向为朝向装置表面离开电磁体。来自永磁体的磁通量可以通过磁片增强，从而在装置表面产生更强的磁场。当永磁体处于“打开”状态时，表面上方的磁场相对较强，可能足以提供驱动力来驱动表面上的载体。因此，通过控制输送到电磁体(闸门)的电流幅度和方向，可以以总体方式控制多个永磁体，从而通过相对于主动运动平面前后往复在“关闭”和“打开”状态之间交替。基本上，闸门起着“磁开关”的作用。这种控制方法允许装置表面的磁场容易被调节。

[0121] 图10D、图10E和图10F示出了用于调节磁场的可移动永磁体1020的阵列的另一个示例。可移动永磁体阵列可提供在装置表面1022的下方。所述表面可以对应于主动运动平面，、一个或多个载体被配置成在该主动运动平面上移动。每个永磁体可以是具有N极和S极的轴向磁化棒磁体。永磁体可以由强磁性材料例如钕制成。永磁体提供在装置表面的上方延伸的磁场。磁场可以通过相对于表面移动永磁体来调节，如下所述。

[0122] 表面可以包括多个载体导板1024，轨道1026位于其间。在一些情况下，载体导板可以包括磁片1028。磁片可被配置成将磁场聚焦为朝向主动运动平面。磁片还可以减轻相邻永磁体之间的磁性相互作用/干扰。

[0123] 每个可移动永磁体1020可以可操作地耦合到闸门1030。例如，永磁体可以位于闸门的往复腔1032内。永磁体可被配置成沿在所述腔内纵向延伸的往复轴1034移动。闸门可以包括一个或多个电磁体。例如，如图10E和图10F所示，闸门可以包括第一线圈C1和第二线圈C2。第一线圈C1可以靠近主动运动平面，并且第二线圈C2可以远离主动运动平面。利用线圈C1和C2分别产生的吸引力可以使腔内的永磁体能够往复。参考图10E，当电流通过线圈C2而没有电流通过线圈C1时，永磁体可以被吸引到线圈C2。当永磁体处于图10E中所示的位置时，永磁体可以处于“关闭”状态，因为磁通量定向为离开装置表面朝向线圈C2。永磁体和线圈C2的磁通量在装置表面下方内部地走线。当永磁体处于“关闭”状态时，表面上方的磁场相对较弱，并且可能不足以提供驱动力来驱动表面上的载体。

[0124] 相反，当电流通过线圈C1而没有电流通过线圈C2时，永磁体可以被吸引到线圈C1。当永磁体处于图10F中所示的位置时，永磁体可以处于“打开”状态，因为磁通量现在重新定

向为朝向装置表面离开电磁体。来自永磁体的磁通量可通过磁片增强，从而在装置表面产生更强的磁场。当永磁体处于“打开”状态时，表面上方的磁场相对较强，并且可能足以提供驱动力来驱动表面上的载体。磁场允许在装置表面驱动和保持载体(例如固定位置)。因此，通过控制输送到线圈C1和C2(闸门)的电流幅度和方向，可以总体控制多个永磁体，从而通过相对于闸门内的主动运动平面前后往复运动在“关闭”和“打开”状态之间交替。基本上，闸门起着“磁开关”的作用。这种控制方法允许装置表面的磁场容易调节。

[0125] 在一些实例中，可以使用不同的致动机构实现永磁体1020沿闸门的腔内的往复轴的往复。例如，可以使用活塞而不是电磁体以气动方式实现往复。

[0126] 上述可移动永磁体阵列可被配置成与磁性引导平面以及非磁性引导平面共同起作用。磁性引导平面可以平铺，使得每个永磁体对单个磁片或一组磁片起作用。引导平面可利用三角形载体导板进行高压应用。

[0127] 在图10A-图10F的实例中，可移动永磁体被配置成在二元状态(“打开”和“关闭”状态)之间交替。在一些情况下，可以使用三状态可切换永磁体，例如图11A-图11F中所示的可切换永磁体阵列1102。这些可切换永磁体可以通过旋转闸门内的径向磁化的永磁体而能够在三种状态之间交替：(1)“关闭”状态，(2)“打开”状态(吸引力)和(3)“打开”状态(排斥力)。闸门可以例如是磁性壳体。

[0128] 参考图11A-图11F，可切换永磁体阵列1102可以提供在装置表面1104的下方。所述表面可以对应于主动运动平面，一个或多个载体被配置成在该主动运动平面上移动。每个永磁体可以是具有N极和S极的径向磁化的永磁体。永磁体可由强磁性材料例如钕制成。永磁体提供在装置表面的上方延伸的磁场。磁场可以通过相对于表面移动永磁体来调节，如下所述。

[0129] 表面1104可以包括多个载体导板1106，轨道1108位于其间。在一些情况下，载体导板可以包括磁片1114。磁片可被配置成将磁场聚焦于朝向主动运动平面。磁片还可以减小相邻永磁体之间的磁性相互作用/干扰。

[0130] 每个永磁体可以可操作地耦合到闸门1110。例如，永磁体可以位于闸门的腔1112内。在一些情况下，腔可以是圆柱形的，尽管可以考虑任何形状。所述永磁体可被配置成围绕所述腔内的轴旋转。永磁体沿不同方向以不同角度旋转可产生不同的磁性状态。例如，参考图11A和图11D，永磁体最初可能位于所示位置。在该位置处，永磁体可以处于“关闭”状态，因为磁通量被定向为离开装置的表面。例如，永磁体的磁通量可以在装置表面的下方走线，使得它被困在闸门的腔内。当永磁体处于“关闭”状态时，表面上方的磁场相对较弱，可能不足以提供驱动力来驱动表面上的载体。

[0131] 永磁体可被配置成使用不同的致动机构(如电机、电磁体等)在闸门腔内旋转。参考图11B和图11E，当永磁体从其初始位置顺时针(CW)方向旋转90度时，永磁体可以处于“打开”状态，因为磁通量现在重新定向为朝向装置表面并离开闸门。在图11B所示的位置，永磁体可以提供吸引力，以将载体保持在装置表面上，或使另一载体向永磁体移动。

[0132] 类似地，当永磁体从其初始位置沿逆时针(CCW)方向旋转90度时，永磁体可以处于“打开”状态，因为磁通量也被重新定向为朝向装置表面并离开闸门。然而，在图11C和图11F所示的位置，永磁体可以转而提供排斥力以释放载体，或使另一载体远离永磁体。

[0133] 磁场允许在装置表面驱动和保留(例如，固定位置)载体。相应地，在闸门内通过相

对于主动运动平面旋转，可以以总体方式控制多个永磁体，使其在“关闭”状态、“打开”状态(吸引力)和“打开”状态(排斥力)之间交替。本质上，闸门起着“磁开关”的作用。这种控制方法允许装置表面的磁场容易调节。

[0134] 在一些实例中，上述(可旋转)永久可切换磁体可替换为在电激发时切换极性的电永磁体。这可以消除移动部件的必要性，并且与电磁体相比可能消耗更少的能量。例如，电永磁体不需要电源来维持磁场。

[0135] 电永磁体可以包括(1)磁体和(2)绕在磁体部分周围的丝线。可以通过绕在磁体部分周围的丝线中的电流脉冲来打开或关闭外部磁场。磁体包括由“硬”(高矫顽磁力)磁性材料制成的第一部分和由“软”(低矫顽磁力)材料制成的第二部分。第二部分的磁化方向可以通过卷绕的丝线中的电流脉冲来切换。当软、硬磁性材料具有相反的磁化时，磁体的两极不产生净的外磁场。相反，当软、硬磁性材料的磁化方向对准时，磁体产生外部磁场。因此，通过使用电流脉冲将磁体的第二部分的磁化方向逆转，可以将装置表面上的磁场切换到“打开”或“关闭”状态。

[0136] 图12示出了安设在装置1200的表面1204上的载体1202。所述表面可以包括多个载体导板1206，所述载体导板1206可以以二十面体六边形网格图案布置。为了清晰起见，仅示出了表面下方的定子线圈壳体的一部分。如前所述，载体可被配置成沿轨道移动。通过沿着不同的轨道移动，载体能够沿不同的方向移动。

[0137] 多个载体导板可以耦合到定子线圈壳体1208。载体导板可以通过间隔距离d位于壳体上方。凹割区域可以位于载体导板和定子线圈之间。凹割区域的高度可以由间隔距离d定义。在一些情况下，间隔距离d(或凹割区域的高度)可以为约10mm至约16mm。或者，间隔距离d(或凹割区域的高度)可以小于10mm或大于16mm。

[0138] 载体可以包括位于载体导板的顶表面下方的凹割区域的下部1202-1。载体的下部可以位于凹割区域内，以维持载体的位置和/或对准。此外，载体的下部可以包括安设在定子线圈附近的磁体。载体上的磁体可以与下方定子线圈产生的电磁场相互作用，从而驱动装置表面上的载体。具体地，磁体与电磁场的相互作用可以提供驱动力，以使载体沿着轨道移动。如前所述，载体可以在表面上被驱动以操纵材料形成物体，诸如3D编织结构或3D打印结构。

[0139] 可以在每个载体导板中提供通孔1210。例如，通孔可以位于每个载体导板的中心。通孔可以向位于多个定子线圈下方的非移动纤维电源提供输送路径。

[0140] 载体可被配置用于支持一个或多个被配置用于操纵材料的器件。该器件可包括线轴、组装机器人、材料喷射器和/或基体注入器或基体催化器件以操纵材料。载体还可被配置用于容纳器件的电子器件和电源。所述材料可以包括纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨。

[0141] 图12显示了支撑在载体上的线轴1216。线轴可被配置用于携载纤维1214。线轴可以耦合到用于保持纤维张力的线张紧器件1212上。纤维可以包括例如柔性天然纤维或合成纤维。在一些情况下，线轴可被配置成携载更加刚性的材料，如玻璃、碳纤维、陶瓷、金属丝等。可以提供具有从纳米级(例如纳米管)到数毫米(例如重绳)不等的不同直径的材料。线轴可以是机械系统。例如，线轴可以包括一个或多个滑轮，以从位于载体上的来源牵引和调节纤维。线轴还可以包括用于在纤维穿过编织点以生成结构(例如，3D编织结构)时维持线

张力的其他机构。维持线张力对于操作某些高硬挺度材料(如碳纤维)可能很重要。载体可以在装置的表面被驱动,以使用所述器件操纵材料,从而形成诸如3D编织结构或3D打印结构等物体。例如,可以沿复杂的运动路径在表面上驱动多个线轴-载体以生成3D编织结构。

[0142] 载体可以包括耦合构件,耦合构件将载体耦合到装置表面,但允许载体在表面上移动。载体可以响应于装置中的一个或多个定子线圈产生的电磁场在表面上被驱动,如前所述。

[0143] 图13A和图13B示出了在其表面具有开口的装置。这些开口可以对允许材料被引导进入和/或离开装置有用。图13A和图13B所示的装置可以类似于图6A的装置,除了以下差异。在图13A中,装置1300可以包括开口1302,使得表面1304的底部被截断。开口可以是通孔,其允许材料(如纤维和/或心轴)送入装置或从装置中取出。开口可以形成为任何形状,如圆形、多边形等。在图13A的实例中,开口可以具有五边形形状。开口可以被设计成与二十面体的细分形成的五边形相匹配。根据制造需要/要求,开口的大小可以有所不同。例如,图13B中的开口1302-2可以大于图13A中的开口。可以考虑开口的任何形状和/或大小。

[0144] 在先前所述的实例中,装置的表面可以是部分球形的(例如,敞口半球形)。在一些情况下,装置可以以基本上空心的球体形式提供。例如,在图14A中,装置1400的定子线圈阵列1402可以以基本上完整球面阵列配置进行布置。所述装置可以包括位于其中的基本上球形的表面,一个或多个载体被配置成在其上移动。

[0145] 开口1404可形成于装置的部分上。可考虑开口的任何形状、大小、取向或配置。例如,开口可以被设计成分别与二十面体的细分产生的顶部和底部五边形相匹配。开口的大小可以相同。可选地,开口的大小可以不同。开口可以位于(在直径上)装置的相对端。或者,开口不需要位于装置的相对端。开口可以形成为任何形状和/或大小。

[0146] 在一些情况下,装置还可以包括允许打开或关闭开口的门。例如,图14B显示了覆盖开口1408的门1406。可移除门以暴露开口,例如,当将材料送入装置或将材料移出装置时。门可以从装置物理拆卸。可选地,门可以枢转到装置上,并且可以旋转以打开或关闭开口。

[0147] 除了六边形网格之外,装置的表面还可以细分为正方形网格。图15、图16A和图16B示出了装置1500的实例,其包括具有正方形网格图案的表面1502。其中,代替三角形载体导板,表面可包含多个基本上正方形的载体导板1504。载体导板可以以正交阵列(行-列配置)布置。表面可以是凹面。表面的形状可以是基本上球形立方的。表面可以具有细分12次的立方球体投影。定子线圈阵列1506可以安设在表面下方。为了清晰起见,图16A和图16B中只显示了定子线圈阵列的一部分。定子线圈阵列可以包括多个以3D配置布置的定子线圈,使得定子线圈基本上与表面的曲率一致。

[0148] 载体导板通过间隙彼此间隔开。这些间隙是为一个或多个载体1510提供途径以在表面上移动的轨道1508。间隙可以具有固定宽度或可变宽度。在一个实例中,间隙可以具有约5mm的宽度。在其他情况下,间隙可以具有约2mm至约15mm的宽度。

[0149] 载体可安设在表面上。载体可以可拆卸地耦合到表面。载体可以包括单个圆盘磁体或全磁化卷轴。在所描绘的配置中,1512-1和1512-2代表单个磁体或全磁化卷轴的北极和南极,相邻线圈的排斥激励将作用于载体驱动磁体卷轴的三个部分,对加宽端部和中央区域施加力。因此,如果卷轴下方的所有线圈都处于排斥状态,卷轴将悬浮在其导轨上。如

果其因前方且尚未到下方的线圈的吸引脉冲移动，并且因下方的排斥脉冲悬浮和推动且被后方推拽，则可以获得载体的非接触或“磁悬浮”运动。与多边形网格(例如六边形网格)相比，在正方形网格中的非接触运动问题更小。多边形网格可能包括多于四条轨道的交叉点，这可能要求这些交叉点处的开口间隙在宽度/直径上比轨道本身大得多。因此，多边形网格在多条轨道的交叉点处可能具有力较低的“死区”，这在试图维持载体在表面上方悬浮方面的效果较差。通常，具有三向(三角形)或四向(正方形)交叉点的网格可以维持与下方的驱动线圈更紧密的相互作用。载体磁体与定子线圈产生的电磁场的相互作用为载体产生驱动力。载体可以沿着轨道在表面上移动，类似于图4E所示。例如，载体可以沿直线路径、之字形线和/或在表面上切换方向来移动。正方形网格图案允许载体在轨道之间的交叉点处以90、180、270或360度切换方向。

[0150] 可以移动和控制载体来操纵材料以形成物体，诸如3D编织结构或3D打印结构。可选地，载体可以用于将材料从表面上的一个点运输到另一个点，或用于组件组装。材料的实例可以包括纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨。

[0151] B.无引导表面

[0152] 包含用于载体的轨道的表面可被描述为引导表面。如前所述，轨道是由载体导板阵列之间的间隙间隔形成的。在一些情况下，装置可以包括无引导表面。无引导表面没有轨道和/或载体导板。图17显示了无引导表面1702的实例。本质上，无引导表面可以对应于定子线圈阵列1704正上方的表面。在一些情况下，表面可以是位于多个定子线圈(位于装置内部)上方的无轨道承载层。

[0153] 多个载体1706可被配置成在表面上移动。由于载体在运动中不受轨道和/或载体导板的约束，因此该表面可以提供比引导/有轨道表面更高的载体路径适应性。然而，载体导板的缺失可能需要更高密度的定子线圈阵列，以减轻载体导板提供的场内聚力和增强的垂直性的损失。定子线圈阵列中密度的增加导致了更可控的电磁场，这可以实现更高的动态速度，并且提高载体的通用性和多样性。

[0154] 由于没有载体导板，载体上的磁体可以位于更靠近定子线圈阵列。例如，载体的驱动磁体到下层定子线圈的距离可以基本上接近于零。

[0155] 可以在载体上以不同的配置提供永磁体，例如如图17所示。载体磁体可以同时被多个定子线圈阻挡和驱动。磁极可以在单个和多个永磁体上以各种方式排列。N-S极可以相对于驱动定子线圈以不同取向使用。在一些实例中，可以在载体上使用与定子线圈具有大致相同直径的单个永磁盘。单个轴向磁化的圆盘磁体的直径可以足够大以覆盖三个或更多个定子线圈。在其他实例中，多个磁体(或具有多个共面相邻极表面的磁体)可以安设在载体上，其布置使得磁体能够与多个定子线圈同时产生的电磁场相互作用。可以确定磁体的强度和配置，使得载体在运动过程中可以保持对准和粘附在表面上(不会失去对准或从表面弹出)。

[0156] V.控制系统

[0157] 可以提供控制器来控制定子线圈阵列。控制器可以激活一个或多个定子线圈来产生电磁场。控制器可以通过改变电磁场来驱动装置表面的载体。控制器还可以驱动表面上的载体从而沿预定路径以三维形式移动。在一些情况下，控制器可以检测载体的位置和/或运动。可选地，可以使用一个或多个传感器(包括磁场传感器、光学传感器和/或惯性传感

器)检测载体的位置和/或运动。

[0158] 定子线圈阵列可以包括多个定子线圈。定子线圈可以分为具有相应控制容积的线圈子集。例如,定子线圈可以包括第一线圈子集、第二线圈子集等等。可以考虑任何数目的定子线圈子集。每个子集可以包括若干定子线圈。不同的子集可以包含相同或不同数目的定子线圈。可以考虑每个子集中以及不同子集中任何数目的定子线圈。

[0159] 控制容积可与定子线圈的子集关联,并由相应的线圈子集上方的空间定义。在一些情况下,相邻的控制容积可能彼此重叠,以形成连续的控制容积。通过调整定子线圈的位置,可以修改控制容积的大小和/或形状。控制容积的大小和/或形状还可取决于定子线圈的公差、灵敏度、位置和/或取向。可以调整控制容积的大小和/或形状以优化其中的磁通量均匀性,这可以有助于改善与安设在载体上的磁体的相互作用。

[0160] 每个定子线圈子集可被配置成在与相应的定子线圈子集相关的控制容积中产生电磁场。每个控制容积可由靠近相应的定子线圈子集的空间定义。控制容积可以彼此重叠,也可以彼此不重叠。在一些实施方式中,每个控制容积可以包含局部坐标系。相应地,当载体在表面上从一个控制容积移动到下一个控制容积时,可以基于局部坐标系获得载体的位置和/或取向。

[0161] 控制器可被配置成向定子线圈提供电流脉冲,以在每个定子线圈子集的控制容积上产生电磁场。控制器可以通过经由与定子线圈可操作地耦合的开关模块控制一个或多个到线圈的开关,从而选择性地激活(通电)不同的定子线圈子集,以在不同的控制容积中产生电磁场。通过开关模块中的一个或多个开关,可以从控制器向不同的定子线圈子集提供电流脉冲。

[0162] 开关可以包括电子开关,诸如功率MOSFET、固态继电器、功率晶体管和/或绝缘栅双极晶体管(IGBT)。可以提供不同类型的电子开关来控制定子线圈子集的电流。电子开关可以利用固态电子器件来控制电流。在一些情况下,电子开关可以不具有运动部件和/或可以不利用机电器件(例如,传统继电器或具有运动部件的开关)。在一些情况下,电子开关的电子或其他电荷载流子可能限于固态器件。电子开关可以可选地具有二元状态(例如,打开或关闭)。电子开关可以用于控制流向定子线圈子集的电流。

[0163] 控制器可以控制开关,以激活一个或多个定子线圈的子集,从而在一个或多个控制容积中产生电磁场。在一些情况下,可以同时激活多个定子线圈子集。例如,控制器可以同时激活三个定子线圈子集,以在各自的控制容积中产生三个独立的电磁场。或者,可以以顺序方式激活多个定子线圈子集。例如,控制器可以顺序地激活三个定子线圈子集,从而在各自的控制容积中顺序地产生电磁场。

[0164] 选择性激活不同控制容积内的电磁场可防止产生干扰电磁场,并可减少定子线圈与其他器件之间的电磁干扰。减少电磁干扰可以提高在不同控制容积中能够追踪载体的精确度和灵敏度。装置的使用范围可以通过修改定子线圈的配置来扩展,以实现不同和复杂的载体运动路径。

[0165] 通过激活不同定子线圈子集,可以有助于装置表面载体的移动。在一些实施方式中,可以根据载体在表面上的位置选择性地激活不同的定子线圈子集。在一些情况下,位于定子线圈的激活子集之外的定子线圈可能会变为非激活的,由此防止产生干扰电磁场。在一些实施方式中,相邻定子线圈子集上方的控制容积可以重叠,以便在装置表面上方形成

连续的整体控制容积。

[0166] 控制器可以在装置上方提供或与装置一起提供。或者，控制器可以远离装置提供。例如，控制器可以设置在与定子线圈子集和开关模块通信的远程服务器上。控制器可以具有包含在服务器中的软件和/或硬件组件。服务器可以具有一个或多个处理器以及至少一个存储器来存储程序指令。处理器可以是能够执行特定指令集的单个或多个微处理器、现场可编程门阵列(FPGA)或数字信号处理器(DSP)。计算机可读指令可以存储在有形的非暂时性计算机可读介质上，如软盘、硬盘、CD-ROM(光盘只读存储器)和MO(磁光盘)、DVD-ROM(数字通用磁盘只读存储器)、DVD-RAM(数字通用磁盘随机存取存储器)或半导体存储器。或者，程序指令可以在硬件组件或硬件和软件的组合中实现，例如，ASIC、专用计算机或通用计算机。

[0167] 控制器还可以设置在任何其他类型的外部器件上(例如，用于控制装置、任何可移动物体或不可移动物体等的远程控制器)。在一些情况下，控制器可以分布在云计算基础结构上。控制器可以位于不同的位置，其中控制器能够控制开关模块，并根据载体的空间或运动信息选择性地激活一个或多个定子线圈子集。

[0168] 在一些实例中，位置传感器可以安设在载体上。位置传感器可被配置成响应于由一个或多个定子线圈子集产生的电磁场的变化而产生电信号(电压或电流信号)。在一些情况下，位置传感器可以是电磁传感器。随着位置传感器在装置表面的控制容积内移动，位置传感器与控制容积内的电磁场的相互作用可导致电信号的产生。电信号可以随着位置传感器在控制容积的不同位置之间的移动而变化。此外，电信号可以位置传感器在不同的控制容积之间的移动而变化。控制器可被配置用于接收来自位置传感器的电信号。此外，控制器可以分析信号以计算位置传感器的局部位置。位置传感器的局部位置可以相对于局部坐标系进行计算。局部坐标系可在对应于位置传感器所位于的控制容积的定子线圈的激活子集处定义。控制器还可被配置用于计算位置传感器相对于装置表面的总体位置。控制器可被配置成基于一个或多个输入控制开关模块。输入可以由用户提供，并且可以包括用于控制定子线圈的激活的一组指令，以便实现载体沿着装置表面上的路径的移动。开关模块的控制以及一个或多个定子线圈子集的选择性激活可以是手动或自动的。

[0169] 如上所述，控制器可被配置用于选择性地激活一个或多个定子线圈子集，以在相应的控制容积中产生电磁场。载体可以包括一个或多个永磁体。控制器可被配置用于通过调整电磁场的强度和/或极性、通过调整输送至一个或多个定子线圈子集的电流来驱动载体。控制器可被配置用于调整输送到一个或多个定子线圈子集的电流的时间安排、幅度、方向和/或持续时间。控制器可被配置用于根据以下来调整电磁场的强度和/或极性：(1)装置表面相对于重力的取向，(2)载体的质量，和/或(3)装置表面上的载体相对于重力的取向。控制器可被配置成以恒定速度或可变速度驱动装置表面上的载体。例如，在一些情况下，控制器可以以约0.5m/s的速度驱动装置表面上的载体。在其他情况下，控制器可被配置成以约0.1m/s至约1.5m/s的可变速度驱动装置表面上的载体。载体可被配置成在从一个定子线圈(或线圈的子集)移动到下一个定子线圈(或线圈的下一个子集)时以不同的速度移动。载体可被驱动处的速度可以取决于定子线圈产生的电磁场的强度以及载体上安设的磁体的强度。控制器可以通过调整输送给定子线圈的电流来调整电磁场的强度。

[0170] 控制器可被配置用于通过检测载体在装置表面附近移动时传输给一个或多个定

子线圈子集的电流的变化来追踪载体。当载体上的磁体移动通过电磁场时，一个或多个定子线圈子集的电阻变化可能导致电流的变化。控制器可被配置成在检测电流的异常变化时将载体移动到装置表面的预定位置。电流的异常变化可能表明(i)装置故障，(ii)载体的不正确运动路径(例如，未对准)，和/或(iii)载体与另一载体或辅助器件之间即将发生碰撞。

[0171] 在一些实例中，控制器可被配置用于检测电流波动，该电流向定子线圈供电以驱动载体，并基于检测到的电流波动区分载体的成功行动(移动)和失败行动(移动)。通过监测驱动电路中的电流，可以检测不成功的移动脉冲。例如，在定子线圈上方行进的载体中永磁体的通过或缺少通过可改变线圈的电阻，这可引起驱动电流波动。当控制器检测到载体不成功的行动(缺少移动)时，控制器可以引起装置进入故障控制状态，在该状态下，向定子线圈输送的电力被终止。控制器随后可以启动一系列缓解步骤，其可以包括预先编程的尝试，以将载体返回到其预期位置或默认的起始位置。故障控制状态和/或缓解步骤可防止多个载体碰撞，这些碰撞可能导致装置的灾难性故障(例如，载体导板、轨道和/或下方定子线圈的损坏)。

[0172] 一个或多个传感器可被配置用于响应于载体在装置表面上移动时电磁场的变化而产生传感信号。传感器可以包括电磁传感器、光学传感器、惯性传感器和/或射频(RF)传感器。控制器可被配置用于使用传感信号确定载体在表面上的空间位置、取向和/或运动。载体的运动可以基于从传感信号获得的速度和/或加速度来确定。速度可以包括线速度和/或角速度。同样，加速度可以包括线加速度和/或角加速度。控制器可被配置用于使用传感信号追踪载体。控制器还可以通过以预定顺序选择性地激活一个或多个定子线圈子集和/或基于传感信号来控制载体在装置表面上的运动路径。控制器可被配置用于停用一个或多个定子线圈子集，这些定子线圈子集是不需要的或对于驱动表面上的载体不再有用。

[0173] 一个或多个传感器可以安设在相邻间隔的定子线圈之间的间隔中。附加地或替代地，一个或多个传感器可以安装在一个或多个载体导板上或安置于其中。在一些情况下，一个或多个传感器可以嵌入位于定子线圈中心的通孔中。可以考虑传感器在装置内或装置上的任何放置或配置。

[0174] 可以在一个或多个定子线圈与载体之间提供通信。例如，第一通信单元可以安设在定子线圈的顶部，或者与定子线圈侧向相邻。第二通信单元可以安设在载体上。第一和第二通信单元可以彼此通信。第一通信单元可以包括一个或多个收发器，用于向第二通信单元发送信号和接收来自第二通信单元的信号。在第一和第二通信单元之间发送和/或接收的信息可以包括：(1)载体相对于不同定子线圈的位置信息，和/或(2)用于通信针对各种安装有载体的器件的牵引张紧和重绕指令或其他指令的信号。这对具有电子线轴张紧和卷绕系统的载体可能是有用的。第二通信单元可以包括无源无线电转发器或车载微处理器，其被配置成当载体在装置表面上移动时，将信号传达到正下方的下方定子线圈。在一些情况下，可以提供具有第二通信单元的多个载体。每个第二通信单元可被配置用于针对每个载体生成射频识别(RFID)密钥。相应地，可以向每个载体授予单独的标识，并且可以根据其RFID密钥对不同的载体进行彼此区分。每个当载体的位置和/或运动也可以根据其RFID密钥进行追踪。

[0175] 图18示出了控制系统1800的框图。控制系统可以包括控制器1802、从1804-1到1804-N的多个定子线圈子集以及一个或多个传感器1806，它们通过反馈回路1808可操作地

连接在一起。可以考虑任何数目n的定子线圈子集，并且可以部分取决于每个定子线圈子集的强度和/或装置表面的大小(例如，直径、深度等)。一个或多个载体可被配置成在装置表面上移动。

[0176] 控制器可被配置用于控制和追踪载体的位置和/或移动，并根据载体在装置表面之间移动时从传感器获得的位置和速度反馈选择性地激活一个或多个定子线圈子集。

[0177] 参考图18，可以首先向控制系统提供输入。输入可以包括载体的期望路径(可以包括期望的位置和/或速度)。控制器可被配置用于激活一个或多个定子线圈子集，并确定载体的位置。一旦确定了载体的位置，就可以激活(通电)对应于该载体位置处或附近的控制容积的一个或多个定子线圈子集。如前所述，可以激活不同的定子线圈子集，这可以降低能量消耗和电磁场干扰效应。载体的位置和/或移动可以根据传感器获得的传感信号来确定。当载体在装置表面上移动时，可以由传感器产生传感信号。可以基于传感信号确定载体的实际路径(可以包括实际位置和/或速度)，并可与输入进行比较，以确定与期望路径(期望位置和/或速度)的偏差量Δ(若存在)。控制器可被配置用于通过根据偏差量Δ调整电流并选择性地将电流输送到定子线圈来调整载体的实际位置和/或速度。因此，可以使用图18的控制系统控制载体在装置表面上沿期望路径移动。该系统可被配置用于控制多个载体的路径，并当载体在装置表面上移动时追踪每个单个载体的运动。

[0178] 图19示出了控制系统的电路原理图。参考图19，控制系统1900可以包括与电源1910电连接的多个定子线圈子集1904-1至1904-N。控制器1902可以与多个开关K1至Kn以及一个或多个传感器1906可操作地通信。开关K1至Kn可以位于开关模块中。控制器可被配置用于根据载体在装置表面上移动时的位置和/或移动，同时地、顺序地、交替地或以循环配置选择性地激活一个或多个定子线圈子集。

[0179] 控制器可被配置用于控制一个或多个开关，以选择性地激活一个或多个定子线圈子集。例如，控制器可以通过关闭开关K1选择性地激活第一定子线圈子集1904-1。类似地，控制器可通过关闭开关K2选择性地激活第二定子线圈子集1904-2。控制器可以通过关闭开关Kn选择性地激活第n个定子线圈子集1904-n。在一些情况下，控制器可以同时激活两个或更多个定子线圈子集。例如，控制器可以通过关闭开关K1和K2同时激活第一和第二场发生器线圈子集。或者，控制器可以通过关闭开关K1和Kn同时激活第一和第n个定子线圈子集。可选地，控制器可通过同时关闭开关K1至Kn来同时激活所有定子线圈子集1904-1至1904-N。控制器可以顺序地关闭开关K1至Kn。或者，控制器可以以交替的方式关闭开关K1至Kn。控制器可以以相同的频率或不同的频率关闭一个或多个开关。控制器可以将一个或多个开关关闭/打开不同的时间长度，从而使定子线圈子集激活或关闭不同的时间长度。因此，可以以精确的方式控制由多个定子线圈产生的电磁场，以驱动装置表面上的一个或多个载体。

[0180] 球形或半球形电磁场在不同区域的不同矢量(相对于局部场法向)上具有重力。因此，行动电流脉冲可以以不同的时间安排和电流幅度输送到不同的定子线圈位置(或线圈的子集)，这取决于载体在装置的球形表面上的位置以及球形表面相对重力定向的方式。在一些情况下，如果定子线圈具有足够的磁质量，则当线圈处于非供电状态时，载体可能不会由于重力(当其垂直于场法向时)而掉落。然而，在动态速度下沿着适当的轨道操纵载体可能需要不同的定子线圈电磁力，并且可能取决于重力矢量。

[0181] 如前所述，由于二十面体镶嵌的轻微不规则性，相邻间隔的定子线圈之间的距离

在装置表面上可能不同。网格的不规则性可以通过在二十面体表面中心使用较大的线圈直径，并且在朝向节点密度增加的点处使用较小的线圈直径来补偿。定子线圈的激活(或通往定子线圈的控制信号)可以考虑线圈间隔和直径的差异，从而实现对载体路径和移动的更精确的控制。

[0182] VI.材料的3D操纵

[0183] 图20示出了载体2004在装置2000的表面2002上的不同移动。表面可以是装置的内表面。装置和表面可包括一个或多个先前描述的实例。载体可以在表面上以平移、旋转或曲线方式被驱动。还可以驱动载体以在表面上沿不同方向移动。例如，由定子线圈阵列产生的电磁场可用于驱动载体沿不同方向移动。这些方向可以彼此平行、正交、相反或倾斜。载体可以在表面上以三维方式被驱动离开平面。或者，载体可以在平面上以二维方式在平面内驱动。载体可以从表面上的一点驱动到另一点。在一些实例中，可以控制载体以沿着预定的运动路径移动。路径可以是闭合环路或开放环路。在一些情况下，可以控制多个载体沿一系列运动路径2006在表面上移动，这些运动路径在不同的时间点彼此交叉。这可以用于例如3D编织应用中，在其中纱线或纤维被编织成复杂的3D图案。

[0184] 载体可被配置用于直接或使用附接至载体的器件来携载或分配材料如纤维、液体聚合物、粉末材料和/或油墨。如下文所述，可以在表面上驱动多个载体来操纵材料以形成物体，诸如3D编织结构或3D打印结构。载体还可用于运输和/或组装组件。

[0185] A.3D编织

[0186] 图21A和图21B示出了使用本文其他各处描述的装置和方法进行3D编织的实例。多个载体2104可以安设在装置2100的表面2102上。载体可被配置用于支持多个线轴(未显示)。纤维2112可以通过线轴供应给编织点2106，在编织点2106处发生编织过程。在编织点处可能存在编织环。该装置的表面可以包括与编织点或编织环基本上等距的多个载体导板(未显示)。载体到编织点的距离当载体在表面附近移动时可以保持基本上相同。这种等距有助于在编织过程中维持纤维的线张力。在一些实例中，每个载体导板到编织点的距离可以是约100mm至600mm。或者，每个载体导板到编织点的距离可以是小于100mm或大于600mm。可选地，每个载体导板到编织点的距离可以是近似于1m、2m、3m、4m、5m或大于5m。

[0187] 表面的半球形形状提供了用于使载体在平面内和出平面移动的改进的灵活性。这可以允许形成复杂形状的3D编织物体。该物体可以包括具有连续轮廓的物体(例如，I形梁、L形梁、飞机扶壁等)以及不具有连续轮廓的物体(例如，具有无定形形状或容积)。参考图21A和图21B，通过控制线轴载体沿不同运动路径2108在表面上运动，可以形成3D编织物体。载体的运动路径可以在不同的时间点相交，以形成编织结构。由于表面是基本上半球形的，因此载体与编织点保持基本等距离，而不考虑在表面上的任何位置处载体的运动或位置如何。因此，当线轴载体在表面上沿不同方向并且以复杂运动路径移动时，可以维持纤维的线张力。适当的线张力可以导致3D编织结构的质量和可靠性提高。

[0188] B.3D打印

[0189] 图22A和图22B示出了使用本文其他各处描述的装置和方法进行3D打印的实例。多个载体2204可以安设在装置2200的表面2202上。载体可被配置用于支持一种或多种类型的非纤维携载器件。非纤维携载器件的实例可以包括材料喷射器、基体注入器、射流分配器等。非纤维携载器件可被配置用于生成3D打印结构2210，例如通过在载体在装置表面上沿

各种运动路径2208移动时分配材料2212(例如,粉末材料或油墨)。如前所述,表面的半球形形状提供了用于使载体在平面内和出平面移动的改进的灵活性,这可以允许形成复杂形状的3D打印物体。

[0190] C.组件的运输和组装

[0191] 除了3D编织或3D打印外,本文公开的装置和方法可以用于材料传送或部件组装。载体可被配置成支持组装机器人。组装机器人可以用来组装组件,以形成成品或未成品。组装机器人的移动性由载体提供,载体可以受控在装置表面上沿各种运动路径移动。机器人的组装可以包括各种组件之间的机械和/或电气耦合(附接)。组装还可以由安装在场外的机器人完成,例如,这些机器人被配置用于在载体纺织操作期间将集成的子组件添加到编织结构中。

[0192] 图23示出了包含装置2302的系统2300。该装置可对应于本发明其他各处所述的装置。该系统可用于制造环境中以产生物体,例如3D编织结构。参考图23,所述装置可以包括半球形内表面。多个载体(未显示)可以安设在表面上。载体可被配置成支持多个线轴(未显示)。纤维2304可以通过线轴提供给编织点2306,在编织点2306处发生编织过程。编织点可位于上机械臂2308上。下机械臂2310可被配置用于插入心轴/芯。下机械臂可被配置成与上机械臂统一运动以抓住主动工件,以为工件提供抵抗其他力的更大的位置刚性,该力诸如编织线张力以及其他机器人操纵线和其他与工件相关的物体的力。物体可以包括插入的子组件、外部附接的壳/模具组件等。在一些实例中,测试组装件可以包括位于场周围的多个组装机器人。所述装置可以包括能够打开或关闭开口的门2312。加载的载体2318的储具可以穿过门输送到场内,并且空储具可以穿过门从场取出。具有内部场/定子线圈的场可附接储具可被配置用于向场进行自加载和从场卸载。在一些情况下,该装置的可移动孔部分也可用作载体储具。

[0193] 装置的表面可包括与编织点2306基本上等距的多个载体导板(未显示)。载体到编织点的距离在载体在表面附近移动时可以保持基本上相同。这种等距有助于在编织过程中维持纤维的线张力。

[0194] 在3D编织操作期间,编织结构可被持续收缩和收集,例如由另一个机械臂(未显示)收集。控制器2320可被配置用于激活装置的一个或多个定子线圈以产生用于驱动装置表面上的载体的电磁场,如本文其他各处所述。应当理解,本文所述装置可扩展用于其他应用和不同配置中,且无需局限于图23所示的设置。

[0195] 图24示出了根据一些实施方式的载体装载系统2400。该系统可以包括和/或可与本文其他各处所述的任何装置或制造方法一起使用。该装置能够产生物体,例如本文其他各处所述的3D编织结构或3D打印结构。该系统可以包括一个或多个器件或机构,用于(1)将载体加载/送入装置,和/或(2)从装置中卸载或移除载体。该系统可以包括例如一个或多个入口/出口坡道,用于将新的载体引入装置内并从装置中移除用过的载体。如本文所述的用过的载体可以指携载旧纤维端的载体,并且新载体可以指携载新纤维的载体。可以使用本文其他各处所述的任何致动机构和原理在坡道上运输载体。在一些实施方式中,坡道可以包括与用于本文其他各处所述的装置内的半球形阵列的磁性单元类型相同的线性阵列(参见,例如图3A-图3E和图4A-图4E)。线性阵列可以从半球形阵列的一个或多个边缘圆周部分延伸。磁性单元的线性阵列不需要包括任何移动或可移动部件。载体可以通过调节磁场的

极性以产生吸引力和排斥力来产生平移力，从而沿着磁性单元的线性阵列顺序地运输，如本文其他各处所述。

[0196] 当载体被送入装置时，可以使用步降加载机构将其卸载到装置的内表面(例如，本文其他各处所述的任何半球形内表面)。在一些实施方式中，步降加载机构可以包括机械和/或磁性纤维端抓钩器件。根据工件介质的类型、大小和/或形状，可以考虑不同的加载机构。

[0197] 在一些替代实施方式(未显示)中，系统可以是包含一个或多个移动传送机的传送机系统，而不是用于运输载体的非移动磁性单元的线性阵列。系统可被配置用于外部自动传送载体(即在装置外部，而不是位于装置内部或装置上的传送)。载体可通过传送机运输进装置内或运输出装置。传送机可通过入口坡道和出口坡道提供。

[0198] 参考图24，载体装载系统可以包括坡道系统。坡道系统可以包括场出口坡道2428和场入口坡道2426。场出口坡道和场入口坡道可以包括磁性单元2430的线性阵列。场出口坡道和场入口坡道可以整体地形成为一体。

[0199] 如图24所示，场出口坡道和场入口坡道可以耦合到装置2432的不同部分(边缘)。场出口坡道可被配置用于从装置移除一个或多个使用过的载体2406，并且场入口坡道可被配置用于将一个或多个新载体加载到装置中。

[0200] 退出装置的一个或多个载体可以携载使用过的纤维端2404。场出口坡道可向器件2402延伸，该器件2402被配置用于从载体移除使用过的纤维端。在一些实施方式中，该器件可以包括多个辐条2403。每个辐条可以具有提取端2405，当携载用过的纤维端的载体移动经过提取端时，该提取端捕获并移除用过的纤维端。多个辐条可以自由移动，使得辐条随着载体流而旋转。当载体移动经过辐条时，它们以类似齿轮的方式与提取端啮合，导致辐条旋转。器件2402可被配置用于同时提取载体上的边带针以及用过的纤维端。边带针的放大尾部/耦合区域可以设置成由载体精确升高以与每个辐条的提取端对准。

[0201] 在一些替代实施方式中，多个辐条可以可选地被配置成沿与载体流相反的方向旋转。辐条的旋转速度和方向(以及辐条之间的间隔)可以与传送系统的平移速度和方向(以及载体之间的间隔)同步并对准，使得当携载用过的纤维端的载体通过提取端时，辐条的每个提取端精确地捕获用过的纤维端。例如，在图24中，多个辐条可被配置成沿顺时针方向旋转，而载体流可以沿相反的切线方向，从而允许用过的纤维端通过相反的运动被辐条捕获。用过的纤维端部可以被提取端以预定频率或以可变频率捕获。在一些实施方式中，随着辐条继续旋转，辐条的提取端移动到器件的壳体中，其中用过的纤维端和针可以放置在箱(未显示)中。这样的处置可以有助于防止过量的用过的纤维端和针在辐条的提取端处积聚，并确保在下一个到来的载体处捕获用过的纤维端和边带针之前，提取端没有任何残留物体。

[0202] 在移除用过的纤维端和边带针后，可将载体运输至重加载位置2410的阵列，每个重加载位置2410容纳一对载体，从而可以自动准备容纳单个纤维2416的两半的载体对2412。重加载阵列可被配置为各种不同的布置和大小。每个重加载位置可以包括多个磁体节点。例如，图24显示，根据所描绘的传送方式的要求，每个重加载位置具有五个磁体节点，以便允许两个载体(一对)彼此相邻，而不物理地阻塞相邻的传送体轨道。在一些实施方式中，每个载体的基座可以略小于磁体节点直径的两倍。

[0203] 每对载体可以具有相同的垂直高度。在一些替代实施方式中，每对载体可以具有

不同的垂直高度。在一些情况下，载体对可以彼此交错(例如，一个载体沿着坡道比另一个载体更远)，使得纤维的纵轴与传送方向非正交(例如，倾斜)。

[0204] 图25示出了根据一些其他实施方式的载体重加载系统2500。载体重加载系统2500与图24所示的系统类似，但图25进一步图示了成对加载器件2424的阵列，并且放大视图“A”更详细地显示了单个重加载阵列。重加载阵列可被配置成使得可以自动准备容纳单个纤维2416的两半的载体对2412，例如如放大视图“A”所示。成对加载器件阵列可将边带针附接至从卷轴切割的纤维长度，并将它们送入一个或两个线轴载体。

[0205] 边带针设置的实例在图26A、图26B、图27A和图27B中进一步图示。边带针设置可被配置用于允许纤维现场连接到未加载载体。参考上述附图，为了便于通过每个载体的张紧轮自动加载纤维，可以配置各种用品(faring)2418，以将附接到纤维2416端部的柔性丝线边带针2408引导到载体线轴2422上的附接点2420，从而允许载体缠绕针和纤维。一旦纤维和针被缠绕，载体和载体对可被送往成对加载器件2424阵列，以等待通过场入口坡道2426重新进入装置。使用上述配置可以实现全自动重复编织操作，

[0206] 图27B显示了带有加载的纤维2416的单个载体，其在两端具有边带针2408(一端从载体孔口突出)。可以例如使用图24和图25所示的场入口坡道2426将载体运输到装置的场中。机器人(未显示)可被配置用于(1)捕获从载体延伸/突出的边带针2408的端部，(2)将纤维2416穿过工件/子组件，以及(3)将针递送到卸载载体，卸载载体可以随后卷起一部分纤维，该纤维现在是在两个载体之间共享。两个工件穿线端可随后集成到编织操作中。上述配置可允许工件上孔的自动纤维穿线，这在传统编织设置中目前是不可用的。

[0207] 尽管在前述说明书中提供了某些实施方式和实例，但本发明的主题超出具体公开的实施方式延伸到其他替代实施方式和/或用途，及其修改和等同项。因此，本发明所附权利要求的范围不受下文所述的任何具体实施方式的限制。例如，在本文公开的任何方法或过程中，该方法或过程的行为或操作可以以任何适当的顺序执行，并且不一定限于任何特定的公开顺序。各种操作作为可多个离散操作依次描述，其描述方式可以有助于理解某些实施方式；但是，描述的顺序不应解释为暗示这些操作是依赖于顺序的。此外，本文所述的结构、系统和/或器件可体现为集成组件或单独组件。

[0208] 为了比较各种实施方式，描述了这些实施方式的某些方面和优点。并非所有这些方面或优点都通过任何特定实施方式来实现。因此，例如，各种实施方式可以按照实现或优化本文教导的一个优点或一组优点的方式来执行，而不必实现本文教导或建议的其他方面或优点。

[0209] 如本文所用，A和/或B包含A或B中的一个或多个及其组合，如A和B。可以理解，尽管术语“第一”、“第二”、“第三”等可在本文用于描述各种元件、组件、区域和/或部分，但这些元件、组件、区域和/或部分不应受到这些术语的限制。这些术语仅用于区分一个元件、组件、区域或部分与另一个元件、组件、区域或部分。因此，下面讨论的第一元件、组件、区域或部分可以称为第二元件、组件、区域或部分，而不偏离本公开内容的教导。

[0210] 本文所用的术语仅用于描述特定实施方式，并不旨在限制本公开内容。如本文所用，除非上下文另有明确指示，否则单数形式“一个”、“一种”和“该”意在包括复数形式。可以进一步理解，术语“包含”和/或“含有”，或者“包括”和/或“含有”，当在本说明书中使用时，指定所述特征、区域、整数、步骤、操作、元件和/或组件的存在，但不排除一个或多个其

他特征、区域、整数、步骤、操作、元件、组件和/或其组的存在或添加。

[0211] 此外，本文中可以使用诸如“下方”或“底部”和“上方”或“顶部”等相对术语来描述一个元件与其他多个元件的关系，如附图中所示。可以理解，除了附图中描绘的取向外，相对术语还旨在包括元件的不同取向。例如，如果一个附图中的元件被翻转，则被描述为位于其他元件“下”侧的元件将随之朝向其他元件的“上”侧。因此，示例性术语“下方”可以同时包含“下方”和“上方”的取向，这取决于附图的特定取向。类似地，如果一个附图中的元件被翻转，则被描述为在其他元件“下方”或“底部”的元件将随之被朝向为在其他元件“上方”。因此，示例性术语“下方”或“底部”同时包含“上方”和“下方”的取向。

本发明提供了包括但不限于以下实施方式：

1.一种装置，包括：

磁性器件，其以三维配置布置；以及

表面，至少一个载体被配置成在该表面上移动，

其中所述磁性器件被配置用于提供磁场，该磁场用于驱动所述表面上的所述载体以操纵一材料。

2.根据实施方式1所述的装置，其中所述磁场被调节以驱动所述载体以操纵所述材料从而形成物体，并且所述物体选自三维编织结构、三维打印结构和三维组装结构。

3.根据实施方式1所述的装置，其中所述磁性器件选自定子线圈、可移动永磁体和可切换永磁体。

4.根据实施方式1所述的装置，其中所述材料选自纤维、液体聚合物、粉末材料和油墨。

5.根据实施方式1所述的装置，其中所述表面包括一个或多个轨道，所述载体被配置成沿着所述轨道移动。

6.根据实施方式5所述的装置，其中所述一个或多个轨道被配置成使所述载体以平移或旋转方式移动。

7.根据实施方式5所述的装置，其中所述一个或多个轨道被配置成使所述载体在运动过程中改变其方向。

8.根据实施方式5所述的装置，其中所述一个或多个轨道对应于相邻间隔的载体导板之间的间隙。

9.根据实施方式8所述的装置，其中多个载体导板以网格图案布置。

10.根据实施方式1所述的装置，其中所述表面包括无轨道承载层，所述载体被配置成在所述无轨道承载层上移动。

11.根据实施方式1所述的装置，其中所述三维配置选自球体和多面体。

12.根据实施方式2所述的装置，其中所述定子线圈具有不同的线圈直径。

13.根据实施方式2所述的装置，其中所述定子线圈在所述线圈之间具有不同间隔。

14.根据实施方式2所述的装置，其中在所述三维配置中提供不同密度的定子线圈。

15.根据实施方式1所述的装置，其中所述载体包括安设在其上用于与所述磁场相互作用的磁体。

16.根据实施方式1所述的装置，还包括：控制器，其被配置用于控制所述磁性器件来调节所述磁场。

17.根据实施方式16所述的装置，其中所述控制器被配置用于通过调节所述磁场来驱动所述表面上的所述载体。

18.根据实施方式16所述的装置，其中所述控制器被配置用于驱动所述表面上的所述载体三维地移动。

19.根据实施方式16所述的装置，其中所述控制器被配置用于沿预定路径驱动所述表面上的所述载体。

20.根据实施方式16所述的装置，其中所述控制器被配置用于检测所述载体的位置和/或运动。

21.根据实施方式1所述的装置，进一步包括一个或多个传感器，所述传感器被配置用于检测所述载体的位置和/或运动。

22.根据实施方式21所述的装置，其中所述一个或多个传感器选自磁场传感器、光学传感器和惯性传感器。

23.根据实施方式1所述的装置，其中所述磁性器件的一个或多个组件是可移动的，并且其中所述组件的移动导致所述磁性器件在不同的磁场状态之间切换。

24.根据实施方式16所述的装置，其中所述三维配置具有球形配置，其中所述控制器被配置用于驱动所述表面上的多个载体以形成选自下组的物体：三维编织结构、三维打印结构和三维组装结构。

25.一种致动载体的方法，包括：

提供以三维配置布置的磁性器件；

提供所述载体被配置成在其上移动的表面；以及

通过由所述磁性器件提供的磁场驱动所述表面上的所述载体来操纵一材料。

26.根据实施方式25所述的方法，其中所述载体在所述表面上被驱动以操纵所述材料形成物体，并且其中所述物体选自三维编织结构、三维打印结构和三维组装结构。

27.根据实施方式26所述的方法，其中所述磁性器件选自定子线圈、可移动永磁体和可切换永磁体。

28.根据实施方式25所述的方法，其中所述材料选自纤维、液体聚合物、粉末材料和油墨。

29.根据实施方式25所述的方法，包括：沿表面上的一个或多个轨道驱动所述载体以操纵所述材料。

30.根据实施方式29所述的方法，包括：以平移或旋转的方式沿所述一个或多个轨道驱动所述载体。

31.根据实施方式29所述的方法，包括：当沿着所述一个或多个轨道驱动所述载体时，改变所述载体的方向。

32.根据实施方式29所述的方法，其中所述一个或多个轨道对应于相邻间隔的载体导板之间的间隙。

33.根据实施方式32所述的方法，其中多个载体导板以网格图案排列。

34.根据实施方式25所述的方法，其中所述表面包括无轨道承载层，所述载体被配

置成在所述无轨道承载层上移动。

35.根据实施方式25所述的方法，其中所述三维结构选自球体和多面体。

36.根据实施方式27所述的方法，其中所述定子线圈具有不同的线圈直径。

37.根据实施方式27所述的方法，其中所述定子线圈在所述线圈之间具有不同间隔。

38.根据实施方式27所述的方法，其中在所述三维配置中提供不同密度的定子线圈。

39.根据实施方式25所述的方法，其中所述载体包括安设在其上用于与所述磁场相互作用的磁体。

40.根据实施方式25所述的方法，包括：借助控制器激活所述磁性器件以提供所述磁场。

41.根据实施方式40所述的方法，包括：借助所述控制器，通过调节所述磁场驱动所述表面上的所述载体。

42.根据实施方式40所述的方法，包括：借助所述控制器驱动载体以在所述表面上三维地移动。

43.根据实施方式40所述的方法，包括：借助所述控制器，沿所述表面上的预定路径驱动所述载体。

44.根据实施方式40所述的方法，包括：借助所述控制器检测所述载体的位置和/或运动。

45.根据实施方式25所述的方法，包括：借助一个或多个传感器检测所述载体的位置和/或运动。

46.根据实施方式45所述的方法，其中所述一个或多个传感器选自磁场传感器、光学传感器和惯性传感器。

47.根据实施方式25所述的方法，其中所述磁性器件的一个或多个组件是可移动的，其中所述方法包括移动所述一个或多个组件，以使所述磁性器件在不同的磁场状态之间切换。

48.根据实施方式40所述的方法，其中所述三维配置具有球形配置，并且其中所述方法包括借助所述控制器驱动所述表面上的多个载体以形成选自下组的物体：三维编织结构、三维打印结构和三维组装结构。

49.一种载体，包括：

被配置成支持一个或多个器件的基座，所述器件被配置用于操纵多种材料；以及

将所述载体耦合到一装置的表面的耦合构件，使得所述载体能够在所述表面上移动，

其中所述载体被配置用于响应于由所述装置内的磁性器件提供的磁场而在所述表面上被驱动，并且其中所述磁性器件以三维配置布置。

50.根据实施方式49所述的载体，其中所述载体被配置成三维地在所述表面上被驱动。

51.根据实施方式49所述的载体，其中所述载体被配置成以平移或旋转方式在所述表面上移动。

52.根据实施方式49所述的载体，还包括磁体。

53.根据实施方式52所述的载体，其中所述磁体选自永磁体和电磁体。

54.根据实施方式52所述的载体，其中所述磁体被配置成与由所述磁性器件提供的磁场相互作用，以驱动所述表面上的所述载体。

55.根据实施方式49所述的载体，其中所述一个或多个器件选自线轴载体、组装机器人、材料喷射器、基体注入器和催化剂以操纵所述材料。

56.根据实施方式49所述的载体，其中所述载体被配置成在表面上被驱动以操纵所述材料以形成物体，并且其中所述物体选自三维编织结构、三维打印结构和三维组装结构。

57.根据实施方式49所述的载体，其中所述磁性器件选自定子线圈、可移动永磁体和可切换永磁体。

58.根据实施方式56所述的载体，其中所述材料选自纤维、液体聚合物、粉末材料、油墨和子组件组装件。

[0212] 虽然本文已经示出和描述了优选的实施方式，但对于本领域技术人员而言容易理解的是，这些实施方式仅通过示例的方式提供。本领域技术人员现将想到许多变化、变化和替换，而不偏离本公开内容的范围。应当理解，在实践中可使用本文所述实施方式的各种替代方案。本文所述实施方式的许多不同组合是可能的，并且这些组合被视为本公开内容的一部分。此外，与本文任何实施方式结合讨论的所有特征可容易地适于在本文的其他实施方式中使用。以下权利要求旨在限定本公开内容的范围，并由此涵盖这些权利要求范围内的方法和结构及其等同项。

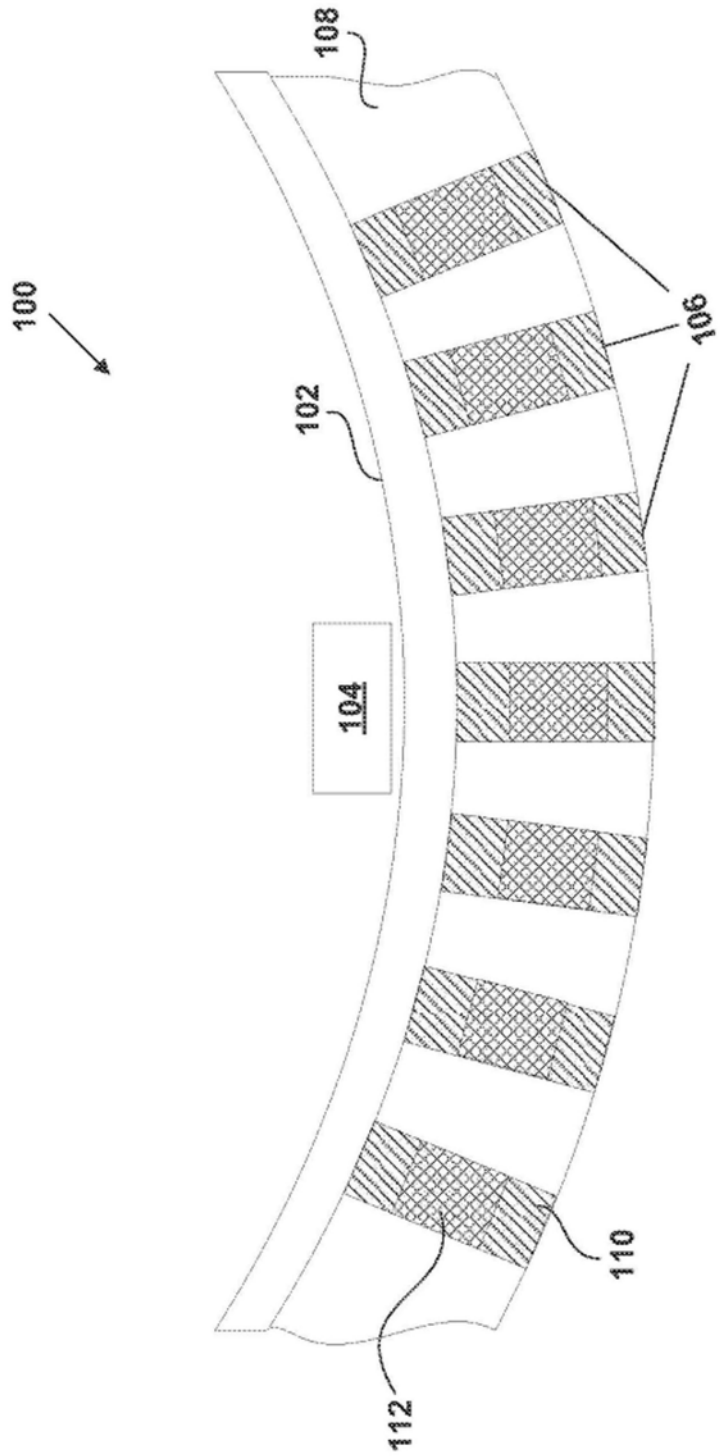


图1

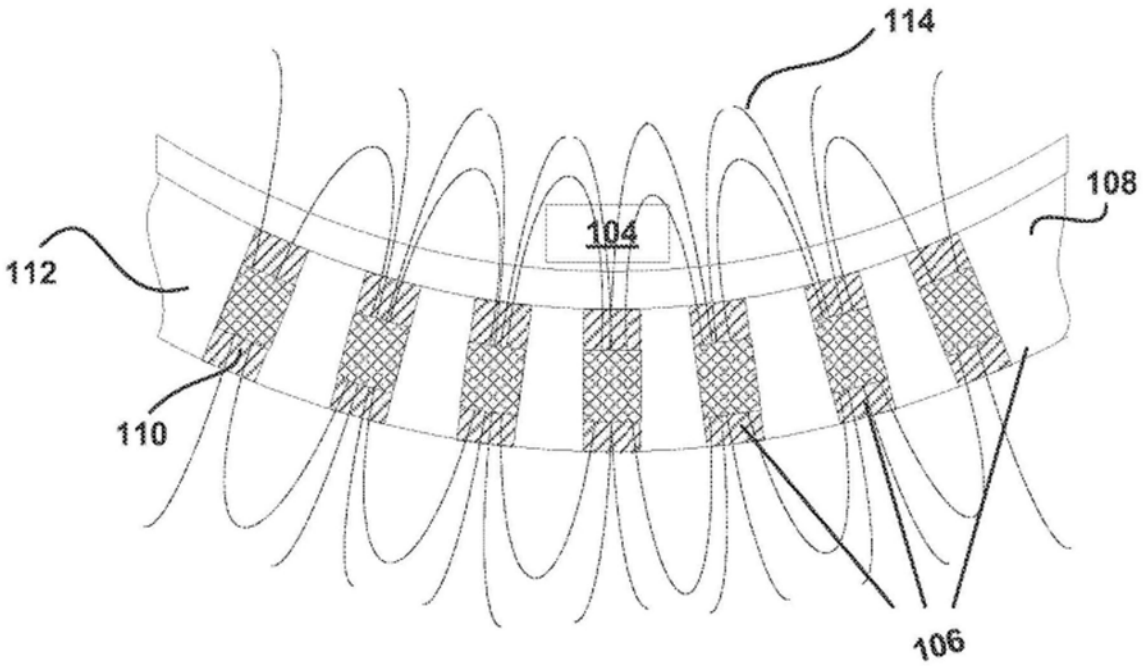


图2A

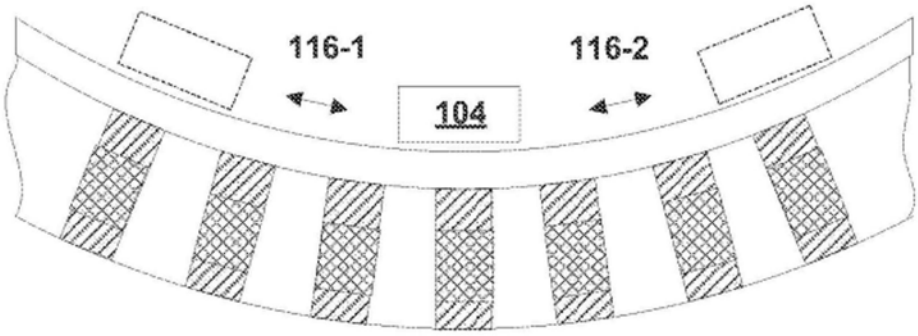


图2B

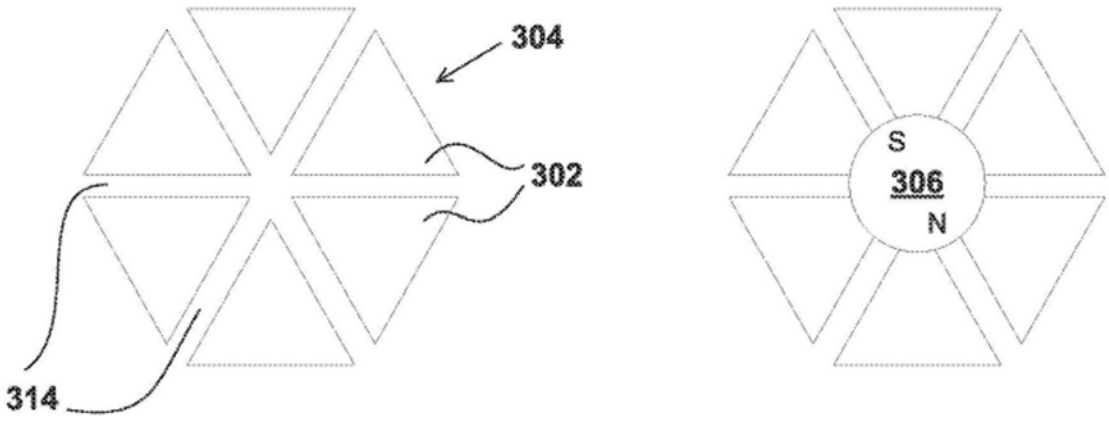


图3A

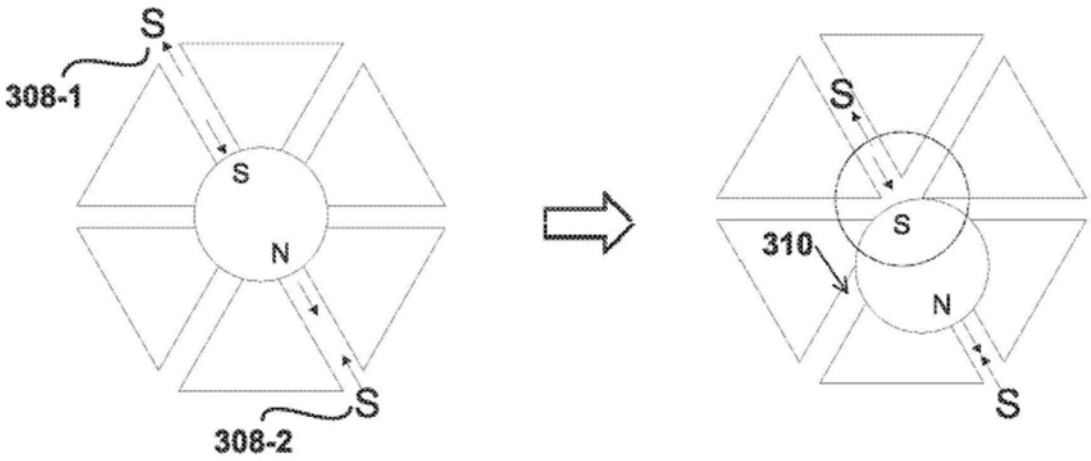


图3B

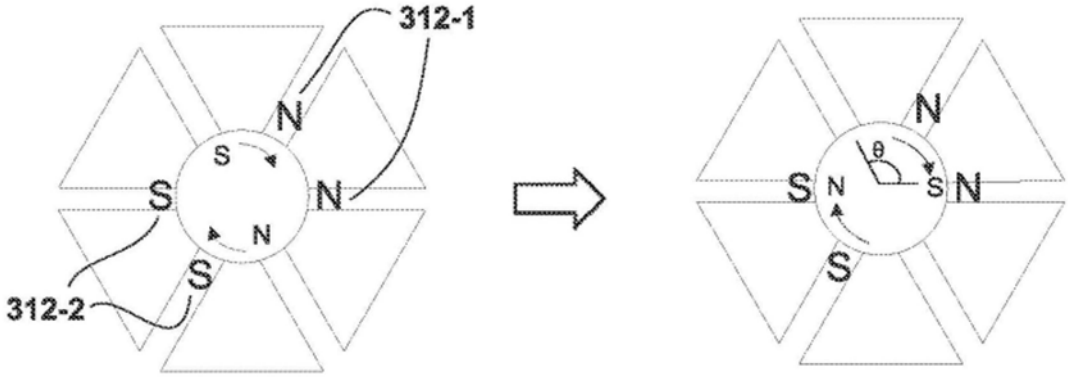


图3C

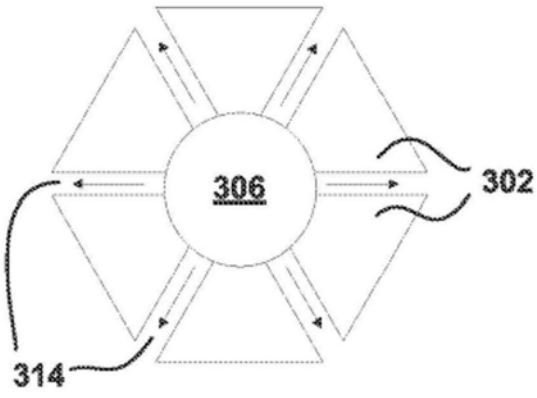


图3D

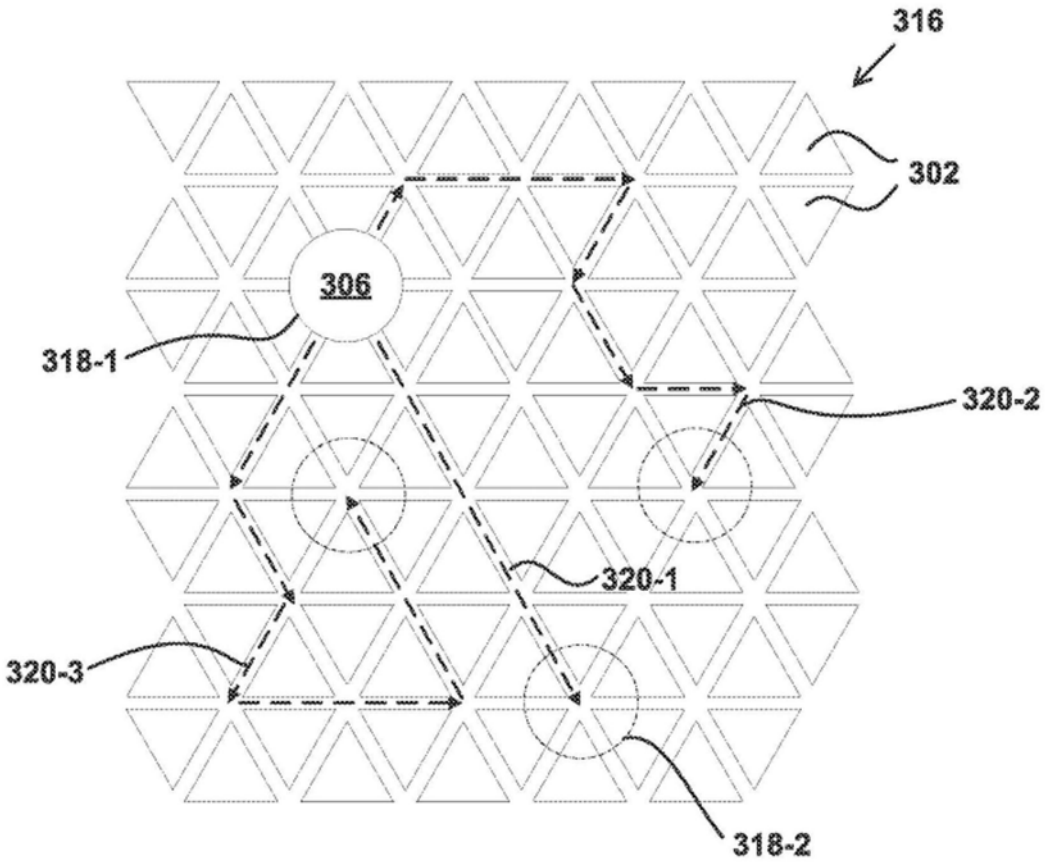


图3E

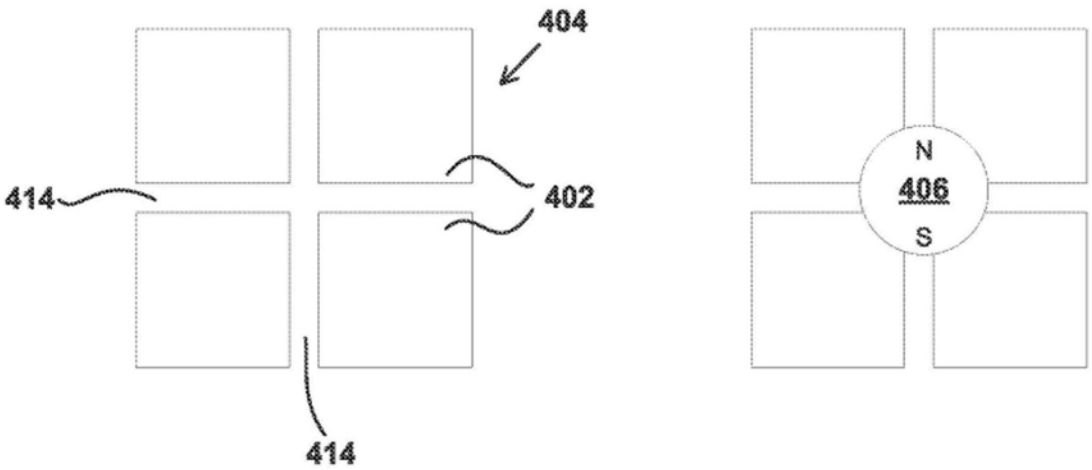


图4A

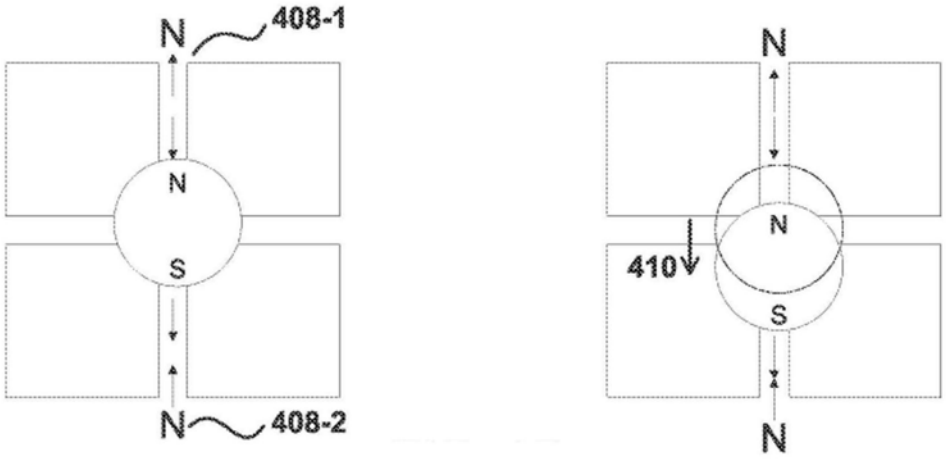


图4B

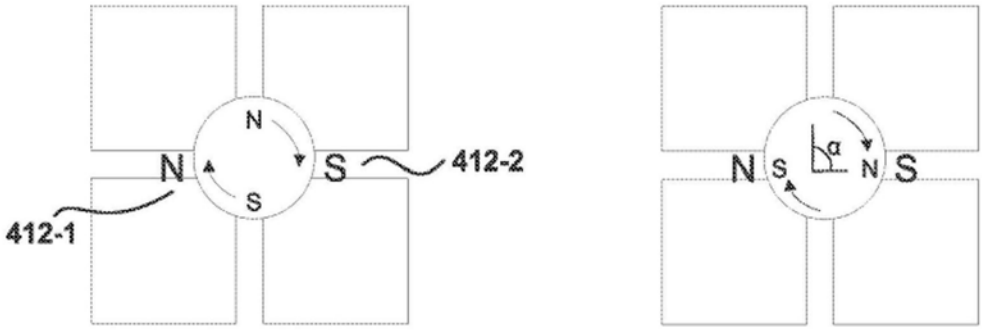


图4C

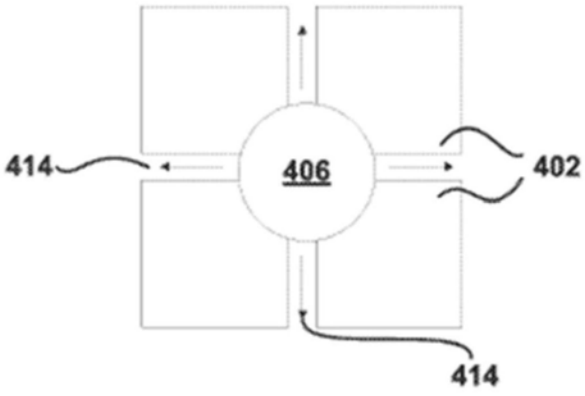


图4D

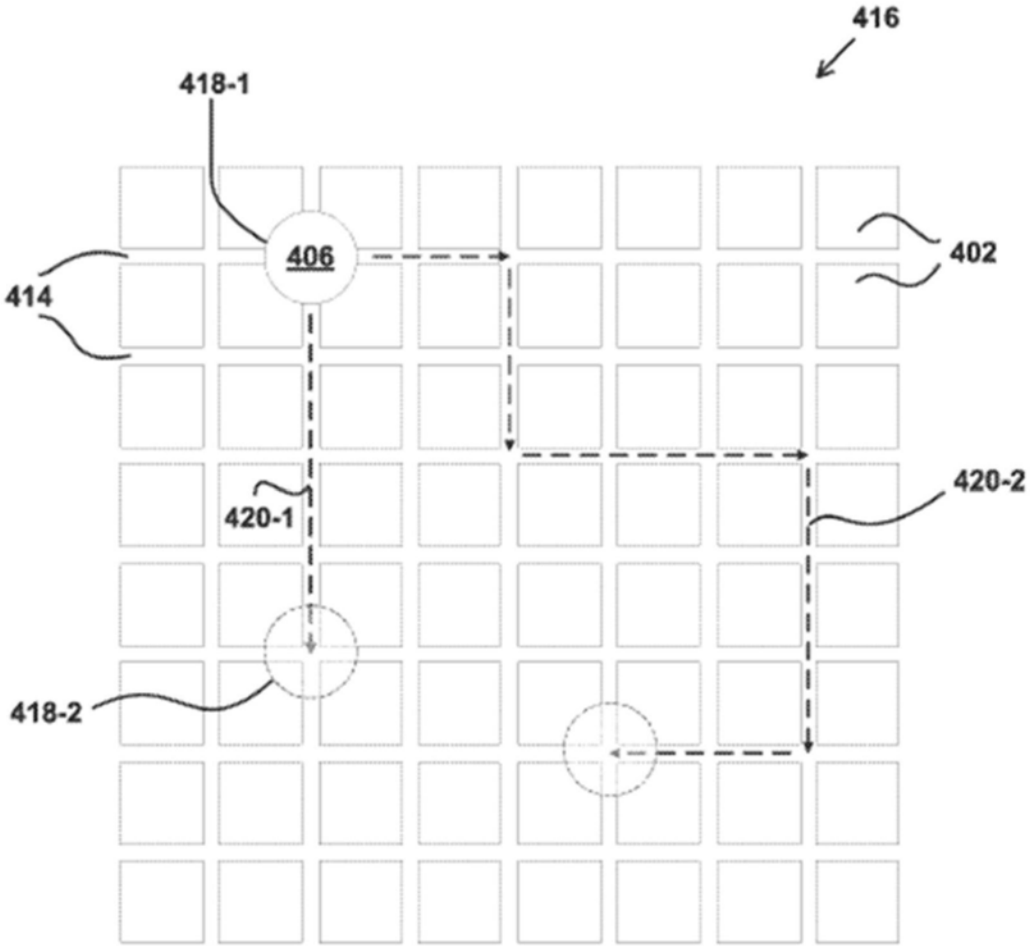


图4E

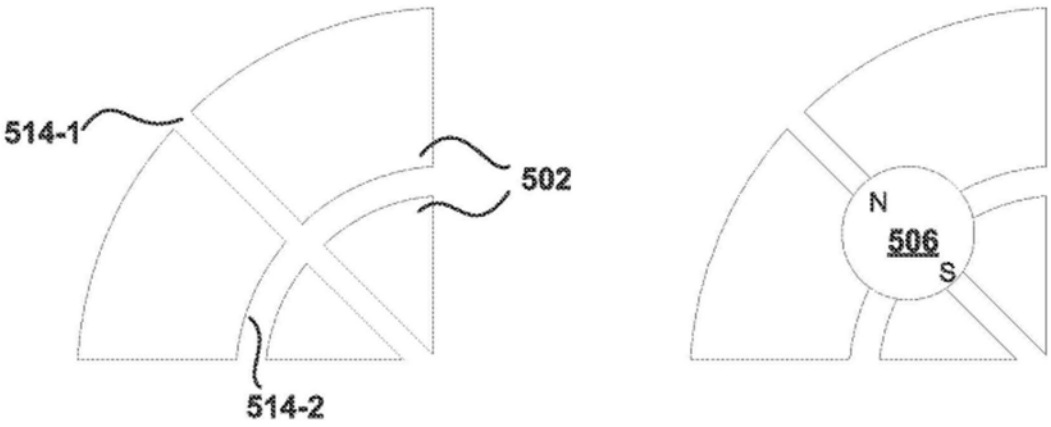


图5A

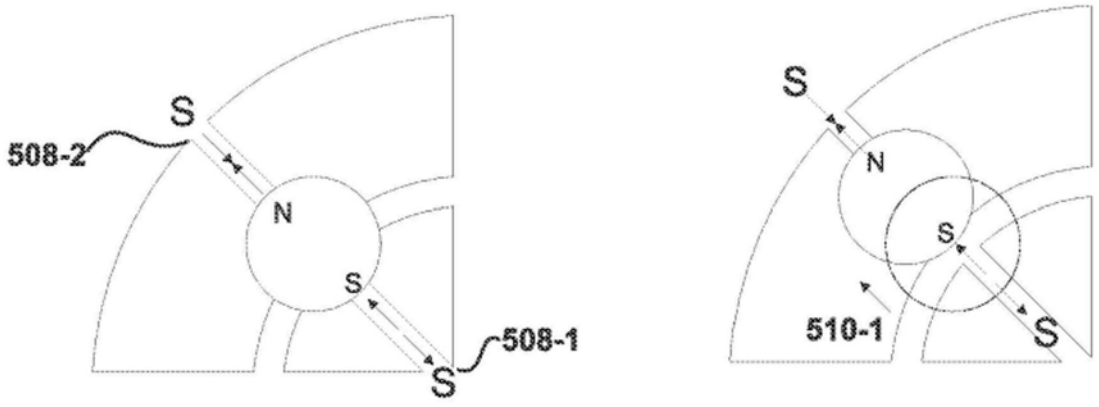


图5B

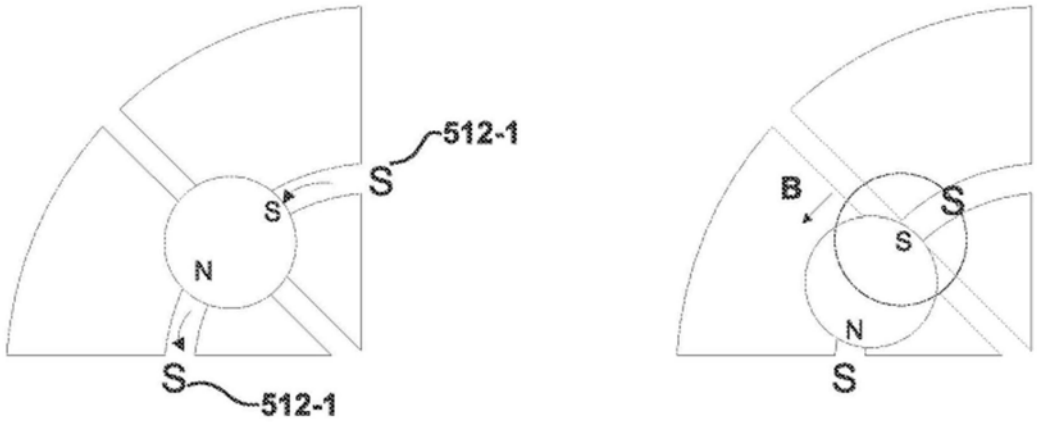


图5C

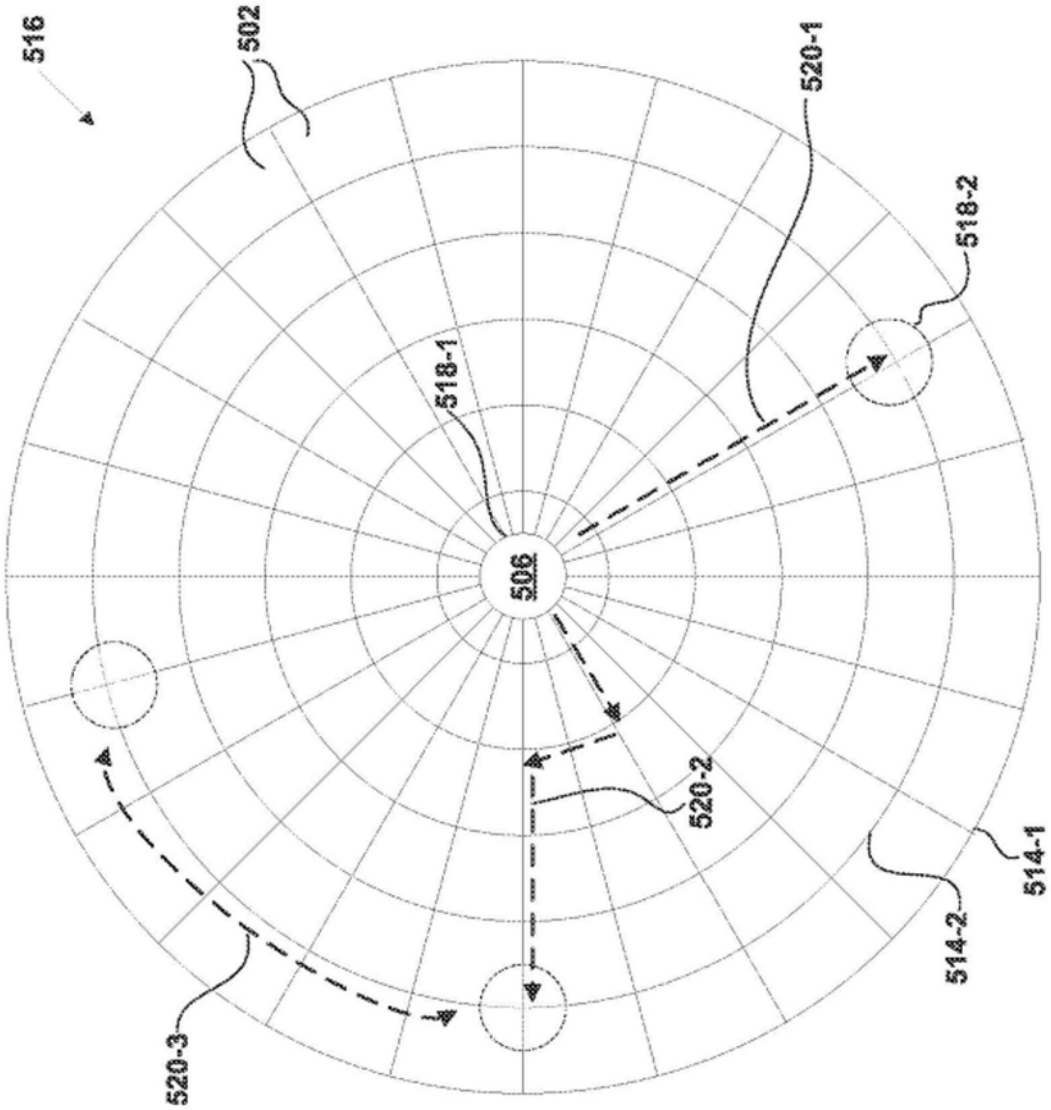

516
502
520-1
518-2
518-1
506
520-2
514-1
514-2
520-3

图5D

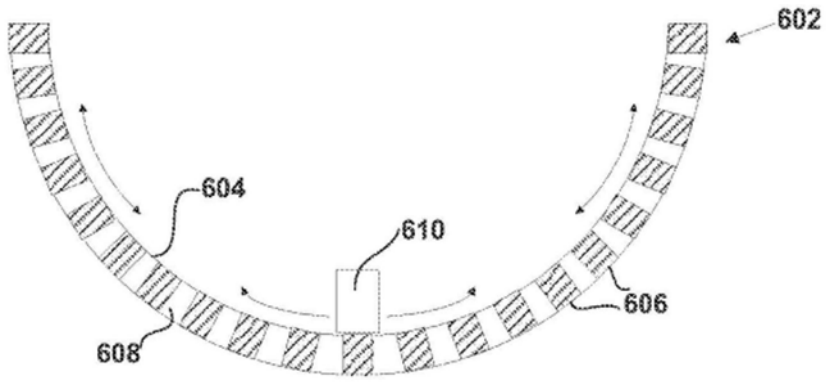

602
604
610
606
608

图6A

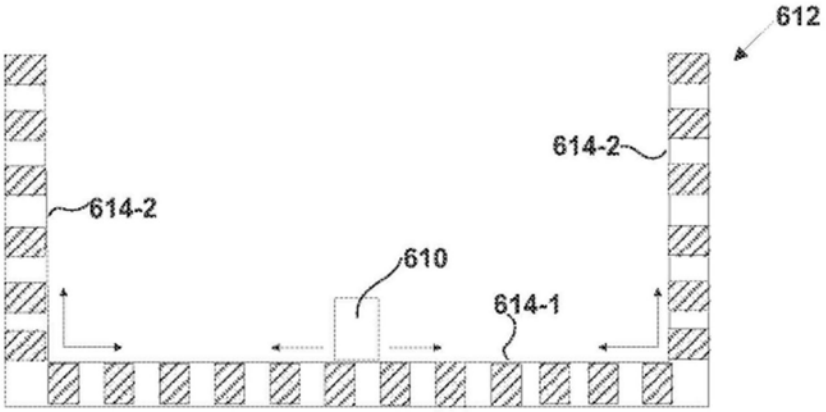


图6B

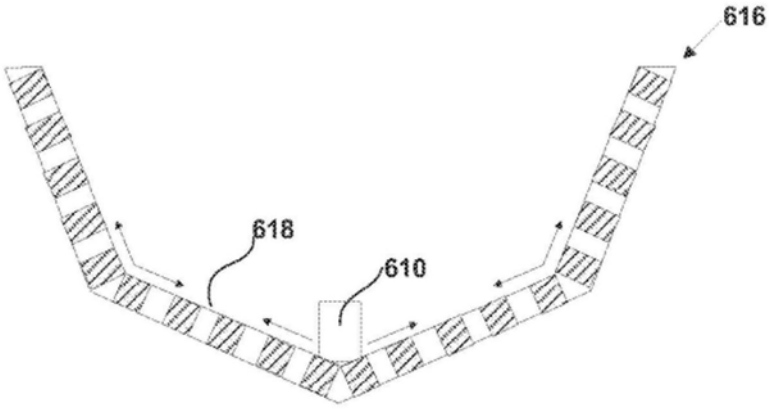


图6C

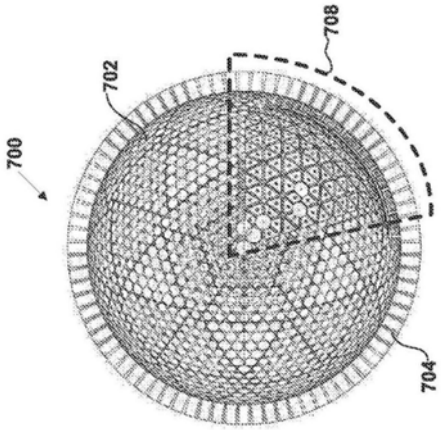


图7A

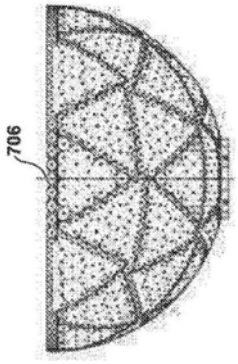


图7B

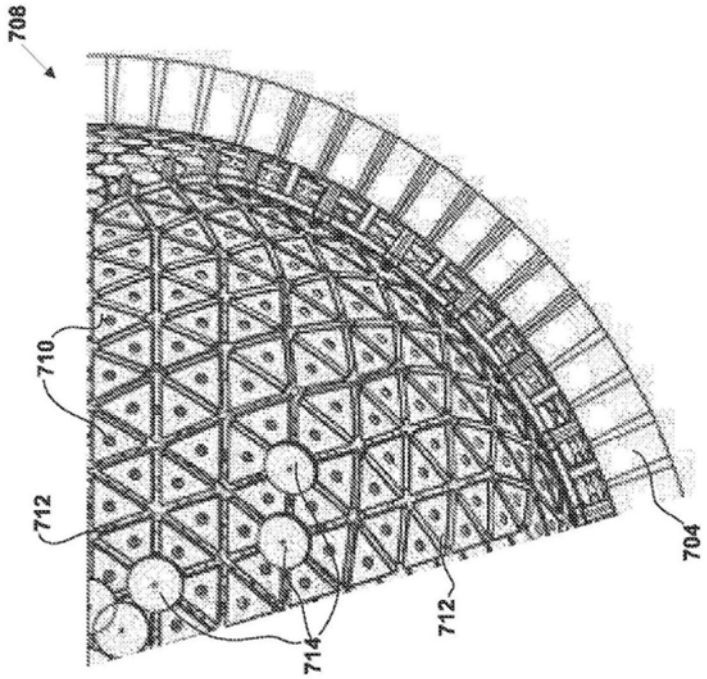


图7C

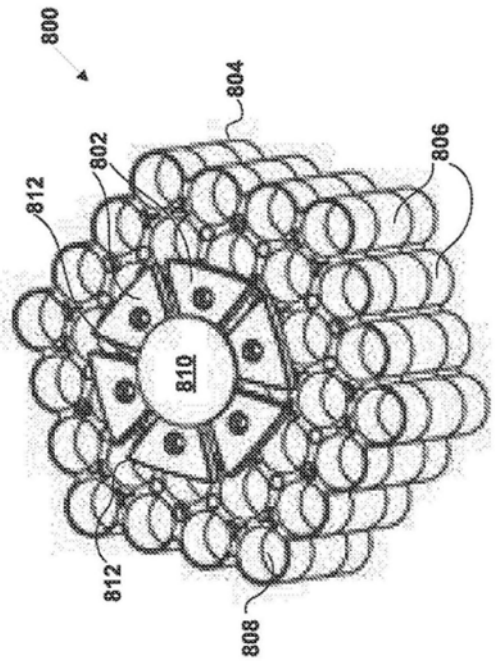


图8A

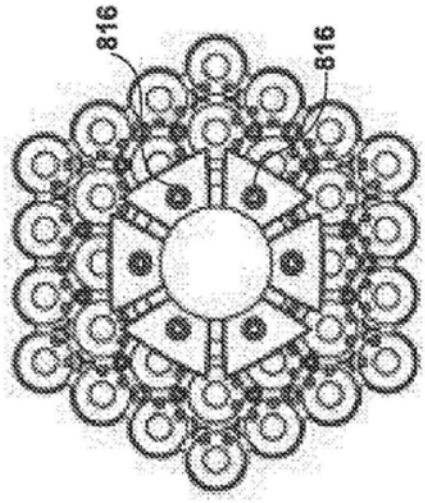


图8B

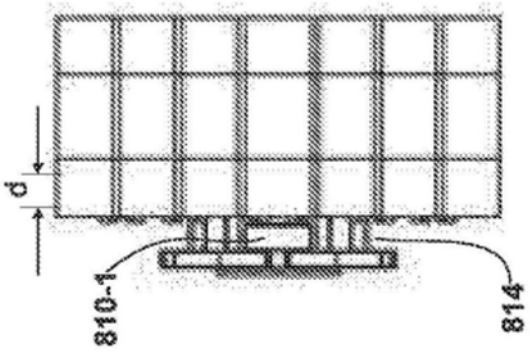


图8C

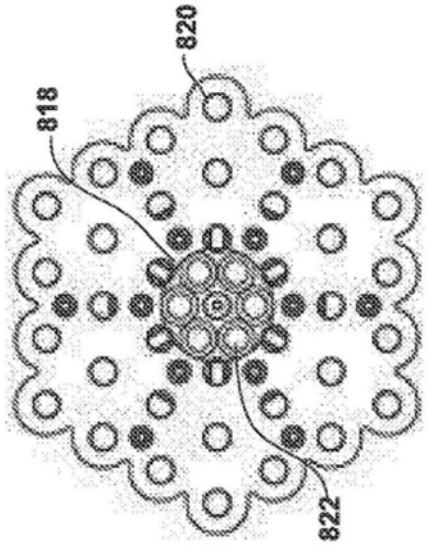


图8D

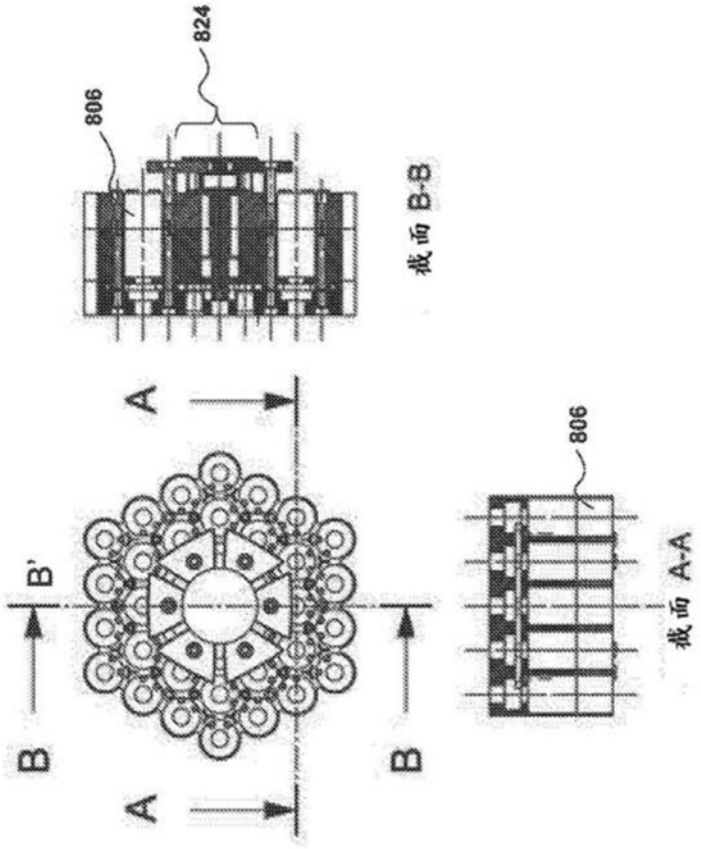


图8E

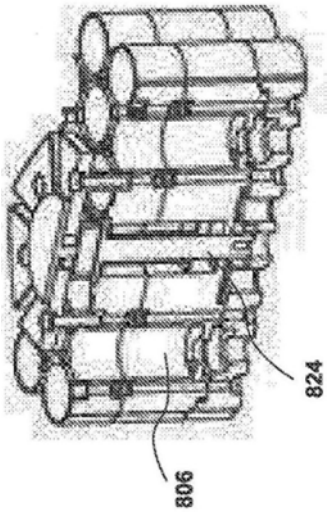


图8F

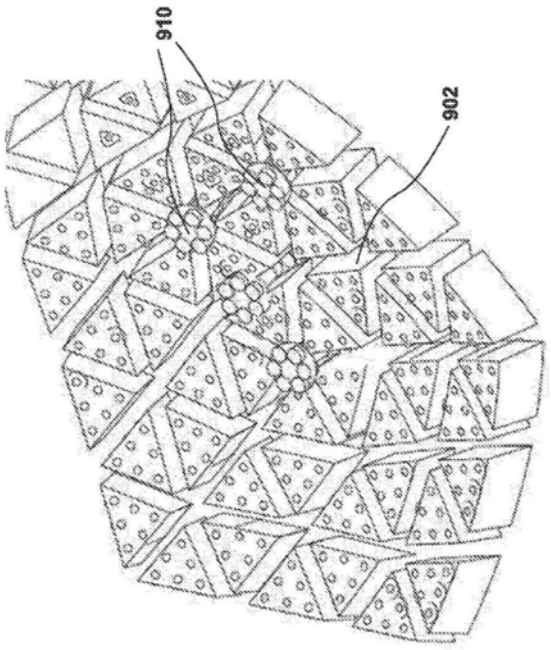


图9A

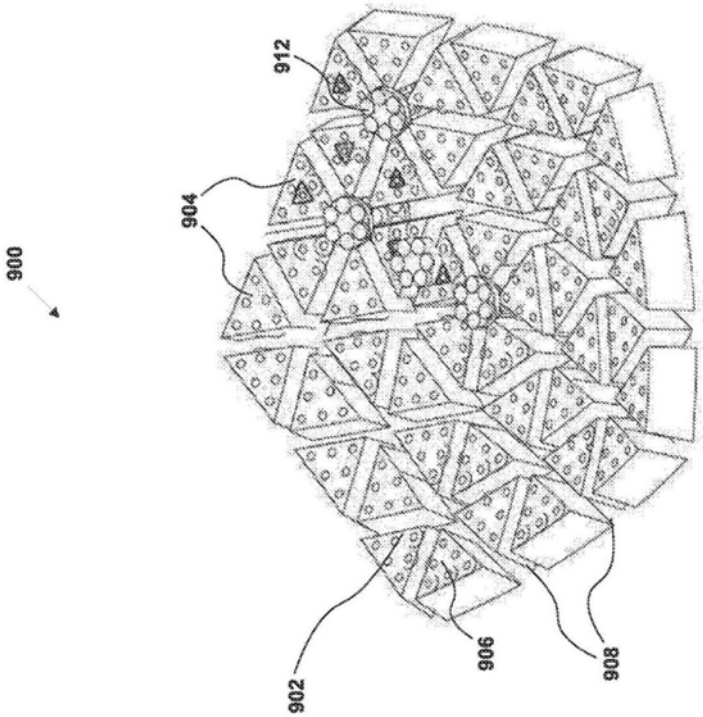


图9B

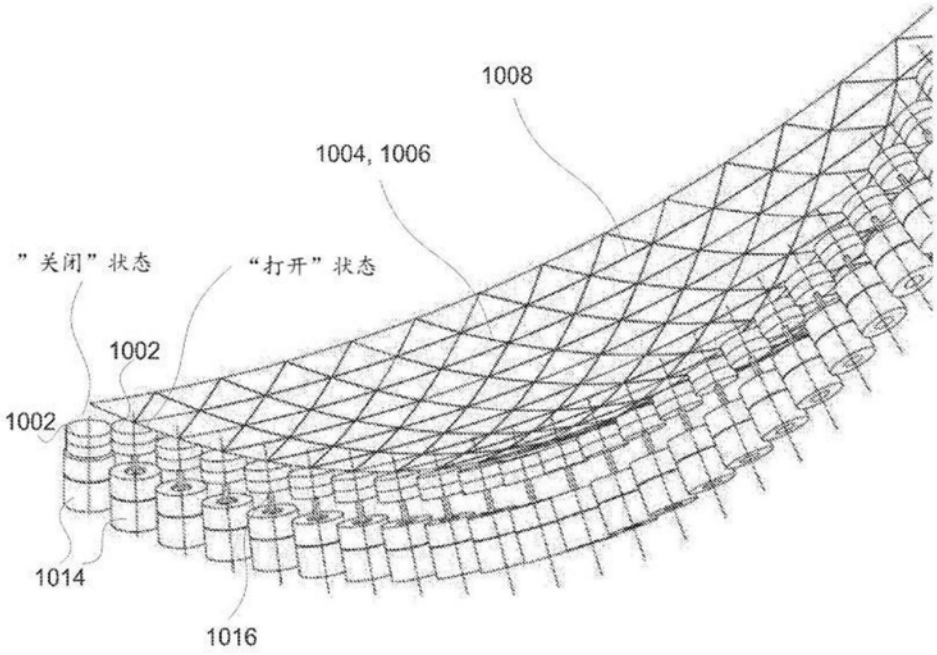

1008
1004, 1006
”关闭”状态
“打开”状态
1002
1002
1014
1016

图10A

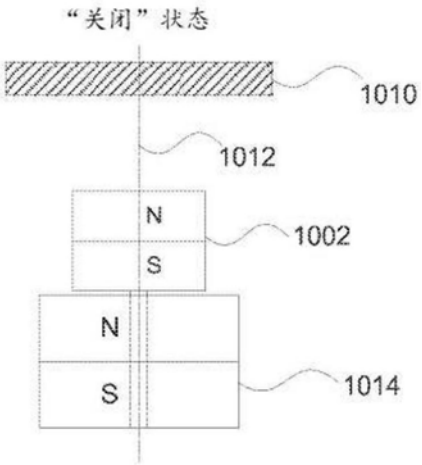

“关闭”状态
1010
1012
N
S
1002
N
S
1014

图10B

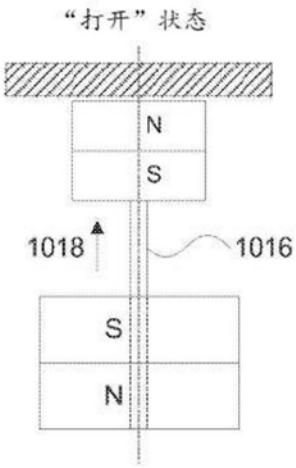


图10C

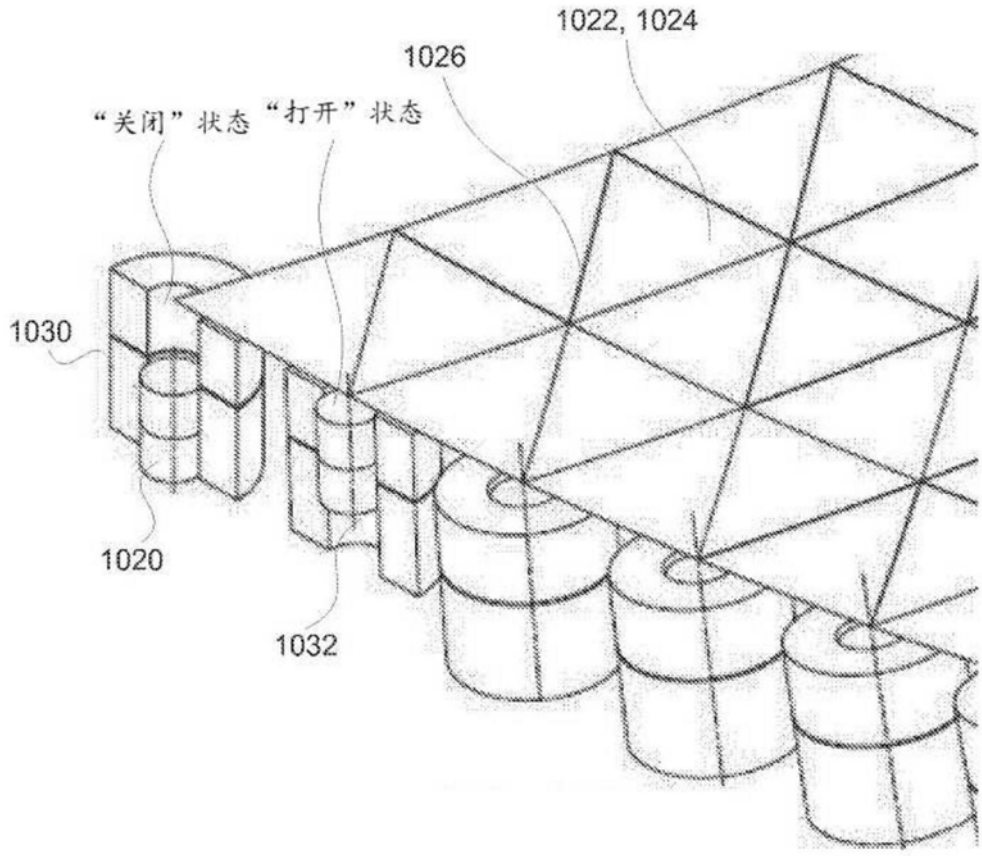


图10D

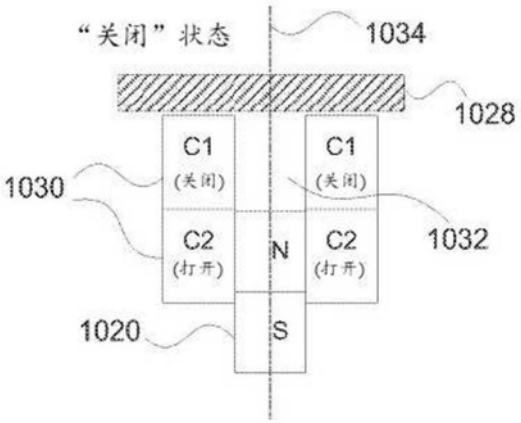


图10E

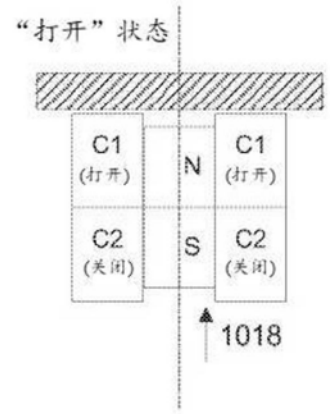


图10F

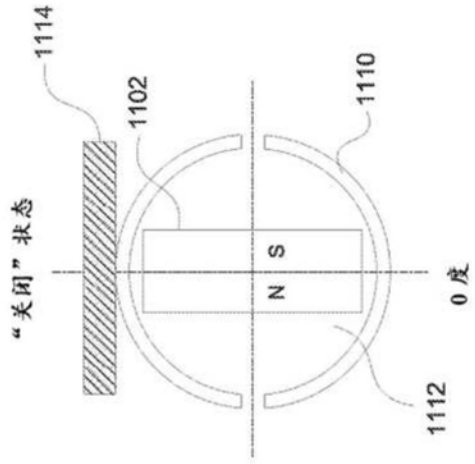


图11A

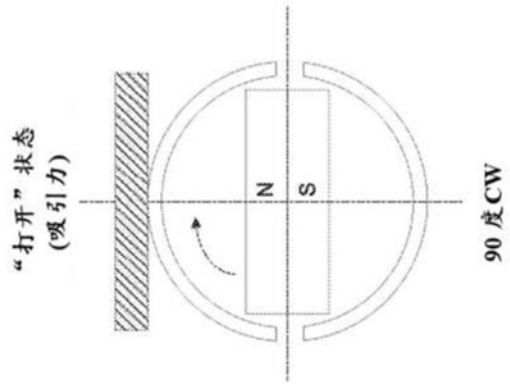


图11B

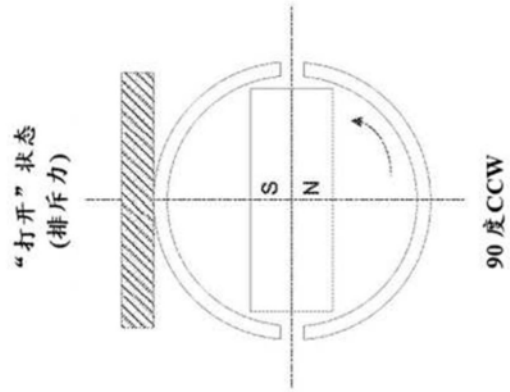


图11C

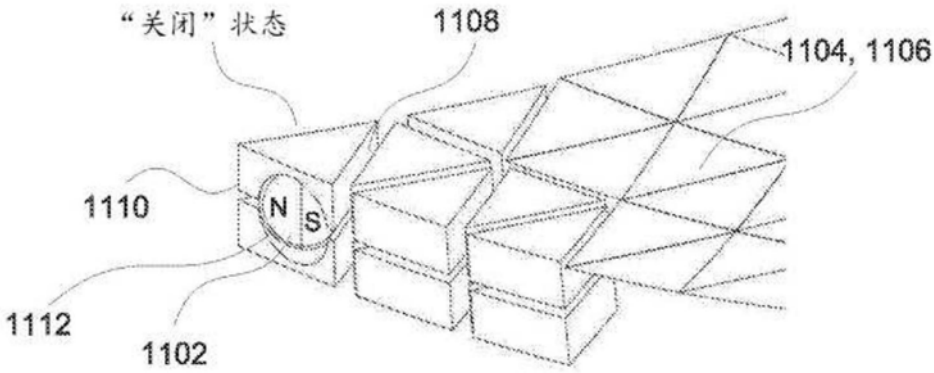


图11D

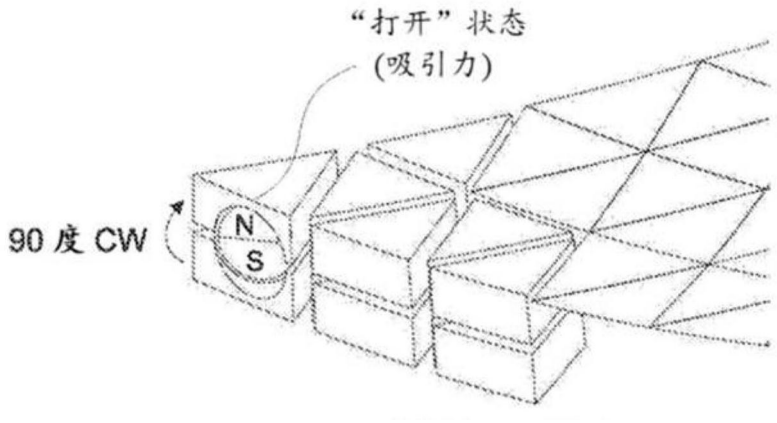


图11E

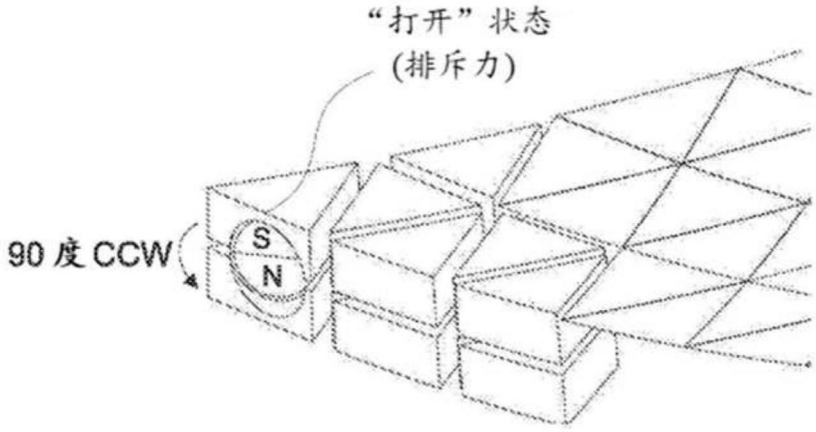


图11F

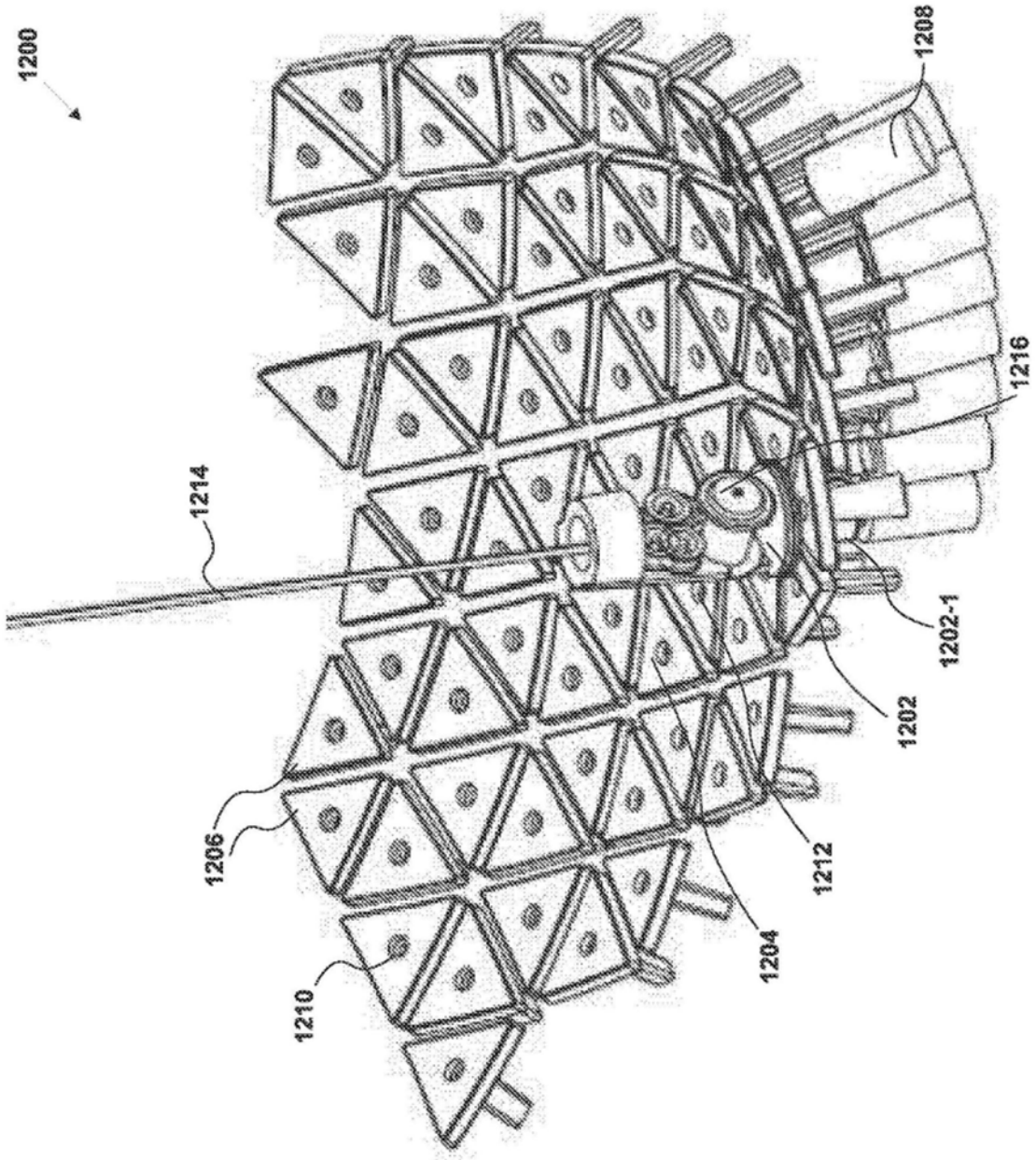


图12

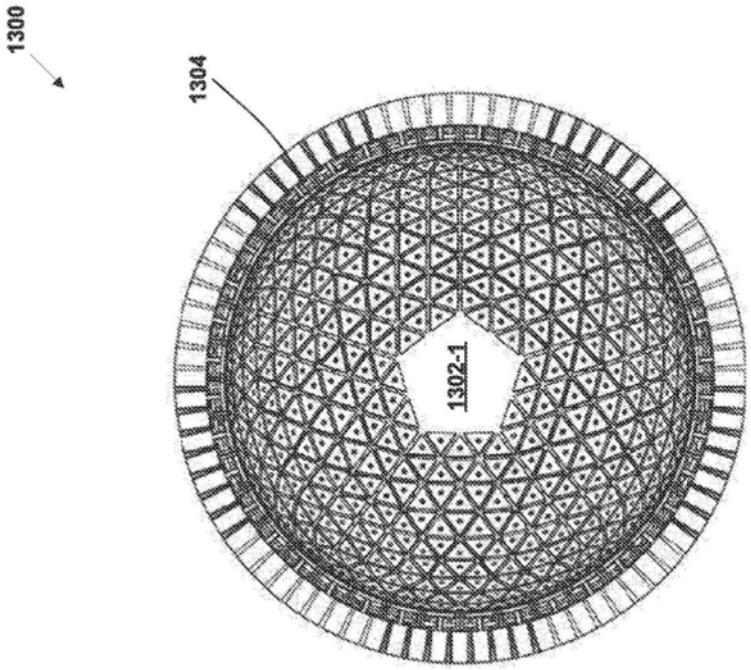


图13A

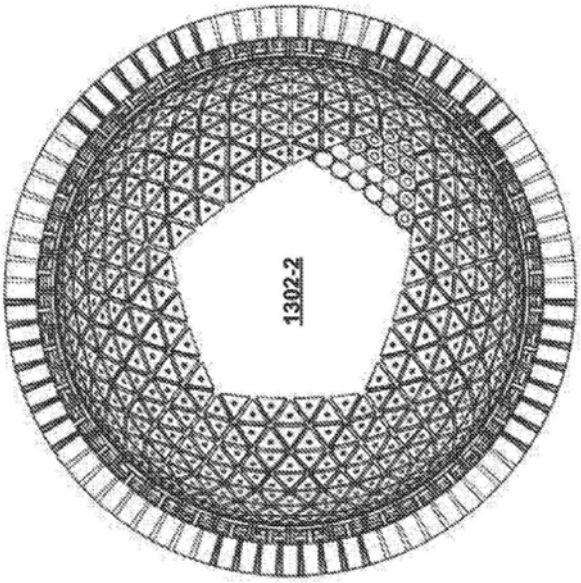


图13B

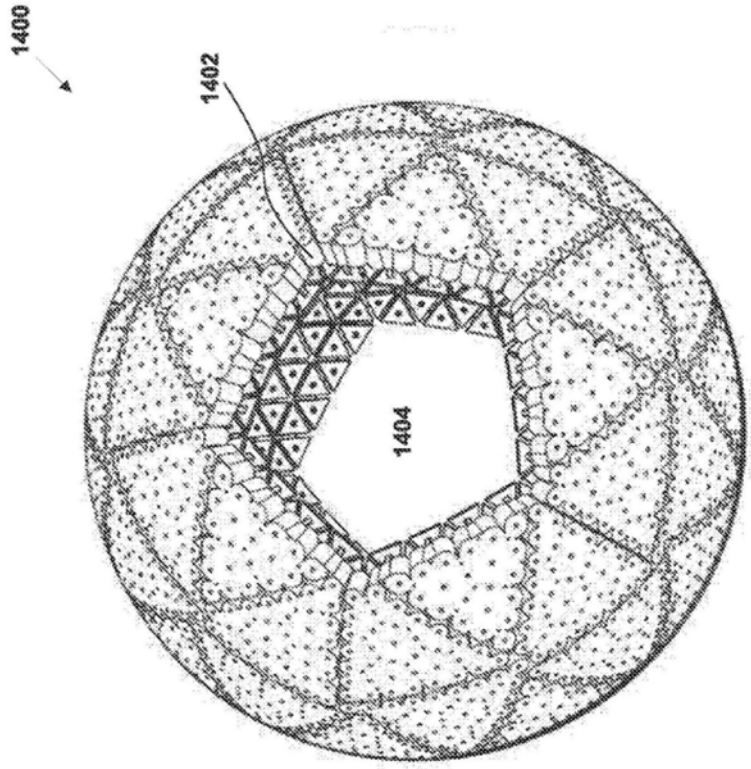


图14A

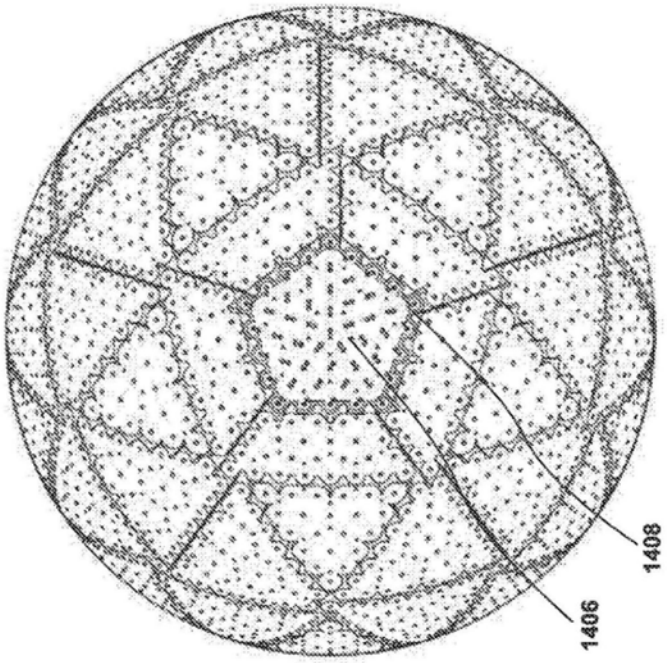


图14B

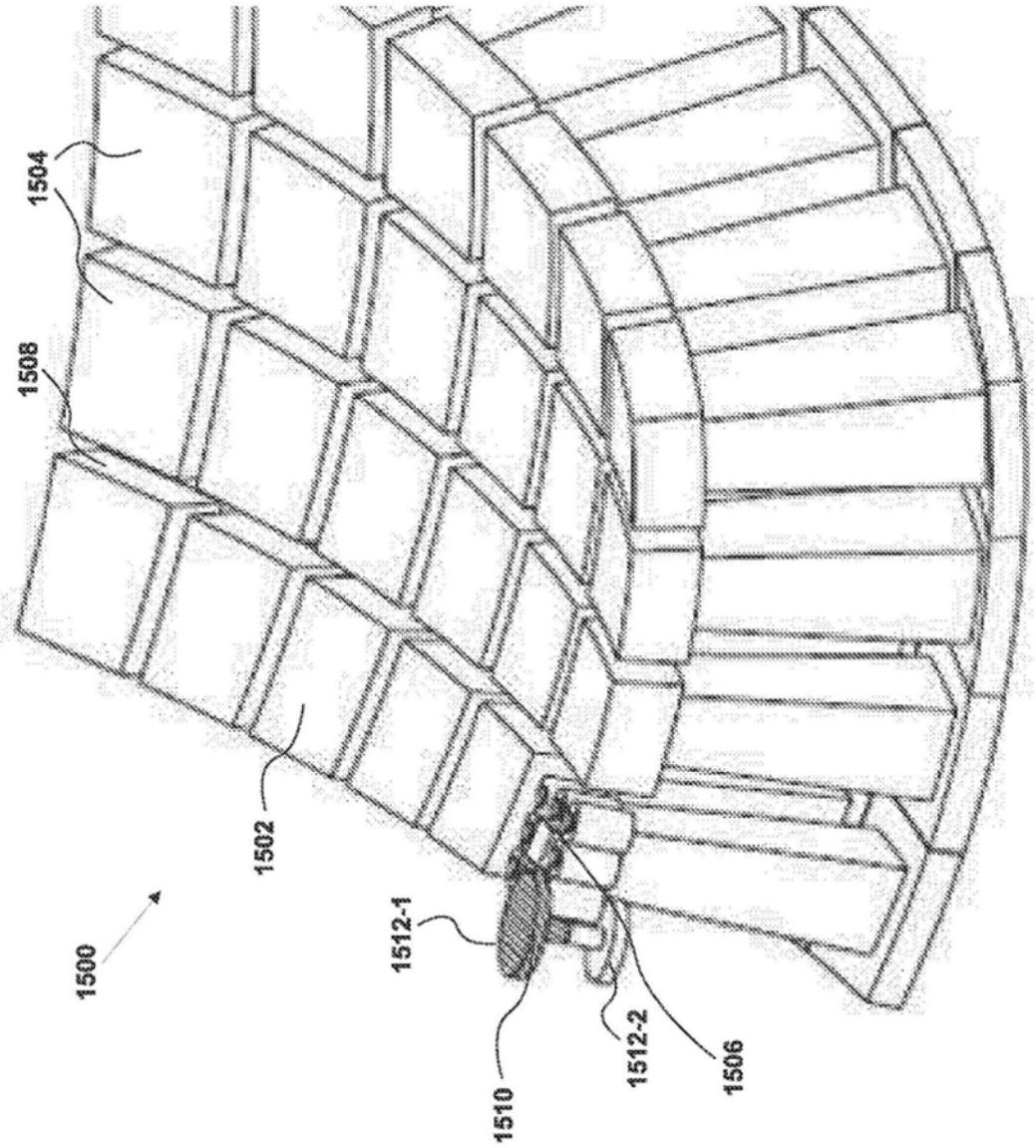


图15

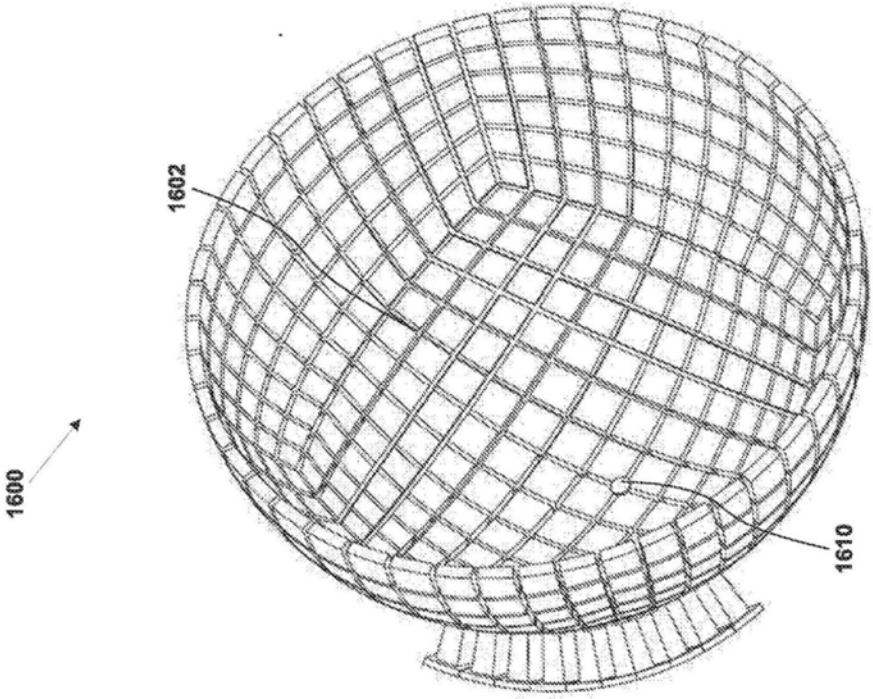


图16A

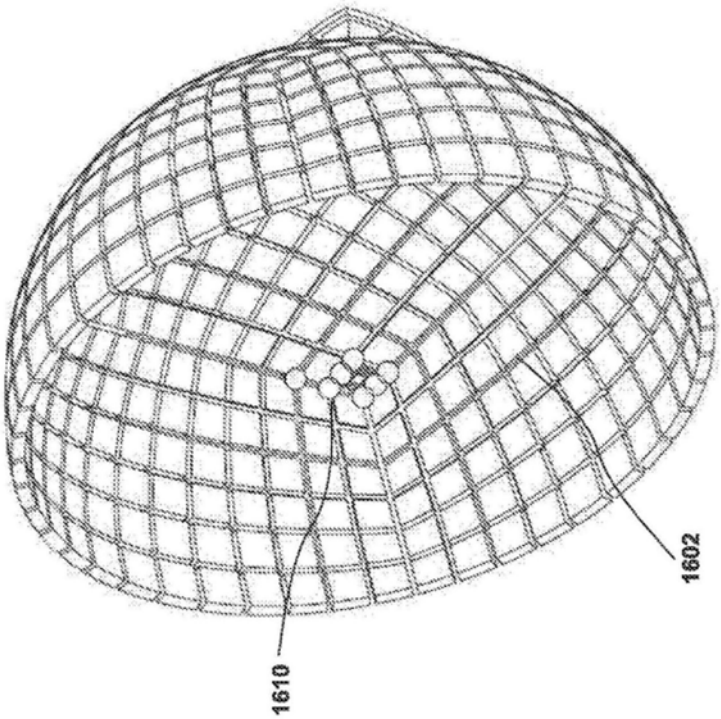


图16B

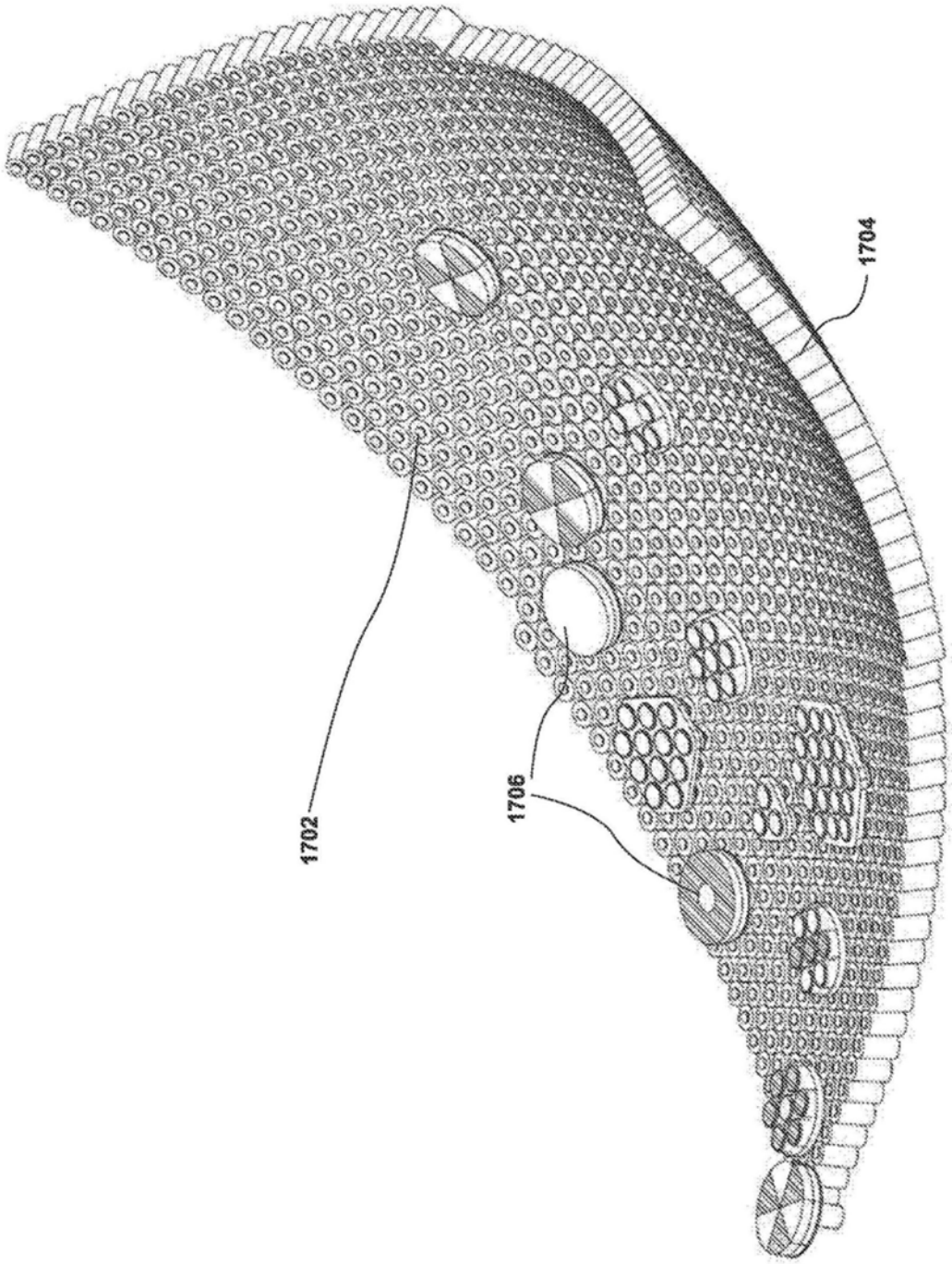


图17

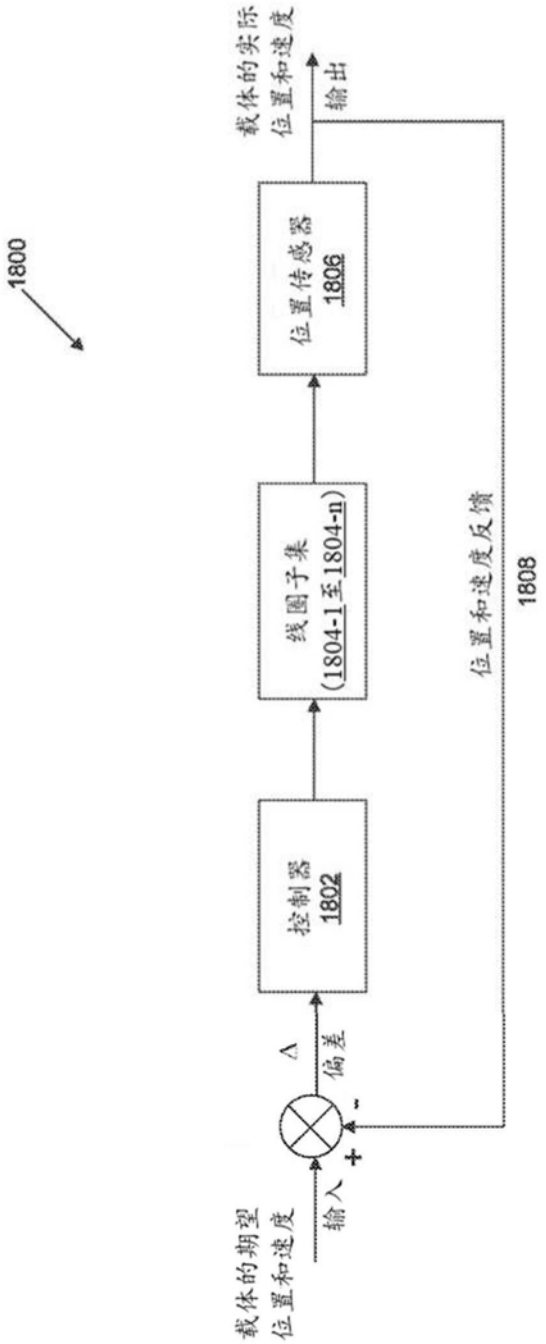

1800
载体的期望
位置和速度
输入
+
-
Δ
偏差
控制器
1802
线圈子集
(1804-1至1804-n)
位置传感器
1806
载体的实际
位置和速度
输出
位置和速度反馈
1808

图18

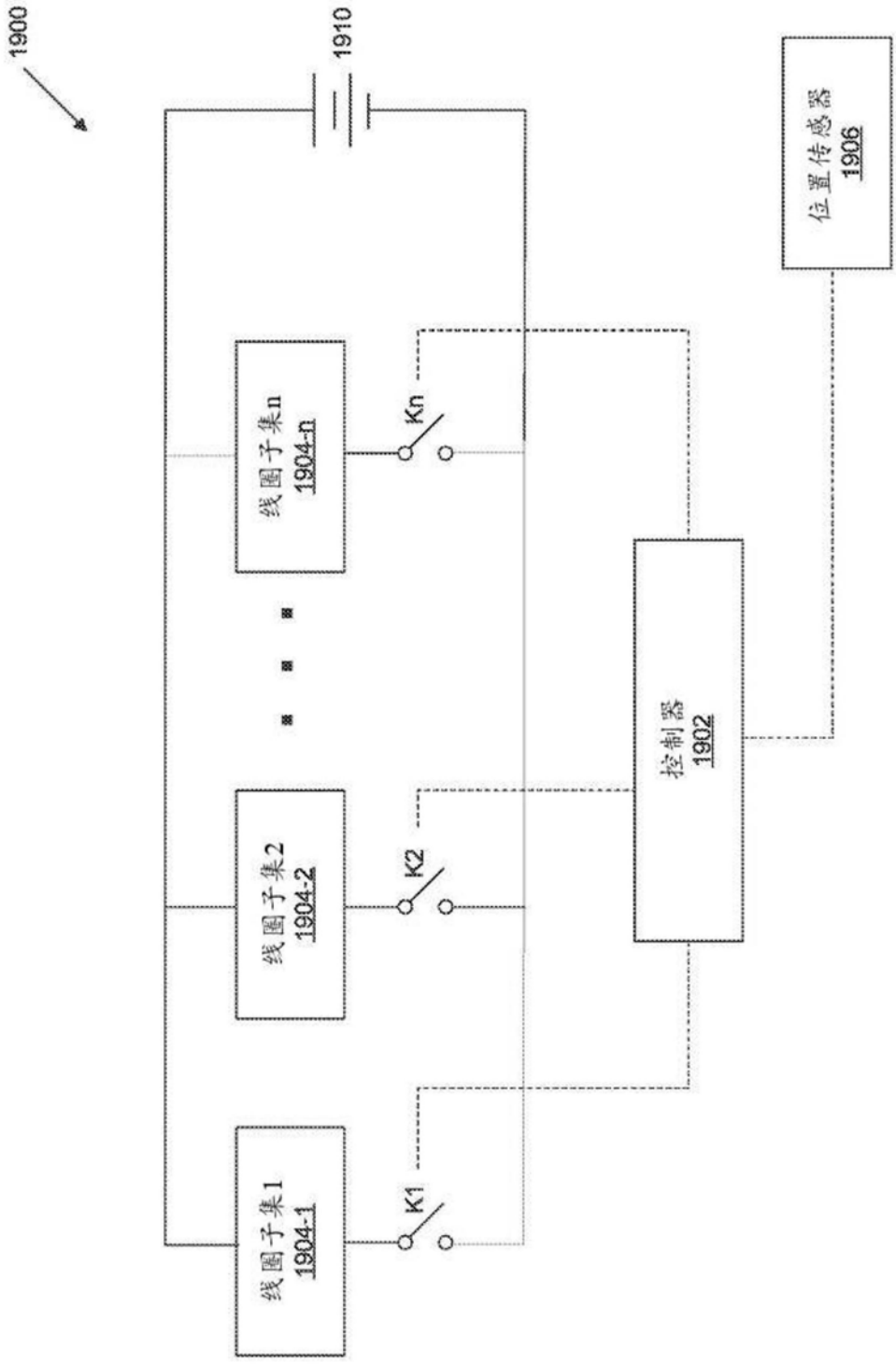

1900
1910
位置传感器
1906
线圈子集n
1904-n
Kn
控制器
1902
线圈子集2
1904-2
K2
线圈子集1
1904-1
K1

图19

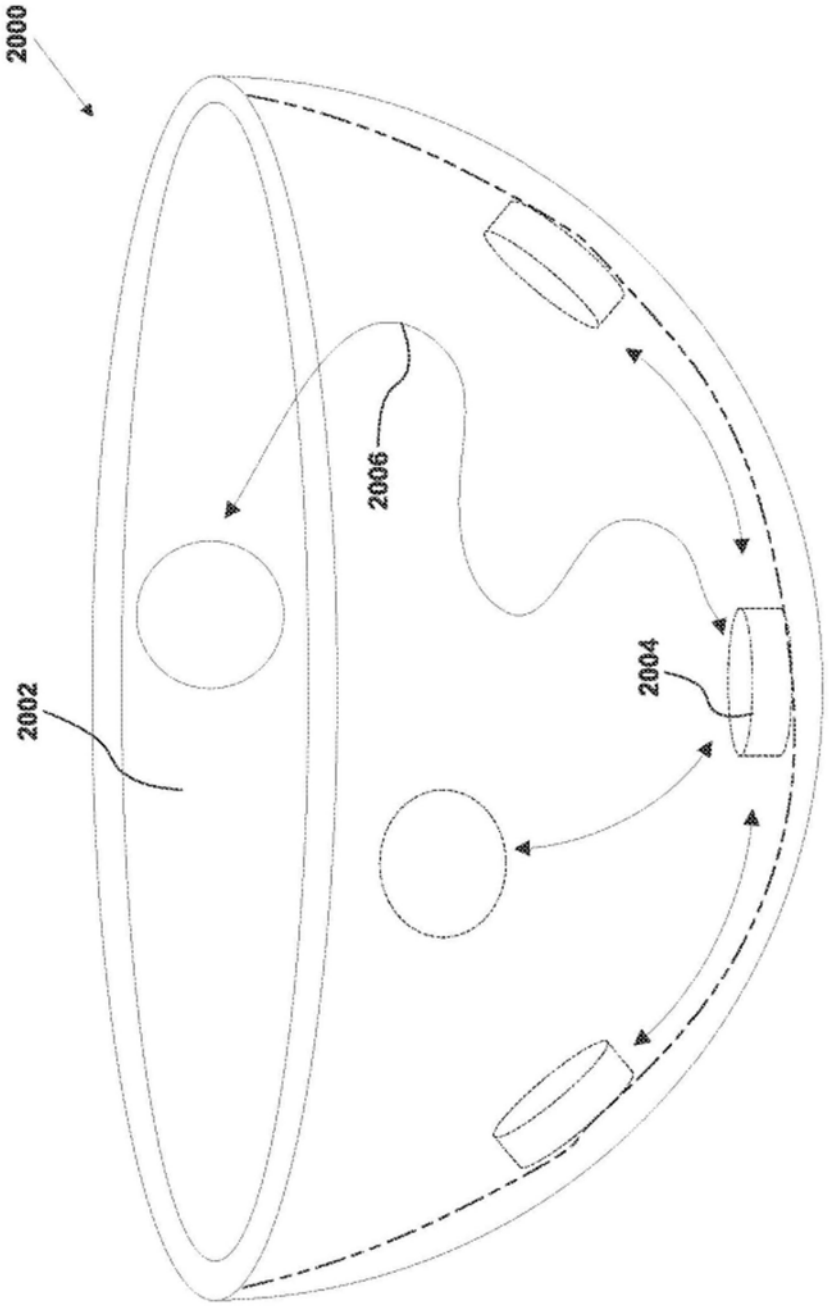


图20

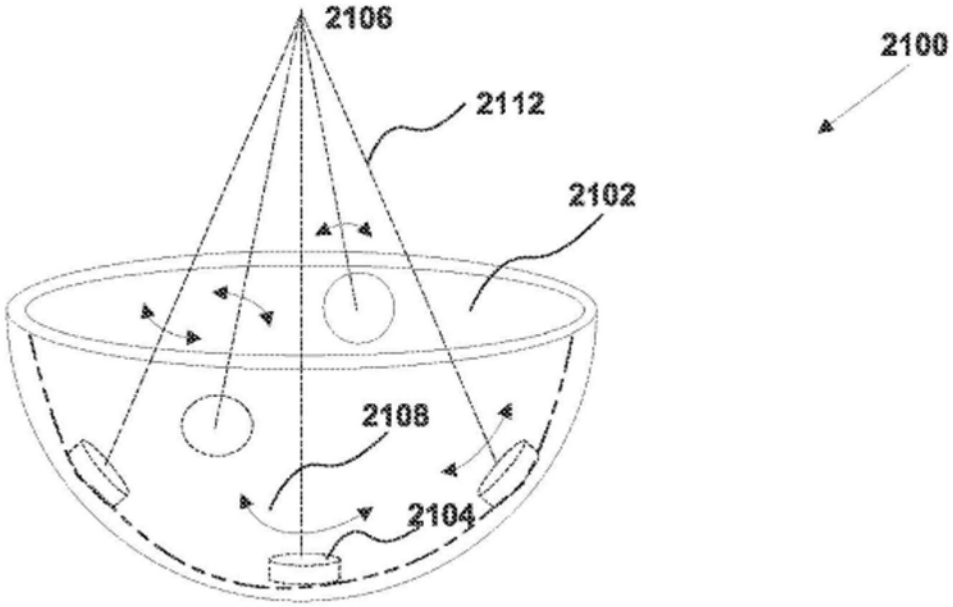


图21A

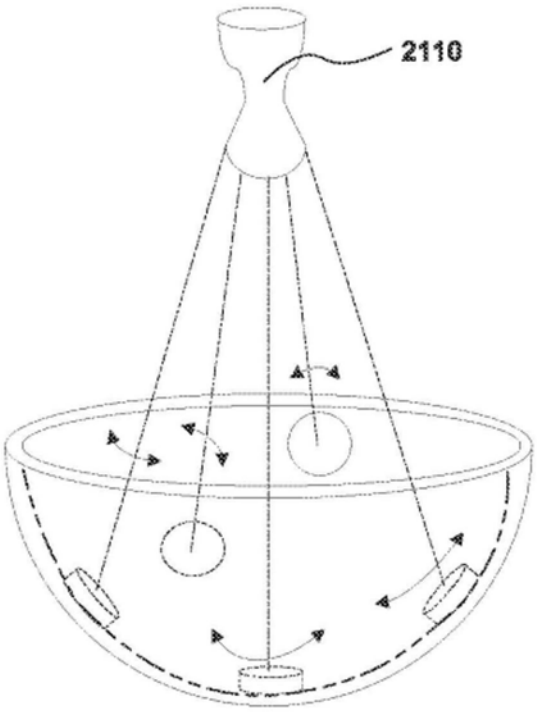


图21B

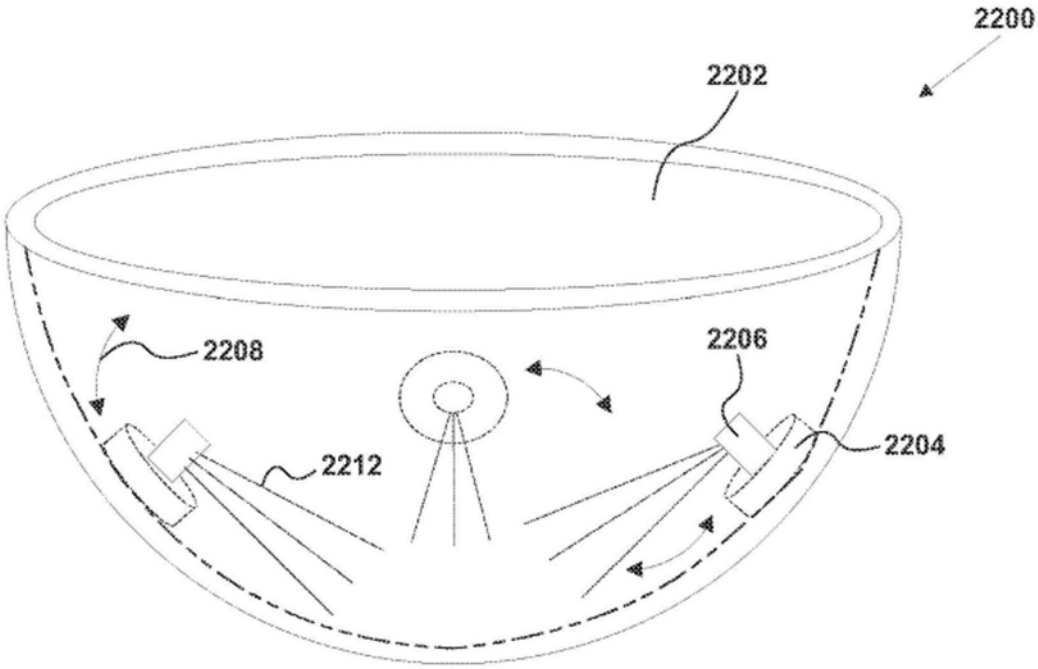


图22A

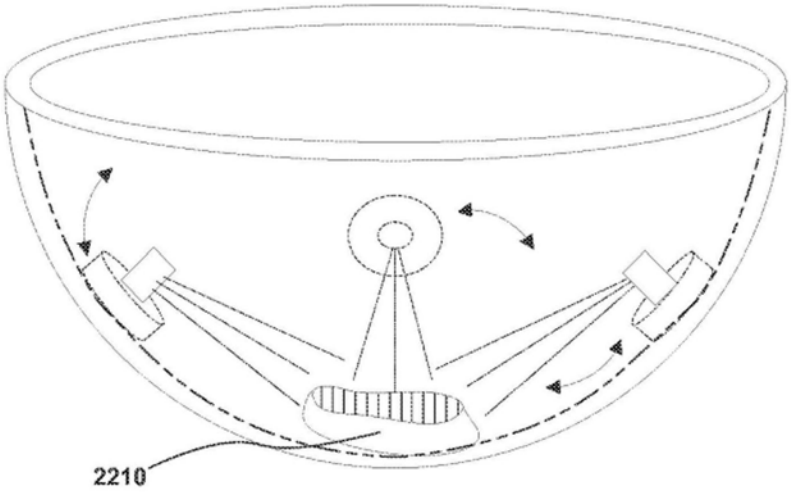


图22B

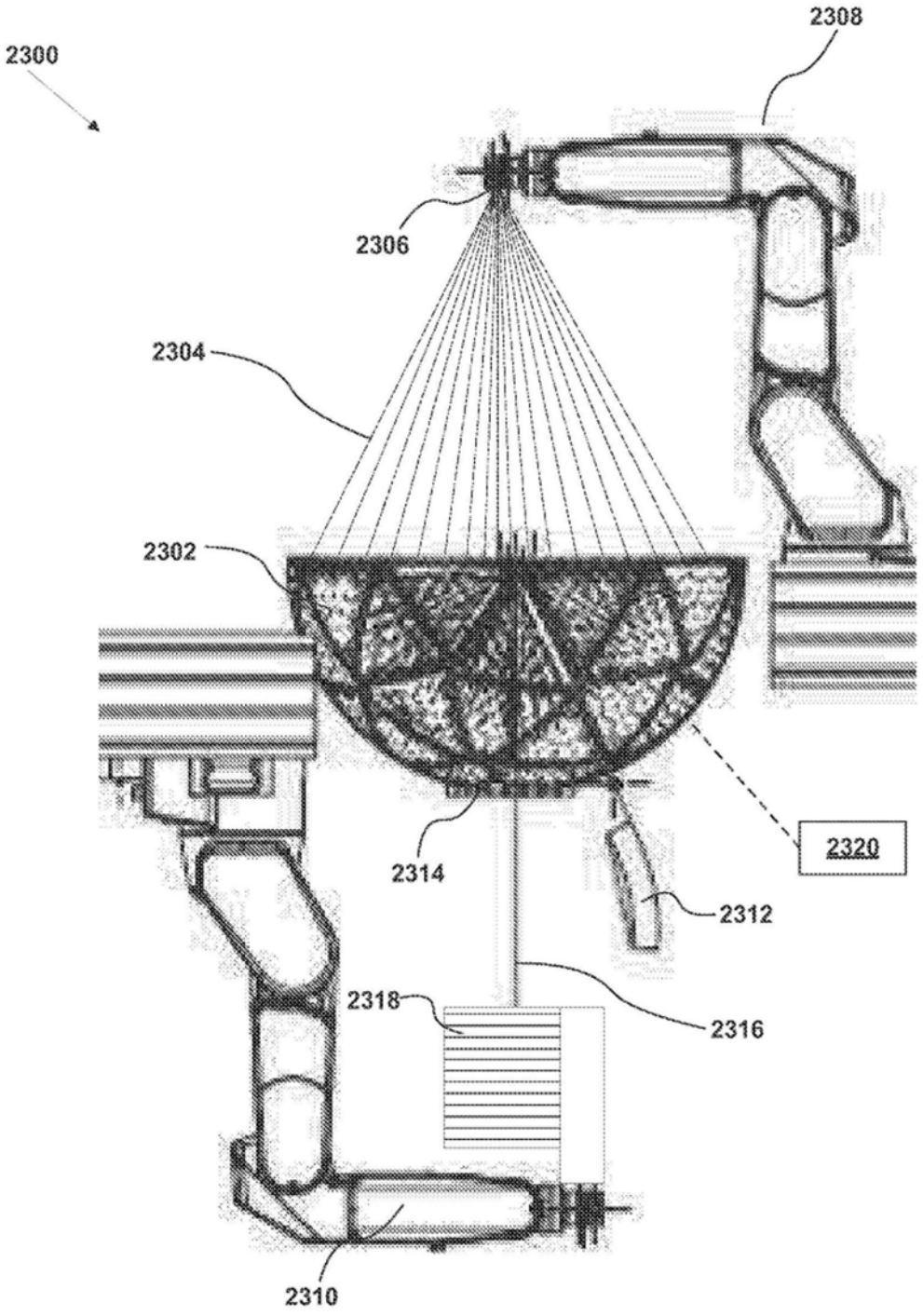


图23

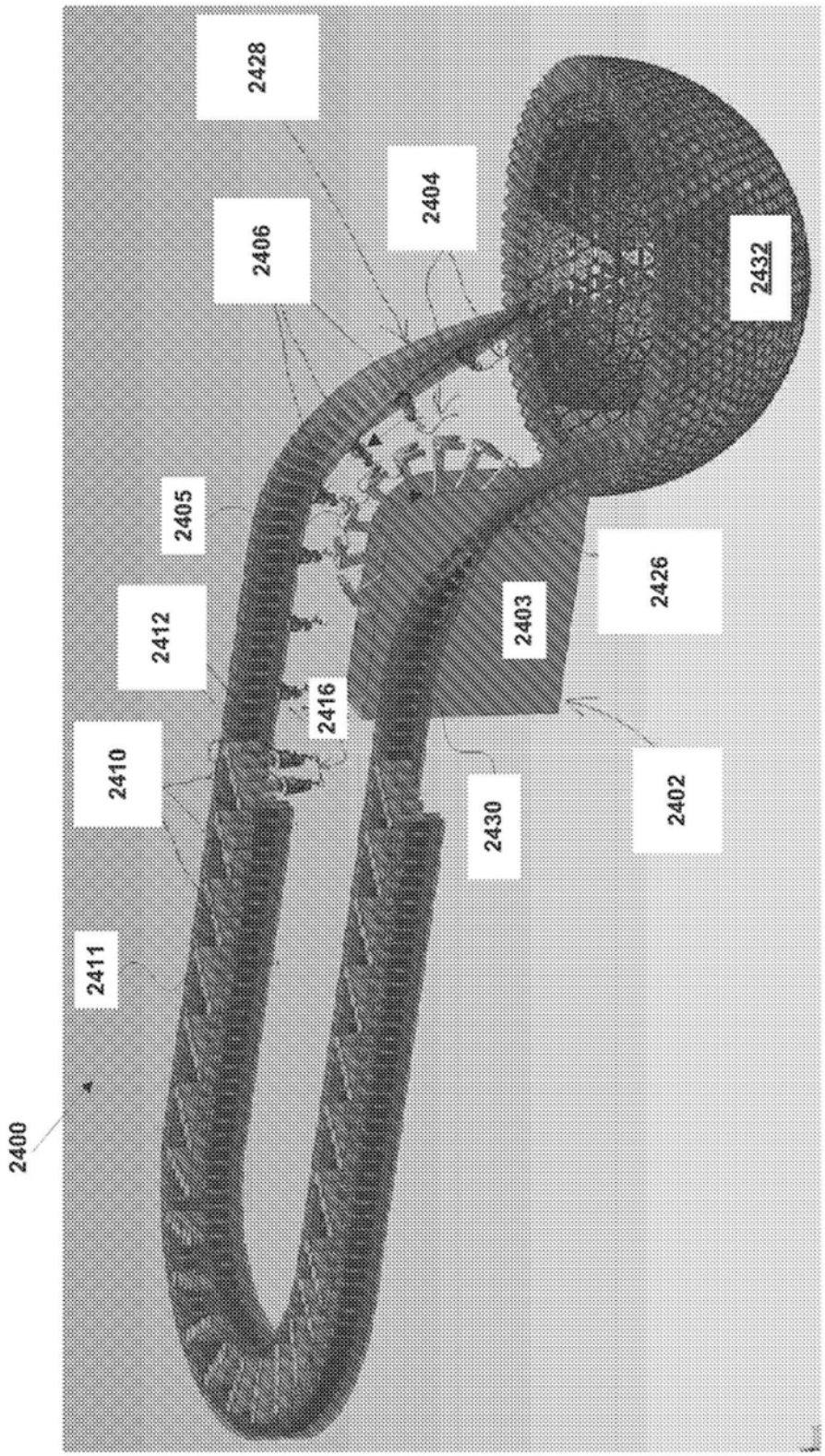

2428
2404
2406
2432
2405
2426
2412
2403
2416
2410
2402
2430
2411
2400

图24

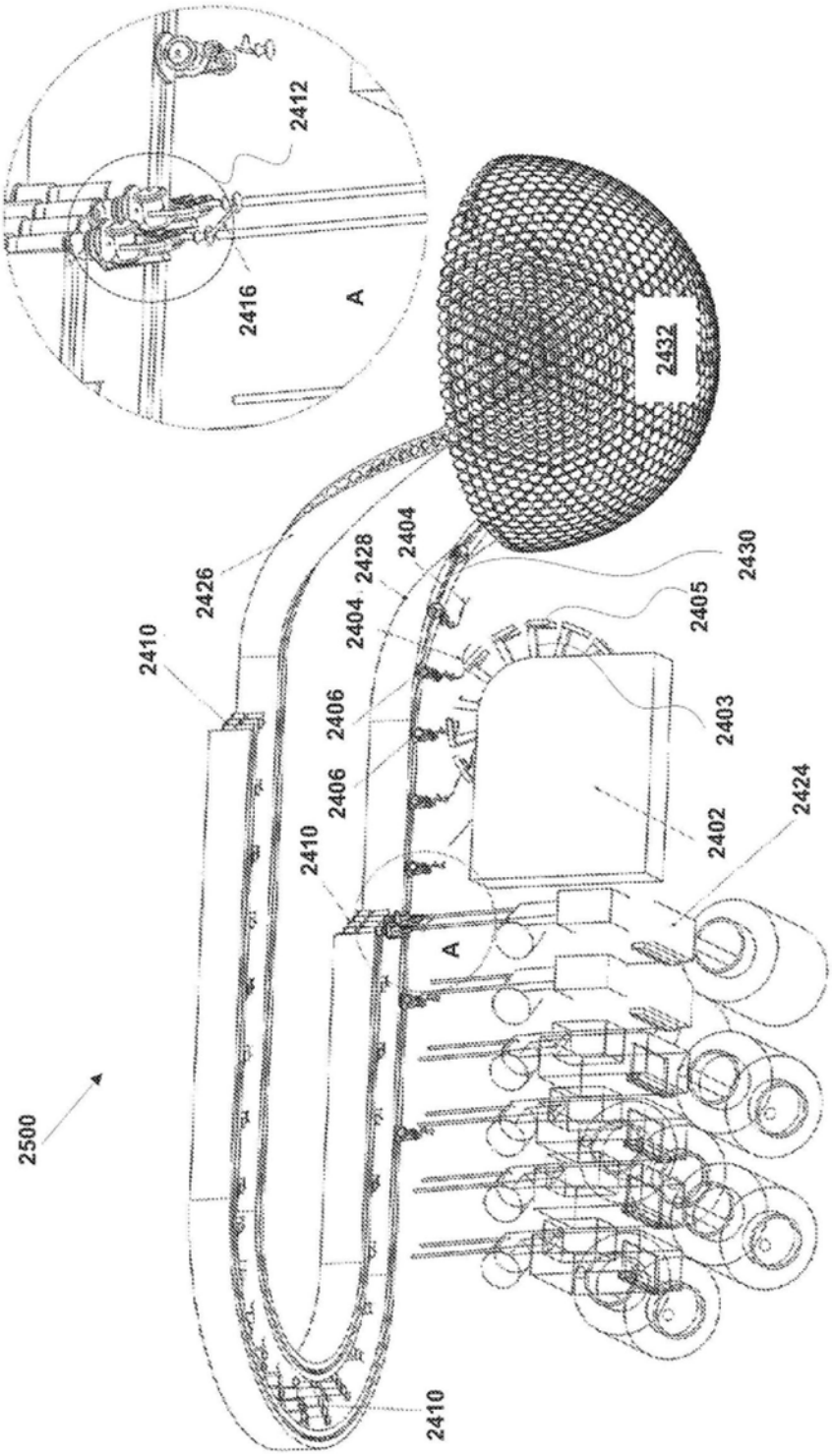

2412
2416
A
2432
2426
2428
2404
2430
2405
2410
2404
2406
2403
2406
2424
2410
2402
A
2500
2410

图25

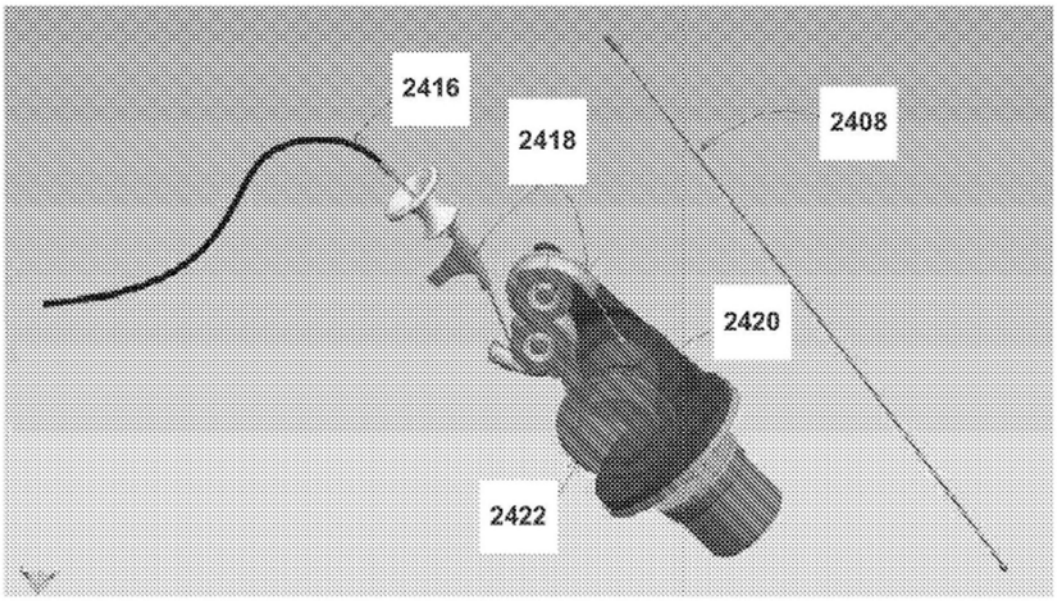


图26A

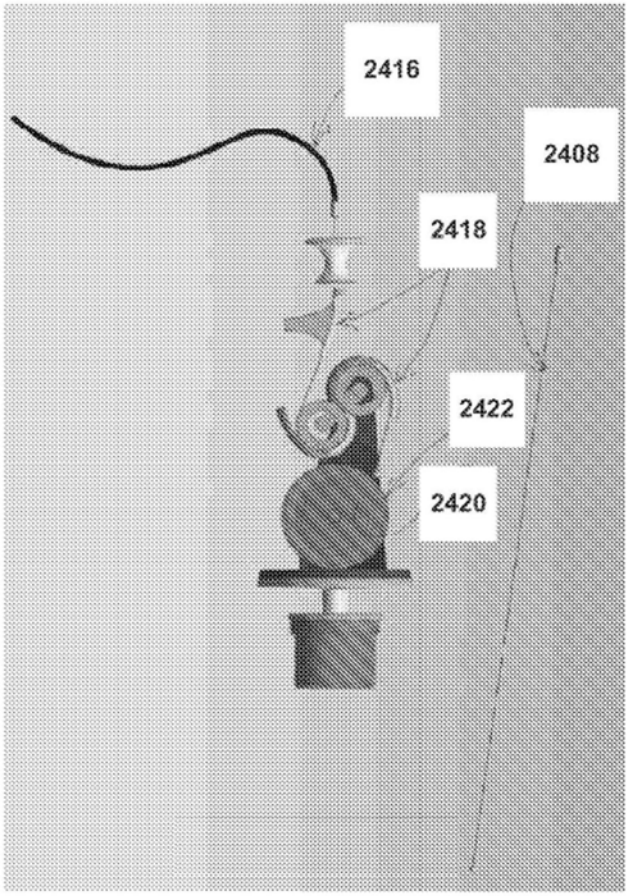


图26B

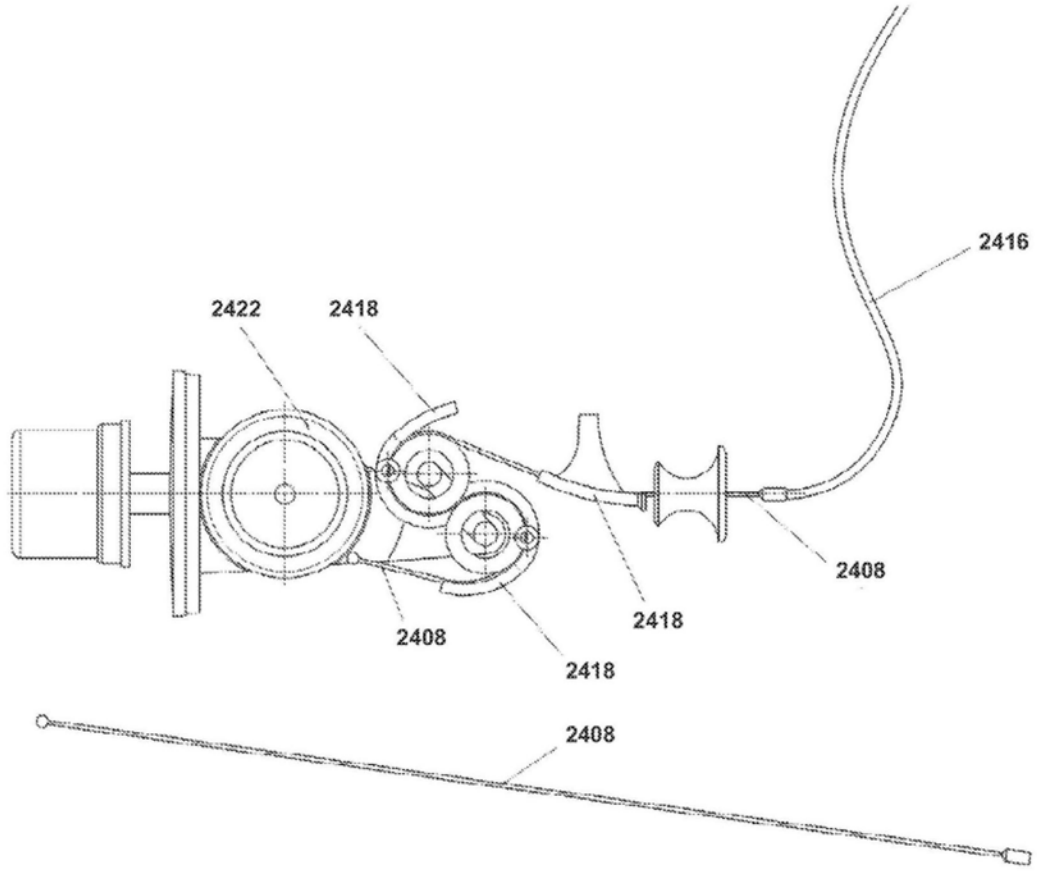

2416
2422
2418
2408
2418
2408
2418
2408

图27A

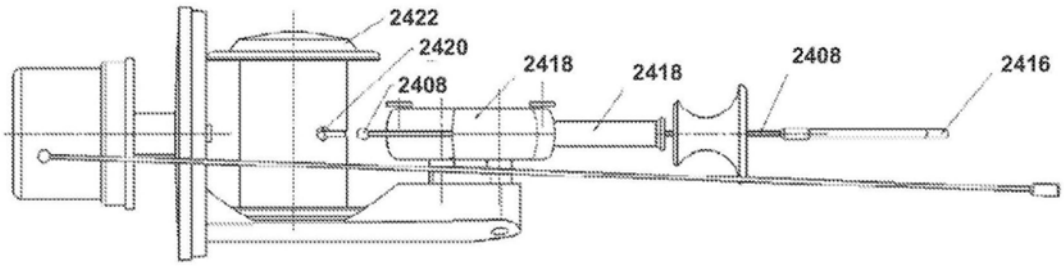

2422
2420
2408
2418
2418
2408
2416

图27B