



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111746764 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 29

(21) 申请号 202010237205.7

(22) 申请日 2020.03.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111746764 A

(43) 申请公布日 2020.10.09

(30) 优先权数据
62/825,918 2019.03.29 US
16/822,381 2020.03.18 US

(73) 专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙

(72) 发明人 景兴建

(74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713
代理人 卓霖 许向彤

(51) Int.Cl.

B63C 11/52 (2006.01)

B25J 11/00 (2006.01)

B25J 9/08 (2006.01)

B25J 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101456341 A, 2009.06.17

CN 107466280 A, 2017.12.12

CN 105171722 A, 2015.12.23

US 9937986 B1, 2018.04.10

GB 8917199 D0, 1989.09.13

审查员 万明耀

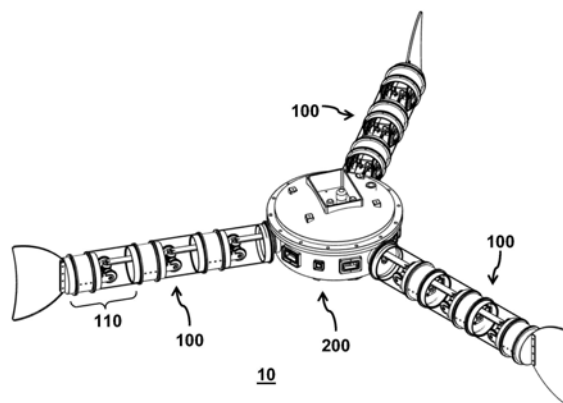
权利要求书2页 说明书9页 附图24页

(54) 发明名称

生物启发式水下机器人

(57) 摘要

公开了用于实现各种动作的仿生水下机器人。该仿生水下机器人包括头部和一个或多个尾部结构。一个或多个尾部结构中的每一个都包括一个或多个关节结构。一个或多个关节结构中的每一个都包括连接板和模块化组件，该模块化组件包括上伺服马达、下伺服马达和锥齿轮机构，模块化组件被电动化以执行关节结构的各种运动。锥齿轮机构由中间锥齿轮、第一锥齿轮和第二锥齿轮相互啮合构成。上伺服马达从模块化组件的第一侧驱动第一锥齿轮，而下伺服马达从第二侧驱动第二锥齿轮。



1. 一种水下使用的仿生机器人,包括:
头部;以及
一个或多个尾部结构,
其中:
所述一个或多个尾部结构中的每一个均包括多个关节结构;
所述多个关节结构中的每一个均包括连接板,以及被电动化以执行所述关节结构的各
种运动的模块化组件;并且
所述模块化组件包括上伺服马达、下伺服马达和锥齿轮机构,
其中,来自所述上伺服马达和所述下伺服马达的动力分别被传递到所述锥齿轮结构,
并且,
其中,所述锥齿轮机构由中间锥齿轮、第一锥齿轮和第二锥齿轮相互啮合构成,其中,
所述第一锥齿轮和所述第二锥齿轮均啮合到所述中间锥齿轮,并分别与所述中间锥齿轮相
隔90度地布置在所述中间锥齿轮的两侧。
2. 根据权利要求1所述的仿生机器人,其中:
所述上伺服马达从所述模块化组件的第一侧驱动所述第一锥齿轮;并且
所述下伺服马达从所述模块化组件的第二侧驱动所述第二锥齿轮。
3. 根据权利要求2所述的仿生机器人,其中,所述连接板被固定地附接到或螺接到所述
中间锥齿轮,以实现所述关节结构的偏航运动或俯仰运动。
4. 根据权利要求2所述的仿生机器人,其中:
所述上伺服马达驱动经由第一中间齿轮联接至第一减速齿轮的上马达齿轮;
所述下伺服马达驱动经由第二中间齿轮联接至第二减速齿轮的下马达齿轮;
所述第一减速齿轮和第一锥齿轮是固定的;并且
所述第二减速齿轮和第二锥齿轮是固定的。
5. 根据权利要求4所述的仿生机器人,其中:
所述第一减速齿轮的齿数大于所述第一中间齿轮的齿数;并且
所述第二减速齿轮的齿数大于所述第二中间齿轮的齿数。
6. 根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,每个尾部结构包括鳍结构,所述鳍结构固
定到端板,所述端板密封在所述尾部结构的纵向远端处。
7. 根据权利要求6所述的仿生机器人,其中,所述鳍结构是具有尾鳍形状的仿生鱼尾。
8. 根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,所述关节结构被机械地密封在硅胶管和骨
架内,从而所述模块化组件被密封在所述关节结构内部。
9. 根据权利要求8所述的仿生机器人,其中,使用夹具和硅胶将硅胶管紧密地夹持到骨
架上以防止渗水。
10. 根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,所述头部包括一个或多个尾部驱动组件,
用于控制所述一个或多个尾部结构的运动。
11. 根据权利要求10所述的仿生机器人,其中,所述尾部驱动组件包括头部伺服马达、
马达小齿轮、正齿轮、马达轴和旋转轴,其中,所述马达轴固定至所述马达小齿轮以驱动所
述正齿轮和旋转轴。
12. 根据权利要求11所述的仿生机器人,其中,所述马达小齿轮的齿数小于所述正齿轮

的齿数,以减小所述旋转轴的转速。

13.根据权利要求11所述的仿生机器人,其中,所述旋转轴连接到所述尾部结构,以免受外部水环境的影响的良好的密封效果来驱动所述尾部结构。

14.根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,所述头部包括三个密封的连接器,用于连接到水下声收发器或其他附件设备,其中,所述水下声收发器被配置为基于水下声网络进行通信。

15.根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,所述头部包括多个红外传感器。

16.根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,所述头部包括一个或多个压力传感器。

17.根据权利要求1所述的仿生机器人,其中,所述模块化组件是电缆驱动的或液压驱动的。

18.一种水下使用的仿生机器人,包括:

头部;以及

三个尾部结构

其中:

所述三个尾部结构中的每一个均包括多个关节结构;

所述多个关节结构中的每一个均包括连接板,以及被电动化以执行关节结构的各种运动的模块化组件;并且

所述模块化组件包括上伺服马达、下伺服马达和锥齿轮机构,

其中,来自所述上伺服马达和所述下伺服马达的动力分别被传递到所述锥齿轮结构,并且,

其中,所述锥齿轮机构由中间锥齿轮、第一锥齿轮和第二锥齿轮相互啮合构成,其中,所述第一锥齿轮和所述第二锥齿轮均啮合到所述中间锥齿轮,并分别与所述中间锥齿轮相隔90度地布置在所述中间锥齿轮的两侧。

19.根据权利要求18所述的仿生机器人,其中,所述三个尾部结构之一包括三个关节结构,并且另外两个所述尾部结构中的每个均包括两个关节结构。

20.根据权利要求18所述的仿生机器人,其中,所述三个尾部结构之一包括两个关节结构,并且另外两个所述尾部结构中的每个均包括三个关节结构。

生物启发式水下机器人

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年3月29日提交的美国临时专利申请第62/825,918号的权益，其全部内容通过引用合并于本文中。

发明领域

[0003] 本公开总体上涉及仿生水下机器人领域，并且特别地涉及一种在各种水流环境中以更好的稳定性、移动性、敏捷性和负载能力实现各种运动的生物启发式水下机器人。

背景技术

[0004] 在水下航行器领域，生物启发式水下机器人是持续的研究趋势和发展。水下设备可用于诸如水下检查、监视、维护、修理和海洋生物观察之类的应用中。然而，常规的水下设备通常笨重且嘈杂。旋转螺旋桨的声响可能会干扰海洋环境，并不利地影响检查和观察活动的有效性。

[0005] 当前，提出了一些仿生水下机器人或无人机。这种水下机器人可以模仿各种海洋生物的自然运动，海洋生物例如为墨鱼、金枪鱼、海豚、蛇、乌龟、鲨鱼、蝠鲼等。但是，鉴于其大小和结构，当水流可变时，现有的生物启发式水下机器人无法在水上或水下保持稳定、平稳的运动。携带监控设备或其他大型设备的能力也受到质疑。此外，水下机器人只能由简单结构的鳍或尾翼来推动。通常只有一种运动模式，并且运动方向被限制在小角度内或被限制为根据特定方式。

[0006] 因此，本领域中需要一种改进的生物启发式水下机器人，以在可变的水流环境中以稳定的运动实现海底全方位运动。此外，结合附图和本公开的背景，根据随后的详细描述和所附权利要求，其他期望的特征和特性将变得显而易见。

发明内容

[0007] 本文提供了仿生水下机器人。本公开的目的是提供一种仿生水下机器人，该仿生水下机器人能够在各种水流环境中以更好的稳定性、移动性、敏捷性和负载能力来实现各种运动。

[0008] 根据本公开的某些实施例，提供了一种水下使用的仿生机器人。该仿生机器人包括头部和一个或多个尾部结构。一个或多个尾部结构中的每一个都包括一个或多个关节结构。一个或多个关节结构中的每一个均包括连接板，以及被电动化以执行关节结构的各种运动的模块化组件。模块化组件包括上伺服马达、下伺服马达和锥齿轮机构。

[0009] 根据本公开的另一方面，锥齿轮机构由中间锥齿轮、第一锥齿轮和第二锥齿轮相互啮合构成。上伺服马达从模块化组件的第一侧驱动第一锥齿轮。下伺服马达从模块化组件的第二侧驱动第二锥齿轮。

[0010] 根据本公开的另一方面，连接板固定地附接到或螺接到中间锥齿轮，以实现关节结构的偏航运动或俯仰运动。

[0011] 根据本公开的另一方面,上伺服马达驱动经由第一中间齿轮联接至第一减速齿轮的上马达齿轮,并且下伺服马达驱动经由第二中间齿轮联接至第二减速齿轮的下马达齿轮。第一减速齿轮和第一锥齿轮被固定,并且第二减速齿轮和第二锥齿轮被固定。

[0012] 优选地,第一减速齿轮的齿数大于第一中间齿轮的齿数,第二减速齿轮的齿数大于第二中间齿轮的齿数。

[0013] 根据本公开的另一方面,每个尾部结构均包括鳍结构,鳍结构固定到密封在尾部结构的纵向远端的端板上。鳍结构是具有尾鳍形状的仿生鱼尾。

[0014] 根据本公开的另一方面,所述关节结构被机械密封在硅胶管和骨架内,从而所述模块组件被密封在所述关节结构内部。用夹具和硅胶将硅胶管紧紧地固定在骨架上以防止渗水。

[0015] 根据本公开的另一方面,头部包括一个或多个尾部驱动组件,用于控制一个或多个尾部结构的运动。尾部驱动组件包括头部伺服马达、马达小齿轮、正齿轮、马达轴和旋转轴,其中马达轴固定至马达小齿轮,以驱动正齿轮和旋转轴。

[0016] 优选地,马达小齿轮的齿数比正齿轮少,以减小旋转轴的转速。

[0017] 优选地,旋转轴连接到尾部结构,用于以免受外部水环境的影响的良好的密封效果来驱动尾部结构。

[0018] 根据本公开的另一方面,头部包括三个密封的连接器的,用于连接到水下声收发器或其他附件设备,其中,水下声收发器被配置为基于水下声网络 (UAN) 进行通信。

[0019] 根据本公开的另一方面,所述头部包括多个红外传感器。

[0020] 根据本公开的另一方面,所述头部包括一个或多个压力传感器。

[0021] 根据本公开的另一方面,模块化组件是电缆驱动的或液压驱动的。

[0022] 提供本发明内容以简化形式介绍一些概念,这些概念将在下面的详细描述中进一步描述。本概述既不在标识所要求保护的的主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于帮助确定所要求保护的的主题的范围。如下文的实施例所示,公开了本发明的其他方面和优点。

附图说明

[0023] 附图包含各个图,以进一步示出和阐明本公开的以上和其他方面、优点和特征。将意识到,这些附图仅描绘了本公开的某些实施例,而无意于限制其范围。还应当理解,这些附图是为了简化和清楚而示出的,并且不一定按比例绘制。现在将通过使用附图以附加的特征和细节来描述和解释本公开,其中:

[0024] 图1示出了根据本公开的某些实施例的仿生机器人的透视图;

[0025] 图2示出了图1的仿生机器人的正视图;

[0026] 图3示出了图1的仿生机器人的侧视图;

[0027] 图4示出了图1的仿生机器人的俯视图;

[0028] 图5示出了图1的仿生机器人的仰视图;

[0029] 图6示出了根据本公开的某些实施例的仿生机器人的简化示意图;

[0030] 图7示出了图1的仿生机器人的头部的内部视图;

[0031] 图8示出了根据本公开的某些实施例的头部旋转组件的透视图;

[0032] 图9示出了根据本公开的某些实施例的连接头部和尾部结构的头部旋转组件的剖

视图；

[0033] 图10A示出了根据本公开的某些实施例的第一配置中的尾部结构的透视图；

[0034] 图10B示出了根据本公开的某些实施例的第二配置中的尾部结构的透视图；

[0035] 图11示出了根据本公开的某些实施例的模块化组件的左前侧视图；

[0036] 图12示出了根据本公开的某些实施例的尾部结构中的模块化组件的俯视图；

[0037] 图13示出了图11的模块化组件的透视图；

[0038] 图14示出了图11的模块化组件的分解图；

[0039] 图15A示出了图11的模块化组件的齿轮示意图；

[0040] 图15B示出了在偏航运动期间图11的模块化组件的齿轮示意图；

[0041] 图15C示出了在俯仰运动期间图11的模块化组件的齿轮示意图；

[0042] 图16A示出了第一配置中的仿生机器人的简化概念图；

[0043] 图16B示出了第二配置中的仿生机器人的简化概念图；

[0044] 图16C示出了第三配置中的仿生机器人的简化概念图；

[0045] 图17A示出了向前运动中的图16A的仿生机器人的简化概念图；

[0046] 图17B是图17A的运动中的仿生机器人的照片；

[0047] 图18A示出了2尾向前运动中的图16A的仿生机器人的简化概念图；

[0048] 图18B是图18A的运动中的仿生机器人的照片；

[0049] 图19A示出了处于原位旋转中的图16A的仿生机器人的简化概念图；

[0050] 图19B是图19A的运动中的仿生机器人的照片；

[0051] 图20A示出了处于向上浮动运动中的图16A的仿生机器人的简化概念图；

[0052] 图20B是图20A的运动中的仿生机器人的照片；

[0053] 图21A示出了处于向下潜水运动中的图16A的仿生机器人的简化概念图；

[0054] 图21B是图21A的运动中的仿生机器人的照片；

[0055] 图22是根据本公开的某些实施例的具有一个尾部结构的仿生机器人的简化概念图；

[0056] 图23是根据本公开的某些实施例的具有一个尾部结构和小头部的仿生机器人的简化概念图；

[0057] 图24是根据本公开的某些实施例的具有两个尾部结构的仿生机器人的简化概念图；

[0058] 图25是根据本公开的某些实施例的具有两个尾部结构和小头部的仿生机器人的简化概念图；

[0059] 图26是根据本公开的某些实施例的具有两个尾部结构的另一个仿生机器人的简化概念图；

[0060] 图27是根据本公开的某些实施例的具有三个尾部结构的仿生机器人的简化概念图；

[0061] 图28是根据本公开的某些实施例的具有三个尾部结构的另一仿生机器人的简化概念图；

[0062] 图29是根据本公开的某些实施例的具有四个尾部结构的仿生机器人的简化概念图；

[0063] 图30是根据本公开的某些实施例的具有四个尾部结构的另一仿生机器人的简化概念图;

[0064] 图31是根据本公开的某些实施例的具有四个尾部结构的又一仿生机器人的简化概念图;

[0065] 图32是根据本公开的某些实施例的具有五个尾部结构的仿生机器人的简化概念图;并且

[0066] 图33是根据本公开的某些实施例的具有五个尾部结构的另一仿生机器人的简化概念图。

[0067] 技术人员将理解,图中的元件是为了简单和清楚而示出的,并且不一定按比例描绘。

具体实施方式

[0068] 本公开总体上涉及仿生水下机器人的结构。更具体地但非限制性地,本公开提供了一种生物启发式水下机器人,该水下机器人用于在各种水流环境中以更好的稳定性、移动性、敏捷性和负载能力来实现各种运动。

[0069] 以下详细描述本质上仅是示例性的,并且不意图限制本公开或其应用和/或用途。应当理解,存在大量的变化。详细的描述将使本领域普通技术人员能够在没有过度实验的情况下实现本公开的示例性实施例,并且应当理解,可以在示例性实施例中描述的功能和结构上进行各种改变或修改。如所附权利要求书所述的本公开的范围。

[0070] 益处、优点、问题的解决方案以及可能导致任何益处、优点或解决方案出现或变得更加明显的任何要素均不应被解释为任何或全部权利要求的关键,必需或必要的特征或要素。本发明仅由所附权利要求书来定义,包括在本申请待决期间所作的任何修改以及所发布的那些权利要求书的所有等同形式。

[0071] 为了便于描述,使用诸如“上”、“下”、“内部”、“外部”、“前”、“后”、“顶部”、“底部”及其任何变体之类的术语来解释元件的位置或一个元件相对于另一元件的位置,并不旨在限制于特定的方位或位置。诸如“第一”、“第二”等的术语在本文中用于描述各种元件、组件、区域、部分等,并且不旨在进行限制。

[0072] 当介绍本公开内容或其优选实施方式的要素时,词语“一”、“一个”和“该”不旨在表示数量限制,而是除非另有说明或与上下文明显矛盾则表示存在至少一个项。此外,术语“包括”、“包含”,“包括有”和“具有”旨在是包括性的,并且意味着除列出的要素外可能还有其他要素。

[0073] 图1示出了组装有三个尾部结构100的仿生机器人10。仿生机器人10包括头部200和一个或多个尾部结构100。头部200优选地为扁球体,但是显然在不脱离本公开的范围和精神的情况下,头部200也可以为立方体、长方体、棱镜、圆锥、圆锥台、角锥、多棱锥、圆柱体、椭圆圆柱体或其任何组合的形状。在图1-7和16A-21B中,在附图中使用具有三个尾部结构100的仿生机器人10,并且应当理解,提供如图1-7和16A-21B所示的这种尾部结构100的构造仅是为了说明本发明的优选实施例,而不是为了限制本发明,并且仿生机器人10可以采用其他合适的构造。在某些实施例中,仿生机器人10可以具有一个、两个、三个、四个、五个或更多个尾部结构100,其中每个尾部结构100可以具有一个、两个、三个、四个或更多个

关节结构110。尾部结构100的数量和关节结构110的数量上的配置是基于所需的水下任务和相应的水下状况。仿生机器人10的每个尾部结构100可以具有不同数量的关节结构110。当在开阔海域或恶劣水条件使用时,可以增加尾部结构100的数量以提供更好的稳定性、移动性、敏捷性和负载能力。

[0074] 如图2-5所示,头部200包括大体垂直的圆形壁203,其同心地安装或焊接到大体半圆顶形的顶部壳体201和大体半圆顶形的底部壳体202。在圆形壁203上有设有多个红外传感器221、一个或多个压力传感器223以及一个或多个密封盖222。在底部壳体上,还设有多个红外传感器221。在所示的仿生机器人10中,在圆形壁203上有六个红外传传感器221,在底部壳体202上有三个红外传感器221。红外传感器221安装在印刷电路板上,该印刷电路板被配置为接收红外信号以进行通信或距离测量。优选地,红外传感器221围绕圆形壁203和底部壳体202对称地定位,以获取水下状况的准确信息。压力传感器223被配置为基于水压力检测仿生机器人10的浸没深度。仿生机器人10与地下设备(图中未示出)之间的数据通信可以基于UAN,并且头部200可以连接至水下声学收发器,用于与地下设备进行声学通信。UAN通信可以至少包括命令信号、数据信号或其任何组合。可替代地,可以通过有线网络或其他无线信号网络来执行数据通信。

[0075] 如图4中所示,顶部壳体201可包括三个密封的连接器211-213,它们可以连接到水下声收发器。在其他实施例中,三个密封连接器211-213中的一个或多个可以连接到其他附件设备。例如,头部200可以连接到测量设备、视频记录器、机器人抓取装置或其他附件设备。附件设备可以搁置在顶部壳体201上以实现优异的装载能力。在某些实施例中,配重(未在图中示出)被添加到头部200内部,以确保仿生机器人10具有足够的稳定性来潜水。可以将电力供应给仿生机器人10,该仿生机器人10可以由放置在头部200内的电池或以其他方式在与电源电缆连接的地下设备的电池提供。可以使用互连的布线和电缆、电池、印刷电路板和其他电子部件,并且可以将它们定位在头部200内。为了方便和简单起见,在图中未示出电池和各个电子部件。

[0076] 每个尾部结构100是包括一个或多个关节结构110和鳍结构140的细长圆柱管。鳍结构140是具有尾鳍形状的仿生鱼尾。在其他实施例中,鳍结构140可以具有截尾的或圆形的尾鳍形状。翅片结构140固定至在每个尾部结构100的纵向远端处密封的端板141。

[0077] 关节结构110被机械地密封在硅胶管104(或其他橡胶管)和骨架120内,以实现防水和执行各种运动的灵活性。使用夹具106和硅胶将硅胶管104紧密地夹持到骨架120,以防止渗水。模块化组件130被密封在关节结构110内部,其被电动化以实现关节结构110的各种运动。在整个说明书中,为了简单起见,硅胶管104被示为透明圆柱体,并且应当理解,硅胶管104可以不一定是透明的,也可以不具有圆柱形状。替代地,硅胶管104可以弹性地连接在骨架120之间,使得关节结构110具有挠曲性和自由度以转动来执行各种运动。在某些实施例中,关节结构110也可以以挠曲的方式设计,并且骨架120可以被去除或替换成由挠性材料制成的其他部件。

[0078] 图6示出了仿生机器人10的简化示意图,该仿生机器人10具有沿着头部200的圆形壁203的圆周的三个尾部结构100。尽管这三个尾部结构100均匀地间隔开120度,但是显然它们可以位于其他位置,并且彼此之间可能均匀或不均匀地隔开,这取决于仿生机器人10中的应用和尾部结构100的数量。在头部200内,与每个尾部结构100相关联的是分开的尾部

旋转组件230,用于控制整个尾部结构100的单向运动。在每个尾部结构100的内部,有一个或多个模块化组件130,用于控制每个关节的运动。每个尾部结构100的最远的模块化组件130可以控制鳍结构140的运动。

[0079] 更详细地,在图7-9中描绘了安装在头部的尾部旋转组件230的结构。尾部旋转组件230放置在头部200内部的底板224上。底板224可以具有直径等于或小于圆形壁203的直径的圆形形状,并且通过螺钉或其他紧固件牢固地安装在头部200内部。对于每个尾部结构100,在头部200内部与尾部结构100相邻的相应位置处放置有尾部旋转组件230。因此,如果存在两个尾部结构100,则头部200可以仅包括两个尾部旋转组件230。机械支撑件234安装在底板224上以将尾部旋转组件230固定到其上。尾部旋转组件230包括头部伺服马达231、马达小齿轮233、正齿轮235、马达轴232和旋转轴236。头部伺服马达231固定在机械支撑件234上的马达底座237上,并驱动马达轴232旋转。马达轴232固定在马达小齿轮233上,以驱动正齿轮235和旋转轴236。正齿轮235与马达小齿轮233啮合,并与旋转轴236同心旋转。马达小齿轮233的齿数比正齿轮235的齿数少,以降低旋转轴236的转速。旋转轴236是连接到尾部结构100的空心轴,用于利用密封件238驱动整个尾部结构100的旋转运动,以提供密封外部水环境的良好密封效果。

[0080] 尾部结构100可以具有不同数量的关节结构110。典型情况在图10A中示出,具有三个关节结构110。在图10B中示出了具有两个关节结构110的替代情况,并表示为短尾部结构100A。短尾部结构100A还可以连接到头部200以用于特定应用。关节结构110包括模块化组件130和连接板101。

[0081] 图11-14示出了根据本公开的某些实施例的模块化组件130的示例性结构。模块化组件130是齿轮驱动模块化球对,其可以实现各种运动,例如偏航运动和俯仰运动。应当理解,在不脱离本公开的范围和精神的情况下,模块化组件130可以另外配置为由电缆或液压驱动。模块化组件130包括锥齿轮机构103、上伺服马达114、下伺服马达124和多个齿轮。锥齿轮机构103由联接在一起的三个锥齿轮相互啮合构成。模块化组件130被配置为使得关节结构110能够以单向运动或双向运动来执行纵向旋转和横向旋转。在电缆驱动的模块化组件130的情况下,锥齿轮机构103由多个滑轮和滑轮电缆驱动,用于将驱动力传递到连接板101。在又一替代方案中,模块化组件130可以由一个或多个液压动力结构驱动。

[0082] 上伺服马达114驱动上马达轴116和上马达齿轮112旋转。上马达齿轮112接合到第一中间齿轮111,并且进一步接合到第一减速齿轮107。齿轮沿着模块化组件130的第一侧对齐,并且由上伺服马达114驱动以将动力传递到锥齿轮机构103。上马达齿轮112和第一中间齿轮111可以具有相同的齿数,而第一减速齿轮107具有更大的齿数以减小第一减速齿轮107的转速。上马达齿轮112和第一中间齿轮111分别安装在上马达轴116和中间轴115上,它们均固定在第一侧板113上。

[0083] 类似地,下伺服马达124驱动下马达轴126和下马达齿轮122旋转。下马达齿轮122接合至第二中间齿轮121,并且进一步接合至第二减速齿轮108。齿轮沿着模块化组件130的与第一侧对称的第二侧对齐,并由下伺服马达124驱动以便将动力传递到锥齿轮机构103。下马达齿轮122和第二中间齿轮121可以具有相同的齿数,而第二减速齿轮108可以具有更大的齿数以降低第二减速齿轮108的转速。下马达齿轮122和第二中间齿轮121分别安装在下马达轴126和中间轴125上,下马达轴126和中间轴125均固定在第二侧板123上。

[0084] 锥齿轮机构103包括中间锥齿轮103A、第一锥齿轮103B和第二锥齿轮103C。如在T形轴105上承载的,中间锥齿轮103A固定在T形轴105的垂直元件105A上,而第一锥齿轮103B和第二锥齿轮103C都固定在T形轴105的水平元件105B上,使得它们与中间锥齿轮103A相隔90度,且方向改变。优选地,锥齿轮机构103中的三个锥齿轮是具有相同齿数的一组配对的锥齿轮。

[0085] 第一锥齿轮103B和第一减速齿轮107通过螺钉固定,使得上马达齿轮112可以旋转以驱动第一锥齿轮103B。第二锥齿轮103C和第二减速齿轮108也通过螺钉固定,使得下马达齿轮122能够旋转以驱动第二锥齿轮103C。连接板101固定地附接至或螺接至中间锥齿轮103A。

[0086] 在模块化组件130的后侧,垂直地布置有马达安装板131,用于将上伺服马达114和下伺服马达124牢固地固定到其上。可以使用U形后板132来连接第一侧板113和第二侧板123,作为两个伺服马达114、115的保护罩。来自后续关节结构110的连接板101固定地安装到后板132,使得两个关节结构110被连接。对于尾部结构100的远端处的关节结构110,后板132固定地安装到端板141和鳍结构140。

[0087] 在图15A中示出了模块化组件130的齿轮示意图。模块化组件130的第一侧上的齿轮传动装置配置为通过第一中间齿轮111和第一减速齿轮107旋转上马达齿轮112来驱动第一锥齿轮103B。类似地,模块化组件130的第二侧上的齿轮传动装置被构造成通过经由第二中间齿轮121和第二减速齿轮108旋转下马达齿轮122来驱动第二锥齿轮103C。第一锥齿轮103B和第二锥齿轮103C均接合到中间锥齿轮103A。

[0088] 现在参考图15B中的齿轮示意图,当上马达齿轮112和下马达齿轮122沿相反方向旋转时,第一锥齿轮103B和第二锥齿轮103C也沿相反方向旋转。固定连接到中间锥齿轮103A的连接板101将对关节结构110进行偏航运动。通过使用两个伺服马达114、115,关节结构110可以执行单向运动或双向运动,并且可以精确控制偏航运动的程度。

[0089] 现在参考图15C中的齿轮示意图,当上马达齿轮112和下马达齿轮122沿相同方向旋转时,第一锥齿轮103B和第二锥齿轮103C也沿相反方向旋转。固定地附接到中间锥齿轮103A的连接板101将使关节结构110进行俯仰运动。通过使用两个伺服马达114、115,关节结构110可以执行单向运动或双向运动,并且可以精确控制俯仰运动的程度。

[0090] 图16A-16C示出了以三种不同配置布置的仿生机器人10的简化概念图。在概念图中,短线表示其中具有模块化组件130的关节结构110。图16A示出了具有三个尾部结构100的仿生机器人10,每个尾部结构100具有三个关节结构110。图16B示出了具有尾部结构100和两个短尾部结构100A的仿生机器人10,尾部结构100具有三个关节结构110。图16C示出了具有两个尾部结构100和一个短尾部结构100A的仿生机器人10,尾部结构100具有三个关节结构110。由于水下环境可能因情况而异,所以为了模拟不同的水生生物的运动,关节结构110的数量发生变化,这可以基于所需的水下任务和相应的水下条件来优化仿生机器人10。

[0091] 特别地,仿生机器人10基于三个尾部结构100的协调控制,以实现不同的游泳运动模式。由于没有螺旋桨或旋转叶片来驱动仿生机器人10前进,因此该运动可以产生较小的噪声并且具有较高的效率。在下面的示例性实施例中,以具有三个尾部结构100,每个尾部结构100具有三个关节结构110的仿生机器人10为例。在马达驱动器中对以下描述的那些各种动作进行编程,并且操作者可以通过发送控制命令来控制仿生机器人10执行这种动作。

[0092] 图17A和图17B示出了仿生机器人10在向前运动中的概念图和照片。三个尾部结构100模仿自然界中的一条鱼的鱼尾,并通过摆动鳍结构140来产生推动仿生机器人10的向前的推力。在具有更多关节结构110的情况下,每个尾部结构100均具有较大的摆动角以实现更高的效率和更大的推进力。

[0093] 图18A和图18B示出了2尾向前运动中的仿生机器人10的概念图和照片。两个尾部结构100布置成在前侧摆动,而第三尾部结构100以大体稳定的方式定位在后部,从而产生向前的方向推力,以沿向前的方向推动仿生机器人10。

[0094] 图19A和图19B示出了原位旋转中的仿生机器人10的概念图和照片。尾部结构100以顺时针或逆时针方式布置以产生旋转推力。

[0095] 图20A和图20B示出了处于漂浮向上运动中的仿生机器人10的概念图和照片。尾部结构100被布置成指向下方并振荡以产生向上的浮力,从而仿生机器人10可以被推进到水表面。

[0096] 图21A和图21B示出了处于潜水向下运动中的仿生机器人10的概念图和照片。尾部结构100被布置成指向上方并振荡以产生向下的潜水力,从而可以将仿生机器人10向下推进到水中。

[0097] 仿生机器人10可具有一个、两个、三个、四个、五个或更多个尾部结构100,其中每个尾部结构100可具有一个、两个、三个、四个或更多个关节结构110。图22-33示出了根据本公开的某些方面的仿生机器人10的各种可能的配置。这些附图决不限其可能的配置。

[0098] 图22是具有连接到头部200的一个尾部结构100的仿生机器人10的概念图。单尾仿生机器人10模仿了鱼在水中的运动,并且尾部结构100类似于鱼的尾鳍。由于头部200和尾部结构100之间的比例和平衡问题,可以使用较小的头部200A,并且可以进一步增加关节结构110的数量以模仿金枪鱼或蛇的运动,如图23中所示。然而,仅具有一个尾部结构100,装载能力可能受到限制,并且仿生机器人10可能仅携带更少的传感器。

[0099] 图24是具有连接到头部200的两个尾部结构100的仿生机器人10的概念图。两个尾部结构100布置在同一平面上并且可以模仿蝠鲼或蛇的运动。在某些应用中,当使用较小的头部200A时,两个尾部结构100也可以类似地布置,以获得仿生机器人10,该仿生机器人10配置为模仿蛇的运动,如图25所示。尾部结构100可能不能以180度间隔均匀地间隔开。在图26的概念图中,两个尾部结构100以60度至165度的角间隔开或间隔开120度。如果需要仿生机器人10携带重物 and 许多传感器,这将特别有用,因为这种尾部结构100布置可以确保更好的平衡性和更强的动力,以推动仿生机器人10前进。

[0100] 图27示出了具有在头部200周围均匀分布的三个尾部结构100的仿生机器人10的优选配置。该配置可以在各种水流环境中实现具有更好的稳定性、移动性、敏捷性和负载能力的各种运动。图28是具有两个短尾部结构100A和具有三个关节结构110的一个尾部结构100的仿生机器人10的替代配置。可以配置不同数量的关节结构110以实现不同的推进力和效率。

[0101] 图29-31示出了具有四个尾部结构100的仿生机器人10的不同配置。尾部结构100的不同位置和长度可以在多个空间方向上提供推力,这可以针对特定应用优化仿生机器人10。

[0102] 有两个具有四个尾部结构100的仿生机器人10的概念图,如图32-33所示。数量增

加的尾部结构100可以提供多种运动模式,例如使用三个尾部结构100来保持运动方向和平
衡,以及使用两个尾部结构100来抓住目标。可替代地,三个尾部结构100可以用于沿一个方
向执行原位旋转,而另外两个尾部结构100可以使仿生机器人10向前或向后移动。

[0103] 因此,本公开的仿生机器人10可以模仿各种海洋生物,例如金枪鱼、蛇、乌龟、鲨
鱼、蝠鲼等的运动模式。如上所述,这种组合结构允许全方位运动,而无需在水中转弯。在流
动的环境中,多个尾部结构100可以实现更强的稳定性、移动性、敏捷性和负载能力。这示出
了根据本公开的仿生水下机器人的基本结构。显而易见的是,以上公开的以及其他特征和
功能的变型或其替代可以组合成许多其他不同的方法或装置。因此,本实施例在所有方面
都应被认为是说明性的而非限制性的。本公开的范围由所附权利要求而不是由先前的描述
指示,并且因此意图将落在权利要求的等同物的含义和范围内的所有改变包括在其中。

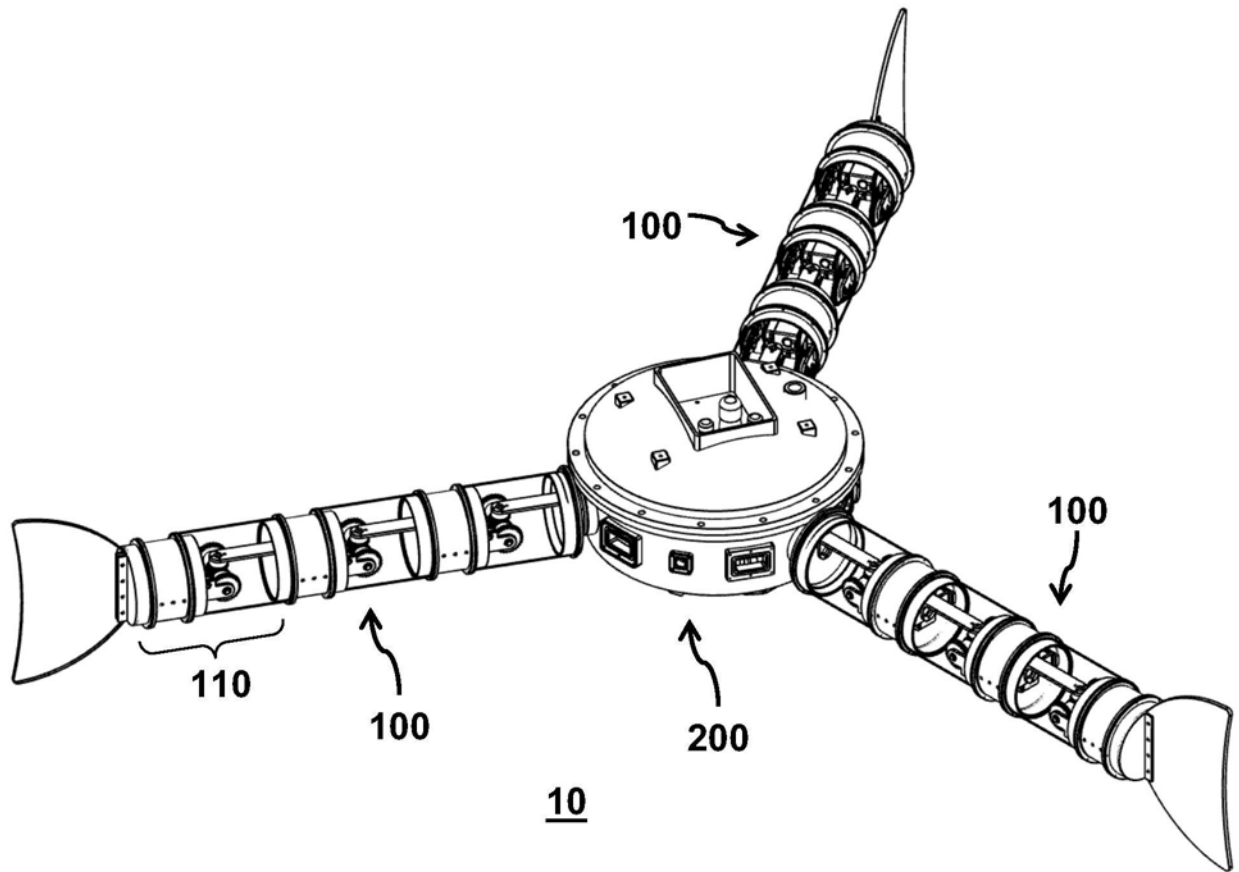


图1

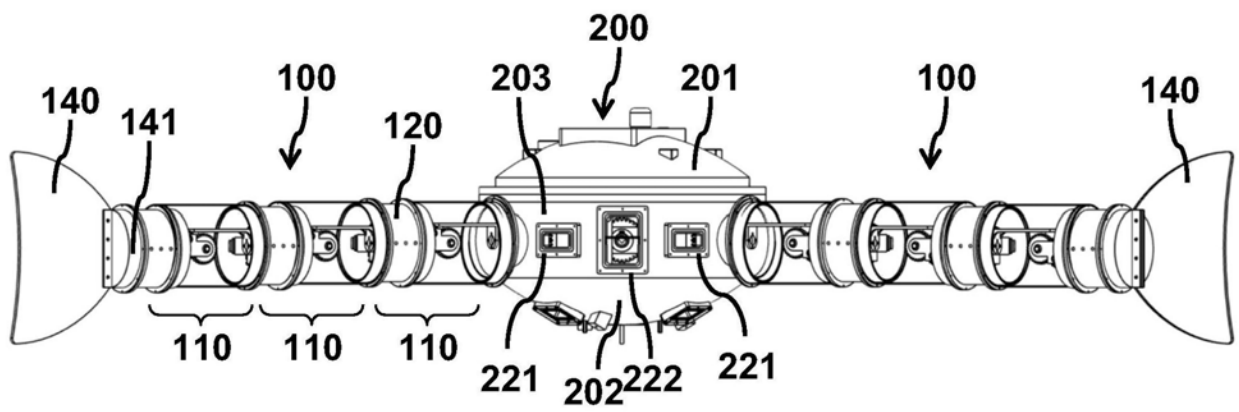


图2

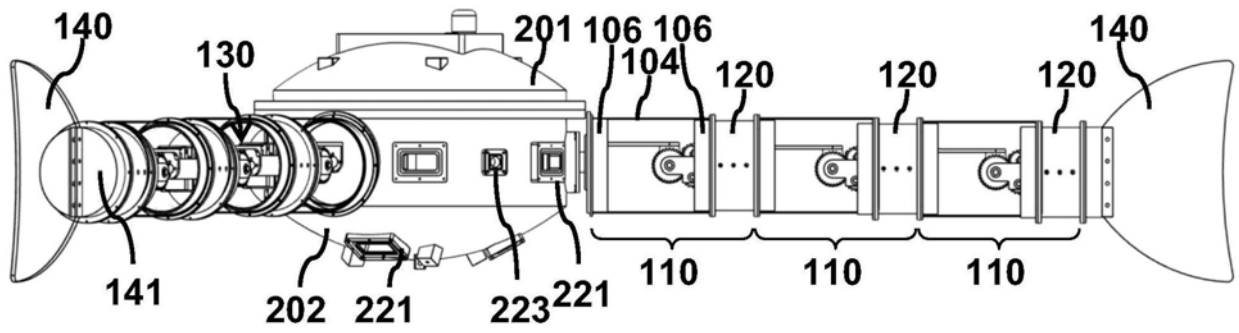


图3

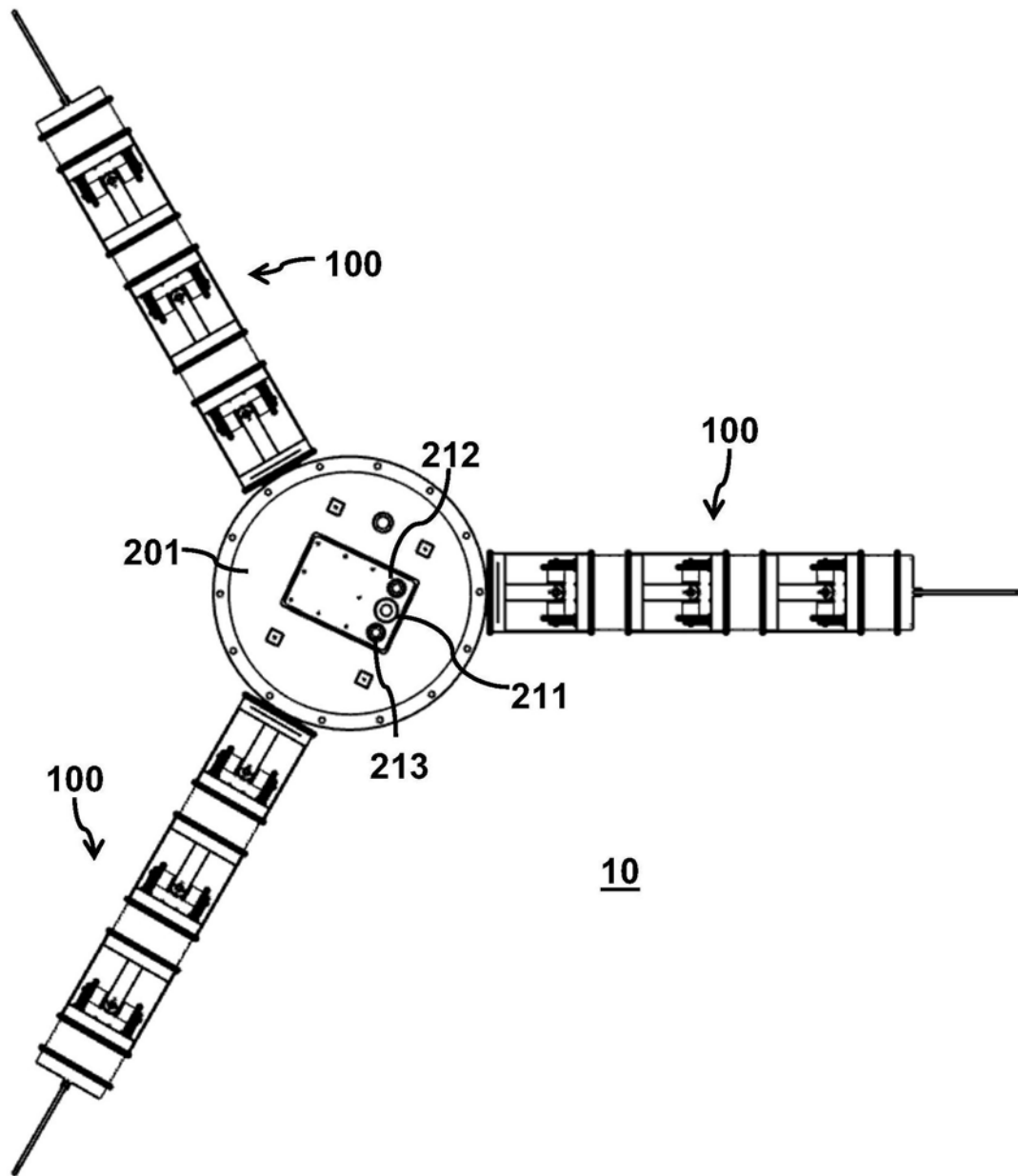


图4

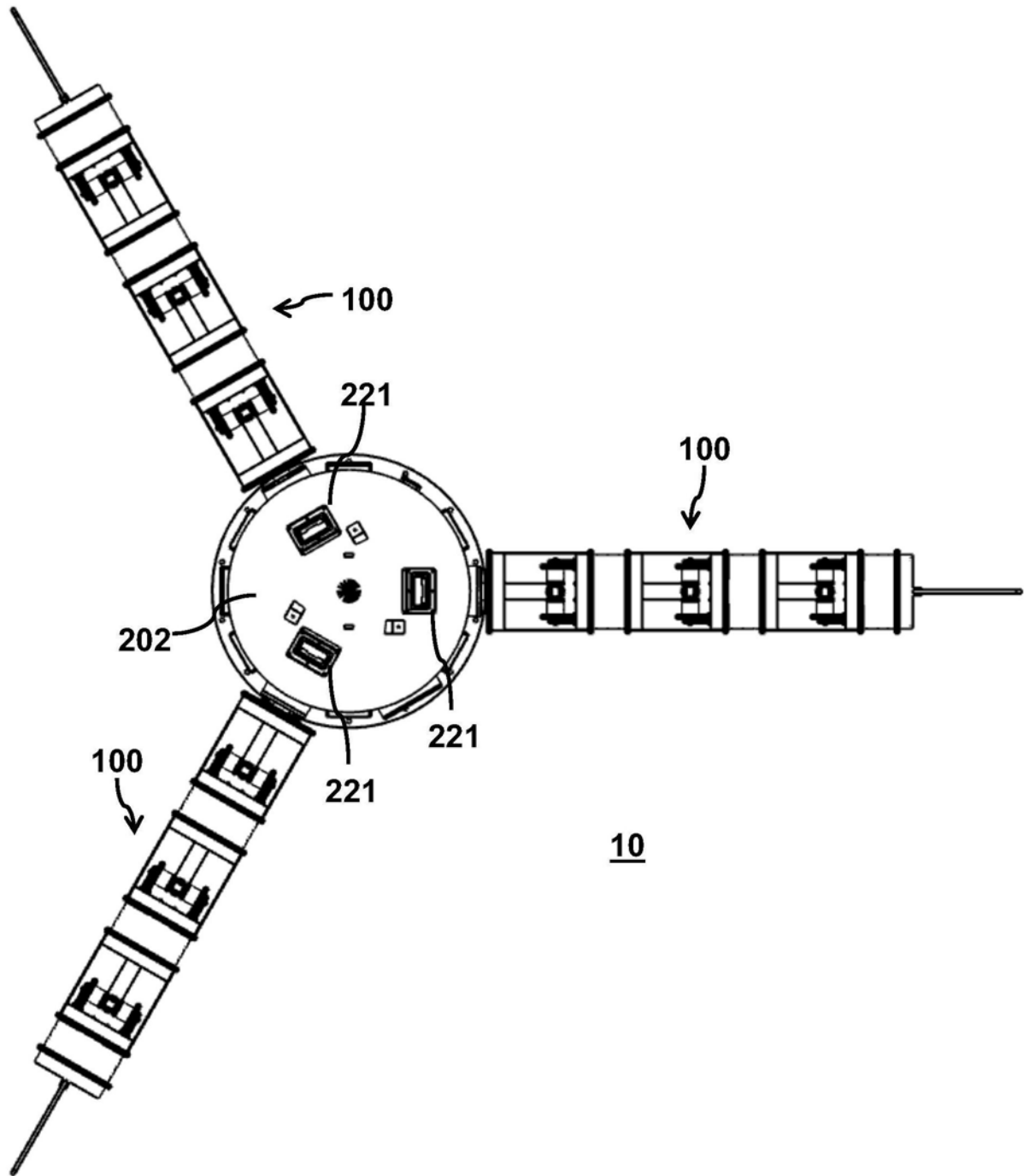


图5

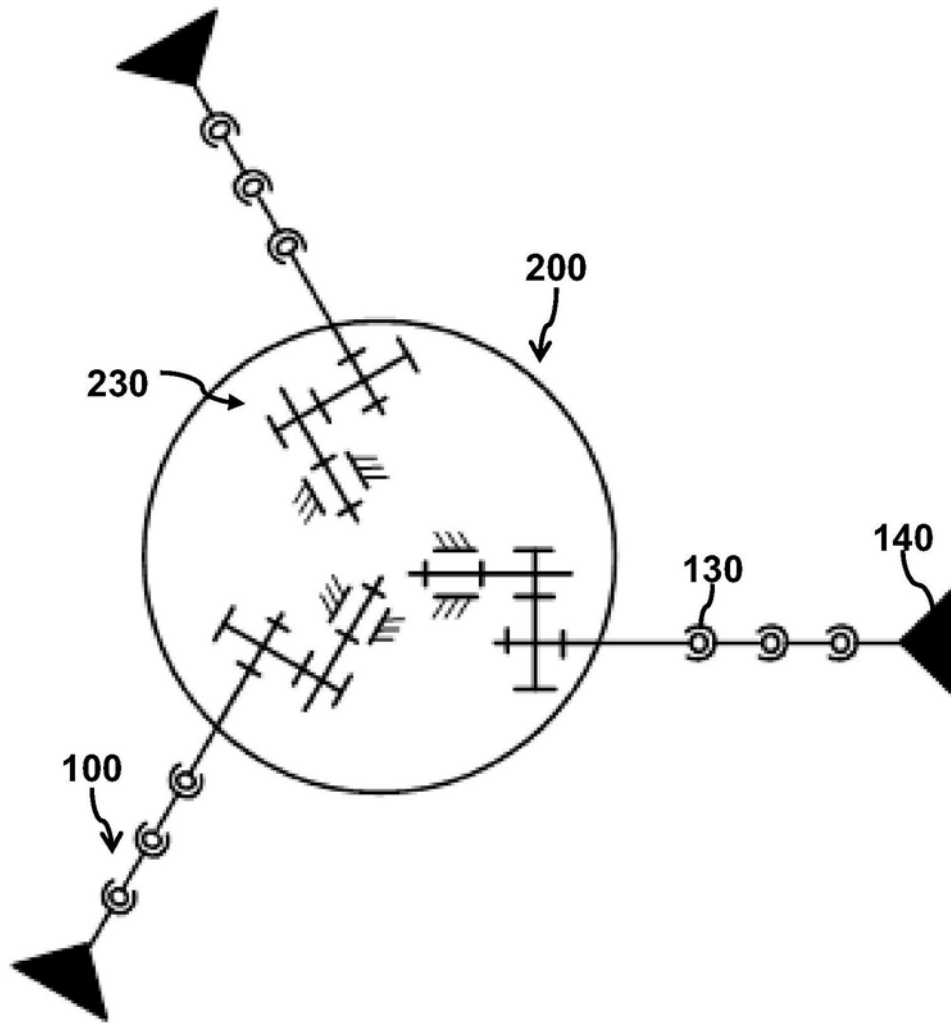


图6

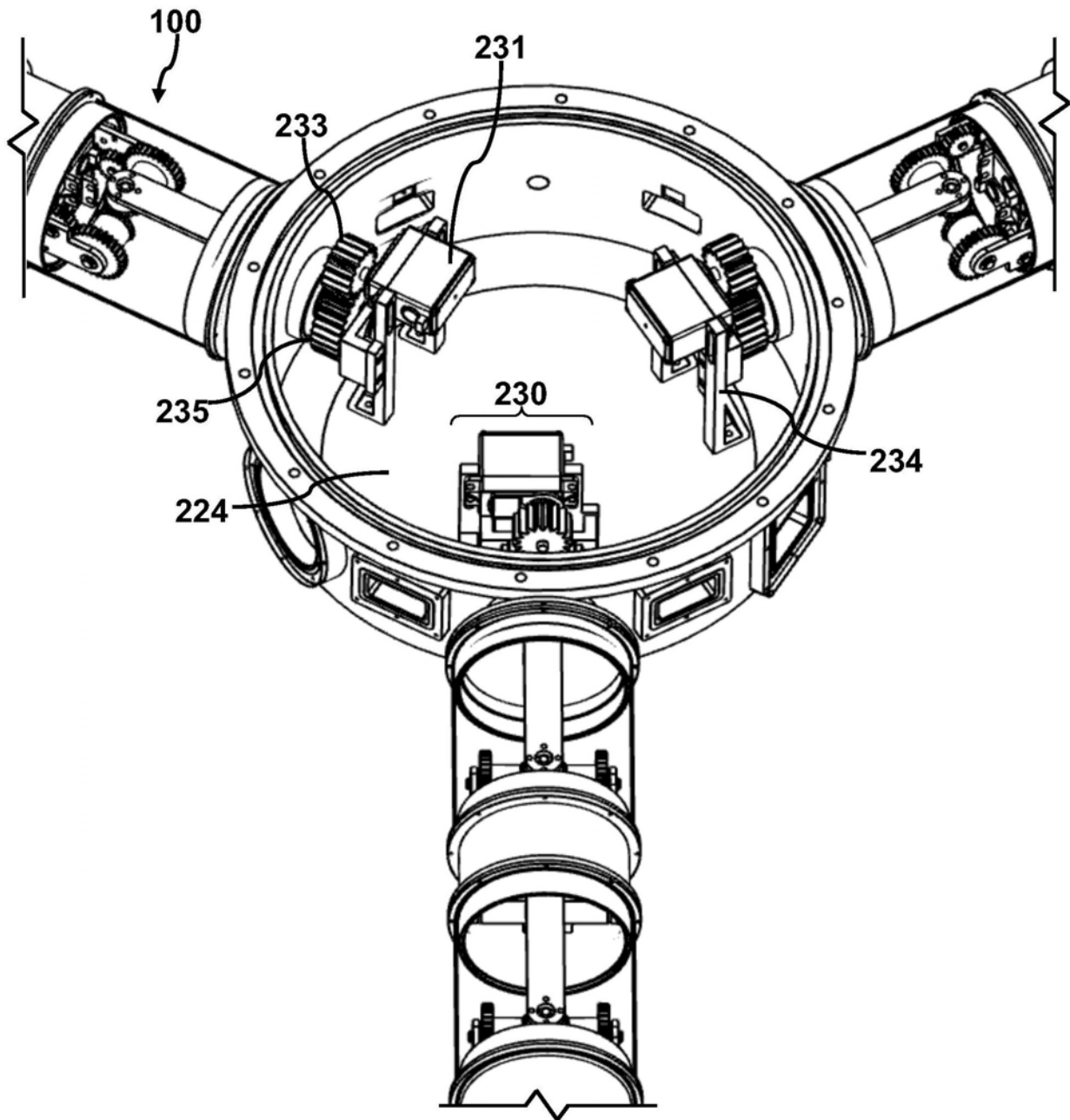


图7

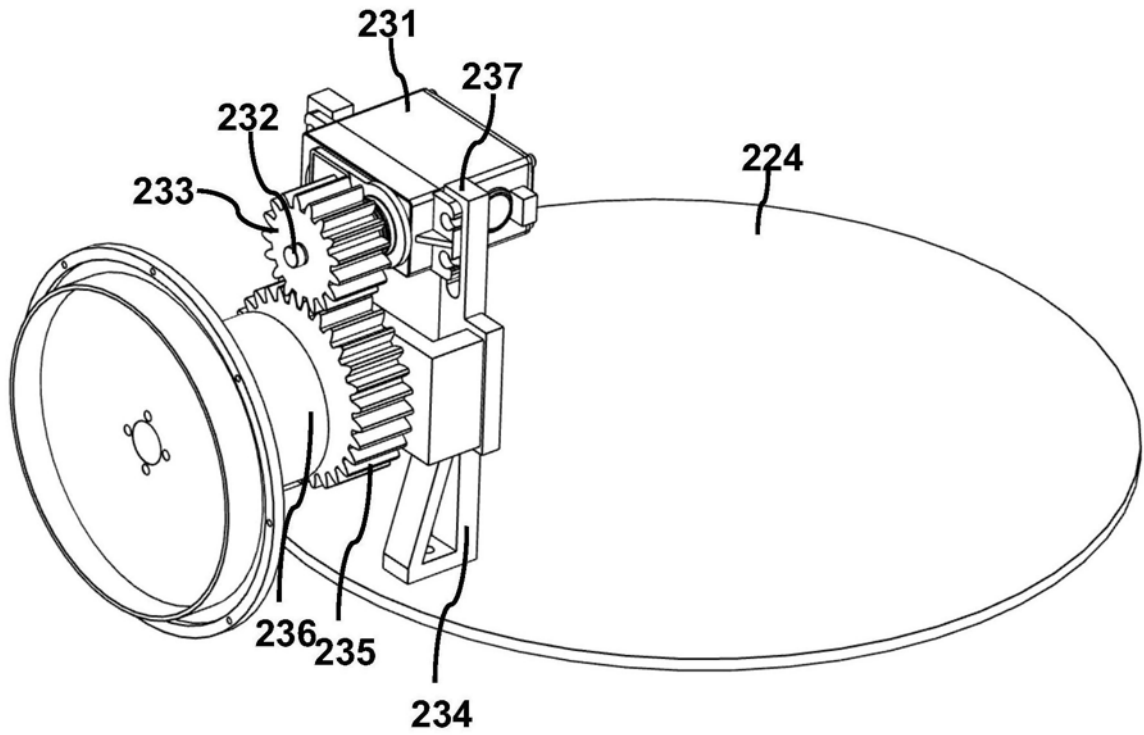


图8

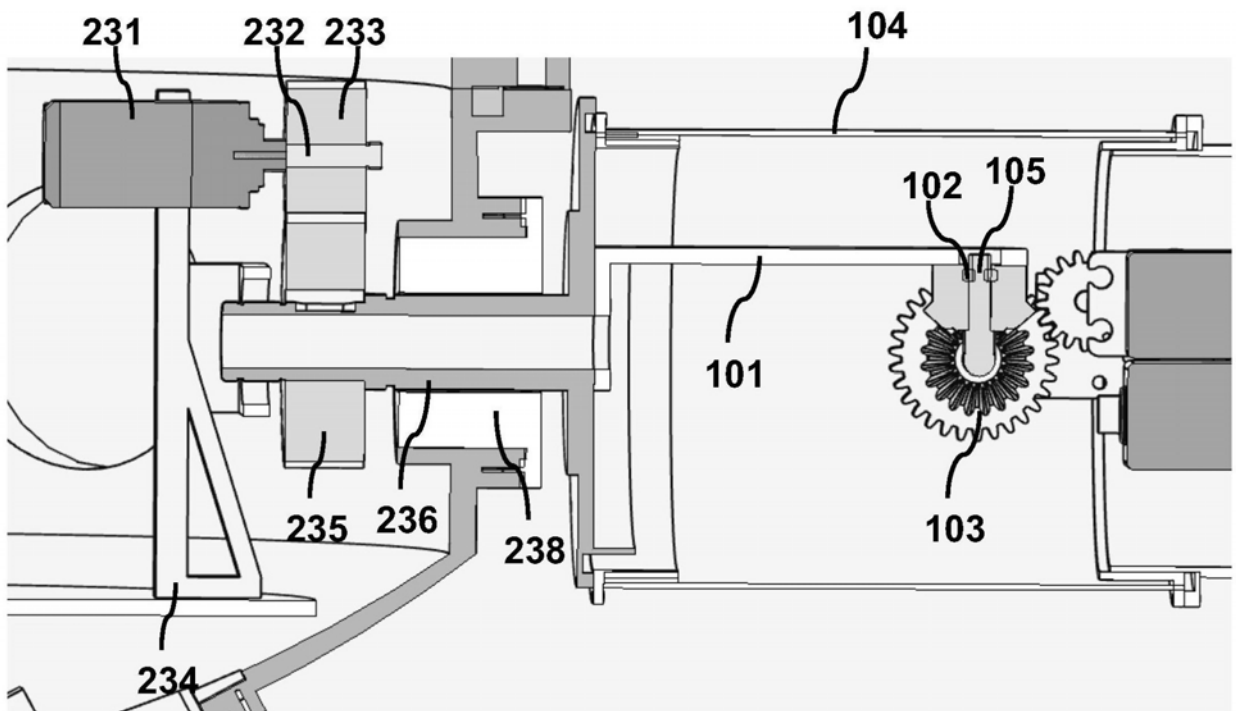


图9

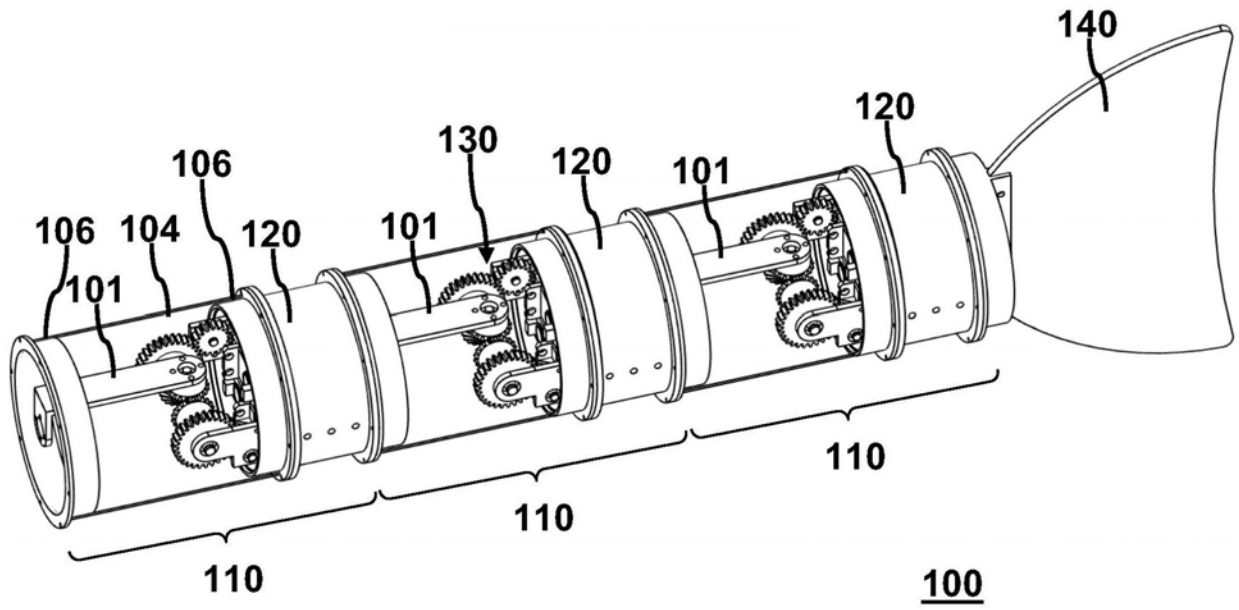


图10A

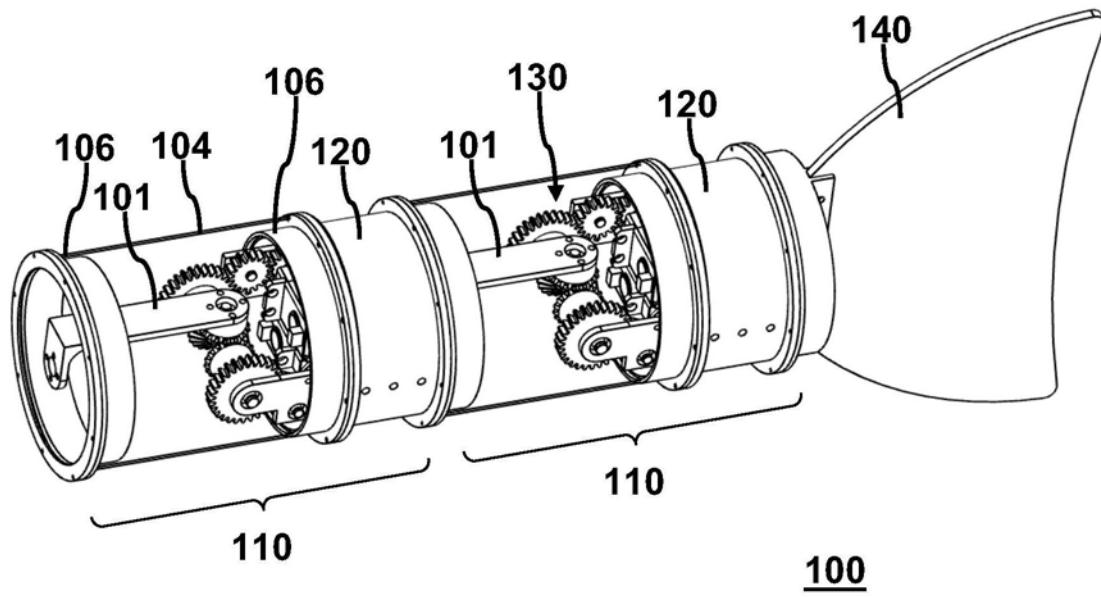


图10B

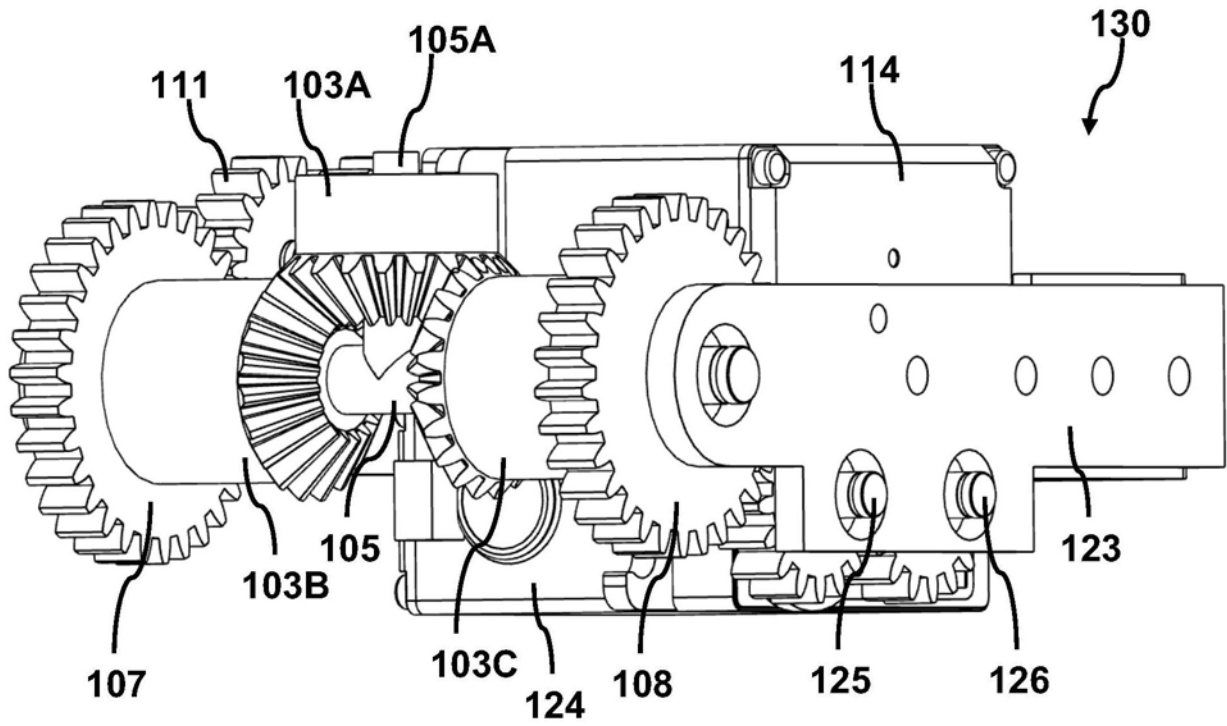


图11

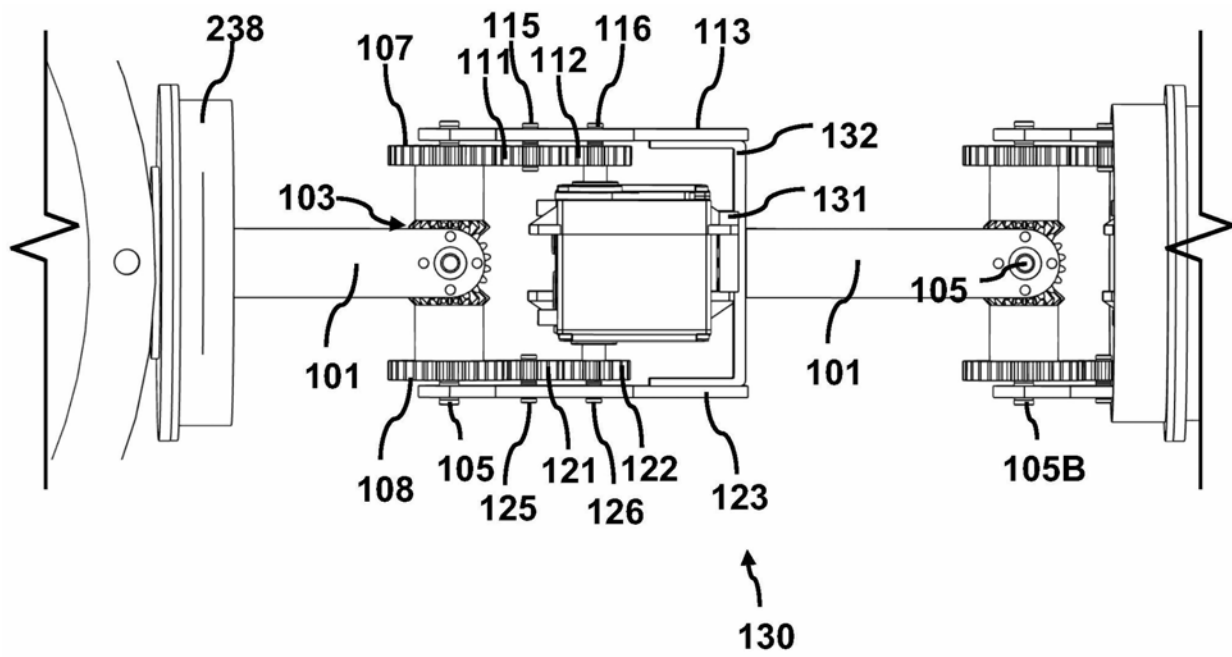


图12

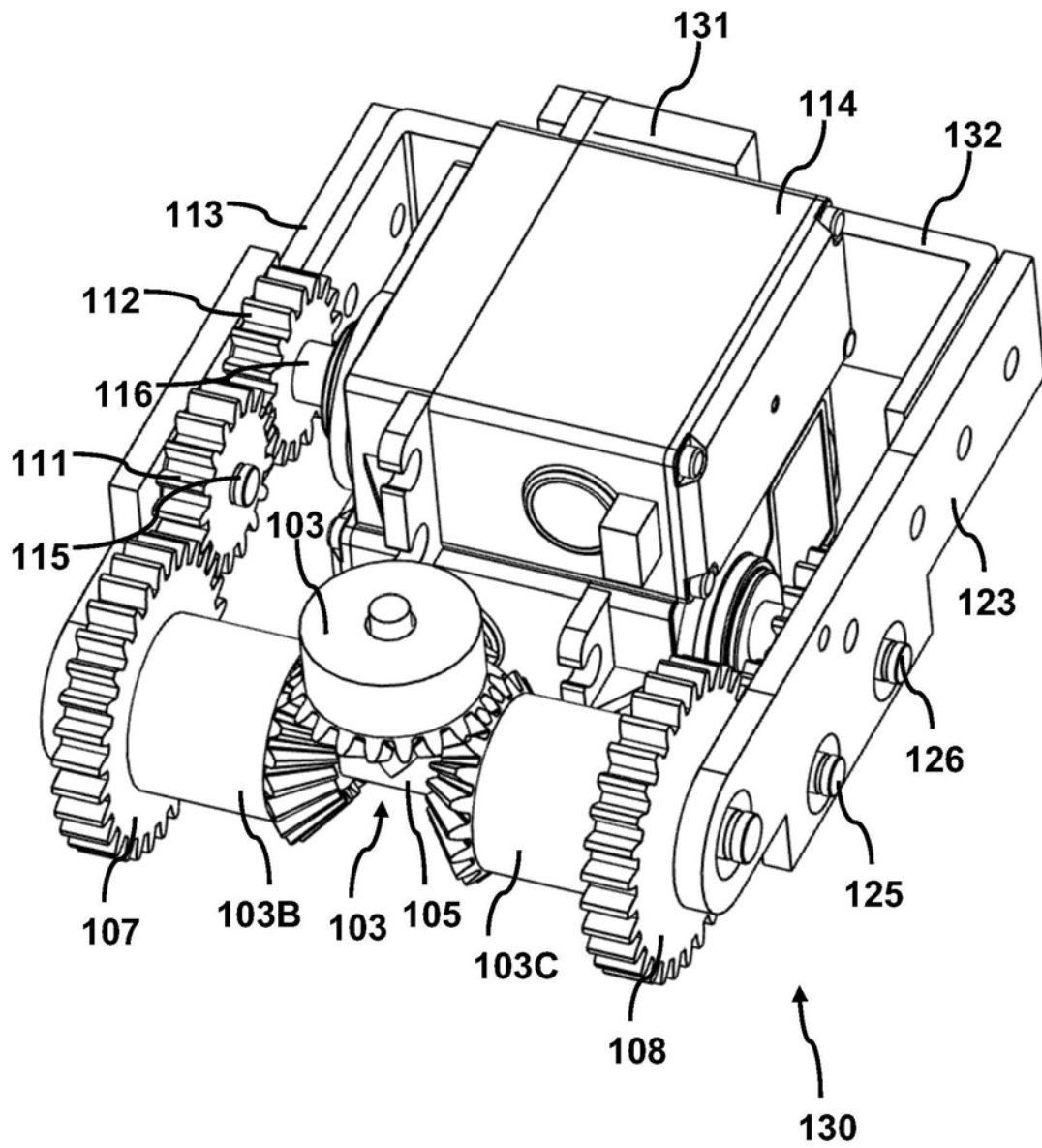


图13

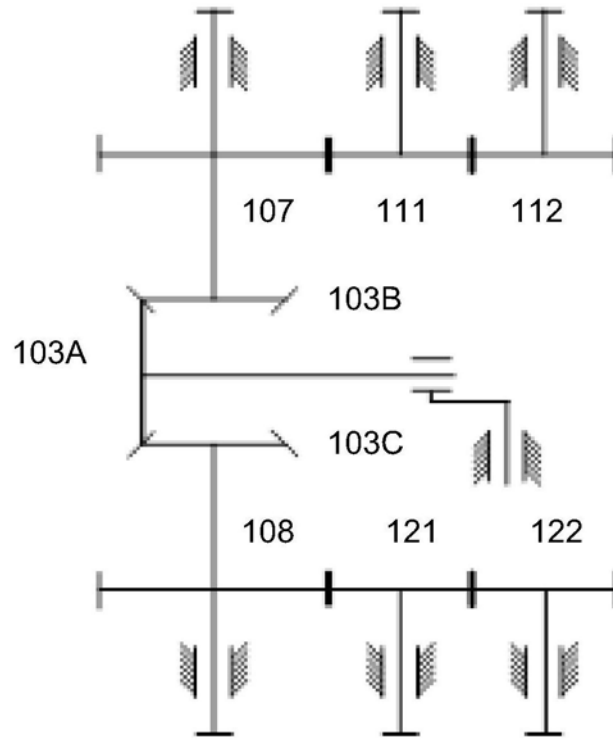


图15A

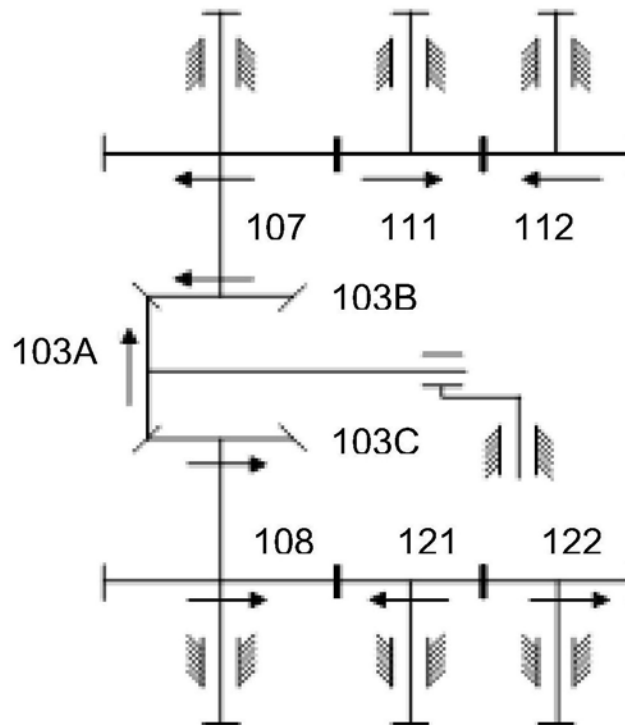


图15B

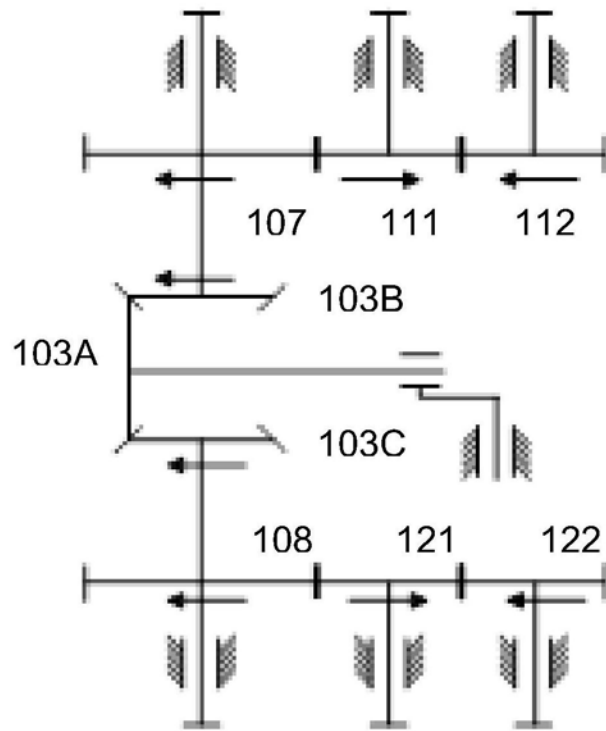


图15C

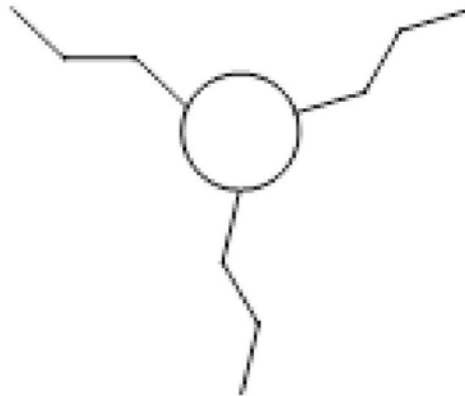


图16A

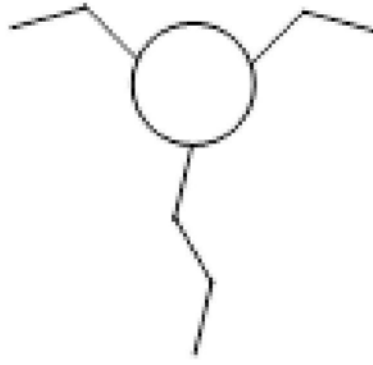


图16B

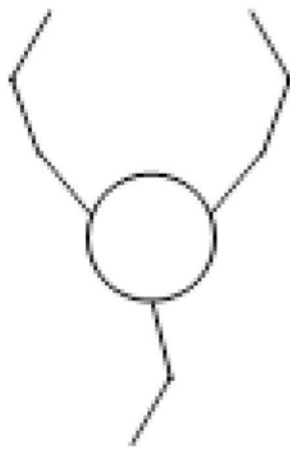


图16C

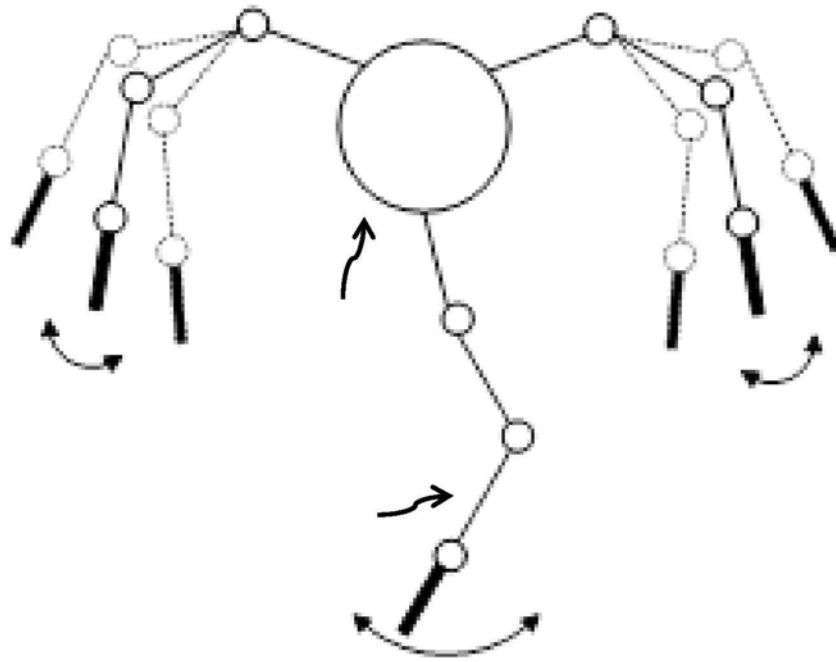


图17A



图17B

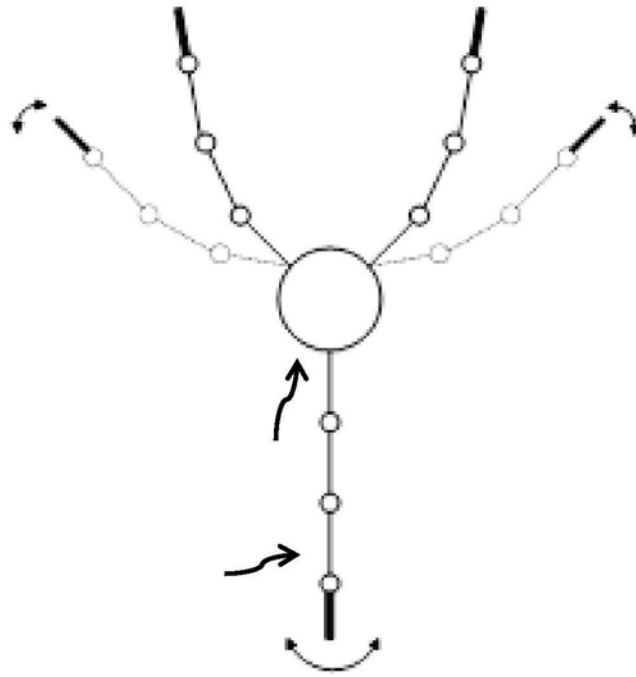


图18A

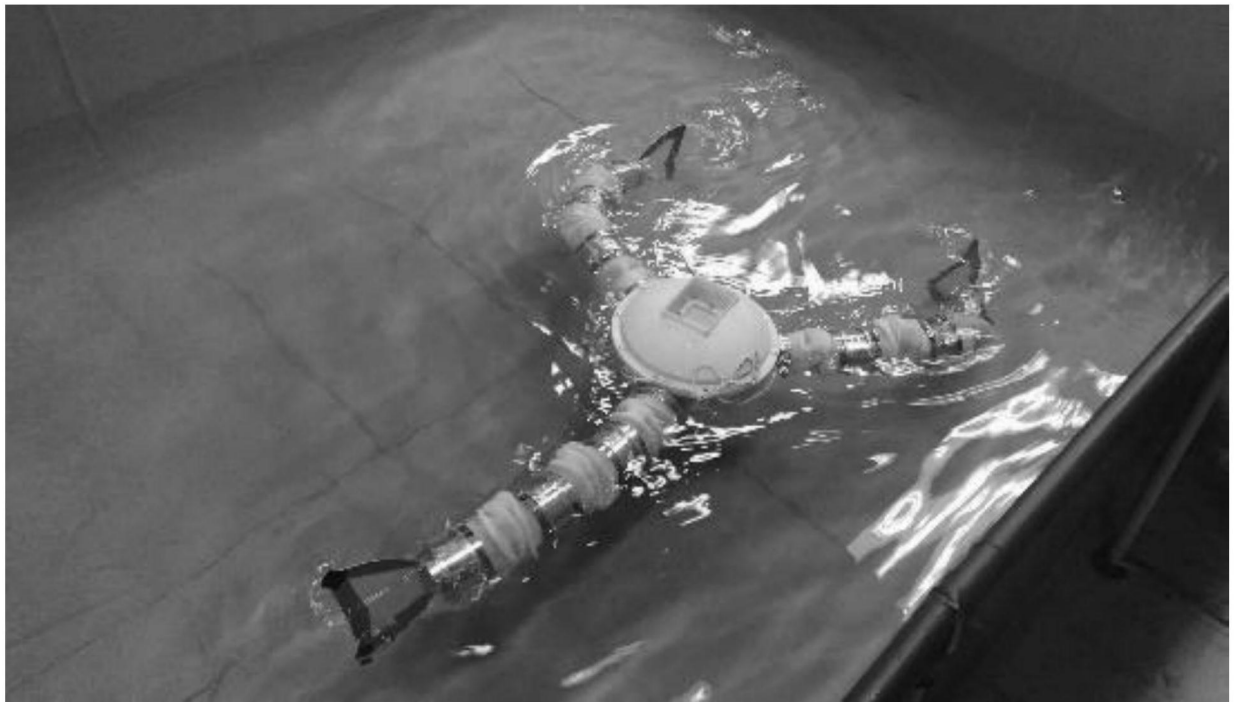


图18B

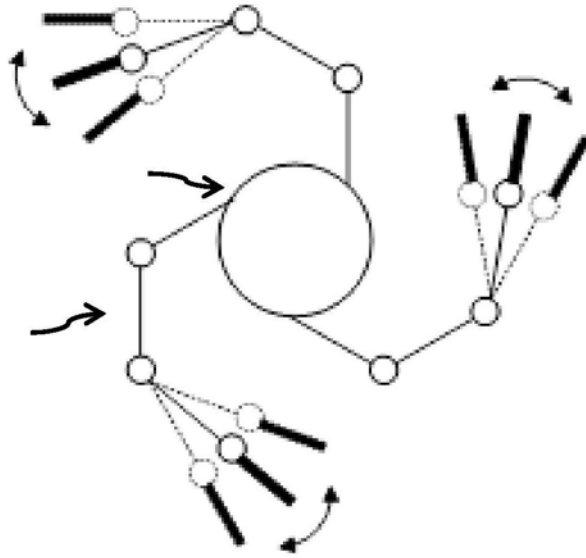


图19A



图19B

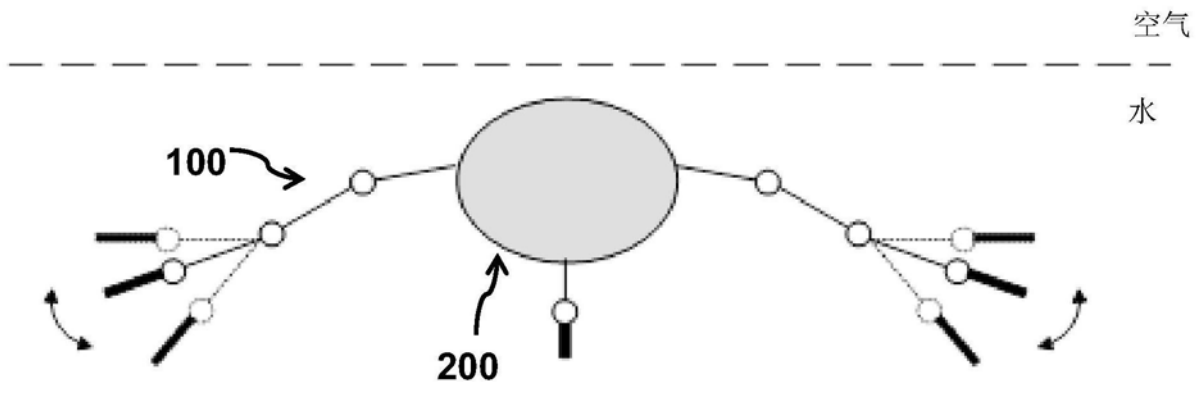


图20A

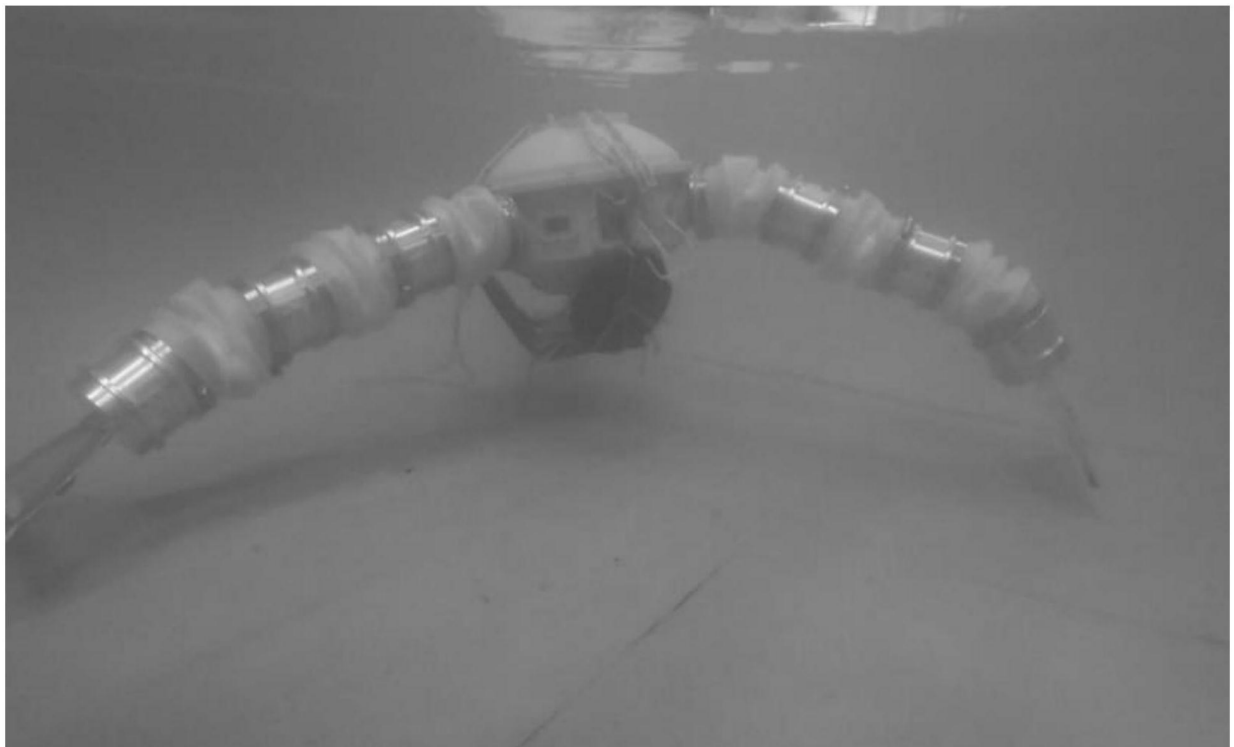


图20B

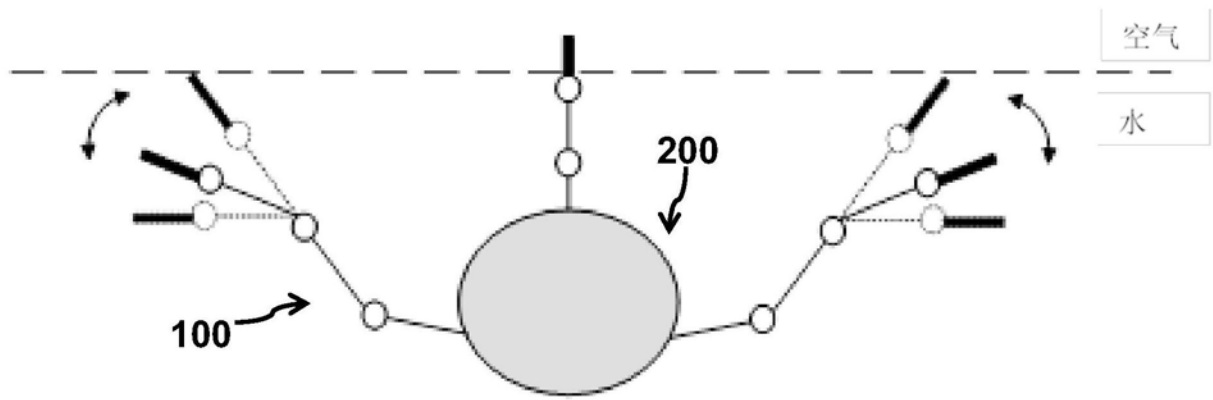


图21A

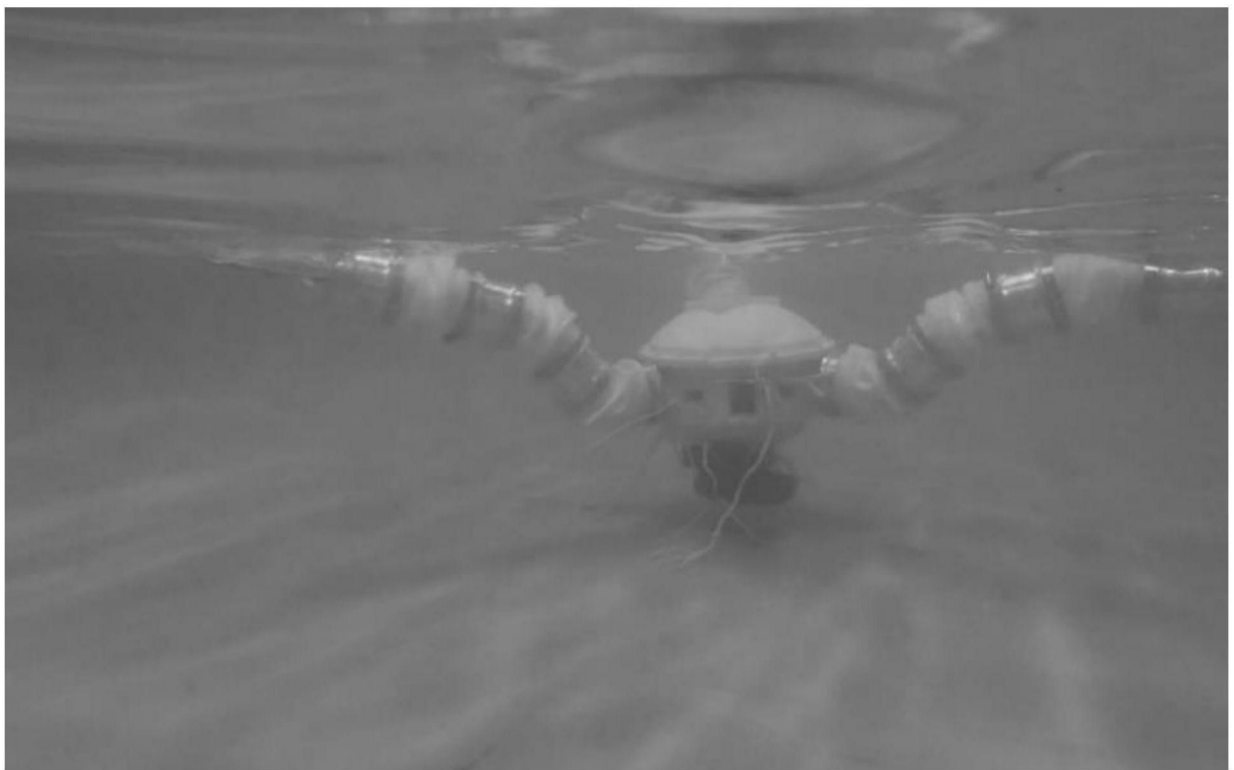


图21B

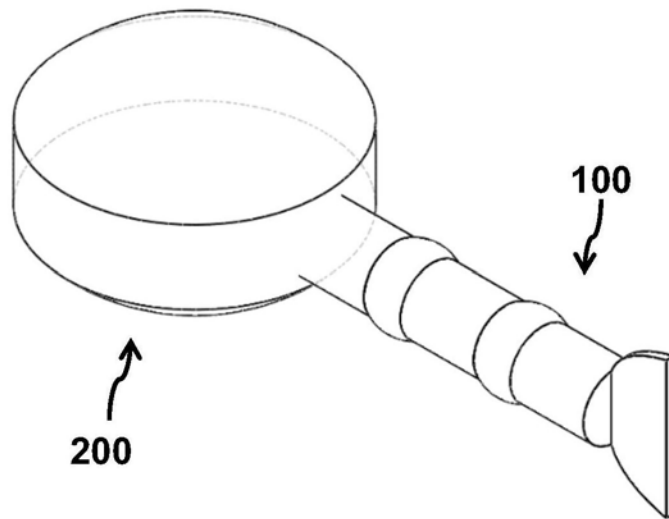


图22

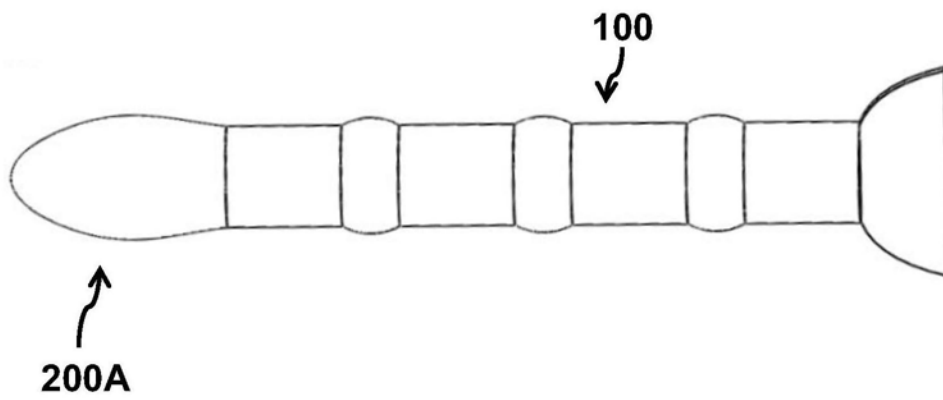


图23

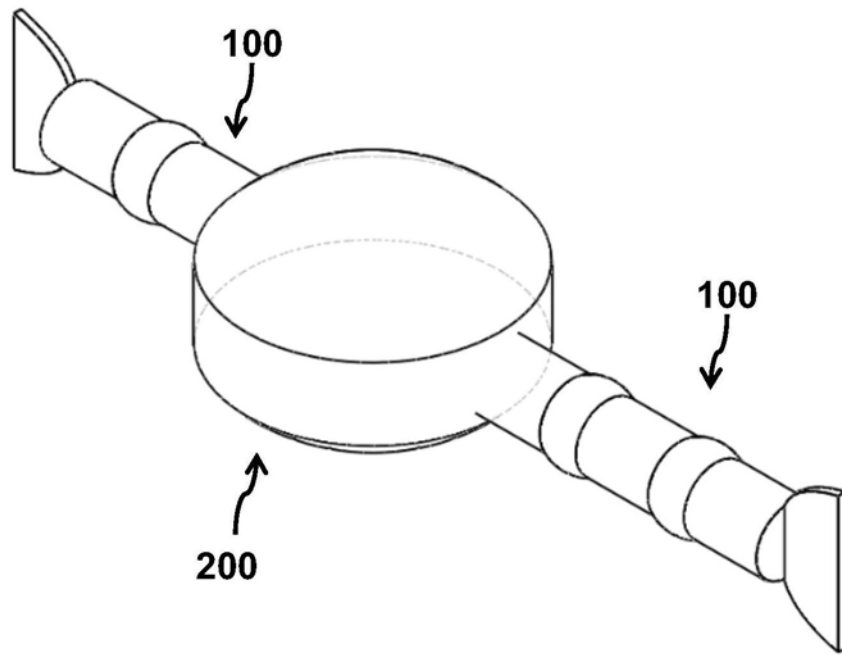


图24

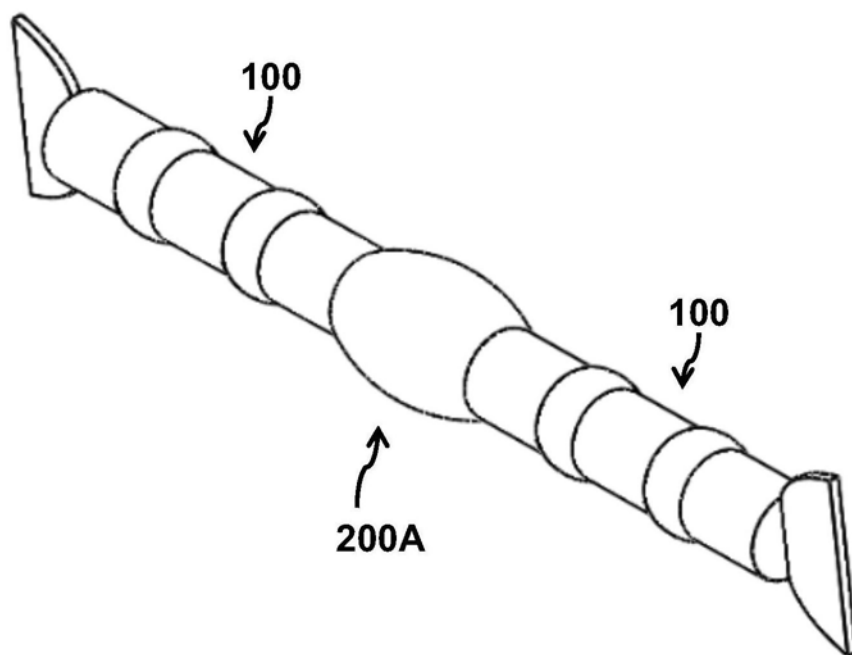


图25

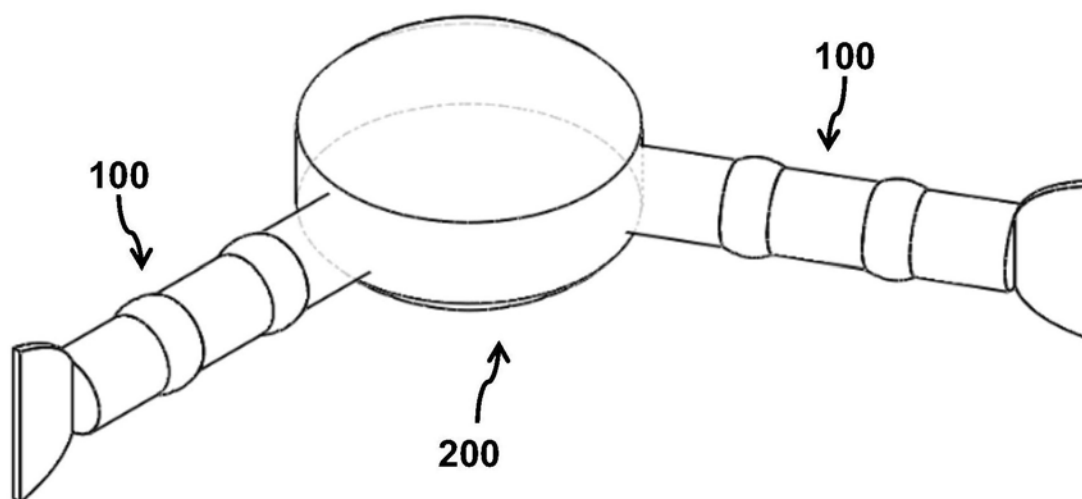


图26

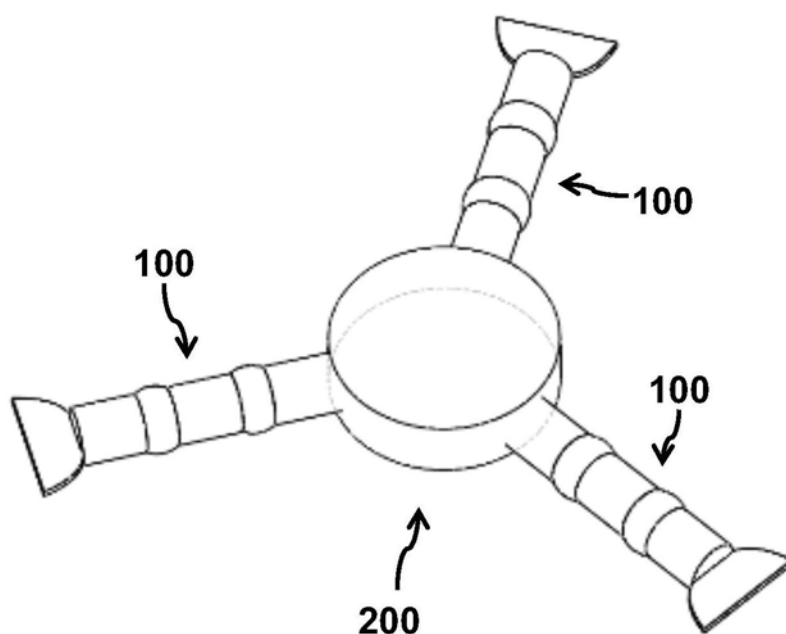


图27

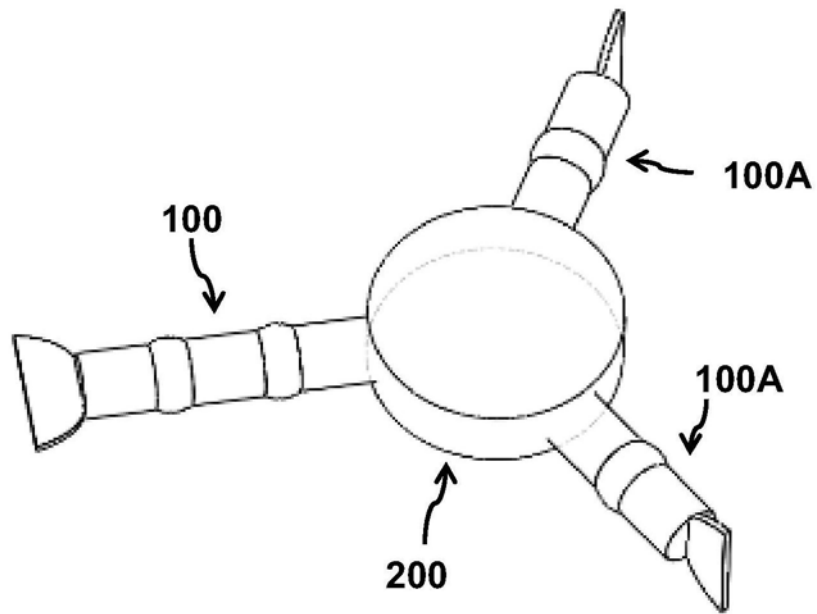


图28

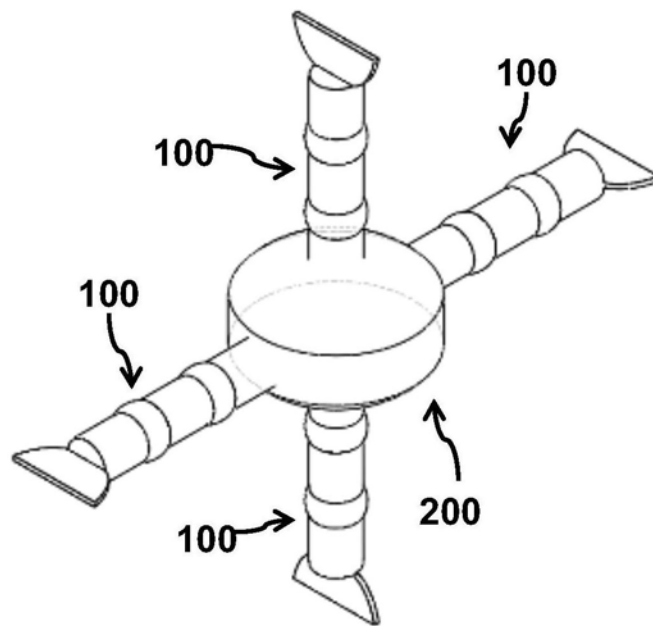


图29

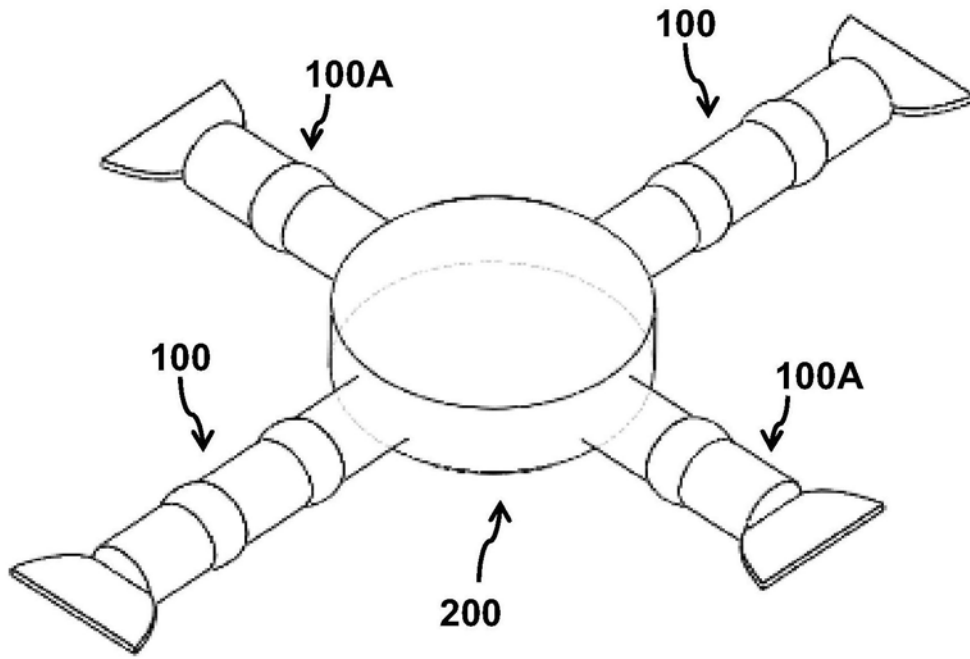


图30

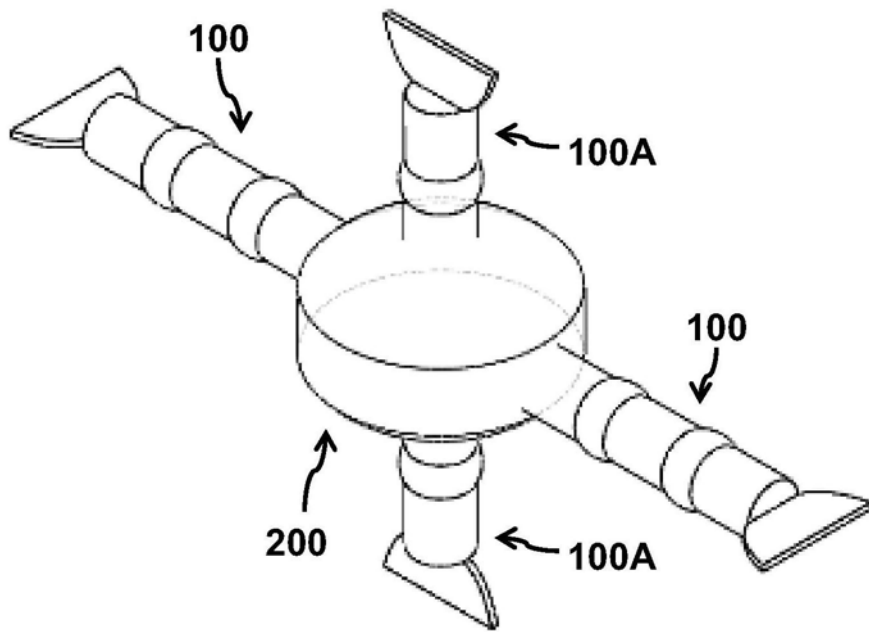


图31

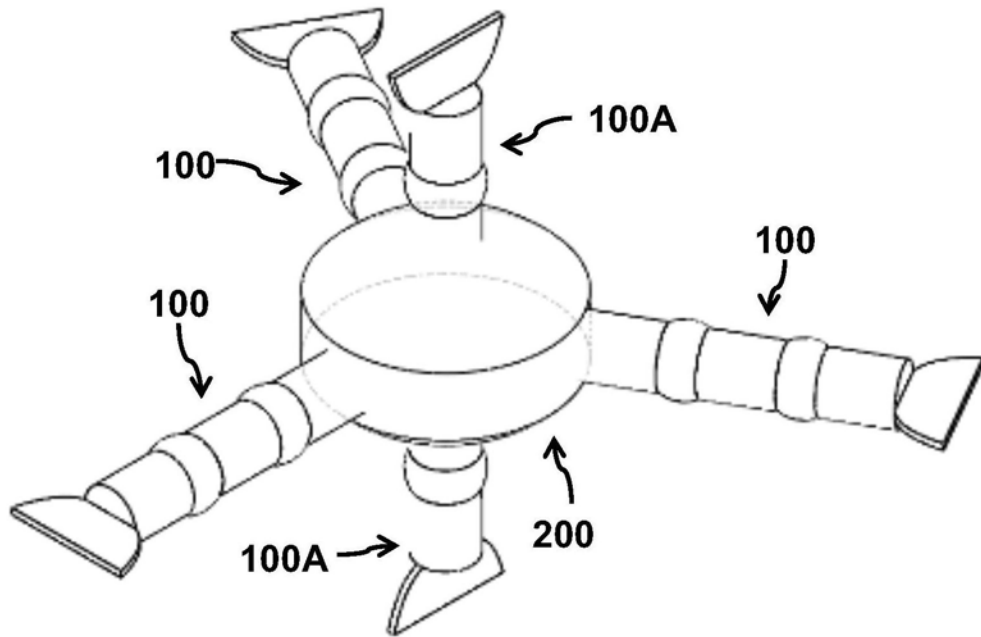


图32

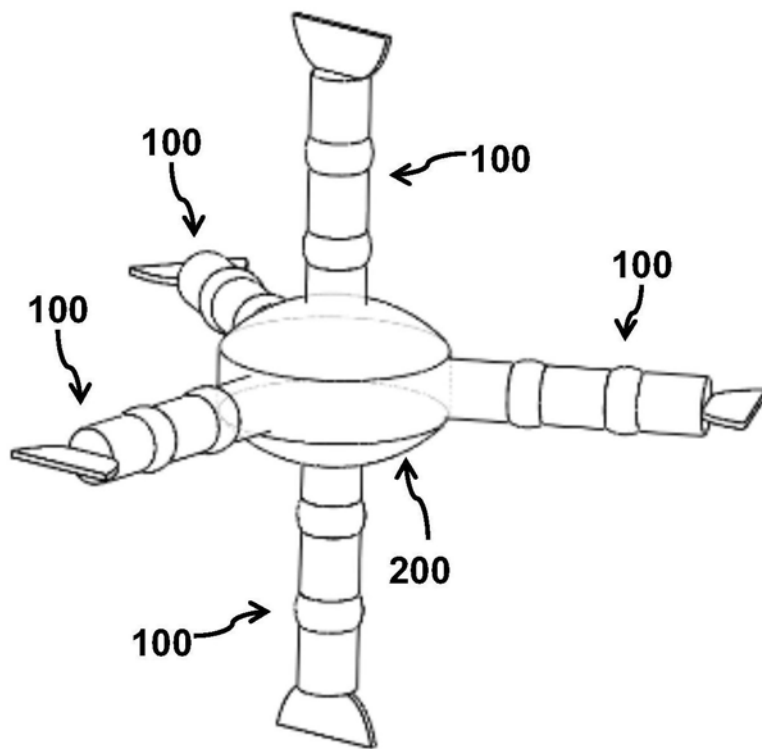


图33