



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114746647 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 21

(21) 申请号 202080081476.6

(22) 申请日 2020.12.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114746647 A

(43) 申请公布日 2022.07.12

(30) 优先权数据
102019000025057 2019.12.20 IT

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.05.24

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/087282 2020.12.18

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/123353 EN 2021.06.24

(73) 专利权人 艾斯科技公司
地址 德国贡岑豪森

(72) 发明人 马库斯·克普费尔
马蒂亚斯·彼得赖因斯
马库斯·卡格雷尔

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 黄霖

(51) Int. Cl.
F03G 7/06 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2005160858 A1, 2005.07.28
WO 2019097437 A1, 2019.05.23
US 2002069941 A1, 2002.06.13
CN 105164412 A, 2015.12.16

审查员 陈翔

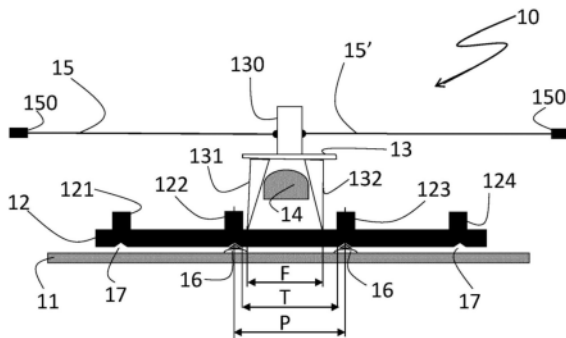
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

基于SMA的离散致动器

(57) 摘要

本申请涉及一种具有两个形状记忆合金线(15、15')的步进式离散致动器(10),所述两个形状记忆合金线(15、15')以对抗构型使用以驱动滑动件(13),该滑动件(13)通过齿接合指状物(131、132)使带齿元件(12)移动,齿接合指状物(131、132)在静置时间隔距离F,该距离F比相邻齿之间的距离T短足够的量,以用于使固定的指状物提升器(14)提升滑动件指状物(131、132)中的不接合可移动带齿元件(12)的滑动件指状物,使得滑动件指状物清除可移动带齿元件(12)的齿。



1. 一种步进式离散致动器(10;30;40;50),包括:

- 第一固定支承件(11;41;51;91),
- 第一可移动带齿元件(12;32;42;52),所述第一可移动带齿元件具有限定针对致动器离散步长的步距的恒定齿距P,
- 滑动件(13;33;43;53;73;83;93),所述滑动件用于通过交替接合所述第一可移动带齿元件的齿的第一对滑动件指状物(131、132;331、332;431、432;531、532)使所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52)移动,
- 第一固定的指状物提升器(14;34;44;54),所述第一固定的指状物提升器构造成提升第一对所述滑动件指状物(131、132;331、332;431、432;531、532)中的不接合所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52)的滑动件指状物,
- 两个形状记忆合金线(15、15';35、35';45、45';55、55';75、75';85、85';95、95'),所述两个形状记忆合金线以对抗构型连接,所述两个形状记忆合金线中的每个形状记忆合金线连接在第一端部处的固定端子(150、150';350、350';450、450';550、550';750、750';850、850';950、950')与第二端部处的所述滑动件(13;33;43;53;73;83;93)或连接至所述滑动件(13;33;43;53;73;83;93)的中间元件(78;88、89;96、97)之间,以便驱动所述滑动件(13;33;43;53;73;83;93),

其中,

-所述第一固定支承件(11;41;51;91)借助于彼此以所述步距P布置的第一组可释放锁定结构(16、17;46、46'、...、46ⁿ;56、57)联接至所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52),

-所述滑动件(13;33;43;53;73;83;93)构造成使得所述滑动件仅能够变形成远离所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52)而不朝向所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52)移动,

-由所述第一固定的指状物提升器(14;34、34';44;54)执行的提升由所述滑动件(13;33;43;53;73;83;93)在所述两个形状记忆合金线(15、15';35、35';45、45';55、55';75、75';85、85';95、95')中的一个形状记忆合金线致动时的运动而引起并且由沿着所述滑动件(13;33;43;53;73;83;93)的运动方向在正被提升的所述滑动件指状物(131、132;331、332;431、432;531、532)与沿着所述方向位于其上游的齿之间的间隙G而允许,使得所述滑动件指状物(131、132;331、332;431、432;531、532)能够越过所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52)的齿,

并且其中,

所述间隙被计算为 $G=n*P+T-F$,其中,

n是静置时容纳在所述滑动件指状物(131、132;331、332;431、432;531、532)之间的齿的数量,

P是齿距/步距,

T是两个相邻的齿之间的距离,以及

F是静置时所述滑动件指状物(131、132;331、332;431、432;531、532)之间的距离。

2. 根据权利要求1所述的步进式离散致动器(10;30;40;50),其中,所述第一组可释放锁定结构(16、17;46、46'、...、46ⁿ;56、57)是接合对应的凹部(17;57)的弹簧加载销(16;46、46'、...、46ⁿ;56)。

3. 根据权利要求2所述的步进式离散致动器(10;30;40;50),其中,所述弹簧加载销(16;46、46'、...、46ⁿ;56)固定在所述第一固定支承件(11;41;51)上并且所述凹部(17;57)形成在所述第一可移动带齿元件(12;32;42;52)中。

4. 根据权利要求1所述的步进式离散致动器(10;30),其中,所述第一可移动带齿元件(12;32)是线性齿条。

5. 根据权利要求4所述的步进式离散致动器(30),其中,所述步进式离散致动器(30)还包括:第二固定支承件;第二可移动带齿元件(32');第二对滑动件指状物(331'、332'),所述第二对滑动件指状物(331'、332')交替接合所述第二可移动带齿元件(32')的齿并且与所述第一对滑动件指状物(331、332)安装在同一滑动件(33)上;第二固定的指状物提升器(34');以及第二组可释放锁定结构,所述第二组可释放锁定结构将所述第二固定支承件联接至所述第二可移动带齿元件(32'),其中,所述第二固定支承件与所述第一固定支承件相同并且与所述第一固定支承件对称布置,所述第二可移动带齿元件与所述第一可移动带齿元件相同并且与所述第一可移动带齿元件对称布置,所述第二对滑动件指状物与所述第一对滑动件指状物相同并且与所述第一对滑动件指状物对称布置,所述第二固定的指状物提升器与所述第一固定的指状物提升器相同并且与所述第一固定的指状物提升器对称布置,以及所述第二组可释放锁定结构与所述第一组可释放锁定结构相同并且与所述第一组可释放锁定结构对称布置。

6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的步进式离散致动器(40;50),其中,所述第一可移动带齿元件(42;52)是带齿的轮。

7. 根据权利要求1至5中的任一项所述的步进式离散致动器(10;30;40;50),其中,所述形状记忆合金线(75、75';85、85')连接至中间元件(78;88、89),所述中间元件(78;88、89)是提供行程倍增器效应的杆。

8. 根据权利要求1至5中的任一项所述的步进式离散致动器,其中,所述形状记忆合金线(65)中的每个形状记忆合金线具有其连接至固定端子(650)的末端和连接至连接元件(6500)的中间部分,所述连接元件(6500)将所述形状记忆合金线连接至所述滑动件或承载所述滑动件的元件。

9. 根据权利要求1至5中的任一项所述的步进式离散致动器,其中,对抗的所述形状记忆合金线中的每个形状记忆合金线由以行程倍增器构型连接的一系列形状记忆合金线(65a、65b、65c)制成。

10. 根据权利要求1至5中的任一项所述的步进式离散致动器,其中,所述形状记忆合金线(95、95')作用在通过弹性元件(962'、972')连接至所述滑动件(93)的中间可倾斜元件(96、97)上,所述弹性元件(962'、972')是挠曲件或螺旋弹簧。

11. 根据权利要求1至5中的任一项所述的步进式离散致动器(10;30;40;50),其中,每个可移动带齿元件(12;32、32';42;52)的齿的数量包括在3与30之间。

12. 根据权利要求11所述的步进式离散致动器(10;30;40;50),其中,每个可移动带齿元件(12;32、32';42;52)的齿的数量包括在8与25之间。

13. 根据权利要求1至12中的任一项所述的步进式离散致动器(10;30;40;50)在流量管理装置或用于天线的定向或形式调节的装置中的用途。

基于SMA的离散致动器

[0001] 本发明涉及具有以对抗构型使用的至少两个形状记忆合金线的基于形状记忆合金(SMA)的步进式离散致动器。

[0002] 一般而言,基于形状记忆合金线的致动器呈现出各种优点比如低阻碍、低重量、低功耗,所有上述优点导致在更复杂的系统/装置中实现高度小型化和/或易于集成的可能性。

[0003] 在美国专利申请2005/0160858和美国专利7364211中示出了最近的基于SMA线的致动器的一些示例。所有这些参考文献均存在需要一种单独控制的机械锁的缺点。

[0004] 在美国专利申请2019/0288391和国际专利申请W0 2019/119454中给出了使用处于对抗构型的SMA线的致动器的一些其他示例,并且在两种情况下都需要供应电力以将致动器保持在新位置。这些解决方案还受到行程/位移的总体限制,因为这取决于形状记忆合金线的长度。

[0005] 以申请人名下的国际专利申请W0 2020/183360中描述了一种能够使用处于对抗构型的SMA线进行自锁的连续致动器。

[0006] 本发明的目的是提供一种能够使元件以离散步长移动的致动器,该致动器仅在致动器状态改变期间需要较高的电力供应,但需要少得多的电力来将致动器保持在新位置,并且在一些优选实施方式中不需要电力,并且在其第一方面中包括一种步进式离散致动器,该步进式离散致动器包括:

[0007] • 固定支承件,

[0008] • 可移动带齿元件,该可移动带齿元件具有限定致动器离散步长的恒定齿距,

[0009] • 滑动件,该滑动件用于通过接合可移动带齿元件的两个指状物使可移动带齿元件移动,滑动件能够单向弯曲,

[0010] • 固定的指状物提升器,

[0011] • 一对形状记忆合金线,所述一对形状记忆合金线处于对抗构型以用于驱动滑动件,

[0012] 其中,固定支承件借助于具有与所述步距相等的恒定间隔的可释放锁定结构联接至可移动带齿元件,并且其中,滑动件指状物距离在静置时足够短于可接合齿之间的距离以允许指状物提升器提升滑动件指状物。

[0013] 将借助于以下附图对本发明进行进一步的说明,在附图中:

[0014] • 图1是根据本发明的第一实施方式的致动器的示意性横截面图,

[0015] • 图2A至图2E示出了图1中所示的致动器在不同的致动状态下的示意性横截面图,

[0016] • 图3A至图3C示出了根据本发明的第二实施方式的致动器在不同的致动状态下的示意性横截面图,

[0017] • 图4是根据本发明的第三实施方式的致动器的示意性横截面图,

[0018] • 图5A至图5D示出了根据本发明的第四实施方式的致动器的示意性横截面图和俯视图,

- [0019] • 图6A至图6D示出了用于根据本发明的致动器的示例性形状记忆合金线构型，
- [0020] • 图7A至图7B示出了形状记忆合金线与滑动件之间的第一示例性替代性连接的示意图，
- [0021] • 图8A至图8B示出了形状记忆合金线与滑动件之间的第二示例性替代性连接的示意图，
- [0022] • 图9A至图9B示出了形状记忆合金线与滑动件之间的第三示例性替代性连接的示意图。

[0023] 在附图中，在一些实例中示出的各种元件的大小和尺寸比已被改变，以便帮助理解附图，特别是但非排他性地涉及相对于致动器的其它元件而言的SMA线直径，并且此外，诸如电流供应源、致动器壳体/封围件等对于理解发明非必须的一些辅助元件因其为本技术领域已知的手段而未示出。

[0024] 本发明采用形状记忆合金线作为有源元件，在该方面已知的是，形状记忆合金的特征在于在两相、即在较低温度下稳定的所谓马氏体相和在较高温度下稳定的所谓奥氏体相之间的结构转变。因此，形状记忆合金的特征在于四个温度 M_f 、 M_s 、 A_s 、 A_f ，其中， M_f 是下述温度：低于该温度，形状记忆合金完全处于马氏体相、即形状记忆合金具有马氏体结构， A_f 是下述温度：高于该温度，形状记忆合金完全处于奥氏体相、即形状记忆合金具有奥氏体结构， M_s 是下述温度：低于该温度，形状记忆合金开始从奥氏体转变成马氏体，并且 A_s 是下述温度：高于该温度，形状记忆合金开始从马氏体转变成奥氏体。由形状记忆合金制成的线可以被锻练成在温度从低于 M_f 改变成高于 A_s 时以及在温度从高于 A_s 改变成低于 M_f 时改变它们的形状。SMA线的处理和锻练是本领域周知的过程，如由追溯到2004年秋天的锻练部分“ME559-Smart Materials and Structures (ME559-智能材料和结构)”的论文“Shape Memory Alloy Shape Training Tutorial (形状记忆合金形状锻练教程)”所例示的。

[0025] 本发明使用处于对抗构型的形状记忆合金线来赋予期望的滑动件位移，在该方面，相对于马氏体(低温)，处于其奥氏体相(高温)的形状记忆合金线越多，形状记忆合金线将施加的牵引力就越高。形状记忆合金的操作原理的细节对本领域普通技术人员而言是公知的，例如参见于2001年发表在PERIODICA POLYTECHNICA SER.MECH.ENG.第45卷，第1期，75至86页上的论文“Fundamental characteristics and design method for nickel-titanium shape memory (用于镍钛形状记忆的基本特性和设计方法)”，而关于对抗形状记忆合金线的控制的更多细节例如可以在于2011年8月28日至2011年9月2日在米兰(意大利)举行的第18届IFAC世界大会的预印本上公布的文章“Design and Control of a Shape Memory Alloy Actuator for Flap Type Aerodynamic Surfaces (用于襟翼型空气动力学表面的形状记忆合金致动器的设计和控制)”中找到。

[0026] 如上所述，处于奥氏体状态、即处于包括在 A_s 与 A_f 之间的温度的线将缩短，因此将力施加在滑动件上从而沿收缩方向拉动滑动件，而另一SMA线处于马氏体状态、即处于包括在 M_s 与 M_f 之间的温度。形状记忆合金线将在这样的致动温度下交替，首先驱动滑动件以用于推动可移动带齿元件，并且然后使滑动件回到滑动件的静置位置，同时将可移动带齿元件留在新位置，使得一旦滑动件回到中央/静置位置，形状记忆合金线都将处于马氏体状态。

[0027] 图1中示出了根据本发明的第一实施方式的致动器10的示意性横截面图。

[0028] 致动器10包括固定支承件11,固定支承件11联接至可移动带齿元件、在这种情况下是带齿齿条12,其中,联接是借助于由形成在带齿齿条12上的凹部17表示的可释放锁定结构来实现的,固定在固定支承件11上的弹簧加载销16(仅示出两个弹簧加载销16)接合到凹部17中以保持可移动带齿齿条12。所述锁定结构16、17的恒定间隔等于带齿齿条12的齿距P、即带齿齿条12的齿121、122、123和124的中心之间的恒定距离。

[0029] 滑动件13的两个接合指状物131、132布置在带齿齿条12的两个相邻的齿之间的间隔T内。滑动件13的承载指状物131、132的部分构造成仅能够在一个方向上(在这种情况下向上)弯曲,其中,弯曲是由所述指状物131、132中的一个指状物在借助于布置成处于对抗构型的两个SMA线15、15'使滑动件13移动时接触固定的指状物提升器14时所施加的力而引起的。更具体地,滑动件13还包括用于固定两个SMA线15、15'中的每一者的第一末端的杆130,而第二末端通过合适的端子150、150'连接至致动器10的另一固定元件(未示出)。

[0030] 图1中所示的可移动带齿齿条12具有四个齿121、122、123、124,但是本发明不限于特定数量的齿,这种数量优选地包括在3与30之间,并且最有用地包括在8与25之间。

[0031] 值得注意的是,该系统需要用于可移动带齿齿条的每个离散步长的可释放锁定结构,但是这不限于具有固定到固定支承件11上的弹簧加载销16以及形成在可移动带齿齿条12上的与齿相对应的接合凹部17(或者具有固定到固定支承件11上的接合凹部17以及形成在可移动带齿齿条12上的与齿相对应的弹簧加载销16),尽管这对于线性带齿齿条而言是优选的。更具体地,凹部可以相对于齿偏移、例如安置在齿之间,或者可以存在由不同的弹簧加载销一次一个地接合的单个凹部,或者反之可以存在一次一个地接合不同的凹部的单个弹簧加载销(将进一步提供后一种联接类型的示例)。

[0032] 要强调的是,术语“固定”在致动器的上下文中应被解释为其他装置的部件或子组件,由此它们可以安装到可移动元件上,使得固定元件是相对于致动器、即致动器的可移动部分和致动器的有源致动元件(形状记忆合金元件)的动作固定的元件。在最常见的构型中,固定元件被嵌入致动器壳体或成为致动器壳体的一部分。

[0033] 在本发明的上下文中,“单向可弯曲”是指滑动件13的指状物承载部分被构造成使得其仅可以变形成远离带齿齿条12而不能朝向带齿齿条12移动。

[0034] 图1中所示的致动器的操作原理在图2A至图2E中进一步图示。

[0035] 在图2A中,致动器10在起始状态下处于静置,其中,两个对抗的形状记忆合金线15、15'的长度相等。

[0036] 在图2B中,形状记忆合金线15处于更高的致动状态(即,更热),变得更短并且开始将滑动件13向左拉动,并且因此左接合指状物131将齿122向左推动,从而也通过使弹簧加载销16和凹部17偏移而引起锁定结构的释放。同时,右接合指状物132撞击到固定的指状物提升器14上,并且由于其支承件的单向可弯曲特征而被提升到齿123上方,并且因此不干扰带齿齿条12并且允许带齿齿条12向左移动。

[0037] 图2C示出了可移动带齿齿条12已经到达新的平衡位置的情况。在这种情况下,形状记忆合金线15仍处于较高温度并且锁定结构被接合,这意味着弹簧加载销16与可移动带齿齿条12的凹部17对准。

[0038] 图2D示出了致动器系统开始恢复以便能够向可移动带齿齿条12赋予新的位移,在这种中间情况下,左指状物131由于滑动件13的单向弯曲而被齿123提升,而右指状物132仍

然由固定的指状物提升器14保持提升。因此,在这种情况下,滑动件指状物131和132不对带齿齿条12的齿施加任何显著的力,由此滑动件13可以朝向中心返回,而不引起带齿齿条12的任何位移。

[0039] 图2E示出了致动器10准备好引起带齿齿条12在形状记忆合金线15被加热的情况下向左的另一位移,或者在形状记忆合金线15'被加热的情况下向右的另一位移。

[0040] 竖向虚线表示处于致动器的中间并且穿过指状物提升器14的中间的起始位置。

[0041] 图1至图2E中所示出的致动器的特征在于处于静置时在滑动件指状物131、132之间具有距离F,该距离F短于带齿的可移动元件12的齿之间的距离T,并且使得指状物在被指状物提升器14提升时可以清除齿。此外,滑动件指状物的长度、齿距P和指状物提升器的位置被设计成使得指状物提升器始终保持在指状物之间。

[0042] 弹簧加载销和对应的凹部是对于可释放锁定装置而言最有用的构型,更具体地是对于将可移动带齿齿条保持就位直至施加设定力为止、即直至SMA作用线供应有电流并超过其 A_s 温度为止的锁定装置而言最有用的构型。可释放锁定装置的其他合适的示例可以是具有金属凹口的板簧、包覆模制的凹口、橡胶销、弹簧加载钢、陶瓷球或者具有安装到固定支承件上的第一极性的磁体和安装到可移动带齿齿条上的相反极性的磁体(或安装到可移动带齿齿条上的第一极性的磁体和安装到固定支承件上的相反极性的磁体)的磁性联接件。重要的是,在固定支承件或可移动带齿齿条中的至少一者上,磁体处于步距,并且优选地磁体的数量等于步长的数量并且磁体在固定支承件和可移动带齿齿条两者上都处于步距。

[0043] 在替代但较不优选的实施方式中,由SMA线、VCM或压电供以电力的有源阻断元件可用作可释放锁定装置,尽管这将使本发明的两个技术优点中的一个技术优点消失,另一技术优点仍然存在并且与在平衡期间将SMA线保持处于马氏体状态所需的低电力相关。

[0044] 图1至图2E的以上描述允许解释“可接合齿”的概念,如在致动器的静置位置(图1的居中构型)可以通过拉动的形状记忆合金线的收缩被推动的那两个齿。由于系统是对称的,因此齿可以是滑动件指状物131的左侧的齿122(在从SMA线15拉动的情况下)或滑动件指状物132的右侧的齿123(在从SMA线15'拉动的情况下)。

[0045] 以上描述还解释了为什么致动器在可接合齿距离T与滑动件指状物距离F之间没有足够差异的情况下不能工作。更具体地,如果在形状记忆合金线15缩短时T基本等于F,则滑动件13将趋向于向左移动,因此左指状物131将推动齿122,但是同时一旦指状物132撞击在固定元件14上,则右指状物132将阻挡齿123(即,在滑动件13的运动方向上位于指状物132上游的齿)的运动。

[0046] 本发明不限于间隙 $G=T-F$ 的具体值,只要其允许滑动件指状物上升即可,最小间隙G被设计成使得指状物可以由指状物提升器提升,同时考虑到生产过程的公差。本领域普通技术人员通过简单的三角函数评估容易辨别间隙G的最合适值的确定。在最简单的构型中,考虑到处于“静置”位置(如图2A)的接合指状物的梢部与可移动带齿齿条接触,间隙G应当至少由可移动齿条的齿的高度给出,但是在接合指状物的梢部与可移动带齿齿条不接触的情况下,则间隙可以相应地减小。

[0047] 图3A至图3C中示出了根据本发明的第二实施方式的致动器30在不同的致动状态下的示意图,其中,仅表示了最相关的结构变型。

[0048] 更详细地,如图3A所示,致动器30包括两个相同的可移动带齿齿条32、32',可移动带齿齿条32、32'各自由相同的一对接合指状物331、332和331'、332'驱动,接合指状物331、332和331'、332'由相同的指状物提升器34、34'提升,其中,两对指状物连接至同一滑动件33。滑动件33的运动由一对形状记忆合金线35、35'驱动,所述一对形状记忆合金线35、35'经由端子350、350'以对抗构型连接至固定的致动器壳体(未示出)。如已经提及的,元件中的对于理解该实施方式的操作不是必需的一些元件、比如两个固定支承件和对应的可释放锁定结构没有被示出。

[0049] 在图3B中,左侧形状记忆合金线35相对于右侧形状记忆合金线35'处于较高的驱动状态、即其温度升高至高于 A_s ,因此SMA线35将滑动件33向左拉动。由于该运动,指状物331和331'将带齿齿条32和32'向左移动,而指状物332和332'由于与滑动件33的铰接连接由于撞击到固定的指状物提升器34、34'上而上升。

[0050] 图3C示出了可移动带齿齿条32、32'借助于由于形状记忆合金线35'的拉动而向右移动的滑动件33从初始位置的相反运动。图3B和图3C中的形状记忆合金线35、35'的致动状态(即较热的线)是相反的。

[0051] 图3的第二实施方式与图1至图2E的第一实施方式的不同之处不仅在于通过添加对称布置的第二可移动齿条32' (具有相关的接合指状物331'和332'、固定的指状物提升器34'、固定支承件和可释放锁定结构) 而实现结构的重复,而且不同之处还在于指状物之间的大于带齿齿条齿距P的距离。

[0052] 在该构型中,齿321、321'、322、322'是可移动带齿元件32、32'处于静置位置(居中构型)时的可接合齿,而其他四个齿容纳在滑动件指状物之间。因此,在这种情况下,所需的间隙G不是简单地等于 $T-F$,而是等于 $4P+T-F$,并且因此,通式将是 $G=n*P+T-F$,其中,n是在静置时容纳在滑动件指状物之间的齿的数量。该公式也适用于第一实施方式,考虑到在那种情况下 $n=0$ (在静置时滑动件指状物距离F小于带齿齿条齿距P)。

[0053] 根据本发明的致动器不限于线性构型,例如如在图4的横截面图中所示出的。在这种情况下,致动器40具有筒形对称性,并且固定元件是联接至同心的可移动的带齿的轮/齿轮42的固定的筒形中央支承件41。联接是借助于弹簧加载销46、46'、...46ⁿ实现的,弹簧加载销46、46'、...46ⁿ在图4的静置状态下、即在两个形状记忆合金线45、45'处于平衡状态(相同的较低温度)时与带齿的轮42的齿421、422、...42n相对应。形状记忆合金线45、45'处于对抗构型,每个形状记忆合金线45、45'分别连接至滑动件43的一侧并且连接至固定端子450、450'。

[0054] 与第一实施方式类似,同样在该第三实施方式中,两个接合指状物431、432具有小于带齿的轮距离T的距离F,利用固定的指状物提升器44提升接合指状物而不推动带齿的轮的齿,并且工作原理与图2A至图2E的工作原理完全相同,从线性几何形状转换成筒形几何形状。在该构型中,齿421和422是可移动带齿元件42的可接合齿。

[0055] 图5A至图5D的第四实施方式中示出了图4的实施方式的变型,其中,同样在这种情况下,致动器50包括作为可移动带齿元件的带齿的轮52。与安置在带齿的轮52的中心的枢转元件52'连接的滑动件53的位置由两个对抗的形状记忆合金线55、55'的作用控制,两个对抗的形状记忆合金线55、55'各自连接至固定端子550、550'并且布置成呈倒V形形状以允许滑动件53围绕枢轴52'旋转。

[0056] 如在图5C和图5D的局部俯视图中更好地示出的,滑动件53设置有两个指状物531、532,两个指状物531、532以可旋转的方式安装在与滑动件53正交并在带齿的轮52上方延伸的轴58上,使得第一指状物531位于近端位置并且第二指状物532位于远端位置、即两个指状物可以在与轴58正交的两个不同的平行平面中独立地旋转。固定的指状物提升器54安装在固定支承件51上,固定支承件51位于带齿的轮52的相对于滑动件53的相反侧,并且因此在图5A、图5B的正视图中是不可见的。所述指状物提升器54在平面图中呈大致S形形状,具有与带齿的轮52的宽度相同的中央宽部部分和具有所述宽度的一半并分别向右和向左延伸的两个窄部部分541、542(如参见图5C、5D),此外还具有用于连接至固定支承件51的支承部分543。应当注意的是,指状物531、532在图5C和图5D中以半透明的方式被描绘,以便允许更好地理解指状物提升器54的S形形状,并且显然该系统可以通过切换指状物531、532的位置并将指状物提升器54的S形形状反转而以类似镜像的方式制成。

[0057] 更具体地,如图5A和图5B的正视图更好地示出的,两个指状物531、532呈大致逗号形形状并且在其较大“头部”处以相反布置安装在轴58上,它们的凹侧彼此面对,并且它们的较细“尾部”在图5A的静置位置中延伸到弧形指状物提升器54下方,其中,两个指状物531、532分别抵靠指状物提升器54的两个窄部部分541、542的近端端部并且布置在带齿的轮52的可接合齿521、522之间(显然具有足够的间隙G,如上面所讨论的)。滑动件53还设置有两个板簧53'、53'',两个板簧53'、53''在指状物531、532的顶部上以倒V形布置延伸,其中,中央安装件与轴58对准,所述板簧53'、53''的位置和倾斜度使得在图5A的静置位置中所述板簧53'、53''分别接触指状物531、532,从而为指状物531的逆时针旋转和指状物532的顺时针旋转提供小的偏压。因此,指状物531、532的旋转在一个方向上完全受到带齿的轮52的限制,而在另一方向上部分受到可以弹性变形的板簧53'、53''的限制。

[0058] 如图5B和图5D所示,在致动第一形状记忆合金线55时,滑动件53被拉向左侧,因此逆时针旋转,并且这导致第一指状物531撞击在齿521上,从而导致带齿的轮52通过将安装在固定支承件51上的弹簧加载销56(黑点)从沿着带齿的轮52内部的圆设置的凹部57中的一个凹部断开接合而解锁。弹簧加载销56允许与固定支承件51联接,固定支承件51可以具有任何形状(只要其将指状物提升器54和销56保持在它们的正确位置)并且处于与带齿的轮52平行的平面中。

[0059] 在滑动件53向左移动期间,第二指状物532将由固定的指状物提升器54的窄部部分542提升,因此逆时针旋转并且使板簧53''变形。以这种方式,指状物532位于指状物提升器54的顶部上并且不干扰带齿的轮52的逆时针旋转,这将持续直到弹簧加载销56接合下面的凹部57为止。

[0060] 在用以恢复图5A的静置位置的返回行程期间,指状物532沿着窄部部分542滑动,而指状物531通过顺时针旋转并且使板簧53'变形而爬过齿522。由于系统的对称性,当第二形状记忆合金线55'被致动成用于使带齿的轮52顺时针旋转时,操作是相同的,仅运动/旋转反向,即指状物532接合齿522并且指状物531通过使板簧53'变形而被提升到窄部部分541上。

[0061] 因此,图5的第四实施方式与图4的第三实施方式具有以下这些主要区别:

[0062] • 安装在固定元件上的单个锁定销交替地接合设置在带齿的旋转元件上的圆中的不同凹部。

[0063] • 固定支承件和带齿的旋转元件位于不同的平面上。

[0064] • 两个指状物位于不同的平面上。

[0065] • 滑动件安装在带齿的旋转元件的枢轴上。

[0066] 本发明不限于使用处于对抗构型的两个线性形状记忆合金线,因为用于将其连接至滑动件和固定表面的多种构型是可能的。

[0067] 在图6A至图6D的示意图中示出了更有用的构型。

[0068] • 图6A:单个形状记忆合金线65在端子650与将单个形状记忆合金线65连接至滑动件(未示出)或承载滑动件的元件的元件6500之间处于线性构型,这是最简单的构型并且在图1至图5所表示的致动器实施方式中所示的构型。

[0069] • 图6B:单个形状记忆合金线65处于“U形”构型,其中,其末端部分连接至端子650,并且其中间部分围绕连接元件6500卷绕。

[0070] • 图6C:两个形状记忆合金线65a、65b会聚到连接元件6500的同一点上;替代性地,同一附图可以表示处于“V形”构型的单个形状记忆合金线,其中,形状记忆合金线的部分65a、65b中的每个部分将端子650与连接元件6500的同一点连接。

[0071] • 图6D:三个形状记忆合金线65a、65b、65c处于比如在US 6574958中描述的行程倍增器构型,其中,仅第三SMA线65c的末端中的一个末端连接至连接元件6500。

[0072] 本发明不限于将形状记忆合金线连接到滑动件上的特定方式,更具体地,处于对抗构型的形状记忆合金线可以直接连接至滑动件,如图1至图4的实施方式中所示的,或者处于对抗构型的形状记忆合金线可以与连接至滑动件的元件连接,如图5中所示。

[0073] 在图7A和图7B中示出了这种中间连接件的另一非限制性示例。在这种情况下,对抗形状记忆合金线75、75' 对准并且连接在固定端子750、750' 与旋转臂78之间,旋转臂78通过第一枢轴78' 连接至固定元件(未示出),而滑动件73又通过第二枢轴78'' 连接至旋转臂78。利用这种布置,实现了行程倍增效应,因为SMA线75' 向右收缩一定量 s_1 将使滑动件73向左移位一由 $s_2 = s_1 * L_2 / L_1$ 给出的距离,其中, L_1 是第一枢轴78' 与形状记忆合金线75、75' 的对准线之间的距离,并且 L_2 是枢轴78' 与78'' 之间的距离。

[0074] 与参照图7A和图7B所描述的类似,图8A和图8B中示出了实现行程倍增效应的中间连接件的另一示例,其中,对抗线85、85' 彼此平行但不完全对准。第一形状记忆合金线85的末端连接至固定端子850和第一可旋转臂88的上部部分,并且类似地,第二形状记忆合金线85' 的末端连接至固定端子850' 和第二可旋转臂89的上部部分。每个可旋转臂88、89通过第一枢轴88'、89' 连接至固定元件(未示出),并且通过第二枢轴88''、89'' 连接至滑动件83,滑动件83定形状成具有两个向下延伸的指状物831、832,而不是具有固定至滑动件83的指状物831、832。

[0075] 图8B示出了在形状记忆合金线85的牵引力作用下使得臂88围绕枢轴88' 顺时针旋转的系统。另一形状记忆合金线85' 不对第二臂89施加任何力,因此,第二臂89同样由于通过两个第二枢轴88'' 和89'' 传输的滑动件83的向左的运动而围绕枢轴88' 顺时针旋转。

[0076] 图9A和图9B中示出了中间连接件的第三示例,其中,滑动件93在可移动支承件92的面向与其平行的固定元件91的一侧正交地固定至可移动支承件92。两个可倾斜结构96、97在靠近所述元件91、92的端部的位置处正交地布置在所述元件91、92之间,并且可倾斜结构96、97通过与可倾斜结构96、97平行的两对相应的挠曲件961、961' 和971、971' 连接至所

述元件91、92。与可倾斜结构96、97正交的其他两对相应的挠曲件962、962'和972、972'分别可将可倾斜结构96、97连接至固定元件91和滑动件93。一对对抗形状记忆合金线95、95'分别连接在安装在固定元件91上的端子950、950'与靠近其的可倾斜结构96、97的末端之间,所述线95、95'被布置成平行于第二对挠曲件962、962'和972、972'。

[0077] 图9A示出了处于其“静置”位置的滑动件93,而图9B示出了滑动件导引系统在形状记忆合金线95的作用下、即在形状记忆合金线95缩短时如何改变。在这种情况下,可倾斜元件96的近端末端被拉向固定元件91使得所有挠曲件将弯曲并且施加力。挠曲件的组合作用导致第二可倾斜元件97大致平行于第一可倾斜元件96的倾斜,并且导致可移动支承件92相对于固定元件91的平行位移。

[0078] 要强调的是,图9A仅示出了用于通过处于对抗构型的形状记忆合金线和弹性元件的组合作用来驱动滑动件93的示例性构型。因此,本发明不限于弹性元件(挠曲件)的类型或它们的布置,因为本领域技术人员可以容易地且无需创造性练习即可基于该原理立即设计出替代的驱动构型。例如,标准螺旋弹簧可以代替挠曲件,并且布置可以从如图9A所示的方形/平行改变为倾斜/菱形,其中,两个顶点位于可倾斜元件96和97上,一个顶点位于固定元件91上,一个顶点位于可移动支承件92上。

[0079] 本发明不限于特定类型的形状记忆合金线,即使从几何学角度来看,使用直径包括在25 μm 与500 μm 之间的SMA线是有用的。在这方面,重要的是要强调,由于形状记忆合金线是真实物体,可能偏离圆形截面,因此术语“直径”意在作为最小的围封圆的直径。

[0080] 尽管本发明不限于任何特定的形状记忆合金,但是优选的是使用Ni-Ti基合金、比如根据其加工可以交替地表现出超弹性行为或形状记忆合金行为的镍钛诺。镍钛诺的特性和允许实现这些特性的方法对本领域技术人员而言是公知的,例如参见Dennis W. Norwich在SMST 2010会议上发表的文章“A Study of the Properties of a High Temperature Binary Nitinol Alloy Above and Below its Martensite to Austenite Transformation Temperature (高温二元镍钛合金高于和低于其马氏体到奥氏体转化温度的特性的研究)”。

[0081] 镍钛诺可以如此使用或者其在转变温度方面的特性可以通过添加诸如Hf、Nb、Pt、Cu之类的元素来调整。材料合金及其特性的正确选择是本领域技术人员公知的,例如参见:

[0082] <http://memry.com/nitinol-iq/nitinol-fundamentals/transformation-temperatures>

[0083] 另外,形状记忆合金线可以“本身”使用或与涂层/护套一起使用以改善形状记忆合金线的热管理、即形状记忆合金线在被致动之后的冷却。涂层护套可以是均匀的,比如在US 9068561中所描述的,其教导了如何通过借助于作为热导体的电绝缘涂层来管理余热,而US 6835083描述了具有封围护套的形状记忆合金线,该封围护套能够改善每个致动循环之后的冷却。还可以有利地使用如在US 8739525中描述的由相变材料制成或包含相变材料的涂层。

[0084] 根据本发明的致动器最有利地用于需要以高的力和有限空间进行调节的应用中,其中,快速响应不是问题或需要处理的关键方面。根据本发明的致动器可以代替因力原因而附接齿轮箱的步进马达致动器,或者它们可以用于热控制应用的流体和空气流量管理,并且另一受关注的使用领域是移动天线中的元件以修改波束方向和形式。尽管如此,由于

装置尺寸可扩展至微观级或宏观级,因此在消费电子和医疗行业中的其他应用也是可行的。

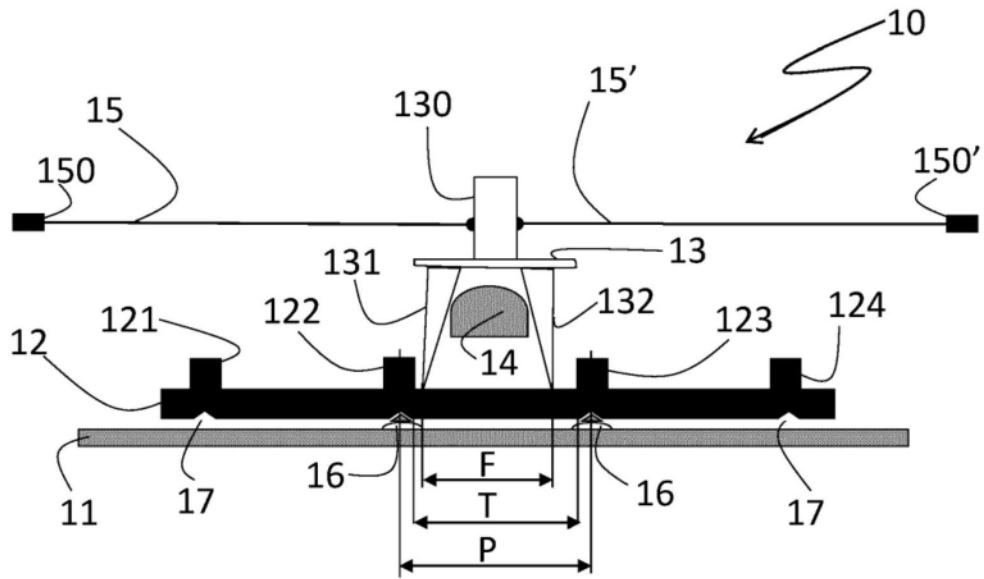


图1

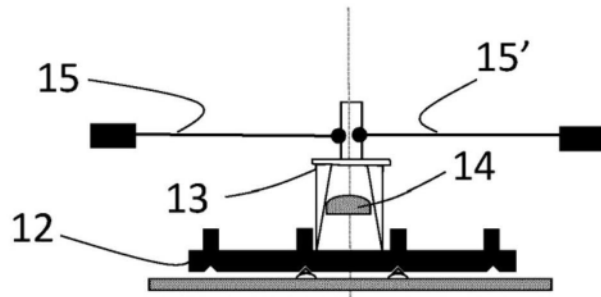


图2A

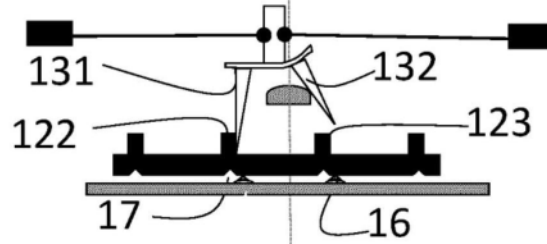


图2B

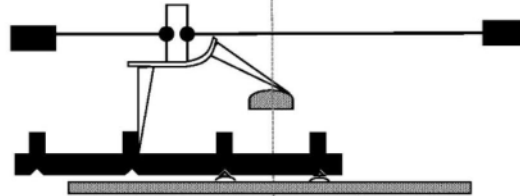


图2C

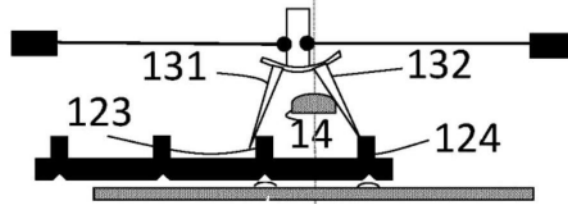


图2D

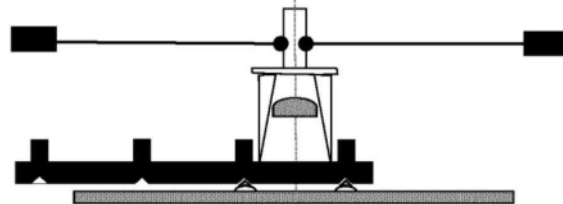
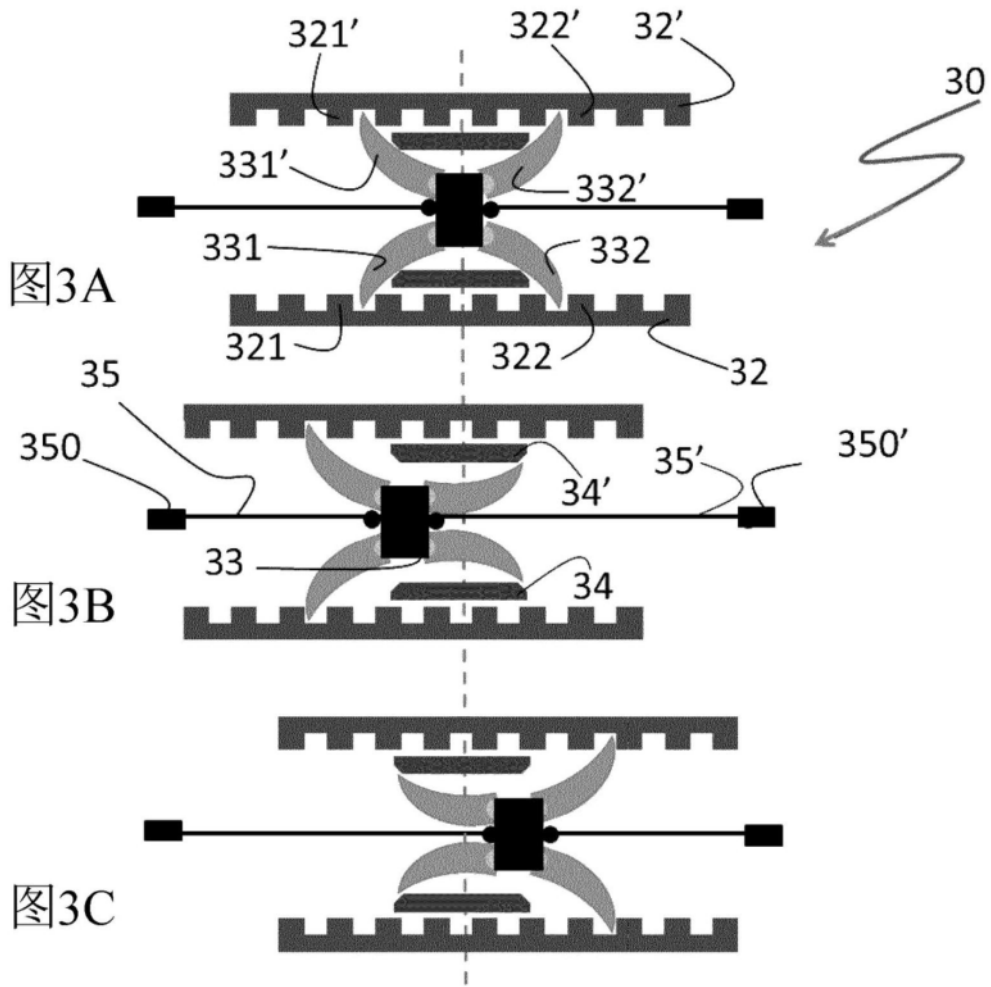


图2E



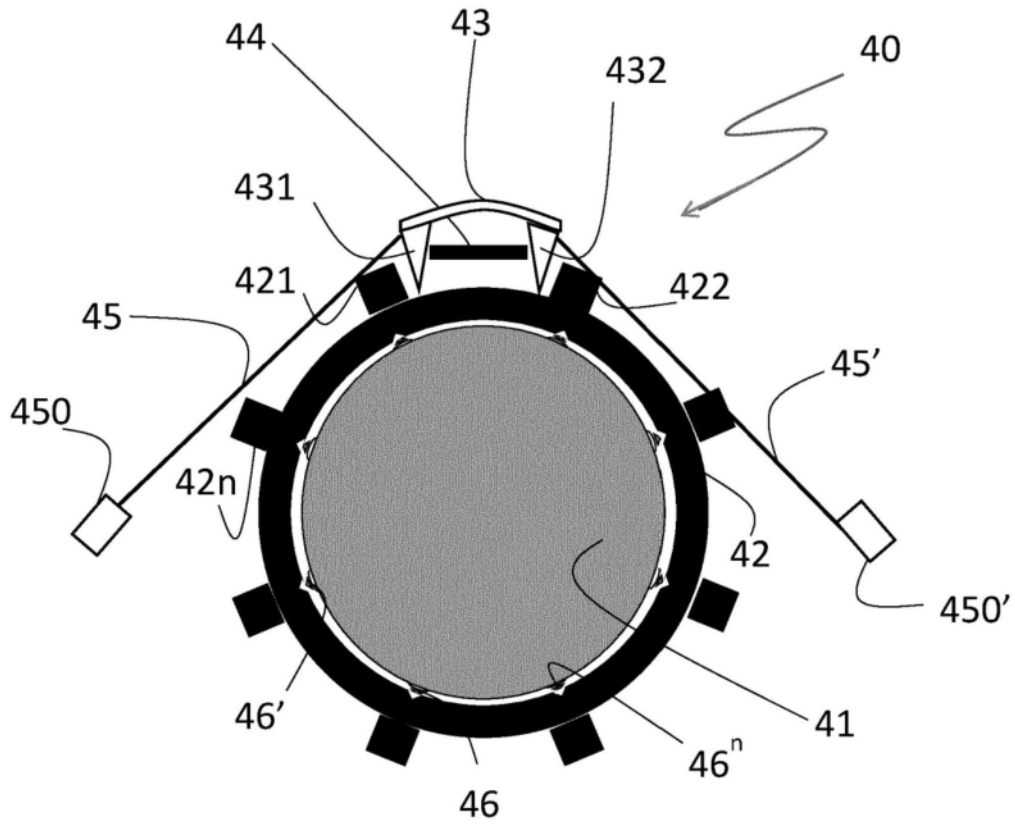


图4

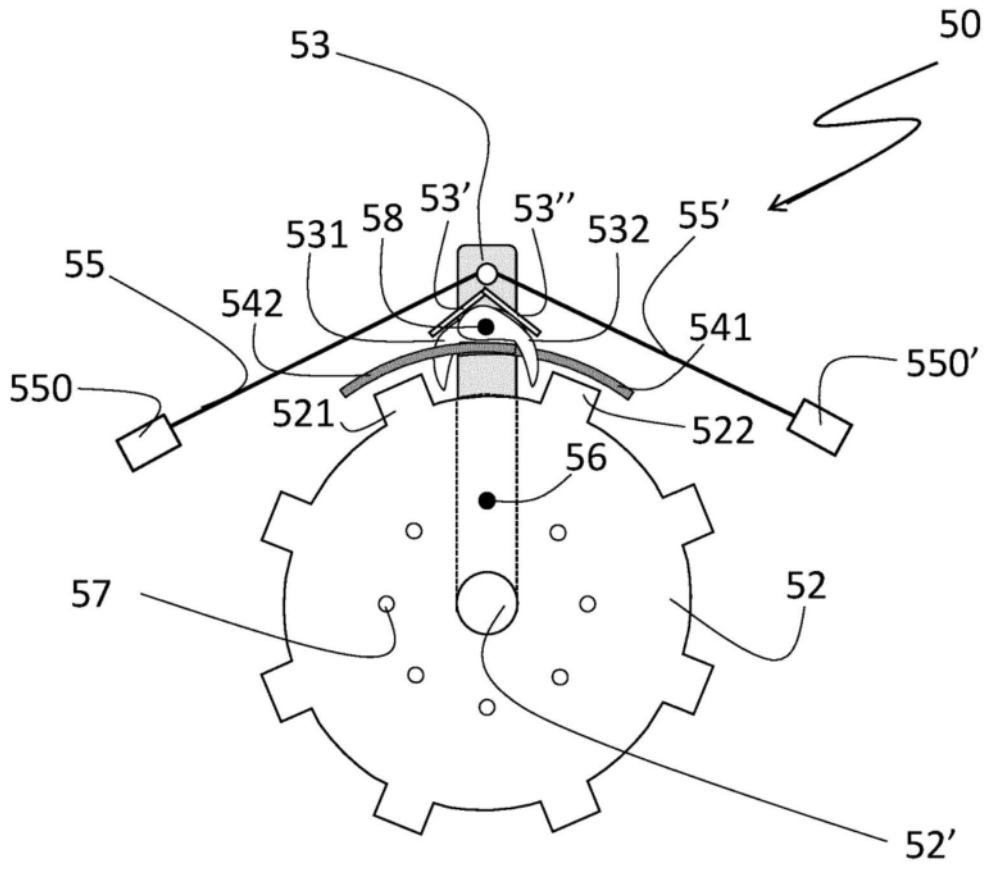


图5A

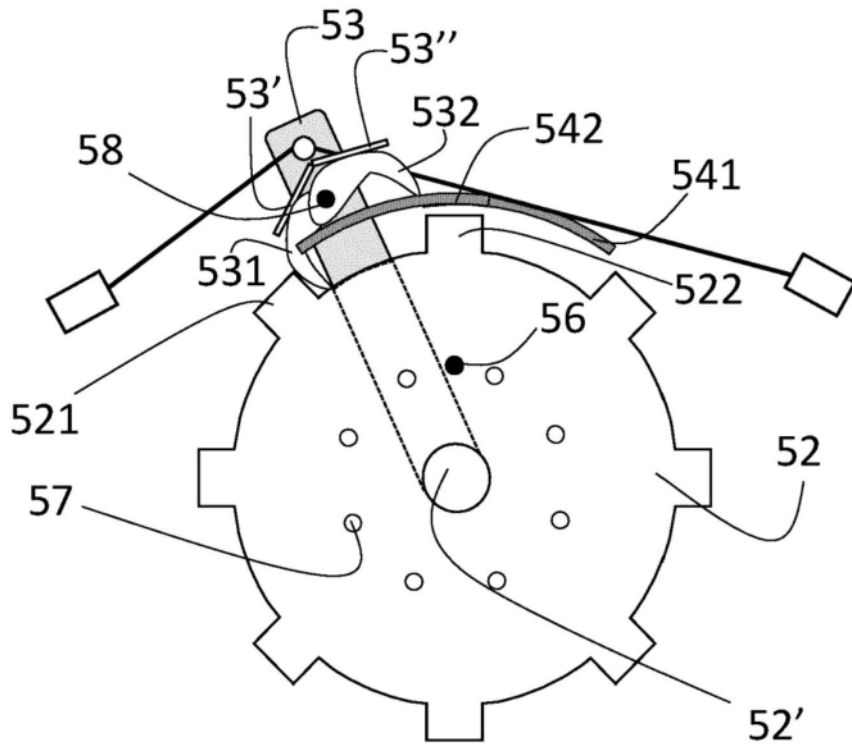


图5B

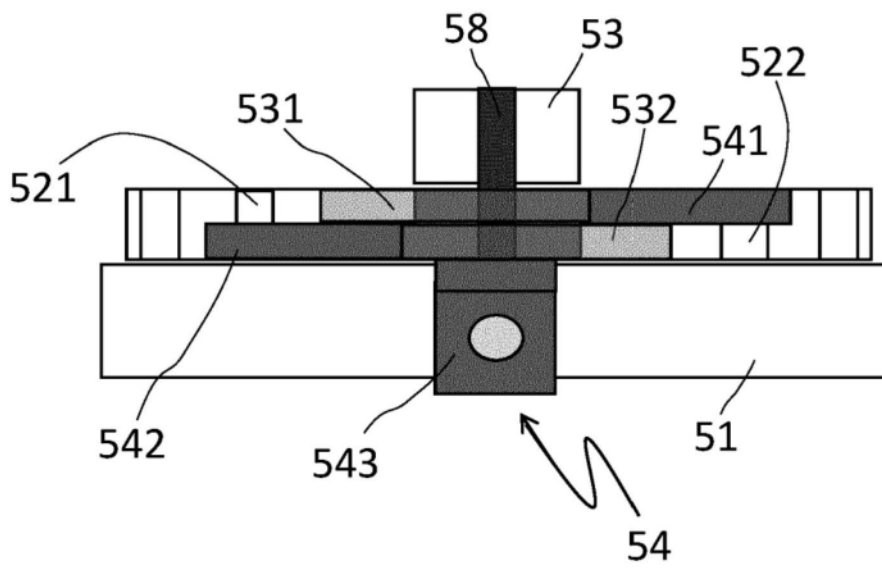


图5C

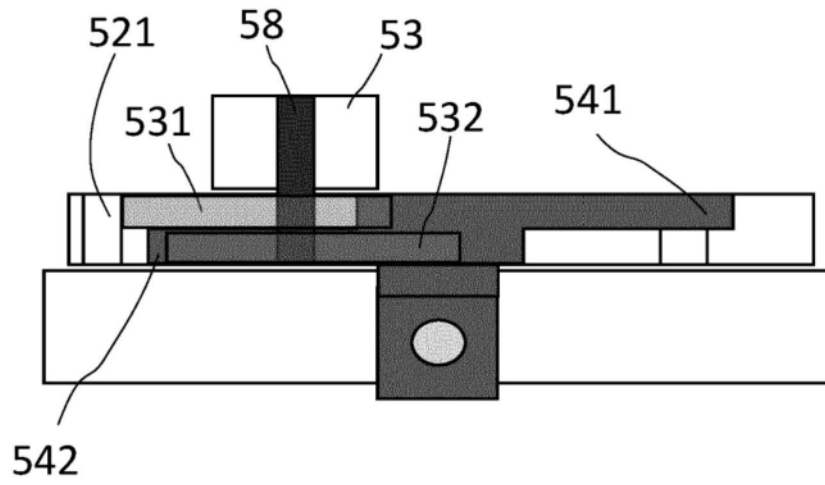


图5D

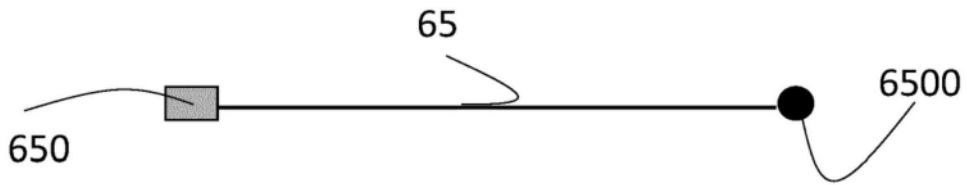


图6A

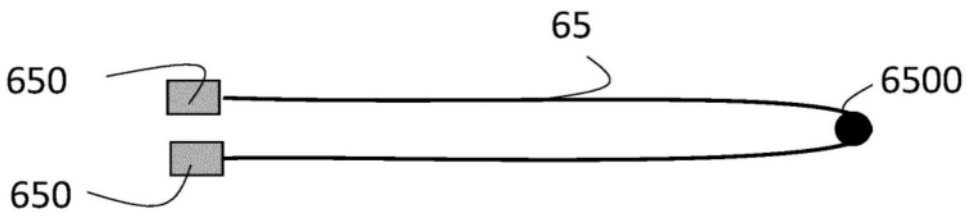


图6B

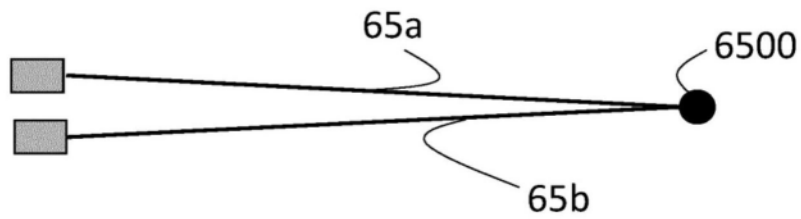


图6C

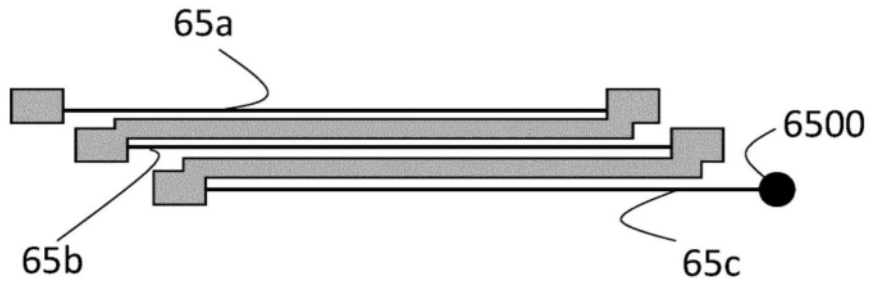


图6D

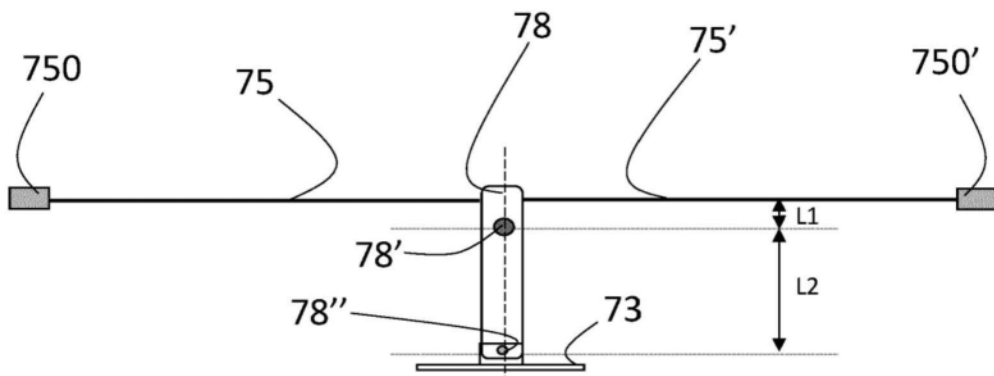


图7A

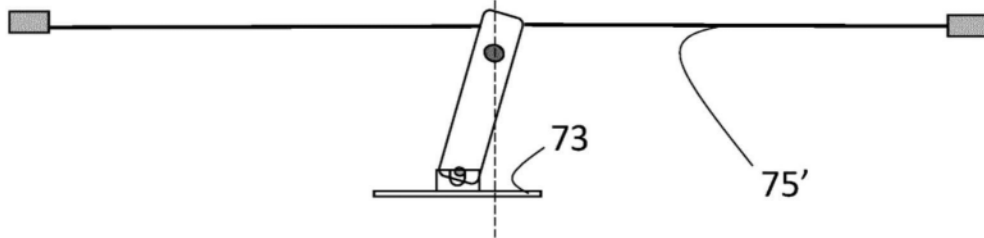


图7B

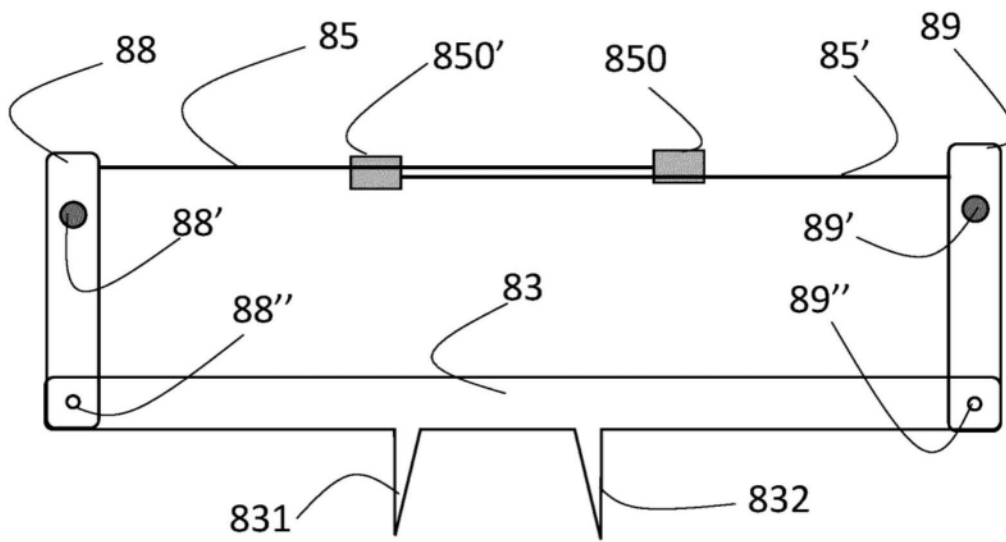


图8A

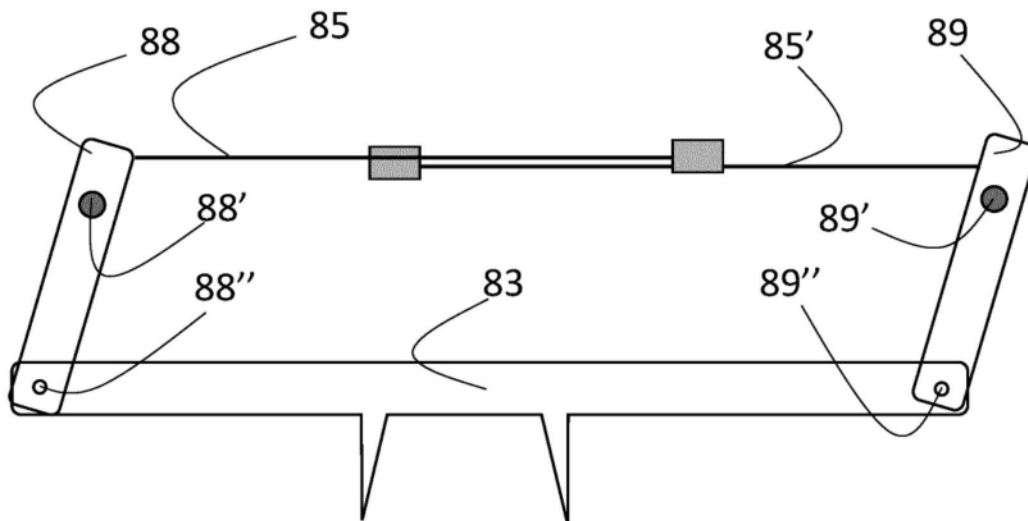


图8B

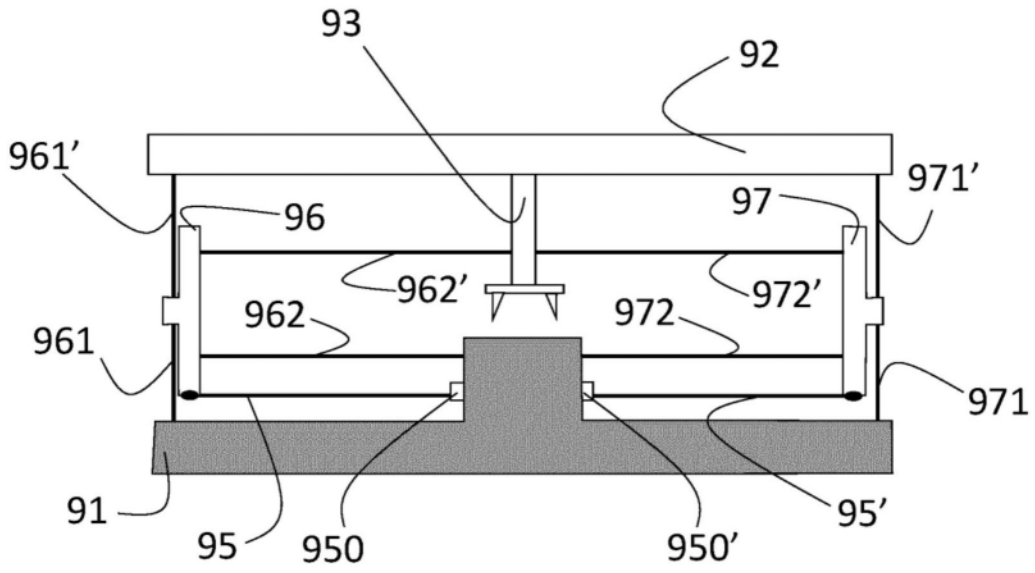


图9A

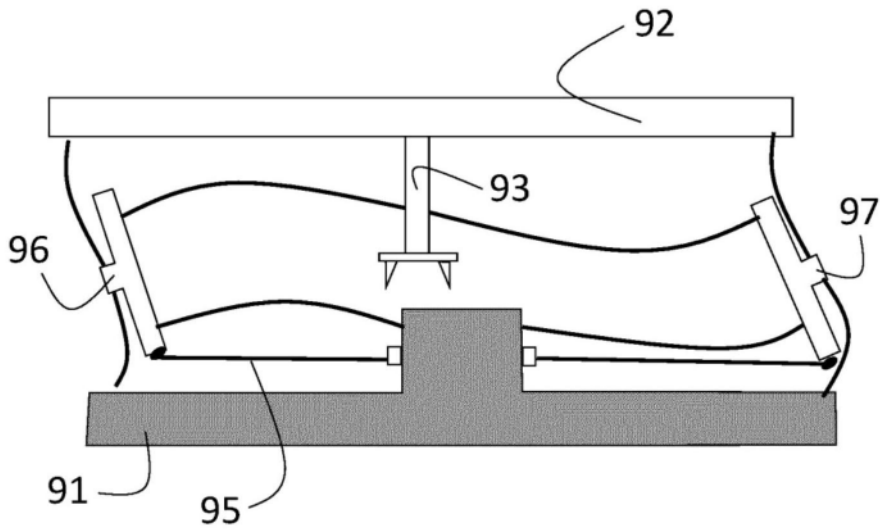


图9B