



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103946544 B

(45)授权公告日 2017.06.06

(21)申请号 201280055828.6

(22)申请日 2012.09.11

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103946544 A

(43)申请公布日 2014.07.23

(30)优先权数据  
1116020.7 2011.09.15 GB  
1116019.9 2011.09.15 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2014.05.14

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/GB2012/052233 2012.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02013/038163 EN 2013.03.21

(73)专利权人 牛津纳米孔技术有限公司  
地址 英国牛津

(72)发明人 A·琼斯 J·厄普斯德勒

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东

(51)Int.Cl.  
F04B 9/02(2006.01)  
F04B 13/00(2006.01)

(56)对比文件  
US 5800405 A,1998.09.01,  
US 2002007139 A1,2002.01.17,说明书第  
3-5页,附图1-3.

W0 2005017356 A1,2005.02.24,  
EP 2163273 A1,2010.03.17,

审查员 高阳

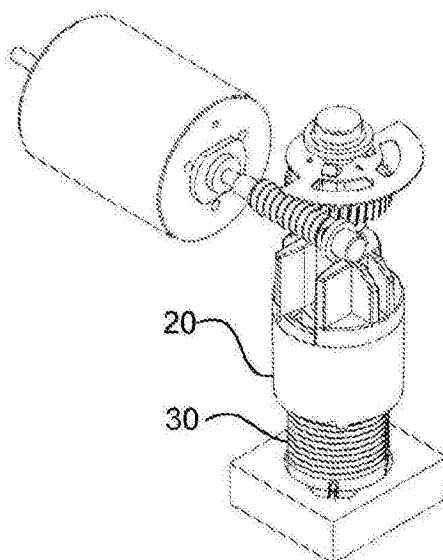
权利要求书2页 说明书15页 附图5页

(54)发明名称

泵

(57)摘要

在低廓形应用中使用的泵包括:用于保持流体的筒状物(30);以及将旋转驱动力转化为所述筒状物内的纵向驱动运动的活塞(20)。通过减少对围绕所述泵的用于提供致动或移动致动机构的外部设备和机构的需要,所述泵提供了节约空间的优点。



1. 一种泵,该泵包括:  
筒状物,该筒状物用于保持流体;  
活塞,该活塞用于将流体吸入所述筒状物以及将流体排出所述筒状物,其中,所述活塞包括柱塞和外壳,该柱塞构造成在所述筒状物内运动,该外壳构造成环绕所述筒状物的外表面运动;以及  
驱动构件;  
其中,所述外壳的内表面和所述筒状物的所述外表面具有互补的螺纹,从而在使用中,使所述活塞旋转会导致该活塞沿着所述筒状物行进;  
其中,所述活塞包括接合部分,该接合部分用于与所述驱动构件接合,并使所述驱动构件能转动所述活塞;  
其中,所述接合部分包括凹槽,该凹槽用于通过所述泵和所述驱动构件之间在大致与所述活塞沿着所述筒状物行进的方向相垂直的方向上的相对运动而与所述驱动构件接合;  
并且  
其中,所述驱动构件能与所述接合部分脱离接合。
2. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述柱塞是中空的。
3. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述接合部分包括通向中空的所述柱塞的开口。
4. 根据权利要求1所述的泵,其中,在使用中,在所述活塞相对于所述筒状物运动时,所述驱动构件保持为不能相对于所述活塞和筒状物平动。
5. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述驱动构件具有两个平整且大致平行的侧面,用于与所述接合部分接合。
6. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述泵构造为使得在使用中,随着所述活塞沿着所述筒状物行进,所述驱动构件延伸到中空的所述柱塞内。
7. 根据权利要求1所述的泵,其中,在使用中,所述驱动构件以旋转的方式相对于所述筒状物运动,以驱动所述筒状物内的所述活塞。
8. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述泵还包括设置成使所述驱动构件旋转的齿轮,该齿轮设置成绕一旋转轴线旋转,该旋转轴线大致垂直于所述驱动构件的旋转轴线。
9. 根据权利要求8所述的泵,其中,所述齿轮为蜗轮。
10. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述泵还包括步进电机,该步进电机设置成驱动所述驱动构件。
11. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述泵还包括活塞头部,该活塞头部用于相对于所述筒状物的内表面形成密封,其中,所述活塞头部连接至所述活塞的所述柱塞,使得所述活塞头部能自由地相对于所述柱塞或所述筒状物旋转。
12. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述泵构造成在预定位置抵抗活塞相对于所述筒状物的旋转。
13. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述外壳设有突出部,所述突出部用于在该突出部与所述泵的另一部分接触时抵抗所述活塞相对于所述筒状物的旋转。
14. 根据权利要求1所述的泵,其中,所述泵还包括与所述活塞的所述外表面接合的驱动构件。
15. 一种分析设备,该分析设备包括主体和能附连至所述主体的套件盒,其中,所述套

件盒包括根据权利要求1所述的泵,而且其中,所述驱动构件连接到所述主体用于通过所述泵和所述驱动构件之间在大致与所述活塞沿着所述筒状物行进的方向相垂直的方向上的相对运动而与所述泵的所述接合部分接合。

16. 根据权利要求15所述的分析设备,其中,所述套件盒包括多个泵,且所述主体包括多个相应的驱动构件。

17. 根据权利要求15所述的分析设备,其中,所述主体还包括用于使所述驱动构件旋转的齿轮和用于驱动所述驱动构件的步进电机。

## 泵

### 技术领域

[0001] 本发明涉及泵,以及如何形成用于分配少量流体的低廓形的泵。

### 背景技术

[0002] 注射泵提供了一种机构来控制活塞在筒状物内的运动,并因而控制流体在注射器内的移位。泵所采用的注射器可以与泵本身一起构成,或者如常用的那样,是一次性的,可以更换使用,而且可以是能手动操作的注射器。从理论上讲,注射泵可基于活塞在筒状物内移动的距离而直接确定泵送流体的量。

[0003] 传统注射器和注射泵的操作方式借助于柱塞在筒状物内的运动。在使柱塞在筒状物内从一端开始运动时,就使得筒状物内的流体从另一端流出。另一方面,在从一端将柱塞拔出筒状物时,流体就通过另一端进入到筒状物内。为了使这一泵送操作正常进行,需要相对于筒状物密封柱塞,这样流体就不会例如流到柱塞外。

[0004] 注射泵可包括附连到活塞柱塞端部上的致动器,以将柱塞推入和/或拉出注射器筒状物。在这样的情形中,需要使致动器随着活塞一起运动,从而需要为此提供空间。而且,需要设置用于使致动器运动的驱动机构。于是,与其驱动的注射器相比,注射泵通常需要占用较多的空间。例如,注射泵的总长度/高度包括注射器的长度、致动器的长度以及驱动机构的长度。

[0005] 其他的注射泵不直接将致动器连接到注射器柱塞上。相反地,可驱动致动器使其接触并推动注射器柱塞,但是不与注射器相连。这使得可通过泵来清空注射器,而不是填充注射器。在这样的情形下,在清空或手动填充时,可更换注射器。这样的泵的另一个问题在于,在致动器移位时,使用者不能始终确认是否在分送流体,这是因为致动器在开始运动时可能不与注射器柱塞接触。

[0006] 传统的注射泵还受一个问题的不利影响,即,注射器柱塞与注射器筒状物形成的密封。

[0007] 在一次性注射器中,一种相对于筒状物密封柱塞的常用方法是使用弹性密封圈,例如O型圈。这样的O型圈设置在柱塞外侧周围,靠近柱塞驱动筒状物内流体的那一端。该O型圈形成可相对变形的表面,从而可使其形状与筒状物适配,并形成紧密的密封。这样,该O型圈位于柱塞与筒状物之间,并与筒状物内的流体接触。

[0008] 另一种相对于筒状物密封柱塞的方法是用弹性材料制作整个柱塞头部,这样,柱塞的头部作为一个整体发生变形,从而在筒状物内形成密封。

[0009] 在这两种方式中,筒状物内的流体均与用来产生密封的弹性材料接触。这带来流体可能会被污染/受到影响的问题。在流控和微流控的应用场合,特别是在生物流控的应用场合,将可能与流体发生反应或会向工质流体泄露污染的材料引入到注射器或注射泵是不利的,这样总会意外地和/或不定量地影响正进行的试验。

[0010] 而且,在开始移动柱塞时,采用的弹性密封材料会产生固有的阻延/滑移跳顿。这是因为弹性密封材料与筒状物之间存在较大的静摩擦力,必须要克服该静摩擦力材料来使

柱塞运动。这一较大的静摩擦力意味着要施加相应较大的力来使柱塞开始运动,一旦向柱塞施加了足够大的力来克服该静摩擦力,就会产生固有的冲顿,之后柱塞才进行平滑的运动。即使在已经克服该静摩擦力之后,由于存在弹性O型圈,从而也会产生相对较大的动摩擦力(从而需要相应的较大驱动力),要保持柱塞运动,也需要克服该动摩擦力。这种情况下,难以精细控制注射器,特别是在开始移动柱塞时更是如此。

[0011] 此外,传统注射器和注射泵通常依赖活塞密封件(不管是O型圈还是整个活塞头部)周围的外围筒状物的变形来实现良好的密封。即,筒状物在密封区域内会稍向外变形,这样,在活塞运动的同时保持了作用在密封上的压力。

[0012] 一种替代弹性材料的方式是使(例如由金属制成的)注射器与筒状物完全适配,其中筒状物例如由玻璃制成。然而,由于筒状物与注射器之间的误差精度要求较高,从而这一方式成本较高,不适合用来大规模生产一次性注射器。采用金属也会带来流体污染。

## 发明内容

[0013] 本发明的目的在于提供一种注射泵,其至少能部分地解决或者全部解决以上问题。

[0014] 根据本发明的一个方面,提供了一种泵,该泵包括:筒状物,该筒状物用于保持流体;以及活塞,该活塞用于将流体吸入所述筒状物以及将流体排出所述筒状物,其中,所述活塞包括柱塞和外壳,该柱塞构造成在所述筒状物内运动,该外壳构造成环绕所述筒状物的外表面运动;其中,所述外壳的内表面和所述筒状物的所述外表面具有互补的螺纹,从而在使用中,使所述活塞旋转会导致所述活塞沿着所述筒状物行进。即,使所述活塞旋转会导致所述柱塞和所述外壳沿着所述筒状物行进。

[0015] 根据这一方面,提供了一种具有活塞的泵,其将旋转致动力转化为纵向泵送运动。这无需提供任何额外的硬件或机构来线性地致动所述泵,这是因为所述活塞提供了旋转/线性运动转化。而且,通过在所述泵的筒状物外部而不是内部设置螺纹,该螺纹不会干涉泵本身的运行。即,所述螺纹不会对活塞与筒状物之间的密封带来不良影响,而且其也不会带来任何冲程容积的损失,而如果将螺纹设置在筒状物的内侧,则会带来冲程容积的损失。于是,所述泵更加适用于需要节省空间的应用场合。所述泵还适用于需要对流量或泵送总量进行精确控制的场合。这是因为连接所述筒状物和所述活塞的螺纹可形成为具有适于应用的任意螺距。改变螺纹的螺距就改变了将活塞移动一特定纵向距离所需的转数。因此,可改变螺距,使得活塞移动一小段纵向距离需要转动多圈,从而进行精细的控制。

[0016] 所述泵还可包括活塞头部,用以相对于所述筒状物的内表面形成密封,其中,所述活塞头部连接至所述活塞的所述柱塞,从而所述活塞头部可自由地相对于所述柱塞或所述筒状物转动。在一些情况下,这例如使得所述活塞头部可在所述筒状物内纵向移动,而无需相对于所述筒状物旋转。即,所述活塞头部在相对于所述活塞和所述柱塞旋转时不可相对于所述筒状物旋转。一般而言,提供另一可能的旋转点(即,位于活塞头部与柱塞之间)可使活塞头部在阻力最小的表面滑动——不管该表面是筒状物的表面还是柱塞的表面。这样,活塞头部将在阻力最小的表面滑动,从而使旋转摩擦负荷最小,因此降低了使活塞移动所需的驱动力。

[0017] 可将所述泵构造成在预定位置抵抗活塞相对于所述筒状物的旋转。所述外壳可设

有突出部,该突出部用于在其与所述泵的另一部分接触时抵抗所述活塞相对于所述筒状物的旋转。这使得所述活塞可例如在活塞头部靠近(或处于)筒状物的端部时硬性停止运动,而不会使活塞和筒状物之间的螺纹机构发生卡顿。还提供了一种机构来使泵的活塞与筒状物对齐,这在将泵构造成与致动构件接合的情况下是有用的。还使得在位置由于某些原因不能确定的情况下(例如,在位置跟踪系统失效的情况下),可以确定活塞在柱塞内的已知位置。

[0018] 所述柱塞可以是中空的。所述活塞可包括接合部分,该活塞部分用于与驱动构件接合,并使得所述驱动器旋转所述活塞。所述接合部分可包括通向所述中空柱塞的开口。这使得与所述接合部分接合的致动构件可容纳在中空的所述柱塞内。这又使得所述活塞可相对于所述致动构件作纵向运动,并且无需提供任何机构来使致动构件在活塞运动时做纵向运动。相反地,所述活塞能环绕所述致动构件自身运动。

[0019] 所述接合部分可包括凹槽,该凹槽用于通过所述泵和驱动构件之间在大致与所述活塞沿着所述筒状物行进的方向相垂直的方向上的相对运动而与所述驱动构件接合。这使得所述泵可用于其中纵向/泵送方向上的空间有限的情形,或者例如用于其中驱动构件固定在合适位置的情形。所述泵可在大致垂直于泵送方向的方向上与所述致动构件接合,而无需另外的连接件来将泵连接至致动机构。这样,就无需设置需要产生纵向运动的加载/接合机构,从而减小了接合所需的纵向空间。这又使得可提供一种分析设备,该分析设备包括主体和能附连至所述主体的套件盒,其中,所述套件盒包括泵,而且其中,所述主体包括驱动构件,该驱动构件用于通过所述泵和驱动构件之间在大致与所述活塞沿着所述筒状物行进的方向相垂直的方向上的相对运动而与所述泵接合。

[0020] 所述泵还可包括驱动构件。所述驱动构件可具有两个平整且大致平行的侧面,用于与所述接合部分接合。这使得所述接合部分可容易地滑到所述驱动构件上并滑出所述驱动构件,且同时形成了将来自驱动构件的旋转致动传递至所述活塞的驱动表面。

[0021] 所述泵可构造成使得在使用中,随着所述活塞沿着所述筒状物行进,所述驱动构件延伸到中空的所述柱塞内。所述驱动构件在使用中能相对于所述筒状物作旋转运动,以驱动所述筒状物内的所述活塞。所述泵还可包括蜗轮,该蜗轮布置成使所述驱动构件旋转,且所述蜗轮设置成绕一旋转轴线旋转,该旋转轴线大致垂直于所述驱动构件的旋转轴线。根据这一构造,可将借助于所述蜗轮驱动所述活塞的电机设置成其转子的旋转轴线大致垂直于所述活塞的旋转轴线。因为通常来讲,电机沿其旋转轴线的长度大于其横向于旋转轴线的宽度,从而这形成了一种节约空间的泵结构,其减小了沿活塞的旋转轴线所需的空间。

[0022] 在一可选结构中,所述泵可包括与所述活塞的所述外表面接合的驱动构件。这一结构保持了节约空间的优点,并同时使驱动构件的厚度大于所述活塞的厚度,这是因为驱动构件无需配合在所述柱塞内。

[0023] 根据另一方面,提供了一种系统,该系统包括:壳体;泵,该泵包括筒状物和活塞;以及致动器,该致动器用于使所述活塞相对于所述筒状物运动;其中,所述泵和所述致动器设置在所述壳体内;而且其中,所述系统被构造成,在所述活塞相对于所述筒状物运动时,将所述致动器保持成不能相对于所述壳体平动。

[0024] 根据另一方面,提供了一种系统,该系统包括:泵,该泵包括筒状物和活塞;以及致动器,该致动器用于使所述活塞相对于所述筒状物运动;其中,所述系统被构造成,在所述

活塞相对于所述筒状物运动时,将所述致动器保持成不能相对于所述活塞和所述筒状物平动。

[0025] 根据这一方面,由于无需使所述致动器作平动运动,从而与必须留出空间以便致动器可在壳体内运动的系统相比,能减小系统的高度,并因此能减小系统的体积。

[0026] 所述系统可构造成,在所述活塞相对于所述筒状物运动时,将所述筒状物保持为不能相对于所述壳体平动。在此情况下,在泵的操作过程中,所述活塞可在所述壳体内作平动,而其他部件不作平动。这样,可例如容易地将所述筒状物连接至流控系统,而无需使所述筒状物相对于流控系统运动。所述致动器可相对于所述壳体旋转,以借助于旋转机构驱动泵。所述筒状物和/或活塞可包括塑料材料或由塑料材料组成。所述筒状物可包括以下各项或由以下各项组成:丙烯腈、聚碳酸酯、聚四氟乙烯、超高分子量聚乙烯、聚丙烯、全氟烷氧基、聚(甲基丙烯酸甲酯)或氟化乙丙烯。所述活塞可包括乙缩醛和/或聚对苯二甲酸丁二醇酯。用于所述活塞和所述筒状物的材料优选是容易模制的,并能提供良好的结构刚性。优选地,与进入或流出泵的流体相接触的所述筒状物的材料与正在处理的流体的亲和力较低,且将污染渗透到流体内的渗透力也较低。这一点在例如生物纳米孔应用的生物应用场合特别重要,在这样的应用场合,污染物可能会堵塞孔隙,或还意外地和不利地与生物分子发生反应,和/或使生物分子失活。

[0027] 根据另一方面,本发明提供了一种泵送流体的方法,所述方法包括:提供用于保持流体的筒状物;提供活塞,该活塞用于将流体吸入所述筒状物并将流体排出所述筒状物,其中,所述活塞包括柱塞和外壳,该柱塞构造成在所述筒状物内运动,该外壳构造成围绕所述筒状物的外表面运动;以及使所述活塞沿着设置在所述外壳的内表面以及所述筒状物的所述外表面上的互补的螺纹相对于所述筒状物旋转,从而使所述活塞沿着所述筒状物行进。

[0028] 所述方法还可包括:借助于电机形成使所述活塞旋转的驱动力,其中,所述电机的输出轴的旋转轴线大致垂直于所述活塞的旋转轴线。

## 附图说明

[0029] 以下将参照附图和示例性实施方式来描述本发明。附图中:

[0030] 图1a和图1b为注射泵系统的立体图,其中注射泵分别处于推进和退出状态;

[0031] 图2a和图2b为图1a和图1b的注射泵以及致动器的立体图,其中注射泵分别处于推进和退出状态;

[0032] 图3a和图3b为图1a和图1b的注射泵的立体图,其中注射泵分别处于推进和退出状态;

[0033] 图4a为图1a所示的注射泵系统的侧视平面图,且图4b为图4a所示系统沿着平面D-D剖切的平面图;

[0034] 图5a和图5b为图3a和图3b的注射泵的横截面图,其中注射泵分别处于推进和退出状态;

[0035] 图6为图5的注射泵的柱塞头部的示意图;

[0036] 图7为图6的柱塞头部的横截面图;

[0037] 图8为图6的柱塞头部的立体图;以及

[0038] 图9为用于分析单元的套件盒的立体图。

## 具体实施方式

[0039] 本发明认为传统的注射泵不适于多种流控和微流体应用。例如,作为参考引用的WO 2009/077734涉及两亲分子层的形成,其中可设置纳米孔来提供有利于多核苷酸测序的环境。这是以下将涉及的“纳米孔应用”的一个示例。形成双层结构、提供纳米孔以及随后提供测试流体,需要从机械和化学两个方面对流体环境进行精细控制。在泵送脂质以形成双层结构的情形中,需要极低的泵送速度。速度范围例如在 $1\mu\text{l/s}$ 至 $0.1\mu\text{l/s}$ 之间。传统弹性密封注射泵的阻延/滑移问题使得对流量的控制极为困难,从而使得试验非常难以重现。在移送少量流体,并需要在正确时机确保能提供精确数量的所需流体的情况下,这是特别重要的。

[0040] 纳米孔应用的另一个需要关注的问题在于,系统中如存在污染,则存在堵塞纳米孔和/或与生物分子(包括生物纳米孔)进行不利反应的风险。这样,就希望尽量减少与工质流体相接触的材料数量,使用与流体的相互作用最小的材料(例如,与流体的结合力很低、向流体泄露污染量小)。在生物纳米孔的情形中,污染是很严重的问题,这是因为污染可能会暂时或永久地使孔隙失活。而且,系统中的其他蛋白质也可能失活或改性。

[0041] 除了这些需要关注的方面之外,本发明还认为需要提供一种能有效利用可用空间的泵。例如,作为参考引用的WO 2011067559公开了一种生化分析仪器,其利用布置在脂类双层结构中的纳米孔,以例如进行多聚核苷酸测序。如上所述,双层结构的形成和纳米孔的提供需要对微流体环境进行精细的控制,而同时流体的可用空间是有限的。

[0042] 当然,以上问题不限于纳米孔应用,对其他的流体和微流体环境也适用。

[0043] 图1示出了注射泵系统1,其结合有注射泵,该注射泵包括活塞20和筒状物30、致动系统40、电机60以及蜗轮50。电机60驱动蜗轮50,而蜗轮50则驱动致动系统,致动系统则驱动注射泵。在驱动注射泵时,活塞20相对于筒状物30运动。图1a示出了活塞20被推进到筒状物30内的情形,而图1b示出了活塞20相对于筒状物30被取出的情形。

[0044] 图2a和图2b分别对应于图1a和图1b的结构,只是其中省略了电机60和蜗轮50,只示出了致动系统40的驱动构件41。类似地,图3a和图3b分别对应于图2a和图2b的结构,而省略了驱动构件41。图5a和图5b分别示出了通过图2a和图2b所示的泵以及驱动构件41的剖面图。

[0045] 图4a示出了图1的泵系统1的侧视图。图4b示出了沿图4a所示的平面D-D的剖面图。

[0046] 泵组件1的泵送操作是通过活塞20的运动来实现的,即,活塞20驱动屏障表面/活塞头部10(以下将加以描述),从而像注射器那样在筒状物30内移送流体。活塞头部10的截面是圆形,并紧贴地配合在圆柱形筒状物30内,这样,当柱塞21在筒状物30内推进时(即,在图1至图3所示的图形中向下运动时),就穿过筒状物30中的开口31将筒状物30内的流体挤出。另一方面,在从筒状物30取出柱塞21时,流体穿过开口31而被吸入到筒状物30内。图5示出了筒状物的开口31,其为位于筒状物30的端部中的孔口,当然,在可选结构中其可为不同的形状或具有不同的尺寸。

[0047] 如从图1至图4可看到的那样,泵包括用于容纳流体的筒状物30以及用于将流体吸入筒状物30和将流体排出筒状物30的活塞20。对于流体或纳米孔应用而言,可操作泵1来产生不同的流量。例如,在纳米孔应用中,期望泵产生 $50$ 至 $100\mu\text{l/s}$ 的流量,用于清洁;对于随



着工质流体初始启动流体管线而言,期望泵能产生20至50 $\mu\text{l/s}$ 的流量;对于提供脂类以形成双层结构而言,期望泵能产生0.1至0.5 $\mu\text{l/s}$ 的流量;而对于提供孔或减震物来说,期望泵能产生1至3 $\mu\text{l/s}$ 的流量。可采用单独一台泵来为这些需求产生不同的流量,但是各种不同的需求也可采用不同的泵来实现。一般而言,泵的期望流量为0.01 $\mu\text{l/s}$ 以上,可选地,为0.05 $\mu\text{l/s}$ 以上,进一步可选地,为0.1 $\mu\text{l/s}$ 以上,再进一步可选地,为20 $\mu\text{l/s}$ 以上,再进一步可选地,为50 $\mu\text{l/s}$ 以上。而且,期望的是,可操作泵以使其流量为500 $\mu\text{l/s}$ 以下,可选地,为200 $\mu\text{l/s}$ 以下,进一步可选地,为100 $\mu\text{l/s}$ 以下,再进一步可选地,为50 $\mu\text{l/s}$ 以下,更进一步可选地,为20 $\mu\text{l/s}$ 以下。

[0048] 活塞20包括柱塞部分21和外壳部分22。柱塞21构成为在筒状物30内运动,并使活塞头部10移位,同时外壳构成为绕筒状物30的外表面运动。即,筒状物30配合在柱塞21和外壳22之间。柱塞21和外壳22彼此接合,并优选地,例如通过模制而一体形成。

[0049] 活塞20不与筒状物30内的流体接触。这是因为,活塞头部10设置在柱塞21的端部处。如以下将要参照图6至图8详细描述的那样,活塞头部10提供一屏障表面,其相对于筒状物30形成密封,从而将活塞20与流体隔离开。

[0050] 筒状物30和外壳22构造成通过螺纹接合在一起。这样,外壳22的内表面和筒状物的外表面具有互补的螺纹,这样在旋转活塞20时,活塞20将沿着筒状物30行进。而且,螺纹通过沿着活塞在筒状物30内行进的方向上施加的力而防止了活塞20相对于筒状物30运动。

[0051] 即,需要旋转驱动运动来使活塞20相对于筒状物30作直线运动。通过选择合适的螺距,借助于螺纹将旋转运动转化为直线运动的该旋转驱动,可对活塞20的运动进行精细控制。即,活塞20纵向移动一个螺距的距离需要360度的旋转运动,正因为如此,根据需要选择螺距的大小,便可按照期望的精度控制活塞20的移位。在优选实施方式中,可将螺纹的螺距确定为每旋转一周,活塞的纵向运动距离为10mm以下,优选为每一周5mm以下,进一步可选地为每一周2mm以下,更进一步可选地为每一周1mm以下。此外,筒状物容量以及致动系统啮合比的选择对控制泵产生的流量也有影响。在筒状物30的外表面上提供螺纹也是有利的。如果在筒状物30的内表面上提供螺纹,就有可能妨碍活塞头部10相对于筒状物30的密封。可选地,为了避免产生这样的妨碍,筒状物的长度需延长以便设置一不与筒状物30的冲程容积相重叠的螺纹部。然而,这会导致泵变大、笨拙,不适合在有限空间的场合内使用。

[0052] 优选地,筒状物30与活塞20之间的螺纹连接通过螺纹还使活塞20相对于筒状物牢固地保持在合适位置。这一点是有利的,这是因为其有助于避免作用在筒状物30与活塞20之间的力发生变化(如果活塞20在筒状物30内的角度可发生变化,则会产生这样的力),这反过来会导致有不期望的力作用到泵上,并且/或者导致活塞20在筒状物30内的位置具有不确定性。即,活塞20在筒状物30内的角度的可变性即意味着会有力通过活塞头部作用到筒状物壁上,并且/或者,即使给定驱动杆41的移动距离,也无法精确确定活塞30的位置。

[0053] 为活塞选择合适的材料,也有助于确保活塞20相对于其在筒状物30内的位置的精准度。这也有助于确保活塞头部10被牢固地置于合适的位置处。此外,螺纹接合给泵驱动系统带来效率损失(这是因为与传统的滑动注射泵相比,在活塞20和筒状物30之间存在额外的摩擦),从而选择合适的材料能有助于提供润滑。因为(如上所述)不管是柱塞部21还是柱塞外壳部22都不与正被泵送的流体接触,从而活塞材料污染正被泵送的流体的风险较低。因此,可主要基于材料的机械特性来选择活塞的材料。优选地,可用于活塞的材料为乙缩醛

(即,聚甲醛或POM),或者添加有玻璃纤维和/或润滑剂的聚对苯二甲酸二丁酯(PBT),例如PTFE。举例来说,这些材料为HOSTAFORM(RTM)C9021GV1/20XGM和LUBRIONE(RTM)PS-30GF/15T/02S。

[0054] 因为筒状物30与正被泵送的流体接触,从而优选的是,基于避免引入污染的考虑来选择筒状物的材料。例如,在纳米孔应用中,系统中出现污染会导致纳米孔堵塞的风险,或者导致正被处理的流体中的生物分子或生物纳米孔失活的风险。这样,有利的是尽可能减少与处理流体接触的材料数量,并且,对于会与处理流体接触的材料而言,应使用与流体的相互作用尽可能小的材料(例如,与流体的亲和性较低,且向流体渗透较少污染)。这样,柱塞筒状物30优选由塑料材料制成,这是因为其加工简单、成本低,更优选的是,采用易模制的塑料材料,例如丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚碳酸酯(PC)或者聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)。其他可采用的材料包括聚四氟乙烯、超高分子量聚乙烯、聚丙烯、全氟烷氧基或者氟化乙烯。

[0055] 对于流体或纳米孔应用而言,筒状物的容积可为10ml以下,可选地为5ml以下,进一步可选地为2ml以下,更进一步可选地为1ml以下。

[0056] 制造泵活塞20和筒状物30的优选方法是通过模制,这是因为模制可以以较低的成本进行机械精度良好的大规模制造。为了便于模制带螺纹的筒状物,可从螺纹的相对两个侧面将螺纹的两个平的表面去除。然后,在模制完部件之后,可通过两个工具半模而不是单个螺纹工具来形成螺纹,如果采用单个螺纹工具,则需要将其从模制完成后的产品上卸下。

[0057] 活塞20设有突出部24。如从图2可看到的那样,该突出部24设置在活塞20的底部,位于外壳22上,且与筒状物30相关联地设有突出部34。活塞20的运动受到突出部24、34的限制,这是因为突出部24突出的位置低于活塞20的底部。因此,在活塞20推进到筒状物30内,且活塞头部10靠近或处于筒状物30的端部时,突出部24与突出部34接触。突出部24与突出部34彼此接触的点限定了活塞20可旋入筒状物30的最大程度,从而限定了活塞20能推进到的最远点。即,突出部24与突出部34防止了活塞20再向前推进,并因此避免了螺纹机构旋得过紧或卡死。这也使得能轻松地对活塞20进行初始手动定位(例如,在使泵的筒状物/活塞组件与致动系统40接合之前),而且,在组件1被致动时,可硬性停止在致动电机60能驱动到的角位置上。

[0058] 如上所述,传统的注射器泵通常借助于诸如O型圈的弹性密封圈来密封柱塞与筒状物。这样的O型圈设置在柱塞外侧周围,并通常与筒状物内的流体接触。在清空泵的时候,该密封有助于防止流体绕柱塞流动,而是使流体流动穿过筒状物内的孔。在穿过孔抽取流体而填充泵的时候,该密封有助于减少从泵周围被吸入到筒状物内围绕柱塞的空气,这样就确保了穿过孔将流体吸入。传统上,该密封至少部分是由注射器筒状物来形成的,该注射器筒状物柔性地环绕着柱塞,从而在柱塞被推动穿过筒状物时,其向内挤压在柱塞上。然而,筒状物的柔性带来固有的缺点,即,注射器的设计缺乏精确性,这是因筒状物的容积随着柱塞的运动而发生变化,从而无法精确地得知从筒状物排出(或吸入筒状物内)的流体的体积。优选的是,筒状物是大致刚性的。

[0059] 图6至图8详细示出了活塞头部10。与传统的活塞不同的是,活塞头部10具有以不同方式相对于筒状物30进行密封的活塞密封件。

[0060] 在附图中,活塞头部10配合至柱塞21的端部,柱塞内表面上的脊状物卡合在活塞

头部内形成的凹部17上。该结构是优选的,这是因为活塞头部10可保持能相对于柱塞21和/或筒状物30自由转动。这减少了泵在致动时其内的摩擦,这是因为活塞头部10仅需要相对于阻力最小的表面旋转。亦即,活塞头部10可相对于柱塞和筒状物中带来最小旋转阻力的部件旋转,而不会相对于带来较大摩擦力的部件(不管是哪一个部件)旋转。当然,本领域普通技术人员应理解的是,通过在中空的柱塞21的内表面上形成凹部,而在活塞头部10的主体上形成相应的脊状物,也可获得相同的优点。

[0061] 然而,可采用将活塞头部10接合到柱塞21上的任何合适方法。在一些结构中,特别是在并不需要特别关注摩擦力的场合,活塞头部10可不与柱塞21分体形成;也就是说,活塞头部10可以与柱塞21自身的主体一体形成。

[0062] 活塞头部10具有活塞密封件,该活塞密封件包括形成相对于筒状物30的屏障的屏障部分11。屏障部分11具有朝向在筒状物内移位(从筒状物30推出的流体或者将被吸入筒状物30内的流体)的流体的屏障表面12。

[0063] 屏障部分11的外周部分(即,径向最外部分)形成为唇部13,该唇部从屏障部分11的与屏障表面12相对的一侧突出。附图中,唇部13从屏障部分11的上表面开始突出,向上伸出,而(与注射器筒状物内的流体接触的)屏障表面面朝下。即,唇部13由屏障部分11的向着柱塞21的方向收回并离开筒状物30的底部32的边缘部形成。这样,唇部13至少部分地绕弹性件15(以下将详细描述)延伸和伸出。然而,唇部13仍然至少部分地沿着从泵头部10中心开始的径向方向向外延伸。这样,相对于筒状物腔室33而言,屏障表面12呈微凸形(即,在正面观察屏障表面12时呈凸形),特别是在筒状物30的内表面34的附近区域内以及在唇部13结合到屏障部分11主体的点位处更是如此。

[0064] 活塞密封的最大直径出现在唇部13的外表面(即,屏障表面12的延伸部分)上。对于流控或纳米孔应用而言,活塞密封的最大外径可为50mm以下,可选地为25mm以下,进一步可选地为15mm以下。在优选实施方式中,外径为11.6mm。而且,外径可为1mm以上,可选地为3mm以上,进一步可选地为5mm以上,更进一步可选地为10mm以上。在非工作状态,即活塞头部10没有组装到对应筒状物30内时,泵密封的最大直径大于筒状物30的内径。这样,在将泵头部10插入到筒状物30内时,唇部13向内(即,朝向泵头部的中心)弯曲。即,泵头部10发生变形,从而可以插入到筒状物30内。

[0065] 泵头部10的屏障部分11优选具有足够的刚性,这样其能抵抗唇部13的变形,从而能将唇部13压靠在筒状物30上,从而形成围绕活塞头部10的密封。屏障部分可由塑料或其他诸如金属的非塑料材料制成。然而,金属的刚性通常过大,除非例如形成薄层或涂在弹性件上,否则不适合这样的应用,通常也不是优选的。优选采用塑料的另一原因在于,其通常比金属便宜。

[0066] 与金属相比,优选采用塑料的另一原因在于,担心金属会与泵送流体发生反应,或污染被泵送流体。例如,在诸如纳米孔的芯片实验室应用中,希望流体污染尽可能少,从而相比于金属材料,塑料材料通常更加适于用来构建流控和微流控管路。同样地,为了避免在采用塑料制成的活塞头部10的情况下产生污染,优选采用具有低化学/增塑剂渗透性的塑料。优选的塑料包括聚四氟乙烯(PTFE)、超高分子量聚乙烯(UHMWPE)、聚丙烯(PP)、高密度聚乙烯(HDPE)、全氟烷氧基(PFA)或氟化乙丙烯(FEP)。

[0067] 采用基本刚硬的材料来制成屏障部分11,使得无需采用柔性筒状物以便于形成密

封。相反,可通过屏障部分11变形抵靠住筒状物30来形成密封。然而,采用诸如塑料的刚硬材料来制作屏障部分11,在密封的寿命方面,具有潜在的缺点。随着时间的推移,一旦活塞头部10已经定位在筒状物30内,屏障部分的材料可能会在唇部13的区域内蠕变。即,材料会开始发生变形,变为筒状物30的形状,从而减小了将唇部13压靠到筒状物的内壁34上的力。发生这一过程后,绕活塞头部10的密封的质量就下降。

[0068] 在诸如纳米孔应用的芯片实验室应用中,绕活塞头部10的密封的质量非常重要。这是因为这样的应用涉及到量非常小的流体,从而需要尽可能精确地分送泵送流体。泵内弱的密封降低了分送的精确度,这是因为流体可能会泄露到柱塞21周围,而不是通过孔31流出到泵1之外,这是操作者不易察觉的。这样,在试验进行过程中,操作者假定分送了一定量的流体,而事实上,分送了不同量的流体。

[0069] 而且,在通过孔31吸入流体从而填充泵1时,弱的密封可能会带来相同的问题:泵周围的空气会进入到筒状物腔室33环绕住21,而不是通过筒状物31的端部吸入流体,将其吸入到腔室33内。同样地,操作者可能不会察觉到这一点,从而还是假定已将一定量的流体注入了泵1内,而事实上注入泵内的流体的量有所降低。

[0070] 通过在唇部13后设置弹性件15,泵1至少部分地克服了这些问题。即,弹性件15设置在屏障部分11的与屏障表面12相对的一侧上,并位于唇部13内侧(即,更加靠近活塞头部10中心的一侧)。唇部13从而突出为至少部分地环绕弹性件15。即,如图所示,唇部13能绕弹性件15延伸,而一部分弹性件15能在活塞的轴向方向上沿着保持部分16朝向离开屏障部分11的方向比唇部13延伸得更远。增加弹性部分15沿着保持部分16延伸的距离,就增加了在这两个部分之间形成的表面积,从而增加了这两部分结合的程度。

[0071] 弹性件15可由弹性材料制成,其能抵抗压缩,并从而能抵抗柱塞21插入到筒状物30内时唇部13的变形。这样,即使屏障部分11和/或唇部13受到材料蠕变的影响,弹性件15仍然会继续抵抗其自身的压缩,并朝向筒状物30的内壁34压回唇部13。这样就维持了好的密封状态。

[0072] 如果抵抗唇部13变形的力太大,则对泵1的致动会变得困难。即,如果以太大的力将唇部13压靠在筒状物30上,则难以使柱塞21在筒状物内运动,这使得难以操作泵1。为了防止泵1变得难以操作,可减小唇部13的厚度。唇部13厚度的减小,就降低了唇部13在变形时的环向应力,从而减小了唇部13用以抵抗变形的力。

[0073] 然而,减小唇部13的厚度带来潜在的不利,即,过度薄的唇部13不管是在例如操作还是组装过程中都会容易损坏。如果唇部13过薄,任何损坏都会导致形成不完全的密封,从而影响泵1正常工作。

[0074] 因此,优选的是,将唇部形成为朝向其外端逐渐变薄的渐缩状,而不是均匀地减小整个唇部13的厚度。即,唇部13的厚度是变化的,其在唇部13的顶端处较薄,而在唇部与屏障部分11结合处较厚。这一渐缩的结构可形成机械性能强的唇部,其不易损坏,并能减小唇部13区域内朝向顶端的环形应力,在将活塞头部10插入到筒状物30内时该顶端将会变形。

[0075] 弹性件15可以是弹性的,例如为金属弹簧,或者为诸如硅胶或热塑性弹性体(TPE)的弹性材料。活塞头部10的这一构造的一个优点在于,只要密封在其作用,则弹性件15就不会与泵入或泵出腔室33的流体接触。这样,就不会因为接触了弹性件15而直接污染流体。然而,如上所述,在某些应用场合采用金属也是不利的。而且,优选采用诸如橡胶的弹性材料,

可有助于简化活塞头部10的制造。例如,在采用弹性体弹性件时,可采用双射模制。

[0076] 活塞头部10的这一构造的另一优点在于,弹性件不与筒状物30的内表面33接触。这是有利的,其原因在于,柱塞21与筒状物30之间的接触仅发生在活塞头部10的唇部13周围。因为筒状物30和唇部13/屏障部分11都由塑料材料制成,从而与其中在筒状物与密封O型圈的弹性材料之间发生接触(和密封)的传统注射泵相比,表面之间的摩擦力相对较低。

[0077] 例如,表1示出了一些塑料材料的动态摩擦系数。在一些情况下,根据ASTM D1894测量的PTFE相对于钢的动摩擦系数为0.05至0.16。在一些情况下,根据ASTM D1894测量的聚丙烯相对于钢的动摩擦系数为0.2至0.4。在一些情况下,根据ASTM D1894测量的ETFE相对于钢的动摩擦系数为0.3至0.74。在一些情况下,根据ASTM D1894测量的PMMA相对于钢的动摩擦系数为0.15至0.8。用作屏障部分和筒状物的优选材料,根据ASTM D1894测量的动摩擦系数为0.4以下,优选为0.2以下。

[0078] 表1:某些材料的动摩擦系数

[0079]

材料	动摩擦系数
UHMWPE	0.1-0.2
PTFE	0.05-0.1
FEP	0.08-0.3
聚丙烯	0.3-0.4
HDPE	0.07-0.4
四氟乙烯 (ETFE)	0.3-0.4
PMMA	0.5-0.8
聚碳酸酯	0.3-0.9
尼龙	0.2-0.5
缩醛	0.1-0.4
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)	0.2-0.5
NexPrene (RTM) 热塑性硫化橡胶	0.4-0.5

[0080] 然而,如从该表中可以看到的那样,塑料具有较高的摩擦系数。具体而言,通常用作密封材料的较软材料会具有较高的摩擦系数。例如,硅橡胶的摩擦系数就据称接近于1,已开发出特种材料(例如表1中列出的NexPrene (RTM)),以获取类似于硅胶的弹性性质,同时其摩擦系数低于硅胶。然而,如表1所示,诸如NexPrene的材料摩擦系数并不低于诸如PTFE或UHMWPE材料的摩擦系数。

[0081] 于是,通过采用传统上认为不合适的材料来形成密封,本发明的活塞密封能降低驱动泵时的阻延/滑移出现频次。这是因为,与传统的密封相比,采用了不同结构的密封,该密封无需使提供弹性的材料与筒状物接触,即可提供弹性或有效密封。其结果是,泵的操作更加平顺,而且致动泵所需的驱动力较小。另一方面,这又使得泵腔室33内的压力较低,从而空气压缩量较小,配送精度更高。

[0082] 另一降低活塞与筒状物之间摩擦的方法是在筒状物或者活塞或者二者表面上进行合适的表面处理。表面处理能形成一种文理结构,其能减小活塞与筒状物之间的总体接触面积,从而减小这些表面之间的摩擦。另一方面,优选的是,表面文理构造不要对密封质

量带来不利影响。这样,应根据材料选择不同的理想的表面抛光。然而,例如,柱塞密封表面/唇部13和抛光的筒状物表面,特别是例如聚碳酸酯筒状物,经电火花处理后的(sparked)表面光洁度例如为30VDI(根据德国工程师协会指南3400,等同于算术平均粗糙度Ra为3.2 $\mu\text{m}$ )是有效的。更一般地,对于柱塞密封表面/唇部13,经电火花处理后的表面光洁度为18VDI(Ra为0.8 $\mu\text{m}$ )至39VDI(Ra为9 $\mu\text{m}$ )是有效的。

[0083] 这样,通过在唇部13后方设置弹性件15,活塞头部10提供了有效而且寿命长的密封,与此同时,还避免了泵变得难以平顺和精确地致动。

[0084] 弹性件15定位在活塞头部10的保持部分16与唇部13之间。这样,在往后推动唇部13时,该弹性件被压靠在保持部分16上,从而可将弹性件15保持在合适位置。然而,优选的是,将弹性件15进一步固定在合适位置,以免其在使用过程中松动。例如,可通过诸如粘合剂的化学物质使弹性件与屏障部分11或保持部分16结合。可替代的是,或可以与粘合剂组合起来使用,可将活塞头部成形为将弹性件15机械地保持在合适位置。如从图2可见到的那样,唇部13的内侧表面成形为具有悬伸部16,其径向向内伸出,并位于其下紧邻表面的上方。这使得弹性件15可定位在悬伸部16的下方,此时悬伸部16起到了阻止弹性件15运动离开合适位置的作用,并因此将弹性件固定住。随着唇部13向内变形,悬伸部进一步向内运动,这就会增强这一效果。

[0085] 屏障部分11和保持部分16可由塑料材料制成,对于纳米孔应用而言,优选采用具有低化学/增塑剂渗透性的塑料材料。可选的塑料包括聚四氟乙烯(PTFE)、超高分子量聚乙烯(UHMWPE)、聚丙烯(PP)、全氟烷氧基(PFA)或氟化乙丙烯(FEP)。

[0086] UHMWPE为制作屏障部分11和弹性件16的优选材料,这是因为,与PTFE相比,其具有较低的蠕变程度,而且同时也可模制。

[0087] 模制是制作活塞头部10的优选方式,这是因为,其可用来大量生产基本相同的产品。而且,通过模制,弹性件15在唇部13内的形成方式还可确保弹性件填充可用空间,并牢固地定位(例如,位于任何悬伸部之下)。模制过程可包括第一步骤,即,利用诸如UHMWPE的塑料材料将屏障部分11/保持部分16模制为一体结构,其包括唇部13的所有特征件。然后,在第二模制步骤中,可将弹性件15模制到唇部13与保持部分16之间的区域内,以这样的方式来形成弹性件15。这样,用来形成弹性件的材料(例如TPE)将例如在定位于合适位置之前,在任何悬伸部16之下流动。

[0088] 这两个步骤的处理工艺不仅在弹性件15和活塞头部10的其他部分之间形成良好的配合,而且在这两个部分之间形成良好的结合。模制可作为两步骤包覆模制工艺的一部分来进行,对于每一模制步骤采用不同的工具。可选的是,通过其中模制操作采用同一工具的双射模制工艺,可进一步改善这两个部分之间的结合。双射模制工艺优选地可在不使弹性件15的材料暴露在屏障表面12上的情况下形成弹性件15。例如,可通过保持部分16或者通过屏障部分11从活塞侧将弹性件15的材料注射到合适位置(利用可使材料从屏障部分11流到唇部13的位于屏障部分11外周的后方的通道)。

[0089] 活塞20由致动组件40,具体地由致动构件41驱动。在一设置方式中,活塞20设有接合部分,其包括凹槽25,用于与该致动构件41接合。如附图所示,该部分可设有肋23,用以支撑凹槽25,并确保凹槽保持刚硬,但是可选的是,可将凹槽设置在活塞20的坚固部分内。

[0090] 凹槽25具有两个大致平行且平展的侧面。致动构件41也具有两个大致平行且平展

的侧面,从而如图4b所示,截面呈双D形(即,两个平整侧面彼此相对,且两个向外凸的弯曲侧面也彼此相对)。在致动构件41的两个平整侧面与凹槽25的平整侧面平行时,致动构件41可滑入到凹槽25内。一旦位于凹槽25内的合适位置,转动致动杆41即可通过平整面而使活塞20组件转动。

[0091] 实际应用中,流体循环可涉及到多种流体,从而需要有多台泵。使用泵组件1,可将循环布置成使得所有泵的凹槽朝向相同的方向,从而通过泵在大致垂直于活塞20沿着筒状物30行进方向的方向上朝向致动构件41的相对运动,可容易的连接至(并随后可脱离)致动构件。即,致动构件41可以以侧置的方式接合泵。这无需例如提供某种机构来沿着活塞行进方向进行初始接合。这还降低了系统占用的高度(在附图中的设置)。这样的设置能节约空间,同时,因为采用中空的柱塞,从而还易于制造。可选地,致动器41可以是中空的,或者其具有从主致动器驱动轴分支出的分支部分,以便与活塞20的外表面接合(例如,通过提供一种在活塞上和/或绕活塞开槽的致动构件41)。在这一设置中,活塞的外表面可设置有结构特征件,例如平的表面,以能与致动器41接合,从而致动器41能使活塞20转动。该活塞转动时,其能穿过致动器41/在致动器41内上升。这一设置能保持附图所示设置的节约空间的优点。例如,在泵的容积足够小,从而附图所示的设置会使得致动器41不够坚固的情况下,这一设置是优选的。即,如果柱塞内的空间变小,从而使由特定的理想材料制成的致动器41变得太薄,并且其自身开始发生变形和/或扭曲,而不是驱动活塞20。在这样的情况下,可将致动器设置在活塞20外部,以将致动器加厚和加强,同时维持较小的泵容积。

[0092] 另一节约空间的特征是在柱塞21内形成中空空间。这使得在推出活塞20时,活塞20绕致动构件41上升。即,无需在推出活塞20的同时推出致动构件41,这是因为致动构件可延伸到中空柱塞21内。于是,无需提供任何机构来推出致动构件。通过活塞20来使致动构件41运动的替代方式将需要采用占据额外空间的额外机构(来使运动成为可能)。因此,可再次看到,所述的设置有助于减少系统的高度。

[0093] 致动构件41的纵向稳定的特性还使得可借助于蜗轮50将电机60结合至致动构件41。而且,电机60可设置成产生旋转驱动,该旋转驱动的旋转轴线大致垂直于活塞20相对于筒状物30行进的最终方向,如以下将要更加详细描述的那样。于是,电机可定位(例如,在图1的设置中)在致动机构40的侧面,而不是如传统那样定位,将致动机构置于电机与活塞之间。

[0094] 可采用多种电机和控制系统来操作泵系统。在针对流控和纳米孔应用场合进行的泵送中,优选采用步进电机。这是因为,步进电机即使在较低速度下也可产生较高的输出转矩,且具有较高的位置重复性。使用步进电机从而在泵送较低流量时也能进行良好的控制。与其他的运动控制系统相比,步进电机还相对廉价,这是因为无需向运动控制器发送反馈信号。在纳米孔应用中,需要对多种流体进行控制,在这样的情况下,每一系统需要有多个电机,此时低成本是很重要的。

[0095] 在泵系统中采用步进电机的情况下,泵能提供的最低输出流量还取决于电机控制器。控制器通常受限于它们在每单位时间间隔内可移动的步进数,例如,1步/s。因此,为有助于实现非常低的泵送速度,更优选的是采用每转能步进较多数量的步进电机,并采用具有微步进性能的控制器的。微步进性能使得控制器能运动指定数量的较小步进,来完成电机的一个步进量。

[0096] 在流控和纳米孔应用中,还应考虑对电机60的尺寸限制。于是,优选的是采用具有较高动力-尺寸比的步进降低。

[0097] 可用作电机60的一个电机示例为Faulhaber步进电机AM2224-AV-4.8,其外部尺寸为22mm,保持转矩为26mNm,每转步进24步(即,每步15度)。当然,也可采用技术参数类似的其他电机。这样的电机可与诸如A3987 DMOS微步进驱动器的控制器一起使用,该控制器具有在每一步进中使电机运动16个微步进的性能。组合使用时,每转执行384个微步进(即,每微步进旋转0.94度),从而可形成每秒运动一个微步进的低速状态。较小的步进速度以及每一微步进带来的较小角度变化使得可对泵的输出速度进行精细的控制。

[0098] 采用蜗轮50来驱动致动机构40的齿轮,也可为想要的操作选择合适的齿轮比。于是,通过选择齿轮比,可将蜗轮50的多个转动转化为使致动组件40的齿轮转动几下,从而非常精细地控制泵的位置。例如,对流控和纳米孔应用而言,合适的齿轮比为1:1至1:50。此外,产生一定量的纵向运动需要活塞旋转多少转,也可通过改变活塞外壳22和筒状物40之间的螺纹的螺距来加以影响。在一特别优选的实施方案中,采用了Faulhaber步进电机AM2224-AV-4.8以及Allegro A3987 DMOS微步进驱动器,二者组合起来形成的齿轮比为35:1,螺纹的螺距选择为每转产生的纵向运动为1mm,且筒状物的宽度为11mm。这样,被控制的泵能提供的流量范围为0.1 $\mu$ l/s至100 $\mu$ l/s。

[0099] 以下描述操作泵组件1的实施例。本领域技术人员应了解的是,这一特定的操作方法不是对本发明的限制。

[0100] 泵筒状物30可集成有流体管道,如图所示,其中筒状物30具有流体入口/出口31以与流体管道中的流体通道相连。然而,在可选设计中可形成单独的入口和出口(设有止回阀来防止沿着错误的方向流动)。活塞20在脱离致动机构40之后,可旋合到筒状物之上,直到突出部24、34彼此接触为止。在此状态下,活塞的柱塞21和头部10在筒状物30内行进到最远处,从而使筒状物30内流体的体积最小(优选的是,使筒状物30内没有流体)。

[0101] 泵的筒状物/活塞的组合可与驱动构件41接合。驱动构件41可以是较大机构或机器的一部分。该机器可构造成沿着特定的(旋转)方位形成驱动构件,从而将驱动构件41的平整侧面设置在特定的位置,以使活塞21的凹槽25环绕着驱动构件41的底部滑动。活塞21可环绕驱动构件41滑动,直到驱动构件41定位在凹槽25内,这样,驱动构件的旋转轴线就与活塞20的旋转轴线大致重合。

[0102] 一旦泵的筒状物/活塞组件与驱动构件41接合,即可操作泵组件1。电机60布置成其旋转轴线大致垂直于活塞20沿着筒状物30的纵向行进的方向,可操作电机以为蜗轮50形成旋转驱动力。蜗轮50通过齿轮与致动组件40结合。齿轮定位在致动构件41的与其配合到活塞20的凹槽25内的端部相对的一端。

[0103] 蜗轮50的旋转使致动组件的齿轮旋转,从而产生致动构件41的旋转运动,该旋转运动的旋转轴线大致垂直于蜗轮50的旋转轴线。

[0104] 如上所述,活塞的凹槽25定位成围绕着致动构件41,从而致动构件的旋转向活塞20施加了旋转力。

[0105] 如果沿着使突出部24、34靠拢的方向向活塞施加旋转力,则活塞20不会运动,这是因为其已经沿该方向行进到了最远处。可选的,组件1可设有反馈系统来检测活塞20不能旋转的状态,并使电机60停止工作(或反转)。可选地,可采用一机构来跟踪活塞的旋转位置,



以避免推动活塞20超过其行进最远点。

[0106] 如果沿着使突出部24、34分开的方向向活塞施加旋转力(即沿着从筒状物30抽出柱塞21和头部10的方向),则活塞20可沿着外壳22和筒状物30的互补螺纹自由转动。这样,通过凹槽25和致动构件41施加到活塞20上的旋转力使活塞20旋转,该旋转通过螺纹表面被转化为纵向运行(即,沿着旋转轴的运动)。

[0107] 该纵向运动可使柱塞21和头部10从筒状物30抽出。如上所述,头部10可以以头部10能相对于活塞20旋转的方式连接至柱塞21。如果是这样的话,头部10可在筒状物内运动,以便维持其相对于筒状物30的旋转位置(这是由于筒状物30与头部10之间的摩擦力),并相对于活塞20/柱塞21旋转。

[0108] 如果筒状物30内的开口31连接至流体源,则在抽出柱塞21和头部10的过程中,流体将被吸入到筒状物内。这是因为头部10形成了针对筒状物30的密封,该密封防止了任何流体(例如,空气)从头部10的柱塞侧进入到筒状物内排空的空间内,从而由于抽出头部而产生的负压通过开口31将流体吸入。

[0109] 该纵向运动还使得活塞20相对于致动构件41的相对位置发生改变。即,在活塞20与致动构件41一起旋转的过程中,活塞20的纵向运动使得活塞沿着致动构件41运动(即,在图1中向上运动)。这是因为在柱塞21内设置了中空空间,而致动构件41可通过凹槽25延伸到该空间内。因此,随着活塞20的旋转,其沿着致动构件41行进,使得致动构件41进一步进入到中空柱塞21内。

[0110] 随着活塞20沿着致动构件41的运动,致动构件41将开始延伸到凹槽25之后,这样其不再可能通过侧向运动(即,垂直于活塞20旋转轴线的运动)使活塞20脱离致动构件41。因此,泵的活塞/筒状物能锁定到容纳有致动机构40的机器内,直到活塞20返回到其初始位置。在活塞如图3a所示在筒状物内行进时,驱动构件可脱离凹槽25。这使得可移除已经污染流体试样的筒状物和活塞,并且随后可替换新的筒状物和活塞,而无需纵向移动驱动构件。这也使得可再次利用泵的诸如驱动器和电机的其他部件。可设置套件盒90,以与分析仪器一起使用,其包括多个泵及其他部件,如图9所示(图中,可见活塞20,其覆盖了多个筒状物部分30)。于是可从周围的包括驱动构件41和相关驱动机构的壳体或主体移除和更换整个套件盒。

[0111] 一旦将足够的流体吸入到筒状物30内,则电机60可停车。流体将被保持在筒状物30内,直到电机60再次开始运行位置。可在与电机60之前的运动方向相反的方向上重新启动电机,以在筒状物30内推动柱塞21和头部10,从而使流体流出开口31。例如在筒状物30内已存储有流体之后可重新配置流体管路31的情况下,这有利于形成期望用于提供流体的通向开口31的不同流体路径。

[0112] 因为泵组件1将旋转驱动力转化为活塞的纵向运动,从而可对通过开口31排出(或者,实际上是吸入)的流体的量进行精细控制。因此,可重新启动电机60,以例如使蜗轮50旋转给定的圈数,这将转化为使活塞20发生一定量(已知)的纵向移位。如果筒状物30的尺寸已知,则移置流体(以及压入流体管道内)的体积也已知。因此,泵组件1能用于按计量提供流体。在另一可选操作中,通过控制电机60旋转蜗轮50、从而转动活塞20的速度,泵组件1用来使流体以给定流量通过开口31。在实际应用中,有利的是在控制流体流量的同时也控制传送流体的量,而泵组件1使这成为可能。

[0113] 可一次性地或分步地排出筒状物30内的流体。也可在全部排出流体之前对其进行补充(通过利用电机来进一步抽出活塞20)。如果能改变连接至开口31的流动通道,还可更换筒状物30内的流体。例如,可将第一流体吸入筒状物30,然后排出,可重新改变连接至开口31的流体通道,可从连接的新流体源吸入流体。

[0114] 一旦将活塞20推回到使突出部24、34接触的点位,即可使泵的筒状物/活塞组件脱离致动构件40。

[0115] 如从以上描述可看到的那样,通过采用减小提供致动所需纵向空间,以及通过螺纹来使活塞20的旋转运动转化为纵向运行的设计,泵组件1可用来精确地提供所需的流体流量,同时能保持较小的泵廓形。这样的构造还使泵的各部件的生产成本降低,而不会牺牲分送流体的精度,这进一步使泵可一次性使用。

[0116] 在实际应用中,附图所示的泵和驱动系可作为诸如流控或纳米孔系统的一部分设置在一个壳体内。泵和致动器41的这一构造使得可将致动器41安装在该壳体内,使得致动器可相对于壳体旋转,否则就保持为静止不动。即,致动器41保持为不能平动。于是,无需在壳体内提供任何额外的空间以便于致动器41在泵送时发生平动运动。相反,在致动器41的旋转运动驱动活塞时,致动器41相对于壳体保持在同样的平动位置。筒状物30也可静止地保持在壳体内,从而能容易地连接至所需的流控系统。

[0117] 系统也可设置成可将泵放置到壳体内,例如将其设置在套件盒上。在这样的系统中,套件盒的负载可使套件盒上的泵与致动构件接合。

[0118] 在这样的系统中,优选的是通过尽量减小壳体内的插入套件盒的开口的宽度或高度来节约系统内的空间。在此情况下,优选的是将套件盒上的泵设置在柱塞已推进到筒状物最远处时形成的“空”结构中。在此情况下,泵在套件盒中将呈现出最小的廓形。由于套件盒的廓形取决于其包括泵在内的组件,从而减小泵的廓形有助于减小整个套件盒的廓形。套件盒廓形的减小也相应减小了将套件盒插入壳体的开口的尺寸,从而有助于减小整个系统的尺寸。一旦将套件盒插入,并使泵与致动构件接合,则泵可围绕致动构件上升,并如以上所述的那样运行。

[0119] 在其他情形中,优选的是在泵已经预先冲注的情况下,将套件盒插入。在这样的情形中,泵将呈现出较大的廓形,这是因为要将从泵抽出活塞,从而活塞更“向上”(参照附图所示)突出。在此情形下,套件盒的凹槽应较大。

[0120] 尽管以上参照套件盒中的一个泵对系统加以了描述,但是一些系统可采用在一个套件盒上设置多个泵的方案。

[0121] 以上参照具体的实施方式描述了本发明。应理解的是,以上描述不是对本发明的限定,本发明由所附权利要求限定。

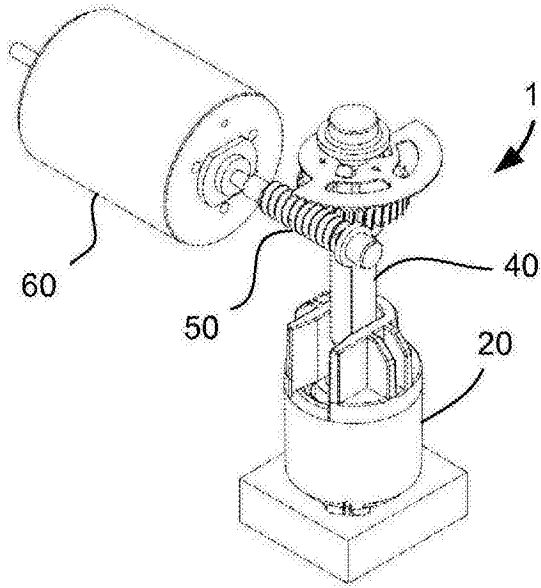


图1a

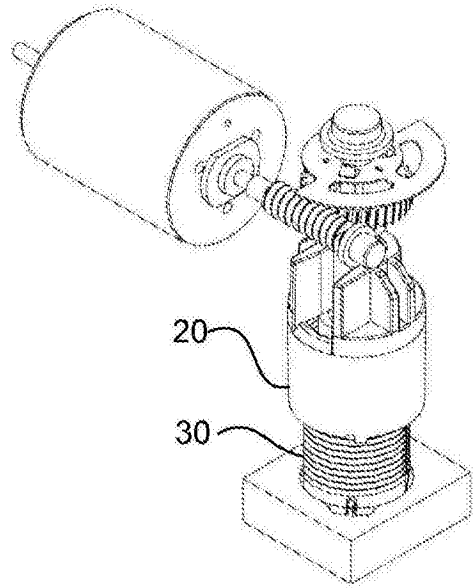


图1b

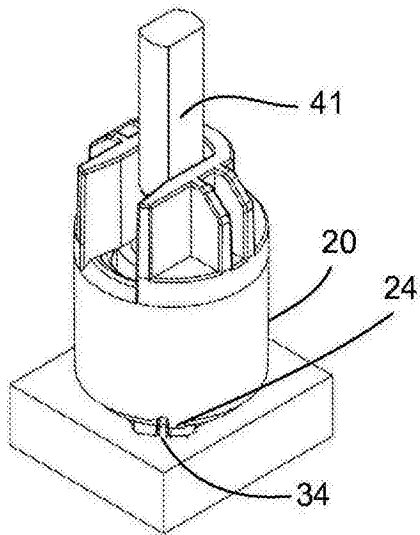


图2a

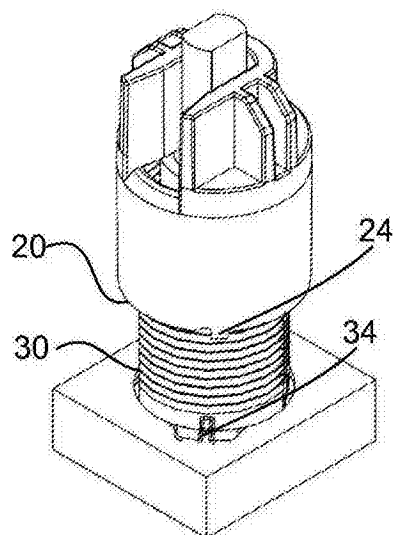


图2b

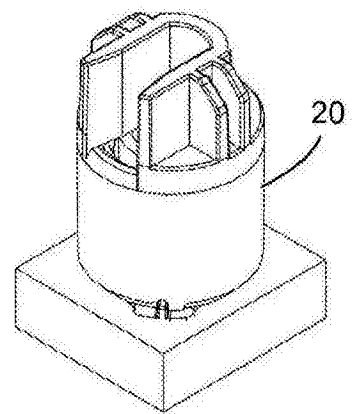


图3a

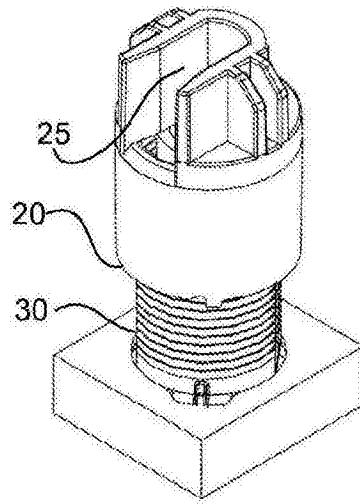


图3b

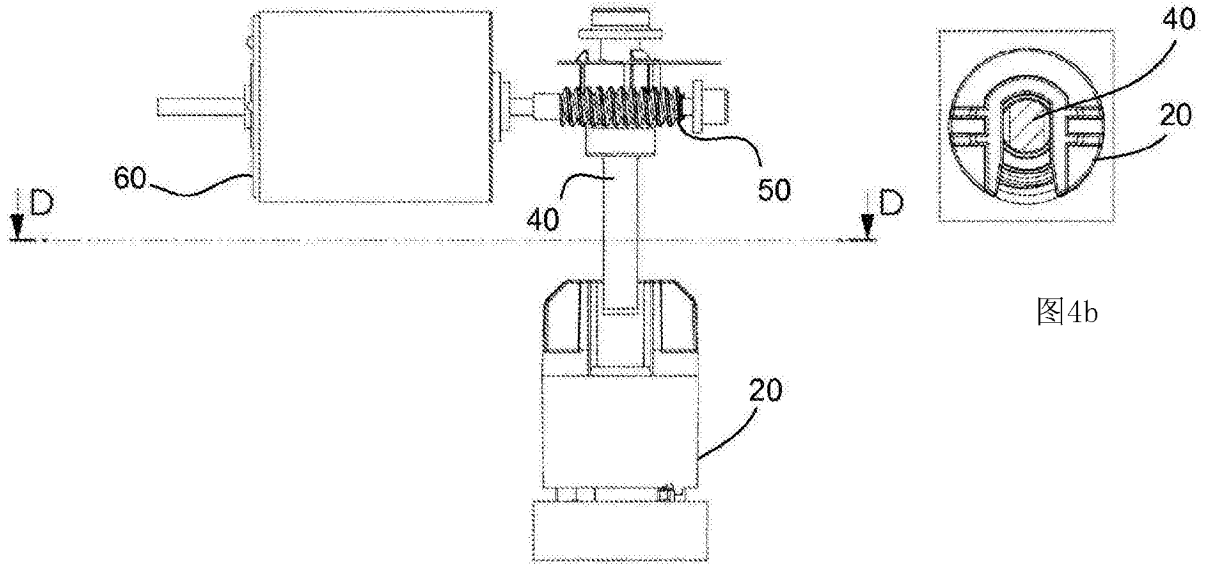


图4b

图4a

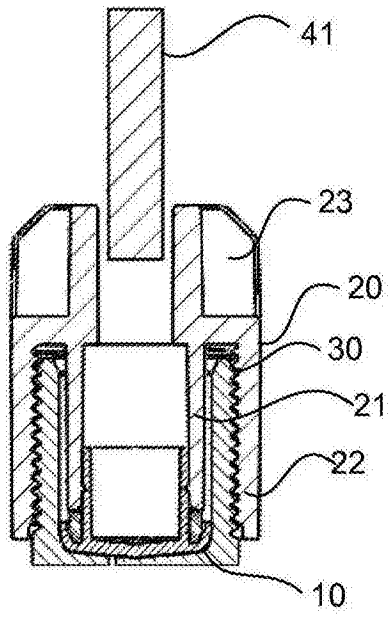


图5a

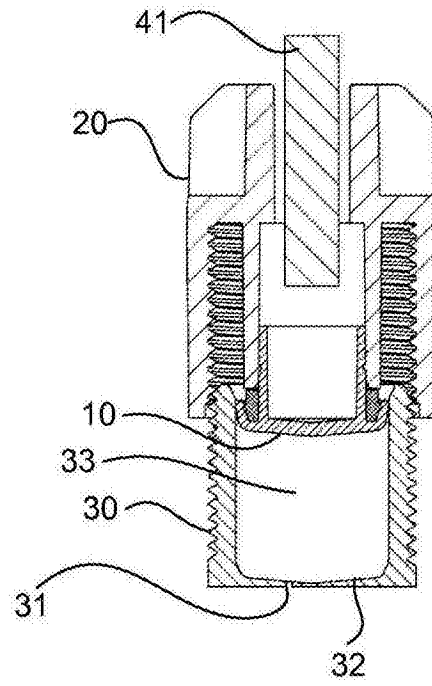


图5b

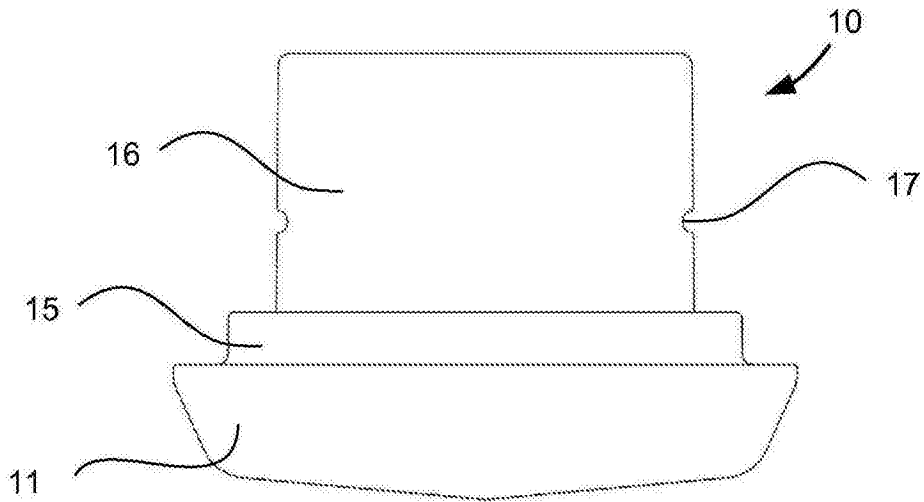


图6

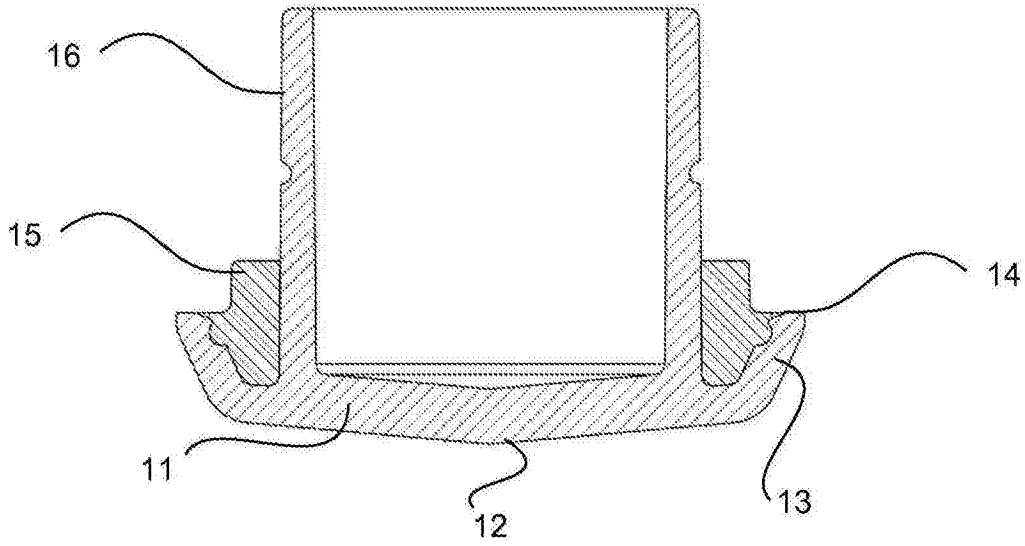


图7

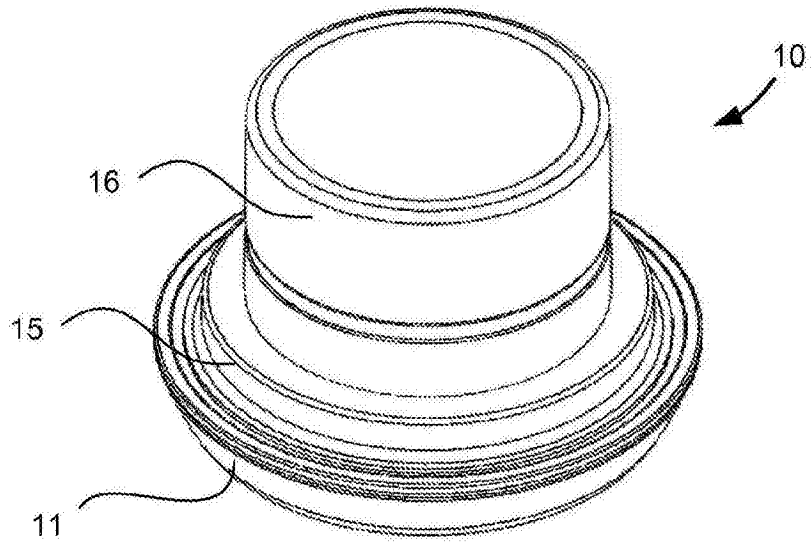


图8

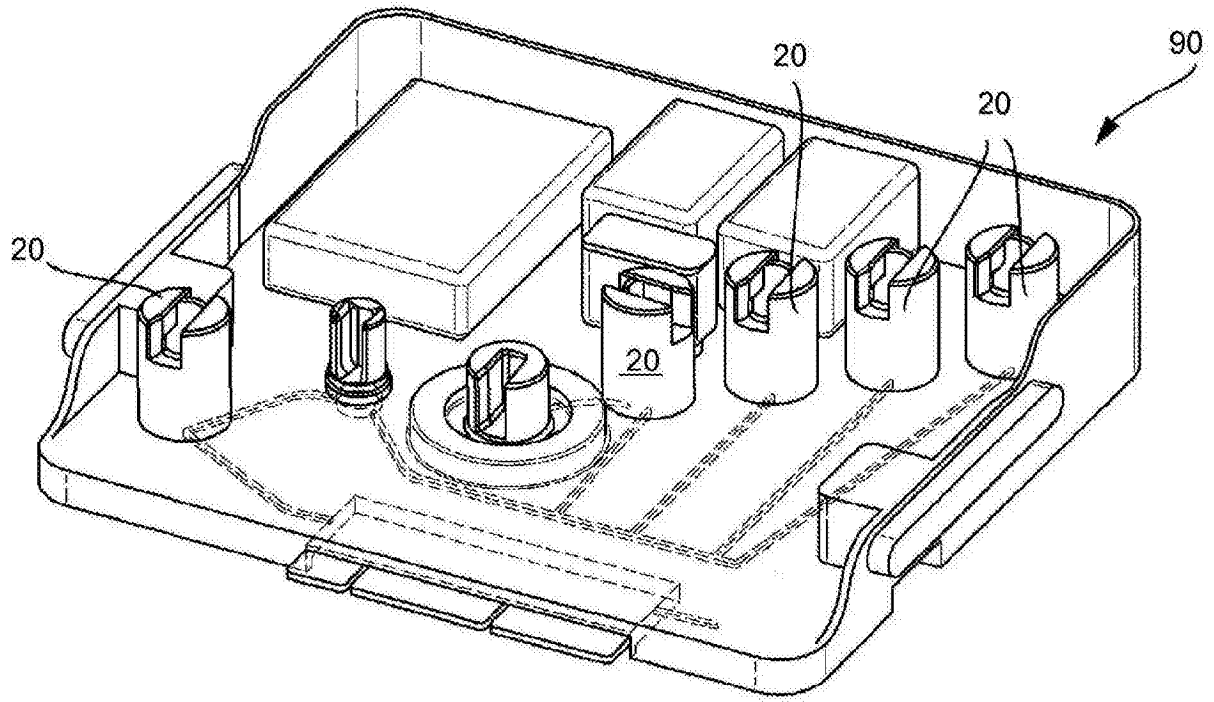


图9