



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109050912 B

(45) 授权公告日 2021.07.16

(21) 申请号 201810921245.6

US 6082671 A, 2000.07.04

(22) 申请日 2018.08.14

WO 2012112816 A1, 2012.08.23

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 强祝君

申请公布号 CN 109050912 A

(43) 申请公布日 2018.12.21

(73) 专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 吴江浩 贾媛 李港 张梓箫

张艳来

(51) Int. Cl.

B64C 33/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106081103 A, 2016.11.09

CN 1765702 A, 2006.05.03

CN 103492264 A, 2014.01.01

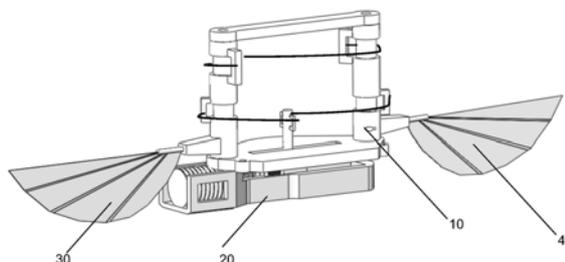
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构

(57) 摘要

本申请公开了一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,包括绳传动机构,电磁驱动机构和一对扑翼。通过本发明的技术方案,可在扑翼运动过程中缓冲吸能和储能,实现减振和降低能耗的效果,同时能够实现运动的精准控制,避免了传统设计中由于偏心齿轮晃动所造成的运动不稳定性和不对称性。



1. 一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,其特征在于,包括绳传动机构,电磁驱动机构和一对扑翼,其中,

所述绳传动机构包括机架、对称设置于所述机架的中心轴线两侧的第一摇臂和第二摇臂、设置于所述机架的矩形槽内的竖杆、设置于所述第一摇臂和第二摇臂上用于约束所述第一摇臂和第二摇臂的水平位移的横梁和三根细绳,所述竖杆可在所述机架的矩形槽内往复运动,所述竖杆上设置有第一定位孔和第二定位孔,所述第一摇臂和第二摇臂上分别设置有第一安装孔、第二安装孔、第三安装孔和第四安装孔;

所述三根细绳包括第一传动绳、第二传动绳和限位绳,其中所述第一传动绳连接所述竖杆的第一定位孔和所述第一摇臂的第三安装孔,所述第二传动绳连接所述竖杆的第二定位孔和所述第二摇臂的第三安装孔,所述限位绳连接所述第一摇臂的第二安装孔和所述第二摇臂的第二安装孔;

所述电磁驱动机构包括底座,自左向右排布于所述底座的中心轴线上的线圈、弹簧、磁铁和滑块,所述竖杆的底端与所述滑块固定连接;所述底座的中心轴线上设置有用使所述磁铁和所述滑块能够直线滑动的滑轨,所述滑块铆钉连接于所述滑轨内,所述滑块的行程为20mm-22mm;

所述一对扑翼分别包括一根主梁、三根辅梁和翼膜,所述一根主梁的一端与所述三根辅梁的一端相连,所述一根主梁的另一端分别安装于所述第一摇臂的第四安装孔内和所述第二摇臂的第四安装孔内,所述三根辅梁每相邻两根之间呈 $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ 粘贴于所述翼膜上。

2. 根据权利要求1所述的一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,其特征在于,所述机架为左右对称结构,左右对称开有第一螺纹孔和第二螺纹孔,所述第一摇臂的底端安装于所述第一螺纹孔内,所述第二摇臂的底端安装于所述第二螺纹孔内,所述第一摇臂和第二摇臂可水平旋转。

3. 根据权利要求1或2所述的一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,其特征在于,所述横梁的两端分别通过所述第一摇臂的第一安装孔和所述第二摇臂的第一安装孔与所述第一摇臂和所述第二摇臂固定。

4. 根据权利要求1或2所述的一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,其特征在于,所述一根主梁和所述三根辅梁由碳纤维杆制成,所述翼膜为聚乙烯薄膜。

5. 根据权利要求1或2所述的一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,其特征在于,所述底座由树脂材料或聚乳酸材料通过3D打印整体制成。

## 一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微型飞行器领域,具体但不排他地,涉及一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构。

### 背景技术

[0002] 自二十世纪九十年代以来,随着传统飞行器设计技术的不断成熟和微电子技术的大幅进步,人们提出了微型飞行器的概念并推动了它的快速发展。微型飞行器体积小、重量轻、机动性强,在国民安全和国民经济建设方面具有广泛的应用前景,可用于复杂环境下的侦查、勘探、协助救援等工作。同时,随着人们对自然生物(如昆虫)飞行原理的不断探索,仿生学设计被越来越多的应用于微型飞行器领域,出现了各种模仿昆虫飞行的仿生扑翼微型飞行器。

[0003] 当前仿生扑翼微型飞行器翼拍动运动大多采用“电机-齿轮减速组-曲柄连杆”的设计方案,电机输出的高速旋转运动经齿轮减速组减速后带动曲柄连杆机构,驱动翼往复拍动。在该方案中,齿轮减速组内的齿轮间摩擦阻力较大,能量损耗较高,同时由于微型飞行器质量轻,体积小,携带电源能量有限,且受当前电池能量密度较低的限制,机构的高能量损耗显然对于提升飞行器的续航性能是不利的。为解决上述问题,有人提出了“电磁驱动连杆”及“电机驱动绳传动”的设计方案,“电磁驱动连杆”的方案中,其中杆件结构经常处于摩擦且高速旋转的恶劣工作状态,结构极易发生断裂,可靠性较差;“电机驱动绳传动”的方案中,尽管去除了高速旋转齿轮减速组,但却存在偏心齿轮。机构装配时,偏心齿轮轴通常存在一定的间隙,而机构执行时又存在竖直平面内的力矩作用在该偏心齿轮上,二者共同作用下齿轮经常出现晃动,从而导致输出的翼拍动运动左右并不对称。

### 发明内容

[0004] 为解决上述传统“电机-齿轮减速组-曲柄连杆”的设计方案能量损耗较高、“电磁驱动连杆机构”的设计方案杆件摩擦使杆件易断裂及“电机驱动绳传动”的设计方案偏心齿轮晃动的缺陷,本发明提出了一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,在保证扑翼拍动运动的稳定性与对称性的同时,减少机构部件间摩擦损耗,同时通过利用弹簧、传动绳等储能部件减少机构振动并提高能量利用效率。

[0005] 具体地,本发明一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,其特征在于,包括绳传动机构,电磁驱动机构和一对扑翼,其中,所述绳传动机构包括机架、对称设置于所述机架的中心轴线两侧的第一摇臂和第二摇臂、设置于所述机架的矩形槽内的竖杆、设置于所述第一摇臂和第二摇臂上用于约束所述第一摇臂和第二摇臂的水平位移的横梁和三根细绳,所述竖杆可在所述机架的矩形槽内往复滑动,所述竖杆上设置有第一定位孔和第二定位孔,所述第一摇臂和第二摇臂上分别设置有第一安装孔、第二安装孔、第三安装孔和第四安装孔,所述电磁驱动机构包括底座,自左向右排布于所述底座的中心轴线上的线圈、弹簧、磁铁和滑块,所述竖杆的底端与所述滑块固定连接,所述竖杆可在所述机架的矩形槽内往复

运动,所述一对扑翼分别包括一根主梁、三根辅梁和翼膜,所述一根主梁的一端与所述三根辅梁的一端相连,所述一根主梁的另一端分别安装于所述第一摇臂的第四安装孔内和所述第二摇臂的第四安装孔内,所述三根辅梁每相邻两根之间呈 $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ 粘贴于所述翼膜上。

[0006] 优选地,所述机架为左右对称结构,左右对称开有第一螺纹孔和第二螺纹孔,所述第一摇臂的底端安装于所述第一螺纹孔内,所述第二摇臂的底端安装于所述第二螺纹孔内,所述第一摇臂和第二摇臂可水平旋转。

[0007] 优选地,所述横梁的两端分别通过所述第一摇臂的第一安装孔和所述第二摇臂的第一安装孔与所述第一摇臂和所述第二摇臂固定。

[0008] 优选地,所述三根细绳包括第一传动绳、第二传动绳和限位绳,其中所述第一传动绳连接所述竖杆的第一定位孔和所述第一摇臂的第三安装孔,所述第二传动绳连接所述竖杆的第二定位孔和所述第二摇臂的第三安装孔,所述限位绳连接所述第一摇臂的第二安装孔和所述第二摇臂的第二安装孔。

[0009] 优选地,所述底座的中心轴线上设置有用于使所述磁铁和所述滑块能够直线滑动的滑轨,所述滑块铆钉连接于所述滑轨内,所述滑块的行程为20mm-22mm。

[0010] 优选地,所述一根主梁和所述三根辅梁由碳纤维杆制成,所述翼膜为聚乙烯薄膜。

[0011] 优选地,所述底座由树脂材料或聚乳酸材料通过3D打印整体制成。

[0012] 本发明的有益效果在于:

[0013] 1.利用弹簧和传动绳,可在扑翼运动过程中缓冲吸能和储能,避免了传统设计中由于机械部件摩擦和碰撞所造成的机械振动及能量损耗,实现了减振和降低能耗的效果。

[0014] 2.利用电磁驱动实现了运动的精准控制,避免了传统设计中由于偏心齿轮晃动所造成的运动不稳定性和不对称性。

## 附图说明

[0015] 图1为本发明一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构示意图;

[0016] 图2为绳传动机构的示意图;

[0017] 图3为电磁驱动机构的示意图;

[0018] 图4为机架的结构示意图;

[0019] 图5为第一摇臂的结构示意图;

[0020] 图6为第二摇臂的结构示意图;

[0021] 图7为竖杆的结构示意图;

[0022] 图8为横梁的结构示意图;

[0023] 图9为底座的结构示意图;

[0024] 图10为滑块的结构示意图;

[0025] 图11为扑翼的结构示意图。

## 具体实施方式

[0026] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0027] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。下面将结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0028] 图1为本发明一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构的整体示意图,图2示出了绳传动机构的一示例性实施方式,图3示出了电磁驱动机构的一示例性实施方式,如图所示的一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构,包括绳传动机构10,电磁驱动机构20和一对扑翼30、40。其中,绳传动机构10包括机架101、对称设置于机架101的中心轴线两侧的第一摇臂102和第二摇臂103、设置于机架101的矩形槽1012内的竖杆104、设置于第一摇臂102和第二摇臂103上用于约束第一摇臂102和第二摇臂103的水平位移的横梁105和三根细绳106、107、108,竖杆104可在机架101的矩形槽1012内往复运动,竖杆104上设置有第一定位孔1041和第二定位孔1042,第一摇臂102和第二摇臂103上分别设置有第一安装孔1021、1031,第二安装孔1022、1032,第三安装孔1023、1033,和第四安装孔1024、1034。电磁驱动机构20包括底座201,自左向右排布于底座201的中心轴线上的线圈202、弹簧203、磁铁204和滑块205。竖杆104的底端与滑块205固定连接,竖杆104可在机架101的矩形槽1012内往复滑动。一对扑翼30、40分别包括一根主梁301,三根辅梁302、303、304和翼膜305,一根主梁301的一端与三根辅梁302、303、304的一端相连,一根主梁301的另一端分别安装于第一摇臂102的第四安装孔内1021和第二摇臂103的第四安装孔1034内,三根辅梁302、303、304每相邻两根之间呈 $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ 粘贴于翼膜305上。

[0029] 图4示出了机架的一示例性实施方式,机架101为左右对称结构,左右对称开有第一螺纹孔1011和第二螺纹孔1013,第一摇臂102的底端安装于第一螺纹孔1011内,第二摇臂103的底端安装于第二螺纹孔1013内,第一摇臂102和第二摇臂103可水平旋转。

[0030] 图5和图6示出了第一摇臂和第二摇臂的一示例性实施方式。

[0031] 图7示出了竖杆的一示例性实施方式,横梁105的两端分别通过第一摇臂102的第一安装孔1021和第二摇臂103的第一安装孔1031与第一摇臂102和第二摇臂103固定。

[0032] 图8示出了横梁的一示例性实施方式,结合图2、图5、图6和图8,三根细绳包括第一传动绳106、第二传动绳107和限位绳108,其中第一传动绳106连接竖杆104的第一定位孔1041和第一摇臂102的第三安装孔1023,第二传动绳107连接竖杆104的第二定位孔1042和第二摇臂103的第三安装孔1033,限位绳108连接第一摇臂102的第二安装孔1022和第二摇臂103的第二安装孔1032。

[0033] 图9和图10分别示出了底座和滑块的一示例性实施方式,底座201的中心轴线上设置有用使磁铁204和滑块205能够直线滑动的滑轨,滑块205铆钉连接于滑轨内,滑块205的行程为20mm-22mm。在一些实施方式中,底座201由树脂材料或聚乳酸材料通过3D打印整体制成。

[0034] 图11示出了扑翼的一示例性实施方式,在一些实施方式中,一根主梁301和三根辅梁302、303、304由碳纤维杆制成,翼膜305为聚乙烯薄膜。

[0035] 结合图1-图9说明本发明的一种电磁驱动与绳传动结合的扑翼机构工作过程,下述关于方向的表述,涉及“左右”的表述均以图3所示方向为准,涉及“正负极限位置”和“顺时针”的表述的视角均为俯视视角,即图1的从上往下看的视角。初始时刻线圈202通电前,弹簧203处于自然状态,滑块205和竖杆104位于左极限位置,扑翼30、40和第一摇臂102、

第二摇臂103都位于正极限位置。给线圈202接入正弦交流电,首先根据飞行器任务载荷对升力的需要,结合扑翼几何与运动约束确定翼拍动频率,正弦交流电的频率与扑翼30、40拍动的频率一致,其次线圈202产生的磁力应能够恰好使滑块205在底座201的滑轨内做简谐振动,据此计算出正弦交流电的幅值。在电流交变周期的上半周期,线圈202产生的磁场N、S极方向刚好与磁铁204磁极相反,此时,线圈202对磁铁204产生排斥力,推动滑块205向右运动,与此同时,竖杆104随滑块205向右运动,竖杆104带动传动绳106对第一摇臂102产生拉力,带动第一摇臂102及其上的扑翼30沿逆时针拍动,限位绳108绷紧,带动第二摇臂103及其上的扑翼40沿顺时针拍动;当滑块205运动到右极限位置时,第一摇臂102和第二摇臂103运动也到达负极限位置,限位绳108绷紧对第一摇臂102和第二摇臂103运动产生限位作用,此时进入电流交变周期的下半周期,交变电流改变电流方向,线圈202磁性变的同磁铁204磁极分布一致,线圈202对磁铁204产生吸引力,同时由于弹簧203发生拉伸变形,对滑块205产生向左的拉力作用,电磁吸引力和弹簧203拉力共同带动滑块205向左运动,竖杆104随滑块205一起向左运动,竖杆104带动传动绳107对第二摇臂103产生拉力,带动第二摇臂103及其上的扑翼40沿逆时针拍动,限位绳108绷紧,带动第一摇臂102及其上的扑翼30沿顺时针拍动,当滑块205运动到左极限位置,一个电流交变周期结束,同时第一摇臂102和第二摇臂103回到正极限位置,限位绳108限制第一摇臂102和第二摇臂103的拍动运动。因此,通过周期性的改变线圈202电流方向,实现扑翼30、40的往复拍动。

[0036] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

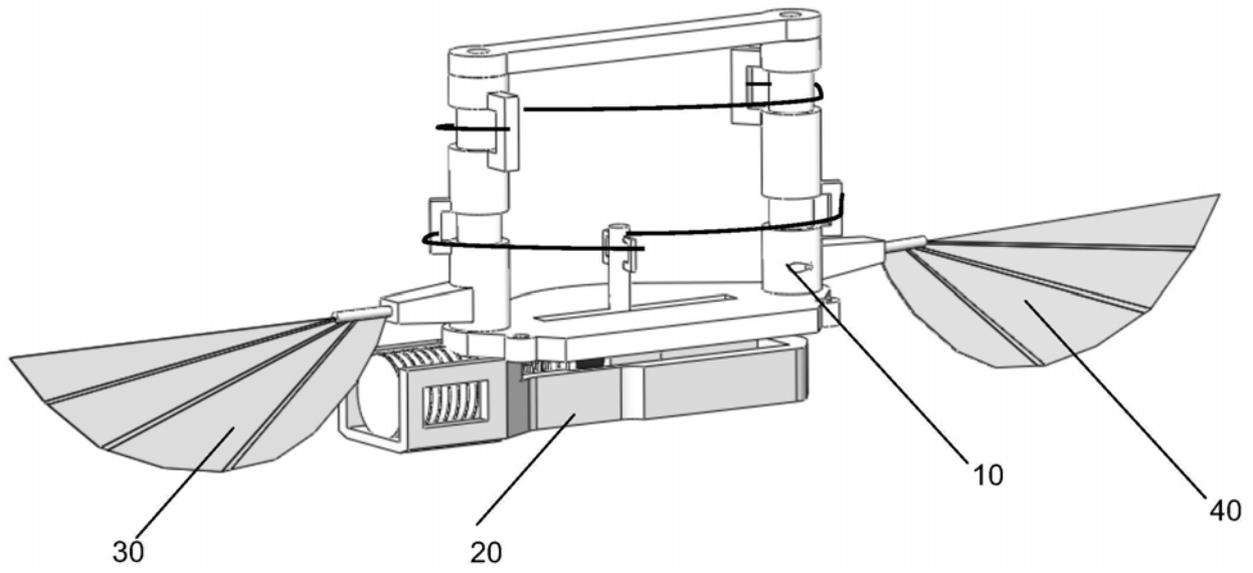


图1

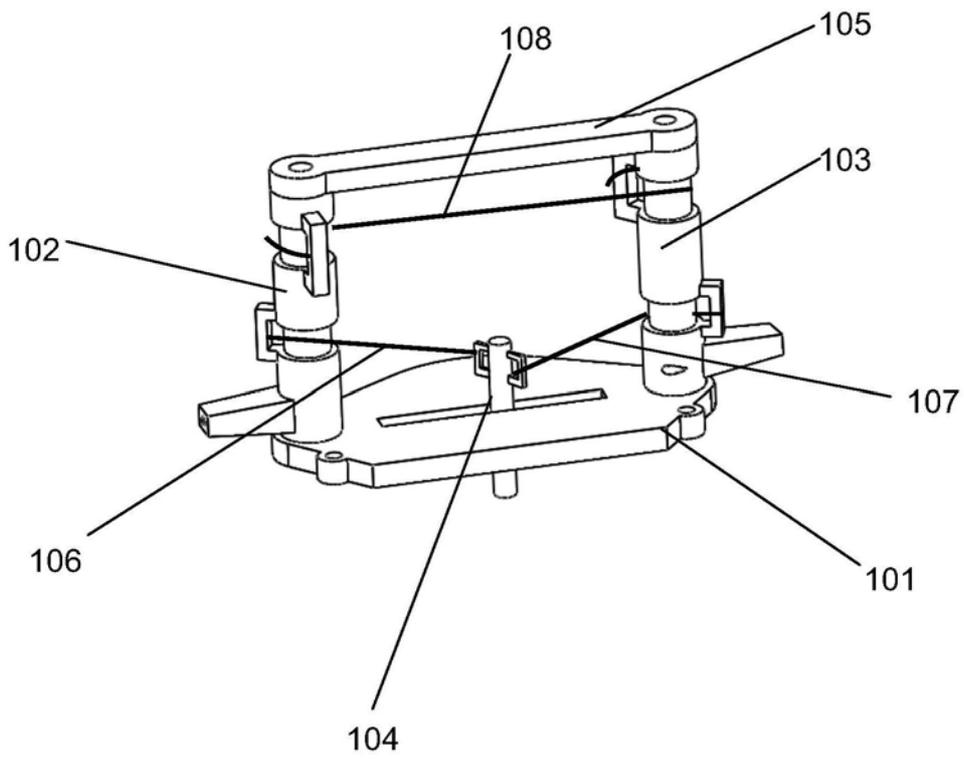


图2

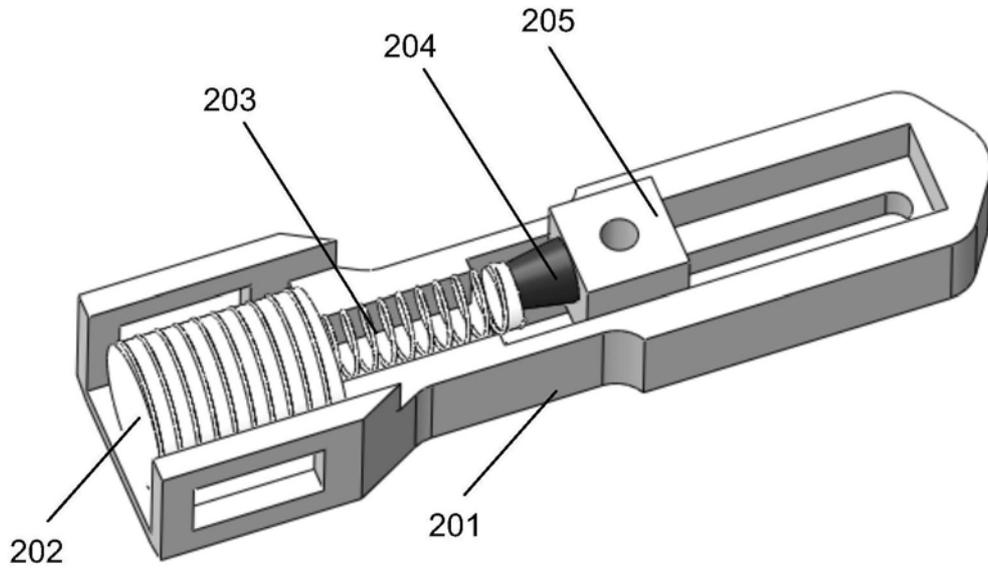


图3

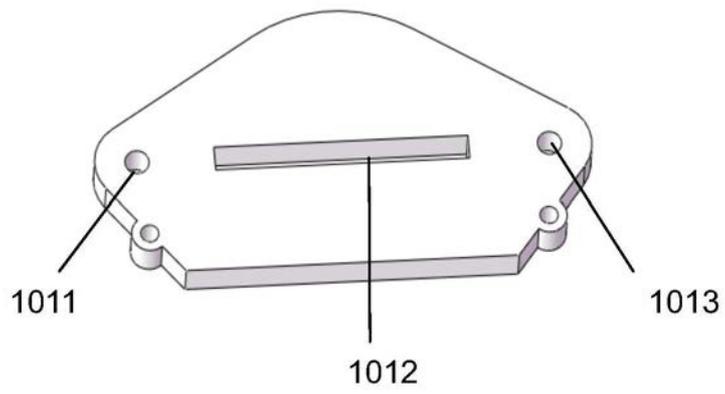


图4

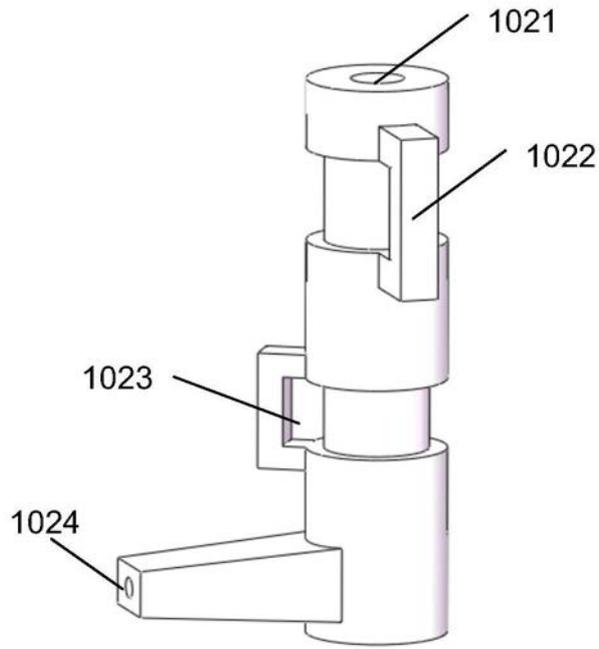


图5

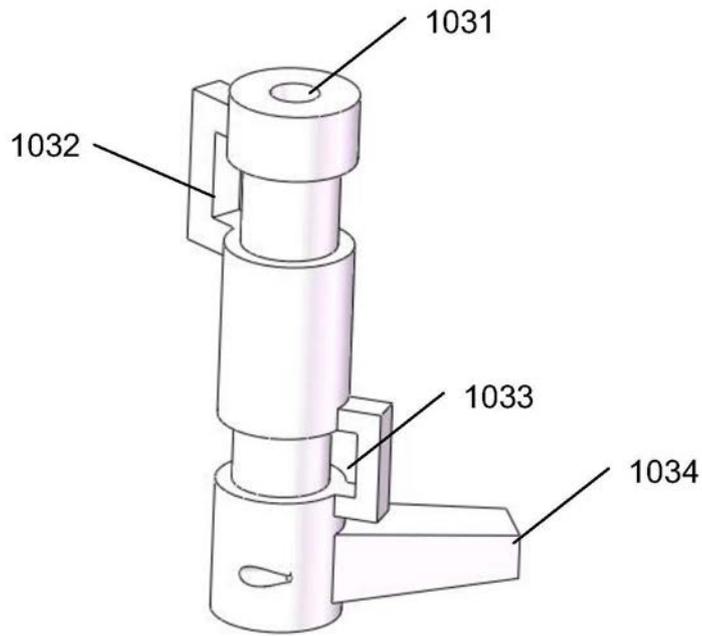


图6

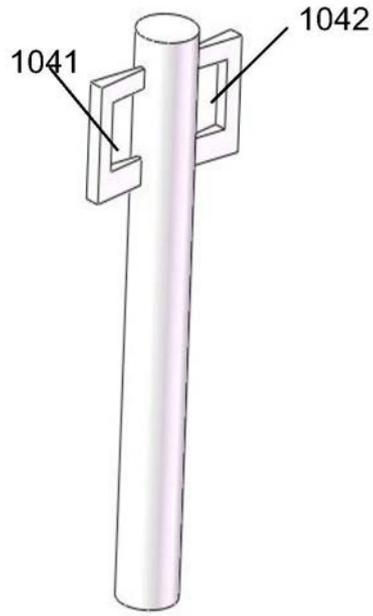


图7

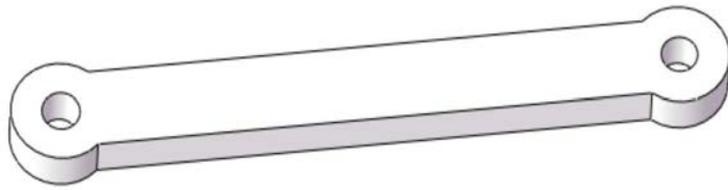


图8

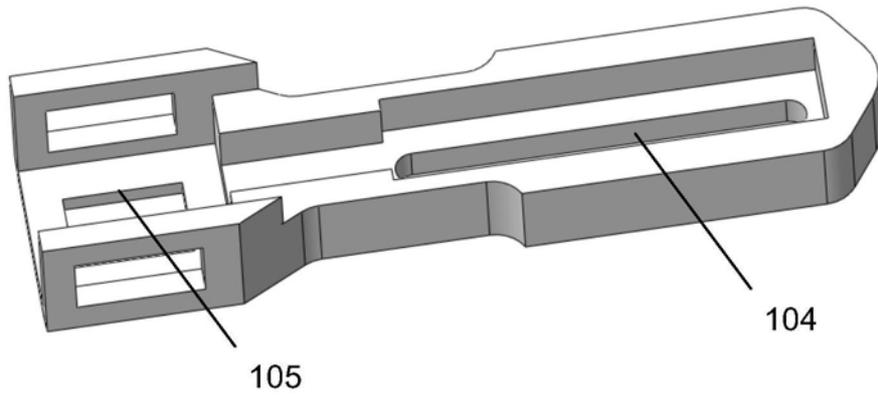


图9

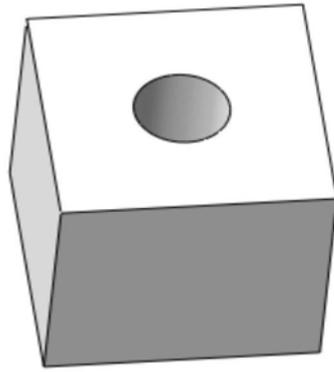


图10

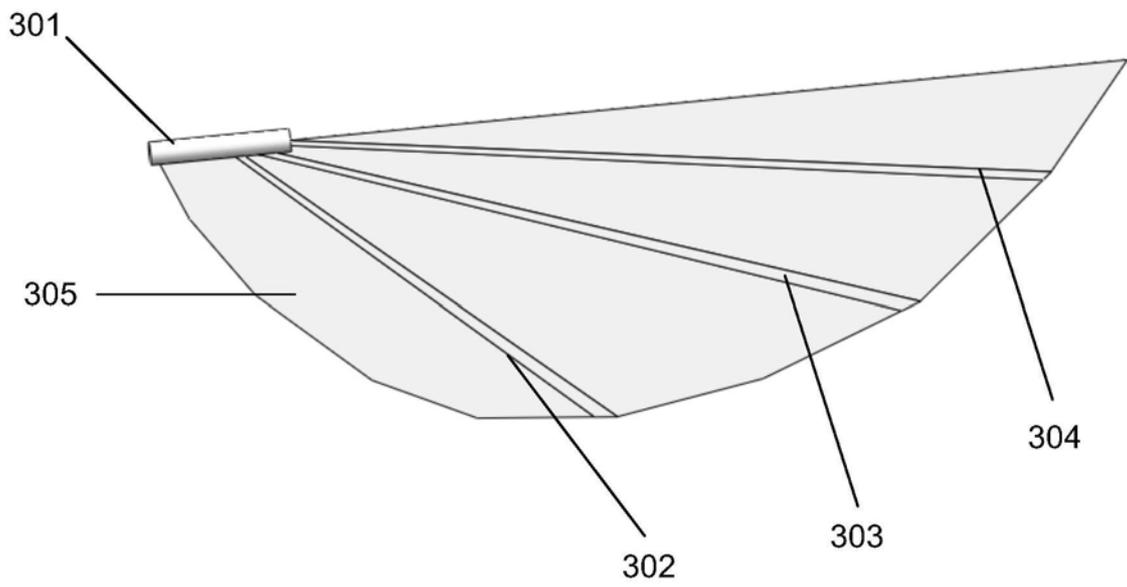


图11