



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106998156 B

(45)授权公告日 2019.05.21

(21)申请号 201710427505.X

(22)申请日 2017.06.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106998156 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(73)专利权人 盐城工学院
地址 224051 江苏省盐城市世纪大道1166号

(72)发明人 陈西府 李明 卢倩 王正刚
周海

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200
代理人 王美章

(51)Int.Cl.
H02N 2/04(2006.01)
H02N 2/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 104741936 A,2015.07.01,说明书0016-0017段,图1.

CN 207354077 U,2018.05.11,权利要求1-2、6-8.

CN 103701358 A,2014.04.02,

徐晶晶.基于位移放大结构的压电直线电机的研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技II辑》.2013,(第02期),第29页、第44-45页,图4.14,图4.15.

陈培洪等.一种新型直动式压电直线电机的设计.《压电与声光》.2011,第33卷(第2期),第240-241页,图1-7.

陈西府等.一种非共振式压电叠堆直线电机的机理与设计.《中国电机工程学报》.2011,第31卷(第15期),图1.

审查员 陆菲

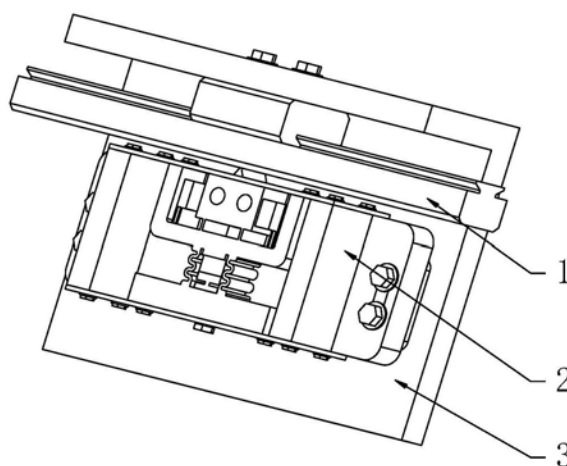
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种差动式直线压电电机及其工作方法

(57)摘要

本发明公开了一种差动式直线压电电机及其工作方法,电机的定子上的驱动足包括两组对称的平行于导轨布置的压电叠层和一组垂直导轨布置的压电叠层,分别为定子驱动足提供平行于导轨方向和垂直于导轨方向的微幅振动。本发明用对称的周期信号激励平行于导轨方向的压电叠层,用矩形波信号激励垂直于导轨方向的压电叠层,实现电机定子和动子之间的摩擦驱动特性在驱动阶段和回程阶段具有明显差异,从而使得动子在驱动阶段的运动距离大于在回程阶段的运动距离,由于该电机在0~1KHz频率范围内具有明显不同的差动摩擦特性,所以当驱动频率从低频到高频变化时,该类电机的定位精度也从纳米级向微米级渐变,这有望部分代替结构复杂的宏微结合的定位平台。



1. 一种差动式直线压电电机的工作方法, 依赖一种差动式直线压电电机, 所述电机包括定子、动子及底座, 其特征在于, 所述动子通过导轨连接在底座上, 所述定子设置于底座上, 定子包括驱动足以及弹性夹持机构, 在弹性夹持机构的预紧力下, 定子上的驱动足和动子在整个电机工作周期中始终保持紧密接触;

所述驱动足包括横向振动块、纵向振动框、固定板、一组平行动子导轨布置的横向压电叠层和一个垂直于动子导轨布置的纵向压电叠层, 所述一组横向压电叠层包括第一横向压电叠层和第二横向压电叠层,

所述横向振动块设置于纵向振动框内部, 横向振动块的一侧通过第一横向压电叠层与纵向振动框预紧连接、另一侧通过第二横向压电叠层与纵向振动框预紧连接;

所述固定板平行设置在所述纵向振动框的下方, 固定板和纵向振动框之间通过所述纵向压电叠层连接;

在一个运动周期内, 通过三角形周期信号激励所述横向压电叠层, 通过矩形周期信号激励所述纵向压电叠层, 实现驱动足在平行于导轨方向上非对称的位移输出;

其特征在于, 分别用对称的三角形周期信号激励平行于导轨方向第一横向压电叠层、第二横向压电叠层, 用对称的矩形周期信号激励垂直于导轨方向的纵向压电叠层, 由于横向振动块在驱动阶段和回程阶段的位移相等, 但是驱动阶段时定子和动子之间的摩擦力大于回程阶段时定子和动子之间的摩擦力, 从而在驱动阶段和回程阶段电机动子的运动存在一个位移差, 即差动式位移。

2. 根据权利要求1所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 所述弹性夹持机构包括: 支座以及两片预压板簧, 其中, 所述的支座上设有沿垂直导轨方向布置的通槽, 驱动足设置在所述通槽内, 所述通槽的上、下端分别设有一片所述预压板簧, 在预压板簧的夹紧力下, 定子上的驱动足和动子在整个电机工作周期中始终保持紧密接触。

3. 根据权利要求2所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 每片所述预压板簧包括: 环形框架结构、柔性铰链和方板; 环形框架结构的短边和方板通过柔性铰链连接, 环形框架上设有与支座固定连接的圆孔, 方板上设有与驱动足固定连接的通孔。

4. 根据权利要求2所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 所述支座上位于通槽的两侧分别设有与底座相固定以及导向作用的通孔, 支座上位于通槽的上、下端分别设有用于与两片预压板簧固定连接的螺纹孔。

5. 根据权利要求4所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 所述横向振动块在垂直导轨方向上通过两个平行布置的悬臂柔性梁与纵向振动框连接。

6. 根据权利要求1所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 所述一组横向压电叠层和纵向振动框之间设有平行于导轨方向安装的导向块。

7. 根据权利要求6所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 所述导向块在垂直导轨方向上通过柔性铰链与纵向振动框柔性连接, 在纵向振动框的外部设置有用以调节所述一组横向压电叠层与纵向振动框之间松紧度的预紧螺栓。

8. 根据权利要求1所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 所述固定板与纵向振动框之间位于所述纵向压电叠层的两侧对称布置有用以将纵向压电叠层和纵向振动框之间预紧连接的预紧弹簧。

9. 根据权利要求1所述的差动式直线压电电机的工作方法, 其特征在于, 包括正向差动

摩擦驱动过程和反向差动摩擦驱动过程:其中,

正向差动摩擦驱动过程:在一个作动周期内,电机的动作时序如下:

驱动阶段,前半个周期内,用对称的矩形周期信号激励垂直于导轨方向的纵向压电叠层,纵向压电叠层的激励电压为最大值,纵向压电叠层迅速伸长,电机定子和动子之间的接触正压力最大;同时用相位相差半个周期的三角波信号分别激励第一横向压电叠层和第二横向压电叠层,使得第一横向压电叠层伸长、而第二横向压电叠层回缩,从而通过定子和动子接触面的摩擦力带动动子向右运动,产生的位移为 Δx_1 ;

回程阶段:后半个周期内,纵向压电叠层的激励电压为最小值,相对于驱动阶段大幅下降,纵向压电叠层迅速收缩直至初始状态,此时电机定子和动子之间的接触正压力最小;同时用与驱动阶段相位相反的两个三角波信号激励第一横向压电叠层、第二横向压电叠层,使得第一横向压电叠层回缩、而第二横向压电叠层持续伸长,从而通过定子和动子接触面的摩擦力带动动子向左运动,产生位移为 Δx_2 ;

综上,由于横向振动块在驱动阶段和回程阶段的位移相等,但是驱动阶段时定子和动子之间的摩擦力大于回程阶段时定子和动子之间的摩擦力,所以 $\Delta x_1 > \Delta x_2$,从而动子在整体上实现正向的差动位移 Δx ;

反向差动摩擦驱动过程:反过来,如果在驱动阶段,纵向压电叠层的激励电压为最小值,在回程阶段,纵向压电叠层的激励电压为最大值,其他条件不变;则能够实现整个运动周期内动子沿反向有一差动位移 Δx 。

一种差动式直线压电电机及其工作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种差动式直线压电电机,属于压电作动器技术领域。

背景技术

[0002] 随着微/纳米技术的发展,众多工程技术领域的研究都迫切需要亚微米级、微/纳米级的精密作动器。但由于传统电磁电机需要减速装置,在微型化、高功重比的发展方向上很难突破。随着材料科学的发展,新型功能材料为这些应用提出了新的解决方案,其中,逆压电效应的发现及具有优越性能的压电陶瓷(PZT)材料的出现使得压电精密作动器的研究得到了广泛关注,并在精密作动领域显示出了广泛的应用前景。

[0003] 直线压电电机主要包括共振型超声电机和非共振型步进电机。共振型超声电机是利用压电陶瓷的逆压电效应激发弹性体的共振,并将弹性体的微变形通过摩擦耦合转换成转子或动子的宏观运动。由于超声电机在共振状态下运行,致使其性能受环境影响较大,同时对定子的加工精度要求较高。非共振型步进电机是利用压电叠层的精确位移输出特性,结合惯性冲击原理或者尺蠖原理,能够实现运动件连续、精密的步进运动。与共振式压电电机相比,非共振状态具有较宽的工作频带,对周围环境的抗干扰性强;且对电机定子的尺寸和加工精度要求不太高,易于保证电机运行的平稳性。但是惯性冲击型和尺蠖原理非共振直线电机对驱动控制信号要求较为苛刻、驱动力很小。

[0004] 现有的压电精密致动领域存在行程和精度的一对矛盾,即大行程(mm量级)的压电作动器具有的定位精度较低(μm 量级);而纳米精度(含10nm量级)的压电作动器通常具有较小行程(0.1mm量级)。为解决上述问题,出现了直线压电电机主要包括共振型超声电机和非共振型压电电机。共振型超声电机是利用压电陶瓷的逆压电效应激发弹性体的共振,并将弹性体的微变形通过摩擦耦合转换成转子或动子的宏观运动。由于共振型超声电机在共振状态下运行,致使其性能受环境影响较大,同时为保证能够有效激发定子的共振状态,需要保证定子结构设计的合理性,对定子的加工精度要求较高。

[0005] 非共振型步进电机是利用压电叠层的精确位移输出特性,结合惯性冲击原理或者尺蠖原理,能够实现运动件连续、精密的步进运动。与共振式压电电机相比,非共振状态具有较宽的工作频带,对周围环境的抗干扰性强;且对电机定子的尺寸和加工精度要求不太高,易于保证电机运行的平稳性。非共振型电机中的尺蠖原理和惯性冲击原理电机对驱动信号要求苛刻、对电机的加工精度要求高。非共振摩擦驱动原理型压电作动器能够解决驱动信号苛刻和加工精度要求高的问题,但是在保证大行程的同时,并没有很好地解决高分辨率的难题。

[0006] 近年来,南京航空航天大学黄卫清教授团队提出了一系列摩擦驱动原理型压电直线电机,通常利用两个压电叠层的非共振输出实现电机定子在非共振状态下具有较大振幅。当采用相位差 $\pi/2$ 的正弦波信号分别激励两个压电叠层,就可以在驱动足端部实现椭圆运动轨迹,从而利用摩擦驱动原理,可以实现电机动子的连续运动。该类电机在非共振状态下工作,能够解决其他非共振型直线电机所具有的驱动信号苛刻和加工精度要求高等问

题。同时利用了摩擦驱动原理可以实现大行程,一般为几十毫米。

[0007] 现有的非共振摩擦驱动原理型直线电机但是在保证大行程的同时,并没有很好地解决高分辨率的难题,目前该类型电机的分辨率通常为微米级。现有的非共振摩擦驱动型电机两压电叠层的位移输出具有耦合性,电机定子驱动足在垂直于导轨方向和平行于导轨方向的位移输出特性往往与两个压电叠层都相关,因此不容易独立控制电机定子在两个方向的位移输出性能。

发明内容

[0008] 本发明目的是针对现有技术存在的缺陷,提供解决现有的压电精密致动领域存在行程和精度的一对矛盾,即大行程(mm量级)的压电作动器具有的定位精度较低(μm 量级);而纳米精度(含10nm量级)的压电作动器通常具有较小行程(0.1mm量级)。设计一种驱动足,采用横向振动块和纵向振动框结构,这能够保证平行于导轨方向的位移输出与垂直于导轨方向的位移输出具有解耦特性,有利于独立控制两个方向的压电元件的位移输出,从而能够独立控制电机定子两个方向的位移输出性能。

[0009] 本发明为实现上述目的,采用如下技术方案:

[0010] 一种差动式直线压电电机,所述电机包括定子、动子及底座,所述动子通过导轨连接在底座上,所述定子设置于底座上,定子包括驱动足以及弹性夹持机构,在弹性夹持机构的预紧力下,定子上的驱动足和动子在整个电机工作周期中始终保持紧密接触;

[0011] 所述驱动足包括横向振动块、纵向振动框、固定板、一组平行于动子导轨布置的横向压电叠层和一个垂直于动子导轨布置的纵向压电叠层,所述一组横向压电叠层包括第一横向压电叠层和第二横向压电叠层,

[0012] 所述横向振动块设置于纵向振动框内部,横向振动块的一侧通过第一横向压电叠层与纵向振动框预紧连接、另一侧通过第二横向压电叠层与纵向振动框预紧连接;

[0013] 所述固定板平行设置在所述纵向振动框的下方,固定板和纵向振动框之间通过所述纵向压电叠层连接。

[0014] 所述弹性夹持机构包括:支座以及两片预压板簧,其中,所述的支座上设有沿垂直导轨方向布置的通槽,驱动足设置在所述通槽内,所述通槽的上、下两端分别设有一片所述预压板簧,在预压板簧的夹紧力下,定子上的驱动足和动子在整个电机工作周期中始终保持紧密接触。

[0015] 每片所述预压板簧包括:环形框架结构、柔性铰链和方板;环形框架结构的短边和方板通过柔性铰链连接,环形框架上设有与支座固定连接的圆孔,方板上设有与驱动足固定连接的通孔。

[0016] 所述支座上位于通槽的两侧分别设有与底座相固定以及导向作用的通孔,支座上位于通槽的上、下两端分别设有用于与两片预压板簧固定连接的螺纹孔。

[0017] 所述横向振动块在垂直导轨方向上通过两个平行布置的悬臂柔性梁与纵向振动框连接。

[0018] 所述一组横向压电叠层和纵向振动框之间设有平行于导轨方向安装的导向块。

[0019] 所述导向块在垂直导轨方向上通过柔性铰链与纵向振动框柔性连接,在纵向振动框的外部设置有用于调节所述一组横向压电叠层与纵向振动框之间松紧度的预紧螺栓。

[0020] 所述固定板与纵向振动框之间位于所述纵向压电叠层的两侧对称布置有用于将纵向压电叠层和纵向振动框之间预紧连接的预紧弹簧。

[0021] 本发明还公开了一种基于所述的差动式直线压电电机的工作方法,分别用对称的三角形周期信号激励平行于导轨方向第一横向压电叠层、第二横向压电叠层,用对称的矩形周期信号激励垂直于导轨方向的纵向压电叠层,由于横向振动块在驱动阶段和回程阶段的位移相等,但是驱动阶段时定子和动子之间的摩擦力大于回程阶段时定子和动子之间的摩擦力,从而在驱动阶段和回程阶段电机动子的运动存在一个位移差,即差动式位移。

[0022] 包括正向差动摩擦驱动过程和反向差动摩擦驱动过程:其中,

[0023] 正向差动摩擦驱动过程:在一个作动周期内,电机的动作时序如下:

[0024] 驱动阶段,前半个周期内,用对称的矩形周期信号激励垂直于导轨方向的纵向压电叠层,纵向压电叠层的激励电压为最大值,纵向压电叠层迅速伸长,电机定子和动子之间的接触正压力最大;同时用相位相差半个周期的三角波信号分别激励第一横向压电叠层和第二横向压电叠层,使得第一横向压电叠层伸长、而第二横向压电叠层回缩,从而通过定子和动子接触面的摩擦力带动动子向右运动,产生的位移为 Δx_1 ;

[0025] 回程阶段:后半个周期内,纵向压电叠层的激励电压为最小值,相对于驱动阶段大幅下降,纵向压电叠层迅速收缩直至初始状态,此时电机定子和动子之间的接触正压力最小;同时用与驱动阶段相位相反的两个三角波信号激励第一横向压电叠层、第二横向压电叠层,使得第一横向压电叠层回缩、而第二横向压电叠层持续伸长,从而通过定子和动子接触面的摩擦力带动动子向左运动,产生位移为 Δx_2 ;

[0026] 综上,由于横向振动块在驱动阶段和回程阶段的位移相等,但是驱动阶段时定子和动子之间的摩擦力大于回程阶段时定子和动子之间的摩擦力,所以 $\Delta x_1 > \Delta x_2$,从而动子在整体上实现正向的差动位移 Δx ;

[0027] 反向差动摩擦驱动过程:反过来,如果在驱动阶段,纵向压电叠层的激励电压为最小值,在回程阶段,纵向压电叠层的激励电压为最大值,其他条件不变;则能够实现整个运动周期内动子沿反向有一差动位移 Δx 。

[0028] 本发明一种差动式直线压电电机及其工作方法相对于现有超声电机而言,具有的有益效果是:

[0029] 本发明定子上的所述驱动足包括两组对称布置的压电叠层和一组垂直布置的压电叠层,分别为定子驱动足提供平行与导轨方向和垂直于导轨方向的微幅振动,该驱动足在平行于导轨方向具有对称结构和对称位移输出特性;这种对称位移输出特性使得电机正向运动和反向运动的性能一致性更优;

[0030] 所述驱动足采用了横向振动块和纵向振动框结构,这能够保证平行于导轨方向的位移输出与垂直于导轨方向的位移输出具有解耦特性,有利于独立控制两个方向的压电元件的位移输出;

[0031] 本发明分别用对称的周期信号激励平行于导轨方向的第一横向压电叠层、第二横向压电叠层,用非对称的周期信号激励垂直于导轨方向的纵向压电叠层,实现电机定子和动子之间的摩擦驱动特性在驱动阶段和回程阶段具有明显差异,从而使得动子在驱动阶段的运动距离大于在回程阶段的运动距离,上述非对称的位移输出特性使得在驱动阶段和回程阶段,电机定子和动子之间存在着不同的摩擦驱动特性;从而在驱动阶段和回程阶段电

机动子的运动存在一个位移差,即差动式位移。由于该电机在0~1KHz频率范围内具有明显不同的差动摩擦特性,所以当驱动频率从低频到高频变化时,该类电机的定位精度也从纳米级向微米级渐变,这有望部分代替结构复杂的宏微结合的定位平台。

[0032] 因此,本发明相对于超声电机而言,具有非共振、宽频域的特点,能够在较宽频域范围内分别容易实现纳米级和微米级的位移分辨率,同时兼具制作成本低、寿命长和断电自锁的优点。

附图说明

[0033] 图1是本发明所述的差动式直线压电电机立体结构示意图。

[0034] 图2的本发明所述的差动式直线压电电机定子结构示意图。

[0035] 图3是本发明所述的差动式直线压电电机驱动足结构示意图,

[0036] 图4是图3的A-A剖视图,

[0037] 图5是图3的仰视图。

[0038] 图6是本发明所述的差动式直线压电电机预压板簧结构示意图。

[0039] 图7是本发明所述的差动式直线压电电机支座结构示意图。

[0040] 图8是图7的俯视图;

[0041] 图9是本发明所述的差动式直线压电电机三组压电叠层的电激励信号。

[0042] 图10是本发明所述的差动式直线压电电机的运动过程。

[0043] 图1至图3中:1-动子;2-定子;3-底座;(4,7)-预压板簧;5-驱动足;6-支座;8-第二横向压电叠层;(9,12,19)-导向块;(10,13,18)-预紧螺栓;11-纵向振动框;14-固定板;15-挡板;16-预紧弹簧;17-纵向压电叠层;20-第一横向压电叠层;21-横向振动块。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步详细说明:

[0045] 如图1所示的差动式直线压电电机结构,包括动子1、定子2及底座3;动子1通过螺栓固定在底座的侧板上;定子2通过螺栓固定在底座的底板上;通过控制定子2在底座的前后位置可控制定子2与动子1之间初始压力的大小。

[0046] 如图2所示的弹性夹持机构为两片对称布置的预压板簧。

[0047] 如图6所示,预压板簧包括环形框架结构、柔性铰链和方板;环形框架结构的短边和方板通过柔性铰链连接;环形框架设有螺纹孔,可以与支座6固定连接;方板上有与驱动足5固定连接的螺纹孔。该预压弹簧在平行于其长边方向上具有较大刚度,能保证驱动足在平行于导轨方向的稳定性;该预压板簧在平行于板簧厚度方向的刚度较小,能够保证在垂直于导轨运动方向发生较大的弹性变形,该弹性变形保证电机定子和动子在整个驱动阶段均处于接触状态。

[0048] 所述的定子2包括驱动足5、支座6以及预压板簧;驱动足5的上、下端分别通过螺栓固定在预压板簧的方板上;预压板簧的环形框架通过螺栓固定在支座上。

[0049] 如图3~图5所示,所述驱动足5包括横向振动块21、纵向振动框11、固定板14、导向块、挡板15和三组压电叠层;横向振动块21由两平行悬臂柔性梁支撑,横向振动块21的两侧安装有平行于导轨布置的第一横向压电叠层20和第二横向压电叠层8,第二横向压电叠层8

和第一横向压电叠层20的另外一侧分别布置平行于导轨方向的导向块,导向块避免了压电叠层直接与预紧螺栓接触,起保护压电叠层的作用;

[0050] 进一步的,第一横向压电叠层20和第二横向压电叠层8分别由悬臂柔性梁支持,在平行于导轨方向方向有较大的柔性,横向振动块21及第一横向压电叠层和第二横向压电叠层均安装在纵向振动框11内;纵向振动框11为U形刚性结构,有利于保持几何结构的不变性。

[0051] 纵向振动框11通过两平行预紧弹簧16与固定板14连接,纵向振动框11与固定板14之间安装有垂直于导轨布置的纵向压电叠层17;与横向布置的压电叠层一样的原理,纵向压电叠层17下方布置导向块;纵向压电叠层17和导向块通过挡板15固定;导向块避免纵向压电叠层与预紧螺栓直接接触,导向块设计平行于压电叠层的柔性铰链,消除预紧时产生的切向力。

[0052] 挡板15通过螺栓固定在固定板14上;平行于导轨布置的第一横向压电叠层20和第二横向压电叠层8均与横向振动块21通过预紧螺栓压紧,垂直于导轨布置的纵向压电叠层17通过柔性预紧弹簧16结构的预变形与纵向振动框11压紧。

[0053] 总体上,电机定子具有“推拉式”框架结构,框架的内部结构用于实现平行于导轨方向的运动;在纵向压电叠层17的作用下,纵向振动框11连同其内部各部分结构一起作垂直于导轨方向的运动。因此,这种“推拉式”框架结构能够保证横向振动块21的位移输出与纵向振动框11垂直方向的位移输出具有解耦特性,有利于独立控制的第一横向压电叠层20、第二横向压电叠层8、以及纵向压电叠层17的位移输出,提高电机的定位精度。

[0054] 如图7~图8所示的差动式直线压电电机支座,中间为通槽,两侧设有起固定与导向作用的通孔,通过控制定子2在底座3的前后位置可控制定子与动子之间初始压力的大小;上下两侧分别有四个螺纹孔;支座的上、下两端分别与上下板簧的外围连接。

[0055] 图9为电机运动时三组压电叠层的电激励信号;激励信号 b_1 与激励信号 b_2 为相位差半个周期的三角波信号,分别为平行于导轨布置的第一横向压电叠层20和第二横向压电叠层8施加激励电压;激励信号 a 为对称矩形脉冲信号,为垂直于导轨布置的纵向压电叠层17施加激励电压。

[0056] 如图10所示,结合差动运动过程,对本发明的正向差动摩擦驱动过程做进一步论述,定义动子向右, x 正向的运动为正方向,动子向左, x 负向的运动为反方向:

[0057] 本发明分别用对称的周期信号和非对称的周期信号激励平行于导轨方向和垂直于导轨方向的压电叠层,实现电机定动子之间的摩擦驱动特性在驱动阶段和回程阶段具有明显差异,从而使得动子在驱动阶段的运动距离大于在回程阶段的运动距离,具体过程如下:

[0058] 正向差动摩擦驱动过程:在一个作动周期内,电机的动作时序如下:

[0059] 驱动阶段,前半个周期内,纵向压电叠层的激励电压为最大值,纵向压电叠层迅速伸长,电机定子和动子之间的接触正压力最大;同时用相位相差半个周期的三角波信号分别激励第一横向压电叠层和第二横向压电叠层,使得第一横向压电叠层伸长、而第二横向压电叠层回缩,从而通过定子和动子接触面的摩擦力带动动子向右运动,产生的位移为 Δx_1 ;

[0060] 回程阶段:后半个周期内,纵向压电叠层的激励电压为最小值,相对于驱动阶段大

幅下降,纵向压电叠层迅速收缩直至初始状态,此时电机定子和动子之间的接触正压力最小;同时用与驱动阶段相位相反的两个周期的三角波信号激励第一横向压电叠层、第二横向压电叠层,使得第一横向压电叠层回缩、而第二横向压电叠层持续伸长,从而通过定子和动子接触面的摩擦力带动动子向左运动,产生位移为 Δx_2 ;

[0061] 综上,由于横向振动块在驱动阶段和回程阶段的位移相等,但是驱动阶段时定子和动子之间的摩擦力大于回程阶段时定子和动子之间的摩擦力,并且,驱动阶段时间大于回程阶段时间,所以 $\Delta x_1 > \Delta x_2$,从而动子在整体上实现正向的差动位移 Δx ;

[0062] 反向差动摩擦驱动过程:反过来,如果在驱动阶段,纵向压电叠层的激励电压为最小值,在回程阶段,纵向压电叠层的激励电压为最大值,其他条件不变;则能够实现整个运动周期内动子沿反向有一差动位移 Δx 。

[0063] 由于该电机在0~1KHz频率范围内具有明显不同的差动摩擦特性,所以当驱动频率从低频到高频变化时,该类电机的定位精度也从纳米级向微米级渐变,这有望部分代替结构复杂的宏微结合的定位平台。因此,本发明具有非共振、宽频域的特点,能够在较宽频域范围内分别容易实现纳米级和微米级的位移分辨率,同时兼具制作成本低、寿命长和断电自锁的优点。

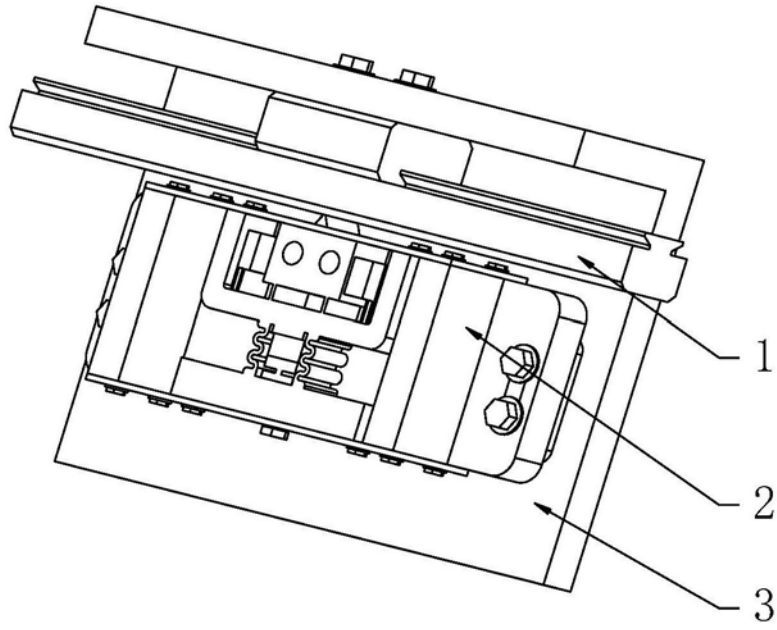


图1

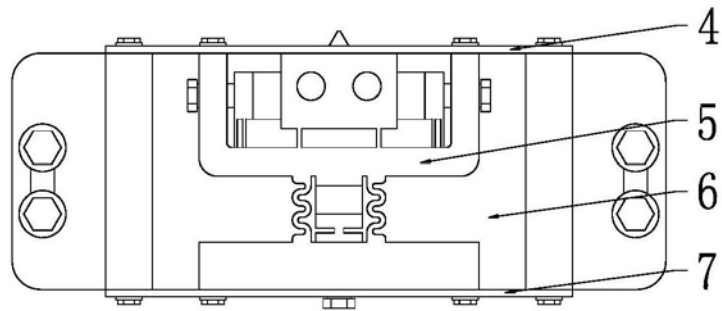


图2

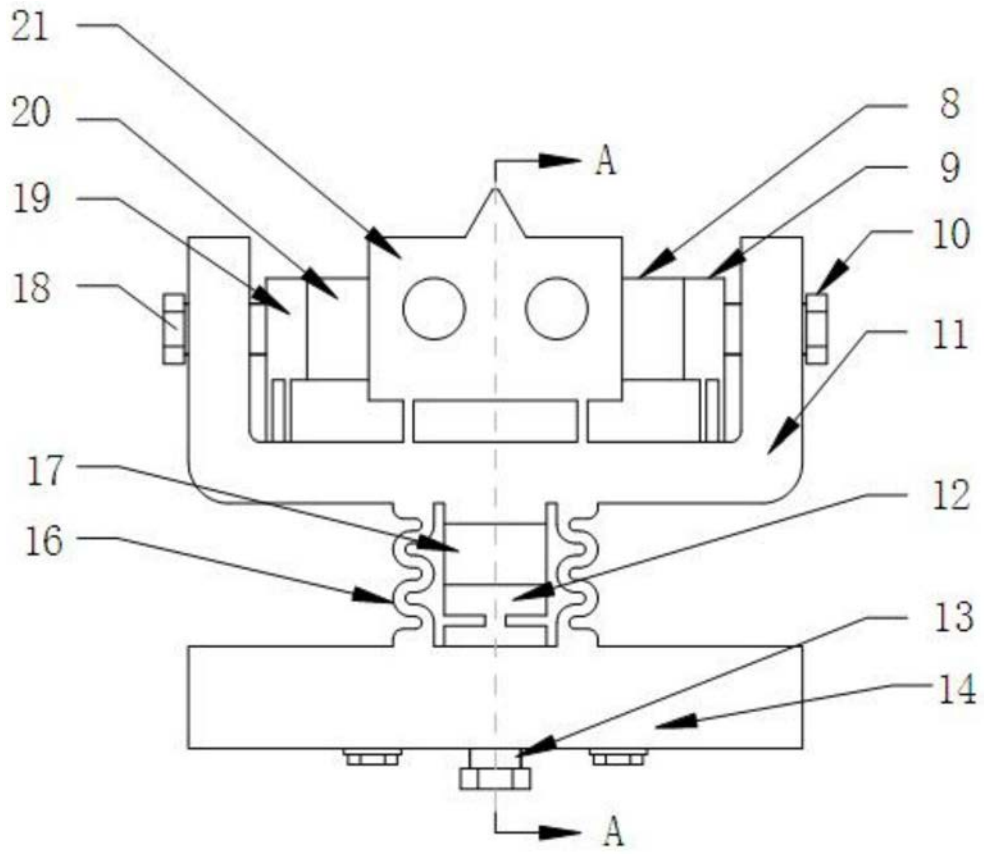


图3

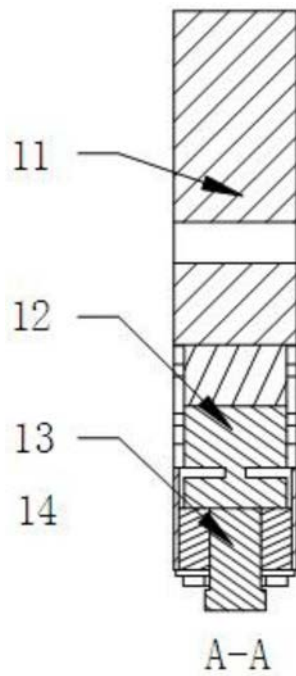


图4

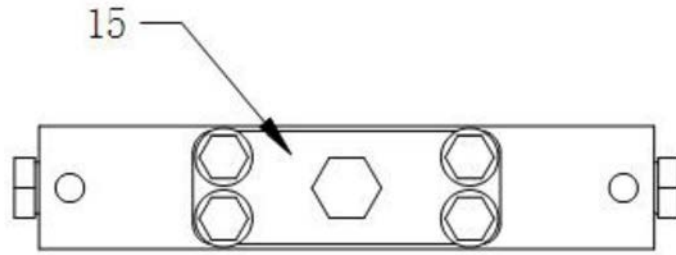


图5

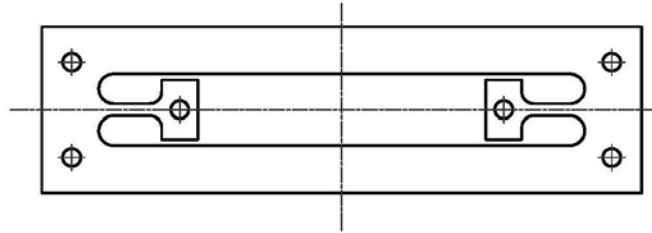


图6



图7

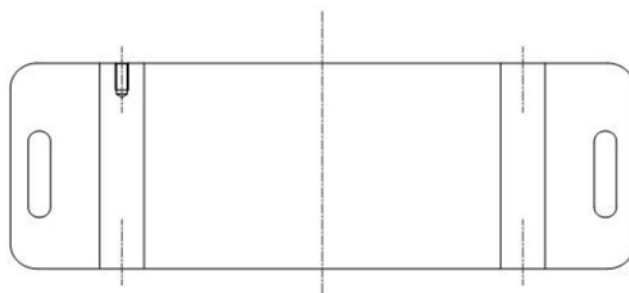


图8

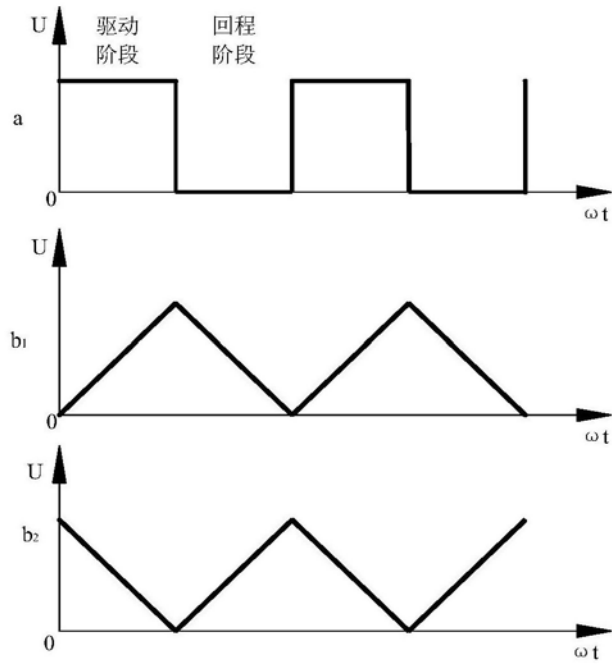


图9

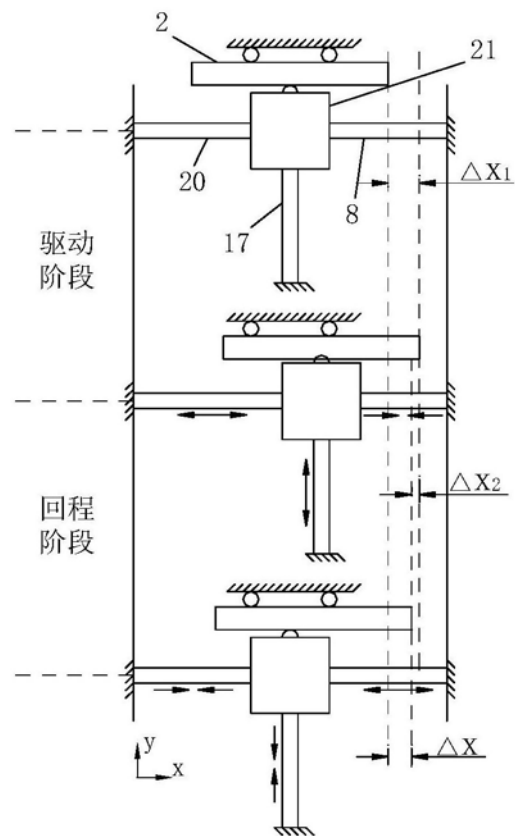


图10