



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104734413 B

(45)授权公告日 2018. 10. 09

(21)申请号 201510105440.8

(22)申请日 2015.03.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104734413 A

(43)申请公布日 2015.06.24

(73)专利权人 深圳航天科技创新研究院
地址 518057 广东省深圳市南山区科技园
南区深圳航天科技创新研究院大厦
A803室

(72)发明人 汪云涛 孔翔 王孝伟 宁蜀悦
李铁才 张亚童 全春楼

(74)专利代理机构 深圳市瑞方达知识产权事务
所(普通合伙) 44314
代理人 张约宗 张秋红

(51)Int.Cl.

H02K 7/02(2006.01)

H02K 16/02(2006.01)

H02K 3/26(2006.01)

H02K 1/27(2006.01)

(56)对比文件

CN 203481988 U,2014.03.12,
CN 1773817 A,2006.05.17,
CN 204497904 U,2015.07.22,
JP 特开平10-112961 A,1998.04.28,
CN 102594009 A,2012.07.18,
JP 昭59-29839 A,1984.02.17,
US 5436516 A,1995.07.25,

审查员 王波

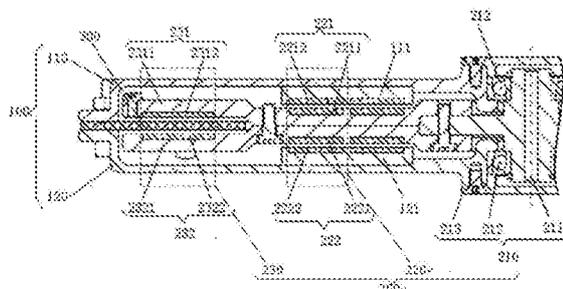
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

磁悬浮飞轮电机

(57)摘要

本发明公开了一种磁悬浮飞轮电机,包括盘状的飞轮盘体、设置在飞轮盘体内的转子组件和定子组件;定子组件包括固定在飞轮盘体上的呈盘状的PCB印制绕组;转子组件包括设置在飞轮盘体中心位置的转轴组件、与转轴组件相连的至少一个磁悬浮组件、与磁悬浮组件相连的磁钢组件;转轴组件包括转子轴和套设在转子轴上的两个径向轴承;磁钢组件包括上部磁钢单元和下部磁钢单元;上部磁钢单元包括上转子铁芯和设置在上转子铁芯与PCB印制绕组相对的表面上的上转子磁钢片;下部磁钢单元包括下转子铁芯和设置在下转子铁芯与所述PCB印制绕组相对的表面上的下转子磁钢片。该磁悬浮飞轮电机具有体积小、重量轻、使用寿命长等优点。



1. 磁悬浮飞轮电机,包括盘状的飞轮盘体(100)、设置在所述飞轮盘体(100)内的转子组件(200)和定子组件(300),其特征在于,

所述定子组件(300)包括固定在所述飞轮盘体(100)上的呈盘状的PCB印制绕组,所述定子组件(300)为无定子铁芯结构;所述PCB印制绕组是整距绕组,均布 $Z=2Pm$ 个绕组, Z 是所述飞轮电机的虚槽数, m 是所述飞轮电机的相数;

所述转子组件(200)包括设置在所述飞轮盘体(100)中心位置的转轴组件(210)、与所述转轴组件(210)相连的至少一个磁悬浮组件(220)、与所述磁悬浮组件(220)相连的磁钢组件(230);所述转子组件(200)的形状与所述飞轮盘体(100)的形状相同;

所述磁悬浮组件(220)设置两个,所述两个磁悬浮组件(220)沿径向布置,相距 H_2 取值为 $2\sim 4\text{mm}$;

所述磁悬浮组件(220)包括位于所述PCB印制绕组上方的上部磁悬浮单元(221)和位于所述PCB印制绕组下方的下部磁悬浮单元(222),所述上部磁悬浮单元(221)包括相对设置的转动的上磁钢片(2211)和静止的上磁钢片(2212);所述下部磁悬浮单元(222)包括相对设置的转动的下磁钢片(2221)和静止的下磁钢片(2222);所述转动的上磁钢片(2211)与所述静止的上磁钢片(2212)相同极性对置;所述转动的下磁钢片(2221)与所述静止的下磁钢片(2222)相同极性对置;

所述转轴组件(210)包括转子轴(211)和套设在所述转子轴(211)上的两个径向轴承(212);所述磁钢组件(230)包括位于所述PCB印制绕组上方与所述飞轮盘体(100)之间的上部磁钢单元(231)、以及位于所述PCB印制绕组下方与所述飞轮盘体(100)之间的下部磁钢单元(232);所述上部磁钢单元(231)包括上转子铁芯(2311)和设置在所述上转子铁芯(2311)与所述PCB印制绕组相对的表面上上的上转子磁钢片(2312);所述下部磁钢单元(232)包括下转子铁芯(2321)和设置在所述下转子铁芯(2321)与所述PCB印制绕组相对的表面上上的下转子磁钢片(2322);

所述磁悬浮组件(220)用于支撑磁悬浮飞轮电机的轴向,且磁悬浮飞轮电机的径向被转子轴(211)旋转的两个径向轴承(212)支撑;

还包括盘体上端盖(110)和盘体下端盖(120),所述PCB印制绕组设置在所述盘体上端盖(110)和所述盘体下端盖(120)之间,所述盘体上端盖(110)上设有第一背铁(111),所述盘体下端盖(120)上设有第二背铁(121);

所述转动的上磁钢片(2211)固定在所述上转子铁芯(2311)上,所述转动的下磁钢片(2221)固定在所述下转子铁芯(2321)上;所述静止的上磁钢片(2212)固定在所述第一背铁(111)上;所述静止的下磁钢片(2222)固定在所述第二背铁(121)上。

2. 根据权利要求1所述的磁悬浮飞轮电机,其特征在于,所述上转子磁钢片(2312)和所述下转子磁钢片(2322)均采用轴向充磁,磁极对数均为 P ,磁极数均为 $2P$,且两者在轴向对置的位置磁场方向相同,共同形成相吸磁场。

3. 根据权利要求1所述的磁悬浮飞轮电机,其特征在于,所述上转子磁钢片(2312)和所述下转子磁钢片(2322)采用厚度为 $0.5\sim 5\text{mm}$ 的环形塑料磁钢片。

4. 根据权利要求1所述的磁悬浮飞轮电机,其特征在于,所述飞轮电机基本参数应满足: $\pi D/2p\leq 40\text{mm}$,其中 D 是环形塑料磁钢片的平均直径。

5. 根据权利要求1所述的磁悬浮飞轮电机,其特征在于,所述飞轮电机 $Z=2pm=6P$, $m=$

3为三相永磁电机;U、V、W三相绕组,形成三相独立线圈绕组或中线相连成Y连接方式或中线连成三角形连接方式。

6.根据权利要求1所述的磁悬浮飞轮电机,其特征在于,所述转动的上磁钢片(2211)、静止的上磁钢片(2212)、转动的下磁钢片(2221)和静止的下磁钢片(2222)均采用厚度为0.5~5mm的环形塑料磁钢片,磁钢片的两个面分别是N极或S极,环形塑料磁钢片的内径D1与外径D2的差 $H1 = (D2 - D1)$ 取值为5~10mm。

7.根据权利要求1所述的磁悬浮飞轮电机,其特征在于,所述转动的上磁钢片(2211)和静止的上磁钢片(2212)之间的轴向工作间隙 δ 在(0.15~5)mm之间,所述转动的下磁钢片(2221)和静止的下磁钢片(2222)之间的轴向工作间隙 δ 在(0.15~5)mm之间。

磁悬浮飞轮电机

技术领域

[0001] 本发明涉及电机领域,尤其涉及一种磁悬浮飞轮电机。

背景技术

[0002] 现有永磁飞轮电机,由永磁电机和飞轮体两部分组成,其结构笨重。永磁电机驱动飞轮体旋转产生动量 $J\Omega$,可用于储能、稳定姿态或反作用控制,要求永磁飞轮电机的损耗小、旋转平稳性、体积小、重量轻。然而,传统永磁飞轮电机除了结构笨重,其定子开槽,存在齿槽定位力矩,定子铁芯在电机高速时产生铁耗和附加的涡流阻力矩,轴承的摩擦力矩和使用寿命都是制约飞轮电机性能的问题。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的缺陷,提供体积小、结构轻的磁悬浮飞轮电机。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:磁悬浮飞轮电机,包括盘状的飞轮盘体、设置在所述飞轮盘体内的转子组件和定子组件,

[0005] 所述定子组件包括固定在所述飞轮盘体上的呈盘状的PCB印制绕组;

[0006] 所述转子组件包括设置在所述飞轮盘体中心位置的转轴组件、与所述转轴组件相连的至少一个磁悬浮组件、与所述磁悬浮组件相连的磁钢组件;所述转轴组件包括转子轴和套设在所述转子轴上的两个径向轴承;所述磁钢组件包括位于所述PCB印制绕组上方与所述飞轮盘体之间的上部磁钢单元、以及位于所述PCB印制绕组下方与所述飞轮盘体之间的下部磁钢单元;所述上部磁钢单元包括上转子铁芯和设置在所述上转子铁芯与所述PCB印制绕组相对的表面上方的上转子磁钢片;所述下部磁钢单元包括下转子铁芯和设置在所述下转子铁芯与所述PCB印制绕组相对的下部磁钢片。

[0007] 优选地,所述上转子磁钢片和所述下转子磁钢片均采用轴向充磁,磁极对数均为 P ,磁极数均为 $2P$,且两者在轴向对置的位置磁场方向相同,共同形成相吸磁场。

[0008] 优选地,所述上转子磁钢片和所述下转子磁钢片采用厚度为 $0.5\sim 5\text{mm}$ 的环形塑料磁钢片。

[0009] 优选地,所述PCB印制绕组是整距绕组,均布 $Z=2Pm$ 个绕组,所述飞轮电机基本参数应满足: $\pi D/2p\leq 40\text{mm}$,其中 D 是环形塑料磁钢片的平均直径, Z 是所述飞轮电机的虚槽数, m 是所述飞轮电机的相数。

[0010] 优选地,所述飞轮电机 $Z=2pm=6P$, $m=3$ 为三相永磁电机; U 、 V 、 W 三相绕组,形成三相独立线圈绕组或中线相连成 Y 连接方式或中线连成三角形连接方式。

[0011] 优选地,所述磁悬浮组件包括位于所述PCB印制绕组上方的上部磁悬浮单元和位于所述PCB印制绕组下方的下部磁悬浮单元,所述上部磁悬浮单元包括相对设置的转动的上磁钢片和静止的上磁钢片;所述下部磁悬浮单元包括相对设置的转动的下磁钢片和静止的下磁钢片;所述转动的上磁钢片与所述静止的上磁钢片相同极性对置;所述转动的下磁

钢片与所述静止的下磁钢片相同极性对置。

[0012] 优选地,所述转动的上磁钢片、静止的上磁钢片、转动的下磁钢片和静止的下磁钢片均采用厚度为0.5~5mm的环形塑料磁钢片,磁钢片的两个面分别是N极或S极,环形塑料磁钢片的内径D1与外径D2的差 $H1 = (D2 - D1)$ 取值为5~10mm。

[0013] 优选地,所述磁悬浮组件设置两个,所述两个磁悬浮组件沿径向布置,相距H2取值为2~4mm。

[0014] 优选地,所述转动的上磁钢片和静止的上磁钢片之间的轴向工作间隙 δ 在(0.15~5)mm之间,所述转动的下磁钢片和静止的下磁钢片之间的轴向工作间隙 δ 在(0.15~5)mm之间。

[0015] 优选地,所述飞轮盘体包括盘体上端盖和盘体下端盖,所述PCB印制绕组设置在所述盘体上端盖和所述盘体下端盖之间,所述盘体上端盖上设有第一背铁,所述盘体下端盖上设有第二背铁;

[0016] 所述转动的上磁钢片固定在所述上转子铁芯上,所述转动的下磁钢片固定在所述下转子铁芯上;所述静止的上磁钢片固定在所述第一背铁上;所述静止的下磁钢片固定在所述第二背铁上。

[0017] 本发明与现有技术相比具有如下优点:本发明所提供的磁悬浮飞轮电机,将飞轮盘体和永磁电机一体化设计,永磁电机包括定子组件和转子组件;该转子组件包括转轴组件、磁悬浮组件和磁钢组件,具有体积小、重量轻等优点;磁悬浮组件的设计,可极大地减小机械摩擦,摩擦力矩小且使用寿命长;该定子组件采用PCB印制绕组,无定子铁芯的结构,可消除传统永磁电机中存在的齿槽定位力矩和定子铁芯损耗等问题;综上,该磁悬浮飞轮电机全面优化传统性能。

附图说明

[0018] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0019] 图1是本发明一实施例中磁悬浮飞轮电机的结构示意图。

[0020] 图2是本发明一实施例中磁悬浮组件的结构示意图和磁力线示意图。

[0021] 图3是本发明一实施例中磁悬浮飞轮电机的PCB印制绕组的示意图,图3中三相绕组沿圆周按120°电角度均匀分布。

[0022] 图中:100、飞轮盘体;110、盘体上端盖;111、第一背铁;120、盘体下端盖;121、第二背铁;200、转子组件;210、转轴组件;211、转子轴;212、径向轴承;213、轴承端盖;220、磁悬浮组件;221、上部磁悬浮单元;2211、转动的上磁钢片;2212、静止的上磁钢片;222、下部磁悬浮单元;2221、转动的下磁钢片;2222、静止的下磁钢片;230、磁钢组件;231、上部磁钢单元;2311、上转子铁芯;2312、上转子磁钢片;232、下部磁钢单元;2321、下转子铁芯;2322、下转子磁钢片;300、定子组件。

具体实施方式

[0023] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0024] 图1示出本实施例中的磁悬浮飞轮电机局部的截面图结构,其右侧的虚线即为中

心线,其截面图为左右对称结构。该磁悬浮飞轮电机包括盘状的飞轮盘体100、设置在飞轮盘体100内的转子组件200和定子组件300。可以理解地,飞轮盘体100和永磁电机的转子组件200和定子组件300一体化设计,具有体积小、重量轻的显著优点。飞轮盘体100呈盘状,则设置在飞轮盘体100内的转子组件200也呈盘状设计,以便提供最大化的转动惯量。

[0025] 定子组件300包括固定在飞轮盘体100上的呈盘状的PCB印制绕组。具体地,飞轮盘体100包括盘体上端盖110和盘体下端盖120,PCB印制绕组固定设置在盘体上端盖110和所述盘体下端盖120之间,安装简单方便。可以理解地,该磁悬浮飞轮电机的定子组件300采用PCB印制绕组,无定子铁芯的结构,无需在定子开槽,可消除传统永磁电机中存在的齿槽定位力矩和定子铁芯损耗的问题。

[0026] 转子组件200包括设置在飞轮盘体100中心位置的转轴组件210、与转轴组件210相连的用于支撑该磁悬浮飞轮电机轴向的至少一个磁悬浮组件220、与磁悬浮组件220相连的磁钢组件230,磁悬浮组件220和磁钢组件230绕转轴组件210旋转;可以理解地,转轴组件210、磁悬浮组件220和磁钢组件230通过飞轮盘体100形成一整体,具有体积小、重量轻的特点。

[0027] 具体地,转轴组件210包括转子轴211和套设在转子轴211上的两个径向轴承212,可以理解地,两个径向轴承212起支撑并约束其径向的作用,可以理解地,转轴组件210还包括用于固定并支承两个径向轴承212的轴承端盖213。

[0028] 可以理解地,磁钢组件230设置在转子组件200的最外沿,其安装过程更简单方便。具体地,磁钢组件230包括位于PCB印制绕组上方与飞轮盘体100的盘体上端盖110之间的上部磁钢单元231、以及位于PCB印制绕组下方与飞轮盘体100的盘体下端盖120之间的下部磁钢单元232。上部磁钢单元231包括上转子铁芯2311和设置在上转子铁芯2311与PCB印制绕组相对的表面上上的上转子磁钢片2312;下部磁钢单元232包括下转子铁芯2321和设置在下转子铁芯2321与PCB印制绕组相对的表面上上的下转子磁钢片2322。可以理解地,该定子组件300和转子组件200形成单定子、双转子电机,充分利用了磁悬浮飞轮电机的飞轮盘体100的全部空间。而且转子组件200结构对称、表面平整光滑,在该磁悬浮飞轮电机的飞轮盘体100腔内,回转过程空气阻力小。

[0029] 具体地,上转子磁钢片2312和下转子磁钢片2322均采用轴向充磁,磁极对数均为P,磁极数均为2P,且两者在轴向对置的位置磁场方向相同,共同形成相吸磁场,以使上转子磁钢片2312和下转子磁钢片2322无需采用齿槽定位结构固定在定子组件300上,消除齿槽定位力矩。上转子磁钢片2312和所述下转子磁钢片2322采用厚度为0.5~5mm的环形塑料磁钢片,具有体积小、重量轻的特点。

[0030] 具体地,PCB印制绕组是整距绕组,均布 $Z=2Pm$ 个绕组,飞轮电机基本参数应满足: $\pi D/2p \leq 40\text{mm}$,其中D是环形塑料磁钢片的平均直径,Z是飞轮电机的虚槽数,m是飞轮电机的相数。

[0031] 具体地,飞轮电机 $Z=2pm=6P$, $m=3$ 为三相永磁电机;U、V、W三相绕组,形成三相独立线圈绕组或中线相连成Y连接方式或中线连成三角形连接方式。如图3所示,本实施例中的磁悬浮飞轮电机的三相绕组U、V、W沿圆周按 120° 电角度均匀分布;共有6个出线端:U+、U-、V+、V-、W+、W-;可以形成三相独立线圈绕组、中线相连成Y连接方式或中线连成三角形连接方式。

[0032] 具体地,磁悬浮组件220包括位于PCB印制绕组上方的上部磁悬浮单元221和位于PCB印制绕组下方的下部磁悬浮单元222,上部磁悬浮单元221包括相对设置的转动的上磁钢片2211和静止的上磁钢片2212;下部磁悬浮单元222包括相对设置的转动的下磁钢片2221和静止的下磁钢片2222;转动的上磁钢片2211与静止的上磁钢片2212相同极性对置,呈现斥力;转动的下磁钢片2221与静止的下磁钢片2222相同极性对置,呈现斥力。可以理解地,磁悬浮组件220的设置,可极大地减小了机械摩擦,使转轴组件210的两个径向轴承212处于轴向空载,摩擦力矩很小而且使用寿命长,进而全面优化传统性能。

[0033] 具体地,盘体上端盖110上设有第一背铁111,盘体下端盖120上设有第二背铁121;转动的上磁钢片2211固定在上转子铁芯2311上,转动的下磁钢片2221固定在下转子铁芯2321上;静止的上磁钢片2212固定在第一背铁111上;静止的下磁钢片2222固定在第二背铁121上。

[0034] 本实施例的上转子铁芯2311包括第一上转子部分和第二上转子部分,图1中靠近转子轴211的部分为第一上转子部分,其上表面固定有转动的上磁钢片2211;远离转子轴211的部分为第二上转子部分,其下表面固定上转子磁钢片2312;可以理解地,上转子铁芯2311绕转子轴211旋转时,带动固定在其上的上转子磁钢片2312和转动的上磁钢片2211旋转。下转子铁芯2321包括第一下转子部分和第二下转子部分,图1中靠近转子轴211的部分为第一下转子部分,其下表面固定在转动的下磁钢片2221;远离转子轴211的部分为第二下转子部分,其上表面固定下转子磁钢片2322;可以理解地,下转子铁芯2321绕转子轴211旋转时,带动固定其上的下转子磁钢片2322和转动的下磁钢片2221旋转。可以理解地,上转子铁芯2311的第二上转子部分和下转子铁芯2321的第二下转子部分之间形成容置PCB印制绕组的空间。

[0035] 可以理解地,本发明所提供的磁悬浮飞轮电机的轴向被磁悬浮组件220支撑,径向被绕转子轴211旋转的两个径向轴承212支撑的结构,可在无重力环境中,飞轮电机的旋转部分将悬浮于飞轮电机的几何中心,并且可以自由转动;在重力环境中,飞轮电机的旋转部分的轴向位置,由磁悬浮轴承的恢复力和磁钢组件230的重力决定。当旋转部分的恢复力远大于重力时,飞轮电机的磁钢组件230的轴向位置偏差可以忽略。本实施例中,飞轮电机的旋转部分包括绕转子轴211转动的上转子铁芯2311和下转子铁芯2321,上转子铁芯2311上固定下转子磁钢片2322和转动的下磁钢片2221,下转子铁芯2321上固定下转子磁钢片2322和转动的下磁钢片2221。

[0036] 转动的上磁钢片2211、静止的上磁钢片2212、转动的下磁钢片2221和静止的下磁钢片2222均采用厚度为0.5~5mm的环形塑料磁钢片,磁钢片的两个面分别是N极或S极,环形塑料磁钢片的内径D1与外径D2的差 $H1 = (D2 - D1)$ 取值为5~10mm。如图2所示,静止的上磁钢片2212的上表面呈S极,其下表面呈N极,相应地,转动的上磁钢片2211的上表面呈N极,其下表面呈S极,故静止的上磁钢片2212与转动的上磁钢片2211相同极性对置,呈现斥力;同理,转动的下磁钢片2221的上表面呈N极,其下表面呈S极,相应地,静止的下磁钢片2222的上表面呈S极,下表面呈N极,静止的下磁钢片2222和转动的下磁钢片2221相对极性对置,呈现斥力。可以理解地,转动的上磁钢片2211和静止的上磁钢片2212之间、以及转动的下磁钢片2221和静止的下磁钢片2222之间呈现斥力,可有效避免磁悬浮飞轮电机转动过程中,转动的上磁钢片2211和转动的下磁钢片2221发生位置偏移,从而与固定在飞轮盘体100上

的静止的上磁钢片2212和静止的下磁钢片2222产生机械摩擦。

[0037] 磁悬浮组件220设置两个,两个磁悬浮组件220沿径向布置,相距 H_2 取值为2~4mm。转动的上磁钢片2211和静止的上磁钢片2212之间的轴向工作间隙 δ 在(0.15~5)mm之间转动的下磁钢片2221和静止的下磁钢片2222之间的轴向工作间隙 δ 在(0.15~5)mm之间。优选地, H_1 的取值在5~10mm之间, H_2 的取值在2~4mm以及 δ 的取值在0.15~5mm之间,更有利于减小漏磁通。

[0038] 如图1结合图2所示,飞轮盘体100、PCB印制绕组、转轴组件210、磁悬浮组件220以及磁钢组件230组合形成本发明所提供的磁悬浮飞轮电机整体,该磁悬浮飞轮电机是单定子双转子电机,以充分利用磁悬浮飞轮电机的全部空间。可以理解地,本发明所提供的磁悬浮飞轮电机可用作储能系统的储能飞轮,可用于稳定姿态的装置或空间反作用飞轮控制系统。

[0039] 本发明是通过几个具体实施例进行说明的,本领域技术人员应当明白,在不脱离本发明范围的情况下,还可以对本发明进行各种变换和等同替代。另外,针对特定情形或具体情况,可以对本发明做各种修改,而不脱离本发明的范围。因此,本发明不局限于所公开的具体实施例,而应当包括落入本发明权利要求范围内的全部实施方式。

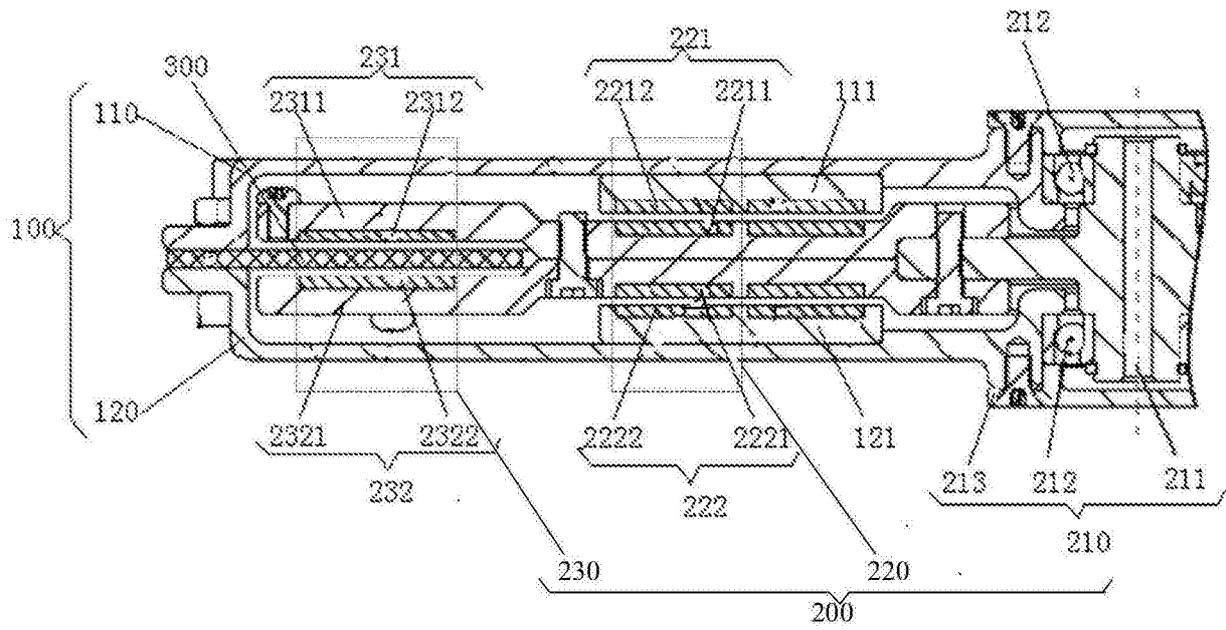


图1

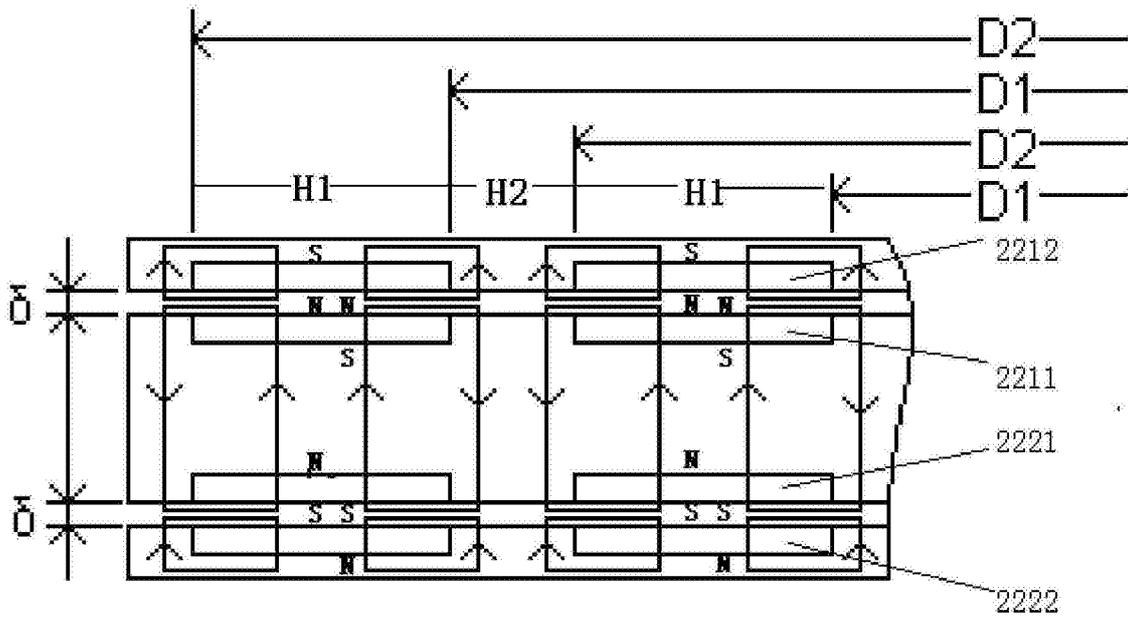


图2

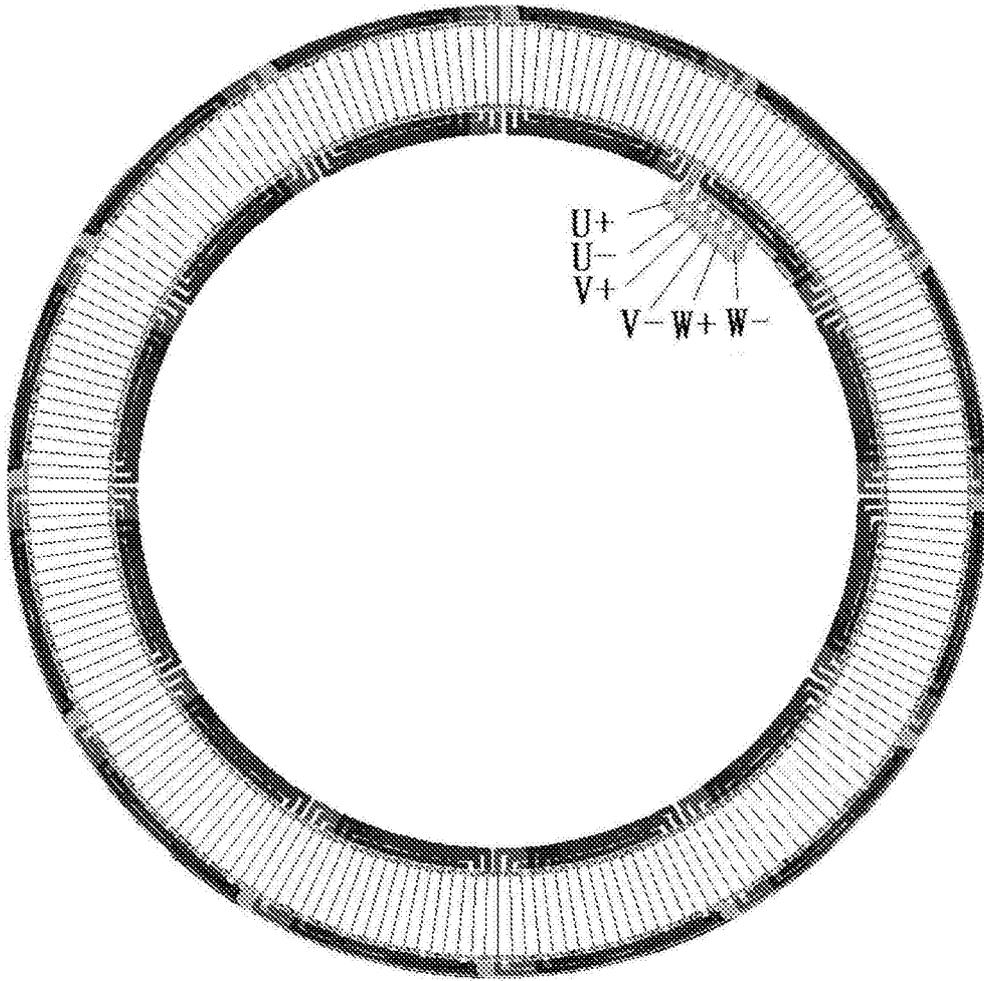


图3