



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101741212 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 30

(21) 申请号 200910217414. 9

CN 101267151 A, 2008. 09. 17,

(22) 申请日 2009. 12. 24

审查员 闫岳婷

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 寇宝泉 张千帆 程树康

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.

H02K 41/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6274953 B1, 2001. 08. 14,

KR 20070108489 A, 2007. 11. 12,

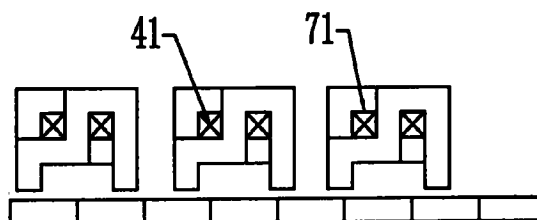
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

横向磁通永磁平面电机

(57) 摘要

横向磁通永磁平面电机, 它涉及电机领域, 它解决了永磁同步平面电机存在动子的行程有限、推力密度低、电机的结构复杂以及电流控制精度低等问题。它的初级由若干个电机单元组成, 每个电机单元由 m^2 个相电枢单元组成, m^2 个相电枢单元组成相电枢单元阵列, 其阵列的行与列间距相等; 每个相电枢单元由相单元铁心和相单元绕组组成; 每个相单元铁心是由两个铁心单元组成带有齿孔的相单元铁心, 齿孔由两个铁心单元的齿槽叠加形成, 每个铁心单元的两个齿沿横截面的水平方向排列, 两个齿之间连接有磁轭段; 线圈通过齿孔绕成一相相单元绕组; 沿 X 方向或 Y 方向相邻两个相单元铁心之间的齿距 τ_a 为 $\tau_a = [1 + (j/m)] \tau_p$ 。另外, 电机的结构简单, 易实现模块化, 且电机的行程不受限制。



1. 横向磁通永磁平面电机,它由初级和次级组成;次级由永磁体阵列组成;初级由若干个电机单元组成,其特征在于每个电机单元由 m^2 个相电枢单元组成, m^2 个相电枢单元组成一个 m 行、 m 列的相电枢单元阵列,所述的相电枢单元阵列的行间距与列间距相等;每个相电枢单元由相单元铁心和相单元绕组组成;每个相单元铁心是由两个铁心单元组成带有齿孔 (71) 的相单元铁心,所述齿孔 (71) 由两个铁心单元的齿槽 (72) 叠加形成,每个铁心单元由两个齿和磁轭段组成;所述的两个齿沿横截面的水平方向排列,所述的两个齿之间连接有磁轭段;两个铁心单元沿 X 向或 Y 向排列,线圈 (41) 通过相单元铁心的齿孔 (71) 绕成一相相单元绕组;沿 X 方向或 Y 方向相邻两个相单元铁心之间的齿距 τ_a 为 $\tau_a = [1+(j/m)] \tau_p$, 其中 τ_p 为永磁体极距, j 为自然数, $j \neq im$, i 为自然数, m 为大于 1 的自然数。

2. 根据权利要求 1 所述的横向磁通永磁平面电机,其特征在于所述的相单元铁心中每个铁心单元由一个长齿 (51)、一个短齿 (52)、一个高水平磁轭段 (53)、一个低水平磁轭段 (54) 和一个垂向磁轭段 (55) 组成;所述的长齿 (51) 与短齿 (52) 沿横截面的水平方向排列,所述的长齿 (51) 与短齿 (52) 之间均依次连接有高水平磁轭段 (53)、垂向磁轭段 (55) 和低水平磁轭段 (54),所述的长齿 (51) 侧面根部与所述的高水平磁轭段 (53) 的一端侧面相连,所述的高水平磁轭段 (53) 的另一端侧面与所述的垂向磁轭段 (55) 一侧侧面根部相连,所述的垂向磁轭段 (55) 的另一侧侧面端部与所述的低水平磁轭段 (54) 的一端侧面相连,所述的低水平磁轭段 (54) 的另一端侧面与所述的短齿 (52) 侧面根部相连,并且高水平磁轭段 (53)、垂向磁轭段 (55) 和低水平磁轭段 (54) 形成 Z 字形;铁心单元的长齿 (51)、短齿 (52)、高水平磁轭段 (53)、低水平磁轭段 (54) 和垂向磁轭段 (55) 构成的内侧为齿槽 (72);两个铁心单元的齿槽 (72) 叠加形成两个齿孔 (71);两个铁心单元沿 X 向或 Y 向排列;两个铁心单元中两个铁心单元的齿、高水平磁轭段 (53)、低水平磁轭段 (54) 和垂向磁轭段 (55) 的沿水平方向的排列次序相反,线圈 (41) 通过所述的两个齿孔 (71) 在长齿 (51) 的上部或高水平磁轭段 (53) 或垂直磁轭段 (55) 上环形缠绕成一相相单元绕组。

3. 根据权利要求 1 所述的横向磁通永磁平面电机,其特征在于所述的相单元铁心中有一个长齿结构铁心单元,所述的长齿结构铁心单元由两个长齿 (51) 和高水平磁轭段 (53) 组成,所述的长齿结构铁心单元的两个长齿 (51) 沿横截面的水平方向排列,所述的两个长齿 (51) 之间连接有一个高水平磁轭段 (53),所述的两个长齿 (51) 侧面根部分别与所述的高水平磁轭段 (53) 的两端侧面相连;两个长齿 (51) 和高水平磁轭段 (53) 构成的内侧为齿槽 (72);所述的相单元铁心中有一个短齿结构铁心单元,所述的短齿结构铁心单元由两个短齿 (52) 和低水平磁轭段 (54) 组成,所述的短齿结构铁心单元的两个短齿 (52) 沿横截面的水平方向排列,所述的两个短齿 (52) 之间连接有一个低水平磁轭段 (54),所述的两个短齿 (52) 侧面根部分别与所述的低水平磁轭段 (54) 的两端侧面相连;两个短齿 (52) 和低水平磁轭段 (54) 构成的内侧为齿槽 (72);所述的一个长齿结构铁心单元与一个短齿结构铁心单元沿 X 方向或 Y 方向依次间隔排列;两个铁心单元的一个长齿结构铁心单元的齿槽 (72) 与一个短齿结构铁心单元的齿槽 (72) 叠加形成一个齿孔 (71);所述的线圈 (41) 通过所述的一个齿孔 (71) 在高水平磁轭段 (53) 和低水平磁轭段 (54) 上环形缠绕成一相相单元绕组。

4. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的横向磁通永磁平面电机,其特征在于所述的永磁体阵列由 $L \times L$ 个正方形平板永磁体 (61) 组成, L 为大于 1 的自然数,所述永磁体阵列中,每一

行由 L 个正方形平板永磁体 (61) 排列组成, 每一列也由 L 个正方形平板永磁体 (61) 排列组成, 行间距与列间距相等, 沿 X 向或 Y 向每相邻两个正方形平板永磁体 (61) 的充磁方向相反, 正方形平板永磁体 (61) 为沿 Z 向或 $-Z$ 向平行充磁。

5. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的横向磁通永磁平面电机, 其特征在于永磁体阵列由 $(L+1) \times (L+1)$ 个平板形永磁体 (62) 和 $L \times L$ 个正方形平板永磁体 (61) 组成, L 为大于 1 的自然数, 所述永磁体阵列中, 每一行由 L 个正方形平板永磁体 (61) 与 $L+1$ 个平板形永磁体 (62) 间隔紧密排列组成, 所述正方形平板永磁体 (61) 与所述平板形永磁体 (62) 沿 Y 轴方向的宽度相等, 相邻的两个平板形永磁体 (62) 的充磁方向相反, 且充磁方向沿 X 轴方向; 每一列由 L 个正方形平板永磁体 (61) 与 $L+1$ 个平板形永磁体 (62) 紧密排列组成, 所述正方形平板永磁体 (61) 与所述平板形永磁体 (62) 沿 X 轴方向的长度相等, 相邻的两个平板形永磁体 (62) 的充磁方向相反, 且充磁方向沿 Y 轴方向, 所述正方形平板永磁体 (61) 与平板形永磁体 (62) 沿 Z 轴方向等高, 并且沿 X 轴方向充磁的平板形永磁体 (62) 与沿 Y 轴方向充磁的平板形永磁体 (62) 的磁化方向厚度相同; 每个正方形平板永磁体 (61) 与四个平板形永磁体 (62) 紧密相邻, 当所述四个平板形永磁体 (62) 的磁化方向均为指向所述正方形平板永磁体 (61) 时, 所述正方形平板永磁体 (61) 的磁化方向沿 Z 轴向外; 当所述四个平板形永磁体 (62) 的磁化方向均为背向所述正方形平板永磁体 (61) 时, 所述正方形平板永磁体 (61) 的磁化方向为沿 Z 轴向内。

6. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的横向磁通永磁平面电机, 其特征在于永磁体阵列由 $(L+1) \times (L+1)$ 个平板形永磁体 (62) 和 $L \times L$ 个正方形平板形导磁体 (63) 组成, L 为大于 1 的自然数, 所述永磁体阵列中, 每一行由 L 个正方形平板形导磁体 (63) 与 $L+1$ 个平板形永磁体 (62) 间隔紧密排列组成, 所述正方形平板形导磁体 (63) 与所述平板形永磁体 (62) 沿 Y 轴方向的宽度相等, 相邻的两个平板形永磁体 (62) 的充磁方向相反, 且充磁方向沿 X 轴方向; 每一列由 L 个正方形平板形导磁体 (63) 与 $L+1$ 个平板形永磁体 (62) 紧密排列组成, 所述正方形平板形导磁体 (63) 与所述平板形永磁体 (62) 沿 X 轴方向的长度相等, 相邻的两个平板形永磁体 (62) 的充磁方向相反, 且充磁方向沿 Y 轴方向, 所述正方形平板形导磁体 (63) 与平板形永磁体 (62) 沿 Z 轴方向等高, 并且沿 X 轴方向充磁的永磁体与沿 Y 轴方向充磁的永磁体的磁化方向厚度相同; 每个正方形平板形导磁体 (63) 与四个永磁体紧密相邻, 当所述四个永磁体的磁化方向均为指向所述正方形平板形导磁体 (63) 时, 所述正方形平板形导磁体 (63) 的磁力线方向沿 Z 轴向外; 当所述四个永磁体的磁化方向均为背向所述正方形平板形导磁体 (63) 时, 所述正方形平板形导磁体 (63) 的磁力线方向为沿 Z 轴向内。

7. 根据权利要求 6 所述的横向磁通永磁平面电机, 其特征在于线圈 (41) 为跑道形线圈。

8. 根据权利要求 1、2、3 或 7 所述的横向磁通永磁平面电机, 其特征在于当电机为单相或多相电机时, 每个相单元铁心的四个齿截面为正方形, 任何相邻两个齿之间的齿距 τ_t 与永磁体极距 τ_p 之间满足关系 $\tau_t = \tau_p$ 。

9. 根据权利要求 1、2、3 或 7 所述的横向磁通永磁平面电机, 其特征在于当电机为三相电机时, 每个相单元铁心的四个齿截面为正方形, 任何相邻两个齿之间的齿距 τ_t 与永磁体极距 τ_p 之间满足关系 $3n\tau_t = (3n \pm 1)\tau_p$, n 为自然数。

横向磁通永磁平面电机

技术领域

[0001] 本发明涉及电机领域，具体涉及一种永磁平面电机。

背景技术

[0002] 现代精密、超精密加工装备对高响应、高速度、高精度的平面驱动装置有着迫切的需求，如机械加工、电子产品生产、机械装卸、制造自动化仪表设备甚至机器人驱动等。通常这些装置由旋转式电动机产生动力驱动，再由皮带、滚珠丝杆等机械装置，转换为直线运动。由于机械装置复杂，传动精度和速度都受到限制，且需经常调校，造成成本高、可靠性差、体积较大。最初的平面驱动装置是由两台直接驱动的直线电机来实现的，采用层叠式驱动结构，这种结构增加了传动系统的复杂性，从本质上没有摆脱低维运动机构叠加形成高维运动机构的模式。对于底层的直线电机，要承载上层直线电机及其相关机械部件的总质量，从而严重影响了定位和控制精确度。而直接利用电磁能产生平面运动的平面电机，具有出力密度高、低热耗、高速度、高精度和高可靠性的特点，因省去了从旋转运动到直线运动再到平面运动的中间转换装置，可把控制对象同电机做成一体化结构，具有反应快、灵敏度高、随动性好及结构简单等优点。根据平面电机电磁推力的产生原理，可以将平面电机分为变磁阻型、同步型和感应型。其中，同步型平面电机具有结构简单、推力大、效率高和响应速度快等良好的综合性能，在二维平面驱动装置、特别是精密二维平面驱动装置中具有广阔的应用前景。

[0003] 图 14 和图 15 所示为现有的一种平面电机结构。该电机中包括定子和动子两大部件，它的工作原理类似于三相旋转永磁同步电机，定子包含铁心和 4 个相互垂直放置的推力绕组，每个绕组有独立的 3 个相，X 向推力绕组用于驱动动子沿 X 方向运动，Y 向推力绕组用于驱动动子沿 Y 方向运动。动子包含动子平台和 4 个永磁体阵列，永磁体阵列排列在动子平台的下表面，通过控制相应的三相绕组电流，动子平台就可以在平面上做定位运动。

[0004] 但是，该永磁同步平面电机存在动子的行程有限、推力密度低、电机的结构复杂以及电流控制精度低等问题。

发明内容

[0005] 本发明为了解决永磁同步平面电机存在动子的行程有限、推力密度低、电机的结构复杂以及电流控制精度低等问题，而提出了横向磁通永磁平面电机。

[0006] 本发明由初级和次级组成；次级由永磁体阵列组成；初级由若干个电机单元组成，每个电机单元由 m^2 个相电枢单元组成， m^2 个相电枢单元组成一个 m 行、 m 列的相电枢单元阵列，所述的相电枢单元阵列的行间距与列间距相等；每个相电枢单元由相单元铁心和相单元绕组组成；每个相单元铁心是由两个铁心单元组成带有齿孔的相单元铁心，所述齿孔由两个铁心单元的齿槽叠加形成，每个铁心单元由两个齿和磁轭段组成；所述的两个齿沿横截面的水平方向排列，所述的两个齿之间连接有磁轭段；两个铁心单元沿 X 向或 Y 向排列，线圈通过相单元铁心的齿孔绕成一相相单元绕组；沿 X 方向或 Y 方向相邻两个相单元

铁心之间的齿距 τ_a 为 $\tau_a = [1+(j/m)] \tau_p$, 其中 τ_p 为永磁体极距, j 为自然数, $j \neq im$, i 为自然数, m 为大于 1 的自然数。

[0007] 本发明采用了上述特殊的横向磁通电磁结构, 构成一种横向磁通永磁平面电机, 消除了相间互感, 提高了电机的电流及电磁力控制精度; 线圈数量少, 加工工艺简单、成本低, 且铜耗小、效率高; 电机设计简单, 推力增加容易; 电枢铁心与次级永磁体的利用率高, 电机的推力密度与功率密度大; 电机的行程不受限制。由于消除了相间的磁耦合, 提高了绕组电流控制精度; 电枢铁心与次级永磁体的利用率高, 电机的推力密度与功率密度大、效率高; 另外, 电机的结构简单, 易实现模块化, 且电机的行程不受限制。

附图说明

[0008] 图 1 是本发明的横向磁通永磁平面电机的主视图; 图 2 是本发明的横向磁通永磁平面电机的俯视图; 图 3 至图 10 是铁心单元 5 的结构示意图; 图 11 是具体实施方式六所述的永磁体阵列平面展开图; 图 12 是具体实施方式七所述的永磁体阵列的平面展开图; 图 13 是具体实施方式八所述的永磁体阵列的平面展开图; 图 14 是现有的电机的结构示意图; 图 15 是现有的电机的永磁阵列的平面展开图。

具体实施方式

[0009] 具体实施方式一、结合图 1 和图 2 说明本实施方式, 本实施方式它由初级和次级组成; 次级由永磁体阵列组成; 初级由若干个电机单元组成, 每个电机单元由 m^2 个相电枢单元组成, m^2 个相电枢单元组成一个 m 行、 m 列的相电枢单元阵列, 所述的相电枢单元阵列的行间距与列间距相等; 每个相电枢单元由相单元铁心和相单元绕组组成; 每个相单元铁心是由两个铁心单元组成带有齿孔 71 的相单元铁心, 所述齿孔 71 由两个铁心单元的齿槽 72 叠加形成, 每个铁心单元由两个齿和磁轭段组成; 所述的两个齿沿横截面的水平方向排列, 所述的两个齿之间连接有磁轭段; 两个铁心单元沿 X 向或 Y 向排列, 线圈 41 通过相单元铁心的齿孔 71 绕成一相相单元绕组; 沿 X 方向或 Y 方向相邻两个相单元铁心之间的齿距 τ_a 为 $\tau_a = [1+(j/m)] \tau_p$, 其中 j 为自然数, $j \neq im$, i 为自然数, m 为大于 1 的自然数。当电机为单相或多相电机时, 每个相单元铁心的四个齿截面为正方形, 任何相邻两个齿之间的齿距 τ_t 与永磁体极距 τ_p 之间满足关系 $\tau_t = \tau_p$ 。当电机为三相电机时, 每个相单元铁心的四个齿截面为正方形, 任何相邻两个齿之间的齿距 τ_t 与永磁体极距 τ_p 之间满足关系 $3n \tau_t = (3n \pm 1) \tau_p$, n 为自然数。其中线圈 41 为跑道形线圈。

[0010] 具体实施方式二、结合图 3 至图 7 说明本实施方式, 本实施方式与具体实施方式一不同点在于所述的相单元铁心中每个铁心单元由一个长齿 51、一个短齿 52、一个高水平磁轭段 53、一个低水平磁轭段 54 和一个垂向磁轭段 55 组成; 所述的长齿 51 与短齿 52 沿横截面的水平方向排列, 所述的长齿 51 与短齿 52 之间均依次连接有高水平磁轭段 53、垂向磁轭段 55 和低水平磁轭段 54, 所述的长齿 51 侧面根部与所说的高水平磁轭段 53 的一端侧面相连, 所说的高水平磁轭段 53 的另一端侧面与所述的垂向磁轭段 55 一侧侧面根部相连, 所述的垂向磁轭段 55 的另一侧侧面端部与所述的低水平磁轭段 54 的一端侧面相连, 所述的低水平磁轭段 54 的另一端侧面与所述的短齿 52 侧面根部相连, 并且高水平磁轭段 53、垂向磁轭段 55 和低水平磁轭段 54 形成 Z 字形; 铁心单元的长齿 51、短齿 52、高水平磁轭段 53、

低水平磁轭段 54 和垂向磁轭段 55 构成的内侧为齿槽 72 ;两个铁心单元的齿槽 72 叠加形成两个齿孔 71 ;两个铁心单元沿 X 向或 Y 向排列 ;两个铁心单元中两个铁心单元的齿、高水平磁轭段 53、低水平磁轭段 54 和垂向磁轭段 55 的沿水平方向的排列次序相反,其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0011] 具体实施方式三、结合图 3 至图 5 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式二不同点在于线圈 41 通过所述的两个齿孔 71 在长齿 51 的上部或高水平磁轭段 53 或垂直磁轭段 55 上环形缠绕成一相单元绕组。其它组成和连接方式与具体实施方式二相同。

[0012] 具体实施方式四、结合图 8、图 9 和图 10 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一不同点在于所述的相单元铁心中有一个长齿结构铁心单元,所述的长齿结构铁心单元由两个长齿 51 和高水平磁轭段 53 组成,所述的长齿结构铁心单元的两个长齿 51 沿横截面的水平方向排列,所述的两个长齿 51 之间连接有一个高水平磁轭段 53,所述的两个长齿 51 侧面根部分别与所说的高水平磁轭段 53 的两端侧面相连 ;两个长齿 51 和高水平磁轭段 53 构成的内侧为齿槽 72 ;所述的相单元铁心中有一个短齿结构铁心单元,所述的短齿结构铁心单元由两个短齿 52 和低水平磁轭段 54 组成,所述的短齿结构铁心单元的两个短齿 52 沿横截面的水平方向排列,所述的两个短齿 52 之间连接有一个低水平磁轭段 54,所述的两个短齿 52 侧面根部分别与所述的低水平磁轭段 54 的两端侧面相连 ;两个短齿 52 和低水平磁轭段 54 构成的内侧为齿槽 72 ;所述的一个长齿结构铁心单元与一个短齿结构铁心单元沿 X 方向或 Y 方向依次间隔排列 ;两个铁心单元的一个长齿结构铁心单元的齿槽 72 与一个短齿结构铁心单元的齿槽 72 叠加形成一个齿孔 71 ;其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0013] 具体实施方式五、结合图 10 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式四不同点在于所述的线圈 41 通过所述的一个齿孔 71 在高水平磁轭段 53 和低水平磁轭段 54 上环形缠绕成一相单元绕组。其它组成和连接方式与具体实施方式四相同。

[0014] 具体实施方式六、结合图 11 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一、二、三、四或五不同点在于所述的永磁体阵列由 $L \times L$ 个正方形平板永磁体 61 组成, L 为大于 1 的自然数,所述永磁体阵列中,每一行由 L 个正方形平板永磁体 61 排列组成,每一列也由 L 个正方形平板永磁体 61 排列组成,行间距与列间距相等,沿 X 向或 Y 向每相邻两个正方形平板永磁体 61 的充磁方向相反,正方形平板永磁体 61 为沿 Z 向或 -Z 向平行充磁。其它组成和连接方式与具体实施方式一、二、三、四或五相同。

[0015] 具体实施方式七、结合图 12 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一、二、三、四或五不同点在于永磁体阵列由 $(L+1) \times (L+1)$ 个平板形永磁体 62 和 $L \times L$ 个正方形平板永磁体 61 组成, L 为大于 1 的自然数,所述永磁体阵列中,每一行由 L 个正方形平板永磁体 61 与 $L+1$ 个平板形永磁体 62 间隔紧密排列组成,所述正方形平板永磁体 61 与所述平板形永磁体 62 沿 Y 轴方向的宽度相等,相邻的两个平板形永磁体 62 的充磁方向相反,且充磁方向沿 X 轴方向 ;每一列由 L 个正方形平板永磁体 61 与 $L+1$ 个平板形永磁体 62 紧密排列组成,所述正方形平板永磁体 61 与所述平板形永磁体 62 沿 X 轴方向的长度相等,相邻的两个平板形永磁体 62 的充磁方向相反,且充磁方向沿 Y 轴方向,所述正方形平板永磁体 61 与平板形永磁体 62 沿 Z 轴方向等高,并且沿 X 轴方向充磁的平板形永磁体 62 与沿 Y 轴方向充磁的平板形永磁体 62 的磁化方向厚度相同 ;每个正方形平板永磁体 61 与四个平板形永

磁体 62 紧密相邻,当所述四个平板形永磁体 62 的磁化方向均为指向所述正方形平板永磁体 61 时,所述正方形平板永磁体 61 的磁化方向沿 Z 轴向外;

[0016] 当所述四个平板形永磁体 62 的磁化方向均为背向所述正方形平板永磁体 61 时,所述正方形平板永磁体 61 的磁化方向为沿 Z 轴向内。其它组成和连接方式与具体实施方式一、二、三、四或五相同。

[0017] 具体实施方式八、结合图 13 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一、二、三、四或五不同点在于永磁体阵列由 $(L+1) \times (L+1)$ 个平板形永磁体 62 和 $L \times L$ 个正方形平板形导磁体 63 组成, L 为大于 1 的自然数,所述永磁体阵列中,每一行由 L 个正方形平板形导磁体 63 与 $L+1$ 个平板形永磁体 62 间隔紧密排列组成,所述正方形平板形导磁体 63 与所述平板形永磁体 62 沿 Y 轴方向的宽度相等,相邻的两个平板形永磁体 62 的充磁方向相反,且充磁方向沿 X 轴方向;每一列由 L 个正方形平板形导磁体 63 与 $L+1$ 个平板形永磁体 62 紧密排列组成,所述正方形平板形导磁体 63 与所述平板形永磁体 62 沿 X 轴方向的长度相等,相邻的两个平板形永磁体 62 的充磁方向相反,且充磁方向沿 Y 轴方向,所述正方形平板形导磁体 63 与平板形永磁体 62 沿 Z 轴方向等高,并且沿 X 轴方向充磁的永磁体与沿 Y 轴方向充磁的永磁体的磁化方向厚度相同;每个正方形平板形导磁体 63 与四个永磁体紧密相邻,当所述四个永磁体的磁化方向均为指向所述正方形平板形导磁体 63 时,所述正方形平板形导磁体 63 的磁力线方向沿 Z 轴向外;当所述四个永磁体的磁化方向均为背向所述正方形平板形导磁体 63 时,所述正方形平板形导磁体 63 的磁力线方向为沿 Z 轴向内。其它组成和连接方式与具体实施方式一、二、三、四或五相同。

[0018] 本发明内容不仅限于上述各实施方式的内容,其中一个或几个具体实施方式的组合同样也可以实现发明的目的。

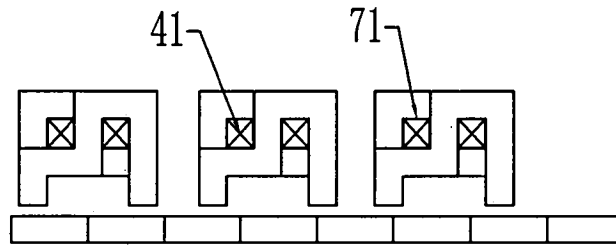


图 1

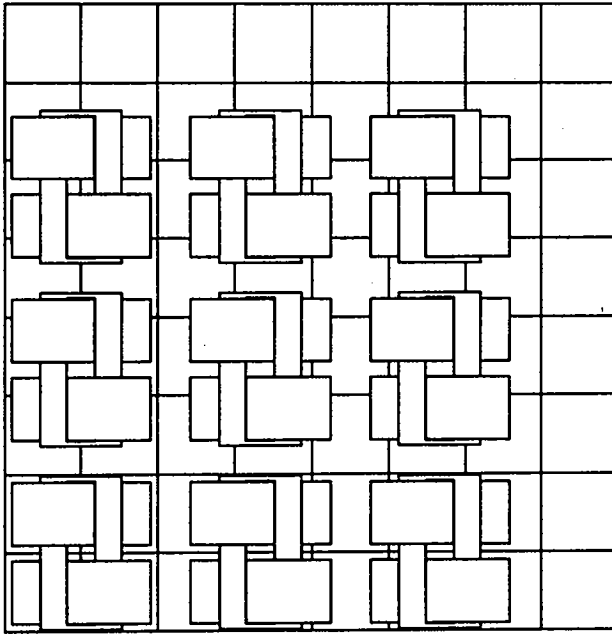


图 2

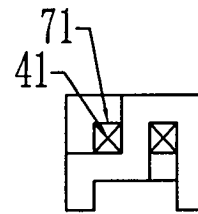


图 3

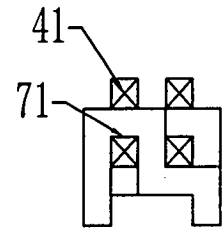


图 4

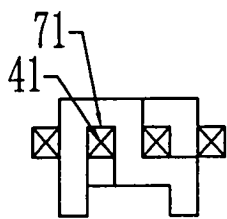


图 5

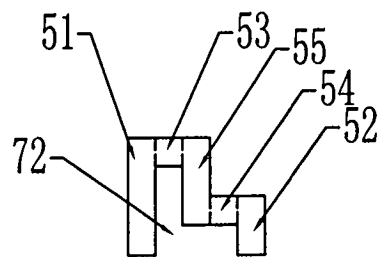


图 6

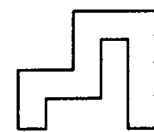


图 7

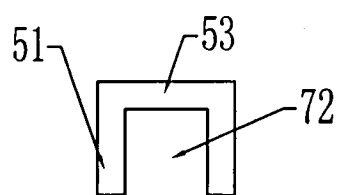


图 8

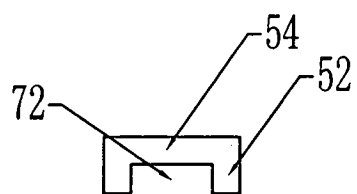


图 9

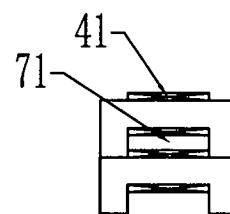


图 10

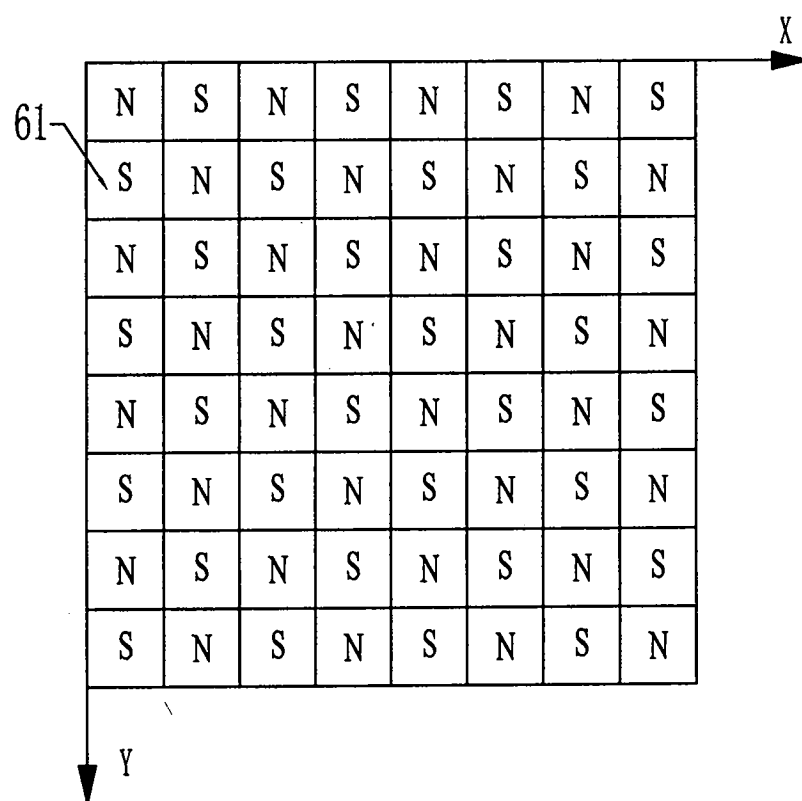


图 11