



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105141057 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201510495680. 3

(22) 申请日 2015. 08. 10

(71) 申请人 郑永研

地址 300101 天津市南开区南城街平祥大厦  
3号楼 1505

(72) 发明人 郑永研

(74) 专利代理机构 天津市舜禹融通知识产权代  
理事务所(普通合伙) 12215

代理人 王磊

(51) Int. Cl.

H02K 1/27(2006. 01)

H02K 1/16(2006. 01)

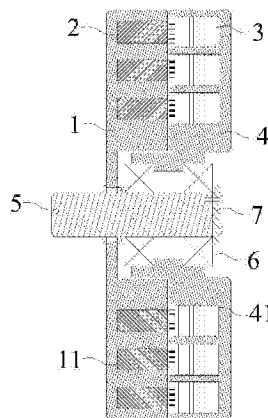
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

Halbach 阵列盘式电机

(57) 摘要

本发明公开了一种 Halbach 阵列盘式电机, 包括串接的转子和定子、固定轴以及换向电路, 转子包括转子固定盘、4n 个环形 Halbach 阵列的永磁块, 定子包括定子固定盘、磁轭及 4n 个呈 Halbach 阵列的线圈。电机的转子永磁块和定子线圈均采用 Halbach 阵列, 线圈在永磁块一侧产生的电磁场显著大于传统结构, 永磁环和感应环之间的磁密大, 相比现有电机, 相同体积下具有更大扭矩和功率密度, 相同输出功率下具有更小体积和重量; 通过切换电机发电和电动的工作模式, 在制动转子时回收动能, 将转子动能转化为电能回收, 降低能耗; 另外该电机还具有结构简单、散热性好、故障率低等诸多优点, 属于新型的盘式电机。



1. 一种 Halbach 阵列盘式电机,其特征在於:包括转子、定子、串接所述转子和定子的固定轴以及换向电路,定子与固定轴轴承连接,转子与固定轴的一端固定连接,定子夹设于固定轴另一端和转子之间;

其中,所述转子包括转子固定盘和设于转子固定盘上的永磁环,永磁环与固定轴同轴,转子固定盘上设有用于安装所述永磁环的环形磁体固定槽,所述永磁环包括  $4n$  个环形紧密阵列的瓦片形永磁块,  $n$  为整数,并大于等于 1,永磁块包括轴向充磁永磁块和切向充磁永磁块,轴向充磁的永磁块和切向充磁的永磁块依次交替设置并呈面向定子的一侧为磁密增大侧的 Halbach 阵列;

其中,所述定子包括定子固定盘和设于定子固定盘上的感应环,感应环正对于永磁环,定子固定盘上设有用于安装所述感应环的环形线圈固定槽,所述感应环包括用于构建 Halbach 阵列的磁轭以及  $4n$  个沿磁轭环形阵列的线圈,所述  $4n$  组线圈在环形的磁轭上呈靠近永磁环的一侧为磁密增大侧的 Halbach 阵列分布;

换向电路与所述  $4n$  组线圈分别电性连接,轴向充磁的永磁块和与其正对的通电状态的线圈的充磁方向的磁向同向时,换向电路输入线圈的电流方向发生换向。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 Halbach 阵列盘式电机,其特征在於:所述永磁环和感应环的数量均为一个。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 Halbach 阵列盘式电机,其特征在於:所述永磁环和感应环的数量至少为一个,多个永磁环和感应环分别由外至内等间距分布于转子固定盘和定子固定盘上,每个永磁环正对一感应环,每个永磁环单独安装于一磁体固定槽中,每个感应环单独安装于一线圈固定槽中。

4. 根据权利要求 1 所述的一种 Halbach 阵列盘式电机,其特征在於:所述磁轭为数个环形硅钢片卷制并叠加固定为一体,磁轭上冲压成型形成沿环形硅钢片环形阵列的  $2n$  个第一线圈安装结构和  $2n$  个垂直于第一线圈安装结构平面的第二线圈安装结构,第一线圈安装结构和第二线圈安装结构依次交替设置并由极靴隔开。

5. 根据权利要求 4 所述的一种 Halbach 阵列盘式电机,其特征在於:所述第一线圈安装结构呈“H”形结构,所述第二线圈安装结构呈“W”形结构。

6. 根据权利要求 1 所述的一种 Halbach 阵列盘式电机,其特征在於:所述转子上等间距环形阵列有  $2n$  个定位孔,换向电路包括电性连接的转子位置检测装置和电流换向器,当任意轴向充磁的永磁块和与其正对的通电状态的线圈的充磁方向的磁向同向时,固定于定子上的转子位置传感器正对于任一定位孔,并发送换向信号触发电流换向器改变线圈的电流方向。

## Halbach 阵列盘式电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机技术领域,尤其涉及一种 Halbach 阵列盘式电机。

### 背景技术

[0002] 盘式电机常作为电动车辆离合动力或轮毂动力的动力源,通过电机的电气控制可实现驱动动力输出、动力传动和制动的功能,其功能强大,电动车辆的机械部分大大简化,减少由于汽车传动机构带来的功率损耗,从而提高整车的性能;

[0003] 现有的盘式电机由于采用传统的电机的线圈布置方式,其体积大,功率体积比小,作为直驱驱动或制动的动力源,在车辆的整合中具有一定的局限性,由于其转子永磁块和定子绕组的磁能利用率低,每个永磁块和通电线圈之间只能有一个极面和线圈极靴相对应,线圈的另一端和永磁块另一端的磁场不参与工作,通电时线圈始终处于单极电磁场做功的状态,另一端电磁场无法被利用,导致磁能利用率低,同时此类结构的盘式电机往往体积较大,散热性不足。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,克服现有技术中存在的不足,提供一种结构紧凑、磁能利用率高、电机输出转矩和功率密度大、成本低、散热性能好、可靠性高的新型的 Halbach 阵列盘式电机。

[0005] 本发明的一种 Halbach 阵列盘式电机,包括转子、定子、串接所述转子和定子的固定轴以及换向电路,定子与固定轴轴承连接,转子与固定轴的一端固定连接,定子夹设于固定轴另一端和转子之间;

[0006] 其中,转子包括转子固定盘和至少一个设于转子固定盘上的永磁环,永磁环与固定轴同轴,转子固定盘上设有由外至内等间距分布的数圈用于安装永磁环的环形磁体固定槽,永磁环包括  $4n$  个环形紧密阵列的瓦片形永磁块, $n$  为整数,并大于等于 1,永磁块包括轴向充磁永磁块和切向充磁永磁块,轴向充磁的永磁块和切向充磁的永磁块依次交替设置并呈面向定子的一侧为磁密增大侧的 Halbach 阵列;

[0007] 其中,定子包括定子固定盘和至少一个设于定子固定盘上的感应环,每个感应环正对一永磁环,定子固定盘上设有由外至内等间距分布的数圈用于安装感应环的环形线圈固定槽,感应环包括用于构建 Halbach 阵列的磁轭以及  $4n$  个沿磁轭环形阵列的线圈, $4n$  组线圈在环形的磁轭上呈靠近永磁环的一侧为磁密增大侧的 Halbach 阵列分布;

[0008] 换向电路与  $4n$  组线圈分别电性连接,轴向充磁的永磁块和与其正对的通电状态的线圈的充磁方向的磁向同向时,换向电路输入线圈的电流方向发生换向。

[0009] 优选地,永磁环和感应环的数量均为一个。

[0010] 优选地,永磁环和感应环的数量至少为一个,永磁环和感应环分别外至内等间距分布于转子固定盘和定子固定盘上,每个永磁环正对一感应环,每个永磁环单独安装于一磁体固定槽中,每个感应环单独安装于一线圈固定槽中。

[0011] 进一步地,磁轭为多个环形硅钢片卷制并叠加固定为一体,磁轭上冲压成型形成沿环形硅钢片环形阵列的  $2n$  个第一线圈安装结构和  $2n$  个垂直于第一线圈安装结构平面的第二线圈安装结构,第一线圈安装结构和第二线圈安装结构依次交替设置并由极靴隔开。

[0012] 进一步地,第一线圈安装结构呈“H”形结构,所述第二线圈安装结构呈“W”形结构。

[0013] 进一步地,转子上等间距环形阵列有  $2n$  个定位孔,换向电路包括电性连接的转子位置检测装置和电流换向器,当任意轴向充磁的永磁块和与其正对的通电状态的线圈的充磁方向的磁向同向时,固定于定子上的转子位置传感器正对于任一定位孔,并发送换向信号触发电流换向器改变线圈的电流方向。

[0014] 进一步地,环形的磁体固定槽和线圈固定槽的槽口盖设有防尘环。

[0015] 本发明的一种 Halbach 阵列盘式电机的有益效果如下:

[0016] 1. 定子线圈在做功极面产生大于传统线圈结构的电磁场,使得永磁块形成的永磁环和线圈形成的感应磁环之间相互作用的磁场强度大幅度提升,线圈与永磁块的磁能得到充分利用,与现有电机相比,相同体积下拥有更大的扭矩和功率密度,相同的输出功率下拥有更小的体积和重量,电机的功率体积比大,有效降低电机成本和重量,降低整车重量,利于提高控制的灵活性,且定子和转子的整个盘面均可作为工作面,易于在有效的轮面上拓展电机功率;

[0017] 2. 由于永磁环和感应环的外部磁场几乎为零,线圈和永磁块在未做功侧的磁场强度几乎为零,电机可产生自我屏蔽,不需设置另外的屏蔽装置阻挡磁漏;

[0018] 3. 定子和转子组成的动力转化模块具有较小的厚度,可将多组该动力转化模块进行串联叠加拓展功率,或可通过增加永磁环和感应环的环数或环面面积拓展功率,电机易于根据使用场合定制和拓展功率,适于推广使用;

[0019] 4. 定子和转子为串接式,电机结构简单,作为车辆的飞轮制动动力或者轮毂电机使用时,该结构的盘式电机可省略大量车辆上辅助动力输出或制动的机械部件,同时,通过控制盘式电机实现多种复杂的驱动方式和制动方式,电动车辆控制灵活性高;

[0020] 5. 该电机不仅可作为将电能转化为动能的动力源,通过电机主控板对换向电路进行 PWM 电压控制,可实现电机换向同时切换发电或电动模式,在制动转子同时回收转子动能,以将转子的动能转化为电能回收,降低能耗;

[0021] 6. 电机还具有结构简单紧凑、高效节能、线圈散热性好、故障率低等诸多优点,属于新型的盘式电机。

## 附图说明

[0022] 图 1 是本发明电机的结构示意图;

[0023] 图 2 是图 1 中转子的结构示意图;

[0024] 图 3 是图 1 中定子的结构示意图;

[0025] 图 4 是图 1 中磁轭的结构示意图。

[0026] 图中:1. 转子固定盘,11. 磁体固定槽,2. 永磁环,3. 感应环,31. 切向充磁线圈,32. 轴向充磁线圈,33. 磁轭,331. 第一线圈安装结构,332. 第二线圈安装结构,333. 极靴,4. 定子固定盘,41. 线圈固定槽,5. 固定轴,6. 轴承,7. 轴承挡板。

## 具体实施方式

[0027] 为了使本技术领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和最佳实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0028] 如图 1-4 所示,本发明的 Halbach 阵列盘式电机,包括转子、定子、串接所述转子和定子的固定轴 5 以及换向电路,定子与固定轴轴承连接,固定轴设有卡靠轴承的凸台,定子固定盘的内孔设有三级台阶孔,固定轴的端部固定有轴承挡板 7,两个轴承 6 设于三级台阶孔内并分别夹设于轴承挡板与凸台之间,固定轴的凸台通过螺钉与转子固定连接,以支撑转子,增强其固定强度;

[0029] 其中,如图 3 所示,转子包括转子固定盘 1 和至少一个设于转子固定盘上的永磁环 2,永磁环与固定轴同轴,转子固定盘上设有用于安装永磁环的环形磁体固定槽 11,永磁环嵌入磁体固定槽中进行安装,电机外形更美观,永磁环可为一个环面面积较大的大环,也可为数个由外至内等间距分布于转子固定盘的小环,每个永磁环单独安装于一磁体固定槽中,以达到美观的效果,且便于固定;永磁环包括  $4n$  个环形紧密阵列的瓦片形永磁块, $n$  为整数,并大于等于 1,永磁块包括轴向充磁永磁块和切向充磁永磁块,轴向充磁的永磁块和切向充磁的永磁块依次交替设置并呈面向定子的一侧为磁密增大侧的 Halbach 阵列,以便于在定子和转子之间产生一个增强的磁场;

[0030] 其中,如图 4 所示,定子包括定子固定盘 4 和至少一个设于定子固定盘上的感应环 3,感应环的个数、形状、大小均与永磁环一致,且相对设置,定子固定盘用于安装感应环的环形线圈固定槽 41,每个感应环单独安装于一线圈固定槽中,感应环包括用于构建 Halbach 阵列的磁轭 33 以及  $4n$  个沿磁轭环形阵列的线圈,线圈包括切向充磁线圈 31 和轴向充磁线圈 32, $4n$  组线圈在环形的磁轭上呈靠近永磁环的一侧为磁密增大侧的 Halbach 阵列分布,以便于通电时,在定子和转子之间产生一个增强的磁场;

[0031] 换向电路与  $4n$  组线圈分别电性连接,轴向充磁的永磁块和与其正对的通电状态的线圈的充磁方向的磁向同向时,换向电路输入线圈的电流方向发生换向;

[0032] 作为换向电路优选的技术方案,其包括转子上等间距环形阵列有  $2n$  个定位孔,换向电路包括电性连接的转子位置检测装置和电流换向器,当任意轴向充磁的永磁块和与其正对的通电状态的线圈的充磁方向的磁向为同向时,固定于定子上的转子位置传感器正对于定位孔,触发转子位置传感器发送换向信号,使电流换向器同时改变  $4n$  组线圈的电流方向;换向电路还可通过在永磁体上缠绕励磁线圈实现,通过检测励磁线圈的电压判定转子的位置,并触发电流换向器切换电流方向;当然,换向电路还可使用现有技术中其他位置检测装置并可实现换向的技术。

[0033] 参照图 1、3 和 4,永磁块和线圈均以四个为一组进行环形阵列,为了减少永磁块之间间隙磁漏,永磁块为两端相互紧密贴合环形分布,同一组内的永磁块(线圈)的磁向均不同,其中两个永磁块(线圈)的充磁方向为轴向且朝向相反,另两个永磁块(线圈)的充磁方向为切向且朝向相反,并且,Halbach 阵列式的永磁块形成的磁场靠近感应环的一侧为强磁侧、另一侧为消磁侧,同时,通电后的线圈也为 Halbach 阵列式,在定子和转子之间产生一增强的感应磁场,因此,永磁块形成的永磁环和线圈形成的感应磁环之间相互作用的磁场强度大幅度提升,因此,与现有技术的电机相比,同一额定功率的电机,本技术方案的电

机所需的永磁块和线圈数量少,可有效地减小电机的体积,提升电机的功率密度;且由于永磁环和感应环的外部的磁场几乎为零,电机可产生自我屏蔽,不需设置另外的屏蔽装置阻挡磁漏;

[0034] 工作中,与轴向充磁的永磁块位置相对应的线圈的的充磁方向为轴向且与其相反时,永磁块和线圈产生与转子转动方向一致的磁斥力分力,推动转子发生旋转,当转子转过  $\pi/2n$  角度时,Halbach 阵列式永磁块与 Halbach 阵列式线圈产生的磁场平行且同向,此时,磁斥力最小,换向电路触发改变线圈内的电流方向,因此,换向电路触发电流换向的相位角为  $\pi/2n$ ,换向后磁斥力增大,继续推动转子旋转,依次换向不断推动转子转动;当需要停机时,换向电路的当下的相位角变成  $\pi/n$ ,即取消一次换向触发,使得停机当下的相位角增大一倍,线圈内电流每次换向后,不断产生与转子转动方向相反的磁斥力,迫停电机。

[0035] 因此,本发明的 Halbach 阵列盘式电机的永磁块和线圈均采用 Halbach 阵列,定子线圈在做功极面产生大于传统线圈结构的电磁场,使得永磁块形成的永磁环和线圈形成的感应磁环之间相互作用的磁场强度大幅度提升,线圈与永磁块的磁能得到充分利用,与现有电机相比,相同体积下拥有更大的扭矩和功率密度,相同的输出功率下拥有更小的体积和重量,电机的功率体积比大,即可有效减小电机的体积,提升电机的功率密度,降低电机成本和重量,且定子和转子的整个盘面除了轴孔的其余平面均可设计为工作面,易于在有效的电机盘面上最大程度地拓展电机功率;且由于永磁环和感应环的外部磁场几乎为零,定子线圈在做功侧的磁场强度大幅增强,在未做功侧的磁场强度几乎为零,磁场利用率显著提高,且电机可产生自我屏蔽,不需设置另外的屏蔽装置阻挡磁漏;同时,定子和转子组成的动力转化模块具有较小的厚度,可将多组该动力转化模块进行串联叠加拓展功率,或可通过增加永磁环和感应环的环数或环面面积拓展功率,电机易于根据使用场合定制和拓展功率,适于推广使用;另外,该电机的定子和转子为串接式,定子和转子厚度均较小,电机结构简单,作为车辆的飞轮制动动力或者轮毂电机使用时,该结构的盘式电机可省略大量车辆上辅助动力输出或制动的机械部件,同时,通过控制盘式电机实现多种复杂的驱动方式和制动方式,电动车辆控制灵活性高,且该电机不仅可作为将电能转化为动能的动力源,通过电机主控板对换向电路进行 PWM 电压控制,实现换向同时可进行发电或电动功能之间切换,在制动转子同时回收转子动能,以将转子的动能转化为电能回收,降低能耗;此外,该电机还具有结构简单、高效节能、线圈散热性好、故障率低等诸多优点,属于新型的盘式电机。

[0036] 为了构建 Halbach 阵列的线圈,用于线圈缠绕的磁轭为数个环形硅钢片卷制后叠加并焊接成一体结构,硅钢片具有较大的磁通密度,硅钢片焊接后在其环面上冲压成型形成沿环形硅钢片环形阵列的  $2n$  个第一线圈安装结构 331 和  $2n$  个第二线圈安装结构 332,第一线圈安装结构和第二线圈安装结构依次交替设置;优选地,第一线圈安装结构呈“H”形结构,第二线圈安装结构呈“W”形结构,为了使磁场在定子和转子之间的间隙均匀分布,磁轭上还设有用于隔开第一线圈安装结构和第二线圈安装结构极靴 333。

[0037] 为了防止灰尘进入并沉积于磁体固定槽和线圈固定槽内,减小永磁块和线圈固定的可靠性,环形的磁体固定槽和线圈固定槽的槽口盖设有防尘环,进一步固定和其内部的永磁块和线圈,还可增加电机整体美观。

[0038] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人

员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和优化,这些改进和优化也应视为本发明的保护范围。

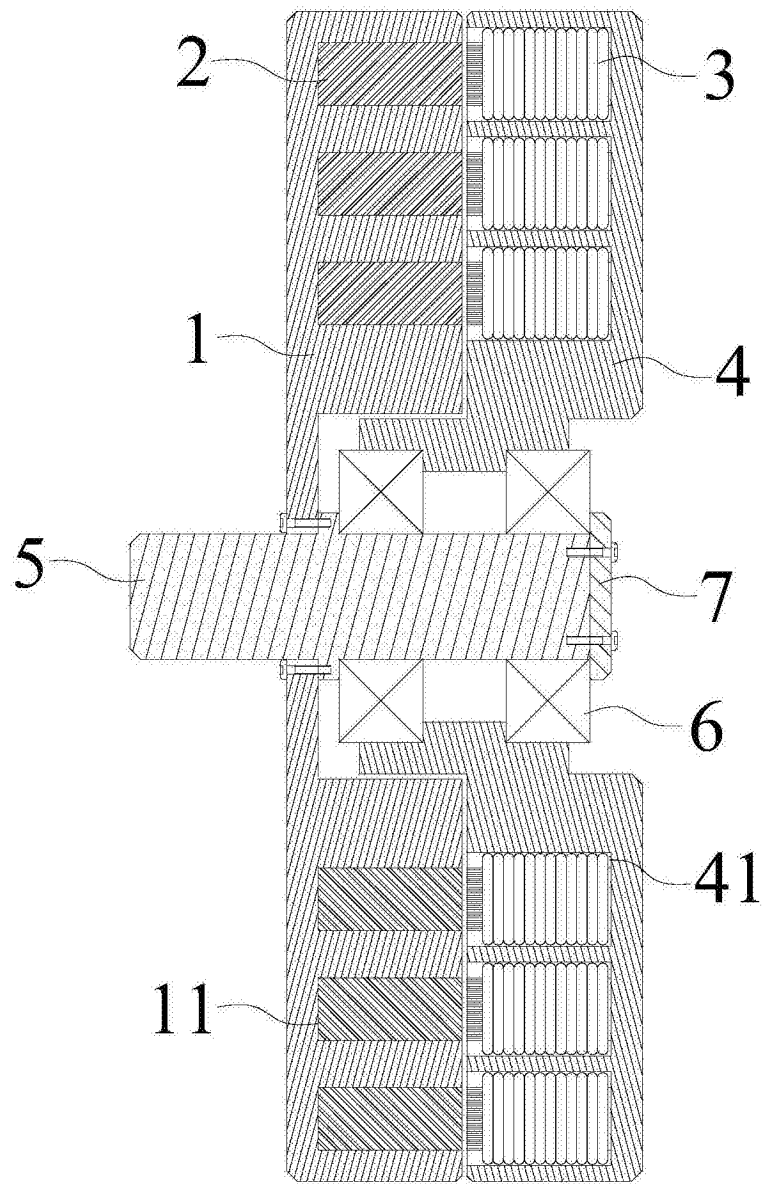


图 1



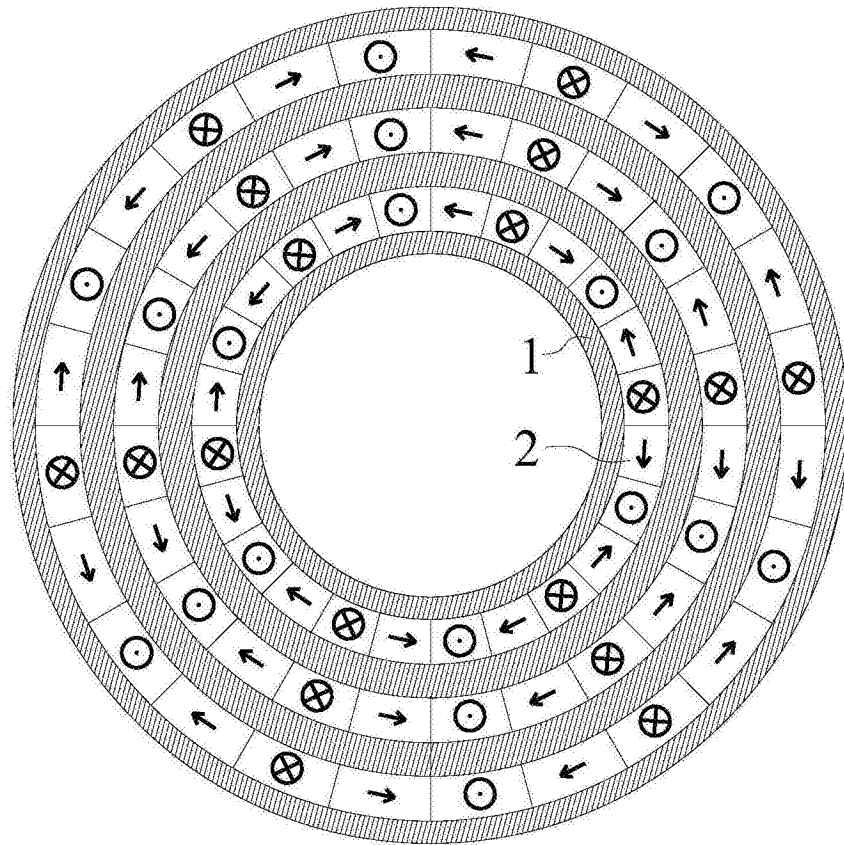


图 2

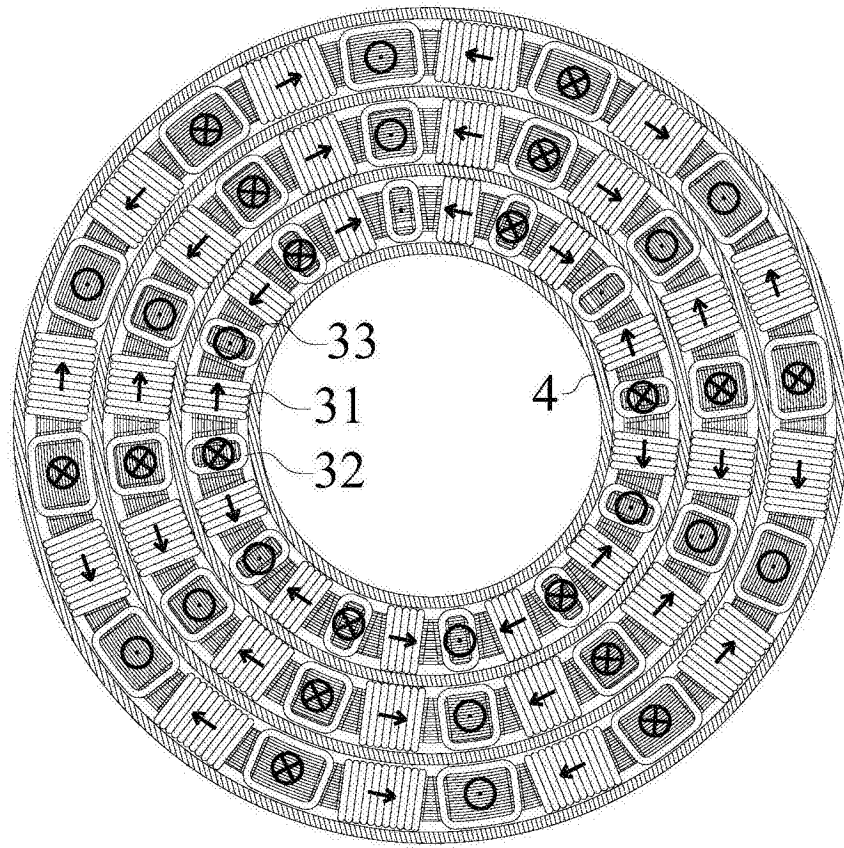


图 3

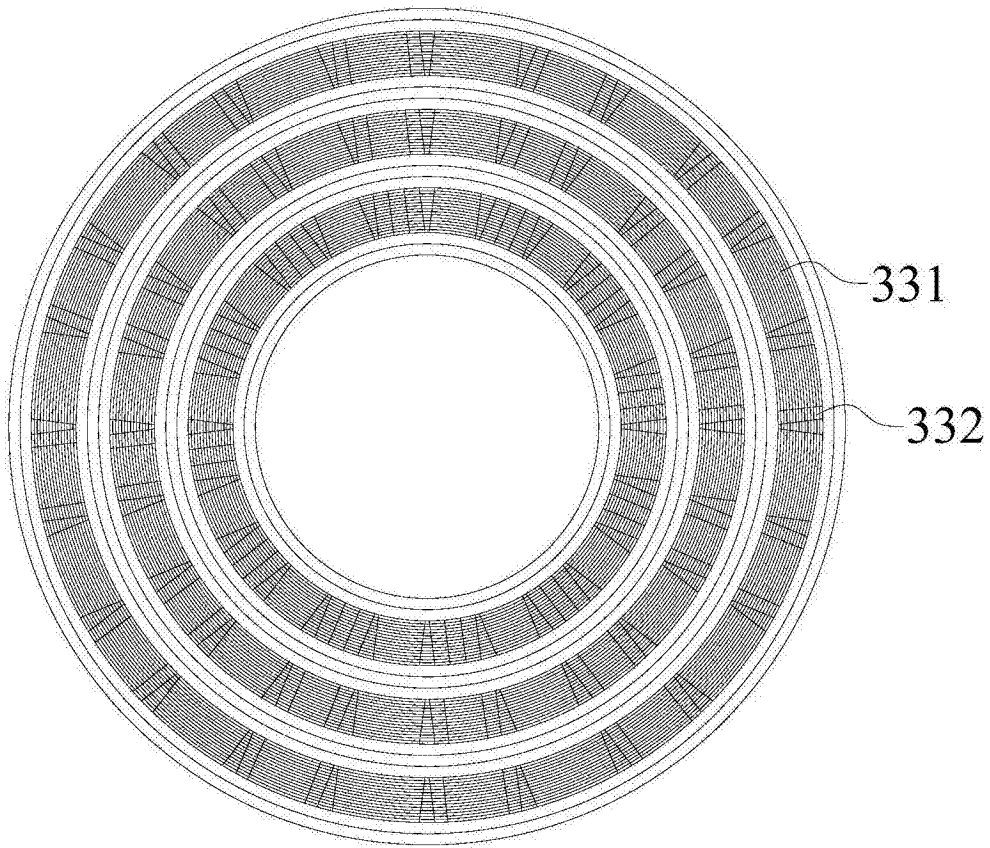


图 4