

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 8 月 17 日 (17.08.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/136965 A1

(51) 国际专利分类号:
H02K 16/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/073744

(22) 国际申请日: 2016 年 2 月 13 日 (13.02.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 郑州吉田专利运营有限公司 (ZHENG-ZHOU Jitian Patent Operation Co., Ltd.) [CN/CN]; 中国河南省郑州市高新技术产业开发区冬青街 55 号 C7-2 栋 2 层, Henan 450000 (CN)。

(72) 发明人: 张春 (ZHANG, Chun); 中国河南省郑州市高新技术产业开发区冬青街 55 号 C7-2 栋 2 层, Henan 450003 (CN)。

(74) 代理人: 郑州中原专利事务所有限公司 (ZHENG-ZHOU Zhongyuan Patent Agency Ltd.); 中国河南省郑州市金水区纬四路 12 号, Henan 450003 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

- 关于发明人身份(细则 4.17(i))
- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))
- 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: SWITCHED RELUCTANCE MOTOR

(54) 发明名称: 一种开关磁阻电动机

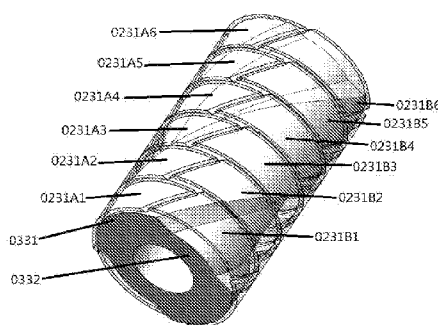


图 3-2

(57) Abstract: Provided is a switched reluctance electric motor, comprising stator teeth and rotor teeth (033), wherein the rotor teeth are fitted to the stator teeth in a rotational manner, and the number of stator teeth is twice that of the rotor teeth. The stator teeth are fixedly connected in a layered manner in the direction of the rotational axis. Each stator tooth consists of a stator tooth iron core (0231) and a stator tooth coil (0232) sheathed externally. A pair of ends of the stator tooth iron core and the rotor tooth that form an air gap are arc surfaces fitted with each other in a concave-convex manner. The cooperative relationship between the stator tooth and the rotor tooth is that, no matter to what angle the rotor tooth rotates with respect to the stator tooth, a central line of at least one layer of stator tooth and a rotor tooth central line of a corresponding rotor tooth unit form an included angle α , $0 < \alpha \leq \beta$, wherein β is an angle of a circle arc, with respect to the circle centre, of a cross section of the stator tooth iron core or the rotor tooth in the direction of the rotational axis.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/136965 A1



一种开关磁阻电动机，包括定子齿极和动子齿极（033），动子齿极相对于定子齿极转动配合，定子齿极的数目是动子齿极数目的两倍。定子齿极沿转动轴方向为层状固定连接。定子齿极由定子齿极铁芯（0231）及其外部套设的定子齿极线圈（0232）构成。定子齿极铁芯与动子齿极形成气隙的端组为凹凸配合的圆弧面。定子齿极与动子齿极的配合关系为，无论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度，至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的动子齿极中心线形成夹角 α ， $0 < \alpha \leq \beta$ ， β 为定子齿极铁芯或者动子齿极沿旋转轴方向的横截面的圆弧对应圆心的角度。

一种开关磁阻电动机

技术领域

本发明属于电机领域，具体就是一种新型结构的开关磁阻电动机。

背景技术

开关磁阻电动机系统（Switched Reluctance Drive：SRD）是继变频调速系统、无刷直流电动机调速系统之后发展起来的最新一代无级调速系统，是集现代微电子技术、数字技术、电力电子技术、红外光电技术及现代电磁理论、设计和制作技术为一体的光、机、电一体化高新技术。

开关磁阻电动机调速系统主要由开关磁阻电动机（SRM）、功率变换器、控制器、转子位置检测器四大部分组成。控制器内包含控制电路与功率变换器，而转子位置检测器则安装在电机的一端。

开关磁阻电动机调速系统所用的开关磁阻电动机（SRM）是 SRD 中实现机电能量转换的部件，也是 SRD 有别于其他电动机驱动系统的主要标志。现有 SRM 系双凸极可变磁阻电动机，其定、转子的凸极均由普通硅钢片叠压而成。转子既无绕组也无永磁体，定子极上绕有集中绕组，径向相对的两个绕组联接起来，称为“一相”，SR 电动机可以设计成多种不同相数结构，且定、转子的极数有多种不同的搭配。相数多、步距角小，有利于减少转矩脉动，但结构复杂，且主开关器件多，成本高，现今应用较多的是四相（8/6）结构和三相（12/8）结构。

开关磁阻电动机传动系统综合了感应电动机传动系统和直流电动汽车电机传动系统的优点，是这些传动系统的有力竞争者，其主要优点如下：

1、开关磁阻电动机有较大的电动机利用系数，可以是感应电动机利用系数的 1.2~1.4 倍。2、电动机的结构简单，转子上没有任何形式的绕组；定子上只有简单的集中绕组，端部较短，没有相间跨接线。因此，具有制造工序少、成本低、工作可靠、维修量小等特点。3、开关磁阻电动机的转矩与电流极性无关，只需要单向的电流激励，理想上功率变换电路中每相可以只用一个开关元件，且与电动机绕组串联，不会像 PWM 逆变器电源那样，存在两个开关元件直通的危险。所以，开关磁阻电动机驱动系统 SED 线路简单，可靠性高，成本低于 PWM 交流调速系统。4、开关磁阻电动机转子的结构形式对转速限制小，可制成高转速电动机，而且转子的转动惯量小，在电流每次换相时又可以随时改变相匝转矩的大小和方向，因而系统有良好的动态响应。5、SRD 系统可以通过对电流的导通、断开和对幅值的控制，得到满足不同负载要求的机械特性，易于实现系统的软启动和四象限运行等功能，控制灵活。又由于 SRD 系统是自同步系统运行，不会像变频供电的感应电动机那样在低频时出现不稳定和振荡问题。6、由于 SR 开关磁阻电动机采用了独特的结构和设计方法以及相应的控制技巧，其单位处理可以与感应电动机相媲美，甚至还略占优势。SRD 系统的效率和功率密度在宽广的速度和负载范围内都可以维持在教导水平。

开关磁阻电动机驱动系统的主要缺点是：

1、有转矩脉动。从工作原理可知，S 开关磁阻电动机转子上产生的转矩是由一些列脉冲转矩叠加而成的，由于双凸极结构和磁路饱和非线性影响，合成转矩不是一个恒定转矩，而有一定的谐波分量，这影响了 SR 电动机低速运行性能。2、SR 电动机传动系统的噪声与震动比一般电动机大。

上述缺点，本质上是开关磁阻电动机驱动系统即 SRD 系统的开关磁阻电动机 SRM 的结构造成的，要想减小转矩脉动及其引起的噪声与震动，就要改变开关磁阻电动机 SRM 的结构。

发明内容

为了减小现有开关磁阻电动机 SRM 转矩脉动引起的震动和噪音，本发明提供一种全新结构的开关磁阻电动机 SRM，具体就是一种开关磁阻电动机，包括定子齿极和动子齿极，动子齿极相对于定子齿极转动配合，所述定子齿极的齿数为 $2m$ ，动子齿极的齿数为 m ；定子齿极沿转动轴方向为层状固定连接，每层齿极的个数为齿极数，定子齿极厚度对应动子齿极的厚度范围称为动子齿极单元，定子齿极由定子齿极铁芯及其外部套设的定子齿极线圈构成，定子齿极铁芯与动子齿极形成气隙的端组为凹凸配合的圆弧面，定子齿极与动子齿极的配合关系为，无论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度，至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的中心线形成夹角 α ， $0 < \alpha \leq \beta$ ， β 为定子齿极铁芯或者动子齿极沿旋转轴方向的横截面的圆弧对应圆心的角度， $\beta < 360/2m$ 。满足 $\beta < 360/2m$ ，就能够在沿圆周设置的相邻定子齿极铁芯的圆弧面之间形成间隙，该间隙避免相邻定子齿极铁芯的圆弧面之间形成磁短路。定子齿极之间也沿转动轴方向形成间隙，该间隙避免相邻定子齿极铁芯的圆弧面之间形成磁短路。

所述的开关磁阻电动机，所述无论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度，至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的动子齿极中心线形成夹角 α ， $0 < \alpha \leq \beta$ ，指定子齿极的层数为 n 层，对应动子齿极单元也是 n 层的长度，动子齿极沿圆周排布的齿极数为 m ，假设第一层定子齿极中心线与动子齿极中心线的夹角为 $360/(nm)$ ，则第二层为 $2*360/(nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(nm)$ ，其中 $360/(nm) \leq \beta$ 。

所述的开关磁阻电动机，在 xyz 坐标系中，第一层定子齿极所在的平面为 xy 面，旋转轴的轴线方向为 z 轴方向，其它层定子齿极沿 z 轴依次延伸，所述第一层定子齿极中心线与 y 轴的夹角为 $360/(nm)$ ，第二层为 $2*360/(nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(nm)$ ，各层动子齿极单元的动子齿极中心线在 z 方向重合。

所述的开关磁阻电动机，在 xyz 坐标系中，第一层定子齿极所在的平面为 xy 面，旋转轴的轴线方向为 z 轴方向，其它层定子齿极沿 z 轴依次延伸，所述各层定子齿极的中心线在 z 方向与 y 轴重合，则第一层动子齿极单元的动子齿极中心线与 y 轴夹角为 $360/(nm)$ ，第二层为 $2*360/(nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(nm)$ 。

所述的开关磁阻电动机，在 xyz 坐标系中，第一层定子齿极所在的平面为 xy 面，旋转轴的轴线方向为 z 轴方向，其它层定子齿极沿 z 轴依次延伸，所述第一层定子齿极中心线与 y 轴夹角为 $360/(2*nm)$ ，第二层为 $2*360/(2*nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(2*nm)$ ；第一层动子齿极单元的动子齿极中心线与 y 轴夹角为 $-360/(2nm)$ ，第二层为 $-2*360/(2nm)$ ，……第 n 层为 $-n*360/(2nm)$ ，构成反向螺旋。

所述的开关磁阻电动机，所述定子齿极层数在 z 轴方向依次延伸，形成直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极，与直条状定子齿极对应的动子齿极为螺旋条状动子齿极；与螺旋条状定子齿极对应的动子齿极为反向螺旋条状动子齿极或者直条状动子齿极，齿极数目为 m 大于等于 1 的自然数， n 为大于等于 2 的自然数。

所述的开关磁阻电动机，所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的轭部，对应由直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料连接构成直条状串联的 u 型电磁铁或者螺旋条状串联的 u 型电磁铁。

所述的开关磁阻电动机，所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的圆弧面指向圆心，构成外直条状定子齿极或者外螺旋条状定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为内直条状定子齿极、内螺旋条状定子齿极及内反向螺旋条状定子齿极。

所述的开关磁阻电动机，所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的圆弧面背离圆心，构成内直条状定子齿极或者内螺旋条状定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为外直条状定子齿极、外螺旋条状定子齿极及外反向螺旋条状定子齿极。

所述的开关磁阻电动机，所述每层定子齿极的轭部由导磁材料连接形成闭合框架定子齿极，定子齿极之间的导磁材料框架上，套设框架线圈。

所述的开关磁阻电动机，所述闭合框架定子齿极的圆弧面指向圆心，构成外闭合框架定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为内直条状定子齿极、内螺旋条状定子齿极及内反向螺旋条状定子齿极。

所述的开关磁阻电动机，所述闭合框架定子齿极的圆弧面背离圆心，构成内闭合框架定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为外直条状定子齿极、外螺旋条状定子齿极及外反向螺旋条状定子齿极。

所述的开关磁阻电动机，所述 m 为偶数，每层定子齿极的轭部由导磁材料连接形成闭合框架定子齿极，定子齿极之间的导磁材料框架上，套设框架线圈之后，所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的轭部，对应由直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料再连接，直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料作为轭铁再套设直条状轭铁或者螺旋条状轭铁构成立体直条状齿极或者螺旋条状定子齿极定子。

所述的开关磁阻电动机的定子齿极，所述定子齿极的形状为直齿或者螺旋齿。

本发明的有益效果是：本发明由于磁极为叠加磁场，增加了电机的功率密度；另外定子齿极数目是定子齿极数目的两倍，性能提高一倍，齿极圆弧面角度接近 90° ，就减小了转矩脉动，随着层数增多，相邻两层之间的齿极中心线夹角更小，增加了施加磁力转矩的层数，由于层数的增加，施加磁力转矩的层数也就增加，当增加的层数均施加磁力转矩时，仅仅在相邻两层齿极中心线夹角的范围内产生转矩脉动，当层数多夹角小时，又大大减小了转矩脉动，由极大减小了转矩脉动也就极大减小了噪音和振动。

附图说明

图 1 是外单螺旋齿极直线排列开关磁阻电机组合结构示意图。

图 2 是外单螺旋齿极直线排列开关磁阻电机组合结构示意图。

图 3 是双外螺旋外定子构件直排开关磁阻电机组合结构示意图。

图 3-1 是四外螺旋外定子构件直排开关磁阻电机组合结构示意图。

图 3-2 是图 3-1 仅留外螺旋定子齿极铁芯 0231 圆弧面的透明端部的示意图。

图 4 是螺旋条状定子齿极构件组合结构示意图。

图 5 是片状双螺旋内定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 6 是片状双螺旋内定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 7 是双螺旋外部齿极 halbach 阵列定子构件直排电机构件组合结构示意图。

图 8 是双外螺旋外齿极 halbach 阵列螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 9 是双直齿外齿极 halbach 阵列直线排列电机构件组合结构示意图。

图 10 是双直齿外 halbach 阵列螺旋排列定子开关磁阻电机构件组合结构示意图。

图 11 是十字螺旋内定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 12 是内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 13 是内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 14 是十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 15 是内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 16 是内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 17 是十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 18 是 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 19 是 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 20 是 halbach 阵列四直齿外定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 21 是 halbach 阵列四直齿外定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 22 是 halbach 阵列四直齿外定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 23 是 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 24 是 halbach 阵列四螺旋外定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 25 是 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机构件组合结构示意图。

图 26 是八螺旋外定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

图 27 是立体直条状螺旋齿极定子电动机构件组合结构示意图。

图 28 是立体螺旋条状螺旋齿极定子电动机构件组合结构示意图。

图 29 是 halbach 阵列螺旋齿极螺旋排列内反向螺旋电动机构件组合结构示意图。

具体实施方式

图 3-1 为图 3-1 为四外螺旋外定子构件直排开关磁阻电机，外螺旋定子齿极铁芯 0231，外螺旋定子齿极铁芯 0231 外套设外螺旋线圈 0232 构成外螺旋定子齿极，6 个外螺旋定子齿极直线层叠固定排列构成外螺旋定子齿极直排定子构件 0239，四个外螺旋定子齿极直排定子构件 0239 沿圆周均匀设置，构成四外螺旋外定子 272，每层四外螺旋外定子的齿极数是四个，在相邻外螺旋定子齿极铁芯 0231 圆弧面的端部，沿圆周方向形成避免形成磁短路的间隔 2734，沿旋转轴方向也形成避免形成磁短路的间隔 2735，四外螺旋外定子 272 内套设动子齿极 273，动子齿极 273 由螺旋动子单元螺旋排列构成整体双螺旋动子 0331，整体双螺旋动子 0331 有支撑件 0332 支撑。

螺旋铁芯 0231 的螺距为 660mm，长度为 50mm，螺旋线圈 0232 的厚度为 2.5mm，单个螺旋齿极长度为 55mm，6 个单个螺旋齿极沿转轴方向直线排列，长度为 330mm，其轭部由轭铁 0233 连接，轭铁 0223 与 6 个螺旋铁芯 0231 为整体成形结构或者整体硅钢片沿圆周叠置而成，动子齿

极为与定子铁芯配合的沿圆周相对设置的圆弧角为 45 度的圆环沿轴向螺旋构成的双螺旋结构。其螺距为 660mm，长度为 330mm 包含 6 个螺旋齿极单元以螺旋的结构排列，动子齿极置于四外螺旋外定子内。

圆弧角度为： $\beta=89^\circ < 360/m/2=360/4=90^\circ$ ，这是因为相邻螺旋铁芯 0231 之间沿圆周方向形成避免形成磁短路的间隔 2734，该间隔 2734 形成的圆弧对应圆心的角度为 2° ，由于螺旋线圈 0232 的厚度为 2.5mm，所以沿旋转轴方向相邻螺旋铁芯 0231 之间避免形成磁短路的间隔 2735 的长度为 5mm。

图 3-2 为图 3-1 削除大部分四外螺旋外定子，仅留外螺旋定子齿极铁芯 0231 圆弧面的透明端部的示意图，四个外螺旋定子齿极直排定子构件 0239 分别称为 A、B、C、D 列；如图 3-2 第一层 A 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 8° ，此时，0231A1、0231A2、0231A3、及 0231B4、0231B5、0231B6 六个外螺旋定子齿极产生磁场，使整体双螺旋动子 0331 的一个齿极受力，带动整体双螺旋动子 0331 沿逆时针方向旋转，同时 C、D 列产生同样的力，带动整体双螺旋动子 0331 沿逆时针方向旋转。

当某第一层 A 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线重合时，0231A1、0231B4 不产生磁场，0231A2、0231A3、及 0231B5、0231B6 四个外螺旋定子齿极产生磁场，当整体双螺旋动子 0331 转过间隔 2734 后，又有六个外螺旋定子齿极产生磁场，

第一层 A 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线重合，第二层 A 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 30° ，第三层 A 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 60° ，第四层 A 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 90° 其中第四层 A 列为平衡位置，同时，第四层 B 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线重合，第五层 B 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 30° ，第六层 B 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 60° ，第一层 B 列定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线夹角为 90° 其中第一层 B 列为平衡位置，初始启动时，需要 A 列第二、第三层单独或共同产生磁力，B 列第五、第六层单独或共同产生磁力，使 A 列第四层脱离平衡位置，B 列第一层脱离平衡位置，转动之后，就可以在平衡位置使 A 列第四层、B 列第一层通磁产生磁力，也就是有 6 层能够进行排列组合产生磁力，就有多种控制方式，转动 30° 后，第三、四、五层重复以此循环。

当仅仅一层导磁时，若同层上下两个齿极指向轴心端同极性，则当定子齿极磁力线穿过气隙，进入对应动子单元后磁力线沿转轴方向向两侧进入相邻动子单元，然后由相邻动子单元穿过气隙进入相邻定子齿极后，通过轭铁进入导磁定子齿极形成回路。

同层上下两个齿极指向轴心端相反极性，则定子齿极的磁力线穿过气隙进入上动子齿极后沿轴方向的两侧通过支撑板进入下动子齿极穿过下动子齿极与一定子齿极之间的的气隙进入下定子齿极铁芯产生扭矩。

当两层同时导磁时，相邻两个定子齿极的磁方向相反，这样磁力线由定子齿极穿过气隙进入对应动子齿极单元，然后沿轴方向进入相邻动子齿极单元，穿过气隙进入相邻定子齿极后，通过轭铁至磁力线出发定子齿极形成闭合回路。

当然，上述支撑板可以删除，由非导磁材料支撑动子齿极，由于导磁材料的比重大，本发明

不仅本图例，其它图例使用导磁材料少，能大大减轻电机重量，通过漏磁自行产生磁回路，如果不考虑重量，动子齿极可以如图 7 为实心体，轭铁可以是管状轭铁，这样可以自行按照磁阻最小原理形成磁回路，此时，针对整个电机来说，磁力线由定子齿极进入动子齿极的数目与磁力线由动子齿极进入定子齿极的数目大致相当。

以下实施例 3 的技术方案为：定子齿极数目与动子齿极数目相等的技术方案，定子齿极数目与动子齿极数目都是两个；本实施例为：定子齿极数目是动子齿极数目的两倍的方案；就是将定子齿极数目 2 增加为 4 的技术方案，而动子齿极数目不变，也就是将定子齿极数目与动子齿极数目相等的技术方案重新设计为定子齿极数目是动子齿极数目的两倍的方案。以下实施例 1-2、5-29，均为定子齿极数目与动子齿极数目相等的技术方案，将实施例 1-2、5-29 的技术方案，按照上述方式，均重新设计为定子齿极数目是动子齿极数目的两倍，就是本发明的技术方案，这样性能提高近一倍。

实施例 1：如图 1 为外单螺旋齿极直线排列开关磁阻电机 011，外单螺旋铁芯 0211 外套设外单螺旋线圈 0212 构成外单螺旋定子齿极构件 0219，两个外单螺旋定子齿极构件 0219 沿轴向直线排列构成外单螺旋齿极直线排列定子 021，其内套设动子齿极 031，动子齿极为半圆环沿旋转轴方向螺旋体，螺距为两个外单螺旋定子齿极的长度。

螺旋铁芯 0211 的螺距为 1000mm，长度为 460mm 内侧形成螺旋圆弧面，用于与动子配合，形成旋转轴方向的磁回路，螺旋铁芯 0211 的轭部是与两个螺旋铁芯 0211 整体成型的轭铁 0213，若螺旋铁芯 0211 的材料为硅钢片，与轭铁 0213 一体成型的螺旋铁芯 0211 为，与轭铁 0213 一体成型的螺旋硅钢片，沿圆周方向叠成整体螺旋单齿极铁芯 0211 和轭铁 0213，图中没有示出，动子齿极的螺距为 1000mm，长度为 1000mm，就是两个长度为 500mm 的单螺旋齿极单元螺旋排列在一起，置于单螺旋齿极直线排列定子内。由于单螺旋齿极构件直线排列定子在为两层，当第一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元中心线重合时，第二层定子齿极中心线其本处于相反位置，这样在转动过程中由于转动惯性，动子继续旋转使另一个单螺旋齿极对单螺旋齿极螺旋排列动子产生磁拉力，使该动子旋转，以此往复，使该动子持续旋转，当停止转动后，设置在偏离定子齿极位置的永磁体吸引该动子，使其中心线与对应定子齿极中心偏离，使启用时定子齿极能够使动子齿极旋转。

实施例 2：如图 2 为外单螺旋齿极直线排列开关磁阻电机 012，螺旋铁芯 0221 外套设螺旋线圈 0222 构成定子齿极构件 0219，定子齿极构件 0229 沿轴向直线排列构成外单螺旋齿极直线排列定子 022，其内套设动子齿极 032，动子齿极 032 由 3 个螺旋动子单元 0321 螺旋排列。每层单螺旋齿极铁芯的长度加上线圈的厚度为 333.3mm，铁芯侧方可以设槽，线圈可以环绕设在铁芯侧方的槽内，三层单螺旋齿极直线排列，构成单螺旋齿极直线排列定子，该定子的轭部设有轭铁连接。

当第一层定子中心线与动子单元中心线重合时，第二层定子中心线与对应动子单元中心线夹角为 120° ，使第二层产生磁拉力，当第二层动子单元旋转 60° 时，第三层动子单元与第三层定子齿极构件刚接触，二者中心线夹角 180° ，此时，①第三层不产生磁拉力，由第二层继续产生磁拉力，旋转 60° ，二者中心线重合，第三层两者之间的夹角为 60° ，以次循环，动子就可以持续旋转；②第三层产生磁拉力，与第三层共同将动子旋转 60° ，以此循环，那么这 60° 的扭矩比

①的扭矩大；③第三层产生磁拉力，第二层停止磁拉力，使动子旋转 60° ，此 60° 的扭矩最小，以此往复循环，可以产生三种不同强度的扭矩，适合不同的需要。当然，上述的方式也适用定子为单螺旋齿极定子构件螺旋排列，配合单螺旋齿极动子单元直线排列的结构。当然将上述的外定子结构换为单螺旋齿极内定子配合单齿极单元外动子的结构也行。

上述齿极也可以是直齿，此时动子和定子均为直齿。

实施例 3：图 3 为双外螺旋外定子构件直排开关磁阻电机 013，为沿圆周相对设置的两个外螺旋定子齿极铁芯 0231，外螺旋定子齿极铁芯 0231 外套设外螺旋线圈 0232 构成外螺旋定子齿极，6 个外螺旋定子齿极直线排列构成外螺旋定子齿极直排定子构件 0239，其内套设动子齿极 033，动子齿极 033 由螺旋动子单元螺旋排列构成整体双螺旋动子 0331。螺旋铁芯 0231 的螺距为 660mm，长度为 50mm，螺旋线圈 0232 的厚度为 2.5mm，长度为 330mm，单个螺旋齿极长度为 55mm，6 个单个螺旋齿极沿转轴方向直线排列，其轭部由轭铁 0233 连接，轭铁 0223 与 6 个螺旋铁芯 0231 为整体成形结构或者整体硅钢片沿圆周叠置而成，动子齿极为与定子铁芯配合的沿圆周相对设置的圆弧角为 45 度的圆环沿轴向螺旋构成的双螺旋结构。其螺距为 660mm，长度为 330mm 包含 6 个螺旋齿极单元以螺旋的结构排列，动子齿极置于外定子齿极内。

圆弧角度为： $360/m/2=360/4=90^\circ$ 。

层间齿极中心线夹角为 $360/2/6=30^\circ$ 。

当第一层定子齿极中心线与对应定子齿极单元中心线重合时，第二层中心线夹角为 30° ，第二层为 60° ，第四层为 90° 其中第四层为平衡位置，初始启动时，需要第二、第三层单独或共同产生磁力，使第四层脱离平衡位置，转动之后，就可以在平衡位置使第四层单独产生磁力，也就是有 3 层能够进行排列组合产生磁力，就有多种控制方式，转动 30° 后，第三、四、五层重复以此循环。

当仅仅一层导磁时，若同层上下两个齿极指向轴心端同极性，则当定子齿极磁力线穿过气隙，进入对应动子单元后磁力线沿转轴方向向两侧进入相邻动子单元，然后由相邻动子单元穿过气隙进入相邻定子齿极后，通过轭铁进入导磁定子齿极形成回路。

同层上下两个齿极指向轴心端相反极性，则定子齿极的磁力线穿过气隙进入上动子齿极后沿轴方向的两侧通过支撑板进入下动子齿极穿过下动子齿极与一定子齿极之间的的气隙进入下定子齿极铁芯产生扭矩。

当两层同时导磁时，相邻两个定子齿极的磁方向相反，这样磁力线由定子齿极穿过气隙进入对应动子齿极单元，然后沿轴方向进入相邻动子齿极单元，穿过气隙进入相邻定子齿极后，通过轭铁至磁力线出发定子齿极形成闭合回路。

当然，上述支撑板可以删除，由非导磁材料支撑动子齿极，由于导磁材料的比重大，本发明不仅本图例，其它图例使用导磁材料少，能大大减轻电机重量，通过漏磁自行产生磁回路，如果不考虑重量，动子齿极可以如图 7 为实心体，轭铁可以是管状轭铁，这样可以自行按照磁阻最小原理形成磁回路。

实施例 4：图 4 为螺旋条状定子齿极构件，共四层螺旋齿极 100 在旋转轴方向螺旋排列构成螺旋条状螺旋定子齿极，螺旋条状螺旋定子齿极的轭部由配合的螺旋条状导磁材料作为轭铁 101，

将四个螺旋齿极 100 构成的螺旋条状螺旋定子齿极的轭部连接构成串磁的 U 型电磁铁, 螺旋齿极 100 外套设齿极线圈 103, 螺旋齿极 100 之间的轭铁 102 上套设螺旋轭部线圈 104, 组成的螺旋条状螺旋齿极定子构件。这样的构件沿圆周均匀设置构成螺旋条状螺旋齿极定子。

实施例 5: 图 5 为片状双螺旋内定子齿极直线排列电机 015, 片状双螺旋定子齿极铁芯 0251 外套齿极线圈 0252 构成片状内双螺旋定子齿极构件, 定子齿极构件沿轴向直线排列构成片状双螺旋定子齿极直线排列定子, 该定子的中心部位为轭部, 6 个片状双螺旋内定子齿极铁芯的轭部可以由导磁材料连接, 但是一般不用连接。其外套设与其配合的整体双螺旋动子齿极 035, 螺旋动子单元螺旋排列为螺旋动子条 0351, 两个螺旋定子条 0351 由支架 0352 支撑构成双螺旋动子齿极 035。

使用时, 同一片中的磁方向相同, 相邻两片的磁方向相反, 通过动子构成磁回路, 当然也可以在定子中部用轭铁连接, 这样就不限定同一片中的磁方向, 图中螺旋结构的螺距为 660mm, 定子构件的长度为 55mm, 动子长度为 330mm。

实施例 6: 图 6 为片状双螺旋内定子齿极螺旋排列电机 016, 片状双螺旋定子齿极铁芯 0261 外套齿极线圈 0262 构成片状内双螺旋定子齿极构件 0259, 定子齿极构件 0259 沿轴向螺旋排列构成片状双螺旋定子齿极螺旋排列定子 026, 其外套设与其配合的整体双螺旋动子齿极 036, 螺旋动子单元 0361 直线排列为整体, 由支架 0362 双螺旋动子齿极 036, 其它与图 5 例相同。

当然, 螺旋定子齿极构件中部的铁芯可以由轭铁连接, 本专利所述的齿极铁芯与轭铁连接, 一般来说, 齿极铁芯与轭铁是整体成型结构, 或硅钢片沿圆周, 当然也可以是单个齿极铁芯紧贴轭铁并固定在一起, 如捆扎、粘接等。

实施例 7: 图 7 为双螺旋外部齿极 *halbach* 阵列定子构件直排电机 017, 定子为沿圆周相对设置的两个外螺旋定子齿极铁芯 0271, 由环状轭铁 0273 连接外螺旋定子齿极铁芯 0271 外套设外螺旋线圈 0272, 齿极之间的环状轭铁 0273 套设轭铁线圈 0274 构成双外螺旋 *halbach* 阵列定子齿极构件 0279, 该构件沿转轴方向直线排列构成双外螺旋 *halbach* 阵列定子 027, 其内套设动子齿极 037, 动子齿极是 6 个片状双螺旋动子单元螺旋排列构成整体双螺旋动子。

使用时, 每个构件构成 *halbach* 阵列使两个齿极之间产生磁场, 假设仅一层导磁, 则磁力线穿过气隙和实体动子齿极单元, 形成回路。当动子齿极为图 3 的 033 时, 磁力线通过两侧导磁支撑板 0332 形成磁回路; 动子齿极删除导磁材料支撑板 0332 时, 就通过比较复杂的漏磁形成磁回路。相邻两个构件同时导磁且齿极之间磁方向相反, 假设第一层和第二层导磁, 磁力线由第一层磁轭汇集到上定子齿极, 穿过气隙进入对应动子齿极单元的上齿极 (对于实心动子来说, 当相邻齿极单元的距离小于动子齿极单元上下齿极之间的距离时或者选定的动子齿极含或者不含支撑板) 磁力线大致沿轴向进入相邻动子齿极单元的上齿极, 然后穿过气隙进入第二层定子上齿极, 分散进入第二层两侧轭铁并汇集到第二层下齿极, 由第二层下齿极穿过气隙进入第二层, 动子齿极单元的下齿极, 然后返回到第一层动子齿极单元的下齿极后, 穿过气隙进入第一层定子齿极构件的下齿极, 再进入第一层两侧轭铁构成完整回路, 当三层同时导磁时主要形成两个这样的磁回路, 对实心或有支撑板铁芯来说可以再层内形成回路, 没有支撑板的实心动子漏磁形成部分回路, 当然也有漏磁, 实心动子直径小时在层内就形成磁回路。

实施例 8: 图 8 为双外螺旋外齿极 halbach 阵列螺旋排列电机 018, 定子为沿圆周相对设置的两个外螺旋定子齿极铁芯 0281, 由环状轭铁 0283 连接, 外螺旋定子齿极铁芯 0281 外套设外螺旋线圈 0282, 齿极之间的环状轭铁 0283 套设轭铁线圈 0284 构成双外螺旋定子齿极 halbach 阵列构件, 该构件沿转轴方向螺旋排列构成双螺旋外齿极 halbach 阵列螺旋排列定子, 其内套设动子齿极 038, 动子齿极 038 由直齿动子单元 0381 直线排列构成整体直线动子。

实施例 9: 如图 9 所示, 沿圆周相对设置的双直齿外定子齿极铁芯 0291 由环状轭铁 0293 连接双直齿外定子齿极铁芯 0291 外套线圈 0292, 齿极之间的环状轭铁套设轭铁线圈 0294 构成双直齿外定子 halbach 阵列直排定子构件 0299, 该构件沿轴向直线排列构成双直齿外 halbach 阵列直排定子构件 029, 动子齿极为内外缘 45 度圆弧形成的直齿构成双直齿内动子齿极单元, 6 个双直齿内动子齿极单元沿轴向螺旋排列, 构成整体双直齿内动子齿极单元螺旋排列动子 039, 双直齿内动子齿极单元螺旋排列动子 039 螺距 660mm, 长度 330mm, 其外套设双外直齿定子齿极直线排列定子构成双直齿外齿极 halbach 阵列直线排列电机 019, 本实施方式除直齿不同外其它与图 7 实施例相同。

实施例 10: 图 10 为双直齿外 halbach 阵列螺旋排列定子开关磁阻电机, 如图 10, 仅仅动子和定子的齿极是直齿, 其它与图 8 相同。

双直齿外 halbach 阵列螺旋排列定子构件 2109 由两个沿圆周相对设置的直齿外齿极铁芯 2101 构成直齿外定子构件 2109 外套设线圈 2102, 直齿外定子铁芯 2101 的轭部由双环状导磁材料 2103 连接固定, 直齿外定子铁芯 2101 之间的环状导磁材料 2103 外套设线圈 2104 构成直齿外 halbach 阵列定子构件 2109, 直齿外 halbach 阵列定子构件 2109 沿转轴方向螺旋排列构成直齿外 halbach 阵列螺旋排列定子 210, 直齿外 halbach 阵列螺旋排列定子内设双直齿动子单元直线排列构成双直齿动子 310, 构成双直齿外 halbach 阵列螺旋排列定子开关磁阻电机 110。

实施例 11: 图 11 为十字螺旋内定子齿极直线排列电机 111, 十字螺旋内定子齿极铁芯 2111 外套设齿极线圈 2112 构成十字螺旋定子齿极构件 2119, 十字螺旋定子齿极构件 2119 沿轴向直线排列构成十字内螺旋定子齿极直线排列定子 211, 其外套设螺旋动子齿极 311, 螺旋外动子齿极条 3111 由圆筒支架 3112 固定, 形成整体。

十字螺旋内定子齿极铁芯 2111 的螺距为 816mm, 宽度为 30mm, 齿极线圈 2112 的厚度为 2mm, 螺旋外动子齿极条 3111 的螺距为 816mm, 长度为 204mm, 两层螺旋外动子齿极单元中心线之间的夹角为 15° 。

实施例 12: 图 12 为内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列电机 112, 定子为沿圆周均匀设置的 4 个螺旋定子齿极铁芯 2121, 螺旋定子齿极铁芯 2121 厚度为 20mm, 螺距为 816mm, 由环状轭铁 2123 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2121 外套设齿极线圈 2122, 齿极线圈 2122 厚度为 2mm, 齿极之间的环状轭铁 2123 套设轭铁线圈 2124 构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极构件 2129, 该构件沿转轴方向直线排列构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列定子 212, 其外套设螺旋动子齿极 312, 螺旋齿极条 3121 长度为 204mm, 螺距为 816mm, 由支架 3122 固定构成螺旋动子齿极 312。

实施例 13: 图 13 为内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极螺旋排列电机 113, 定子为沿圆周均匀

设置的四个螺旋定子齿极铁芯 2131, 由环状轭铁 2133 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2131 外套设齿极线圈 2132, 齿极之间的环状轭铁 2133 套设轭铁线圈 2134 构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极构件 2139, 该构件沿转轴方向直线排列构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列定子 213, 其外套设直排动子齿极 313, 螺旋齿极条 3131 由支架 3132 固定构成直排动子齿极 313。

实施例 14: 图 14 为十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机 114, 十字螺旋定子齿极铁芯 2141 外套设齿极线圈 2142 构成十字螺旋定子齿极构件, 十字螺旋定子齿极构件沿转轴方向螺旋排列构成十字内螺旋定子齿极螺旋排列定子 214, 其外套设直线动子齿极 314, 螺旋外动子齿极条 3141 由支架 3142 固定形成整体。

实施例 15: 图 15 为内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列电机 115, 定子为沿圆周均匀设置的 4 个直齿定子齿极铁芯 2151, 由环状轭铁 2153 连接, 直齿定子齿极铁芯 2151 外套设齿极线圈 2152, 齿极之间的环状轭铁 2153 套设轭铁线圈 2154 构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极构件 2159, 该构件沿转轴方向直线排列构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极直线排列定子 215, 其外套设外螺旋动子齿极 315, 直齿齿极条 3151 由支架 3152 固定构成外螺旋动子齿极 315。

实施例 16: 图 16 为内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极螺旋排列电机 116, 定子为沿圆周均匀设置的 4 个直齿定子齿极铁芯 2161, 直齿定子齿极铁芯 2161 厚度为 20mm, 由环状轭铁 2163 连接, 直齿定子齿极铁芯 2161 外套设齿极线圈 2162, 齿极线圈 2162 厚度为 2mm, 齿极之间的环状轭铁 2163 套设轭铁线圈 2164 构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极构件, 该构件沿转轴方向螺旋排列构成内四螺旋 halbach 阵列环定子齿极螺旋排列定子 216, 其外套设直排动子齿极 316, 直齿齿极条 3161 长度为 204mm, 由支架 3162 固定构成直排动子齿极 316。

实施例 17: 图 17 为十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机 117, 十字四螺旋定子齿极铁芯 2171 外套设齿极线圈 2172 构成十字螺旋定子齿极构件, 十字螺旋定子齿极构件沿转轴方向螺旋排列构成十字内螺旋定子齿极螺旋排列定子 217, 其外套设直线动子齿极 317, 直齿外动子齿极条 3171 由支架 3172 固定形成整体。

十字四螺旋定子齿极铁芯 2171 的螺距为 816mm, 宽度为 30mm, 齿极线圈 2172 的厚度为 2mm, 直齿外动子齿极条 3171 的长度为 204mm。

实施例 18: 图 18 为 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机 118, 定子为沿圆周均匀设置的螺旋定子齿极铁芯 2181, 由环状轭铁 2183 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2181 外套设齿极线圈 2182, 齿极之间的环状轭铁 2183 套设轭铁线圈 2184 构成定子齿极构件 2189, 该构件沿轴向直线排列构成螺旋外定子齿极直线排列定子 218, 其内套设动子齿极 318, 动子齿极 318 是十字四螺旋齿极单元 3181 螺旋排列构成整体四螺旋动子。

实施例 19: 图 19 为 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机 119, 定子为沿圆周均匀设置的螺旋定子齿极铁芯 2191, 由环状轭铁 2193 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2191 外套设齿极线圈 2192, 齿极之间的环状轭铁 2193 套设轭铁线圈 2194 构成定子齿极构件 2199, 该构件沿轴向直线排列构成螺旋外定子齿极直线排列定子 219, 其内套设动子齿极 319, 动子齿极 319 是螺旋齿极单元 3191 螺旋排列构成整体四螺旋动子, 螺旋齿极单元 3191 由环状动子轭铁 3192 连接。

实施例 20: 图 20 为 halbach 阵列四直齿外定子齿极直线排列电机 120, 定子为沿圆周均匀设

置的直齿定子齿极铁芯 2201, 由环状轭铁 2203 连接, 直齿定子齿极铁芯 2201 外套设齿极线圈 2202, 齿极之间的环状轭铁 2203 套设轭铁线圈 2204 构成定子齿极构件 2209, 该构件沿轴向直线排列构成螺旋外定子齿极直线排列定子 220, 其内套设动子齿极 320, 动子齿极 320 是直齿齿极单元 3201 螺旋排列构成整体四螺旋动子, 直齿齿极单元 3201 由环状动子轭铁 3202 连接。

实施例 21: 图 21 为 halbach 阵列四直齿外定子齿极直线排列电机 121, 定子为沿圆周均匀设置的直齿定子齿极铁芯 2211, 由环状轭铁 2213 连接, 直齿定子齿极铁芯 2211 外套设齿极线圈 2212, 齿极之间的环状轭铁 2213 套设轭铁线圈 2214 构成定子齿极构件 2219, 该构件沿轴向直线排列构成螺旋外定子齿极直线排列定子 221, 其内套设动子齿极 321, 动子齿极 321 是十字直齿齿极单元 3211 螺旋排列构成整体四螺旋动子。

实施例 22: 图 22 为 halbach 阵列四直齿外定子齿极螺旋排列电机 122, 定子为沿圆周均匀设置的直齿定子齿极铁芯 2221, 由环状轭铁 2223 连接, 直齿定子齿极铁芯 2221 外套设齿极线圈 2222, 齿极之间的环状轭铁 2223 套设轭铁线圈 2224 构成定子齿极构件 2229, 该构件螺旋排列构成螺旋外定子齿极螺旋排列定子 222, 其内套设动子齿极 322, 动子齿极 322 是直齿齿极单元 3221 直线排列构成整体四直线动子, 直齿齿极单元 3221 由环状动子轭铁 3222 连接。

实施例 23: 图 23 为 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机 123, 十字定子为沿圆周均匀设置的直齿定子齿极铁芯 2231, 由环状轭铁 2233 连接, 直齿定子齿极铁芯 2231 外套设齿极线圈 2232, 齿极之间的环状轭铁 2233 套设轭铁线圈 2234 构成定子齿极构件 2239, 该构件螺旋排列构成螺旋外定子齿极螺旋排列定子 223, 其内套设动子齿极 323, 动子齿极 323 是十字直齿齿极单元 3231 直线排列构成整体四直线动子 323。

实施例 24: 图 24 为 halbach 阵列四螺旋外定子齿极螺旋排列电机 124, 定子为沿圆周均匀设置的螺旋定子齿极铁芯 2241, 由环状轭铁 2243 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2241 外套设齿极线圈 2242, 齿极之间的环状轭铁 2243 套设轭铁线圈 2244 构成定子齿极构件 2249, 该构件螺旋排列构成螺旋外定子齿极螺旋排列定子 224, 其内套设动子齿极 324, 动子齿极 324 是螺旋齿极单元 3241 直线排列构成整体四直线动子, 螺旋齿极单元 3241 由环状动子轭铁 3242 连接。

实施例 25: 图 25 为 halbach 阵列四螺旋外定子齿极直线排列电机 125, 定子为沿圆周均匀设置的螺旋定子齿极铁芯 2251, 由环状轭铁 2253 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2251 外套设齿极线圈 2252, 齿极之间的环状轭铁 2253 套设轭铁线圈 2254 构成定子齿极构件 2259, 该构件螺旋排列构成螺旋外定子齿极螺旋排列定子 225, 其内套设动子齿极 325, 动子齿极 325 是十字螺旋齿极单元 3251 直线排列构成整体四直线动子。

实施例 26: 图 26 为八螺旋外定子齿极螺旋排列电机 126, 定子为沿圆周均匀设置的螺旋定子齿极铁芯 2261, 由螺旋轭铁 2263 连接, 螺旋定子齿极铁芯 2261 外套设齿极线圈 2262, 齿极之间的螺旋轭铁 2263 套设轭铁线圈 2264 构成定子齿极构件, 该构件螺旋排列构成螺旋外定子齿极螺旋排列定子 226, 其内套设动子齿极 326, 动子齿极 326 是直齿齿极单元 3261 螺旋排列构成整体八螺旋动子。

实施例 27: 如图 27 所示, 两个螺旋外定子齿极 2271 的轭部由环状导磁材料作为轭铁 2273 将其固定连接, 螺旋外定子齿极 2271 套设齿极线圈 2272, 螺旋外定子齿极 2271 之间的轭铁 2273

上套设轭铁线圈 2274, 螺旋外定子齿极 2271 的轭部在旋转轴方向由直条状导磁材料作为直条轭铁 2275 再次连接。螺旋外定子齿极 2271 之间的直条状轭铁 2275 上套设直条轭铁线圈 2276 构成立体直条状螺旋齿极定子 227, 其内套设两个沿圆周相对设置的螺旋动子 3271 构成的双螺旋条状动子 327, 该两个螺旋动子条 3271 由支撑件 3272 支撑固定, 构成立体直条状螺旋齿极定子电动机。

实施例 28: 如图 28 所示, 两个螺旋外定子齿极 2281 的轭部由环状导磁材料作为轭铁 2283 将其固定连接, 螺旋外定子齿极 2281 套设齿极线圈 2282, 螺旋外定子齿极 2281 之间的轭铁 2283 上套设轭铁线圈 2284, 螺旋外定子齿极 2281 的轭部在旋转轴方向由螺旋条状导磁材料作为螺旋条状轭铁 2285 再次连接, 螺旋外定子齿极 2281 之间的螺旋条状轭铁 2285 上套设螺旋条状轭铁线圈 2286 构成立体螺旋条状螺旋齿极定子 228, 其内套设两个沿圆周相对设置的螺旋动子 3281 构成的双螺旋直条状动子 328, 该两个螺旋动子条 3281 由支撑件 3282 支撑固定, 构成立体螺旋条状螺旋齿极定子电动机。

实施例 29: 如图 29 所示, 两个螺旋齿极铁芯 2291 沿圆周相对设置, 两个螺旋齿极铁芯 2291 的轭部由环状轭铁 2293 连接, 螺旋齿极铁芯 2291 套设齿极线圈 2292, 螺旋齿极铁芯 2291 之间的轭铁 2293 轭铁线圈 2294, 构成 halbach 阵列螺旋齿极定子构件, halbach 阵列螺旋齿极定子构件沿转轴方向螺旋排列, 构成 halbach 阵列螺旋齿极螺旋排列定子 229, 其内设反向双螺旋齿极动子, 构成 halbach 阵列螺旋齿极螺旋排列定子 229 内设反螺旋动子电动机, halbach 阵列螺旋齿极螺旋排列的螺距为 660mm, 长度为 330mm, 反向双螺旋齿极动子的螺距为 660mm, 长度为 330mm, 只是螺距方向相反, 这样三层 halbach 阵列螺旋齿极定子构件每次转动 60° 就能够保持持续旋转, 六层相当于两个三层的 halbach 阵列螺旋齿极螺旋排列内反向螺旋电动机串联。

现有开关磁阻电动机调速系统的功率变换器、控制器、转子位置检测器等, 通过适应性修改, 就可以应用于本发明。

本专利公开的数值和数据, 例如螺距、宽度、高度等仅仅是说明结构特征, 不作为对本发明的限制性解释。

1. 一种开关磁阻电动机，包括定子齿极和动子齿极，动子齿极相对于定子齿极转动配合，其特征在于：所述定子齿极的齿数为 $2m$ ，动子齿极的齿数为 m ；定子齿极沿转动轴方向为层状固定连接，定子齿极厚度对应动子齿极的厚度范围称为动子齿极单元，定子齿极由定子齿极铁芯及其外部套设的定子齿极线圈构成，定子齿极铁芯与动子齿极形成气隙的端组为凹凸配合的圆弧面，定子齿极与动子齿极的配合关系为，无论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度，至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的中心线形成夹角 α ， $0 < \alpha \leq \beta$ ， β 为定子齿极铁芯或者动子齿极沿旋转轴方向的横截面的圆弧对应圆心的角度， $\beta < 360/2m$ 。
2. 如权利要求 1 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述无论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度，至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的动子齿极中心线形成夹角 α ， $0 < \alpha \leq \beta$ ，指定子齿极的层数为 n 层，对应动子齿极单元也是 n 层的长度，动子齿极沿圆周排布的齿极数为 m ，假设第一层定子齿极中心线与动子齿极中心线的夹角为 $360/(nm)$ ，则第二层为 $2*360/(nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(nm)$ ，其中 $360/(nm) \leq \beta$ 。
3. 如权利要求 2 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：在 xyz 坐标系中，第一层定子齿极所在的平面为 xy 面，旋转轴的轴线方向为 z 轴方向，其它层定子齿极沿 z 轴依次延伸，所述第一层定子齿极中心线与 y 轴的夹角为 $360/(nm)$ ，第二层为 $2*360/(nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(nm)$ ，各层动子齿极单元的动子齿极中心线在 z 方向重合。
4. 如权利要求 2 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：在 xyz 坐标系中，第一层定子齿极所在的平面为 xy 面，旋转轴的轴线方向为 z 轴方向，其它层定子齿极沿 z 轴依次延伸，所述各层定子齿极的中心线在 z 方向与 y 轴重合，则第一层动子齿极单元的动子齿极中心线与 y 轴夹角为 $360/(nm)$ ，第二层为 $2*360/(nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(nm)$ 。
5. 如权利要求 2 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：在 xyz 坐标系中，第一层定子齿极所在的平面为 xy 面，旋转轴的轴线方向为 z 轴方向，其它层定子齿极沿 z 轴依次延伸，所述第一层定子齿极中心线与 y 轴夹角为 $360/(2*nm)$ ，第二层为 $2*360/(2*nm)$ ，……第 n 层为 $n*360/(2*nm)$ ；第一层动子齿极单元的动子齿极中心线与 y 轴夹角为 $-360/(2nm)$ ，第二层为 $-2*360/(2nm)$ ，……第 n 层为 $-n*360/(2nm)$ ，构成反向螺旋。
6. 如权利要求 3-5 任一所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述定子齿极层数在 z 轴方向依次延伸，形成直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极，与直条状定子齿极对应的动子齿极为螺旋条状动子齿极；与螺旋条状定子齿极对应的动子齿极为反向螺旋条状动子齿极或者直条状动子齿极，齿极数目为 m 大于等于 1 的自然数， n 为大于等于 2 的自然数。
7. 如权利要求 6 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的轭部，对应由直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料连接构成直条状串联的 u 型电磁铁或者螺旋条状串联的 u 型电磁铁。
8. 如权利要求 7 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述直条状定子齿极或者螺旋条状定

子齿极的圆弧面指向圆心，构成外直条状定子齿极或者外螺旋条状定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为内直条状定子齿极、内螺旋条状定子齿极及内反向螺旋条状定子齿极。

9. 如权利要求 7 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的圆弧面背离圆心，构成内直条状定子齿极或者内螺旋条状定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为外直条状定子齿极、外螺旋条状定子齿极及外反向螺旋条状定子齿极。

10. 如权利要求 6 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述每层定子齿极的轭部由导磁材料连接形成闭合框架定子齿极，定子齿极之间的导磁材料框架上，套设框架线圈。

11. 如权利要求 10 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述闭合框架定子齿极的圆弧面指向圆心，构成外闭合框架定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为内直条状定子齿极、内螺旋条状定子齿极及内反向螺旋条状定子齿极。

12. 如权利要求 10 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述闭合框架定子齿极的圆弧面背离圆心，构成内闭合框架定子齿极；所述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极及反向螺旋条状定子齿极对应为外直条状定子齿极、外螺旋条状定子齿极及外反向螺旋条状定子齿极。

13. 如权利要求 6 所述的开关磁阻电动机，其特征在于：所述 m 为偶数，每层定子齿极的轭部由导磁材料连接形成闭合框架定子齿极，定子齿极之间的导磁材料框架上，套设框架线圈之后，所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的轭部，对应由直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料再连接，直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料作为轭铁再套设直条状轭铁或者螺旋条状轭铁构成立体直条状齿极或者螺旋条状定子齿极定子。

14. 如权利要求 1-12 所述的开关磁阻电动机的定子齿极，其特征在于：所述定子齿极的形状为直齿或者螺旋齿。

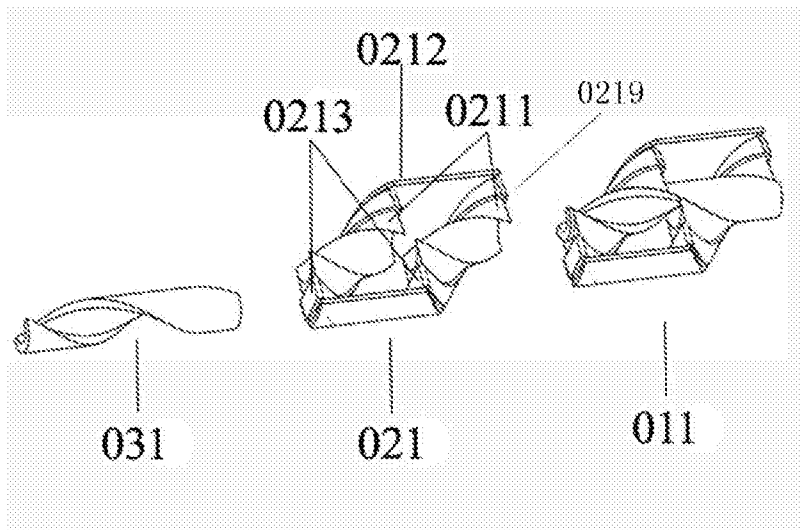


图 1

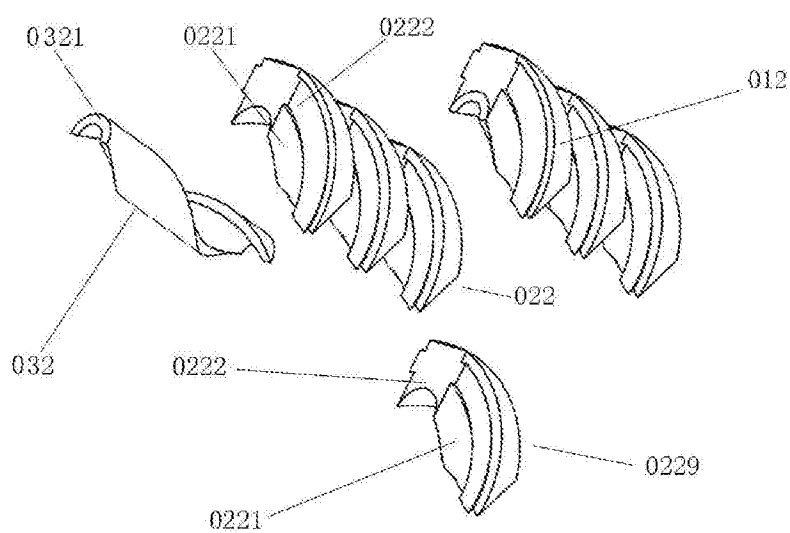


图 2

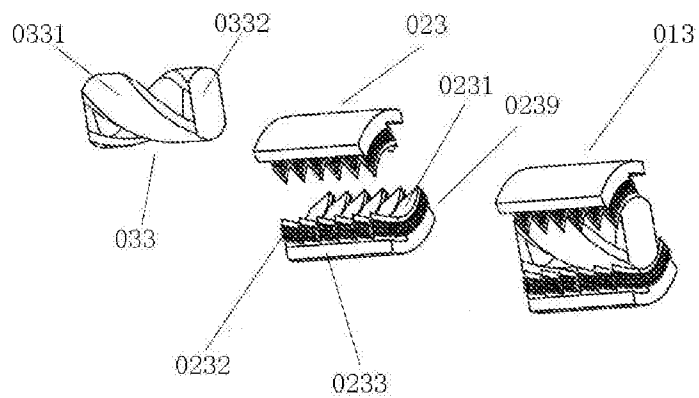


图 3

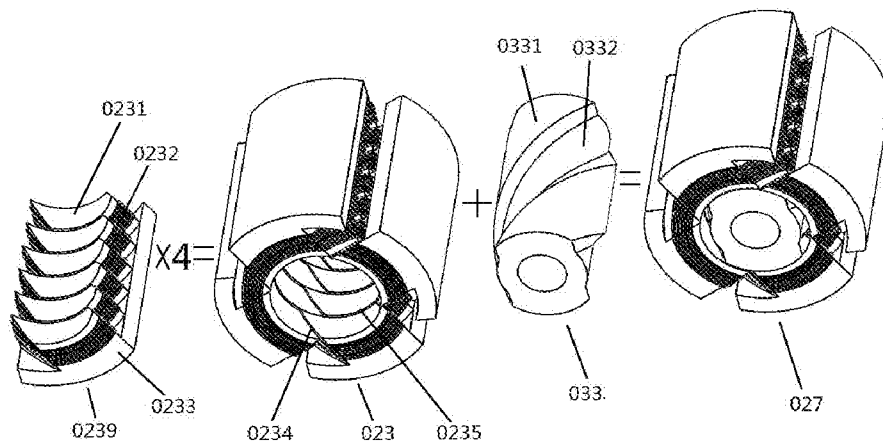


图 3-1

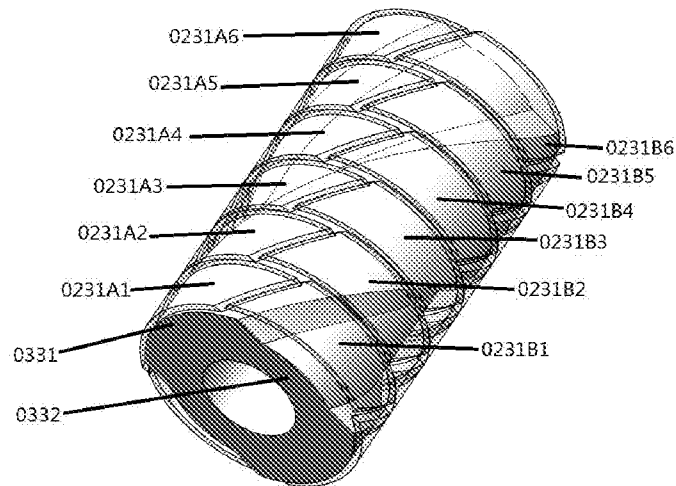


图 3-2

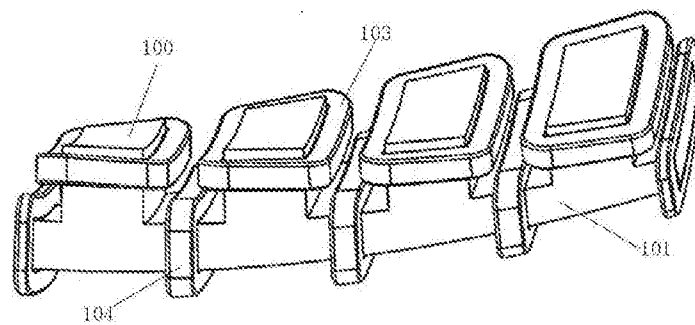


图 4

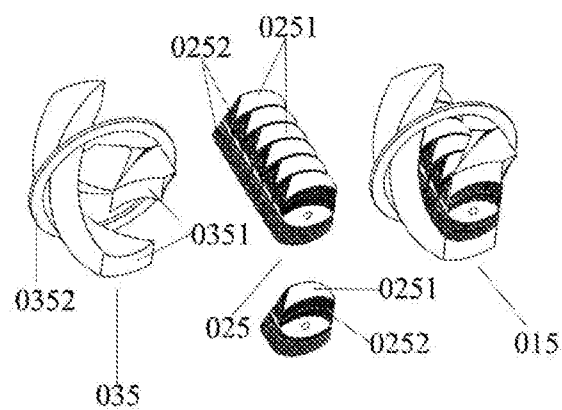


图 5

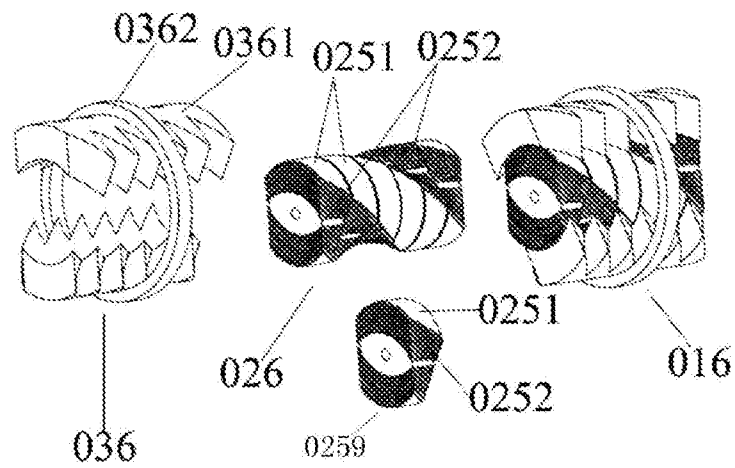


图 6

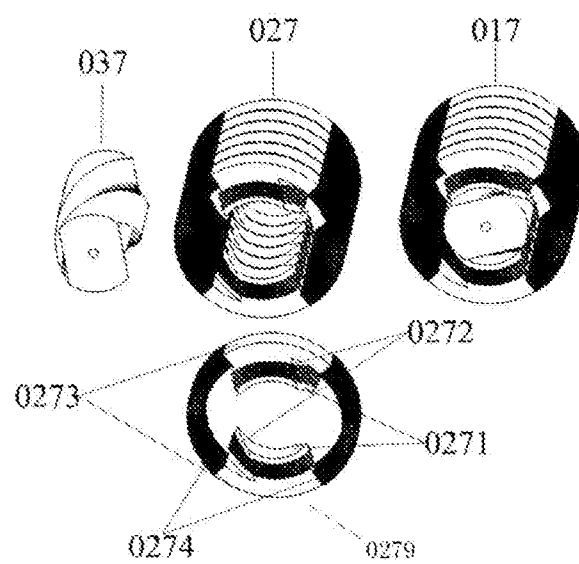


图 7

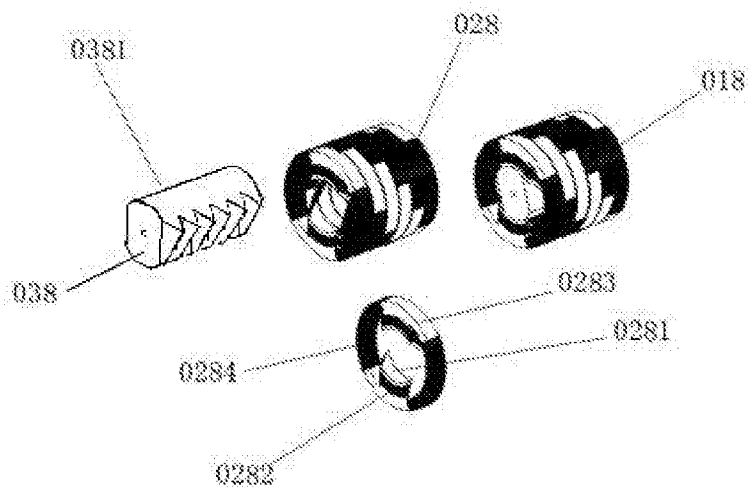


图 8

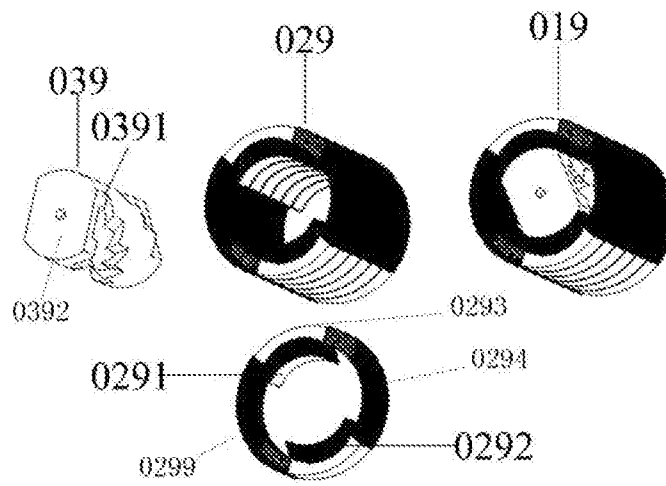


图 9

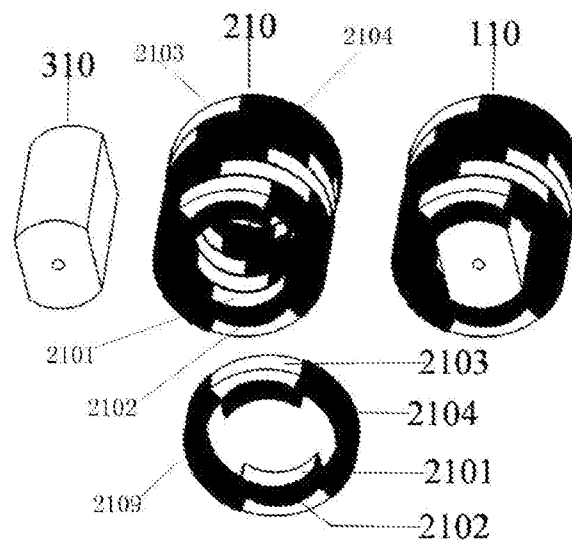


图 10

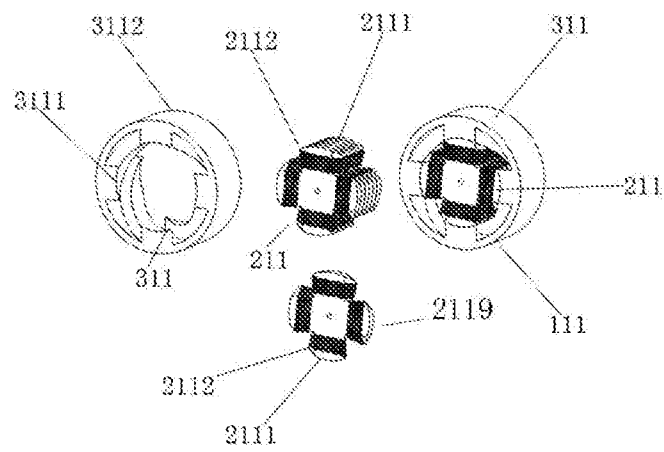


图 11

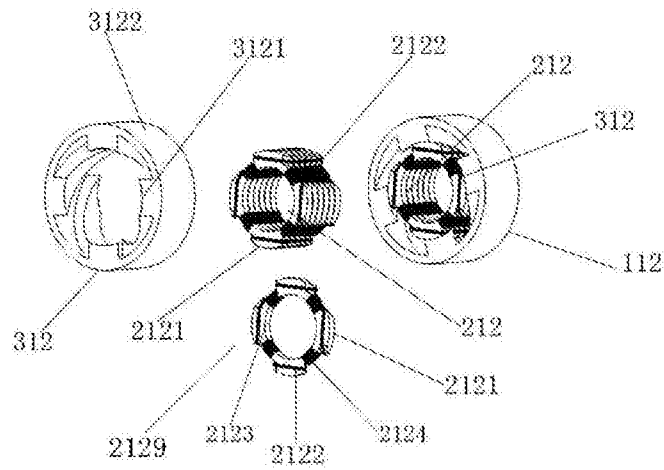


图 12

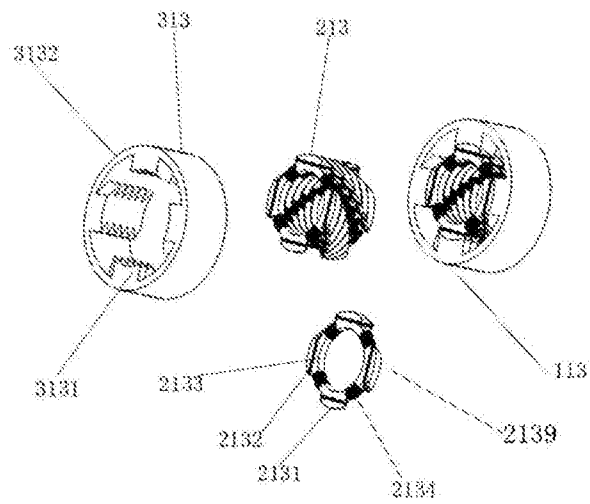


图 13

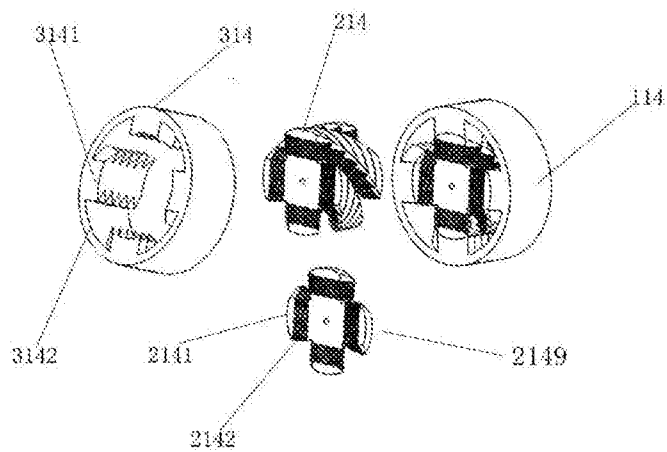


图 14

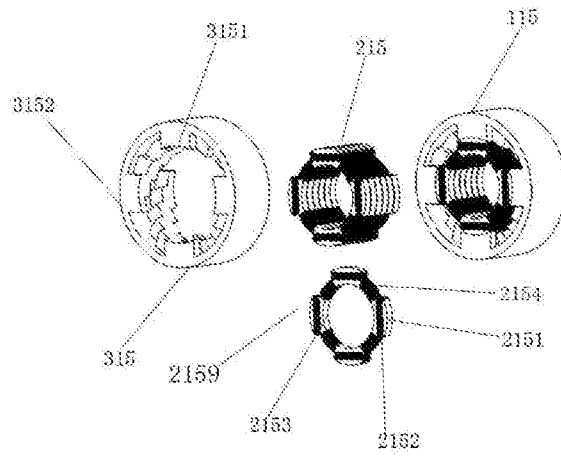


图 15

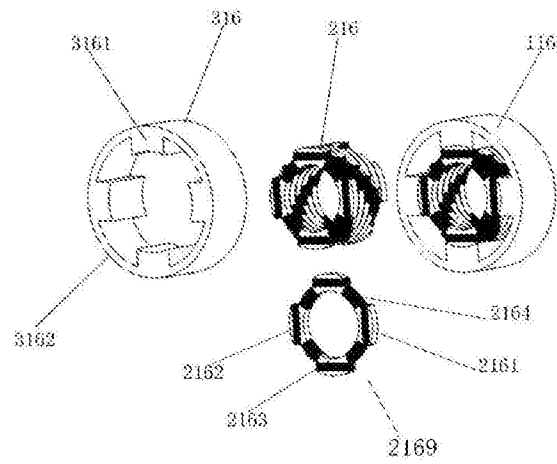


图 16

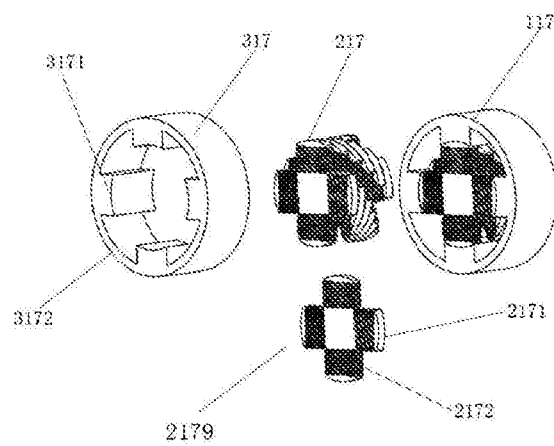


图 17

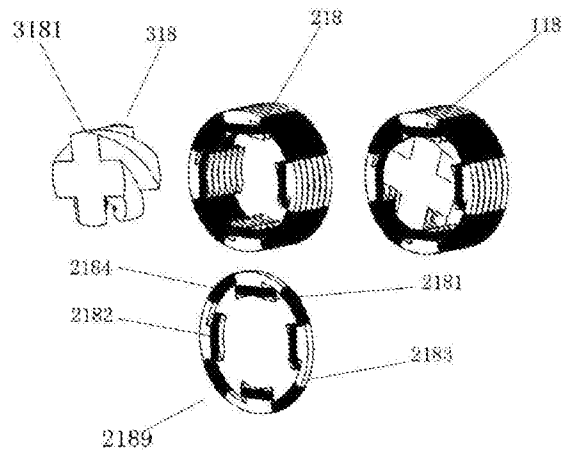


图 18

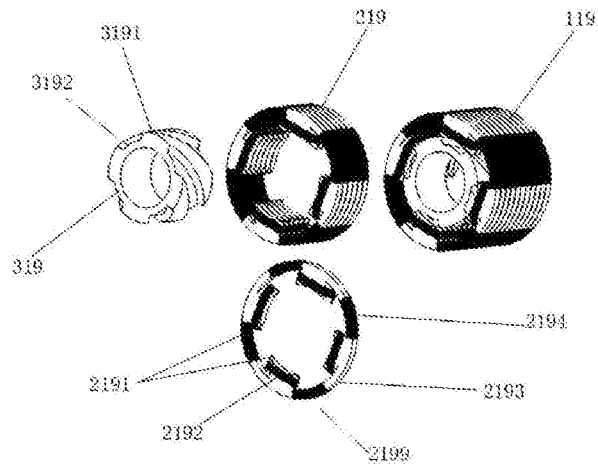


图 19

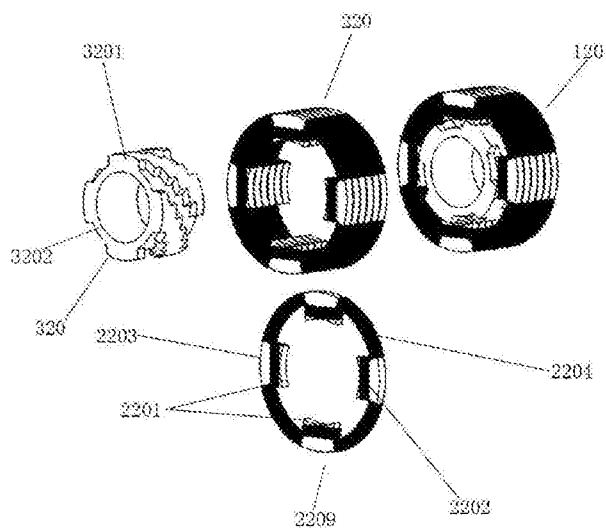


图 20

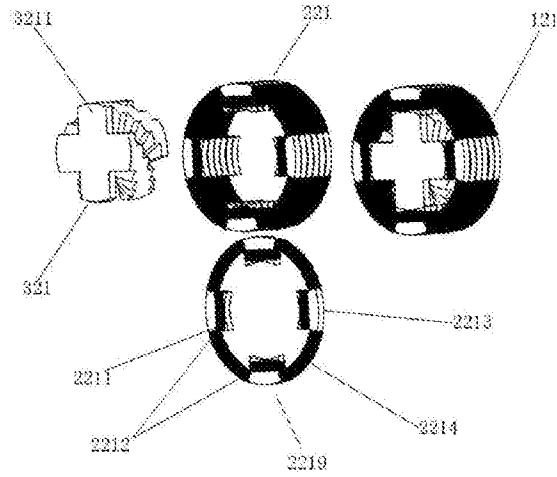


图 21

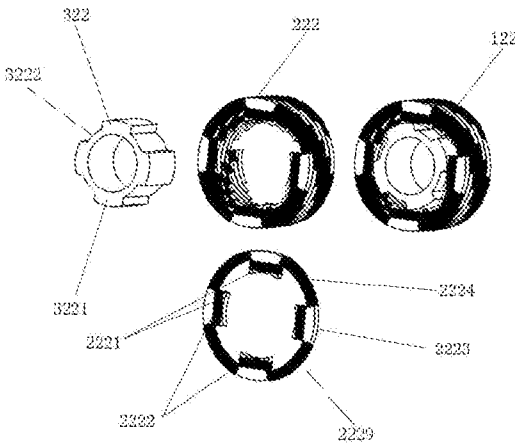


图 22

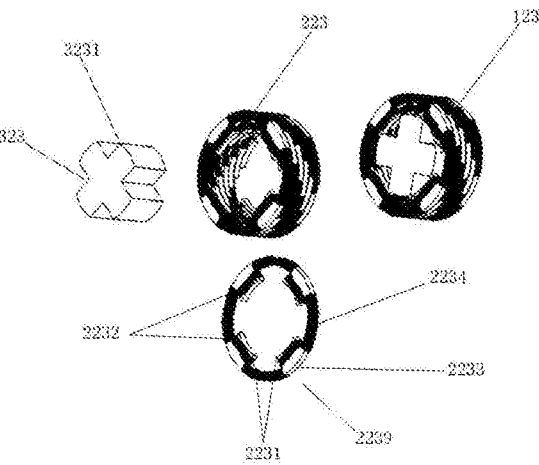


图 23

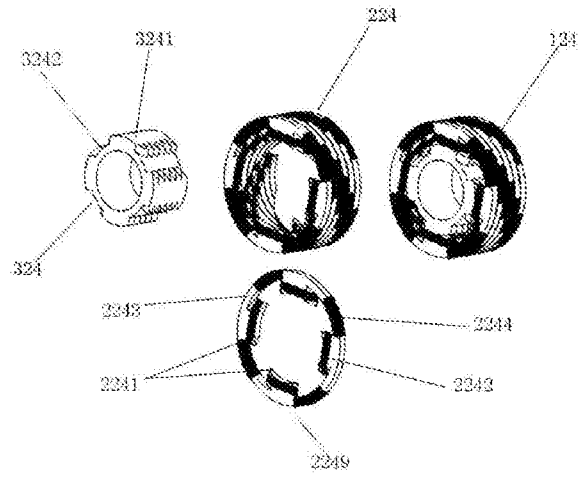


图 24

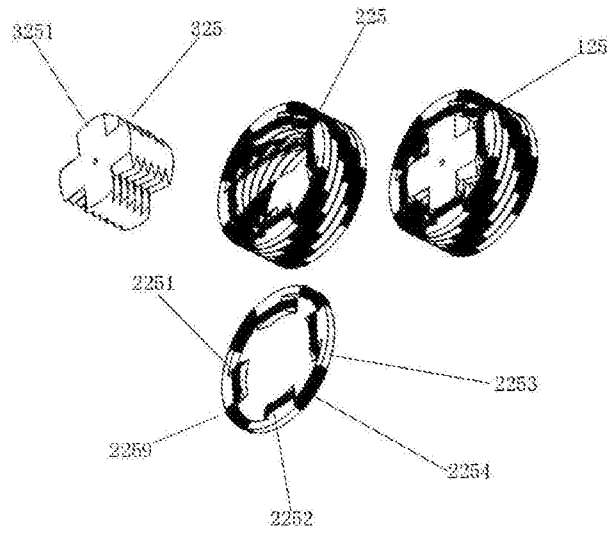


图 25

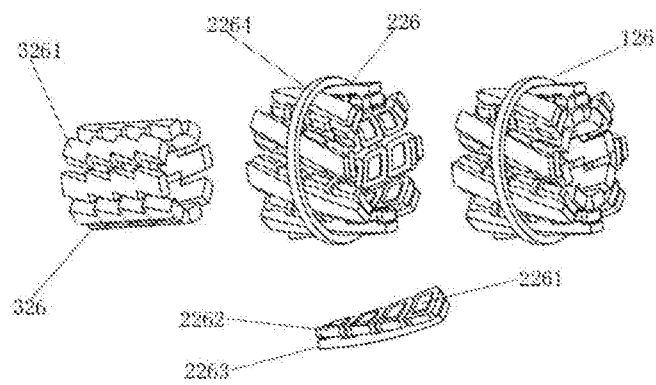


图 26

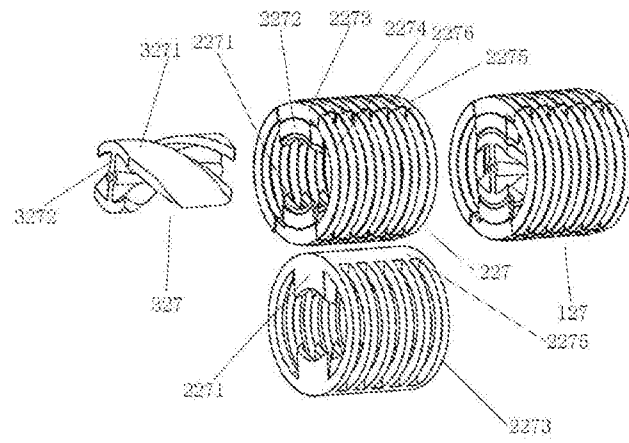


图 27

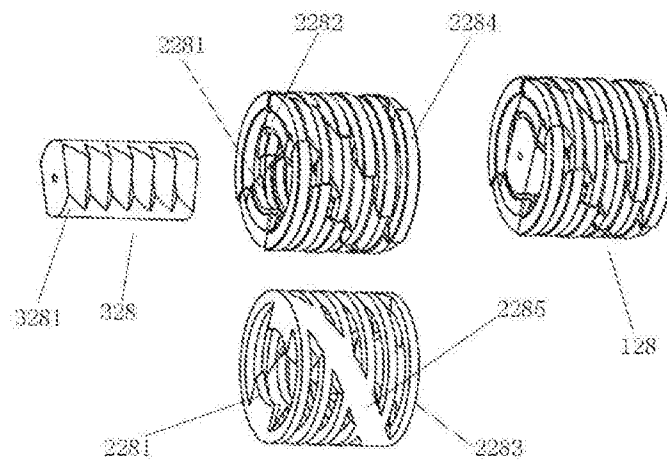


图 28

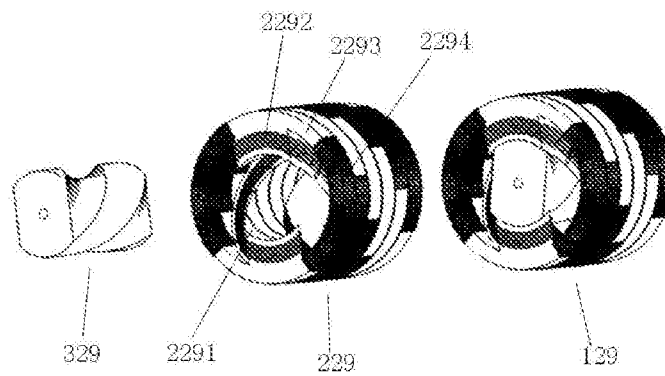


图 29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/073744

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 16/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; WPI; EPODOC; CNKI; IEEE: switch+, reluctance, motor, electrical machine, stator, rotor, mover, pole?, phase, angle, layer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102035319 A (ZHANG, Shiqing) 27 April 2011 (27.04.2011) description, paragraphs [0039] and [0040], and figure 1	1-14
A	JP 5543185 B2 (EV-MOTOR SYSTEMS CO LTD) 09 July 2014 (09.07.2014) the whole document	1-14
A	US 2012280587 A1 (QM POWER INC.) 08 November 2012 (08.11.2012) the whole document	1-14
A	CN 1303165 A (SAMSUNG GWANGJU ELECTRICS CO., LTD.) 11 July 2001 (11.07.2001) the whole document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 October 2016	Date of mailing of the international search report 09 November 2016
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer MA, Shanshan Telephone No. (86-10) 62411814

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/073744

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102035319 A	27 April 2011	CN 102035319 B	04 July 2012
JP 5543185 B2	09 July 2014	JP 2011125125 A	23 June 2011
US 2012280587 A1	08 November 2012	US 2016094113 A1	31 March 2016
		US 9231459 B2	05 January 2016
		WO 2012154700 A1	15 November 2012
CN 1303165 A	11 July 2001	US 2001005105 A1	28 June 2001
		US 6479959 B2	12 November 2002
		JP 2001190049 A	10 July 2001
		KR 20010062285 A	07 July 2001
		KR 350807 B	05 September 2002

A. 主题的分类 H02K 16/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI, IEEE 开关, 磁阻, 电机, 电动机, 定子, 转子, 动子, 极, 角, 层, switch+, reluctance, motor, electrical machine, stator, rotor, mover, pole?, phase, angle, layer																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 102035319 A (张世清) 2011年 4月 27日 (2011 - 04 - 27) 说明书第[0039]-[0040]段及附图1</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 5543185 B2 (EV-MOTOR SYSTEMS CO LTD) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2012280587 A1 (QM POWER INC) 2012年 11月 8日 (2012 - 11 - 08) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1303165 A (三星光州电子株式会社) 2001年 7月 11日 (2001 - 07 - 11) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 102035319 A (张世清) 2011年 4月 27日 (2011 - 04 - 27) 说明书第[0039]-[0040]段及附图1	1-14	A	JP 5543185 B2 (EV-MOTOR SYSTEMS CO LTD) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-14	A	US 2012280587 A1 (QM POWER INC) 2012年 11月 8日 (2012 - 11 - 08) 全文	1-14	A	CN 1303165 A (三星光州电子株式会社) 2001年 7月 11日 (2001 - 07 - 11) 全文	1-14
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 102035319 A (张世清) 2011年 4月 27日 (2011 - 04 - 27) 说明书第[0039]-[0040]段及附图1	1-14															
A	JP 5543185 B2 (EV-MOTOR SYSTEMS CO LTD) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-14															
A	US 2012280587 A1 (QM POWER INC) 2012年 11月 8日 (2012 - 11 - 08) 全文	1-14															
A	CN 1303165 A (三星光州电子株式会社) 2001年 7月 11日 (2001 - 07 - 11) 全文	1-14															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td style="vertical-align: top;"> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件													
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期 2016年 10月 27日		国际检索报告邮寄日期 2016年 11月 9日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 马姗姗 电话号码 (86-10) 62411814															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/073744

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
CN	102035319	A	2011年 4月 27日	CN	102035319	B	2012年 7月 4日		
JP	5543185	B2	2014年 7月 9日	JP	2011125125	A	2011年 6月 23日		
US	2012280587	A1	2012年 11月 8日	US	2016094113	A1	2016年 3月 31日		
				US	9231459	B2	2016年 1月 5日		
				WO	2012154700	A1	2012年 11月 15日		
CN	1303165	A	2001年 7月 11日	US	2001005105	A1	2001年 6月 28日		
				US	6479959	B2	2002年 11月 12日		
				JP	2001190049	A	2001年 7月 10日		
				KR	20010062285	A	2001年 7月 7日		
				KR	350807	B	2002年 9月 5日		

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)