



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410060007.9

[43] 公开日 2005 年 1 月 12 日

[11] 公开号 CN 1564427A

[22] 申请日 2001.6.18

[21] 申请号 200410060007.9

分案原申请号 01121704.9

[30] 优先权

[32] 2000.6.16 [33] JP [31] 181239/2000

[71] 申请人 雅马哈发动机株式会社

地址 日本静冈县磐田市

[72] 发明人 内藤真也 日野阳至

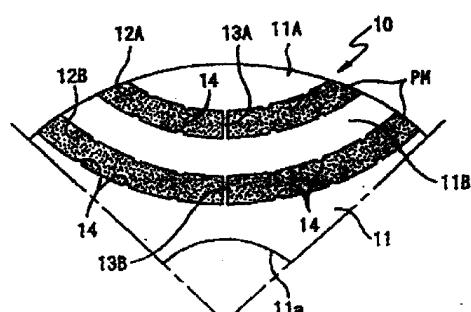
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 温大鹏 黄力行

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称 永磁体转子

[57] 摘要

一种永磁体转子，转子铁心内嵌有永磁体而成的转子的所述永磁体通过将粘结磁体填入嵌有所述永磁体的狭缝中并经固化而形成，其特征在于，在所述狭缝的内侧表面上设有突出部或凹陷处，所述突出部或凹陷处用来在固化时连接所述粘结磁体。



1. 永磁体转子，转子铁心内嵌有永磁体而成的转子的所述永磁体通过将粘结磁体填入嵌有所述永磁体的狭缝中并经固化而形成，其
5 特征在于，在所述狭缝的内侧表面上设有突出部或凹陷处，所述突出部或凹陷处用来在固化时连接所述粘结磁体。

2. 如权利要求1所述的永磁体转子，其特征在于，里面嵌有所述永磁体的所述狭缝的两纵向末端开口在所述转子铁心的外圆周面上。

永磁体转子

技术领域

5 本发明涉及一种构成电旋转装置（包括旋转转子和旋转线圈两种类型）如永磁电动机和永磁发电机的永磁体转子，具体说是涉及到一种通过使永磁体的磁通量经过转子跨接部分时未流入定子而是形成环路循环来有效利用磁阻扭矩和降低漏磁通的内嵌磁体型永磁体转子。

10 背景技术

传统的内嵌磁体型永磁体转子早有公开，如日本公开特许公报平 11-262205 号或平 11-206075 号，图 7 以侧视图显示了这种转子一个磁极的形状，永磁体转子包括转子铁心 1，在转子铁心 1 设有很多分布在多个层面上的狭缝 2A、2B 和 2C。狭缝 2A、2B、2C 都有弧形端面，该弧形端面的纵向末端处于转子铁心 1 的外圆周面附近，该弧形端面的纵向中部位位于其两端部的径向内侧，各狭缝沿轴向（垂直于图 7 中的平面）以与端面形状相同的横截面形状向转子铁心 1 的相对端延伸。

20 为形成转子铁心内嵌有永磁体的永磁体转子，可将粘结磁体（塑性磁体）填入狭缝 2A-2C（或在磁场内充填）并将其固化（也即，通过注射模方式形成），或者将分别经机加工成狭缝 2A-2C 形状的永磁体填入狭缝 2A-2C 内。

25 另外，在图 7 所示的永磁体转子 10 中，在狭缝 2A-2C 的纵向末端和转子铁心的外圆周面之间形成了一定厚度的跨接部分 3，因此，转子铁心 1 相对于各个狭缝 2A-2C 的径向靠外部分（靠近外圆周面的部分）和径向靠内部分（靠近中心轴的部分）就不会因狭缝 2A-2C 而完全分开。

不过，经认真地研究发现，在前面所述的传统永磁体转子 10 中，

由于跨接部分 3 形成在外圆周面和狭缝 2A-2C 的纵向末端之间，通过跨接部分 3 就会产生漏磁通，该漏磁通影响了对永磁体的有效利用。图 8 用虚线示出了永磁体转子 10 和定子磁极齿中的磁通，也示出了通过跨接部分 3 时产生的漏磁通 SF。

5 另外，由于跨接部分 3 中漏磁通的作用，出现了比周围区域磁通量密度高的区域，如图 8 中符号 A 所示，因此 q 轴磁通量 Φ_q 的磁路上的磁阻增大了，这种增大是降低磁阻扭矩的一个因素。

此处，由电动机产生的扭矩为：

$$T = P_n \cdot \Phi_a \cdot i_q + P_n (L_d - L_q) i_d \cdot i_q \quad (1)$$

10 在式中， L_d 、 L_q 为线圈在 d 轴和 q 轴上的电感， i_d 、 i_q 为转子电流的 d 轴和 q 轴分量， Φ_a 是由永磁体产生的电枢线圈上的互连磁通量， P_n 为磁极对的数目。

15 d 轴方向是磁极中心和转子中心的连线方向，q 轴方向是穿过磁极之间和通过转子中心的线段的方向，也即与 d 轴成 90 度的电角度的方向。

表达式 (1) 的第一项为永磁体产生的扭矩，第二项为磁阻扭矩。

20 图 9、图 10 为传统永磁体转子 10 的侧视图，示出了 d 轴和 q 轴的方向。图 9 和图 10 分别用虚线示出了由 i_q 产生的 q 轴磁通量 Φ_q (等于 $L_q \cdot i_q$) 的方向以及由 i_d 产生的 d 轴磁通量 Φ_d (等于 $L_d \cdot i_d$) 的方向。

25 在内嵌磁体型的永磁体转子中，在 d 轴磁通量 Φ_d 的磁路上分布着磁力相当于气隙的永磁体，因此 d 轴的电感 L_d 很小。与此相反的是，q 轴磁通量 Φ_q 的磁路通过转子铁心 1，所以 q 轴的电感 L_q 很大（也即，磁阻很小）。因此， $L_d < L_q$ ，合适的电流 i_d 、 i_q 产生所述磁阻扭矩 $(L_d - L_q) i_d \cdot i_q$ 。

跨接部分 3 中高磁通密度的区域使得 Φ_q 的磁路变窄，q 轴磁路的磁阻增大，这也是一个降低磁阻扭矩的因素。

发明内容

考虑到上面讲述的传统永磁体转子未解决的问题，提供一种能高效利用内嵌的磁体和磁阻扭矩的永磁体转子便成为了本发明的目的。

为达到上述目的，本发明方案 1 为永磁体转子，转子铁心内嵌有永磁体而成的转子的所述永磁体通过将粘结磁体填入嵌有所述永磁体的狭缝中并经固化而形成，其特征在于，在所述狭缝的内侧表面上设有突出部或凹陷处，所述突出部或凹陷处用来在固化时连接所述粘结磁体。
5

本发明方案 2 中的发明的特征在于，根据方案 1 中的发明的永磁体转子，里面嵌有所述永磁体的所述狭缝的两纵向末端开口在所述转子铁心的外圆周面上。
10

在本发明中，在所述狭缝的内侧表面上设有突出部或凹陷处以便加强固化的粘结磁体和所述狭缝内侧的连接。因此，相对于各个狭缝的径向靠外部分和径向靠内部分的连接通过固化的粘结磁体得到了加强，从而使得转子铁心更加坚固。
15

附图说明

- 图 1 为显示本发明第一个实施例结构的视图；
图 2 为显示磁通量分布的视图，显示了第一个实施例的效果；
20 图 3 为永磁体转子的注塑模具实施例的视图；
图 4 为使用图 3 中的注塑模具制造的永磁体转子的正视图；
图 5 为显示本发明第二个实施例构造的视图；
图 6 为显示本发明第三个实施例构造的视图；
图 7 为显示传统的永磁体转子的构造的视图；
图 8 为显示传统的永磁体转子中的磁通量分布的视图；
25 图 9 为显示 q 轴方向的磁通量的视图；和
图 10 为显示 d 轴方向磁通量的视图。

标记说明：

10: 永磁体转子	11: 转子铁心
11A-11C: 径向靠外部分	12A-12C: 狹缝
13A-13C: 跨接部分	14: 突出部
5 15: 凹陷处	20: 定子磁极齿
30: 注塑模具	PM: 永磁体
SF 漏磁通	

具体实施方式

下面，将参考附图对本发明的实施例加以说明。

10 图 1 为本发明的第一个实施例的侧视图，显示了用于内置转子型永磁体马达等的永磁体转子 10 的一个磁极的形状。

永磁体转子 10 的转子铁心 11 为圆柱形，并由冲切的圆形薄板层叠而成，在转子铁心 11 的中心有轴孔 11a，未示出的转轴同轴地插在其中。

15 在转子铁心 11 上还形成了弧顶朝着轴孔 11a 的弧状狭缝 12A、12B 和 12C，所述狭缝穿透两端面之间的转子铁心 11。狭缝 12A 到 12C 是层状结构呈同心布置，因而转子铁心 11 的径向靠外侧的狭缝 12A 的圆弧直径小一些，径向靠内侧的狭缝 12C 的圆弧直径大一些，中间狭缝 12B 的圆弧直径处于中间值。

20 在侧视图中，狭缝 12A 到 12C 的两纵向末端都开在转子铁心 11 的外圆周面上。因此对应于各个狭缝 12A 到 12C 的径向靠外部分和径向靠内部分彼此分开。在此实施例中，在转子铁心 11 的薄板经冲切制作时，用来跨接转子铁心的径向靠外部分和径向靠内部分的狭窄的跨接部分就设置在侧视图中狭缝 12A 到 12C 的纵向中间部分。

25 具体地说，在狭缝 12A 到 12C 的纵向中间部分设置有跨接部分 13A 到 13C，一个狭缝上有一个跨接部分，该跨接部分与转子铁心 11 的中心各自保持相同的径向距离进行轴向延伸，所以跨接部分 13A 到 13C 起着防止转子铁心 11 的对应于各个狭缝 12A 到 12C 的径向靠外

部分和径向靠内部分分开的作用。也就是说，转子铁心 11 的对应于狭缝 12A 的径向靠外部分 11A 与其径向靠内部分通过跨接部分 13A 跨接起来；转子铁心 11 的对应于狭缝 12B 的径向靠外部分 11B 与其径向靠内部分通过跨接部分 13B 跨接起来；转子铁心 11 的对应于狭缝 12C 的径向靠外部分 11C 与其径向靠内部分通过跨接部分 13C 跨接起来。

在狭缝 12A 到 12C 中嵌有磁力方向沿侧视图中狭缝 12A 到 12C 宽度方向的永磁体 PM。可通过在狭缝 12A 到 12C 中装填、固化、磁化粘结磁体来形成永磁体 PM。对体积小而磁力强的永磁体 PM，可让各向异性的粘结磁体通过磁场内注射模方式形成所述永磁体 PM。

图 2 为显示由永磁体转子 10 和装配在电动机中的定子磁极齿 20 产生的磁通量的视图，该磁通量用虚线表示，图 2 对应于说明现有技术的图 8。

在此实施例的永磁体转子 10 中，狭缝 12A 到 12C 的纵向末端开在转子铁心 11 的外圆周面上，跨接部分 13A 到 13C 分别设置在狭缝 12A 到 12C 的纵向中部，因此在跨接部分（在图 2 中用符号 B 表示）的两边的磁路上产生了漏磁通，在漏磁通 SF 的影响下，使狭缝间磁通量 Φ_q 的磁路变窄的高磁通量密度区域减少。结果就避免了在转子铁心 11 上 q 轴磁通量 Φ_q 的磁路上出现较大的磁阻，磁阻扭矩可以得到有效的利用。尤其是当狭缝的数目很大（即多层）时，这个优点显得特别有用。另外，在永磁体转子 10 的外圆周面附近不形成高磁通量密度区域，因此，由永磁体产生的流向定子 20 的磁通量就不会受到干扰。另外，由于转子和定子的相对位置，在永磁体转子 10 的外圆周面附近的磁通量的分布变化很大，因此，如果在此区域中消除高磁通量密度点，铁损就可减小。

另外，在此实施例中，由于狭缝 12A 到 12C 中形成了如上所述的跨接部分 13A 到 13C，因此同传统的在狭缝两纵向端设有跨接部

分 3 的永磁体转子 10 (如图 7 所示) 相比较，流经该跨接部分的漏磁通变小并能更有效地提高永磁体的利用率。

尽管在此实施例中，狭缝 12A 到 12C 中形成的跨接部分 13A 到 13C 是每个狭缝上只有一个跨接部分，但在每个狭缝上可以设置多个跨接部分。在此情况下，该跨接部分的宽度设置成所有跨接部分的宽度总和等于单个跨接部分时的宽度。多个跨接部分使漏磁通分散，因此就进一步降低了转子铁心 11 的递增的纵向磁阻。

而且，在此实施例中，由于跨接部分 13A 到 13C 位于狭缝 12A 到 12C 的纵向中部，所以所述径向靠外部分 11A 到 11C 以跨接部分 13A 到 13C 为中心，左右两边质量平衡。因此，如果永磁体转子 10 旋转时的离心力作用在所述径向靠外部分 11A 到 11C 上，不会产生大到足以弯曲跨接部分 13A 到 13C 的惯性矩 (即使有，也非常小)，因此实施例的这种布置方式 (即狭缝 12A 到 12C 设有跨接部分 13A 到 13C 并且是一个狭缝上设一个跨接部分) 明显地不会增加损坏转子铁心 11 的可能性。

图 3 是注塑模具 30 一部分的俯视图，该注塑模具 30 用于生产根据此实施例的永磁体转子 10 的工艺中。该注塑模具 30 为圆柱形模具，用于通过磁场内注射模工艺在转子铁心 11 的狭缝 12A 到 12C 内形成各向异性的粘结磁体的生产工艺中。在该注塑模具 30 的中心有用来插入到转子铁心 11 的轴孔 11a 的支持轴 31 以及同轴围绕着支持轴 31 的套管 32。套管 32 的外圆周面围绕着用来形成定向磁场的磁体 34 和磁轭 35，这些磁体 34 和磁轭 35 以相同的间隔交替地呈圆周布置。在圆筒 32 的圆周外表面上有许多用来与转子铁心 11 的狭缝 12A 到 12C 的纵向末端轻微卡入的突出部 33。该突出部 33 实际上是沿轴向 (垂直于图 3 中的平面的方向) 延伸并与狭缝 12A 到 12C 的形状相配的长条凸纹，其位置根据狭缝 12A 到 12C 的纵向末端和起定向作用的永磁体 34 之间的空间关系而适当确定。

当使用注塑模具 30 往转子铁心 11 中浇入粘结磁体时，支持轴

31 插入到转子铁心 11 的轴孔 11a 中，并使狭缝 12A 到 12C 的纵向末端与突出部 33 对齐，再将转子铁心 11 推入注塑模具 30 中。也就是说，只要狭缝 12A 到 12C 的纵向末端对准突出部 33，转子铁心 11 的角度定位就可在注塑模具 30 中确定。

5 另外，在插入到注塑模具 30 时，转子铁心有被定向磁场产生的磁阻力矩转动的趋势，但突出部 33 轻微地卡在狭缝 12A 到 12C 的纵向末端中，这就防止了注塑模具 30 中磁阻力矩转动转子铁心 11。

10 并且，如果突出部 33 轻微地卡在狭缝 12A 到 12C 的纵向末端中，对本发明的这种布置方式，即狭缝 12A 到 12C 各自都有 13A 到 13C 中的一个跨接部分，可以防止注射模中注射压力对跨接部分 13A 到 13C 的弯曲并导致的径向靠外部分 11A 到 11C 的位置偏差。

15 由于在注塑模具 30 中的套管 32 的内圆周面上设有突出部 33，在图 4 所示的用该注塑模具制造出来的永磁体转子 10 上，在狭缝 12A 到 12C 的纵向末端处的永磁体缺了一块，其中，缺块的深度就为该突出部的高度，如果突出部 33 的高度很小，就不会对永磁体转子 10 的性能造成什么影响。

图 5(a)-(d)显示了本发明的第二个实施例。在该图中，和第一个实施例相似的部件和区域以相同的符号指代，重复的部分省略。

20 在图 5(a)所示的实施例中，在狭缝 12A 和 12B 的纵向末端处形成跨接部分 3，而在中间部分没有跨接部分。就其跨接部分 3 的位置而言，此实施例的布置方式和图 7 中永磁体转子 10 的布置方式相同。同样地，在图 5(c)所示的实施例中，在狭缝 12A 和 12B 的内侧设有许多突出部 14。突出部 14 为沿转子铁心 11 轴向（垂直于图 5 中的平面）延伸的长条凸纹并以合适的间距分布在狭缝 12A 和 12B 的内侧。另外，每个突出部 14 的横断面为宽度朝着顶部逐渐增加的倒梯形。因此，当粘结磁体经注塑模制后，突出部 14 嵌入该永磁体中，因此狭缝 12A 和 12B 的内侧和嵌在其中的永磁体 PM 很紧固地跨接在一起。

因此，对应于狭缝 12A 的转子铁心 11 的径向靠外部分 11A 和径向靠内部分不仅通过跨接部分 3 还通过狭缝 12A 中的永磁体 PM 很紧固地跨接在一起，对应于狭缝 12B 的转子铁心 11 的径向靠外部分 11B 和径向靠内部分不仅通过跨接部分 3 还通过狭缝 12B 中的永磁体 PM 很紧固地跨接在一起。从而，转子铁心 11 变得非常坚固并能承受很大的由高速旋转过程中的离心力带来的径向力。换句话说，带有突出部 14 的转子铁心的坚固结构允许设置相应的较薄的跨接部分 3，从而减少了漏磁通，提高了对永磁体 PM 的利用率。

除了在原来突出部 14 的位置设置凹陷处 15 之外，图 5(b)所示的实施例的布置方式和图 5(a)所示的实施例的布置方式差不多。凹陷处 15 为沿转子铁心 11 轴向（垂直于图 5 中的平面）延伸的长槽，并以适宜的间距分布在狭缝 12A、12B 的内侧。此外，每一凹陷处 15 的横断面为朝着底部宽度逐渐变大的梯形。因此，当粘结磁体经注射模制时，粘结磁体流到凹陷处 15 处，因此，狭缝 12A、12B 的内侧和嵌入其中的永磁体 PM 很紧固地跨接在一起，从而可以达到和图 5(a)所示的实施例同样的效果。

除了突出部 14 的数目增多并取消跨接部分 3 之外，图 5(c)所示的实施例的布置方式和图 5(a)所示的实施例的布置方式相似。突出部 14 的数目增多强化了永磁体 PM 和狭缝 12A、12B 的内侧的跨接，造成了跨接部分 3 的取消。在这种布置方式中，没有或很少有漏磁通会产生，因此就能更有效地提高永磁体 PM 的利用率。

除了在狭缝 12A、12B 的中部设置跨接部分 13A 和 13B 之外，图 5(d)所示的实施例的布置方式和图 5(c)所示的实施例的布置方式差不多。在这种布置方式中，磁阻扭矩可得到更有效的利用，同时对径向力的抵抗性可得到进一步的提高。

图 6(a)-(c)显示了本发明的第三个实施例。在该图中，和第一个实施例相似的部件和区域以相同的符号指代，重复的部分省略。

在第三个实施例中，除了跨接部分 13A-13C 倾斜于该永磁体的

磁力方向，永磁体转子 10 和第一个实施例中的转子的构造大致相同。

就是说，在图 6(a)所示的实施例中，跨接部分 13A-13C 倾斜于永磁体的厚度方向。具体地说，在图 6(a)所示的实施例中，中间跨接部分 13B 和其他跨接部分 13A、13C 它们任何一边的倾斜方向都不相同。在图 6(b)所示的实施例中，跨接部分 13A-13C 呈曲拐形；在图 6(c)所示的实施例中，跨接部分 13A-13C 呈字母 C 形。具体地说，在图 6(c)所示的实施例中，中间跨接部分 13B 和其他跨接部分 13A、13C 在它们任何一边的字母 C 的方向都不一样。

在这样的布置方式中，跨接部分 13A-13C 的截面倾斜于磁力方向，也即长度方向，所以在不需要降低跨接部分 13A-13C 的强度的情况下增大了磁阻，这就减小了漏磁通，有效地利用了永磁体 PM。

在前面所述的实施例中，狭缝 12A-12B 为弧顶朝向轴孔 11a 的弧形，但本发明并不局限于此，比如说，狭缝的端面形状可为矩形。

根据本发明，在狭缝内侧表面上设置突出部或凹陷处来加强固化的粘结磁体与狭缝内侧的结合，因此相对于各个狭缝的径向靠外部分和径向靠内部分的结合由固化的粘结磁体得到了加强，转子铁心更加坚固并能承受高速旋转过程中由离心力带来的很大的径向力。

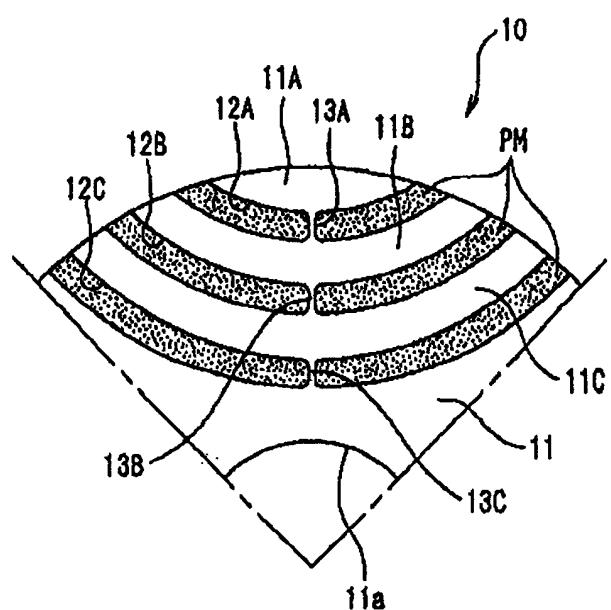


图 1

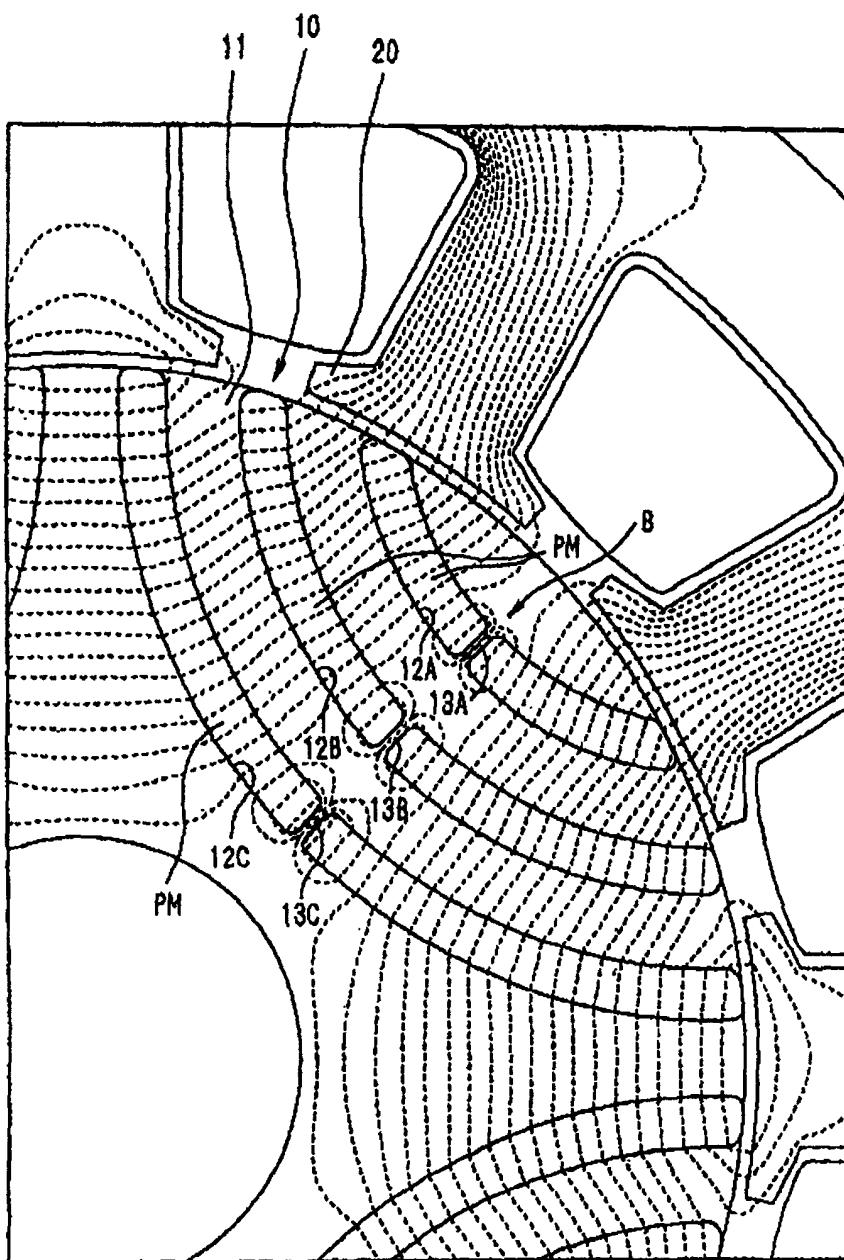


图 2

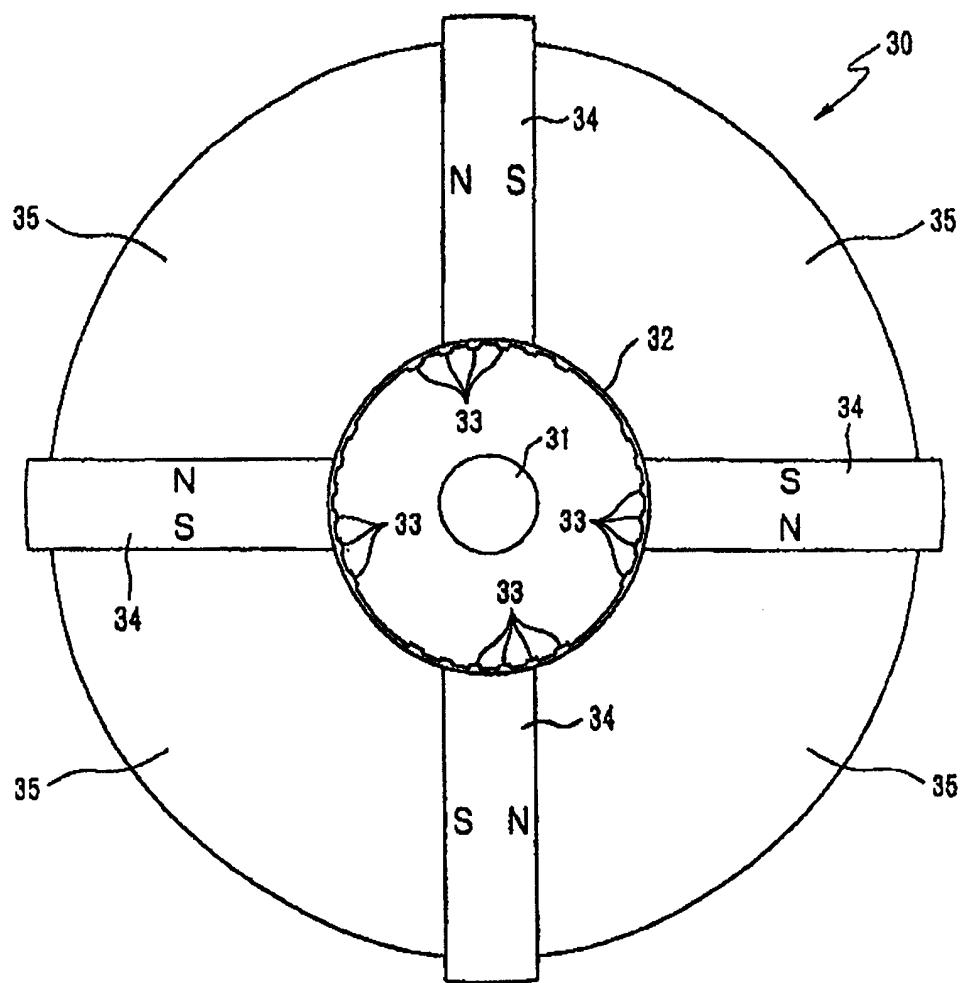


图 3

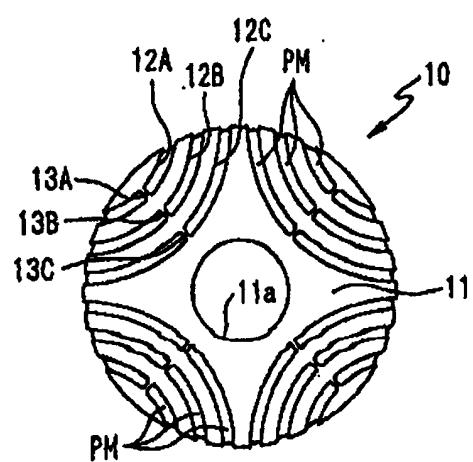


图 4

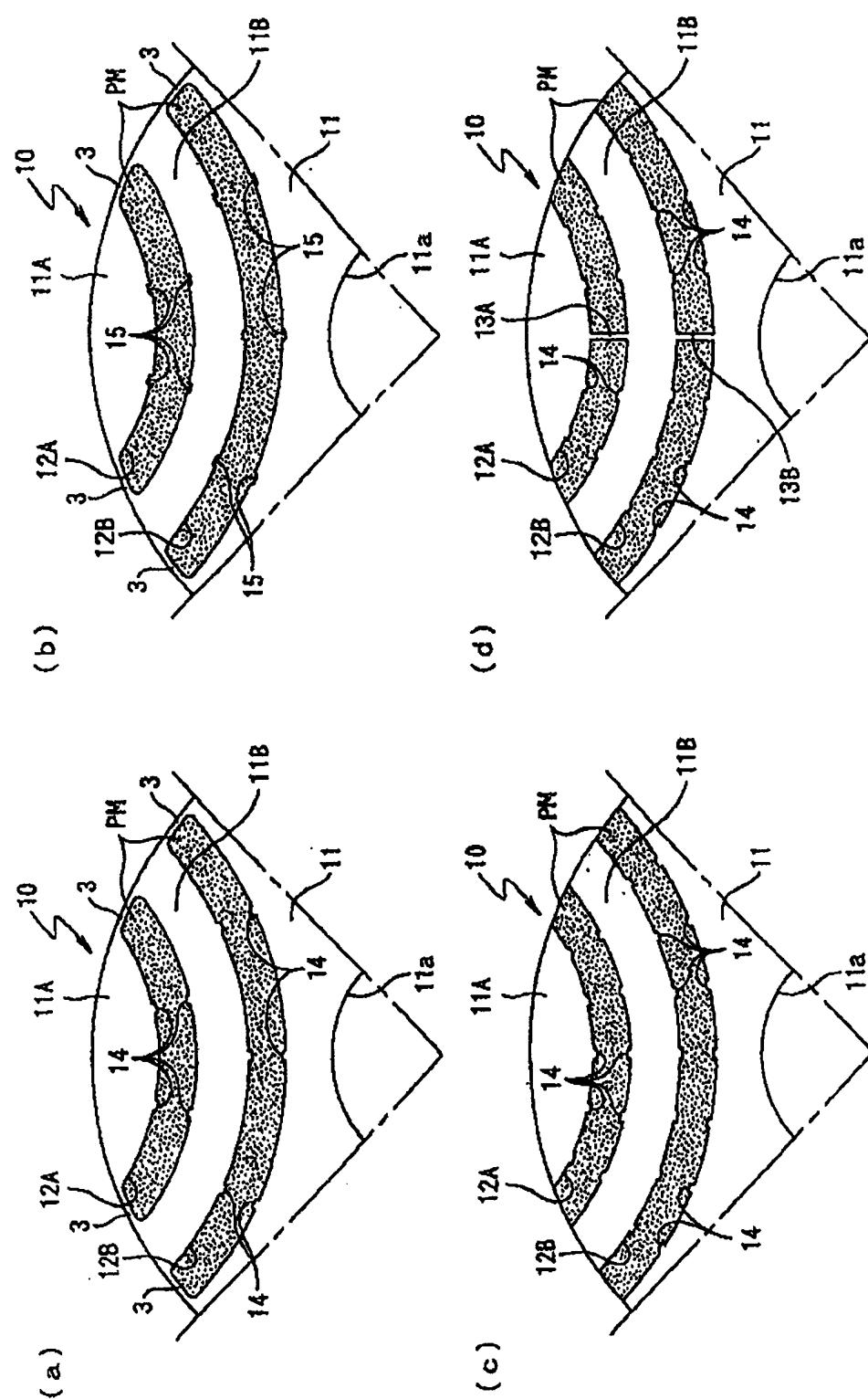


图 5

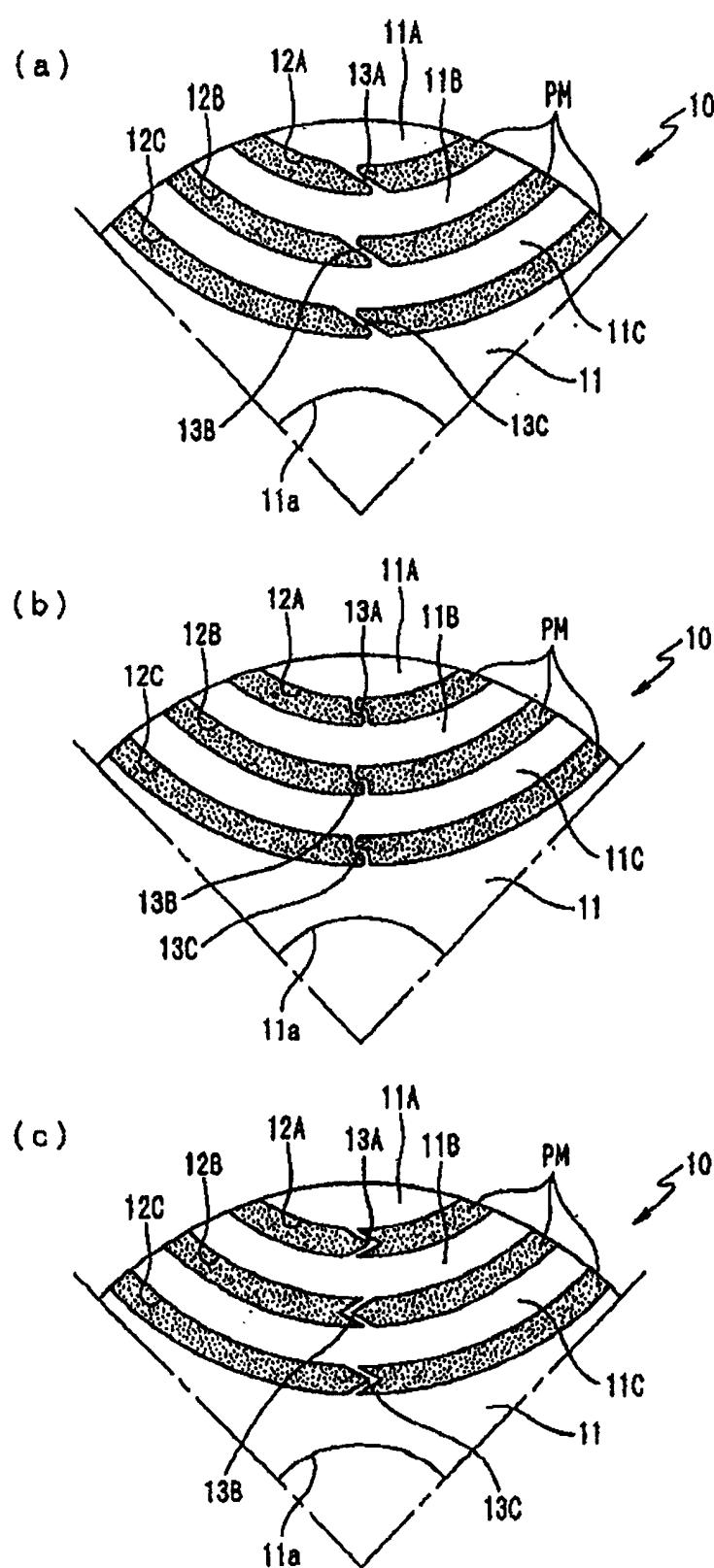


图 6

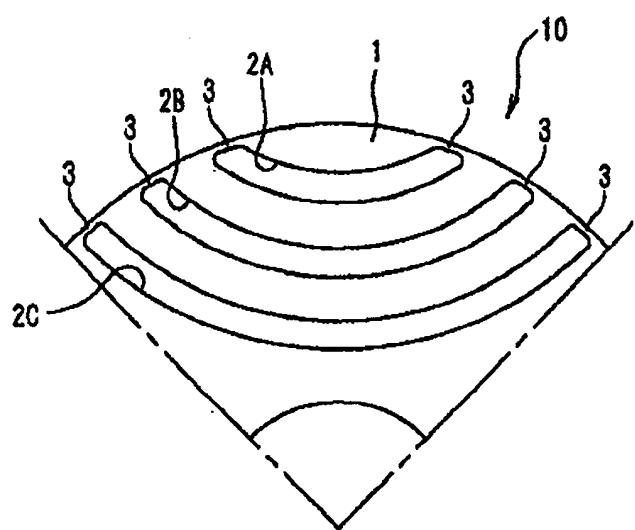


图 7

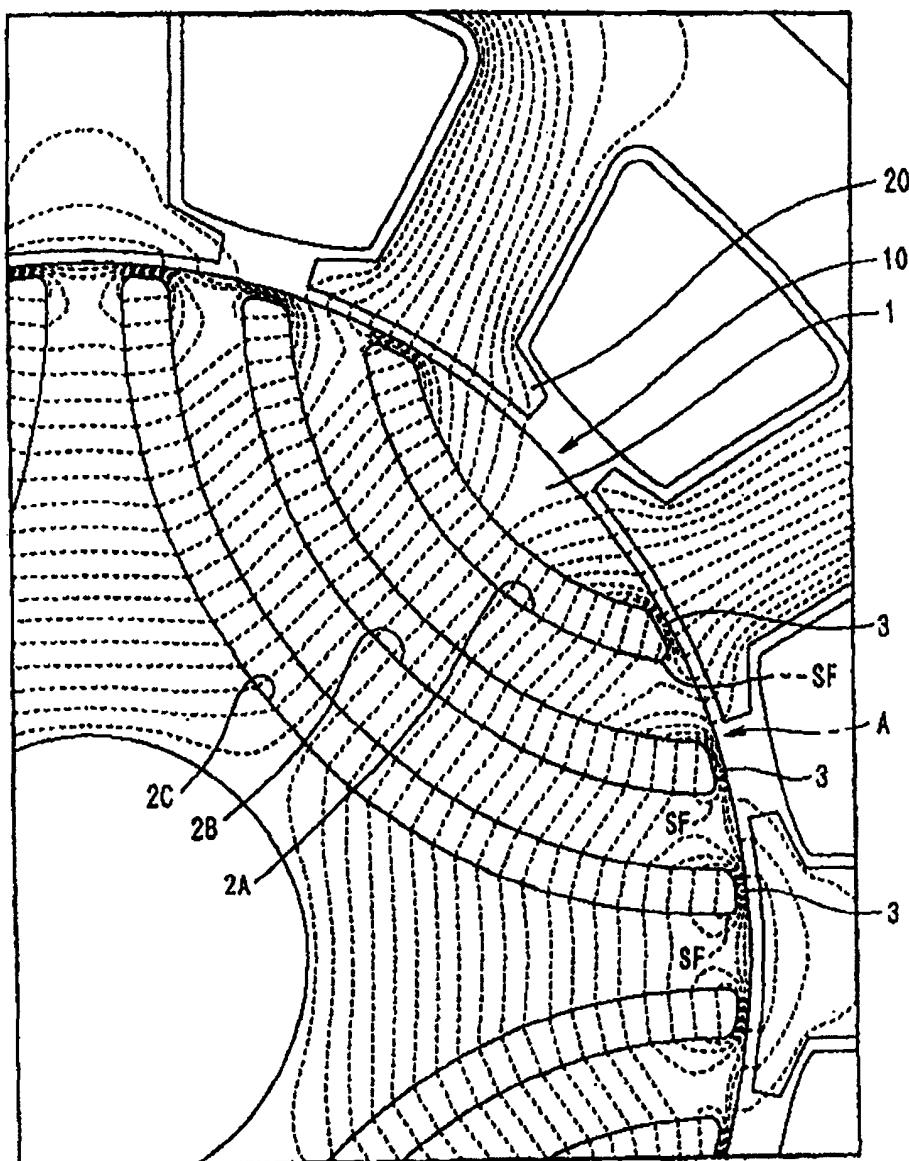


图 8

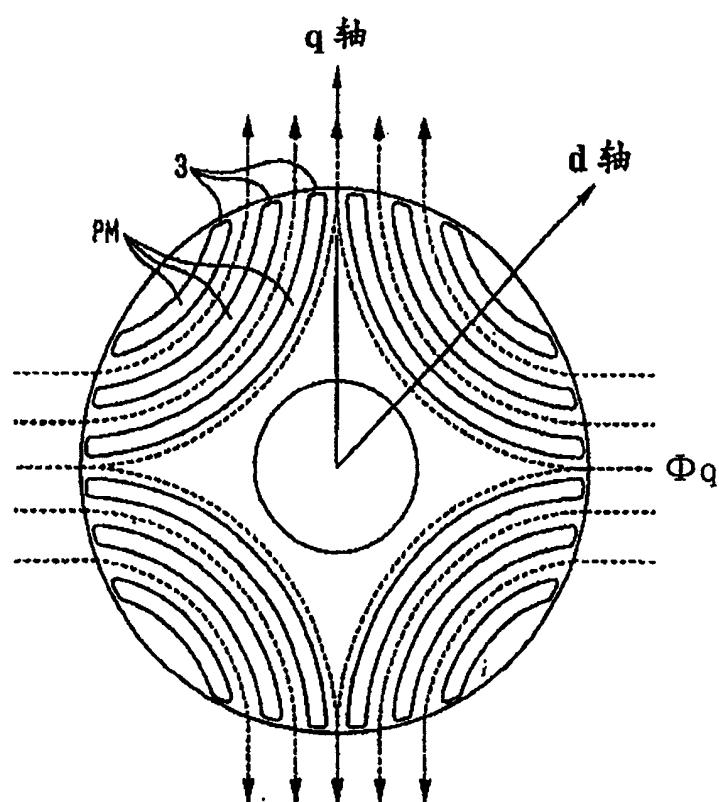


图 9

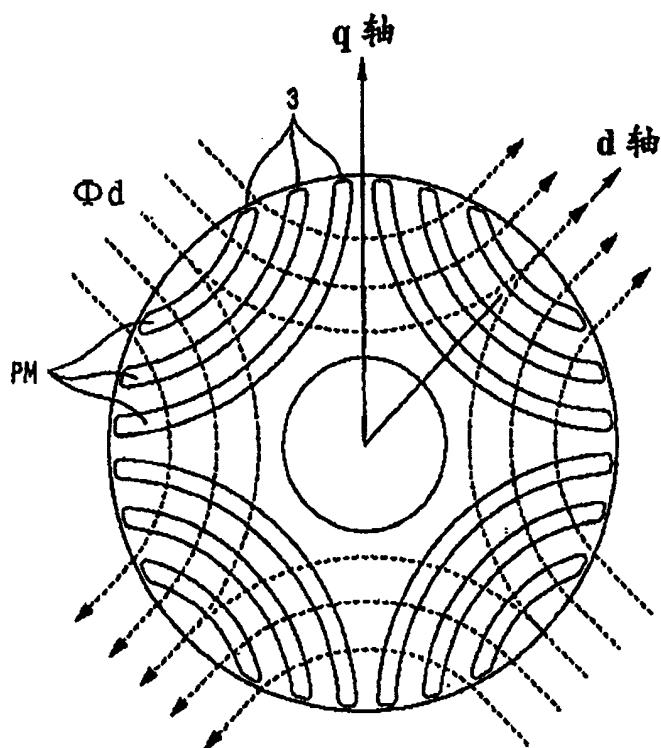


图 10