



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108462349 B

(45) 授权公告日 2021.08.27

(21) 申请号 201810150855.0

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2018.02.13

H02K 21/46 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108462349 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2018.08.28

JP H11146615 A, 1999.05.28

(30) 优先权数据

CN 106031002 A, 2016.10.12

15/438,023 2017.02.21 US

JP 2002272067 A, 2002.09.20

(73) 专利权人 路易斯·J·芬克尔

EP 1524755 A1, 2005.04.20

地址 美国加利福尼亚州

US 2013078123 A1, 2013.03.28

(72) 发明人 路易斯·J·芬克尔

US 2013278096 A1, 2013.10.24

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

审查员 钟路遥

公司 11227

代理人 高源 王艳江

权利要求书3页 说明书7页 附图14页

(54) 发明名称

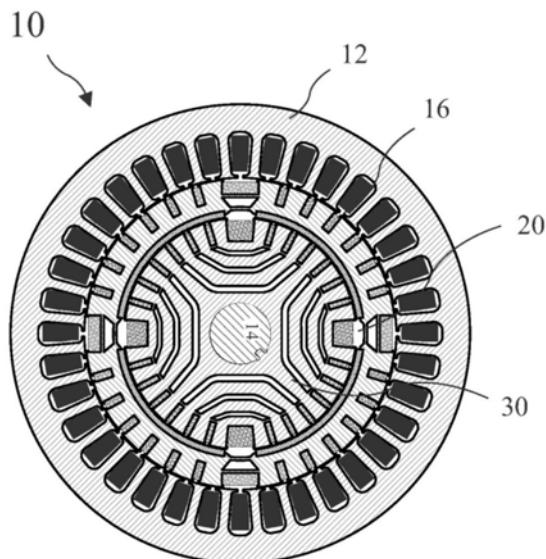
混合式鼠笼/永磁体马达

(57) 摘要

本发明提供了一种混合式鼠笼/永磁体马达，该混合式鼠笼/永磁体马达包括固定定子、独立旋转的外转子、以及固定至马达轴的内转子。外转子设计成具有低的惯性矩，并且包括成角度地间隔开的第一杆和位于外转子的外表面上的永磁体。内转子包括成角度地间隔开的第二杆和与第二杆对准的内部磁通壁垒。外转子初始通过旋转的定子磁场与第一杆的配合而加速。随着外转子朝向同步速度(RPM)加速，永磁体的旋转磁场与内转子的第二杆相配合以使内转子加速。在接近同步速度时，旋转的定子磁场穿过外转子并且进入内转子，从而联接两个转子以实现有效的永磁体运转。

B

CN 108462349



1. 一种混合式鼠笼/永磁体马达，包括：

马达壳体；

定子，所述定子固定至所述马达壳体并且产生旋转的定子磁场；

马达轴，所述马达轴可旋转地连接至所述马达壳体并且从所述马达壳体的至少一个端部伸出以用于附接至负载；

第一转子，所述第一转子定位成与所述马达轴同轴，所述第一转子旋转地、非机械地联接至所述马达轴而与所述马达轴一起旋转，并且所述第一转子包括：

第一转子芯；

感应元件，所述感应元件构造成与所述旋转的定子磁场相配合以在起动时提供扭矩；

永磁体，所述永磁体定位成径向地与所述感应元件成角度地对准，所述感应元件径向地位于所述永磁体与所述定子之间；以及

第二转子，所述第二转子旋转地固定至所述马达轴并且定位成与所述马达轴同轴，所述第一转子定位于所述定子与所述第二转子之间，并且所述永磁体定位成径向地朝向所述第二转子并与所述感应元件间隔开，所述第二转子包括：

第二转子芯；

成角度地间隔开的导电的第二鼠笼杆，所述导电的第二鼠笼杆嵌入所述第二转子芯中；以及

磁通壁垒，所述磁通壁垒位于所述第二转子芯内部，所述磁通壁垒在同步运转期间导引所述旋转的定子磁场通过所述第二转子芯；以及

所述第二转子和所述第一转子在同步运转时磁耦合。

2. 根据权利要求1所述的马达，其中，所述磁通壁垒是所述第二转子芯中的空隙。

3. 根据权利要求2所述的马达，其中，所述磁通壁垒是连接所述导电的第二鼠笼杆的内端部的凹形路径。

4. 根据权利要求1所述的马达，其中，所述感应元件包括嵌入所述第一转子芯的表面中的多个导电的成角度地间隔开的第一鼠笼杆。

5. 根据权利要求4所述的马达，其中，所述第一鼠笼杆包括多个成角度地间隔开的第一副鼠笼杆，所述多个成角度地间隔开的第一副鼠笼杆被分成N个第一组，所述第一组中的每一个第一组包括所述第一副鼠笼杆中的连续的第一副鼠笼杆，

所述第一组由N个成角度地间隔开的第一主鼠笼杆成角度地分隔开，所述第一主鼠笼杆中的一个第一主鼠笼杆将所述第一组中的连续第一组分隔开；以及

数目N等于所述马达的极数。

6. 根据权利要求4所述的马达，其中，所述第一鼠笼杆包括M个第一鼠笼杆；所述导电的第二鼠笼杆包括M个第二鼠笼杆。

7. 根据权利要求2所述的马达，其中，所述感应元件包括围绕所述第一转子的涡流环。

8. 根据权利要求7所述的马达，其中，所述涡流环是铜环。

9. 根据权利要求5所述的马达，其中，所述第二鼠笼杆包括多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆，所述多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆被分成N个第二组，所述第二组中的每一个第二组包括所述第二副鼠笼杆中的连续的第二副鼠笼杆，

所述第二组由N个成角度地间隔开的第二主鼠笼杆成角度地分隔开，所述第二主鼠笼

杆中的一个第二主鼠笼杆将所述第二组中的连续第二组分隔开。

10. 根据权利要求6所述的马达,其中,所述第一鼠笼杆能够在同步运转时和所述第二鼠笼杆对准。

11. 根据权利要求10所述的马达,其中,定子磁场线在同步运转期间被所述第一鼠笼杆中的连续的第一鼠笼杆和所述第二鼠笼杆中的连续的第二鼠笼杆分隔开。

12. 根据权利要求1所述的马达,其中,

所述第二鼠笼杆包括多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆,所述多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆被分成N个第二组,所述第二组中的每一个第二组包括所述第二副鼠笼杆中的连续的第二副鼠笼杆,

所述第二组由N个成角度地间隔开的第二主鼠笼杆成角度地分隔开,所述第二主鼠笼杆中的一个第二主鼠笼杆将所述第二组中的连续第二组分隔开;

所述永磁体包括N个成角度间隔开的磁体;以及

所述第二组中的每一个第二组能够在同步运转期间和所述永磁体中的一个永磁体成角度地对准。

13. 根据权利要求11所述的马达,其中,

所述第二鼠笼杆包括多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆,所述多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆被分成N个第二组,所述第二组中的每一个第二组包括所述第二副鼠笼杆中的连续的第二副鼠笼杆,

所述第二组由N个成角度地间隔开的第二主鼠笼杆成角度地分隔开,所述第二主鼠笼杆中的一个第二主鼠笼杆将所述第二组中的连续第二组分隔开;以及

所述N个第二组中的每一个第二组和N个永磁体中的一个永磁体成角度地对准。

14. 一种混合式鼠笼/永磁体马达,包括:

马达壳体;

定子,所述定子固定至所述马达壳体并且产生旋转的定子磁场;

马达轴,所述马达轴可旋转地连接至所述马达壳体并且从所述马达壳体的至少一个端部伸出以用于附接至负载;

第一转子,所述第一转子定位成与所述马达轴同轴,并且所述第一转子包括:

第一转子芯;

M个成角度地间隔开的导电的第一鼠笼杆,所述导电的第一鼠笼杆嵌入所述第一转子芯中;

永磁体,所述永磁体定位成径向地与所述第一鼠笼杆成角度地对准,所述第一鼠笼杆径向地位于所述永磁体与所述定子之间;以及

第二转子,所述第二转子旋转地固定至所述马达轴且定位成与所述马达轴同轴,所述第一转子定位在所述定子与所述第二转子之间并且非机械地联接至所述马达轴、所述第二转子和所述定子,所述永磁体定位成径向地朝向所述第二转子并与所述第一鼠笼杆间隔开,并且所述第二转子包括:

第二转子芯;

M个成角度地间隔开的导电的第二鼠笼杆,所述导电的第二鼠笼杆以成角度地间隔开的方式嵌入所述第二转子芯表面中,所述第一鼠笼杆和所述第二鼠笼杆能够在同步运转期

间对准；和

空隙，所述空隙在所述第二转子芯内部产生磁通壁垒，所述磁通壁垒包括连接所述导电的第二鼠笼杆的内端部的凹形路径并且在同步运转期间导引所述旋转的定子磁场通过所述第二转子芯；以及

所述第二转子和所述第一转子在同步运转时磁耦合。

15. 一种混合式鼠笼/永磁体马达，包括：

马达壳体；

定子，所述定子固定至所述马达壳体并且产生旋转的定子磁场；

马达轴，所述马达轴可旋转地连接至所述马达壳体并且从所述马达壳体的至少一个端部伸出以用于附接至负载；

第一转子，所述第一转子定位成与所述马达轴同轴，所述第一转子包括：

第一转子芯；

多个成角度地间隔开的第一副鼠笼杆，所述多个成角度地间隔开的第一副鼠笼杆嵌入所述第一转子芯中并且被分成等量的多组，这些组由嵌入所述第一转子芯中的第一主鼠笼杆成角度地分隔开，组的数目和第一主鼠笼杆的数目都等于所述马达的极数；

永磁体，所述永磁体定位成径向地与所述第一副鼠笼杆成角度地对准，所述第一副鼠笼杆径向地位于所述永磁体与所述定子之间；以及

第二转子，所述第二转子旋转地固定至所述马达轴并且定位成与所述马达轴同轴，所述第一转子定位于所述定子与所述第二转子之间并且非机械地旋转地联接至所述马达轴、所述第二转子和所述定子，并且所述永磁体定位成径向地朝向所述第二转子并与所述第一副鼠笼杆间隔开，所述第二转子包括：

第二转子芯；

多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆，所述多个成角度地间隔开的第二副鼠笼杆嵌入所述第二转子芯中并且被分成等量的多组，这些组由嵌入所述第二转子芯中的第二主鼠笼杆成角度地分隔开，组的数目和第二主鼠笼杆的数目都等于所述马达的极数；和

磁通壁垒，所述磁通壁垒位于所述第二转子芯内部，所述磁通壁垒包括连接所述第二副鼠笼杆的内端部的凹形路径并且在同步运转期间导引所述旋转的定子磁场通过所述第二转子芯；以及

所述第二转子和所述第一转子在同步运转时磁耦合。

混合式鼠笼/永磁体马达

技术领域

[0001] 本发明涉及电动马达，并且具体地涉及具有独立旋转的永磁体转子的感应马达，该独立旋转的永磁体转子可变地联接至感应转子，以重新构造马达使得从起动时的不同步感应运转变为起动之后用于高效运转的同步运转。

背景技术

[0002] 电动马达的优选形式是无刷交流(AC)感应马达。感应马达的转子包括在定子内部旋转的笼(或类似于“仓鼠轮”的鼠笼)。笼包括在转子的外周边上成角度地间隔开的轴向运行的杆。提供至定子的交流电流在转子内部引入旋转的定子磁场，并且旋转场以电感的方式感应杆中的电流。杆中感应的电流产生感应磁场，该感应磁场与定子磁场相配合以产生扭矩并且因此产生转子的旋转。

[0003] 在杆中引入电流要求杆不与旋转的定子磁场同步地移动(或旋转)，这是因为电磁感应要求在磁场与场中的导体之间存在相对运动(称为打滑)。因此，转子必须相对于旋转的定子磁场滑动以感应杆中的电流进而产生扭矩，并且因此感应马达被称为异步马达。

[0004] 令人遗憾的是，低功率感应马达在设计的运转速度方面效率不高，并且在减小的负载方面效率甚至更低，这是因为由定子消耗的功率量在这样的减小负载的情况下保持恒定。

[0005] 提高感应马达效率的一种方法是将永磁体添加至转子。马达最初以与典型感应马达相同的方式起动，但是随着马到达达其运转速度，定子磁场与永磁体相配合以进入同步运转。令人遗憾的是，永磁体在尺寸方面受到限制，这是因为如果永磁体太大，则永磁体会阻止马达起动。这种尺寸限制限制了从添加永磁体所获得的益处。

[0006] 于2014年1月9日由本申请人提交的序列号为14/151,333的美国专利申请公开了一种电动马达，该电动马达具有外定子、内转子和自由自旋的外转子，其中，内转子包括杆并且固定至马达轴，自由自旋的外转子包括永磁体和杆并且位于内转子与定子之间。在起动时，旋转的定子磁场使自由自旋的外转子加速，并且在加速之后，自由自旋的外转子的永磁体加速并且随后与内转子锁定以实现高效永磁体运转。

[0007] 14/151,333美国申请的设计适用于一些马达设计，但是在其他设计中，内转子的表面上的表面效应降低了内转子与旋转磁场的联接。

发明内容

[0008] 本发明通过提供一种混合式感应马达解决了以上及其他需求，该混合式感应马达包括固定定子、独立旋转的外转子、以及固定至马达轴的内转子。外转子被设计成具有低的惯性矩，并且外转子包括成角度地间隔开的第一杆和位于外转子的外表面上的永磁体。内转子包括成角度地间隔开的第二杆和与第二杆对准的内部磁通壁垒。外转子初始通过旋转的定子磁场与第一杆的配合而加速。随着外转子朝向同步速度(RPM)加速，永磁体的旋转磁场与内转子的第二杆相配合以使内转子加速。在接近同步速度时，旋转的定子磁场穿过外

转子并进入内转子,从而联接两个转子以实现有效的永磁体运转。

[0009] 根据本发明的一个方面,提供了一种混合式感应马达,该混合式感应马达包括固定定子、独立旋转的混合式永磁体/鼠笼(HPMSC)外转子、以及固定至马达轴的鼠笼(SC)内转子。HPMSC外转子具有靠近HPMSC外转子的外表面的多个成角度地间隔开的第一杆、以及位于HPMSC外转子的内表面上的多个永磁体。SC内转子具有靠近SC内转子的外表面的多个成角度地间隔开的第二杆、以及与位于转子层压件中的第二杆对准的磁通壁垒。磁通壁垒以同步速度通过HPMSC外转子和SC内转子建立了定子磁通线,以将HPMSC外转子与SC内转子联接。

[0010] HPMSC外转子初始通过旋转的定子磁场与第一杆的配合而加速。一旦HPMSC外转子旋转时,永磁体在与第二杆配合的SC内转子中产生旋转磁场,以使SC内转子加速。随着HPMSC外转子朝向同步速度(RPM)加速,定子磁场穿过HPMSC外转子并且与永磁体相配合,并且进入SC内转子中,从而将HPMSC外转子和SC内转子联接,以转换至同步运转。

[0011] 根据本发明的再一方面,提供了一种具有比已知的异步起动永磁体(LSPM)更强的永磁体的马达。已知的LSPM马达受由永磁体引起的制动和脉动扭矩的限制。HPMSC外转子的第一杆和磁体是轻质的,并且HPMSC外在起动时与马达轴和负载断开联接,从而允许比已知的LSPM马达的永磁体更强的永磁体。更强的永磁体提供了改进的效率。

[0012] 根据本发明的再一方面,提供了一种马达,该马达使HPMSC外转子的外杆与SC内转子的内杆对准。旋转的定子磁场的磁场线以同步速度在对准的杆之间穿过并且进入SC内转子,以将HPMSC外转子与SC内转子联接。

[0013] 根据本发明的另一方面,提供了一种马达,该马达使HPMSC外转子的多个较大的鼠笼杆与HPMSC外转子的较小的鼠笼杆混合。较大的杆改善了HPMSC外转子的结构强度。

[0014] 根据本发明的另一方面,提供了一种根据本发明的方法。该方法包括向定子提供电流,产生旋转的定子磁场,旋转的定子磁场与HPMSC外转子的鼠笼感应配合,旋转的定子磁场使HPMSC外转子加速,HPMSC外转子的永磁体产生旋转的永磁体磁场,旋转的永磁体磁场与SC内转子的鼠笼感应配合,旋转的定子磁场使SC外转子加速,HPMSC外转子和SC内转子接近同步速度,以及HPMSC外转子和SC内转子以同步速度磁耦合。

[0015] 根据本发明的再一方面,提供了一种根据本发明的包括混合式永磁体磁滞(HPMH)外转子的混合式感应马达。涡流环(或磁滞)感应起动元件取代HPMSC外转子的鼠笼以提供初始起动扭矩。一旦HPMH外转子到达同步速度,感应起动元件对马达运转无影响。涡流环可以是将用于起动元件的潜在材料的任何导电材料,并且通常是硬铬或钴钢,但也可以是任何非铁材料。用于本发明的HPMH外转子环的优选材料是由于其高导电性而有效的铜。银的性能稍高于具有较高导电性的铜,并且铝的性能低于具有较低导电性的铜。潜在地,新的纳米技术和一类新的高导电材料可以提供比铜更好的性能。

附图说明

[0016] 结合以下附图所提出的本发明的更具体的描述,本发明的以上及其他方面、特征和优点将更加明显,在附图中:

[0017] 图1A示出了根据本发明的具有独立旋转的混合式永磁体/鼠笼(HPMSC)外转子和固定地联接至马达轴的鼠笼(SC)内转子的电动马达的端视图。

[0018] 图1B示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的鼠笼(SC)内转子的电动马达的侧视图。

[0019] 图2示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达沿着图1B的线2-2截取的截面图。

[0020] 图3示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达沿着图1A的线3-3截取的截面图。

[0021] 图4示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达的壳体和固定的定子部分沿着图1B的线2-2截取的截面图。

[0022] 图5示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达的壳体和固定的定子部分沿着图4的线5-5截取的截面图。

[0023] 图6示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达的独立旋转的HPMSC外转子沿着图1B的线2-2截取的截面图。

[0024] 图7示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达的独立旋转的HPMSC外转子沿着图6的线7-7截取的截面图。

[0025] 图8示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达的SC内转子沿着图1B的线2-2截取的截面图。

[0026] 图9示出了根据本发明的具有独立旋转的HPMSC外转子和固定地联接至马达轴的SC内转子的电动马达的SC内转子沿着图8的线9-9截取的截面图。

[0027] 图10示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的截面图。

[0028] 图10A示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的定子的截面图。

[0029] 图10B示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的混合式感应/永磁体外转子的截面图。

[0030] 图10C示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的内感应转子的截面图。

[0031] 图11A示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达在起动时的磁场线。

[0032] 图11B示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达在同步速度下的磁场线。

[0033] 图12A示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的除定子之外的两极实施方式在同步速度下的磁场线。

[0034] 图12B示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的除定子之外的四极实施方式在同步速度下的磁场线。

[0035] 图12C示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的除定子之外的六极实施方式在同步速度下的磁场线。

[0036] 图12D示出了根据本发明的具有混合式感应/永磁体外转子的第六实施方式的马达的除定子之外的八极实施方式在同步速度下的磁场线。

[0037] 图13示出了根据本发明的方法。

- [0038] 图14示出了本发明的包括混合式永磁体磁滞(HPMH)外转子的实施方式的截面图。
- [0039] 图15A是本发明的包括HPMH外转子的实施方式的截面侧视图。
- [0040] 图15B是本发明的包括HPMH外转子的实施方式的分解截面侧视图。
- [0041] 图16是根据本发明的HPMH外转子的截面侧视图。
- [0042] 图17是根据本发明的第二SC内转子的截面侧视图。
- [0043] 贯穿附图的若干视图,对应的附图标记表示对应的部件。

具体实施方式

[0044] 以下描述是目前为执行本发明而构思出的最佳模式。该描述不应视为是限制性的,而仅是为了描述本发明的一个或更多个优选实施方式的目的。本发明的范围应当参照权利要求来确定。

[0045] 术语“非机械地联接”在本文中用于描述第一结构通过轴承连接至第二结构,并且在第一结构与第二结构之间不存在其他机械/材料连接。然而,结构可以是磁耦合的,该磁耦合在本专利申请中不被认为是机械联接。

[0046] 图1A中示出了根据本发明的具有独立旋转的混合式永磁体/鼠笼(HPMSC)外转子20和固定地联接至马达轴14的鼠笼(SC)内转子30的电动马达10的端视图,并且图1B中示出了电动马达10的侧视图。图2中示出了电动马达10沿着图1B的线2-2截取的截面图,并且图3中示出了电动马达10沿着图1A的线3-3截取的截面图。电动马达10包括:壳体12;定子部分16,该定子部分16固定地联接至壳体12;独立旋转的HPMSC外转子20,该独立旋转的HPMSC外转子20架在轴承29(参见图7)上;以及SC内转子30,该SC内转子30固定至马达轴14。HPMSC外转子20通过轴承安装至马达轴14并且HPMSC外转子20非机械地联接至马达轴14以与马达轴14一起旋转。

[0047] 图4中示出了电动马达10的壳体12和固定的定子部分16沿着图1B的线2-2截取的截面图,并且图5中示出了壳体12和固定的定子部分16沿着图4的线5-5截取的截面图。固定的定子绕组18位于定子芯19中。定子绕组18在提供有交流(AC)信号时产生旋转的定子磁场。壳体12包括用于承载轴14的轴承13。

[0048] 图6中示出了独立旋转的HPMSC外转子20沿着图1B的线2-2截取的截面图,并且图7中示出了独立旋转的HPMSC外转子20沿着图6的线7-7截取的截面图。HPMSC外转子20包括在HPMSC外转子20的内侧上成角度地间隔开的永磁体22以及成角度地间隔开的第一杆26a和26b,所述第一杆26a和26b定位成靠近HPMSC外转子20的嵌入芯(或层压件)23中的外表面。HPMSC外转子20可以包括任意偶数个永磁体22,例如两个、四个、六个、八个等永磁体22(参见图12A至图12D)。在永磁体22之间存在位于转子芯23中的非铁空隙24。空隙24是气隙或非铁材料用以提供磁通壁垒,如果铁质材料存在于磁体22之间,则磁通将涡旋回到磁体22,从而使返回到磁体22的大部分磁通线短路。芯23优选地为层叠芯,并且芯23的形成芯23的薄层压件23a可能导致磁通泄漏。在保持转子芯层压件23的机械完整性的同时,层压件23a的厚度优选地被优化以使泄漏降至最低。杆26a和26b优选为均匀地成角度地间隔开。磁体22优选为结合至转子芯23的内侧表面的钕磁体。

[0049] HPMSC外转子20可以仅包括副杆26a,但是优选地还包括提供结构强度的较大的主杆26b。主杆26b优选地在永磁体22之间成角度地定位(即,可以沿径向间隔开),并且主杆

26b的数目优选地与磁体22的数目相同。空隙24优选地位于主杆26b的下方。杆26a和26b优选地由轻质材料例如铝制成。磁体22也优选地由轻质材料制成，并且优选地是稀土磁体，从而对于给定的磁体强度允许更轻的重量。杆26a和26b以及磁体22的轻量化减小了HPMSC外转子20的惯性矩，从而允许HPMSC外转子20克服由永磁体22引起的制动和脉动扭矩，从而允许相比于LSPM马达的更强的永磁体22和更高的效率。可以对杆26a和26b阻力与转子芯23饱和度之间的平衡进行优化，并且杆26a和26b的形状、数目和尺寸可以对性能例如马达起动具有很大影响。

[0050] 转子端盖28附接至HPMSC外转子20的相反两端，并且包括允许HPMSC外转子20在马达轴14上自由旋转的轴承29。轴承29优选为低摩擦轴承（例如，球轴承或滚子轴承），但是也可以简单地为套管（例如，青铜套管、石油套管或Kevlar®套管）。HPMSC外转子20非机械地联接至SC内30或马达轴14以便随时与SC内30或马达轴14一起旋转。

[0051] 图8中示出了电动马达10的SC内转子30沿着图1B的线2-2截取的截面图，并且图9中示出了电动马达10的SC内转子30沿着图8的线9-9截取的截面图。SC内转子30固定至马达轴14并且与HPMSC外转子20相配合，以便以同步的速度将HPMSC外转子20磁耦合至马达轴14。第二副杆32a和主杆32b位于第二转子芯（或层压件）36中。杆32a和32b不一定要均匀成角度地间隔开，而是优选地均匀成角度地间隔开。主杆32b为SC内转子30添加结构强度并且帮助引导磁通线50（参见图11B）。

[0052] 图10中示出了马达10的详细截面图，图10A中示出了马达10的定子16的截面图，图10B中示出了马达10的HPMSC外转子20的截面图，并且图10C中示出了马达10的SC内转子30的截面图。定子16包括位于层叠件19中且产生旋转的定子磁场的定子绕组18。

[0053] HPMSC外转子20通过轴承29（参见图7）旋转地联接至马达轴并且HPMSC外转子20包括副鼠笼杆26a和主鼠笼杆26b，杆26a和26b嵌入层压件23中。永磁体22位于HPMSC外转子20的面向SC内转子30的内表面上。

[0054] SC内转子30包括副杆32a和主杆32b。磁通壁垒38遵循通过层压件36的凹形路径，并且磁通壁垒38的外端部与副杆32a大致对准。副杆32a和主杆32b两者都略微凹入到层压件36中。

[0055] 图11A中示出了介于定子绕组18与杆26a和26b之间的在马达10起动时的磁场线42a以及介于永磁体22与杆32a和32b之间的在马达10刚起动之后的磁场线42b。磁场线42a是由杆26a和26b相对于旋转的定子磁场的滑动造成的。磁场线42a在起动时立即出现，这是因为HPMSC外转子20在起动时是静止的并且在静止的HPMSC外转子20与旋转的定子磁场之间存在滑动。滑动导致杆26中的电流通过磁感应而产生，并且电流在HPMSC外转子20上产生扭矩以使HPMSC外转子20加速。

[0056] 起动后不久，随着HPMSC外转子20开始旋转时，在HPMSC外转子20的永磁体22与SC内转子30的杆32a和32b之间产生滑动，从而产生磁场线42b。马达10的重要特征在于，磁场线42b在起动时不立即出现，这是因为该磁场线42b将HPMSC外转子20旋转地联接至SC内转子，从而产生对HPMSC外转子20的加速的阻力。这样的阻力可以阻止HPMSC外转子20克服由已知的LSPM马达中的永磁体引起的制动和脉动扭矩，并且限制了永磁体22的强度，从而限制了马达10的效率。因此，马达10是自动调节的，马达10仅在HPMSC外转子20已经克服制动和脉动扭矩之后，才将HPMSC外转子20联接至SC内转子30和马达轴14。

[0057] 图11B中示出了介于定子绕组18与永磁体22之间并且进一步穿过马达10的SC内转子130的在同步速度下的磁场线50。在同步速度下,在旋转的定子磁场与杆26a和26b、杆32a和32b之间没有滑动,并且因此在旋转的定子磁场与杆26a和26b、杆32a和32b之间没有电气配合。旋转的定子磁场现在与永磁体22完全配合,并且通过磁通壁垒38导引通过SC内转子。由于磁场线抵抗。

[0058] 图12A中示出了马达10的除定子16之外的两极实施方式的磁场线,图12B中示出了马达10的除定子16之外的四极实施方式的磁场线,图12C中示出了马达10的除定子16之外的六极实施方式的磁场线,并且图12D示出了马达10的除定子16之外的八极实施方式的磁场线。

[0059] 图13中示出了根据本发明的方法。该方法包括在步骤100中向定子提供电流,在步骤102中产生旋转的定子磁场,在步骤104中旋转的定子磁场与HPMSC外转子的鼠笼感应配合,在步骤106中旋转的定子磁场使HPMSC外转子加速,在步骤108中HPMSC外转子的永磁体产生旋转的永磁体磁场,在步骤110中旋转的永磁体磁场与SC内转子的鼠笼感应配合,在步骤112中旋转的定子磁场使SC外转子加速,在步骤114中HPMSC外转子和SC内转子接近同步速度,并且在步骤116中HPMSC外转子和SC内转子以同步速度磁耦合。该方法的重要特征是HPMSC外转子不联接至SC内转子直到HPMSC外转子旋转为止,并且因此可以克服限制LSPM马达中的永磁体强度的制动和脉动扭矩。

[0060] 对具有HPMSC外转子和SC内转子的混合式电动马达进行了描述。HPMSC外转子包括嵌入第一转子芯中的第一导电鼠笼杆以及位于第二转子芯的内表面上的多个永磁体,HPMSC外转子位于定子与SC内转子之间并且与马达轴同轴,并且HPMSC外转子在任何运转期间非机械地联接至马达轴以与马达轴一起旋转。SC内转子固定至马达轴,SC内转子定位成与马达轴同轴并且具有第二转子芯、嵌入第二转子芯中的第二导电鼠笼杆、以及以同步速度导引旋转的定子磁场通过SC内转子的磁通壁垒。本领域技术人员将认识到此处未描述的具有不同数目的磁体、杆和磁通壁垒的其他实施方式,但是所有的其他实施方式均依赖于此处所公开的原理,并且那些实施方式意在落入本发明的范围内。

[0061] 图14中示出了本发明的包括混合式永磁体磁滞(HPMH)外转子20'的第二混合式感应马达10'的截面图。感应起动元件是取代HPMSC外转子20(参见图6)的鼠笼杆26a和26b用以提供初始起动扭矩的涡流(或磁滞)环60(参见图16)。SC内转子的主鼠笼杆32b不是必需的,并且该主鼠笼杆32b在混合式感应马达10'中未示出。除此之外,混合式感应马达10'类似于混合式感应马达10。

[0062] 图15A中示出了包括HPMH外转子的混合式感应马达10'的截面侧视图,并且图15B中示出了包括HPMH外转子的混合式感应马达10'的分解截面侧视图。

[0063] 图16中示出了根据本发明的HPMH外转子的截面侧视图,其示出了涡流环60。一旦HPMH外转子20'达到同步速度,涡流环60对马达的运转没有影响。涡流环60可以是会用于起动元件的潜在材料的任何导电材料,并且涡流环60通常是硬铬或钴钢,但也可以是任何非铁材料。用于本发明的HPMH外转子环的优选材料是由于其高导电性而有效的铜。银的性能高于具有较好导电性的铜,并且铝的性能低于具有较低导电性的铜。潜在地,新的纳米技术和一类新的高导电材料可以提供比铜更好的性能。

[0064] 图17中示出了第二SC内转子30'的截面侧视图。SC内转子30'未示出可能存在但不

是必需的主鼠笼杆32b。除此之外,SC内转子30' 类似于SC内转子30。

[0065] 尽管已经借助于本发明的具体实施方式和应用对本文所公开的本发明进行了描述,但是本领域技术人员可以在不背离权利要求中阐述的本发明的范围的情况下对本发明做出许多修改和变化。

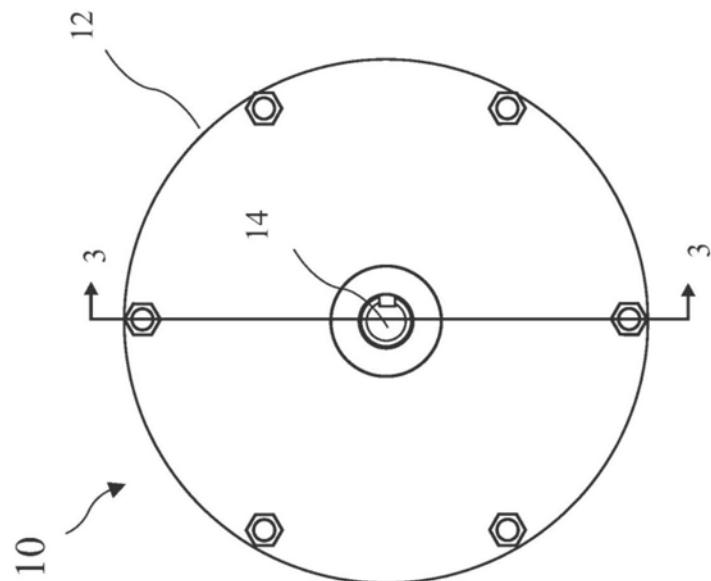


图1A

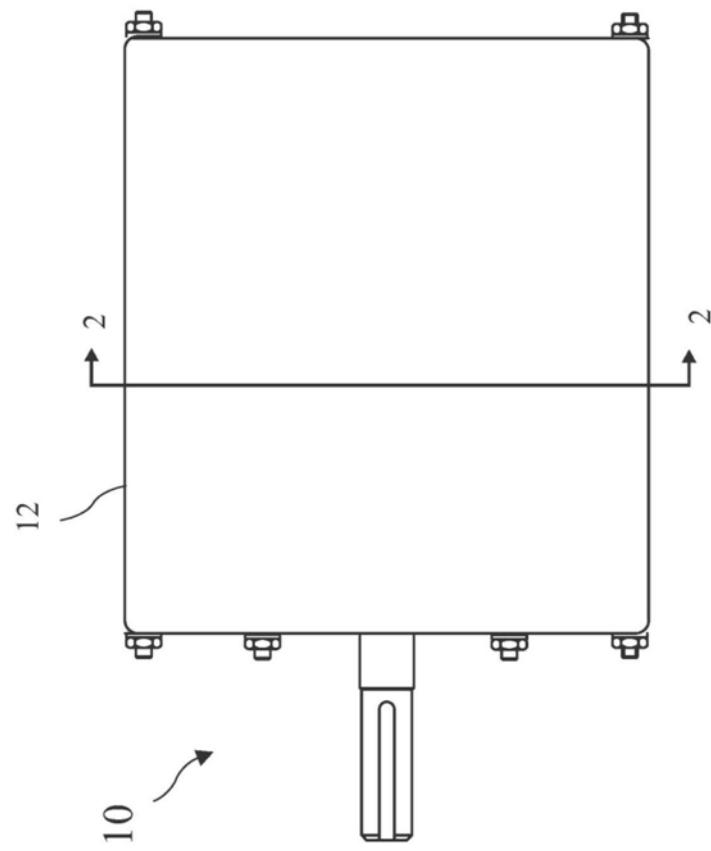


图1B

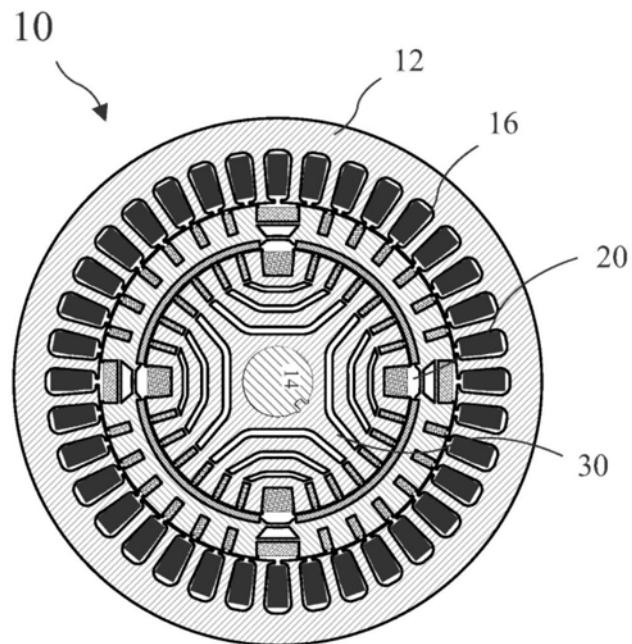


图2

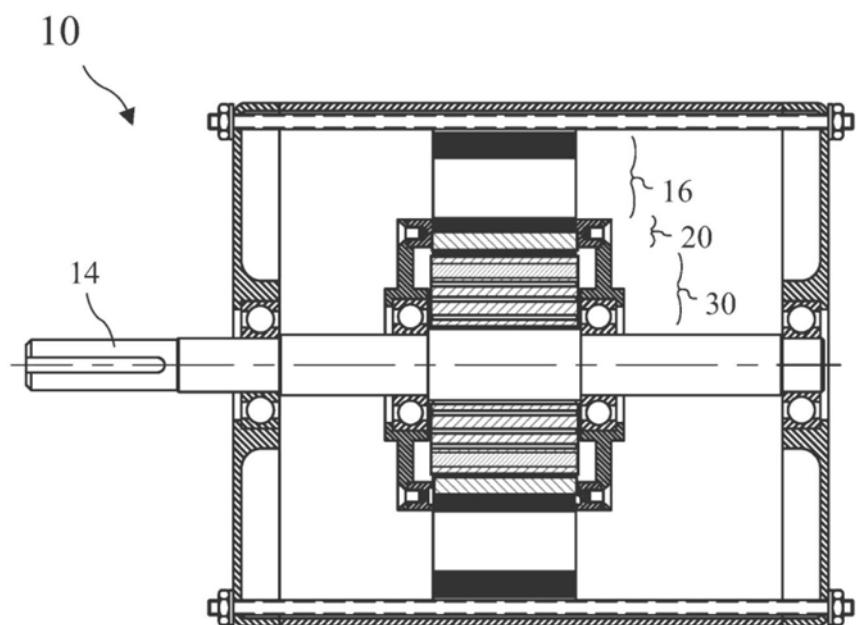


图3

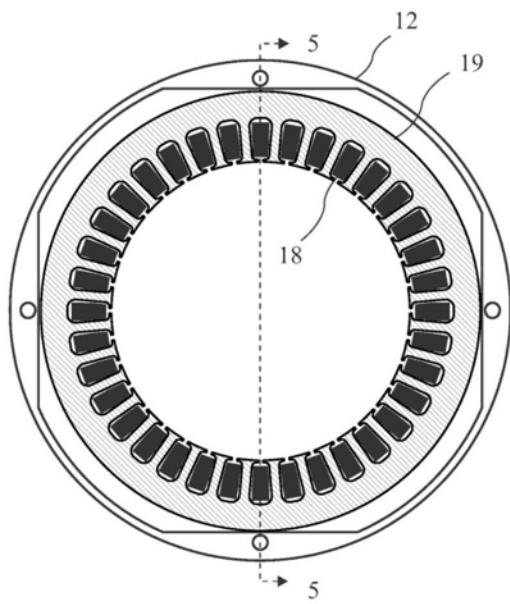


图4

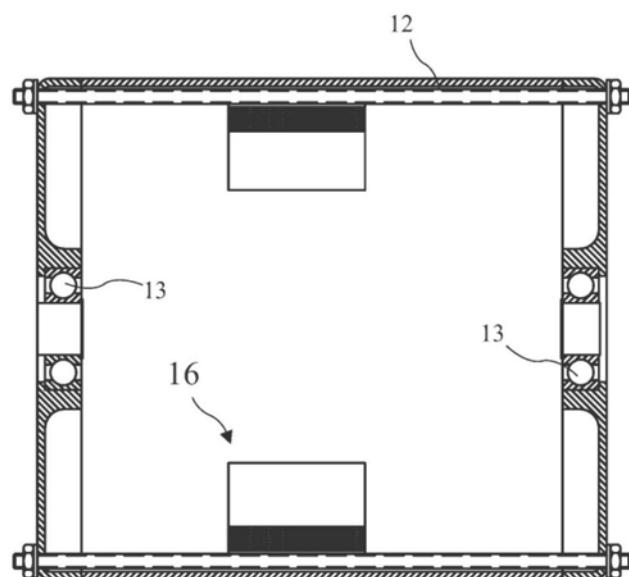


图5

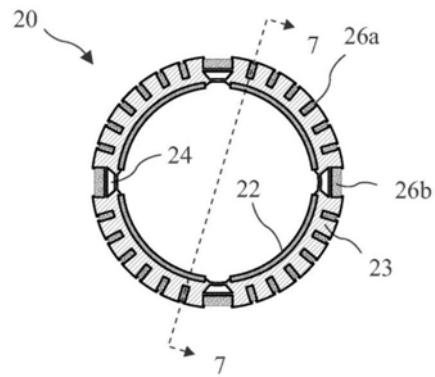


图6

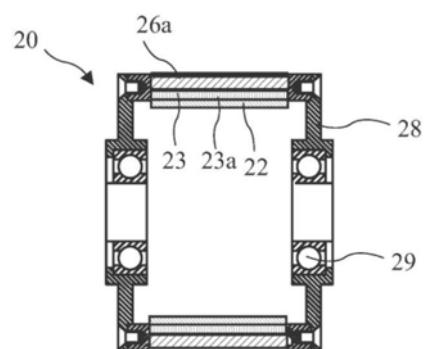


图7

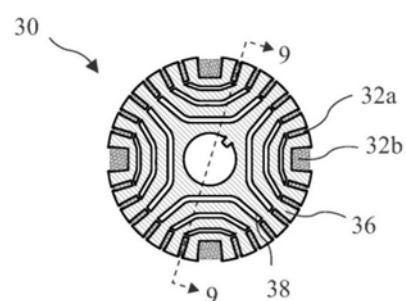


图8

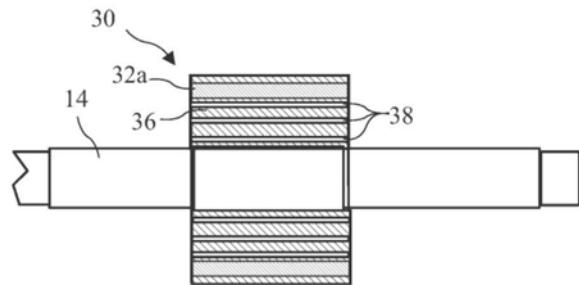


图9

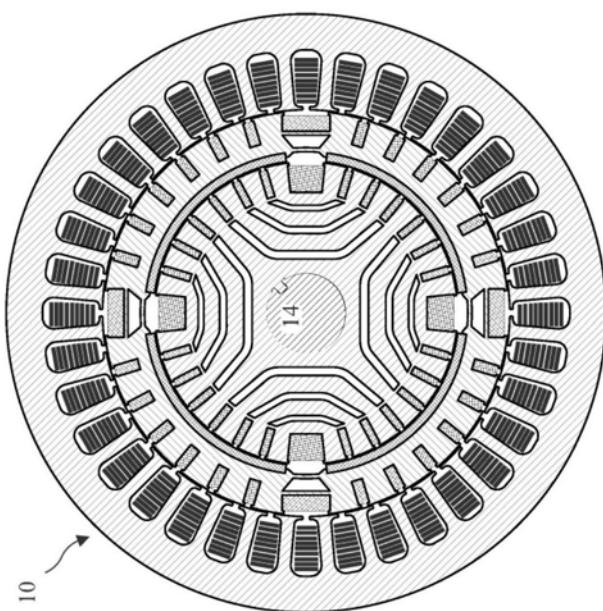


图10

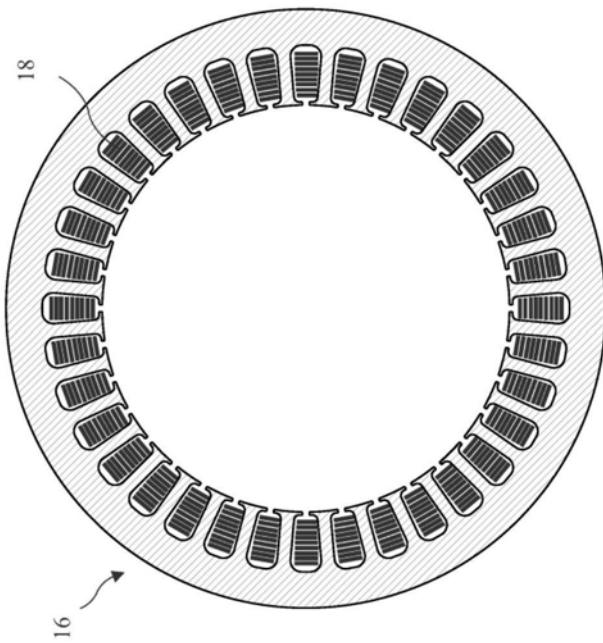


图10A

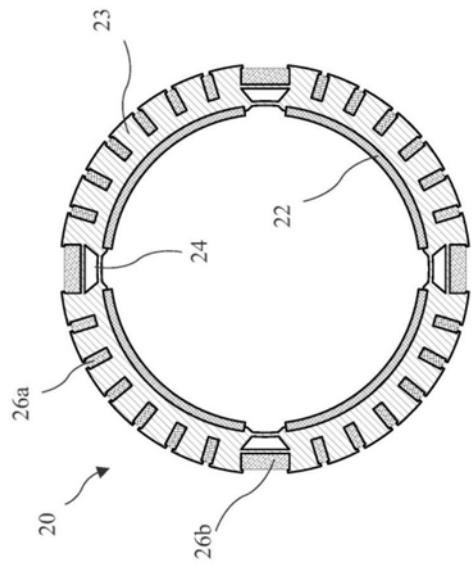


图10B

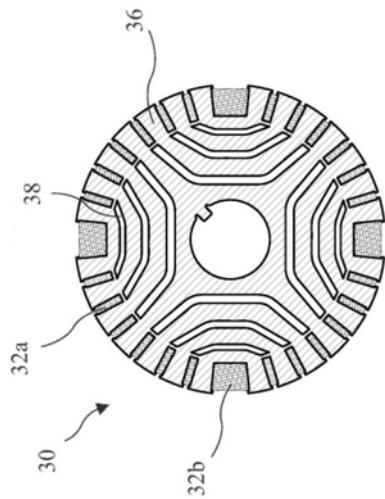


图10C

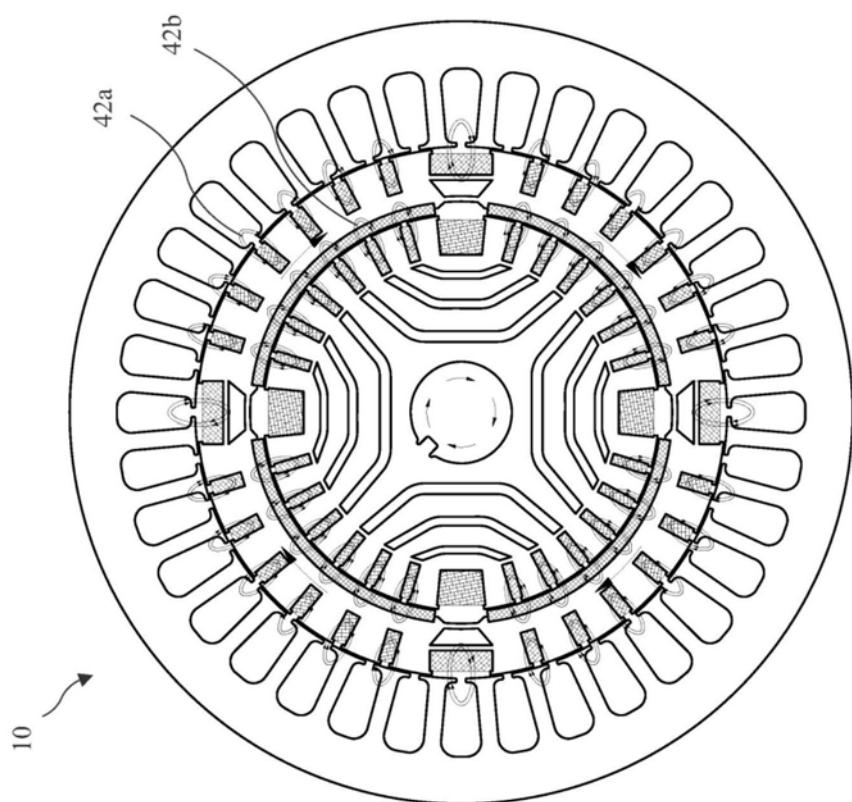


图11A

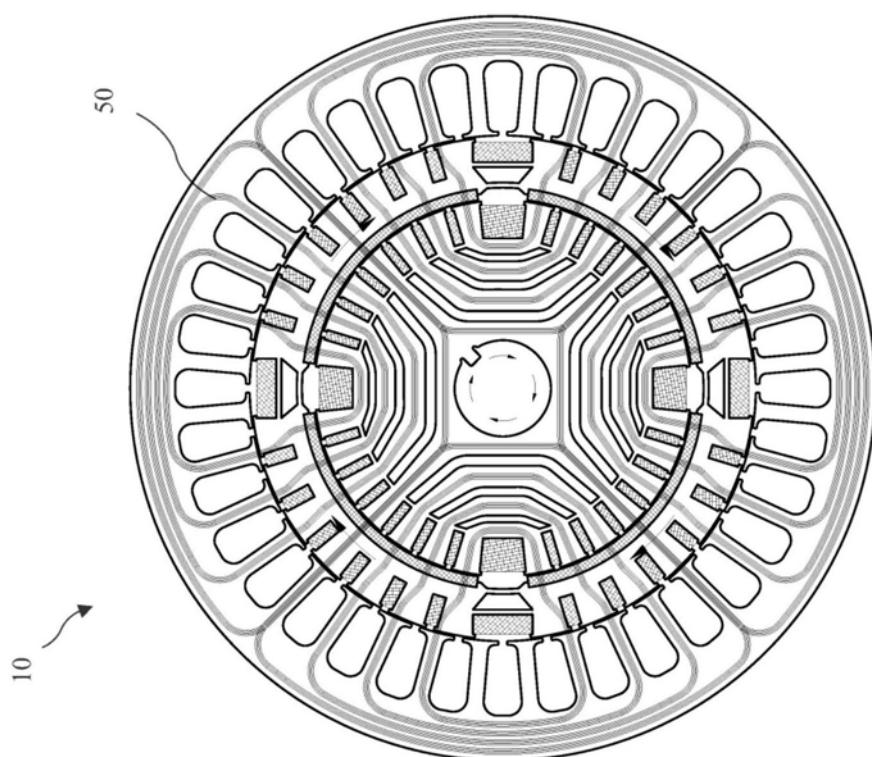


图11B

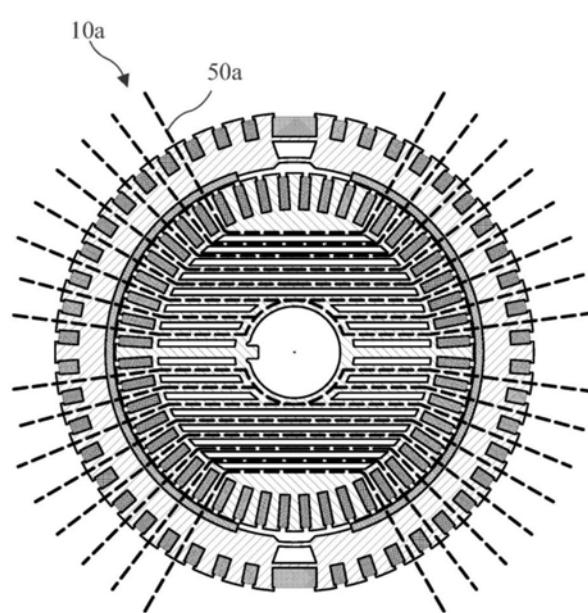


图12A

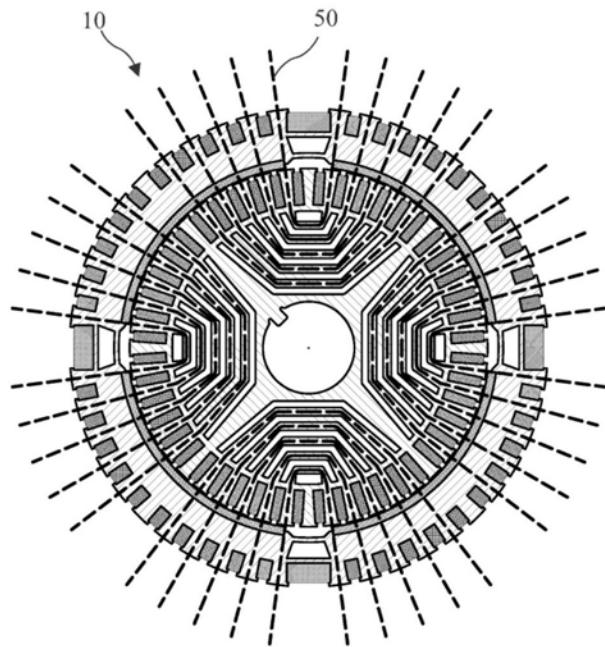


图12B

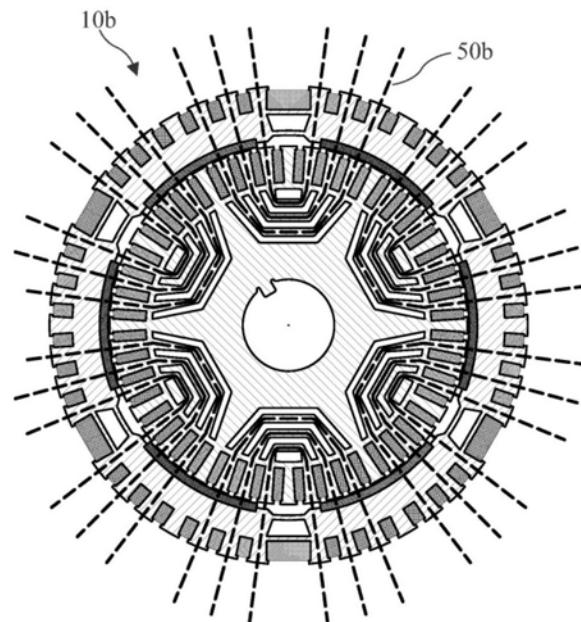


图12C

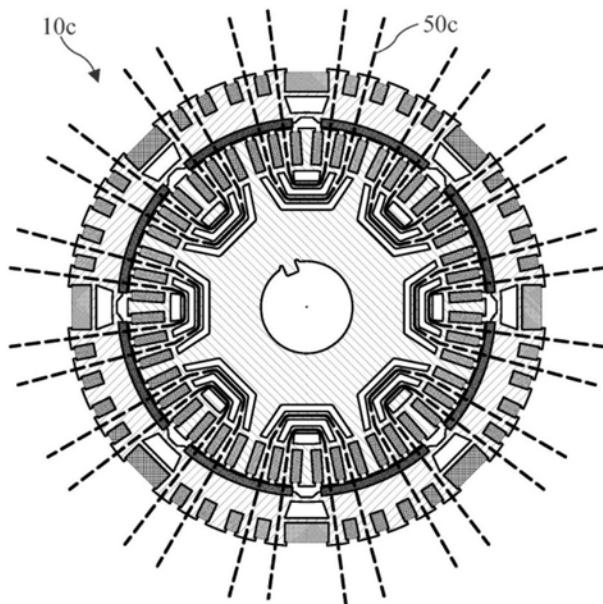


图12D

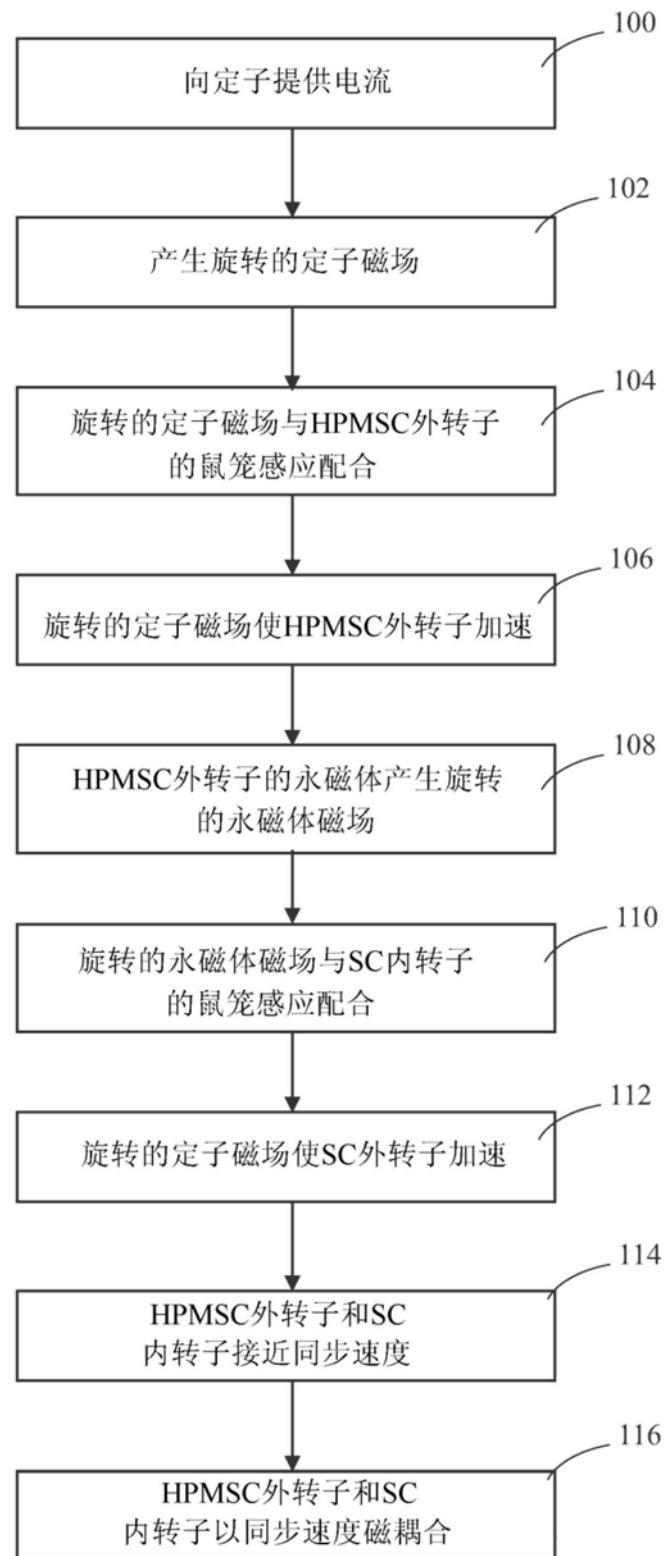


图13

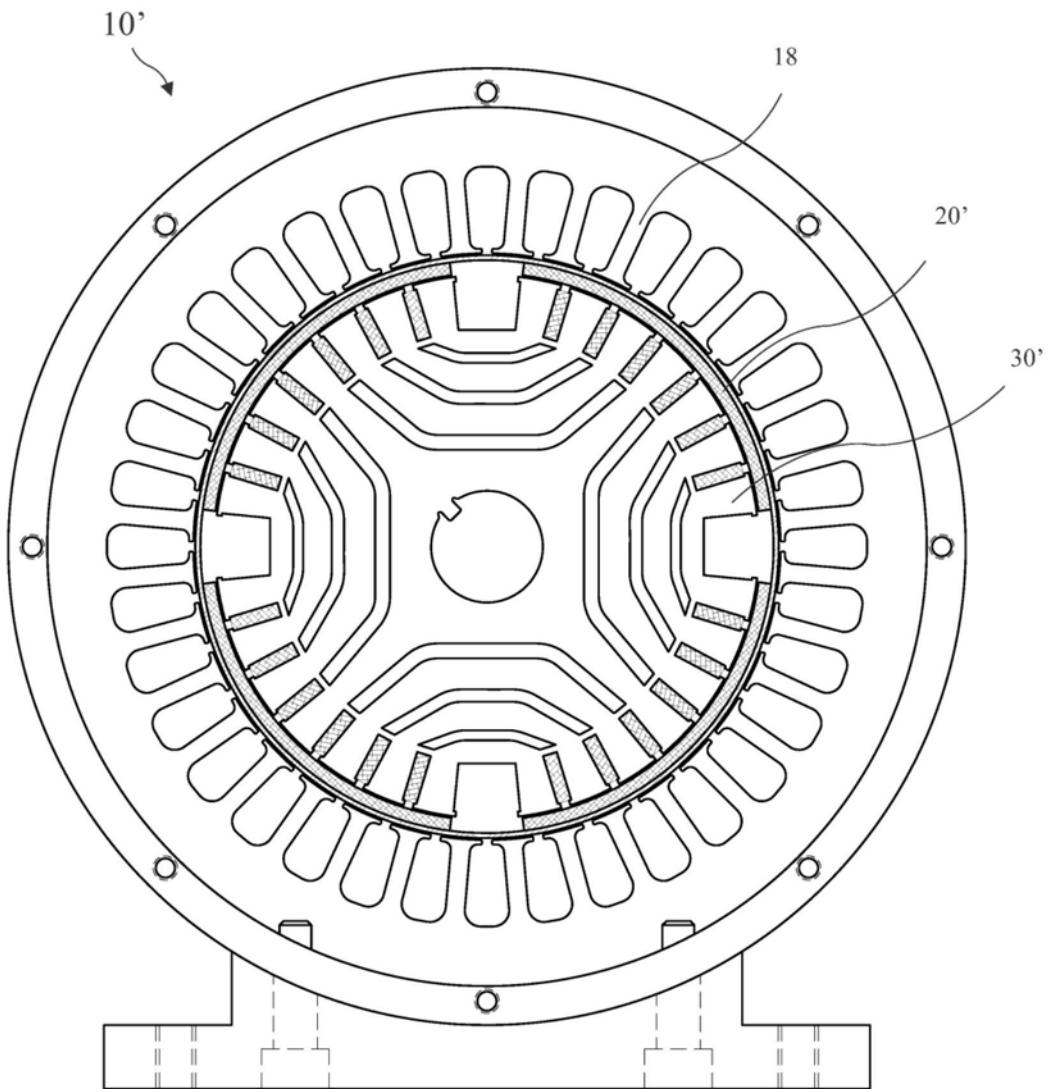
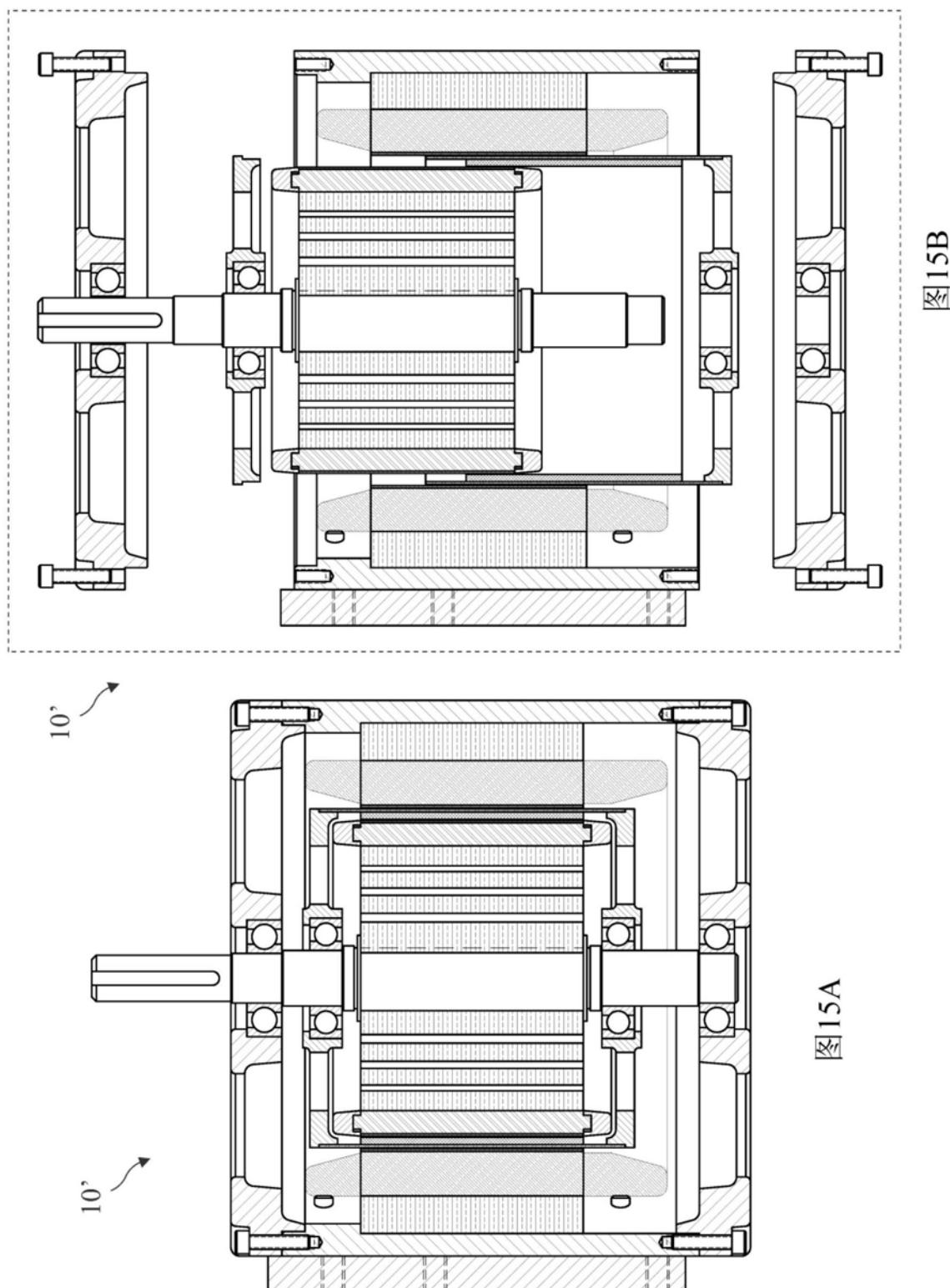


图14



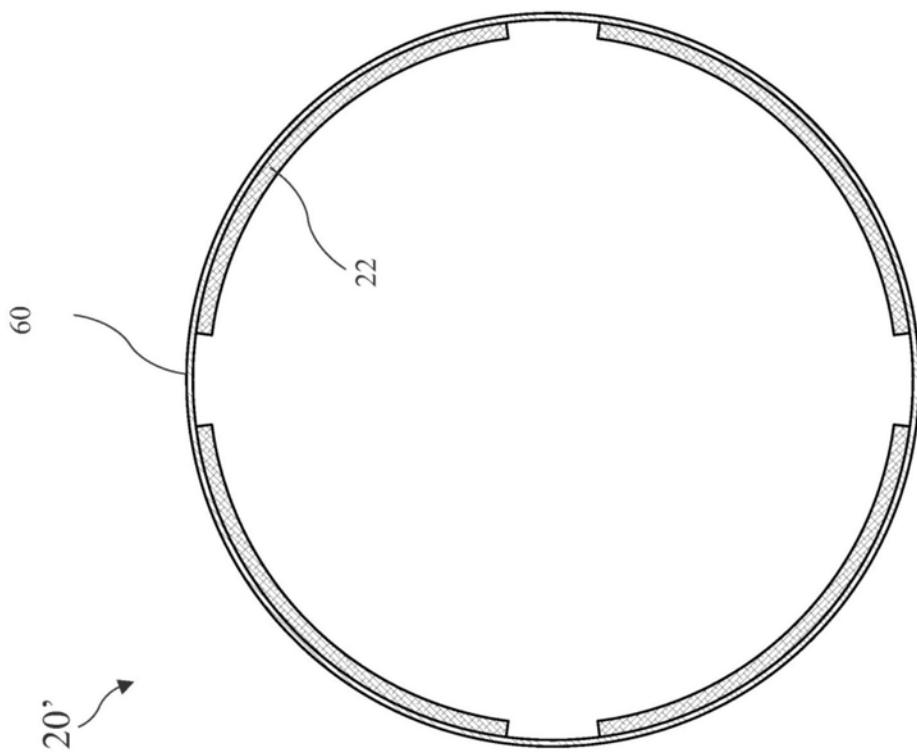


图16

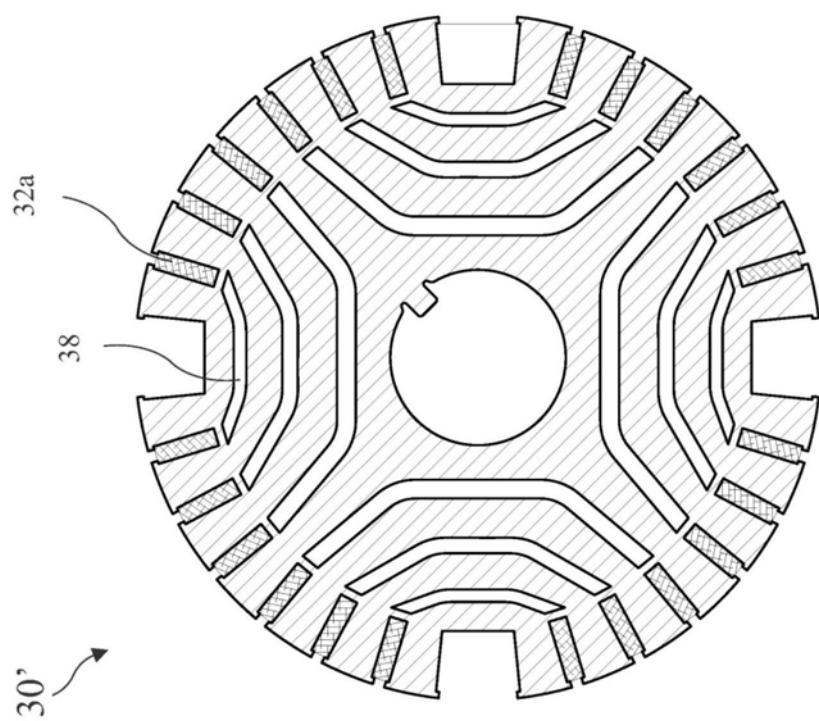


图17