

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02K 37/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610071680.1

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100521467C

[22] 申请日 2006.3.28

[21] 申请号 200610071680.1

[30] 优先权

[32] 2005.3.28 [33] JP [31] 2005-092282

[73] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 青岛力

[56] 参考文献

US5283487A 1994.2.1

US6853105B2 2005.2.8

JP3037340B2 2000.4.24

JP5-161335A 1993.6.25

审查员 肖继军

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 史雁鸣

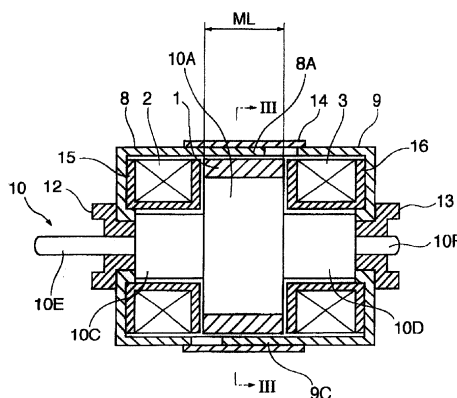
权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 12 页

[54] 发明名称

驱动装置

[57] 摘要

一种驱动装置，该驱动装置能够输出较高的功率并且可以缩小尺寸。将中空圆筒形的磁铁(1)磁化，使之沿圆周方向具有交替不同的磁极。将第一和第二线圈(2和3)分别与磁铁(1)同心地配置在该磁铁的各轴向反向侧。将齿形的第一和第二外磁极部(8A、8B、8C、8D、9A、9B、9C和9D)以与磁铁(1)相对的关系配置成从磁铁(1)的各个相对端面起延伸，用于被第一和第二线圈(2和3)激磁。固定到磁铁(1)的内周部上的旋转轴(10)形成有内磁极部(10A)，所述内磁极部(10A)以与第一和第二外磁极部(8A、8B、8C、8D、9A、9B、9C和9D)相对的关系配置，用于被第一和第二线圈(2和3)激磁。第一和第二外磁极部(8A、8B、8C、8D、9A、9B、9C和9D)的每一个都形成螺旋状。



1.一种驱动装置，包括：

磁铁（1），该磁铁具有中空圆筒形的形状，并且被磁化成沿其圆周方向具有交替的不同的磁极，

第一线圈（2）和第二线圈（3），这些线圈与所述磁铁（1）同心地配置、并分别设置在所述磁铁（1）的轴向相对侧，

第一外磁极部（8A、8B、8C和8D），所述第一外磁极部（8A、8B、8C和8D）的每一个都具有齿形的形状，并且以与所述磁铁（1）相对的关系配置成从靠近所述磁铁（1）的一个轴向端面的一侧起、沿着所述磁铁（1）的外周面延伸，用于被所述第一线圈（2）激磁，

第二外磁极部（9A、9B、9C和9D），所述第二外磁极部（9A、9B、9C和9D）的每一个都具有齿形的形状，并且以与所述磁铁（1）相对的关系配置成从靠近所述磁铁（1）的另一个轴向端面的一侧起、沿着所述磁铁（1）的外周面延伸，用于被所述第二线圈（3）激磁，以及

旋转轴（10），所述旋转轴（10）被固定到所述磁铁（1）的内周部上，并具有内磁极部（10A），该内磁极部（10A）以与所述第一外磁极部（8A、8B、8C和8D）和所述第二外磁极部（9A、9B、9C和9D）中的至少任何一个相对的关系设置，用于被所述第一线圈（2）和所述第二线圈（3）中的至少一个激磁；

其中，所述第一外磁极部（8A、8B、8C和8D）和所述第二外磁极部（9A、9B、9C和9D）每一个都形成螺旋状。

2.如权利要求1所述的驱动装置，其特征在于，所述第一外磁极部（8A、8B、8C和8D）的前端和各个相关的所述第二外磁极部（9A、9B、9C和9D）的前端在所述磁铁（1）的轴向上相互重叠。

3.如权利要求1所述的驱动装置，其特征在于，所述第一外磁极部（8A、8B、8C和8D）相对于所述磁铁（1）的磁化部（1A、1B、1C、1D、1E、1F、1G和1H）的各个对应的磁化相位的相位位置，

以及各个相关的所述第二外磁极部(9A、9B、9C和9D)相对于所述磁铁(1)的所述磁化部(1A、1B、1C、1D、1E、1F、1G和1H)的各个对应的磁化相位的相位位置,相互间分别偏移预定的角度。

4.一种驱动装置,包括:

磁铁(1),该磁铁(1)具有中空圆筒形的形状,并被磁化成在其圆周方向上具有交替的不同的磁极,

第一线圈(2)和第二线圈(3),这些线圈与所述磁铁(1)同心地配置,并且分别设置在所述磁铁(1)的轴向相对侧,

第一外磁极部(58A、58B、58C和58D),所述第一外磁极部(58A、58B、58C和58D)的每一个都具有齿形的形状,并且以与所述磁铁(1)相对的关系配置成从靠近所述磁铁(1)的一个轴向端面的一侧起、沿着所述磁铁(1)的外周面延伸,用于被所述第一线圈(2)激磁,

第二外磁极部(59A、59B、59C和59D),所述第二外磁极部(59A、59B、59C和59D)的每一个都具有齿形的形状,并且以与所述磁铁(1)相对的关系配置成从靠近所述磁铁(1)的另一轴向端面的一侧起、沿着所述磁铁(1)的外周面延伸,用于被所述第二线圈(3)激磁,以及

旋转轴(10),所述旋转轴(10)被固定到所述磁铁(1)的内周部上,并具有内磁极部(10A),该内磁极部(10A)以与所述第一外磁极部(58A、58B、58C和58D)和所述第二外磁极部(59A、59B、59C和59D)的至少任何一个相对的关系配置,用于被所述第一线圈(2)和所述第二线圈(3)中的至少一个激磁,

其中,所述磁铁(1)被螺旋状地磁化。

5.如权利要求4所述的驱动装置,其特征在于,所述第一外磁极部(58A、58B、58C和58D)的前端和所述各个相关的所述第二外磁极部(59A、59B、59C和59D)的前端,在所述磁铁(1)的轴向方向上相互重叠。

6.如权利要求4所述的驱动装置,其特征在于,令所述第一外磁

极部(58A、58B、58C和58D)的每一个以与所述磁铁(1)的对应的一个磁极部相对的关系延伸所通过的角度为 θ_3 ,令所述第二外磁极部(59A、59B、59C和59D)的每一个以与所述磁铁(1)的对应的一个磁极部相对的关系延伸所通过的角度为 θ_4 ,令作为所述第一外磁极部(58A、58B、58C和58D)的每一个与和所述第一外磁极部(58A、58B、58C和58D)的每一个相邻的所述第二外磁极部(59A、59B、59C和59D)的每一个之间的相位差的角度为 θ_5 ,将角度 θ_3 、角度 θ_4 和角度 θ_5 之间的关系设定为 $\theta_5 > (\theta_3 + \theta_4) / 2$ 成立。

驱动装置

技术领域

本发明涉及典型地作为改进的中空圆筒形步进马达实施的驱动装置。

背景技术

传统上,提出过一种缩小关于其转子轴(旋转轴)的直径、并且同时提高输出功率的步进马达(例如,参见日本专利特开平 09-331666 号公报)。现参照图 13 和 14 描述根据该公报所揭示的现有技术的步进马达。

图 13 是传统的步进马达的分解透视图,图 14 是处于组装完成状态下的、图 13 所示的步进马达的剖视图。

如图 13 和 14 所示,该步进马达包括转子 201,第一线圈 202,第二线圈 203,第一定子 204,第二定子 205,输出轴 206,和连接环 207。

转子 201 具有中空圆筒形状,并由永磁体(磁铁)构成,所述永磁体被沿圆周方向划分成四个部分,所述四个部分被磁化,使它们具有交替不同的磁极。第一线圈 202 和第二线圈 203 在转子 201 的轴向两侧与转子 201 相邻地配置。第一定子 204 由软磁性材料形成,并被第一线圈 202 激磁。第二定子 205 由软磁性材料形成,并被第二线圈 203 激磁。

第一定子 204 包括:第一外磁极部 204A 和 204B,所述第一外磁极部 204A 和 204B 与转子 201 的外周面相对,并在所述第一外磁极部 204A 和 204B 与转子 201 的外周面之间留有间隙;第一内磁极部 204C 和 204D,所述第一内磁极部 204C 和 204D 与转子 201 的内周面相对,并在所述第一内磁极部 204C 和 204D 与转子 201 的内周面之间留有间隙。第二定子 205 包括:第二外磁极部 205A 和 205B,所述第二外磁极部 205A 和 205B 与转子 201 的外周面相对,并在所述第二外磁极部

205A 和 205B 与转子 201 的外周面之间留有间隙;第二内磁极部 205C 和 205D, 所述第二内磁极部 205C 和 205D 与转子 201 的内周面相对, 并在所述第二内磁极部 205C 和 205D 与转子 201 的内周面之间留有间隙。

输出轴 206 具有刚性地固定于其上的转子 201, 并被第一定子 204 的轴支承部 204E 和第二定子 205 的轴支承部 205E 可旋转地保持。连接环 207 由非磁性材料形成, 并且在第一定子 204 与第二定子 205 之间留有预定间隔地保持第一定子 204 和第二定子 205。

采用上面描述的结构, 切换第一线圈 202 的通电方向和第二线圈 203 的通电方向, 从而切换第一外磁极部 204A 和 204B、第一内磁极部 204C 和 204D、第二外磁极部 205A 和 205B、以及第二内部磁极部 205C 和 205D 的极性。这使得转子 201 持续旋转。

在上面描述的步进马达中, 允许通过对第一线圈 202 和第二线圈 203 通电而产生的磁通从外磁极部流向沿半径方向与之相对的内磁极部, 或者, 从内磁极部流向沿半径方向与之相对的外磁极部, 从而磁通有效地作用到形成转子 201 的磁铁上, 其中, 所述转子 201 位于外磁极部和各相关的内磁极部之间。进而, 可以将每个外磁极部与相关的内磁极部之间的距离设定为基本上等于中空圆筒形磁铁的厚度的值, 因此, 可以降低由外磁极部和内磁极部形成的磁路的磁阻。当磁路的磁阻较小时, 可以利用较小的电流产生较大的量的磁通, 这导致步进马达的输出功率的增大。

进而, 作为对上面描述的步进马达的进一步的改进, 已经提出了一种步进马达 (例如, 参见特开平 10 - 229670 号公报)。在所提出的步进马达中, 内磁极部作为中空圆筒形构件的一部分形成, 而用软磁性材料制成的输出轴被插入到中空圆筒形构件的各个孔中, 并且将由非磁性材料制成的轴承安装到设有内磁极部和外磁极部的定子上, 用于可旋转地保持该输出轴。根据所提出的步进马达, 也可以将输出轴用作磁路的部件, 这将有助于提高步进马达的输出功率。

但是, 在日本专利特开平 09 - 331666 号公报和特开平 10 - 229670

号公报中揭示的步进马达，均需要在形成转子的磁铁的内周面和与之相对的内磁极部的外周面之间设置预定的间隙。在步进马达的制造过程中，对该预定间隙的控制造成制造成本的增加。进而，尽管要求定子形成有中空圆筒形的内磁极部和外磁极部，但是，难以成一体地形成内磁极部和外磁极部。进而，在分别地形成内磁极部和外磁极部，然后将它们组装成一件的情况下，会增加部件的数目，导致制造成本的增加。

进而，在日本专利特开平 09-331666 号公报揭示的步进马达的情况下，如果将第一定子的第一外磁极部和第二定子的第二外磁极部制造得相互更靠近的话，则会在它们之间导致串扰，从而旋转精度和旋转输出变差。为了解决这一问题，在第一外磁极部与第二外磁极部之间，沿轴向方向设置间隙 T1。

假定形成转子的磁铁的磁极的数目等于 n ，则将第一外磁极部和第二外磁极部以相位偏移 $(180/n)$ 度的方式配置在转子的外周面上。进而，第一外磁极部相对于转子的外周面以 $720/n$ 度的角距、以不大于 $360/n$ 度的对向角，配置在 $n/2$ 个部位上，并且，第二外磁极部也相对于转子的外周面以 $720/n$ 的角距、以不大于 $360/n$ 度的对向角，配置在 $n/2$ 个部位上。因此，除非在第一外磁极部与第二外磁极部之间沿轴向设置间隙 T1，否则前者和后者会彼此接触。

进而，由于间隙 T1 设置在第一外磁极部与各相关的第二外磁极部之间，所以，第一外磁极部的与转子相对的轴向长度等于 $(ML - T1)/2$ ，其中，ML 代表转子的轴向长度。这表明转子未被有效地利用，特别是当步进马达的轴向尺寸缩小时，步进马达的输出功率降低。

发明内容

本发明的目的是提供一种驱动装置，该驱动装置能够输出较高的功率，并且可以缩小尺寸。

为了达到上述目的，在本发明的第一个方面中，提供一种驱动装置，该驱动装置包括：磁铁，该磁铁具有中空圆筒形的形状，并且被磁化，以便沿其圆周方向具有交替不同的磁极；第一线圈和第二线圈，

这些线圈与前述磁铁同心地配置并分别设置在前述磁铁的轴向方向的相对侧；第一外磁极部，该第一外磁极部的每一个都具有齿形形状，并且以与前述磁铁相对的关系配置，以从靠近前述磁铁的一个轴向端面的一侧、沿着该磁铁的外周面延伸，用于被前述第一线圈激磁；第二外磁极部，该第二磁极部的每一个都具有齿形形状，并且以与前述磁铁相对的关系配置，以从靠近前述磁铁的另一轴向端面的一侧、沿着该磁铁的外周面延伸，用于被前述第二线圈激磁；以及旋转轴，所述旋转轴被固定到前述磁铁的内周部上，并具有内磁极部，该内磁极部以与前述第一外磁极部和前述第二外磁极部中的至少一个相对的关系设置，用于被前述第一线圈和前述第二线圈中的至少一个激磁；其中，前述第一外磁极部和前述第二外磁极部每一个都形成螺旋状。

采用根据本发明的第一个方面的驱动装置的配置，将第一外磁极部和第二外磁极部的每一个沿着磁铁的外周面形成螺旋状，或者将磁铁呈螺旋状地磁化，藉此，增大磁铁的磁化部与第一外磁极部或者第二外磁极部彼此相对的面积，同时，防止第一外磁极部和第二外磁极部之间的串扰。这可以有效地利用磁铁，从而增大驱动装置的输出转矩。

进而，只要求驱动装置具有这样的直径即可：所述直径大到足以包括磁铁的直径、并使得第一和第二外磁极部与磁铁的外周面相对。这可以缩小驱动装置的尺寸。

进而，与如上面所描述的现有技术的例子中那样、内磁极部和外磁极部彼此成一整体地形成的情况相比，可以更容易地制造根据本发明的驱动装置，因此可以降低装置的制造成本。

优选地，前述第一外磁极部的前端与各相关的前述第二外磁极部的前端，沿前述磁铁的轴向彼此重叠。

优选地，前述第一外磁极部相对于前述磁铁的磁化部的各个对应的磁化相位的相位位置、与前述各个相关的第二外磁极部相对于前述磁铁的磁化部的各个对应的磁化相位的相位位置之间分别偏移一预定的角度。

为了到达上述目的，在本发明的第二个方面中，提供一种驱动装置，该驱动装置包括：磁铁，该磁铁具有中空圆筒形的形状，并且被磁化，以使得在其圆周方向上具有交替不同的极；第一线圈和第二线圈，所述第一和第二线圈与所述磁铁同心地配置，并且分别设置在前述磁铁的轴向方向的相对侧；第一外磁极部，该第一外磁极部的每一个都具有齿形形状，并且与前述磁铁相对地配置，以从接近前述磁铁的一个轴向端面的一侧、沿着前述磁铁的外周面延伸，用于被前述第一线圈激磁；第二外磁极部，该第二磁极部的每一个都具有齿形形状，并且以与前述磁铁相对的关系配置，以从靠近前述磁铁的另一轴向端面的一侧、沿着该磁铁的外周面延伸，用于被前述第二线圈激磁；以及旋转轴，所述旋转轴固定到前述磁铁的内周部上，并具有内磁极部，该内磁极部与前述第一外磁极部和前述第二外磁极部中的至少一个相对，用于被前述第一线圈和前述第二线圈中的至少一个激磁；其中，前述磁铁被呈螺旋状地磁化。

采用根据本发明的第二个方面的驱动装置的配置，可以获得和根据本发明的第一个方面的驱动装置所提供有益效果相同的有益效果。

优选地，前述第一外磁极部的前端和各个相关的前述第二外磁极部的前端，沿前述着磁铁的轴向方向彼此重叠。

优选地，令前述第一外磁极部的每一个以与前述磁铁的磁极部中的对应的一个相对向的关系延伸所通过的角度为 θ_3 ，令前述第二外磁极部的每一个以与前述磁铁的磁极部中的对应的一个相对向的关系延伸所通过的角度为 θ_4 ，令作为前述第一外磁极部的每一个与和前述第一外磁极部的每一个相邻的前述第二外磁极部的每一个之间的相位差的角度为 θ_5 ，将角度 θ_3 、角度 θ_4 和角度 θ_5 之间的关系设定为公式 $\theta_5 > (\theta_3 + \theta_4) / 2$ 成立。

通过下面结合附图所作的详细描述，本发明的上述及其它目的、特点和优点将会变得更加明显。

附图说明

图1是根据本发明的第一个实施例的步进马达的分解透视图；

图 2 是处于步进马达的组装完成的状态的图 1 所示的步进马达的剖视图；

图 3 是沿图 2 的 III-III 线截取的步进马达的剖视图；

图 4 是一个展开的平面图，表示定子的外磁极部与磁环之间的关系；

图 5 是一个展开的平面图，用于说明磁环的旋转运动；

图 6 是一个展开的平面图，用于说明磁环的旋转运动；

图 7 是一个展开的平面图，用于说明磁环的旋转运动；

图 8 是一个展开的平面图，用于说明磁环的旋转运动；

图 9 是根据本发明的第二个实施例的步进马达的分解透视图；

图 10 是处于步进马达组装完成的状态的图 9 所示的步进马达的剖视图；

图 11 是沿图 10 的 XI-XI 线截取的步进马达的剖视图；

图 12 是一个展开的平面图，表示定子的外磁极部与磁环之间的关系；

图 13 是传统的步进马达的分解透视图；以及

图 14 是处于步进马达组装完成的状态的图 13 所示的步进马达的剖视图。

具体实施方式

下面，将参照表示本发明的优选实施例的附图，对本发明进行详细说明。

图 1 是根据本发明的第一个实施例的步进马达的分解透视图。图 2 是处于步进马达组装完成的状态的图 1 所示的步进马达的剖视图，图 3 是沿图 2 的 III-III 线截取的步进马达的剖视图。进而，图 4 是一个展开的平面图，表示定子的外磁极部与磁环之间的关系；图 5 到 8 是用于说明磁环的旋转运动的展开的平面图。

如图 1 到 8 所示，步进马达包括：磁环 1，第一线圈 2，第二线圈 3，第一定子 8，第二定子 9，旋转轴 10，第一轴承 12，第二轴承 13，连接环 14，第一线圈架 15，第二线圈架 16。

磁环 1 形成转子，并形成中空圆筒形的形状。该磁环具有外周壁，该外周壁被沿着圆周方向以相等的间隔分割成 n 个磁化部分（在本实施例中为 8 个部分（ n 表示整数））1A、1B、1C、1D、1E、1F、1G 和 1H，所述磁化部分被磁化成具有交替的 S 和 N 极。磁化部分 1A、1C、1E 和 1G 的外周面提供 S 极，另外的磁化部分 1B、1D、1F 和 1H 的外周面提供 N 极。磁环 1 由通过注塑形成的塑性磁体制成，具有简单的形状，易于制成尺寸紧凑并且薄的磁环。进而，即使通过压配合组装磁环 1 时，也不会发生破裂。

第一线圈 2 形成中空圆筒形，并卷绕在第一线圈架 15 的中空圆筒形部分上。在步进马达组装时，在第一线圈 2 的轴线与磁环 1 的轴线相一致的状态下，第一线圈 2 相对于第二线圈 3 隔着磁环 1 配置。进而，将第一线圈 2 形成得具有大致和磁环 1 的外径相等的外径。

第二线圈 3 形成中空圆筒形，并卷绕在第二线圈架 16 的中空圆筒形部分上。在组装步进马达时，在第二线圈 3 的轴线与磁环 1 的轴线相一致的状态下，第二线圈 3 相对于第一线圈 2 隔着磁环 1 配置。进而，将第二线圈 3 形成得具有大致和磁环 1 的外径相等的外径。

第一定子 8 由软磁性材料形成，并由具有中空圆筒形形状的外管部、作为外磁极部的齿形部，以及切口构成。第一定子 8 被第一线圈 2 激磁。第一定子 8 的齿形部形成第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D，这些第一外磁极部与磁环 1 的外周面相对，在第一外磁极部与磁环 1 的外周面之间具有预定的间隙，并且这些第一外磁极部从设置在靠近磁环 1 的一个端面的一侧上的定子主体起、沿着磁环 1 的外周面呈螺旋状地延伸。

第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 通过呈螺旋状地切削中空圆筒形的软磁性材料的前端形成，使得所述前端沿圆周方向被分成齿形，每个齿形从外管部的端面起沿轴向延伸。 $n/2$ （即 4）个第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D，以机械角度 $720/n$ （即，90 度）的相位间隔配置，也就是说，以电角度 360 度的相位间隔配置。

第二定子 9 由软磁性材料形成，并由具有中空圆筒形的外管部、

作为外磁极部的齿形部、以及切口构成。第二定子 9 被第二线圈 3 激磁。第二定子 9 的齿形部形成第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D，这些第二外磁极部与磁环 1 的外周面相对，在第二外磁极部与磁环 1 的外周面之间具有预定的间隙，并且这些第二外磁极部从设置在靠近磁环 1 的另一端面的一侧上的定子主体起、沿着磁环 1 的外周面呈螺旋状地延伸。

第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 通过呈螺旋状地切削中空圆筒形的软磁性材料的前端形成，使得所述前端沿圆周方向被分成齿形，每个齿形从外管部的端面起沿轴向延伸。 $n/2$ （即 4）个第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D，以机械角度 $720/n$ （即，90 度）的相位间隔配置，也就是说，以电角度 360 度的相位间隔配置。

如上所述，第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D，以及第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D，每一个都由沿着磁环 1 的外周面呈螺旋状延伸的齿形部以及切口形成。利用这种结构，可以在将步进马达的直径最小化的同时形成外磁极部。就是说，如果外磁极部作为定子的径向凸出部分而形成的话，将会增大步进马达的直径。但是，在本实施例中，外磁极部由沿轴向延伸的齿形部和切口形成，因此，可以将步进马达的直径缩小到最小。

第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 和第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D，具有相同的形状，并被配置成第一外磁极部的齿形部的前端与第二外磁极部的各个相关的齿形部的前端沿相互对向的方向配置。进而，由于第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D，以及第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 呈螺旋状地形成，所以，第一外磁极部的齿形的前端和各个对应的第二外磁极部的前端，被配置成所述前端在圆周方向上彼此远离地延伸。

由于第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 呈螺旋状地形成，所以，每个第一外磁极部相对于磁环 1 的相关的磁化部的相位关系，在该第一外磁极部的不同的部分之间变化，其中，所述第一外磁极部的所述不同的部分在磁环 1 的轴向方向上的位置不同。更具体

地说，第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 的每一个的前端部（每一个齿形部的前端部分）相对于磁环 1 的相关的磁化部的相位关系，与第一外磁极部的根部部分（靠近磁环 1 的一个端面的部分）相对于相关的磁化部的相位关系不同。

参照图 4，第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 相对于磁环 1 的磁化部 1A 到 1H 之间的相关的边界的螺旋角用 θ_2 表示。第一外磁极部 8A 的不同部分相对于磁环 1 的相关的磁化部的平均相位位置，位于由 B1 表示的位置处。类似地，第一外磁极部 8B、8C 和 8D 相对于磁环 1 的相关的磁化部的平均相位位置，位于由 B2、B3 和 B4 表示的各位置处。

类似地，由于第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 呈螺旋状地形成，每个第二外磁极部相对于和所述第二外磁极部对向的磁环 1 的相关的磁化部的相位关系，在所述第二外磁极部的不同的部分之间变化，其中，所述第二外磁极部的所述不同的部分位于磁环 1 的轴向方向上的不同位置处。更具体地说，第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 的每一个的前端（每个齿形部的前端部分）相对于磁环 1 的相关的磁化部的相位关系，与第二外磁极部的根部部分（靠近磁环 1 的另一端面的部分）相对于相关的磁化部的相位关系不同。

参照图 4，第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 相对于磁环 1 的磁化部 1A 到 1H 之间的相关的边界的螺旋角用 θ_1 表示。第二外磁极部 9A 相对于磁环 1 的相关的磁化部的平均相位位置，位于由 A1 表示的位置处。类似地，第二外磁极部 9B、9C 和 9D 相对于磁环 1 的相关的磁化部的平均相位位置，位于由 A2、A3 和 A4 表示的各位置处。

相对于磁环 1 的磁化部的磁化相位而言，各个第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 的各平均相位位置 B1、B2、B3 和 B4，与各个第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 的对应的平均相位位置 A1、A2、A3、和 A4 以 90 度的电角度，即，以 $(180/n)$ 度（在本实施例中为 22.5 度）的机械角度相位偏移。

如图 4 所示，第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 相对于磁环 1 的

磁化部之间的相关的边界以角度 θ_2 螺旋状地配置。第二定子9的第二外磁极部9A、9B、9C和9D，相对于磁环1的磁化部之间的相关的边界以角度 θ_1 螺旋状地配置。由于它们的螺旋状的形状，第一外磁极部8A、8B、8C和8D的前端和各个相关的第二外磁极部9A、9B、9C和9D的前端，在磁环1的圆周方向上相互远离。从而，尽管将第一和第二外磁极部的齿形前端在磁环1的轴向方向上相互面对地配置，使得所述前端在磁环1的轴向方向上彼此重叠L，仍然可以将第一和第二外磁极部的前端配置成彼此隔开，而不会相互接触。

本实施例与现有技术(日本专利特开平09-331666号公报)之间的比较表明：在现有技术中，必须沿着磁环1的轴向方向在第一外磁极部与第二外磁极部之间形成间隙，以便防止它们之间的串扰。假定磁环1的长度用ML表示，则前述间隙的长度用T1表示，与磁环相对的外磁极部的长度等于 $(ML - T1) / 2$ 。

相反，在本实施例中，可以将第一外磁极部8A、8B、8C和8D的前端以及第二外磁极部9A、9B、9C和9D的前端沿着磁环1的轴向方向相互重叠地配置。假定用L表示重叠的部分的长度，则与磁环1相对的第一和第二外磁极部的长度等于 $(ML + L) / 2$ 。

步进马达的输出转矩大致正比于与磁环相对的外磁极部的面积。进而，在本实施例中，第一外磁极部8A、8B、8C和8D，以及第二外磁极部9A、9B、9C和9D呈螺旋状地形成，从而，所产生的全部电磁力都不作用于旋转轴10的旋转方向上。从而，假定用 θ 表示螺旋角，则步进马达的旋转力变成所产生的电磁力的 $\cos\theta$ 倍。这表明，因为所产生的全部电磁力都不作用于旋转轴10的旋转方向上，所以旋转力降低。

当考虑到由于和磁环相对的外磁极部的面积的增加而使旋转力增大、以及由于所产生的全部电磁力都不作用于旋转轴的旋转方向上而导致旋转力降低这两种情况时，根据本实施例的步进马达的输出功率变成是现有技术的输出功率的

$$((ML + L) / (ML - T1)) \times \cos\theta$$

倍。

例如,在具有外径约为 $\phi 6\text{mm}$,轴向尺寸约为 9mm , $ML = 3\text{mm}$, $L = 0.5\text{mm}$, $T1 = 0.5\text{mm}$, $\theta = 10^\circ$ 的步进马达的情况下,通过将这些值代入到上述式子中,获得下面的表达式:

$$((3 + 0.5) / (3 - 0.5)) \times \cos 10^\circ$$

由该表达式得到的值为1.379。从而可以预期,根据本实施例的步进马达的输出转矩是现有技术的输出转矩的1.379倍。

进而,如在上文中所描述的那样,第一定子8和第二定子9每一个都形成带有齿形部的简单的杯状,所述齿形部是这样形成的:通过螺旋地切削中空圆筒形软磁性材料的前端,以使得所述前端沿圆周方向被分成从外管部的端面沿着轴向延伸的多个齿形。这便于第一定子8和第二定子9的制造和组装。

旋转轴10由软磁性材料形成,并刚性地固定到磁环1的内周部上。旋转轴10形成有外径为 $D1$ 的内磁极部10A。在内磁极部10A与第一外磁极部8A、8B、8C和8D对向的轴向范围内,该内磁极部10A配置在将磁环1夹在该内磁极部10A和与磁环1相对的第一定子8的第一外磁极部8A、8B、8C和8D之间的位置上。如上文所描述的那样,将第二定子9的第二外磁极部9A、9B、9C和9D配置成在磁环1的轴向方向上与第一定子8的第一外磁极部8A、8B、8C和8D重叠。从而,旋转轴10的内磁极部10A也与第二定子9的第二外磁极部9A、9B、9C和9D相对。

旋转轴10具有部分10C,该部分10C插入到第一线圈2卷绕于其上的第一线圈架15的中空圆筒形部分内。旋转轴10的内磁极部10A位于与第一定子8的第一外磁极部8A、8B、8C和8D相对的各个角度范围内的部分,被第一线圈2激磁,使之具有和第一定子8的第一外磁极部8A、8B、8C和8D的极性相反的极性。如图3所示,在与旋转轴10的轴线正交的方向上,旋转轴10的内磁极部10A的横截面的形状为圆形。

旋转轴10具有部分10D,该部分10D插入到第二线圈3卷绕于

其上的第二线圈架 16 的中空圆筒形部分内。旋转轴 10 的内磁极部 10A 的位于与第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 相对的各个角度范围内的部分，被第二线圈 3 激磁，使之具有和第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 的极性相反的极性。旋转轴 10 经由内磁极部 10A 被牢固地固定到磁环 1 上。

如上所述，由于磁环 1 的内部空间被旋转轴 10 的内磁极部 10A 填充，所以，可以增大磁环 1 的机械强度。进而，旋转轴 10 的内磁极部 10A 起着背衬金属的作用，从而，可以将磁路的磁导系数设定成高的值，因此，即使当在高温环境下使用该磁路时，也较少发生由于退磁引起的磁性退化。

第一轴承 12 由非磁性材料构成并固定于第一定子 8 上，用于可旋转地保持旋转轴 10 的细的轴部 10E。

第二轴承 13 由非磁性材料形成并固定于第二定子 9 上，用于可旋转地保持旋转轴 10 的细的轴部 10F。

由于第一轴承 12 和第二轴承 13 两者均由非磁性材料形成，所以，可以防止前者被第一定子 8 与旋转轴 10 之间产生的磁力吸引，防止后者被第二定子 9 与旋转轴 10 之间产生的磁力吸引，藉此，可以提高第一轴承 12 和第二轴承 13 的旋转特性和耐久性。

应当注意，第一轴承 12 和第二轴承 13 可以用软磁性材料形成。在这种情况下，在磁路中的磁阻变小，从而，所产生的转矩本身增加。当然，在第一轴承 12 与旋转轴 10 之间、以及在第二轴承 13 与旋转轴 10 之间产生吸引力，所述吸引力会由于摩擦力的原因而导致转矩损失，或者损坏旋转轴 10 和轴承 12 及 13 的滑动面的耐久性。

为了克服上述问题，可以在第一轴承 12、旋转轴 10 和第二轴承 13 的表面上进行润滑剂的涂布，润滑涂敷（氟系润滑涂敷，石墨系润滑涂敷，二硫化钼系润滑涂敷），润滑镀敷（例如，包含 PTFE（聚四氟乙烯）粒子的化学镀镍，以及特富龙（Teflon，注册商标）润滑化学镀镍）等。这使其能够抑制由滑动面的摩擦引起的转矩损失，并且防止滑动面的耐久性受到损害，从而，可以将步进马达制成一个具有

大的输出转矩的马达。

第一线圈 2 被配置在第一定子 8 的外管部与旋转轴 10 之间,同时配置在经由第一轴承 12 连接于第一定子 8 的外管部与旋转轴 10 之间的连接部附近。磁环 1 的一个端部部分被夹在第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 与旋转轴 10 的内磁极部 10A 之间。进而,第二线圈 3 配置在第二定子 9 的外管部与旋转轴 10 之间,同时配置在经由第二轴承 13 连接于第二定子 9 的外管部与旋转轴 10 之间的连接部附近。磁环 1 的另一端部部分被夹在第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 与旋转轴 10 的内磁极部 10A 之间。

更具体地说,步进马达具有以下结构:第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 以及第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D,与磁环 1 的外周面相对。进而,旋转轴 10 的内磁极部 10A 位于磁环 1 的内周面上,第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 与旋转轴 10 的内磁极部 10A 彼此相对。类似地,第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 与旋转轴 10 的内磁极部 10A 彼此相对。

连接环 14 形成中空圆筒形的形状,具有形成在其内周部上的槽 14A、14B、14C、14D、14E、14F、14G 和 14H。进而,连接环 14 由非磁性材料形成,并被构造成能够在第一定子 8 和第二定子 9 之间分开磁路,以使得第一定子 8 和第二定子 9 的磁极部几乎不相互施加不利影响。

槽 14A、14C、14E 和 14G 相互之间相位偏移 $360/n$ 度、即 90 度。类似地,槽 14B、14D、14F 和 14H 相互之间相位偏移 $360/n$ 度、即 90 度。第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 配合到槽 14A、14C、14E 和 14G 内,并且,例如用粘合剂固定到所述槽上。第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 配合到槽 14B、14D、14F 和 14H 内,并且,例如用粘合剂固定在所述槽上。

相对于磁环 1 的磁化部的磁化相位而言,槽 14A、14C、14E 和 14G 与槽 14B、14D、14F 和 14H 相位偏移 90 度的电角度,即,相位偏移 $(180/n)$ 度(在本实施例中,为 22.5 度)的机械角度。从而,

如在上文中所描述的那样,第一定子8的齿形的第一外磁极部8A、8B、8C和8D以及第二定子9的齿形的第二外磁极部9A、9B、9C和9D,以如下的方式配置并被保持,即,相对于磁环1的磁化部的磁化相位而言,第一外磁极部与第二外磁极部相位偏移90度的电角度,即,相位偏移 $(180/n)$ 度(在本实施例中,22.5度)的机械角度。

如上所述,第一定子8和第二定子9固定到连接环14上,藉此,可以将第一定子8和第二定子9配置在所希望的位置和相位上。

如上所述,在本实施例中,磁环1的内部空间由旋转轴10的内磁极部10A填充,因此,可以使磁环1的机械强度比现有技术(日本专利特开平09-331666和特开平10-229670号公报)的磁环的机械强度大。进而,旋转轴10起着所谓的背衬金属的作用,所述背衬金属降低在显露于磁环1的内周侧的S极和N极之间的磁阻,从而,将磁路的磁导系数设定成高的值,因此,即使在高温环境下使用磁路时,也可以减少由于退磁引起的磁性退化。

进而,由于第一定子8和第二定子9的每一个都形成简单的杯状,即,在其内形成有切口的中空圆筒形构件,所以,它们易于制造。如果第一和第二定子具有现有技术(日本专利特开平09-331666和特开平10-229670号公报)中所示的结构,则第一定子8和第二定子9的每一个都要求将内磁极部与外磁极部成一整体地形成。如果作为同一个部件的部分形成内磁极部和外磁极部的话,则难以制造内磁极部和外磁极部。

例如,如果利用金属注模法模制内磁极部和外磁极部,则制造成本增加。进而,如果通过压力加工将内磁极部和外磁极部彼此成一整体地成形,则当部件较小时,它们的制造变得更加困难。进而,如果内磁极部和外磁极部是分别制造的并然后通过铆接、焊接、或者粘结等将它们成一整体地相互固定,则制造成本增加。

更具体地说,根据现有技术(日本专利特开平09-331666号公报和特开平10-229670号公报)的步进马达,总共至少需要九个部件,即,两个线圈,一个磁环,一个输出轴,一个第一定子(包括两个部

件,即,一个用于形成外磁极部,一个用于形成内磁极部),一个第二定子(包括两个部件,即,一个用于形成外磁极部,一个用于形成内磁极部),以及一个连接环。

相反,根据本实施例的步进马达,可以总共用七个部件构成,即,两个线圈,一个磁环,一个对应于输出轴的旋转轴,一个第一转子(形成外磁极部的部件),一个第二定子(形成外磁极部的部件),以及连接环。这使其能够减少部件的数目,因此不仅可以降低制造成本,而且还便于步进马达的制造。

而且,根据现有技术(日本专利特开平 09-331666 号公报和特开平 10-229670 号公报)的步进马达,要求在步进马达组装时精确地保持磁铁的外周面与外磁极部之间的间隙。而且,必须将内磁极部以在内磁极部与磁铁之间具有预定的间隙的方式配置在与磁铁的内周面相对的各个位置上。但是,由于部件的精度变化以及较差的组装精度,很可能不能确保该间隙,这将导致内磁极部靠接在磁铁上,并且导致类似的其它的缺陷。

相反,在根据本实施例的步进马达中,只要求控制磁环 1 的外周部与外磁极部之间的间隙,这将有利于步进马达的组装。

而且,在根据现有技术(日本专利特开平 09-331666 号公报和特开平 10-229670 号公报)的步进马达中,每一个定子由两个部件形成,即,一个形成内磁极部的部件,和一个形成外磁极部的部件。

相反,在根据本实施例的步进马达中,第一定子 8 和第二定子 9 两者均由各自的单一部件形成。这使其能够以部件之间更小的相互差异构造更精确的步进马达。

而且,根据现有技术(日本专利特开平 09-331666 号公报和特开平 10-229670 号公报)的步进马达,要求制成这样的结构,即,使得内磁极部不与磁铁和输出轴之间的连接部分接触。从而,步进马达不能具有其中内磁极部和磁铁彼此相对的足够的轴向长度(图 14 中的 L1)。

相反,在根据本实施例的步进马达中,如图 2 中的 ML 所示,可

以容易地确保其中旋转轴 10 的内磁极部 10A 与磁环 1 彼此相对的足够的轴向长度。这使其能够有效地利用第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D，第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D，以及磁环 1，从而，能够提高步进马达的输出功率。

而且，在本实施例与现有技术（日本专利特开平 09-331666 号公报）之间的比较表明：根据现有技术的步进马达，要求在第一外磁极部与第二外磁极部之间沿磁环 1 的轴向方向形成间隙，以便防止第一和第二外磁极部之间的串扰。假定磁环 1 的长度用 ML 表示，间隙的长度用 $T1$ 表示，则每一个外磁极部的与磁环 1 对向的长度由 $(ML - T1) / 2$ 表示。

相反，在根据本实施例的步进马达中，将第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 的前端与第二定子 9 的各个相关的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 的前端，设置成在磁环 1 的轴向方向上相互重叠。如上面所述，假定重叠部分的长度用 L 表示，则与磁环 1 对向的第一和第二外磁极部的长度等于 $(ML + L) / 2$ 。这使其能够有效地利用磁环 1，从而使其可以构造具有大的输出功率的步进马达。

下面，将参照图 5 至 8 描述如何驱动根据本实施例的步进马达进行旋转。

图 5 表示这样的状态，其中，第一线圈 2 和第二线圈 3 被通电，藉此，第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 被激磁成 N 极，而第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 被激磁为 S 极。

在图 5 所示的状态，第一线圈 2 和第二线圈 3 被通电，从而，第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 被激磁成 N 极，并且第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 被激磁为 N 极。根据上述激磁，如图 3 所示，作为转子的磁环 1 顺时针旋转 11.25 度，从而处于图 6 所示的状态。

然后，第一线圈 2 的通电反转，藉此，第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 被激磁为 S 极，而第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 被激磁为 N 极。根据上述激磁，作为转子的磁环 1

进一步顺时针旋转 11.25 度，处于图 7 所示的状态。

然后，线圈 3 的通电反转，藉此，第一定子 8 的第一外磁极部 8A、8B、8C 和 8D 被激磁为 S 极，而第二定子 9 的第二外磁极部 9A、9B、9C 和 9D 被激磁为 S 极。根据上述激磁，作为转子的磁环 1 进一步顺时针旋转 11.25 度，处于图 8 所示的状态。

此后，如上所述，依次切换第一线圈 2 和第二线圈 3 的通电方向，藉此，作为转子的磁环 1 顺序旋转由通电相位所决定的位置上。

如上文中描述的，根据本实施例，由第一和第二线圈 2 和 3 的通电产生的磁通被直接作用到磁环 1 上，从而构成能够输出高的功率而且尺寸非常小的步进马达。即，只要求步进马达具有能够足以包括磁环 1 的直径并使得第一和第二定子 8 和 9 的外磁极部与磁环 1 的外周面相对的直径。进而，该步进马达只需要具有这样的长度，即，该长度等于第一和第二线圈 2 和 3 各自的长度加上磁环 1 的长度的总和。

从而，步进马达的尺寸由磁环 1 和第一及第二线圈 2 和 3 的直径以及长度决定，如果将磁环 1 和第一及第二线圈 2 和 3 的直径以及长度制造得非常小，则可以实现步进马达的微型化。

尽管在这种情况下，如果将磁环 1 和第一及第二线圈 2 和 3 的直径以及长度制造得非常小，也很难保持步进马达的精度，但是这个问题可以用以下方式解决：如上所述，将磁环 1 形成中空圆筒形，将旋转轴 10 牢固地固定到磁环 1 的内周部上。进而，使第一和第二定子 8 和 9 的外磁极部与磁环 1 的外周面相对，并且使旋转轴 10 的内磁极部与磁环 1 的内周面相对。这种简单的结构可以解决步进马达的精度问题。

进而，通过利用两个线圈、一个磁环、一个旋转轴、第一和第二定子（形成外磁极部的部件）以及一个连接环总共七个部件构成步进马达，可以减少部件的数目，从而可以降低步进马达的制造成本。

进而，通过将第一定子 8 的第一外磁极部的前端与第二定子 9 的各个相关的第二外磁极部的前端配置成在磁环 1 的轴向方向上彼此重叠，并且外磁极部的与磁环 1 相对的长度等于 $(ML + L) / 2$ ，其中，

L 表示第一和第二外磁极部的前端的重叠部的长度。因此，可以有效地利用磁环 1，从而能够实现大功率的步进马达。

下面，将说明本发明的第二个实施例。

图 9 是根据本发明的第二个实施例的步进马达的分解透视图。图 10 是图 9 所示的步进马达处于步进马达的组装完成的状态的剖视图。进而，图 11 是沿图 10 的 XI-XI 线截取的步进马达的剖视图，图 12 是表示定子的外磁极部与磁环之间的关系的展开的平面图。

本实施例与第一个实施例的区别在于，磁环是被呈螺旋状磁化的，并且，第一定子的第一外磁极部以及第二定子的第二外磁极部形成沿着磁环的轴线的方向笔直延伸的齿形部。在本实施例中，对于和第一个实施例的部件和元件相对应的部件和元件，赋予相同的参考标号，并省略其详细描述。

如图 9 至 12 所示，根据本实施例的步进马达，包括：磁环 51，第一线圈 2，第二线圈 3，第一定子 58，第二定子 59，旋转轴 10，第一轴承 12，第二轴承 13，连接环 54，第一线圈架 15，以及第二线圈架 16。

磁环 51 形成中空圆筒形，并包括磁化部 51A、51B、51C、51D、51E、51F、51G 和 51H，每一个磁化部呈螺旋状延伸。磁化部 51A 至 51H 形成各自的螺旋状，并且彼此相邻地配置。磁化部 51A、51C、51E 和 51G 被磁化成 S 极，磁化部 51B、51D、51F 和 51H 被磁化成 N 极。磁化部 51A 至 51H 的每一个的磁化相位在所述磁化部的不同的部分之间变化，其中，当沿磁环 51 的轴向方向观察时，所述磁化部的不同的部分处于不同的位置。

如图 11 所示，当在与其轴线正交的方向上以剖面的方式表示磁环 51 时，在磁环 51 的外周面上显露出磁化部 51A 至 51H 的八个磁极部。尽管在本实施例中，以在磁环 51 的外周面上显露出磁化部 51A 至 51H 的八个磁极的情况作为例子，在下面对于磁轭的形状等进行描述，但是，这绝不意味着本发明局限于特定数目的磁极部。

第一线圈 2 和第二线圈 3 具有和磁环 51 的轴线重合的轴线，并且

沿着磁环 51 的轴线的方向配置在相互隔着磁环 51 的位置上。将第一线圈 2 和第二线圈 3 的外径设定成基本上等于磁环 51 的外径。

第一定子 58 由软磁性材料构成, 并包括: 具有中空圆筒形形状的外管部, 作为外磁极部形成的齿形部, 以及切口。第一定子 58 被第一线圈 2 激磁。第一定子 58 形成有呈齿形的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D, 并且所述第一外磁极部在第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 与磁环 51 的外周面之间留有预定的间隙地与磁环 51 的外周面相对, 而且所述第一外磁极部从设置在靠近磁环 51 的一个端面的一侧的定子主体起沿着磁环 51 的外周面轴向延伸。

($n/2$) 个 (即, 4 个) 第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以 ($720/n$) (即 90 度) 的机械角度的相位间隔、也就是 360 度的电角度的相位间隔配置。将第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 形成齿形部, 所述齿形部是通过切削中空圆筒形软磁性材料的前端、使得所述前端沿着圆周方向分成多个齿形而形成的, 其中, 每一个齿形从外管部的端面起沿着轴向延伸。进而, 形成第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D, 使得它们中的每一个以角度 θ_3 倾斜地与该磁环 51 对向。

第二定子 59 由软磁性材料形成, 并包括: 具有中空圆筒形形状的外管部, 作为外磁极部形成的齿形部, 以及切口。第二定子 59 被第二线圈 3 激磁。第二定子 58 形成有呈齿形的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D, 并且所述第二外磁极部在第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 与磁环 51 的外周面之间留有预定的间隙地与磁环 51 的外周面对向, 而且所述第二外磁极部从靠近磁环 51 的另一端面设置的定子主体起、沿着磁环 51 的外周面在磁环 51 的轴向上延伸。

($n/2$) 个 (即, 4 个) 第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 以 ($720/n$) (即 90 度) 的机械角度的相位间隔、也就是以 360 度的电角度的相位间隔配置。将第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 形成为齿形部, 所述齿形部是通过切削中空圆筒形软磁性材料的前端、使得所述前端沿着圆周方向分成多个齿形而形成的, 其中, 每一个齿形从外管部的端面轴向延伸。进而, 形成第二外磁极部 59A、59B、59C

和 59D, 使得它们中的每一个以角度 θ_4 倾斜地与该磁环 51 对向。

第一定子 58 的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以及第二定子 59 的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 具有相同的形状, 并配置成第一和第二外磁极部的齿形部的前端彼此相对。

连接环 54 形成中空圆筒形, 并具有形成于其内周部的槽 54A、54B、54C、54D、54E、54F、54G 和 54H。进而, 连接环 54 由非磁性材料形成, 并被制成能够将形成在第一定子 58 与第二定子 59 之间的磁路分开, 使得第一定子 58 与第二定子 59 的磁极部几乎不彼此施加不利影响。

槽 54A、54C、54E 和 54G 相位相互偏移 $360/n$ 度, 即, 90 度。类似地, 槽 54B、54D、54F 和 54H 相位相互偏移 $360/n$ 度, 即, 90 度。第一定子 58 的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 配合到槽 54A、54C、54E 和 54G 内, 并且, 例如用粘合剂固定于其上。第二定子 59 的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 配合到槽 54B、54D、54F 和 54H 内, 并且, 例如利用粘合剂固定于其上。相对于磁环 51 的磁化部的磁化相位而言, 槽 54A、54C、54E 和 54G 与槽 54B、54D、54F 和 54H 相位偏移 90 度的电角度。

如上所述, 将第一定子 58 的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以及第二定子 59 的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 形成齿形部, 所述齿形部沿着磁环 51 的外周面在磁环 51 的轴向上延伸。进而, 将磁环 51 的每一个磁化部形成螺旋状, 其中, 磁化部的磁化相位在磁化部的不同部分之间变化, 所述磁化部的不同部分在磁化部上处于不同的轴向位置。从而, 为了将第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以及第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 配置在彼此完全等价的各个相位的位置上, 相对于磁环 51 的磁化部的磁化相位而言, 需要将第一和第二外磁极部相互偏移机械角度为 α 度的相位。

为了将槽 54A、54C、54E 和 54G 以及槽 54B、54D、54F 和 54H 形成得相对于磁环 51 的磁化部的磁化相位而言、彼此偏移电角度 90 度的相位, 只需要使它们相对于磁化相位而言彼此偏移机械角度为

($180/n$) + α 度 (即, 22.5 度 + α 度) 的相位即可。因此, 将第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以及第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 也配置成相对于磁环 51 的磁化部的磁化相位而言、彼此偏移机械角度为 ($180/n$) + α 度 (即, 22.5 度 + α 度) 的相位, 即, 偏移电角度为 90 度的相位。

现在, 假定用 θ_5 表示每一个第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 与第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 中对应的一个之间的机械角度的偏移量, 即 ($180/n$) + α 度 (即, 22.5 度 + α 度), 如图 11 所示, 公式 $\theta_5 > (\theta_3 + \theta_4) / 2$ 成立。

更具体地说, 将角度 θ_3 , 角度 θ_4 和角度 θ_5 之间的关系设定为公式 $\theta_5 > (\theta_3 + \theta_4) / 2$ 成立, 其中, 所述角度 θ_3 表示第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以与磁环 51 的磁极部相对的关系延伸所通过的角度, 所述角度 θ_4 表示第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 以与磁环 51 的磁极部相对的关系延伸所通过的角度, 所述角度 θ_5 表示第一外磁极部与各个相邻的第二外磁极部之间的相位差。

如上所述, 通过将第一定子 58 和第二定子 59 固定到连接环 54 上, 能够将第一定子 58 和第二定子 59 设置在所需要的位置和相位。

在特开平 10-229670 号公报中所提出的步进马达中, 将用于可旋转地保持插入到中空圆筒形的内磁极部内的输出轴的轴承, 安装到包括内磁极部和外磁极部的定子上, 与这种步进马达不同, 根据本实施例的步进马达, 其特征在于, 磁环 51 被螺旋状磁化, 从而, 第一定子 58 的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 的前端以及第二定子 59 的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 的前端, 被配置成它们彼此进一步远离 α 度的机械角度。

其结果是, 即使当在第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 的前端与各个对应的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 的前端之间沿轴向形成的间隙 T1 制造得较小的时候, 也可以确保它们之间的间隙。从而, 即使当间隙 T1 制造得足够小时, 也可以防止第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 与各个相关的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D

之间的串扰，从而，可以将步进马达的轴向尺寸制造得足够小。

进而，在本实施例中，假定第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 中的每一个与第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 中对应的一个之间的机械角度偏移量 θ_5 表示，则 $\theta_5 > (\theta_3 + \theta_4) / 2$ 成立。在该表达式中， θ_3 表示第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 以与磁环 51 的磁极部相对的关系延伸所通过的角度， θ_4 表示第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 以和磁环 51 的磁极部相对的关系延伸所通过的角度。

利用这种结构，即使当第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 的前端与各个对应的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 的前端被配置成沿着磁环 51 的轴向方向观察时彼此重叠的时候，上述前端也不会彼此接触。如果重叠部的长度用 L 表示，则第一和第二外磁极部的与磁环 51 对向的长度，等于 $(ML + L) / 2$ 。

步进马达的输出转矩大致正比于与磁环 51 相对的外磁极部的面积。进而，在本实施例中，磁环 51 被螺旋状地磁化，从而，所产生的全部电磁力都不作用于旋转轴 10 的旋转方向上。其结果是，如果用 θ 表示螺旋角，则步进马达的旋转力变成所产生的电磁力的 $\cos\theta$ 倍。这表明旋转力被降低，因为所产生的全部电磁力都不作用于旋转轴 10 的旋转方向上。

假定同时考虑到由于和磁环相对的外磁极部的面积增加引起的旋转力的增大、以及由于所产生的全部电磁力都不作用于旋转轴的旋转方向上这一事实造成的旋转力的降低，根据本实施例的步进马达的输出变成现有技术的输出的

$$((ML + L) / (ML - T1)) \times \cos\theta$$

倍。

例如，在具有外径约为 $\phi 6\text{mm}$ ，轴向尺寸约为 9mm ， $ML = 3\text{mm}$ ， $L = 0.5\text{mm}$ ， $T1 = 0.5\text{mm}$ ， $\theta = 10$ 度的步进马达的情况下，如果将这些值代入到上述方程式中，则获得下面的表达式：

$$((3 + 0.5) / (3 - 0.5)) \times \cos 10^\circ$$

由该表达式得到的值为 1.379。从而，可以预期，根据本实施例的

步进马达的输出转矩是现有技术的输出转矩的 1.379 倍。

而且,对于根据现有技术(日本专利特开平 09-331666 号公报和特开平 10-229670 号公报)的步进马达,要求其被构造成内磁极部不与连接在磁铁与输出轴之间的部分接触。其结果是,步进马达不能具有其中内磁极部与转子(磁铁)彼此相对的足够的轴向长度(图 14 中的 L1)。

相反,如图 10 中的 ML 所示,根据本实施例的步进马达,可以很容易地确保其中旋转轴 10 的内磁极部 10A 与磁环 51 彼此相对的大大的轴向长度。这使其能够有效地利用第一定子 58 的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D,第二定子 59 的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D,以及磁环 51,从而使之能够提高步进马达的输出功率。

而且,假定磁环 51 的长度用 ML 表示,在本实施例与现有技术(日本专利特开平 09-331666 号公报)之间进行的比较,给出如下的结果:根据现有技术的步进马达,要求沿着磁环 51 的轴向方向在第一外磁极部与第二外磁极部之间形成间隙,以便防止第一和第二外磁极部之间的串扰。假定所述间隙的长度用 T1 表示,则与磁环相对的每一个外磁极部的长度用 $(ML - T1)/2$ 表示。

相反,在根据本实施例的步进马达中,将第一定子 58 的第一外磁极部 58A、58B、58C 和 58D 的前端以及第二定子 59 的各个相关的第二外磁极部 59A、59B、59C 和 59D 的前端设置成它们在磁环 51 的轴向方向上相互重叠。如上所述,如果用 L 表示重叠部分的长度,则与磁环 51 相对的第一和第二外磁极部的长度等于 $(ML + L)/2$ 。这使其能够有效地利用磁环 51,从而能够构造大功率的步进马达。

如上文中所描述的那样,根据本实施例,由第一和第二线圈 2 和 3 的通电产生的磁通,被直接作用到磁环 51 上,从而,可以将步进马达构造成能够输出高的功率,并且制成非常小的尺寸。就是说,只要求步进马达具有大到足以包括磁环 51 的直径并使得第一和第二定子 58 及 59 的外磁极部与磁环 51 的外周面相对的直径。进而,只需要步进马达具有的长度等于第一和第二线圈 2 和 3 各自的长度及磁环 51

的长度的总和。

因此,步进马达的尺寸由磁环 51 及第一和第二线圈 2 和 3 的直径以及长度所决定,如果将磁环 51 及第一和第二线圈 2 和 3 的直径以及长度制造得非常小,则可以实现步进马达的微型化。

尽管在这种情况下,如果将磁环 51 及第一和第二线圈 2 和 3 的直径以及长度制造得非常小的话,也很难保持步进马达的精度,但是这一问题可以按以下方式来解决:如上所述,将磁环 51 形成中空圆筒形,并且将旋转轴 10 固定到磁环 51 的内周部上。进而,使第一和第二定子 58 和 59 的外磁极部与磁环 51 的外周面对,使旋转轴 10 的内磁极部与磁环 51 的内周面对。这种简单的结构可以解决步进马达的精度问题。

进而,如果步进马达总共包括七个部件,即,两个线圈,一个磁环,一个旋转轴,第一和第二定子,以及一个连接环,则可以减少部件的数目,从而能够降低步进马达的制造成本。

进而,通过将第一定子 58 的第一外磁极部的前端与第二定子 59 的各个相关的第二外磁极部的前端配置成在磁环 51 的轴向上相互重叠,并且假定所述重叠部分的长度由 L 表示,则与磁环 51 相对的外磁极部的长度等于 $(ML + L)/2$ 。这使其可以有效地利用磁环 51,从而能够实现大功率的步进马达。

尽管在上述第一和第二个实施例,以举例的方式列举了第一定子的第一外磁极部和第二定子的第二外磁极部两者与旋转轴在轴向方向的范围内彼此相对的结构,但是并不局限于此,也可以制成这样的结构,即,第一定子的第一外磁极部、或者第二定子的第二外磁极部(即,第一外磁极部和第二外磁极部的至少任何一个)与旋转轴在轴向方向的范围内彼此相对。

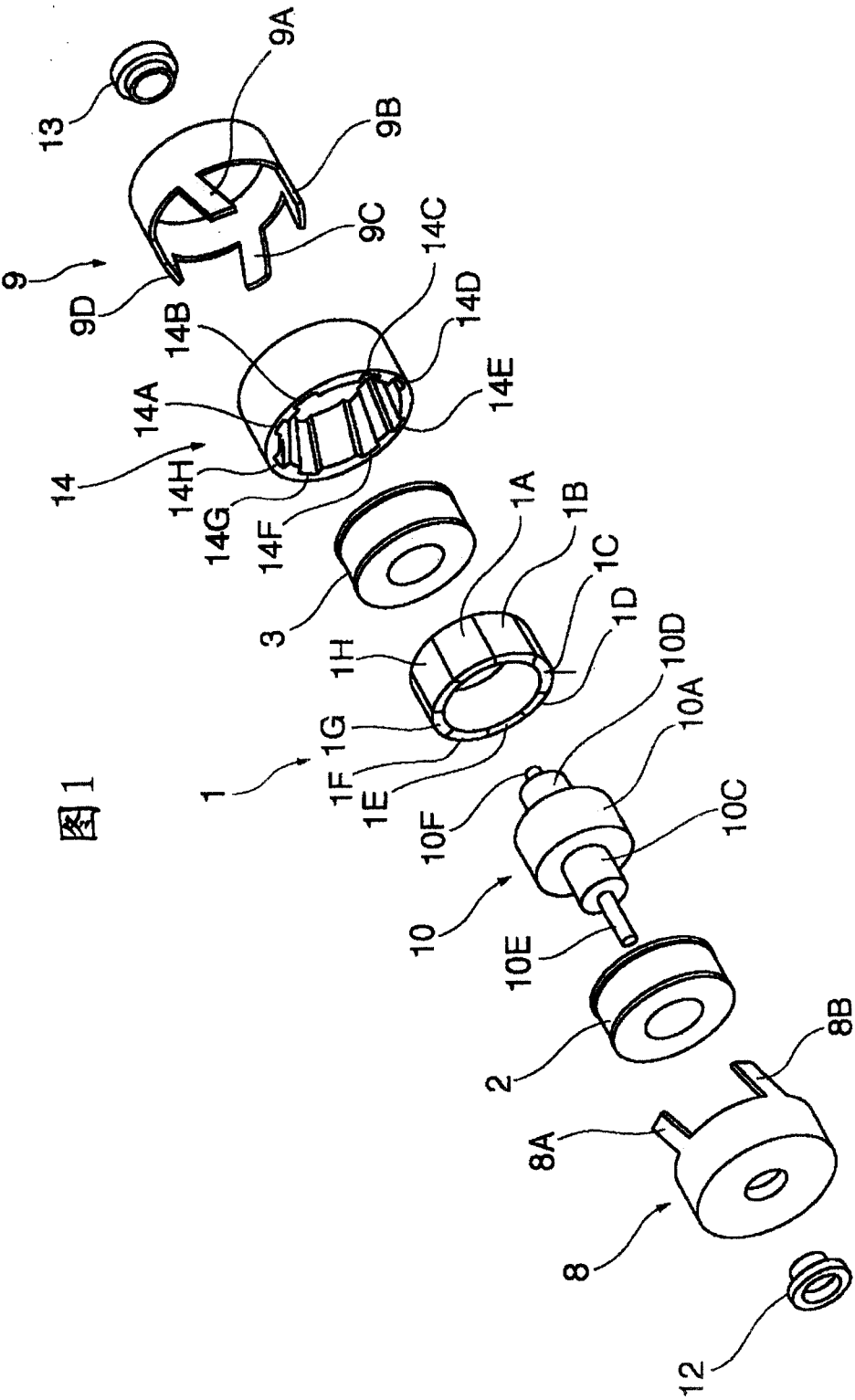


图 2

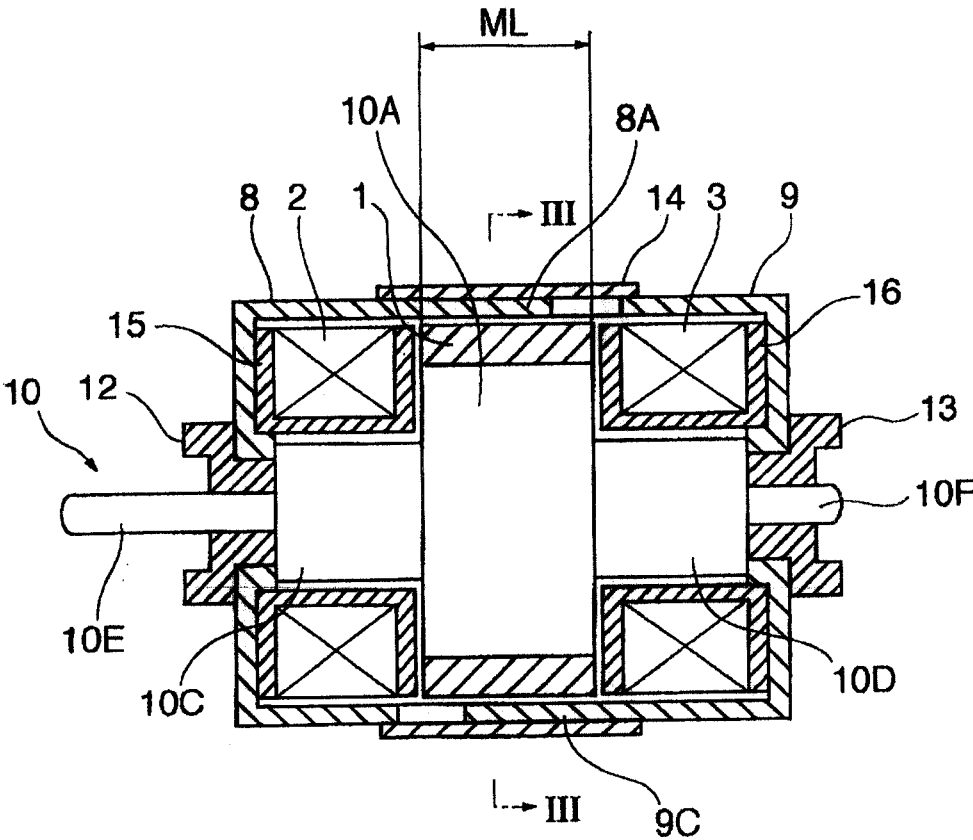


图 3

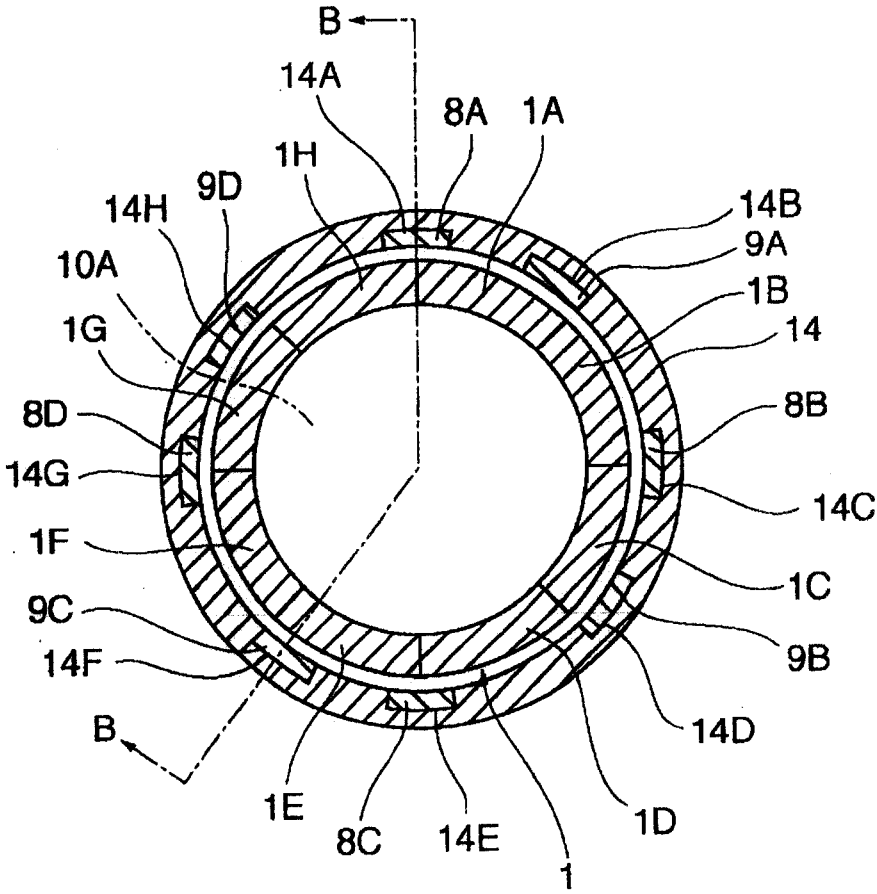


图 4

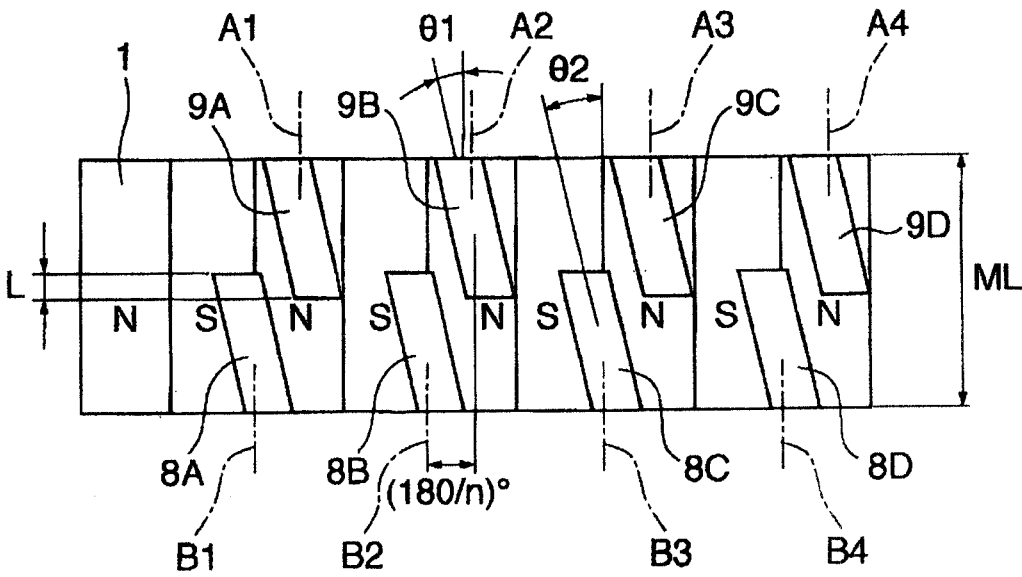


图 5

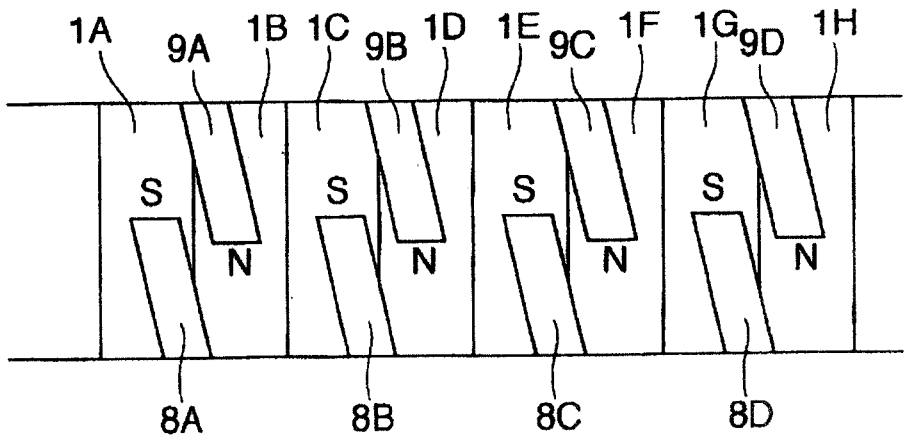


图6

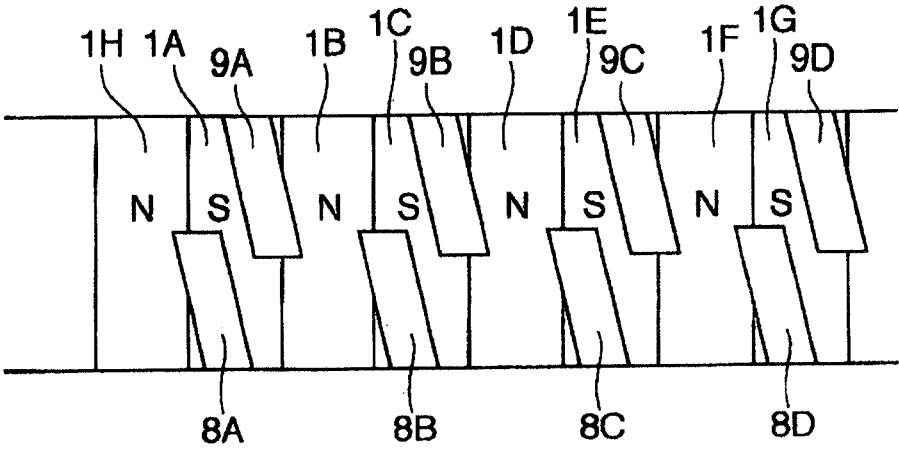


图7

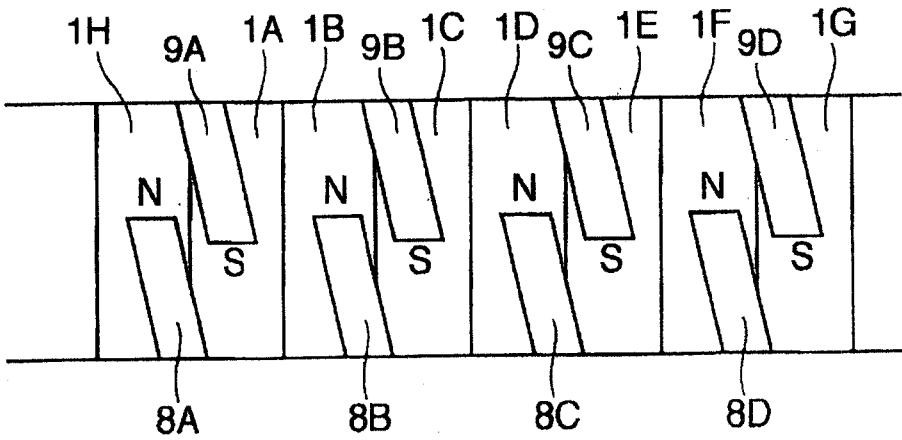
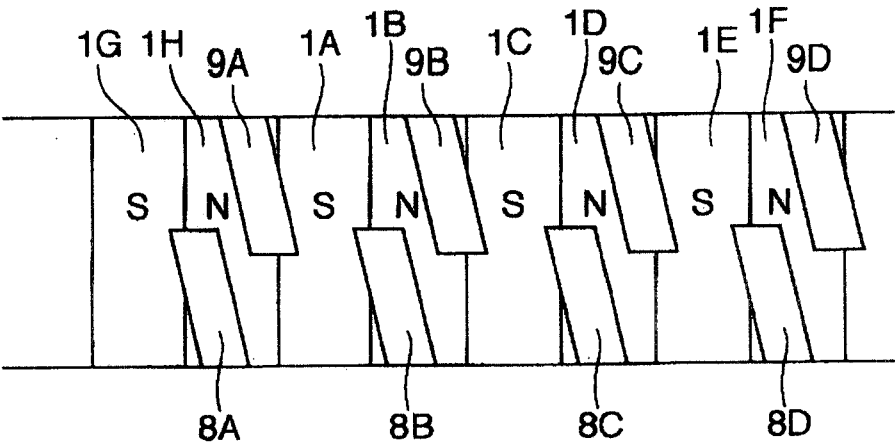


图 8



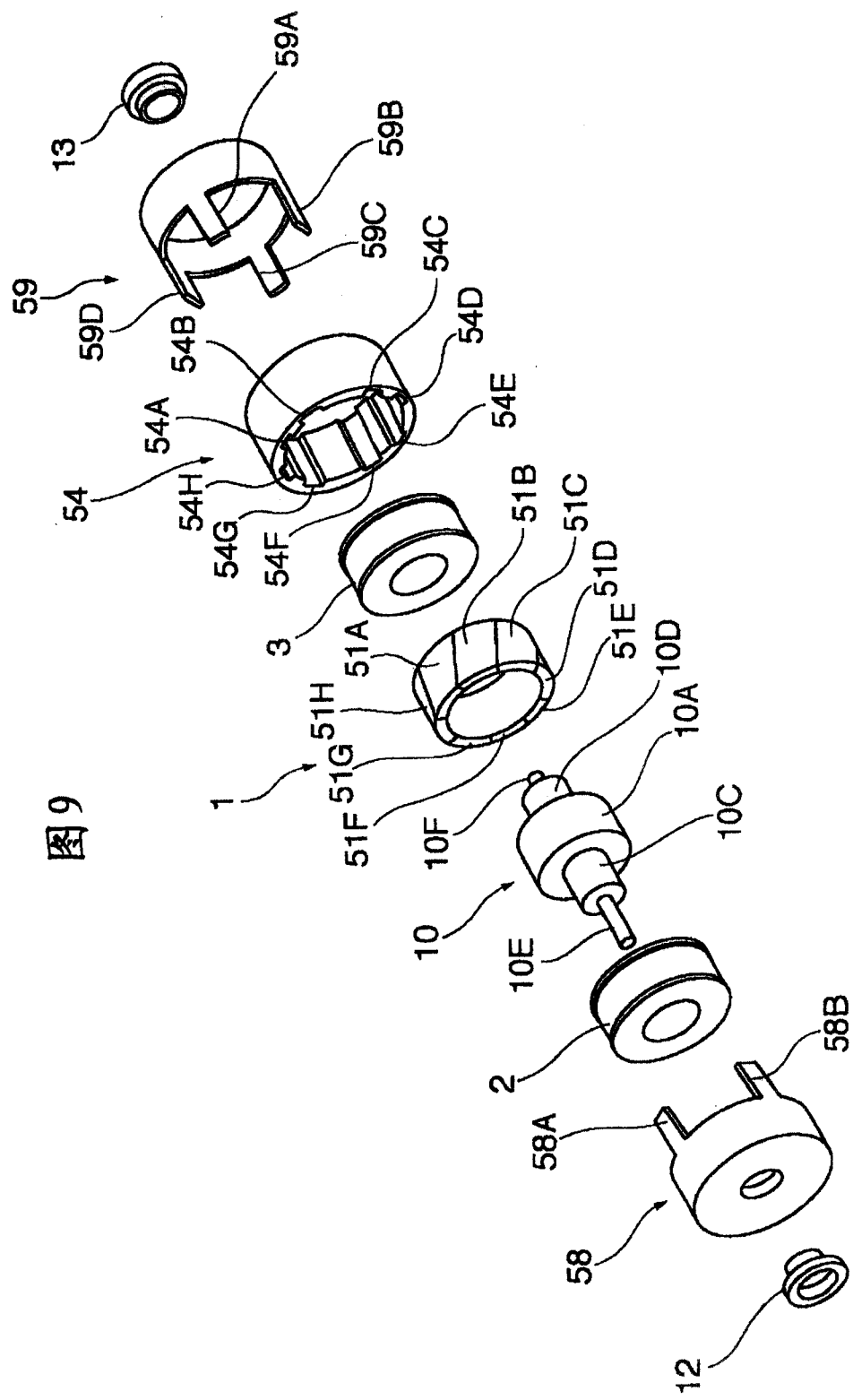


图9

图 10

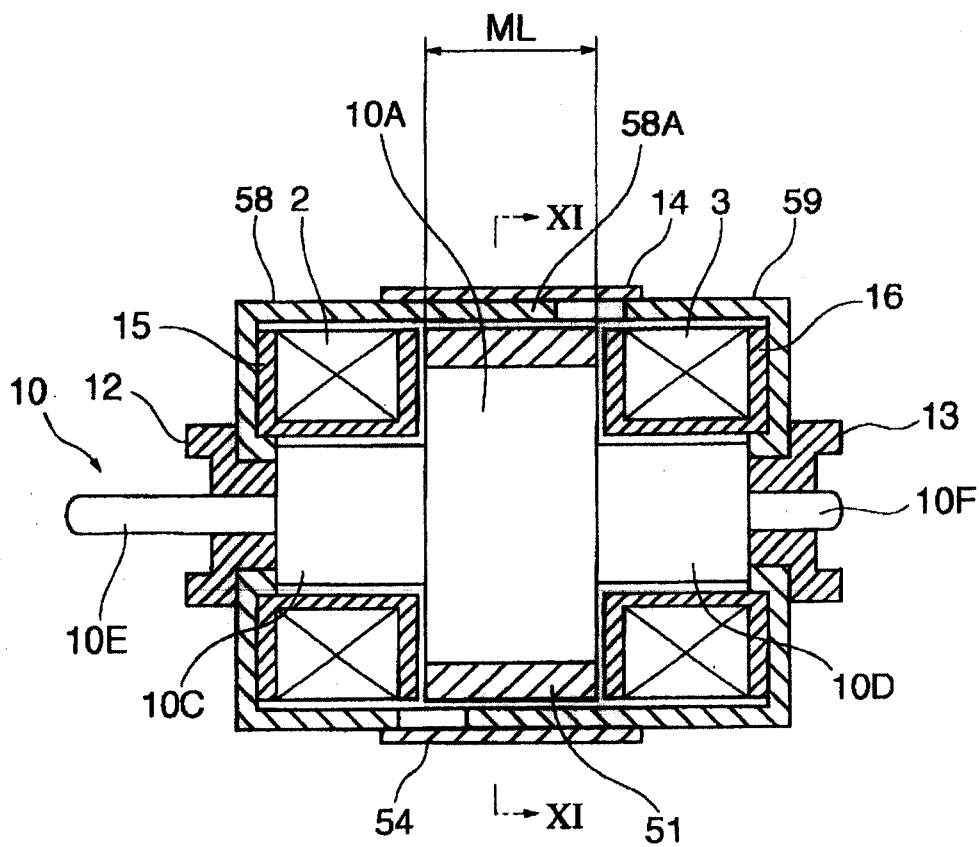


图 11

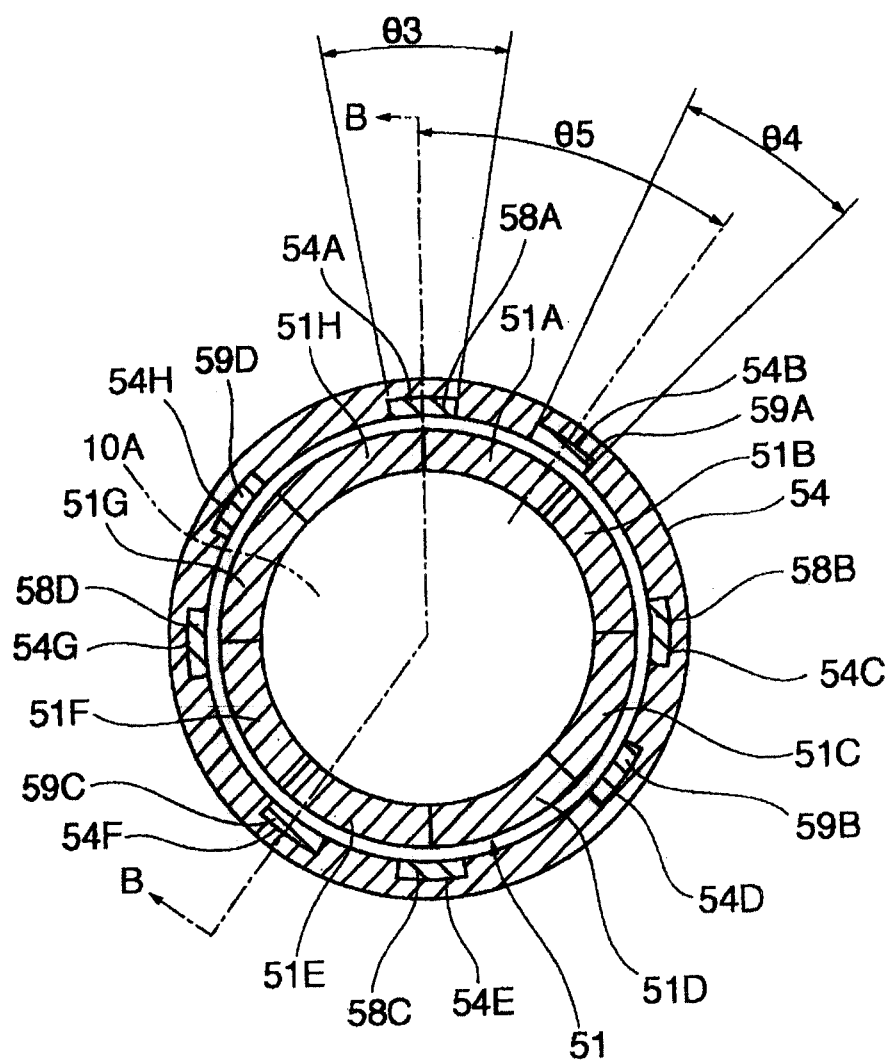


图12

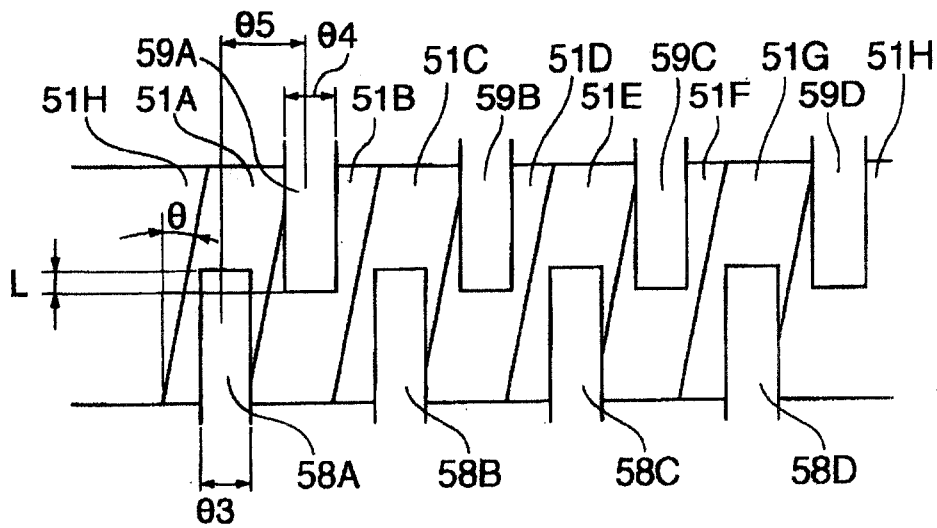


图13
现有技术

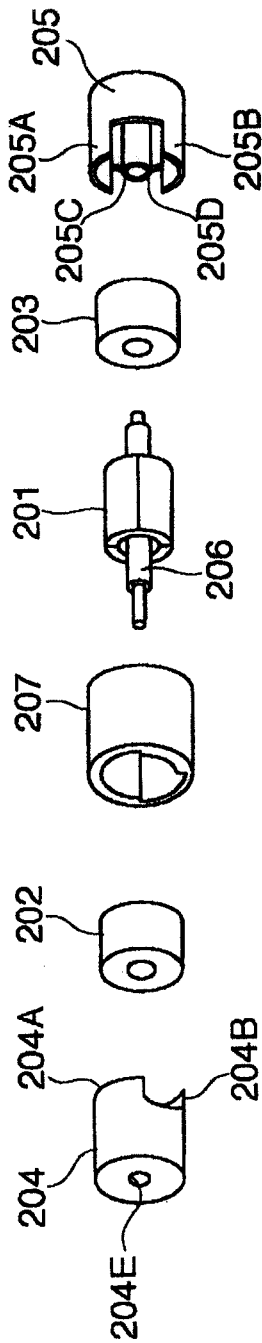


图14
现有技术

