

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H02K 1/27

H02K 15/03



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510080002.7

[43] 公开日 2005年12月28日

[11] 公开号 CN 1713483A

[22] 申请日 2005.6.24

[21] 申请号 200510080002.7

[30] 优先权

[32] 2004.6.24 [33] JP [31] 2004-186638

[71] 申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨

[72] 发明人 内田裕之 山本致良 前田拓也

鸿上弘

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

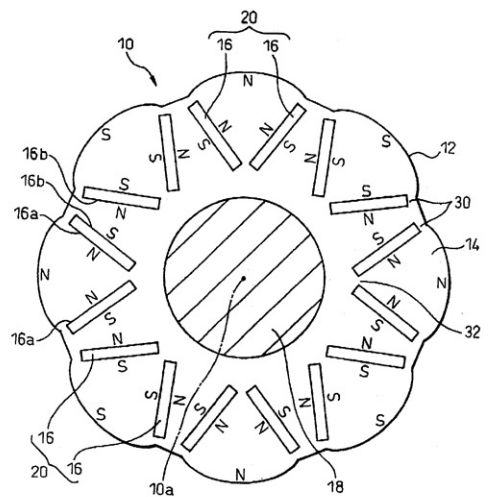
代理人 张敬强

权利要求书2页 说明书10页 附图10页

[54] 发明名称 同步电动机

[57] 摘要

本发明涉及具备具有旋转轴线的转子以及留有间隙地围绕转子的定子的同步电动机。转子具备具有以旋转轴线为中心的外周面的转子内芯以及安装于转子内芯中且在转子内芯外周面上形成多个极的多个永磁铁。从与旋转轴线正交的剖面看，转子内芯的外周面在多个极的各个上具有脱离圆弧并向径向外方突出的轮廓。多个永磁铁包括分别具有两个或两个以上的永磁铁且分别被分配给多个极的多个磁铁组。从与旋转轴线正交的剖面看，转子内芯的外周面的轮廓在多个极的各个上至少部分地具有用双曲线余弦函数或正割函数表示的形状。



ISSN 1008-4274

1. 一种同步电动机，其特征在于：

具备具有旋转轴线（10a；40a；50a；60a）的转子（10；40；50；60）和留有间隙地围绕所述转子的定子（22）；

所述转子具备具有以所述旋转轴线为中心的外周面（12）的转子内芯（14）以及安装于该转子内芯中且在该转子内芯的该外周面上形成多个极的多个永磁铁（16）；

从与所述旋转轴线正交的剖面看，所述转子内芯的所述外周面在所述多个极的各个上具有脱离圆弧并向径向外方突出的轮廓；

所述多个永磁铁包括分别具有两个或以上的永磁铁且分别被分配给所述多个极的多个磁铁组（20；52；62）。

2. 根据权利要求1所述的同步电动机，其特征在于：

从与所述旋转轴线正交的剖面看，所述转子内芯的所述外周面的所述轮廓在所述多个极的各个上至少部分地具有用双曲线余弦函数表示的形状。

3. 根据权利要求1所述的同步电动机，其特征在于：

从与所述旋转轴线正交的剖面看，所述转子内芯的所述外周面的所述轮廓在所述多个极的各个上至少部分地具有用正割函数表示的形状。

4. 根据权利要求1所述的同步电动机，其特征在于：

所述多个磁铁组的各个（20；52；62）包括在接近所述旋转轴线一侧具有互相收缩的V字形的配置状态的一对永磁铁，该一对永磁铁在互相倾斜相对的表面（16a）上具有相同磁极。

5. 根据权利要求4所述的同步电动机，其特征在于：

所述多个磁铁组的各个（52；62）还包括配置于所述一对永磁铁之间的追加的一个永磁铁，该追加的永磁铁在靠近所述转子内芯的所述外周面的表面（16a）上具有与所述一对永磁铁的所述表面的磁极相同的磁极。

6. 根据权利要求5所述的同步电动机，其特征在于：

所述追加的永磁铁被配置于靠近所述外周面的所述一对永磁铁的外端之间。

7. 根据权利要求5所述的同步电动机，其特征在于：

所述追加的永磁铁被配置于靠近所述旋转轴线的所述一对永磁铁的内端之间。

8. 根据权利要求1所述的同步电动机，其特征在于：

所述转子与所述定子之间的所述间隙的尺寸沿所述转子内芯的所述外周面的周向变化，该间隙的最大尺寸 G_{max} 、该间隙的最小尺寸 G_{min} 以及所述多个永磁铁的各个的厚度 H 具有满足下式的关系：

$$G_{max}/(G_{max} + H) \geq \sqrt{2} \times G_{min} / (G_{min} + H) \quad .$$

9. 一种同步电动机，其特征在于：

具备在外周面(12)上具有用双曲线余弦函数表示的轮廓的转子内芯(14)以及多个永磁铁(16)被埋入所述转子内芯，并且在所述转子内芯的每1极上设置多个。

10. 一种同步电动机，其特征在于：

具备在外周面(12)上具有用正割函数表示的轮廓的转子内芯(14)以及多个永磁铁(16)，被埋入所述转子内芯，并且在所述转子内芯的每1极上设置多个。

同步电动机

技术领域

本发明涉及同步电动机。本发明还涉及同步电动机的转子。

背景技术

在内转子型同步电动机中，已知有如下所述的电动机，即，从与旋转轴线正交的截面看，转子内芯的外周面具有在转子的各极上、脱离圆弧并向径向外方突出的轮廓。具有这种转子的同步电动机发生转矩受到转子各极的内芯外周面的周向中央区域和定子内芯的内周面之间的间隙（在本申请中称为“中央间隙”）的尺寸的影响。即，中央间隙越小转矩越大。

另一方面，具有上述转子的同步电动机的电感受到转子各极的内芯外周面的周向两侧区域和定子内芯的内周面之间的间隙（在本申请中称为“侧部间隙”）的尺寸的影响。即，侧部间隙越大电感越小。并且，如果电感变小，则转子高速旋转时的反电动势变小，从而导致高速旋转时的转矩（或输出）增大。而且，随着电感的减小，能耗也减小。

因此，在同步电动机中，为使转矩增大并使电感减小来提高能效，需要使转子各极的内芯外周面的形状最优化。

特开 2002-010541 号公报（JP-A-2002-010541）公开了改善转矩和电感之间关系的同步电动机，其中，将转子各极的内芯外周面的轮廓做成沿大体上为用双曲线余弦函数所表示的曲线的突出形状，从而可较高地设定低速时及高速时的转矩。在该公报中还公开了转子各极的内芯外周面的轮廓采用沿大体上为用正割函数所表示的曲线的突出形状同步电动机。

图 8 表示转子各极的内芯外周面的轮廓采用沿大体上为用双曲线余弦函数所表示的曲线的突出形状的转子的一个例子。在图示转子中，转子内芯 101 在其外周面 102 上具有周向上交替的多个极，且与轴 103 同心地被安装。转子内芯 101 的各极的外周面 102 的轮廓具有沿用双曲线余弦函数表示的曲线的突出形状。在转子内芯 101 中，对多个极的各个埋入设置一个在与径向正

交的方向上延伸的板状的永磁铁 104。相邻极的永磁铁 104 之间，因转子内芯 101 各极的外周面 102 的膨胀轮廓形状而形成了转子内芯 101 的较薄部分 105。较薄部分 105 协助永磁铁 104 的径向外侧的突出部分 106 以抵抗离心力而支撑永磁铁 104。

如图 9 所示，来自一个永磁铁 104 的磁通量分为朝向相邻永磁铁 104 并沿周向流过较薄部分 105 的磁通量和朝向定子（未图示）并沿径向流过突出部分 106 的磁通量。流过较薄部分 105 的磁通量是不对转矩产生贡献的漏磁通量 107，流过突出部分 106 的磁通量是对转矩产生贡献的有效磁通量 108。永磁铁 104 的有效磁通量 108 通常相当于在较薄部分 105 因漏磁通量 107 而饱和时的全部磁通量中的剩余部分。因此，通过减小较薄部分 105 的漏磁通量 107 可增加朝向定子的有效磁通量 108。为减少较薄部分 105 的漏磁通量 107 可削减较薄部分 105 的尺寸。

但是，在转子旋转期间，各永磁铁 104 和其径向外侧的突出部分 106 所产生的离心力主要集中在较薄部分 105，因此，有转子内芯 101 损坏的可能。所以，从确保转子强度的观点来看，需要增加转子内芯 101 内的较薄部分 105 的尺寸。这样，对设于转子内芯 101 上的较薄部分 105 而言，为增大转矩需要削减其尺寸，而为确保转子强度需要增加其尺寸。

对此，如图 10 所示，在不改变转子内芯 101 的较薄部分 105 的尺寸的前提下，通过增加永磁铁 104 的厚度也可增加转矩。根据该构成，虽然随着永磁铁 104 厚度的增加磁通量也增加，但是由于流过较薄部分 105 的漏磁通量 107 的量没变，所以流过突出部分 106 的有效磁通量 108 增加，结果转矩增加。但是，在该构成中，由于与永磁铁 104 体积的增加相比转矩的增加较少，所以需要更有效地增加转矩的构成。

特开平 11-243653 号公报（JP-A-11-243653）公开了包括有在具有圆形剖面的外周面形状的**转子**内芯上每 1 极埋设多个永磁铁的转子的电动机。在该电动机中，因由具有特有排列形态的多个永磁铁构成的转子各极，故而扩大了 d 轴的电感和 q 轴的电感的差，因此可增大电动机的磁阻转矩。在特开 2001-01-095182 号公报（JP-A-2001-095182）中也公开了具有同样构成的电动机。但是，任何文献都对于使转子各极的内芯外周面的轮廓做成脱离圆弧的

形状以减少电感的构成都没有言及。

发明内容

本发明的目的在于提供一种在内转子型同步电动机中具有可高效增加转矩的同时减少电感并提高能效的转子的同步电动机。

为实现上述目的，本发明提供了一种同步电动机，具备具有旋转轴线的转子和留有间隙地围绕所述转子的定子；转子具备具有以旋转轴线为中心的外周面的转子内芯以及安装于转子内芯中且在转子内芯的外周面上形成多个极的多个永磁铁；从与旋转轴线正交的剖面看，转子内芯的外周面在多个极的各个上具有脱离圆弧并向径向外方突出的轮廓；多个永磁铁包括分别具有两个或以上的永磁铁且分别被分配给多个极的多个磁铁组。

在上述同步电动机中，可以是：从与旋转轴线正交的剖面看，转子内芯的外周面的轮廓在多个极的各个上至少部分地具有用双曲线余弦函数表示的形状。

或者，可以是：从与旋转轴线正交的剖面看，转子内芯的外周面的所述轮廓在多个极的各个上至少部分地具有用正割函数表示的形状。

可以是：多个磁铁组的各个包括在接近旋转轴线一侧具有互相收缩的 V 字形的配置状态的一对永磁铁，该一对永磁铁在互相倾斜相对的表面上具有相同磁极。

此外，可以是：多个磁铁组的各个还包括配置于一对永磁铁之间的追加的一个永磁铁，追加的永磁铁在靠近转子内芯的外周面的表面上具有与一对永磁铁的表面的磁极相同的磁极。

本发明还提供了一种在外周面上具有用双曲线余弦函数或正割函数表示的轮廓的转子内芯以及是被埋入转子内芯中的多个永磁铁、并且在转子内芯的每 1 极上设置多个的永磁铁的同步电动机的转子。

附图说明

通过与附图相关联的以下的优选实施例的说明会进一步明确本发明的上述及其他目的、特征及优点。在附图中：

图 1 是本发明第一实施例的同步电动机所具有的转子的横剖视图。

图 2 是局部放大剖视图，表示具有图 1 的转子的同步电动机的转子及定

子的构成要素组的尺寸及相对位置。

图 3 表示图 2 的尺寸及相对位置和齿槽转矩的关系；

图 4 是本发明第二实施例的同步电动机所具有的转子的剖视图；

图 5 是作为比较例的转子的横剖视图；

图 6 是本发明第三实施例的同步电动机所具有的转子的横剖视图；

图 7 是本发明第四实施例的同步电动机所具有的转子的横剖视图；

图 8 是现有同步电动机所具有的转子的横剖视图；

图 9 是局部放大剖视图，表示图 8 的转子的漏磁通量及有效磁通量；

图 10 是现有的其他同步电动机所具有的转子的横剖视图。

具体实施方式

下面将参照附图来详细说明本发明的实施例。在图中，相同或类似的构成要素标以共同的附图标记。

参照附图，图 1 用与旋转轴线 10a 正交的剖面表示本发明第一实施例的同步电动机所具有的转子 10。转子 10 包括具有以旋转轴线 10a 为中心的外周面 12 的转子内芯 14、以及安装于转子内芯 14 且在转子内芯 14 的外周面 12 上形成多个极（N 极或 S 极）的多个永磁铁 16。转子内芯 14 与轴 18 同心地被安装，在该状态下，多个永磁铁 16 被平衡配置于轴 18 的周围。

从与旋转轴线 10a 正交的剖面看，转子内芯 14 的外周面 12 在多个极中的各个上具有脱离于圆弧并向径向外方突出的轮廓。多个永磁 16 按功能被分为分别具有两个或以上的永磁铁 16 且分别被分配给多个极的多个磁铁组 20。这些磁铁组 20 通过将相同永磁 16 以相同的相对配置组合而构成。

在图中实施例中，转子内芯 14 的外周面 12 上沿周向交替地形成 4 个 N 极和 4 个 S 极。此外，从与旋转轴线 10a 正交的剖面看，外圆周面 12 的轮廓在各个 N 极和 S 极上至少部分地具有用双曲线余弦函数表示的形状。图示实施例中，对应于每个极的外周面 12 的实质的整体具有用双曲线余弦函数表示的突出形状。取而代之的是，各极的外周面 12 的周向中央及其附近的两侧区域具有用双曲线余弦函数表示的突出形状，各极的外周面 12 的周向两端区域也可以具有用其他曲线表示的形状。

如图 2 所示，转子 10 有间隙地可旋转地被容纳于定子 22 的内部空间内

而构成同步电动机。定子 22 包括具有多边形柱状的外形及圆筒状的内圆面 24 的筒状定子内芯 26。在定子内芯 26 的内周面 24 上在轴线方向全长且径向凹进设置在周向上等间隔地设置的多个狭槽 28，且各狭槽 28 中容纳有未图示的励磁线圈。

在图示剖面中，转子 10 的各极的外周面 12 的轮廓形状可用包含以旋转轴线 10a 为原点的双曲线余弦函数的下式表示：

$$R=A-B\times\cosh(C\theta)=A-B\times(e^{C\theta}+e^{-C\theta})/2$$

在此，R 为外周面 12 和原点之间的距离， θ 是每 1 极的中心角度、A 为根据从原点到定子内芯内周面 24 的距离（即定子内芯 26 的内径）而确定的值、B 为根据转子各极的中央间隙（即最小间隙 Gmin）而确定的值、C 为确定双曲线余弦函数的曲率的值。

由于在转子各极上使转子内芯 14 的外周面 12 具有用这种双曲线余弦函数表示的突出形状，所以可有效减小同步电动机的电感，并提高能效。因此，如果设计成相同的电感，则发生转矩增大。

再参照图 1，构成转子 10 的多个极的各个多个磁铁组 20 皆包括具有在接近旋转轴线 10a 一侧互相收缩的 V 字形的配置状态的永磁铁 16。各磁铁组 20 的一对永磁铁 16 在互相倾斜相对的前面 16a 上具有相同磁极。此外，在周向上相邻的磁铁组 20 之间互相靠近的一对永磁铁 16 在相互相对的背面 16b 上具有相异磁极。因此，在转子内芯 14 的外周面 12 上沿周向上交替地形成有 N 极和 S 极。

各磁铁组 20 的一对永磁铁 16 和转子内芯 14 的外周面 12 之间，与沿转子内芯 14 的径向见到的各永磁铁 16 的外端相邻、分别形成转子内芯 14 的较薄部分 30。此外，各磁铁组 20 的一对永磁铁 16 之间，与沿转子内芯 14 的径向见到的各永磁铁 16 的内端相邻、形成转子内芯 14 的较薄部分 32。转子内芯 14 上与较薄部分 30、32 相邻、形成用于埋设各个永磁铁 16 的贯通孔，由这些较薄部分 30、32 各永磁铁 16 抵抗转子旋转时的离心力而被牢固地固定支撑在贯通孔内。较薄部分 30、32 的尺寸对抵抗离心力的转子内芯 14 的机械强度产生影响。

如上所述，来自各永磁铁 16 的磁通量的一部分成为流过较薄部分 30、

32 的漏磁通量。但是，由于将各磁铁组 20 中的一对永磁铁 16 以 V 字形配置，所以可使其与定子 22（图 2）之间的磁通量增加，从而使发生转矩增加。

例如，由图 8 所示的现有构造的转子所产生的发生转矩为 T 时，分析在增加各个永磁铁 104 的厚度的构成（参照图 10）中的发生转矩 T1 的结果，可得到 $T1 = (1+a) T$ 的关系。在此，使本发明的转子 10 的各磁铁组 20 的一对永磁铁 16 的总计体积与图 10 的转子的增加了厚度的永磁铁 104 的体积相同，如果分析转子 10 的发生转矩 T2，则可得到 $T2 = (1+2a) T$ 的关系。这样，采用将一对永磁铁 16 配置成 V 字形的转子构成与增加永磁铁 104 的厚度的现有构成比较能以 2 倍的增长率来增加转矩。

在转子 10 中再通过转子内芯 14 在其外周面 12 上各极具有用双曲线余弦函数表示的轮廓形状，所以可获得各极的磁通量密度沿周向顺滑地变化的特性。其结果是转子 10 与具有圆筒状的内芯外周面的现有转子比较，可有效减小转子旋转时的齿槽转矩。

在此，在转子 10 与定子 22 之间的间隙尺寸沿转子内芯 14 的外周面 12 的周向变化的本发明的构成中，如图 2 所示，间隙的最大尺寸 Gmax、间隙的最小尺寸 Gmin 以及多个永磁铁中的各个的厚度 H 具有满足下式的关系：

$$G_{\max}/(G_{\max} + H) \geq \sqrt{2} \times G_{\min}/(G_{\min} + H)$$

地设定各构成要素的尺寸。

上述关系式可从同步电动机的转子旋转中产生的齿槽转矩的实验中导出。

例如，下面的表 1 表示：通过以转子内芯的外圆周面的轮廓形状 P、定子内径 D（mm）、磁铁的厚度 H（mm）、间隙最小值 Gmin（mm）及间隙最大值 Gmax（mm）作为参数，涉及互不相同的几个电动机构成，并根据规定的公式的计算值 M（mm²）和齿槽转矩的实测值 Q（Nm）。此外，计算值 M 可用以下式求出。

$$M = D^2 \times \{(G_{\min} + H)^2 \times (G_{\max} + H)^2\} / (G_{\min}^2 \times G_{\max}^2)$$

表 1

P	D(mm)	H(mm)	Gmin (mm)	Gmax (mm)	M (mm ²)	Q (Nm)
圆弧	54	2.7	0.5	0.5	4892236	7.7
双曲线余弦	40	2	0.4	1.5	313600	0.220
双曲线余弦	40	2	0.4	2.35	197363	0.021
双曲线余弦	54	2.7	0.5	1.3	1130787	2.426
双曲线余弦	54	2.7	0.5	1.9	700093	0.672
双曲线余弦	54	2.7	0.7	1.9	403235	0.772
正割函数	54	2.7	0.5	1.3	1130787	2.531
正割函数	54	2.7	0.5	1.9	700063	1.118
正割函数	54	2.7	0.5	3	431176	0.562

从上述表 1 所示实验结果来回归分析计算值 M 和齿槽转矩 Q (Nm)，可得到

$$Q \propto D^2 \times \{(G_{\min}+H)^2 \times (G_{\max}+H)^2\} / (G_{\min}^2 \times G_{\max}^2)$$

的关系，则可知 M 和 Q 具有相关性。图 3 表示了 M 和 Q 的相关性。

考虑上述相关性，在转子内芯 14 的外圆周面 12 的轮廓形状使用了双曲线余弦函数或正割函数的转子与内芯外周面的轮廓形状为圆弧（即 $G_{\min}=G_{\max}$ ）的转子比较，可使齿槽转矩降到一半或以下，从下式：

$$D^2 \times \{(G_{\min}+H)^2 \times (G_{\max}+H)^2\} / (G_{\min}^2 \times G_{\max}^2) \leq 1/2 \times D^2 \times (G_{\min}+H)^4 / G_{\min}^4$$

可得到：

$$\{G_{\max} / (G_{\max}+H)\}^2 \geq 2 \times \{G_{\min} / (G_{\min}+H)\}^2$$

将之整理，可得如上所述的下式：

$$G_{\max} / (G_{\max} + H) \geq \sqrt{2} \times G_{\min} / (G_{\min} + H)$$

图 4 用与旋转轴线 40a 正交的剖面表示本发明第二实施例的同步电动机所具有的转子 40。第二实施例的转子 40 除内芯外周面的轮廓形状不同以外具有与上述转子 10 实质相同的构成，所以，用相同标记表示对应构成要素并省略说明。

从与旋转轴线 40a 正交的剖面看，第二实施例的转子 40 的转子内芯 14

的外圆周面 12 的轮廓在 N 极和 S 极的各个上至少部分地具有用正割函数(即余弦函数的倒数)表示的形状。图示实施例中,对应于各个极的外周面 12 的实质的整体具有用正割函数表示的突出形状。取而代之的是各极的外周面 12 的周向中央及其附近的两侧区域具有用正割函数表示的突出形状,各极的外周面 12 的周向两端区域也可做成具有用其他曲线表示的形状的构成。

转子 40 的各极的外周面 12 的轮廓形状在图示的剖面中可用含有以旋转轴线 40a 为原点的正割函数的下式来表示。

$$R=A-B\times\sec(C\theta)=A-B/\cos(C\theta)$$

这里, R 为外周面 12 与原点之间的距离、 2θ 为 1 个极的中心角度、A 为根据原点到定子内芯内周面 24 的距离(即定子内芯 26 的内径)而确定的值、B 为根据转子各极的中央间隙(即最小间隙 G_{min})而确定的值、C 为确定正割函数的曲率的值。

通过在转子内芯 14 的各极上的转子内芯 14 的外周面 12 具有用这种正割函数表示的突出形状,与采用上述双曲线余弦函数表示的突出形状的转子 10(图 1)同样,可增加同步电动机发生转矩。此外,即使在转子 40 中,由于各极的磁通量密度可在周向上顺滑地变化,所以也可有效减小转子旋转时的齿槽转矩(参照表 1)。

图 5 表示作为比较例的用圆弧表示内芯外周面轮廓形状的转子 200。在如表 1 所示,与本发明的转子相比该转子 200 的齿槽转矩 Q 显著增大。这可被认为是受到了转子内芯 202 的外周面 204 与各个永磁 206 的转子径向外端之间的流过转子内芯 202 的较薄部分 208 的漏磁通量的影响而产生的。

图 6 用与旋转轴线 50a 正交的剖面表示的本发明的第三实施例的同步电动机所具有的转子 50。第三实施例的转子 50 除各个磁铁组的构成不同以外具有与上述第一实施例的转子 10 实质相同的构成,所以用相同标记表示对应构成要素并省略其说明。

第三实施例的转子 50 中,构成多个极的多个磁铁组 52 的各个包括在接近旋转轴线 50a 的一侧具有互相收缩的 V 字形的配置状态的永磁铁 16 以及配置于该一对永磁铁 16 间的追加的一个永磁铁 16。各磁铁组 52 的 V 字形的一对永磁铁 16 与第一实施例的转子 10 的各磁铁组 20 的一对永磁铁 16 同样,

在互相倾斜相对的前面 16a 上具有相同磁极。此外，在周向上相邻的磁铁组 52 之间互相靠近的一对永磁铁 16 在相对的背面 16b 上具有相异磁极。

追加的一个永磁铁 16 配置于沿转子内芯 14 的径向所见的 V 字形永磁铁 16 的外端（即靠近内芯外周面 12 的端部）之间。追加永磁铁 16 在靠近转子内芯 14 的外周面 12 的前面 16a 上具有与 V 字形永磁铁 16 的前面 16a 的磁极相同的磁极。因此，转子内芯 14 的外周面 12 上沿周向交替地形成有 N 极和 S 极。

在转子 50 中，转子内芯 14 上形成有与各磁铁组 52 相关且与上述转子 10 的转子内芯 14 的较薄部分 30、32 相同的较薄部分 30、32。此外，在转子 50 中，在 V 字形的一对永磁铁 16 的外端与追加的一个永磁铁 16 的两端之间形成有一对较薄部分 54。转子内芯 14 中与较薄部分 30、32、54 相邻、形成有用于埋设各个永磁铁 16 的贯通孔，由这些较薄部分 30、32、54，各永磁铁 16 抵抗转子旋转时的离心力而被牢固地固定支撑在贯通孔内。

在转子 50 中，来自永磁铁 16 的磁通量的一部分成为流过较薄部分 30、32、54 的漏磁通量。但是，通过在各磁铁组 20 中将一对永磁铁 16 以 V 字形配置的同时在其间配置了追加的永磁铁 16，所以如前所述使其与定子 22（图 2）之间的磁通量增加，从而可使发生转矩增加。再有，如上所述，通过转子内芯 14 的外周面 12 上采用了用双曲线余弦函数表示的轮廓形状，所以有效减小了转子旋转时的齿槽转矩。在转子内芯 14 的外周面 12 上采用正割函数表示的轮廓形状时，也可达到同样效果。

图 7 用与旋转轴线 60a 正交的剖面表示本发明的第四实施例的同步电动机所具有的转子 60。第四实施例的转子 60 除各个磁铁组的构成不同以外具有与上述第一实施例的转子 10 实质相同的构成，所以，用相同标记表示对应构成要素并省略其说明。

第四实施例的转子 60 中，构成多个极的多个磁铁组 62 中的各个包括在接近旋转轴线 60a 一侧具有互相收缩的 V 字形的配置状态的永磁铁 16 以及配置于该一对永磁铁 16 之间的追加的一个永磁铁 16。各磁铁组 62 的 V 字形的一对永磁铁 16 与第一实施例的转子 10 的各磁铁组 20 的一对永磁铁 16 同样，在互相倾斜相对的前面 16a 上具有相同磁极。此外，在周向上相邻的磁铁组

62 之间互相靠近的一对永磁铁 16 在相对的背面 16b 上具有相异磁极。

追加的一个永磁铁 16 配置于转子内芯 14 的径向上所见的 V 字形永磁铁 16 的内端（即靠近旋转轴线 60a 的端部）之间。追加永磁铁 16 在靠近转子内芯 14 的外周面 12 的前面 16a 上具有与 V 字形永磁铁 16 的前面 16a 的磁极相同的磁极。因此，转子内芯 14 的外周面 12 上沿周向交替地形成有 N 极和 S 极。

在转子 60 中，转子内芯 14 上形成有与各磁铁组 62 相关且与上述转子 10 的转子内芯 14 的较薄部分 30 相同的较薄部分 30。此外，在转子 60 中，在 V 字形的一对永磁铁 16 的内端与追加的一个永磁铁 16 的两端之间形成有一对较薄部分 64。转子内芯 14 中与较薄部分 30、64 相邻、形成有用于埋设各个永磁铁 16 的贯通孔，由这些较薄部分 30、64，各永磁铁 16 抵抗转子旋转时的离心力而被牢固地固定支撑在贯通孔内。

在转子 60 中，来自永磁铁 16 的磁通量的一部分成为流过较薄部分 30 的漏磁通量。但是，转子 60 与转子 50（图 6）不同，由于将追加的一个永磁铁 16 配置在比 V 字形永磁铁 16 更靠近旋转轴线 60a 的位置，所以不产生较薄部分 64 的漏磁通量。而且，通过在各磁铁组 62 中将一对永磁铁 16 以 V 字形配置的同时在其间配置了追加的永磁铁 16，所以如前所述，可使其与定子 22（图 2）之间的磁通量增加，从而可使发生转矩增加。再有，如上所述，通过在转子内芯 14 的外周面 12 上采用了用双曲线余弦函数表示的轮廓形状，所以可有效减小转子旋转时的齿槽转矩。在转子内芯 14 的外周面 12 上采用正割函数表示的轮廓形状时，也可达到同样效果。

虽然上面用这些优选实施例说明了本发明，但是本领域技术人员可在不脱离本发明的权利要求范围的精神及公开范围内可进行各种改进和变化。

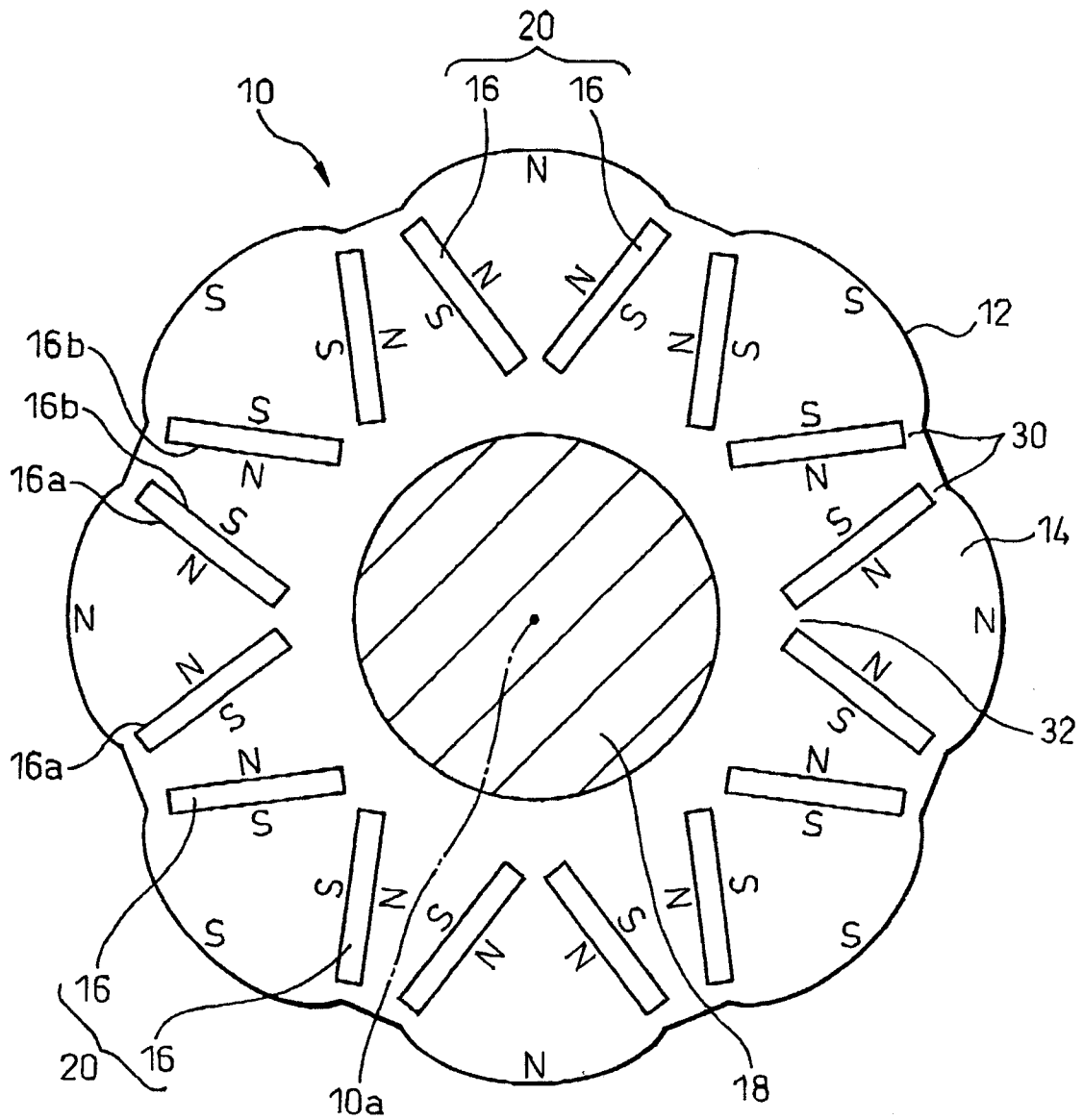
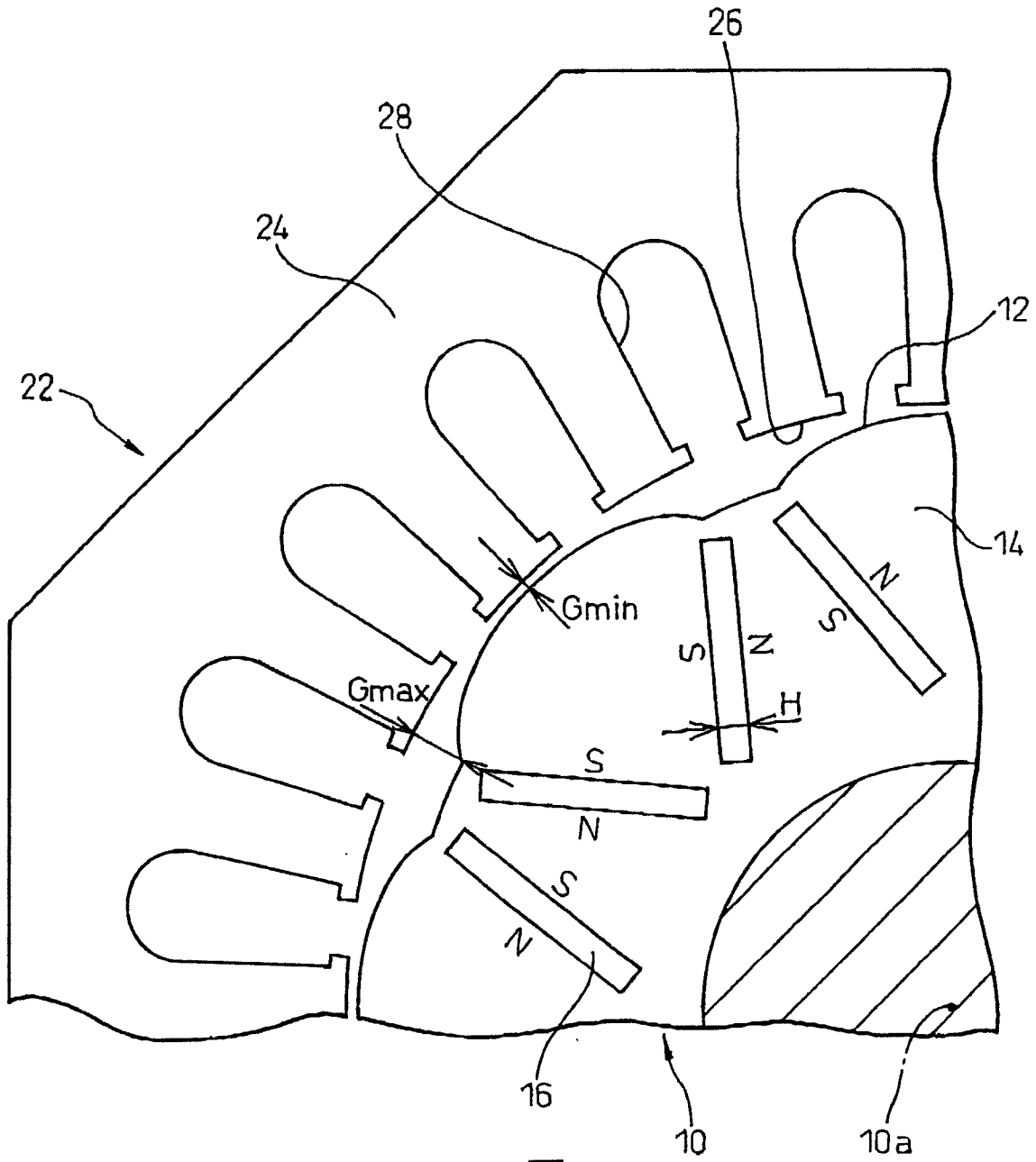


图1



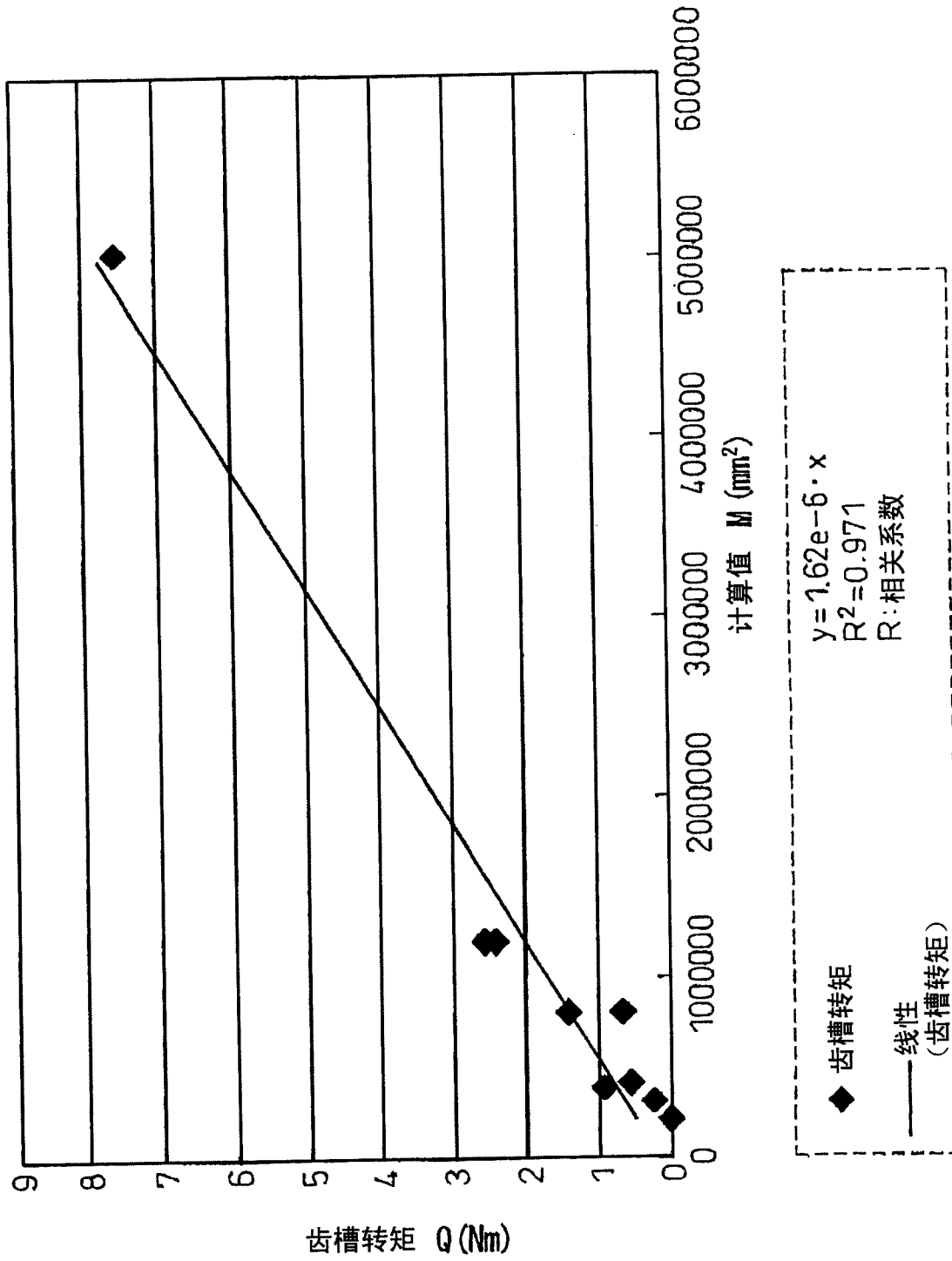


图3

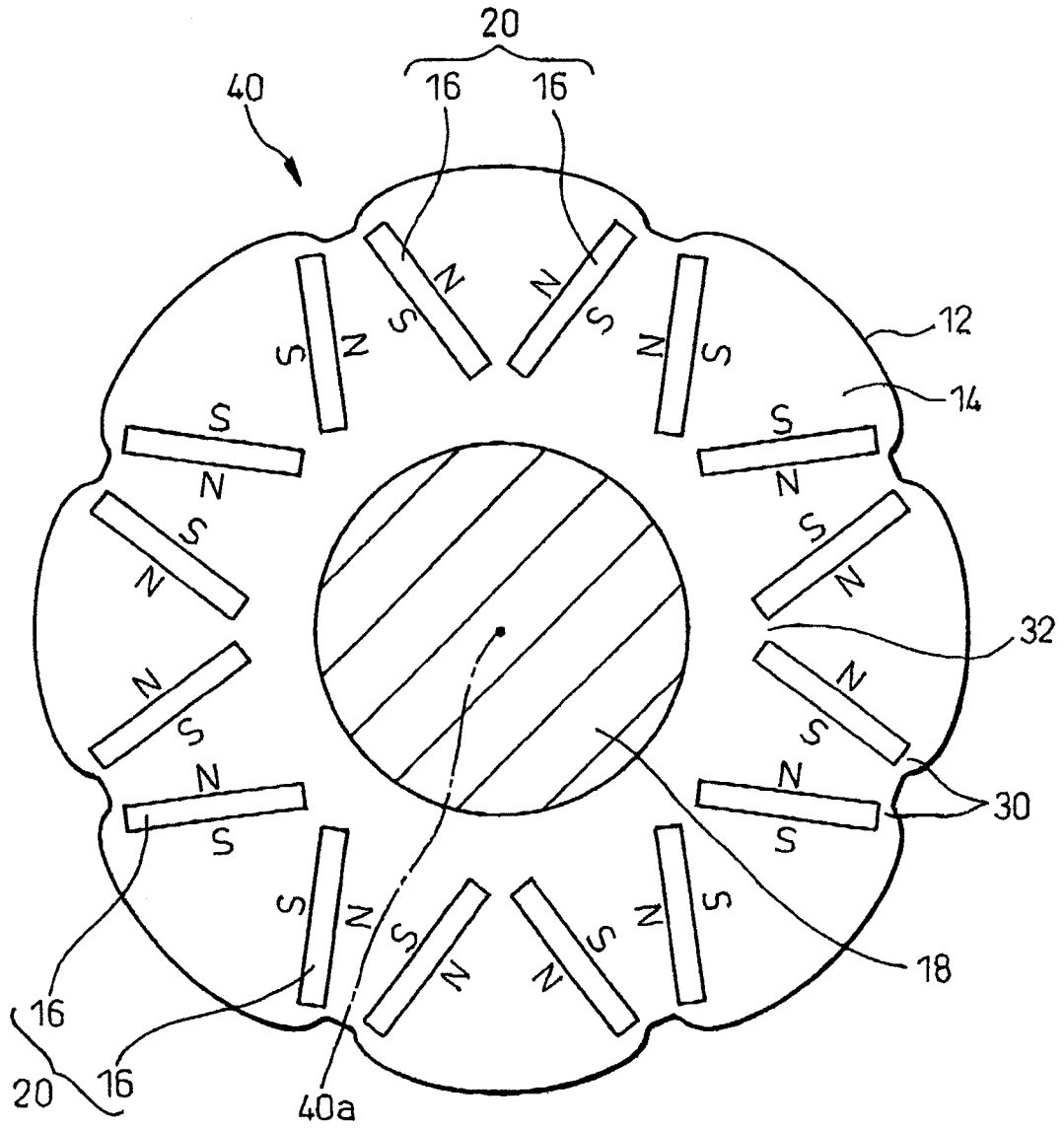


图4

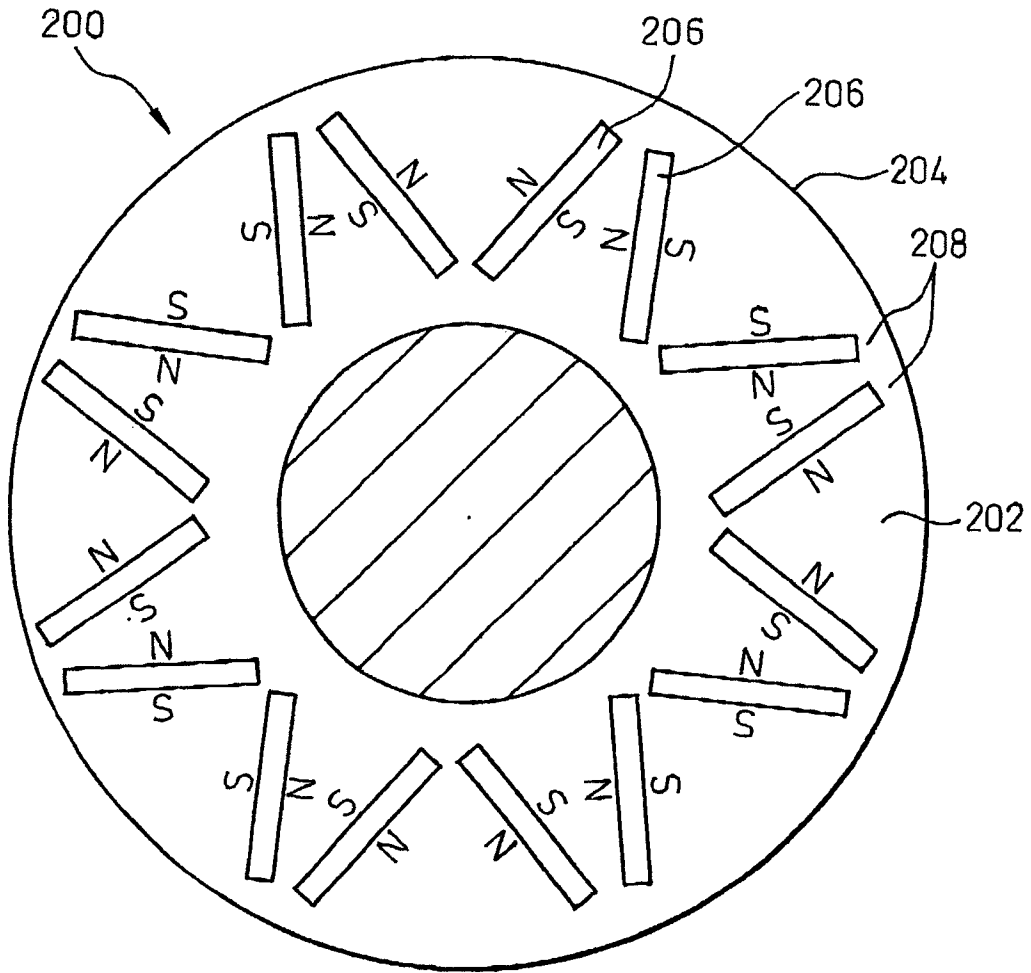


图5

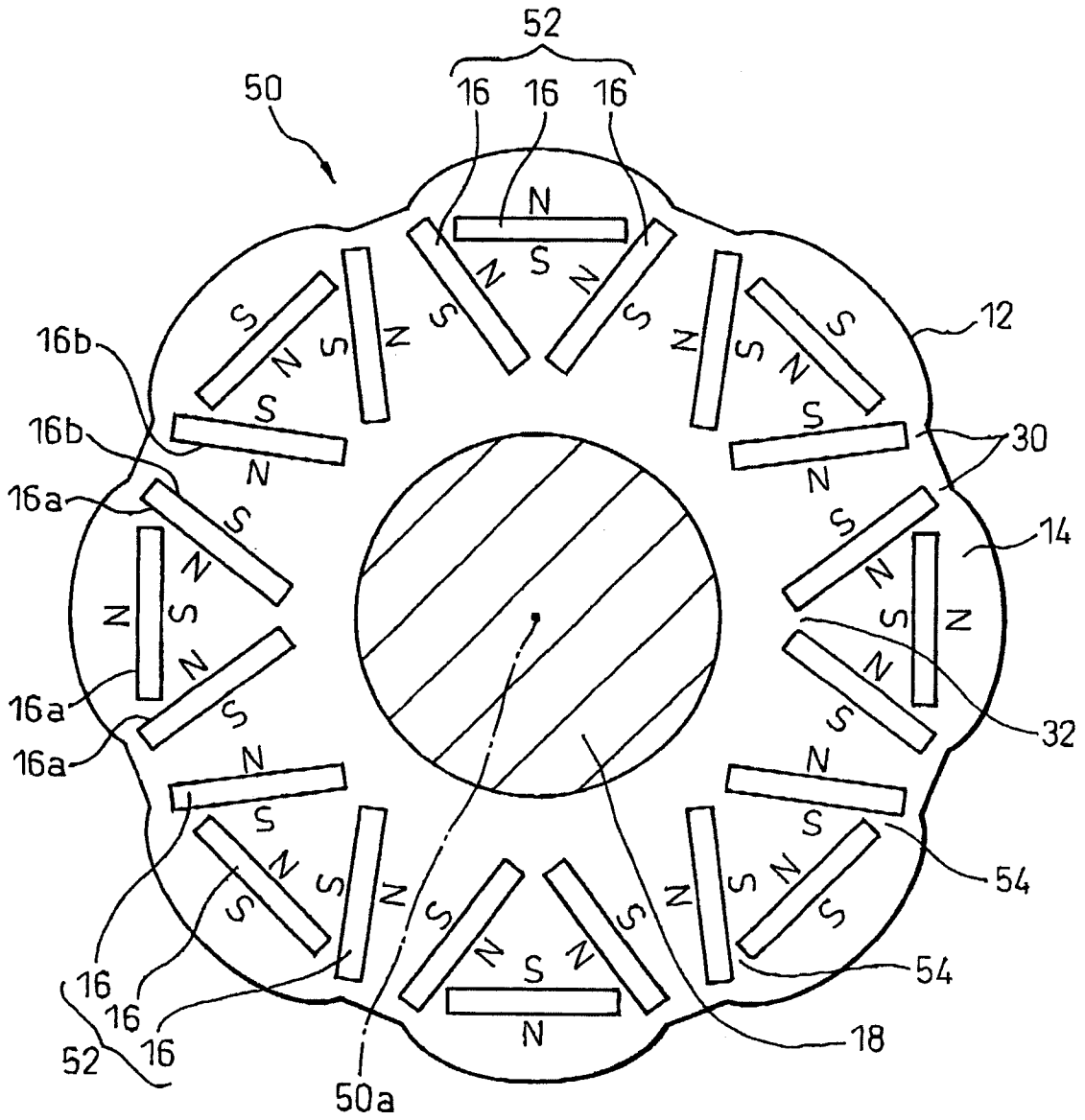


图6

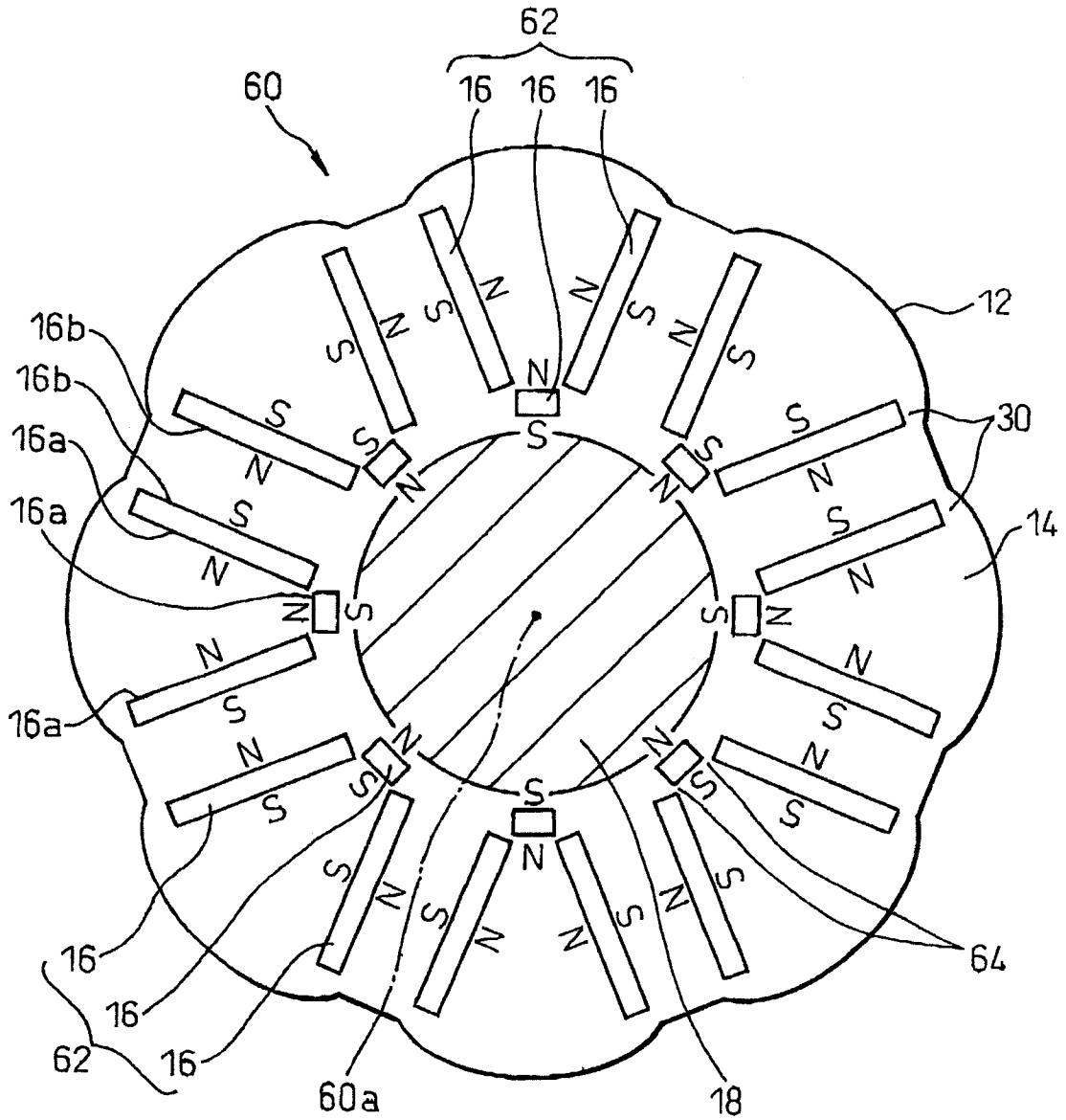


图7

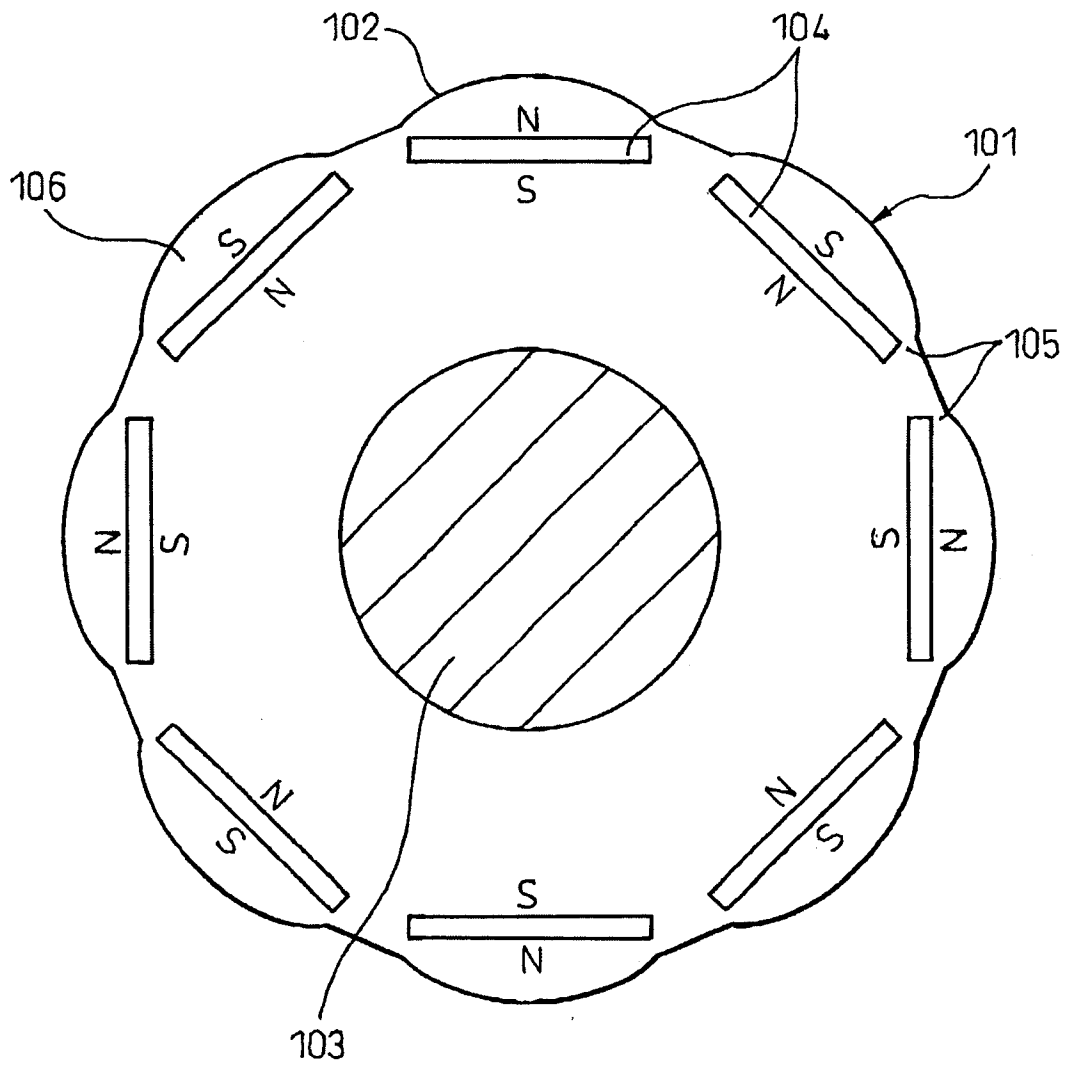


图8

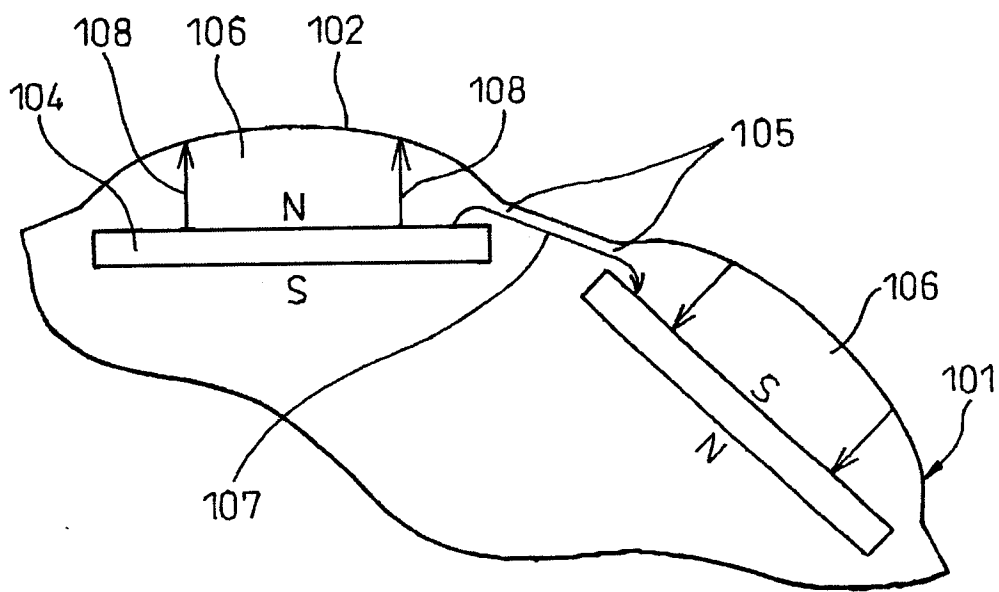


图9

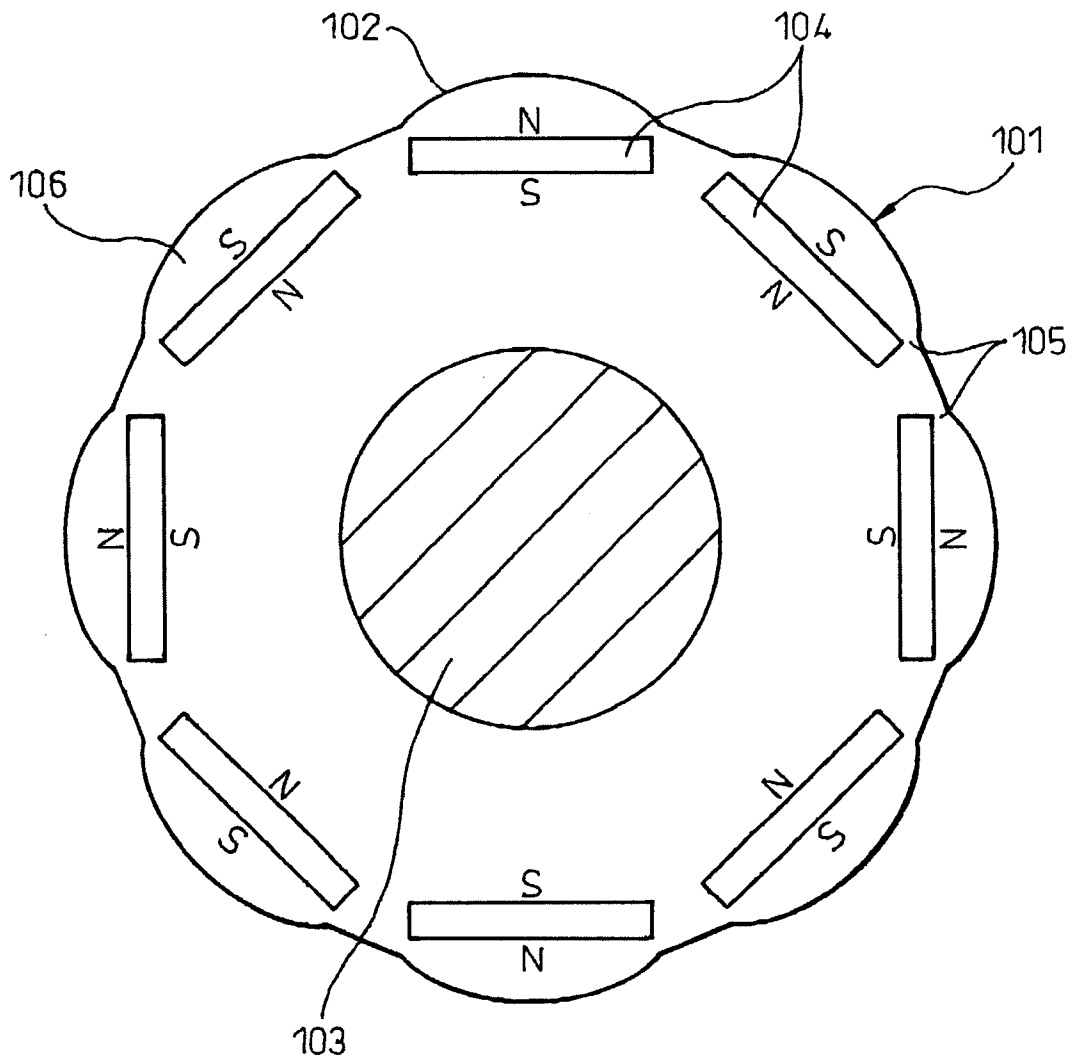


图10