

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02K 37/14 (2006.01)

H02K 1/22 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910005639.8

[43] 公开日 2009年9月2日

[11] 公开号 CN 101521451A

[22] 申请日 2009.2.2

[21] 申请号 200910005639.8

[30] 优先权

[32] 2008.2.28 [33] JP [31] 2008-047837

[71] 申请人 美蓓亚马达株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 松原真朗

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇 张会华

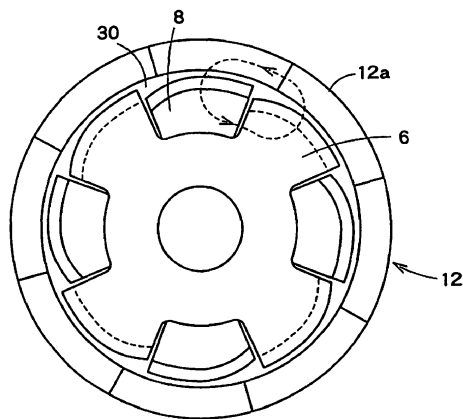
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

[54] 发明名称

步进马达

[57] 摘要

一种单相步进马达，其具有：定子；以及转子，其被配置成包围定子。定子包括：环状第一定子磁轭和环状第二定子磁轭，该第一定子磁轭和第二定子磁轭被配置成彼此相对并且具有沿着它们的圆周形成的多个极齿；以及环状定子线圈，其被配置在第一定子磁轭和第二定子磁轭之间。转子包括：环状磁体，其被配置成包围第一定子磁轭和第二定子磁轭并且具有沿着转子的圆周形成的多个磁极；以及轴，其被配置在磁体的中心位置。形成在各极齿与磁体的相对的磁极之间的间隙的至少局部区域在预定方向上是不均一的。



1. 一种单相步进马达，其包括：

定子（1）；以及

转子（2），其被配置成包围所述定子，

其中，所述定子包括：

环状第一定子磁轭（6）和环状第二定子磁轭（8），该第一定子磁轭和第二定子磁轭被配置成彼此相对并且具有沿着它们的圆周形成的多个极齿（7）；以及

环状定子线圈（9），其被配置在所述第一定子磁轭和所述第二定子磁轭之间，

所述转子包括：

环状磁体（12），其被配置成包围所述第一定子磁轭和第二定子磁轭并且具有沿着所述转子的圆周形成的多个磁极；以及

轴（14），其被配置在所述磁体的中心位置，

形成在各极齿和所述磁体的与所述极齿相对的磁极之间的间隙的至少局部区域在预定方向上是不均一的。

2. 根据权利要求1所述的步进马达，其特征在于，各极齿的宽度尺寸上的中心位置的一侧的间隙是均一的，而各极齿的宽度尺寸上的中心位置的另一侧的间隙在所述预定方向上是不均一的。

3. 根据权利要求1所述的步进马达，其特征在于，所述间隙在其不均一区域连续变化。

4. 根据权利要求1所述的步进马达，其特征在于，所述间隙被形成使得在定位转矩的稳定位置：所述多个极齿中的每一个极齿的宽度尺寸上的中心位置与所述磁体的所述相对的磁极的中心位置错开，并且所述多个极齿中的每一个极齿的宽度尺寸上的中心位置与与该极齿相对的相邻两个磁极的分界线也错开。

5. 根据权利要求1所述的步进马达, 其特征在于, 所述转子仅沿一个方向转动。

6. 根据权利要求1所述的步进马达, 其特征在于, 所述间隙被调整成使得保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置不一致。

步进马达

技术领域

本发明涉及一种具有被配置成包围定子的转子的单相步进马达。

背景技术

由于步进马达的结构简单并且容易控制，因此，步进马达被用于各种领域。特别地，由于能够经济地制造永磁（permanent magnet（PM））步进马达，因此，永磁步进马达被广泛用于各种领域。

对于这种类型的步进马达，可靠性是重要的，并且要求马达在各种情况下都能确保正常地起动。为了确保正常起动，必需控制步进马达，使得步进马达高精度地停止在预定位置。为了以高精度控制停止位置，一般尽可能小地调整定位转矩（detent torque）。这是因为定位转矩起到转子转动时的负荷的功能。这里，“定位转矩”是指不通电时保持的转矩。另一方面，通电时保持的转矩被称为保持转矩（holding torque）。

然而，在大负荷的情况下，例如，像用于产生振动的步进马达，当负荷是偏心重量时，将转子控制成在不通电时正确地停止在期望的停止位置处是困难的。因此，提出了如下技术：使不通电时的定位转矩增大以使负荷确保停止（日本特开昭60-43059号公报、日本特开平6-78513号公报和日本特开平9-308214号公报）。

作为一种类型的PM步进马达，存在转子被配置成包围环状定子的外转子型单相步进马达。定子具有形成有多个极齿的定子磁轭，转子具有绕定子的圆周配置的磁体。磁体具有邻近

的磁极具有不同极性的多个磁极。

在外转子型单相步进马达中，保持转矩的稳定位置（停止位置）是磁体的磁极的中心与定子磁轭的极齿的宽度尺寸上的中心基本上一致的位置。相对于流过定子线圈的电流的各方向存在与磁体的磁极的总数一样多的保持转矩的稳定位置。从而，如果磁体的磁极的总数是8个，则对于各电流方向均存在四个稳定位置（停止位置）。例如，假定各磁极具有相等的宽度，在流过定子线圈的各电流方向上以90度的间隔设置保持转矩的稳定位置。另一方面，定位转矩的稳定位置（停止位置）也是磁体的磁极的中心与定子磁轭的极齿的宽度尺寸上的中心基本上一致的位置。存在与磁体的磁极的总数一样多的定位转矩的稳定位置。

这样，当保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置一致时，担心停止之后可能不能正常地进行起动。该担心的解决方案是设置增大/减小定子磁轭的多个极齿中的一些极齿的宽度的辅助极（commutating pole）。设置这些辅助极的原因是：如果不设置辅助极并且试图在稳定位置起动单相步进马达，则马达可能不能正常起动，或者可能仅运转半步。如果设置辅助极，则可以使保持转矩的稳定位置和定位转矩的稳定位置相互错位，从而使起动稳定。

在位于定子线圈两侧的一对定子磁轭中的每一个磁轭中的多个极齿中的一些极齿中设置单相步进马达中的辅助极。辅助极改变两个定子磁轭的极齿之间的相位，从而提高马达的起动性能。

然而，即使通过辅助极调整了相位，保持转矩或定位转矩的稳定位置取决于辅助极的位置和尺寸而变化。保持转矩或定位转矩的稳定位置还可能由于制造和组装过程中产生的不均一

性和其它因素而变化。

此外，即使设置了辅助极，由于摩擦损失或其它因素可能产生保持转矩或定位转矩的稳定位置扩展的所谓“死区”。随着死区的宽度变大，保持转矩的稳定位置将容易与定位转矩的稳定位置一致，从而导致马达的起动性能变差。

发明内容

本发明的目的是提供一种能够在不带辅助极的情况下提高起动性能的步进马达。更具体地，本发明的目的是提供一种能够使保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置可靠地错开的步进马达。

根据本发明的一个方面，一种单相步进马达包括：

定子；以及

转子，其被配置成包围所述定子，

其中，所述定子包括：

环状第一定子磁轭和环状第二定子磁轭，该第一定子磁轭和第二定子磁轭被配置成彼此相对并且具有沿着它们的圆周形成的多个极齿；以及

环状定子线圈，其被配置在所述第一定子磁轭和所述第二定子磁轭之间，

所述转子包括：

环状磁体，其被配置成包围所述第一定子磁轭和第二定子磁轭并且具有沿着所述转子的圆周形成的多个磁极；以及

轴，其被配置在所述磁体的中心位置，

形成在各极齿和所述磁体的与所述极齿相对的磁极之间的间隙的至少局部区域在预定方向上是不均一的。

附图说明

图1是根据本发明的一个实施方式的单相步进马达的分解立体图；

图2是示出图1中的步进马达的定子部分的组装状态的立体图；

图3是本实施方式的步进马达的俯视图；

图4是图3的一部分的放大图；

图5是图3中的步进马达的保持转矩和定位转矩的特性图；

图6A、图6B和图6C是示出在图5中的零点d1处的磁极12的磁极12a与定子磁轭6和8的极齿5和7之间的位置关系的图；

图7A、图7B和图7C是示出在图5中的零点h1处的磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图；

图8A、图8B和图8C是示出在图5中的零点h2处的磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图；

图9A、图9B和图9C是示出在图5中的零点d2处的磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图；

图10是设置有辅助极的步进马达的特性图；

图11是具有辅助极的步进马达的俯视图。

具体实施方式

下面将参照附图说明本发明的实施方式。

图1是根据本发明的一个实施方式的单相步进马达的分解立体图，图2是示出图1中的步进马达的定子部分的组装状态的立体图。

根据本实施方式的步进马达是外转子型并且包括：定子1；转子2，其被配置成包围定子1；支架（底板）3，其保持定子1并且具有电源供给用端子；以及盖4，其保护转子2。

定子1具有：第一环状定子磁轭6，其具有绕其外周的多个极齿5；第二环状定子磁轭8，其被配置成与第一定子磁轭6相对并且具有多个极齿7；定子线圈9，其被配置在第一和第二定子磁轭6和8之间；芯部10，其被装配到形成在定子线圈9的中心部中的孔；以及金属轴承（metal bearing）11，其被装配到形成在芯部10的中心部的孔中。

转子2具有：环状磁体12，其被配置成包围第一和第二定子磁轭6和8；架13，其保持磁体12；轴14，其被配置在架13的中心部；以及用于产生振动的偏心重量15。磁体12具有绕其圆周的磁极，其中，相邻的磁极具有不同的极性。磁体的磁极的总数与第一定子磁轭6和第二定子磁轭8的极齿的总数相等。

当组装了构成定子1的所有组成构件时，完成了图2中示出的步进马达的定子。

第一和第二定子磁轭6和8彼此交叉。第二定子磁轭8的多个极齿7被配置在第一定子磁轭6的多个极齿5之间的间隙中，并且第一定子磁轭6的多个极齿5被配置在第二定子磁轭8的多个极齿7之间的间隙中。

当电流流过图1中的步进马达的定子线圈9时，产生与电流方向对应的磁通（magnetic flux），第一和第二定子磁轭6和8的极齿5和7被磁化。由于极齿5和7被配置成与磁体12的磁极相对，因此，磁体12的磁极与极齿5和7取决于它们的位置而彼此吸引或排斥。这使得磁体12转动一个磁极的距离（一步）。然后，当改变流过定子线圈9的电流的方向时，磁体12沿相同的方向再转动一步。这样，通过交替切换流过定子线圈9的电流的方向来使磁体12以一步为单位地转动。

图3是根据本实施方式的步进马达的俯视图，图4是图3的一部分的放大图。如图3和图4所示，本实施方式具有如下特征：

使第一和第二定子磁轭6和8的多个极齿5和7与磁体12的被配置成与极齿5和7相对的磁极12a之间的间隙30在一个方向上是不均一的。更具体地，使间隙30在极齿5和7的宽度尺寸上的中心的一侧均一，而在另一侧逐渐（连续）变宽。

现在将详细说明使间隙30不均一的原因。当电流流过定子线圈9时，产生沿通过被配置成夹着定子线圈9的第一和第二定子磁轭6和8的方向（参见图3中的箭头线）的磁通。利用该磁通，在第一和第二定子磁轭6和8产生彼此不同的磁极。例如，假设在第一定子磁轭6形成N极并且在第二定子磁轭8形成S极，如图3中的箭头线所示，磁通从第一定子磁轭6通过磁体12的磁极12a，然后通过相邻的磁极12a，然后进入到第二定子磁轭8。如果定子线圈9中的电流方向被反向，则磁通的方向也被反向。

在本实施方式中，使第一和第二定子磁轭6和8的极齿5和7与磁体12的磁极12a之间的间隙30不均一，使得磁通的密度随着间隙30变小而变大，并且随着间隙30变大而变小。

在磁通密度高的部位，极齿5和7与磁极12a彼此强有力地吸引。这意味着在极齿的宽度尺寸上的中心的一侧、即间隙30较小的一侧，对相对的磁极12a的吸引力比在间隙30较大的另一侧的吸引力大。结果，如图3和图4所示，位于极齿的宽度尺寸上的中心的一侧、即位于间隙30小的一侧的各极齿部朝向磁极12a的中心定位，而位于间隙30大的另一侧的各极齿部跨过磁极12a与相邻的磁极12a之间的分界线（boundary line）定位。因此，转子2稳定地停止在极齿的分界线与磁极12a的分界线错开的位置。

更详细地，如果间隙30是均一的，则马达稳定在极齿5和7的宽度尺寸上的中心与磁体12a的宽度尺寸上的中心相对定位的状态，而如果使间隙30不均一，如在本实施方式中那样，马

达稳定在极齿5和7的宽度尺寸上的中心与磁极12a的宽度尺寸上的中心错开的状态。

当转子2被停止在极齿5和7的宽度尺寸上的中心与磁极12a的宽度尺寸上的中心错开的位置并且切换流过定子线圈9的电流的方向时，极齿5和7与磁极12a在间隙30小的区域更有力地相互排斥，转子2将沿相同的方向转动而不会产生故障。在图3和图4所示的例子中，转子2将顺时针转动。

因而，本实施方式的步进马达能够仅单向地转动。但是，在用作振动马达的情况下，即使固定转动方向也不会产生特别的问题。

在图4中示出的情况下，间隙30的具有最大尺寸的间隙位置30a被确定成是间隙30的具有最小尺寸的间隙位置30b的大约两倍。然而，这仅是示例性的，可以使最大间隙大于或小于最小间隙的两倍。

此外，在图4中，虽然使极齿的宽度尺寸上的中心的一侧的间隙30均一，而使中心的另一侧的间隙30不均一，但是，不是绝对必需基于宽度尺寸上的中心来改变间隙30的尺寸。代替地，间隙30可沿着极齿的整个宽度逐渐变化。

此外，可通过反复试验来在间隙30不均一的区域调整极齿的外周部的曲率。例如，可减小极齿的宽度尺寸上的中心的一侧的曲率的变化量以减小间隙30的变化，而增大中心的另一侧的曲率的变化量以增大间隙30的变化。

图5示出了图3中的步进马达的保持转矩和定位转矩的特性。在图5中，横轴表示转动角度，纵轴表示转矩。图5中的由“保持(+)”和“保持(-)”示出的曲线表示电流沿一个方向流过定子线圈9的情况下的保持转矩以及电流沿相反方向流过定子线圈9的情况下的保持转矩。

“定位”所示的曲线表示定位转矩。稳定位置是这三条曲线在纵轴上的转矩=0的位置。

在图5中，保持(+)曲线和保持(-)曲线都以大约45度的间隔通过转矩=0线上的零点。但是如果在曲线的上升部分通过零点，则曲线的倾斜陡峭，因此，零点处于不稳定状态。在该情况下，如稍后将说明的那样，磁极12a的磁极性与相对的极齿5和7的磁极性相同。相反地，如果在这些曲线的下降部分通过零点，则倾斜将是平缓的，并且转子将稳定地停止。如稍后将说明的那样，这是磁极12a的极性与相对的极齿5和7的极性相反的情况。因此，保持转矩实质上以90度间隔变成其稳定位置。

另一方面，“定位”曲线以大约22.5度的间隔通过零点。即使在该曲线中，下降部分的倾斜也比上升部分的倾斜平缓，定位转矩实质上以45度间隔变成其稳定位置。

如图5所示，在本实施方式中，保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置不一致，因此，当切换流过定子线圈9的电流的方向时，能够以适当的方式使转子2可靠地转动。

现在将详细说明保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置错开的原因。图6A、图6B和图6C是示出在图5中的零点d1（转矩=0）处的磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图。为了简便起见，在图6A、图6B和图6C中，用直线表示磁体12的磁极12a，用矩形形状表示与磁极12a相对配置的极齿，将间隙表示为线性变化。

图5中的零点d1表示定位转矩的稳定位置。由于定位转矩表示未对定子线圈9通电时保持的转矩，因此，与N极的磁极12a相对配置的极齿的极性将是S极。

图6A示出了间隙均一的情况，图6B示出了间隙不均一的情

况。当间隙不均一时，磁极12a与极齿在间隙较小的区域将更有力地彼此吸引，所以不是停止在图6B中的位置，而是如图6C所示，转子2以如下方式移动：具有小间隙的极齿区域w1的中心接近磁极12a的中心。结果，极齿的一个区域w2超过磁极12a的分界线朝向相邻的磁极突出。由于相对的磁极12a是S极，因此，极齿在突出区域w2的极性变成N极。

从而，在图5中的零点d1，极齿的一个区域w2的极性与另一区域w3的极性不同，这些区域中的每一个区域具有与被配置成与极齿相对的磁极12a的极性相反的极性，从而磁力作用而使这些区域与磁极相互吸引，并且转子稳定地停止。

图7A、图7B和图7C是示出在图5中的零点h1（转矩=0）处的磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图。该零点h1表示电流沿第一方向流过定子线圈9时的保持转矩（保持（-）曲线的向右下降部分）的稳定位置。

图7A示出了间隙均一的情况，图7B示出了间隙不均一的情况。当间隙均一时，转子稳定地停止在磁极12a的极性与极齿的极性彼此相反的位置。更具体地，转子停止在磁极12a的中心与极齿的宽度尺寸上的中心一致的位置。另一方面，当间隙不均一时，转子2不是停止在图7B中的位置，而是如图7C所示，转子2以如下方式移动：具有小间隙的极齿区域w4的中心接近磁极12a的中心。结果，极齿的一个区域w5超过磁极12a的分界线朝向相邻的磁极12a突出。极齿在突出区域w5的极性是S极，这与同剩余的极齿对应的区域w6的极性相同，并且与区域w5相对的磁极12a的极性相同。因此，磁极12a与极齿在突出区域w5相互排斥，并且突出区域w5的宽度变得比图6C中的区域w2的宽度小。

从而，在图6C和图7C中，极齿的超过一个磁极12a的分界

线突出的区域的宽度不同，这意味着定位转矩的稳定位置与保持转矩的稳定位置不同。

图8A、图8B和图8C是示出在图5中的零点h2（转矩=0）处的磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图。该零点h2表示电流沿第二方向流过定子线圈9时的保持转矩（保持（+）曲线的向右上升部分）的稳定位置。

图8A示出了间隙均一的情况，图8B示出了间隙不均一的情况。如能够从图5看出的那样，曲线在该零点h2处的倾斜是陡峭的，这实质上不是稳定位置。在零点h2处，极齿的极性与相对的磁极12a的极性相同，因此，极齿与磁极12a相互排斥。然而，极齿的极性和位于与该极齿相对配置的磁极12a的两侧的磁极12a的极性彼此相反，因此，极齿和位于与该极齿相对配置的磁极12a的两侧的磁极12a相互吸引。结果，当间隙均一时，虽然不稳定，但是存在停止在图8A中的位置的可能性。在马达的高组装精度的情况下，虽然转子极少稳定地停止在图8A中的位置，但是存在转子可能由于组装精度的不均一而稳定在该位置的可能性。

如果间隙不均一，则如图8C所示，转子2停止在磁极12a的中心与极齿的宽度尺寸上的中心稍微错开的位置，而不是停止在图8B中的位置。原因在于，虽然极齿与磁极12a之间的排斥力在间隙较小的区域较强，但是，由于间隙不均一，极齿对位于相对的磁极12a两侧的磁极12a的吸引力不平衡。结果，磁极12a与极齿之间的稳定位置与图8A中的稳定位置错开。

然而，超过磁极12a的分界线突出的区域w7的宽度与图6C中的区域w2的宽度或者图7C中的区域w5的宽度不同。这是因为作用在极齿与磁极12a之间的磁力的方向和大小不同。

图9A、图9B和图9C是示出在图5中的零点d2（转矩=0）

处磁极12a与极齿5和7之间的位置关系的图。该零点d2表示“定位”曲线的向右上升部分的稳定位置，该“定位”曲线表示定位转矩特性。图9A示出了间隙均一的情况，图9B示出了间隙不均一的情况。当间隙均一时，转子2停止在磁极12a的分界线与极齿的宽度尺寸上的中心一致的位置。在图9A、图9B和图9C示出的情况下，电流不流过定子线圈9，因此，极齿的极性与被配置成与极齿相对的磁极12a的极性相反。例如，在图9A中，极齿的与磁极12a的S极相对配置的右半部分为N极，而极齿的与磁极12a的N极相对配置的左半部分为S极。

如果间隙不均一，则如图9C所示，转子2停止在磁极12a的分界线与极齿的宽度尺寸上的中心稍微错开的位置，而不是停止在图9B中的位置。原因在于，转子2以极齿与位于分界线两侧的磁极12a之间的吸引力平衡的方式移动。图9C中的稳定位置与图6C、图7C和图8C中的稳定位置不同，因此，不存在保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置一致的危險。

图10示出了具有均一间隙30并且设置有如图11所示的辅助极31的步进马达的特性。在图11的步进马达中，保持转矩的稳定位置与定位转矩的稳定位置在某些情况下彼此一致，不能保证转子从停止位置正常地起动。

因此，在本实施方式中，使第一和第二定子磁轭6和8的极齿与相对的磁体12的磁极12a之间的间隙30在至少一个区域中在相同的方向上不均一，使得极齿与磁极12a之间的磁力也不均一，结果，极齿的宽度尺寸上的中心与磁极12a的中心彼此错开。保持转矩的稳定位置处的错开量与定位转矩的稳定位置处的错开量不同。从而，保持转矩稳定位置与定位转矩稳定位置不一致，并且不管转子2停止在哪个位置，当电流流过定子线圈9时，转子2转动而不会产生故障。因此，提高了马达的起

动性能。

虽然上述实施方式说明了定子磁轭6和8的极齿的数量与磁体12中的磁极的数量相同，即都是8个的例子，但是，磁极12a和极齿的数量绝不限于本实施方式中的那些特定量。磁体12或者第一和第二定子磁轭6和8的尺寸也均不限于本实施方式中说明的那样。

本发明不限于上述个别的实施方式，本领域的技术人员应该能够基于上述说明实现本发明的其它效果和各种变型。在不背离由所附权利要求书及其等同方案限定的本发明的精神和范围的情况下，可以对本发明进行各种增加、修改和部分省略。

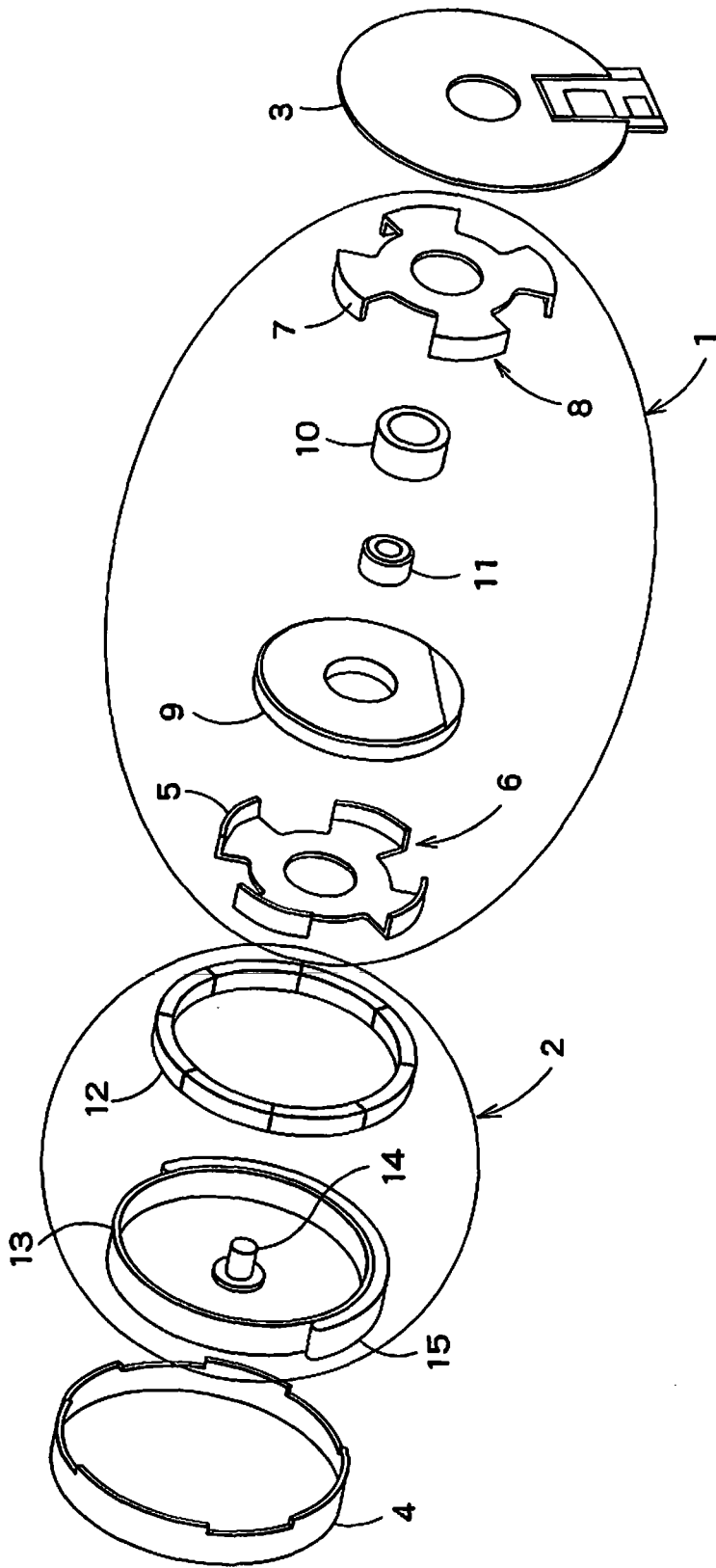


图 1

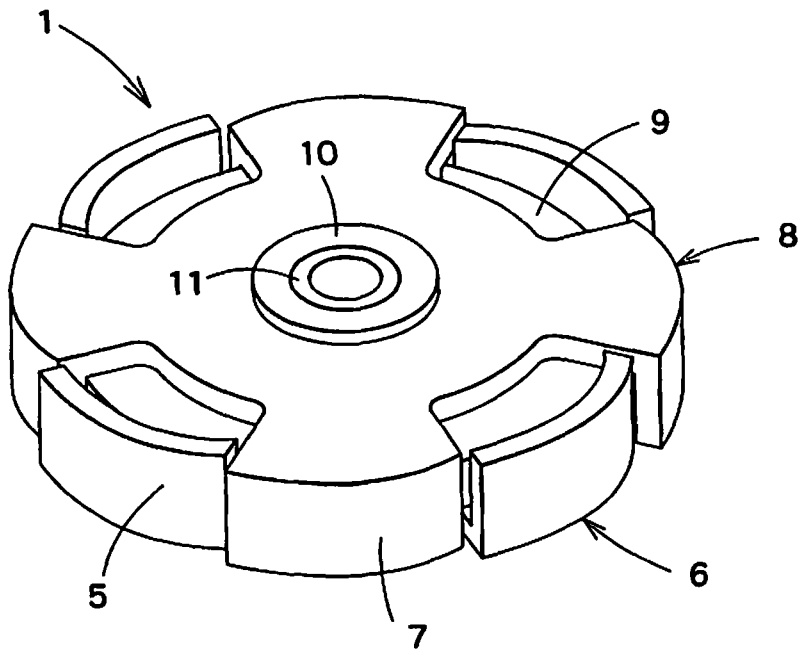


图 2

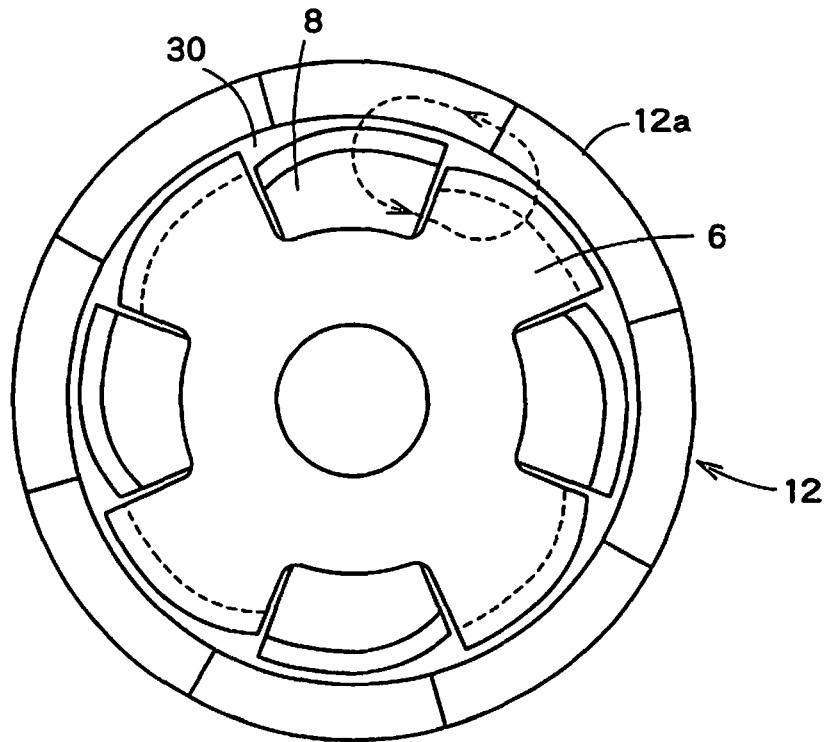


图 3

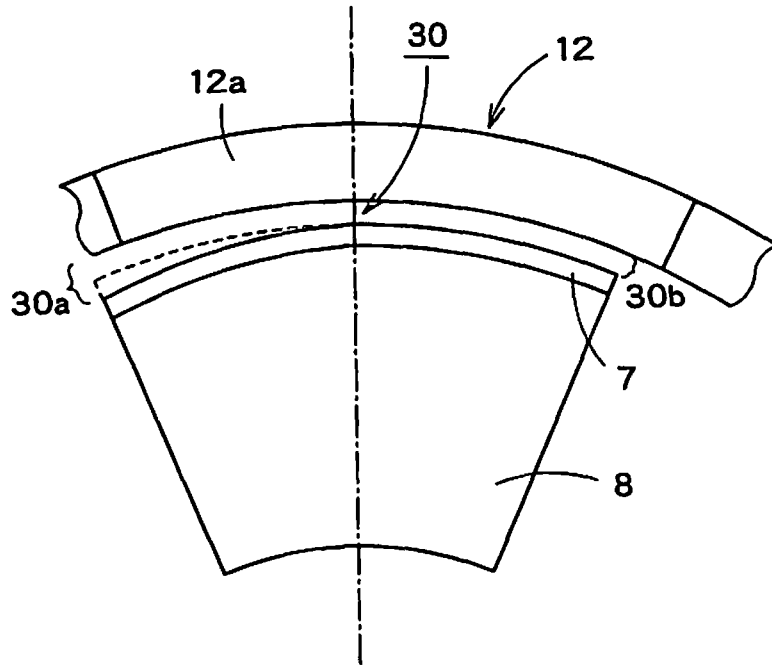


图 4

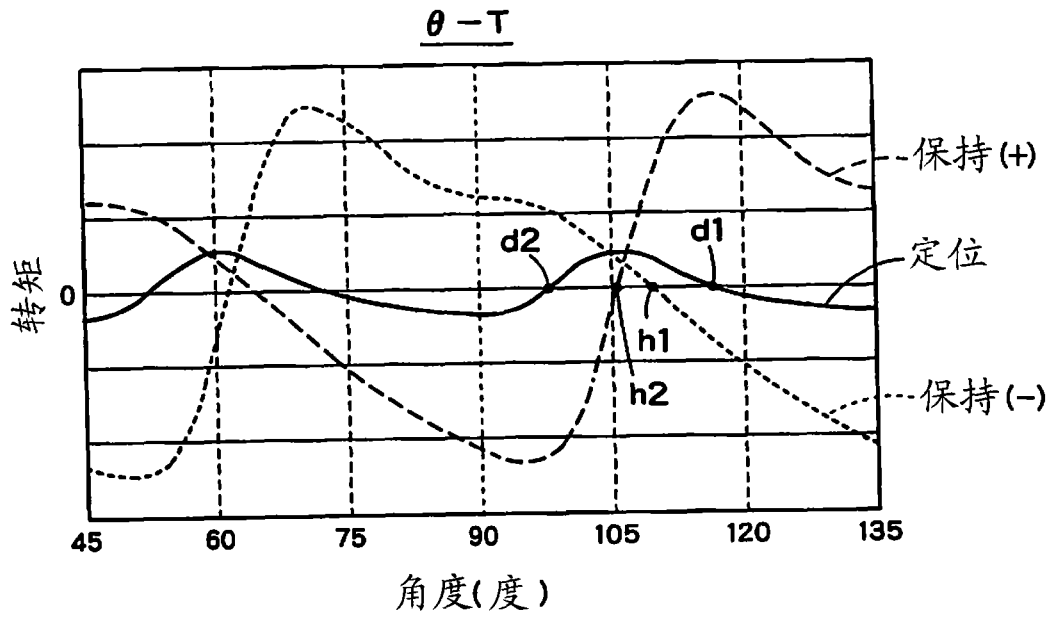


图 5

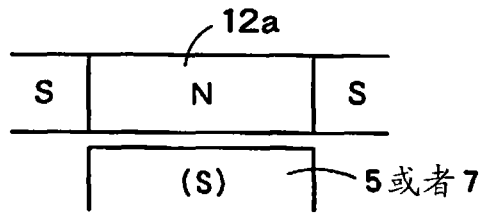


图 6A

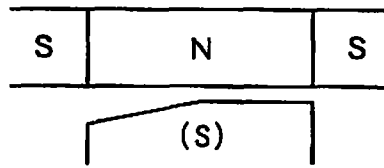


图 6B

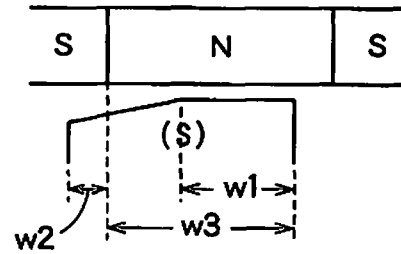


图 6C

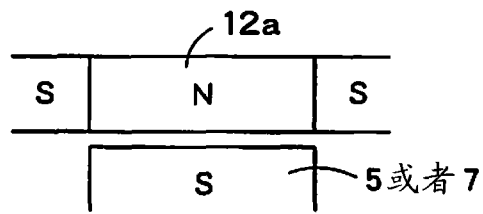


图 7A

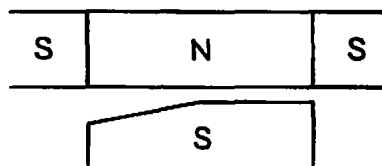


图 7B

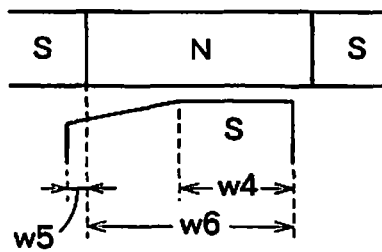


图 7C

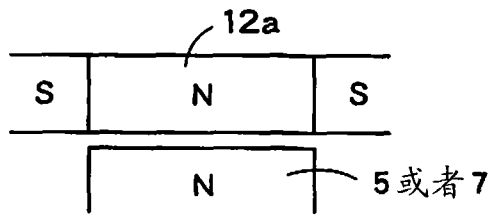


图 8A

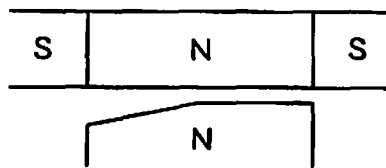


图 8B

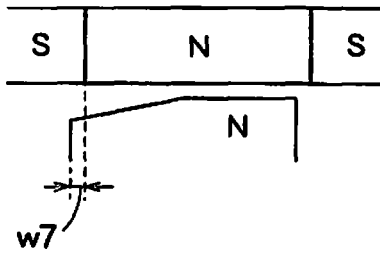


图 8C

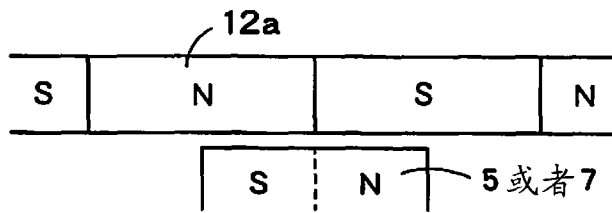


图 9A

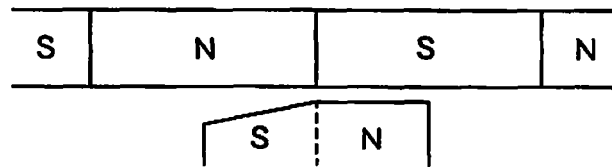


图 9B

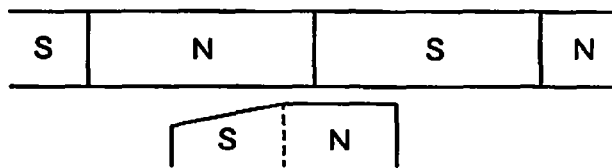


图 9C

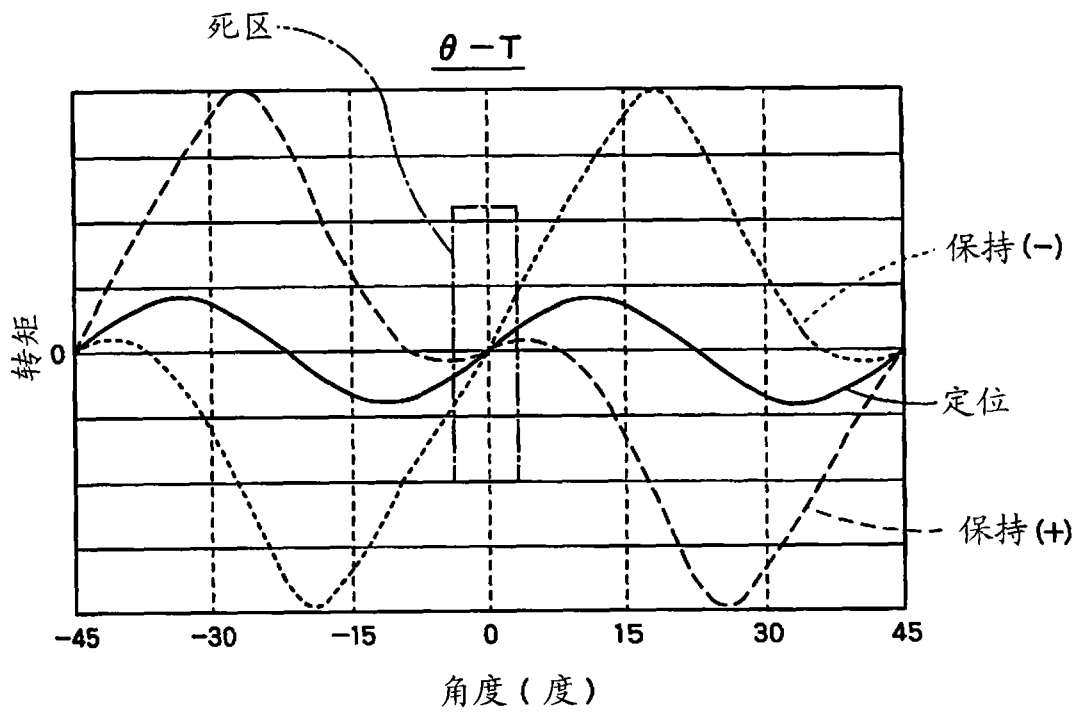


图 10

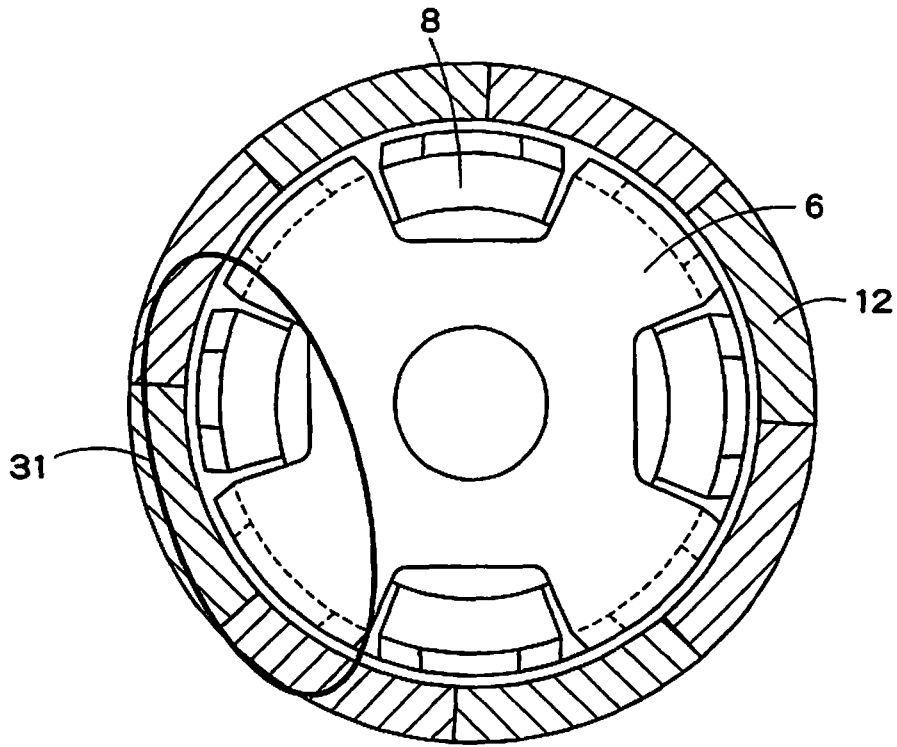


图 11