

1.一种电动机,具有将有多个永久磁铁的永磁型转子部与有多个凸极部的磁阻型转子部沿轴向连接而成的转子,以及产生旋转驱动转子的磁场的定子,其特征在于,在磁阻型转子部设有细缝,该细缝在永久磁铁的投影剖面形状内沿其周向延伸,并且两端部从永久磁铁的投影剖面形状向外沿与所述永久磁铁的磁化方向不同的方向伸出,防止从永久磁铁的磁通泄漏。

2.根据权利要求1所述的电动机,其特征在于,在细缝配置有非磁性体。

3.根据权利要求1-2中的任一项所述的电动机,其特征在于,转子为可自由旋转地配置于定子周围的圆筒形转子。

4.一种混合型电动汽车,其特征在于,具有权利要求1-3中的任一项所述的电动机。

5.一种燃料电池电动汽车,其特征在于,具有权利要求1-3中的任一项所述的电动机。

电动机

技术领域

本发明涉及电动机，尤其涉及采用将永磁型转子部与磁阻型转子部组合的转子以扩大设计自由度的电动机。

背景技术

例如通过日本特开平 7-59310 号公报及日本特开平 9-294362 号公报等，已知有一种电动机，它将有多个永久磁铁的永磁型转子部与有多个凸极部的磁阻型转子部沿轴向连接，以扩大设计自由度。

在日本特开平 7-59310 号公报中，公开了通过在永久磁铁与凸极部之间沿旋转方向设置偏置角以获得所希望的特性的技术，以及通过在定子及转子的永磁型转子部与磁阻型转子部相对的部分之间夹装非磁性体，来防止磁通从永久磁铁向磁阻型转子部泄漏、防止磁路耦合的技术。

但在日本特开平 9-294362 号公报中，只是单纯地将永磁型转子部与磁阻型转子部组合，所以，存在不能防止相互作用引起的特性下降的问题。即，存在永磁型转子部的永久磁铁产生的磁通漏到磁阻型转子部，导致特性下降的问题。此外存在的问题是，因为永磁型转子部产生的转矩为最大时的电流相位值与磁阻型转子部产生的转矩为最大时的电流相位值是不相同的，所以，相加后的转矩并不是双方最大值之和。

另一方面，在日本特开平 7-59310 号公报中，因为在永磁型转子部与磁阻型转子部之间夹装有非磁性体，所以，虽然能防止磁通泄漏，但存在导致大型化及成本提高的问题。

作为解决该问题的技术方案，例如如日本特开平 11-196544 号公报所示，可以考虑在磁阻型转子部形成切断来自永久磁铁的磁通用的细缝。参照图 16A-16C，说明这样的构成例子。1 为电动机，由转子 2 和定子 3 构成。转子 2 是将有 $2n$ (n 为自然数) 个永久磁铁 5 的永磁型转子部 4 与有多个凸极部 7 的磁阻型转子部 6

沿轴向连接而构成。为了防止从永久磁铁 5 的端部漏出磁通，在磁阻型转子部 6 的永久磁铁 5 投影剖面内，相对凸极部 7 的中心对称地形成有细缝 8。在定子 3 上形成有 $3n$ 个极靴 9，并在各极靴 9 上绕有绕组 10，产生驱动转子 2 的磁场。

然而，在这样的构成中，如果形成为使细缝 8 容纳在永久磁铁 5 的投影剖面内，经实际实验可知，通过细缝 8 端部外侧的漏磁通比想像的要大，因此，不能充分防止从永久磁铁 5 的端部向磁阻型转子部 6 的磁通泄漏。

此外，为了使永磁型转子部 4 产生的转矩与磁阻型转子部 6 产生的转矩相加后的转矩有所希望的特性，将永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 沿旋转方向有偏置角地沿轴向连接时，则存在不能充分发挥细缝 8 的作用的问题。

发明内容

鉴于上述现有技术存在的问题，本发明的目的在于，提供这样一种电动机，其将不同种转子部连接而获得所希望的转矩特性，同时不会导致大型化及成本上升，能防止特性下降。

本发明的电动机，具有将有多个永久磁铁的永磁型转子部与有多个凸极部的磁阻型转子部沿轴向连接而成的转子，以及产生旋转驱动转子的磁场的定子，在磁阻型转子部设有细缝，该细缝在永久磁铁的投影剖面形状内沿其周向延伸，并且两端部从永久磁铁的投影剖面形状向外伸出，防止从永久磁铁的磁通泄漏，通过使细缝端部从永久磁铁的投影剖面形状向外沿与所述永久磁铁的磁化方向不同的方向伸出，能可靠防止磁通从永久磁铁端部向磁阻型转子部泄漏，能防止因磁通泄漏导致的特性下降。

另外，如果将如上所述的电动机配置在混合型电动汽车上，则与磁铁式的电动汽车相比，在保持相等输出的情况下能减少磁铁量，能抑制电动机反向驱动时产生的感应电压，能降低铁心损耗，能延长一次充电行驶距离，且能防止电源电池等的劣化及防止损坏。

此外，将如上所述的电动机配置在燃料电池电动汽车也能获得相同的效果。

附图说明

图 1 示出了本发明电动机第 1 实施形态的构成，其中图 1A 所示为纵向剖视图，图 1B 所示为沿图 1A 的 IB-IB 线的剖视图，图 1C 所示为沿图 1A 的 IC-IC 线的剖视

图。

图 2 示出电动机的转矩特性，其中图 2A 所示为现有例的转矩特性图，图 2B 所示为实施形态的转矩特性图。

图 3 所示为本发明电动机的第 2 实施形态的磁阻型转子部的构成图。

图 4 所示为该实施形态的磁阻型转子部的变形例的构成图。

图 5 所示为该实施形态的磁阻型转子部的另一变形例的构成图。

图 6 所示为本发明电动机的第 3 实施形态中的键槽配置图。

图 7 所示为该实施形态的变形例的键槽配置图。

图 8A 至图 8H 所示为该实施形态中的键的各种形状的说明图。

图 9 所示为本发明电动机的第 4 实施形态的构成图。

图 10 所示为本发明电动机的第 5 实施形态的构成图。

图 11 所示为本发明电动机的第 6 实施形态的构成图。

图 12 所示为本发明电动机的第 7 实施形态的构成图。

图 13 所示为本发明电动机的第 8 实施形态的构成图。

图 14 所示为本发明电动机的第 9 实施形态的构成图。

图 15 所示为本发明电动机的第 10 实施形态的构成图。

图 16 示出现有电动机的构成图，其中图 16A 所示为纵向剖视图，图 16B 所示为沿图 16A 的 X VIB-X VIB 线的剖视图，图 16C 所示为沿 X VIC-X VIC 的剖视图。

具体实施方式

以下参照图 1A—图 2B，说明本发明电动机的第 1 实施形态。

图 1A 示出电动机 1 的转子 2，由图 1B 所示的永磁型转子部 4 和图 1C 所示的磁阻型转子部 6 构成。永磁型转子部 4 是将 $4(2n, n=2)$ 个稀土类磁铁及铁氧体磁铁等的圆弧状剖面的永久磁铁 5 埋设在转子铁心 11 内并使其曲率中心面向外周一侧而构成。各永久磁铁 5 沿周向 N 极与 S 极交替配置。磁阻型转子部 6 在转子铁心 12 形成有 $4(2n, n=2)$ 个凸极部 7 和它们之间的缺口部 13。

在永久磁铁 5 与凸极部 7 之间设置 90 度的电气角，并在其基本位置起沿旋转方向有规定的偏置角 δ 的状态下，将永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 连接而构成转子 2。此外，在磁阻型转子部 6 上，防止来自永久磁铁 5 的磁通泄漏的细缝 8 形成于从相对凸极部 7 的中心为对称的位置起向旋转方向有偏置角 δ 。细缝 8 形成为

通过永久磁铁 5 的轴向投影剖面形状的中心圆弧形，且在凸极部 7 具有偏置角 δ ，所以，即使永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 在具有偏置角 δ 的情况下相连接，细缝 8 也沿着永久磁铁 5 的投影剖面内的中心线配置。此外，细缝 8 的两端部从永久磁铁 5 的投影剖面形状向外伸出，防止来自永久磁铁 5 的磁通泄漏。细缝 8 的宽度设定为转子 2 与定子 3 之间的气隙部尺寸的 2 倍以上。

若这样构成，则因为在永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 之间具有旋转方向的偏置角，所以能获得所希望的转矩特性。例如，在永久磁铁 5 与凸极部 7 之间设有 90 度的电气角的情况下，如图 2A 所示，点划线所示的永磁型转子部 4 所获得的转矩（磁性转矩与一部分磁阻转矩之和）与虚线所示的磁阻型转子部 6 所获得的转矩之和给出的输出转矩的最大值为 T_0 。而如图 2B 所示，如果从永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 之间的 90 度的角度起设置电气角为 15 度的偏置角 δ ，就能使永磁型转子部 4 产生的转矩峰值与磁阻型转子部 6 产生的转矩峰值对准，能获得最大的输出转矩 T_1 ($T_1 > T_0$)。此外，通过调整转矩波形不同的转子部 4、6 的旋转方向的偏置角，还能降低转矩波动，实现低振动化。

此外，因为使细缝 8 的端部从永久磁铁 5 的投影剖面形状向外伸出，所以，能可靠防止从永久磁铁 5 的端部向磁阻型转子部 6 的磁通泄漏，能防止磁通泄漏导致的特性下降。还有，因为如上所述，是在具有偏置角 δ 的情况下形成细缝 8 的，所以，能可靠防止从永久磁铁 5 的磁通泄漏，能防止磁通泄漏导致的特性下降。还有，因为并不是如现有例子那样在两转子部 4、6 之间夹装有非磁性体，所以，能实现构成的小型紧凑化及成本的下降。

另外，细缝 8 的偏置角未必一定要如上所述沿永久磁铁 5 的投影剖面形状的中心设定，在永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 之间设定了任意的偏置角的情况下，只要设定为通过永久磁铁 5 的投影剖面形状内即可。

另外，最好在细缝 8 配置非磁性体，这样，能更可靠地防止磁通泄漏，能抑制细缝 8 导致的强度下降。

下面参照图 3-图 5，对本发明的第 2 实施形态进行说明。以下各实施形态的特征部分，可以与上述实施形态的构成同时使用，也可以单独实施。

在本实施形态中，如图 3 所示，磁阻型转子部 6 在外周具有形成凸极部 7 用的缺口部 13，且该缺口部 13 的外周用磁饱和部 15 构成的连接框 14 相连接，该磁饱和部 15 的全长的宽度为很小的磁通就磁饱和的程度。又，磁饱和部 15 也可以仅

设置一部分。

根据以上构成，因为用连接框 14 使磁阻型转子部 6 的外周为圆形，所以，将电动机 1 配置在介质中等时，能消除介质的搅拌阻力，能实现顺畅有效的旋转，且磁通不会通过连接框 14 旁路，不会导致效率下降。

因此，如果应用为设置在制冷剂等介质中的压缩机等的驱动用电动机，则因为不会随着转子 2 的旋转搅拌介质等，所以，抑制搅拌阻力导致的效率下降，并对介质无不良影响。另外，即使永久磁铁 5 的端部产生了缺口，其碎片也保持在连接框 14 内，不流出到介质中，能消除不良影响。

此外如图 4 所示，如果在连接框 14 的至少两侧部设置磁饱和部 15，并在中间部分设置宽幅部 16，则既能获得上述效果，又能利用宽幅度 16 保证连接框 14 的中间部分的强度和刚性，能提高转子 2 的强度。另外，也能提高铁心金属模的耐久性，能降低生产成本。

还有如图 5 所示，在连接框 14 设置形成有轴向紧固固定用螺孔 18 的宽幅连接部 17，用螺栓 19 紧固固定该连接部 17，能进一步提高转子 1 的强度。

下面参照图 6 至图 8H，对本发明第 3 实施形态进行说明。

在本实施形态中，如图 6 所示，为了将永磁型转子部 4 及磁阻型转子部 6 与将转子 2 与外部连接用的转轴在旋转方向固定，在与转轴（未图示）嵌合的永磁型转子部 4 或磁阻型转子部 6 或该两者的轴孔 20 形成多个键槽 21，并使该键槽相对设定为电气角分别相隔 180 度间隔（在本实施形态中为 90 度间隔）的基准线有 0° 、 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 ($\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$) 的偏置角 δ ，使得能选择永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 的旋转方向的相对位置（偏置角）。又如图 7 所示，如果绕着轴孔 20 形成宽度较窄的键槽 22，并使该键槽 22 相对基准线有 0° 、 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 、 δ_4 、 δ_5 、 δ_6 、 δ_7 ($\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4 < \delta_5 < \delta_6 < \delta_7$) 的偏置角 δ ，则能进一步加大偏置角的调整范围。

采用如上所述的构成，通过选择键槽 21 或 22，就能适应所要求的转矩特性，对于有各种要求的转矩特性电动机能通用，能降低成本。

此外，理想的是，使上述多个键槽 21、22 的形状根据偏置角而各不相同。例如，将图 8A 作为永磁型转子部 4 固定用的键 23，将图 8B 至图 8H 作为磁阻型转子部 6 固定用的键 24。根据磁阻型转子部 6 的固定位置的旋转方向的偏置角来选择图 8B 至图 8H 的键 24，同时将磁阻型转子部 6 的轴孔 20 的键槽 21 或 22 做成与各

偏置角对应的键槽形状,这样就能不出差错方便地装配到符合所希望转矩特性的偏置角位置。

另外,在图示例中,图 8B 为矩形剖面的基本形状,图 8C、图 8E、图 8G 为切去了其中一个角的形状,图 8D、图 8F、图 8H 为切去了两个角的形状,切除量逐渐增大。这样,在多个键槽 21、22 内,1 个是图 8B 所示的基本形状,余下的键槽 21、22 做成使基本形状的至少一部分切除的图 8C 至图 8H 所示的形状,就能共用键 24,并通过局部加工能适应各种形状,所以能降低成本。

下面参照图 9,对第 4 实施形态进行说明。

在本实施形态中,将磁阻型转子部 6 与定子 3 之间的气隙部尺寸 g_2 设定得小于永磁型转子部 4 与定子 3 之间的气隙部尺寸 g_1 。

根据本实施形态,通过加大由于配置永久磁铁 5 而使离心力导致的变形变大的永磁型转子部 4 的气隙部尺寸 g_1 ,就能获得永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 的旋转速度极限相等的高旋转速度,同时,因为永磁型转子部 4 的气隙部尺寸 g_1 对转矩特性的影响较小而磁阻型转子部 6 的气隙部尺寸 g_2 对转矩特性的影响较大,所以,磁阻型转子部 6 的转矩特性的改善效果明显,相应地能提高磁阻型转子部 6 的效率,因此也能提高电动机效率。

另外,此时,如果将磁阻型转子部 6 所形成的细缝 8 的缝宽做成永磁型转子部 4 与定子 3 之间的气隙部尺寸 g_1 的 2 倍以上,则由细缝 8 在漏磁通的磁路形成了比永久磁铁 5 的正规磁路中存在的总气隙长度即 $2g_1$ 要大的间隙,所以利用该细缝 8 能可靠获得漏磁通防止效果。

下面参照图 10 说明第 5 实施形态。

在本实施形态中,具有可自由旋转地支承转子 2 的至少一个轴承 25,将该轴承 25 或配置有多个磁铁时支承强度大的轴承 25 配置在永磁型转子部 4 一侧。图示例中为将单个轴承 25 配置在永磁型转子部 4 一侧的情况,但在两侧设置轴承的情况下,也是一侧为支承强度大的轴承,并将其配置在永磁型转子部 4 一侧。

根据本实施形态,通过用支承强度大的轴承 25 支承质量大的永磁型转子部 4 侧这样合理的轴承配置,能用小型紧凑的结构稳定支承转子 2。

下面参照图 11 说明第 6 实施形态。

在本实施形态中,在定子 3 的轴向宽度的整个宽度配置永磁型转子部 4,在定子 3 的轴向宽度的外部配置磁阻型转子部 6。如果这样构成,则能在永磁型转子部

4 的端部使 q 轴及 d 轴的电感发生变化，能提高转速。

下面参照图 12 说明第 7 实施形态。在上述第 1 实施形态中，示出的是在磁阻型转子部 4 沿半径方向配置一层多个永久磁铁 5，而在本实施形态中，沿半径方向配置外侧的永久磁铁 5a 和内侧的永久磁铁 5b 这样两层，在永磁型转子部 4 的永久磁铁 5a、5b 之间也形成磁路以获得磁阻转矩。在具有这样的永磁型转子部 4 的电动机 1 中，在磁阻型转子部 6 同样形成细缝 8，能获得相同的效果。

下面参照图 13，对第 8 实施形态进行说明。在上述第 3 实施形态中，示出了在具有多个凸极部 7 的磁阻型转子部 6 形成偏置角相异的多个键槽 21 的例子，而在本实施形态中，如图 13 所示，在同步电动机的转子 26 形成偏置角相异的多个键槽 21，能通过选择键槽 21 来选择调整相位。因此，在同步电动机中也能收到相同的效果。

下面参照图 14 说明第 9 实施形态。在上述实施形态中，示出的转子 2 的例子是，将永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 沿轴向直线连接，且在永磁型转子部 4 与磁阻型转子部 6 之间设置偏置角，但在本实施形态中，转子 2 由永磁型转子部 4、与其相邻的第 1 磁阻型转子部 6a 及与该第 1 磁阻型转子部 6a 相邻的第 2 磁阻型转子部 6b 所构成。在第 1 磁阻型转子部 6a 设置防止永久磁铁 5 的磁通泄漏的细缝 8，并使其与永磁型转子部 4 不具有旋转方向的偏置角，在第 1 磁阻型转子部 6a 与第 2 磁阻型转子部 6b 之间沿旋转方向具有适当的偏置角以获得所需的转矩特性。

根据本实施形态，因为永磁型转子部 4 与第 1 磁阻型转子部 6a 之间无偏置角，所以能可靠防止两转子部 4、6 之间永久磁铁 5 的磁通泄漏，防止特性下降，同时因为两者之间未夹装有非磁性体，所以不会因防止磁通泄漏而导致转矩下降，能实现小型紧凑化及降低成本。另外，通过使第 1 与第 2 磁阻型转子部 6a、6b 具有任意的偏置角，能提高转矩及降低振动等任意地获得所需转矩特性。

另外在本实施形态中，第 2 磁阻型转子部 6b 也可以采用图 13 的第 8 实施形态所示那样的同步电动机的转子 26，通过这样同时使用转矩波形特性不同的磁阻型转子部，能进一步降低转矩波动，能达到低振动化。此外，在本实施形态中，示出了将单一的永磁型转子部 4 与两个磁阻型转子部 6a、6b 组合的例子，但也可以将分别任意多个的转子部组合。

下面参照图 15 说明第 10 实施形态。在上述实施形态中，说明了将本发明应用于内转子型电动机的例子，在本实施形态中，如图 15 所示，在外转子型电动机

31 中，可自由旋转地配置在定子 33 外周的转子 32，由配置有多个永久磁铁 35 的永磁型转子部 34 及形成有多个凸极部 37 的磁阻型转子部 36 在旋转方向有偏置角地连接而构成，同时，在该磁阻型转子部 36，有偏置角地形成有防止永久磁铁 35 的磁通泄漏的细缝 38。

这样，通过对外转子型电动机 31 也应用本发明，能获得与上述第 1 实施形态相同的作用效果。

以上各实施形态的电动机 1、31 小型、高功率且高效率，所以，能很好应用于第 2 实施形态所示的压缩机的驱动用电动机，除此之外，还能适合用作混合型及燃料电池型等的电动汽车的驱动电动机及大功率风扇的驱动用电动机。

尤其是，如果在混合型电动汽车装载上述电动机 1、31，则相对使用现有的磁铁式电动机的混合型电动汽车，因为利用磁阻转矩能实现高输出，所以，在作为电动机输出维持同等输出的情况下，电动机停止动作，由发动机进行制动时，或由于下坡等电动机被动旋转时，由于转子部使用的磁铁量下降，所以能抑制感应电压的产生，能降低铁心损耗，其结果是，可以延长混合型电动汽车的一次充电行驶距离。另外，在电动机处于停止状态即仅以发动机的输出汽车进行高速行驶时，也因为减少了转子部使用的磁铁量，所以，能降低电动机高速旋转而产生的电压，能防止电源电池等的劣化，防止破损。

此外，对于燃料电池电动汽车，也能获得相同的效果。

若采用本发明的电动机，能防止从永磁型转子部的永久磁铁端部向磁阻型转子部发生磁通泄漏，能防止磁通泄漏导致的特性下降。还有，能获得转矩提高、振动降低等任意的转矩特性。

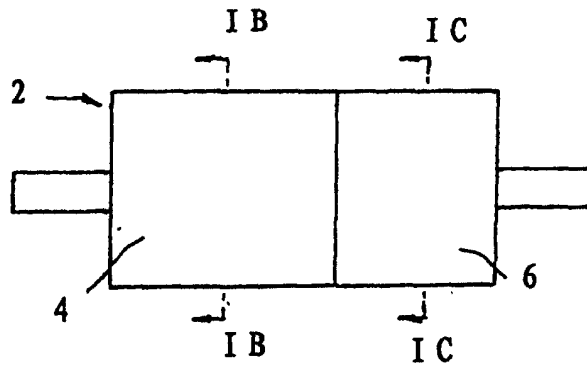


图 1A

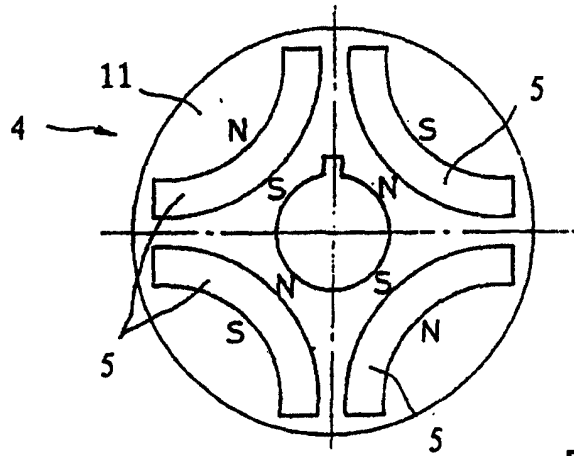


图 1B

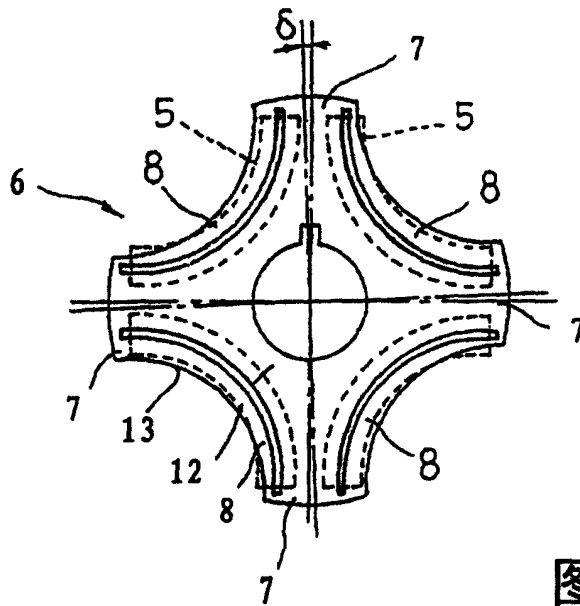


图 1C

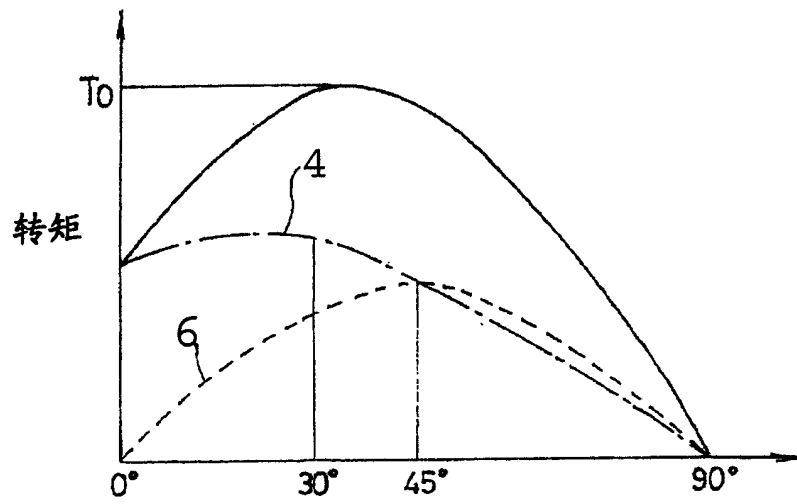


图 2A

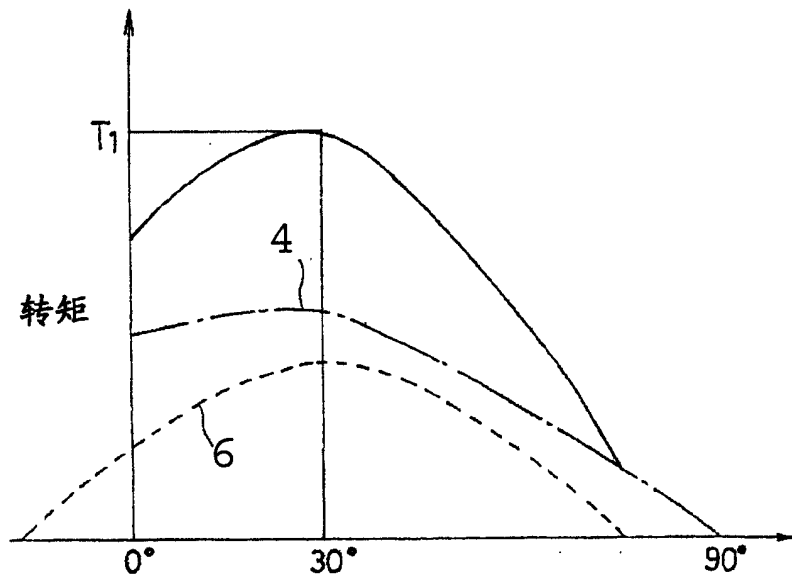


图 2B

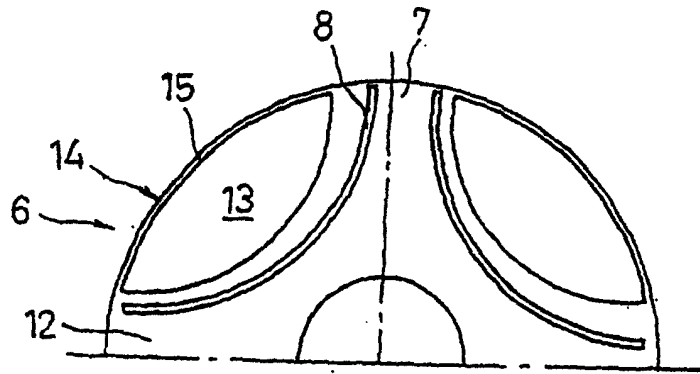


图 3

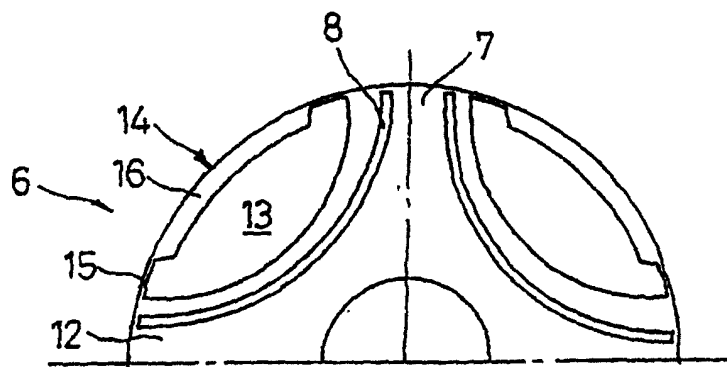


图 4

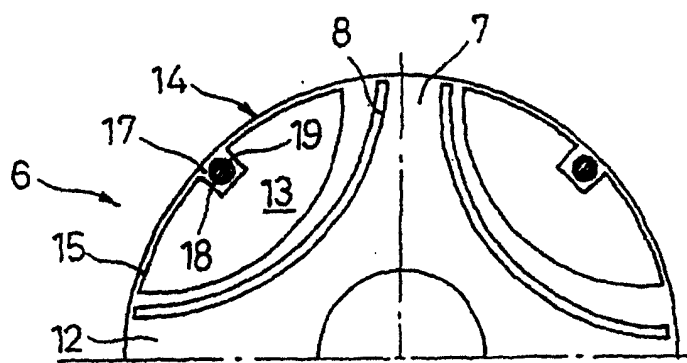


图 5

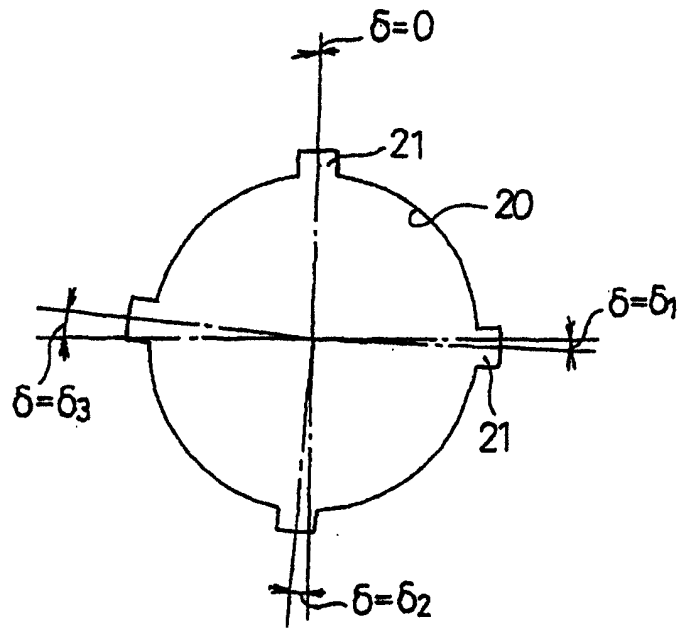


图 6

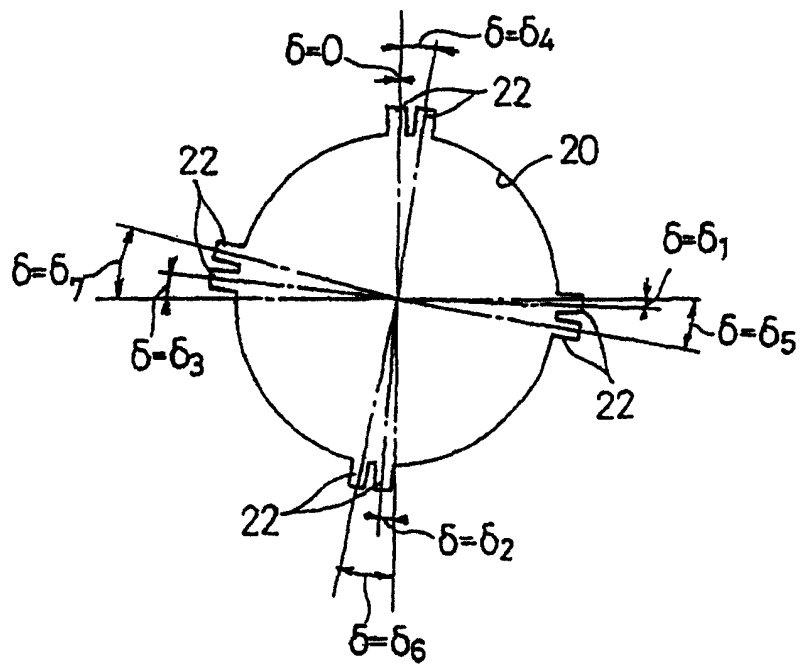


图 7

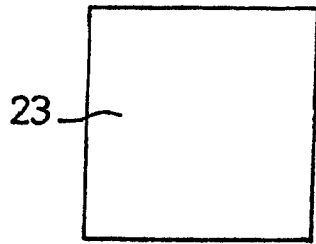


图 8A

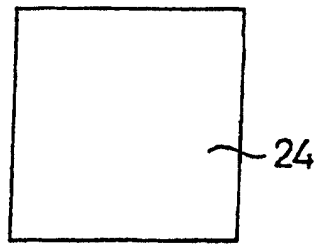


图 8B

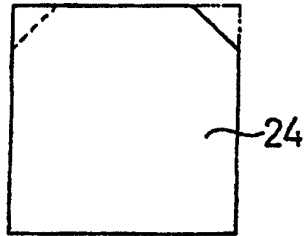


图 8C

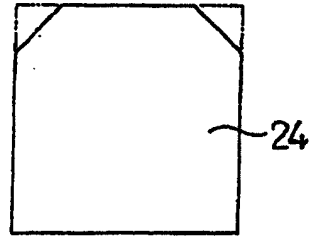


图 8D

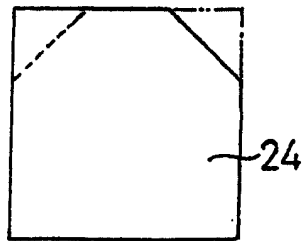


图 8E

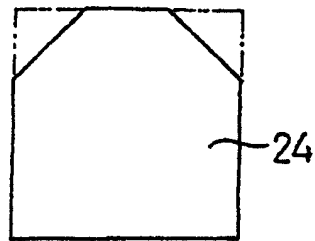


图 8F

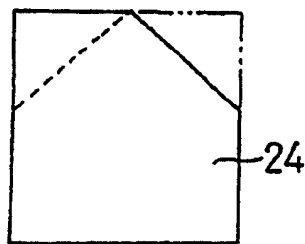


图 8G

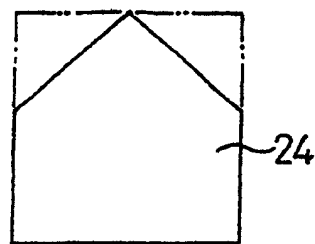


图 8H

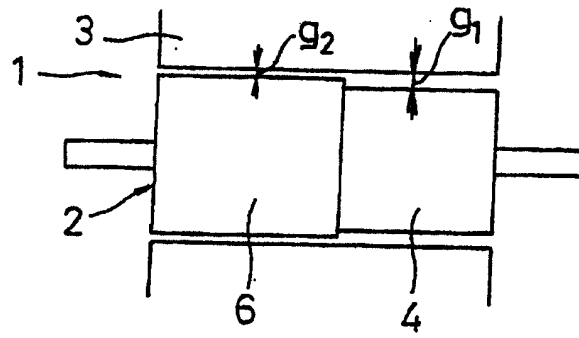


图 9

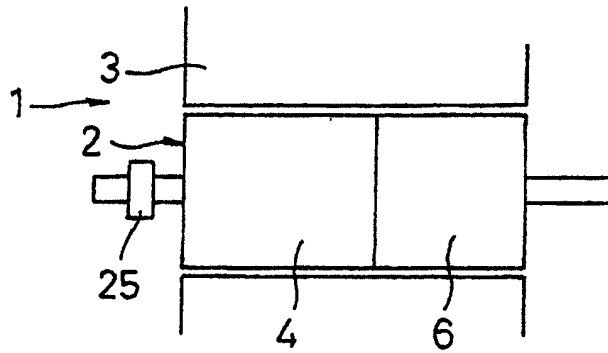


图 10

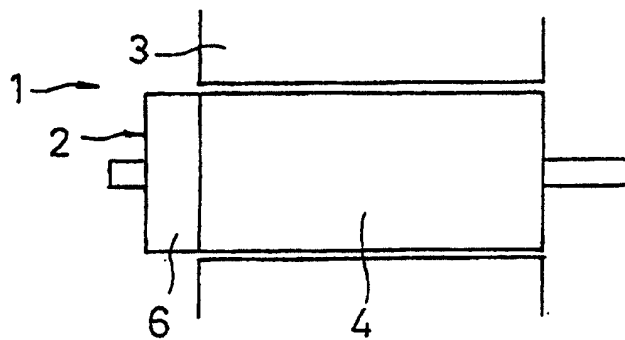


图 11

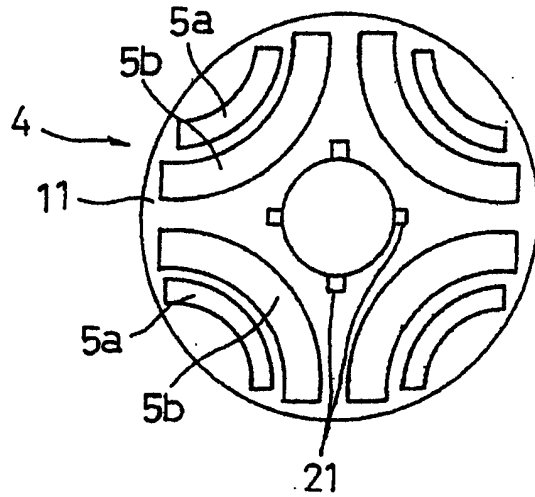


图 12

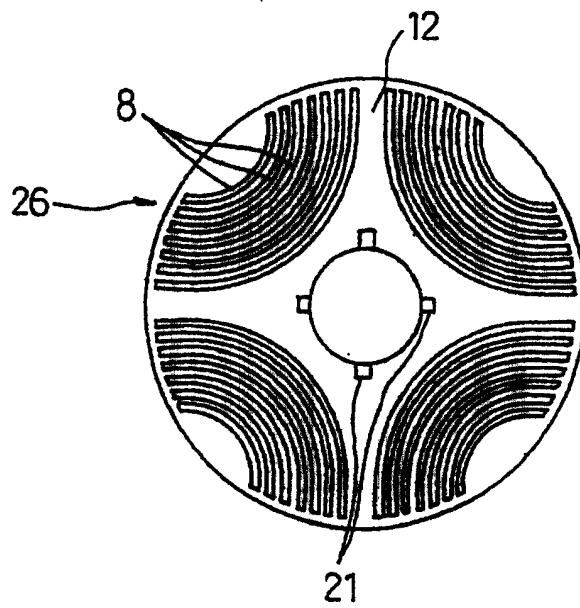


图 13

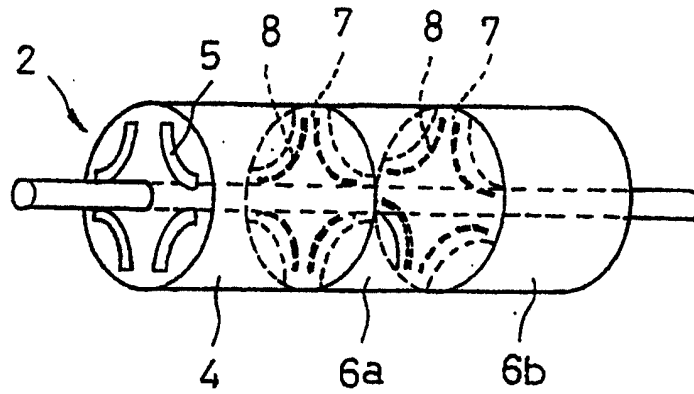


图 14

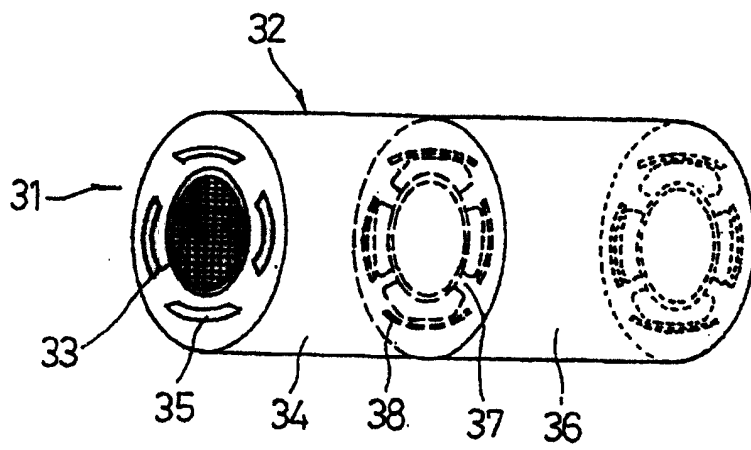


图 15

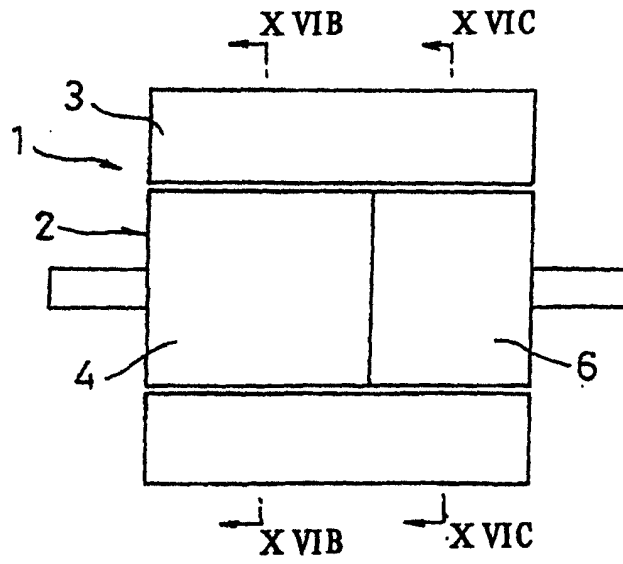


图 16A

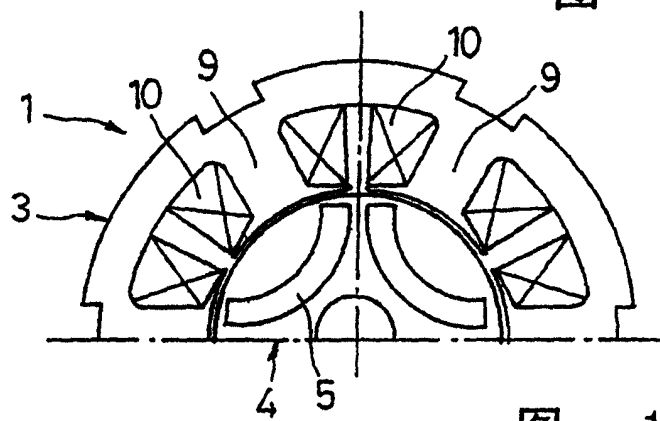


图 16B

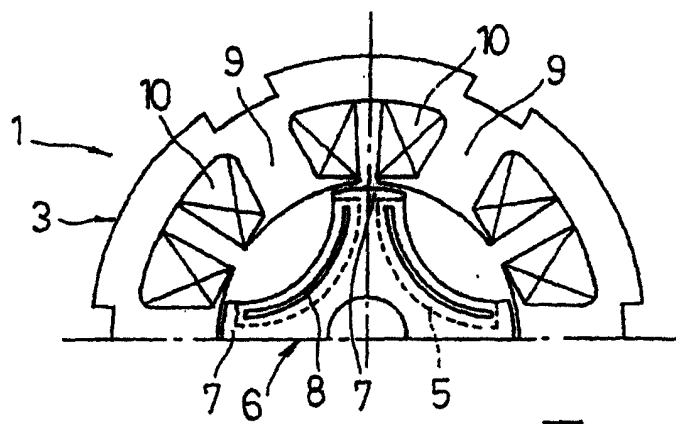


图 16C