



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116261821 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 13

(21) 申请号 202180074329.0

(22) 申请日 2021.10.27

(30) 优先权数据

2020-183988 2020.11.02 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.04.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/039643 2021.10.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/092148 JA 2022.05.05

(71) 申请人 株式会社电装

地址 日本爱知县

(72) 发明人 高桥裕树

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 舒艳君

(51) Int.Cl.

H02K 3/47 (2006.01)

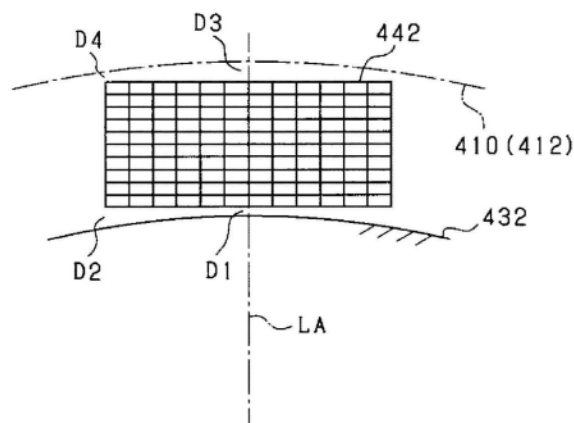
权利要求书2页 说明书42页 附图65页

(54) 发明名称

旋转电机

(57) 摘要

旋转电机(400)具备:励磁元件(410),具有在周向上极性交替的多个磁极;以及电枢(430),包括每相具有由多个部分绕组(441)构成的相绕组的多相的电枢绕组(431)、以及无齿且圆筒状的电枢铁芯(432)。部分绕组具有在周向上隔开规定间隔地设置的一对中间导线部(442)、和将一对中间导线部连接成环状的搭接部(443、444),并且在一对中间导线部以及各搭接部卷绕多层导线材料而构成。中间导线部沿着电枢铁芯的外周面或者内周面中的曲面排列配置。另外,中间导线部的横截面呈长方形,在电枢铁芯侧的径向端面与电枢铁芯之间的径向尺寸在周向上不同。



1. 一种旋转电机,所述旋转电机(400)具备:

励磁元件(410),具有在周向上极性交替的多个磁极;以及

电枢(430),包括每相具有由多个部分绕组(441)构成的相绕组的多相的电枢绕组(431)、以及设置在所述电枢绕组的径向内侧以及径向外侧中的与所述励磁元件相反侧的无齿且圆筒状的电枢铁芯(432),

所述励磁元件和所述电枢在径向内外对置配置,

其中,

所述部分绕组具有在周向上隔开规定间隔地设置的一对中间导线部(442)、和设置在轴向一端侧以及另一端侧且将所述一对中间导线部连接成环状的搭接部(443、444),并且在所述一对中间导线部以及各所述搭接部卷绕多层导线材料而构成,所述中间导线部沿着所述电枢铁芯的外周面或者内周面中的曲面排列配置,

所述中间导线部的横截面呈长方形,在所述电枢铁芯侧的径向端面所述中间导线部与所述电枢铁芯之间的径向尺寸在周向上不同。

2. 根据权利要求1所述的旋转电机,其中,

在各所述中间导线部中,所述电枢铁芯侧的径向端面成为与通过所述中间导线部的周向中心位置和旋转电机的轴心的直线正交的方向,在该径向端面,在周向中央部和周向两端部,与所述电枢铁芯之间的径向尺寸不同。

3. 根据权利要求1或2所述的旋转电机,其中,

在各所述中间导线部中的径向端面与所述电枢铁芯之间夹有绝缘性的密封材料(447),

所述密封材料的热导率比所述导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高。

4. 根据权利要求1~3中任意一项所述的旋转电机,其中,

所述多个部分绕组包括轴向两端的所述搭接部中的至少任一个向径向内侧弯曲的内弯曲绕组,

在所述内弯曲绕组中,所述搭接部具有沿径向延伸的一对基端部(443a)、和在该一对基端部之间沿周向延伸的连结部(443b),所述连结部弯曲形成为所述连结部的中央部分向径向外侧或者轴向凸出。

5. 一种旋转电机,所述旋转电机(400)具备:

励磁元件(410),具有在周向上极性交替的多个磁极;以及

电枢(430),包括每相具有由多个部分绕组(441)构成的相绕组的多相的电枢绕组(431)、以及设置在所述电枢绕组的径向内侧以及径向外侧中的与所述励磁元件相反侧的无齿且圆筒状的电枢铁芯(432),

所述励磁元件和所述电枢在径向内外对置配置,

其中,

所述部分绕组具有在周向上隔开规定间隔地设置的一对中间导线部(442)、和设置在轴向一端侧以及另一端侧且将所述一对中间导线部连接成环状的搭接部(443、444),并且在所述一对中间导线部以及各所述搭接部卷绕多层导线材料而构成,

在所述中间导线部中,在径向外侧,与径向内侧相比,在周向上排列的所述导线材料彼此的间隔变宽。

6. 根据权利要求5所述的旋转电机, 其中,

在所述部分绕组中, 所述导线材料是截面为四边形的方线, 该方线以侧面彼此在径向以及周向上相互对置的方式卷绕多层,

在所述中间导线部中, 在径向以及周向上分别排列有多个所述导线材料, 在径向上, 所述方线的侧面彼此接近对置, 并且在周向上, 与径向相比, 所述方线的侧面彼此分离地对置。

7. 根据权利要求5或6所述的旋转电机, 其中,

在各所述中间导线部中, 在所述导线材料彼此之间夹有绝缘性的密封材料,

所述密封材料的热导率比所述导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高。

8. 根据权利要求1~7中任意一项所述的旋转电机, 其中,

所述电枢绕组是三相绕组,

在所述部分绕组中, 所述一对中间导线部以全节距卷绕间隔分离地设置, 在该一对中间导线部之间各配置一个其他两相的所述部分绕组中的所述中间导线部, 并且在周向上所述搭接部重复的所述部分绕组彼此中, 至少一方的部分绕组的所述搭接部在径向上弯曲以避免相互的干扰,

在径向上弯曲的所述搭接部中, 在沿径向延伸的弯曲部分的内侧设置有将所述部分绕组固定于所述电枢铁芯或者与该电枢铁芯一体化的一体物的固定部(455a、457a)。

9. 根据权利要求1~8中任意一项所述的旋转电机, 其中,

所述励磁元件是表面磁铁型的励磁元件, 在周向上具有极数份的磁铁,

在将所述旋转电机的磁极数设为 $4n$ 、将所述部分绕组的数量设为 $6n$ 的情况下, 所述电枢绕组的直径为“ $\phi 40 \sim 100\text{mm}$ ” $\times n$, 其中, n 为自然数。

10. 根据权利要求1~9中任意一项所述的旋转电机, 其中,

所述励磁元件是表面磁铁型的励磁元件, 在周向上具有极数份的磁铁,

在将1极份的所述磁铁的周向的宽度设为 W 、将所述磁铁与所述电枢铁芯之间的径向距离设为 L_g 的情况下, $W/L_g = 2.5 \sim 7$ 。

11. 根据权利要求1~10中任意一项所述的旋转电机, 其中,

所述励磁元件是表面磁铁型的励磁元件, 在周向上具有极数份的磁铁,

在所述磁铁中,

以在作为磁极中心的 d 轴侧, 与作为磁极边界的 q 轴侧相比, 易磁化轴的方向与 d 轴平行的方式进行取向,

或者, 易磁铁轴的方向相对于相互对置且成为磁通的流入流出面的一对作用面倾斜, 并且该倾斜的方向成为以在所述电枢绕组侧接近 d 轴的方式相对于 d 轴倾斜的方向。

旋转电机

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于在2020年11月2日申请的日本申请号2020-183988号,在此处引用其记载内容。

技术领域

[0003] 本说明书中的公开涉及旋转电机。

背景技术

[0004] 以往,已知有具备励磁元件和电枢的旋转电机,上述励磁元件具有在周向上极性交替的多个磁极,上述电枢具有多相的电枢绕组。另外,也已知有如下结构:在电枢中,使用不具有齿的无齿结构的电枢铁芯,对该电枢铁芯组装电枢绕组(例如参照专利文献1)。

[0005] 专利文献1:日本专利第6669203号公报

[0006] 然而,在无齿结构的电枢中,沿着电枢铁芯的外周面或者内周面配置电枢绕组。在该情况下,考虑在电枢绕组中与电枢铁芯在径向内外对置的线圈侧部分,将每相的绕组的横截面形成为四边形状,并且将该电枢铁芯侧的绕组端面与电枢铁芯的外周面或者内周面中的曲面匹配地形成为弧状。但是,在将中间导线部以及电枢铁芯的各对置面共同设为曲面并相互密接的结构现有技术中,认为在电枢绕组的散热的观点上存在改善的余地。

发明内容

[0007] 本公开是鉴于上述情况而完成的,其目的在于在具有无齿结构的电枢的旋转电机中,适当地进行电枢中的散热。

[0008] 本说明书中的所公开的多个方式为了实现各自的目的,而采用相互不同的技术方案。本说明书所公开的目的、特征以及效果通过参照后述的详细说明以及附图而变得更加明确。

[0009] 方案1是一种旋转电机,具备:

[0010] 励磁元件,具有在周向上极性交替的多个磁极;以及

[0011] 电枢,包括每相具有由多个部分绕组构成的相绕组的多相的电枢绕组、以及设置在上述电枢绕组的径向内侧以及径向外侧中的与上述励磁元件相反侧的无齿且圆筒状的电枢铁芯,

[0012] 上述励磁元件和上述电枢在径向内外对置配置,

[0013] 上述部分绕组具有在周向上隔开规定间隔地设置的一对中间导线部、和设置在轴向一端侧以及另一端侧且将上述一对中间导线部连接成环状的搭接部,并且在上述一对中间导线部以及各上述搭接部卷绕多层导线材料而构成,上述中间导线部沿着上述电枢铁芯的外周面或者内周面中的曲面排列配置,

[0014] 上述中间导线部的横截面呈长方形,在上述电枢铁芯侧的径向端面上上述中间导线部与上述电枢铁芯之间的径向尺寸在周向上不同。

[0015] 在本方案的旋转电机中,构成为将电枢设为无齿结构,在呈圆筒状的电枢铁芯的径向内侧或者径向外侧组装构成电枢绕组的多个部分绕组,各部分绕组沿着电枢铁芯的外周面或者内周面在周向上排列配置。而且,构成为将中间导线部的横截面设为长方形,并且使在该中间导线部中的电枢铁芯侧的径向端面与电枢铁芯之间的径向尺寸在周向上不同。由此,能够实现旋转电机所要求的散热性能的提高。即,在上述结构中,中间导线部与电枢铁芯之间的径向尺寸在周向上不同,换言之,中间导线部的径向端面具有离电枢铁芯近的部位和离电枢铁芯远的部位。在该情况下,能够在无齿结构的电枢中对作为背轭的电枢铁芯组装接近状态下的各部分绕组,并且能够在中间导线部与电枢铁芯之间确保使由部分绕组产生的热量释放的散热部。其结果是,在具有无齿结构的电枢的旋转电机中,能够适当地进行电枢中的散热。

[0016] 此外,在电枢铁芯的曲面上配置横截面呈长方形的中间导线部的结构中,如果假设部分绕组的尺寸相同,则电枢铁芯的曲面的半径(铁芯半径)越小,换言之该曲面的曲率越大,中间导线部与电枢铁芯之间的径向尺寸之差(周向中央部以及周向两端部处的径向尺寸之差)越大。例如,在电枢的铁芯半径小且磁极数小的旋转电机、即部分绕组的数量少的旋转电机中,中间导线部与电枢铁芯之间的径向尺寸之差变得显著。在该情况下,认为在铁芯半径小的电枢中,与铁芯半径大的电枢相比,热容量较小,但通过中间导线部与电枢铁芯之间的径向尺寸之差变大,从而能够提高散热性。

[0017] 在方案2中,在方案1的基础上,在各上述中间导线部中,上述电枢铁芯侧的径向端面成为与通过上述中间导线部的周向中心位置和旋转电机的轴心的直线正交的方向,在该径向端面,在周向中央部和周向两端部,与上述电枢铁芯之间的径向尺寸不同。

[0018] 在上述结构中,各中间导线部的径向端面成为与通过中间导线部的周向中心位置和旋转电机的轴心的直线正交的方向,从而在中间导线部与电枢铁芯之间,在周向中央部和周向两端部,径向尺寸不同。具体而言,在电枢铁芯的径向外侧配置有电枢绕组的结构(例如外转子式的旋转电机)中,在周向两端部,与周向中央部相比,径向尺寸较大,相反,在电枢铁芯的径向内侧配置有电枢绕组的结构(例如内转子式的旋转电机)中,在周向中央部,与周向两端部相比,径向尺寸较大。在该情况下,在电枢绕组中,能够将沿着电枢铁芯的曲面排列的各中间导线部相对于电枢铁芯均以相同的状态配置。

[0019] 在方案3中,在方案1或2的基础上,在各上述中间导线部的径向端面与上述电枢铁芯之间夹有绝缘性的密封材料,上述密封材料的热导率比上述导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高。

[0020] 在上述结构中,在各中间导线部的径向端面与电枢铁芯之间夹有绝缘性的密封材料,能够进行经由该密封材料的散热、和基于密封材料的中间导线部的固定。另外,密封材料的热导率比导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高,因此提高各部分绕组的散热性能。

[0021] 在方案4中,在方案1~3中的任意一个的基础上,上述多个部分绕组包括轴向两端的上述搭接部中的至少任一个向径向内侧弯曲的内弯曲绕组,在上述内弯曲绕组中,上述搭接部具有沿径向延伸的一对基端部、和在该一对基端部之间沿周向延伸的连结部,上述连结部弯曲形成为上述连结部的中央部分向径向外侧或者轴向凸出。

[0022] 在作为部分绕组,包括搭接部向径向内侧弯曲的内弯曲绕组的结构中,在该内弯曲绕组在周向上相邻的情况下,认为容易产生各内弯曲绕组的搭接部彼此的干扰。在该点

上,构成为在内弯曲绕组的搭接部,在一对基端部之间沿周向延伸的连结部弯曲形成为其中央部分向径向外侧或者轴向凸出。由此,能够抑制各内弯曲绕组的搭接部彼此在周向上干扰。另外,在搭接部中沿周向延伸的连结部弯曲,从而该弯曲部分成为调整一对基端部的前端彼此的间隔的间隔调整部,有助于抑制周向上的搭接部彼此的干扰。该情况下,特别是连结部以向径向外侧或者轴向凸出的方式弯曲,因此在电枢的径向内侧,能够扩展可利用的空间,或者能够抑制向径向内侧的突出而抑制与旋转电机的旋转轴等的干扰。

[0023] 方案5是一种旋转电机,具备:

[0024] 励磁元件,具有在周向上极性交替的多个磁极;以及

[0025] 电枢,包括每相具有由多个部分绕组构成的相绕组的多相的电枢绕组、以及设置在上述电枢绕组的径向内侧以及径向外侧中的与上述励磁元件相反侧的无齿且圆筒状的电枢铁芯,

[0026] 上述励磁元件和上述电枢在径向内外对置配置,

[0027] 上述部分绕组具有在周向上隔开规定间隔地设置的一对中间导线部、和设置在轴向一端侧以及另一端侧且将上述一对中间导线部连接成环状的搭接部,并且在上述一对中间导线部以及各上述搭接部卷绕多层导线材料而构成,

[0028] 在上述中间导线部中,在径向外侧,与径向内侧相比,在周向上排列的上述导线材料彼此的间隔变宽。

[0029] 在本方案的旋转电机中,构成为将电枢设为无齿结构,在呈圆筒状的电枢铁芯的径向内侧或者径向外侧组装构成电枢绕组的多个部分绕组,沿着电枢铁芯的外周面或者内周面,各部分绕组在周向上排列配置。而且,构成为在中间导线部中,在径向外侧,与径向内侧相比,在周向上排列的导线材料彼此的间隔变宽。由此,能够实现旋转电机所要求的散热性能的提高。即,上述结构是鉴于在径向的内外电枢绕组中的圆周长度不同而完成的,在中间导线部中,在径向内侧在周向上排列的导线材料成为密集的状态,在径向内侧在周向上排列的导线材料成为稀疏的状态。由此,能够在各导线材料彼此之间确保使由各部分绕组产生的热量释放的散热部。其结果是,在具有无齿结构的电枢的旋转电机中,能够适当地进行电枢中的散热。

[0030] 在方案6中,在方案5的基础上,在上述部分绕组中,上述导线材料是截面为四边形的方线,该方线以侧面彼此在径向以及周向上相互对置的方式卷绕多层,在上述中间导线部中,在径向以及周向上分别排列有多个上述导线材料,在径向上,上述方线的侧面彼此接近对置,并且在周向上,与径向相比,上述方线的侧面彼此分离地对置。

[0031] 根据上述结构,在径向上,方线的侧面彼此接近对置,在周向上,与径向相比,方线的侧面彼此分离地对置。因此,中间导线部的径向的厚度成为与方线(导线材料)的卷绕数相应的规定厚度,并且,中间导线部的周向的宽度根据方线彼此的分离距离在径向内外不同。在该情况下,中间导线部的径向的厚度在周向上恒定,并且仅调整径向内外的周向的宽度尺寸。

[0032] 在方案7中,在方案5或6的基础上,在各上述中间导线部中,在上述导线材料彼此之间夹有绝缘性的密封材料,上述密封材料的热导率比上述导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高。

[0033] 在上述结构中,在各中间导线部中,在导线材料彼此之间夹有绝缘性的密封材料,

能够进行经由该密封材料的散热、和基于密封材料的导线材料的固定。另外,密封材料的热导率比导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高,因此提高各部分绕组的散热性能。

[0034] 在方案8中,在方案1~7中的任意一个的基础上,上述电枢绕组是三相绕组,在上述部分绕组中,上述一对中间导线部以全节距卷绕间隔分离地设置,在该一对中间导线部之间各配置一个其他两相的上述部分绕组中的上述中间导线部,并且在周向上上述搭接部重复的上述部分绕组彼此中,至少一方的部分绕组的上述搭接部在径向上弯曲以避免相互的干扰,在径向上弯曲的上述搭接部中,在沿径向延伸的弯曲部分的内侧设置有将上述部分绕组固定于上述电枢铁芯或者与该电枢铁芯一体化的一体物的固定部。

[0035] 在三相的电枢绕组中,在部分绕组中的一对中间导线部之间各配置一个其他两相的部分绕组中的中间导线部,并且在周向上搭接部重复的部分绕组彼此中,使至少一方的部分绕组的搭接部在径向上弯曲,从而能够避免各部分绕组的相互的干扰,并且沿着电枢铁芯的周面将各中间导线部在周向上排列配置。另外,鉴于搭接部在径向上弯曲的结构,构成为在搭接部的弯曲部分的内侧,将部分绕组固定于电枢铁芯或者其一体物,因此在无齿结构的电枢中,能够适当地固定部分绕组。

[0036] 在方案9中,在方案1~8中的任意一个的基础上,上述励磁元件是表面磁铁型的励磁元件,在周向上具有极数份的磁铁,在将上述旋转电机的磁极数设为 $4n$ 、将上述部分绕组的数量设为 $6n$ 的情况下(n 为自然数),上述电枢绕组的直径为“ $\phi 40\sim 100\text{mm}$ ” $\times n$ 。

[0037] 在表面磁铁型旋转电机中,在励磁元件中,在周向上排列配置有极数份的磁铁,根据电枢绕组的直径(线圈直径)和极数,决定每个磁极的磁铁的规格。在该情况下,若相对于极数的线圈直径过小,则在各磁极中磁铁的周向的宽度变小,担心磁负载的降低。另外,另一方面,若相对于极数的线圈直径过大,则磁铁的周向的宽度变大而预计磁负载的增加,但并不会预计那么多的电负载的增加,担心无法期待与旋转电机的大型化相称的转矩增强效果。

[0038] 在该点上,本申请公开人发现在实现磁负载和电负载的平衡的基础上,存在相对于极数的线圈直径的适当范围,在将旋转电机的磁极数设为 $4n$,将部分绕组的数量设为 $6n$ 的情况下,将电枢绕组的直径设为“ $\phi 40\sim 100\text{mm}$ ” $\times n$ 。由此,能够实现旋转电机中的转矩的适当化。

[0039] 在方案10中,在方案1~9中的任意一个的基础上,上述励磁元件是表面磁铁型的励磁元件,在周向上具有极数份的磁铁,在将1极份的上述磁铁的周向的宽度设为 W 、将上述磁铁与上述电枢铁芯之间的径向距离设为 L_g 的情况下, $W/L_g=2.5\sim 7$ 。

[0040] 在表面磁铁型的无齿旋转电机中,1极份的磁铁的周向的宽度 W 与磁铁及电枢铁芯之间的径向距离 L_g 之比亦即“ W/L_g ”与表示电枢绕组的每1匝的转矩的转矩常数 $[Nm/A]$ 存在相关,“ W/L_g ”越大,转矩常数越大。但是,在该情况下,转矩常数的增加相对于“ W/L_g ”的增加的斜率依赖于“ W/L_g ”的大小而不同。详细而言,“ W/L_g ”和转矩常数具有图66所示的相关,在该相关中,存在转矩常数相对于“ W/L_g ”的斜率变化的拐点。在该情况下,通过在拐点附近的范围A内确定“ W/L_g ”,能够实现磁负载和电负载的良好平衡。也就是说,在“ W/L_g ”小于范围A的情况下,产生磁负载过少而引起的转矩下降的担心,另一方面,在“ W/L_g ”大于范围A的情况下,即使增大“ W/L_g ”,也并不会预计那么多的转矩常数的增加。因此,采用拐点附近的“ W/L_g ”,具体而言,设为“ $W/L_g=2.5\sim 7$ ”。此外,在图66的关系中,使用烧结钕磁铁作为磁

铁,将磁铁厚度设为极间距的 $1/2$ 。

[0041] 在方案11中,在方案1~10中的任意一个的基础上,上述励磁元件是表面磁铁型的励磁元件,在周向上具有极数份的磁铁,在上述磁铁中,以在作为磁极中心的d轴侧,与作为磁极边界的q轴侧相比,易磁化轴的方向与d轴平行的方式进行取向,或者易磁铁轴的方向相对于相互对置且成为磁通的流入流出面的一对作用面倾斜,并且该倾斜的方向成为以在上述电枢绕组侧接近d轴的方式相对于d轴倾斜的方向。

[0042] 在上述结构中,能够强化各磁极中的磁铁磁通,另一方面,担心涡流损耗的增加。在该点上,将电枢绕组设为使用了将导线材料卷绕多层而成的部分绕组的结构,因此能够减少涡流损耗。此外,在部分绕组中,若通过将多个线材绞合而成的绞合线构成导线材料,则能够得到更进一步的涡流的减少效果。

附图说明

[0043] 参照附图并通过下述的详细描述,关于本公开的上述目的以及其它的目的、特征、优点变得更加明确。其附图为,

[0044] 图1是表示第一实施方式中的旋转电机的整体的立体图,

[0045] 图2是旋转电机的俯视图,

[0046] 图3是旋转电机的纵剖视图,

[0047] 图4是旋转电机的横剖视图,

[0048] 图5是旋转电机的分解剖视图,

[0049] 图6是转子的剖视图,

[0050] 图7是表示磁铁单元的截面结构的局部横剖视图,

[0051] 图8是针对实施方式的磁铁表示电角度与磁通密度的关系的图,

[0052] 图9是针对比较例的磁铁表示电角度与磁通密度的关系的图,

[0053] 图10是定子单元的立体图,

[0054] 图11是定子单元的纵剖视图,

[0055] 图12是从轴向一侧观察铁芯组件的立体图,

[0056] 图13是从轴向另一侧观察铁芯组件的立体图,

[0057] 图14是铁芯组件的横剖视图,

[0058] 图15是铁芯组件的分解剖视图,

[0059] 图16是表示三相的各相绕组中的部分绕组的连接状态的电路图,

[0060] 图17是将第一线圈模块和第二线圈模块横向排列并对比来表示的侧视图,

[0061] 图18是将第一部分绕组和第二部分绕组横向排列并对比来表示的侧视图,

[0062] 图19是表示第一线圈模块的结构图,

[0063] 图20是图19的(a)中的20-20线剖视图,

[0064] 图21是表示绝缘罩的结构图,

[0065] 图22是表示第二线圈模块的结构图,

[0066] 图23是图22的(a)中的23-23线剖视图,

[0067] 图24是表示绝缘罩的结构图,

[0068] 图25是表示将各线圈模块在周向上排列的状态下的薄膜材料的交叠位置的图,

- [0069] 图26是表示第一线圈模块相对于铁芯组件的组装状态的俯视图，
- [0070] 图27是表示第一线圈模块以及第二线圈模块相对于铁芯组件的组装状态的俯视图，
- [0071] 图28是表示基于固定销的固定状态的纵剖视图，
- [0072] 图29是母线模块的立体图，
- [0073] 图30是表示母线模块的纵截面的一部分的剖视图，
- [0074] 图31是表示将母线模块组装于定子保持件的状态的立体图，
- [0075] 图32是对母线模块进行固定的固定部分的纵剖视图，
- [0076] 图33是表示将中继部件安装于外壳罩的状态的纵剖视图，
- [0077] 图34是中继部件的立体图，
- [0078] 图35是表示旋转电机的控制系统的电路图，
- [0079] 图36是表示基于控制装置的电流反馈控制处理的功能框图，
- [0080] 图37是表示基于控制装置的转矩反馈控制处理的功能框图，
- [0081] 图38是在变形例中表示磁铁单元的截面结构的局部横剖视图，
- [0082] 图39是表示内转子结构的定子单元的结构图，
- [0083] 图40是表示线圈模块相对于铁芯组件的组装状态的俯视图，
- [0084] 图41是表示第二实施方式中的旋转电机的整体的立体图，
- [0085] 图42是旋转电机的俯视图，
- [0086] 图43是旋转电机的纵剖视图，
- [0087] 图44是旋转电机的横剖视图，
- [0088] 图45是旋转电机的横剖视图，
- [0089] 图46是旋转电机的分解剖视图，
- [0090] 图47是定子单元的分解立体图，
- [0091] 图48是定子的分解立体图，
- [0092] 图49是定子的分解立体图，
- [0093] 图50是定子单元的分解剖视图，
- [0094] 图51是表示部分绕组的结构的立体图，
- [0095] 图52是在部分绕组中将绝缘罩分解并表示的分解立体图，
- [0096] 图53是表示部分绕组的结构的立体图，
- [0097] 图54是在部分绕组中将绝缘罩分解并表示的分解立体图，
- [0098] 图55是表示将部分绕组在周向上排列配置的状态的俯视图，
- [0099] 图56是定子保持件的横剖视图，
- [0100] 图57是从布线模块侧观察定子单元的立体图，
- [0101] 图58是将旋转电机以固定部分和旋转部分分割并表示的分解剖视图，
- [0102] 图59是表示各磁铁的磁铁磁路的方向的图，
- [0103] 图60是表示将部分绕组配置于定子铁芯的径向外侧的状态的简图，
- [0104] 图61是放大中间导线部而示出的横剖视图，
- [0105] 图62是平面展开转子和定子而示出的简图，
- [0106] 图63是用于说明部分绕组的制造方法的图，

- [0107] 图64是表示将部分绕组配置于定子铁芯的径向外侧的状态的简图，
- [0108] 图65的(a)是表示4极的情况下的定子绕组的立体图，(b)是表示8极的情况下的定子绕组的立体图，
- [0109] 图66是表示 W/L_g 与转矩常数的关系的图，
- [0110] 图67是放大中间导线部而示出的横剖视图，
- [0111] 图68是放大中间导线部而示出的横剖视图，
- [0112] 图69是用于说明部分绕组的制造方法的图，
- [0113] 图70是放大中间导线部而示出的横剖视图，
- [0114] 图71是表示部分绕组相对于定子铁芯的组装状态的主视图。

具体实施方式

[0115] 参照附图并对多个实施方式进行说明。在多个实施方式中，有时对于功能上以及/或者结构上对应的部分以及/或者相关联的部分标注相同的附图标记、或者百以上的位不同的附图标记。对于对应的部分以及/或者相关联的部分，能够参照其它实施方式的说明。

[0116] 本实施方式中的旋转电机例如作为车辆动力源使用。但是，旋转电机能够作为工业用、车辆用、飞机用、家电用、OA设备用、游戏机用等来广泛使用。此外，在以下各实施方式相互中，对于相互相同或等同的部分，在附图中标注相同的附图标记，对于相同附图标记的部分引用其说明。

[0117] (第一实施方式)

[0118] 本实施方式的旋转电机10是同步式多相交流电动机，是外转子结构(外转结构)。图1~图5示出了旋转电机10的概要。图1是表示旋转电机10的整体的立体图，图2是旋转电机10的俯视图，图3是旋转电机10的纵剖视图(图2的3-3线剖视图)，图4是旋转电机10的横剖视图(图3的4-4线剖视图)，图5是将旋转电机10的构成要素分解表示的分解剖视图。在以下的记载中，在旋转电机10中，将旋转轴11延伸的方向设为轴向，将从旋转轴11的中心呈放射状延伸的方向设为径向，将以旋转轴11为中心呈圆周状延伸的方向设为周向。

[0119] 旋转电机10大致具备：具有转子20、定子单元50以及母线模块200的旋转电机主体；以及以包围该旋转电机主体的方式设置的外壳241及外壳罩242。这些各部件均相对于与转子20一体地设置的旋转轴11同轴地配置，按规定顺序在轴向上组装，从而构成旋转电机10。旋转轴11由分别设置于定子单元50以及外壳241的一对轴承12、13支承，在该状态下能够旋转。此外，轴承12、13例如是具有内圈、外圈、配置在内圈与外圈之间的多个滚珠的径向滚珠轴承。通过旋转轴11的旋转，而例如车辆的车轴旋转。旋转电机10通过将外壳241固定于车身框架等而能够搭载于车辆。

[0120] 在旋转电机10中，定子单元50以包围旋转轴11的方式设置，在该定子单元50的径向外侧配置有转子20。定子单元50具有定子60和组装于其径向内侧的定子保持件70。转子20和定子60夹着空隙而在径向上对置配置，转子20与旋转轴11一起一体旋转，由此转子20在定子60的径向外侧旋转。转子20相当于“励磁元件”，定子60相当于“电枢”。

[0121] 图6是转子20的纵剖视图。如图6所示，转子20具有大致圆筒状的转子架21、和固定于该转子架21的环状的磁铁单元22。转子架21具有呈圆筒状的圆筒部23、和设置于该圆筒部23的轴向一端的端板部24，通过使它们一体化而构成。转子架21作为磁铁保持部件发挥

功能,在圆筒部23的径向内侧呈环状固定有磁铁单元22。在端板部24形成有贯通孔24a,在插通于该贯通孔24a的状态下,通过螺栓等紧固件25将旋转轴11固定于端板部24。旋转轴11具有沿与轴向交叉(正交)的方向延伸的凸缘11a,在该凸缘11a与端板部24面接合的状态下,转子架21固定于旋转轴11。

[0122] 磁铁单元22具有:圆筒状的磁铁保持件31、固定于该磁铁保持件31的内周面的多个磁铁32、以及固定于轴向两侧中的与转子架21的端板部24相反侧的端板33。磁铁保持件31在轴向上具有与磁铁32相同的长度尺寸。磁铁32以被磁铁保持件31从径向外侧包围的状态设置。磁铁保持件31以及磁铁32以在轴向一侧的端部与端板33抵接的状态固定。磁铁单元22相当于“磁铁部”。

[0123] 图7是表示磁铁单元22的截面结构的局部横剖视图。在图7中,用箭头表示磁铁32的易磁化轴的方向。

[0124] 在磁铁单元22中,磁铁32以沿转子20的周向交替地改变极性的方式排列设置。由此,磁铁单元22在周向上具有多个磁极。磁铁32是极性各向异性的永磁铁,使用内禀矫顽力为400[kA/m]以上且残留磁通密度 B_r 为1.0[T]以上的烧结钕磁铁来构成。

[0125] 在磁铁32中,径向内侧(定子60侧)的周面是进行磁通的传递的磁通作用面34。磁铁单元22在磁铁32的磁通作用面34,在作为磁极中心的d轴附近的区域集中地产生磁通。具体而言,在磁铁32中,在d轴侧(靠近d轴的部分)和q轴侧(靠近q轴的部分),易磁化轴的方向不同,在d轴侧,易磁化轴的方向为与d轴平行的方向,在q轴侧,易磁化轴的方向为与q轴正交的方向。在该情况下,沿着易磁化轴的方向形成圆弧状的磁铁磁路。总之,磁铁32构成为以在作为磁极中心的d轴侧,与作为磁极边界的q轴侧相比,易磁化轴的方向与d轴平行的方式进行取向。

[0126] 在磁铁32中,磁铁磁路形成成为圆弧状,从而磁铁磁路长度比磁铁32的径向的厚度尺寸长。由此,磁铁32的磁导上升,能够以相同的磁铁量发挥与磁铁量较多的磁铁相同的能力。

[0127] 磁铁32将在周向上相邻的两个作为一组来构成一个磁极。也就是说,在磁铁单元22中在周向上排列的多个磁铁32在d轴以及q轴分别具有分割面,这些各磁铁32以彼此抵接或者接近的状态配置。如上所述,磁铁32具有圆弧状的磁铁磁路,在q轴,在周向上相邻的磁铁32彼此的N极和S极相对。因此,能够实现q轴附近的磁导的提高。另外,夹着q轴两侧的磁铁32彼此相互吸引,因此这些各磁铁32能够保持彼此的接触状态。因此,仍然有助于提高磁导。

[0128] 在磁铁单元22中,通过各磁铁32使磁通在邻接的N、S极之间呈圆弧状流动,因此与例如径向各向异性磁铁相比,磁铁磁路变长。因此,如图8所示,磁通密度分布接近正弦波。其结果是,与图9中作为比较例而示出的径向各向异性磁铁的磁通密度分布不同,能够使磁通集中在磁极的中心侧,能够提高旋转电机10的转矩。另外,在本实施方式的磁铁单元22中,能够确认与现有的海尔贝克阵列的磁铁相比,也存在磁通密度分布的差异。此外,在图8以及图9中,横轴表示电角度,纵轴表示磁通密度。另外,在图8以及图9中,横轴的90°表示d轴(即磁极中心),横轴的0°、180°表示q轴。

[0129] 也就是说,根据上述结构的各磁铁32,在磁铁单元22中,强化了d轴处的磁铁磁通,并且抑制了q轴附近的磁通变化。由此,能够适当地实现在各磁极中从q轴到d轴的表面磁通

变化缓和的磁铁单元22。

[0130] 磁通密度分布的正弦波匹配率可以是例如40%以上的值。这样,与使用正弦波匹配率为30%左右的径向取向磁铁、平行取向磁铁的情况相比,能够可靠地提高波形中央部分的磁通量。另外,如果将正弦波匹配率设为60%以上,则与海尔贝克阵列那样的磁通集中阵列相比,能够可靠地提高波形中央部分的磁通量。

[0131] 在图9所示的径向各向异性磁铁中,磁通密度在q轴附近急剧变化。磁通密度的变化越急剧,后述的定子60的定子绕组61中涡流越增加。另外,定子绕组61侧的磁通变化也变得急剧。与此相对,在本实施方式中,成为磁通密度分布接近正弦波的磁通波形。因此,在q轴附近,磁通密度的变化小于径向各向异性磁铁的磁通密度的变化。由此,能够抑制涡流的产生。

[0132] 在磁铁32中,在径向外侧的外周面,在包含d轴的规定范围形成有凹部35,并且在径向内侧的内周面,在包含q轴的规定范围形成有凹部36。在该情况下,根据磁铁32的易磁化轴的方向,在磁铁32的外周面,在d轴附近磁铁磁路变短,并且在磁铁32的内周面,在q轴附近磁铁磁路变短。因此,考虑到在磁铁32中,难以在磁铁磁路长度较短的场所产生足够的磁铁磁通,从而在其磁铁磁通较弱的场所删除磁铁。

[0133] 此外,在磁铁单元22中,也可以构成为使用与磁极相同数量的磁铁32。例如,磁铁32可以作为一个磁铁设置在d轴之间,上述d轴是在周向上相邻的两个磁极中各磁极的中心。在该情况下,磁铁32构成为周向的中心为q轴,并且在d轴具有分割面。另外,磁铁32可以是将周向的中心设为d轴的结构,而不是将周向的中心设为q轴的结构。作为磁铁32,代替使用磁极数的2倍数量的磁铁、或者与磁极数相同数量的磁铁的结构,也可以是使用圆环状地相连的圆环磁铁的结构。

[0134] 如图3所示,在旋转轴11的轴向两侧中的与转子架21的结合部的相反侧的端部(图的上侧的端部)设置有作为旋转传感器的解析器41。解析器41具备固定于旋转轴11的解析器转子、和在该解析器转子的径向外侧对置配置的解析器定子。解析器转子形成圆板环状,在使旋转轴11插通的状态下,与旋转轴11同轴地设置。解析器定子具有定子铁芯和定子线圈,固定于外壳罩242。

[0135] 接下来,对定子单元50的结构进行说明。图10是定子单元50的立体图,图11是定子单元50的纵剖视图。此外,图11是与图3相同位置处的纵剖视图。

[0136] 作为其概要,定子单元50具有定子60和其径向内侧的定子保持件70。另外,定子60具有定子绕组61和定子铁芯62。而且,构成为将定子铁芯62和定子保持件70一体化而设置为铁芯组件CA,将构成定子绕组61的多个部分绕组151组装到该铁芯组件CA。此外,定子绕组61相当于“电枢绕组”,定子铁芯62相当于“电枢铁芯”,定子保持件70相当于“电枢保持部件”。另外,铁芯组件CA相当于“支承部件”。

[0137] 此处,首先,对铁芯组件CA进行说明。图12是从轴向一侧观察铁芯组件CA的立体图,图13是从轴向另一侧观察铁芯组件CA的立体图,图14是铁芯组件CA的横剖视图,图15是铁芯组件CA的分解剖视图。

[0138] 如上所述,铁芯组件CA具有定子铁芯62、和组装于其径向内侧的定子保持件70。换言之,构成为定子铁芯62一体地组装于定子保持件70的外周面。

[0139] 定子铁芯62构成为由作为磁性体的电磁钢板构成的铁芯片62a在轴向上层叠而成

的铁芯片层叠体,形成在径向上具有规定厚度的圆筒状。在定子铁芯62中成为转子20侧的径向外侧组装有定子绕组61。定子铁芯62的外周面形成没有凹凸的曲面状。定子铁芯62作为背轭发挥功能。定子铁芯62例如通过冲裁形成为圆环板状的多个铁芯片62a在轴向上层叠而构成。但是,也可以使用具有螺旋铁芯结构的部件作为定子铁芯62。在螺旋铁芯结构的定子铁芯62中,使用带状的铁芯片,通过该铁芯片卷绕形成为环状并且在轴向上层叠,从而整体上构成圆筒状的定子铁芯62。

[0140] 在本实施方式中,定子60具有不具有用于形成插槽的齿的无插槽结构,但该结构也可以使用以下的(A)~(C)中的任意一种结构。

[0141] (A)在定子60中,在周向上的各导线部(后述的中间导线部152)之间设置导线间部件,并且作为该导线间部件,使用在将1磁极的导线间部件的周向的宽度尺寸设为 W_t ,将导线间部件的饱和磁通密度设为 B_s ,将1磁极的磁铁32的周向的宽度尺寸设为 W_m ,将磁铁32的残留磁通密度设为 B_r 的情况下,成为 $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$ 的关系的磁性材料。

[0142] (B)在定子60中,在周向上的各导线部(中间导线部152)之间设置导线间部件,并且作为该导线间部件,使用非磁性材料。

[0143] (C)在定子60中,构成为在周向上的各导线部(中间导线部152)之间不设置导线间部件。

[0144] 另外,如图15所示,定子保持件70具有外筒部件71和内筒部件81,通过将外筒部件71设为径向外侧、将内筒部件81设为径向内侧并将它们组装为一体而构成。这些各部件71、81例如由铝、铸铁等金属或者碳纤维增强塑料(CFRP)构成。

[0145] 外筒部件71是将外周面以及内周面均设为正圆状的曲面的圆筒部件,在轴向一端侧形成有向径向内侧延伸的环状的凸缘72。在该凸缘72上,在周向上以规定间隔形成有向径向内侧延伸的多个突出部73(参照图13)。另外,在外筒部件71中,在轴向一端侧以及另一端侧分别形成有与内筒部件81在轴向上对置的对置面74、75,在该对置面74、75形成有呈环状延伸的环状槽74a、75a。

[0146] 另外,内筒部件81是具有比外筒部件71的内径尺寸小的外径尺寸的圆筒部件,其外周面成为与外筒部件71同心的正圆状的曲面。在内筒部件81中,在轴向一端侧形成有向径向外侧延伸的环状的凸缘82。内筒部件81以与外筒部件71的对置面74、75在轴向上抵接的状态组装于外筒部件71。如图13所示,外筒部件71以及内筒部件81通过螺栓等紧固件84相互组装。具体而言,在内筒部件81的内周侧,在周向上以规定间隔形成有向径向内侧延伸的多个突出部83,在该突出部83的轴向端面和外筒部件71的突出部73被重叠的状态下,该突出部73、83彼此由紧固件84紧固。

[0147] 如图14所示,在外筒部件71和内筒部件81相互组装的状态下,在外筒部件71的内周面与内筒部件81的外周面之间形成有环状的间隙,该间隙空间成为使冷却水等制冷剂流通的制冷剂通路85。制冷剂通路85在定子保持件70的周向上设置为环状。更详细而言,在内筒部件81设置有在其内周侧向径向内侧突出且在其内部形成有入口侧通路86和出口侧通路87的通路形成部88,这些各通路86、87在内筒部件81的外周面开口。另外,在内筒部件81的外周面设置有用将制冷剂通路85分隔为入口侧和出口侧的分隔部89。由此,从入口侧通路86流入的制冷剂在制冷剂通路85中在周向上流动,之后从出口侧通路87流出。

[0148] 入口侧通路86以及出口侧通路87的一端侧沿径向延伸并在内筒部件81的外周面

开口,并且另一端侧沿轴向延伸并在内筒部件81的轴向端面开口。在图12中,示出了通向入口侧通路86的入口开口86a和通向出口侧通路87的出口开口87a。此外,入口侧通路86以及出口侧通路87通向安装于外壳罩242的入口端口244以及出口端口245(参照图1),制冷剂经由这些各端口244、245流出、流入。

[0149] 在外筒部件71与内筒部件81的接合部分设置有助于抑制制冷剂通路85的制冷剂的泄漏的密封件101、102(参照图15)。具体而言,密封件101、102例如为O型环,被收容在外筒部件71的环状槽74a、75a中,并且以由外筒部件71以及内筒部件81压缩的状态设置。

[0150] 另外,如图12所示,内筒部件81在轴向一端侧具有端板部91,在该端板部91中设置有沿轴向延伸的中空筒状的轴套部92。轴套部92设置成包围用于使旋转轴11插通的插通孔93。在轴套部92设置有助于固定外壳罩242的多个紧固部94。此外,在端板部91中,在轴套部92的径向外侧设置有沿轴向延伸的多个支柱部95。该支柱部95是成为用于固定母线模块200的固定部的部位,其详细情况在后面进行描述。另外,轴套部92是保持轴承12的轴承保持部件,在设置于其内周部的轴承固定部96固定有轴承12(参照图3)。

[0151] 另外,如图12、图13所示,在外筒部件71以及内筒部件81形成有助于固定后述的多个线圈模块150的凹部105、106。

[0152] 具体而言,如图12所示,在内筒部件81的轴向端面、详细而言端板部91中成为轴套部92的周围的轴向外侧端面,在周向上以等间隔形成有多个凹部105。另外,如图13所示,在外筒部件71的轴向端面、详细而言凸缘72的轴向外侧的端面,在周向上以等间隔形成有多个凹部106。这些凹部105、106设置成在与铁芯组件CA同心的假想圆上排列。凹部105、106分别设置在周向上成为相同的位置,其间隔以及个数也相同。

[0153] 然而,为了确保相对于定子保持件70的组装的强度,定子铁芯62以产生相对于定子保持件70的径向的压缩力的状态组装。具体而言,通过热压配合或者压入,定子铁芯62以规定的过盈量嵌合固定于定子保持件70。在该情况下,定子铁芯62以及定子保持件70可以说在产生由其中一方向另一方的径向应力的状态下组装。另外,在使旋转电机10高转矩化的情况下,例如考虑使定子60大径化,在上述的情况下,为了使定子铁芯62相对于定子保持件70的结合稳固而增大定子铁芯62的紧固力。然而,若增大定子铁芯62的压缩应力(换言之-残留应力),则担心定子铁芯62产生破损。

[0154] 因此,在本实施方式中,在定子铁芯62以及定子保持件70彼此以规定的过盈量嵌合固定的结构中,构成为在定子铁芯62以及定子保持件70的径向的彼此的对置部分设置通过周向的卡合对定子铁芯62的周向的位移进行限制的限制部。也就是说,如图12~图14所示,在径向上,在定子铁芯62与定子保持件70的外筒部件71之间,在周向上以规定间隔设置有作为限制部的多个卡合部件111,通过该卡合部件111,抑制了定子铁芯62和定子保持件70的周向的位置偏移。此外,在该情况下,最好构成为在定子铁芯62以及外筒部件71的至少任一个设置凹部,且在该凹部使卡合部件111卡合。代替卡合部件111,也可以构成为在定子铁芯62以及外筒部件71的任一个设置凸部。

[0155] 在上述结构中,定子铁芯62以及定子保持件70(外筒部件71)除了以规定的过盈量嵌合固定,还以通过卡合部件111的限制而限制了相互的周向位移的状态设置。因此,即使定子铁芯62以及定子保持件70的过盈量较小,也能够抑制定子铁芯62的周向的位移。另外,即使过盈量较小也能得到所希望的位移抑制效果,因此能够抑制由过盈量过大而引起的定

子铁芯62的破损。其结果是,能够适当地抑制定子铁芯62的位移。

[0156] 也可以构成为在内筒部件81的内周侧,以包围旋转轴11的方式形成有环状的内部空间,在该内部空间例如配置有构成作为电力转换器的逆变器的电气部件。电气部件是例如将半导体开关元件、电容器封装化而成的电气模块。在与内筒部件81的内周面抵接的状态下配置电气模块,从而能够利用流过制冷剂通路85的制冷剂来冷却电气模块。此外,也可以在内筒部件81的内周侧不设置多个突出部83、或者减小突出部83的突出高度,由此扩展内筒部件81的内周侧的内部空间。

[0157] 接下来,对组装到铁芯组件CA的定子绕组61的结构进行详细说明。定子绕组61组装于铁芯组件CA的状态如图10、图11所示,构成定子绕组61的多个部分绕组151以在周向上排列的状态组装于铁芯组件CA的径向外侧、即定子铁芯62的径向外侧。

[0158] 定子绕组61具有多个相绕组,各相的相绕组在周向上以规定顺序配置,从而形成圆筒状(环状)。在本实施方式中,构成为通过使用U相、V相以及W相的相绕组,从而定子绕组61具有三相的相绕组。

[0159] 如图11所示,定子60在轴向上具有相当于与转子20中的磁铁单元22在径向上对置的线圈侧部CS的部分、和相当于该线圈侧部CS的轴向外侧即线圈端部CE的部分。在该情况下,定子铁芯62在轴向上设置在相当于线圈侧部CS的范围内。

[0160] 在定子绕组61中,各相的相绕组分别具有多个部分绕组151(参照图16),该部分绕组151单独地设置为线圈模块150。也就是说,线圈模块150是将各相的相绕组中的部分绕组151设置成一体而构成的,利用与极数相应的规定数量的线圈模块150构成定子绕组61。各相的线圈模块150(部分绕组151)在周向上以规定顺序排列配置,从而在定子绕组61的线圈侧部CS,各相的导线部以规定顺序排列配置。在图10中,示出了线圈侧部CS的U相、V相以及W相的导线部的排列顺序。在本实施方式中,将磁极数设为24,但该数量是任意的。

[0161] 在定子绕组61中,针对每相各线圈模块150的部分绕组151并联或者串联地连接,从而构成各相的相绕组。图16是表示三相的各相绕组中的部分绕组151的连接状态的电路图。在图16中,示出了各相的相绕组中的部分绕组151分别并联连接的状态。

[0162] 如图11所示,线圈模块150组装于定子铁芯62的径向外侧。在该情况下,线圈模块150以其轴向两端部分比定子铁芯62更向轴向外侧(即线圈端部CE侧)突出的状态组装。也就是说,定子绕组61具有相当于比定子铁芯62更向轴向外侧突出的线圈端部CE的部分、和相当于比线圈端部CE靠轴向内侧的线圈侧部CS的部分。

[0163] 线圈模块150具有两种形状,一种是在线圈端部CE,部分绕组151向径向内侧、即定子铁芯62侧折弯的形状,另一种是在线圈端部CE,部分绕组151未向径向内侧折弯,而是在轴向上呈直线状延伸的形状。在以下的说明中,为了方便,将在轴向两端侧具有弯曲形状的部分绕组151称为“第一部分绕组151A”,将具有该第一部分绕组151A的线圈模块150称为“第一线圈模块150A”。另外,将不具有轴向两端侧的弯曲形状的部分绕组151称为“第二部分绕组151B”,将具有该第二部分绕组151B的线圈模块150称为“第二线圈模块150B”。

[0164] 图17是将第一线圈模块150A和第二线圈模块150B横向排列并对比示出的侧视图,图18是将第一部分绕组151A和第二部分绕组151B横向排列并对比示出的侧视图。如各上述图所示,各线圈模块150A、150B、各部分绕组151A、151B的轴向长度彼此不同,并且轴向两侧的端部形状彼此不同。第一部分绕组151A在侧视观察时呈大致C字状,第二部分绕组151B在

侧视观察时呈大致I字状。在第一部分绕组151A中,在轴向两侧装配有作为“第一绝缘罩”的绝缘罩161、162,在第二部分绕组151B中,在轴向两侧装配有作为“第二绝缘罩”的绝缘罩163、164。

[0165] 接下来,对线圈模块150A、150B的结构进行详细说明。

[0166] 此处,首先,对线圈模块150A、150B中的第一线圈模块150A进行说明。图19的(a)是表示第一线圈模块150A的结构的立体图,图19的(b)是将第一线圈模块150A中的构成部件分解表示的立体图。另外,图20是图19的(a)中的20-20线剖视图。

[0167] 如图19的(a)、(b)所示,第一线圈模块150A具有:将导线材料CR卷绕多层而构成的第一部分绕组151A;在该第一部分绕组151A中安装于轴向一端侧以及另一端侧的绝缘罩161、162。绝缘罩161、162由合成树脂等绝缘材料形成。

[0168] 第一部分绕组151A具有:彼此平行且直线状地设置的一对中间导线部152;以及将一对中间导线部152在轴向两端处分别连接的一对搭接部153A,通过上述一对中间导线部152和一对搭接部153A形成为环状。一对中间导线部152隔开规定的线圈间距而设置,能够在周向上在一对中间导线部152之间配置其它相的部分绕组151的中间导线部152。在本实施方式中,一对中间导线部152隔开两个线圈间距而设置,构成为在一对中间导线部152之间各配置一个其它两相的部分绕组151中的中间导线部152。

[0169] 一对搭接部153A在轴向两侧分别为相同的形状,均设置为相当于线圈端部CE(参照图11)的部分。各搭接部153A设置为向与中间导线部152正交的朝向、即与轴向正交的方向折弯。

[0170] 如图18所示,第一部分绕组151A在轴向两侧具有搭接部153A,第二部分绕组151B在轴向两侧具有搭接部153B。各上述部分绕组151A、151B的搭接部153A、153B的形状彼此不同,为了明确其区别,将第一部分绕组151A的搭接部153A记载为“第一搭接部153A”,将第二部分绕组151B的搭接部153B记载为“第二搭接部153B”。

[0171] 在各部分绕组151A、151B中,中间导线部152设置为在线圈侧部CS在周向上一个一个地排列的线圈侧部导线部。另外,各搭接部153A、153B设置为在线圈端部CE,将在周向上不同的两个位置的同相的中间导线部152彼此连接的线圈端部导线部。

[0172] 如图20所示,第一部分绕组151A是以导线集合部分的横截面成为四边形的方式将导线材料CR卷绕多层而形成的。图20表示中间导线部152的横截面,在该中间导线部152中,以在周向以及径向上排列的方式将导线材料CR卷绕多层。也就是说,第一部分绕组151A形成在中间导线部152中,将导线材料CR在周向上以多列排列,并且在径向上以多列排列,从而横截面成为大致矩形。此外,构成为在第一搭接部153A的前端部,通过向径向的折弯,将导线材料CR以在轴向以及径向上排列的方式卷绕多层。在本实施方式中,利用同心卷绕的方式卷绕导线材料CR,从而构成第一部分绕组151A。但是,导线材料CR的卷绕方法是任意的,也可以代替同心卷绕,利用 α 卷绕将导线材料CR多层地卷绕。

[0173] 在第一部分绕组151A中,从轴向两侧的第一搭接部153A中的一个第一搭接部153A(图19的(b)的上侧的第一搭接部153A)引出导线材料CR的端部,该端部成为绕组端部154、155。绕组端部154、155分别是成为导线材料CR的卷绕开始以及卷绕结束的部分。绕组端部154、155中的一个连接于电流输入输出端子,另一个连接于中性点。

[0174] 在第一部分绕组151A中,在各中间导线部152以被覆盖的状态设置有片状的绝缘

包覆体157。此外,在图19的(a)中,以在中间导线部152覆盖有绝缘包覆体157,并且在绝缘包覆体157的内侧存在中间导线部152的状态示出了第一线圈模块150A,但为了方便起见,将该部分设为中间导线部152(后述的图22的(a)也同样)。

[0175] 绝缘包覆体157使用至少具有中间导线部152中的轴向的绝缘包覆范围的长度作为轴向尺寸的薄膜材料FM,通过将该薄膜材料FM卷装于中间导线部152的周围而设置。薄膜材料FM例如由PEN(聚萘二甲酸乙二醇酯)膜构成。更具体而言,薄膜材料FM包括薄膜基材、和设置于该薄膜基材的两面中的单面且具有发泡性的粘接层。而且,薄膜材料FM以由粘接层粘接的状态相对于中间导线部152卷装。此外,也能够使用非发泡性的粘接剂作为粘接层。

[0176] 如图20所示,中间导线部152通过导线材料CR在周向以及径向上排列而横截面呈大致矩形,在中间导线部152的周围,通过薄膜材料FM以使其周向的端部交叠的状态被覆盖,从而设置有绝缘包覆体157。薄膜材料FM是纵向尺寸比中间导线部152的轴向长度长且横向尺寸比中间导线部152的一周长度长的矩形片,以与中间导线部152的截面形状匹配地设置折痕的状态卷装于中间导线部152。在薄膜材料FM卷装于中间导线部152的状态下,中间导线部152的导线材料CR与薄膜基材之间的间隙由粘接层中的发泡填埋。另外,在薄膜材料FM的交叠部分OL中,薄膜材料FM的周向的端部彼此由粘接层接合。

[0177] 在中间导线部152中,在两个周向侧面以及两个径向侧面中,以覆盖它们的全部的方式设置有绝缘包覆体157。在该情况下,在包围中间导线部152的绝缘包覆体157,在与其它相的部分绕组151中的中间导线部152的对置部分、即中间导线部152的两个周向侧面中的一个设置有薄膜材料FM交叠的交叠部分OL。在本实施方式中,在一对中间导线部152中,在周向的相同侧分别设置有交叠部分OL。

[0178] 在第一部分绕组151A中,在从中间导线部152到轴向两侧的第一搭接部153A中由绝缘罩161、162覆盖的部分(即成为绝缘罩161、162的内侧的部分)为止的范围内设置有绝缘包覆体157。就图17而言,在第一线圈模块150A中,AX1的范围是未被绝缘罩161、162覆盖的部分,在与该范围AX1相比沿上下扩展的范围内设置有绝缘包覆体157。

[0179] 接下来,对绝缘罩161、162的结构进行说明。

[0180] 绝缘罩161装配于第一部分绕组151A的轴向一侧的第一搭接部153A,绝缘罩162装配于第一部分绕组151A的轴向另一侧的第一搭接部153A。其中,图21的(a)、(b)示出绝缘罩161的结构。图21的(a)、(b)是从不同的两个方向观察绝缘罩161的立体图。

[0181] 如图21的(a)、(b)所示,绝缘罩161具有成为周向的侧面的一对侧面部171、轴向外侧的外面部172、轴向内侧的内面部173以及径向内侧的前面部174。这些各部171~174分别形成为板状,以仅开放径向外侧的方式立体状地彼此结合。一对侧面部171分别在向铁芯组件CA的组装状态下以朝向铁芯组件CA的轴心延伸的方向设置。因此,在多个第一线圈模块150A在周向上排列配置的状态下,在相邻的各第一线圈模块150A中,绝缘罩161的侧面部171彼此以抵接或者接近状态相互对置。由此,能够在周向上邻接的各第一线圈模块150A中实现相互的绝缘,并且进行适当的环状配置。

[0182] 在绝缘罩161中,在外面部172设置有利于引出第一部分绕组151A的绕组端部154的开口部175a,在前面部174设置有利于引出第一部分绕组151A的绕组端部155的开口部175b。在该情况下,构成一个绕组端部154从外面部172在轴向上引出,与此相对,另一个

绕组端部155从前面部174在径向上引出。

[0183] 另外,在绝缘罩161中,在一对侧面部171中,在前面部174的周向两端的位置、即各侧面部171与前面部174交叉的位置设置有沿轴向延伸的半圆状的凹部177。并且,在外面部172中,在以周向上的绝缘罩161的中心线为基准在周向两侧成为对称的位置设置有沿轴向延伸的一对突起部178。

[0184] 对绝缘罩161的凹部177补充说明。如图20所示,第一部分绕组151A的第一搭接部153A形成向径向内外中的径向内侧、即铁芯组件CA侧凸出的弯曲状。在上述的结构中,在周向上相邻的第一搭接部153A之间形成有越靠近第一搭接部153A的前端侧宽度越宽的间隙。因此,在本实施方式中,构成为利用在周向上排列的第一搭接部153A之间的间隙,在绝缘罩161的侧面部171中成为第一搭接部153A的弯曲部的外侧的位置设置凹部177。

[0185] 此外,也可以构成为在第一部分绕组151A中设置温度检测部(热敏电阻),在上述的结构中,最好在绝缘罩161设置用于引出从温度检测部延伸的信号线的开口部。在该情况下,能够在绝缘罩161内适当地收容温度检测部。

[0186] 虽然省略了图示的详细说明,但轴向另一侧的绝缘罩162具有与绝缘罩161大体相同的结构。绝缘罩162与绝缘罩161同样,具有一对侧面部171、轴向外侧的外面部172、轴向内侧的内面部173以及径向内侧的前面部174。另外,在绝缘罩162中,在一对侧面部171中,在前面部174的周向两端的位置设置有半圆状的凹部177,并且在外面部172设置有一对突起部178。作为与绝缘罩161的不同点,构成为绝缘罩162不具有用于引出第一部分绕组151A的绕组端部154、155的开口部。

[0187] 在绝缘罩161、162中,轴向的高度尺寸(即一对侧面部171以及前面部174中的轴向的宽度尺寸)不同。具体而言,如图17所示,绝缘罩161的轴向的高度尺寸W11和绝缘罩162的轴向的高度尺寸W12成为 $W11 > W12$ 。也就是说,在将导线材料CR卷绕多层的情况下,需要在与绕组卷绕方向(环绕方向)正交的方向上切换导线材料CR的卷绕层(轨道改变),认为由于该切换而绕组宽度变大。作为补充,绝缘罩161、162中的绝缘罩161是对包括导线材料CR的卷绕开始以及卷绕结束的一侧的第一搭接部153A进行覆盖的部分,由于包括导线材料CR的卷绕开始以及卷绕结束,从而与其它部分相比,导线材料CR的卷绕量(层叠量)变多,其结果可能产生绕组宽度变大。考虑到这点,绝缘罩161的轴向的高度尺寸W11大于绝缘罩162的轴向的高度尺寸W12。由此,与绝缘罩161、162的高度尺寸W11、W12为彼此相同的尺寸的情况不同,抑制了由于绝缘罩161、162而限制导线材料CR的卷绕数的不良情况。

[0188] 接下来,对第二线圈模块150B进行说明。

[0189] 图22的(a)是表示第二线圈模块150B的结构的立体图,图22的(b)是将第二线圈模块150B中的构成部件分解表示的立体图。另外,图23是图22的(a)中的23-23线剖视图。

[0190] 如图22的(a)、(b)所示,第二线圈模块150B具有:与第一部分绕组151A同样地将导线材料CR卷绕多层而构成的第二部分绕组151B;在该第二部分绕组151B中安装于轴向一端侧以及另一端侧的绝缘罩163、164。绝缘罩163、164由合成树脂等绝缘材料形成。

[0191] 第二部分绕组151B具有彼此平行且呈直线状设置的一对中间导线部152、和将一对中间导线部152在轴向两端分别连接的一对第二搭接部153B,通过上述一对中间导线部152和一对第二搭接部153B形成环状。在第二部分绕组151B中,一对中间导线部152与第一部分绕组151A的中间导线部152结构相同。与此相对,一对第二搭接部153B与第一部分绕

组151A的第一搭接部153A结构不同。第二部分绕组151B的第二搭接部153B设置为不向径向折弯,而从中间导线部152呈直线状沿轴向延伸。在图18中,对部分绕组151A、151B的差异进行对比并明示。

[0192] 在第二部分绕组151B中,从轴向两侧的第二搭接部153B中的一个第二搭接部153B(图22的(b)的上侧的第二搭接部153B)引出导线材料CR的端部,该端部成为绕组端部154、155。而且,在第二部分绕组151B中,也与第一部分绕组151A同样,绕组端部154、155中的一个连接于电流输入输出端子,另一个连接于中性点。

[0193] 在第二部分绕组151B中,与第一部分绕组151A同样,在各中间导线部152中以被覆盖的状态设置有片状的绝缘包覆体157。绝缘包覆体157使用至少具有中间导线部152中的轴向的绝缘包覆范围的长度作为轴向尺寸的薄膜材料FM,通过将该薄膜材料FM卷装于中间导线部152的周围而设置。

[0194] 关于绝缘包覆体157的结构,在各部分绕组151A、151B中也大体相同。也就是说,如图23所示,薄膜材料FM以使其周向的端部交叠的状态覆盖于中间导线部152的周围。在中间导线部152中,在两个周向侧面以及两个径向侧面以覆盖它们的全部的方式设置有绝缘包覆体157。在该情况下,在包围中间导线部152的绝缘包覆体157中,在与其它相的部分绕组151中的中间导线部152的对置部分、即中间导线部152的两个周向侧面中的一个设置有薄膜材料FM交叠的交叠部分OL。在本实施方式中,在一对中间导线部152中,在周向的相同侧分别设置有交叠部分OL。

[0195] 在第二部分绕组151B中,在从中间导线部152到轴向两侧的第二搭接部153B中由绝缘罩163、164覆盖的部分(即成为绝缘罩163、164的内侧的部分)为止的范围内设置有绝缘包覆体157。就图17而言,在第二线圈模块150B中,AX2的范围是未被绝缘罩163、164覆盖的部分,在与该范围AX2相比沿上下扩展的范围内设置有绝缘包覆体157。

[0196] 在各部分绕组151A、151B中,在任一个中,在包括搭接部153A、153B的一部分的范围内设置有绝缘包覆体157。即,在各部分绕组151A、151B中,在中间导线部152和搭接部153A、153B中的接着中间导线部152呈直线状延伸的部分设置有绝缘包覆体157。但是,在各部分绕组151A、151B中,其轴向长度不同,因此绝缘包覆体157的轴向范围也不同。

[0197] 接下来,对绝缘罩163、164的结构进行说明。

[0198] 绝缘罩163装配于第二部分绕组151B的轴向一侧的第二搭接部153B,绝缘罩164装配于第二部分绕组151B的轴向另一侧的第二搭接部153B。其中,图24的(a)、(b)示出绝缘罩163的结构。图24的(a)、(b)是从不同的两个方向观察绝缘罩163的立体图。

[0199] 如图24的(a)、(b)所示,绝缘罩163具有成为周向的侧面的一对侧面部181、轴向外侧的外面部182、径向内侧的前面部183以及径向外侧的后面部184。这些各部181~184分别形成板状,以仅开放轴向内侧的方式立体状地相互结合。一对侧面部181分别在向铁芯组件CA的组装状态下以朝向铁芯组件CA的轴心延伸的方向设置。因此,在多个第二线圈模块150B在周向上排列配置的状态下,在相邻的各第二线圈模块150B中,绝缘罩163的侧面部181彼此以抵接或者接近状态相互对置。由此,能够在周向上邻接的各第二线圈模块150B中实现相互的绝缘,并且进行适当的环状配置。

[0200] 在绝缘罩163中,在前面部183设置用于引出第二部分绕组151B的绕组端部154的开口部185a,在外面部182设置用于引出第二部分绕组151B的绕组端部155的开口部

185b。

[0201] 在绝缘罩163的前面部183设置有向径向内侧突出的突出部186。突出部186设置为在绝缘罩163的从周向一端到另一端之间的中央的位置,比第二搭接部153B更向径向内侧突出。突出部186在俯视观察时形成越靠径向内侧前端越变细的锥形形状,在其前端部设置有沿轴向延伸的贯通孔187。此外,突出部186只要比第二搭接部153B更向径向内侧突出,且在绝缘罩163的从周向一端到另一端之间的中央的位置具有贯通孔187,则其结构是任意的。但是,若假定与轴向内侧的绝缘罩161的重叠状态,则为了避免与绕组端部154、155的干扰,优选在周向上形成为宽度较窄。

[0202] 突出部186在径向内侧的前端部,轴向的厚度台阶状地变薄,在该变薄的低阶部186a设置有贯通孔187。该低阶部186a相当于在第二线圈模块150B相对于铁芯组件CA的组装状态下,从内筒部件81的轴向端面的高度比第二搭接部153B的高度低的部位。

[0203] 另外,如图23所示,在突出部186设置有在轴向上贯通的贯通孔188。由此,在绝缘罩161、163在轴向上重叠的状态下,能够通过贯通孔188,向绝缘罩161、163之间填充粘接剂。

[0204] 虽然省略了图示的详细说明,但轴向另一侧的绝缘罩164具有与绝缘罩163大体相同的结构。绝缘罩164与绝缘罩163同样,具有一对侧面部181、轴向外侧的外面部182、径向内侧的前面部183以及径向外侧的后面部184,并且具有设置于突出部186的前端部的贯通孔187。另外,作为与绝缘罩163的不同点,构成为绝缘罩164不具有用于引出第二部分绕组151B的绕组端部154、155的开口部。

[0205] 在绝缘罩163、164中,一对侧面部181的径向的宽度尺寸不同。具体而言,如图17所示,绝缘罩163中的侧面部181的径向的宽度尺寸 $W21$ 和绝缘罩164中的侧面部181的径向的宽度尺寸 $W22$ 成为 $W21 > W22$ 。也就是说,绝缘罩163、164中的绝缘罩163是对包括导线材料CR的卷绕开始以及卷绕结束的一侧的第二搭接部153B进行覆盖的部分,由于包括导线材料CR的卷绕开始以及卷绕结束,与其它部分相比,导线材料CR的卷绕量(层叠量)变多,其结果可能产生绕组宽度变大。考虑到这点,绝缘罩163的径向的宽度尺寸 $W21$ 大于绝缘罩164的径向的宽度尺寸 $W22$ 。由此,与绝缘罩163、164的宽度尺寸 $W21$ 、 $W22$ 为彼此相同的尺寸的情况不同,抑制了由于绝缘罩163、164而限制导线材料CR的卷绕数的不良情况。

[0206] 图25是表示将各线圈模块150A、150B在周向上排列的状态下的薄膜材料FM的交叠位置的图。如上所述,在各线圈模块150A、150B中,在中间导线部152的周围,以在与其它相的部分绕组151中的中间导线部152的对置部分、即中间导线部152的周向侧面交叠的方式覆盖有薄膜材料FM(参照图20、图23)。而且,在将各线圈模块150A、150B在周向上排列的状态下,薄膜材料FM的交叠部分OL均配置在周向两侧中的相同侧(图的周向右侧)。由此构成为,在周向上相邻的不同相的部分绕组151A、151B中的各中间导线部152中,薄膜材料FM的交叠部分OL彼此不在周向上重叠。在该情况下构成为,在周向上排列的各中间导线部152之间均最多重叠三枚薄膜材料FM。

[0207] 接下来,对与各线圈模块150A、150B相对于铁芯组件CA的组装相关的结构进行说明。

[0208] 各线圈模块150A、150B构成为轴向长度彼此不同,并且部分绕组151A、151B的搭接部153A、153B的形状彼此不同,以将第一线圈模块150A的第一搭接部153A设为轴向内侧、将

第二线圈模块150B的第二搭接部153B设为轴向外侧的状态安装于铁芯组件CA。关于绝缘罩161~164,在各线圈模块150A、150B的轴向一端侧绝缘罩161、163在轴向上重叠,并且在轴向另一端侧绝缘罩162、164在轴向上重叠的状态下,各上述绝缘罩161~164相对于铁芯组件CA固定。

[0209] 图26是表示在第一线圈模块150A相对于铁芯组件CA的组装状态下多个绝缘罩161在周向上排列的状态的俯视图,图27是表示在第一线圈模块150A以及第二线圈模块150B相对于铁芯组件CA的组装状态下多个绝缘罩161、163在周向上排列的状态的俯视图。另外,图28的(a)是表示在各线圈模块150A、150B相对于铁芯组件CA的组装状态下基于固定销191的固定前的状态的纵剖视图,图28的(b)是表示在各线圈模块150A、150B相对于铁芯组件CA的组装状态下基于固定销191的固定后的状态的纵剖视图。

[0210] 如图26所示,在将多个第一线圈模块150A组装于铁芯组件CA的状态下,以使侧面部171彼此抵接或者接近的状态分别配置多个绝缘罩161。各绝缘罩161配置为侧面部171彼此对置的分界线LB和内筒部件81的轴向端面的凹部105一致。在该情况下,在周向上相邻的绝缘罩161的侧面部171彼此成为抵接或者接近状态,从而成为如下状态:通过这些绝缘罩161的各凹部177,形成沿轴向延伸的贯通孔部,且该贯通孔部与凹部105的位置一致。

[0211] 另外,如图27所示,对铁芯组件CA以及第一线圈模块150A的一体物进一步组装第二线圈模块150B。伴随该组装,以使侧面部181彼此抵接或者接近的状态分别配置多个绝缘罩163。在该状态下,各搭接部153A、153B配置为在中间导线部152在周向上排列的圆上相互交叉。各绝缘罩163配置为突出部186与绝缘罩161在轴向上重叠,并且突出部186的贯通孔187与由绝缘罩161的各凹部177形成的贯通孔部在轴向上相连。

[0212] 此时,绝缘罩163的突出部186利用设置于绝缘罩161的一对突起部178被引导到规定位置,从而使绝缘罩163侧的贯通孔187的位置与绝缘罩161侧的贯通孔部和内筒部件81的凹部105一致。也就是说,在将各线圈模块150A、150B组装于铁芯组件CA的状态下,绝缘罩161的凹部177位于绝缘罩163的里侧,因此有可能难以进行突出部186的贯通孔187相对于绝缘罩161的凹部177的对位。在该点上,利用绝缘罩161的一对突起部178引导绝缘罩163的突出部186,从而容易进行绝缘罩163相对于绝缘罩161的对位。

[0213] 而且,如图28的(a)、(b)所示,在绝缘罩161和绝缘罩163的突出部186的重叠部分中,在与这些卡合的状态下,进行由作为固定部件的固定销191实现的固定。更具体而言,在使内筒部件81的凹部105、绝缘罩161的凹部177、绝缘罩163的贯通孔187对位的状态下,固定销191被插入到这些凹部105、177以及贯通孔187中。由此,绝缘罩161、163相对于内筒部件81一体地固定。根据本结构,在周向上相邻的各线圈模块150A、150B在线圈端部CE利用共用的固定销191固定于铁芯组件CA。固定销191优选由导热性较好的材料构成,例如为金属销。

[0214] 如图28的(b)所示,固定销191组装于绝缘罩163的突出部186中的低阶部186a。在该状态下,固定销191的上端部向低阶部186a的上方突出,但并未比绝缘罩163的上表面(外面部182)更向上方突出。在该情况下,固定销191比绝缘罩161和绝缘罩163的突出部186(低阶部186a)的重叠部分的轴向高度尺寸长,具有向上方突出的余量,因此在将固定销191插入凹部105、177以及贯通孔187时(即固定销191的固定作业时),认为容易进行该作业。另外,固定销191的上端部并未比绝缘罩163的上表面(外面部182)更向上方突出,因此能够抑

制由于固定销191的突出而定子60的轴长变长的不良情况。

[0215] 在利用固定销191对绝缘罩161、163进行固定后,通过设置于绝缘罩163的贯通孔188,进行粘接剂的填充。由此,在轴向上重叠的绝缘罩161、163彼此被稳固地结合。此外,在图28的(a)、(b)中,为了方便起见,在从绝缘罩163的上表面到下表面的范围内示出贯通孔188,但实际上构成为在利用减薄等形成的薄板部设置有贯通孔188。

[0216] 如图28的(b)所示,构成为基于固定销191的各绝缘罩161、163的固定位置成为比定子铁芯62靠径向内侧(图的左侧)的定子保持件70的轴向端面,对该定子保持件70进行基于固定销191的固定。也就是说,构成为第一搭接部153A相对于定子保持件70的轴向端面固定。在该情况下,在定子保持件70设置有制冷剂通路85,因此在第一部分绕组151A中产生的热量从第一搭接部153A直接传递到定子保持件70的制冷剂通路85附近。另外,固定销191被插入到定子保持件70的凹部105,通过该固定销191促进热量向定子保持件70侧的传递。通过上述的结构,实现定子绕组61的冷却性能的提高。

[0217] 在本实施方式中,在线圈端部CE,各18个的绝缘罩161、163在轴向内外重叠配置,另一方面,在定子保持件70的轴向端面,在与各绝缘罩161、163相同数量的18个部位设置有凹部105。而且,构成为在该18个部位的凹部105进行基于固定销191的固定。

[0218] 虽然未图示,但对于轴向相反侧的绝缘罩162、164也同样。即,首先,在组装第一线圈模块150A时,在周向上相邻的绝缘罩162的侧面部171彼此成为抵接或者接近的状态,从而形成如下状态:通过这些绝缘罩162的各凹部177形成沿轴向延伸的贯通孔部,该贯通孔部和外筒部件71的轴向端面的凹部106的位置一致。然后,通过组装第二线圈模块150B,绝缘罩164侧的贯通孔187的位置与绝缘罩163侧的贯通孔部和外筒部件71的凹部106一致,通过将固定销191插入到这些凹部106、177、贯通孔187中,从而绝缘罩162、164相对于外筒部件71一体地固定。

[0219] 在各线圈模块150A、150B相对于铁芯组件CA的组装时,最好将全部的第一线圈模块150A先安装到铁芯组件CA的外周侧,之后,进行全部的第二线圈模块150B的组装和基于固定销191的固定。或者,也可以首先将两个第一线圈模块150A和一个第二线圈模块150B用一根固定销191固定于铁芯组件CA,之后,按该顺序反复进行第一线圈模块150A的组装、第二线圈模块150B的组装、基于固定销191的固定。

[0220] 接下来,对母线模块200进行说明。

[0221] 母线模块200是在定子绕组61中与各线圈模块150的部分绕组151电连接、针对每相将各相的部分绕组151的一端并联连接且将这些各部分绕组151的另一端在中性点连接的绕组连接部件。图29是母线模块200的立体图,图30是表示母线模块200的纵截面的一部分的剖视图。

[0222] 母线模块200具有:呈圆环状的环状部201、从该环状部201延伸的多个连接端子202、设置在每个相绕组的三个输入输出端子203。环状部201例如由树脂等绝缘部件形成为圆环状。

[0223] 如图30所示,环状部201具有呈大致圆环板状且在轴向上层叠为多层(在本实施方式中五层)的层叠板204,并以夹在这些各层叠板204之间的状态设置有四个母线211~214。各母线211~214均呈圆环状,由U相用的母线211、V相用的母线212、W相用的母线213以及中性点用的母线214构成。这些各母线211~214在环状部201内,以使板面对置的方式在轴向

上排列配置。各层叠板204和各母线211~214通过粘接剂相互接合。作为粘接剂,优选使用粘接片。但是,也可以是涂覆液状或半液状的粘接剂的结构。而且,在各母线211~214分别从环状部201向径向外侧突出的方式连接有连接端子202。

[0224] 在环状部201的上表面、即设置成五层的层叠板204的最表层侧的层叠板204的上表面设置有呈环状延伸的突起部201a。

[0225] 此外,母线模块200只要以各母线211~214埋设于环状部201内的状态设置即可,也可以是以规定间隔配置的各母线211~214一体地嵌入成形。另外,各母线211~214的配置不限于全部在轴向上排列且全部的板面朝向相同方向的结构,也可以是在径向上排列的结构、在轴向上排列成两列且在径向上排列成两列的结构、包括板面的延伸方向不同的母线的结构等。

[0226] 在图29中,各连接端子202设置为在环状部201的周向上排列,并且在径向外侧沿轴向延伸。连接端子202包括与U相用的母线211连接的连接端子、与V相用的母线212连接的连接端子、与W相用的母线213连接的连接端子以及中性点用的母线214连接的连接端子。连接端子202以与线圈模块150中的各部分绕组151的绕组端部154、155相同的数量设置,在这些各连接端子202各连接有一个各部分绕组151的绕组端部154、155。由此,母线模块200分别与U相的部分绕组151、V相的部分绕组151、W相的部分绕组151连接。

[0227] 输入输出端子203例如由母线构件构成,以沿轴向延伸的方向设置。输入输出端子203包括U相用的输入输出端子203U、V相用的输入输出端子203V、W相用的输入输出端子203W。这些输入输出端子203在环状部201内针对每相分别连接到各母线211~213。通过这些各输入输出端子203,对于定子绕组61的各相的相绕组,从未图示的逆变器进行电力的输入输出。

[0228] 此外,也可以构成为在母线模块200中一体地设置检测各相的相电流的电流传感器。在该情况下,最好在母线模块200设置电流检测端子,通过该电流检测端子,将电流传感器的检测结果输出到未图示的控制装置。

[0229] 另外,环状部201具有向内周侧突出的多个突出部205,作为相对于定子保持件70的被固定部,在该突出部205形成有沿轴向延伸的贯通孔206。

[0230] 图31是表示将母线模块200组装于定子保持件70的状态的立体图,图32是对母线模块200进行固定的固定部分的纵剖视图。此外,组装母线模块200之前的定子保持件70的结构参照图12。

[0231] 在图31中,母线模块200以包围内筒部件81的轴套部92的方式设置于端板部91上。母线模块200在通过相对于内筒部件81的支柱部95(参照图12)的组装而定位的状态下,利用螺栓等紧固件217的紧固而固定于定子保持件70(内筒部件81)。

[0232] 更详细而言,如图32所示,在内筒部件81的端板部91设置有沿轴向延伸的支柱部95。而且,母线模块200在使支柱部95插通于设置于多个突出部205的贯通孔206的状态下,利用紧固件217固定于支柱部95。在本实施方式中,使用由铁等金属材料构成的止动板220来固定母线模块200。止动板220具有:具有使紧固件217插通的插通孔221的被紧固部222;对母线模块200的环状部201的上表面进行按压的按压部223;设置在被紧固部222与按压部223之间的弯曲部224。

[0233] 在止动板220的装配状态下,在紧固件217插通于止动板220的插通孔221的状态

下,紧固件217相对于内筒部件81的支柱部95螺合。另外,止动板220的按压部223成为与母线模块200的环状部201的上表面抵接的状态。在该情况下,伴随着紧固件217被螺纹拧入支柱部95,止动板220向图的下方被压入,与此相应地,通过按压部223将环状部201向下方按压。伴随紧固件217的螺合而产生的向图的下方的按压力通过弯曲部224传递到按压部223,因此在伴随弯曲部224的弹力的状态下,进行按压部223的按压。

[0234] 如上所述,在环状部201的上表面设置有环状的突起部201a,止动板220的按压部223侧的前端能够与突起部201a抵接。由此,抑制了止动板220的向图的下方的按压力向径向向外侧逸散。也就是说,构成为伴随紧固件217的螺合而产生的按压力适当地传递到按压部223侧。

[0235] 此外,如图31所示,在母线模块200相对于定子保持件70的组装状态下,输入输出端子203设置在相对于通向制冷剂通路85的入口开口86a以及出口开口87a在周向上180度相反侧的位置。但是,这些输入输出端子203和各开口86a、87a也可以集中设置在相同位置(即接近位置)。

[0236] 接下来,对将母线模块200的输入输出端子203与旋转电机10的外部的装置电连接的中继部件230进行说明。

[0237] 如图1所示,在旋转电机10中,母线模块200的输入输出端子203设置为从外壳罩242向外侧突出,在该外壳罩242的外侧与中继部件230连接。中继部件230是对从母线模块200延伸的每相的输入输出端子203与从逆变器等外部装置延伸的每相的电力线的连接进行中继的部件。

[0238] 图33是表示将中继部件230安装于外壳罩242的状态的纵剖视图,图34是中继部件230的立体图。如图33所示,在外壳罩242形成有贯通孔242a,能够通过该贯通孔242a引出输入输出端子203。

[0239] 中继部件230具有固定于外壳罩242的主体部231和插入于外壳罩242的贯通孔242a的端子插通部232。端子插通部232具有使各相的输入输出端子203一个一个插通的三个插通孔233。上述三个插通孔233的截面开口形成长条状,以长边方向均为大致相同的方向排列而形成。

[0240] 在主体部231安装有针对每相设置的三个中继母线234。中继母线234弯曲形成为大致L字状,通过螺栓等紧固件235固定于主体部231,并且利用螺栓以及螺母等紧固件236固定于插通到端子插通部232的插通孔233中的状态的输入输出端子203的前端部。

[0241] 此外,虽然省略了图示,但能够将外部装置延伸的每相的电力线连接到中继部件230,能够针对每相进行相对于输入输出端子203的电力的输入输出。

[0242] 接下来,对控制旋转电机10的控制系统的结构进行说明。图35是旋转电机10的控制系统的电路图,图36是表示基于控制装置270的控制处理的功能框图。

[0243] 如图35所示,定子绕组61由U相绕组、V相绕组以及W相绕组构成,在该定子绕组61连接有相当于电力转换器的逆变器260。逆变器260由具有与相数相同数量的上下臂的全桥电路构成,针对每相设置有由上臂开关261以及下臂开关262构成的串联连接体。这些各开关261、262分别由驱动器263进行接通断开,通过该接通断开使各相的相绕组通电。各开关261、262由例如MOSFET、IGBT等半导体开关元件构成。另外,在各相的上下臂连接有与开关261、262的串联连接体并联、并将开关时所需要的电荷供给到各开关261、262的电荷供给用

的电容器264。

[0244] 在上下臂的各开关261、262之间的中间连接点分别连接有U相绕组、V相绕组、W相绕组的一端。各上述相绕组被星形接线(Y接线),各相绕组的另一端在中性点相互连接。

[0245] 控制装置270具备由CPU、各种存储器构成的微机,基于旋转电机10中的各种检测信息、动力运行驱动以及发电的请求,通过各开关261、262的接通断开来实施通电控制。旋转电机10的检测信息包括例如由解析器等角度检测器检测的转子20的旋转角度(电角度信息)、由电压传感器检测的电源电压(逆变器输入电压)、由电流传感器检测的各相的通电电流。控制装置270通过例如规定的开关频率(载波频率)下的PWM控制、矩形波控制来实施各开关261、262的接通断开控制。控制装置270也可以是内置于旋转电机10的内置控制装置,也可以是设置于旋转电机10的外部的控制装置。

[0246] 而且,本实施方式的旋转电机10具有无插槽结构(无齿结构),因此定子60的电感被减少而电气时间常数变小,在该电气时间常数较小的状况下,期望使开关频率(载波频率)提高,并且使开关速度加快。在该点上,电荷供给用的电容器264与各相的开关261、262的串联连接体并联地连接,从而布线电感变低,即使是使开关速度加快的结构,也能够进行适当的电涌对策。

[0247] 逆变器260的高电位侧端子与直流电源265的正极端子连接,低电位侧端子与直流电源265的负极端子(接地)连接。直流电源265由例如将多个单电池串联连接而成的组电池构成。另外,在逆变器260的高电位侧端子以及低电位侧端子,与直流电源265并联地连接有平滑用的电容器266。

[0248] 图36是表示控制U、V、W相的各相电流的电流反馈控制处理的框图。

[0249] 在图36中,电流指令值设定部271使用转矩-dq映射,基于对于旋转电机10的动力运行转矩指令值或者发电转矩指令值、对电角度 θ 进行时间微分而得到的电角度速度 ω ,来设定d轴的电流指令值和q轴的电流指令值。此外,例如在旋转电机10被用作车辆用动力源的情况下,发电转矩指令值是再生转矩指令值。

[0250] dq转换部272将针对每相设置的电流传感器检测到的电流检测值(三个相电流)转换为以励磁方向(direction of an axis of a magnetic field, or field direction: 磁场轴向或磁场方向)为d轴的正交二维旋转坐标系的分量即d轴电流和q轴电流。

[0251] d轴电流反馈控制部273计算d轴的指令电压,作为用于将d轴电流反馈控制为d轴的电流指令值的操作量。另外,q轴电流反馈控制部274计算q轴的指令电压,作为用于将q轴电流反馈控制为q轴的电流指令值的操作量。在这些各反馈控制部273、274中,基于d轴电流以及q轴电流的相对于电流指令值的偏差,使用PI反馈方法来计算指令电压。

[0252] 三相转换部275将d轴以及q轴的指令电压转换为U相、V相以及W相的指令电压。此外,上述的各部271~275是实施基于dq转换理论的基波电流的反馈控制的反馈控制部,U相、V相以及W相的指令电压是反馈控制值。

[0253] 操作信号生成部276使用公知的三角波载波比较方式,基于三相的指令电压,生成逆变器260的操作信号。具体而言,操作信号生成部276通过基于用电源电压使三相的指令电压标准化的信号和三角波信号等载波信号的大小比较的PWM控制,来生成各相的上下臂的开关操作信号(占空比信号)。由操作信号生成部276生成的开关操作信号被输出到逆变器260的驱动器263,通过驱动器263接通断开各相的开关261、262。

[0254] 接着,对转矩反馈控制处理进行说明。在例如高旋转区域以及高输出区域等逆变器260的输出电压变大的运转条件下,主要以旋转电机10的高输出化、减少损耗为目的来使用该处理。控制装置270基于旋转电机10的运转条件,选择并执行转矩反馈控制处理以及电流反馈控制处理的任意一方的处理。

[0255] 图37是表示与U、V、W相对应的转矩反馈控制处理的框图。

[0256] 电压振幅计算部281基于对旋转电机10的动力运行转矩指令值或者发电转矩指令值、和对电角度 θ 进行时间微分而得到的电角度速度 ω ,计算电压矢量的大小的指令值即电压振幅指令。

[0257] dq转换部282与dq转换部272同样,将针对每相设置的电流传感器检测出的电流检测值转换为d轴电流和q轴电流。转矩推定部283基于d轴电流和q轴电流,计算与U、V、W相对应的转矩推定值。此外,转矩推定部283可以基于将d轴电流、q轴电流以及电压振幅指令建立关系的映射信息,来计算电压振幅指令。

[0258] 转矩反馈控制部284计算电压矢量的相位的指令值即电压相位指令,作为用于将转矩推定值反馈控制为动力运行转矩指令值或者发电转矩指令值的操作量。在转矩反馈控制部284中,基于转矩推定值相对于动力运行转矩指令值或者发电转矩指令值的偏差,使用PI反馈方法来计算电压相位指令。

[0259] 操作信号生成部285基于电压振幅指令、电压相位指令以及电角度 θ ,生成逆变器260的操作信号。具体而言,操作信号生成部285基于电压振幅指令、电压相位指令以及电角度 θ 计算三指的指令电压,通过基于用电源电压使计算出的三指的指令电压标准化的信号和三角波信号等载波信号的大小比较的PWM控制,来生成各相的上下臂的开关操作信号。由操作信号生成部285生成的开关操作信号被输出到逆变器260的驱动器263,通过驱动器263接通断开各相的开关261、262。

[0260] 而且,操作信号生成部285也可以基于将电压振幅指令、电压相位指令、电角度 θ 以及开关操作信号建立关系的映射信息即脉冲模式信息、电压振幅指令、电压相位指令以及电角度 θ ,来生成开关操作信号。

[0261] (变形例)

[0262] 以下,对与上述第一实施方式相关的变形例进行说明。

[0263] • 也可以如以下那样变更磁铁单元22中的磁铁32的结构。在图38所示的磁铁单元22中,在磁铁32中,易磁化轴的方向相对于径向倾斜,沿着该易磁化轴的方向形成直线状的磁铁磁路。也就是说,磁铁32构成为进行直线的取向,以使得在定子60侧(径向内侧)的磁通作用面34a与定子相反侧(径向外侧)的磁通作用面34b之间易磁化轴的方向相对于d轴倾斜,在周向上成为在定子60侧接近d轴且在定子相反侧远离d轴的方向。在本结构中,也能够使磁铁32的磁铁磁路长度比径向的厚度尺寸长,能够实现磁导的提高。

[0264] • 也能够使在磁铁单元22中使用海尔贝克阵列的磁铁。

[0265] • 在各部分绕组151中,搭接部153的折弯方向可以是径向内外中的任一方向,作为与铁芯组件CA的关系,第一搭接部153A可以向铁芯组件CA侧折弯,或者第一搭接部153A也可以向铁芯组件CA的相反侧折弯。另外,第二搭接部153B只要在第一搭接部153A的轴向外侧成为在周向上跨过该第一搭接部153A的一部分的状态,则也可以向径向内外的任一方向折弯。

[0266] • 作为部分绕组151,也可以不具有两种部分绕组151(第一部分绕组151A、第二部分绕组151B)而具有一种部分绕组151。具体而言,最好将部分绕组151形成为在侧面观察时呈大致L字状或者大致Z字状。在将部分绕组151形成为侧面观察时大致L字状的情况下,构成为在轴向一端侧,搭接部153向径向内外的任一方向折弯,在轴向另一端侧,搭接部153不向径向折弯而设置。另外,在将部分绕组151形成为侧面观察时大致Z字状的情况下,构成为在轴向一端侧以及轴向另一端侧,搭接部153在径向上向彼此相反方向折弯。在任一种情况下,如上述那样,最好构成为通过覆盖搭接部153的绝缘罩将线圈模块150固定于铁芯组件CA。

[0267] • 在上述的结构中,对在定子绕组61中,针对每个相绕组并联连接有全部的部分绕组151的结构进行了说明,但也可以对此进行变更。例如,也可以构成为将每个相绕组的全部的部分绕组151分为多个并联连接组,将该多个并联连接组串联连接。也就是说,也可以构成为将各相绕组中的所有n个部分绕组151分为各n/2个的两组并联连接组、各n/3个的三组并联连接组等,并将它们串联连接。或者,也可以构成为在定子绕组61中针对每个相绕组将多个部分绕组151全部串联连接。

[0268] • 也可以构成为旋转电机10中的定子绕组61具有两相的相绕组(U相绕组以及V相绕组)。在该情况下,只要构成为例如在部分绕组151中,一对中间导线部152隔开一个线圈间距而设置,在一对中间导线部152之间配置一个另一相的部分绕组151中的中间导线部152即可。

[0269] • 也可以将旋转电机10具体化为内转子式的表面磁铁型旋转电机,代替外转子式的表面磁铁型旋转电机。图39的(a)、(b)是表示设为内转子结构的情况下的定子单元300的结构的图。其中,图39的(a)是表示将线圈模块310A、310B组装于铁芯组件CA的状态的立体图,图39的(b)是表示各线圈模块310A、310B所包含的部分绕组311A、311B的立体图。在本例中,在定子铁芯62的径向外侧组装有定子保持件70,从而构成铁芯组件CA。另外,构成为在定子铁芯62的径向内侧组装有多个线圈模块310A、310B。

[0270] 部分绕组311A具有与上述的第一部分绕组151A大体相同的结构,具有一对中间导线部312、和在轴向两侧向铁芯组件CA侧(径向外侧)折弯形成的搭接部313A。另外,部分绕组311B具有与上述的第二部分绕组151B大体相同的结构,具有一对中间导线部312、和在轴向两侧设置为在轴向外侧在周向上跨越搭接部313A的搭接部313B。在部分绕组311A的搭接部313A装配有绝缘罩315,在部分绕组311B的搭接部313B装配有绝缘罩316。

[0271] 在绝缘罩315中,在周向两侧的侧面部设置有沿轴向延伸的半圆状的凹部317。另外,在绝缘罩316中设置有比搭接部313B更向径向外侧突出的突出部318,在该突出部318的前端部设置有沿轴向延伸的贯通孔319。

[0272] 图40是表示将线圈模块310A、310B组装于铁芯组件CA的状态的俯视图。此外,在图40中,在定子保持件70的轴向端面上在周向上等间隔地形成有多个凹部105。另外,定子保持件70具有基于液状制冷剂或者空气的冷却结构,例如作为空冷结构,可以在外周面形成有多个散热片。

[0273] 在图40中,绝缘罩315、316以在轴向上重叠的状态配置。另外,设置于绝缘罩315的侧面部的凹部317和在绝缘罩316的突出部318中设置在从绝缘罩316的周向一端到另一端之间的中央的位置的贯通孔319在轴向上相连,在这些各部中进行基于固定销321的固定。

[0274] 另外,在图40中,构成为基于固定销321的各绝缘罩315、316的固定位置成为比定子铁芯62靠径向外侧的定子保持件70的轴向端面,对该定子保持件70进行基于固定销321的固定。在该情况下,在定子保持件70中设置有冷却结构,因此在部分绕组311A、311B中产生的热量容易传递到定子保持件70。由此,能够提高定子绕组61的冷却性能。

[0275] • 旋转电机10所使用的定子60也可以具有从背轭延伸的突起部(例如齿)。在这种情况下,线圈模块150等相对于定子铁芯的组装相对于背轭进行即可。

[0276] • 作为旋转电机,不限于星形接线的旋转电机,也可以是三角形接线的旋转电机。

[0277] • 作为旋转电机10,也可以采用以电枢为转子、以励磁元件为定子的旋转电枢式的旋转电机,代替以励磁元件为转子、以电枢为定子的旋转励磁式的旋转电机。

[0278] (第二实施方式)

[0279] 接下来,对第二实施方式中的旋转电机400进行说明。本实施方式的旋转电机400被用作车辆的轮内电动机。图41~图46示出旋转电机400的概要。图41是表示旋转电机400的整体的立体图,图42是旋转电机400的俯视图,图43是旋转电机400的纵剖视图(图42的43-43线剖视图),图44是旋转电机400的横剖视图(图43的44-44线剖视图),图45是旋转电机400的横剖视图(图43的45-45线剖视图),图46是将旋转电机400的构成要素分解表示的分解剖视图。

[0280] 旋转电机400是外转子式的表面磁铁型旋转电机。旋转电机400大致具备旋转电机主体,该旋转电机主体具有转子410、包含定子430而成的定子单元420,构成为将固定于未图示的车身的主轴401和固定于未图示的车轮的轮上的轮毂402与该旋转电机主体一体化。主轴401以及轮毂402被要求高强度,例如由钢铁材料构成。

[0281] 主轴401具有:沿与轴向正交的方向延伸的凸缘部403;呈圆柱状向比凸缘部403靠旋转电机中心侧延伸,被插通于定子单元420的中空部的固定轴部404。固定轴部404如图示那样可以具有大径部和小径部。轮毂402具有使固定轴部404插通的插通孔406。而且,在固定轴部404插通于轮毂402的插通孔406的状态下,轮毂402由一对轴承407、408可旋转地支承。轮毂402在轴向的两个位置由轴承407、408可旋转地支承。轴承407、408例如是径向滚珠轴承,分别具有外圈、内圈、配置在这些外圈及内圈之间的多个滚珠。此外,轴承407、408也可以是使用滚子代替滚珠作为滚动体的滚子轴承(针状滚子轴承、圆锥滚子轴承)。

[0282] 在旋转电机400中,成为旋转中心的轴线的延伸方向(图43的左右方向)是轴向,在该轴向成为水平方向或者大致水平方向的朝向上将旋转电机400安装于车辆。此外,在车轮具有外倾角的情况下,在赋予了外倾角量的倾斜的状态下,旋转电机400的轴向可以成为大致水平方向。

[0283] 在旋转电机400中,转子410以及定子430夹着空隙在径向上对置配置。另外,将定子单元420固定于主轴401,将转子410固定于轮毂402。因此,轮毂402以及转子410能够相对于主轴401以及定子单元420旋转。

[0284] 如图46所示,转子410具有大致圆筒状的转子架411、和固定于该转子架411的环状的磁铁单元412。转子架411具有呈圆筒状的筒状部413、和设置于该筒状部413的轴向一端的端板部414,在筒状部413的径向内侧呈环状固定有磁铁单元412。转子架411的轴向另一端侧开放。转子架411作为磁铁保持部件发挥功能。在端板部414的中央部形成有贯通孔414a,在插通于该贯通孔414a的状态下,将轮毂402利用螺栓等固定件固定于端板部414(参

照图43)。

[0285] 磁铁单元412由配置为沿着转子410的周向极性交替改变的多个永磁铁构成。磁铁单元412相当于“磁铁部”。由此,磁铁单元412在周向上具有多个磁极。磁铁单元412具有例如第一实施方式的图6、图7中作为磁铁单元22进行说明的结构,作为永磁铁,使用内禀矫顽力为400[kA/m]以上且残留磁通密度 B_r 为1.0[T]以上的烧结钕磁铁而构成。

[0286] 磁铁单元412与图7的磁铁单元22同样,具有各自极性各向异性的多个永磁铁,各上述磁铁在d轴侧(靠近d轴的部分)和q轴侧(靠近q轴的部分)易磁化轴的方向不同,在d轴侧,易磁化轴的方向成为与d轴平行的方向,在q轴侧,易磁化轴的方向成为与q轴正交的方向。在该情况下,沿着易磁化轴的方向形成圆弧状的磁铁磁路。总之,各磁铁构成为以在作为磁极中心的d轴侧,与作为磁极边界的q轴侧相比,易磁化轴的方向与d轴平行的方式进行取向。

[0287] 此外,磁铁单元412的各磁铁可以在周向上通过粘接等相互固定,并且在外周部安装纱线等固定部件而一体化。另外,在各磁铁的轴向端部可以安装圆环状的端板部件。

[0288] 图59示出磁铁单元412中各磁铁415的磁铁磁路的方向(磁力线的方向)。此外,在图59中,将磁铁单元412中在周向上排列的各磁铁415平面展开而示出。如图59的(a)所示,在磁铁415中,以在作为磁极中心的d轴侧,与作为磁极边界的q轴侧相比,易磁化轴的方向与d轴平行的方式进行取向,形成在磁铁415内通过的疑似圆弧状的磁铁磁路。或者,如图59的(b)所示,各磁铁415也可以是进行所谓的海尔贝克阵列而成的磁铁。在该情况下,配置于d轴的磁铁415的易磁化轴的方向成为径向(与d轴平行),配置于q轴的磁铁415的易磁化轴的方向成为周向(与q轴正交)。

[0289] 另外,如图59的(c)所示,各磁铁415也可以易磁化轴的方向相对于相互对置且成为磁通的流入流出面的一对作用面415a、415b倾斜,并且其倾斜的方向成为在定子绕组侧(图的下侧)以接近d轴的方式相对于d轴倾斜的方向。在该情况下,磁铁415具有比一对作用面415a、415b之间的磁铁厚度尺寸长的长度的磁铁磁路,并且以易磁化轴成为沿着磁铁磁路的方向的方式进行取向。换言之,磁铁415构成为,从仿照两个磁铁表面的周向的线观察,易磁化轴比法线方向偏向d轴侧。

[0290] 接下来,对定子单元420的结构进行说明。图47是定子单元420的分解立体图。定子单元420具有:圆环筒状的定子430、保持该定子430的定子保持件460、安装于轴向一端侧的布线模块480、安装于定子430的轴向另一端侧的线圈端部罩490。

[0291] 此处,首先,对定子430进行说明。图48、图49是定子430的分解立体图,图50是定子单元420的分解剖视图。此外,图48、图49分别是从轴向上不同的方向观察的定子430的分解立体图。

[0292] 定子430具有定子绕组431和定子铁芯432。在定子430中,定子绕组431具有三三相的相绕组,各相的相绕组分别由多个部分绕组441构成。部分绕组441根据旋转电机400的极数而设置,针对每相将多个部分绕组441并联或者串联连接。在本实施方式中,将磁极数设为24,但该数量是任意的。

[0293] 如图50所示,定子430在轴向上,具有相当于与定子铁芯432在径向上对置的线圈侧部CS的部分、和相当于该线圈侧部CS的轴向外侧即线圈端部CE的部分。线圈侧部CS也是与转子410的磁铁单元412在径向上对置的部分。部分绕组441组装在定子铁芯432的径向外

侧。在该情况下,部分绕组441以其轴向两端部分向比定子铁芯432靠轴向外侧(即线圈端部CE侧)突出的状态组装。

[0294] 部分绕组441分别设置为轴向两端中的一端向径向弯曲,另一端不向径向弯曲。而且,全部的部分绕组441中的半数的部分绕组441的轴向一端侧(图48的下侧)成为弯曲侧,在该弯曲侧向径向内侧弯曲。另外,剩余的半数的部分绕组441的轴向另一端侧(图48的上侧)成为弯曲侧,在该弯曲侧向径向外侧弯曲。此外,在以下的记载中,将部分绕组441中的具有向径向内侧的弯曲部的部分绕组441称为“部分绕组441A”,将具有向径向外侧的弯曲部的部分绕组441称为“部分绕组441B”。

[0295] 对部分绕组441A、441B的结构进行详细说明。图51的(a)、(b)是表示部分绕组441A的结构立体图,图52是将部分绕组441A中安装于搭接部443、444的绝缘罩451、452分解示出的分解立体图。另外,图53的(a)、(b)是表示部分绕组441B的结构立体图,图54是将部分绕组441B中安装于搭接部443、444的绝缘罩453、454分解示出的分解立体图。此外,图51的(a)、(b)是分别从径向内侧以及外侧观察部分绕组441A的立体图,图53的(a)、(b)也同样,是分别从径向内侧以及外侧观察部分绕组441B的立体图。

[0296] 部分绕组441A、441B均通过卷绕多层导线材料而构成,具有彼此平行且呈直线状设置的一对中间导线部442、和将一对中间导线部442在轴向两端分别连接的一对搭接部443、444。而且,通过这些一对中间导线部442和一对搭接部443、444形成为环状。一对中间导线部442隔开规定的线圈间距而设置,在周向上,在一对中间导线部442之间能够配置其它相的部分绕组441的中间导线部442。在本实施方式中,构成为一对中间导线部442隔开两个线圈间距而设置,在一对中间导线部442之间各配置一个其它两相的部分绕组441中的中间导线部442。

[0297] 在部分绕组441A、441B中,在各中间导线部442以被覆盖的状态设置有片状的绝缘包覆体445。绝缘包覆体445的结构与上述的第一实施方式中的部分绕组151的绝缘包覆体157相同。即,绝缘包覆体445使用至少具有中间导线部442中的轴向的绝缘包覆范围的长度作为轴向尺寸的薄膜材料,通过将该薄膜材料卷装于中间导线部442的周围而设置。另外,绝缘包覆体445在中间导线部442的周围,以使薄膜材料的周向的端部交叠的状态设置。

[0298] 轴向两侧的各搭接部443、444均作为相当于线圈端部CE(参照图50)的部分而设置,各搭接部443、444中的一个搭接部443在径向上弯曲形成,另一个搭接部444不在径向上弯曲而形成。由此,部分绕组441A、441B从侧方观察成为大致L形状。

[0299] 此外,在部分绕组441A、441B中,搭接部443的径向的弯曲方向不同,在部分绕组441A中,搭接部443向径向内侧弯曲,在部分绕组441B中,搭接部443向径向外侧弯曲。在该情况下,若假定将各部分绕组441A、441B在周向上排列配置,则部分绕组441A、441B中的搭接部443的俯视形状(径向的平面形状)可以相互不同,可以在部分绕组441A的搭接部443中,越靠前端侧,周向的宽度越细,在部分绕组441B的搭接部443中,越靠前端侧,周向的宽度越宽。

[0300] 在各部分绕组441A、441B中,中间导线部442作为在线圈侧部CS在周向上一个一个排列的线圈侧导线部而设置。另外,各搭接部443、444作为在线圈端部CE,将在周向上不同的两个位置的同相的中间导线部442彼此连接的线圈端部导线部而设置。

[0301] 在部分绕组441A、441B中,与上述的部分绕组151同样,以导线集合部分的横截面

为四边形的方式卷绕多层导线材料而形成。就中间导线部442而言,形成为将导线材料在周向上排列成多列,并且在径向上排列成多列,从而横截面成为大致矩形(参照图20)。

[0302] 在部分绕组441A、441B中,卷绕多层导线材料,因此实现电流流通路径的细线化。因此,在包含高次谐波磁场的磁铁磁场与导线(中间导线部442)交链的情况下,能够增大导线相对于该涡流的过电流抑制效果,能够减少涡流损耗。另外,导线材料可以由将多个线材绞合而成的集合体构成。由此,在各线材中产生磁场的施加方向相互相反的部位,由交链磁场引起的反电动势被抵消。其结果是,提高流过导线的涡流的减少效果。

[0303] 此处,各线材可以至少由碳纳米管纤维构成。碳纳米管的电阻能够期待成为铜线的1/5左右以下。另外,各线材可以由包括用硼置换碳纳米管纤维的碳中的至少一部分而得到的含硼的微小纤维的纤维构成。在该情况下,能够进一步增大涡流抑制效果,能够进一步减少涡流损耗。

[0304] 接下来,对安装于各部分绕组441A、441B的绝缘罩451~454进行说明。绝缘罩451~454是为了实现各搭接部443、444中部分绕组441彼此的绝缘而设置的绝缘部件。绝缘罩451~454由合成树脂等绝缘材料形成。

[0305] 如图51的(a)、(b)以及图52所示,在部分绕组441A中,在轴向一端侧的搭接部443安装有绝缘罩451,在轴向另一端侧的搭接部444安装有绝缘罩452。在绝缘罩451埋设有例如由金属板构成的托架455。托架455具有从搭接部443的前端部向径向外侧突出的突出部455a,在该突出部455a设置有在轴向(图的上下方向)上贯通的贯通孔455b。另外,在绝缘罩452埋设有例如由金属板构成的托架456。托架456具有从搭接部444的前端部向径向外侧突出的突出部456a,在该突出部456a设置有在轴向(图的上下方向)上贯通的贯通孔456b。

[0306] 绝缘罩451、452分别具有与搭接部443、444的前端部的弯曲部分的内侧卡合的卡合部451a、452a。可以将托架455、456的一部分作为基底材料与这些卡合部451a、452a一体化。此外,托架455、456除了埋设于绝缘罩451、452以外,也可以通过粘接等固定于绝缘罩451、452的外表面。

[0307] 另外,如图53的(a)、(b)以及图54所示,在部分绕组441B中,在轴向一端侧的搭接部443安装有绝缘罩453,在轴向另一端侧的搭接部444安装有绝缘罩454。在绝缘罩453埋设有例如由金属板构成的托架457。托架457具有从搭接部443的前端部向径向内侧突出的突出部457a,在该突出部457a设置有在轴向(图的上下方向)上贯通的贯通孔457b。另外,在绝缘罩454埋设有例如由金属板构成的托架458。托架458具有从搭接部444的前端部向径向内侧突出的突出部458a,在该突出部458a设置有在轴向(图的上下方向)上贯通的贯通孔458b。

[0308] 绝缘罩453、454分别具有与搭接部443、444的前端部的弯曲部分的内侧卡合的卡合部453a、454a。可以将托架457、458的一部分作为基底材料与这些卡合部453a、454a一体化。此外,托架457、458除了埋设于绝缘罩453、454以外,也可以通过粘接等固定于绝缘罩453、454的外表面。

[0309] 图55是表示将各部分绕组441A、441B在周向上排列配置的状态的俯视图。此外,图55是从轴向一方(图的上方)观察图48所示的定子绕组431的俯视图。

[0310] 在图55中,构成为部分绕组441A的搭接部443朝向径向内侧延伸,并且部分绕组441B的搭接部443朝向径向外侧延伸。而且,在比各部分绕组441A、441B的中间导线部442靠

径向内侧,在定子绕组431的轴向一端侧(图55的纸面里侧),设置于部分绕组441A的绝缘罩451的托架455的突出部455a和设置于部分绕组441B的绝缘罩454的托架458的突出部458a在轴向上重叠,并且各突出部455a、458a的贯通孔455b、458b的俯视时的位置一致。

[0311] 另外,在比各部分绕组441A、441B的中间导线部442靠径向外侧,在定子绕组431的轴向另一端侧(图55的纸面近前侧),设置于部分绕组441A的绝缘罩452的托架456的突出部456a和设置于部分绕组441B的绝缘罩453的托架457的突出部457a在周向上交替且等间隔地排列。在该情况下,各突出部456a、457a的贯通孔456b、457b距定子430的平面中心的径向距离相同,并且在周向上等间隔地配置。

[0312] 如图48以及图49所示,定子绕组431通过部分绕组441A、441B形成环状,在其径向内侧组装有定子铁芯432。定子铁芯432构成为将由作为磁性体的电磁钢板构成的铁芯片在轴向上层叠而成的铁芯片层叠体,形成在径向上具有规定厚度的圆筒状。定子铁芯432的内周面以及外周面形成没有凹凸的曲面状。定子铁芯432作为背轭发挥功能。定子铁芯432例如通过将冲裁形成成为圆环板状的多个铁芯片在轴向上层叠而构成。

[0313] 作为定子铁芯432,也可以使用具有螺旋铁芯结构的部件。在螺旋铁芯结构的定子铁芯432中,使用规定宽度的带状的铁芯片,将该铁芯片卷绕形成为环状并且在轴向上层叠,从而整体上构成圆筒状的定子铁芯432。

[0314] 此外,定子绕组431相对于定子铁芯432的组装也可以通过对定子铁芯432单独地组装部分绕组441A、441B来完成,也可以通过利用部分绕组441A、441B形成环状的定子绕组431之后,将该定子绕组431组装于定子铁芯432来完成。

[0315] 如图49所示,在定子铁芯432的轴向一端侧的端面在周向上以规定间隔形成有多个凹部433。在将定子绕组431和定子铁芯432一体化的状态下,在比各部分绕组441A、441B的中间导线部442靠径向内侧,在绝缘罩451、454中的托架455、458的贯通孔455b、458b和定子铁芯432的轴向端面的凹部433中进行对位。而且,将例如由金属制的固定销构成的结合部件组装于这些贯通孔455b、458b以及凹部433,从而将各部分绕组441A、441B固定于定子铁芯432。

[0316] 此处,在部分绕组441A、441B中,一对中间导线部442以全节距卷绕间隔分离地设置,在一对中间导线部442之间各配置一个其他两相的部分绕组中的中间导线部442,并且在周向上搭接部443、444重复的部分绕组彼此中,将一方的部分绕组的搭接部443在径向上弯曲,从而避免彼此的干扰(参照图48、图49)。而且,在径向上弯曲的搭接部443中沿径向延伸的弯曲部分的内侧,利用托架455、457的突出部455a、457a固定各部分绕组441A、441B(参照图55)。此外,托架455、457的突出部455a、457a相当于“固定部”。

[0317] 在定子绕组431的轴向一端侧,部分绕组441A在中间导线部442的径向内侧,利用托架455的突出部455a固定于定子铁芯432。另外,在定子绕组431的轴向另一端侧,部分绕组441B在中间导线部442的径向外侧,利用托架457的突出部457a固定于后述的线圈端部罩490(参照图47)。此外,线圈端部罩490经由定子保持件460固定于定子铁芯432,相当于与定子铁芯432一体化的一体物。

[0318] 接下来,对定子保持件460的结构进行说明。此处,使用图50和图56对定子保持件460的结构进行说明。图56是定子保持件460的横剖视图(与图45相同的位置处的横剖视图)。

[0319] 如图50、图56所示,定子保持件460具有分别呈圆筒状的外筒部件461和内筒部件462,通过将外筒部件461设为径向外侧、将内筒部件462设为径向内侧并将它们组装为一体而构成。这些各部件461、462由例如铝、铸铁等金属、或者碳纤维增强塑料(CFRP)构成。

[0320] 外筒部件461的筒部的内径尺寸大于内筒部件462的筒部的外径尺寸。因此,在外筒部件461的径向内侧组装有内筒部件462的状态下,在这些各部件461、462之间形成有环状的间隙,该间隙空间成为使冷却水等制冷剂流通的制冷剂通路463。制冷剂通路463在定子保持件460的周向上设置为环状。在内筒部件462形成有成为制冷剂的入口的入口侧通路464、和成为制冷剂的出口的出口侧通路465,在制冷剂通路463中,在入口侧通路464与出口侧通路465之间设置有分隔部466。入口侧通路464以及出口侧通路465设置为分别夹着分隔部466在两侧与制冷剂通路463连通,并且沿轴向延伸。从入口侧通路464流入的制冷剂在制冷剂通路463中在周向上流动,之后,从出口侧通路465流出。

[0321] 入口侧通路464以及出口侧通路465的一端分别在筒部件462的轴向端面开口。在轴向端面上,在入口侧通路464的开口部设置有入口配管端口467,在出口侧通路465的开口部设置有出口配管端口468(参照图42)。

[0322] 虽然未图示,但在入口配管端口467和出口配管端口468连接有使制冷剂循环的循环路径。在循环路径上例如设置有电动式的泵和散热器等散热装置,伴随泵的驱动,通过循环路径和旋转电机400的制冷剂通路463使制冷剂循环。

[0323] 在定子保持件460的径向外侧、详细而言外筒部件461的径向外侧组装有定子铁芯432。定子铁芯432相对于定子保持件460(外筒部件461)的组装例如通过粘接进行。另外,也可以构成为通过热压配合或者压入,以规定的过盈量将定子铁芯432嵌合固定于定子保持件460。

[0324] 内筒部件462呈圆筒状,并且在轴向一端侧具有端板部471。在端板部471的中央设置有在轴向上贯通的贯通孔472,在该贯通孔472的内周面形成有花键。主轴401的固定轴部404能够插通于内筒部件462的贯通孔472,在主轴401的固定轴部404插通于贯通孔472的状态下,构成为贯通孔472侧的花键与固定轴部404侧的花键啮合。

[0325] 另外,在内筒部件462的内周侧在周向上以规定间隔设置有多个突出部473。这些各突出部473设置为在内筒部件462的中空部向径向内侧突出,在轴向上,在从端板部471到轴向中间位置的范围内设置(参照图50)。突出部473作为内筒部件462的加强件发挥功能。

[0326] 在内筒部件462的端板部471,在成为贯通孔472的径向外侧的位置设置有在轴向上贯通的开口部474。该开口部474是使后述的各相的电力线485在轴向上插通的插通孔部。在内筒部件462中,在开口部474的轴向外侧设置有端子台475(参照图41),在该端子台475安装有能够连接外部布线的外部端子501。

[0327] 另外,在内筒部件462的端板部471中,在贯通孔472的径向外侧,且在周向上在与开口部474之间夹有至少一个突出部473的位置设置有在轴向上贯通的插通孔476。该插通孔476是使后述的解析器信号线522在轴向上插通的孔部。

[0328] 接下来,对布线模块480进行说明。布线模块480是在定子绕组431中与各部分绕组441A、441B电连接的绕组连接部件,通过该布线模块480,各相的部分绕组441按每相并联或者串联连接,并且各相的相绕组被中性点连接。如图43所示,布线模块480设置在定子430的轴向两端中的一端侧、具体而言转子架411的端板部414侧。

[0329] 更详细而言,定子绕组431具有轴向一端侧向径向内侧弯曲的部分绕组441A(第一部分绕组)、和轴向另一端侧向径向外侧弯曲的部分绕组441B(第二部分绕组),将部分绕组441A的弯曲侧和部分绕组441B的非弯曲侧设为转子架411的端板部414侧,这些各部分绕组441A、441B在周向上的一部分重复且排列配置。而且,在定子绕组431的轴向两端中的转子架411的端板部414侧设置有布线模块480。

[0330] 如图47所示,布线模块480具有呈圆环状的环状部481、和沿着该环状部481在周向上排列设置的多个连接端子482。环状部481由例如树脂等绝缘部件形成圆环状。在环状部481埋设有每相的布线和中性点用的布线(均省略图示),在各上述布电线连接有连接端子482。连接端子482设置在每个部分绕组441,并且以各自沿轴向延伸的方向固定。

[0331] 另外,在布线模块480中,在埋设于环状部481的各相的布线中,针对每相连接有母线483。各母线483分别是U相电力用、V相电力用以及W相电力用的电力布线的一部分,以向径向内侧突出的方向设置。

[0332] 在定子绕组431中,在图47的下侧的端部,未在径向上弯曲的搭接部444呈环状排列配置,在该搭接部444的径向内侧设置有布线模块480。也就是说,布线模块480的环状部481形成比由在周向上排列的搭接部444形成的圆环部小径。在环状部481设置有用将布线模块480安装于定子保持件460的安装部件484。安装部件484例如由金属板构成,在周向上以规定间隔具有多个安装部。

[0333] 在布线模块480的各母线483连接有对定子绕组431针对每相供给电力的电力线485。电力线485配置为在周向上排列且沿轴向延伸。电力线485可以是插通于导线本身是金属母线等刚体、或者导线是合成树脂等刚体的管中的电力线。由此,即使在旋转电机400中产生振动,也能够不易受到该振动的影响。此外,也可以由挠性线束构成电力线485。在该情况下,能够通过吸收旋转电机400中的振动来抑制断线。

[0334] 并且,电力线485可以是在外周具有屏蔽层的电力线。由此,能够抑制向外部的磁场产生。另外,电力线485的外层覆盖膜可以是氟覆盖膜。在该情况下,假定电力线485的温度上升,能够提高耐热性。

[0335] 接下来,对线圈端部罩490进行说明。

[0336] 如图47所示,线圈端部罩490形成圆环状,设置在定子430的轴向一端侧的线圈端部、即定子430的轴向两端的线圈端部中搭接部443向径向外侧弯曲的一侧的线圈端部。通过该线圈端部罩490,定子绕组431的线圈端部在轴向上被覆盖,并且进行轴向一端侧的各部分绕组441A、441B的定位。

[0337] 在线圈端部罩490中,在周向上等间隔地设置有多多个贯通孔491,该多个贯通孔491每隔一个与部分绕组441A的绝缘罩452中的托架456的贯通孔456b和部分绕组441B的绝缘罩453中的托架457的贯通孔457b分别对应。在该情况下,在定子430的轴向一端侧装配有线圈端部罩490的状态下,对绝缘罩452、453侧的贯通孔456b、457b进行线圈端部罩490侧的各贯通孔491的对位,进而,在各贯通孔491组装有例如由金属制的固定销构成的结合部件,从而将线圈端部罩490固定于定子430。在上述的状态中,通过线圈端部罩490,分别固定各部分绕组441A、441B的轴向一端侧。

[0338] 另外,在线圈端部罩490设置有用将线圈端部罩490安装于定子保持件460的多个安装孔492。若假定线圈端部罩490相对于定子绕组431的安装状态,则在周向上排列的多

个贯通孔491配置在比在定子绕组431中不在径向上弯曲而沿轴向延伸的搭接部444(换言之,中间导线部442的位置)靠径向外侧,在相同的周向上排列的多个安装孔492配置在比定子绕组431的搭接部444靠径向内侧。

[0339] 在定子单元420中,将由多个部分绕组441A、441B构成的定子绕组431和定子铁芯432一体化。此时,在轴向一端侧(图47的下端侧),使用绝缘罩451、454的托架455、458,将各部分绕组441A、441B固定于定子铁芯432。另外,从轴向一侧将定子保持件460组装于由定子绕组431以及定子铁芯432构成的定子430,并且将线圈端部罩490安装于定子保持件460。此时,固定销、小螺钉等固定件被插入于线圈端部罩490的安装孔492,将线圈端部罩490固定于定子保持件460。另外,固定销、小螺钉等固定件被插入于线圈端部罩490的贯通孔491,将线圈端部罩490固定于定子绕组431(各部分绕组441A、441B)。

[0340] 另外,在轴向上线圈端部罩490的相反侧,通过安装部件484将布线模块480安装于定子保持件460。在该状态下,在定子保持件460(内筒部件462)的中空部,各相的电力线485设置为从定子单元420的轴向一端侧向另一端侧延伸。而且,这些各电力线485与设置于内筒部件462的端板部471的外部端子501连接。

[0341] 各电力线485可以相对于内筒部件462(定子保持件460)被夹紧。具体而言,如图50所示,构成为在内筒部件462的开口部474内设置由防振橡胶构成的夹紧件495,利用夹紧件495夹紧贯通开口部474而设置的电力线485。在该情况下,各电力线485被内筒部件462夹紧,从而能够提高各电力线485的耐震性。特别是,使用防振橡胶作为夹紧件495,从而能够进一步提高耐震性。此外,内筒部件462中的电力线485的夹紧位置也可以是开口部474以外的场所。

[0342] 图57是从布线模块480侧(即线圈端部罩490的相反侧)观察定子单元420的立体图。此外,在图57中,为了方便起见,省略了定子绕组431中的各部分绕组441的具体的图示,将定子绕组431表示为体的筒状体。

[0343] 如图57所示,在定子430的一方的线圈端部,在定子绕组431的径向内侧(详细而言,在周向上排列的各搭接部444的径向内侧)配置有布线模块480。在该情况下,图57的上侧是旋转电机400的轴向上轮毂402侧、即车轮侧,布线模块480在轴向上配置在轮毂402侧、即车轮侧。在该结构中,布线模块480配置在线圈端部处的定子绕组431的径向内侧(各搭接部444的径向内侧),从而布线模块480不会向径向外侧伸出,能够实现作为定子单元420的小型化。

[0344] 此外,在本实施方式的定子绕组431中,在轮毂402侧的线圈端部,搭接部443向径向内侧弯曲,在相反轮毂侧的线圈端部,搭接部443向径向外侧弯曲,其中,在轮毂402侧(搭接部443向径向内侧弯曲的一侧)配置有布线模块480。在该情况下,如果假定在相反轮毂侧配置布线模块480的结构,则布线模块480和线圈端部罩490设置为向搭接部444的径向外侧伸出,伴随此,有可能向径向外侧的伸出变大,但根据本实施方式的结构,抑制该不良情况。

[0345] 另外,在定子保持件460的轴向端面(详细而言外筒部件461的轴向端面)设置有端子台531,经由该端子台531连接有布线模块480的母线483和电力线485。具体而言,母线483的端子部分和电力线485的端子部分相互重叠,在其重叠状态下,利用小螺钉等固定件将母线483以及电力线485固定于端子台531。在该情况下,能够稳固地固定各电力线485。也就是说,仅将母线483和电力线485简单地相互连接,由于在旋转电机400中产生的振动而有可能

产生接线部分的断线,但构成为在定子保持件460(内筒部件462)的端子台531将母线483和电力线485相互连接,因此能够抑制由振动引起的接线部分的断线。

[0346] 此外,也可以在组装定子430和定子保持件460时,预先组装定子保持件460和定子铁芯432,对该定子保持件460以及定子铁芯432的一体物进行定子绕组431的组装(即各部分绕组441A、441B的组装)。

[0347] 接下来,使用图43和图58对包含上述的转子410、定子单元420的旋转电机400的整体结构进行说明。此外,图58是将主轴401和定子单元420作为固定物一体化、且将轮毂402和转子410作为旋转物一体化的状态下示出的旋转电机400的分解剖视图。

[0348] 在定子单元420中,以插通于定子保持件460的贯通孔472的状态组装有主轴401。详细而言,主轴401的固定轴部404被插通于定子保持件460的贯通孔472,在该状态下,将主轴401与定子保持件460花键结合,并且利用螺栓等固定件将主轴401固定于内筒部件462的端板部471。另一方面,在转子410固定有轮毂402。详细而言,将轮毂402插通于转子架411的贯通孔414a,在该状态下,利用螺栓等固定件将轮毂402固定于端板部414。

[0349] 而且,在主轴401的固定轴部404插通于轮毂402的插通孔406的状态下,在彼此成为径向内外的位置分别配置有定子单元420以及转子410。此处,如图58所示,在主轴401以及定子单元420的一体物中,在主轴401的固定轴部404的周围形成有环状空间S1。另外,在轮毂402以及转子410的一体物中,在轮毂402的周围形成有环状空间S2。而且,轮毂402进入环状空间S1,并且定子单元420进入环状空间S2,主轴401以及定子单元420的一体物和轮毂402以及转子410的一体物被相互组装。

[0350] 在主轴401的固定轴部404与轮毂402之间组装有轴承407、408,由该轴承407、408可旋转地支承轮毂402。也就是说,利用轴承407、408,将轮毂402以及转子410可旋转地支承于主轴401以及定子单元420。此外,在轴承407、408中,内圈组装于固定轴部404侧,外圈组装于轮毂402侧。

[0351] 在主轴401以及定子单元420的一体物和轮毂402以及转子410的一体物被相互组装的状态下,在转子410的开放端侧、即轴向上轮毂402的相反侧(转子架411的端板部414的相反侧)固定有转子罩511。转子罩511形成圆环板状,在与内筒部件462之间夹有轴承512的状态下,利用螺栓等固定件固定于转子架411。

[0352] 在主轴401以及定子单元420的一体物和轮毂402以及转子410的一体物被相互组装的状态下,在定子单元420的内周侧形成有在轴向以及径向上封闭的环状的封闭空间SA。而且,在该封闭空间SA内设置有作为旋转传感器的解析器520。解析器520形成圆环状,具有固定于固定物侧的定子单元420的内筒部件462的解析器定子、和固定于旋转物侧的轮毂402的解析器转子。在解析器定子的径向内侧对置配置有解析器转子。

[0353] 在本实施方式中,如上所述,在定子保持件460中的内筒部件462的内周侧,在周向上以规定间隔设置有多个突出部473(参照图56)。解析器520(解析器定子)安装于内筒部件462的突出部473的轴向端面。

[0354] 如图44所示,解析器520在其周向的一部分具有端子部521,在其端子部521连接有解析器信号线522。另外,如图42、图43所示,解析器信号线522经由设置于内筒部件462的端板部471的插通孔476被引导至旋转电机外部(旋转电机400的轴向端部)。此外,插通孔476可以由垫圈等密封部件密封。另外,也可以在内筒部件462的轴向端面设置有与解析器信号

线522连接的信号线端子部。

[0355] 在本实施方式的旋转电机400中,其特征在于,在定子单元420的径向内侧的封闭空间SA,各相的电力线485和解析器信号线522设置为分别沿轴向延伸,在这些电力线485与解析器信号线522之间设置有遮蔽由电力线485产生的电磁场的遮蔽部。对于其结构,在以下进行具体说明。

[0356] 在本实施方式中,在内筒部件462的内周侧设置有突出部473,作为固定解析器520的固定部,该突出部473成为“遮蔽部”。详细而言,如图43所示,突出部473设置为在从内筒部件462的轴向一端到轴向中间位置的范围内沿轴向延伸。而且,在该突出部473的轴向端面固定有解析器520,解析器信号线522沿着突出部473设置在轴向的相反轮毂侧。也就是说,在内筒部件462的内周侧(定子保持件460的中空部),不是在内筒部件462的轴向的整个范围,而是遍及到设置有解析器520的中间位置为止的范围(一部分范围)设置有突出部473,以沿着该突出部473沿轴向延伸、且插通于插通孔476(参照图56)的状态设置有解析器信号线522。

[0357] 在内筒部件462的内周侧,以从该轴向一端侧向另一端侧延伸的方式设置有电力线485。如图45所示,在电力线485与解析器信号线522之间设置有两个突出部473。

[0358] 另外,在内筒部件462的内周侧配置有作为轴体的主轴401,突出部473朝向主轴401的固定轴部404突出形成。因此,构成为在内筒部件462的内周侧,在解析器信号线522的周向两侧分别设置有突出部473,并且在解析器信号线522的径向内侧设置有主轴401的固定轴部404。在该情况下,突出部473和主轴401(详细而言固定轴部404)成为“遮蔽部”。

[0359] 另外,在内筒部件462的内周侧,仅在从内筒部件462的轴向一端到轴向中间位置的范围内设置有突出部473,在轴向上未设置有突出部473的范围、即从轴向中间位置到轴向另一端的范围收容有作为旋转物的轮毂402的前端部。在该情况下,在内筒部件462的内周侧,在未设置有突出部473的区域收容轮毂402的前端部,并且通过轴承407、408可旋转地支承轮毂402。

[0360] 另外,在本实施方式中,在具有无齿结构的定子430的旋转电机400中,具有用于适当地进行定子430中的散热的结构,在以下对该结构进行具体说明。图60是表示在定子铁芯432的径向外侧各配置一个部分绕组441A、441B的状态的简图,图61是将部分绕组441中的中间导线部442的一个放大示出的横剖视图。此外,在图60中,为了便于说明,从上述的结构变更旋转电机400中的极数以及部分绕组441的数量,假设磁极数为8,并且部分绕组441的数量为12个。

[0361] 如图60所示,在部分绕组441A中,在周向上以全节距卷绕间隔设置的一对中间导线部442通过朝向径向内侧弯曲的搭接部443连结。另一方面,在部分绕组441B中,以相同的全节距卷绕间隔设置的一对中间导线部442通过朝向径向外侧弯曲的搭接部443连结。在图60中,部分绕组441A、441B是彼此不同的相的部分绕组,例如,部分绕组441A是U相线圈,部分绕组441B是V相线圈。

[0362] 如图61所示,中间导线部442的横截面呈长方形。详细而言,在中间导线部442中,形成截面矩形的导线材料在径向以及周向上分别排列成多列,整体上横截面呈长方形。导线材料可以是方线,特别是具备长边和短边的扁平线。此外,中间导线部442的结构在任一个部分绕组441A、441B中都相同。中间导线部442形成径向的厚度尺寸比周向的宽度尺寸小

的截面扁平状、即在径向上薄的扁平状。由此,中间导线部442的径向厚度变薄,能够在无齿结构的定子430中提高磁通密度而实现转矩的增强。

[0363] 此处,在中间导线部442中,在径向上对置的两个径向端面是平坦面,与此相对,定子铁芯432的外周面是曲面,因此在中间导线部442中的定子铁芯432侧的径向端面,与定子铁芯432之间的径向尺寸在周向上不同。特别是,各中间导线部442的径向端面成为与通过中间导线部442的周向中心位置和旋转电机400的轴心的直线LA正交的方向,若将周向中央部的中间导线部442与定子铁芯432之间的径向尺寸设为D1,将周向两端部的中间导线部442与定子铁芯432之间的径向尺寸设为D2,则 $D1 < D2$ 。

[0364] 在该情况下,在中间导线部442与定子铁芯432之间,能够确保使由部分绕组441产生的热量释放出的散热部。也就是说,中间导线部442的径向端面具有离定子铁芯432近的部位和离定子铁芯432远的部位,特别是在中间导线部442的径向端面和定子铁芯432远离的部位,通过增加空气等制冷剂的通过量,能够实现部分绕组441的适当的冷却。

[0365] 此外,在图61中,示出了在中间导线部442与定子铁芯432之间沿周向延伸的间隙,但若在中间导线部442的周围设置有绝缘包覆体445等导体绝缘部,则认为处于中间导线部442经由导体绝缘部与定子铁芯432接触的状态。但是,在这种情况下,在中间导线部442的径向端面与定子铁芯432之间,在中间导线部442的周向两端侧也确保局部的散热部。

[0366] 另外,在中间导线部442与转子410的磁铁单元412(磁铁415)的关系中,若将周向中央部的中间导线部442与磁铁单元412之间的径向尺寸设为D3,将周向两端部的中间导线部442与磁铁单元412之间的径向尺寸设为D4,则 $D3 > D4$ 。在该情况下,在中间导线部442的周向中心部,与中间导线部442的周向两端部相比,空隙(中间导线部442与磁铁415之间的机械分离距离)变大,因此能够实现由磁铁415产生的局部的退磁的对策。

[0367] 使用图62对此补充说明。此外,在图62中,为了便于说明,将转子410以及定子430平面展开示出。如上所述,在磁铁415中形成疑似圆弧状的磁铁磁路。在图62中,在磁铁415中,定子绕组431侧的角部(图的X部)是最容易产生退磁的部位。在该点上,中间导线部442构成为多个导线材料的集合体,并且在周向中心部,与周向两端部相比,空隙变大,因此与在周向上空隙为均匀的情况相比,周向中心部处的磁通密度变低。因此,能够实现相对于磁铁415的X部的退磁减少。

[0368] 在上述结构的各部分绕组441A、441B中,在比一对中间导线部442更向径向内侧以及外侧突出的搭接部443中,需要在形状上下工夫。在该情况下,如图60所示,在向径向外侧弯曲的一方的搭接部443(部分绕组441B的搭接部443)中,沿径向延伸的一对基端部443a和在该一对基端部443a之间沿周向延伸的连结部443b中的连结部443b的两端之间的周向距离可以比一对中间导线部442之间的周向距离扩展。另外,在向径向内侧弯曲的一方的搭接部443(部分绕组441A的搭接部443)中,连结部443b的两端之间的周向距离可以比一对中间导线部442之间的周向距离收缩。在搭接部443中,通过使沿周向延伸的连结部443b弯曲,该弯曲部分成为调整一对基端部443a的前端彼此的间隔的间隔调整部。

[0369] 接下来,对上述结构的部分绕组441A、441B的制造方法进行说明。在制造部分绕组441A、441B时,首先,如图63的(a)所示,通过将导线材料卷绕成纵长的环状,从而制成侧视时呈I字状的空芯线圈。空芯线圈的轴向两端部以彼此对称的形状设置,均为相同尺寸且相同的形状。

[0370] 之后,如图63的(b)所示,使空芯线圈的轴向一端部向径向弯曲。此时,在空芯线圈中,分别单独地用夹具等保持相当于一对中间导线部442的部位和相当于搭接部443的部位,在该状态下,可以使轴向一端侧以约90度的角度弯曲。

[0371] 在使空芯线圈的轴向一端侧弯曲的状态下,轴向中间位置处的横截面如图63的(c)那样。在该状态下,一对中间导线部442的径向端面(图的上下的端面)彼此位于同一平面上。

[0372] 之后,如图63的(d)所示,使用各中间导线部442的角度调整用的夹具J,调整轴向一端侧的弯曲形状并使搭接部443成形,并且调整各中间导线部442的径向端面的方向。夹具J具有使各中间导线部442的径向端面抵接的一对抵接面Ja、Jb,在使各中间导线部442的径向端面与抵接面Ja、Jb分别抵接的状态下,调整搭接部443的弯曲形状。各抵接面Ja、Jb分别是平坦面。通过该作业,一对中间导线部442的周向间隔被保持为恒定,且各中间导线部442的径向端面的方向被调整为与直线LA正交的方向。此时,中间导线部442的横截面被维持为长方形的状态。另外,图63的(d)表示使搭接部443向径向外侧弯曲的结构,在上述的结构中,一对基端部443a之间的连结部443b变形为其两端之间的周向距离比一对中间导线部442之间的周向距离扩展。

[0373] 在夹具J中一对抵接面Ja、Jb所成的角度 θ 可以与定子铁芯432的直径(铁芯直径)相应,可以如果铁芯直径较大则增大角度 θ ,如果铁芯直径较小则减小角度 θ 。在使搭接部443向径向外侧弯曲的情况下,角度 θ 为 $\theta < 180^\circ$ 。

[0374] 另外,在使搭接部443向径向内侧弯曲的情况下,如图63的(e)所示,可以使夹具J中一对抵接面Ja、Jb所成的角度 θ 为 $\theta > 180^\circ$ 。通过使用该夹具J的成形,在搭接部443中,一对基端部443a之间的连结部443b变形为其两端之间的周向距离比一对中间导线部442之间的周向距离收缩。在该情况下,在搭接部443中连结部443b的长度剩余,因此可以变形为连结部443b的中央部分向径向内侧凸出。

[0375] 在搭接部443向径向内侧弯曲的部分绕组441A(相当于“内弯曲绕组”)中,也可以构成为如图64所示那样使搭接部443成形。在图64中,在部分绕组441A中,弯曲形成为连结部443b的中央部分向径向外侧凸出。在该情况下,根据连结部443b的弯曲形状,能够减少搭接部443向径向内侧的突出量。此外,也可以构成为,在部分绕组441A中,弯曲形成为连结部443b的中央部分向轴向的任一侧凸出。

[0376] 如上所述,在定子绕组431中使用了多个部分绕组441的结构中,根据转子410的磁极数变更铁芯直径,并且,使用与磁极数相应的数量的部分绕组441。例如,在上述的图48等的结构中,磁极数为24,部分绕组441的数量为36,但除此以外,能够是如图65的(a)所示那样,将磁极数设为4、将部分绕组441的数量设为6的结构、如图65的(b)所示那样,将磁极数设为8、将部分绕组441的数量设为12的结构等。在该情况下,若将4极的旋转电机中的定子绕组431的外径设为 $\phi 1$,则8极的旋转电机中的定子绕组431的外径 $\phi 2$ 为“ $\phi 1 \times 2$ ”。另外,若将旋转电机的磁极数设为“ $4 \times n$ ”(n为自然数),则定子绕组431的外径能够一般化为“ $\phi 1 \times n$ ”。

[0377] 另外,根据本申请公开人,发现了在无齿结构的表面磁铁型三相旋转电机中,针对每个磁极数(部分绕组441的数量),存在实现转矩的最佳化方面的定子绕组431的直径的最佳范围。也就是说,在将旋转电机的磁极数设为 $4n$,将部分绕组441的数量设为 $6n$ 的情况下

(n 为自然数),通过将定子绕组431的直径设为“ $\phi 40 \sim 100\text{mm}$ ” $\times n$,预计旋转电机中的最大转矩的增加。如图65的(a)所示,在磁极数为4的情况下,定子绕组431的直径可以为“ $\phi 40 \sim 100\text{mm}$ ”,如图65的(b)所示,在磁极数为8的情况下,定子绕组431的直径可以为“ $\phi 80 \sim 200\text{mm}$ ”。

[0378] 在该情况下,作为一个例子,若在4极的旋转电机中将定子绕组431的直径设为 $\phi 80$,则定子绕组431的圆周长度约为240mm,磁铁单元412中的磁铁部分的整周虽然比线圈圆周长度长,但大体约为240mm。因此,1极份的磁铁的周向的宽度可以约为60mm。另外,磁铁的径向的厚度例如可以约为30mm。

[0379] 此处,在将1极份的磁铁415的周向的宽度设为 W ,将磁铁415与定子铁芯432之间的径向距离即间隙尺寸设为 L_g 的情况下,在旋转电机400中,“ W/L_g ”和表示每1匝的转矩的转矩常数成为图66所示的关系。此外,在此处,作为磁铁415,使用烧结钕磁铁,将磁铁厚度设为极间距(磁铁宽度)的1/2。磁铁宽度 W 是磁铁有效宽度,间隙尺寸 L_g 是转子410与定子430之间透磁率为空气程度的部分的径向尺寸。

[0380] 在图66中,“ W/L_g ”越大,转矩常数越大。详细而言,转矩常数的增加相对于“ W/L_g ”的增加的斜率依赖于“ W/L_g ”的大小而不同,在“ W/L_g ”和转矩常数的相关中存在拐点。在该情况下,在拐点附近的范围A内确定“ W/L_g ”,从而能够实现磁负载和电负载的良好平衡。也就是说,在“ W/L_g ”小于范围A的情况下,担心产生磁负载过少而引起的转矩下降,另一方面,在“ W/L_g ”大于范围A的情况下,即使增大“ W/L_g ”,也并不会预计那么多的转矩常数的增加。因此,将“ W/L_g ”的适当范围设为拐点附近,具体而言,设为“ $W/L_g = 2.5 \sim 7$ ”。

[0381] 这是在本实施方式那样的电动机结构中,若相对于磁铁 L_g (磁电路空隙)变大则磁铁的磁导系数 P_c 降低、与 L_g 成反比绕组空间变大而引起的状况。已知磁导系数 P_c 是处于反比关系的值,该反比关系是在确定了某个磁铁时,与 L_g 变大成比例地变小,基于该磁导系数 P_c 的有效磁通密度 B_d 的式子如下所示。

[0382] $B_d = B_r / (1 + (1/P_c))$

[0383] 根据该式可知,由于磁导系数 P_c 变大,相对于残留磁通密度 B_r 成为除法的分母的值逐渐接近1。即,可知有效磁通密度、绕组每1匝的转矩常数在磁导系数 P_c 较高的情况下有利。因此,在现有的无齿等的无铁芯电动机类中,一般减小 L_g 而使用较薄的线圈,但在本申请公开中,在利用铜、CNT、铝线这样的一般导体的范围内,将与一般较薄的线圈优异的讨论相反的线圈厚度设为具有“ $W/L_g = 2.5 \sim 7$ ”的值的线圈才是对大转矩化有利。

[0384] 另外,此处,若成为低于下限值2.5的值,则与一般论同样,由于线圈过厚而引起电动机转矩下降的现象。该值是在本申请公开中,通过对 $B_r = 1[\text{T}]$ 以上、 $iH_c = 400[\text{kA/m}]$ 以上的较大的BH积的磁铁进行取向角度的研究,在设为比以往批量生产的烧结磁铁高的矫顽力的基础上进行的,能够将 W/L_g 的下限值延长至2.5,因此能够实现与现有电动机完全不同的高转矩电动机。因此,特别是对于烧结钕磁铁、烧结钐磁铁、具有L10结构的Fe-Ni磁铁、或者今后开发的相同性能且组合了取向研究的磁铁,通过使用本申请公开的磁电路的尺寸关系,起到特别大的效果。

[0385] 如图67所示,也可以构成为在各中间导线部442中的径向端面与定子铁芯432之间夹有绝缘性的密封材料447。密封材料447例如是合成树脂。密封材料447的热导率可以比导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高。在该情况下,除了能够进行经由密封材料447的散热,还

能够进行中间导线部442基于密封材料447的固定。

[0386] 根据以上详述的本实施方式,能够得到以下的优异的效果。

[0387] 在旋转电机400中,构成为将定子430设为无齿结构,并且将构成定子绕组431的多个部分绕组441沿着定子铁芯432的外周面在周向上排列配置。另外,构成为将中间导线部442的横截面设为长方形,并且使在该中间导线部442中的定子铁芯432侧的径向端面上与定子铁芯432之间的径向尺寸在周向上不同。由此,能够实现旋转电机400所要求的散热性能的提高。即,在上述结构中,中间导线部442与定子铁芯432之间的径向尺寸在周向上不同,换言之,中间导线部442的径向端面具有离定子铁芯432近的部位和离定子铁芯432远的部位。在该情况下,在无齿结构的定子430中,能够对作为背轭的定子铁芯432组装接近状态下的各部分绕组441,并且能够在中间导线部442与定子铁芯432之间确保使由部分绕组441产生的热量释放出的散热部。其结果是,在具有无齿结构的定子430的旋转电机400中,能够适当地进行定子430中的散热。

[0388] 此外,在定子铁芯432的曲面上配置横截面呈长方形的中间导线部442的结构中,如果部分绕组441的尺寸相同,则定子铁芯432的曲面的半径(铁芯半径)越小,换言之,同曲面的曲率越大,中间导线部442与定子铁芯432之间的径向尺寸之差(周向中央部以及周向两端部的径向尺寸之差)越大。例如,在定子430的铁芯半径小且磁极数小的旋转电机、即部分绕组441的数量少的旋转电机中,中间导线部442与定子铁芯432之间的径向尺寸之差显著。在该情况下,在铁芯半径小的定子430中,与铁芯半径大的定子430相比,认为热容量较小,但中间导线部442与定子铁芯432之间的径向尺寸之差变大,从而能够提高散热性。

[0389] 构成为在各中间导线部442中,将定子铁芯432侧的径向端面设为与通过中间导线部442的周向中心位置和旋转电机400的轴心的直线LA正交的方向,在该径向端面上,在周向中央部和周向两端部与定子铁芯432之间的径向尺寸不同。在该情况下,在定子绕组431中,能够将沿着定子铁芯432的曲面排列的各中间导线部442相对于定子铁芯432均以相同的状态配置。

[0390] 构成为在各中间导线部442中的径向内侧的端面与定子铁芯432之间夹有绝缘性的密封材料447,能够进行经由该密封材料447的散热、和中间导线部442基于密封材料447的固定。在该情况下,使密封材料447的热导率比导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高,因此提高各部分绕组441的散热性能。

[0391] 作为部分绕组441,在包括搭接部443向径向内侧弯曲的部分绕组441A(内弯曲绕组)的结构中,在该部分绕组441A在周向上相邻的情况下,认为容易产生各部分绕组441A的搭接部443彼此的干扰。在该点上,构成为在部分绕组441A的搭接部443中,在一对基端部443a之间沿周向延伸的连结部443b弯曲成为其中央部分向径向外侧或者轴向凸出。由此,能够抑制各部分绕组441A的搭接部443彼此在周向上干扰。另外,在搭接部443中沿周向延伸的连结部443b弯曲,从而该弯曲部分成为调整一对基端部443a的前端彼此的间隔的间隔调整部,有助于周向上的搭接部443彼此的干扰抑制。在该情况下,特别是连结部443b向径向外侧或者轴向凸出地弯曲,因此在定子430的径向内侧,能够扩展可利用的空间,或者能够抑制向径向内侧的突出并抑制与旋转电机400的旋转轴等的干扰。

[0392] 在三相的定子绕组431中,在部分绕组441中的一对中间导线部442之间各配置一个其他两相的部分绕组441中的中间导线部442,并且在周向上搭接部443、444重复的部分

绕组441彼此中,使一方的部分绕组441的搭接部443在径向上弯曲。由此,能够避免各部分绕组441的彼此的干扰,并且沿着定子铁芯432的周面将各中间导线部442在周向上排列配置。另外,鉴于搭接部443在径向上弯曲的结构,构成为在搭接部443的弯曲部分的内侧,通过托架455、457的突出部455a、457a将部分绕组441固定于定子铁芯432以及线圈端部罩490,因此在无齿结构的定子430中,能够适当地固定部分绕组441。

[0393] 在表面磁铁型的旋转电机400中,在转子410中,将极数份的磁铁在周向上排列配置,根据定子绕组431的直径(线圈直径)和极数,确定每个磁极的磁铁的规格。在该情况下,若相对于极数的线圈直径过小,则在各磁极中磁铁的周向的宽度变小,担心磁负载的降低。另外,另一方面,若相对于极数的线圈直径过大,则磁铁的周向的宽度变大,从而预计磁负载的增加,但并不会预计那么多的电负载的增加,担心无法期待与旋转电机400的大型化相称的转矩增强效果。

[0394] 在该点上,本申请公开人发现了在实现磁负载和电负载的平衡方面,存在相对于极数的线圈直径的适当范围,在将旋转电机400的磁极数设为 $4n$,将部分绕组441的数量设为 $6n$ 的情况下,将定子绕组431的直径设为“ $\phi 40 \sim 100\text{mm}$ ” $\times n$ 。由此,能够实现旋转电机400中的转矩的适当化。

[0395] 在表面磁铁型的无齿旋转电机中,1极份的磁铁的周向的宽度 W 与磁铁及定子铁芯432之间的径向距离 L_g 之比即“ W/L_g ”与定子绕组431的每1匝的转矩常数 $[\text{Nm/A}]$ 具有相关(参照图66)。鉴于此,形成为“ $W/L_g = 2.5 \sim 7$ ”的结构,因此能够实现旋转电机400中的转矩的适当化。

[0396] 将转子410的磁铁构成为:以在作为磁极中心的 d 轴侧,与作为磁极边界的 q 轴侧相比,易磁化轴的方向与 d 轴平行的方式进行取向,或者易磁铁轴的方向相对于相互对置且成为磁通的流入流出面的一对作用面倾斜,并且该倾斜的方向成为以在定子绕组431侧接近 d 轴的方式相对于 d 轴倾斜的方向。在该情况下,能够强化各磁极的磁铁磁通,另一方面,担心涡流损耗的增加,但将定子绕组431设为使用了将导线材料卷绕多层而成的部分绕组441的结构,因此能够减少涡流损耗。此外,在部分绕组441中,若通过将多个线材绞合而成的绞合线构成导线材料,则能够得到更进一步的涡流的减少效果。

[0397] 部分绕组441A、441B均能够使用相同形状的空芯线圈来制成,通过分开使用夹具,分别能够制成搭接部443向径向内侧弯曲的部分绕组441A和搭接部443向径向外侧弯曲的部分绕组441B。另外,在极数不同的旋转电机中,也能够通过夹具的变更来简单地应对。由此,能够实现部件的共享化。

[0398] (第三实施方式)

[0399] 在本实施方式中,作为用于适当地进行定子430中的散热的结构,使用图68所示的结构。图68是将部分绕组441中的中间导线部442的一个放大示出的横剖视图。此外,在本实施方式中,中间导线部442以外的结构可以与第二实施方式相同。

[0400] 在图68中,在中间导线部442中,在径向以及周向上分别排列多个导线材料,在径向外侧,与径向内侧相比,在周向上排列的导线材料彼此的间隔变宽。与此相对,导线彼此的径向的间隔均大致相同。详细而言,在部分绕组441中,导线材料是截面为四边形的方线,该方线以侧面彼此在径向以及周向上相互对置的方式卷绕多层。导线材料可以是扁平线。而且,在中间导线部442中,在径向上方线的侧面彼此接近对置,并且在周向上与径向相比

方线的侧面彼此分离地对置。

[0401] 在中间导线部442中,成为径向端面的两个面(径向内侧以及外侧的各端面)形成分别为大致圆弧状延伸。另外,成为周向端面的两个面(周向两端的各端面)形成与从旋转电机400的轴心呈放射状延伸且以规定角度分离的两条直线LB大致平行。此外,两条直线LB所成的角度可以根据极数(部分绕组441的数量)改变,为 $360^\circ \times (2/K)$ (K为线圈数)。

[0402] 在上述结构中,鉴于在径向的内外定子绕组431中的圆周长度不同,在中间导线部442中,将在径向内侧在周向上排列的导线材料设为密集状态,将在径向内侧在周向上排列的导线材料设为稀疏状态。由此,在各导线材料彼此之间能够确保使由各部分绕组441产生的热量释放出的散热部。其结果是,在具有无齿结构的定子430的旋转电机400中,能够适当地进行定子430中的散热。

[0403] 另外,根据上述结构,在径向上,方线的侧面彼此接近对置,在周向上,与径向相比,方线的侧面彼此分离地对置。因此,中间导线部442的径向的厚度成为与方线(导线材料)的卷绕数相应的规定厚度,并且中间导线部442的周向的宽度根据方线彼此的分离距离在径向内外不同。在该情况下,使中间导线部442的径向的厚度在周向上成为恒定,并且仅调整径向内外的周向的宽度尺寸。

[0404] 此外,中间导线部442的结构在任一个部分绕组441A、441B中都相同。中间导线部442形成径向的厚度尺寸比周向的宽度尺寸小的截面扁平状。由此,中间导线部442的径向厚度变薄,能够在无齿结构的定子430中提高磁通密度而实现转矩的增强。

[0405] 另外,可以在各中间导线部442中在径向以及周向上排列的导线材料之间夹有绝缘性的密封材料。由此,能够进行经由该密封材料的散热和导线材料基于密封材料的固定。另外,通过使密封材料的热导率比导线材料的绝缘覆盖膜的热导率高,从而提高各部分绕组的散热性能。

[0406] 上述结构的部分绕组441例如可以通过以下的顺序来制成。在形成了空芯线圈之后,将中间导线部442放入图69的(a)所示的型箱601。型箱601具有底部602和该底部602的两侧的两个壁部603。底部602在内侧具有呈凸的曲面状的底面,各壁部603设置为彼此的间隔朝向开放端侧扩展。底部602中的底面的曲率可以与部分绕组441的组装对象即定子铁芯432的外周面的曲率相同。

[0407] 然后,对型箱601内的中间导线部442按压间隙调整用的按压夹具605,从而在各导线材料之间形成间隙。按压夹具605包括:具有曲面状的板面的基座部606、和在该基座部606从凹面侧突出的多个梳齿部607。多个梳齿部607是设置为以导线材料的各一个的间隔与导线材料沿同方向延伸的薄板部,形成越靠近前端越细且前端尖的截面锥形(楔形)。梳齿部607可以由例如具有弹性的金属或者树脂材料形成。

[0408] 在将按压夹具605按压在中间导线部442的状态下,如图69的(b)所示,梳齿部607进入在周向上排列的导线材料之间,导线材料彼此成为在周向上分离的状态。由此,在径向外侧,与径向内侧相比,在周向上排列的导线材料彼此的间隔变宽。另外,通过型箱601的底面的曲面形状、以及基座部606的曲面形状,将中间导线部442中的径向的两端面形成成为曲面状。此外,梳齿部607除了以导线材料的各一个的间隔设置以外,也可以以各多个的间隔(例如各两个的间隔)设置。

[0409] 之后,从中间导线部442卸下按压夹具605,在各导线材料之间的间隙填充树脂材

料等密封材料。然后,使空芯线圈的轴向端部弯曲而形成搭接部443。

[0410] 此外,空芯线圈的轴向端部的弯曲可以在如上述那样利用按压夹具605形成中间导线部442的间隙之后进行,也可以在利用按压夹具605形成中间导线部442的间隙之前进行。

[0411] 也可以将各中间导线部442设为图70所示的结构。在图70的结构中,使用扁平线作为导线材料,将该导线材料的截面长边方向设为径向,并且以使宽面彼此在周向上相互对置的状态配置。而且,在中间导线部442中,构成为在径向外侧,与径向内侧相比,在周向上排列的导线材料彼此的间隔变宽。

[0412] (第二、第三实施方式的变形例)

[0413] • 在上述实施方式中,作为在中间导线部442的径向端面中与定子铁芯432之间的径向尺寸在周向上不同的结构,构成为在该径向端面中,在周向中央部和周向两端部与定子铁芯432之间的径向尺寸不同,但也可以对此进行变更。例如,也可以构成为在中间导线部442的径向端面,在周向一端侧和周向另一端侧与定子铁芯432之间的径向尺寸不同。

[0414] • 在上述实施方式中,将部分绕组441A、441B的制成所使用的空芯线圈设置成轴向两端部相互对称的形状(参照图63的(a)),但也可以对此进行变更。例如,在空芯线圈中,也可以仅使向径向弯曲的轴向端部比相当于一对中间导线部442的部位彼此的间隔宽度宽或者宽度窄。在该情况下,使向径向外侧弯曲的轴向端部比一对中间导线部442的间隔宽度宽。另外,使向径向内侧弯曲的轴向端部比一对中间导线部442的间隔宽度窄。就各部分绕组441A、441B而言,可以单独地制成部分绕组441A用的空芯线圈和部分绕组441B用的空芯线圈。

[0415] • 在上述实施方式的定子绕组431中,构成为使用侧视时呈大致L字状的部分绕组441A、441B(参照图51~图54),但也可以对此进行变更。例如,如图71的(a)、(b)所示,也可以构成为使用侧视时呈大致C字状的部分绕组441C、和侧视时呈大致I字状的部分绕组441D。此外,图71的(a)表示使各部分绕组441C、441D从定子铁芯432分离的状态,图71的(b)表示将各部分绕组441C、441D组装于定子铁芯432的状态。

[0416] • 在上述实施方式中,在部分绕组441中,将一对中间导线部442彼此平行且与轴向平行地设置,但也可以对此进行变更。例如,也可以使一对中间导线部442彼此非平行,或与轴向非平行。

[0417] • 也可以将旋转电机400设为内转子结构的旋转电机,代替外转子结构的旋转电机。在内转子结构的旋转电机中,定子430设置于径向外侧,转子410设置于径向内侧。在内转子结构的旋转电机中,如第二实施方式中说明那样,可以将中间导线部442的横截面设为长方形,使在定子铁芯432侧的径向端面上与定子铁芯432之间的径向尺寸在周向上不同。在该情况下,在定子铁芯432的径向外侧配置定子绕组431的结构(外转子式的旋转电机)中,在周向两端部,与周向中央部相比,径向尺寸变大,与此相对,相反,在定子铁芯432的径向内侧配置定子绕组431的结构(内转子式的旋转电机)中,在周向中央部,与周向两端部相比,径向尺寸变大。

[0418] • 作为旋转电机400,也可以采用将电枢作为转子、将励磁元件作为定子的旋转电机形的旋转电机,代替将励磁元件作为转子、将电枢作为定子的旋转励磁形的旋转电机。

[0419] • 旋转电机400的用途可以是车辆的行驶用电动机以外,也可以是包括飞机在内

的广泛用于移动体的旋转电机、用于工业用或者家庭用的电气设备的旋转电机。

[0420] 本说明书中的公开并不限制于例示的实施方式。公开包含所例示的实施方式、和基于这些实施方式的由本领域技术人员进行的变形方式。例如，公开并不限定于在实施方式中示出的部件以及/或者要素的组合。公开能够通过多种组合来实施。公开能够具有实施方式中可追加的追加部分。公开包含省略了实施方式的部件以及/或者要素之后的内容。公开包含一个实施方式与其它实施方式之间的部件以及/或者要素的置换、或者组合。所公开的技术范围并不限定于实施方式的记载。所公开的几个技术范围应被理解为由权利要求书的记载表示，进而包括与权利要求书的记载等同的意思以及范围内的全部变更。

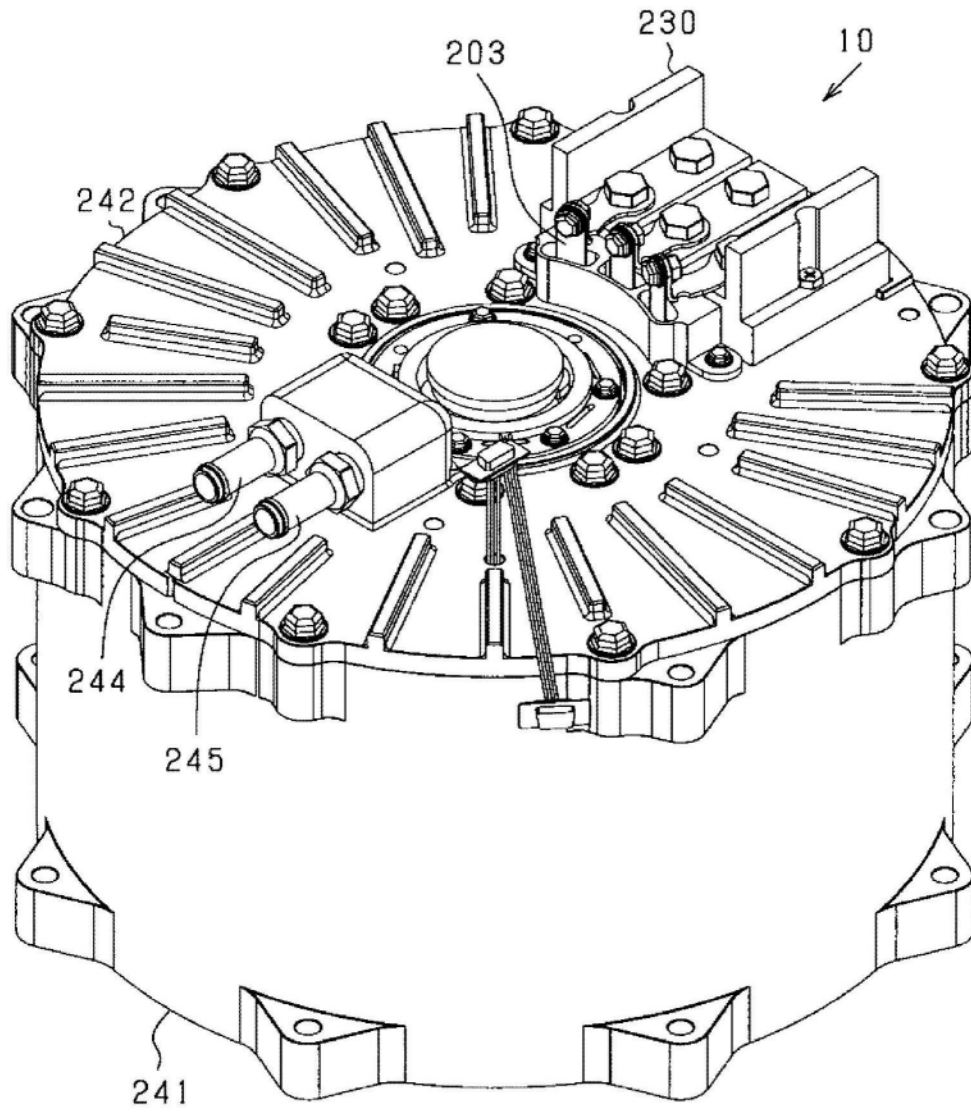


图1

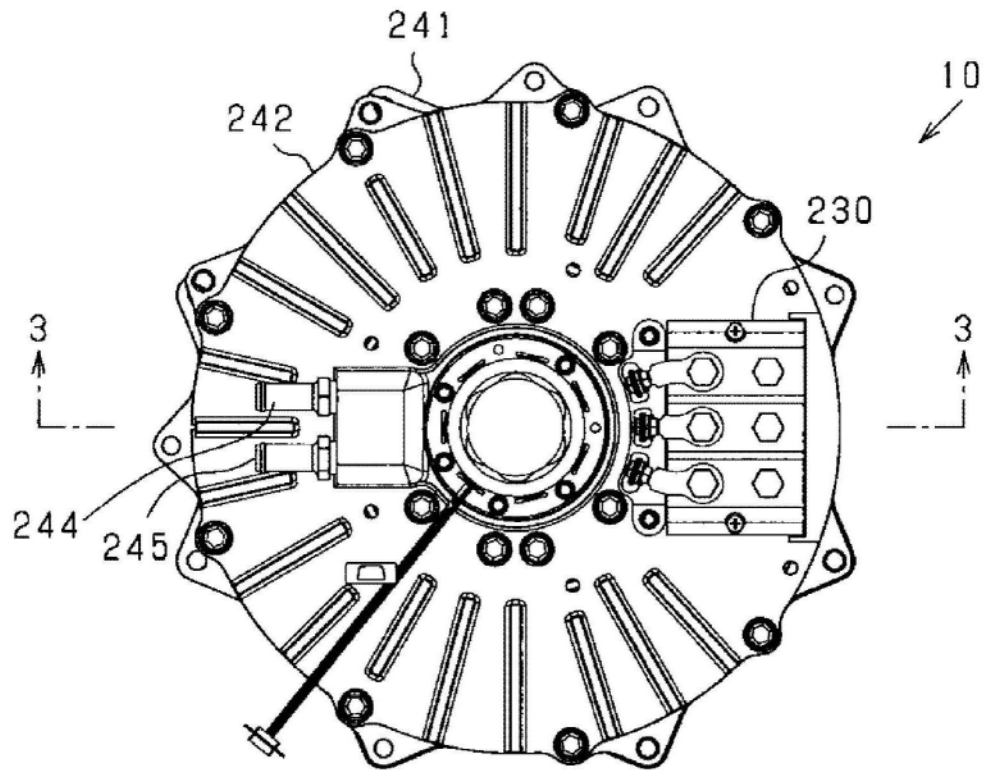


图2

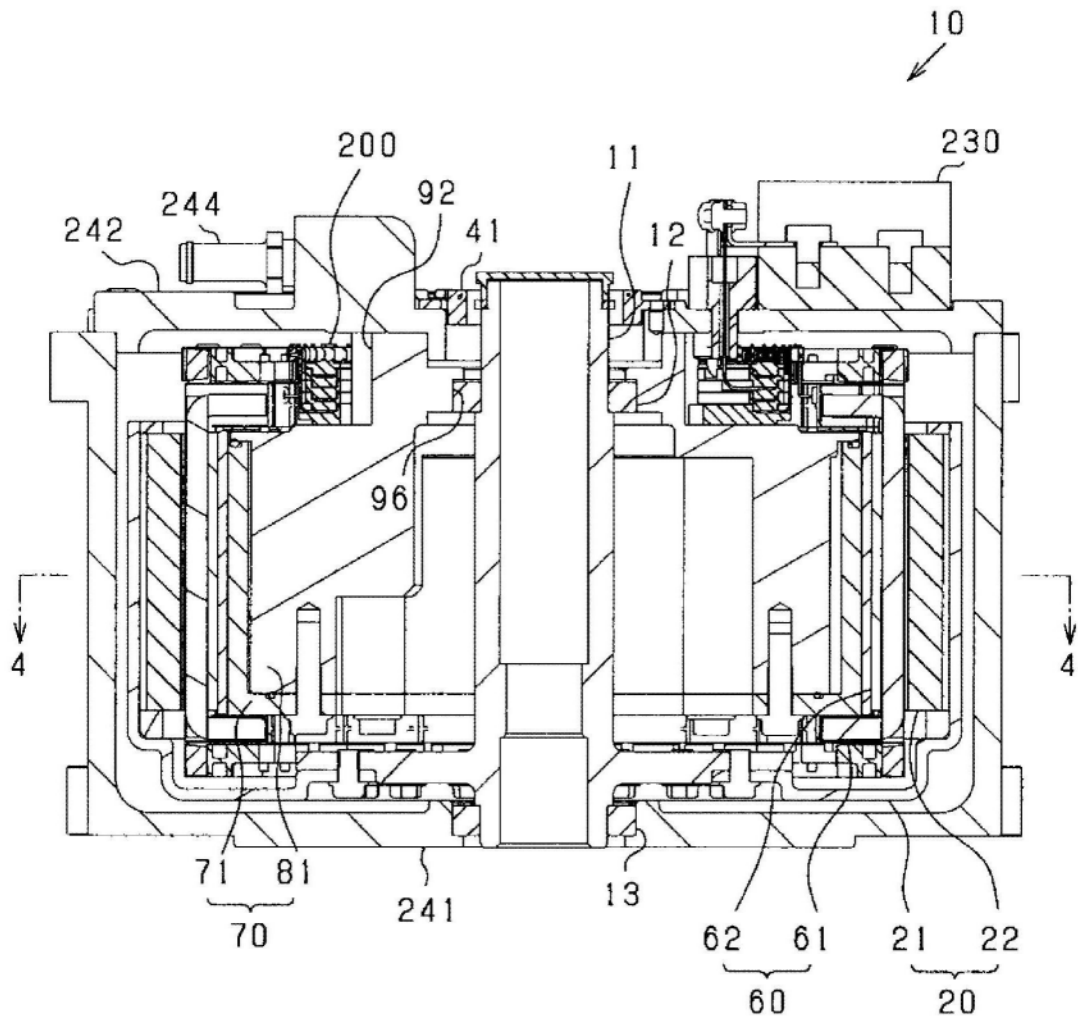


图3

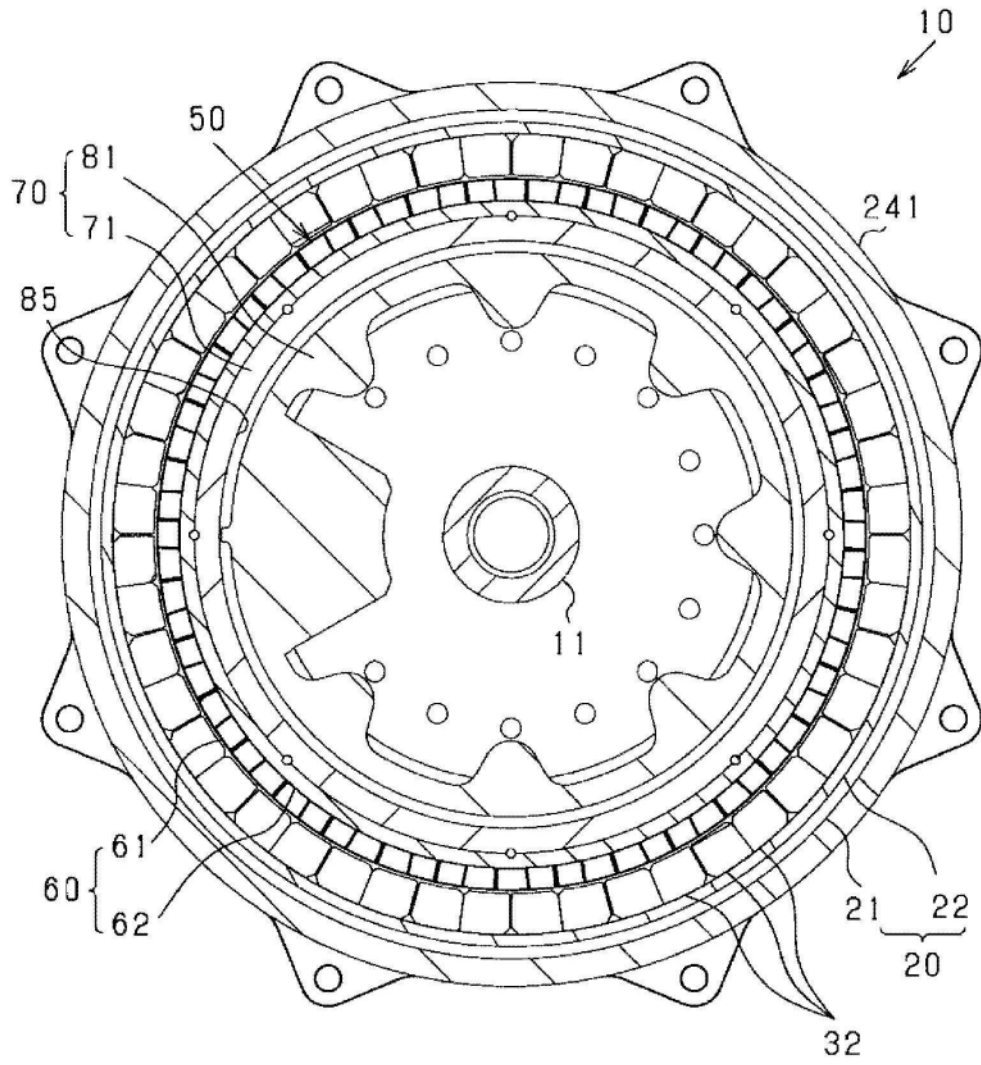


图4

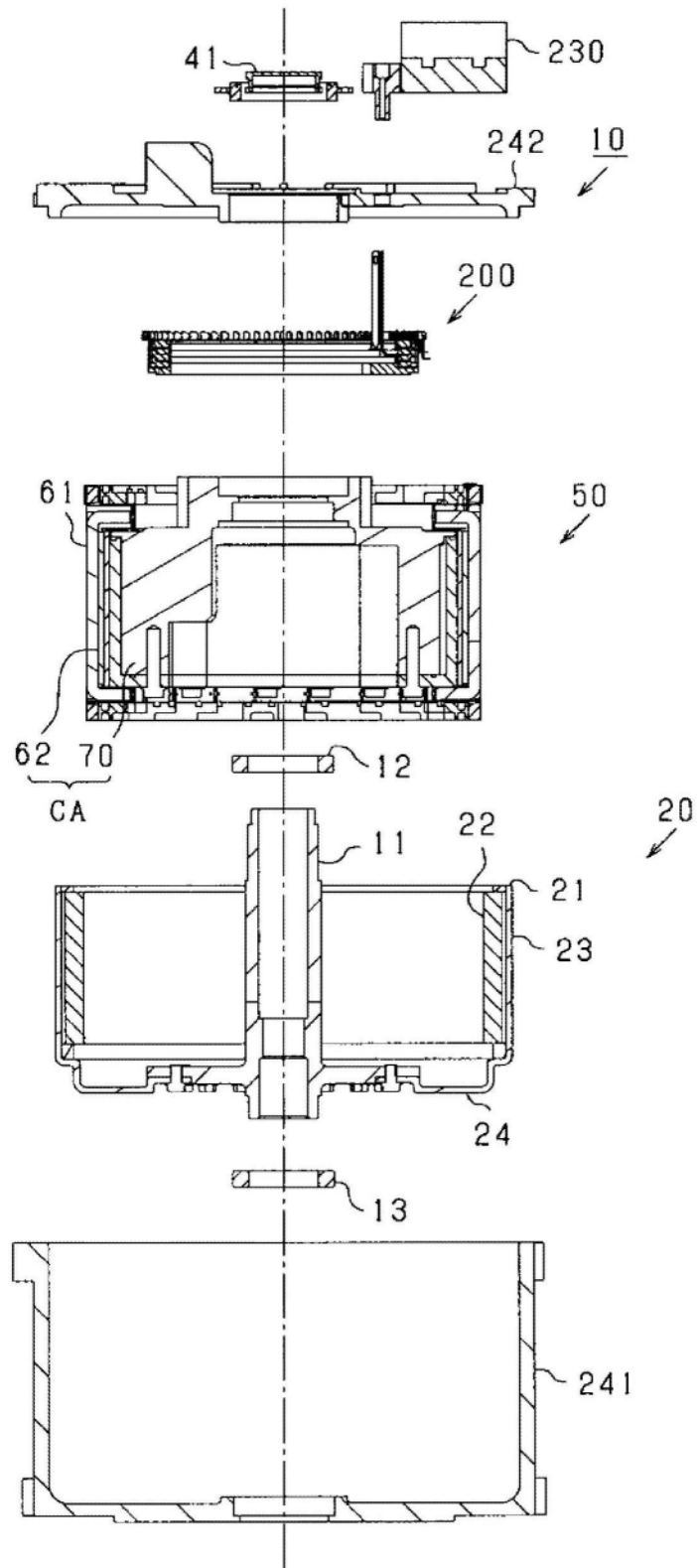


图5

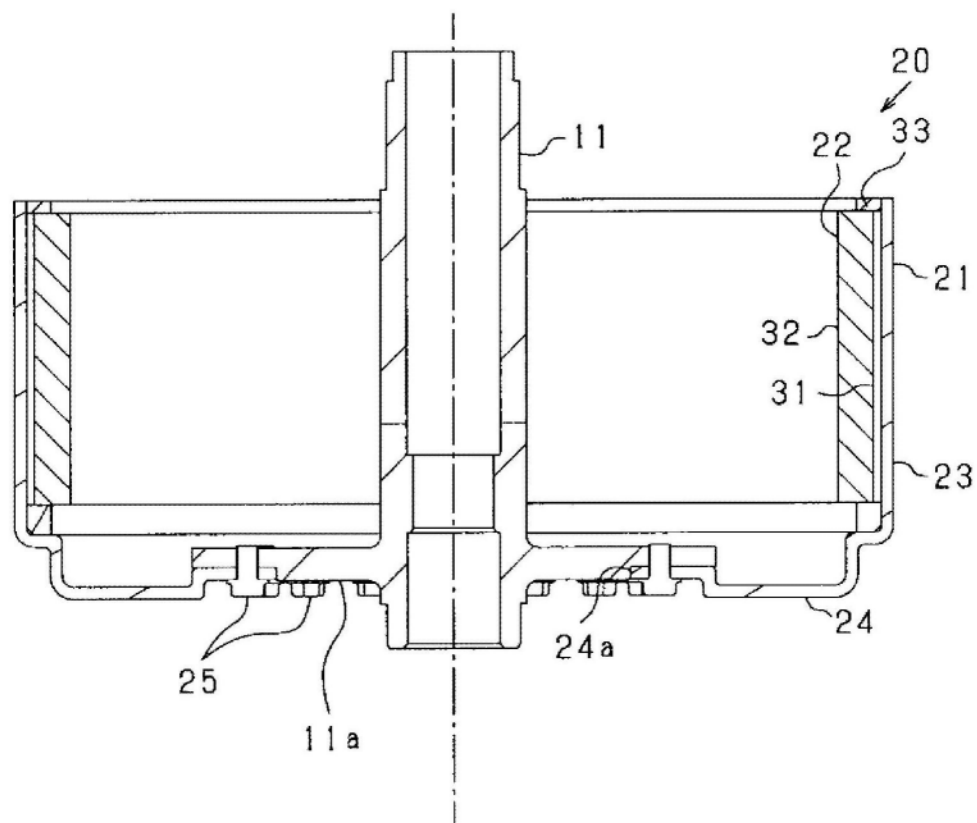


图6

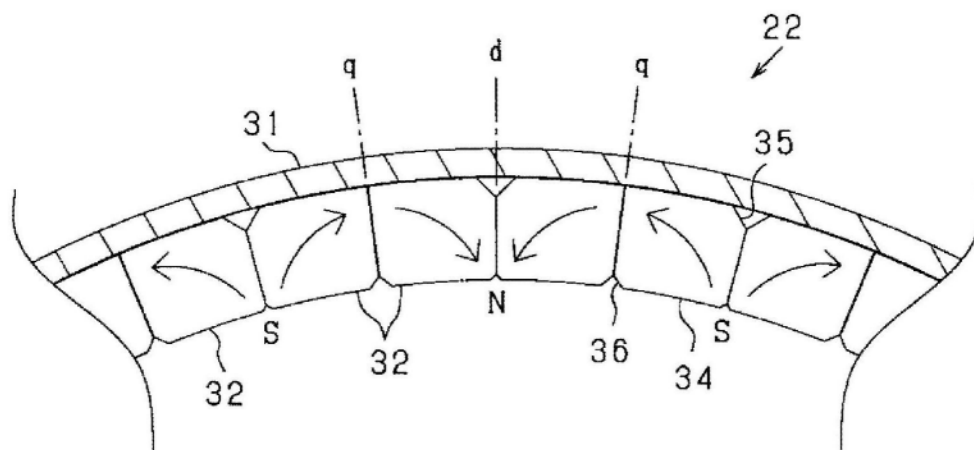


图7

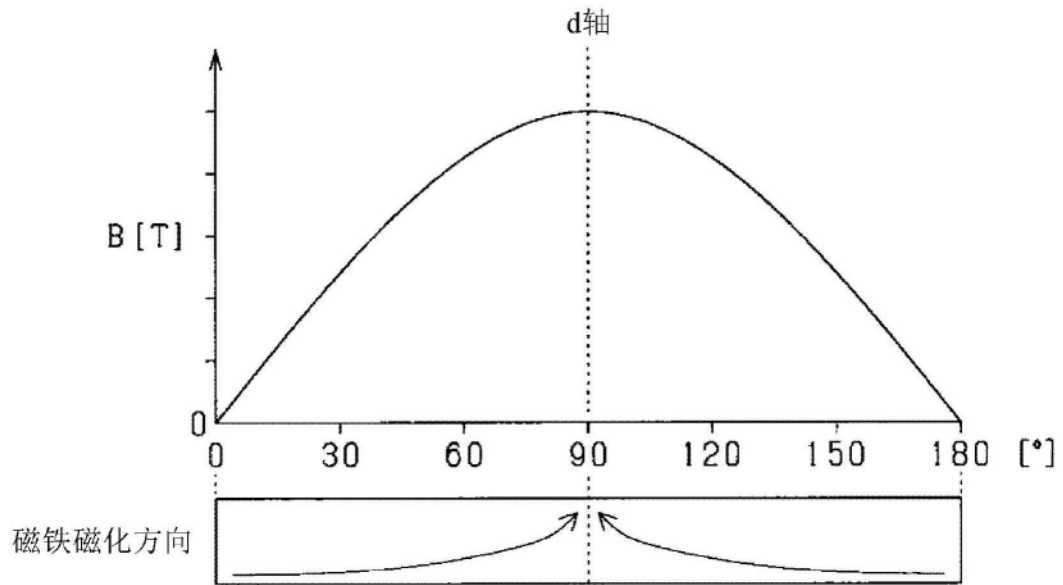


图8

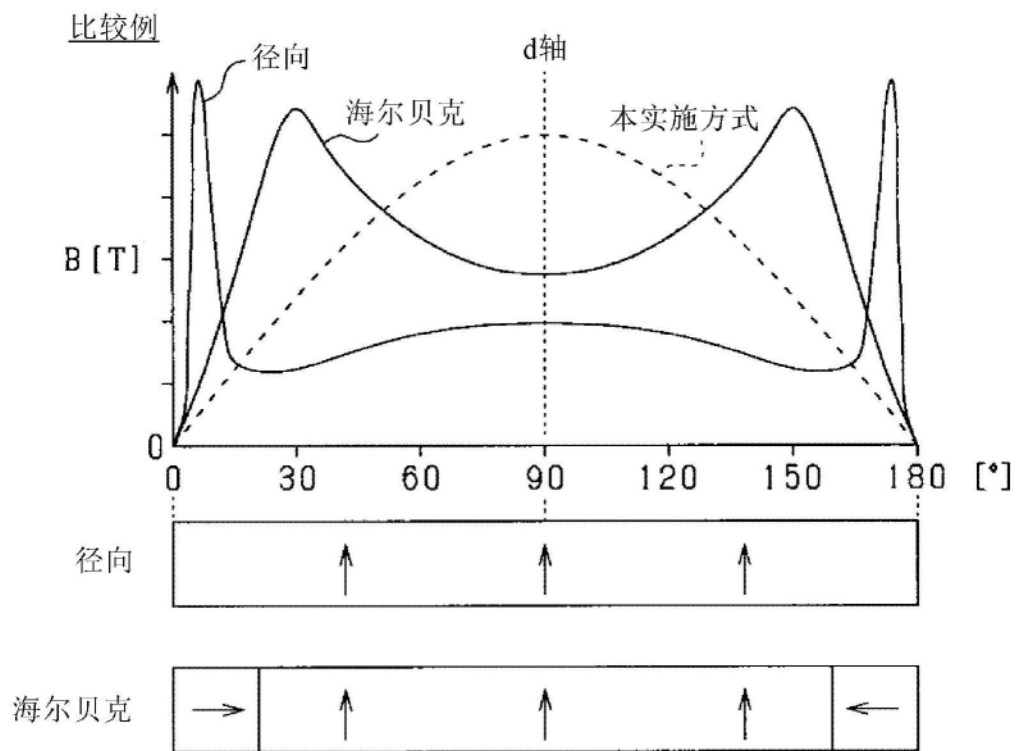


图9

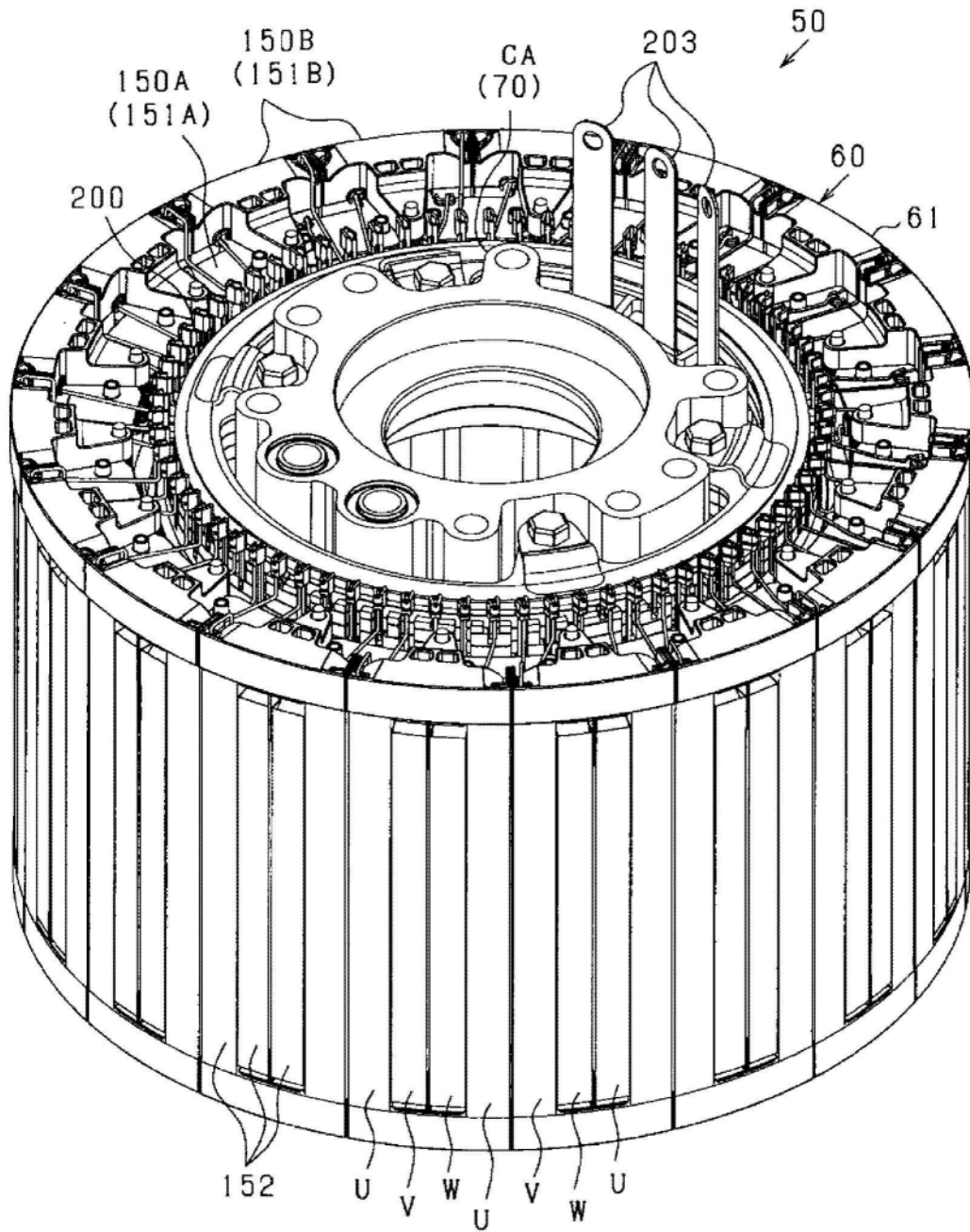


图10

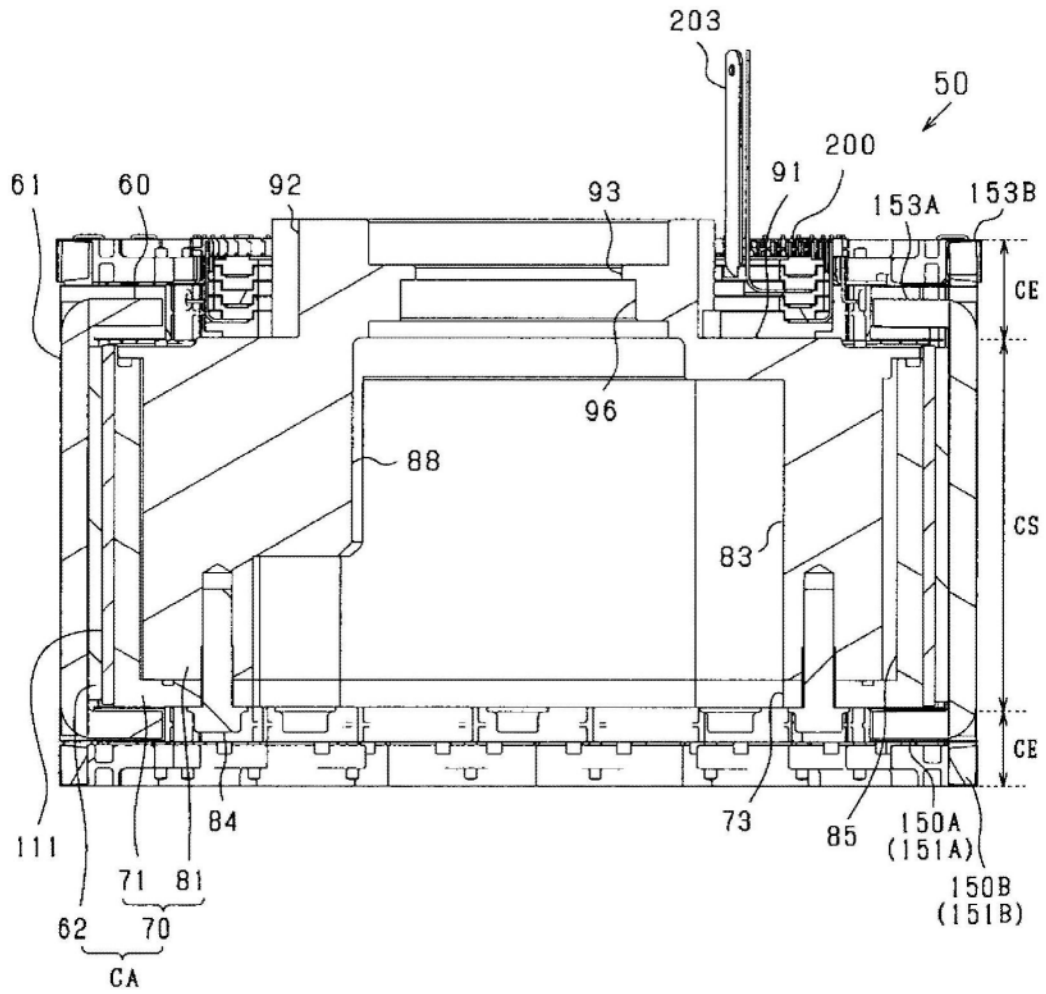


图11

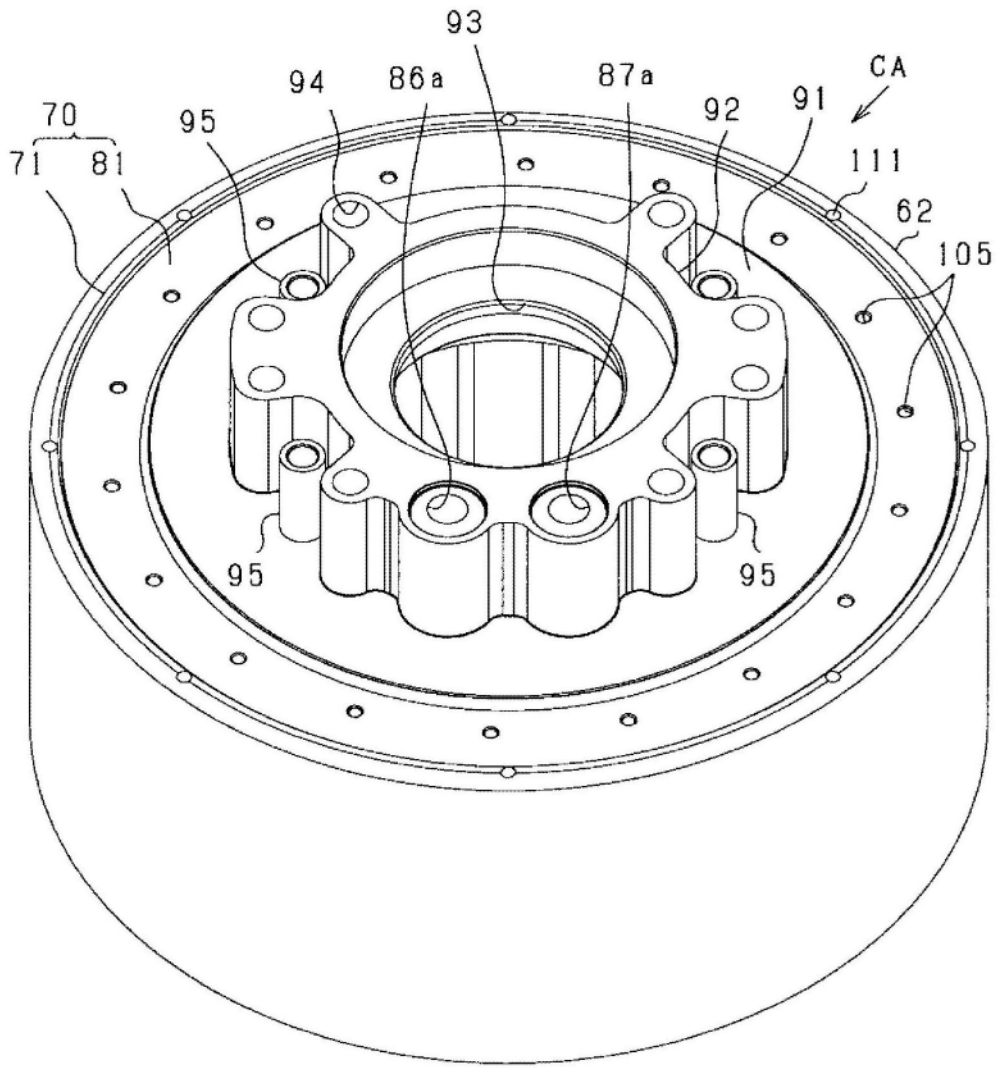


图12

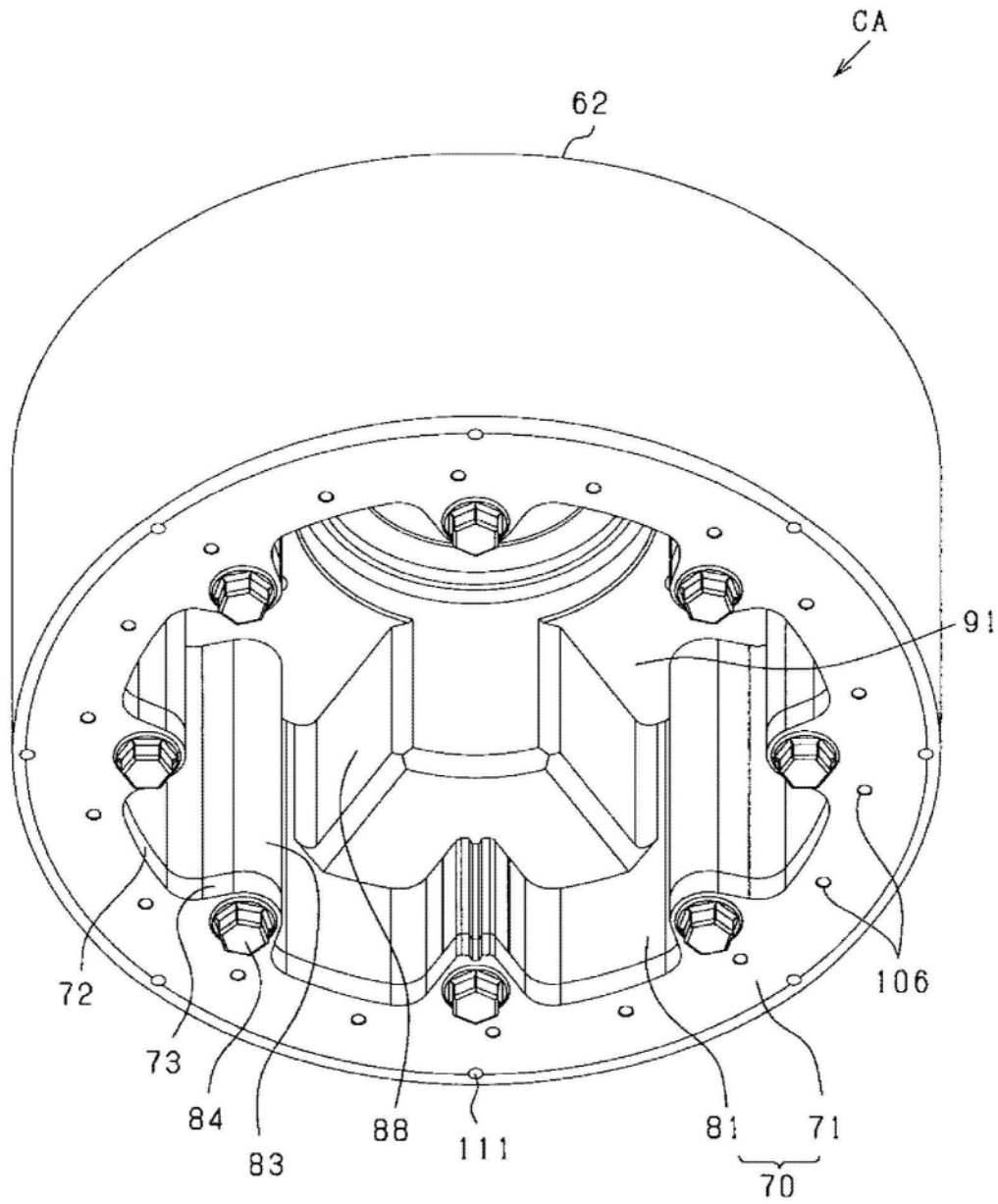


图13

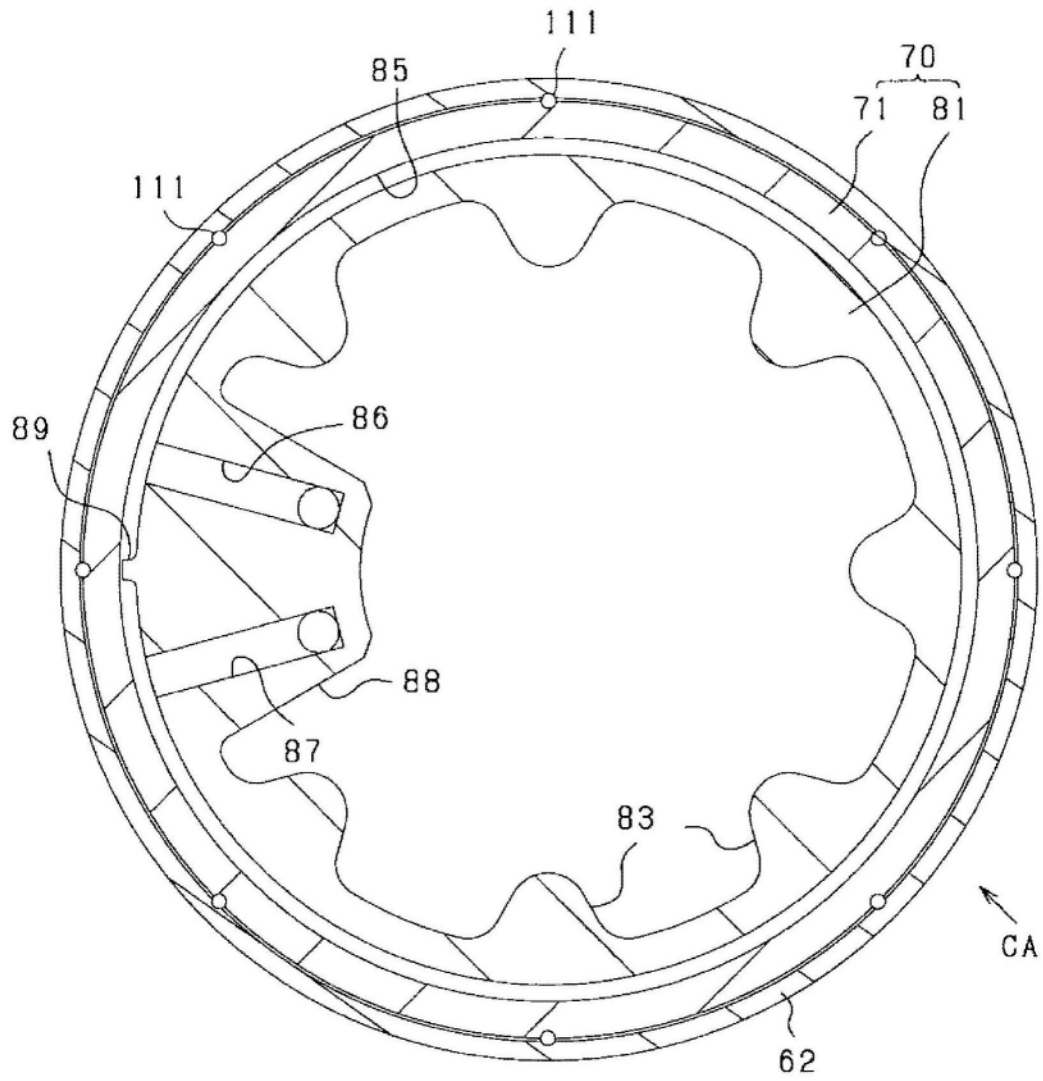


图14

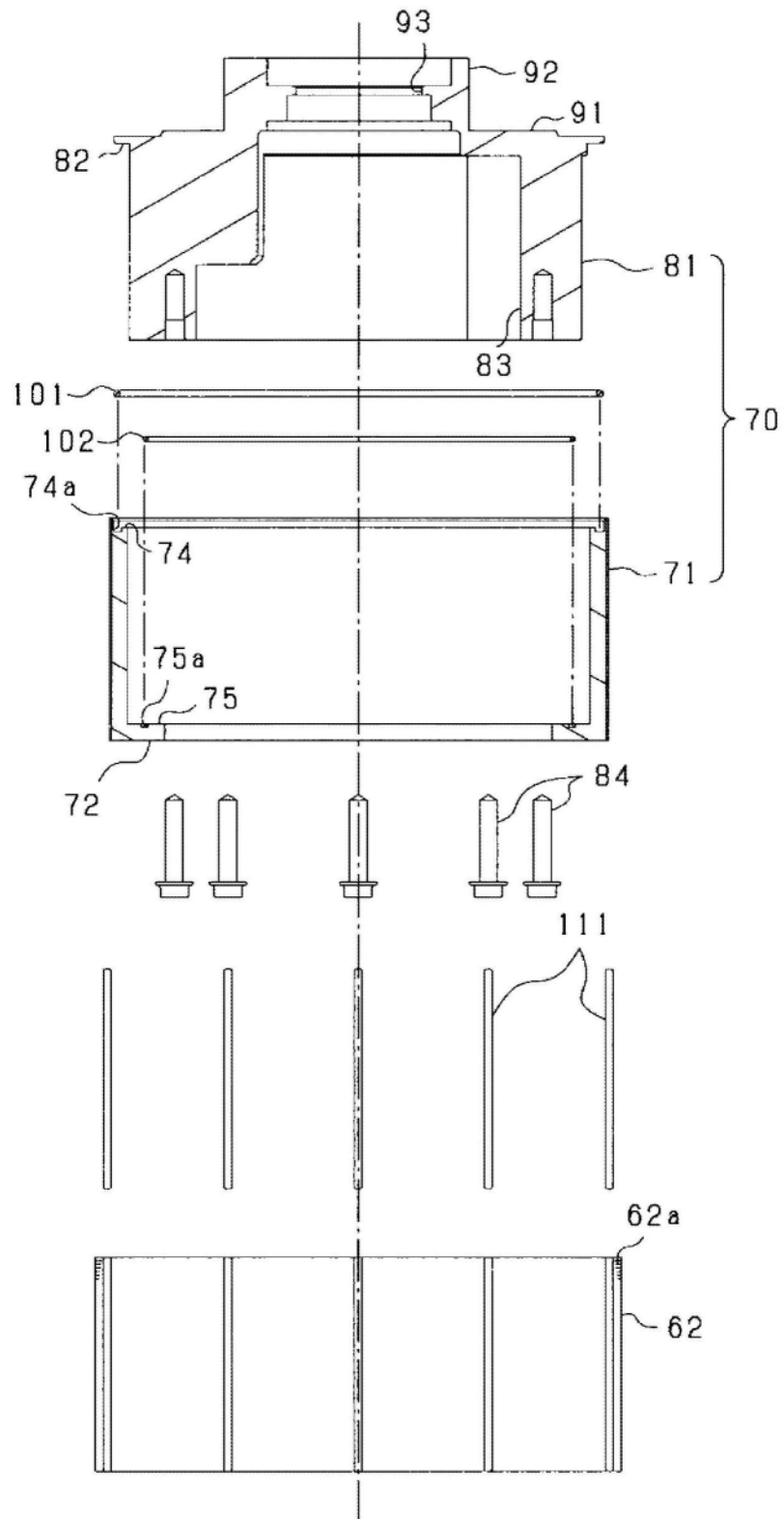


图15

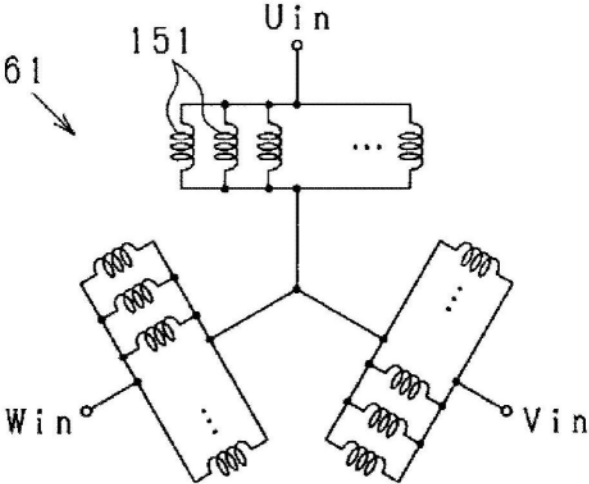


图16

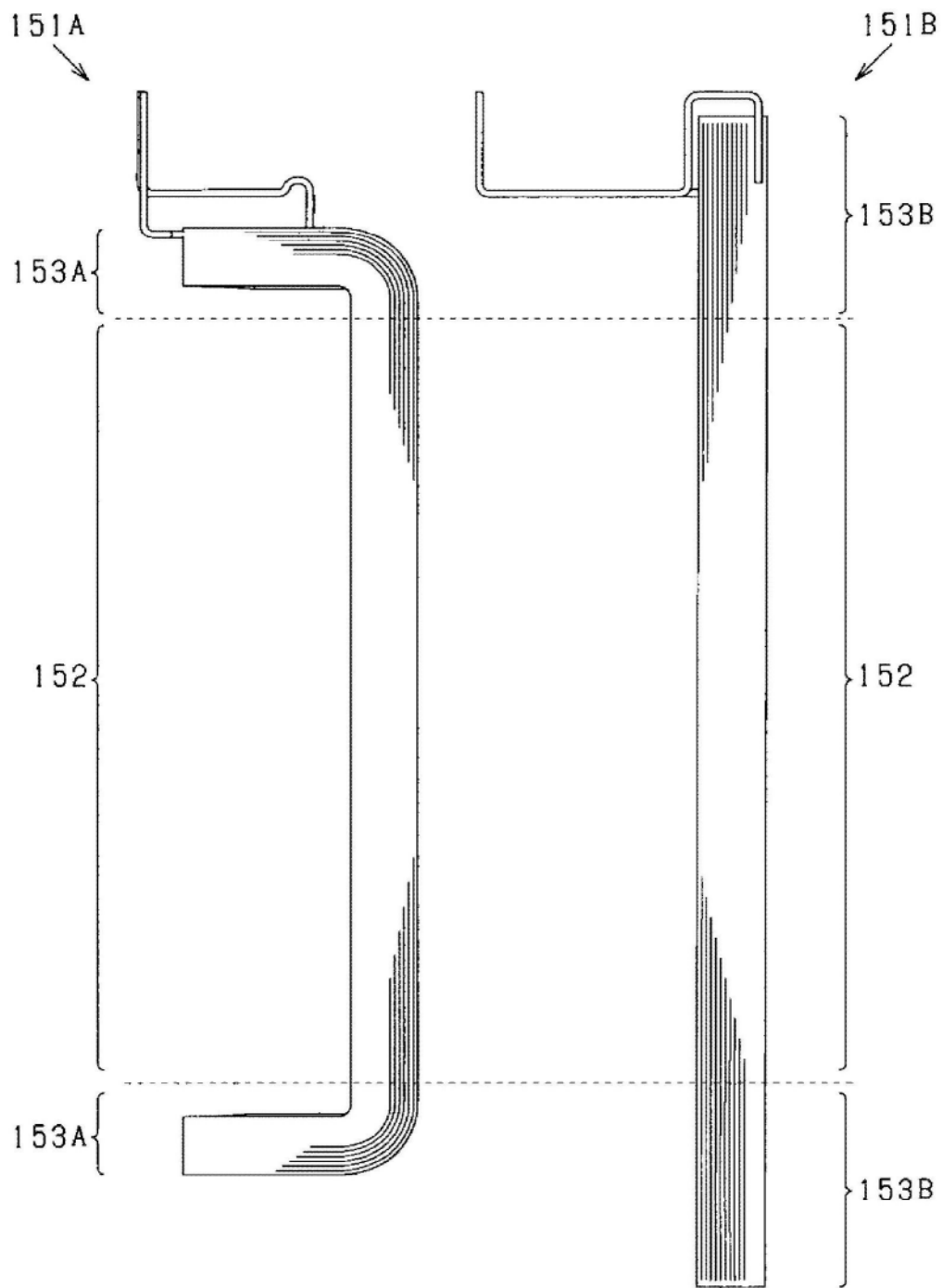


图18

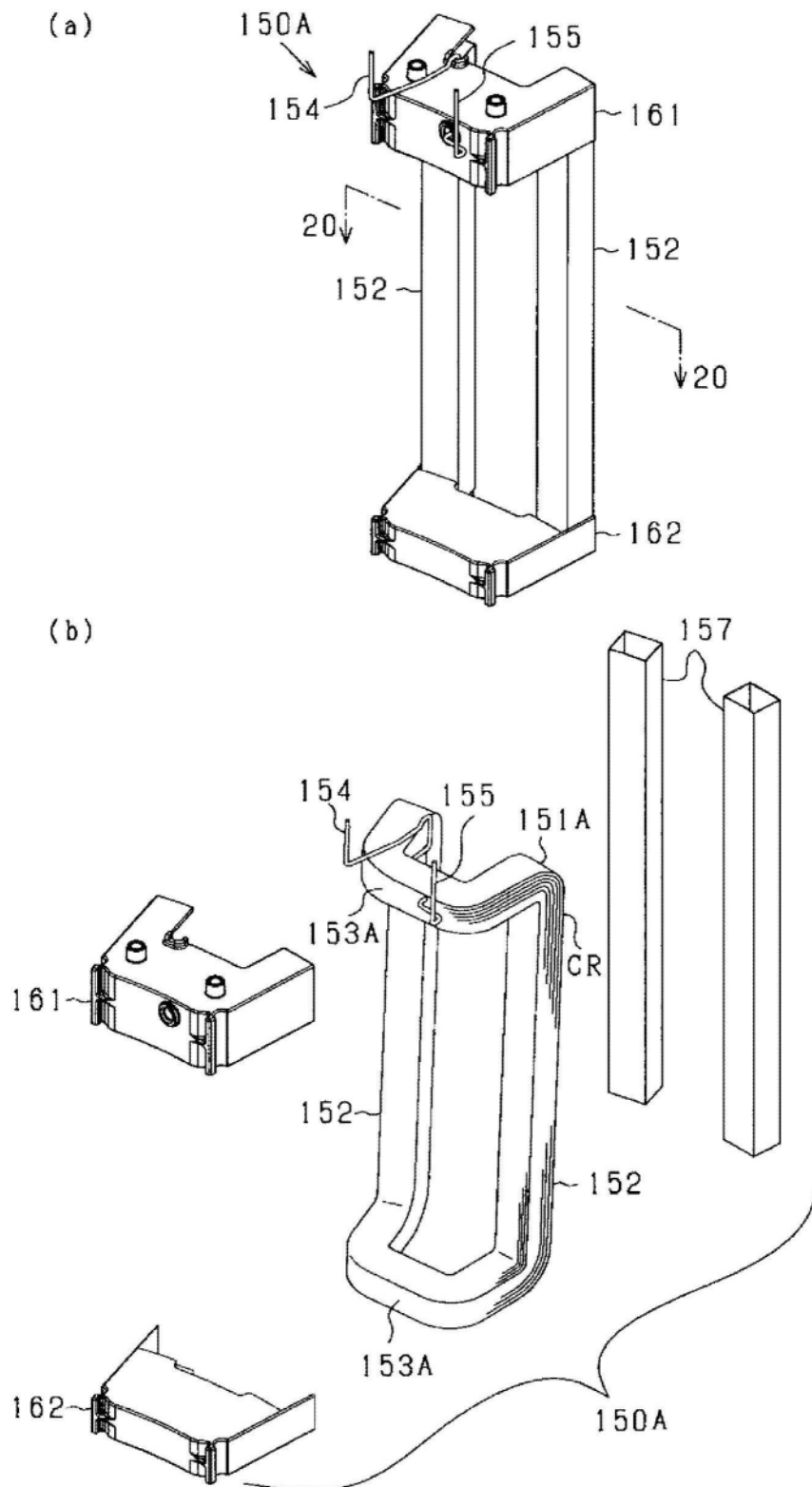


图19

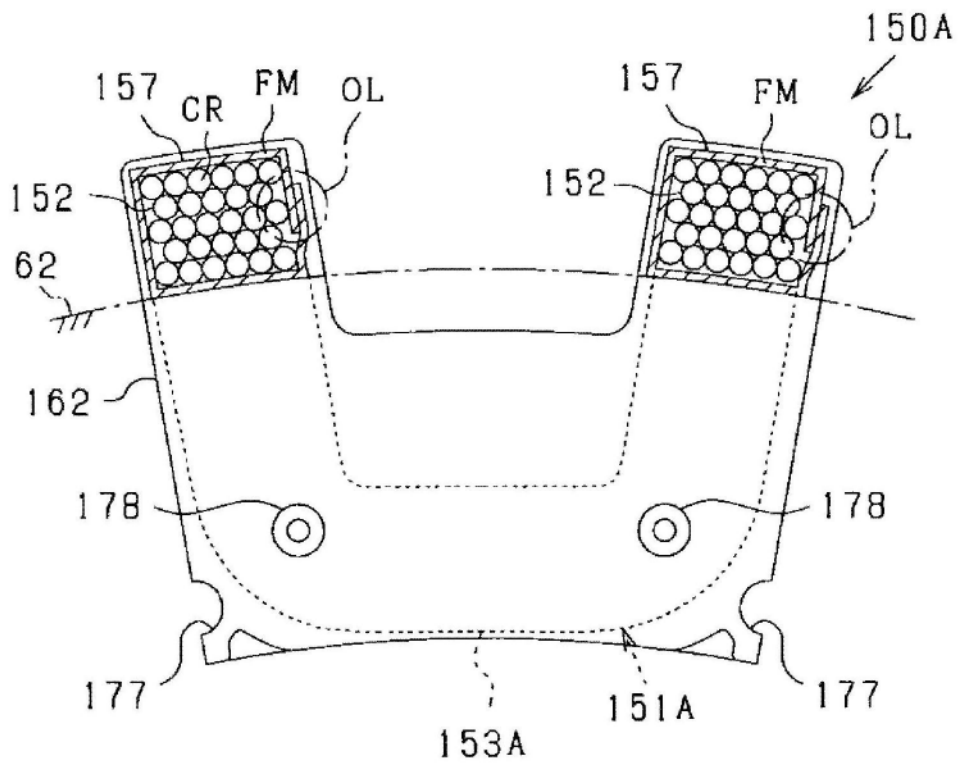
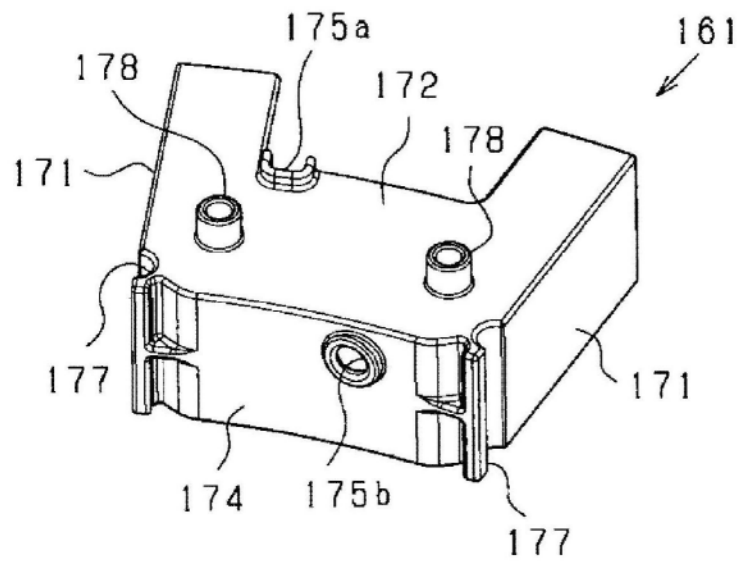


图20

(a)



(b)

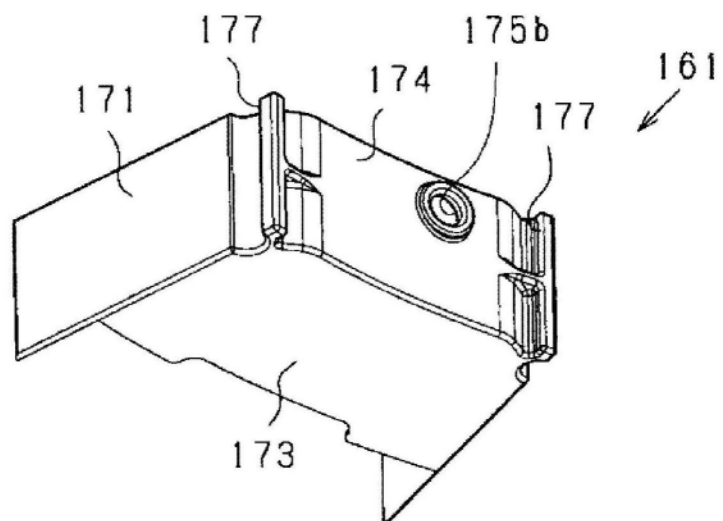


图21

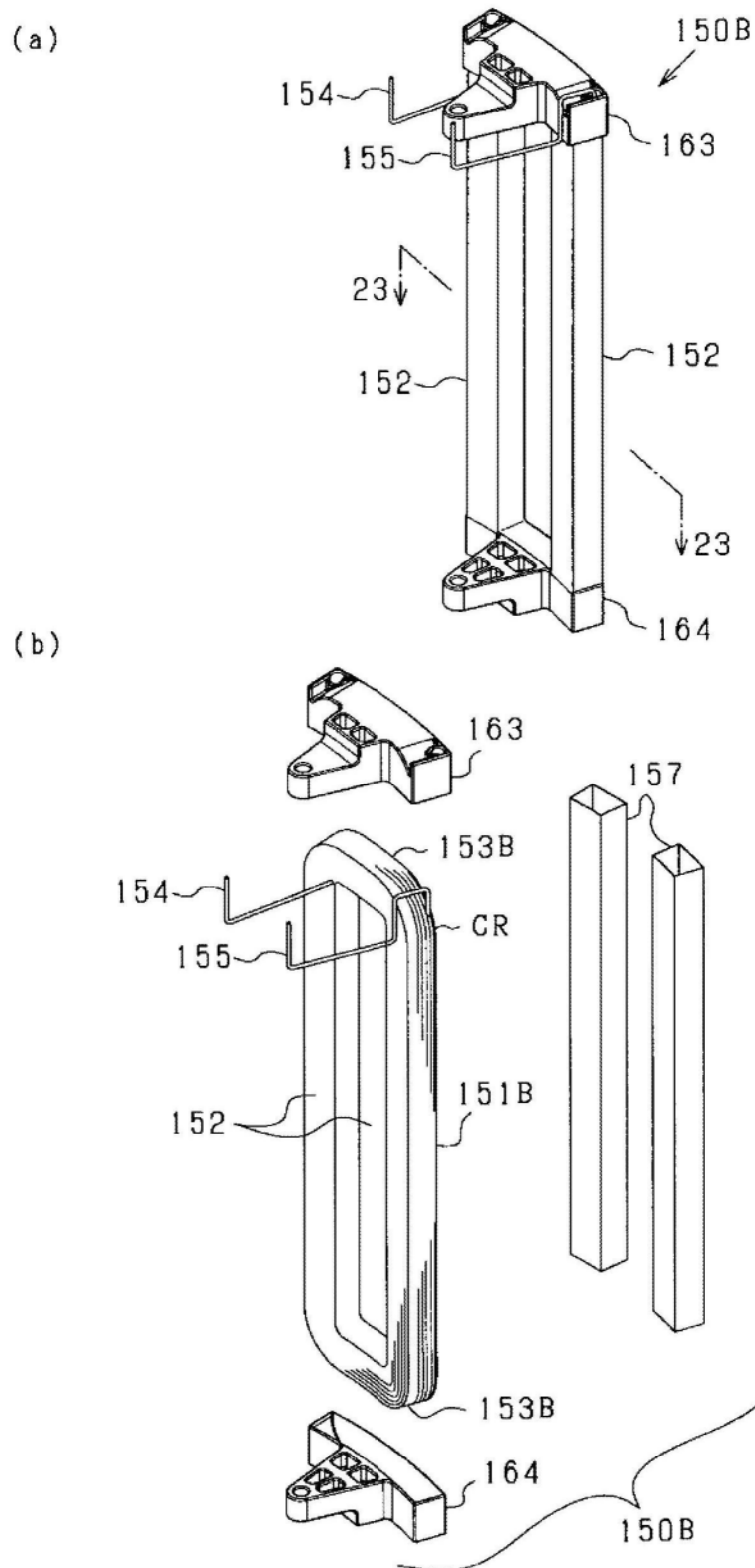


图22

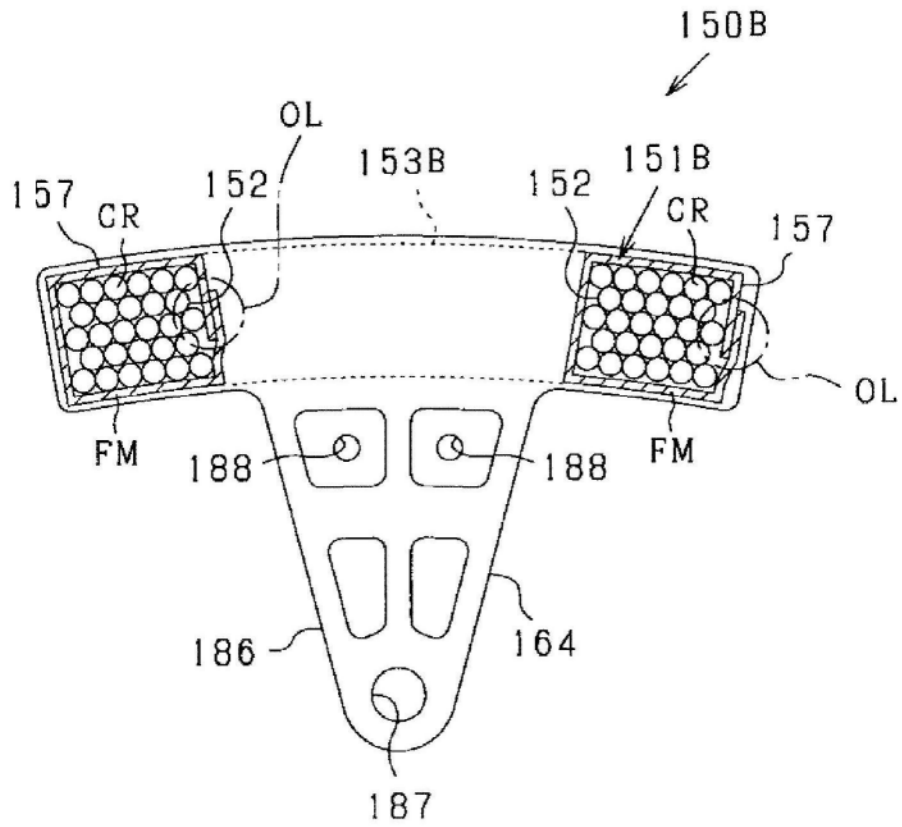


图23

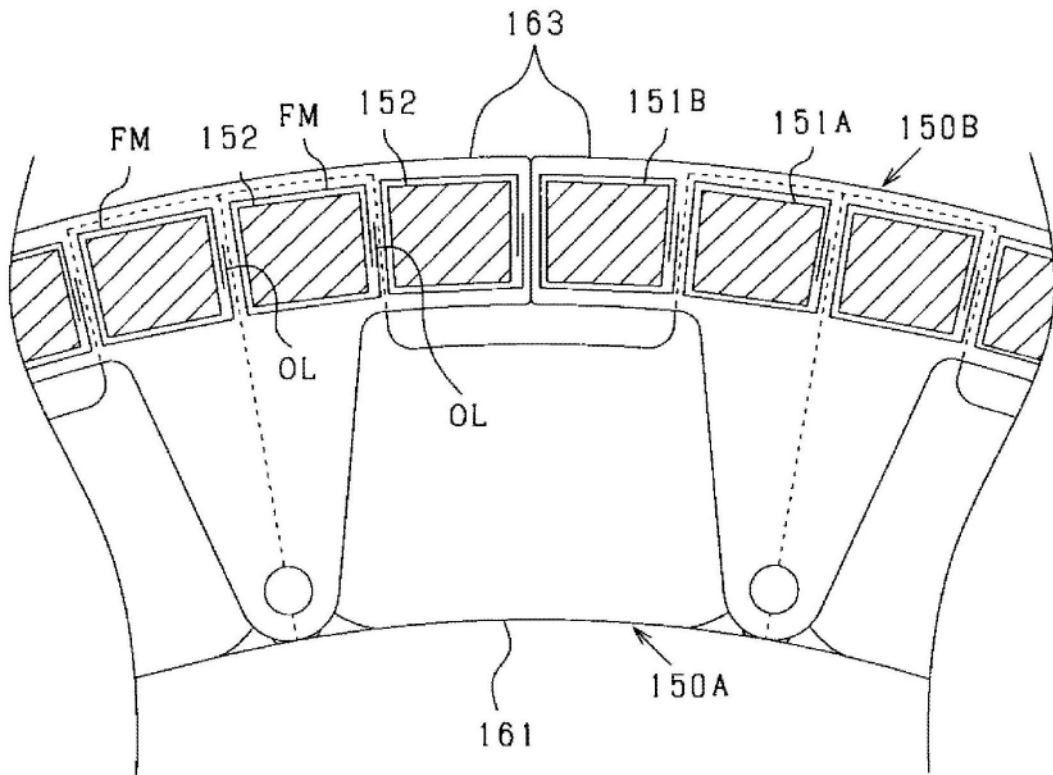


图25

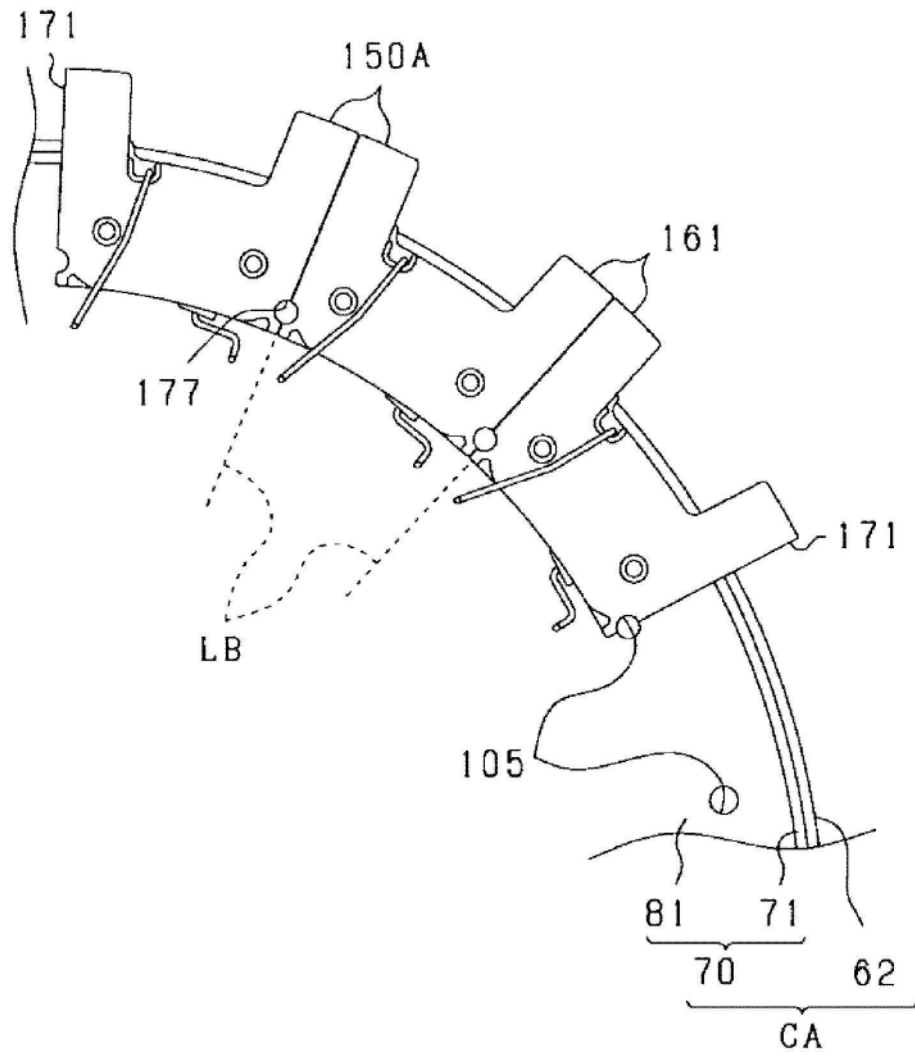


图26

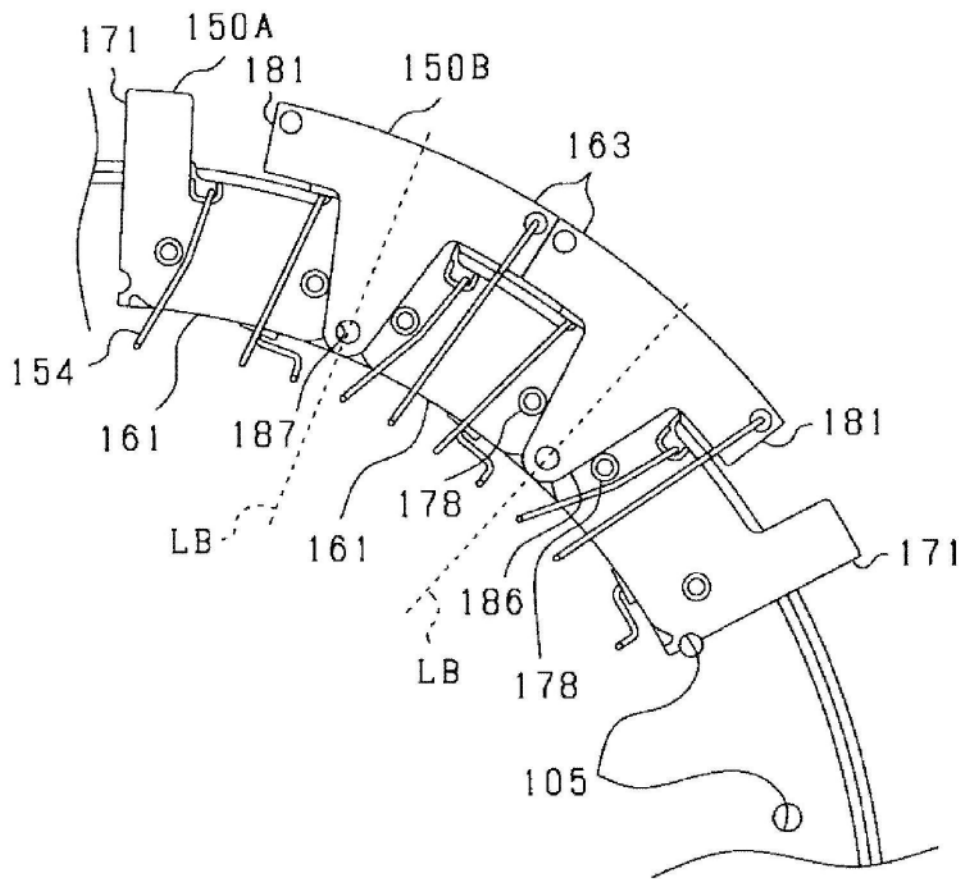


图27

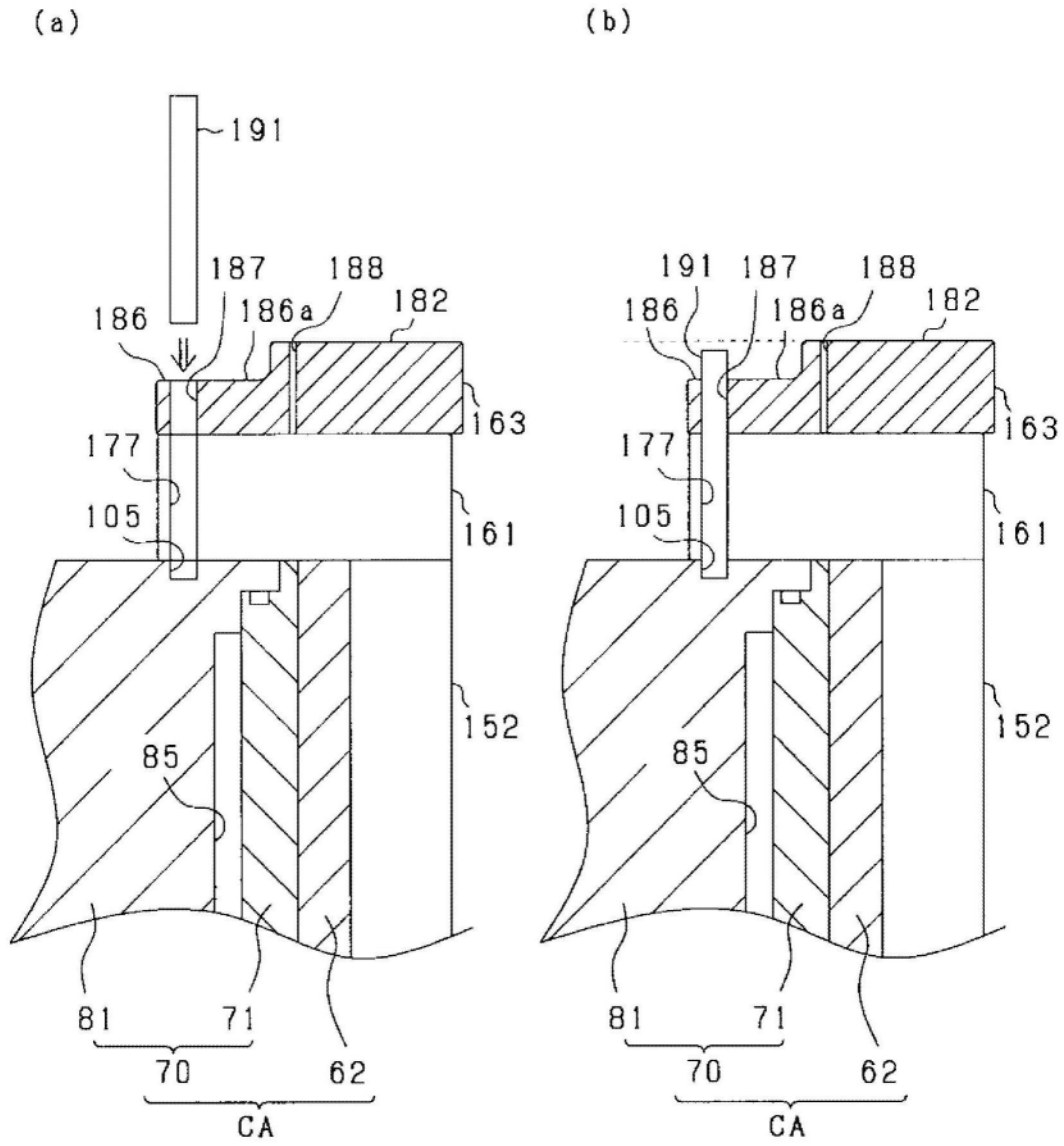


图28

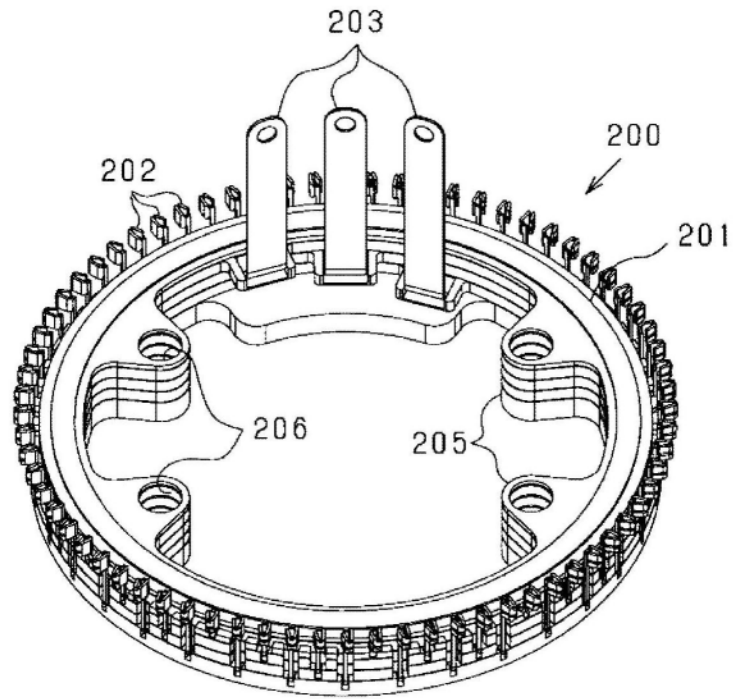


图29

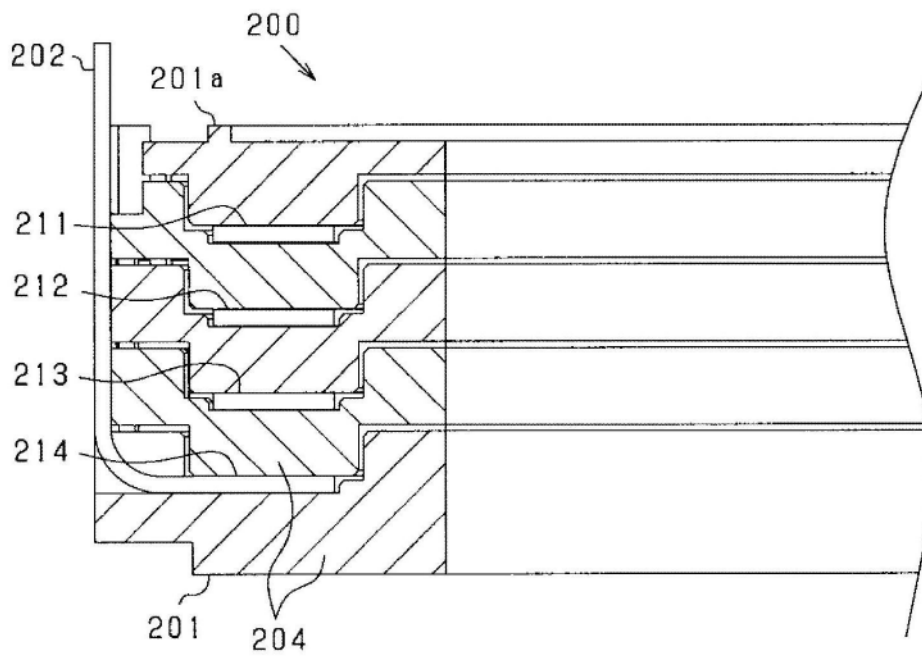


图30

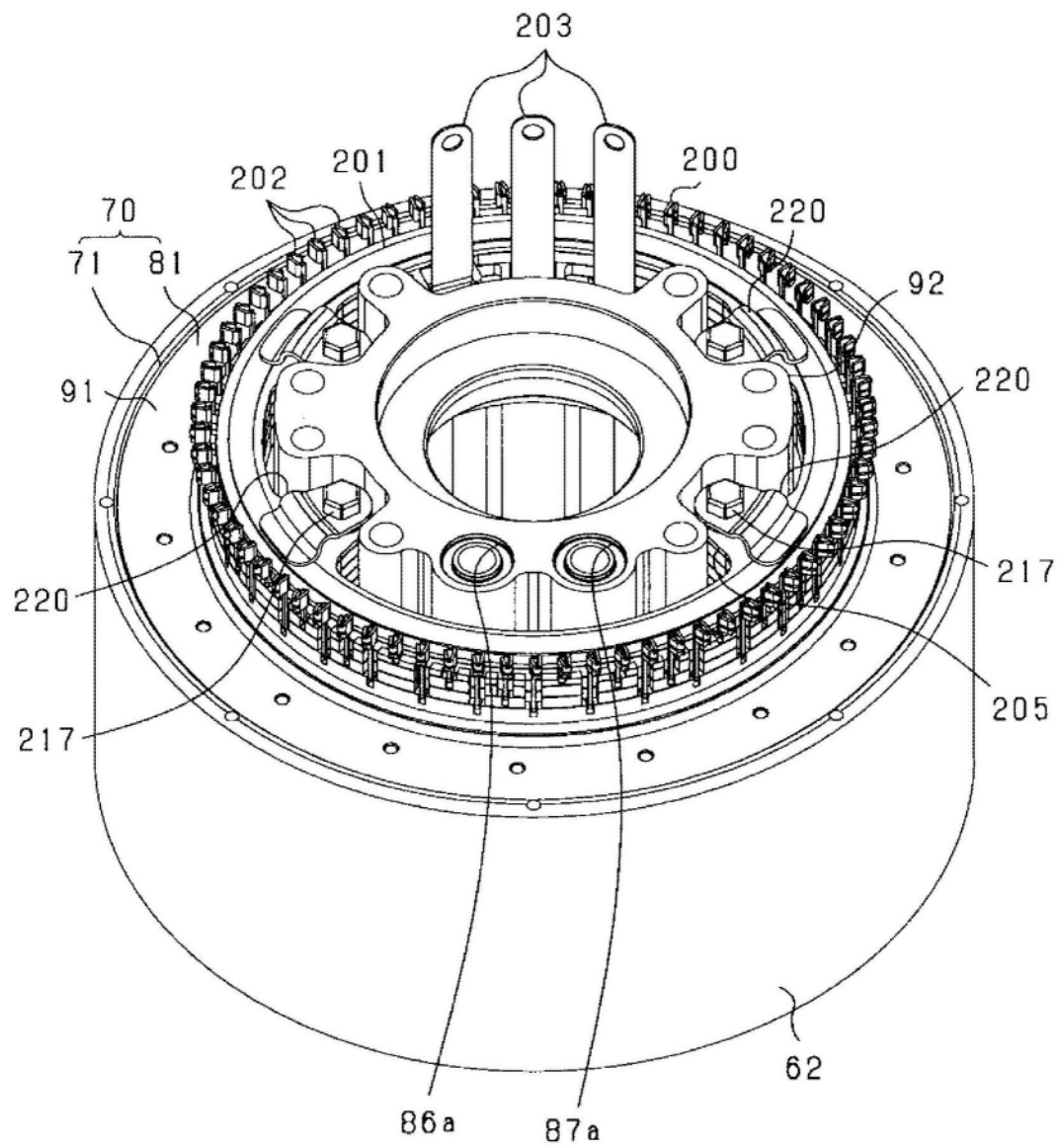


图31

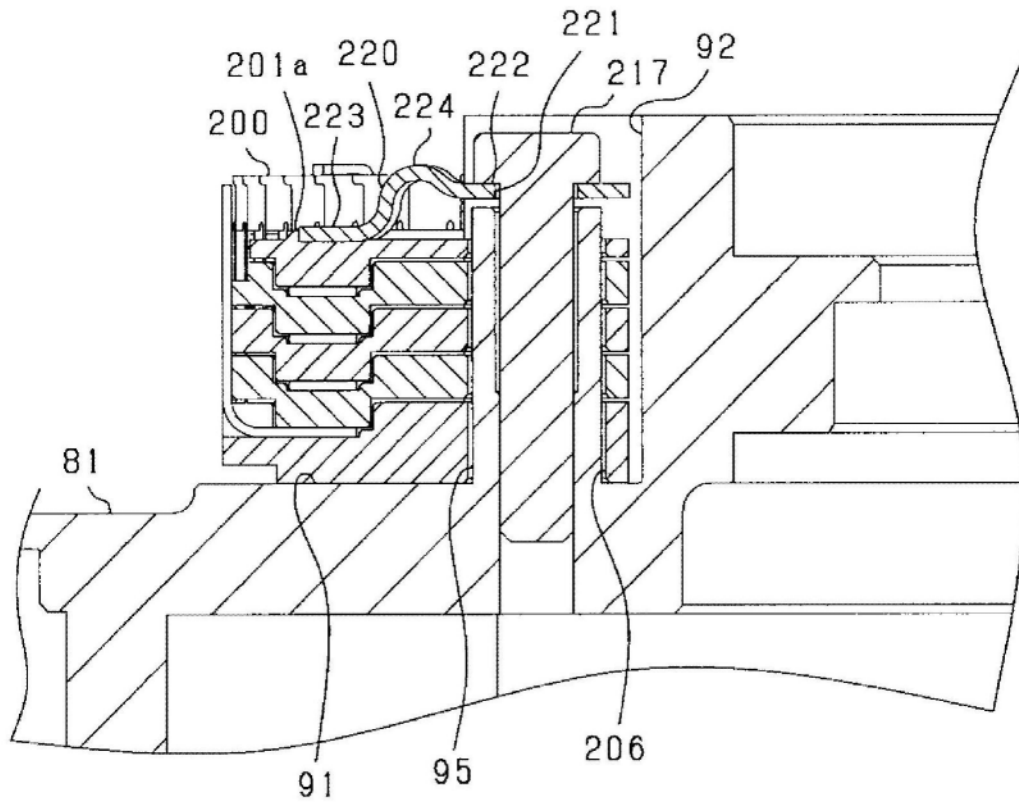


图32

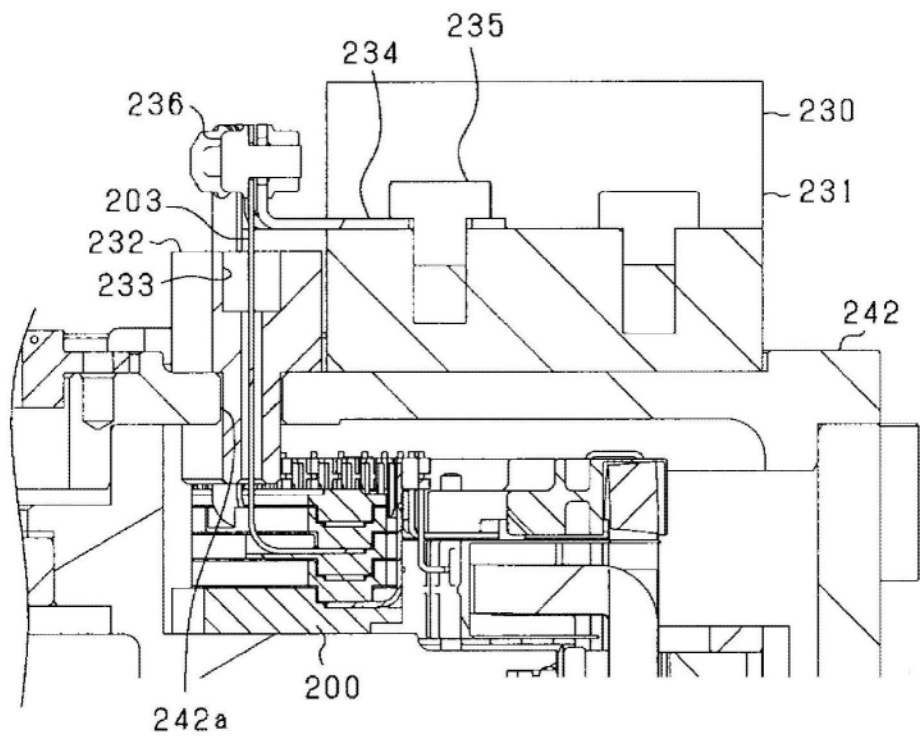


图33

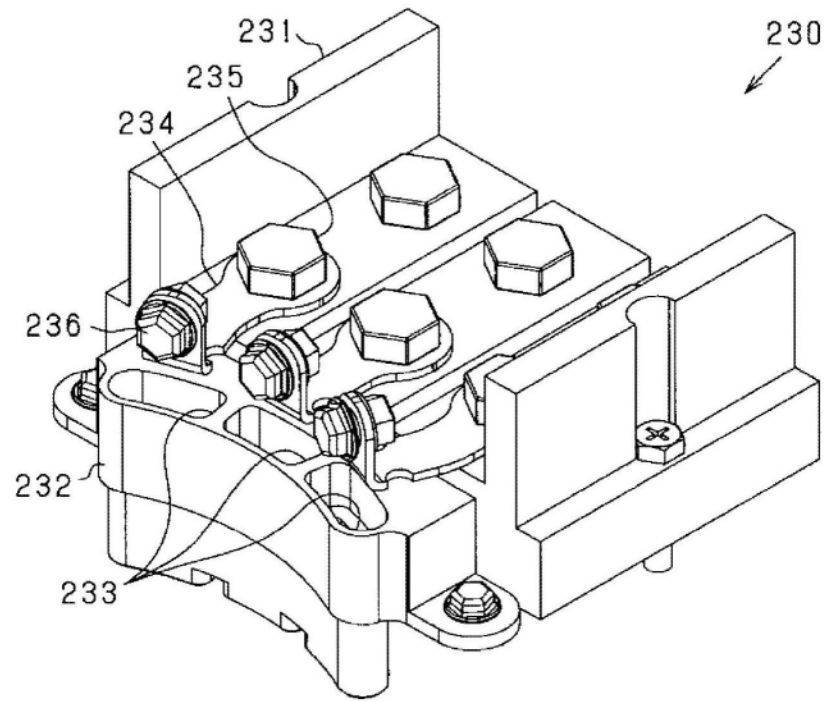


图34

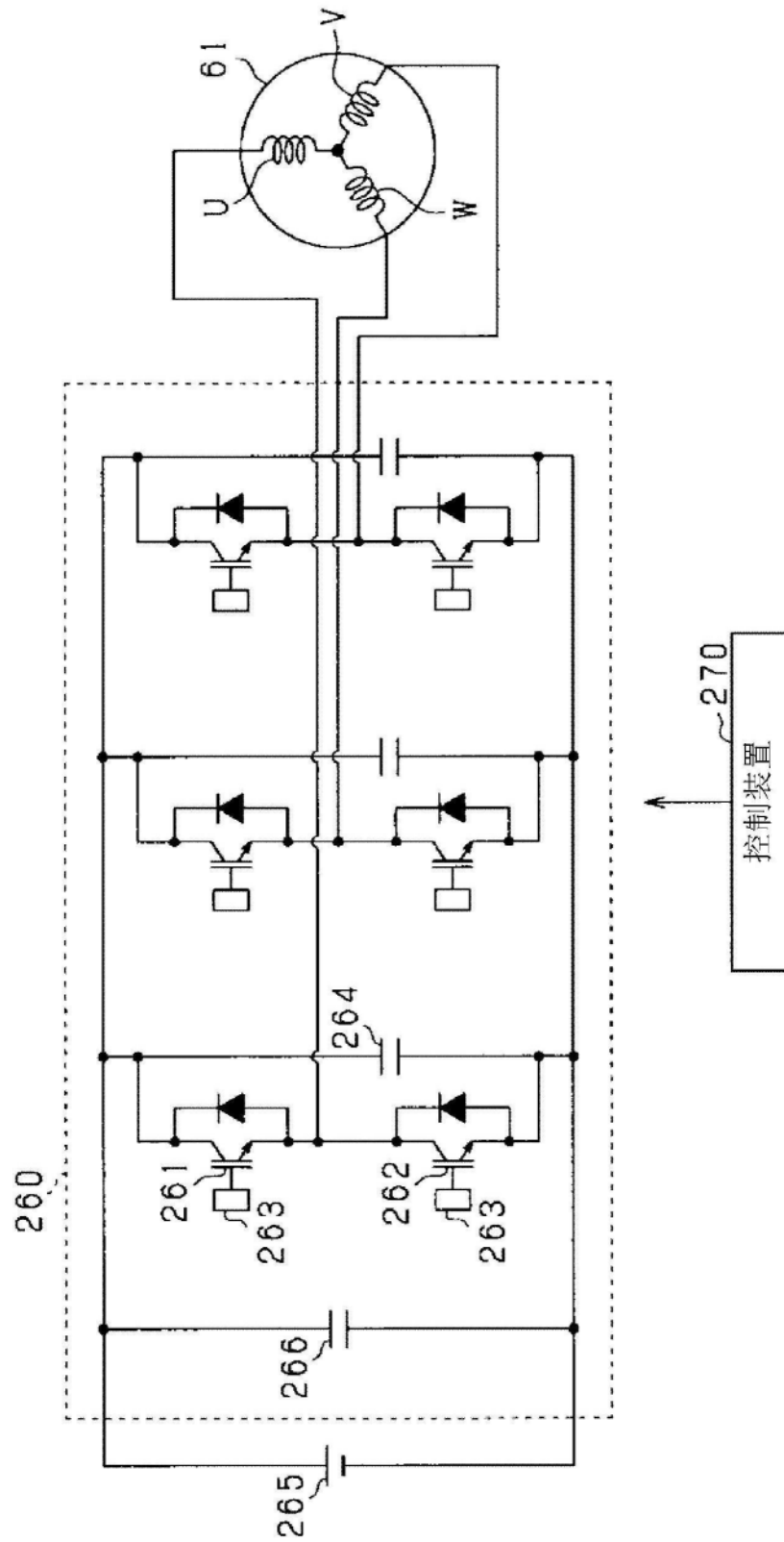


图35

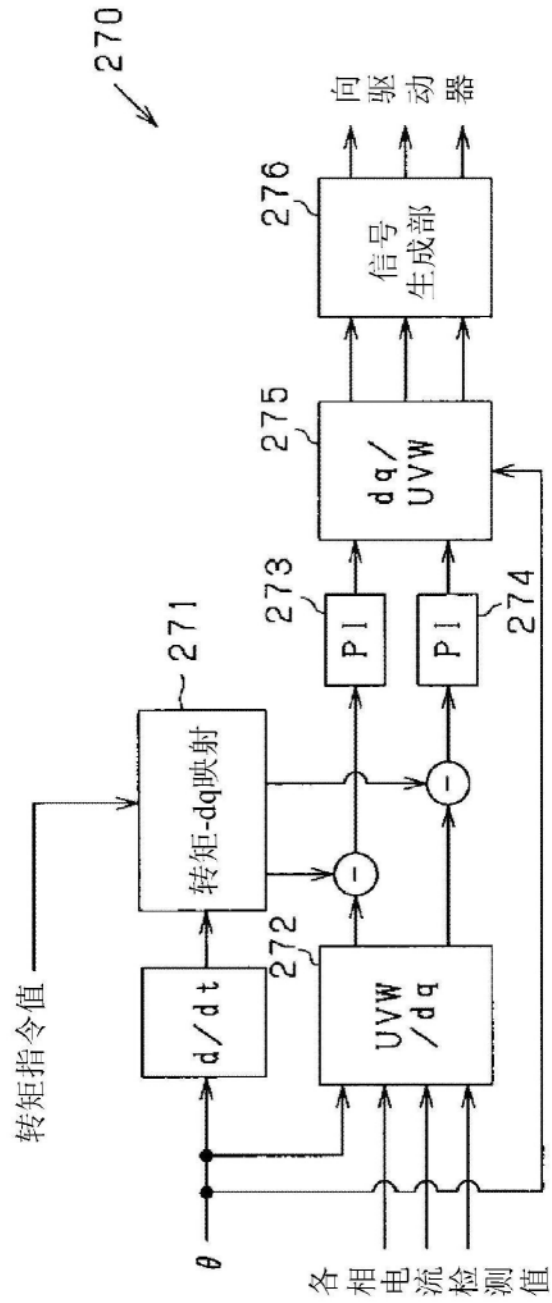


图36

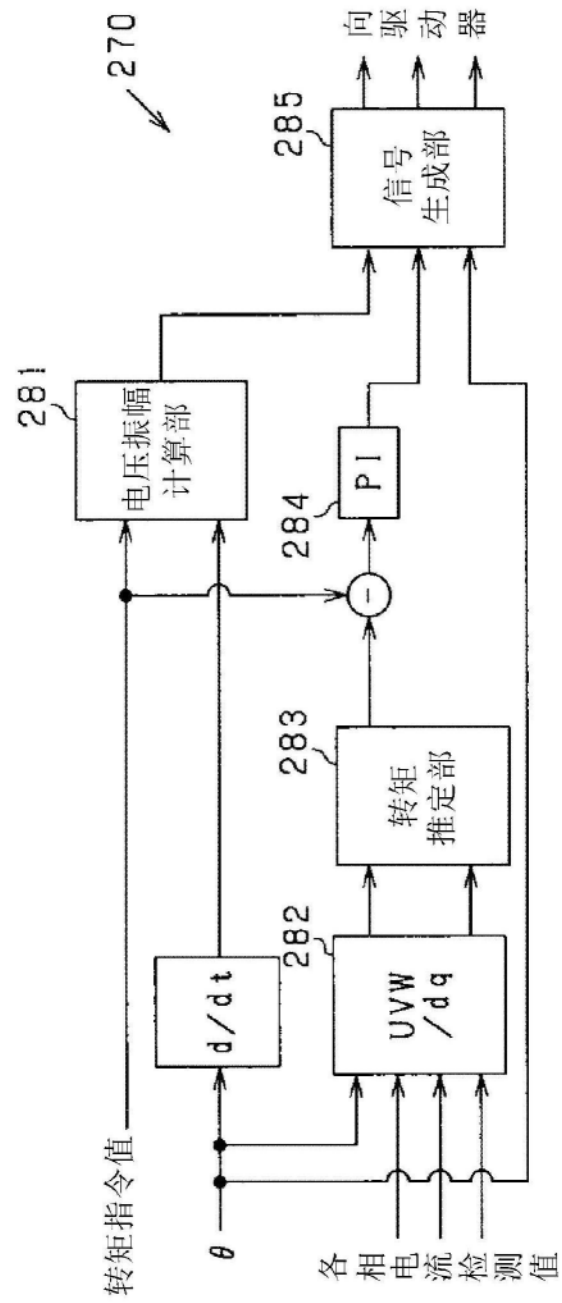


图37

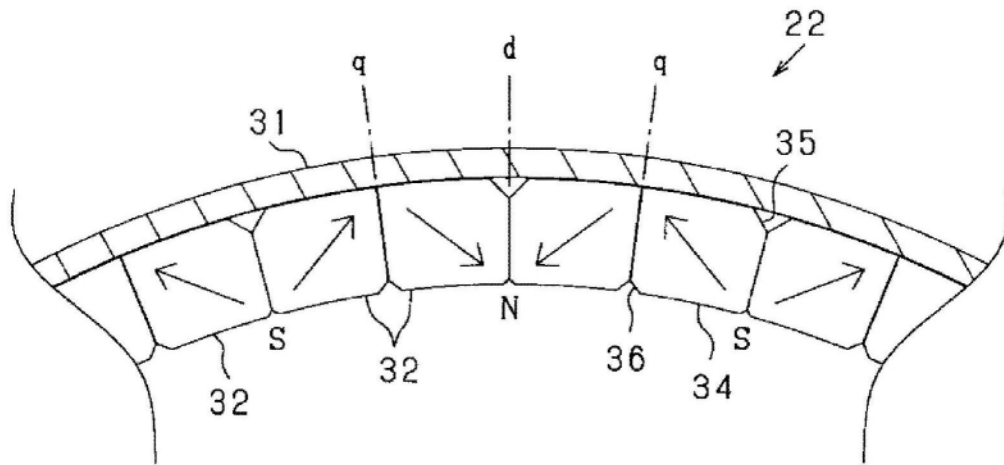


图38

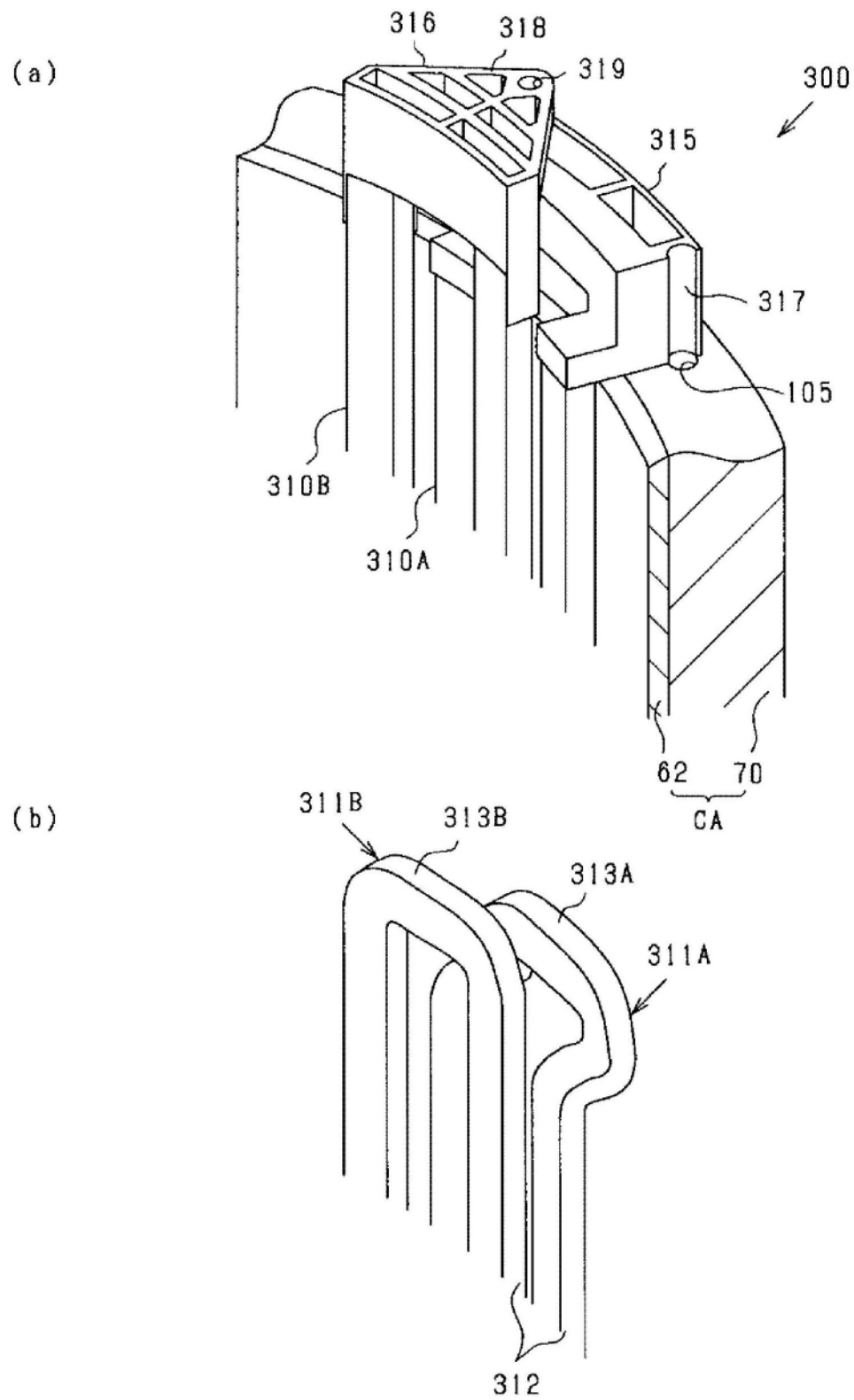


图39

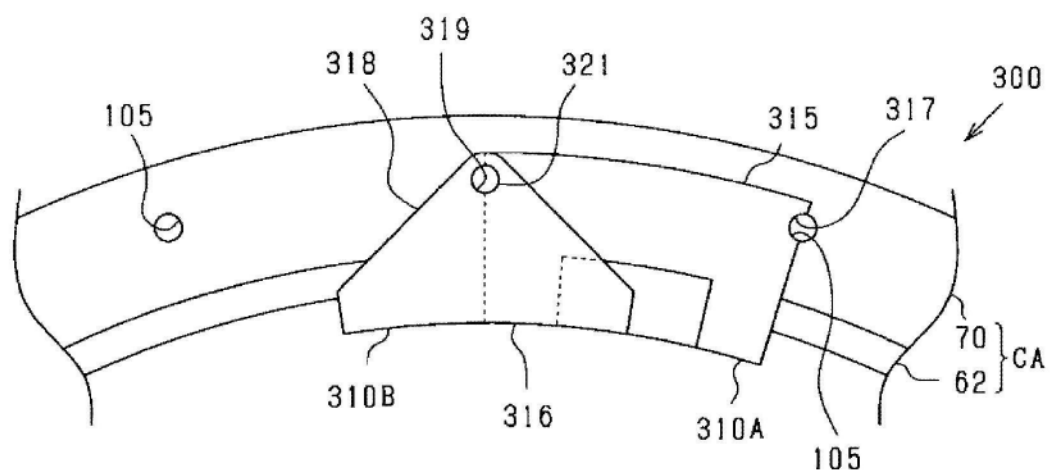


图40

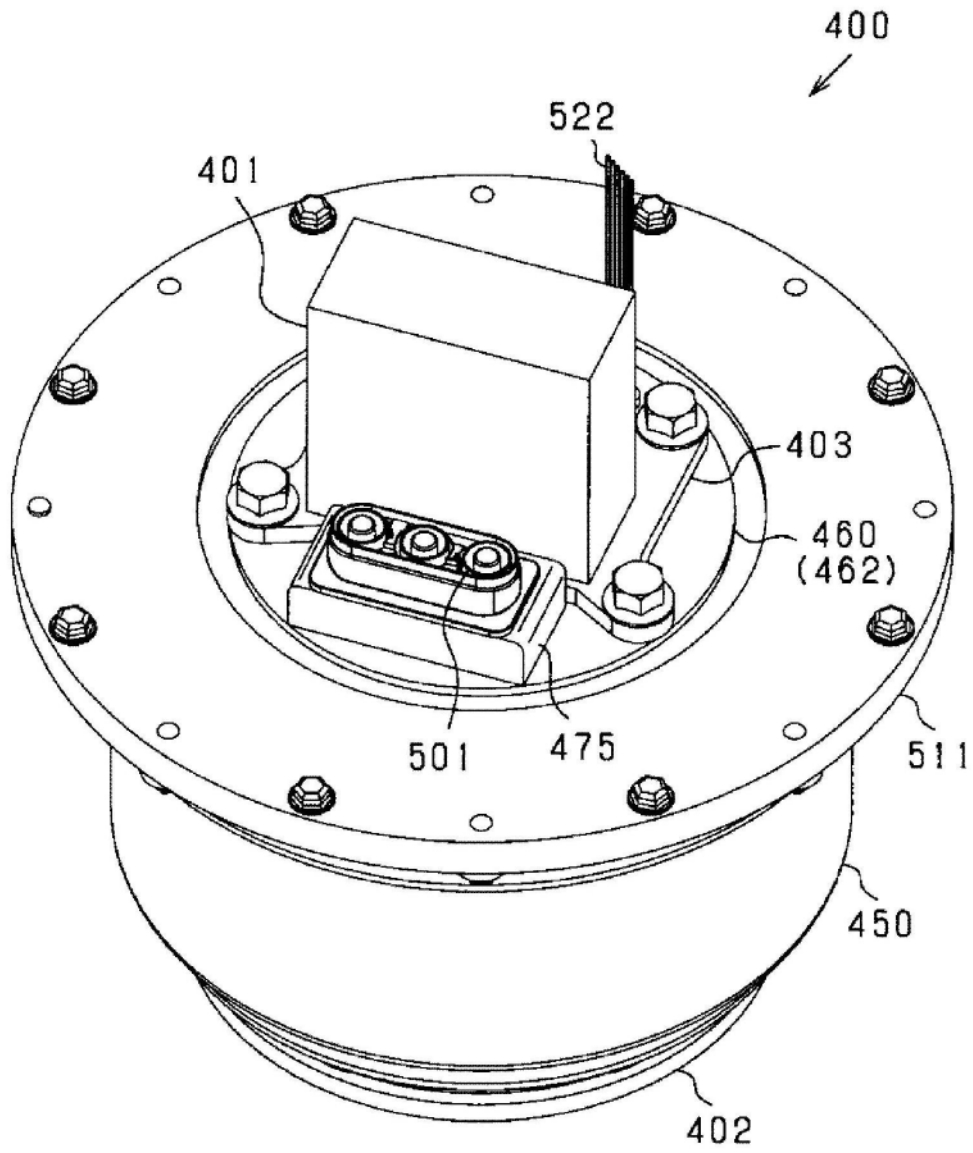


图41

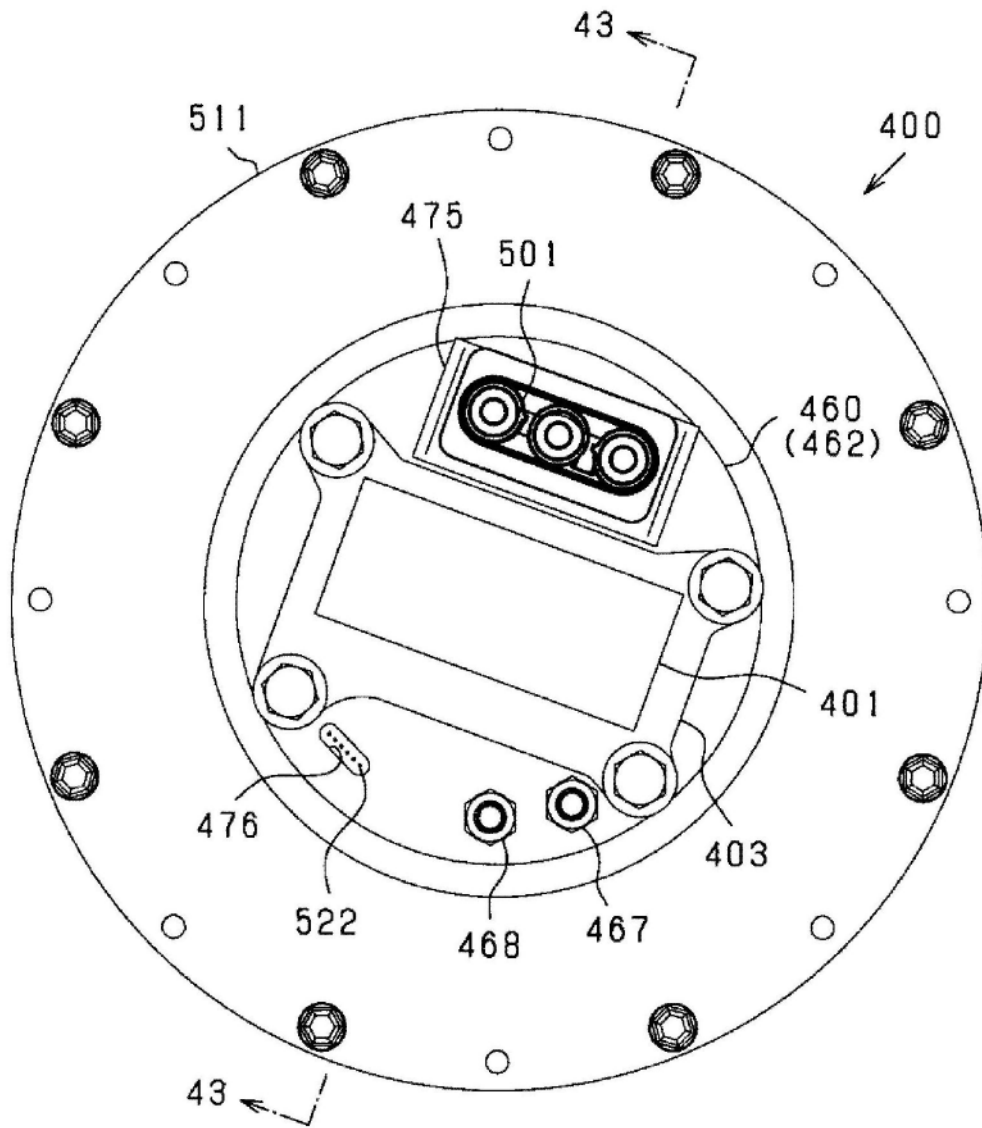


图42

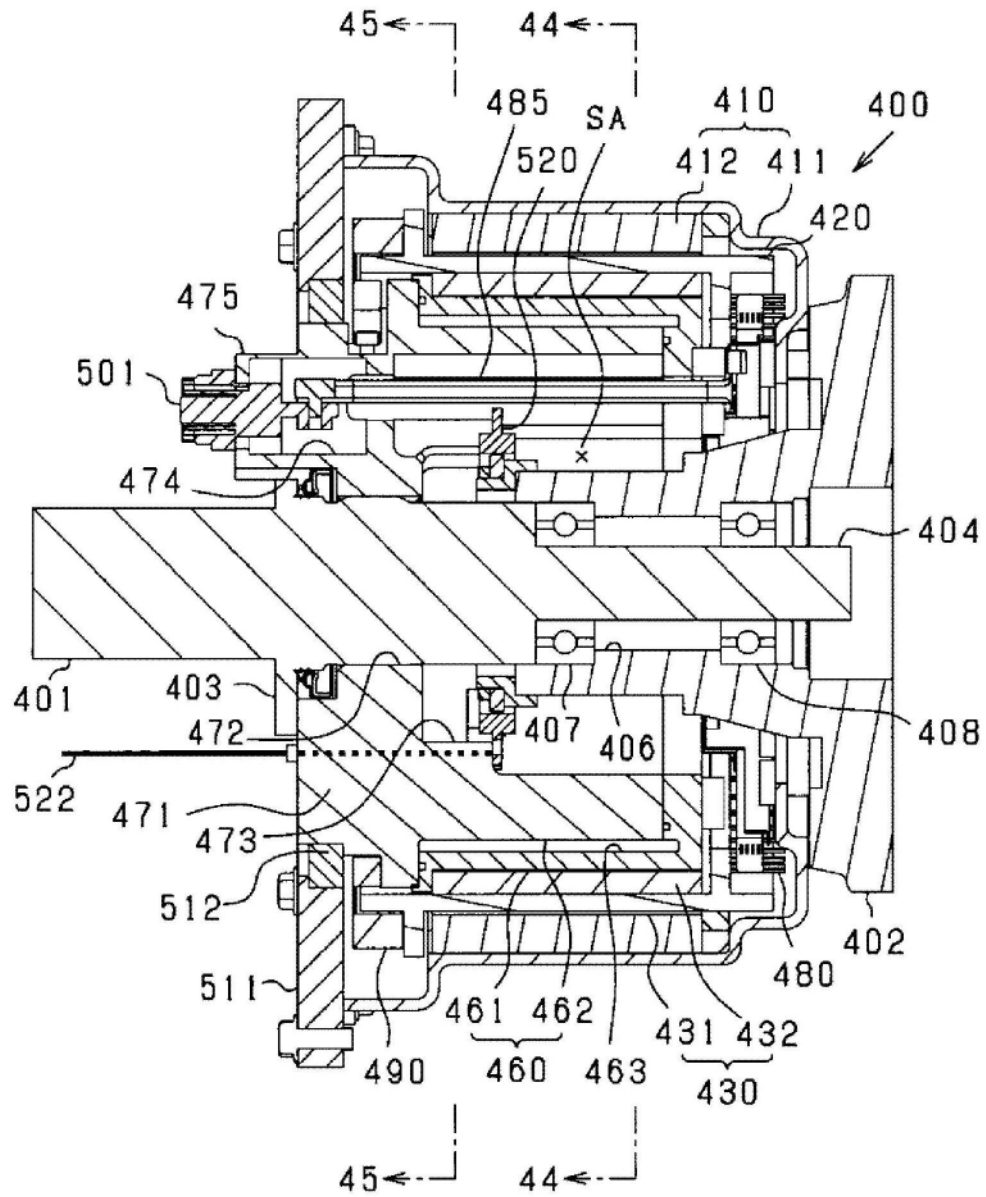


图43

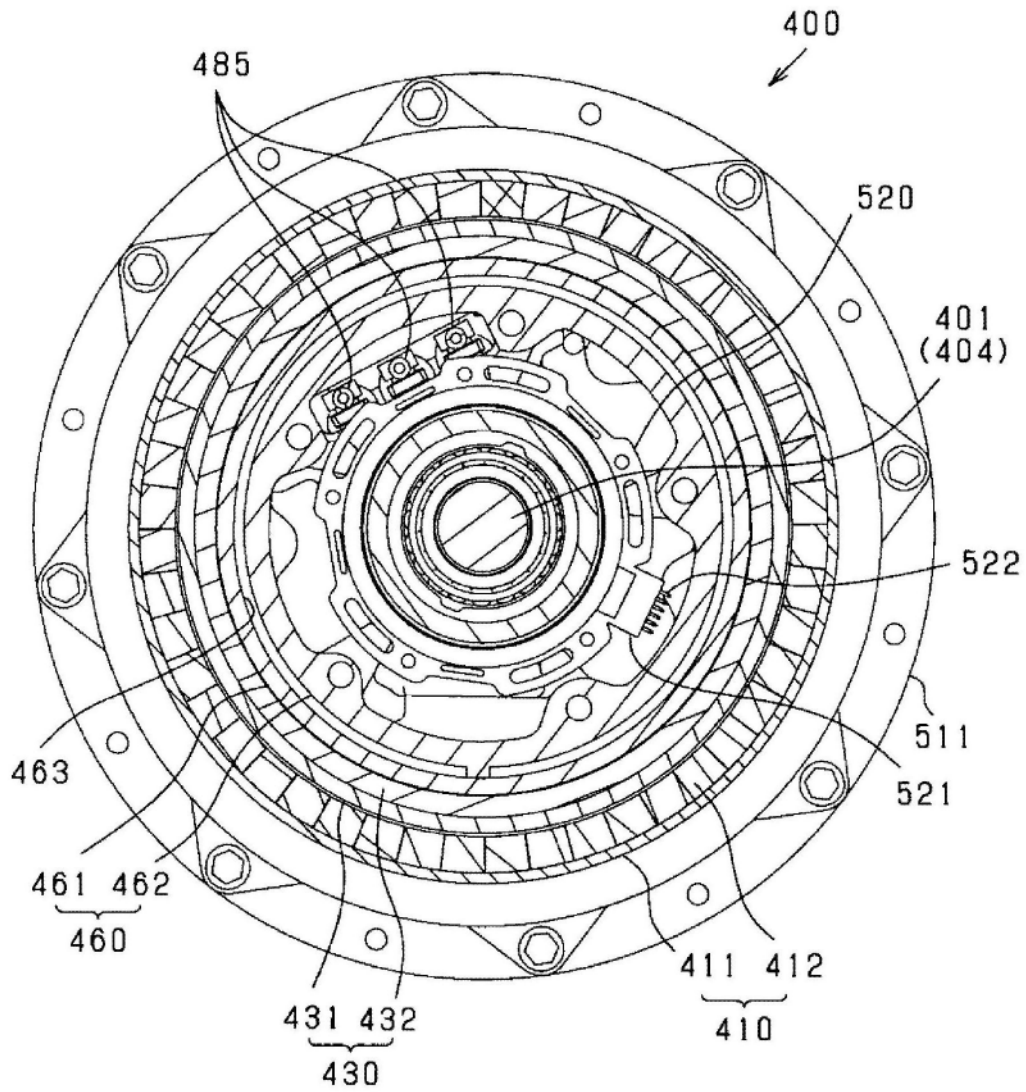


图44

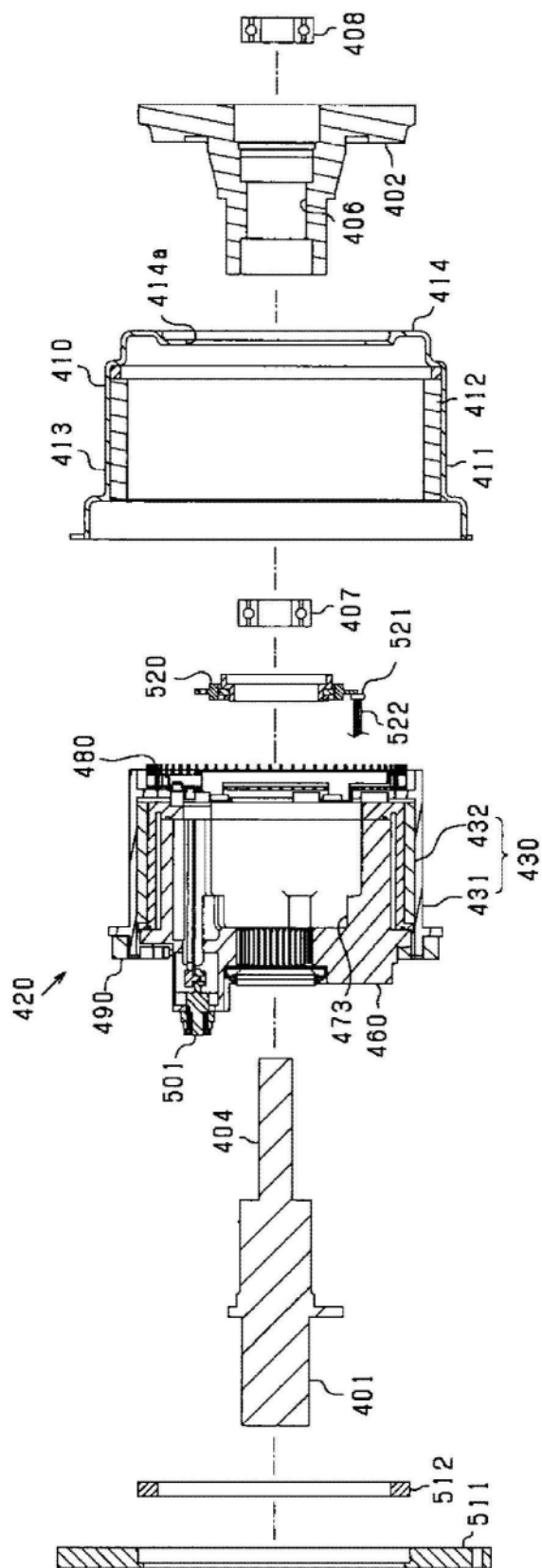


图46

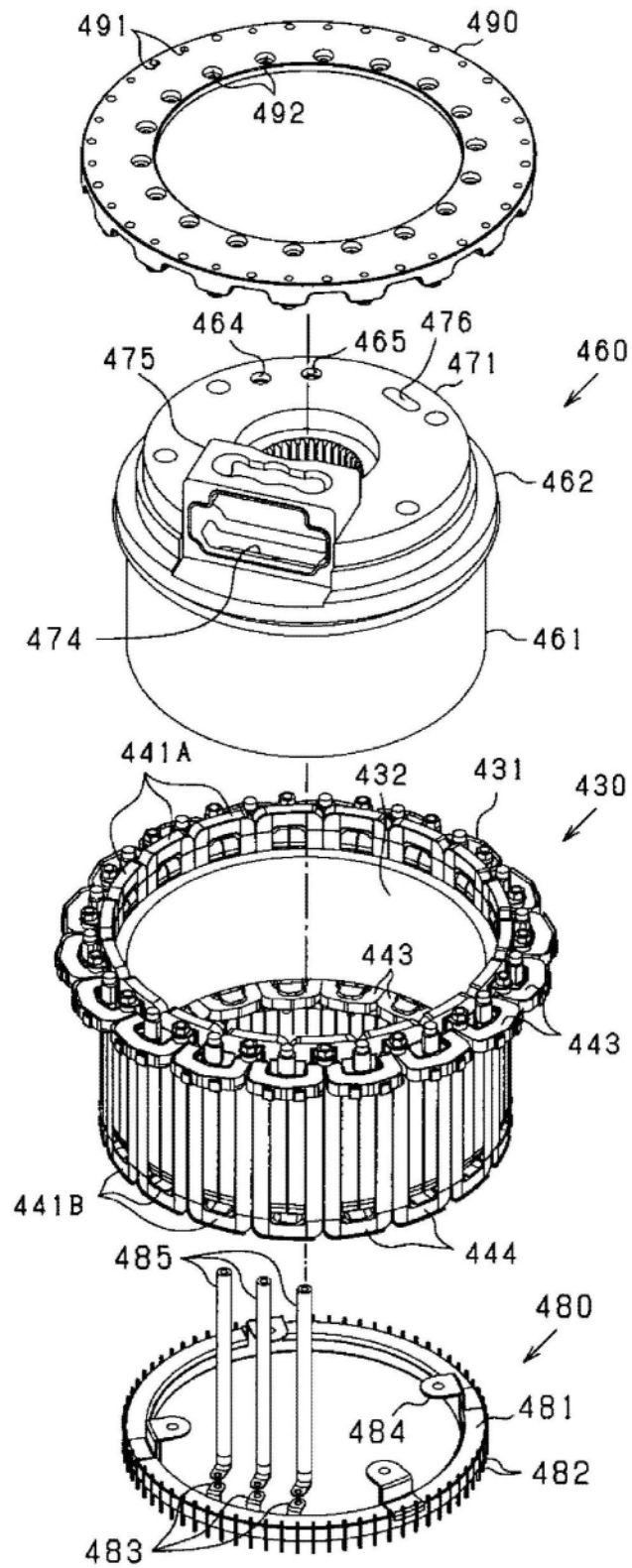


图47

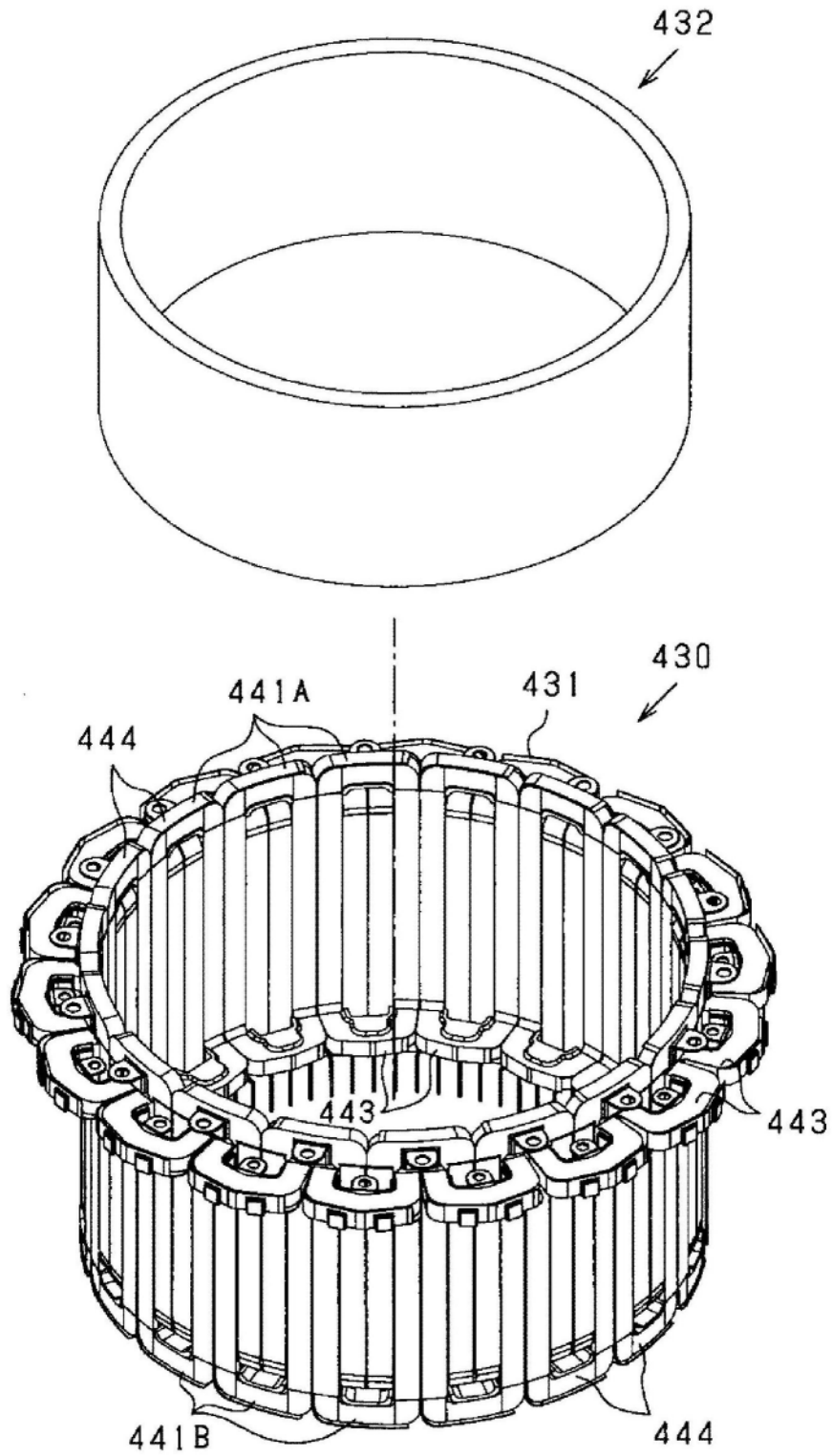


图48

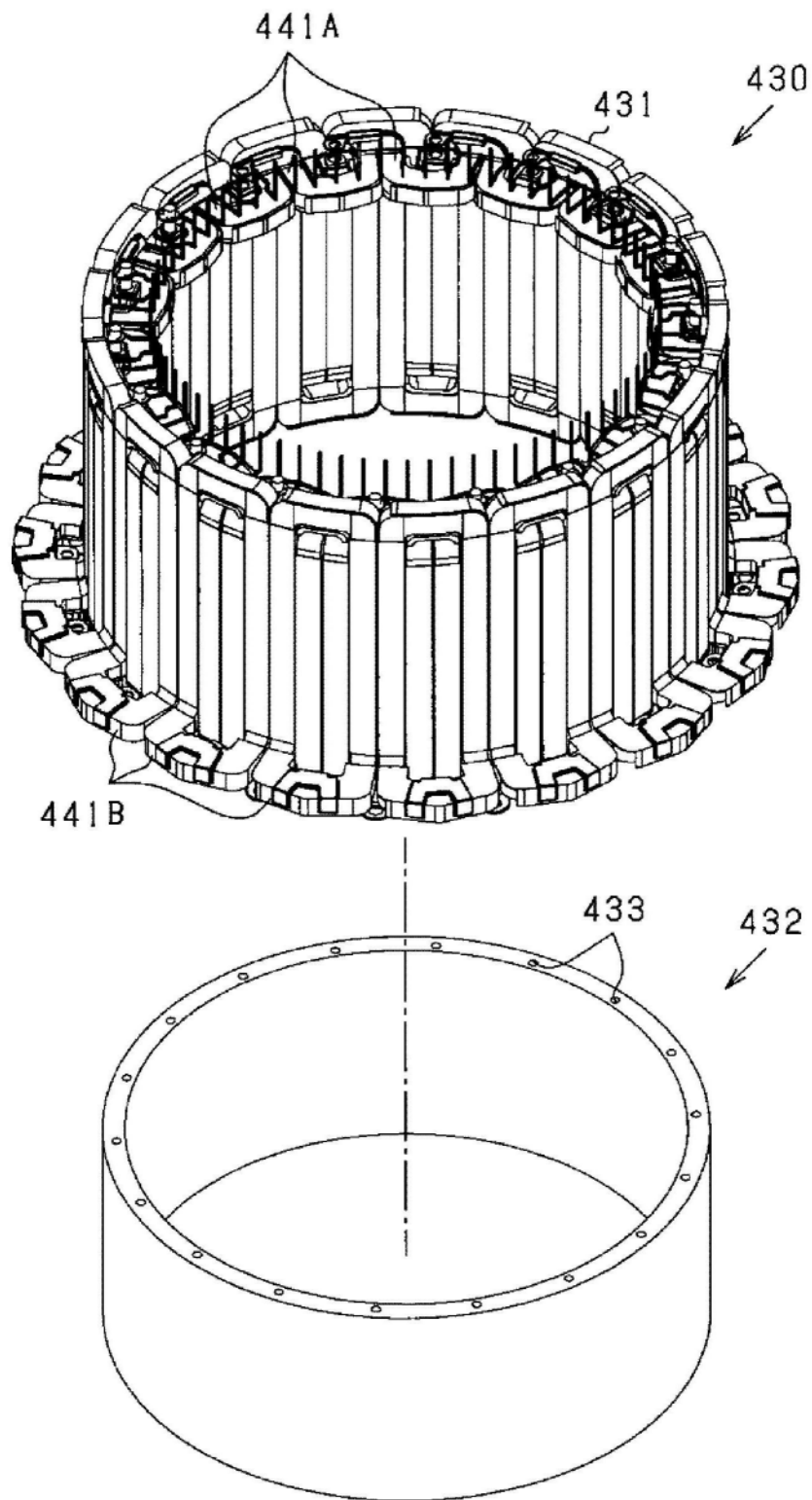


图49

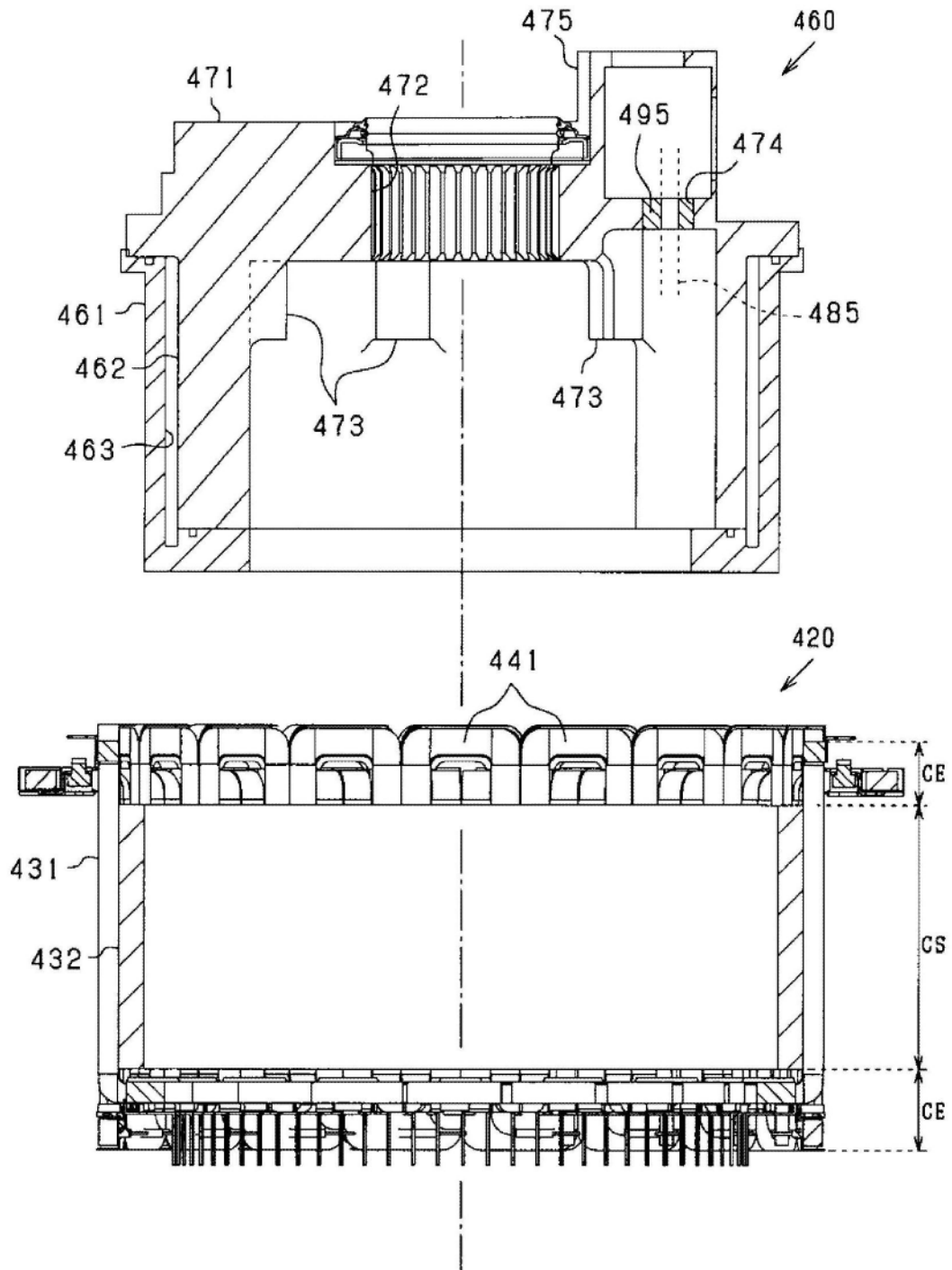


图50

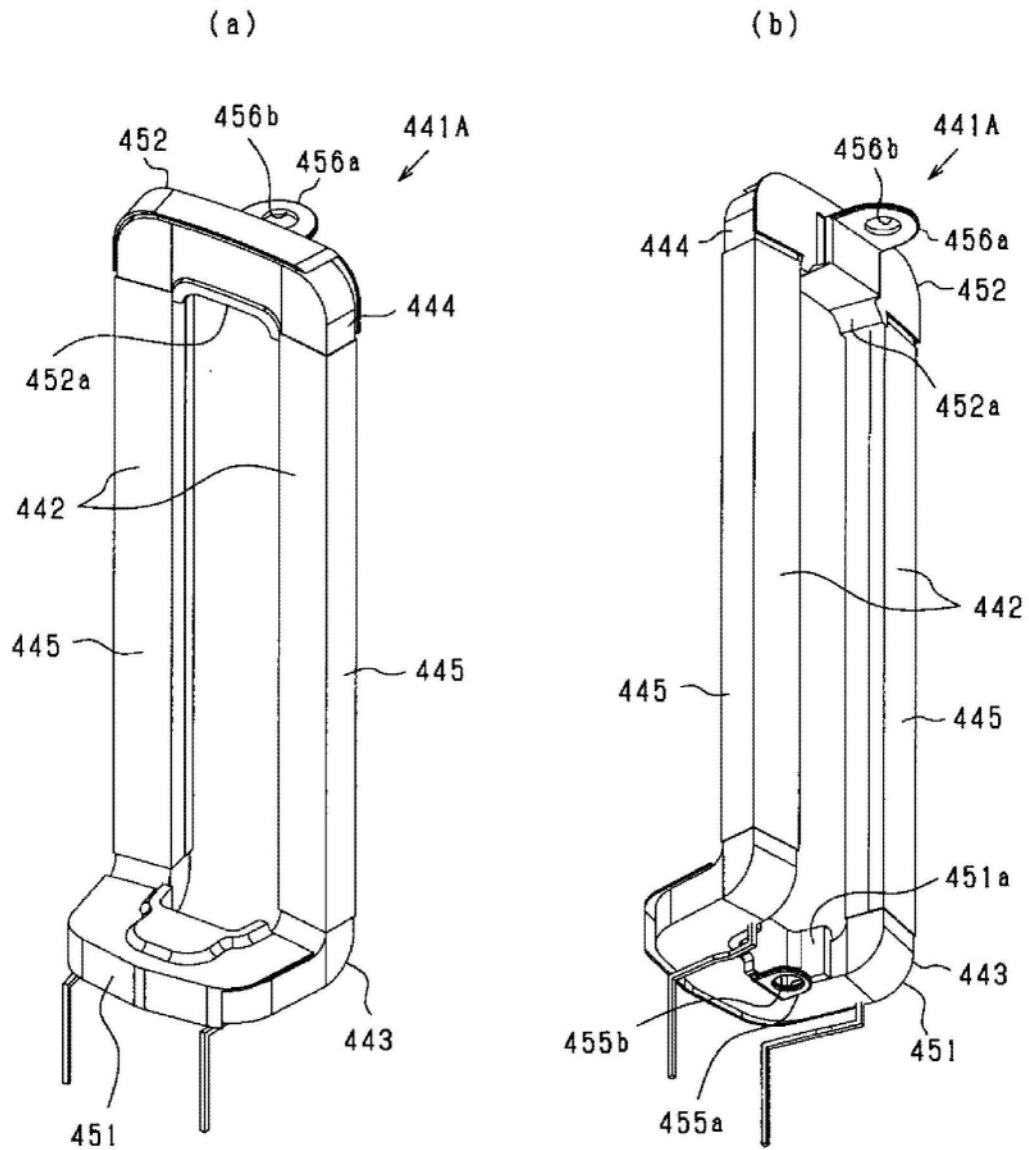


图51

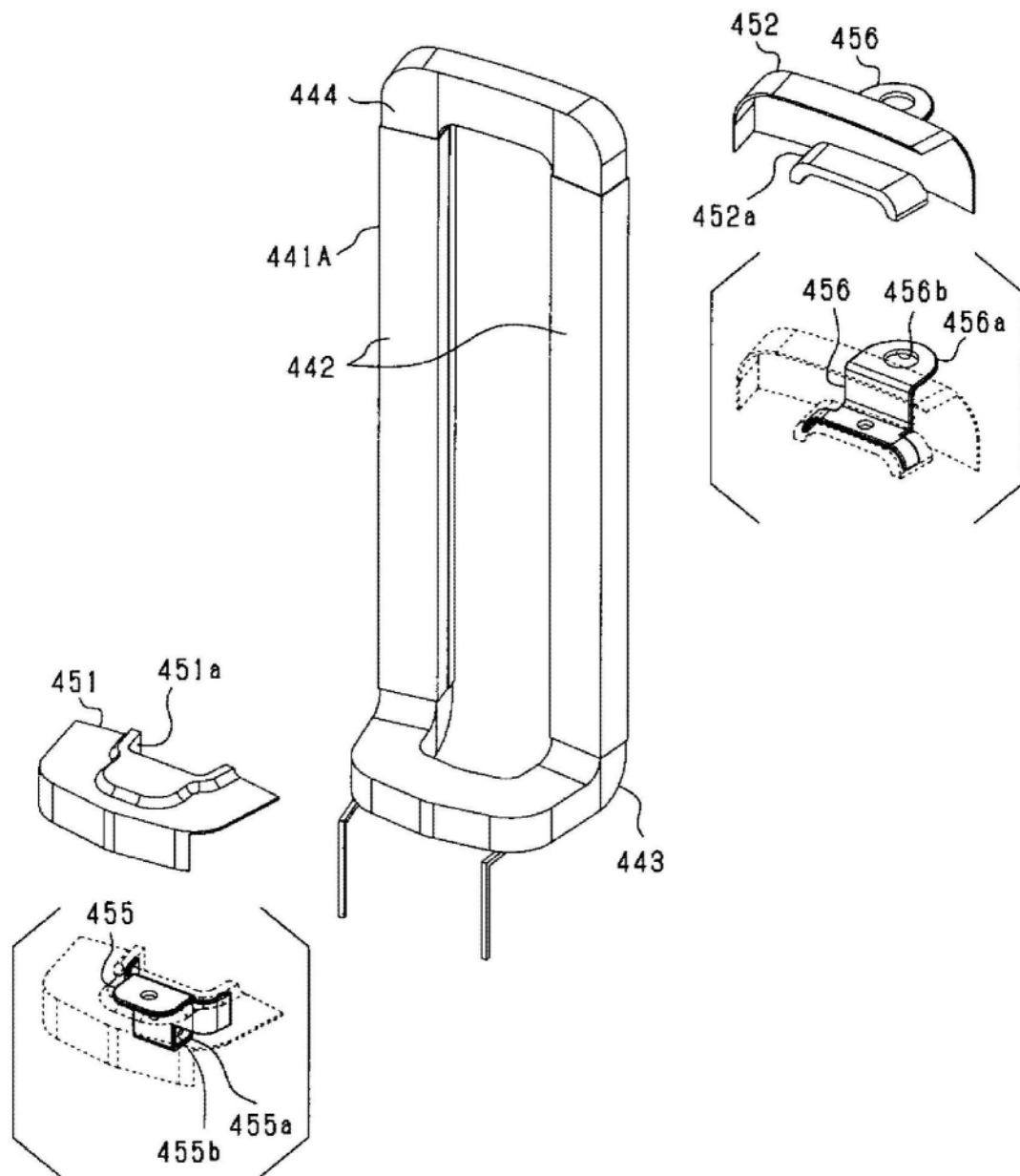


图52

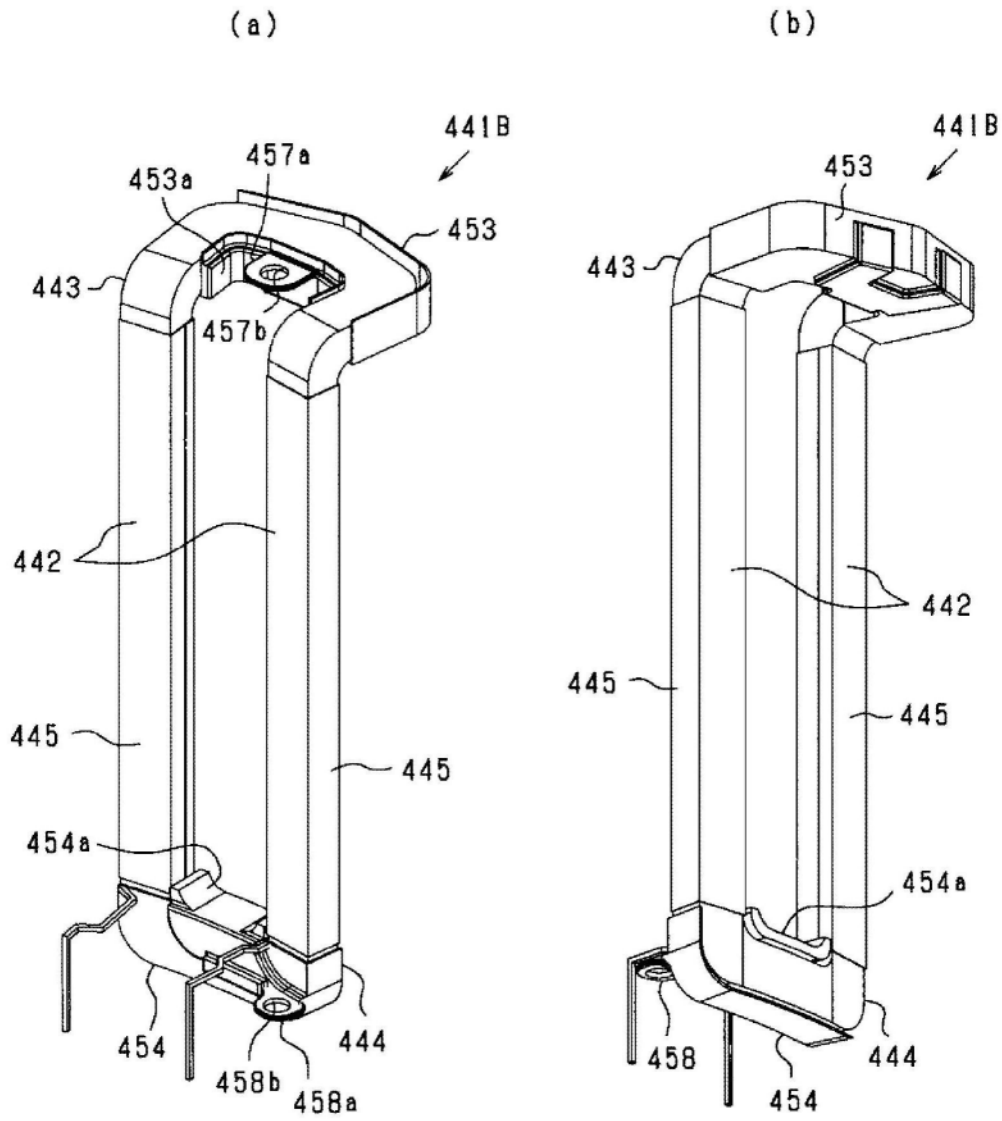


图53

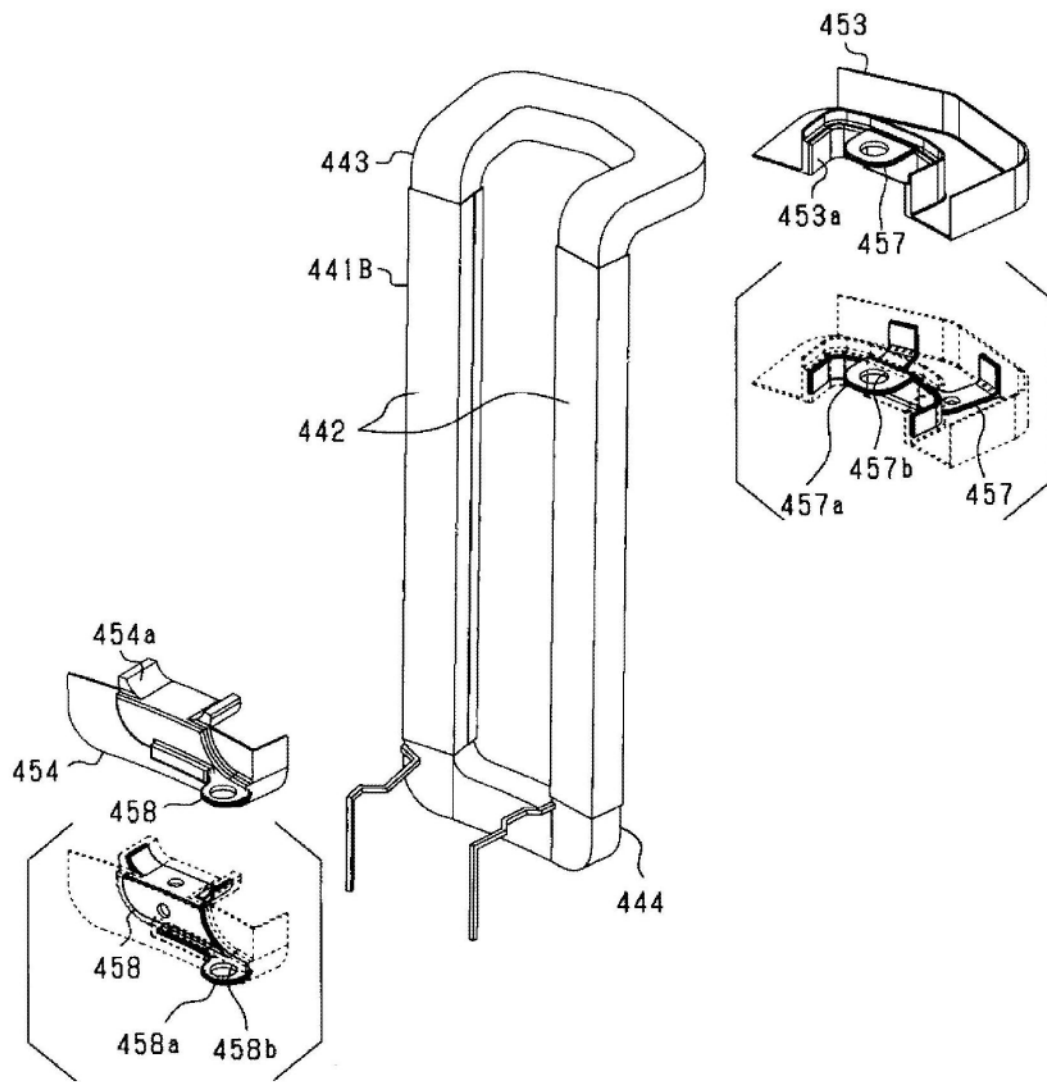


图54

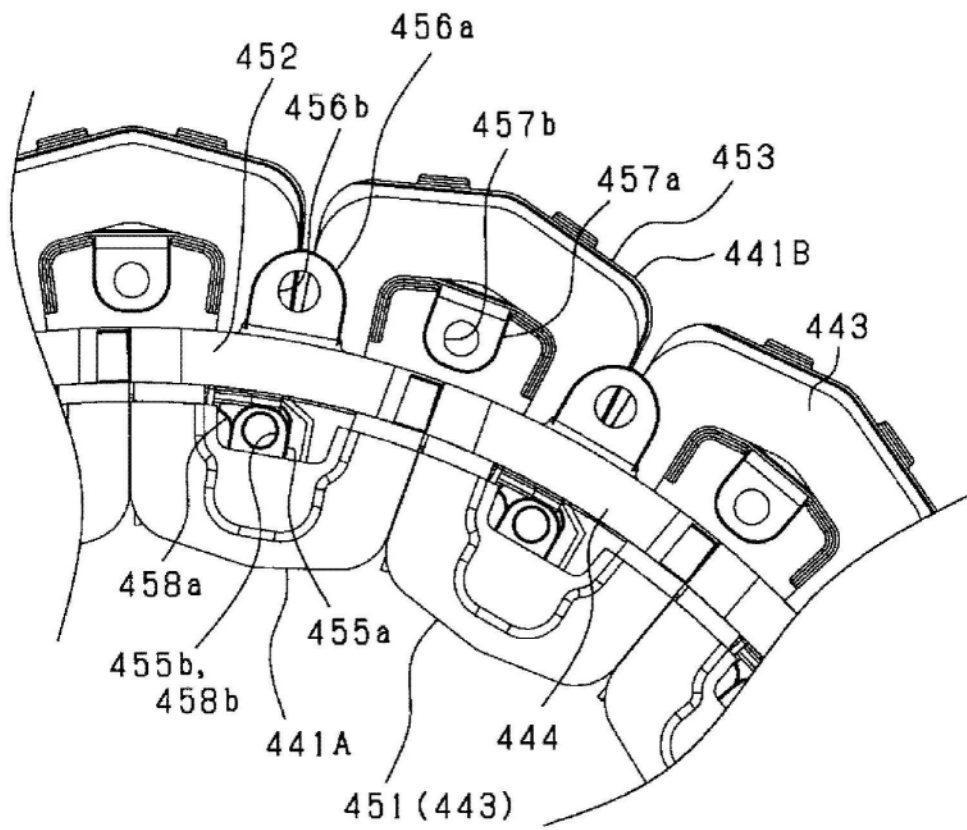


图55

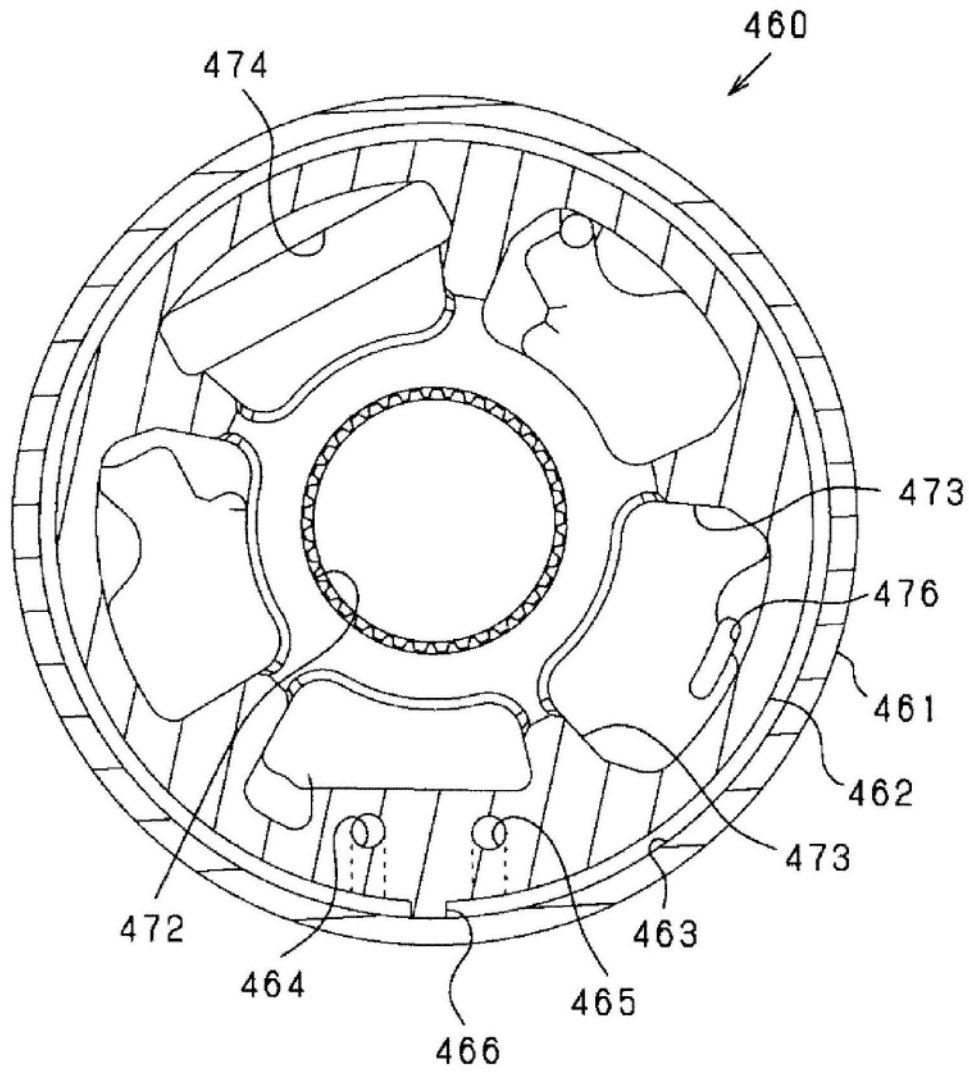


图56

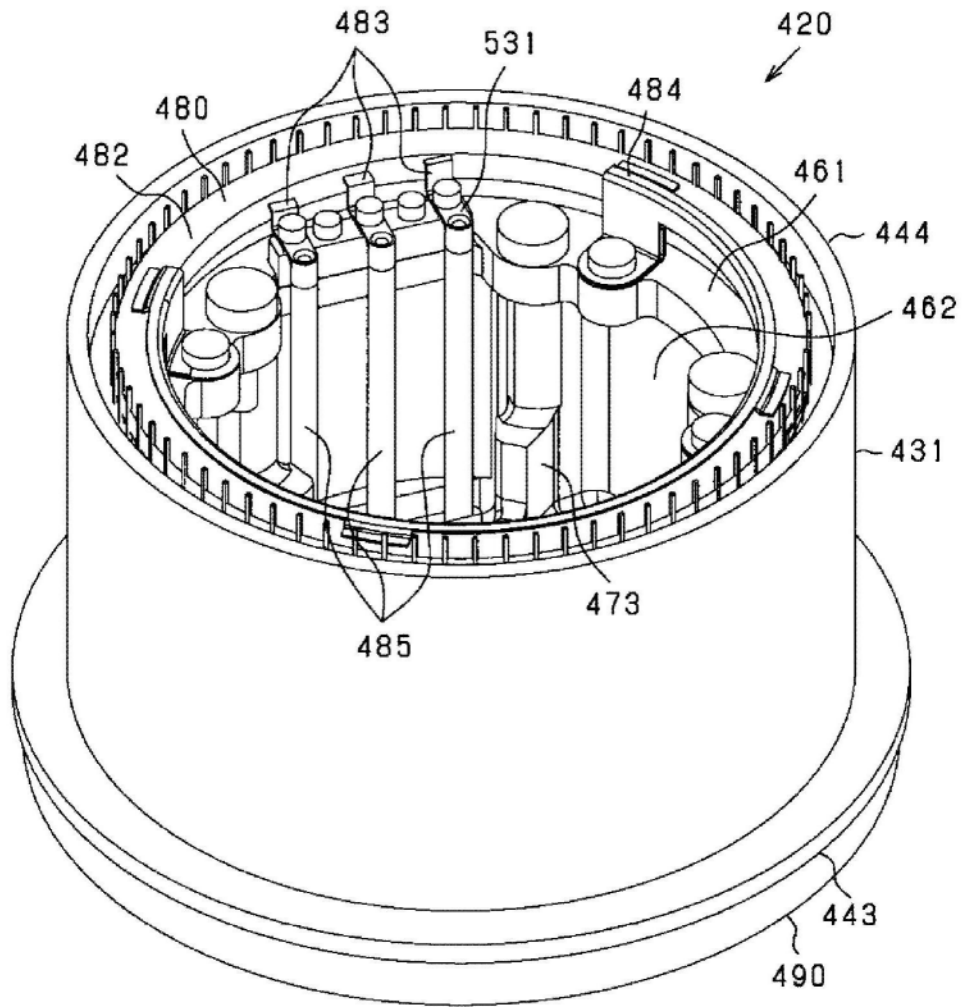


图57

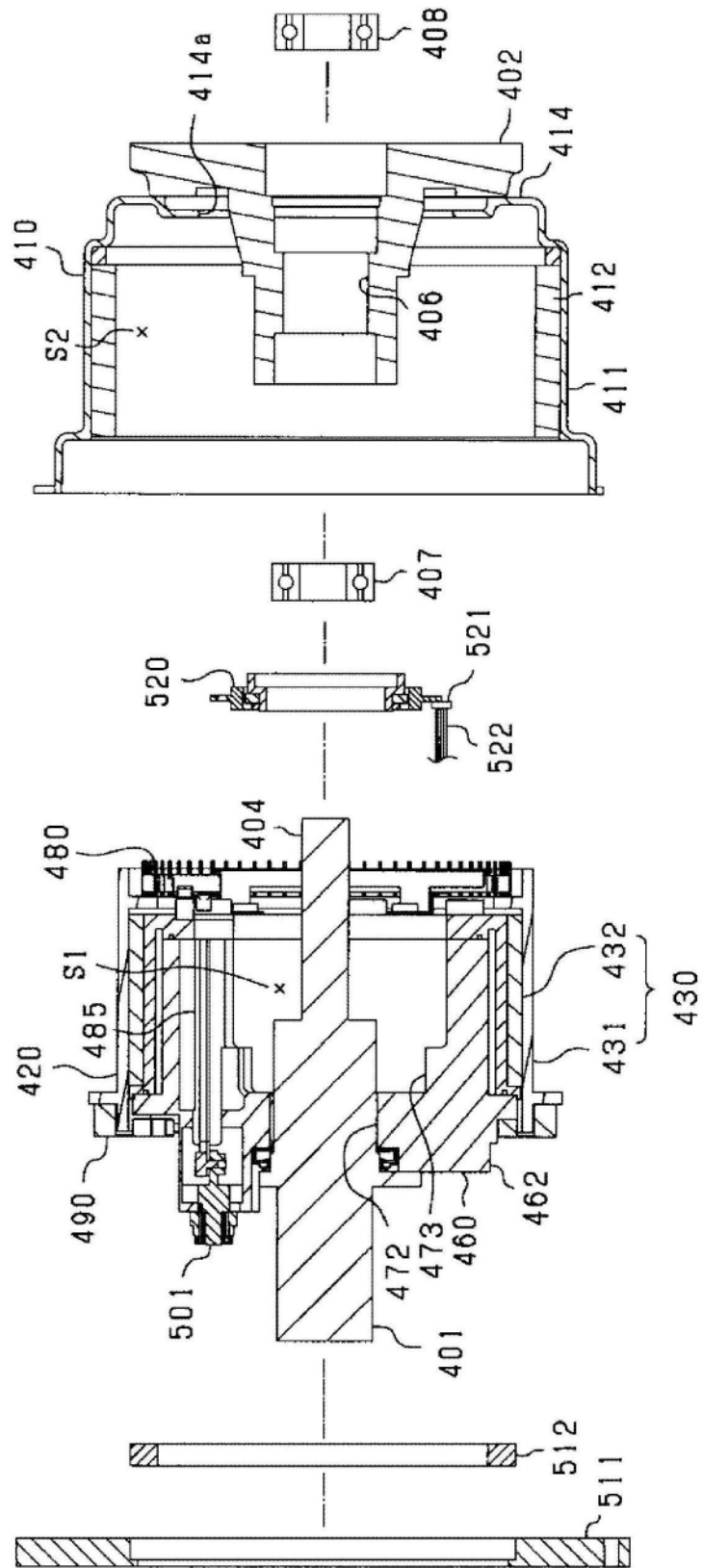


图58

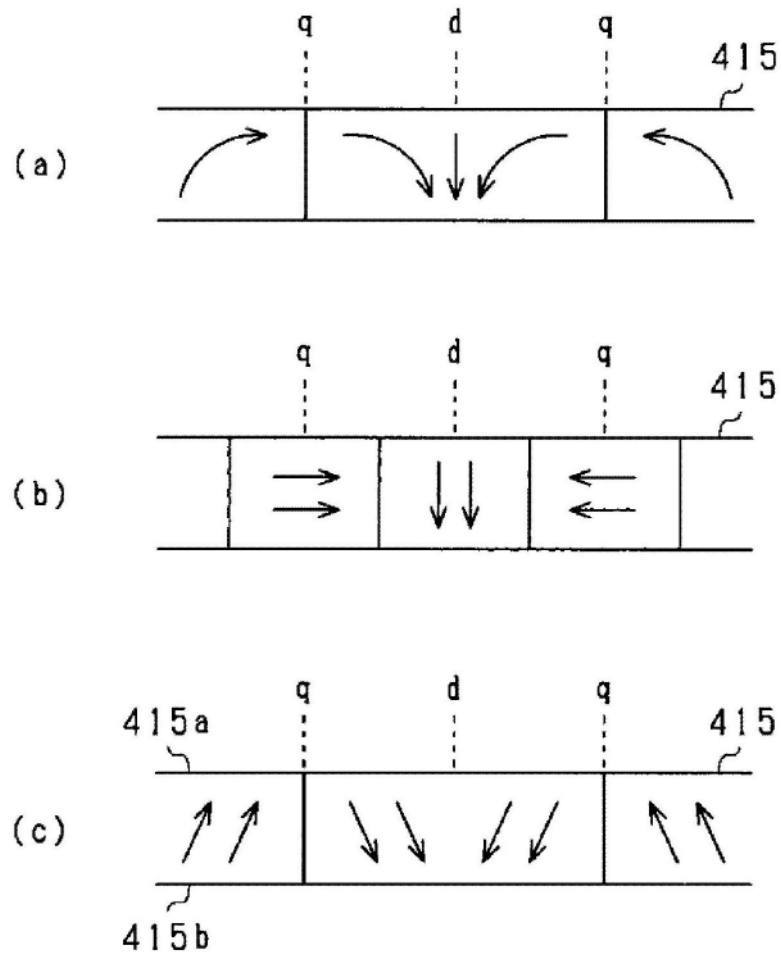


图59

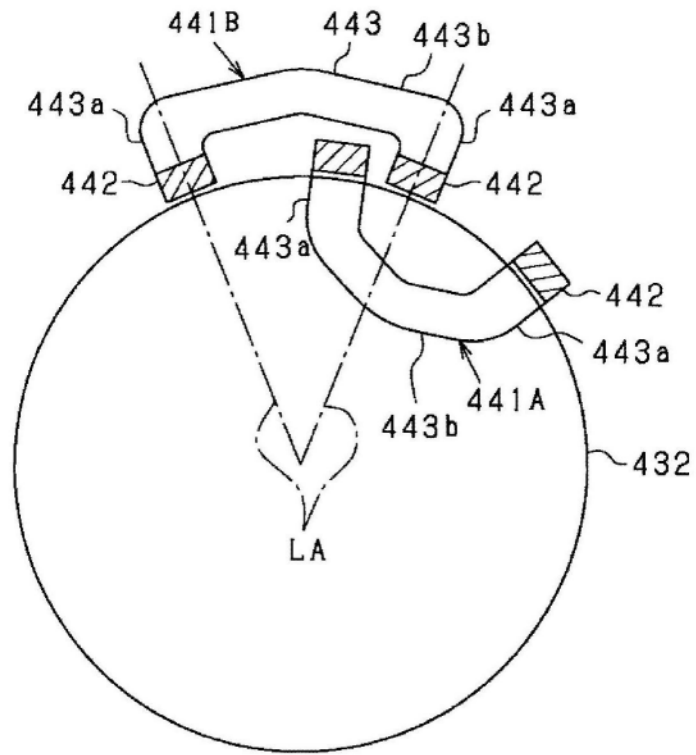


图60

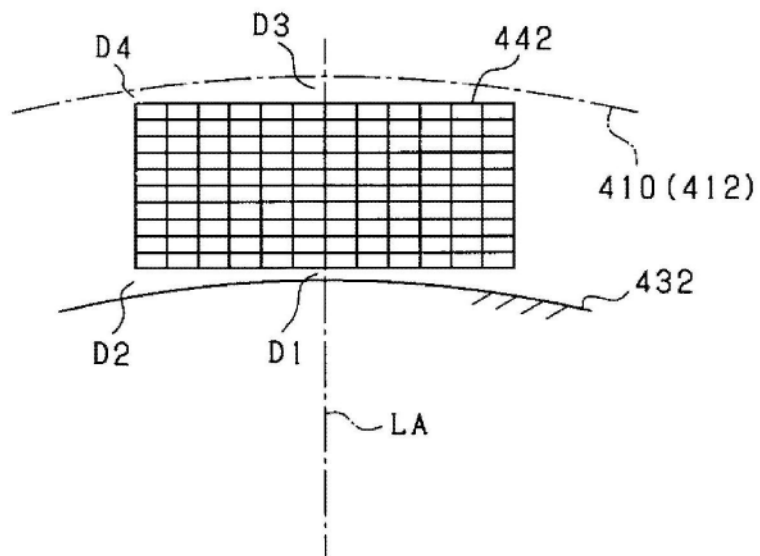


图61

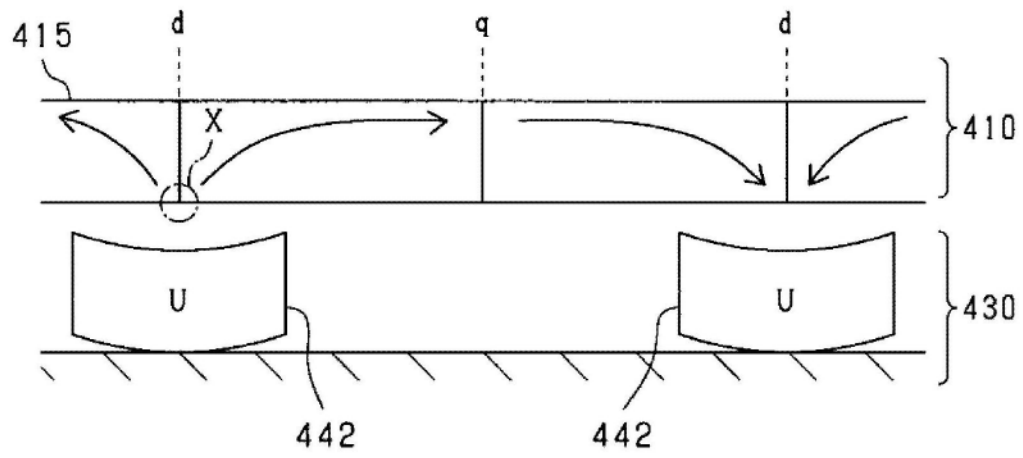


图62

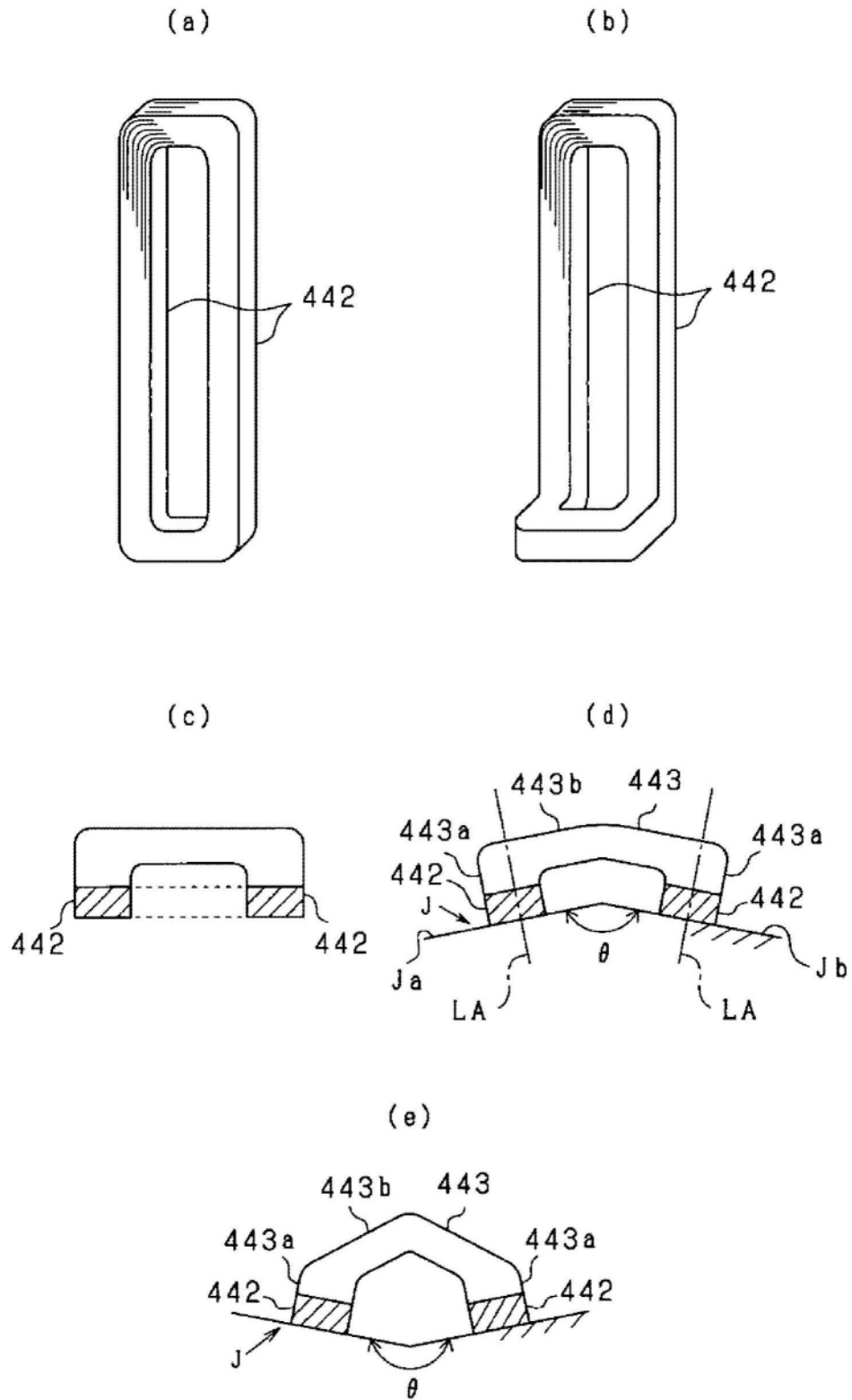


图63

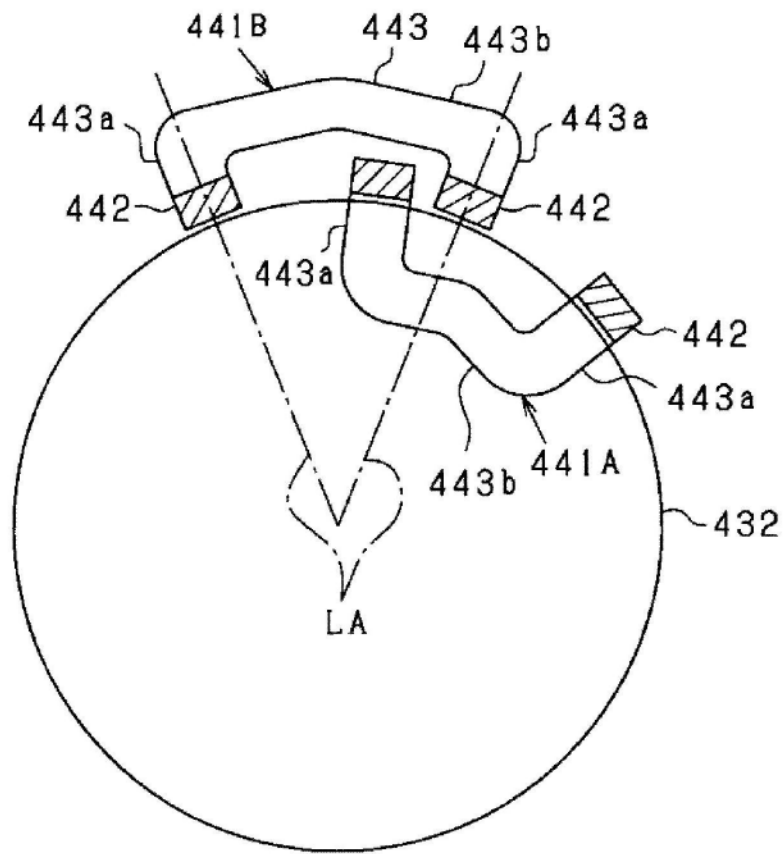


图64

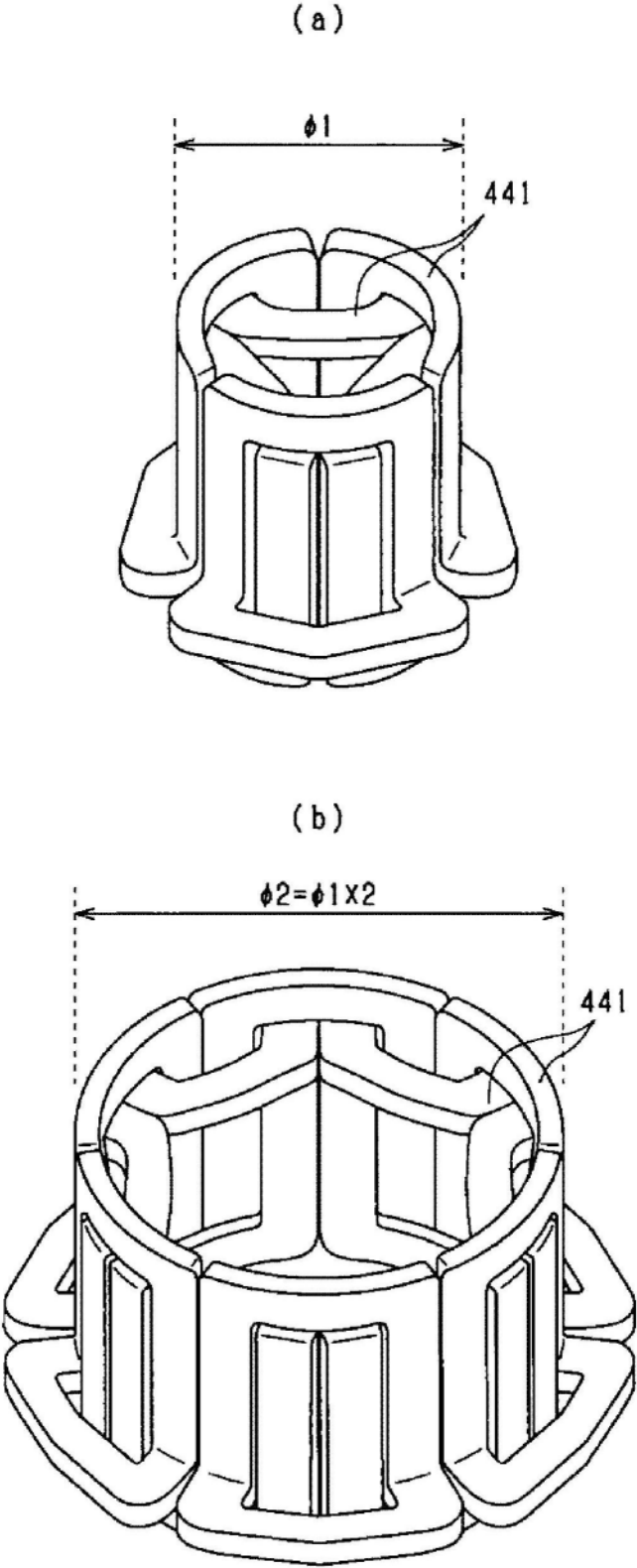


图65

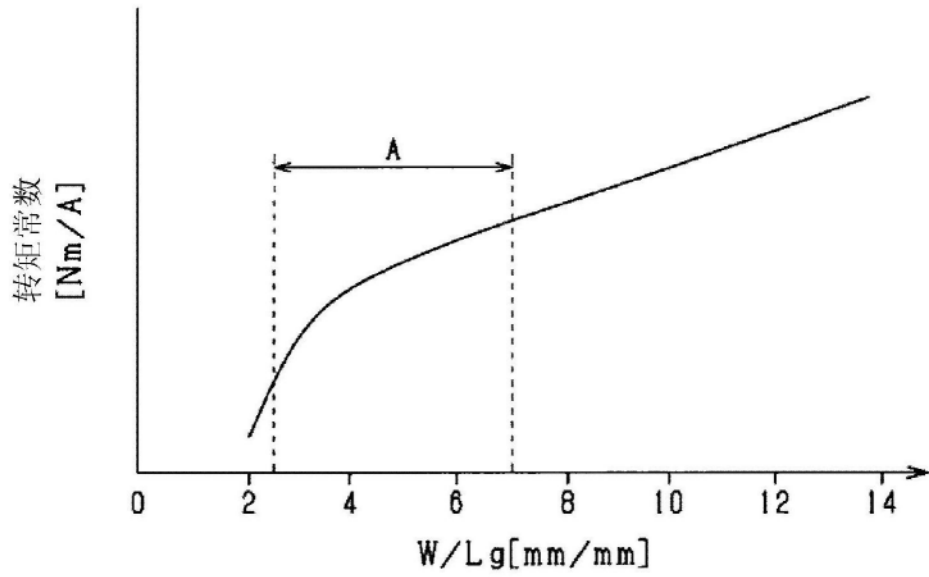


图66

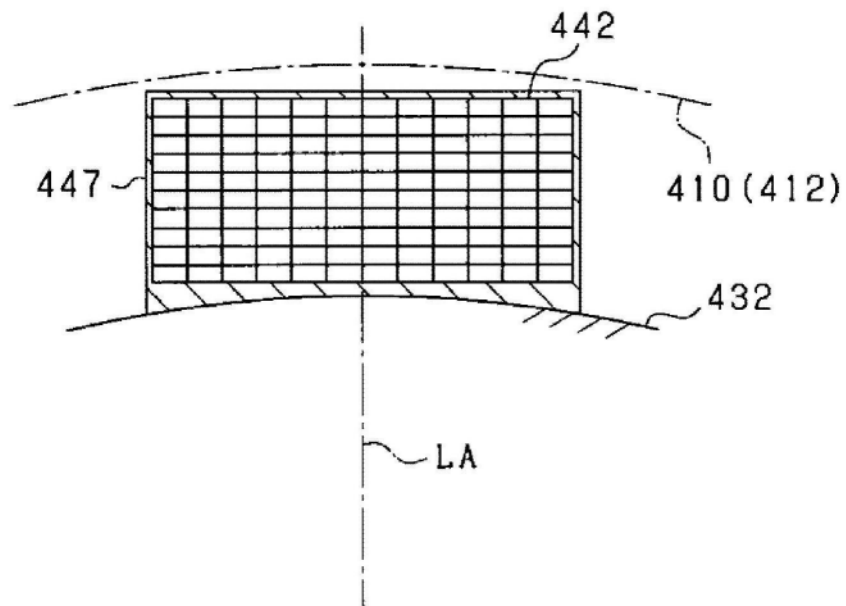


图67

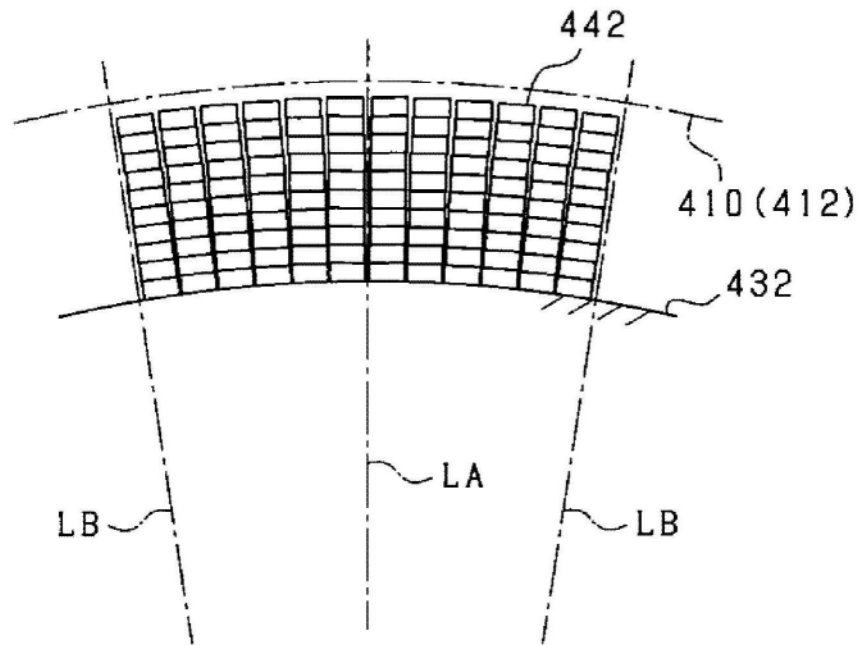


图68

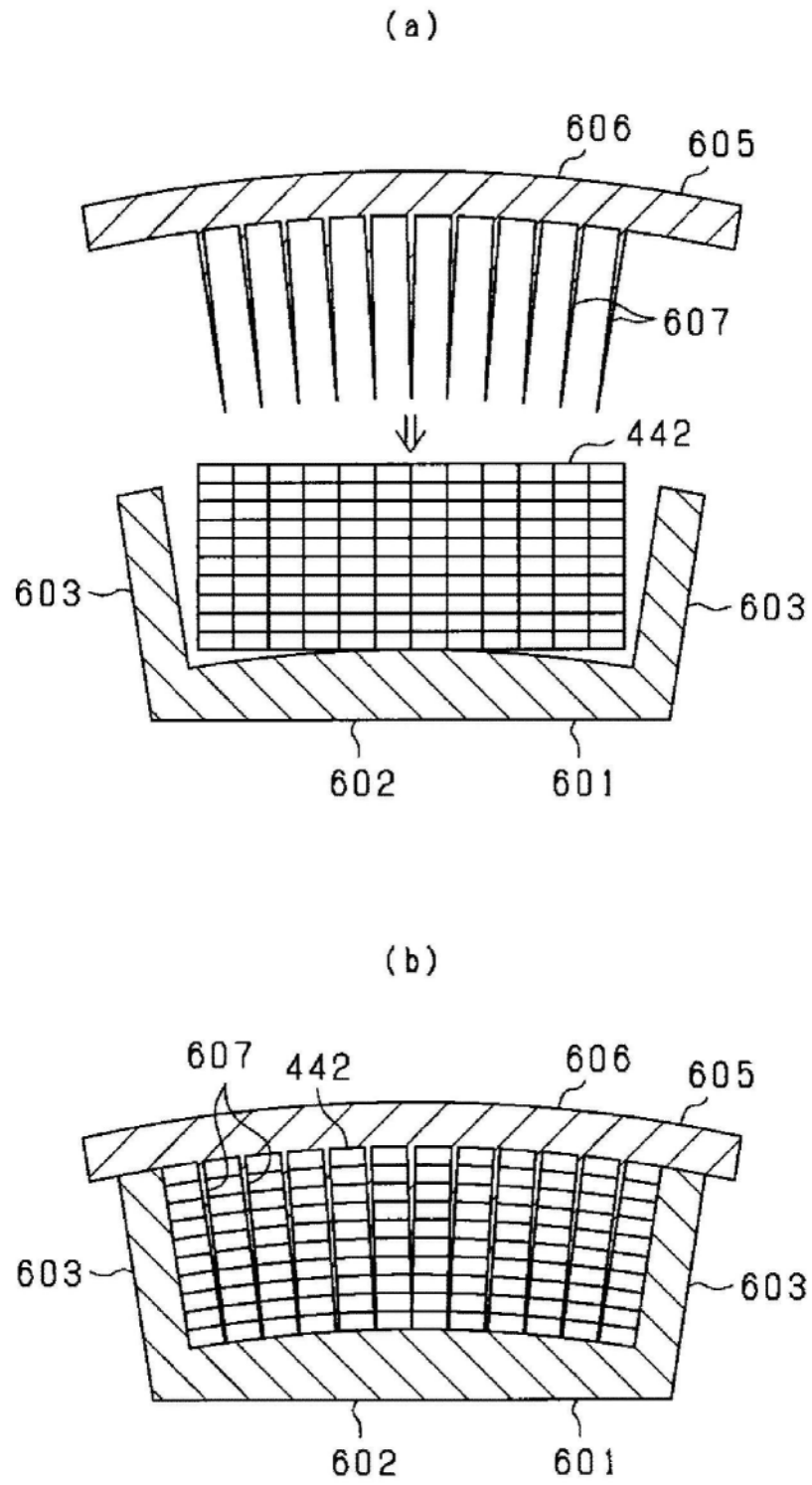


图69

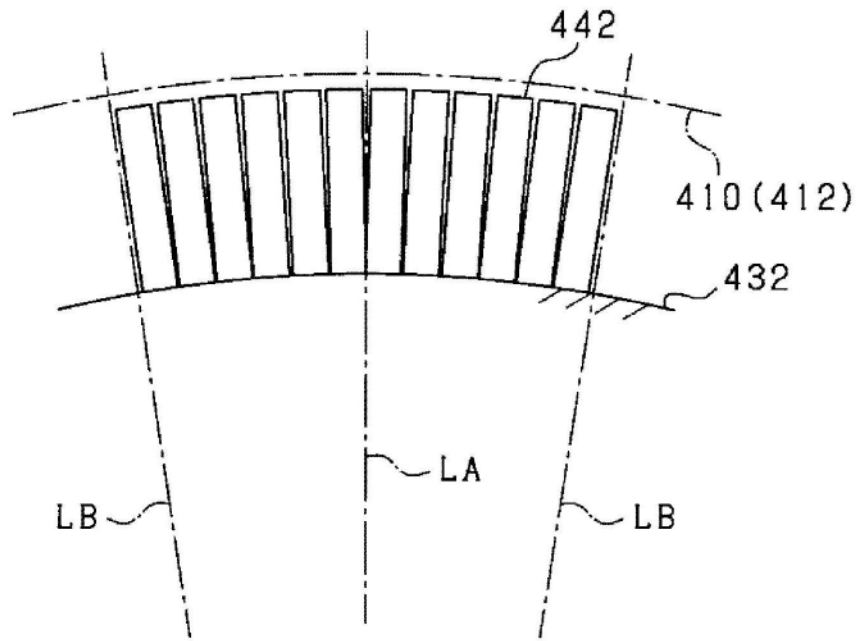
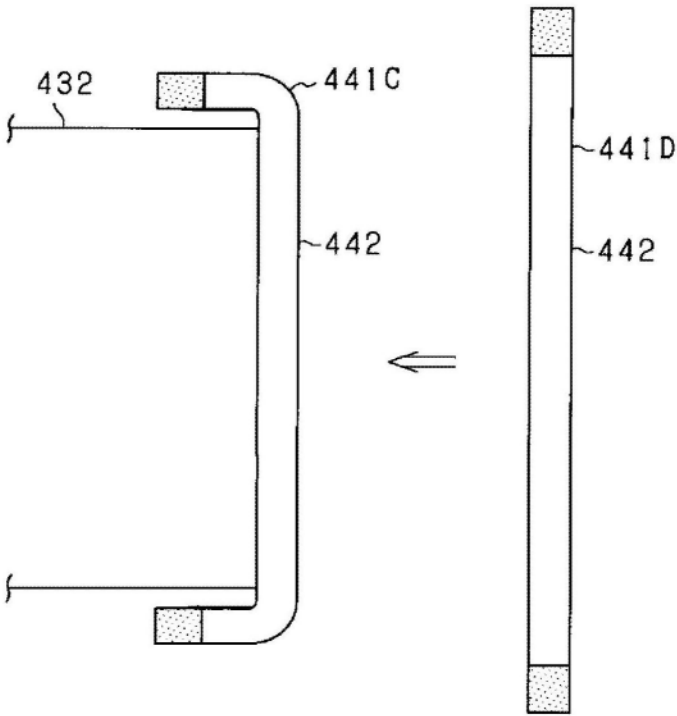


图70

(a)



(b)

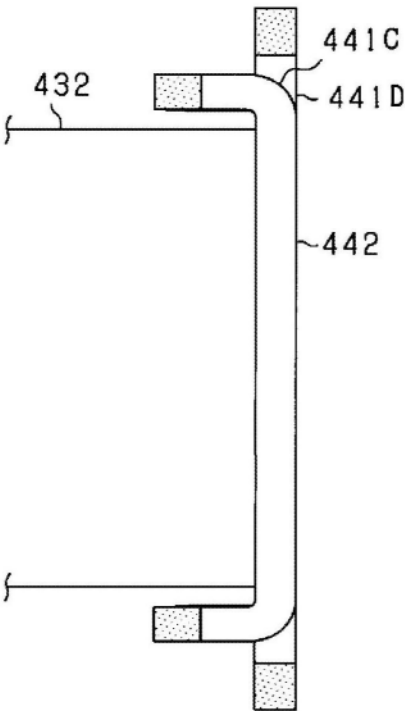


图71