



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112840526 B

(45) 授权公告日 2023.12.22

(21) 申请号 201980066547.2  
 (22) 申请日 2019.08.20  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 112840526 A  
 (43) 申请公布日 2021.05.25  
 (30) 优先权数据  
 2018-191112 2018.10.09 JP  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2021.04.08  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/JP2019/032437 2019.08.20  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02020/075392 JA 2020.04.16  
 (73) 专利权人 株式会社电装  
 地址 日本爱知县  
 (72) 发明人 谷口真 高桥裕树  
 (74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100  
 专利代理师 胡曼

(51) Int.Cl.  
 H02K 1/12 (2006.01)  
 H02K 1/20 (2006.01)  
 H02K 1/2783 (2022.01)  
 H02K 3/04 (2006.01)  
 H02K 5/10 (2006.01)  
 H02K 11/33 (2016.01)

(56) 对比文件  
 JP 2014192942 A, 2014.10.06  
 JP H07242169 A, 1995.09.19  
 CN 102629787 A, 2012.08.08  
 CN 103620915 A, 2014.03.05  
 CN 101222168 A, 2008.07.16  
 CN 102223045 A, 2011.10.19  
 CN 104253498 A, 2014.12.31  
 CN 104702002 A, 2015.06.10  
 CN 106165259 A, 2016.11.23  
 JP 2004015998 A, 2004.01.15  
 JP 2013074743 A, 2013.04.22 (续)  
 审查员 许晓燕

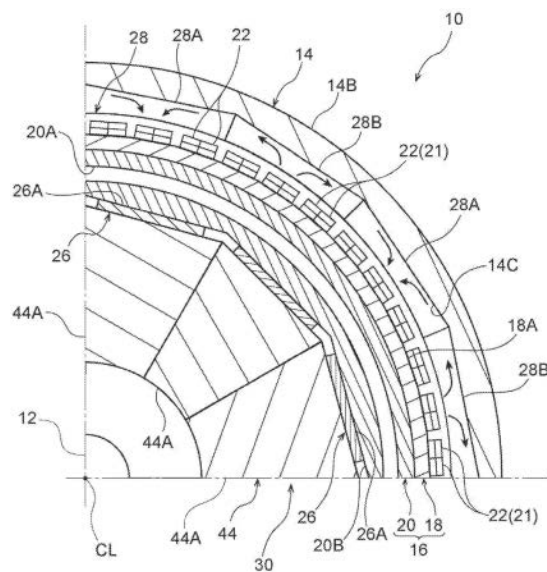
权利要求书1页 说明书17页 附图16页

(54) 发明名称

旋转电机

(57) 摘要

旋转电机(10)包括具有多个导线部(22)的定子(16)、以及沿旋转方向排列有磁体部(28A)的转子(14)。定子在与磁体部相对的面上设置有多个沿转子的旋转轴的轴向延伸的平坦部位,另外,构成为在定子的周向的各导线部之间设置有导线间构件(57),并且作为该导线间构件,使用当将一磁极的导线间构件的周向的宽度尺寸设为 $W_t$ ,将导线间构件的饱和磁通密度设为 $B_s$ ,将一磁极的磁体部的周向的宽度尺寸设为 $W_m$ ,将磁体部的残留磁通密度设为 $B_r$ 时,满足 $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$ 的关系的磁性材料或非磁性材料,或者构成为不设置导线间构件,并且在定子的平坦部位处沿转子的旋转方向排列有多个导线部。



CN 112840526 B

[接上页]

**(56) 对比文件**

杨杰伟;陶征;刘治华;吴一辉.轴向磁化永磁微电机的磁场分析及定子线圈制作工艺.仪表

技术与传感器.2009,(11),全文.

杨杰伟;王春昱;苏宇峰;高建设;吴一辉.轴向磁化永磁微电机最小尺寸分析及定转子制作.仪表技术与传感器.2007,(10),全文.

1. 一种旋转电机,所述旋转电机包括:定子,所述定子包括多个导线部;以及转子,所述转子相对于所述定子支承成旋转自如,并且沿旋转方向排列有磁体部,

所述定子具有与所述磁体部相对的面,并且在与所述磁体部相对的面上设置有多个沿所述转子的旋转轴的轴向延伸的平坦部位,

此外,构成为在所述定子的周向的各所述导线部之间设置导线间构件,并且作为所述导线间构件,使用当将一磁极的所述导线间构件的周向的宽度尺寸设为 $W_t$ ,将所述导线间构件的饱和磁通密度设为 $B_s$ ,将一磁极的所述磁体部的周向的宽度尺寸设为 $W_m$ ,将所述磁体部的残留磁通密度设为 $B_r$ 时,满足 $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$ 的关系的磁性材料或非磁性材料,

或者构成为在周向的各所述导线部之间不设置导线间构件,并且在所述定子的所述平坦部位处沿所述转子的旋转方向排列有多个所述导线部,

所述导线部形成为从旋转轴方向观察时每一极一相的径向尺寸小于周向尺寸。

2. 如权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,

所述导线部构成为包括导体,所述导体具有将多股线材捻合而形成的部位,

捻合的所述线材之间的电阻值大于所述线材自身的电阻值。

3. 如权利要求1或2所述的旋转电机,其特征在于,

所述定子包括配置在所述转子的内周侧且与所述磁体部相对的多边形形状的外周面,并且从旋转轴方向观察所述定子的内周面为多边形形状,

在构成所述定子的多边形形状的内周面上分别固定有半导体模块,

所述半导体模块的固定面形成为平面状。

4. 如权利要求3所述的旋转电机,其特征在于,

所述定子的包括所述内周面的一部分由散热器构成,

在所述散热器的内部设置有供制冷剂流动的流路。

5. 如权利要求4所述的旋转电机,其特征在于,

在所述定子中,若将由所述导线部构成的绕组的相数设为 $m$ ,则所述散热器中的构成多边形形状的所述内周面各自的沿旋转方向的长度为所述外周面各自的沿旋转方向的长度的 $m$ 面量至 $2m$ 面量之间的长度。

6. 如权利要求1、2、4、5中任一项所述的旋转电机,其特征在于,

所述转子与所述定子之间的间隔在旋转方向上变化。

7. 如权利要求6所述的旋转电机,其特征在于,

所述间隔在旋转方向上周期性地变化。

8. 如权利要求1、2、4、5、7中任一项所述的旋转电机,其特征在于,

在外壳上形成有将内部和外部连通的呼吸孔。

9. 如权利要求1、2、4、5、7中任一项所述的旋转电机,其特征在于,

所述磁体部在中央和端部处易磁化轴朝向不同的方向。

10. 如权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,

所述旋转电机是多极旋转电机。

11. 如权利要求1、2、4、5、7、10中任一项所述的旋转电机,其特征在于,

所述转子包括磁体安装部,从旋转轴方向观察所述磁体安装部形成为多边形形状。

## 旋转电机

[0001] 相关申请的援引

[0002] 本申请基于2018年10月9日申请的日本专利申请2018-191112号,要求其优先权,将该专利申请的全部内容以参照的形式纳入本说明书。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及一种旋转电机。

### 背景技术

[0004] 在专利文献1中公开了一种旋转电机,上述旋转电机包括具有线圈绕组的定子和相对于定子支承成能旋转的转子。此外,在专利文献1中,在排列成海尔贝克阵列的永磁体列之间配置线圈绕组,从而成为利用非磁性体的模塑构件来成型该线圈绕组的无切槽结构。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利特开2012-175755号公报

### 发明内容

[0008] 在大型的电动机中,会对导体作用过大的吸引排斥力。因此,在无法在切槽内保持导体的无切槽结构中,存在导体由于吸引排斥力而移动从而对电动机的驱动稳定性造成影响的可能性。

[0009] 本公开的目的在于得到一种旋转电机,在无切槽电动机中,能够确保驱动稳定性。

[0010] 本公开的第一方式的旋转电机包括:定子,上述定子包括多个导线部;以及转子,上述转子相对于上述定子支承成旋转自如,并且沿旋转方向排列有磁体部,其中,上述定子具有与上述磁体部相对的面,并且在与上述磁体部相对的面上设置有多个沿上述转子的旋转轴的轴向延伸的平坦部位,此外,构成为在上述定子的周向的各上述导线部之间设置导线间构件,并且作为上述导线间构件,使用当将一磁极的上述导线间构件的周向的宽度尺寸设为 $W_t$ ,将上述导线间构件的饱和磁通密度设为 $B_s$ ,将一磁极的上述磁体部的周向的宽度尺寸设为 $W_m$ ,将上述磁体部的残留磁通密度设为 $B_r$ 时,满足 $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$ 的关系的磁性材料或非磁性材料,或者构成为在周向的各上述导线部之间不设置导线间构件,并且在上述定子的上述平坦部位处沿上述转子的旋转方向排列多个上述导线部。

[0011] 根据本公开的第一方式的旋转电机,转子支承成相对于外壳旋转自如,在该转子上沿旋转方向排列有磁体部。另外,在转子的内周侧或外周侧配置有定子。此处,在定子的与磁体部相对的面上设置有多个沿转子的旋转轴的轴向延伸的平坦部位。此外,构成为在定子的周向的各导线部之间设置导线间构件,并且作为导线间构件,使用当将一磁极的导线间构件的周向的宽度尺寸设为 $W_t$ ,将导线间构件的饱和磁通密度设为 $B_s$ ,将一磁极的磁体部的周向的宽度尺寸设为 $W_m$ ,将磁体部的残留磁通密度设为 $B_r$ 时,满足 $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$

的关系的磁性材料或非磁性材料,或者构成为在周向的各导线部之间不设置导线间构件,并且在定子的平坦部位处沿转子的旋转方向排列多个导线部。由此,能够将导线部固定于平面,与将导线部固定于曲面的结构等相比,能够对导线部的移动进行抑制。

[0012] 另外,导线部的相对于定子的固定面形成为平面状。由此,能够在使导线部与定子面接触的状态下将导线部固定于定子,从而能够良好地维持导线部的保持状态。另外,通过使导线部与定子面接触,能够较大地确保导线部与定子的接触面积,从而能够提高热传导性。

## 附图说明

[0013] 参照附图和以下详细的记述,可以更明确本公开的上述目的、其他目的、特征和优点。附图如下所述。

[0014] 图1是从与旋转轴方向正交的方向观察第一实施方式的旋转电机的纵剖视图。

[0015] 图2是示出在图1的2-2线处切断的状态的、从旋转轴方向观察的横剖视图。

[0016] 图3是构成第一实施方式的旋转电机的绕组的立体图。

[0017] 图4是将第一实施方式的导体的局部截断而示意性地示出的立体图。

[0018] 图5是将第一实施方式的定子铁芯及导体放大后的放大立体图。

[0019] 图6是示出第一实施方式的旋转电机的变形例的、与图5对应的放大立体图。

[0020] 图7是从与旋转轴方向正交的方向观察第二实施方式的旋转电机的纵剖视图。

[0021] 图8是示出在图7的8-8线处切断的状态的、从旋转轴方向观察的横剖视图。

[0022] 图9是从旋转轴方向观察第二实施方式的旋转电机的第一变形例的横剖视图。

[0023] 图10是从旋转轴方向观察第二实施方式的旋转电机的第二变形例的横剖视图。

[0024] 图11是第三实施方式的旋转电机的横截面立体图。

[0025] 图12是第三实施方式的旋转电机的分解图。

[0026] 图13是示出旋转电机的控制系统的电路图。

[0027] 图14是示出旋转电机的电流反馈控制处理的框图。

[0028] 图15是另一变形例的定子的剖视图。

[0029] 图16是另一变形例的定子的剖视图。

## 具体实施方式

[0030] <第一实施方式>

[0031] 以下,参照附图对第一实施方式的旋转电机10进行说明。如图1和图2所示,本实施方式的旋转电机10是同步多相交流电动机,并且具有外侧旋转的外转子结构。此外,图1是从与旋转轴方向(即沿着旋转中心轴CL的方向)正交的方向观察旋转电机10的纵剖视图。另外,为了便于说明,仅图示了相对于旋转中心轴CL位于一侧的截面。相对于旋转中心轴CL位于另一侧的截面为夹着旋转中心轴CL与一侧对称的结构。图2是从旋转轴方向观察旋转电机10的横剖视图,但是为了便于说明,仅图示了截面的四分之一的区域。另外,在图2中,省略了外壳24的图示。

[0032] 旋转电机10包括沿着旋转中心轴CL延伸的旋转轴12。旋转轴12形成为大致圆柱状,相对于后述的外壳24被支承成绕旋转中心轴CL旋转自如。并且,旋转电机10构成为包括

与该旋转轴12配置在同轴上的转子14、定子16、绕组21、外壳24以及电气组件30。

[0033] 转子14成为大致圆筒状,安装于旋转轴12的外周面。因此,旋转轴14经由轴承12旋转自如地支承于外壳24。另外,转子14构成为包括从旋转轴12向径向外侧延伸的臂部14A、以及从臂部14A的前端向旋转轴方向延伸的磁体安装部14B。

[0034] 磁体安装部14B位于外壳24与定子16之间。另外,如图2所示,从旋转轴方向观察,磁体安装部14B的内周面14C形成为多边形形状。在本实施方式中,作为一例,从旋转轴方向观察,内周面14C形成为正十六边形。另外,此处所说的正十六边形不限于严格地使各边的长度相同的形状,也包括由于制造误差、设计误差等而使各边的长度稍微不同的形状的结构。后述的定子16中的正多边形也是同样的,不限于严格地使各边的长度相同的形状。

[0035] 在磁体安装部14B的内周面14C上设置有磁体部28。磁体部28具有分别是极性各向异性磁体且极性互相不同的第一磁体部28A和第二磁体部28B。第一磁体部28A和第二磁体部28B沿周向交替地配置。第一磁体部28A是在转子14中成为N极的磁体,第二磁体部28B是在转子14中成为S极的磁体。第一磁体部28A和第二磁体部28B是由例如钕磁体等稀土类磁体构成的永磁体。图2的箭头表示第一磁体部28A和第二磁体部28B的磁化方向。图8~图10的箭头也同样表示磁化方向。

[0036] 在本实施方式中,作为永磁体,假设残留磁通密度 $B_r$ 为1.0T以上,矫顽力 $b_{Hc}$ 为400kA/m以上的永磁体。由于通过相间励磁施加了5000~10000AT,因此若在一极对中使用25mm的永磁体,则 $b_{Hc}=10000A$ ,不会退磁。此处,在本实施方式中,由于利用了通过取向来控制易磁化轴的永磁体,因此,能够使上述磁体内部的磁路长度比以往具有1.0[T]以上的直线取向磁体的磁路长度长。即,除了能用较少的磁体量来实现每一极对的磁路长度之外,与利用了以往的直线取向磁体的设计相比,即使暴露在严酷的高温条件下,也能保持其可逆退磁范围。

[0037] 此处,第一磁体部28A和第二磁体部28B在中央和端部处,易磁化轴朝向不同的方向。具体地,若将磁极中心设为d轴,则在磁体部28中,在第一磁体部28A和第二磁体部28B各自的d轴附近,在与磁极面正交的方向上产生磁通,上述磁通呈越远离磁极面则越远离d轴的圆弧状。此外,越是与磁极面正交的磁通,磁通越强。

[0038] 在转子14的径向内侧(即内周侧)配设有定子16。如图1所示,定子16构成为包括定子铁芯18和散热器20。另外,定子16隔着电气组件30固定于外壳24。在后面详细描述定子16。

[0039] 外壳24构成旋转电机10的外罩,包括大致圆筒状的周壁部24A。另外,一端面部24B从周壁部24A的一端部朝向旋转中心轴CL延伸,该一端面部24B的旋转轴12侧的端部经由第一轴承部32支承于旋转轴12。第一轴承部32构成为包括压入旋转轴12侧的内圈32A、压入外壳24侧的外圈32B、以及配置在内圈32A与外圈32B之间的多个球体32C。

[0040] 另一端面部24C从周壁部24A的另一端部朝向旋转中心轴CL延伸,在该另一端面部24C上安装有电气组件30。此外,在另一端面部24C形成有将外壳24的外部与内部连通的呼吸孔24D。呼吸孔24D是在另一端面部24C上形成多个的圆孔,各个呼吸孔24D由过滤器34堵塞。因此,形成为空气连通但是水分无法浸入外壳24的内部的内部结构。

[0041] 接着,对定子16进行详细说明。如图2所示,定子16的径向外侧由定子铁芯18构成。定子铁芯18通过由软磁性材料构成的层叠钢板形成为大致圆环状,在该定子铁芯18的外周

面上设置有将导线部22卷绕形成为大致筒状而构成的绕组21。

[0042] 如图3所示,绕组21从轴向一端侧依次包括线圈边端部21A、线圈侧部21B以及线圈边端部21C。线圈侧部21B是位于定子铁芯18的径向外侧的部分,与磁体部28在径向上相对配置。

[0043] 另外,在线圈侧部21B中,导线部22直接状地延伸。线圈边端部21A、21C通过导线部22形成为大致V字状的拐弯部而相互连接。

[0044] 如图4所示,构成绕组21的导线部22由表面被绝缘膜36包覆的包覆导线构成,从而在径向上互相重合的导线部22彼此之间以及在导线部22与定子铁芯18之间分别确保绝缘性。若后述的线材38是自熔包覆线,则上述绝缘膜36是其包覆膜,或者由与线材38的包覆膜不同的、重叠的绝缘构件构成。

[0045] 除了用于连接的露出部分之外,由导线部22构成的各相绕组通过绝缘膜36b保持绝缘性。作为露出部分,例如是输入输出端子部或者形成星形接线时的中性点部分。在本实施方式中,导体40构成为多股线材38的集合体,并且该导体40通过树脂固接或自熔包覆线,将在径向上相邻的各导线部22互相固接。由此,抑制了导线部22彼此相互摩擦导致的绝缘破坏、振动以及声音。

[0046] 具体地,导体40包括通过将多股线材38捻合而形成捻线状的部位。此外,线材38构成为将较细的纤维状的导电构件捆扎而成的复合体。例如,线材38是CNT(碳纳米管)纤维的复合体,作为CNT纤维,使用包括了以硼置换至少一部分碳的含硼微细纤维的纤维。作为碳微细纤维,除了CNT纤维以外,还可以使用气相生长法碳纤维(VGCF)等,但优选使用CNT纤维。另外,线材38的表面由搪瓷等高分子绝缘层覆盖。优选覆盖有由聚酰亚胺的膜、酰胺酰亚胺的膜构成的所谓的瓷釉膜。

[0047] 另外,由于导体40通过捻合多股线材38而构成,因此,能够抑制各线材38处的涡电流的产生,并且实现导体40的涡电流的减少。此外,通过捻合各线材38,在一股线材38中产生了磁场的施加方向互相相反的部位,从而抵消反电动势。因此,能够实现涡电流的减少。尤其是,通过用纤维状的导电构件构成线材38,能够细线化并大幅增加捻合次数,从而进一步理想地减少涡电流。另外,此处所说的线材38彼此的绝缘方法不限于前述的高分子绝缘膜,也可以是利用接触电阻使电流难以在捻合的线材38之间流动的方法。即,若成为捻合的线材38之间的电阻值大于线材36本身的电阻值的关系,则能够通过产生的电位差得到与使用高分子绝缘膜时相同的效果。例如,优选的是,能通过将制作线材38的制造设备和制作旋转电机10的电枢的制造设备作为分开的非连续的设备使用,从而根据移动时间等使线材38氧化,从而增加接触电阻。

[0048] 另外,绕组21通过将截面呈扁平矩形的多个导线部22在径向上排列设置而构成。即,导线部22形成为从旋转轴方向观察时每一极一相的径向尺寸小于周向尺寸。各导线部22以在横截面中径向尺寸<周向尺寸的方向配置。由此,能够在实现径向的薄壁化的同时,使导体区域延伸到以往有极齿的区域。这样,通过使导线部22在周向上扁平化来增大导体40的截面积,从而抑制了导线部22的发热量的增加。另外,即使是在周向上排列多个导线部22并将上述导线部22并联接线的结构,也能够得到同样的效果。

[0049] 如上所述,导线部22的截面呈扁平矩形,并且在径向上排列配置有多个。如上所述,导线部22通过使由包括熔合层和绝缘层的自熔包覆线包覆的多股线材86以捻合的状态

集合,并使上述熔合层彼此熔合,从而维持形状。另外,也可以利用合成树脂等将不包括熔合层的线材、自熔包覆线的线材以捻合的状态牢固地成型为期望的形状。当将导线部22的绝缘膜36的厚度设为例如 $80\mu\text{m}$ ,并且设为比导线部的膜厚厚壁时,即使没有在导线部22与定子铁芯18之间夹设绝缘纸等,也能够确保导线部22与定子铁芯18之间的绝缘性。另外,一般使用的导线的膜厚度为 $5\sim 40\mu\text{m}$ 。

[0050] 各导线部22弯曲形成为在周向上以规定的配置图案配置,由此,作为绕组21形成针对各相的相绕组。在绕组21中,通过各导线部22中的在轴向上直线状地延伸的直线部形成线圈侧部21B,通过在轴向上向线圈侧部21B的两外侧突出的拐弯部形成线圈边端部21A和线圈边端部21C。通过交替地重复直线部和拐弯部,各导线部22构成为波形的一连串的导线。直线部配置于在径向上与磁体部28相对的位置,在磁体部28的轴向外侧的位置隔着规定间隔配置的同相的直线部彼此通过拐弯部互相连接。

[0051] 在本实施方式的绕组21中,针对每相使用两对导线部22来构成各相的绕组,绕组21中的一方的三相绕组(U相、V相、W相)和另一方的三相绕组(X相、Y相、Z相)设于径向内外的两层。在这种情况下,若将绕组的相数设为 $S$ ,将导线部22的对数设为 $m$ ,则针对各极对形成有 $2\times S\times m=2S_m$ 个导体40。在本实施方式中,由于是相数 $S$ 为3、对数 $m$ 为2且为8极对(即16极)的旋转电机,因此,针对每极对在周向上配置有 $2\times 3\times 2\times 8=96$ 个导体40。

[0052] 导体40通过三相全节距的与16极对应的绕线规则构成,每一极一相的导体数为2。即,一个电气周期的导体排列分别以 $U1+$ 、 $U2+$ 、 $W1-$ 、 $W2-$ 、 $V1+$ 、 $V2+$ 、 $U1-$ 、 $U2-$ 、 $W1+$ 、 $W2+$ 、 $V1-$ 、 $V2-$ 的顺序排列,这递归地排列八次。

[0053] 此处,在本实施方式中,定子铁芯18的与磁体部28相对的外周面18A从旋转轴方向观察时为多边形形状,在本实施方式中,作为一例,形成为正四十八边形。具体地,如图5所示,定子铁芯18的外周面18A由多个平面部构成,在相邻的平面部之间形成有棱线18B。而且,相对于一个平面部,在周向上相邻地配置有两个导线部22。即,分别固定于构成定子铁芯18的多边形形状的平面部。

[0054] 另外,如上所述,在径向上相邻配置有两个导线部22。因此,相对于构成外周面18A的一个平面部配置有四个导线部22。另外,也可以是在平面部之间没有形成棱线18B的结构。在这种情况下,也可以采用相邻的平面部间由曲面连结的结构。

[0055] 另一方面,固定于外周面18A的导线部22沿周向在定子铁芯18的外周面18A隔着空隙排列有多个。因此,导线部22彼此的间隙的相对磁导率成为接近1.0的状态。另外,导线部22的固定面22A形成为平面状。因此,导线部22的固定面22A和定子铁芯18的外周面18A以平面部彼此面接触的状态固定。

[0056] 如图2所示,定子铁芯18的外周面18A从旋转轴方向观察形成为多边形形状,另一方面,转子14侧的磁体部28的表面从旋转轴方向观察形成为圆形。因此,转子14与定子16之间的间隔在旋转方向上变化。

[0057] 具体地,转子14与定子16之间的间隔在旋转方向上周期性地变化。即,在图5中,形成于定子铁芯18的外周面18A的棱线18B的部分构成为与转子14的间隔最窄。

[0058] 如图1、图2所示,在定子铁芯18的径向内侧设置有散热器20,包括定子16的内周面20B的一部分由散热器20构成。

[0059] 散热器20形成为中空的大致圆筒状,在该散热器20的内部形成有相当于制冷剂的



冷却水的流路20A。流路20A形成为环状,构成为通过未图示的水泵使流路20A内的冷却水循环。

[0060] 此处,散热器20的内周面20B、即定子16的内周面20B从旋转轴方向观察为多边形形状,在本实施方式中,作为一例,形成为正十二边形。并且,在该内周面20B上分别固定有构成电气组件30的半导体模块26,半导体模块26的固定面26A形成为平面状。

[0061] 另外,在本实施方式中,若将相数设为 $m$ ,则散热器20中的构成多边形形状的内周面20B各自的沿旋转方向的长度为外周面18A各自的沿旋转方向的长度的 $m$ 面量至 $2m$ 面量之间的长度。在本实施方式中,由于是三相电动机,因此,内周面20B的一边的长度为外周面18A的一边的长度的3倍至6倍。

[0062] 以下,对电气组件30进行说明。如图1所示,电气组件30构成为包括构成逆变器电路的半导体模块26、控制基板42、电容器模块44以及保持构件。另外,电气组件30的保持构件经由第二轴承部46支承于旋转轴12。第二轴承部46包括压入旋转轴12侧的内圈46A、压入电气组件30侧的外圈46B、以及配置在内圈46A与外圈46B之间的多个球体46C。

[0063] 如图2所示,电容器模块44形成为中空圆筒状,并且配置在旋转轴12的周围。电容器模块44包括彼此并联连接的多个平滑用电容器44A。具体地,电容器44A是层叠多个薄膜电容器而成的层叠式薄膜电容器,且横截面呈大致梯形。电容器模块44通过环状地排列配置十二个电容器44A而构成。

[0064] 另外,在电容器44A的制造过程中,例如使用层叠多个薄膜而成的规定宽度的长条薄膜。然后,将薄膜宽度方向作为梯形高度方向,并且以梯形的上底和下底交替的方式将长条薄膜切断成等腰梯形形状,由此制作电容器元件。然后,通过将电极等安装于上述电容器元件来制作电容器44A。

[0065] 半导体模块26具有例如MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor:金属氧化物半导体场效应晶体管)、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor:绝缘栅双极型晶体管)等半导体开关元件,并且形成为大致板状。在本实施方式中,旋转电机10包括两组三相绕组,由于针对每个上述三相绕组设置有逆变器电路,因此,将共计十二个半导体模块26设置于电气组件30。

[0066] 半导体模块26以夹在散热器20与电容器模块44之间的状态配置。另外,半导体模块26的外周面为固定于散热器20的内周面20B的固定面26A,该固定面26A形成为平面状。因此,半导体模块26的固定面26A与散热器20的内周面20B以平面部彼此面接触的状态固定。

[0067] 如图1所示,在比电容器模块44更靠旋转轴方向的一侧,配置有控制基板42。控制基板42固定于外壳24,具有形成有规定的配线图案的印刷电路板(PCB)。并且,在电路板上安装有由各种IC(Integrated Circuit:集成电路)和微型计算机等构成的控制装置。

[0068] 接着,对控制旋转电机10的控制系统的结构进行说明。如图13所示,作为绕组21,示出了两组的三相绕组50A和三相绕组50B,三相绕组50A构成为包括U相绕组、V相绕组和W相绕组。另外,三相绕组50B构成为包括X相绕组、Y相绕组和Z相绕组。

[0069] 在三相绕组50A侧设置有第一逆变器52,在三相绕组50B侧设置有第二逆变器54。第一逆变器52和第二逆变器54由具有与相绕组的相数相同数量的上下臂的全桥电路构成。并且,通过设置于各臂的开关(半导体开关元件)的接通断开,在绕组21的各相绕组中调节通电电流。

[0070] 直流电源56和平滑用电容器58并联连接到第一逆变器52和第二逆变器54。直流电源56由例如多个单电池串联连接的组电池构成。另外,第一逆变器52和第二逆变器54的各开关相当于图2等所示的半导体模块26,电容器58相当于图2等所示的电容器模块44。

[0071] 控制装置60包括由CPU、各种存储器构成的微型计算机,基于旋转电机10中的各种检测信息、动力运行驱动和发电的请求,通过第一逆变器52和第二逆变器54的各开关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出的转子14的旋转角度(电角度信息)、由电压传感器检测出的电源电压(逆变器输入电压)、以及由电流传感器检测出的各相的通电电流。控制装置60生成并输出对第一逆变器52和第二逆变器54的各开关进行的操作信号。另外,例如当旋转电机10用作车辆用动力源时,发电的请求是再生驱动的请求。

[0072] 第一逆变器52在由U相、V相和W相构成的三相中分别包括上臂开关 $S_p$ 和下臂开关 $S_n$ 的串联连接体。各相的上臂开关 $S_p$ 的高电位侧端子连接到直流电源56的正极端子,各相的下臂开关 $S_n$ 的低电位侧端子连接到直流电源56的负极端子(接地)。

[0073] 在各相的上臂开关 $S_p$ 与下臂开关 $S_n$ 之间的中间连接点分别连接有U相绕组、V相绕组和W相绕组的一端。上述各相绕组被星形接线(Y接线),并且各相绕组的另一端在中性点处互相连接。

[0074] 第二逆变器54具有与第一逆变器52相同的结构,在由X相、Y相和Z相构成的三相中分别包括上臂开关 $S_p$ 和下臂开关 $S_n$ 的串联连接体。各相的上臂开关 $S_p$ 的高电位侧端子连接到直流电源56的正极端子,各相的下臂开关 $S_n$ 的低电位侧端子连接到直流电源56的负极端子(接地)。在各相的上臂开关 $S_p$ 与下臂开关 $S_n$ 之间的中间连接点分别连接有X相绕组、Y相绕组和Z相绕组的一端。上述各相绕组被星形接线(Y接线),并且各相绕组的另一端在中性点处互相连接。

[0075] 图14示出了控制U相、V相和W相的各相电流的电流反馈控制处理以及控制X相、Y相和Z相的各相电流的电流反馈控制处理。此处首先对U相、V相和W相侧的控制处理进行说明。

[0076] 在图14中,电流指令值设定部62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 $\theta$ 进行时间微分而得到的电角速度 $\omega$ ,来设定d轴附近的电流指令值和q轴的电流指令值。另外,电流指令值设定部62在U相、V相、W相侧和X相、Y相、Z相侧共用地设置。另外,例如当将旋转电机10用作车辆用动力源时,发电转矩指令值是再生转矩指令值。另外,q轴是磁极边界。

[0077] dq转换部64将针对各相设置的电流传感器检测到的电流检测值(各相电流)转换为以励磁方向为d轴的正交二维旋转坐标系的分量即d轴附近的电流和q轴电流。

[0078] 电流反馈控制部66计算指令电压作为用于将d轴附近的电流反馈控制为电流指令值的操作量。此外,q轴电流反馈控制部68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。在上述d轴反馈控制部66和q轴反馈控制部68中,基于d轴电流和q轴电流的与电流指令值的偏差,使用PI反馈方法来计算指令电压。

[0079] 三相转换部70将d轴和q轴的指令电压转换为U相、V相和W相的指令电压。另外,上述的电流指令值设定部62、dq转换部64、d轴电流反馈控制部66、q轴电流反馈控制部68以及三相转换部70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。另外,U相、V相和W相的指令电压是反馈控制值。

[0080] 然后,操作信号生成部72使用周知的三角波载波比较方法,基于三指的指令电压来生成图13的第一逆变器52的操作信号。具体地,操作信号生成部72通过基于用电源电压使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(占空比信号)。

[0081] 此外,在X相、Y相、Z相侧也具有相同的结构,dq转换部76将针对各相设置的电流传感器检测到的电流检测值转换为以励磁方向为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。

[0082] d轴电流反馈控制部77计算d轴的指令电压,q轴电流反馈控制部78计算q轴的指令电压。三相转换部80将d轴和q轴的指令电压转换为X相、Y相和Z相的指令电压。然后,操作信号生成部82基于三指的指令电压来生成图13的第二逆变器54的操作信号。具体地,操作信号生成部82通过基于用电源电压使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(即占空比信号)。

[0083] 驱动器74基于由操作信号生成部72和操作信号生成部82生成的开关操作信号,使第一逆变器52和第二逆变器54中的各三指的开关 $S_p$ 、 $S_n$ 接通断开。

[0084] 接着,对转矩反馈控制处理进行说明。在例如高旋转区域和高输出区域等第一逆变器52和第二逆变器54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上述处理。控制装置60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和电流反馈控制处理中的任意一方的处理。

[0085] (作用)

[0086] 接着,对本实施方式的作用进行说明。

[0087] 如图2所示,根据本实施方式的旋转电机10,沿着转子14的旋转方向排列有第一磁体部28A以及第二磁体部28B。另外,在转子14的内周侧配置有定子铁芯18。此处,定子铁芯18的与磁体相对的外周面18A从转子14的旋转轴方向观察为多边形形状。并且,在定子铁芯18的外周面18A上沿着转子14的旋转方向排列有多个导线部22,上述导线部22隔着空隙排列。另外,导线部22分别固定于构成定子铁芯18的多边形形状的面。由此,能够将导线部22固定于平面,与将导线部22固定于曲面的构造等相比,能够对导线部22的移动进行抑制。

[0088] 尤其是,在本实施方式中,由于在定子铁芯18上没有设置切槽,因此,能够将定子铁芯18的周向一周的导体区域设计得比间隙区域大。例如,在一般的车辆用旋转电机中,定子绕组的周向一周上的导体区域/间隙区域为1以下。另一方面,在本实施方式中,绕组21构成为导体区域与间隙区域相同或者导体区域大于间隙区域。此处,如图5所示,若将在周向上配置有导线部22的导线区域设为 $W_A$ ,将相邻的导线部22之间的导线间区域设为 $W_B$ ,则导线区域 $W_A$ 在周向上大于导线间区域 $W_B$ 。

[0089] 另外,旋转电机10的转矩与导体40的径向的厚度大致成反比。在本实施方式中,通过在定子铁芯18的径向外侧使导体40的厚度变薄,能够使旋转电机10的转矩增加。作为上述的理由,是因为能够缩小从转子14的磁体部28到定子铁芯18的距离,从而降低磁阻。由此,能够增大永磁体与定子铁芯18的交链磁通,从而能够增强转矩。

[0090] 另外,在本实施方式中,如图5所示,导线部22的固定面22A形成为平面状。由此,能够在使导线部22与定子铁芯18面接触的状态下固定导线部22,从而能够良好地维持导线部22的保持状态。另外,通过面接触,能够较大地确保导线部22和定子铁芯18的接触面积,从

而能够提高热传导性。例如,在200A级的电动机中,在导体40的截面积为 $10\text{mm}^2$ 左右的情况下,采用3mm左右的扁平线。此时,通过使导线部22与定子铁芯18面接触,能够确保3mm左右的接触面的宽度,从而能够有效地进行热量的散发。

[0091] 并且,如图4所示,本实施方式的导线部22构成为包括导体40,该导体40具有将多股线材38捻合而形成的部位。由此,能够减少导体40中产生的高频涡电流损耗。另外,能够抑制铜损的增加,并且能够提高无切槽电动机的效率。

[0092] 此外,在本实施方式中,如图2所示,为定子16配置在转子14的内周侧的外转子结构,在该定子16的外周面18A固定有导线部22,并且在定子16的内周面20B固定有半导体模块26。由此,通过将旋转电机10的主要发热体即导线部22和半导体模块26以抱合的方式固定在一个部位来集中发热,也能够将冷却功能集中在一个部位,能够实现冷却机构的小型化。即,通过冷却定子16,能够对导线部22和半导体组件26这两者进行冷却。

[0093] 另外,定子16的内周面20B从旋转轴方向观察为多边形形状,半导体模块26的固定面26A形成为平面状,并且在与内周面20B面接触的状态下固定。由此,与定子16的内周面20B从旋转轴方向观察形成为圆形状的结构相比,能够较大地确保半导体模块26与定子16的接触面积,从而能够有效地进行热量的散热。

[0094] 另外,定子16的内周侧由散热器20构成,在该散热器20的内部设置有供冷却水流动的流路20A。由此,能够使冷却水吸收由导线部22和半导体组件26产生的热量,从而能够有效地进行冷却。此时,根据需要,也可以在流路20A设置用于增大散热面积的翅片。

[0095] 此外,在本实施方式中,当将相数设为 $m$ 时,定子16的内周面20B各自的沿旋转方向的长度为外周面18A各自的沿旋转方向的长度的 $m$ 面量至 $2m$ 面量之间的长度。此处,一般而言,一个功率模块(即半导体模块)大多将 $m$ 相电动机的与一相对应的上下臂的晶体管集成于一个封装体中。并且,已知将 $m$ 个至 $2m$ 个上述晶体管排列而构成一个逆变器。即,一个功率模块中总是仅流过与一相对应的电流。

[0096] 另一方面,定子16的导体组由三组至六组构成三量的量。即,多边形的 $m$ 面量到 $2m$ 面量相当于 $m$ 相的量。如本实施方式那样,在三相的情况下,在U相、V相、W相中平衡良好地流过 $I_u+I_v+I_w=0$ 的电流。因此,若一个功率模块和与三相对应的导体组夹着包括冷却机构的散热器20彼此相对,则与三相对应的导体组的发热量被均匀分配至各功率模块。其结果是,能够消除冷却性能的不平衡,从而能够使冷却机构小型化。

[0097] 另外,在本实施方式中,转子14与定子16之间的间隔构成为在旋转方向上变化。即,在本实施方式中,定子16的外周面18A从旋转轴方向观察形成为多边形形状,在转子14侧,磁体部28的表面从旋转轴方向观察形成为圆形状,因此,它们之间的间隔在旋转方向上变化。由此,通过转子14的旋转,在旋转方向上产生压力变动,并且在转子14与定子16之间产生空气的流动。其结果是,周围的空气吹到露出的导线部22,从而能够有效地冷却导线部22。

[0098] 尤其是,在本实施方式中,转子14与定子16的间隔周期性地变化。由此,与转子14和定子16的间隔是非周期性的结构相比,能够抑制电磁振动噪音等噪声的产生。

[0099] 此外,在本实施方式中,由于在外壳24的另一端面部24C形成有呼吸孔24D,因此,能够使外壳24内的热量向外壳24的外部释放。

[0100] 此外,在上述实施方式中,如图5所示,在相邻的导线部22之间仅存在空气,但是并

不限于此,也可以采用图6所示的变形例的结构。

[0101] (第一实施方式的变形例)

[0102] 如图6所示,在本变形例中,绕组21通过由合成树脂材料构成的密封构件23密封,该密封构件23相当于由非磁性体形成的导线间构件。

[0103] 密封构件23填充在导线部22之间,该密封构件23作为绝缘构件发挥作用。另外,密封构件23设置于定子铁芯18的径向外侧,比导线部22的径向外侧的厚度尺寸厚,因此,成为导线部22配置于密封构件23的内部的结构。

[0104] 另外,尽管未图示,但是密封构件23设置在包括绕组21的拐弯部的范围内,除了与逆变器电路连接的连接端子以外,绕组21的大致整体被密封构件23树脂密封。

[0105] 如本变形例那样,在密封构件23设置在包括定子铁芯18的端面的范围的结构中,能够通过密封构件23将定子铁芯18的层叠钢板向轴向内侧按压。由此,能够使用密封构件23来保持层叠钢板的层叠状态。另外,也可以是对包括定子铁芯18的内周面的定子铁芯18的整体进行树脂密封的结构。

[0106] 此外,当旋转电机10作为车辆动力源使用时,作为密封构件23的材质,优选构成为包括高耐热性氟树脂、环氧树脂、PPS(聚苯硫醚)树脂、PEEK(聚醚醚酮)树脂、LCP(液晶聚合物)树脂、硅树脂、PAI(聚酰胺酰亚胺)树脂、PI(聚酰亚胺)树脂。另外,若密封构件23采用与绕组21的绝缘膜36相同的材质,则能够抑制由于膨胀差而产生的裂纹。另一方面,在应用于如电动车辆那样不具有发动机等内燃机的车辆的情况下,也可以包括具有耐热性的PP0(聚苯醚)树脂、酚醛树脂、FRP(纤维强化树脂)等而构成密封构件23。

[0107] 此外,当将一个磁极的密封构件23的周向的宽度尺寸设为 $W_t$ ,将密封构件23的饱和磁通密度设为 $B_s$ ,将一个磁极的磁体部28的周向的宽度尺寸设为 $W_m$ ,将磁体部28的残留磁通密度设为 $B_r$ 时,优选满足 $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r$ 的关系式。

[0108] <第二实施方式>

[0109] 接着,对第二实施方式的旋转电机90进行说明。另外,对与第一实施方式相同的结构标注相同的符号,并适当省略说明。

[0110] 如图7所示,本实施方式的旋转电机90在成为内侧旋转的内转子结构这一点上与第一实施方式不同。具体地,旋转电机90具有沿着旋转中心轴CL延伸的旋转轴92。旋转轴92形成为大致圆柱状,相对于后述的外壳94被支承成绕旋转中心轴CL旋转自如。并且,旋转电机10构成为包括与该旋转轴92配置在同轴上的转子96、定子91、绕组21以及外壳94。另外,在图7中,为了便于说明,仅图示了相对于旋转中心轴CL位于一侧的旋转电机90的截面。此外,相对于旋转中心轴CL位于另一侧的截面为夹着旋转中心轴CL与一侧对称的结构。

[0111] 转子96形成为大致圆环状,安装于旋转轴92的外周面。另外,如图8所示,从旋转轴方向观察,转子96的外周面96A形成为多边形形状。在本实施方式中,作为一例,从旋转轴方向观察,外周面96A形成为正十六边形。并且,在该外周面96A上设置有磁体部97。另外,在图8~图10中,为了便于说明,仅图示了旋转电机90的截面的四分之一的区域。另外,在图8~图10中,省略了外壳94的图示。

[0112] 磁体部97具有分别是极性各向异性磁体且磁极互相不同的第一磁体部97A和第二磁体部97B,第一磁体部97A和第二磁体部97B在周向上交替地配置。此外,第一磁体部97A构成为包括中央部和两端部,上述中央部磁化成磁通朝向径向外侧,上述两端部位于该中央

部的两侧,并且磁化成磁通朝向中央部侧。第二磁体部97B构成为包括中央部和两端部,上述中央部磁化成磁通朝向径向内侧,上述两端部位于该中央部的两侧,并且磁化成磁通朝向与中央部侧相反的一侧。因此,磁体部97成为16极的海尔贝克阵列的磁体配置。

[0113] 此外,第一磁体部97A和第二磁体部97B分别形成为中央部在径向上最厚,并且厚度随着朝向两端部而逐渐减小。因此,从旋转轴方向观察,磁体部97为16瓣的花瓣形状,磁体部97与定子91的间隔构成为沿旋转方向周期性地变化。

[0114] 如图7所示,在转子96的径向外侧设置有定子91,该定子91安装于外壳94。外壳94构成旋转电机90的外罩,包括大致圆筒状的周壁部94A。另外,一端面部94B从周壁部94A的一端部朝向旋转轴92延伸,该一端面部94B的旋转轴92侧经由第一轴承93连结于旋转轴92。第一轴承部93构成为包括旋转轴92侧的内圈93A和外壳94侧的外圈93B、以及配置在内圈93A与外圈93B之间的多个球体93C。

[0115] 另一端面部94C从周壁部94A的另一端部朝向旋转轴92延伸,该另一端面部94C的旋转轴92侧经由第二轴承部95连结于旋转轴92。第二轴承部95构成为包括旋转轴92侧的内圈95A和外壳94侧的外圈95B、以及配置在内圈95A与外圈95B之间的多个球体95C。

[0116] 定子91设置于外壳94的周壁部94A的径向内侧的面,包括定子铁芯98。如图8所示,定子铁芯98通过由软磁性材料构成的层叠钢板形成为大致圆环状,在该定子铁芯98的外周面上设置有将导线部22卷绕形成为大致筒状而构成的绕组21。

[0117] 此处,定子铁芯98的与磁体部97相对的内周面98A从旋转轴方向观察为多边形形状,在本实施方式中,作为一例,形成为正四十八边形。而且,相对于构成正四十八边形的一个平面部,在周向上相邻地配置有两个导线部22。

[0118] 在本实施方式中,通过设为内转子结构,能够使内周侧旋转。此外,由于磁体部97为海尔贝克阵列,因此,能够使磁场集中在任意方向。其他作用与第一实施方式相同。

[0119] 此外,构成本实施方式的磁体部97的第一磁体部97A和第二磁体部97B为在三个方向上磁化的结构,但是不限于于此。也可以采用图9、10所示的变形例的结构。

[0120] (第二实施方式的第一变形例)

[0121] 如图9所示,在本变形例中,转子96的外周面96A从旋转轴方向观察形成为正三十二边形。并且,在该外周面96A上设置有磁体部89。

[0122] 磁体部89构成为包括第一磁体89A、第二磁体89B、第三磁体89C以及第四磁体89D。第一磁体89A、第二磁体89B、第三磁体89C以及第四磁体89D以该顺序在周向上排列配置,并且磁化成海尔贝克阵列。

[0123] 在本变形例中,与第二实施方式不同,由于一个磁体仅在一个方向上磁化,因此,磁体的制造变得容易。

[0124] (第二实施方式的第二变形例)

[0125] 如图10所示,在本变形例中,转子96的外周面96A从旋转轴方向观察形成为正十六边形。并且,在该外周面96A上设置有磁体部99。

[0126] 磁体部99构成为包括分别是极性各向异性磁体且磁极互相不同的第一磁体99A和第二磁体99B。第一磁体99A和第二磁体99B在中央和端部处易磁化轴朝向不同的方向。具体地,在第一磁体99A和第二磁体99B各自的d轴附近(即磁极中心),在与磁极面正交的方向上产生磁通,上述磁通呈越远离磁极面则越远离d轴的圆弧状。此外,越是与磁极面正交的磁

通,磁通越强。

[0127] 在本变形例中,与以海尔贝克阵列来配置磁体的结构相比,能够削减组装所需要的工时。

[0128] <第三实施方式>

[0129] 接着,对第三实施方式的旋转电机100进行说明。另外,对与第一实施方式相同的结构标注相同的符号,并且适当省略说明。另外,由于主要部分是与第一实施方式相同的结构,因此,在以下的说明中仅图示旋转电机100的整体结构来进行记载。

[0130] 如图11和图12所示,旋转电机100构成为包括轴承部120、外壳130、转子140、定子150和逆变器单元160。上述构成部件均和旋转轴111一起配置在同轴上,以规定顺序在轴向上组装,从而构成旋转电机100。

[0131] 轴承部120具有:在轴向上彼此分开地配置的两个轴承121和轴承122;以及保持上述轴承121和轴承122的保持构件123。轴承121和轴承122例如是径向滚珠轴承,分别构成为包括外圈、内圈和球体。保持构件123呈圆筒状,在该保持构件123的径向内侧组装有轴承121和轴承122。而且,旋转轴111和转子140旋转自如地支承于轴承121和轴承122的径向内侧。

[0132] 外壳130具有呈圆筒状的周壁部131和端面部132,上述端面部132设置在周壁部131的轴向两端部中的一方的端部。周壁部131的轴向两端部中的端面部132的相反侧为开口部133,外壳130为端面部132的相反侧通过开口部133敞开的结构。

[0133] 在端面部132的中央形成有圆形的孔134,轴承部120插通于孔134。轴承部120在插通于孔134的状态下,通过螺钉、铆钉等固定件固定于端面部132。此外,在由外壳130的周壁部131和端面部132划分出的内部空间收容有转子140和定子150。

[0134] 本实施方式的旋转电机100是外侧为转子140的外转子结构,在外壳130的内部空间,在呈筒状的转子140的径向内侧配置有定子150。转子140悬臂支承于旋转轴111。

[0135] 转子140构成为包括形成为中空筒状的转子主体141、以及设置于转子主体141的径向内侧的环状的磁体部142。转子主体141形成为端面部132侧为底部的大致有底圆筒状,具有作为磁体保持构件的功能。另外,转子主体141构成为包括大致圆筒状的磁体保持部143、直径比磁体保持部143小的形成为大致圆筒状的固定部144、以及将磁体保持部143和固定部144连接的中间部145。并且,在磁体保持部143的内周面上安装有磁体部142。

[0136] 在固定部144形成有插通孔144A,在该插通孔144A插通有旋转轴111。并且,在旋转轴111插通于插通孔144A的状态下将旋转轴111固定到固定部144。即,转子主体141经由固定部141固定到旋转轴111。另外,固定部144也可以通过利用了凹凸的花键结合、键结合、焊接或铆接等相对于旋转轴111固定。由此,转子140和旋转轴111一体地旋转。

[0137] 此外,轴承部120的轴承121和轴承122组装到固定部144的径向外侧。由于轴承部120固定到外壳130的端面部132,因此,旋转轴111和转子140能旋转地支承于外壳130。由此,转子140在外壳130内旋转自如。

[0138] 在转子140的轴向两侧中的仅单侧设置有固定部144,由此,转子140悬臂支承于旋转轴111。此处,转子140的固定部144在轴向上的两个部位处由轴承部120的轴承121和轴承122支承成能旋转。即,转子140在转子主体141的轴向的两侧端部中的一方侧由轴承121和轴承122支承成能旋转。因此,即使是转子140悬臂支承于旋转轴111的结构,也能实现转子

140的稳定旋转。在这种情况下,在转子140的相对于轴向中心位置向单侧偏移的位置处,转子140由轴承121和轴承122支承。

[0139] 另外,在轴承部120中,对于靠近转子140的中心(即图中的下侧)的轴承122与相反侧(即图中的上侧)的轴承121,外圈及内圈与球体之间的间隙尺寸不同。例如,与轴承121相比,轴承122的间隙尺寸更大。在这种情况下,即使因转子140的振动、部件公差引起的不平衡所导致的振动作用于轴承部120,也能够吸收转子140的抖动、振动。具体地,通过在轴承22中利用预压使游隙尺寸(即间隙尺寸)变大,能通过上述游隙部分吸收在悬臂结构中产生的振动。另外,预压可以是恒定位置预压,也可以通过在轴承122的轴向外侧的台阶插入预压用弹簧、波形垫圈等来施加上述预压。

[0140] 中间部145构成为在径向中心侧和其外侧具有轴向的台阶。在这种情况下,在中间部145中,径向的内侧端部和外侧端部在轴向上的位置不同,由此,磁体保持部143和固定部144在轴向上一部分重叠。即,磁体保持部143比固定部144的基端部更向轴向外侧突出。在本结构中,与中间部145无台阶地设为平板状的情况相比,能够在转子140的重心附近的位置使转子140支承于旋转轴111。其结果是,能够实现转子140的稳定动作。

[0141] 根据上述中间部145的结构,转子140中,在径向上包围固定部144且靠近中间部145内侧的位置,环状地形成有收容轴承部120的一部分的轴承收容凹部146。另外,在包围轴承收容凹部146且靠近中间部145外侧的位置,形成有收容定子150的定子绕组151的线圈边端部154的线圈收容凹部147。

[0142] 轴承收容凹部146和线圈收容凹部147配置成在径向的内外相邻。即,轴承部120的一部分和定子绕组151的线圈边端部154配置成在径向内外重叠。由此,能够缩短旋转电机100中轴向的长度尺寸。

[0143] 能够通过使线圈边端部154向径向的内侧或外侧弯曲来减小轴向尺寸,从而能缩短定子150的轴长。线圈边端部154的弯曲方向也可以考虑与转子140的组装。在如本实施方式那样将定子150组装于转子140的径向内侧的情况下,在相对于转子140的前端侧,线圈边端部154最好向径向内侧弯曲。相反侧的弯曲方向可以是任意的,但是在制造方面优选空间上有富余的外径侧。

[0144] 另外,磁体部142由多个磁体构成,上述多个磁体配置成在磁体保持部143的径向内侧,沿周向交替地改变磁极。

[0145] 定子150设置于转子140的径向内侧。定子150具有卷绕形成为大致筒状的定子绕组151以及配置于其径向内侧的定子铁芯(即定子铁心)152,定子绕组151配置成夹着规定的气隙与圆环状的磁体部142相对。

[0146] 定子绕组151由多个相绕组构成。通过以规定间距将在周向上排列的多个导线部彼此连接来构成上述各相绕组。在本实施方式中,通过使用U相、V相和W相的三相绕组以及X相、Y相和Z相的三相绕组且使用两组的上述三相的相绕组,从而将定子绕组151构成为六相的相绕组。

[0147] 定子铁芯152通过由软磁性材料构成的层叠钢板形成为圆环状,并组装在定子绕组151的径向内侧。

[0148] 定子绕组151是在轴向上与定子铁芯152重叠的部分。另外,定子绕组151构成为包括处于定子铁芯152的径向外侧的线圈侧部153、以及在轴向上向定子铁芯152的一端侧和



另一端侧分别伸出的线圈边端部154和线圈边端部155。线圈侧部153在径向上与定子铁芯152、磁体部42分别相对。在转子140的内侧配置有定子150的状态下,轴向两侧的线圈边端部154和线圈边端部155中的位于轴承部120侧的线圈边端部154收容于由转子140的转子主体141形成的线圈收容凹部147。

[0149] 逆变器单元160构成为包括通过螺栓等紧固件固定于外壳130的单元基座161、以及组装于上述单元基座161的电气组件162。单元基座161具有固定于外壳130的开口部133侧的端部的端板部163、以及一体地设置于端板部163且在轴向上延伸的壳体部164。端板部163在其中心部具有圆形的开口部165,并且以从开口部165的周缘部立起的方式形成壳体部164。

[0150] 定子150组装于壳体部164的外周面。即,壳体部164的外径尺寸与定子铁芯152的内径尺寸相同、或者稍微小于定子铁芯152的内径尺寸。通过将定子铁芯152组装于壳体部164的外侧,使定子150和单元基座161一体化。此外,由于单元基座161固定于外壳130,因此,在将定子铁芯152组装于壳体部164的状态下,定子150处于与外壳130一体化的状态。

[0151] 此外,壳体部164的径向内侧为收容电气组件162的收容空间,在该收容空间以包围旋转轴111的方式配置有电气组件162。壳体部164具有作为收容空间形成部的作用。电气组件162构成为包括构成逆变器电路的半导体模块166、控制基板167以及电容器模块168。

[0152] 在如上那样构成的旋转电机100中,定子绕组151具有与第一实施方式的绕组21相同的结构。另外,旋转电机100的横截面为与第一实施方式类似的结构,其作用也与第一实施方式相同。

[0153] 以上,对第一实施方式~第三实施方式进行了说明,但是并不限于此,当然能以各种方式实施。例如,在第一实施方式中,如图2所示,将第一磁体部28A和第二磁体部28B的径向内侧的面形成为连续的圆弧状,但是不限于此。可以如图8所示那样形成为花瓣状,还可以形成为其他形状。

[0154] (变形例)

[0155] 在上述实施方式中,构成为将定子铁芯的外周面设为没有凹凸的曲面状,以规定间隔在该外周面排列配置多个导线组212,但是也可以对此进行变更。例如,如图15所示,定子铁芯202具有圆环状的轭部204和突起部214,上述轭部204设于定子绕组201的径向两侧中的与转子相反的一侧(图的下侧),上述突起部214以从上述轭部204朝向沿周向相邻的直线部208之间突出的方式延伸。突起部214以规定间隔设置于轭部204的径向外侧、即转子侧。定子绕组的各导线组212和突起部214在周向上卡合,将突起部214用作导线组212的定位部并且沿周向排列配置。另外,突起部214相当于“导线间构件”。

[0156] 突起部214构成为,从轭部204起算的径向上的厚度尺寸,换言之如图15所示,在轭部204的径向上从直线部208的与轭部204相邻的内侧面216到突起部214的顶点的距离 $W$ ,小于径向内外的多层直线部208中的在径向上与轭部204相邻的直线部208的径向上的厚度尺寸的 $1/2$ (图的 $H1$ )。换言之,只要定子绕组201(定子铁芯202)的径向上的导线组212(传导构件)的尺寸(厚度) $T1$ (导线210的厚度的两倍、换言之导线组212的与定子铁芯202接触的面216和导线组212的朝向转子的面216的最短距离)的四分之三的范围由非磁性构件(密封构件206)占有即可。通过上述突起部214的厚度限制,在沿周向相邻的导线组212(即直线部208)之间突起部214不作为极齿发挥作用,无法形成由极齿形成的磁路。也可以不针对沿周向排

列的各导线组212之间全部设置突起部214,只要在沿周向相邻的至少一组导线组212之间设置突起部214即可。例如,突起部214最好每隔各导线组212之间的规定数量以等间隔在周向上设置。突起部214的形状也可以是矩形、圆弧形等任意的形状。

[0157] 此外,也可以在定子铁芯202的外周面设置一层直线部208。因此,广义上,突起部214的从轭部204起算的径向的厚度尺寸只要小于直线部208的径向的厚度尺寸的1/2即可。

[0158] 另外,当假设以旋转轴的轴心为中心并且穿过沿着径向与轭部204相邻的直线部208的径向的中心位置的假想圆时,突起部214最好呈在上述假想圆的范围内从轭部204突出的形状,换言之不向假想圆的径向外侧(即转子侧)突出的形状。

[0159] 根据上述结构,限制了突起部214的径向的厚度尺寸,并且在沿周向相邻的直线部208之间不作为极齿发挥作用,因此,与在各直线部208之间设有极齿的情况相比,能够拉近相邻的各直线部208。由此,能够增大导体82a的截面积,从而能减少伴随定子绕组201的通电而产生的发热。在上述结构中,能够通过不设置极齿来消除磁饱和,从而能增大向定子绕组201的通电电流。在这种情况下,能够理想地应对发热量伴随上述通电电流的增大而增加的情况。此外,在定子绕组201中,拐弯部具有沿径向偏移来避免和其他拐弯部的干涉的干涉避免部,因此,能够将不同的拐弯部彼此沿径向分开配置。由此,能够在拐弯部中也实现散热性的提高。综上,能够使定子200处的散热性能合理化。

[0160] 此外,若定子铁芯202的轭部204和转子的磁体单元(即各磁体221、222)分开规定距离以上,则突起部214的径向的厚度尺寸不限于图15的H1。具体地,若轭部204和磁体单元42分开2mm以上,则突起部214的径向的厚度尺寸也可以是图15的H1以上。例如,也可以是,当直线部208的径向厚度尺寸超过2mm,并且导线组212由径向内外的两层导线210构成时,在与轭部204不相邻的直线部208、即从轭部204起算第二层的导线210的一半位置的范围内设置突起部214。在这种情况下,只要突起部214的径向厚度尺寸不超过“ $H1 \times 3/2$ ”,就能够通过增大导线组212中的导体截面积来大幅得到上述效果。

[0161] 此外,定子铁芯202也可以是图16所示的结构。另外,在图16中,省略了密封构件206,但是也可以设有密封构件206。在图16中,为了便于说明,将磁体单元220和定子铁芯202直线状地展开表示。

[0162] 在图16的结构中,定子200在沿周向相邻的导线210(即直线部208)之间具有作为导线间构件的突起部214。定子200具有一部分3200,当定子绕组201通电时,该一部分3200和磁体单元220的磁极之一(N极或者S极)一起发挥磁作用,并且该一部分3200在定子200的周向上延伸。当将上述部分3200的沿定子200的周向的长度设为 $W_n$ ,将存在于上述长度范围 $W_n$ 的突起部214的总计宽度(即沿定子200的周向的总计尺寸)设为 $W_t$ ,将突起部214的饱和磁通密度设为 $B_s$ ,将磁体单元220的与一极对应的周向的宽度尺寸设为 $W_m$ ,将磁体单元220的残留磁通密度设为 $B_r$ 时,突起部214由满足下式的磁性材料构成。

[0163]  $W_t \times B_s \leq W_m \times B_r \cdots (1)$

[0164] 另外,范围 $W_n$ 设定为包括沿周向相邻且励磁时间重叠的多个导线组212。此时,优选将导线组212的间隙218的中心设定为设定范围 $W_n$ 时的基准(边界)。例如,在图16例示的结构的情况下,从在周向上距N极的磁极中心的距离最短的导线组212依次到距离第四短的导线组212相当于该多个导线组212。而且,范围 $W_n$ 设定为包括该四个导线组212。此时,范围 $W_n$ 的端部(起点和终点)为间隙218的中心。

[0165] 在图16中,在范围 $W_n$ 的两端分别包括半个突起部214,因此范围 $W_n$ 包括总计四个的突起部214。因此,当将突起部214的宽度(即定子200的周向上的突起部214的尺寸,换言之相邻的导线组212的间隔)设为 $A$ 时,范围 $W_n$ 所包括的突起部214的总计宽度为, $W_t = 1/2A + A + A + 1/2A = 4A$ 。

[0166] 详细地,在本实施方式中,定子绕组201的三相绕组是分布绕组,在上述定子绕组201中,对于磁体单元220的一极,突起部214的数量即各导线组212之间的间隙218的数量为“相数 $\times Q$ ”个。此处 $Q$ 是指一相的导线210中的与定子铁芯202接触的数量。另外,当导线组212构成为沿转子的径向层叠有导线210时, $Q$ 也可以说是一相的导线组212的内周侧的导线210的数量。在这种情况下,当定子绕组201的三相绕组以各相规定顺序通电时,在一极内与两相对应的突起部214被励磁。因此,当将突起部214(即间隙218)的周向的宽度尺寸设为 $A$ 时,在磁体单元220的与一极对应的范围,由定子绕组201的通电而励磁的突起部214的周向的总计宽度尺寸 $W_t$ 为“被励磁的相数 $\times Q \times A = 2 \times 2 \times A$ ”。

[0167] 接着,在这样规定了总计宽度尺寸 $W_t$ 的基础上,在定子铁芯202中,突起部214由满足上述(1)的关系的磁性材料构成。另外,总计宽度尺寸 $W_t$ 是在一极内相对导磁率大于1的部分的周向尺寸。此外,考虑到余裕,也可以将总计宽度尺寸 $W_t$ 设为一磁极中的突起部214的周向的宽度尺寸。具体地,对于磁体单元220的一极的突起部214的数量是“相数 $\times Q$ ”,因此也可以将一磁极中的突起部214的周向的宽度尺寸(总计宽度尺寸 $W_t$ )设为“相数 $\times Q \times A = 3 \times 2 \times A = 6A$ ”。

[0168] 另外,此处所说的分布绕组是指,在磁极的一极对周期(N极和S极),有定子绕组201的一极对。此处所说的定子绕组201的一极对包括电流互相沿相反方向流动并且在拐弯部84处电连接的两个直线部208和拐弯部84。只要满足上述条件,即使是短节距绕组(Short Pitch Winding)也视为全节距绕组(Full Pitch Winding)的分布绕组的等同物。

[0169] 接着,示出集中绕组时的示例。此处所说的集中绕组是指,磁极的一极对的宽度与定子绕组201的一极对的宽度不同。作为集中绕组的一例,列举了如下那样的关系:相对于一个磁极对导线组212为3个,相对于两个磁极对导线组212为3个,相对于四个磁极对导线组212为9个,相对于五个磁极对导线组212为9个。

[0170] 此处,在将定子绕组201设为集中绕组的情况下,当以规定顺序使定子绕组201的三相绕组通电时,与两相对应的定子绕组201被励磁。其结果是,与两相对应的突起部214被励磁。因此,在磁体单元220的与一极对应的范围中,通过定子绕组201的通电而励磁的突起部214的周向的宽度尺寸 $W_t$ 是“ $A \times 2$ ”。而且,在这样规定了宽度尺寸 $W_t$ 的基础上,突起部214由满足上述(1)的关系的磁性材料构成。另外,在如上所述的集中绕组的情况下,在相同的相的导线组212所包围的区域中,位于定子200的周向的突起部214的宽度的总和设为 $A$ 。此外,集中绕组的 $W_m$ 相当于“磁体单元220的与气隙相对的面整周” $\times$ “相数” $\div$ “导线组212的分散数”。

[0171] 在钕磁体、钕钴磁体、铁氧体磁体这样的BH积为 $20 [MG0e (kJ/m^3)]$ 以上的磁体中, $B_d$ 为 $1.0 [T]$ 以上,在铁中 $B_r$ 为 $2.0 [T]$ 以上。因此,作为高输出电动机,在定子铁芯202中,突起部214只要是满足 $W_t < 1/2 \times W_m$ 的关系的磁性材料即可。

[0172] 此外,也可以是,如后所述,当导线210包括外层膜1210时,将导线210沿定子铁芯202的周向配置成导线210彼此的外层膜1210接触。在这种情况下, $W_t$ 可以看作0、或者接触

的两导线210的外层膜1210的厚度。

[0173] 在图25、图16的结构中,构成为具有相对于转子侧的磁体磁通过小的导线间构件(突起部214)。另外,转子是电感较低且平坦的表面磁体式转子,并且在磁阻上不具有凸极性。根据上述结构,能够减少定子200的电感,抑制了因定子绕组201的开关时刻的偏差而导致发生磁通畸变,进而抑制了轴承的电腐蚀。

[0174] 另外,在上述实施方式中,在散热器形成有冷却水的流路,但是不限于于此。即,通过使用于对散热器进行冷却的制冷剂流动,能够得到相同的效果,因此,也可以使低温的气体等流动。

[0175] 虽然基于实施例对本公开进行了记述,但是应当理解为本公开并不限于上述实施例、结构。本公开也包含各种各样的变形例、等同范围内的变形。除此之外,各种各样的组合、方式、进一步包含有仅一个要素、一个以上或一个以下的其他组合、方式也属于本公开的范畴、思想范围。

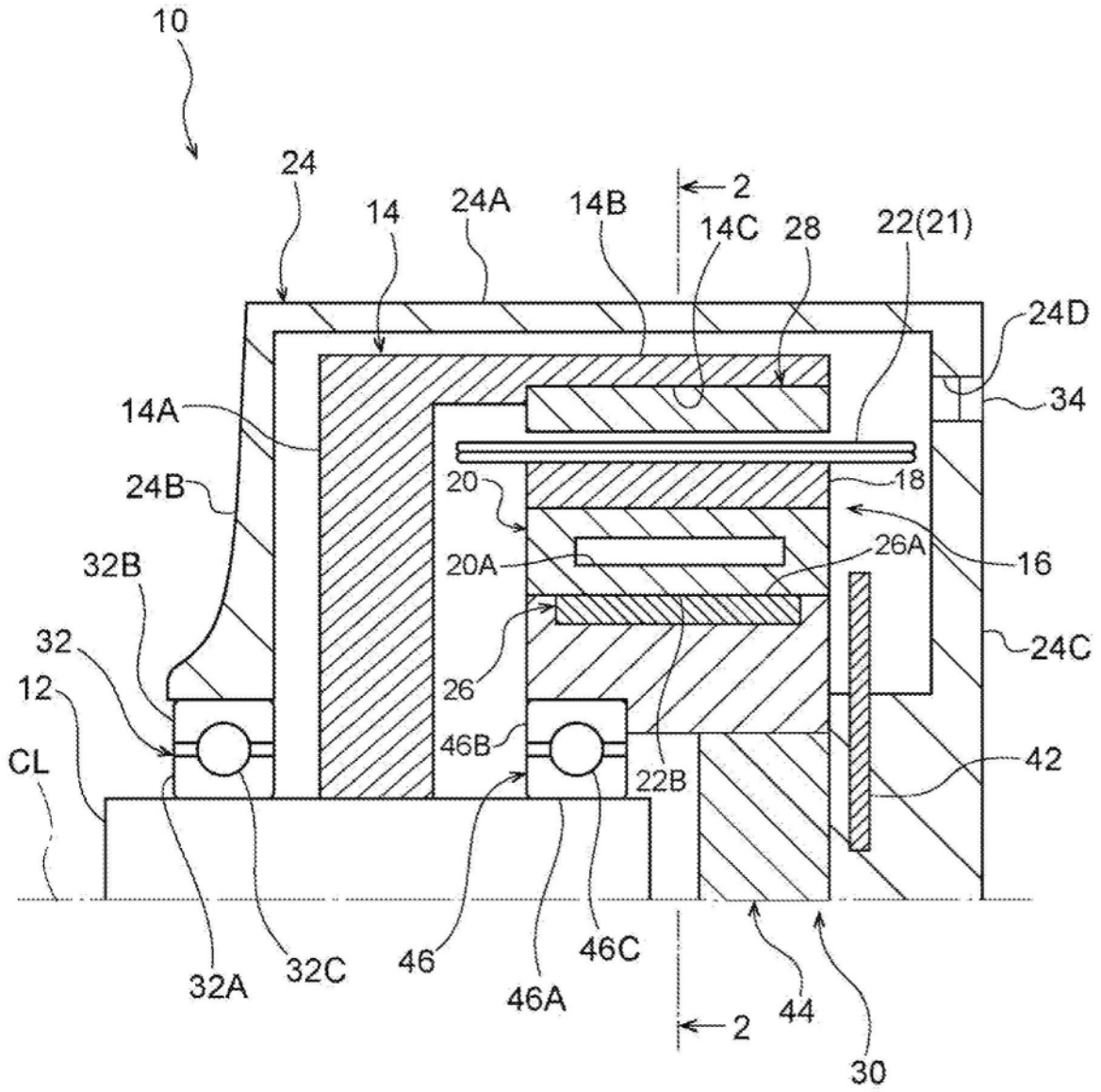


图1

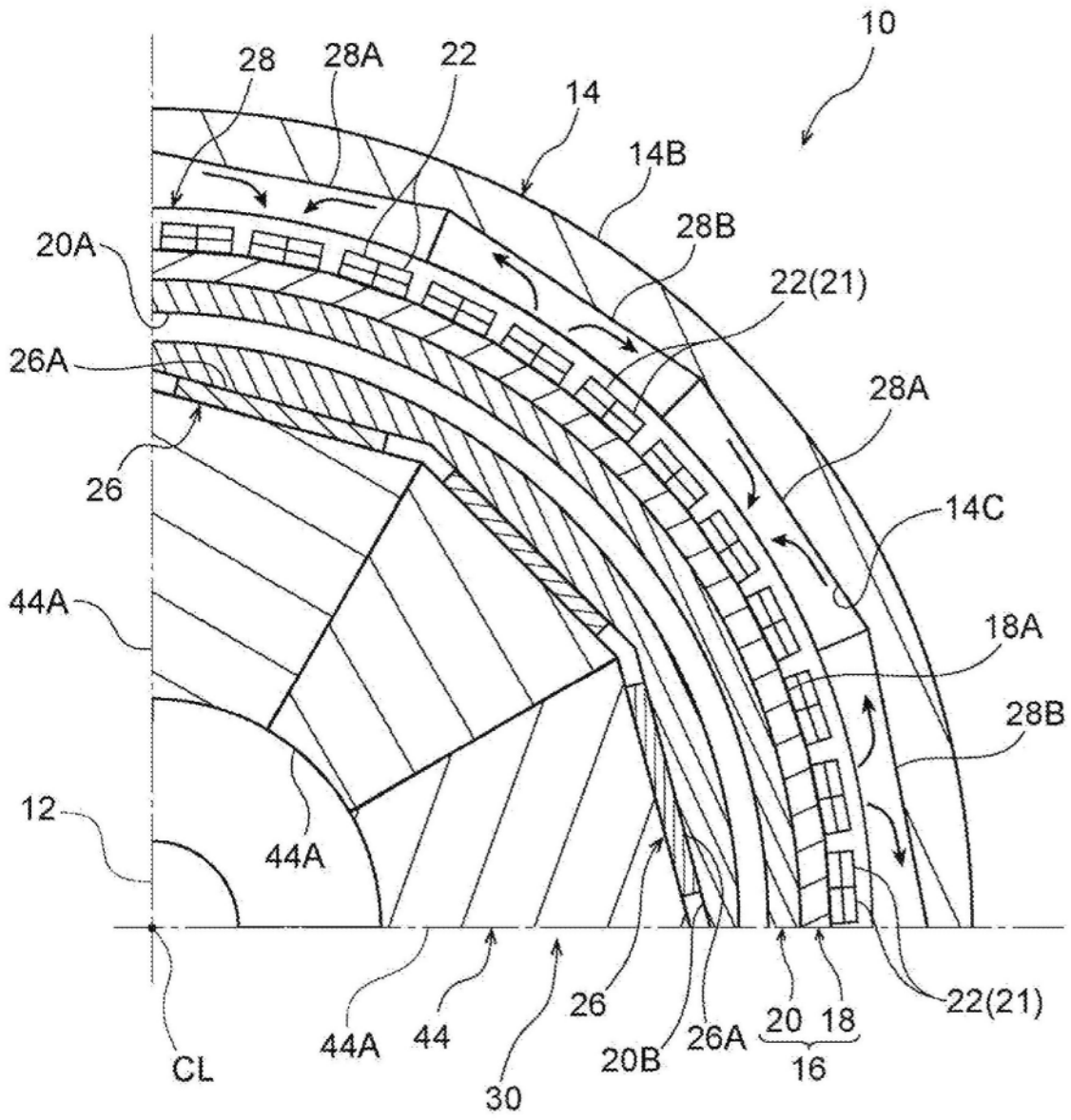


图2

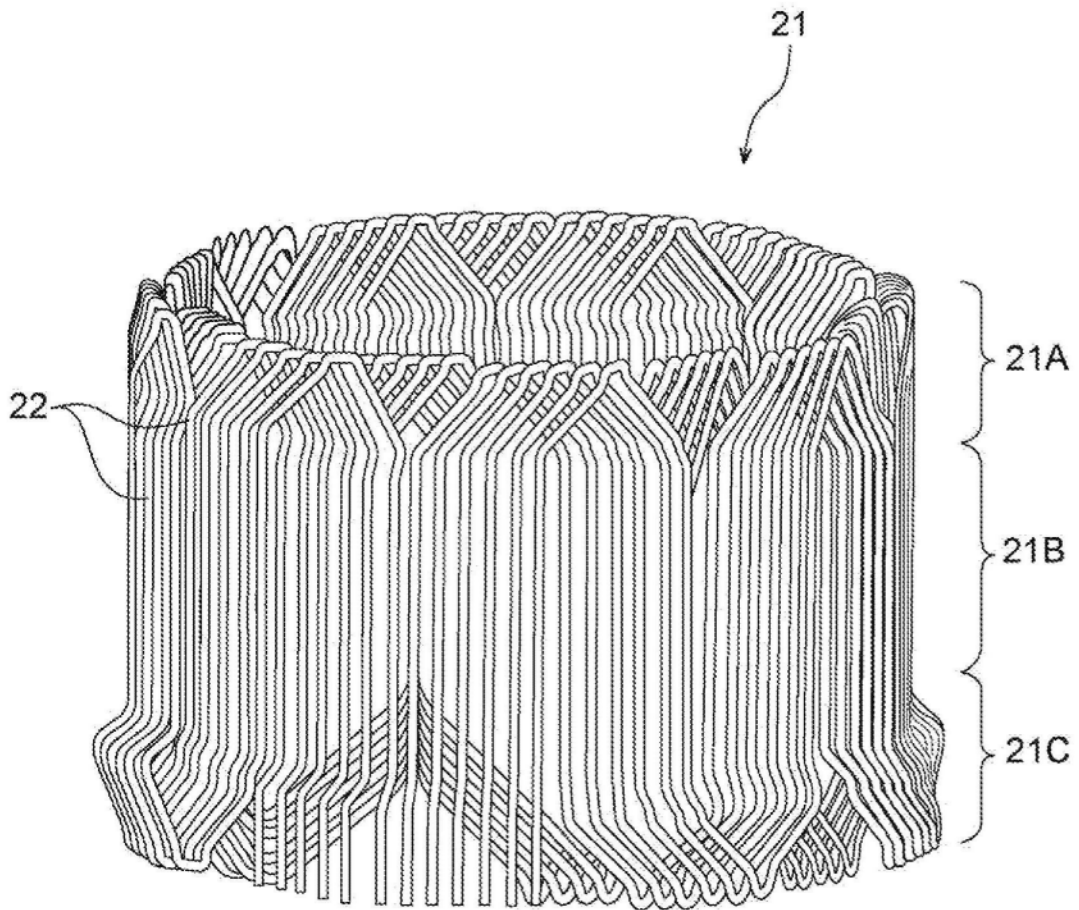


图3

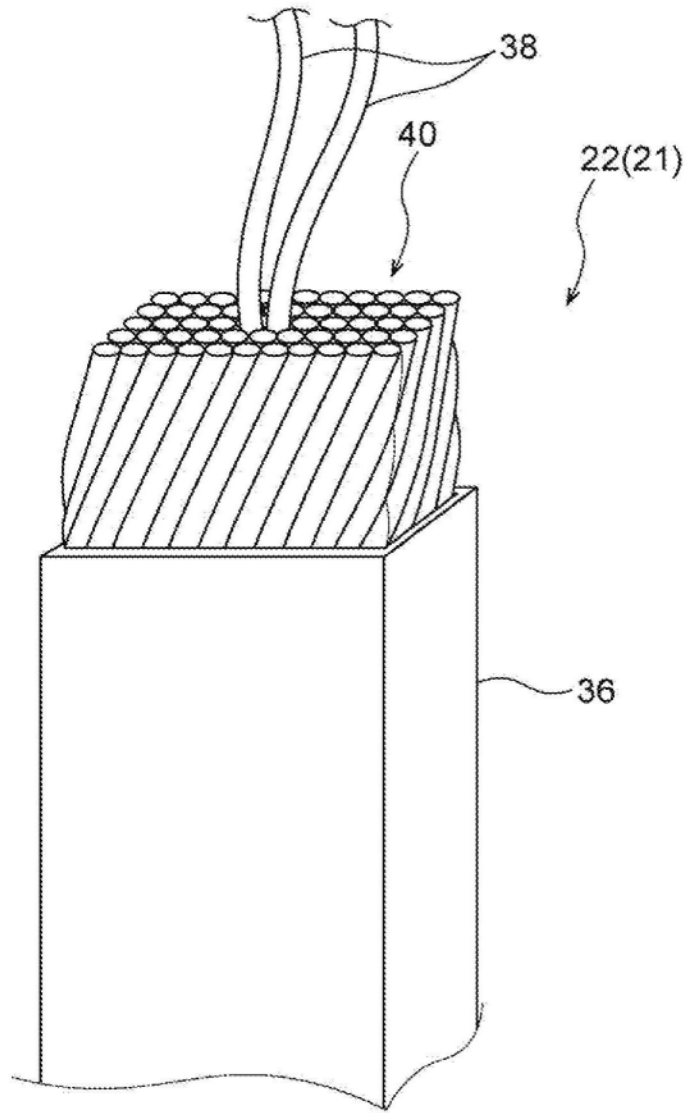


图4



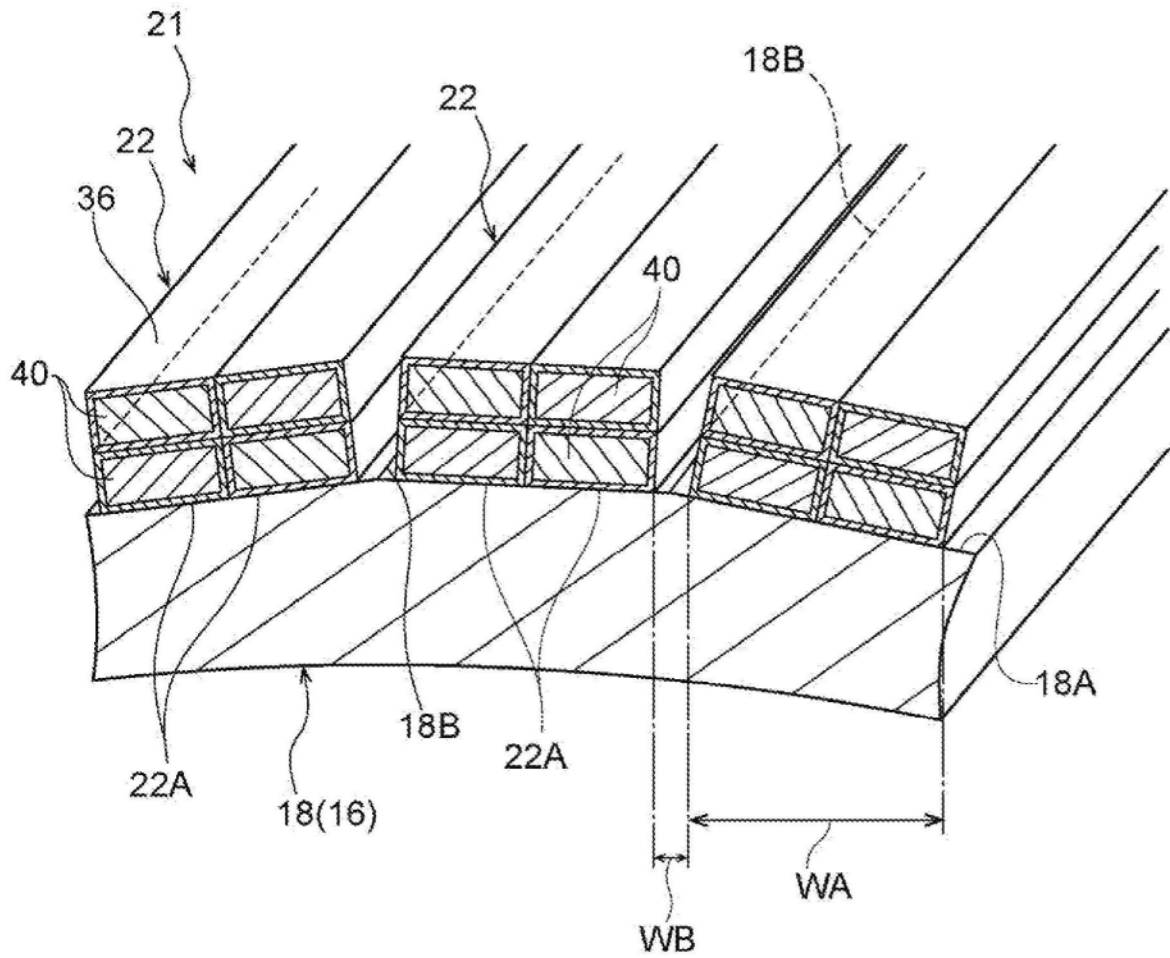


图5

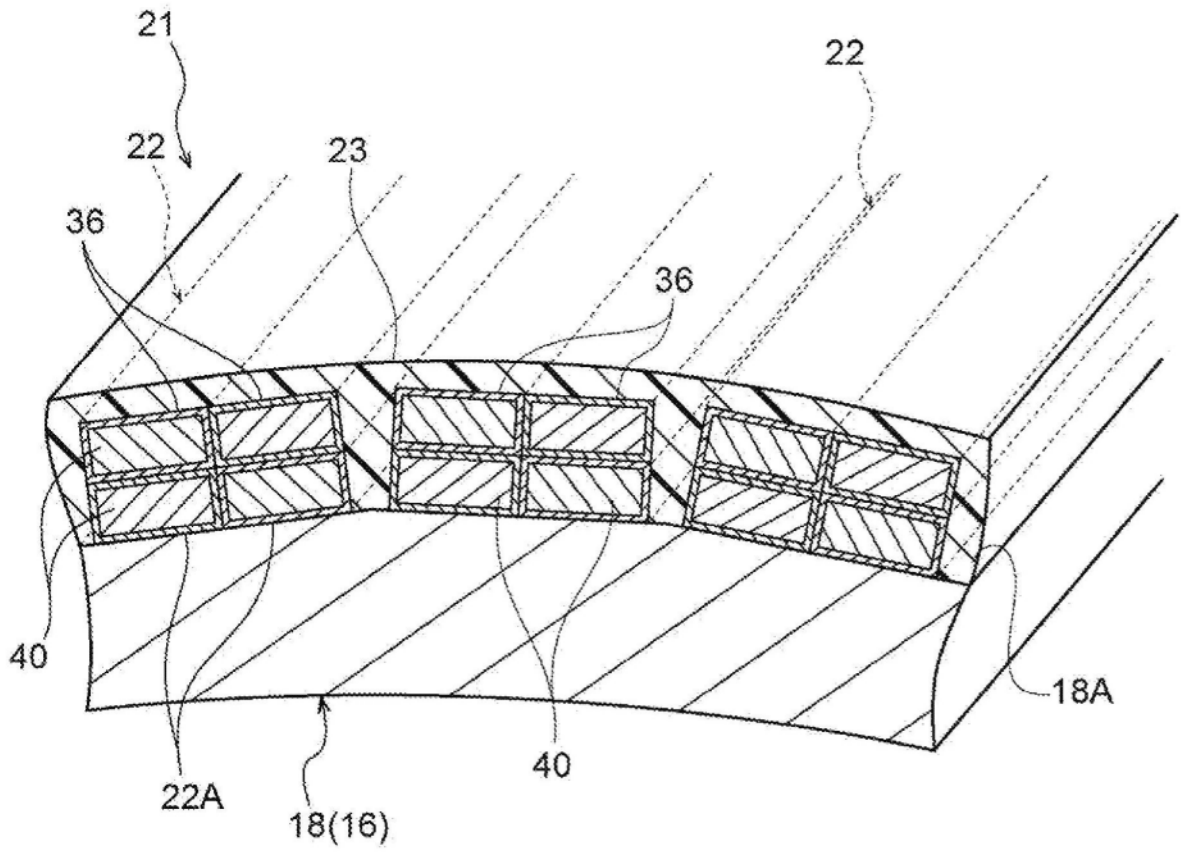


图6

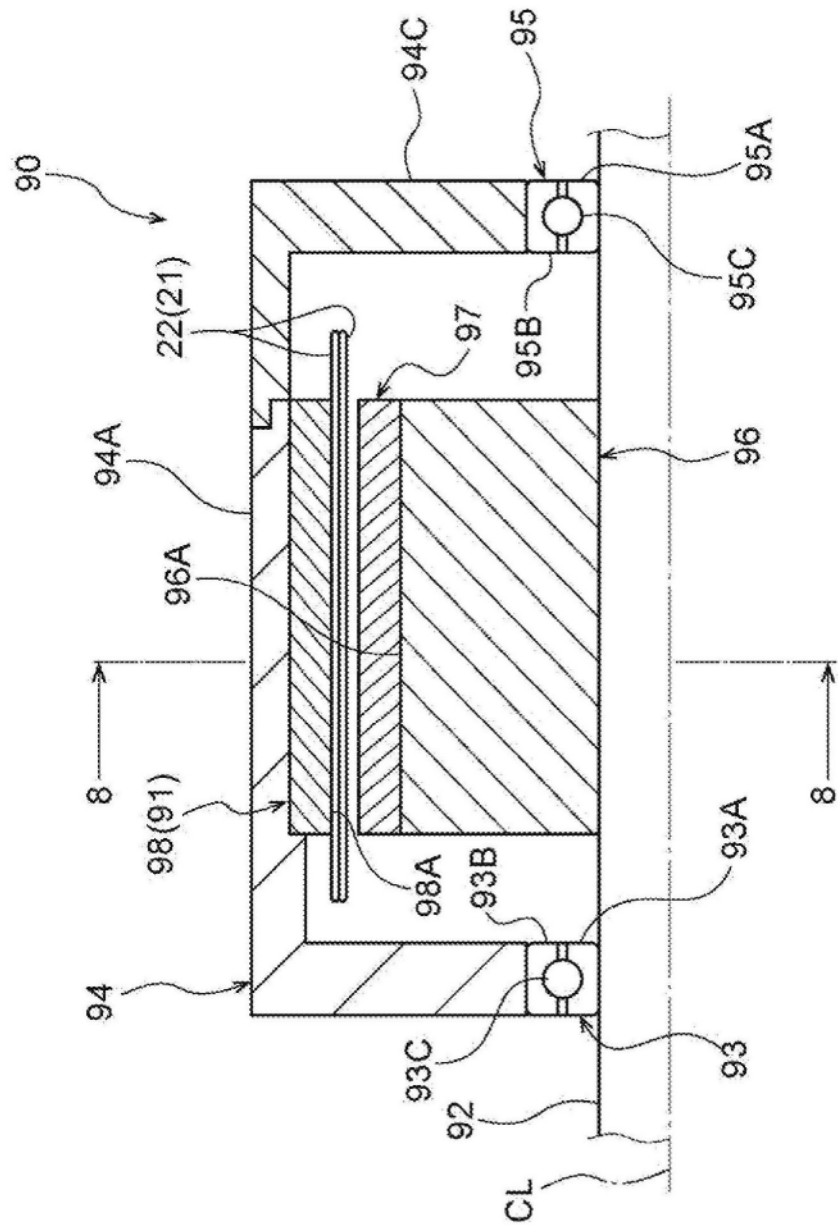


图7

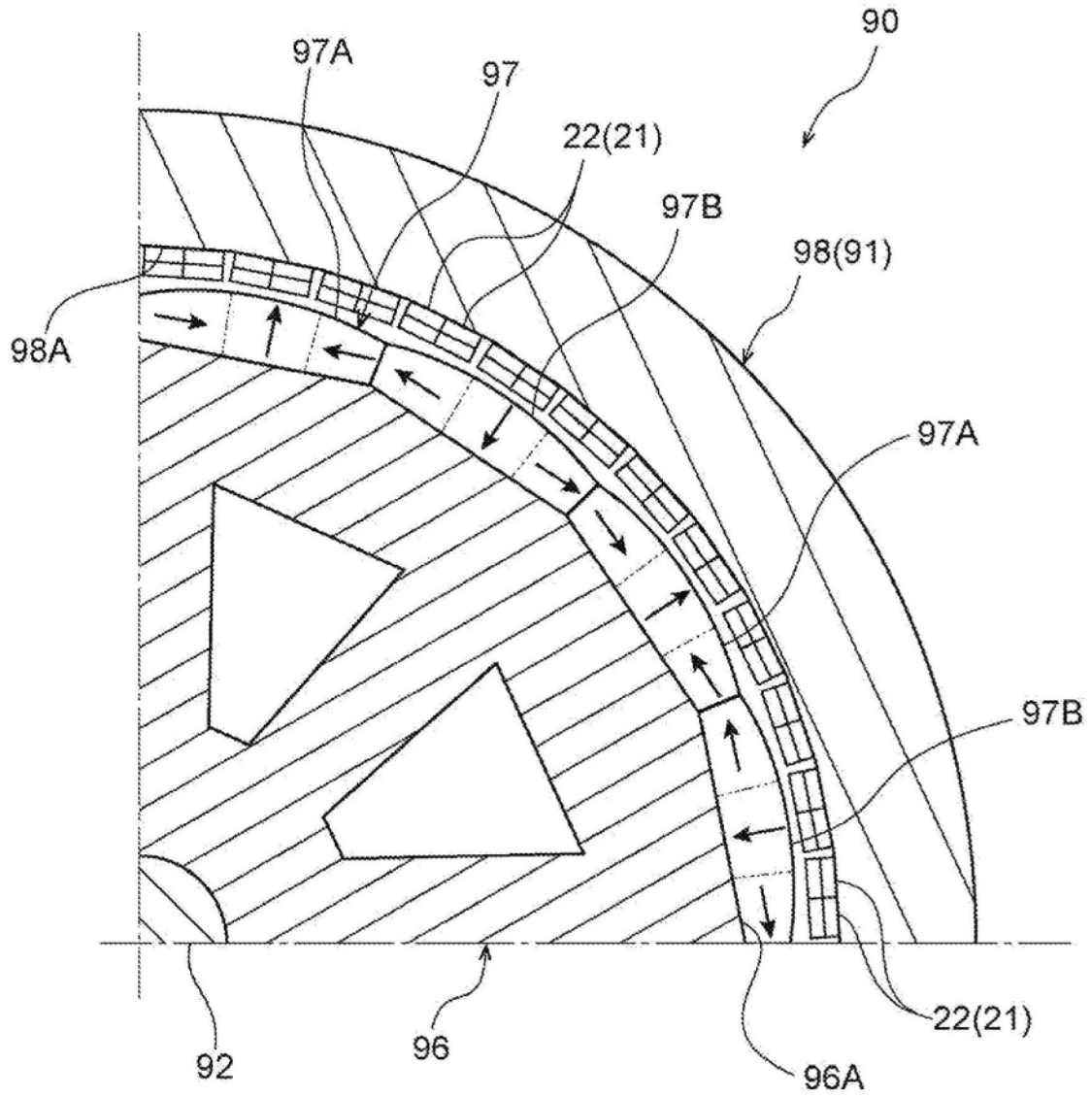


图8

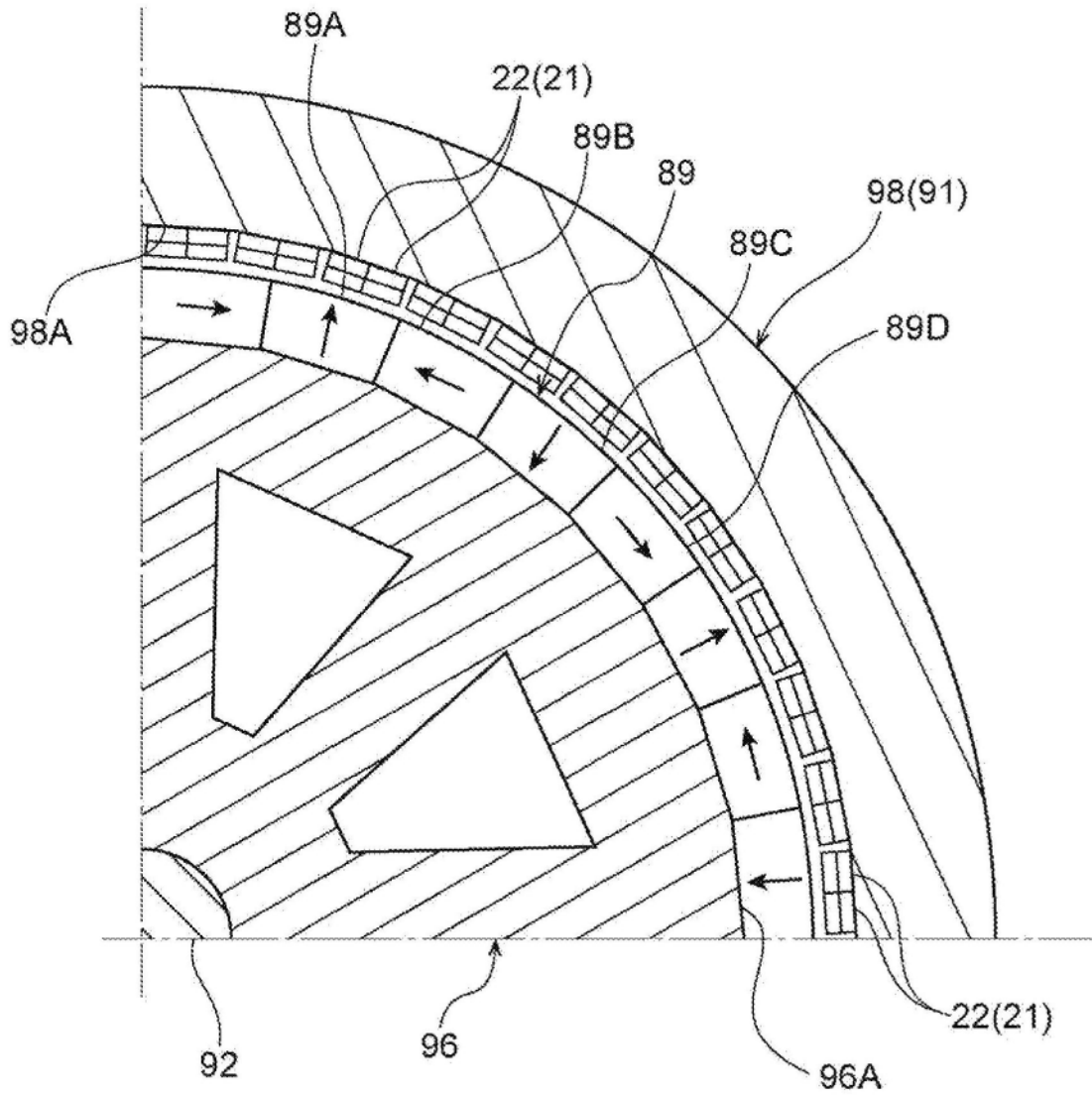


图9

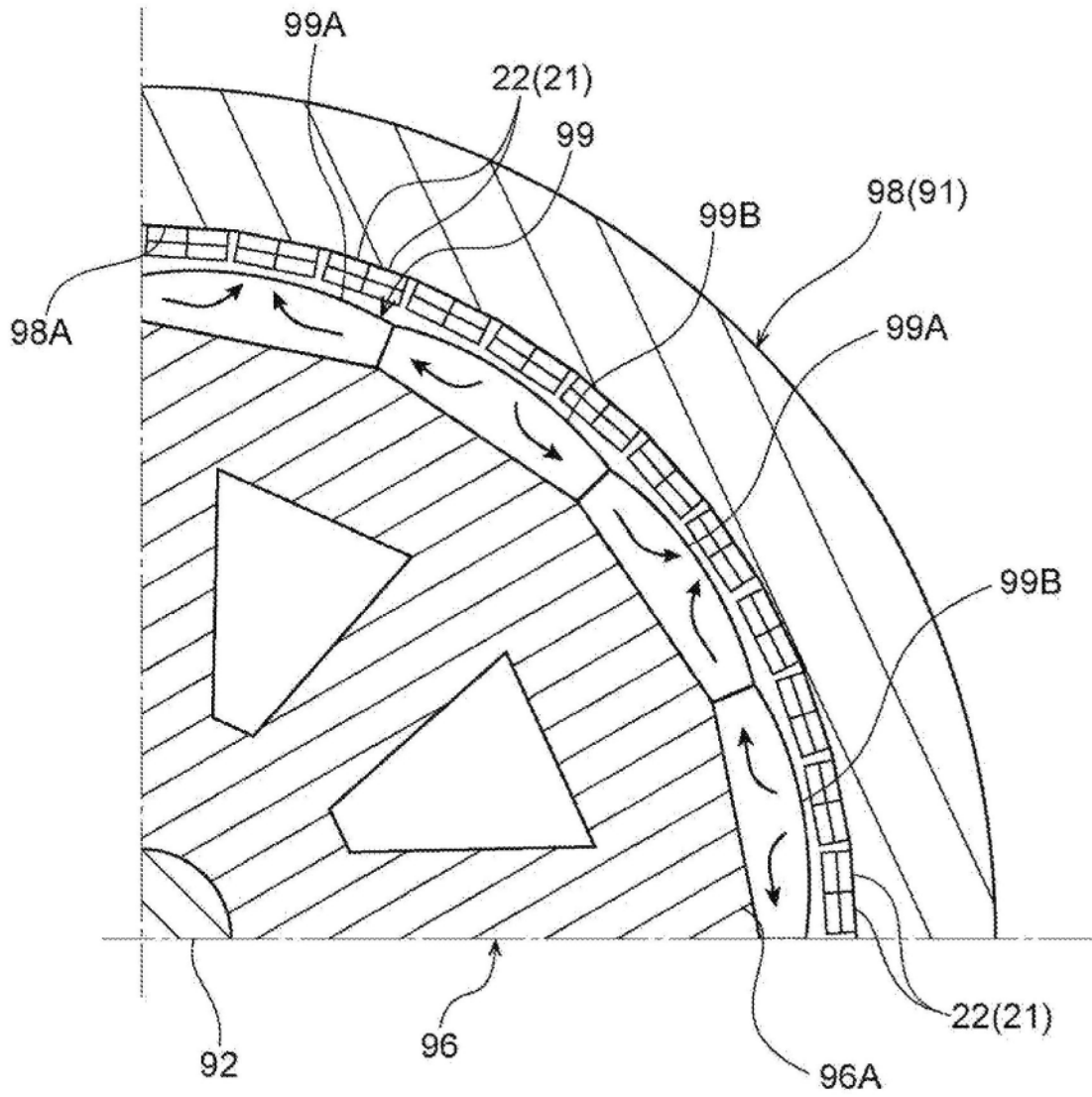


图10

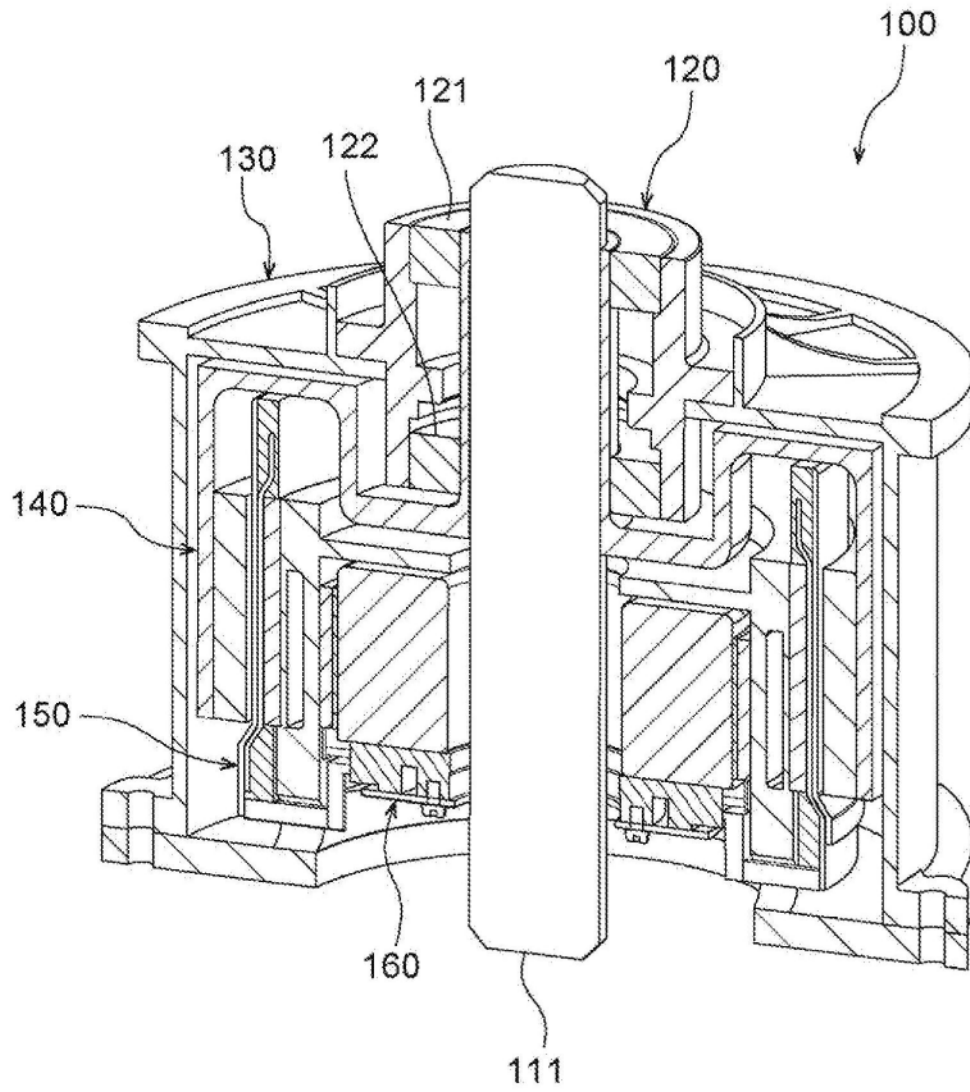


图11

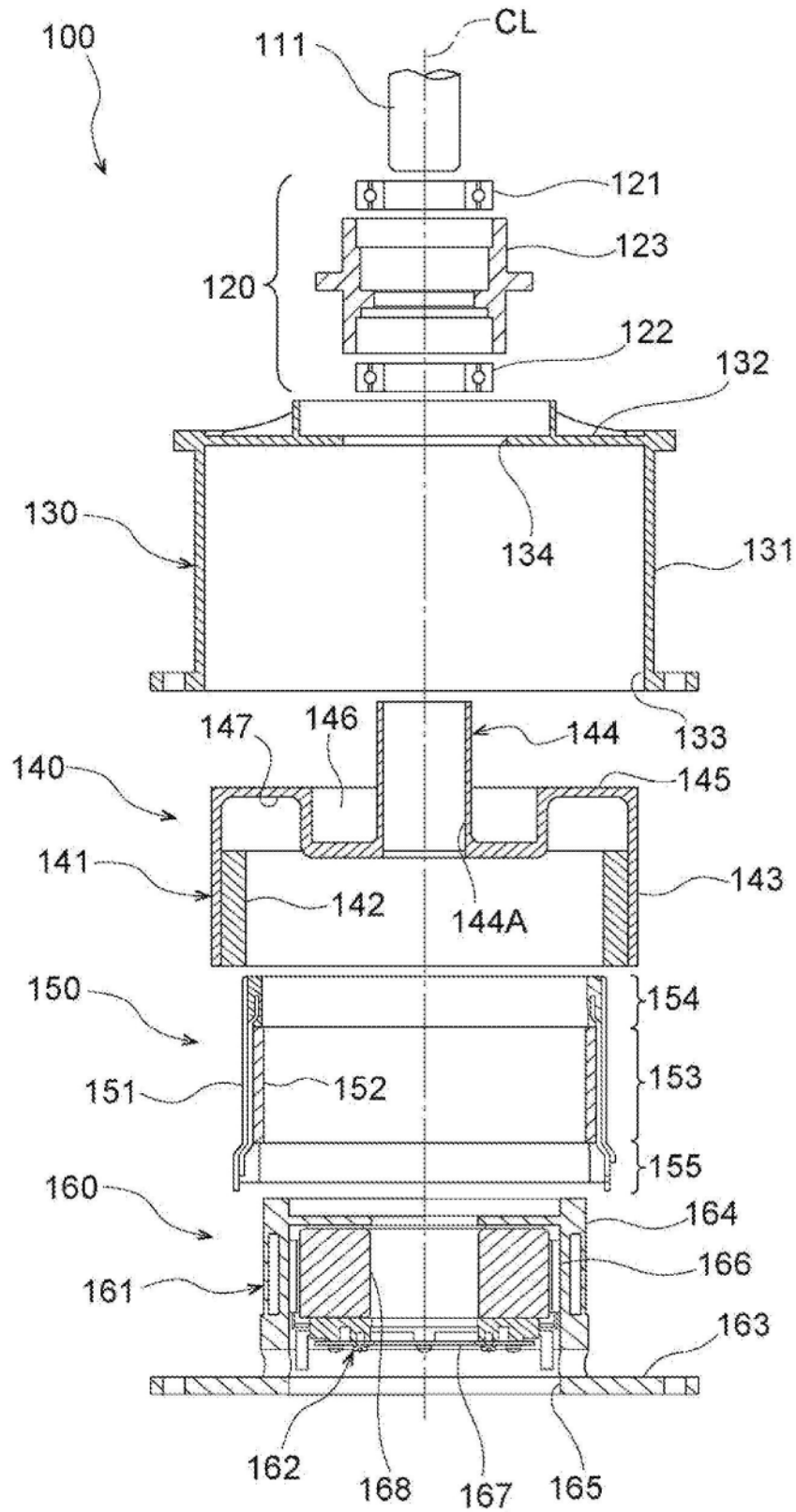


图12



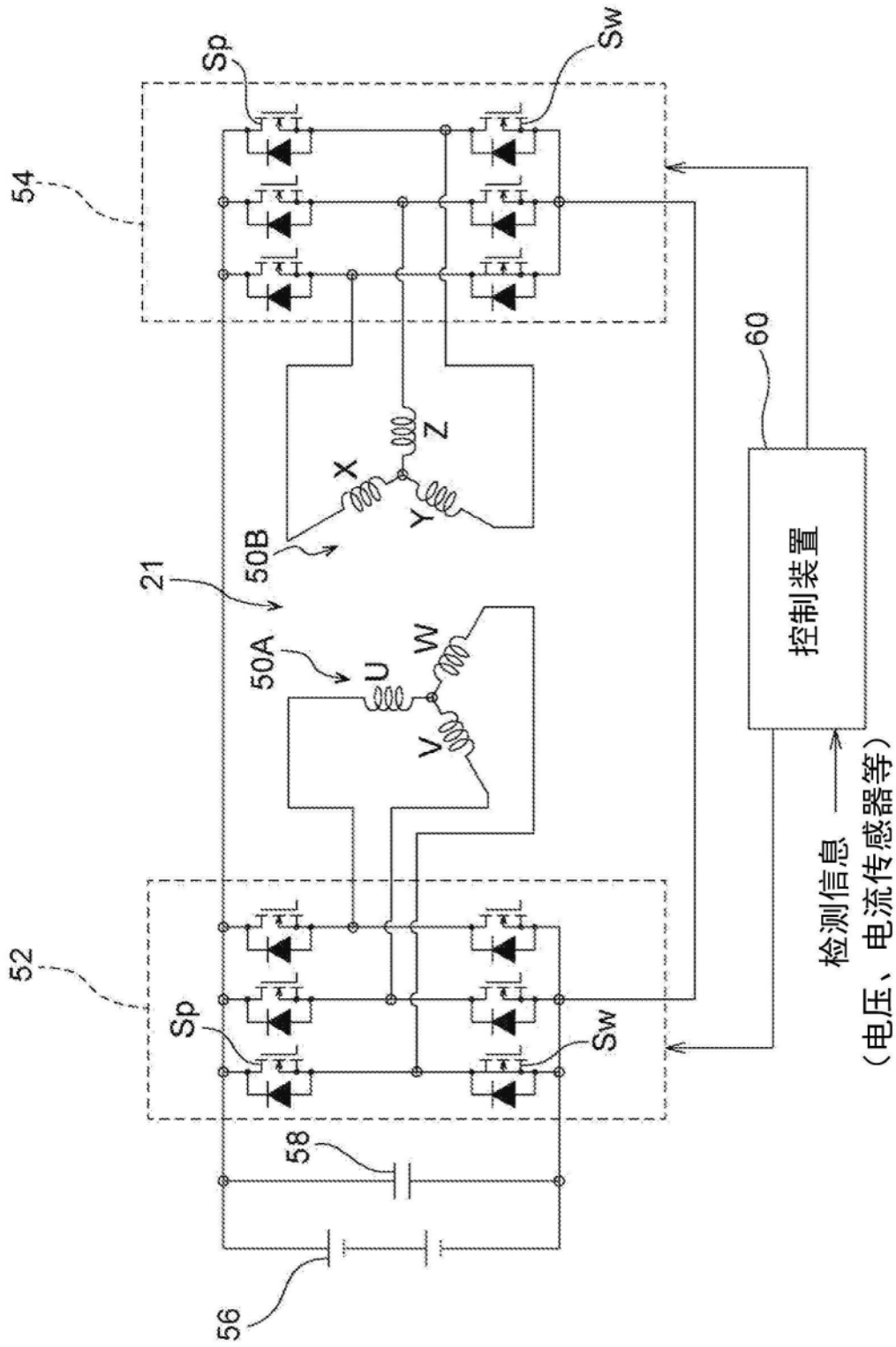


图13

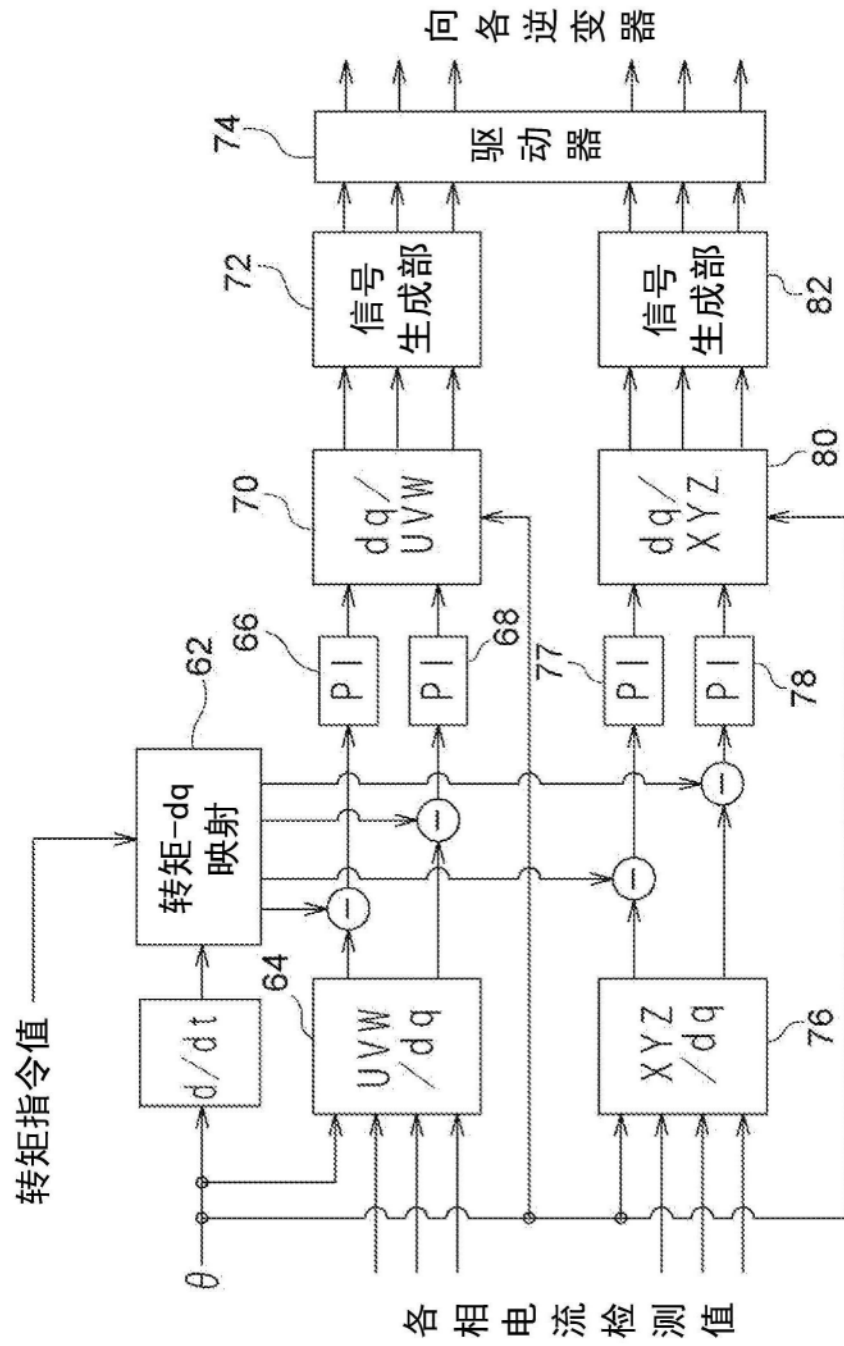


图14

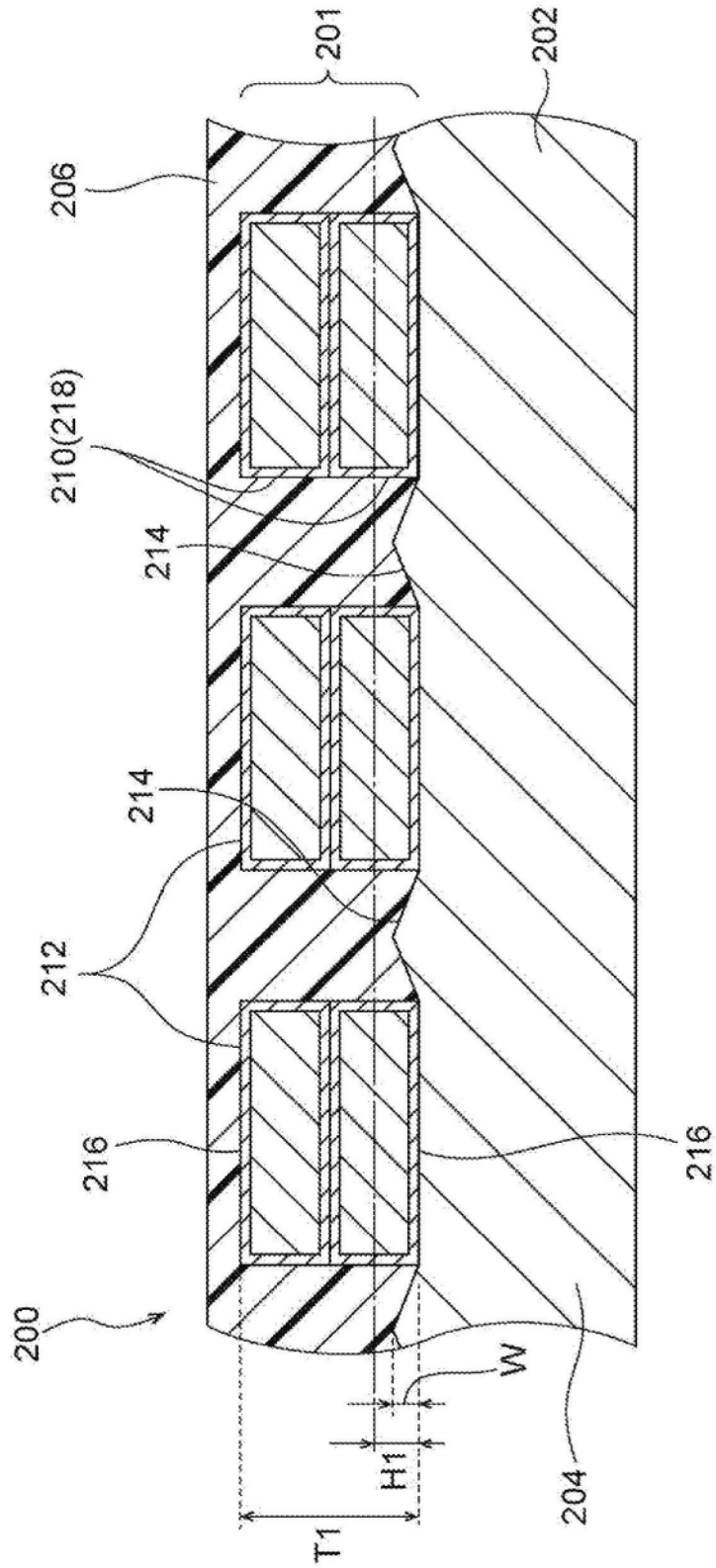


图15

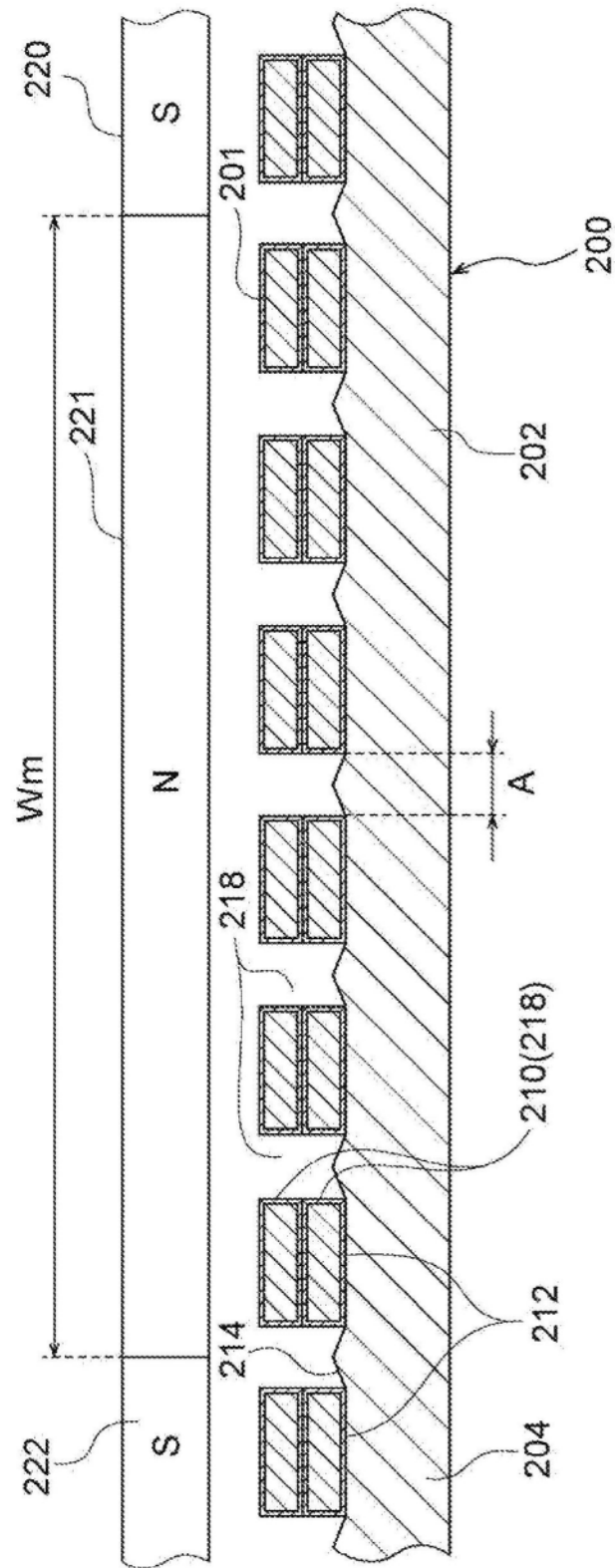


图16