



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119156760 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 17

(21) 申请号 202380029936.4

(22) 申请日 2023.03.10

(30) 优先权数据

PCT/JP2022/021163 2022.05.23 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/009370 2023.03.10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/228518 JA 2023.11.30

(71) 申请人 谐波传动系统有限公司

地址 日本国东京都

(72) 发明人 竹田亨 山口龙太郎

(74) 专利代理机构 北京旭知行专利代理事务所

(普通合伙) 11432

专利代理师 李伟 陈东升

(51) Int.Cl.

H02K 3/26 (2006.01)

H02K 1/14 (2006.01)

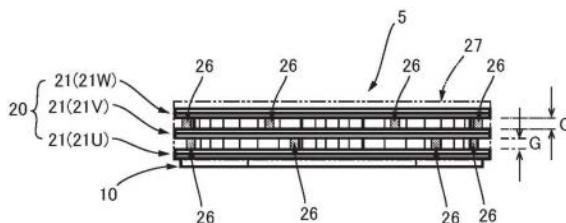
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

轴向间隙型马达

(57) 摘要

轴向间隙型马达(1)的马达定子(5)形成为如下结构:配置有各相的马达线圈(30)的印刷配线基板(20)在轴向上层叠于定子芯体(10)。印刷配线基板(20)是各相的相基板(21;21U、21V、21W)隔着隔离件(26)而在轴向上层叠的层叠体。各相基板(21)是2个绝缘基板(22(1)、22(2))的层叠体,在上述绝缘基板各自的表面形成有由铜箔等形成的线圈绕线图案构成的分布卷绕的马达线圈(30)。能够实现如下扁平的轴向间隙型马达:具备体积占有率较高的分布卷绕的马达线圈,从而具备得到改善的绝缘耐压特性。



1. 一种轴向间隙型马达,其具备在轴向上以一定的间隙而对置的马达转子及马达定子,其特征在于,

所述马达转子具备:转子圆盘;以及转子磁体,其配置于所述转子圆盘,

所述马达定子具备:定子芯体;印刷配线基板,其在所述轴向上层叠于所述定子芯体;以及多个马达线圈,它们与形成于所述印刷配线基板的多相分别对应,

在所述定子芯体的层叠有所述印刷配线基板的定子芯体端面,从该定子芯体端面在所述轴向上突出的凸极齿在以马达中心轴线为中心的圆周方向上以一定的角度间隔而排列,

所述印刷配线基板是具备如下部件的层叠基板:多个相基板,它们在所述轴向上隔开一定的基板间间隙而层叠;以及间隙形成部件,其为了确保所述基板间间隙而位于在所述轴向上相邻的所述相基板之间,

所述相基板分别具备:绝缘基板;多个凸极齿通孔,它们形成于所述绝缘基板,所述凸极齿分别插通于这些凸极齿通孔;以及所述马达线圈,其属于对该相基板分配的1相,

各相的所述马达线圈为形成于所述绝缘基板的分布卷绕的线圈绕线图案。

2. 根据权利要求1所述的轴向间隙型马达,其特征在于,

所述间隙形成部件是在所述轴向上相邻的所述相基板中的一方或双方的所述绝缘基板上一体形成的、在所述轴向上突出的基板突起部。

3. 根据权利要求1所述的轴向间隙型马达,其特征在于,

所述相基板各自的所述绝缘基板具备在轴向上层叠的第一基板以及第二基板,

各相的所述马达线圈具备:分布卷绕的第一线圈绕线图案,其形成于所述第一基板的与所述第二基板相反的一侧的表面;以及分布卷绕的第二线圈绕线图案,其形成于所述第二基板的所述第一基板侧的表面,

所述第一线圈绕线图案以及所述第二线圈绕线图案在所述圆周方向上形成于以一定的角度而相对地偏移的位置。

4. 根据权利要求3所述的轴向间隙型马达,其特征在于,

所述多相为U相、V相以及W相的3相,

3个所述相基板分别以作为U相基板、V相基板以及W相基板发挥功能的方式彼此以在所述圆周方向上以一定的角度偏移的状态而层叠。

5. 根据权利要求4所述的轴向间隙型马达,其特征在于,

所述U相基板、所述V相基板以及所述W相基板分别具备:

中性点接线图案,其由导电性的金属箔构成,且沿圆周方向延伸;以及通孔,其沿所述中性点接线图案形成于多处位置,

在所述U相基板、所述V相基板以及所述W相基板层叠的状态下,所述U相基板的一个所述通孔、所述V相基板的一个所述通孔以及所述W相基板的一个所述通孔彼此一致而规定出中性点。

6. 根据权利要求1所述的轴向间隙型马达,其特征在于,

作为所述马达定子,所述轴向间隙型马达具备第一马达定子以及第二马达定子,所述第一马达定子、第二马达定子从所述轴向上的两侧与所述马达转子对置。

## 轴向间隙型马达

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种轴向间隙型马达,特别是涉及具备分布卷绕的马达线圈的轴向间隙型马达。

### 背景技术

[0002] 专利文献1、2中提出了分布卷绕的轴向间隙型马达。例如,关于专利文献1(图27、图28)公开的轴向间隙型马达,3相的马达线圈分别遍及多个凸极齿地分布卷绕,由此,减少了磁通的空间高次谐波,实现了振动、噪声的降低。另一方面,专利文献3中提出了一种具备集中卷绕的马达线圈的轴向间隙型马达,其定子具备磁性体、以及从轴向与磁性体层叠的多个配线基板,在各配线基板分别形成有线圈绕线图案。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2008-193838号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2006-187091号公报

[0007] 专利文献3:日本特开2018-93650号公报

### 发明内容

[0008] 关于分布卷绕的马达,马达定子形成的旋转磁场接近正弦波,马达的旋转特性、输出性能优于集中卷绕。然而,分布卷绕与集中卷绕相比,难以提高体积占有率。即,不存在轴向间隙型马达用的分布卷绕专用的绕线机械(插床)、主要的绕线技术,因此,作为分布卷绕的现状,通过手动作业而进行绕线,因此,现状是精度(体积占有率)较低。

[0009] 另外,若跨越在马达定子形成的多个芯体(凸极齿)而配置线圈绕线,则各相的线圈绕线配置为在轴向(马达中心轴线的方向)上重叠的状态。其结果,与集中卷绕的情况相比,马达定子的轴长增大,不利于作为轴向间隙型马达的优点的扁平化。为了抑制轴长的增大,例如如专利文献3记载的那样,考虑在轴向上对形成有由铜箔构成的线圈绕线图案的配线基板进行层叠。然而,当保持原样地对铜箔的线圈绕线图案在表面露出的状态的基板进行层叠时,无法确保空间距离,对于马达而要求的绝缘耐压特性变差,有可能导致短路。

[0010] 鉴于上述问题,本发明的目的在于提供具备体积占有率较高的分布卷绕的马达线圈、且实现了绝缘耐力的提高的扁平的轴向间隙型马达。

[0011] 本发明是具备在轴向上以一定的间隙而对置的马达转子及马达定子的轴向间隙型马达,其特征在于,

[0012] 所述马达转子具备:转子圆盘;以及转子磁体,其配置于上述转子圆盘,

[0013] 所述马达定子具备:定子芯体;印刷配线基板,其在所述轴向上层叠于上述定子芯体;以及多个马达线圈,它们与形成于上述印刷配线基板的多相分别对应,

[0014] 在所述定子芯体的层叠有所述印刷配线基板的定子芯体端面,从该定子芯体端面在所述轴向上突出的凸极齿在以马达中心轴线为中心的圆周方向上以一定的角度间隔而

排列,

[0015] 所述印刷配线基板是具备如下部件的层叠基板:多个相基板,它们在所述轴向上隔开一定的基板间间隙而层叠;以及间隙形成部件,其为了确保所述基板间间隙而位于在所述轴向上相邻的所述相基板之间,

[0016] 所述相基板分别具备:绝缘基板;多个凸极齿通孔,它们形成于上述绝缘基板,所述凸极齿分别插通于这些凸极齿通孔;以及所述马达线圈,其属于对该相基板分配的1相,

[0017] 各相的所述马达线圈为形成于所述绝缘基板的分布卷绕的线圈绕线图案。

[0018] 在本发明中,在印刷配线基板(PCB基板)的表面由铜箔等导电性的金属箔形成分布卷绕的线圈绕线图案,因此,能够提高分布卷绕的体积占有率。与以往分布卷绕的情况相同,跨越多个凸极齿的绕线构造使用印刷配线基板(PCB基板),因此,能够抑制因长度方向(轴向)上的线圈绕线图案重叠而引起尺寸增大,有利于马达的扁平化。

[0019] 另外,关于印刷配线基板,在相邻的相基板之间配置有间隙形成部件,利用间隙形成部件使得各相的相基板以在它们之间形成有一定的基板间间隙的状态而层叠。与使得不同的相基板在轴向上直接层叠于在表面形成有金属箔的线圈绕线图案的相基板的表面的情况不同,能够在各相的相基板之间确保充足的空间距离。能够维持马达要求的绝缘耐力,绕线短路的危险性也减小。

[0020] 并且,能够在基板间间隙与该间隙的空间形状相应且容易地填充绝缘性树脂材料(模塑材料、清漆等)。由此,能够同时实现绝缘耐力的提高、散热性的提高(线圈绕线图案的发热)以及相基板彼此的固定。

[0021] 并且,另外,印刷配线基板为多个相基板、例如U相、V相、W相的3个相基板在轴向上层叠的层叠基板,在组装作业中,仅以在圆周方向上定位的状态对各相基板进行层叠即可。其结果,能够削减非常耗费劳力的分布卷绕的作业工序,另外,还能够削减组装工时、零件数量,因此,生产率得到提高。

## 附图说明

[0022] 图1A是示出应用本发明的轴向间隙型马达的概要结构图。

[0023] 图1B是示出马达定子以及马达转子的立体图。

[0024] 图1C是示出马达定子的侧视图。

[0025] 图1D是构成马达定子的印刷配线基板的相基板的俯视图。

[0026] 图1E是示出构成马达定子的印刷配线基板的3个相基板和隔离件的立体图,以相基板分离的状态而示出。

[0027] 图2是示出马达定子的定子芯体的立体图。

[0028] 图3(A)是示出由第一、第二基板构成的相基板的立体图,图3(B)是以第一基板和第二基板分离的状态而示出的立体图。

[0029] 图4是示出构成马达定子的定子芯体以及印刷配线基板的立体图,以构成印刷配线基板的3个相基板分离的状态而示出,省略了隔离件的图示。

[0030] 图5是示出在3个相基板形成的中性点接线图案的例子的说明图。

[0031] 图6是示出3相马达的情况下的马达线圈的接线电路的一例的配线图。

[0032] 图7是示出轴向间隙型马达的其他例子的概要结构图。

## 具体实施方式

[0033] 以下,参照附图对本发明的实施方式所涉及的分布卷绕的轴向间隙型马达进行说明。以下所述的实施方式示出了本发明的一例,本发明并不限于实施方式。例如,相数、磁极数、插槽数、磁体的形状、插槽的形状并不限于以下实施方式的数量及形状。另外,分布卷绕的卷绕方法可以是同轴卷绕、重叠卷绕、波状卷绕的任一种。

[0034] 图1A是示出分布卷绕的轴向间隙型马达的概要结构图。轴向间隙型马达1(以下简称“马达1”)在本例中为8极、36插槽的3相马达,如图1A所示,具备:中空马达轴2;马达转子4,其同轴地固定于上述中空马达轴2;马达定子5,其在作为沿着中心轴线1a的方向的轴向上以一定的间隙而同轴地与马达转子4对置;以及马达壳体6,其供马达定子5固定。

[0035] 图1B是示出马达转子4及马达定子5的立体图,以放大了马达转子4及马达定子5之间的间隙的状态而示出。如该图所示,马达转子4具备:圆环形状的转子圆盘41,其由铁等强磁性体构成;以及磁体42,其安装于上述转子圆盘41。在本例中,在转子圆盘41且在圆周方向上以一定的角度间隔埋设有8组磁体42。

[0036] 图1C是示出马达定子5的侧视图。参照图1B、图1C进行说明,马达定子5具备:板状的定子芯体10,其由强磁性体构成;以及圆环形状的印刷配线基板20(PCB基板),其同轴地层叠于上述定子芯体10的马达转子4侧的端面11。形成为在印刷配线基板20印刷有与U相、V相、W相分别对应的马达线圈30、其他电路等的结构。

[0037] 如图1C所示,印刷配线基板20是如下结构的层叠基板:相同结构的多个相基板21隔着基板间间隙形成用的隔离件26而在轴向上的同轴上层叠。在本例中,3个相基板21是隔着由隔离件26形成的一定的基板间间隙G而在轴向上同轴地层叠的结构的层叠基板。如图1C中虚拟线的框所示,该结构的马达定子5的印刷配线基板20的部分由绝缘性树脂构成的模塑件27覆盖。

[0038] 图1D是构成马达定子5的印刷配线基板20的相基板21的俯视图。图1E是构成印刷配线基板20的3个相基板21和隔离件26的立体图,以相基板21分离的状态而示出。如上述附图所示,3个相基板21分别是形成有U相的马达线圈30U的U相基板21U、形成有V相的马达线圈30V的V相基板21V以及形成有W相的马达线圈30W的W相基板21W。另外,在本例中,在层叠于定子芯体10的U相基板21U与层叠于其上方的V相基板21V之间,夹隔有在圆周方向上以等角度间隔配置的例如6个隔离件26。同样地,在V相基板21V与其上方的W相基板21W之间也夹隔有例如6个隔离件26。作为与相基板不同的部件而制作基板间间隙形成用的部件、即隔离件26,并将隔离件26配置于相基板之间。或者,隔离件26作为基板间间隙形成用的突起部而一体形成于相基板21的局部。

[0039] 对马达1的各部分的结构进行更详细的说明。

[0040] 图2是示出马达定子5的定子芯体10的立体图。定子芯体10具备:板状的背磁轭12,其例如由烧结体或压粉体构成,在中心形成有圆形开口部;以及凸极齿13,其形成于作为上述背磁轭12的马达转子侧端面的端面11。凸极齿13在轴向上突出,以中心轴线1a为中心而在圆周方向上以一定的角度间隔排列。在本例中,形成有与作为相数3的整数倍的36个插槽相应的凸极齿13。

[0041] 图3(A)是示出构成印刷配线基板20的1个相基板21(21U、21V、21W)的立体图,图3(B)是以构成相基板21的两层的绝缘基板分离的状态而示出的立体图。如这些附图所示,相

基板21是相同形状的2个绝缘基板22(1)、22(2)在轴向上层叠的2层基板。各绝缘基板22(1)、22(2)形成为在中心形成有圆形开口部的圆盘形状,并形成有在其厚度方向(轴向)上贯通的凸极齿通孔23。凸极齿通孔23在圆周方向上以一定的角度间隔而形成有36个。另外,在绝缘基板22(1)、22(2)的表面(马达转子侧的表面)以一定的角度间隔而配置有多个马达线圈30。马达线圈30是分布卷绕的线圈,由铜箔构成的线圈绕线图案规定。在本例中,以将相邻的4个插槽包围的方式印刷的线圈绕线图案在圆周方向上以等角度间隔而形成于6处部位。

[0042] 该结构的2个绝缘基板22(1)、22(2)彼此以在圆周方向上以3个插槽的量偏移的状态而在轴向上层叠并实现一体化,由此构成1个相基板21。在该情况下,如图3(B)所示,上侧的绝缘基板22(2)的马达线圈30的电流的流向如实线箭头所示为CCW方向,下侧的绝缘基板22(1)的马达线圈30的电流的流向如虚线箭头所示为相反方向的CW方向。此外,在绝缘基板22(2)形成有通孔(未图示),借助通孔而对形成于双方的绝缘基板的线圈绕线图案之间进行接线。

[0043] 图4是示出3个相基板21的层叠状态的说明图,以相基板21彼此分离的状态而示出,对于相基板21之间的隔离件26省略了图示。在定子芯体10的背磁轭12的端面11,相同结构的3个相基板21同轴地在轴向上层叠并实现了一体化而构成印刷配线基板20。3个相基板21以在圆周方向上以1个插槽的量偏移的状态而层叠。本例为36个插槽,因此,以 $10^\circ (= 360^\circ / 36\text{插槽})$ 的机械角而在圆周方向上偏移。

[0044] 如前所述,层叠于背磁轭12的端面11的相基板21为U相基板21U,其马达线圈30为U相马达线圈30U。层叠于该U相基板21U的上方的相基板21为印刷有V相马达线圈30V的V相基板21V,层叠于其上方的相基板21为印刷有W相马达线圈30W的W相基板21W。此外,图4中省略了图示,但在各相基板21U、21V、21W形成有马达线圈30U、30V、30W的线圈绕线图案,并且,还形成有用于在中性点对U、V、W的各相的线圈绕线图案进行接线的中性点接线图案。

[0045] 图5是示出形成于相基板21(21U、21V、21W)的中性点接线图案的说明图。在各相的相基板21(21U、21V、21W)的表面(马达转子4侧的表面)与线圈绕线图案(省略图示)一起由铜箔形成有中性点接线图案24(24U、24V、24W)。中性点接线图案24是沿圆周方向延伸的规定长度的接线图案,在本例中,是以中心轴线1a为中心的张开一定角度的圆弧形状的接线图案。另外,在相基板21形成有在厚度方向上贯通的多个通孔25。通孔25以与各相基板21的圆周方向的偏移量对应的角度间隔而沿中性点接线图案24形成。

[0046] 在轴向上对相同结构的3个相基板21进行层叠而构成印刷配线基板20的状态下,各相基板21U、21V、21W的中性点接线图案24U、24V、24W的一个通孔25一致。在对相基板21U、21V、21W进行层叠之后,借助处于一致的位置的3个通孔25并通过钎焊、焊接等而对各相的线圈绕线图案进行接线。以上述通孔25为中性点而实现对各相的马达线圈30进行星形接线的状态。

[0047] 图6中示出了3相(U、V、W)的马达线圈30的接线电路的例子。将规定各相的马达线圈30的线圈绕线图案连结的渡线等电路接线用的配线图案也在各相基板21由铜箔等实现了图案化。如前所述,各相的线圈绕线图案借助各相的中性点接线图案24而在中性点(彼此一致的通孔的位置)彼此连接。

[0048] 如以上说明的那样,关于本例的马达1,使用作为印刷有由铜箔的线圈绕线图案规

定的各相的马达线圈30U、30V、30W的U、V、W相的相基板21U、21V、21W的层叠体的印刷配线基板20。与相数相应地使相同构造的相基板21 (21U、21V、21W) 层叠于背磁轭12而构成马达定子5。另外,各相的相基板21 (21U、21V、21W) 为2个绝缘基板22 (1)、22 (2) 层叠的2层一体构造。在上述绝缘基板22 (1)、22 (2) 之间,通过使马达线圈30 (线圈绕线图案) 在圆周方向上偏移、且使电流的流向相反而实现分布卷绕。

[0049] 这样,在印刷配线基板20的表面由铜箔等形成分布卷绕的线圈绕线图案。因而,能够提高分布卷绕的体积占有率,能够提高绕线设计的自由度,作为分布卷绕可以采用同轴卷绕、重叠卷绕、波状卷绕的任一种。另外,还能够抑制线圈的破损、烧毁的产生。

[0050] 另外,与以往的分布卷绕的情况相同,跨越多个凸极齿13的绕线构造使用印刷配线基板20。因而,能够抑制因长度方向(轴向)上的线圈绕线图案的重叠而引起尺寸增大,有利于马达的扁平化。

[0051] 并且,由于未产生分布卷绕的马达线圈的线圈末端增大等弊端,因此,无需在马达定子的内周侧、外周侧确保马达线圈的配置空间。因而,例如能够实现中空直径较大的马达。

[0052] 另外,印刷配线基板的铜箔图案与手动作业的绕线相比而精度更高。因而,感应电压的值、波形的最大值(P-P)、有效值(rms)的偏差减小。其结果,能够对马达特性的稳定化(偏差减小)做出贡献。

[0053] 并且,能够大幅削减零件数量,还能够减少组装工时。即,印刷配线基板为多个相基板、例如U相、V相、W相3个相基板在轴向上层叠的层叠基板,在组装作业中,仅以在圆周方向上定位的状态对各相基板进行层叠即可。另外,可以将各相基板设为相同构造的基板。其结果,能够削减非常耗费劳力的分布卷绕的作业工序,另外,还能够削减组装工时、零件数量,因此,生产率得到提高。

[0054] 另一方面,在各相基板21与各相的马达线圈的线圈绕线图案一起还形成有中性点接线图案。在各相基板21层叠的状态下,各相的一个通孔彼此被定位。以该位置为中性点并借助通孔而对各相的线圈绕线图案进行接线。

[0055] 关于以往的三相马达的中性点的连接,以如下方式将线圈绕线的末端连接。即,通常不依赖于分布卷绕、集中卷绕,各相的线圈绕线的末端的位置有时不一致。因此,当在中性点将各相的线圈绕线连接时,需要在设计方面或制造方面对各线圈绕线的长度在局部进行变更,或者利用不同的接线用部件进行补充连接。

[0056] (a) 针对每相而调整线圈绕线的长度,并在一处部位进行连接(钎焊、焊接等)

[0057] (b) 使用汇流条等另外的接线用部件将彼此连接

[0058] 在(a)的情况下,存在制造条件变得复杂、中性点的位置找正较为困难、中性点的位置产生偏差之类的问题。在(b)的情况下,存在零件数量增多、在多处部位接线而导致成本提升等问题。

[0059] 在本例中,如上所述,在各相基板考虑到各相基板的层叠状态而沿圆周方向形成规定长度的中性点接线图案,并且沿中性点接线图案在多处部位形成通孔。由此,能够实现各相基板的共通化,并且能够简单且高精度地进行在中性点对各相的线圈绕线图案进行接线的作业。

[0060] 另外,关于本例的马达1,在各相的相基板21U、21V、21W之间夹隔隔离件26而对上

述相基板进行层叠。当在基板的表面露出的铜箔图案保持原样地重叠时,不存在空间距离,马达要求的绝缘耐压特性显著变差,有可能导致短路。在本例中,通过在相基板21U与相基板21V之间夹隔隔离件26,能够确保一定的基板间间隙G,同样地,通过在相基板21V与相基板21W之间夹隔隔离件26,能够确保一定的基板间间隙G。

[0061] 由此,通过在相基板之间设置间隙(空间)而能够实现绝缘耐性的提高。另外,通过在各相基板之间设置间隙(空间),能够与该间隙形状相应地在相基板之间容易地填充绝缘性树脂材料(模塑材料、清漆等)。其结果,能够实现绝缘耐力的提高以及散热性的提高(线圈绕线图案的发热),另外,能够同时进行相基板彼此的固定。

[0062] (其他实施方式)

[0063] 此外,上述马达1为8极、36插槽的3相马达的例子,但是,如前所述,磁极数、插槽数等并不限定于上述例子。另外,关于磁体、插槽的形状,也不限定于上述例子,可以设为各种形状、构造。

[0064] 并且,在需要提高扭矩的情况下,只要使上述结构的马达定子形成为在轴向上实现多级化的结构即可。例如,关于图7所示的分布卷绕的轴向间隙型马达1A,相同结构的马达定子5及马达定子5A隔着马达转子4在两侧对称地配置。同样地,也可以将马达转子和马达定子的组设为更多级。

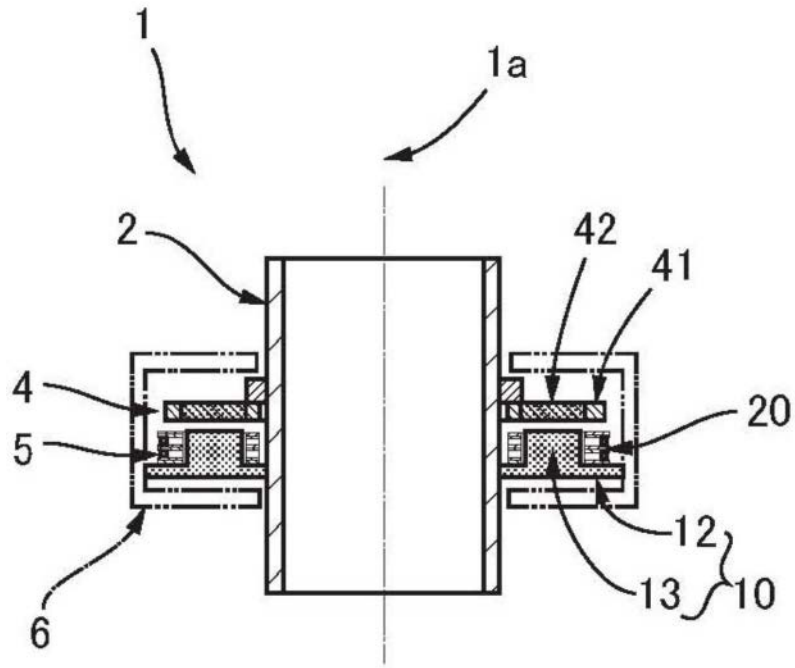


图1A

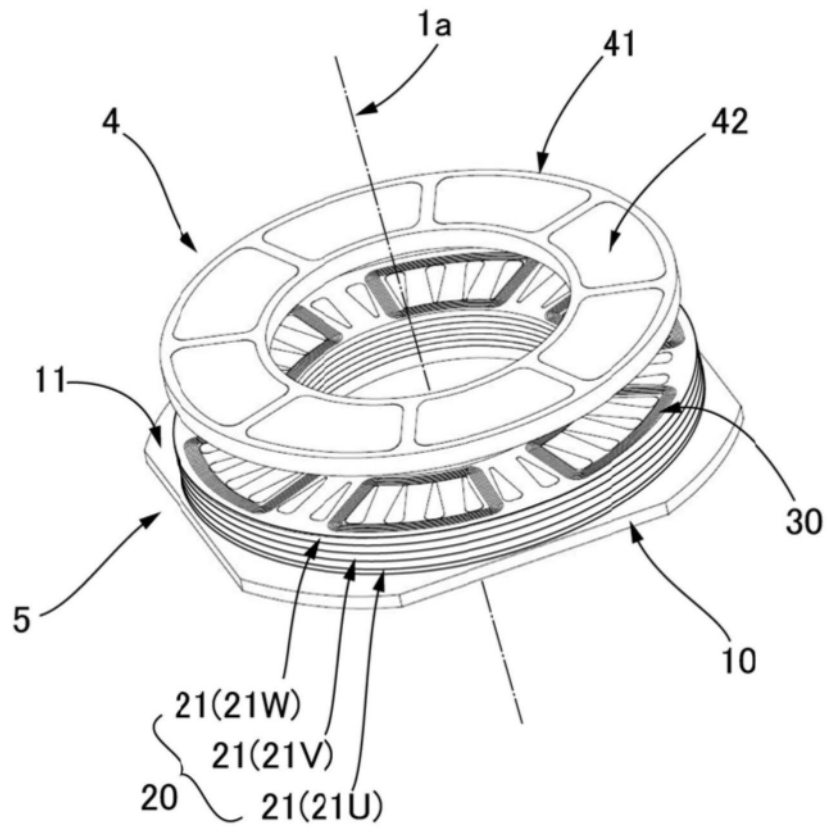


图1B

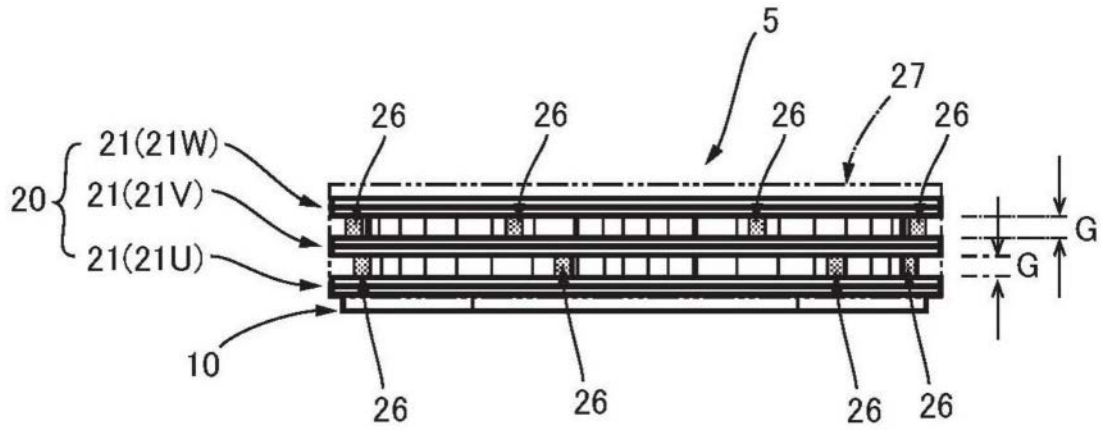


图1C

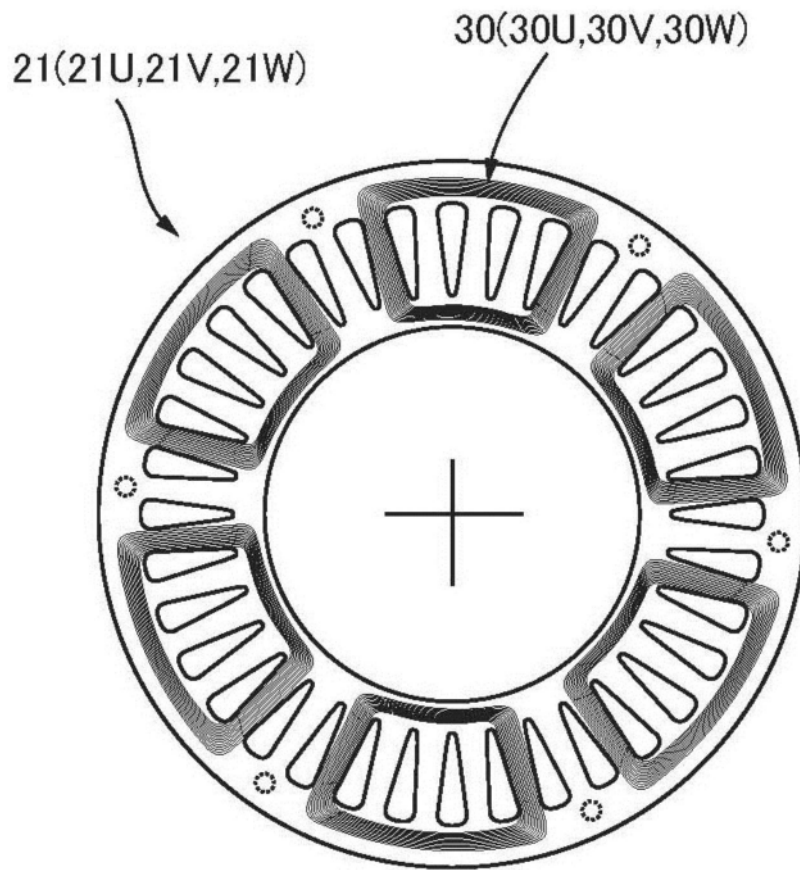


图1D

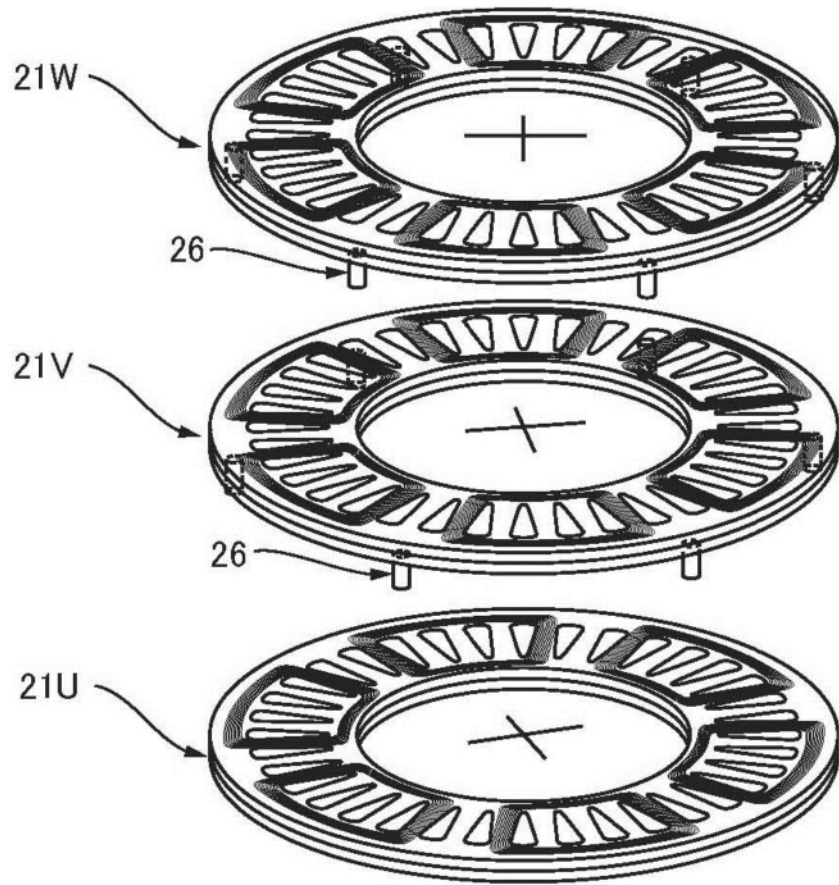


图1E

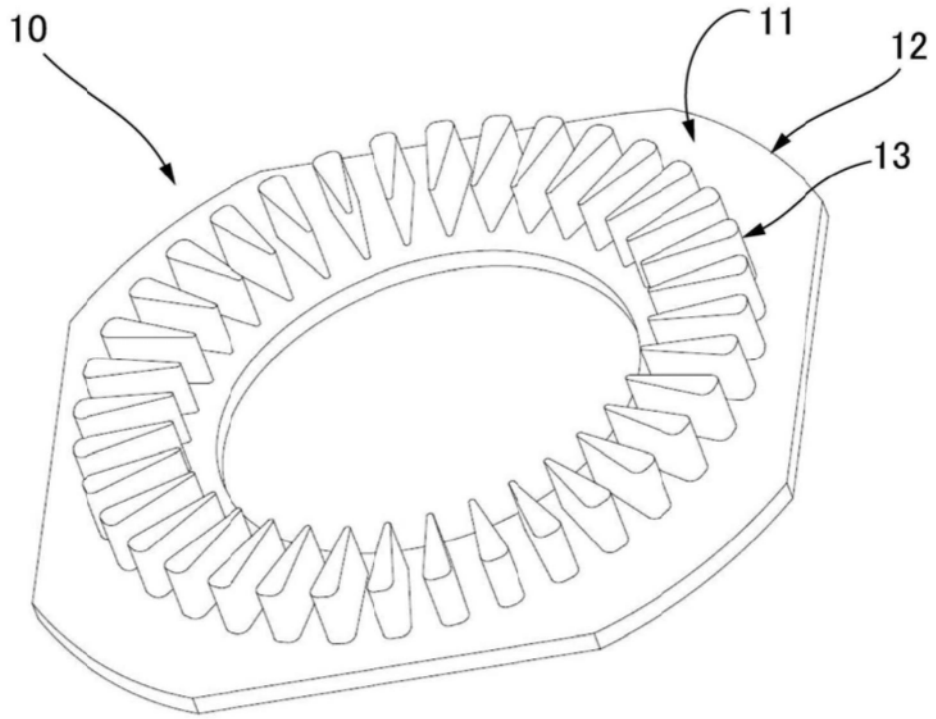


图2



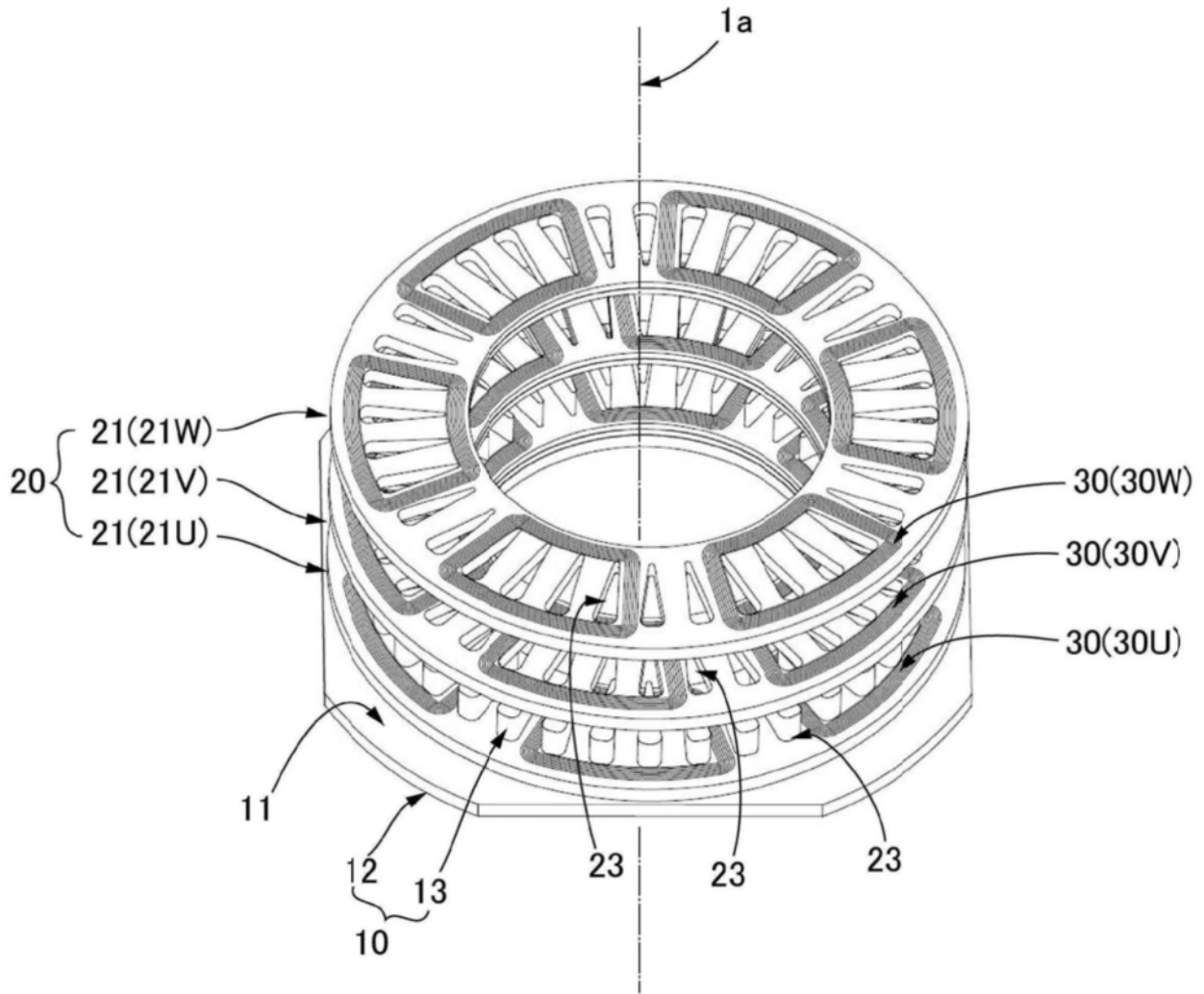


图4

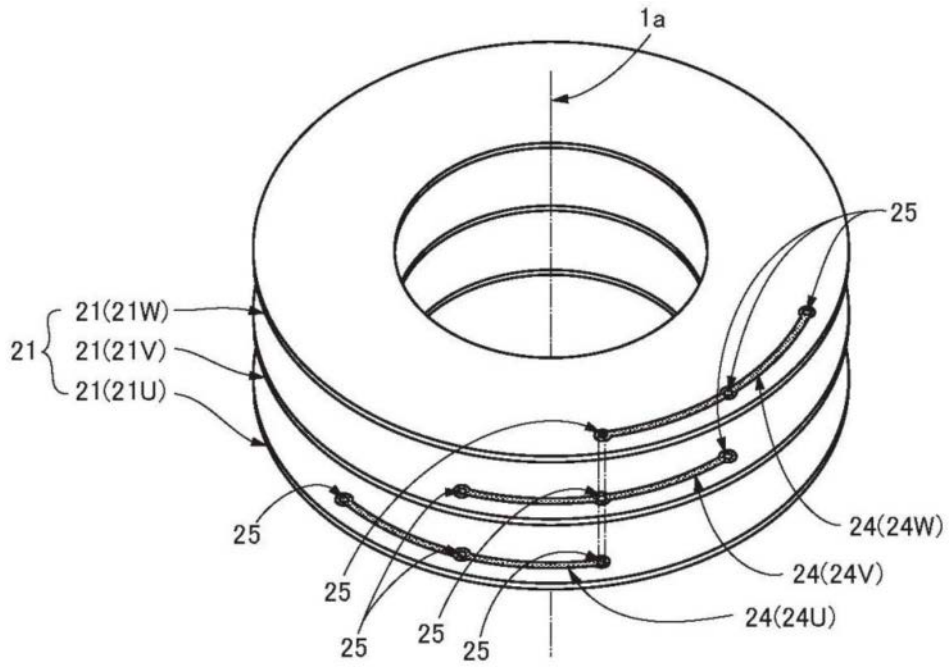


图5

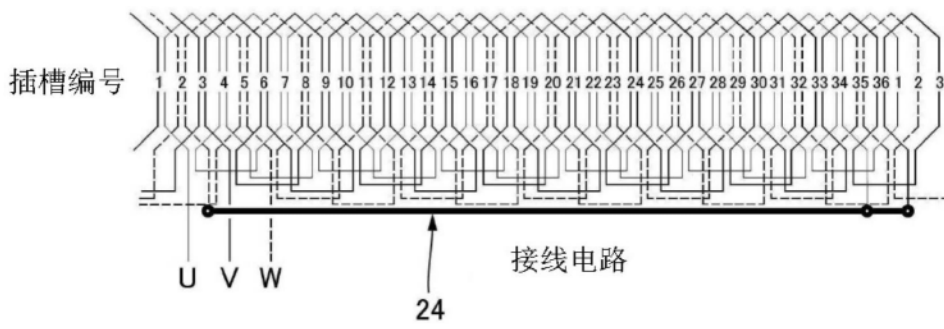


图6

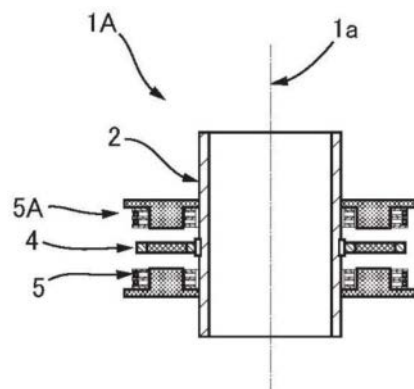


图7