



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116325432 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 23

(21) 申请号 202180070021.9

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限
公司 31100

(22) 申请日 2021.09.22

专利代理师 胡曼

(30) 优先权数据

2020-173869 2020.10.15 JP

PCT/JP2021/030888 2021.08.24 JP

(51) Int.Cl.

H02K 1/22 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.04.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/034893 2021.09.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/080110 JA 2022.04.21

(71) 申请人 株式会社电装

地址 日本爱知县

(72) 发明人 吉田晴雄 平松律郎 内田智裕

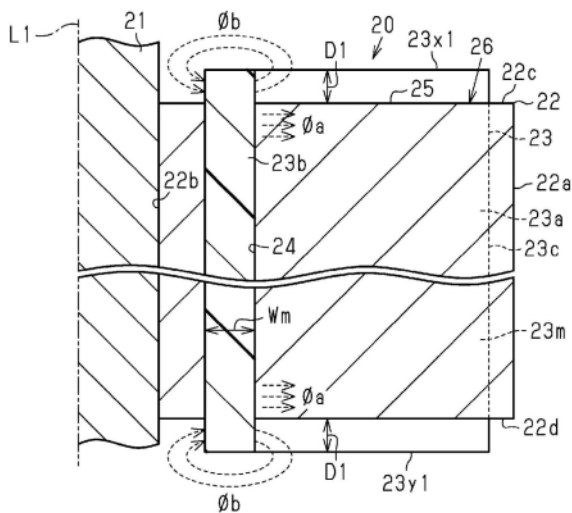
权利要求书2页 说明书11页 附图27页

(54) 发明名称

转子和旋转电机

(57) 摘要

构成为使永磁体(23)的端部从形成转子铁芯(22)的平坦面的轴向端面(22c、22d)作为突出部(23x1、23y1)突出,并且位于转子铁芯(22)内的永磁体(23)的埋入磁体部(23m)的磁通尽量不从转子铁芯(22)的轴向端面(22c、22d)漏出。



1. 一种转子,所述转子(20)具有呈埋入到转子铁芯(22)的磁体收容孔(24)中的埋入形式的永磁体(23),

所述转子铁芯的轴向端面(22c、22d)形成为平坦面,

所述永磁体构成为具有至少一部分从所述转子铁芯的轴向端面突出的突出部(23x1~23x9、23y1~23y9)。

2. 如权利要求1所述的转子,其特征在于,

所述永磁体呈向转子的径向内侧凸出的凸的折返形状。

3. 如权利要求1或2所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部构成为从所述转子铁芯的两侧的轴向端面呈同样的突出形状。

4. 如权利要求1或2所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部从所述转子铁芯的两个轴向端面以不同的突出形状构成。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部在沿所述转子铁芯的轴向端面的所述永磁体的延伸方向上连续地设置。

6. 如权利要求1至4中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部在沿所述转子铁芯的轴向端面的所述永磁体的延伸方向上局部设置。

7. 如权利要求1至6中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部在与沿所述转子铁芯的轴向端面的所述永磁体的延伸方向正交的厚度方向上局部设置。

8. 如权利要求1至7中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部设置成使得从所述转子铁芯的轴向端面突出的突出量(D1)恒定。

9. 如权利要求1至7中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部设置成使得从所述转子铁芯的轴向端面突出的突出量(D1)根据部位而不同。

10. 如权利要求1至9中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部与位于所述转子铁芯的所述磁体收容孔内的埋入磁体部(23m)连续地一体设置。

11. 如权利要求1至9中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体的突出部与位于所述转子铁芯的所述磁体收容孔内的埋入磁体部(23m)分体地设置。

12. 如权利要求1至11中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体在所述转子的周向上配置多个,

所述永磁体的突出部针对沿所述转子的周向配置的所有的所述永磁体设置。

13. 如权利要求1至11中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体在所述转子的周向上配置多个,

所述永磁体的突出部针对沿所述转子的周向配置的所述永磁体选择性地设置。

14. 如权利要求1至13中任一项所述的转子,其特征在于,

所述永磁体是在所述转子铁芯的所述磁体收容孔中填充磁体材料并在所述磁体收容

孔内硬化而构成的。

15. 如权利要求1至14中任一项所述的转子,其特征在于,

所述转子包括沿轴向排列设置的多个转子部(R1、R2),

多个所述转子部分别具有构成所述转子铁芯的转子铁芯部(31、32)和埋设在所述转子铁芯部中的所述永磁体,

多个所述转子部中的至少一个所述转子部的磁极中心(C)相对于其他的所述转子部的磁极中心(C)在周向上错开。

16. 一种旋转电机,所述旋转电机(M)包括:

转子(20),所述转子具有呈埋入到转子铁芯(22)的磁体收容孔(24)中的埋入形式的永磁体(23);以及

定子(10),所述定子对所述转子施加旋转磁场,

所述转子铁芯的轴向端面(22c、22d)形成为平坦面,

所述永磁体具有至少一部分从所述转子铁芯的轴向端面突出的突出部(23x1~23x9、23y1~23y9)而构成所述转子。

17. 如权利要求16所述的旋转电机,其特征在于,

所述转子包括沿轴向排列设置的多个转子部(R1、R2),

多个所述转子部分别具有构成所述转子铁芯的转子铁芯部(31、32)和埋设在所述转子铁芯部中的所述永磁体,

多个所述转子部中的至少一个所述转子部的磁极中心(C)相对于其他的所述转子部的磁极中心(C)在周向上错开。

转子和旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种埋入磁体型的转子和旋转电机。

背景技术

[0002] 使用埋入磁体型(I PM型)的转子的旋转电机是众所周知的。埋入磁体型的转子呈永磁体埋入转子铁芯的内部的形式,构成为除了由永磁体产生的磁体转矩之外,还在位于比永磁体更靠径向外侧的外侧铁芯部得到磁阻转矩。在这样的埋入磁体型的转子中,由于永磁体的配置方式等的关系,在位于转子铁芯的轴向端面的永磁体的端部处容易产生漏磁通,特别是有效磁通量的泄漏与转矩性能的降低相关联,因此,以往针对其对策提出了各种方案(例如参照专利文献1)。

现有技术文献

专利文献

[0003] 专利文献1:日本专利特开第2016-72995号公报

发明内容

发明所要解决的技术问题

[0004] 在上述专利文献1等的对策中,由于将转子铁芯的端面形状从一般的平坦面构成比较大的台阶等,需要进行形状变更,因此,转子铁芯的制造可能会变得复杂。本发明人根据上述对策中的担心事项,摸索能否通过其他简单的应对来抑制永磁体的有效磁通量的泄漏。本发明的目的在于提供一种能够通过简单的应对来抑制永磁体的有效磁通量的泄漏,从而期待转矩性能的提高的转子和旋转电机。

解决技术问题所采用的技术方案

[0005] 解决上述技术问题的转子是转子(20),上述转子具有呈埋入到转子铁芯(22)的磁体收容孔(24)中的埋入形式的永磁体(23),其中,上述转子铁芯的轴向端面(22c、22d)形成为平坦面,上述永磁体构成为具有至少一部分从上述转子铁芯的轴向端面突出的突出部(23x1~23x9、23y1~23y9)。

[0006] 解决上述技术问题的旋转电机是旋转电机(M),上述旋转电机包括转子(20)和定子(10),上述转子具有呈埋入到转子铁芯(22)的磁体收容孔(24)中的埋入形式的永磁体(23),上述定子对上述转子施加旋转磁场,其中,上述转子构成为,上述转子铁芯的轴向端面(22c、22d)形成为平坦面,上述永磁体具有至少一部分从上述转子铁芯的轴向端面突出的突出部(23x1~23x9、23y1~23y9)。

[0007] 根据上述转子和旋转电机,由于永磁体的至少一部分从转子铁芯的形成平坦面的轴向端面作为突出部而突出,因此,成为位于转子铁芯内的永磁体的埋入磁体部分的磁通要从转子铁芯的轴向端面漏出时需要越过该突出部的形式。即,由于埋入磁体部分的磁通要漏出的路径长度变长,因此,能够抑制埋入磁体部分的磁通的泄漏。永磁体的埋入磁体部分的磁通成为对旋转电机的转矩有贡献的有效磁通,因此,通过尽量使之不漏出而增加有

效磁通的磁通量,能够期待旋转电机的转矩性能的提高。而且,转子铁芯的轴向端面为一般的平坦面形状,能够通过仅使永磁体的端部从该转子铁芯的轴向端面突出的简单的应对来实现。

附图说明

[0008] 图1是具有实施方式之一的埋入磁体型的转子的旋转电机的结构图。
图2是该实施方式中的转子的结构图。
图3是该实施方式中的转子的剖视图。
图4是该实施方式中的转子的立体图。
图5的(a)~(c)是用于说明该实施方式中的转子的特性的说明图。
图6是在该实施方式中改变了一部分形状的转子的结构图。
图7是在该实施方式中改变了一部分形状的转子的剖视图。
图8是在该实施方式中改变了一部分形状的转子的立体图。
图9的(a)~(c)是用于说明在该实施方式中改变了一部分形状的转子的特性的说明图。

图10是变形例中的转子的剖视图。
图11是变形例中的转子的剖视图。
图12是变形例中的转子的剖视图。
图13是变形例中的转子的剖视图。
图14是变形例中的转子的剖视图。
图15是变形例中的转子的剖视图。
图16是变形例中的转子的剖视图。
图17是变形例中的转子的剖视图。
图18是变形例中的转子的剖视图。
图19是变形例中的转子的剖视图。
图20是变形例中的转子的剖视图。
图21是变形例中的转子的剖视图。
图22是变形例中的转子的剖视图。
图23是变形例中的转子的剖视图。
图24是变形例中的转子的剖视图。
图25是变形例中的转子的剖视图。
图26是变形例中的转子的立体图。
图27是变形例中的转子的剖视图。
图28是用于说明实施方式中的转子的特性的说明图。
图29是变形例中的转子的立体图。
图30是用于说明该变形例中的转子的特性的说明图。

具体实施方式

[0009] 以下,对转子的制造装置、转子的制造方法和转子的一实施方式进行说明。

[0010] 图1所示的本实施方式的旋转电机M由埋入磁体型的无刷电机构成。旋转电机M包括：大致圆环状的定子10；以及在定子10的径向内侧空间能旋转地配置的大致圆柱状的转子20。

[0011] 定子10包括大致圆环状的定子铁芯11。定子铁芯11由磁性金属材料构成。定子铁芯11例如是通过将多块电磁钢板沿轴线L1方向（参照图3）层叠而构成的。在本实施方式中，定子铁芯11具有朝向径向内侧延伸且在周向上等间隔地配置的十二个极齿12。各极齿12呈彼此相同的形状。极齿12的前端部即径向内侧端部呈大致T型，前端面12a呈沿转子20的外周面的圆弧状。在极齿12上以集中卷绕的方式卷绕有绕组13。绕组13为三相接线，如图1所示，分别作为U相、V相、W相发挥作用。此外，在对绕组13供给电源时，会在定子10中产生用于驱动转子20旋转的旋转磁场。如上所述的定子10的定子铁芯11的外周面相对于外壳14的内周面固定。

[0012] 在本实施方式中，转子20包括：旋转轴21；在中心部嵌插有旋转轴21的大致圆柱状的转子铁芯22；以及呈埋入到转子铁芯22的内部的形式的八个永磁体23。转子铁芯22由磁性金属材料构成。转子铁芯22例如是将多块电磁钢板沿图3所示的轴线L1方向层叠而构成的。转子20通过使旋转轴21支承于设置于外壳14的省略图示的轴承，配置成能相对于定子10旋转。

[0013] 转子铁芯22具有用于收容永磁体23的磁体收容孔24。在本实施方式中，磁体收容孔24沿转子铁芯22的周向等间隔地设置有八个。各磁体收容孔24呈朝向径向内侧凸出的凸的大致V字的折返形状，并且彼此形成相同的形状。另外，磁体收容孔24在转子铁芯22的轴向整体的范围内设置。

[0014] 此处，本实施方式的永磁体23由粘结磁体构成，该粘结磁体是通过使磁体粉末与树脂混合后的磁体材料成型硬化而成的。即，永磁体23是通过将转子铁芯22的磁体收容孔24设为成型模具，使硬化前的磁体材料通过注塑成型没有间隙地填充到磁体收容孔24内，并在填充后在磁体收容孔24内硬化而构成的。因此，磁体收容孔24的孔形状成为永磁体23的外形形状。另外，本实施方式的永磁体23构成为从转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出一部分（参照图3等）。永磁体23具有位于磁体收容孔24内的埋入磁体部23m和从转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出的突出部23x1、23y1。针对该永磁体23的突出部23x1、23y1，仅通过在用于对在转子铁芯22的轴向端面22c、22d开口的磁体收容孔24进行封闭的省略图示的成形模具上设置用于形成突出部23x1、23y1的凹部就能够容易地实现。作为本实施方式的永磁体23所使用的磁体粉末，使用例如钐铁氮（SmFeN）类磁体，但是也可以使用其他稀土类磁体等。

[0015] 永磁体23呈朝向径向内侧凸出的凸的大致V字的折返形状。详细而言，如图2所示，永磁体23呈一对直线部23a的径向内侧端部彼此由弯曲部23b连接的形状。直线部23a的径向向外侧端部23c位于转子铁芯22的外周面22a附近。永磁体23的厚度Wm在包括一对直线部23a和弯曲部23b的V字路径中的任一处都被设定为恒定。永磁体23相对于穿过转子20的轴中心O1的自身的周向中心线Ls呈线对称形状，与相邻的永磁体23之间的穿过转子20的轴中心O1的磁极边界线Ld接近。相邻的磁极边界线Ld之间的角度、即包括该永磁体23的转子磁极部26的磁极打开角度 θ_m 为 180° 的电角度。

[0016] 此处，将呈V字形状的永磁体23的各直线部23a的内侧面的延长线与转子铁芯22的

外周面22a的交点之间设为磁极间距 L_p ,将永磁体23的周向中心线 L_s 上的从转子铁芯22的外周面22a到弯曲部23b的内侧面为止的距离设为埋入深度 L_m 。本实施方式的永磁体23被设定为埋入深度 L_m 比磁极间距 L_p 大这样的较深的折返形状。即,由各直线部23a及弯曲部23b的各内侧面构成的本实施方式的永磁体23的磁体表面23d被设定为比众所周知的表面磁体型的磁体表面(省略图示)大。另外,通过将埋入深度 L_m 设定得较大,永磁体23的弯曲部23b位于靠近转子铁芯22的中心部的供旋转轴21嵌插的轴嵌插孔22b的接近径向内侧的位置。此外,永磁体23的该折返形状是一例,能够适当地改变为埋入深度 L_m 较浅或弯曲部23b较大的大致U字的折返形状等。

[0017] 另外,如图3和图4所示,永磁体23在转子铁芯22的轴向整体的范围内设置。转子铁芯22的轴向端面22c、22d形成平坦面,永磁体23具有从该转子铁芯22的轴向端面22c、22d沿轴向突出的突出部23x1、23y1。突出部23x1、23y1在包含永磁体23的直线部23a及弯曲部23b的V字路径中连续且厚度 W_m 恒定。突出部23x1、23y1分别设置于转子铁芯22的一方的轴向端面22c和另一方的轴向端面22d。突出部23x1、23y1由与位于转子铁芯22的磁体收容孔24内的永磁体23的埋入磁体部23m相同的材料连续地一体设置。

[0018] 这样的永磁体23的突出部23x1、23y1是位于转子铁芯22的轴向端面22c、22d的永磁体23的端部,以使容易在永磁体23的端部产生的图3所示的漏磁通 ϕ_b 在该部位中产生的方式发挥作用。换言之,位于永磁体23的转子铁芯22内的埋入磁体部23m的磁通的更多部分不从轴向端面22c、22d向外部泄漏而沿径向流动,更多的磁通成为对旋转电机M的转矩有贡献的有效磁通 ϕ_a 。突出部23x1、23y1被设定为在实现有效磁通 ϕ_a 的增加了的同时,从转子铁芯22的轴向端面22c、22d以适当的突出量 D_1 突出。另外,针对突出部23x1、23y1的突出量 D_1 ,有时图示的尺寸与实际尺寸不同。

[0019] 主要设置在转子铁芯22的磁体收容孔24内的永磁体23在磁体材料硬化之后,使用省略图示的起磁装置从转子铁芯22的外部起磁,以作为本来的磁体发挥作用。在本实施方式中,永磁体23在转子铁芯22的周向上设置有八个,以极性在周向上交替地不同的方式进行起磁。另外,各个永磁体23分别在自身的厚度方向上被磁化。

[0020] 位于永磁体23的V字的折返形状的内侧且比永磁体23更靠径向外侧的位置的转子铁芯22的部位作为与定子10相对并用于得到磁阻转矩的外侧铁芯部25发挥作用。外侧铁芯部25在沿轴向观察时呈一个顶点朝向转子20的中心部方向的大致三角形状。而且,在转子20包括永磁体23和被永磁体23的V字形状的内侧包围的外侧铁芯部25的本实施方式中构成为八极的转子磁极部26。如图1所示,各转子磁极部26分别在周向上交替地作为N极、S极发挥作用。在具有这样的转子磁极部26的转子20中,能够适当地得到磁体转矩和磁阻转矩。

[0021] 对本实施方式的旋转电机M的转子20的作用进行说明。

[0022] 在本实施方式的转子20的结构中,呈埋入到转子铁芯22中的形式的永磁体23分别使永磁体23的端部从转子铁芯22的两侧的轴向端面22c、22d作为突出部23x1、23y1突出。通过将永磁体23的端部设为突出部23x1、23y1,在永磁体23的端部产生的漏磁通 ϕ_b 集中在突出部23x1、23y1中产生。另外,在位于转子铁芯22内的永磁体23的埋入磁体部23m中,由于成为要从转子铁芯22的轴向端面22c、22d泄漏时的磁通的路径越过突出部23x1、23y1的形式,因此,磁通的路径长度变长。因此,能够抑制埋入磁体部23m中的磁通从转子铁芯22的轴向端面22c、22d漏出,在埋入磁体部23m中产生的磁通在轴向整体的范围内沿径向在转子铁芯

22内流动。这样,在埋入磁体部23m的轴向整体的范围内产生的磁通大多成为对旋转电机M的转矩有贡献的有效磁通 ϕ_a ,能够增加有效磁通 ϕ_a 的磁通量。

[0023] 图5的(a)是本实施方式与比较例的比较结果。本实施方式是分别从上述转子铁芯22的两侧的轴向端面22c、22d使永磁体23的端部作为突出部23x1、23y1突出的结构。比较例是永磁体23的端部不从转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出的现有的众所周知的结构。图5的(a)是分别针对在旋转电机M中产生的感应电压 V_m 和将该感应电压除以永磁体23的体积而得到的感应电压/磁体体积(V_m/V_a),与将比较例设为100时的本实施方式的比较。

[0024] 关于感应电压 V_m ,本实施方式比比较例足够大。这是因为,由于设置成在突出部23x1、23y1中产生漏磁通 ϕ_b ,因此,永磁体23的埋入磁体部23m的磁通大多成为有效磁通 ϕ_a 而使有效磁通 ϕ_a 增加。如图5的(b)中的突出部23x1、23y1的突出量D1与感应电压 V_m 的关系所示,可知由于突出部23x1、23y1的突出量D1为零以上、即突出,使有效磁通 ϕ_a 增加,感应电压 V_m 也上升。另一方面,关于感应电压/磁体体积(V_m/V_a),由于设置了突出部23x1、23y1而使磁体体积 V_a 相应增加,因此,比比较例小。如图5的(c)中的突出量D1与感应电压/磁体体积(V_m/V_a)的关系所示,可知由于突出部23x1、23y1突出而导致的磁体体积 V_a 的增加, V_m/V_a 值逐渐降低。考虑到这样的突出部23x1、23y1的突出量D1与感应电压 V_m 及感应电压/磁体体积(V_m/V_a)的关系,适当地设定突出量D1。另外,由于突出量D1变大也与转子20的重量增加及永磁体23的磁体材料增加等相关联,因此,优选在设定突出量D1时也考虑。

[0025] 顺便提及,在上述中,永磁体23的突出部23x1、23y1在包含该永磁体23的直线部23a及弯曲部23b的V字路径中连续且厚度 W_m 恒定,但是如图6、图7和图8所示,还研究了将永磁体23的弯曲部23b的厚度 W_{m1} 构成为比直线部23a的厚度 W_m 窄的结构。

[0026] 图9的(a)是将弯曲部23b设为厚度 W_{m1} 的稍窄的实施方式与比较例的比较结果。

[0027] 关于感应电压 V_m 和感应电压/磁体体积(V_m/V_a)中的任一个,本实施方式都比比较例大。突出部23x1、23y1的厚度越大,越能够延长永磁体23的埋入磁体部23m的磁通从转子铁芯22的轴向端面22c、22d漏出的路径长度,从而越能够抑制磁通的泄漏,但是永磁体23的弯曲部23b是磁通的泄漏比直线部23a少的部位,因此,能够将弯曲部23b的厚度 W_{m1} 调节为稍微窄一些。换言之,成为以使 V_m 值和 V_m/V_a 值都比比较例大的方式适当地变更永磁体23的弯曲部23b的厚度 W_{m1} 的形式。另外,作为图9的(b)所示的突出部23x1、23y1的突出量D1与感应电压 V_m 的关系,在突出部23x1、23y1的突出量D1为零以上时,随着有效磁通 ϕ_a 的增加, V_m 值增加,但是在该实施方式中成为提前达到最高点的变化。另一方面,作为图9的(c)所示的突出量D1与感应电压/磁体体积(V_m/V_a)的关系,由于将弯曲部23b设为窄幅的厚度 W_{m1} 而导致的磁体体积 V_a 的减少,即使突出部23x1、23y1的突出量D1为零以上, V_m/V_a 值也暂时上升并逐渐下降。这是在使永磁体23的埋入磁体部23m的磁通尽量不从转子铁芯22的轴向端面22c、22d漏出的同时,使永磁体23尽量轻量化的结果。

[0028] 对本实施方式的效果进行说明。

[0029] (1) 由于永磁体23的端部从形成转子铁芯22的平坦面的轴向端面22c、22d作为突出部23x1、23y1突出,因此,成为位于转子铁芯22内的永磁体23的埋入磁体部23m的磁通要从转子铁芯22的轴向端面22c、22d漏出而需要越过该突出部23x1、23y1的形式。即,由于埋入磁体部23m的磁通要漏出的路径长度变长,因此,能够抑制埋入磁体部23m的磁通的泄漏。永磁体23的埋入磁体部23m的磁通成为对旋转电机M的转矩有贡献的有效磁通 ϕ_a ,因此,通

过尽量不使之漏出而增加有效磁通 ϕ_a 的磁通量,能够充分地期待旋转电机M的转矩性能的提高。而且,转子铁芯22的轴向端面22c、22d是一般的平坦面形状,能够通过仅使永磁体23的端部从该转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出的简单应对来实现。

[0030] (2) 由于永磁体23的突出部23x1、23y1从转子铁芯22的两侧的轴向端面22c、22d呈同样的突出形状,因此,能够得到良好地维持转子20的重量平衡等效果。

[0031] (3) 由于永磁体23的突出部23x1、23y1在沿转子铁芯22的轴向端面22c、22d的永磁体23的V字形状的延伸方向上连续地设置,因此,能够在永磁体23的整个范围内更可靠地抑制对转矩有贡献的埋入磁体部23m的磁通的泄漏。

[0032] (4) 由于永磁体23的突出部23x1、23y1设置成使得从转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出的突出量D1恒定,因此,能够在各部位处同样地抑制对转矩有贡献的埋入磁体部23m的磁通的泄漏。

[0033] (5) 由于永磁体23的突出部23x1、23y1从转子铁芯22的埋入磁体部23m连续地一体设置,因此,能够通过相同的材料同时形成等而容易地形成。

[0034] (6) 由于永磁体23的突出部23x1、23y1针对沿转子20的周向配置的所有的永磁体23设置,因此,能够在所有的永磁体23中抑制对转矩有贡献的埋入磁体部23m的磁通的泄漏。另外,能够得到良好地维持转子20的重量平衡等效果。

[0035] 本实施方式能进行以下改变并实施。能够在技术上不矛盾的范围内将本实施方式和以下变形例相互组合并实施。

[0036] • 也可以适当地改变从转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出的永磁体23的端部的突出部23x1、23y1的结构。

[0037] 例如,也可以在永磁体23的包括直线部23a和弯曲部23b的V字路径中局部地设置突出部。

[0038] 如图10所示,也可以设置仅在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23x2、23y2。突出部23x2、23y2同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0039] 如图11所示,也可以设置仅在永磁体23的直线部23a中突出的突出部23x3、23y3。突出部23x3、23y3同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0040] 如图12所示,也可以设置在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23x2、23y2和在直线部23a的延伸方向上局部突出的突出部23x4、23y4。突出部23x2、23y2和突出部23x4、23y4同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0041] 虽然没有特别图示,但是也可以如永磁体23的V字形状的一方侧的直线部23a和弯曲部23b的一半那样,仅在V字形状的单侧设置永磁体23的突出部。

[0042] 这样一来,能够减少永磁体23的磁体材料,能够期待实现转子20的轻量化等效果。

[0043] 另外,例如也可以在转子铁芯22的轴向端面22c、22d分别设置不同结构的突出部。首先列举其中的仅在转子铁芯22的轴向端面22c、22d的一方侧设置突出部的方式。

[0044] 如图13所示,也可以仅在转子铁芯22的轴向端面22c侧设置突出部23x1。另外,突出部23x1如上所述沿永磁体23的V字路径连续。

[0045] 如图14所示,也可以仅在转子铁芯22的轴向端面22c侧设置仅在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23x2。

[0046] 如图15所示,也可以仅在转子铁芯22的轴向端面22c侧设置仅在永磁体23的直线

部23a中突出的突出部23x3。

[0047] 如图16所示,也可以仅在转子铁芯22的轴向端面22c侧设置在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23x2和在直线部23a的延伸方向上局部突出的突出部23x4。

[0048] 这样也能够减少永磁体23的磁体材料,能够期待实现转子20的轻量化等效果。

[0049] 另外,以下列举在转子铁芯22的轴向端面22c、22d分别设置突出部的结构中,分别设置不同结构的突出部的方式。

[0050] 如图17所示,也可以在转子铁芯22的轴向端面22c侧,设置仅在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23x2,在转子铁芯22的轴向端面22d侧,设置在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23y2和在直线部23a的延伸方向上局部突出的突出部23y4。

[0051] 如图18所示,也可以在转子铁芯22的轴向端面22c侧,设置沿永磁体23的V字路径连续的突出部23x1,在转子铁芯22的轴向端面22d侧,设置仅在永磁体23的直线部23a中突出的突出部23y3。

[0052] 如图19所示,也可以在转子铁芯22的轴向端面22c侧,设置在永磁体23的弯曲部23b中突出的突出部23x2和在直线部23a的延伸方向上局部突出的突出部23x4,在转子铁芯22的轴向端面22d侧,设置沿永磁体23的V字路径连续的突出部23y1。

[0053] 这样一来,能够期待提高包括永磁体23的突出形状在内的转子20的外形形状的自由度等效果。

[0054] 另外,例如也可以在与永磁体23的V字路径的延伸方向正交的厚度方向上局部设置突出部。

[0055] 如图20所示,也可以在永磁体23的厚度方向中央部设置呈窄幅形状的突出部23x5、23y5。突出部23x5、23y5沿永磁体23的V字路径连续。另外,突出部23x5、23y5同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0056] 如图21所示,也可以在永磁体23的厚度方向中央部设置具有槽部23z1的突出部23x6、23y6。槽部23z1具有与突出部23x6、23y6的突出量D1相同的深度。突出部23x6、23y6沿永磁体23的V字路径连续。另外,突出部23x6、23y6同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0057] 如图22所示,也可以使设置于永磁体23的突出部23x6、23y6的厚度方向中央部的槽部23z2的深度与突出部23x6、23y6的突出量D1不同。如该图22所示,槽部23z2可以比突出部23x6、23y6的突出量D1浅,也可以比该突出量D1深。

[0058] 这样也能够减少永磁体23的磁体材料,能够期待实现转子20的轻量化等效果。

[0059] 另外,例如也可以改变设置于永磁体23的突出部的形状。也可以根据突出部的部位来使突出量D1变化。

[0060] 如图23所示,也可以将设置于永磁体23的弯曲部23b的突出部23x7、23y7设为斜面形状。突出部23x7、23y7由永磁体23的V字形状的内侧较高且外侧较低的斜面形状构成。突出部23x7、23y7同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0061] 如图24所示,也可以是在永磁体23的V字路径的延伸方向上连续的突出部23x8、23y8,弯曲部23b的部分最高且从该弯曲部23b朝向直线部23a的径向外侧端部23c逐渐变低的斜面形状。突出部23x8、23y8同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。

[0062] 这样也能够减少永磁体23的磁体材料,能够期待实现转子20的轻量化等效果。另

外,能够期待提高包括永磁体23的突出形状在内的转子20的外形形状的自由度等效果。

[0063] 另外,例如也可以将永磁体23的突出部与埋入磁体部23m分体设置。在这种情况下,也可以使彼此的磁体材料不同。

[0064] 如图25所示,永磁体23的突出部23x9、23y9在V字路径的延伸方向上连续,并且同样地设置于转子铁芯22的轴向端面22c、22d这两者。突出部23x9、23y9也可以使用比埋入磁体部23m便宜的磁体材料。另外,突出部23x9、23y9也可以使用磁力与埋入磁体部23m不同的磁体材料。另外,突出部23x9、23y9可以使用强度与埋入磁体部23m不同的磁体材料,考虑到从转子铁芯22的轴向端面22c、22d露出这一情况,也可以构成为高强度。另外,突出部23x9、23y9可以与埋入磁体部23m同时形成,也可以后面附加。

[0065] 这样一来,能够期待提高永磁体23的结构自由度等效果。

[0066] 另外,例如,也可以不在配置于转子20的周向的所有的永磁体23中设置从转子铁芯22的轴向端面22c、22d突出的突出部。

[0067] 如图26所示,也可以在沿周向配置多个的永磁体23中以隔开一个放置的方式选择性地设置突出部23x1。另外,可以是隔开一个以外的等间隔地放置,也可以是不等间隔地放置。

[0068] 这样也能够减少永磁体23的磁体材料,能够期待实现转子20的轻量化等效果。

[0069] • 在转子铁芯22的轴向端面22c、22d上,如图27所示,也可以在磁体收容孔24的开口部周围设置凹部24a,上述凹部24a在对包括突出部23x1、23y1的永磁体23进行成形时积存其磁体材料的余量部分。这样一来,由于磁体材料的余量部分能够收纳在凹部24a中,因此,能够抑制磁体材料的余量部分在转子铁芯22的轴向端面22c、22d作为永磁体23的毛刺突出。

[0070] • 永磁体23不限于V字状,也可以是U字状等向转子20的径向内侧凸出的凸的其他折返形状。另外,也可以是I字状等折返形状以外的形状。

[0071] • 在转子铁芯22的磁体收容孔24中使磁体材料注塑成型而构成永磁体23,但是也可以是预先制作永磁体23并插入转子铁芯22的磁体收容孔24中固定的方式。

[0072] • 除了上述以外,也可以适当地改变转子20的结构和旋转电机M的结构。

[0073] • 图28是在比较结构1、比较结构2和上述实施方式中对在旋转电机M产生的感应电压 V_m 的大小进行比较的图表。在上述实施方式中,定子铁芯11的轴向长度被设定为与转子铁芯22的轴向长度相等。另外,该定子铁芯11的轴向长度例如是极齿12的前端面12a的轴向长度。另外,如在上述实施方式中所提及的那样,永磁体23的轴向长度形成得比转子铁芯22的轴向长度长,由此形成突出部23x1、23y1。即,在上述实施方式中,永磁体23的轴向长度比转子铁芯22和定子铁芯11的轴向长度长。另外,永磁体23的突出部23x1、23y1位于比定子铁芯11的轴向两端面更靠轴向的侧方的位置。

[0074] 相对于上述实施方式,比较结构1构成为永磁体23、转子铁芯22和定子铁芯11各自的轴向长度彼此相等。

[0075] 在比较结构2中,永磁体23的轴向长度被设定为与转子铁芯22的轴向长度相等。即,在比较结构2中,没有形成永磁体23从磁体收容孔24沿轴向突出的部位。另外,在比较结构2中,转子铁芯22和永磁体23的轴向长度被设定为比定子铁芯11的轴向长度长。

[0076] 如图28所示,相对于比较结构1,在比较结构2和上述实施方式中,感应电压 V_m 变

大。可以认为这是因为定子铁芯11的轴向整体包含在永磁体23的轴向范围内。

[0077] 另外,在比较结构2和上述实施方式中,感应电压 V_m 的大小大致相等。在上述实施方式中,转子铁芯22的轴向长度与定子铁芯11的轴向长度相等,仅永磁体23的轴向长度较长。因此,相对于比较结构2,在上述实施方式中,能够缩短转子铁芯22的轴向长度。因此,如上述实施方式那样,通过将永磁体23的轴向长度构成为比转子铁芯22及定子铁芯11的轴向长度长,能够在提高感应电压 V_m 的同时,有助于转子铁芯22、乃至旋转电机M的轻量化。

[0078] • 在上述实施方式中,转子铁芯22由单一的部件构成,但是除此之外,例如也可以由沿轴向排列设置的多个转子铁芯部构成转子铁芯22。例如,在图29所示的结构中,由沿轴向排列设置的两个转子铁芯部构成转子铁芯22。在以下的说明中,将该两个转子铁芯部中的一方称为第一转子铁芯部31,将另一方称为第二转子铁芯部32。另外,在图29所示的结构中,对于与上述实施方式相同的结构,有时标注与上述实施方式相同的符号并省略其详细说明。

[0079] 如图29所示,转子20包括旋转轴21、具有第一转子铁芯部31的第一转子部R1和具有第二转子铁芯部32的第二转子部R2。

[0080] 第一转子部R1和第二转子部R2在沿转子20的轴线L1的方向上排列设置。第一转子部R1和第二转子部R2构成为能够与旋转轴21一体旋转。通过由设置于壳体14的未图示的轴承支承旋转轴21,第一转子部R1和第二转子部R2相对于定子10能旋转地配置。

[0081] 第一转子铁芯部31呈旋转轴21嵌插在中心部中的大致圆柱状。第二转子铁芯部32也同样地呈旋转轴21嵌插在中心部中的大致圆柱状。第一转子部R1包括埋设在第一转子铁芯部31中的永磁体23。另外,第二转子部R2包括埋设在第二转子铁芯部32中的永磁体23。

[0082] 第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32例如是相同结构的部件。第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32分别由磁性金属材料构成。另外,第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32分别是例如将多块电磁钢板沿轴线L1方向层叠而构成的。第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32沿轴向排列设置而构成转子铁芯22。

[0083] 在第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32的每一个中,与轴线L1正交的截面形状例如与上述实施方式的转子铁芯22中的与轴线L1正交的截面形状相同。即,第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32分别具有用于收容永磁体23的磁体收容孔24。在第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32的每一个中,磁体收容孔24的周向上的数量和形状等的结构例如与上述实施方式的磁体收容孔24相同。

[0084] 在第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32的每一个中,位于永磁体23的V字的折返形状的内侧且位于比永磁体23更靠径向外侧的部位作为与定子10相对并用于得到磁阻转矩的外侧铁芯部25发挥作用。而且,第一转子部R1和第二转子部R2分别具有八个包括永磁体23和外侧铁芯部25的转子磁极部26。转子磁极部26在周向上交替地作为N极、S极发挥作用。

[0085] 在第一转子部R1和第二转子部R2的每一个中,各转子磁极部26具有周向上的磁极中心C。各磁极中心C在周向上彼此等间隔地设定。在本例中,八个转子磁极部26各自的各磁极中心C设定为彼此沿周向间隔 45° 。另外,在各转子磁极部26中,磁极中心C与永磁体23的周向中心线 L_s 一致。

[0086] 第二转子部R2的转子磁极部26相对于第一转子部R1的转子磁极部26在周向上错

开。在本例中,第一转子部R1和第二转子部R2是彼此相同的结构,成为使第二转子部R2相对于第一转子部R1旋转规定角度的转子20的结构。由此,第二转子部R2的磁极中心C相对于第一转子部R1的磁极中心C在周向上错开规定角度。以下,将第二转子部R2的磁极中心C相对于第一转子部R1的磁极中心C沿周向错开的角度称为扭斜角 θ 。

[0087] 本例的扭斜角 θ 在将转子20的极数设为 p ,将该极数 p 和定子10的切槽数的最小公倍数设为 L 的情况下基于以下的式(a)来设定。

[0088] $\theta = 180/L \cdots (a)$

转子20的极数 p 是第一转子部R1和第二转子部R2的每一个中的转子磁极部26的数量,在本例中为八极。另外,在本例中,切槽数为十二个。即,本例的扭斜角 θ 被设定为在式(a)中代入 $p=8$ 、 $L=24$ 而得到的 $7.5[^\circ]$ 。

[0089] 图30示出了将扭斜角 θ 设定为 $7.5[^\circ]$ 的结构中的转子20的旋转角与齿槽转矩的大小的关系。在该图中,分别将在第一转子部R1中产生的齿槽转矩表示为 T_1 ,将在第二转子部R2中产生的齿槽转矩表示为 T_2 ,将在合成了齿槽转矩 T_1 、 T_2 的转子20整体中产生的合成齿槽转矩表示为 T_3 。在扭斜角 θ 为 $7.5[^\circ]$ 的情况下,齿槽转矩 T_1 和齿槽转矩 T_2 成为彼此相反的相位。即,在这种情况下,齿槽转矩 T_1 、 T_2 被抵消,由此,合成齿槽转矩 T_3 减少。这样,通过使第一转子部R1和第二转子部R2彼此的磁极中心C沿周向错开,能够减少转子20整体的合成齿槽转矩 T_3 。本例中的扭斜角 θ 的值是一例,根据旋转电机M的结构,扭斜角 θ 的值能够适当地改变。

[0090] 在本例的转子20中,也与上述实施方式同样地,具有从转子铁芯22沿轴向突出的永磁体23的部位即突出部23x1、23y1。突出部23x1从转子铁芯22的一方的轴向端面22c突出。在本例中,转子铁芯22的轴向端面22c是第一转子铁芯部31中的与第二转子部R2相反一侧的端面。而且,突出部23x1是第一转子部R1的永磁体23的一个部位。另外,突出部23y1从转子铁芯22的另一方的轴向端面22d突出。在本例中,转子铁芯22的轴向端面22d是第二转子铁芯部32中的与第一转子部R1相反一侧的端面。而且,突出部23y1是第二转子部R2的永磁体23的一个部位。

[0091] 在第一转子铁芯部31中,例如永磁体23不从与设置有突出部23x1的轴向端面22c相反一侧的轴向端面突出。另外,在第二转子铁芯部32中,例如永磁体23不从与设置有突出部23y1的轴向端面22d相反一侧的轴向端面突出。而且,第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32以永磁体23未突出的各个轴向端面彼此沿轴向相对的方式排列设置。在本例中,例如第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32以使轴向端面彼此接触的方式排列设置。

[0092] 在本例中,也能够得到与上述实施方式相同的由突出部23x1、23y1实现的效果。

[0093] 另外,在本例中,在第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32中,构成为永磁体23未突出的各个轴向端面彼此接触,但是不限于此,也可以在该轴向端面之间设置间隙。另外,也可以是永磁体23从第一转子铁芯部31和第二转子铁芯部32中的彼此相对的轴向端面突出的结构。

符号说明

[0094] M旋转电机、10定子、20转子、22转子铁芯、22c、22d轴向端面、23永磁体、23m埋入磁体部、23x1~23x9、23y1~23y9突出部、24磁体收容孔、D1突出量、R1第一转子部(转子部)、R2第二转子部(转子部)、31第一转子铁芯部(转子铁芯部)、32第二转子铁芯部(转子铁芯

部)、C磁极中心。

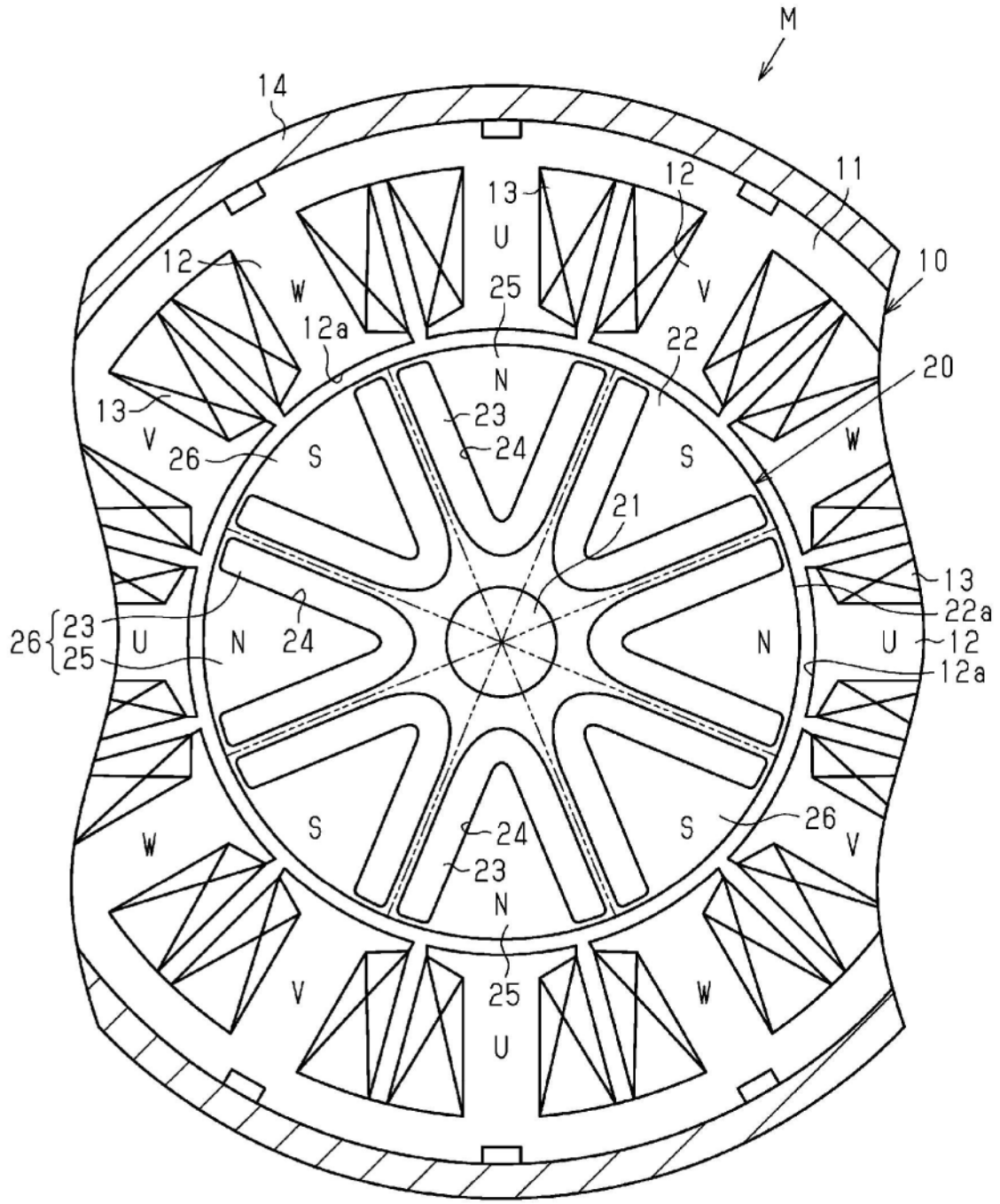


图1

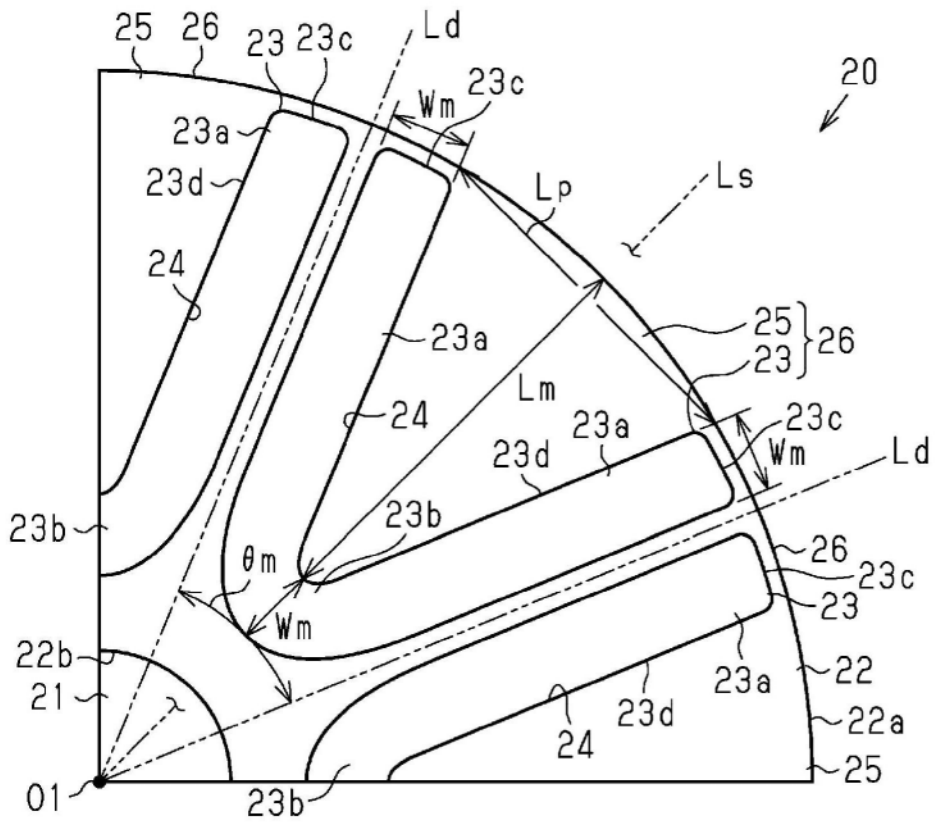


图2

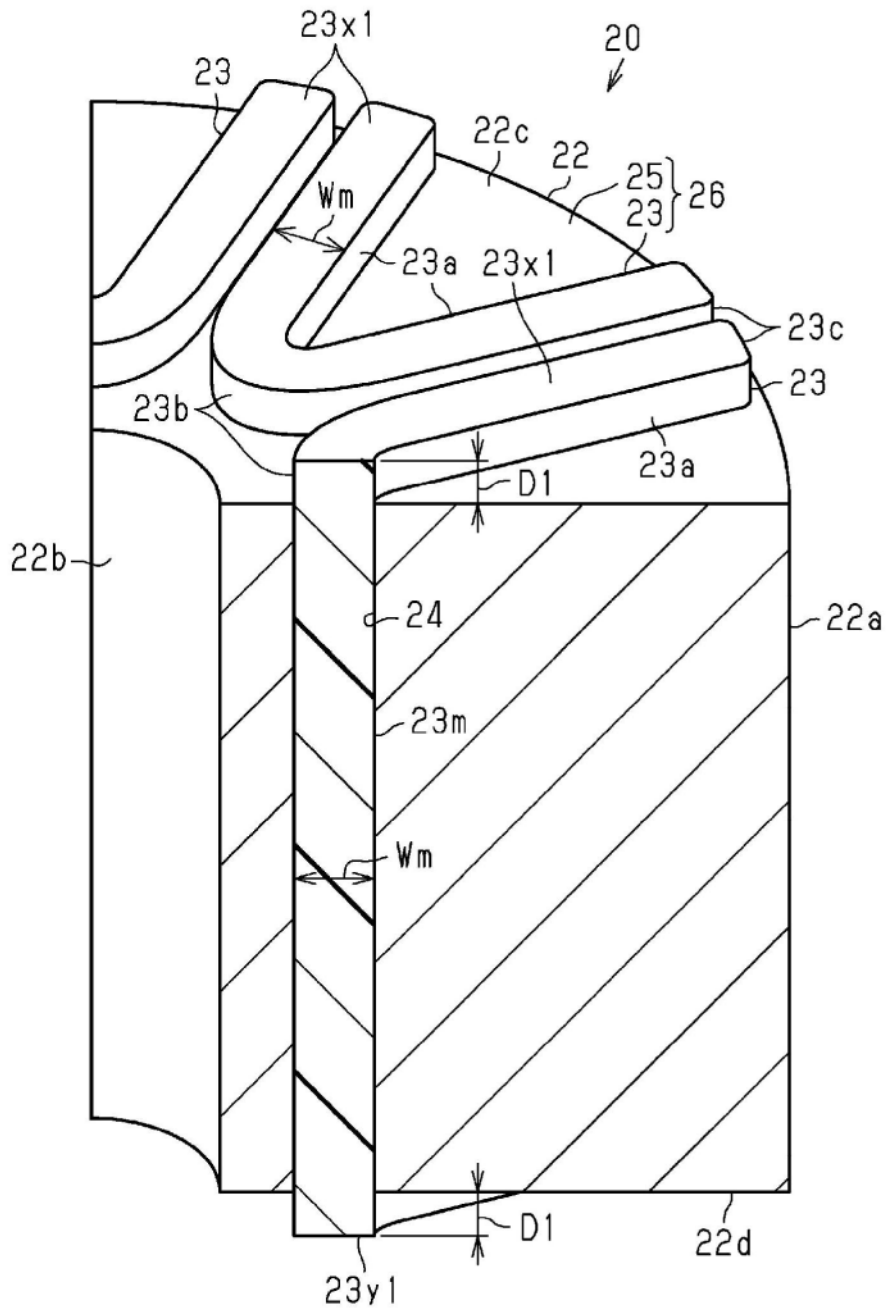


图4

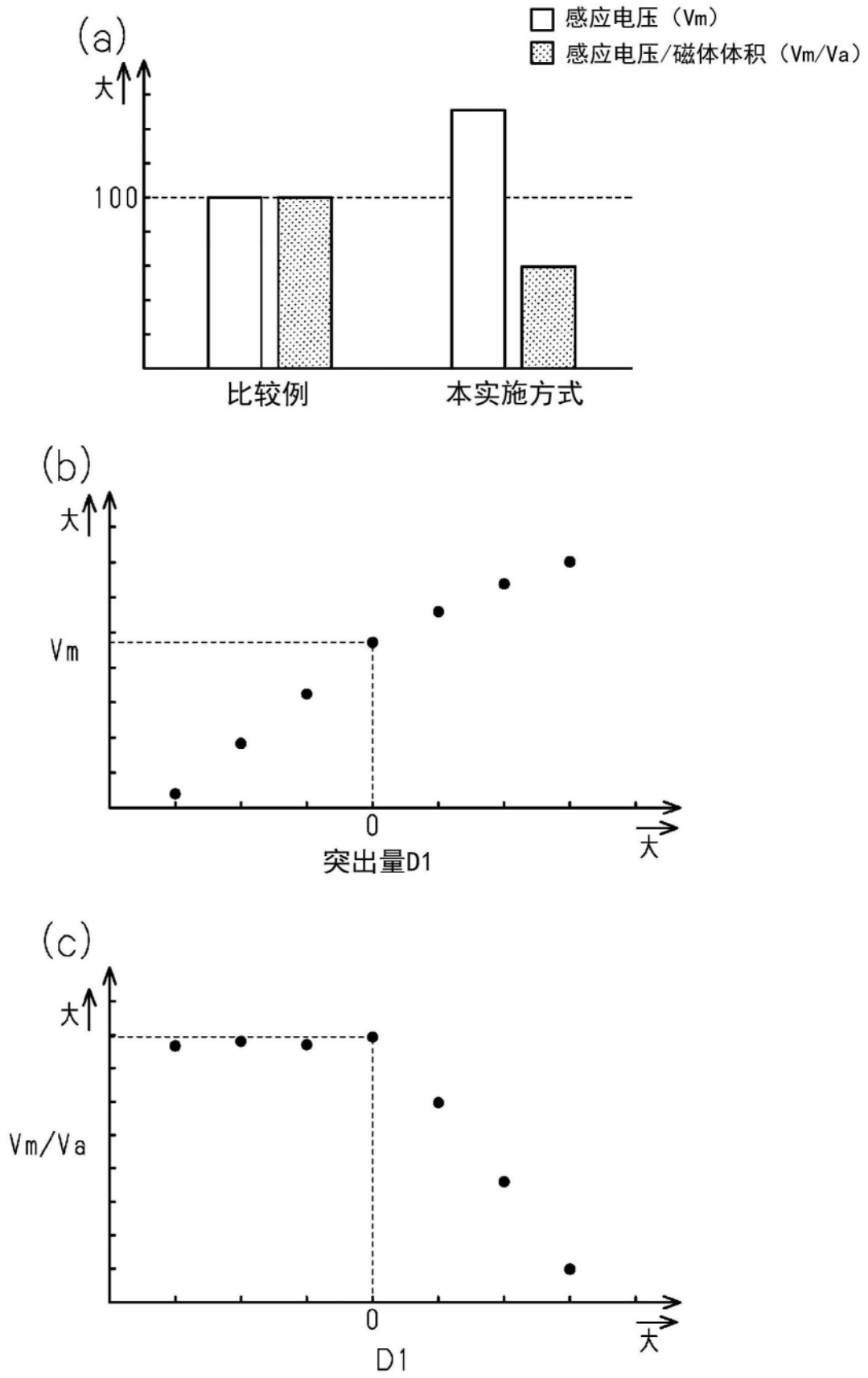


图5

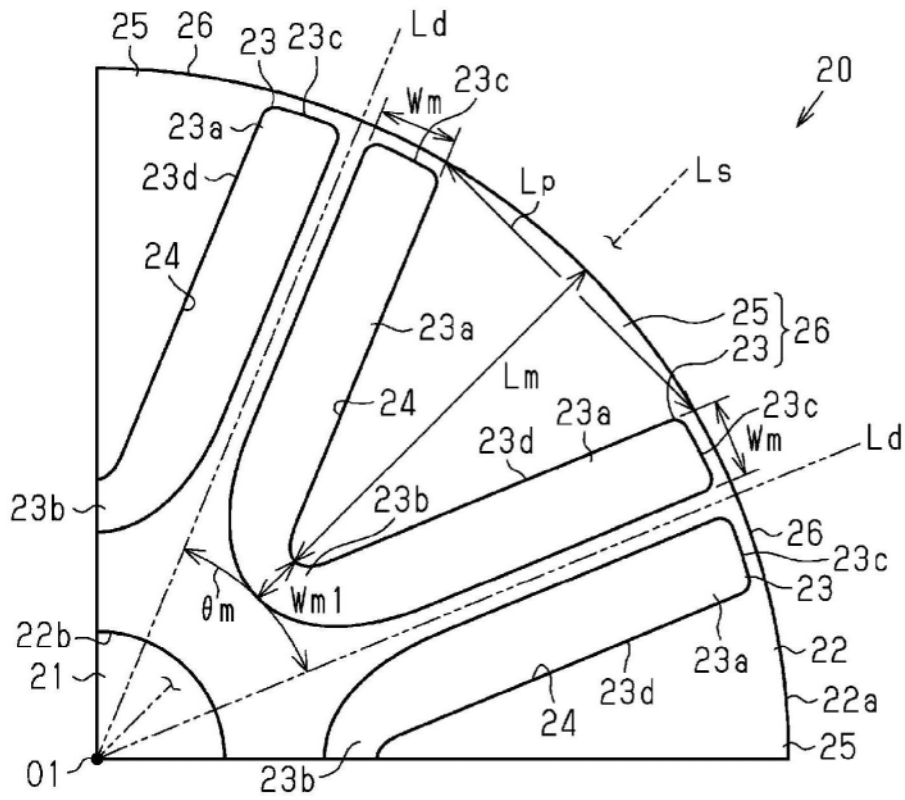


图6

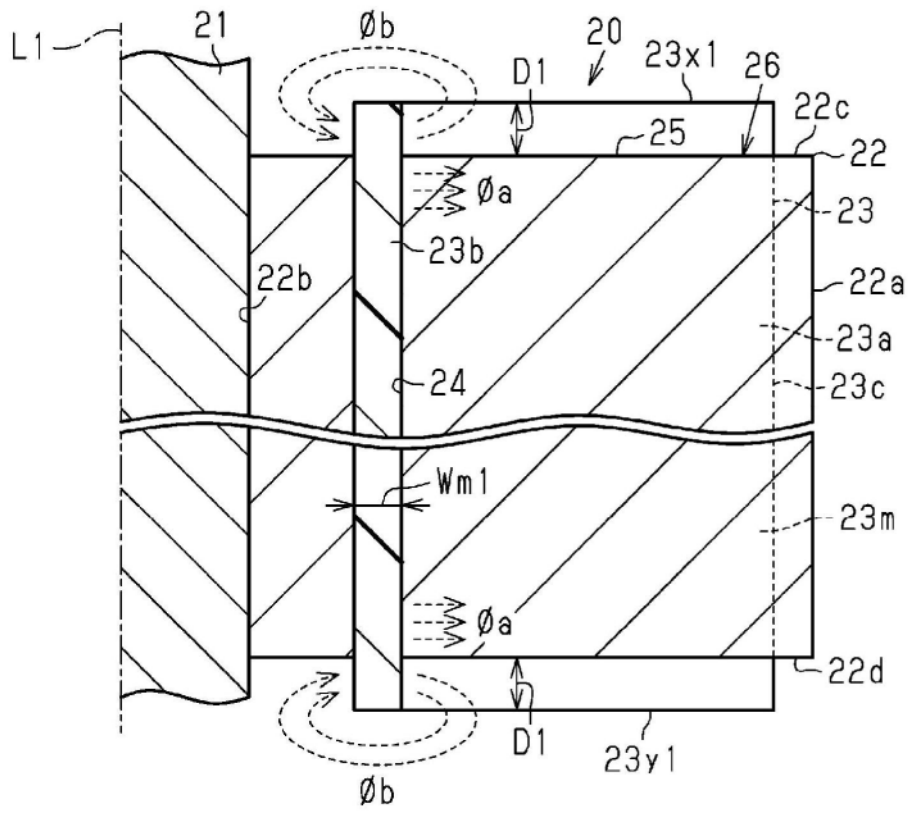


图7

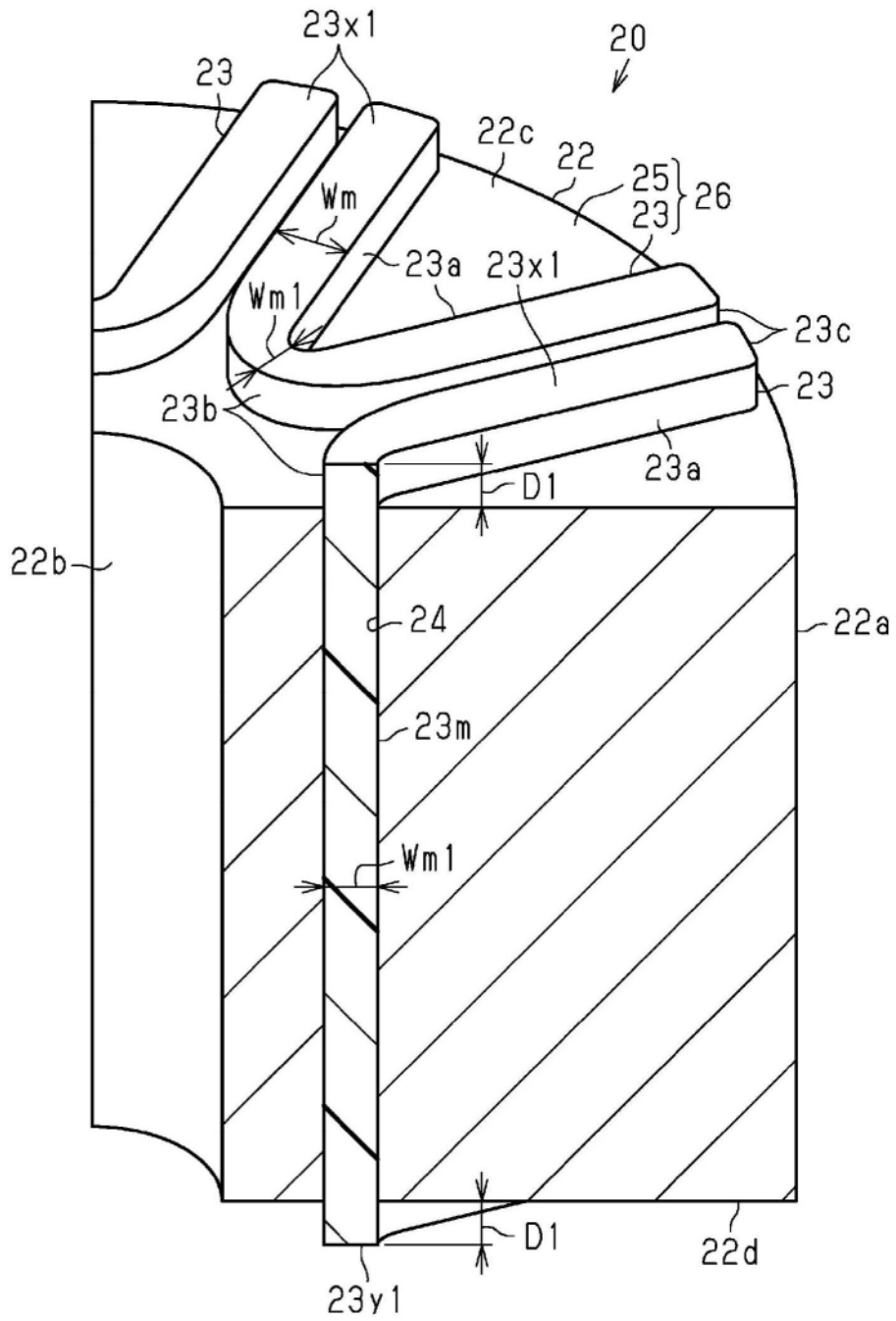


图8

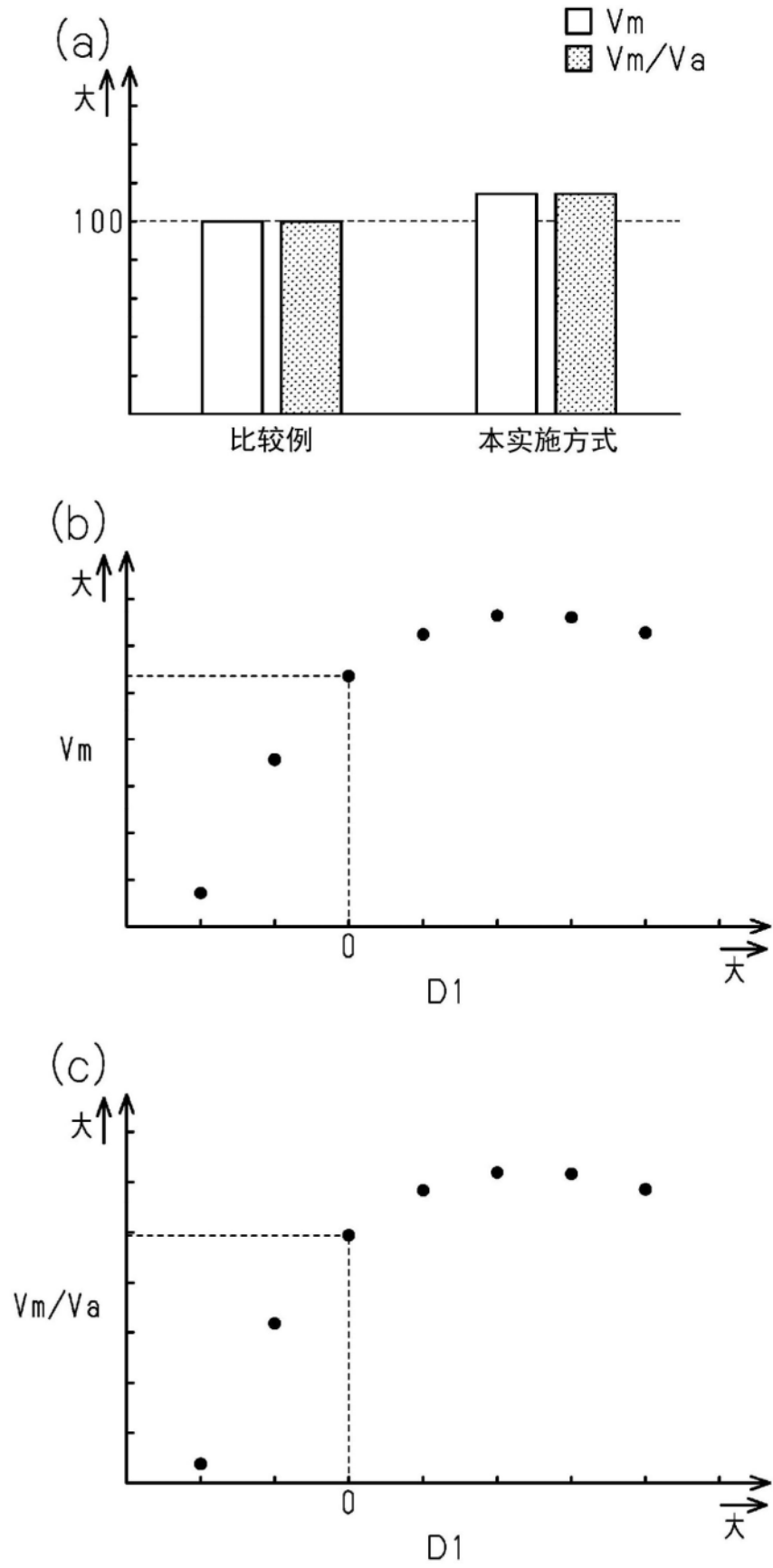


图9

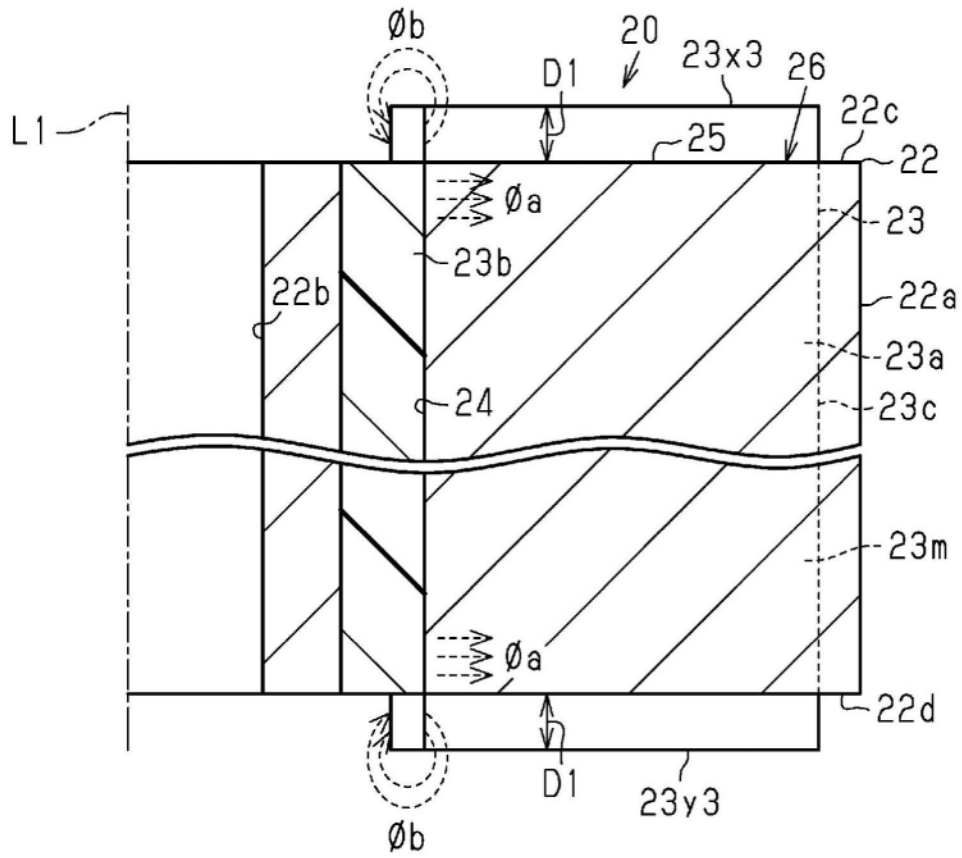


图11

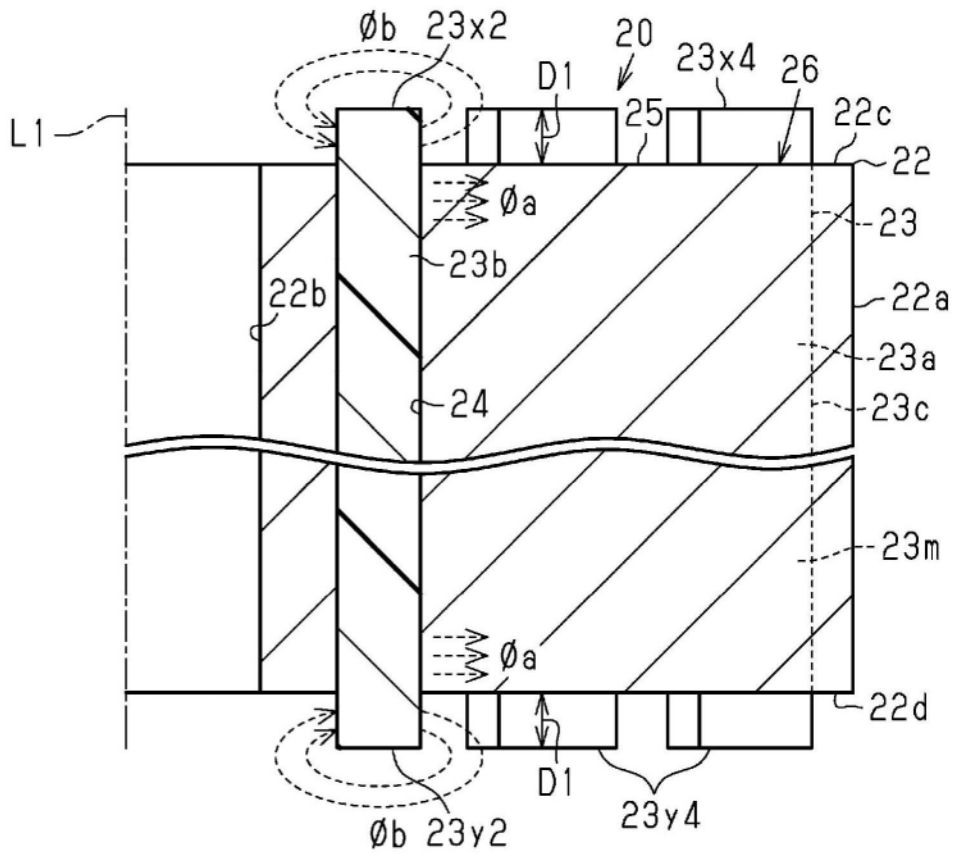


图12

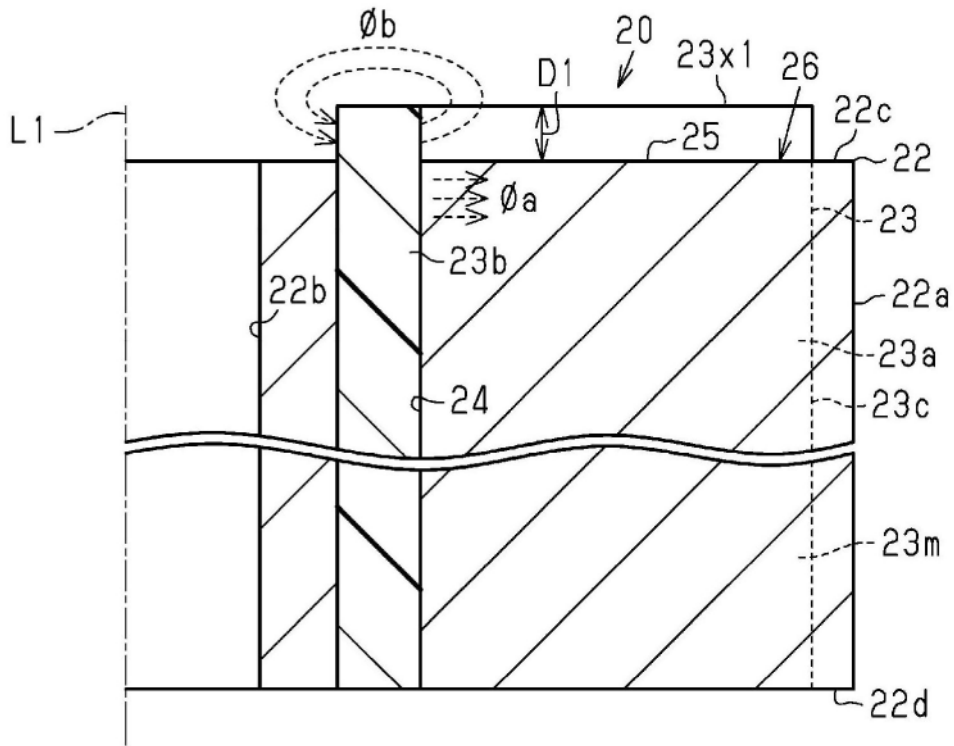


图13

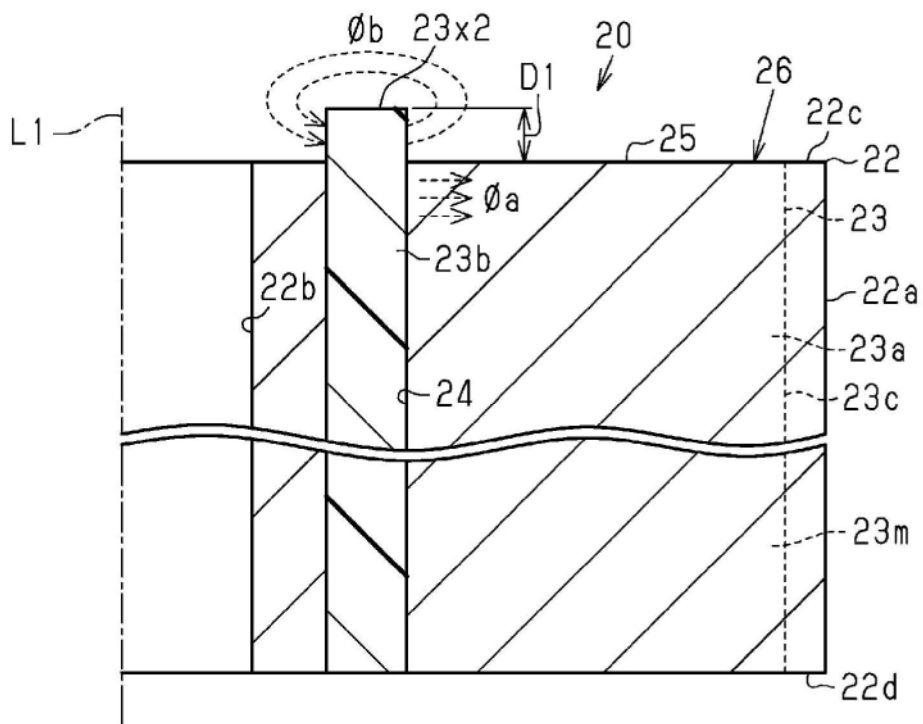


图14

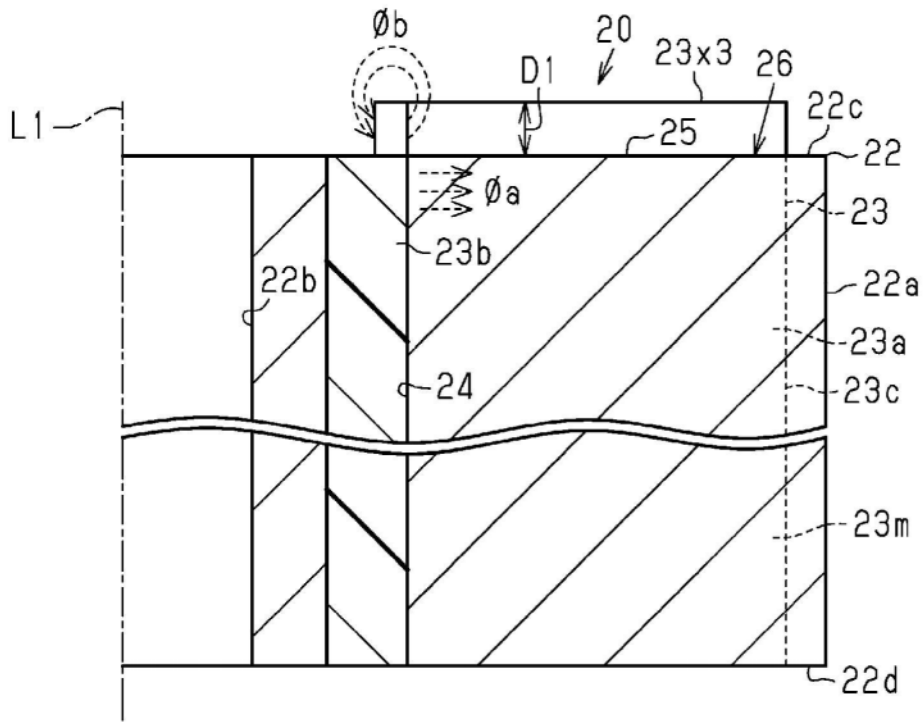


图15

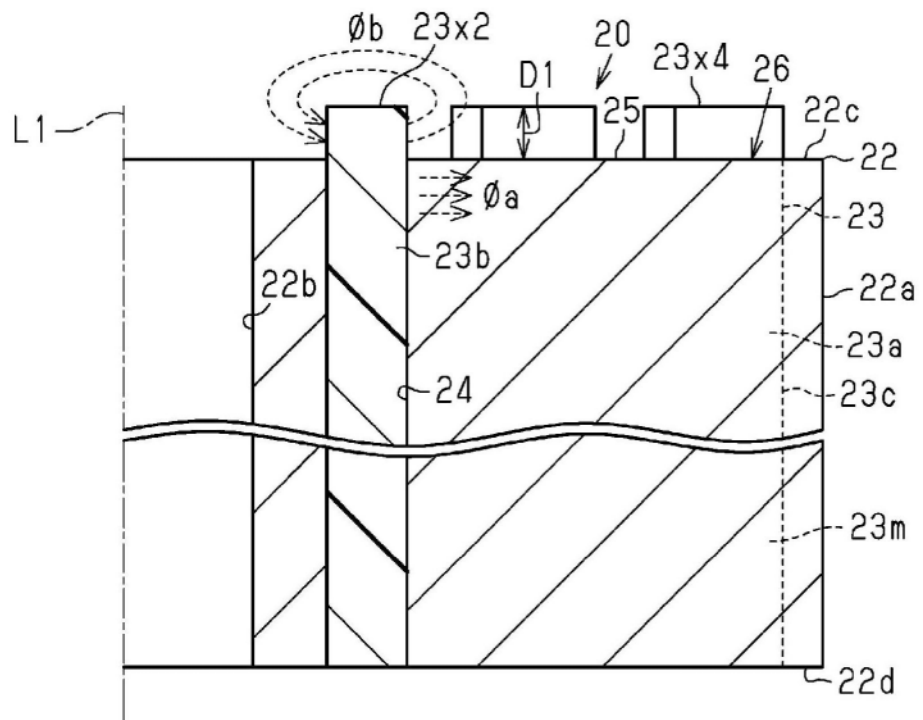


图16

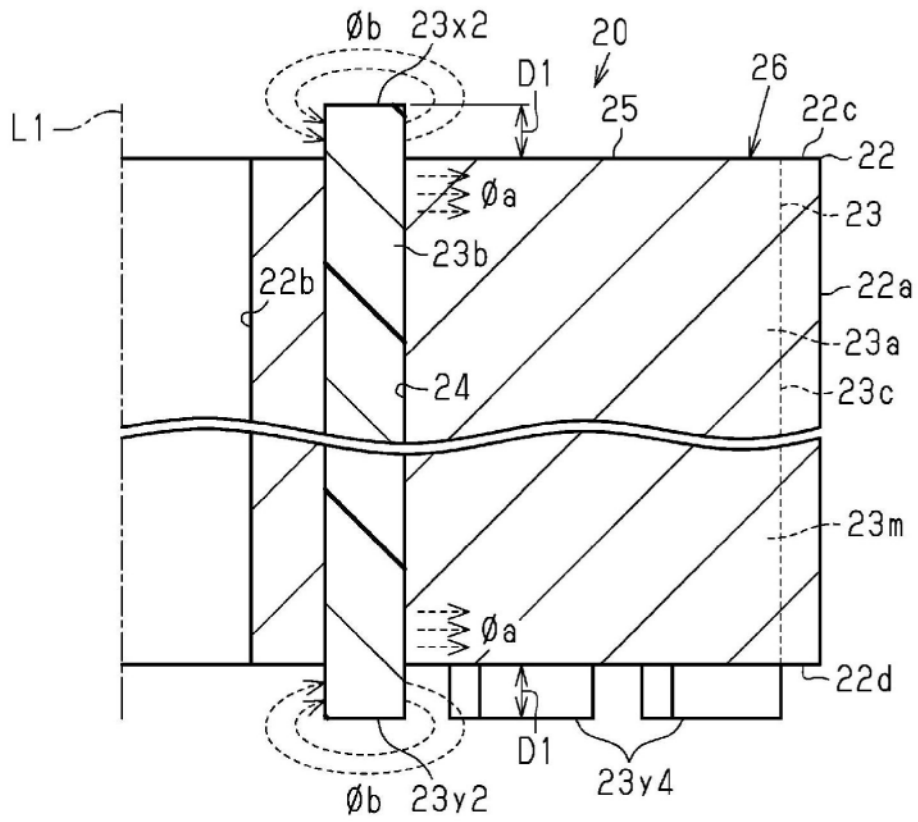


图17

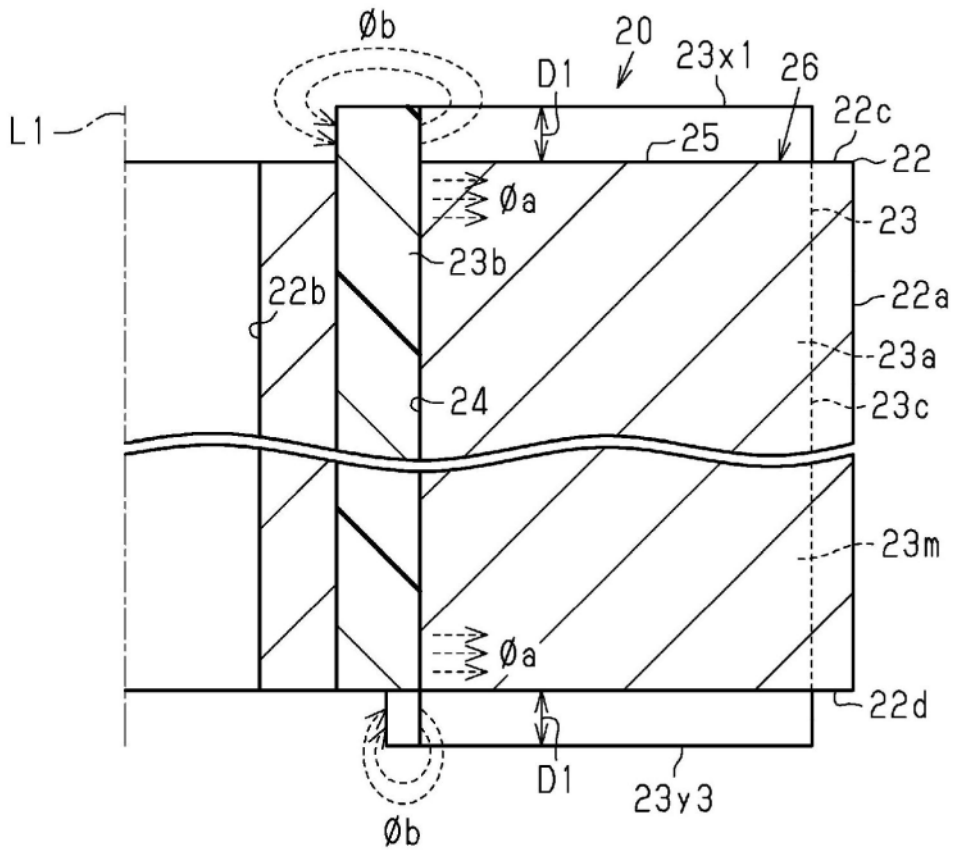


图18

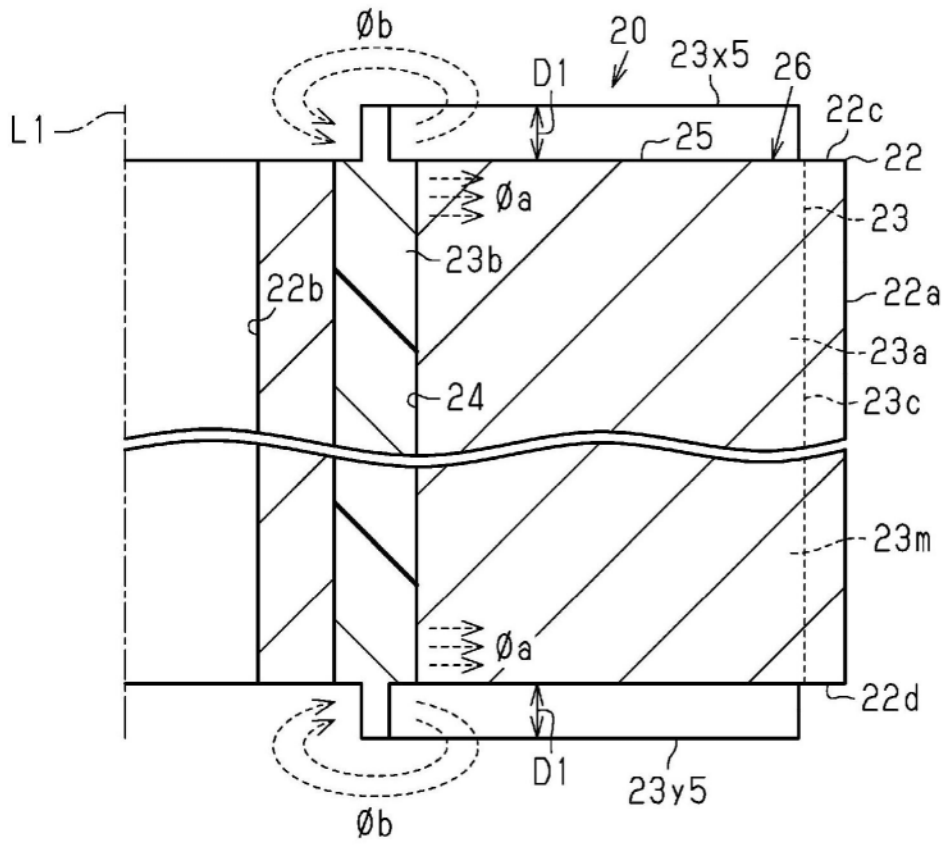


图20

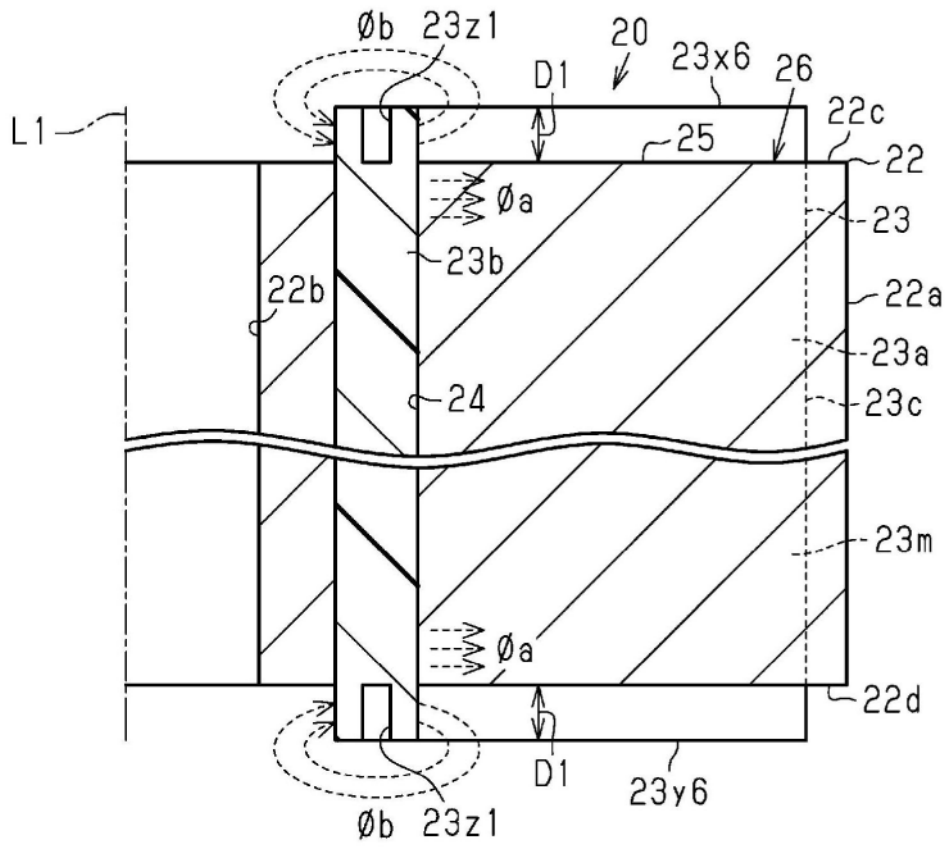


图21

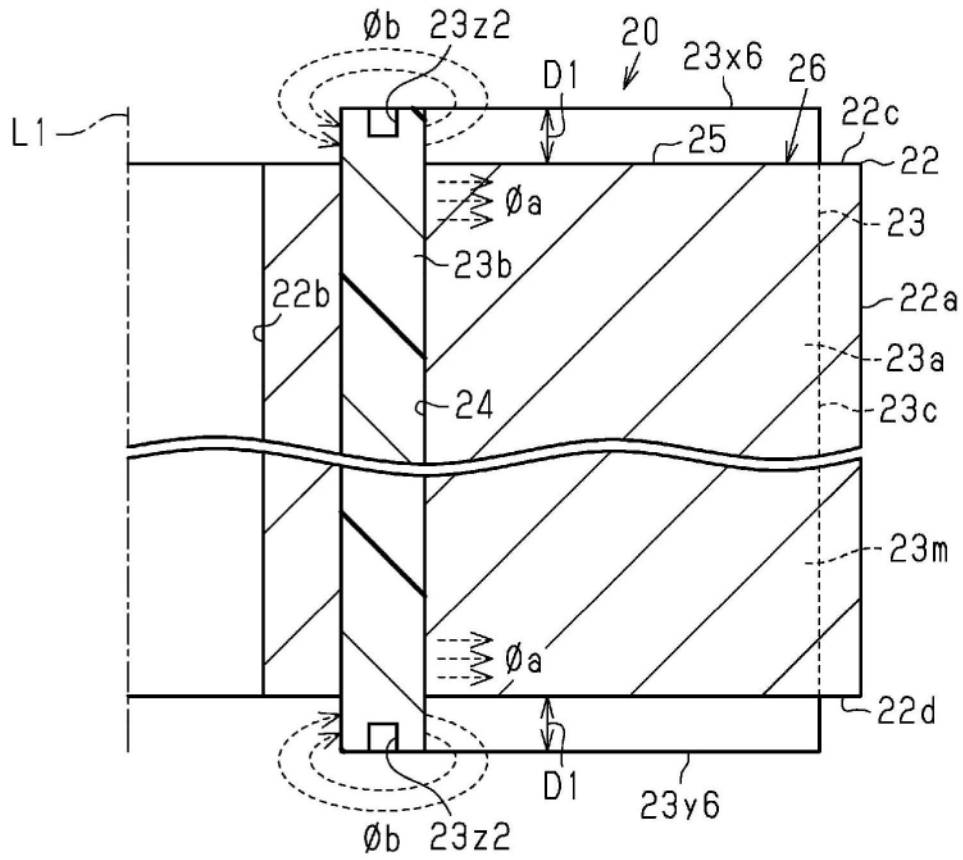


图22

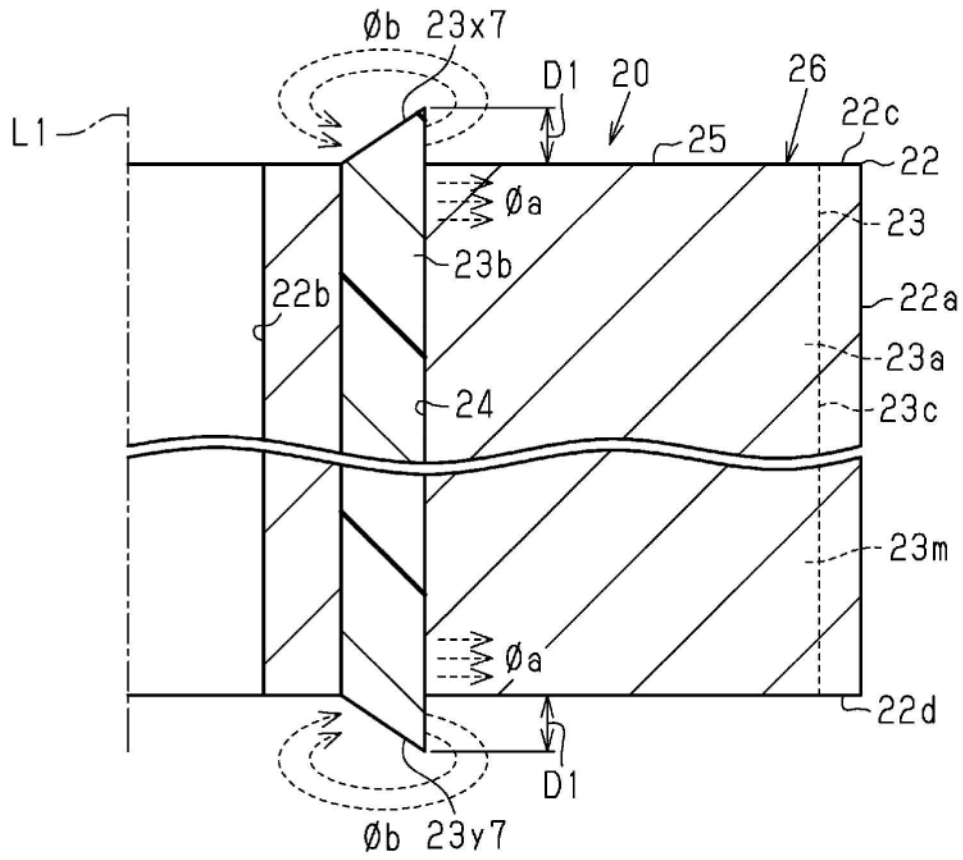


图23

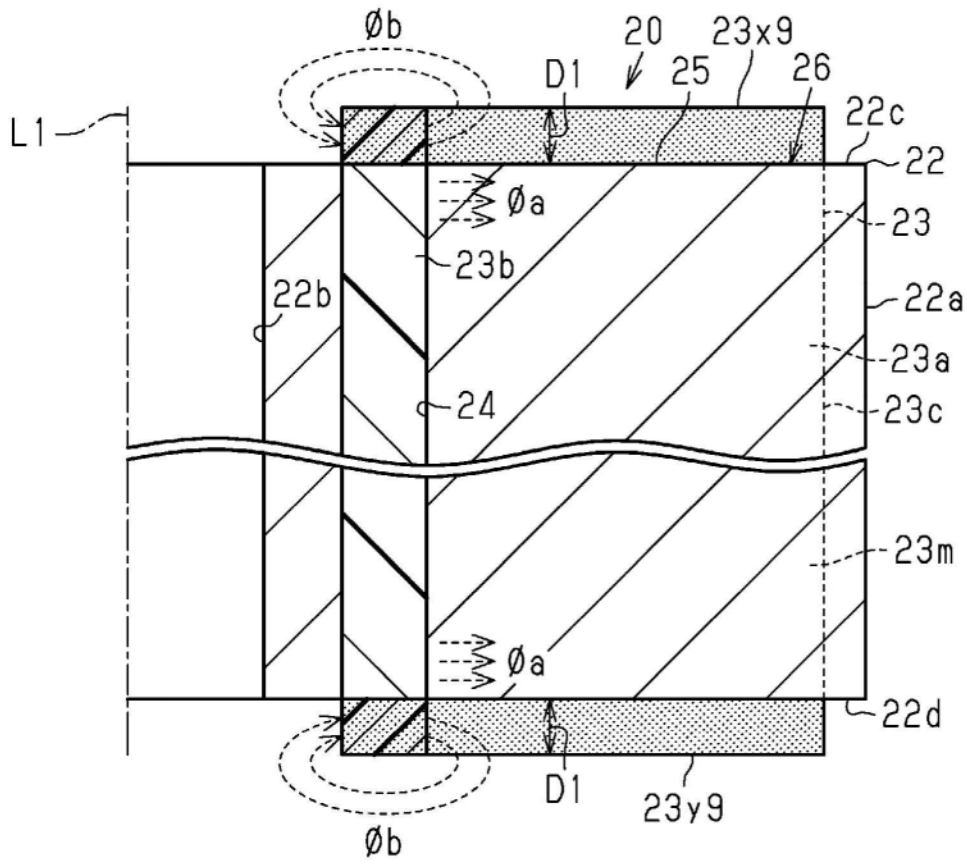


图25

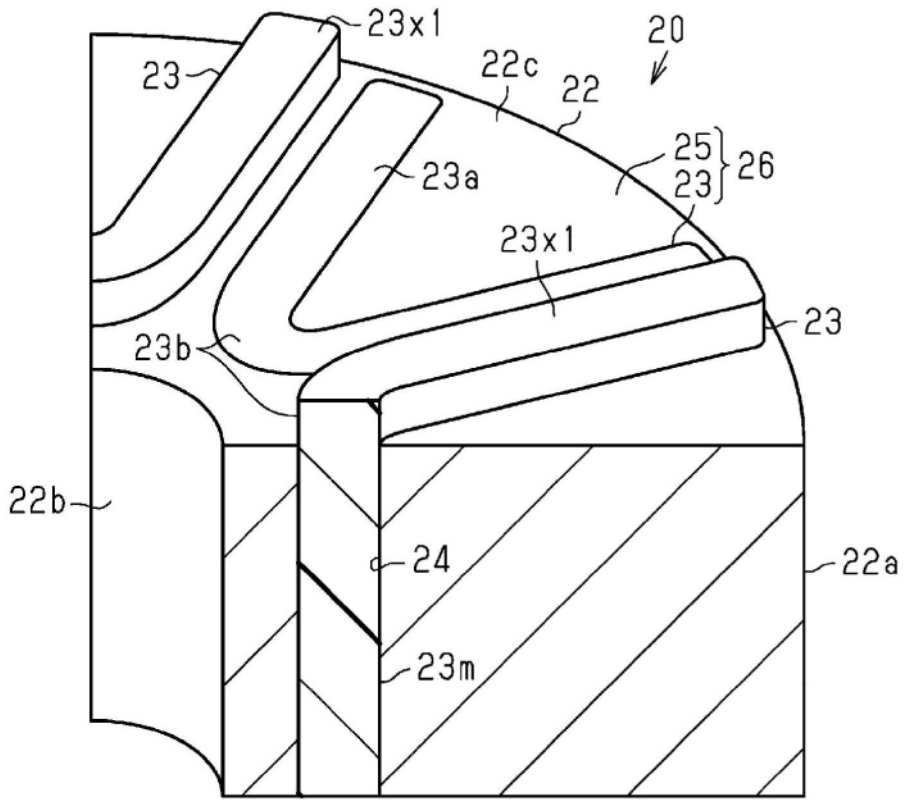


图26

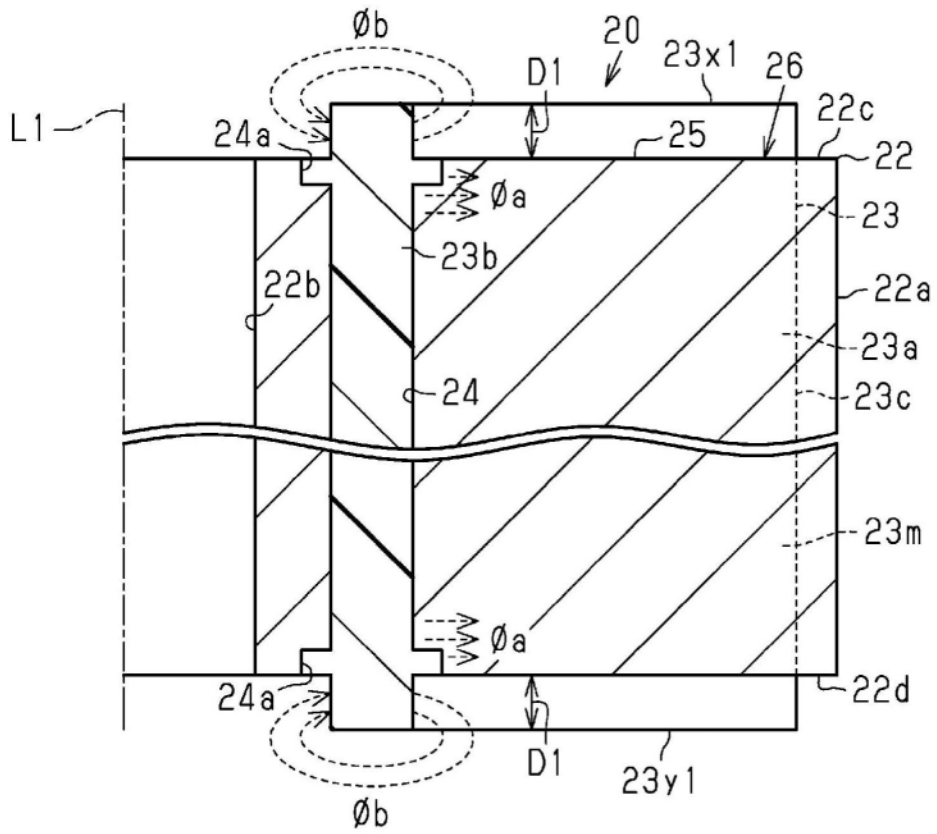


图27

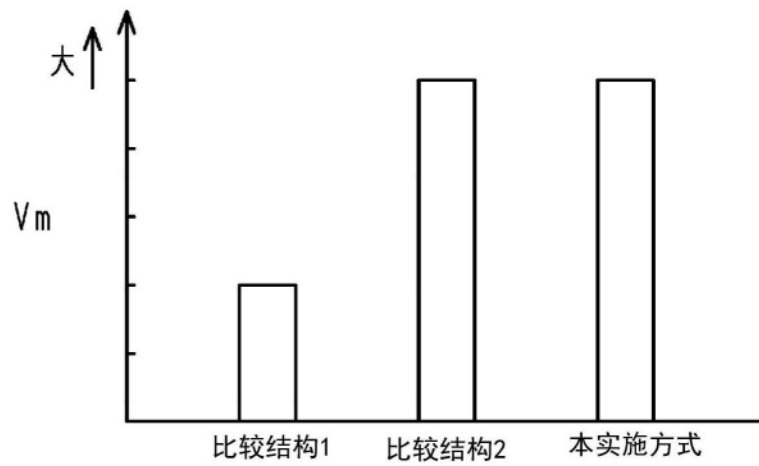


图28

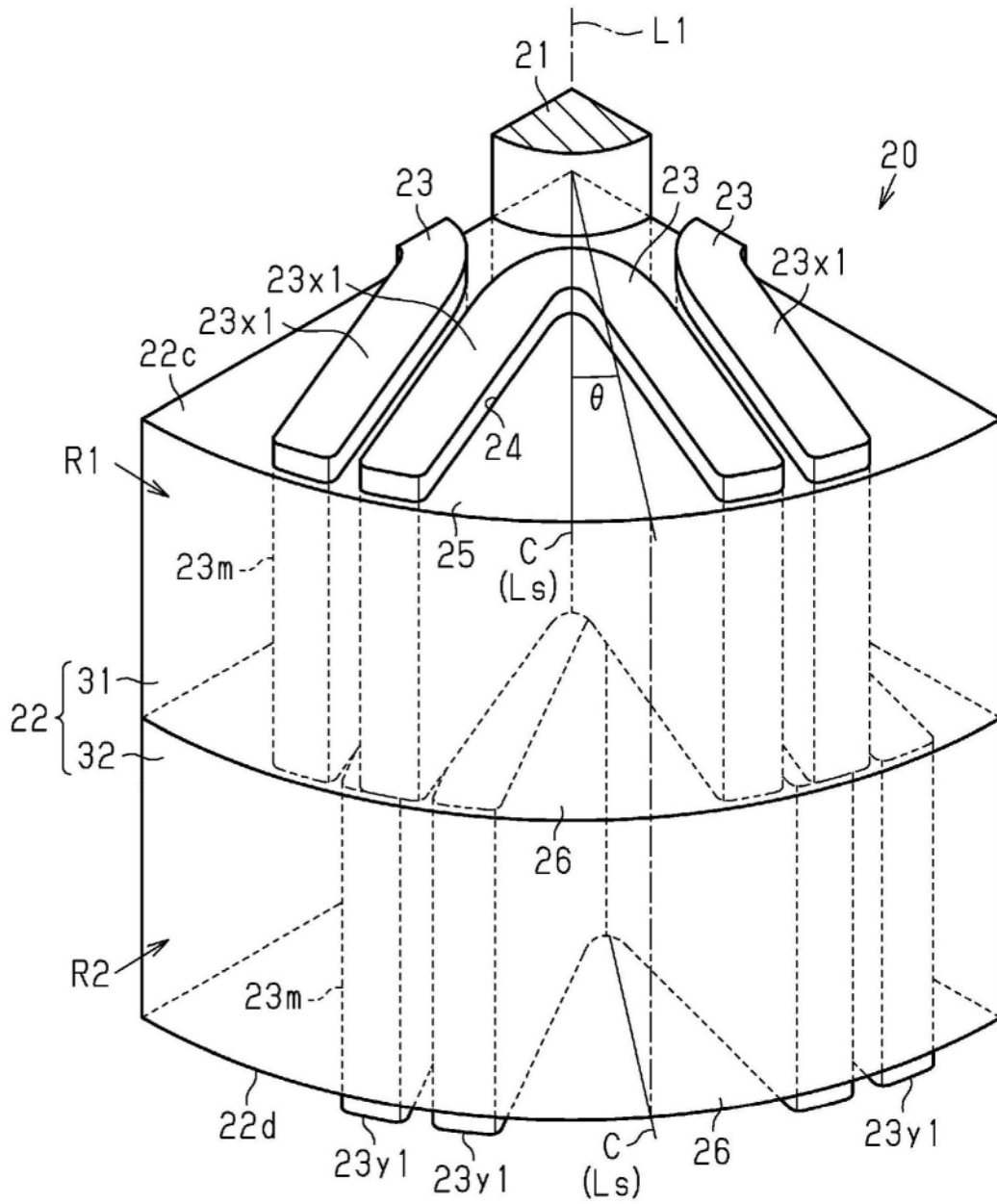


图29

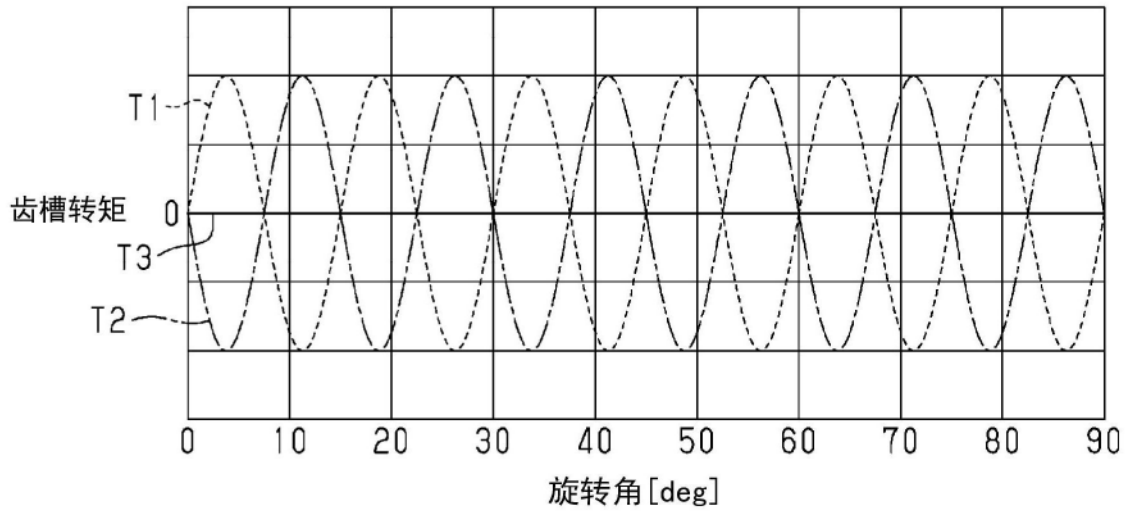


图30