



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118216076 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 18

(21) 申请号 202180104106.4

(22) 申请日 2021.11.18

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.05.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/042377 2021.11.18

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/089721 JA 2023.05.25

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本
申请人 国立大学法人大阪大学

(72) 发明人 米谷晴之 宫武亮治 山本笃史
新口昇 平田胜弘 铃木宽典
伊东拓哉

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 于丽

(51) Int. Cl.
H02K 16/02 (2006.01)
H02K 21/14 (2006.01)

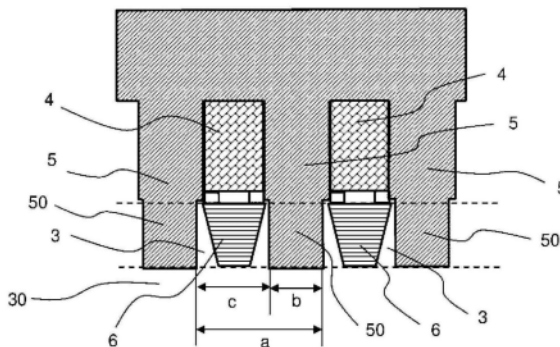
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

永磁式旋转电机

(57) 摘要

一种永磁体旋转电机,具备定子(1)、第1转子(10)和第2转子(20),其中,该定子(1)具备:定子铁芯(2),在周向上具备多个定子齿(5);定子线圈(4),配置于在定子齿(5)之间形成的多个定子槽(3)各自的底部侧且集中缠绕于定子齿(5);以及定子磁体(6),配置于多个定子槽(3)各自的开口侧,该第1转子(10)具有多个磁极片(11),与定子磁体(6)对置而与定子(1)同轴地设置,该第2转子(20)具有多个永磁体,与第1转子(10)对置而与第1转子(10)同轴地设置,其中,位于相邻的2个定子磁体之间的定子齿(50)的周向宽度比定子槽(3)的周向宽度窄。



1. 一种永磁式旋转电机, 具备:

定子, 该定子具备: 定子铁芯, 在周向上具备多个定子齿; 定子线圈, 配置于在所述定子齿之间形成的多个定子槽各自的底部侧且集中缠绕于所述定子齿; 以及定子磁体, 配置于多个所述定子槽各自的开口侧且在径向上具有相同极性;

第1转子, 具有多个磁极片, 该第1转子与所述定子磁体对置而与所述定子同轴地设置; 以及

第2转子, 具有多个永磁体, 该第2转子与所述第1转子对置而与所述第1转子同轴地设置,

在该永磁式旋转电机中,

位于在多个所述定子槽当中相邻的定子槽配置的所述定子磁体之间的所述定子齿的周向宽度比所述定子槽的周向宽度窄。

2. 一种永磁式旋转电机, 具备:

定子, 该定子具备: 定子铁芯, 在周向上具备多个定子齿; 定子线圈, 配置于在所述定子齿之间形成的多个定子槽各自的底部侧且集中缠绕于所述定子齿; 以及定子磁体, 配置于多个所述定子槽各自的开口侧且在径向上具有相同极性;

第1转子, 具有多个磁极片, 该第1转子与所述定子磁体对置而与所述定子同轴地设置; 以及

第2转子, 具有多个永磁体, 该第2转子与所述第1转子对置而与所述第1转子同轴地设置,

在该永磁式旋转电机中,

在面向所述第1转子的位置, 所述定子齿的周向宽度比所述定子槽的周向宽度窄, 位于在多个所述定子槽当中相邻的定子槽配置的所述定子磁体之间的所述定子齿的周向宽度向着内周侧逐步减小。

3. 根据权利要求2所述的永磁式旋转电机, 其中,

位于所述定子磁体之间的所述定子齿在最外侧的周向宽度比所述定子槽在相同径向位置的周向宽度窄。

4. 根据权利要求1至3中任意1项所述的永磁式旋转电机, 其中,

所述定子磁体的周向宽度向着内周侧逐步减小。

5. 根据权利要求1至4中任意1项所述的永磁式旋转电机, 其中,

所述定子的定子槽数 N_S 、所述第1转子的磁极片的数量 N_L 、所述第2转子的极对数 N_H 为 $N_L = N_S + N_H$ 。

永磁式旋转电机

技术领域

[0001] 本申请涉及永磁式旋转电机。

背景技术

[0002] 有一种能够在定子与转子不接触的状态下变更转子的转速的旋转电机。例如,专利文献1中公开了这样的作为磁波动齿轮装置的旋转电机。专利文献1中公开的磁波动齿轮装置具备定子、低速旋转的第1转子以及根据变速比高速地旋转的第2转子。定子、第1转子及第2转子以旋转轴为中心依次从外周侧配置。定子包括定子线圈。定子线圈是用于输出发电产生的电力的线圈,或者是用于控制产生的转矩的线圈。

[0003] 根据专利文献1中公开的磁波动齿轮装置,在第1转子及第2转子不与定子接触的状态下第2转子的速度可以改变,因此不需要机械式变速器,能够减轻用于应对机械性磨损等的维护负担。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2016-135014号公报

[0007] 专利文献2:国际公开第2020-174936号

发明内容

[0008] 发明所要解决的技术课题

[0009] 专利文献1中公开的旋转电机在定子上具有多个定子槽,在各定子槽容纳有定子线圈和定子磁体(永磁体)。定子磁体在各定子槽中沿相同方向被磁化。在定子的内周侧配置有将多个磁极片沿周向排列而成的第1转子,在该第1转子的内周侧配置有具有永磁体的第2转子。当将定子的定子槽数(=定子齿数)设为 N_s 、将第1转子的磁极片的数量设为 N_L 、将第2转子的极对数设为 N_H 时,以下数学式的关系成立。

[0010]
$$N_L = N_s + N_H$$

[0011] 此时,第2转子以第1转子的 N_L/N_H 倍的速度旋转。

[0012] 然而,在专利文献1中公开的旋转电机中,定子线圈以分布缠绕方式缠绕于定子。当以分布缠绕方式缠绕而成的定子线圈的容量变大而定子的直径变大时,定子线圈的工作性(workability)降低。因此,在旋转电机的容量变大的情况下,定子线圈的工作性降低。另一方面,在以集中缠绕方式缠绕而成的定子线圈的情况下,即使容量变大,定子线圈的工作性降低也被抑制。因此,为了抑制定子线圈的工作性降低,优选的是旋转电机的定子线圈以集中缠绕方式缠绕。

[0013] 在专利文献1中公开的使旋转电机作为发电机而工作的情况下,当通过外部动力使第1转子旋转时,定子磁体的磁力以及由第2转子的磁体产生的磁力被第1转子的多个磁极片调制,使第2转子增速旋转。从该增速的第2转子的永磁体产生的磁力与定子线圈交链,从而在定子线圈感应出发电电力。即,通过使第2转子的转速变高、或者使从第2转子到定子

的空隙变窄来使第2转子的永磁体的磁力更多地与定子线圈交链,从而感应电压增加且发电电力增加。

[0014] 通过利用外部动力使第1转子旋转从而产生输入。即第1转子的转速 \times 作用于第1转子的转矩。由定子磁体产生的磁力和由第2转子的永磁体产生的磁力被第1转子的磁极片调制,从而在第1转子产生转矩,因此为了获得需要的输出,需要使在该第1转子产生的转矩为根据转速而定的预定值。即,通过增大在第1转子产生的转矩,能够实现大容量化。

[0015] 通常,当考虑兆瓦级大容量发电机时,清楚的是,装置尺寸或永磁体的使用量不是受到感应电动势(以后称为感应电压)的影响,而是受到在第1转子产生的转矩大小的影响较大,其中该感应电动势与从第2转子产生的与上述定子线圈交链的交链磁通及第2转子的转速成比例。即,即便使感应电压增加,但如果转矩减小,则装置尺寸或永磁体的使用量也会增大。

[0016] 专利文献2所示的磁齿轮传动马达的结构与专利文献1相同,但将容纳于定子槽中的定子磁体沿周向左右分半并使磁化方向为相反方向。通过这种方式,与针对每个槽沿相同方向磁化的情况相比,能够使定子磁体形成的极对数 N_p 取值更大,通过恰当构成第1转子的磁极片数,增减速比变大,当作为发电机来使用时,感应电压变大。然而,与使定子磁体的体积相等的使各槽的定子磁体沿相同方向磁化的结构相比,从1个定子磁体产生的磁力减少,因此存在转矩减小的问题。

[0017] 本申请是为了解决上述那样的问题而做出的,目的在于在以集中缠绕方式构成定子线圈、将定子磁体在各槽中沿相同方向磁化的永磁式旋转电机中,使产生转矩提高。

[0018] 用于解决技术课题的技术方案

[0019] 本申请所公开的永磁式旋转电机具备:定子、第1转子和第2转子,其中,所述定子具备:定子铁芯,在周向上具备多个定子齿;定子线圈,配置于在所述定子齿之间形成的多个定子槽各自的底部侧且集中缠绕于所述定子齿;以及定子磁体,配置于多个所述定子槽各自的开口侧且在径向上具有相同极性,所述第1转子具有多个磁极片,该第1转子与所述定子磁体对置而与所述定子同轴地设置,所述第2转子具有多个永磁体,该第2转子与所述第1转子对置而与所述第1转子同轴地设置,在该永磁式旋转电机中,位于在多个所述定子槽当中相邻的定子槽配置的所述定子磁体之间的所述定子齿的周向宽度比所述定子槽的周向宽度窄。

[0020] 发明效果

[0021] 根据本申请,在以集中缠绕方式构成定子线圈、将定子磁体在各槽中沿相同方向磁化的永磁式旋转电机中,能够使产生转矩提高。

附图说明

[0022] 图1为示出本申请公开的永磁式旋转电机整体的基本结构的剖视图。

[0023] 图2为示出实施方式1的永磁式旋转电机的定子齿附近的截面的放大概念图。

[0024] 图3为示意性示出从实施方式1的永磁式旋转电机的定子磁体产生的磁通的剖视图。

[0025] 图4为示出实施方式1的永磁式旋转电机的定子磁体产生的磁通的解析结果的图。

[0026] 图5为示出对实施方式1的永磁式旋转电机的转矩进行解析的结果的曲线图。

- [0027] 图6为示出实施方式2的永磁式旋转电机的定子齿附近的截面的放大概念图。
- [0028] 图7为示意性示出从实施方式2的永磁式旋转电机的定子磁体产生的磁通的剖视图。
- [0029] 图8为示出对实施方式2的永磁式旋转电机的转矩进行解析的结果的曲线图。
- [0030] 图9为示出对实施方式2的其它结构的永磁式旋转电机的转矩进行解析的结果的曲线图。
- [0031] 附图标记
- [0032] 1:定子;2:定子铁芯;3:定子槽;4:定子线圈;5:定子齿;6:定子磁体;10:第1转子;11:磁极片;20:第2转子;21:第2转子磁体(永磁体);50:位于相邻的定子磁体之间的定子齿。

具体实施方式

[0033] 实施方式1.

[0034] 图1为示出本申请公开的永磁式旋转电机的基本结构的剖视图。使用图1,首先对使用该永磁式旋转电机作为发电机时的工作进行说明。此外,在本申请中作为旋转电机以发电机为例进行说明,但也能够适用于作为电动机使用的情况。

[0035] 在图1中,在定子1的定子铁芯2有多个定子槽3,在该定子槽3中容纳有定子线圈4。该定子线圈4集中地缠绕于定子齿5。在定子槽3容纳有作为永磁体的定子磁体6,该定子磁体6以全部在径向上成为相同极性的极的方式被磁化。因此,如果将定子磁体6设为N极,则定子齿5为S极,形成与定子槽3的数量相同数量的极对数 N_s 。

[0036] 与上述定子1隔开空隙有第1转子10,第1转子10形成在周向上排列有多个磁极片11的结构。将磁极片的数量设为 N_L 。与第1转子10隔开空隙存在第2转子20。该第2转子20具有第2转子磁体(永磁体)21,形成极对数 N_H (极数为 $2N_H$)。

[0037] 此时,如果

$$[0038] \quad N_L = N_s + N_H \quad (1)$$

[0039] 成立,则由于定子磁体6与第2转子磁体21的磁力的相互作用,在第1转子10产生转矩,通过利用外部动力使第1转子10对抗于该转矩而旋转,能够在第1转子10得到输入。

[0040] 如果对抗于第1转子10的输入而使定子电流流过定子线圈4以使第2转子20自由运行(free-run),则第2转子20以第1转子10的 N_L/N_H 倍的转速旋转。像这样,由于第2转子20以第1转子10的 N_L/N_H 倍的转速旋转,本申请公开的永磁式旋转电机被称为具有磁变速机构的永磁式旋转电机。当第2转子20以第1转子10的 N_L/N_H 倍速旋转时,从第2转子磁体21产生的磁通与定子线圈4交链,由此能够使定子线圈4产生感应电动势,如果将其连接于负载,则能够使发电电力从定子线圈4输出。

[0041] 可见,为了在该具有磁变速机构的永磁式旋转电机中使发电电力的输出增加,需要使无负载时在定子线圈4产生的感应电压增大。可见,为了使在定子线圈4产生的感应电压增大,使从第2转子磁体21产生并与定子线圈4交链的磁通量增大的方法和使与定子线圈4交链的磁通的频率变高是有效的。前者可以考虑使第2转子的磁体使用量增大、将第2转子20与定子1之间的空隙(隔着第1转子10存在第1空隙30和第2空隙40这两处)缩小等方法。关于后者,可以考虑以使增速比(N_L/N_H)变大的方式进行设计。

[0042] 但是,在这样的具有磁变速机构的永磁式旋转电机中,为了使输出增大,需要使输入、即在第1转子10产生的转矩增大。在第1转子10产生的转矩与定子线圈4的电流几乎无关,而是取决于定子磁体6的磁通和第2转子磁体21的磁通与第1转子10的磁极片11的相互作用而产生。因而,这样的永磁式旋转电机为了得到输出而所需的旋转电机的装置尺寸或者使用的永磁体量受到感应电压大小和转矩大小这两者的影响而决定。当然,毋庸赘言,旋转电机的装置尺寸越小越好,从地球环保的方面而言使用的永磁体量也是越少越好。

[0043] 在本申请公开的具有磁变速机构的永磁式旋转电机中,当假设输出为兆瓦级的大容量时,则明确了旋转电机的装置尺寸或者使用的永磁体量很大程度依赖于转矩大小更甚于感应电压。即,通过增大转矩,能够将本申请的旋转电机的装置尺寸缩小,能够减低使用的永磁体量。

[0044] 实施方式1.

[0045] 图2为示出实施方式1的永磁式旋转电机的定子齿附近的截面的放大概念图。图2中示出了包括2个定子槽3的部分。定子线圈4容纳于定子槽3中且集中缠绕于定子齿5。在定子槽3容纳有定子磁体6,该定子磁体6以在各槽中全部在径向上成为相同极性的极的方式被磁化。定子磁体6配置于比定子线圈4靠第1空隙30这侧的定子槽3内。以下将说明对与配置有该定子磁体6的部分对应的定子齿5的部分、即如图2所示位于在相邻的定子槽3配置的各个定子磁体6之间(位于相邻的定子磁体6之间)的定子齿50进行研究的结果。

[0046] 如图2所示,将位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50的周向宽度设为 b ,将定子齿5的在面向第1空隙30的部分、即空隙面的间距设为 a ,将定子槽3的周向宽度设为 c 。此外,关于本实施方式1中位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50的周向宽度,在相邻的定子磁体6之间的部分整体上为相同宽度。当设定子齿宽度与定子齿间距的比例为 $b/a \times 100[\%]$ 时,在本实施方式1中将 $b/a \times 100[\%]$ 设为50%以下,即位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50的周向宽度被设定为比定子槽的周向宽度 c 窄的宽度。

[0047] 图3为示意性示出从沿直线箭头的方向被磁化的定子磁体6产生的磁通的图。从定子磁体6产生的磁通在经过第1空隙30到达第1转子10的磁极片11时成为贡献于转矩的有效磁通。但是,从定子磁体6产生的磁通实际上如图中细曲线箭头所示,穿过周向上邻接的部分而到达定子齿5,成为无助于转矩的漏磁通。另外,在第1空隙30中也是,从定子磁体6产生的磁通如粗曲线箭头所示在到达第1转子10的磁极片11之前泄露到定子齿5。

[0048] 在本申请这样的具有磁变速机构的永磁式旋转电机中,由于第1转子10为具有多个磁极片11的构造体,因此与通常的永磁式旋转电机相比,定子磁体6的磁导系数趋于变低。即,存在从定子磁体6产生的磁通通过图3中图示的路径相当多地泄露到定子齿5的问题。据此转矩减小。可见,为了减低该漏磁通,优选的是将位于定子磁体6之间的定子齿50与定子磁体6的距离扩宽。

[0049] 图4中示出来自定子磁体6的在第1转子10的第1空隙30表面的磁通密度关于空隙面的定子齿宽度/定子齿间距的电磁场解析结果。图4示出对定子磁体的磁通的基波分量进行解析的结果,基波分量的磁通越大则贡献于转矩的有效磁通越大。根据图4可知,即使是相同的磁体量,定子齿5的宽度较窄时,贡献于转矩的有效磁通增加。

[0050] 图5中示出转矩关于定子齿5的在空隙面的定子齿宽度/定子齿间距的电磁场解析结果。图5示出了将定子齿宽度/定子齿间距为50%时的转矩设为100%、定子磁体6相同而

使定子齿宽度变化来进行解析的结果。根据该图可知,位于定子磁体6之间的定子齿50的宽度较窄时,转矩提高。即,通过使位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50的宽度窄于定子槽3的周向宽度,能够在相同的永磁体使用量以及相同装置尺寸下提高转矩,能够有助于设备的小型化。

[0051] 实施方式2.

[0052] 图6为示出实施方式2的永磁式旋转电机的定子齿附近的截面的放大概念图。定子线圈4容纳于定子槽3中且集中缠绕于定子齿5。在定子槽3容纳有定子磁体6,该定子磁体6以在各槽中全部在径向上成为相同极性的极的方式被磁化。定子磁体6配置于比定子线圈4靠第1空隙30这侧的槽内。

[0053] 在位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50之间,定子槽3的宽度向着空隙侧逐渐变宽,至少在空隙面,定子齿宽度比槽开口部的宽度窄。但优选的是,在位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50的最外周侧、即靠近定子槽3的底这侧的周向宽度比定子槽3的在相同径向位置的宽度窄。

[0054] 根据实施方式1的说明可知,通过使定子齿宽度比定子槽宽度窄,从而转矩提高。如图7所示,从定子磁体产生的磁通穿过位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50,与来自第2转子磁体21的磁通(主磁通)叠加。因此存在如下问题:位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50容易产生磁饱和,定子齿宽度越窄(定子槽宽度越宽),则来自第2转子20的磁通与定子线圈4交链而得到的感应电压由于定子齿5的磁饱和而越减小。

[0055] 作为缓解位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50中的磁饱和并且减低来自定子磁体6的漏磁通的结构,通过使位于相邻的定子磁体6之间的定子齿50的宽度向着空隙逐渐变窄,能够使定子齿5的在定子磁体6的与空隙相反的一侧(靠近定子线圈4这侧)的截面积变大,因此能够缓解磁饱和。因而,能够在缓解感应电压的减小的同时减低漏磁通,从而能够使转矩增大。

[0056] 图8中示出定子齿50的宽度为向着内周侧逐步减小的形状时的电磁场解析结果。图8示出了在将位于相邻的定子磁体之间的定子齿50当中最靠定子线圈4这侧的位置的定子齿宽度固定为定子齿间距的44.5%、定子磁体6相同而使空隙面的定子齿宽度变化时的转矩。在图8中,在位于相邻的定子磁体之间的定子齿50的宽度沿径向整体为定子齿间距的44.5%时的转矩被示为100%。根据该图可知,在极力缓解由定子齿的磁饱和造成的影响的同时转矩提高。即,可知在位于相邻的定子磁体之间的定子齿50之间,使定子槽宽度向着空隙面逐渐扩宽从而转矩提高,能够削减永磁体的使用量并且缩小装置尺寸。

[0057] 优选的是,位于定子磁体之间的定子齿50的最靠定子线圈4这侧(最外周侧)的周向宽度比相同径向位置的定子槽的周向宽度窄、即小于定子齿间距的50%,但不限于此。图9中示出如下情况的转矩的电磁场解析结果:其中在定子齿50的宽度为向着内周侧逐步减小的形状时,将位于相邻的定子磁体之间的定子齿50当中最靠定子线圈4这侧的位置的定子齿宽度固定为定子齿间距的57.7%,定子磁体6相同而使空隙面的定子齿宽度变化。在图9中,位于相邻的定子磁体之间的定子齿50的宽度沿径向整体为定子齿间距的57.7%时的转矩被示为100%。根据该图可知,即使在相邻的定子磁体之间的位置当中最靠定子线圈4这侧的位置的定子齿的周向宽度为定子齿间距的50%以上(即,在位于定子磁体之间的定子齿50的最靠定子线圈4这侧的周向宽度比相同径向位置的定子槽的周向宽度宽的情况

下)也实现同样的效果。

[0058] 实施方式3.

[0059] 如图2及图6所示,通过将定子磁体6的宽度构成为向着空隙侧而与定子齿远离、即使定子磁体6的形状成为周向宽度向着内周侧逐步减小的形状,能够进一步扩宽定子磁体6与位于相邻的定子磁体之间的定子齿50的距离,转矩提高。

[0060] 本申请中记载了各种例示性实施方式及实施例,但1个或多个实施方式中记载的各种特征、方案及功能不限于特定实施方式中的应用,而能够单独或以各种组合的方式应用于实施方式中。因此,在本申请说明书所公开的技术范围内设想未例示的无数变形例。例如,包括将至少1个构成要素变形的情况、追加的情况或省略的情况,还包括将至少1个构成要素提取并与其它实施方式的构成要素组合的情况。

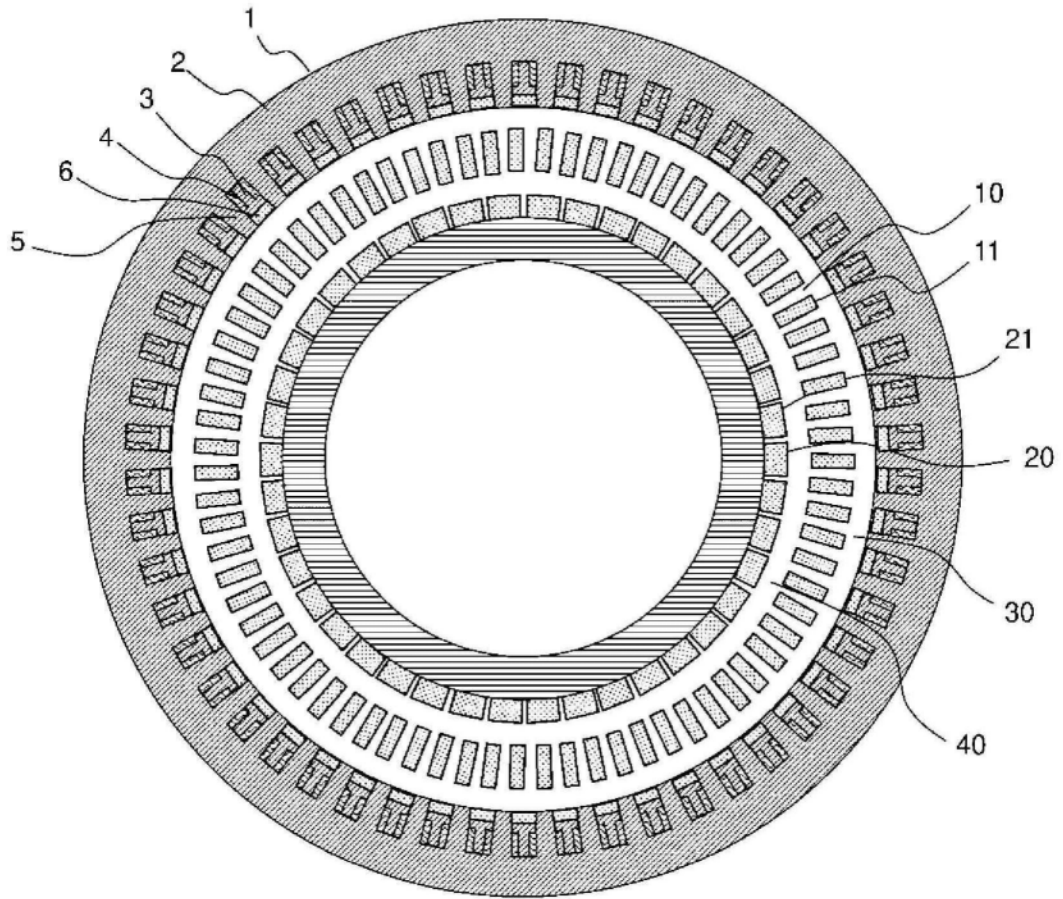


图1

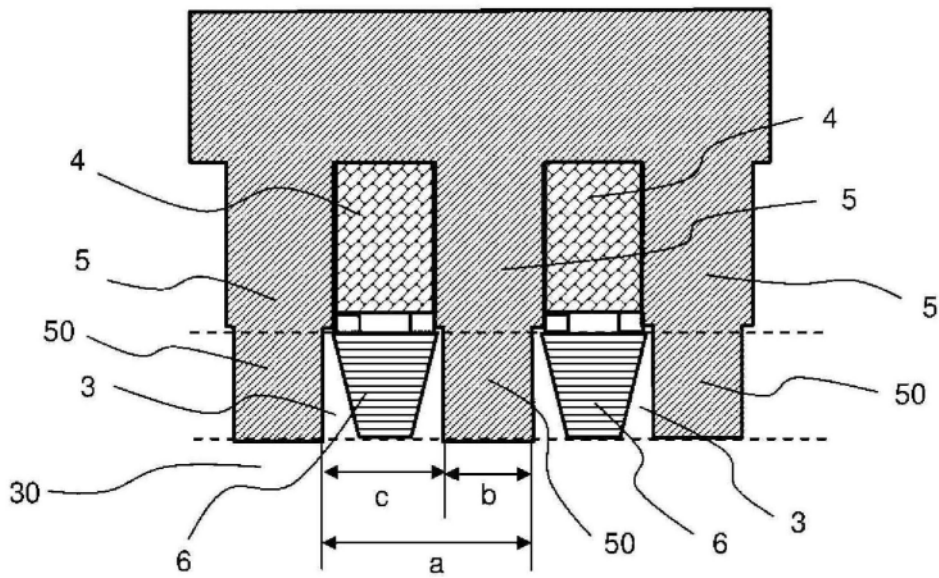


图2

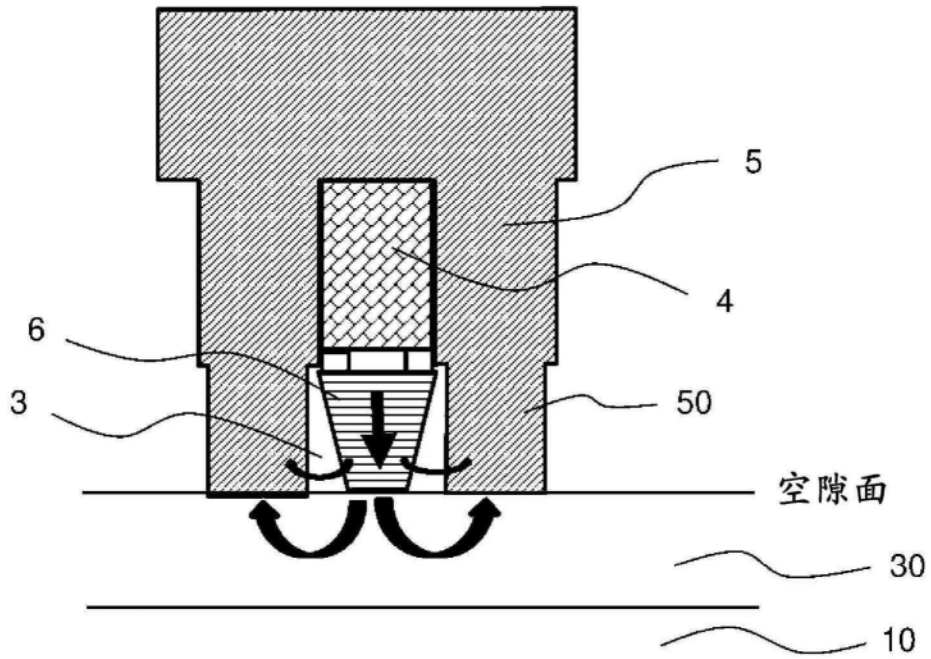


图3

定子磁体的磁通的基波分量

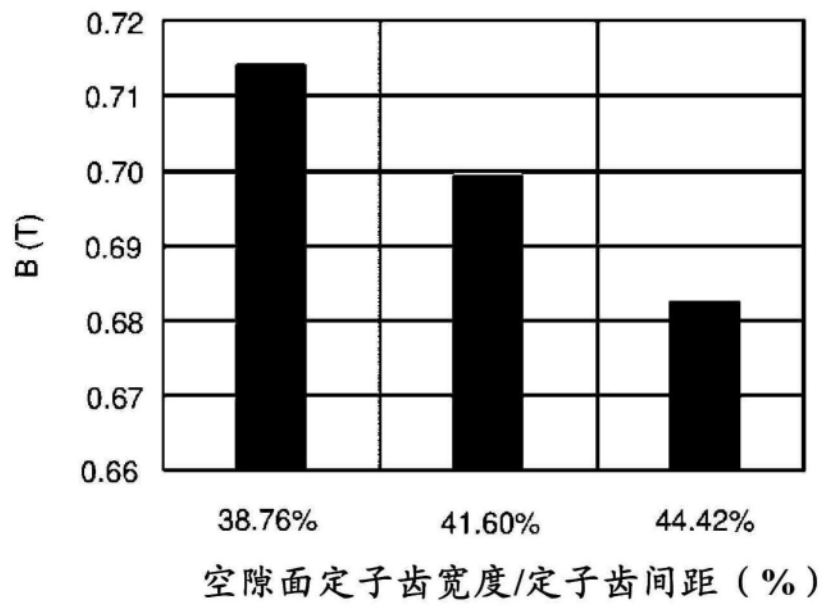


图4

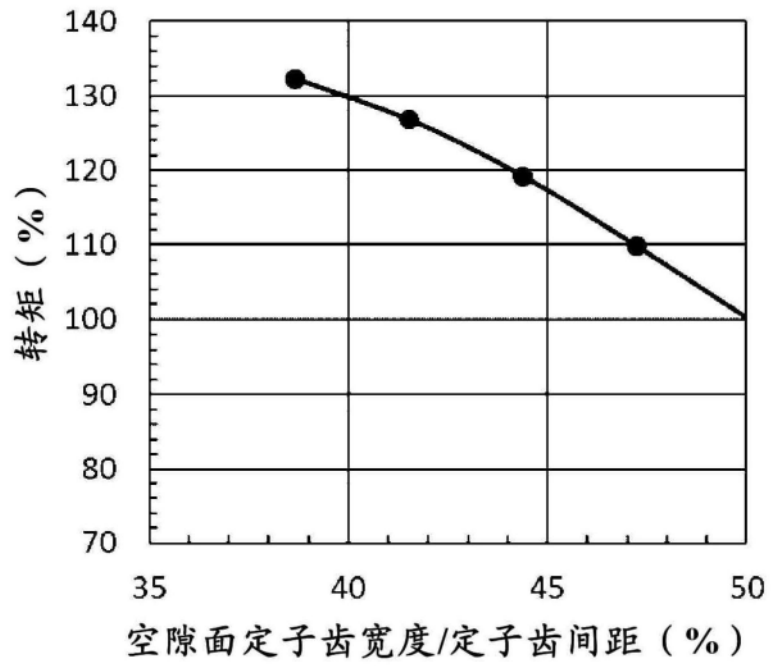


图5

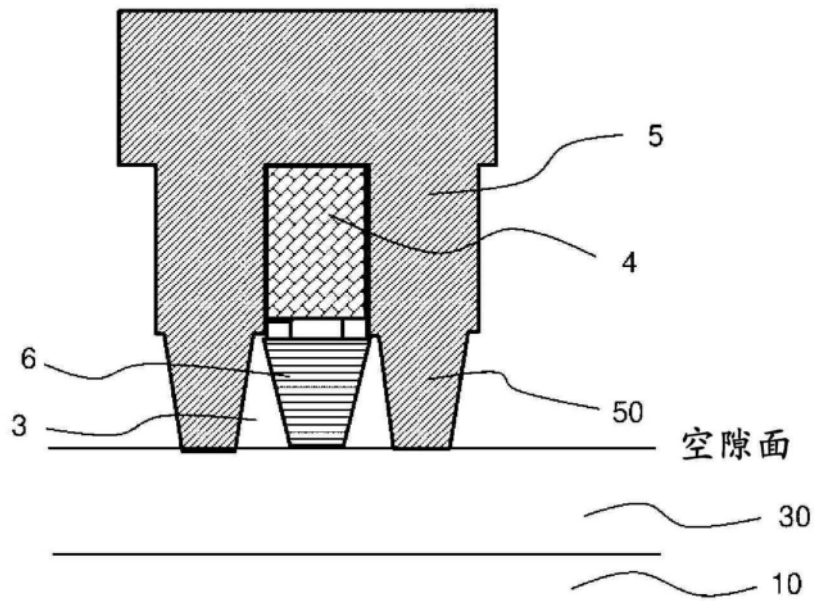


图6

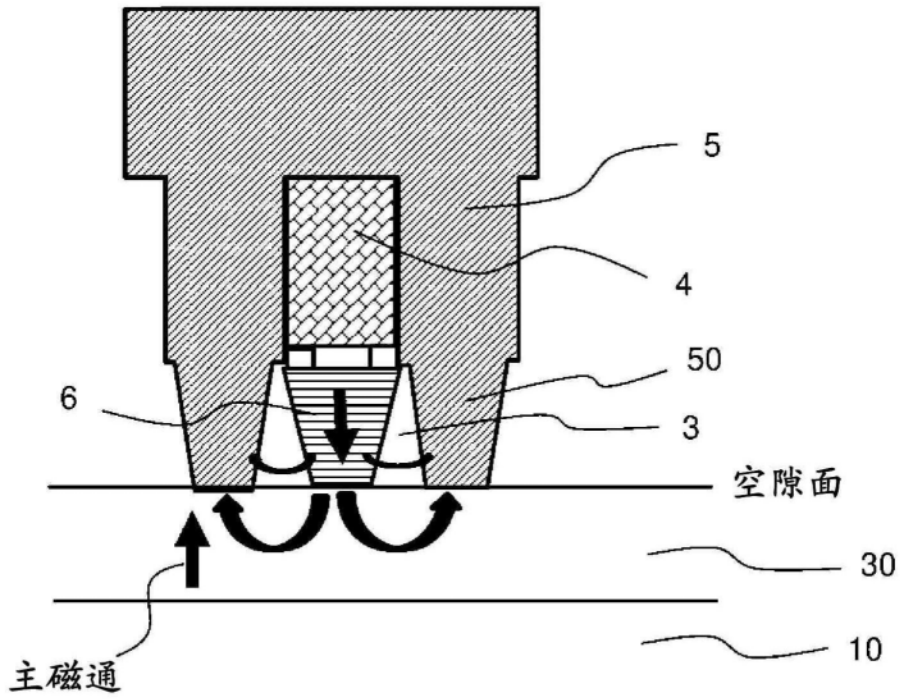


图7

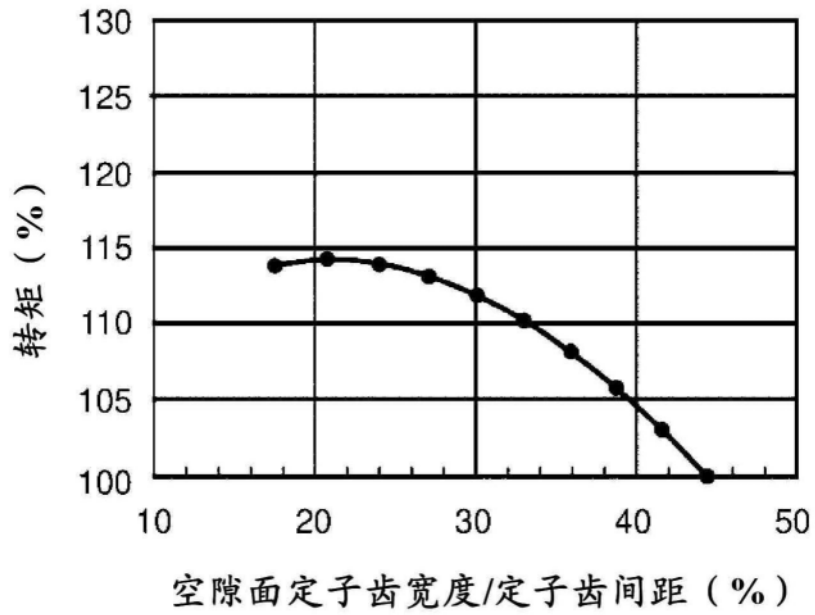


图8

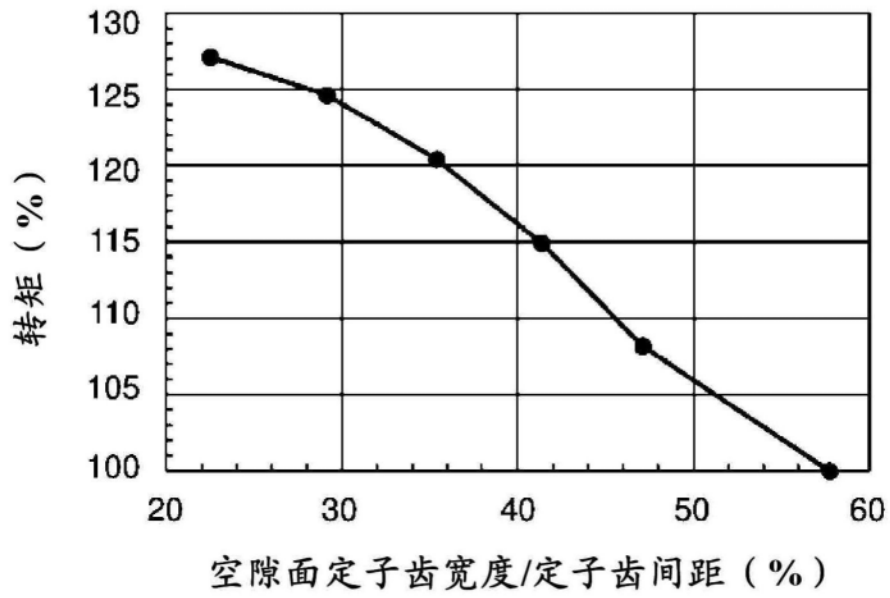


图9