

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910134327.7

[51] Int. Cl.

H02K 7/08 (2006.01)

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 1/12 (2006.01)

H02K 5/16 (2006.01)

H02K 9/19 (2006.01)

F03D 3/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 10 月 14 日

[11] 公开号 CN 101557139A

[22] 申请日 2009.4.10

[21] 申请号 200910134327.7

[30] 优先权

[32] 2008.4.10 [33] EP [31] 08007142.6

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 H·斯蒂斯达尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 范晓斌

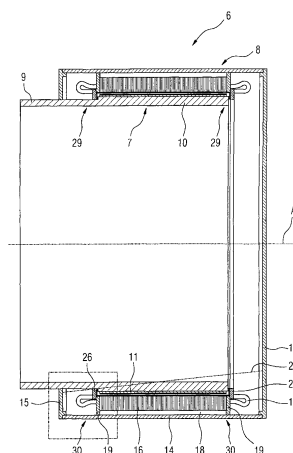
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

发电机和风力涡轮机

[57] 摘要

本发明涉及发电机和风力涡轮机，其中，该发电机包括转子装置和定子装置。转子装置包括圆柱筒或者套筒，该圆柱筒或套筒包围用于产生能量的至少一个转子元件，并相对于发电机的中心轴线具有外部圆柱筒形表面，该外部圆柱筒形表面用作转子装置的轴承表面。定子装置包括圆柱筒或者套筒，该圆柱筒或套筒覆盖用于产生能量的定子元件，并相对于发电机的中心轴线具有内部圆柱筒形表面，该内部圆柱筒形表面用作定子装置的轴承表面。转子装置的轴承表面和定子装置的轴承表面被布置成彼此相对，并具有处于它们之间的基本圆柱筒形的气隙，其中，该气隙包括润滑剂。本发明的风力涡轮机包括这样的发电机。



1. 一种用于风力涡轮机(1)的发电机,包括转子装置(7)和定子装置(8),

所述转子装置(7)包括圆柱筒或套筒(12),所述圆柱筒或套筒包围用于产生能量的至少一个转子元件(11),并相对于所述发电机(6)的中心轴线(A)具有外部圆柱筒形表面(13),所述外部圆柱筒形表面用作所述转子装置(7)的轴承表面(13);

所述定子装置(8)包括圆柱筒(20)或套筒,所述圆柱筒或套筒覆盖用于产生能量的至少一个定子元件(16、17),并相对于所述发电机(6)的中心轴线(A)具有内部圆柱筒形表面(21),所述内部圆柱筒形表面用作所述定子装置(8)的轴承表面(21);

所述转子装置(7)的轴承表面(13)和所述定子装置(8)的轴承表面(21)布置成彼此面对,并且在它们之间有基本圆柱筒形气隙(22),其中,所述气隙(22)包括润滑剂。

2. 根据权利要求1所述的发电机,其特征在于,所述转子元件包括永磁体(11)。

3. 根据权利要求1或2所述的发电机,其特征在于,所述定子元件包括具有至少一个绕组(17)的叠片组(16)。

4. 根据权利要求1至3中任意一项所述的发电机,其特征在于,所述转子装置(7)的圆柱筒或套筒(12)包括非磁性金属轴承材料。

5. 根据权利要求3或4所述的发电机,其特征在于,所述转子装置(7)的圆柱筒或套筒(12)是薄壁抛光的不锈钢圆柱筒或薄壁抛光的不锈钢套筒(12)。

6. 根据权利要求1至5中任意一项所述的发电机,其特征在于,所述定子装置(8)的圆柱筒(20)或套筒包括尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯/特氟隆。

7. 根据权利要求1至6中任意一项所述的发电机,其特征在于,所述定子装置(8)的圆柱筒(20)或套筒包括由尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯/特氟隆制成的多个薄板。

8. 根据权利要求1至7中任意一项所述的发电机,其特征在于,所述转子装置(7)和/或所述定子装置(8)的圆柱筒(20)或套筒(12)

与所述发电机(6)的中心轴线(A)基本同心。

9. 根据权利要求1至8中任意一项所述的发电机, 其特征在于, 所述转子装置(7)有第一和第二顶端, 并在至少一个顶端上包括位于所述气隙(22)附近的轴向作用轴承环(24), 所述轴承环具有径向延伸部。

10. 根据权利要求1至9中任意一项所述的发电机, 其特征在于, 所述定子装置(8)有第一和第二顶端, 并在至少一个顶端上包括位于所述气隙(22)附近的轴向作用轴承环(25), 所述轴承环具有径向延伸部。

11. 根据权利要求10所述的发电机, 其特征在于, 所述转子装置(7)的轴承环(24)和所述定子装置(8)的轴承环(25)布置成彼此面对。

12. 根据权利要求1至11中任意一项所述的发电机, 其特征在于, 所述定子装置(8)的圆柱筒或套筒包括多个段, 所述多个段构成了所述圆柱筒或套筒。

13. 根据权利要求3至12中任意一项所述的发电机, 其特征在于, 所述定子装置(8)包括多个环段, 其中, 各环段被装配至用于所述定子绕组的狭槽的顶端中。

14. 根据权利要求1至13中任意一项所述的发电机, 其特征在于, 所述润滑剂用作冷却介质。

15. 根据权利要求14所述的发电机, 其特征在于, 所述转子装置(7)和/或所述定子装置(8)包括至少一个基本轴向延伸的导管(27、28), 其中, 润滑剂被引导通过所述转子和/或定子装置的该导管(27、28)。

16. 根据权利要求15所述的发电机, 其特征在于, 包括泵送装置, 用于泵送润滑剂通过所述转子和/或定子装置的导管(27、28)。

17. 根据权利要求15或16所述的发电机, 其特征在于, 所述转子和/或定子装置的导管(27、28)和/或泵送装置被连接到用于冷却所述润滑剂的至少一个换热器。

18. 一种风力涡轮机, 包括如权利要求1至17中任意一项所述的发电机(6)。

发电机和风力涡轮机

技术领域

本发明涉及一种用于风力涡轮机的发电机，该发电机包括转子装置和定子装置。本发明还涉及一种包括这样的发电机的风力涡轮机。

背景技术

为了实现相对高的发电机效率，特别是风力涡轮机的发电机的效率，在发电机的转子元件（例如，永磁体）和定子元件（例如，具有绕组的叠片组）之间的气隙应当相对小，即使对于大型发电机（例如，直接驱动式发电机），通常也只在几毫米的范围内。

为了避免对转子和定子元件的机械损害，需要保证彼此面对布置的转子元件外表面和定子元件外表面在发电机的工作过程中并不相互直接接触。因此，由于效率原因而所需的相对小的气隙必须保持为狭窄公差内的标称值。

在现代的风力涡轮机中，直接驱动式发电机的直径可能有几米。在这种尺寸的发电机的转子元件和定子元件之间保持几毫米范围内的气隙需要比较刚性的支承结构，并因此该支承结构比较大且重，特别是定子装置的支承结构。这将趋向于增加发电机轴承上的负载，并使得轴承大、笨重且昂贵。

目前，在转子和定子元件之间的小气隙的优点，与比较刚性和笨重的支承结构的缺点之间进行了折衷。因此，（特别是）用于风力涡轮机的直接驱动式发电机通常在转子和定子元件之间具有更大气隙（与最佳效率所需相比）的情况下工作，以便消除由于在发电机工作过程中转子和定子元件之间的接触而引起机械损害的危险。

另外，大型发电机通常并没有足够刚性，以致在发电机的运输和安装之后，发电机制造过程中被调节好的气隙不会被保持。因此，大型发电机通常装配有用于在运输或安装后调节气隙的机构。这样的调节机构增加了发电机的复杂性，因此增加了发电机的成本。

在 US2006/0097582A1 中描述了一种发电机，其中，发电机的转子

通过布置在转子和定子之间的气隙中或该气隙附近的轴承而可旋转地轴颈支承到发电机的定子。该方案降低了对（特别是）定子的刚性支承结构的要求，但是它需要大而昂贵的轴承。而且，该方案有相当长的公差链来确定气隙的最终尺寸，并相应地确定了消除由于转子和定子元件在发电机工作过程中的接触而引起的机械损害危险所需的最小气隙。

发明内容

因此，本发明的目的是以这样的方式来提供一种如起始部分所述的发电机和风力涡轮机，即，在发电机的转子和定子元件之间的气隙能够以比较简单的方式来保持。

本发明的这个目的通过一种用于风力涡轮机的优选的直接驱动式发电机从而被创造性地实现，该发电机包括转子装置和定子装置。转子装置包括优选是薄壁的圆柱筒（cylinder barrel）或者优选是薄壁的套筒（sleeve），该圆柱筒或套筒包围用于产生能量的转子元件，并相对于发电机的优选水平定向的中心轴线来说具有外部的圆柱筒形表面，该外部圆柱筒形表面用作转子装置的轴承表面。定子装置包括优选是薄壁的圆柱筒或者优选是薄壁的套筒，该圆柱筒或套筒覆盖用于产生能量的定子元件，并相对于发电机的该优选水平定向的中心轴线来说具有内部的圆柱筒形表面，该内部圆柱筒形表面用作定子装置的轴承表面。转子装置的轴承表面和定子装置的轴承表面被布置成彼此面对，并且在它们之间有基本圆柱筒形的气隙，其中，该气隙包括润滑剂。

这样，发明者提出，使用在发电机自身的转子元件和定子元件之间存在的气隙作为轴承间隙，其中，转子装置和定子装置形成一种径向轴承或有点类似于径向轴承。因此，转子装置和定子装置分别包括圆柱筒形的轴承表面，其中，在这些轴承表面之间的保留气隙至少局部地被填充润滑剂，以避免转子装置和定子装置（特别是转子装置和定子装置的轴承表面）的直接接触。因此，特别是发电机的下部，被浸入润滑剂中。当转子装置相对于定子装置旋转时，它的圆柱筒形轴承表面与润滑剂接触，且基本上整个圆柱筒形轴承表面能够由润滑剂薄膜覆盖。因此，转子装置和定子装置形成如前述的一种径向液体动

压 (hydrodynamic) 轴承。

由于本发明，可实现一种直接驱动式发电机，其在转子和定子装置之间具有比较小且明确界定的气隙或轴承间隙，且不需要将发电机的结构部件制造得非常刚性并因此而非常笨重。气隙或轴承间隙的宽度能够比较简单地保持，同时发电机高效产生能量。同时，不再需要转子和定子装置之间的外部轴承。

根据本发明的变化形式，转子元件包括永磁体，定子元件包括具有至少一个绕组的叠片组。永磁体被转子装置的、优选是薄壁的圆柱筒或优选是薄壁的套筒包围，且叠片组被定子装置的、优选是薄壁的圆柱筒或优选是薄壁的套筒覆盖。

根据本发明的另一个实施例，转子装置的、优选是薄壁的圆柱筒或优选是薄壁的套筒包括非磁性金属轴承材料。优选地，转子装置的薄壁圆柱筒或薄壁套筒为薄壁抛光不锈钢圆柱筒或薄壁抛光不锈钢套筒。不锈钢圆柱筒或套筒既用作具有轴承表面的轴承元件，也用于永磁体的防腐蚀保护件，该永磁体形成发电机的磁回路的转子侧元件。

根据本发明的另一个实施例，定子装置的、优选是薄壁的圆柱筒或优选是薄壁的套筒包括尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯 (PTFE) / 特氟隆。优选地，定子装置的薄壁圆柱筒或薄壁套筒包括尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯 (PTFE) / 特氟隆或者类似的合适非磁性轴承材料制成的多个薄板。定子装置的薄壁圆柱筒或薄壁套筒的外表面被装配到叠片组的内侧。定子装置的薄壁圆柱筒或薄壁套筒的内表面形成与转子装置的轴承表面相面对布置的轴承表面。因此，该薄壁圆柱筒或套筒也用作叠片组的保护件。

通常，转子装置和/或定子装置的、优选是薄壁的圆柱筒或优选是薄壁的套筒与发电机的基本水平定向的中心轴线基本同心。

在本发明的进一步发展中，转子装置具有第一和第二顶端，并在至少一个顶端上包括位于气隙附近的轴向作用（优选是薄的）轴承环，该薄轴承环具有径向延伸部分。典型地，由例如不锈钢制成的薄轴承环被支承在转子装置上，以便使轴承环具有稳定性。优选地，定子装置也具有第一和第二顶端，并在至少一个顶端上包括位于气隙附近的轴向作用（优选是薄的）轴承环，该薄轴承环具有径向延伸部分。定子装置的、由例如尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯 (PTFE) / 特氟隆制成的

薄轴承环可以被支承在定子装置的支承环上，以便使该轴承环具有稳定性。根据本发明的实施例，在各顶端上，转子装置的轴承环和定子装置的轴承环布置成彼此面对。这样，发电机就另外包括了，相对于发电机的基本水平定向的中心轴线，具有轴向支承能力的轴向作用轴承元件。

根据本发明的另一个实施例，定子装置的、优选是薄壁的圆柱筒或优选是薄壁的套筒包括多个段，这些段由例如尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯（PTFE）/特氟隆制成，并形成该圆柱筒或套筒。这种装置的优点是，当发生磨损时，与更换整个圆柱筒或整个套筒相比，这些段更换起来比较简单。

根据本发明的进一步变化形式，定子装置包括多个环段，其中，各环段被装配至用于定子绕组的狭槽的顶端中。因此，各段可以作为用于叠片组的绕组的楔块（wedge）。

根据本发明的进一步的实施例，润滑剂用作冷却介质。优选地，转子装置和/或定子装置包括至少一个轴向延伸的导管，其中，润滑剂被引导（例如，主动泵送）通过转子和/或定子装置的该至少一个导管用于冷却。优选地，发电机包括用于该目的的泵送装置（例如，以至少一个泵的形式），用于泵送润滑剂通过转子和/或定子装置的该至少一个导管。通常，润滑剂在闭合回路中循环。优选地，转子和/或定子装置的该至少一个导管和/或泵送装置被连接到用于冷却该润滑剂的至少一个换热器。

附图说明

本发明的目的还将通过包括前述发电机的风力涡轮机被创造性地实现。

下面将参考附图更详细地介绍本发明，附图中：

图 1 表示了风力涡轮机；

图 2 表示了图 1 的风力涡轮机的发电机；以及

图 3 表示了图 2 的发电机的细节。

具体实施方式

图 1 表示了风力涡轮机 1，该风力涡轮机 1 包括塔 2、机舱 3 和轂

4, 该轂 4 带有转子叶片 5。风力涡轮机 1 的若干其它部件被布置在机舱 3 中, 例如, 如图 2 中示意所示的发电机 6。发电机 6 以未示出的方式连接到轂 4, 用于产生电能, 并具有基本水平定向的中心轴线 A。

本发明当前实施例的发电机 6 包括转子装置 7 和定子装置 8。在本发明当前实施例的情况中, 转子装置 7 包括轆 10, 该轆 10 与轴 9 组合。轴 9 以未示出的方式连接到风力涡轮机 1 的轂 4。轆 10 包括转子装置 7 的用于产生电能的转子元件, 该转子元件为永磁体 11 的形式。在本发明当前实施例的情况中, 永磁体 11 由薄壁套筒 12 包围。壁的宽度优选是大约 1-5 mm。该包围件也可以被实现为围带或薄壁圆柱筒。优选地, 薄壁套筒 12 为薄壁抛光不锈钢套筒, 既用作转子装置 7 的圆柱筒形轴承元件, 也用作永磁体 11 的防腐蚀保护件。薄壁套筒 12 在永磁体 11 上具有一种收缩配合。转子装置 7 的外部圆柱筒形轴承表面 13 优选是通过磨削来机械加工, 以便形成与发电机 6 的中心轴线 A 基本同心的良好轴承表面 13。

定子装置 8 由定子本体 14 支承。定子本体 14 保持基本上圆柱形状, 并在两端采用端板 15 保持封闭。定子本体 14 以未示出的方式例如被附接到风力涡轮机 1 的底板。

定子装置 8 包括作为定子元件的、具有定子绕组 17 的叠片组 16。在本发明当前实施例中, 叠片组 16 安装在定子本体 14 内, 且方杆 (square bar) 18 被焊接到叠片组 16, 指状压环 19 被焊接到方杆 18 和定子本体 14。

在本发明当前实施例的情况中, 压环 19 的局部内表面和叠片组 16 由薄壁尼龙圆柱筒 20 来覆盖, 该薄壁尼龙圆柱筒 20 基本与发电机 6 的中心轴线 A 同心。该尼龙壁的宽度优选是大约 1-5mm。薄壁尼龙圆柱筒也可以被实现为薄壁尼龙套筒。典型地, 薄壁尼龙圆柱筒 20 包括多个尼龙薄板, 这些尼龙薄板形成圆柱筒 20。作为另一种可选轴承材料, 可以使用例如聚酰胺或聚四氟乙烯 (PTFE) / 特氟隆。薄壁尼龙圆柱筒 20 的外侧被装配到叠片组 16 的内表面。薄壁尼龙圆柱筒 20 的内部圆柱筒形表面 21 形成定子装置 8 的轴承表面, 它布置成面对着转子装置 7 的轴承表面 13。

在转子装置 7 的轴承表面 13 与定子装置 8 的轴承表面 21 之间的保留气隙 22 (该气隙 22 也构成为轴承间隙) 在发电机 6 停止

(standstill)期间至少局部被填充润滑剂(未明确示出),且在发电机6工作时差不多完全充满润滑剂。因此,发电机6具有润滑剂的储存器。这样,发电机的转子装置7和定子装置8形成一种液体动压轴承。常规发电机中将成为永磁体和叠片组之间的气隙的部分,在本发明中,在定子侧被局部填充静止轴承材料,在转子侧被局部填充旋转轴承材料,并至少被局部填充润滑剂。该液体动压轴承的下部被浸入润滑剂中。当被应用到如本发明情况中的风力涡轮机1上时,这种类型的发电机将有倾斜的润滑剂高度23。

除了为转子装置7的轴承表面13和定子装置8的轴承表面21的形式的径向轴承部件,发电机6还包括另外的轴向轴承部件。

在转子装置7的各项端29和轭10上,转子装置7分别装配有轴向作用的薄轴承环24,该薄轴承环24具有径向延伸部分,且宽度为大约1-5mm。在本发明当前实施例中,环24被附连到轭10。环24由例如不锈钢或任意其它合适的非磁性金属轴承材料来制造。

相应的,定子装置8在两个顶端30上包括轴向作用的薄轴承环25,该薄轴承环25有径向延伸部分,且宽度为大约1-5mm。在本发明当前实施例中,环25由指状环19沿径向支承,并由指状支承环26沿轴向支承。各支承环26螺栓连接到指状环19。轴承环25可以由例如尼龙、聚酰胺或聚四氟乙烯(PTFE)/特氟隆来制造。

如图3中所示,轴承环24和25布置成彼此面对,形成轴向轴承部件,并增加了轴向支承能力。因此,润滑剂可以处于在环24、25之间的空间中。

显然,本发明使得直接驱动式发电机能够在永磁体和叠片组之间具有非常小的、明确界定的且易于保持的气隙,而无需将发电机的结构部件制造得非常刚性或笨重,也不需要外部轴承。因此,这样的发电机在发电时具有提高效率。

因此,发电机的气隙轴承的轴承技术要求相当适度。例如,用于3.6MW直接驱动式发电机的转子装置通常具有大约20000kg的质量、大约4m的气隙直径和大约1.5m的长度,它将导致大约 0.03N/mm^2 的轴承压力。相比较,滑动轴承典型的标准轴承压力在 $1-10\text{N/mm}^2$ 的范围内。因此,即使在低转速时也很容易在发电机中建立起液体动压润滑剂膜,且轴承公差并不由轴承功能要求来确定,而是由气隙要求来确定。

根据本发明实施例，润滑剂还被用作冷却介质。如图 3 中示意所示，转子装置 7（特别是永磁体 11）和定子装置 8（特别是叠片组 16）都可以包括连接到气隙 22 或轴承间隙和/或润滑剂储存器的至少一个导管 27、28，用于引导润滑剂通过该导管 27、28。这样，永磁体 11 和叠片组 16 可以被直接冷却。典型地，润滑剂通过至少一个未明确示出的泵被主动泵送通过导管 27、28。因此，润滑剂的回路可以包括用于冷却该润滑剂的一个或多个换热器。

为了在发生磨损时比较简单的更换，（特别是）薄壁尼龙圆柱筒 20 的部件，圆柱筒 20 可以包括多个圆柱筒段形状的段，这些段在其整体上形成该圆柱筒 20。在这种情况下，当发生磨损时并不需要更换整个圆柱筒 20，而是只更换受影响的段。顺便说明，套筒 12 也可以以类似方式包括多个圆柱筒段形状的段，这些段形成该套筒 12。

根据本发明进一步的实施例，定子装置 8 可以包括多个环段，其中，各环段装配在用于定子绕组的狭槽的顶端中，并用作绕组的楔块。

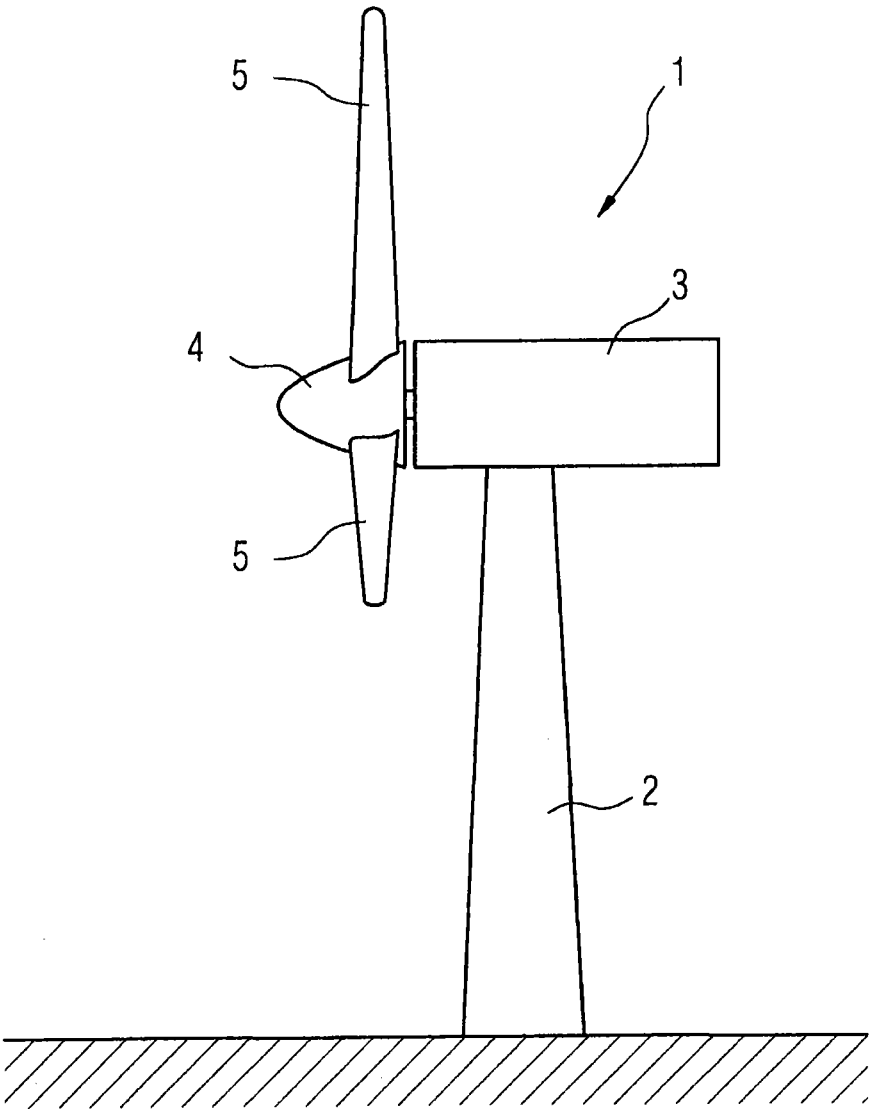
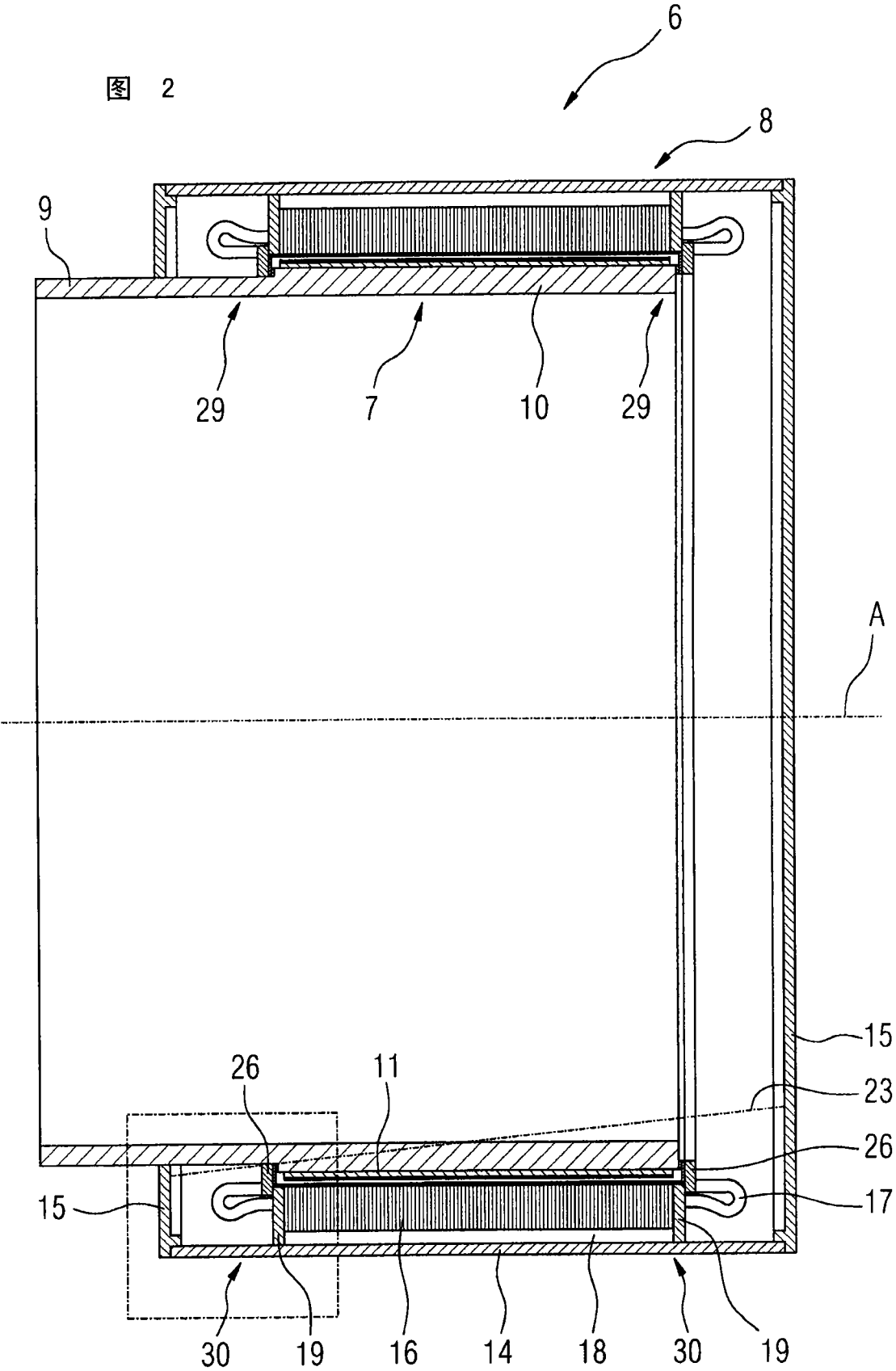


图 1



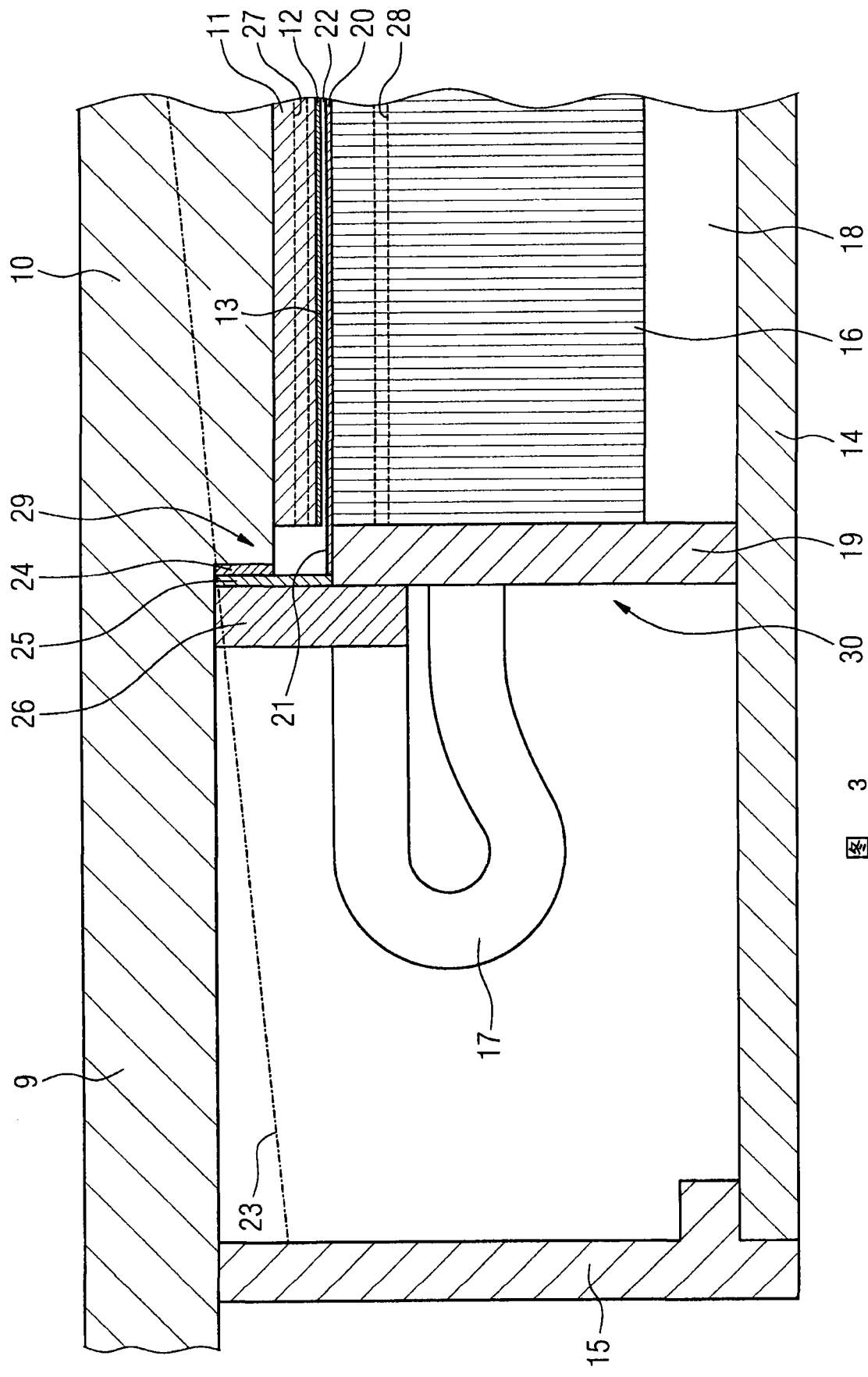


图 3