

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102812237 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 05

(21) 申请号 201080065810. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 12. 20

F03D 7/04 (2006. 01)

(30) 优先权数据

10157903. 5 2010. 03. 26 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 09. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/070303 2010. 12. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02011/116845 EN 2011. 09. 29

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 T. S. 汤姆森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 薛峰 傅永霄

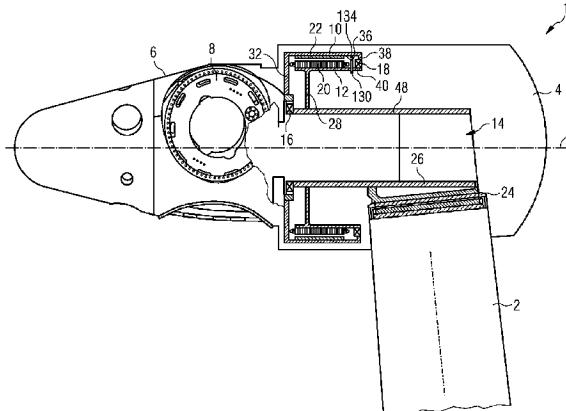
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

直驱式风力涡轮机

(57) 摘要

本发明公开了一种直驱式风力涡轮机(1)，其包括：连接到轮毂(6)的多个叶片；包括定子(12)和转子(10)的发电机，所述定子(12)被固定在所述风力涡轮机(1)的机舱(4)上；和具有静止元件(30)和活动元件(34)的旋转传感器。轮毂(6)直接连接到发电机的转子(10)。旋转传感器的静止元件(30)与轮毂(6)的旋转轴线(R)相距一距离地安装在风力涡轮机的固定元件上，特别是定子(12)上，旋转传感器的活动元件(34)与轮毂(6)的旋转轴线(R)相距一距离地安装在发电机的转子(10)上。



1. 直驱式风力涡轮机(1),包括：

- 连接到轮毂(6)的多个叶片；
- 包括定子(12)和转子(10)的发电机,所述定子(12)被固定在所述风力涡轮机(1)的机舱(4)上;和

• 旋转传感器,其具有静止元件(30 ;130 ;230 ;330)和活动元件(34 ;134 ;234 ;334)；其中所述轮毂(6)直接连接到所述转子(10),

其中所述旋转传感器的静止元件(30 ;130 ;230 ;330)与所述轮毂(6)的旋转轴线(R)相距一距离地安装在所述风力涡轮机的固定元件上,特别是所述定子(12)上,所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)与所述轮毂(6)的旋转轴线(R)相距一距离地安装在所述转子(10)上。

2. 根据权利要求 1 所述的直驱式风力涡轮机(1),

其中所述直驱式风力涡轮机(1)包括适于承载轴向和径向力的主轴承(16),且其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)设置在靠近所述主轴承(16)的转子部分上。

3. 根据权利要求 2 所述的直驱式风力涡轮机(1),

其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)设置在容纳所述主轴承(16)的转子部分上。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的直驱式风力涡轮机(1),

其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)设置在与所述主轴承(16)处于同一侧上的转子部分上。

5. 根据权利要求 1 所述的直驱式风力涡轮机(1),

其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)设置在远离所述主轴承(16)的转子部分上。

6. 根据权利要求 1 所述的直驱式风力涡轮机(1),

其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)设置在外转子部分(36)的内表面上,所述旋转传感器的静止元件(30 ;130 ;230 ;330)设置在与所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)相对的外定子部分(40)上。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1),其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)设置在制动盘(50)上或靠近所述制动盘(50)设置。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1),其中所述转子(10)设置在所述定子(12)周围。

9. 根据权利要求 1-8 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1),其中所述定子(12)包括基本与所述轮毂(6)的旋转轴线(R)共线的轴向延伸的空腔,其中所述空腔(14)的尺寸被制成提供到所述轮毂(6)的通路以用于维护目的,其中所述空腔(14)的直径包括至少 1 米,更优选地至少 1.5 米,最优选地至少 2.5 米。

10. 根据权利要求 1-9 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1),其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)包括基本扁平的环形形状(34 ;134 ;234 ;334)。

11. 根据权利要求 1-10 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1),其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)与所述转子(10)一体形成。

12. 根据权利要求 1-11 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1),其中所述旋转传感器

的静止元件(30 ;130 ;230 ;330)包括霍尔效应传感器和 / 或光学传感器。

13. 根据权利要求 1-12 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1), 其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)包括基准元件(44,46), 其指示所述活动元件(34 ;134 ;234 ;334) 的绝对位置。

14. 根据权利要求 1-13 中任一项所述的直驱式风力涡轮机(1), 其中所述旋转传感器的活动元件(34 ;134 ;234 ;334)包括两个冗余刻度。

直驱式风力涡轮机

技术领域

[0001] 本发明涉及直驱式风力涡轮机，包括：连接到轮毂的多个叶片；发电机，其包括定子和转子，由此定子被固定在风力涡轮机的机舱上，轮毂直接连接到转子；和旋转传感器，其具有静止元件和活动元件。

背景技术

[0002] 风力涡轮机包括塔架，机舱通过偏航转动系统安装到塔架上。机舱支撑着轮毂，叶片被连接至轮毂。在传统的风力涡轮机中，轮毂使主轴转动，主轴又驱动连接到发电机的变速箱的齿轮。在这样的风力涡轮机中，轮毂和主轴以相对低的速度旋转，而发电机以相对高的速度旋转，以便达到风力涡轮机相连的电力网所要求的网频，即 50Hz 或 60Hz。

[0003] 为了降低与附加的变速箱有关的制造和维护成本，直驱式风力涡轮机被引入到风场中。直驱式风力涡轮机的操作原理在 EP 2 157 314 A1 中公开，在此通过引用将该文献以及“Windkraftanlagen”，Robert Gasch und Jochen Dreher EWS., 6th edition 2010, Vieweg + Täubner 并入本文。

[0004] 在直驱式风力涡轮机中，由于转子直接在结构上耦连到轮毂而不通过任何变速箱，因此发电机以转子的速度旋转。为了控制风力涡轮机，将轮毂的速度保持在可接受范围内是重要的。因此，轮毂的旋转速度必须被密切监控。为此，直驱式风力涡轮机通常包括旋转传感器，以监控轮毂的旋转速度。

[0005] 在 US 7,431,567 B1 中描述的现有技术的直驱式风力涡轮机中，旋转传感器悬挂在轮毂和发电机的定子之间。由于此类风力涡轮机中没有轴，所以旋转传感器安装在支撑物上，以将旋转传感器保持就位。因为旋转传感器很大，且悬挂在定子的空腔中，使得到组件（例如轮毂）的通路被部分地阻塞，因此使维护更加困难、耗时。例如，可能首先必须将旋转传感器的各部件拆开，以获得到轮毂空腔的通路。而且，此类型的旋转传感器仅能提供低的测量分辨率，并且还会因轮毂和定子之间的运动导致测量不准确。为了准确测量轮毂的旋转速度，以能够控制风力涡轮机，需要轮毂每转至少 300 级或采样数的最小分辨率。

发明内容

[0006] 因此，本发明的一个目的是为直驱式风力涡轮机提供改进的旋转传感器，其避免了上文列出的各种问题。

[0007] 本发明的这个目的是通过权利要求 1 所述的直驱式风力涡轮机实现的。

[0008] 本发明的目的通过直驱式风力涡轮机实现，该风力涡轮机包括：连接到轮毂的多个叶片；发电机，其包括定子和转子，其中定子被固定在风力涡轮机的机舱上；和旋转传感器，其具有静止元件和活动元件。轮毂直接连接到发电机的转子。术语“直接连接”在直驱式风力涡轮机的上下文中应解释成在包括叶片的轮毂与发电机的转子之间连接有齿轮。轮毂可在结构上连接到发电机的转子，例如通过结构元件。旋转传感器的静止元件安装在风力涡轮机的固定元件（具体是定子）上，与轮毂的旋转轴线相距一距离，旋转传感器的活动

元件安装在发电机的转子上，与轮毂的旋转轴线相距一距离。

[0009] 术语“旋转轴线”并不要求轮毂被连接到轴或其它物理轴线上。“旋转轴线”应解释为限定了轮毂绕其旋转的轴线。轮毂可连接到具有相对大直径的中空轴，该轴绕虚拟的旋转轴线旋转。

[0010] 旋转传感器的活动元件和固定元件设置在与旋转轴线相距一距离处，该距离优选包括发电机的定子或转子的半径的至少 25%，优选为至少 45%，更优选为至少 75%，最优选为至少 90%。如果旋转传感器的活动元件位于距轮毂的旋转轴线更远处，则即使在低的轮毂速度下，此旋转可被更加准确地测量，因为相比于与轮毂的旋转轴线有较小距离的活动元件，测量装置可以更小的角距设置在活动元件上。而且，在一个优选实施例中，如果旋转传感器的活动元件和固定元件设置在外部或者设置在延伸穿过定子进入到轮毂中的空腔的径向边界区域，则维护人员可舒适地穿过定子空腔进入轮毂中，而不会遇到任何明显的障碍，并且不需要移走传感器的各部件。

[0011] 而且，在一个优选实施例中，如果旋转传感器的活动元件和固定元件设置在的空腔外。

[0012] 本发明特别有利的实施例和特征由从属权利要求给出，如下文的描述中所揭示的。

[0013] 直驱式风力涡轮机可包括主轴承，其适于承载轴向和径向力。主轴承可被定位成比只能承载径向负荷的次轴承更靠近轮毂。旋转传感器的活动元件设置在靠近主轴承的转子部分上。靠近主轴承的发电机转子部分以比远离主轴承的发电机转子部分更加稳定的方式被支撑。因此，如果旋转传感器的活动元件设置在靠近主轴承的转子部分上，则可以获得更高的准确性。

[0014] 旋转传感器的活动元件可设置在容纳主轴承的转子部分上。例如，旋转传感器的活动元件可设置在容纳主轴承的转子的侧壁或凸缘上。

[0015] 旋转传感器的活动元件可设置在与主轴承处于同一侧的转子部分上。

[0016] 旋转传感器的活动元件可设置在远离主轴承的转子部分上。具体地，旋转传感器的活动元件可提供在发电机上与主轴承所处一侧相对的那一侧上。

[0017] 此布置结构具有如下优点：由于旋转传感器可设置在发电机外部，因此易于接近旋转传感器进行维护。然而，此布置结构具有的缺点是降低了准确性，因为旋转传感器设置在距主轴承更大的距离处。因此，增加了公差和游隙。

[0018] 旋转传感器的活动元件可设置在外转子部分的内表面上，旋转传感器的静止元件可设置在与旋转传感器的活动元件相对的外定子部分上。径向外转子部分可处于转子的外壁中。定子的外部分可以是定子的外壁。

[0019] 发电机的转子可设置在发电机定子周围。发电机的定子可包括基本与轮毂的旋转轴线共线的轴向延伸的空腔。可预见到，空腔能够提供到轮毂的通路，以用于维护人员的维护目的。优选地，空腔具有的高度可使得维护人员能够穿过空腔行走，即，空腔足够大，以允许中等身材的成年人穿过定子空腔进入轮毂空腔中。因此，空腔的直径可包括至少 1 米，更优选地至少 1.5 米，最优选地至少 2.5 米。

[0020] 旋转传感器的活动元件可设置成邻近制动盘。其上设置有制动盘的转子部分必须相应地成山脊状。如果旋转传感器的活动元件设置在邻近制动盘的转子上，则可提高准确

性。

[0021] 旋转传感器的活动元件可包括环形形状，例如扁环。在环上提供多个凹口或缝槽、孔洞、凹槽和类似物作为测量装置或刻度元件。替代性地，旋转传感器的活动元件可与转子一体形成，即活动元件可被并入转子中。凹口、缝槽、孔洞、凹槽和类似物可形成于发电机的转子中。设置在环周围的多个凹口、缝槽、孔洞、凹槽和类似物或转子可充当刻度。出于冗余的原因，可在环上或转子上形成两种不同的刻度。

[0022] 旋转传感器的静止元件可包括霍尔效应传感器和 / 或光学传感器。霍尔效应传感器和 / 或光学传感器可适于检测静止元件上的凹口、缝槽、孔洞、凹槽和类似物。霍尔效应传感器可适于检测旋转传感器的静止元件上第一刻度的突起、缝槽、孔洞、凹槽和类似物，而光学传感器可被配置成检测旋转传感器的静止元件上第二刻度的凹口、缝槽、孔洞、凹槽和类似物。因此，可以获得冗余测量结果，可验证测量结果的一致性。通过使用两种不同类型的传感器，可以获得用于直驱式风力涡轮机的高冗余性的旋转传感器。

[0023] 旋转传感器的活动元件可包括基准元件，其表示活动元件的绝对位置。基准元件可以是更大的凹口、更大的缝槽、更大的孔洞、更大的凹槽等。确定转子和 / 或轮毂的绝对位置可便于维护并补偿轮毂和叶片的动态影响。

[0024] 通过结合附图考虑下文的详细描述，本发明的其它目标和特征将变得明显。然而，要理解的是，这些附图只是出于图示目的设计的，不应作为限制本发明的定义。

附图说明

[0025] 图 1 示出了根据本发明直驱式风力涡轮机的第一实施例的示意性剖视图；
图 2 示出了根据本发明直驱式风力涡轮机的第二实施例的示意性剖视图；
图 3 示出了根据本发明直驱式风力涡轮机的第三实施例的示意性剖视图；
图 4 示出了根据本发明直驱式风力涡轮机的第四实施例的示意性剖视图；和
图 5 示出了具有两个冗余刻度的旋转传感器的旋转元件。

[0026] 附图中，相同的标记始终表示相同的对象。图中的各个对象不一定是按比例绘制的。

具体实施方式

[0027] 图 1 示出了根据本发明直驱式风力涡轮机 1 的第一优选实施例的示意性剖视图。风力涡轮机 1 包括机舱 4，机舱 4 由竖直塔架 2 支撑。出于图示的目的，将机舱 4 被示为水平的，尽管当安装在风场时，机舱相对于塔架 2 的竖直轴线通常是倾斜的。机舱 4 包括定子 12，定子 12 连接到具有底板 26 的定子空腔 14。维护人员可在定子空腔 14 的底板 26 上行走，以接近风力涡轮机 1 的组件。

[0028] 风力涡轮机 1 进一步包括偏航系统 24，以允许机舱 4 相对于塔架 2 旋转。

[0029] 进一步地，风力涡轮机 1 包括具有叶片附件 8 的轮毂 6，叶片（未示出）可安装在叶片附件 8 上。轮毂 6 直接连接到发电机转子 10。在轮毂 6 和转子 10 之间未连接有齿轮。转子由主轴承 16 和次轴承 18 支撑，其中主轴承可承载径向和轴向负荷，而次轴承处于定子上，只能承受径向负荷。轮毂 6 的构造和轮毂 6 与定子 12 的连接使得维护人员可行走通过定子空腔 14，进入轮毂 6 的空腔中。

[0030] 转子 10 包括磁体 22。定子 12 包括绕组 20。

[0031] 定子 12 由定子支撑物 28 支撑，该定子支撑物在定子空腔 14 的壁上径向向外延伸。定子包括外定子部分 14，其用作绕组 20 和和次轴承 18 的支撑物。

[0032] 发电机转子 10 由主轴承支撑。具体地，发电机转子 10 包括由主轴承 16 支撑的前转子凸缘 34。前转子凸缘 34 支撑着外转子壁 36，外转子壁 36 由后转子凸缘 38 支撑，后转子凸缘 38 由次轴承 18 支撑。

[0033] 此类风力涡轮机不包括位于轮毂 8 和转子 10 的旋转轴线处的轴。因此，此类直驱式风力涡轮机可提供定子空腔，使维护人员能够接近轮毂 6。而且，轮毂 6 通过结构元件(例如管状体)与发电机的转子 10 机械耦连。在轮毂 6 和转子 10 之间可以没有轴承互联。在 EP 2 157 314 A1 中也讨论了此类直驱式风力涡轮机。

[0034] 参照图 1，其描述了具有本发明旋转传感器 30 的直驱式风力涡轮机的第一实施例。旋转传感器包括静止元件 30 和活动元件 34。静止元件 34 可包括霍尔效应传感器和 / 或光学传感器。活动元件 34 可以是圆盘，其包括能被静止元件 30 的传感器检测的凹槽、缝槽、凹口、孔洞和类似物。静止元件 34 可与转子 10 一体形成。在第一实施例中，活动元件 34 可与前转子凸缘 32 一体形成。

[0035] 第一实施例示于图 1 中。旋转传感器的静止元件设置在定子支撑物 28 上，定子支撑物 28 设置在定子空腔的定子空腔壁 48 上。传感器的活动元件 34 设置在由主轴承 16 支撑的前转子凸缘 32 上。活动元件 34 与轮毂 6 的旋转轴线径向间隔开。因此，活动元件 34 包括巨大的圆周，因此提供了相对高的分辨率。旋转传感器的活动元件 34 与旋转轴线 R 的径向距离越大，旋转传感器的分辨率越高。尽管旋转传感器的活动元件 34 与旋转轴线 R 间隔相对高的值，但旋转传感器的活动元件 34 仍位于靠近主轴承 16 的位置。

[0036] 如前文提到的，主轴承 16 支撑着转子 10，具体是支撑着前转子凸缘 32。因此，前转子凸缘 32 和活动元件 34 以相对刚性的方式被支撑，并且相比靠近次轴承 18 设置的组件，呈现出相对小的游隙，次轴承 18 只提供径向方向的支撑。因此，第一实施例所提供的具有旋转传感器 30、34 的直驱式风力涡轮机提供了相对高的准确性。

[0037] 参照图 2，其示出了具有旋转传感器 130、134 的直驱式风力涡轮机的第二实施例。传感器的静止元件 130 位于外定子部分 40 上。旋转传感器的活动元件 134 位于外转子壁 36 的内表面上。旋转传感器的活动元件 134 可以是具有刻度(如一系列的凹口、缝槽、凹槽、孔洞和类似物)的圆盘，或者可与外转子壁 36 一体形成。此实施例提供了如下优点：为了维护目的，容易接近旋转传感器的静止元件 130。而且，相比根据图 1 所示的第一实施例，旋转传感器的活动元件 134 与旋转轴线 R 相距更远。因此，与第一实施例相比，活动元件 134 提供了更高的分辨率。然而，旋转传感器的活动元件 134 位于其上的外转子壁 36 主要由次轴承 18 支撑，其只对后转子壁 38 提供径向支撑，因此对外转子凸缘 36 提供径向支撑。因此，旋转传感器的活动元件 134 可表现出更大程度的游隙，其可能会潜在地降低整体的准确性。

[0038] 参照图 3，其示出了具有本发明旋转传感器的直驱式风力涡轮机的第三实施例。制动盘 40 或制动凸缘 40 可安装在后转子凸缘 38 上。活动元件 234 可挨着制动盘 40 安装或安装在后转子凸缘 38 上。旋转传感器的固定元件 230 可连接到后定子支撑物 228。在此实施例中，旋转传感器的静止元件 230 和活动元件 234 可由维护人员接近。静止元件 230 和活动元件 234 都不被转子 10 或定子 12 的任何部分覆盖。旋转传感器的活动元件 234 可被

并入后转子凸缘 38 中。

[0039] 由于旋转传感器的活动元件 234 位于只提供径向支撑的次轴承 18 附近, 活动元件 234 可能会经受轴向游隙及与轴向位置的偏离。因此, 静止的传感器元件 230 必须具有比静止元件 234 的轴向位置公差更大的检测范围。

[0040] 图 4 示出了具有本发明旋转传感器的直驱式风力涡轮机的第四实施例。在图 3 的实施例中, 必须在轴向方向上检测活动元件 234 的刻度。在图 4 的实施例中, 必须在径向方向上检测活动元件 334 的刻度。与根据图 3 的实施例一样, 旋转传感器的活动元件 334 设置在后转子凸缘 38 上。制动盘 50 可提供于后转子凸缘 38 上。旋转传感器的静止元件 330 可提供于后定子支撑物 328 上。旋转传感器的活动元件 334 被定位成靠近仅在径向方向上提供支撑的次轴承 18。因此, 活动元件 334 的刻度可在轴向方向上具有游隙。然而, 活动元件 334 的这种游隙或位置公差不会改变包括检测单元的静止传感器元件 330 (如霍尔效应传感器和 / 或光学传感器) 之间的距离。因此, 相比图 3 的实施例, 可提高该旋转传感器的可靠性。活动元件 334 的刻度必须具有这样的轴向长度, 该长度使得刻度的至少一部分能被静止传感器元件 330 确定, 而与活动传感器元件 334 的轴向位置无关。

[0041] 与图 3 的第三实施例一样, 第四实施例提供了如下优点: 静止传感器元件 330 和活动传感器元件 334 是易于接近的, 以用于维护的目的。

[0042] 图 5 示出了旋转传感器的示例性静止元件 334。静止元件 334 包括径向间隔设置的两个刻度。每个刻度包括可由孔洞、缝槽、凹槽、凹口和类似物形成的刻度元件 42。刻度元件 42 由旋转传感器的静止元件检测, 如霍尔效应传感器和 / 或光学传感器。图 5 示出了两个此类刻度的冗余布置结构。径向内刻度的刻度元件 42 可由霍尔效应传感器检测。径向外刻度的刻度元件 42 可由光学传感器检测。因此, 发电机转子的旋转频率可被冗余地确定。

[0043] 活动元件的内刻度包括内基准元件 44。内基准元件 44 尺寸比其它刻度元件 42 大。进而, 可确定绝对位置。径向外刻度包括外基准刻度元件 46。内基准刻度元件 44 可通过设置在静止传感器元件上的第一检测单元检测。因此, 基准位置可独立地通过第一和第二检测单元确定。由于内基准刻度元件和外基准刻度元件设置在不同的角位置, 因而可冗余地确定基准位置。

[0044] 尽管已经以优选实施例及其变型的形式公开了本发明, 但要理解的是, 在不脱离本发明范围的情况下, 可对其进行多种额外的改进和修改。

[0045] 为清楚起见, 应理解, 本申请中表示英语不定冠词的用语“一”并不排除多个, 用语“包括”并不排除其它元件或步骤。除非另行指出, 否则“单元”或“模块”可包括多个单元或模块。

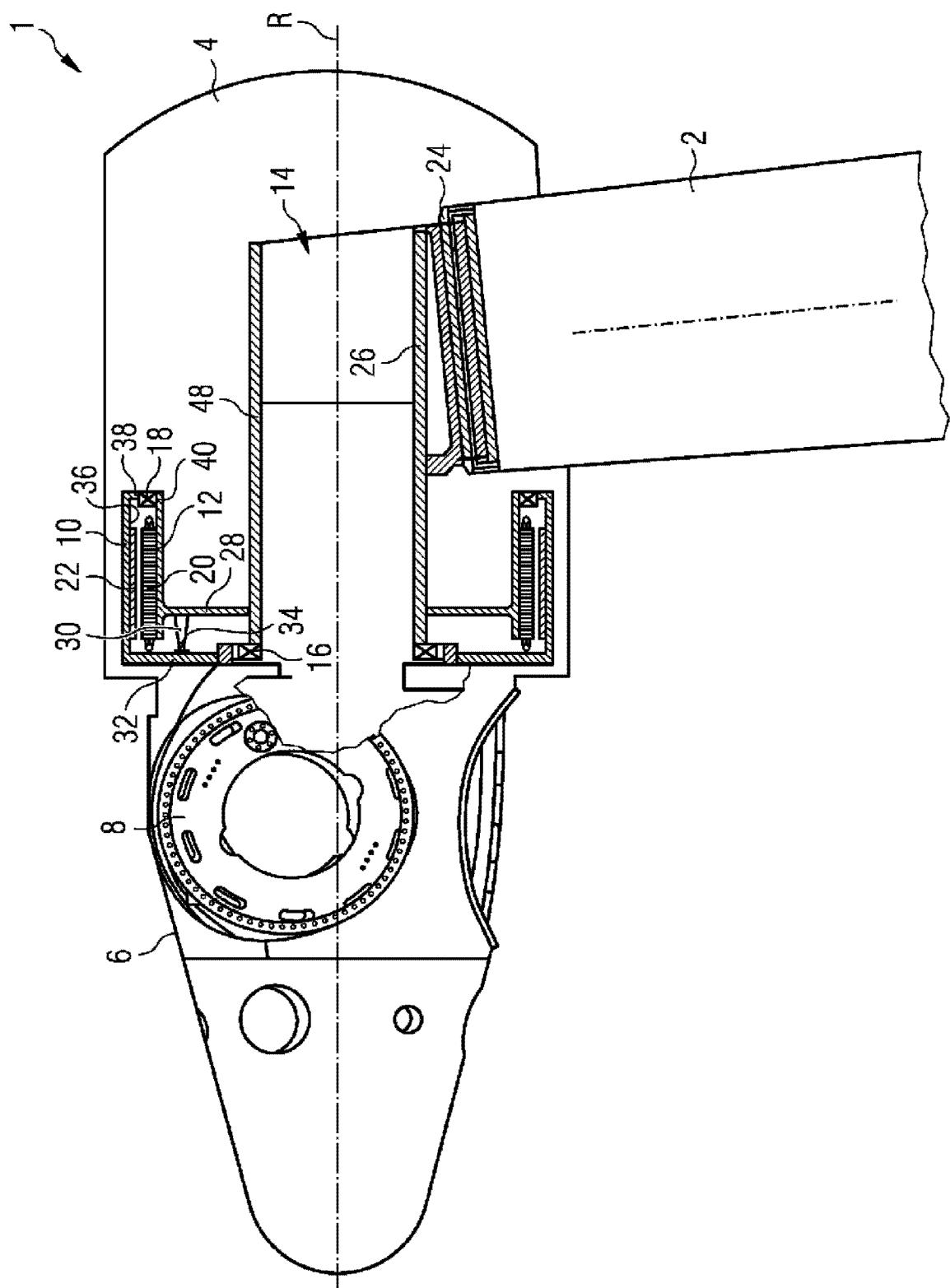


图 1

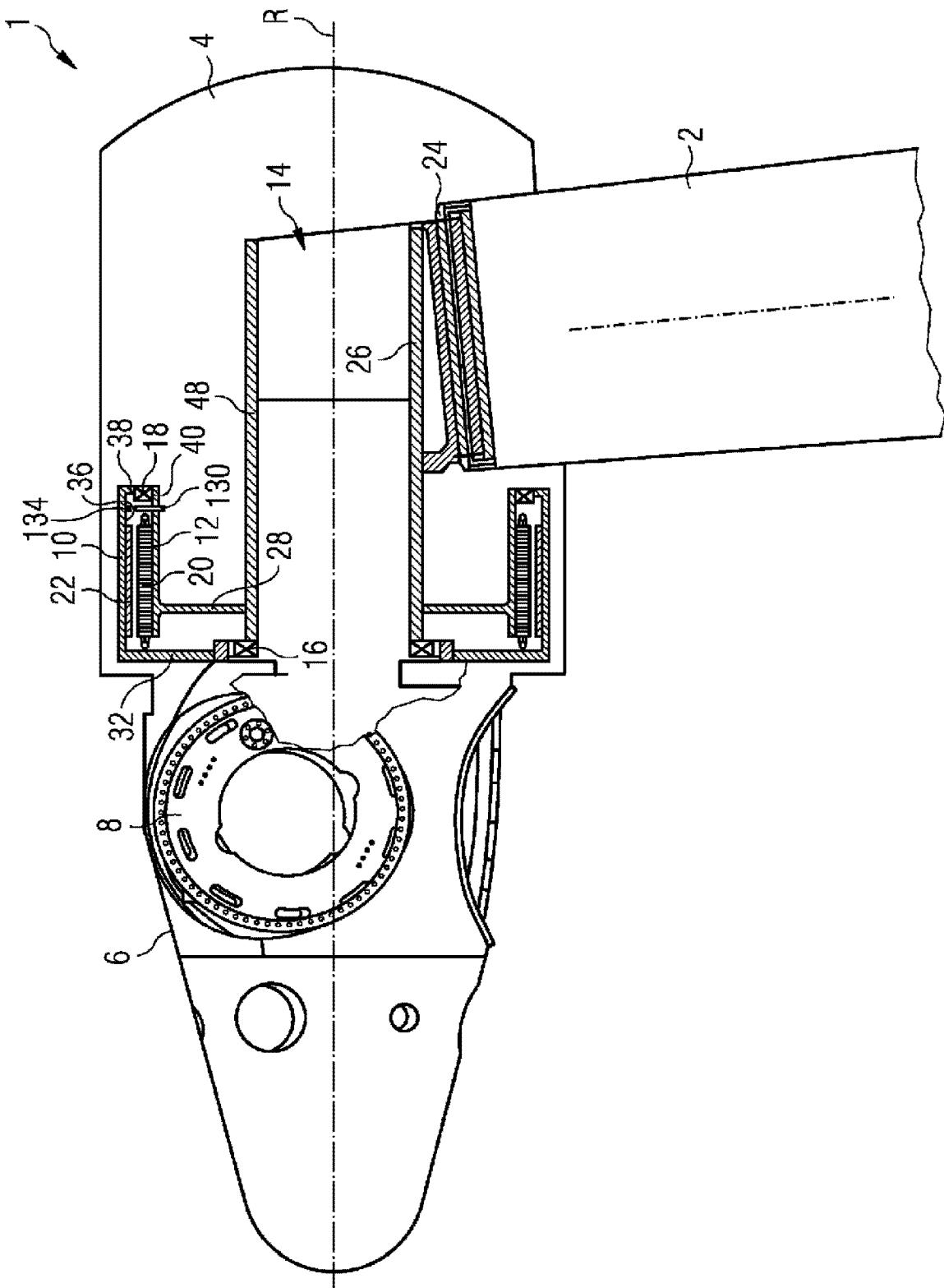


图 2

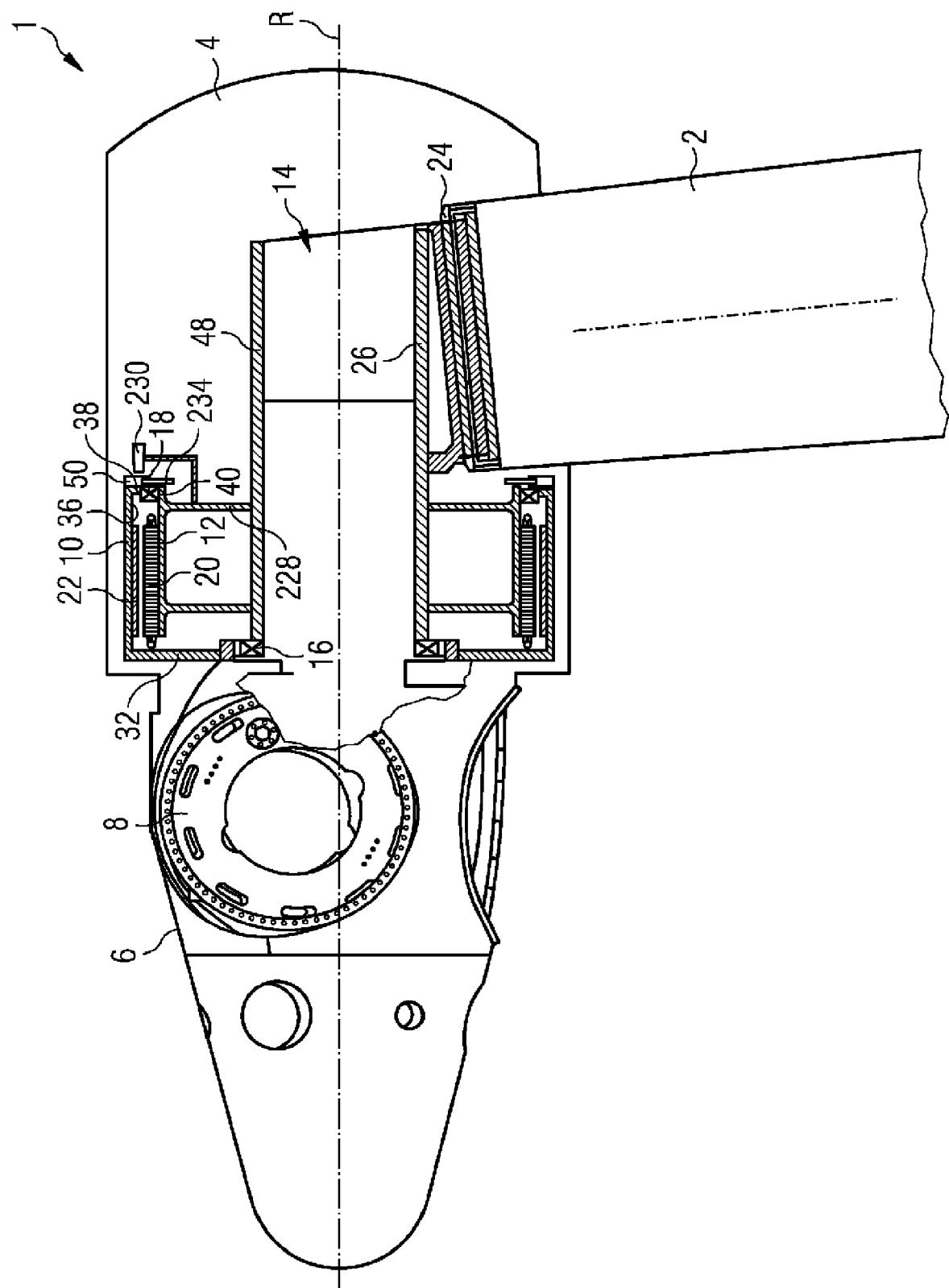


图 3

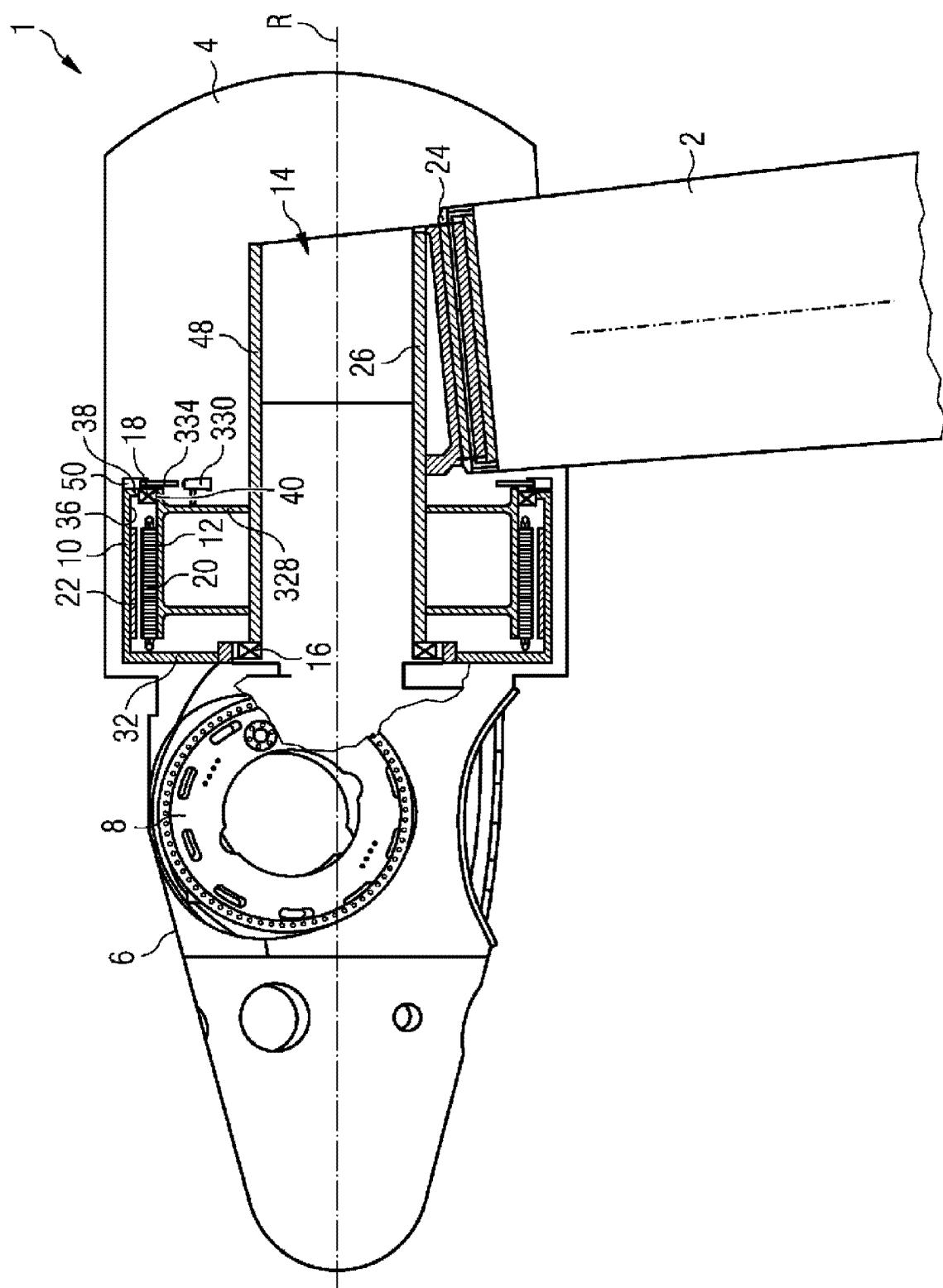


图 4

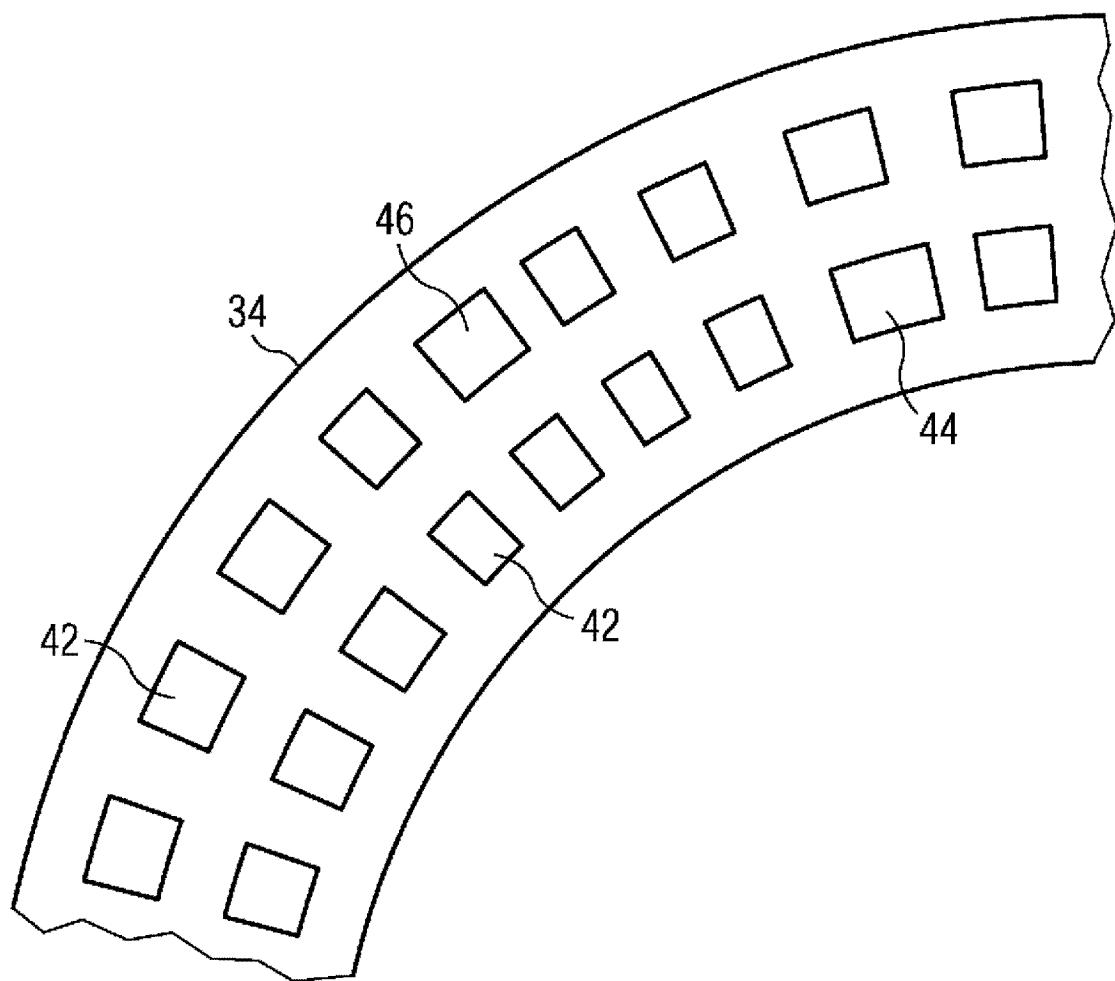


图 5