



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102278288 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201110173516. 2

US 2008272615 A1, 2008. 11. 06,

(22) 申请日 2011. 06. 10

WO 0229247 A1, 2002. 04. 11,

(30) 优先权数据

审查员 王月蕾

12/813650 2010. 06. 11 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 熊伟

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 严志军 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 11/00(2006. 01)

F03D 1/06(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101542115 A, 2009. 09. 23,

CN 1705822 A, 2005. 12. 07,

CN 101258071 A, 2008. 09. 03,

WO 0229247 A1, 2002. 04. 11,

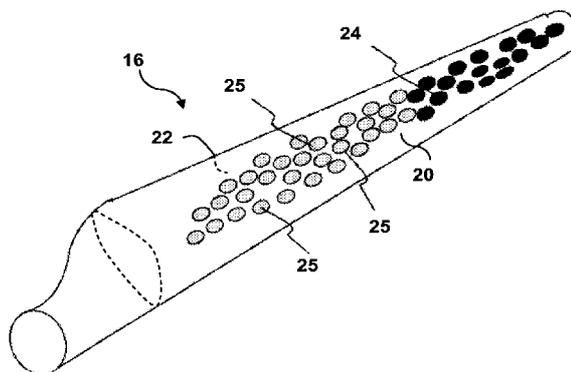
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

带有可控的空气动力学涡旋元件的风力涡轮叶片

(57) 摘要

本发明涉及带有可控的空气动力学涡旋元件的风力涡轮叶片。一种具有吸力侧表面(20)和压力侧表面(22)的风力涡轮叶片(16)。多个动态涡旋元件(24)形成在该吸力侧表面(20)或该压力侧表面(22)中的至少一个上。该涡旋元件(24)可在相对于涡旋元件形成于其上的表面的中性面向内凹进的第一缩进位置和相对于该表面的中性面向外凸出的第二伸出位置之间被激活。



1. 一种风力涡轮叶片,所述叶片包括:
吸力侧表面和压力侧表面;
在所述叶片的前缘与后缘之间形成于所述吸力侧表面或所述压力侧表面中的至少一个上的多个动态涡旋元件;以及,
所述涡旋元件可激活到相对于所述表面的中性面向内凹进的第一缩进位置或相对于所述表面的所述中性面向外凸出的第二伸出位置中的任一个;
在所述表面中在所述涡旋元件中的各个的位置处的凹陷,所述涡旋元件包括完全布置在所述凹陷上方的柔性材料层,其中所述材料层在所述第一缩进位置中顺应进入所述凹陷而在所述第二伸出位置中在所述凹陷上方向外展开;以及
与所述材料层一起构造以在所述第一缩进位置和所述第二伸出位置之间移动所述材料层的激活机构。
2. 如权利要求 1 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述材料层在所述第二伸出位置中能够可变化地延伸,以产生具有变化的尺寸或形状的涡旋元件。
3. 如权利要求 1 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述材料层包括压电材料,所述激活机构包括连接到所述压电材料的可控电源。
4. 如权利要求 3 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述电源构造成以便向所述压电材料供应可变功率,使得所述材料层在所述第二伸出位置中能够可变化地延伸,以产生具有变化的尺寸或形状的涡旋元件。
5. 如权利要求 3 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述多个涡旋元件由共同的受控电源进行供应。
6. 如权利要求 3 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述多个涡旋元件分为独立地受控制的组,所述组中的各个组由相应的受控电源进行供应。
7. 如权利要求 3 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述多个涡旋元件由相应的受控电源单独地控制。
8. 如权利要求 1 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述涡旋元件在所述第一缩进位置中以及在所述第二伸出位置中大体上是半球形的。
9. 如权利要求 1 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述涡旋元件包括与所述表面的所述中性面共同延伸的第三中性位置。
10. 如权利要求 1 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,所述涡旋元件形成于所述吸力侧表面和所述压力侧表面上。
11. 如权利要求 1 所述的风力涡轮叶片,其特征在于,还包括结合所述涡旋元件在所述吸力侧表面或所述压力侧表面上提供的多个静态涡旋产生器。
12. 一种风力涡轮,所述风力涡轮包括多个涡轮叶片,所述涡轮叶片中的至少一个包括:
吸力侧表面和压力侧表面;
形成于所述吸力侧表面或所述压力侧表面中的至少一个上的多个动态涡旋元件;
所述涡旋元件可激活到相对于所述表面的中性面向内凹进的第一缩进位置以及相对于所述表面的所述中性面向外凸出的第二伸出位置;
在所述表面中在所述涡旋元件中的各个的位置处的凹陷,所述涡旋元件包括完全布置

在所述凹陷上方的柔性材料层,其中所述材料层在所述第一缩进位置中顺应进入所述凹陷而在所述第二伸出位置中在所述凹陷上方向外展开;以及

与所述材料层一起构造以在所述第一缩进位置和所述第二伸出位置之间移动所述材料层的激活机构。

13. 如权利要求 12 所述的风力涡轮,其特征在于,所述材料层包括压电材料,所述激活机构包括连接到所述压电材料的可控电源。

14. 如权利要求 12 所述的风力涡轮,其特征在于,还包括结合所述涡旋元件构造在所述叶片的所述表面上的多个静态涡旋产生器。

15. 如权利要求 12 所述的风力涡轮,其特征在于,所述涡旋元件在所述第一缩进位置和所述第二伸出位置中大体上是半球形的。

16. 如权利要求 12 所述的风力涡轮,其特征在于,所述涡旋元件包括与所述表面的所述中性面共同延伸的第三中性位置。

带有可控的空气动力学涡旋元件的风力涡轮叶片

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及风力涡轮领域,且更具体而言,涉及具有空气动力学表面构型的涡轮叶片。

背景技术

[0002] 涡轮叶片是风力涡轮的主要元件,其用于将风能转换为电能。该叶片的工作原理类似于飞机机翼的工作原理。该叶片具有翼型件的截面轮廓,使得在运行期间,空气流经该叶片而在两侧面之间产生压差。因此从压力侧朝向吸力侧导向的升力作用在叶片上。该升力在主转子轴上产生转矩,该主转子轴通过齿轮连到发电机上,以产生电力。

[0003] 越过叶片前沿的空气流主要是在粘附流区域中的层流。升力主要在这个粘附流区域中产生。随着空气朝着叶片后沿移动,流分离发生且空气流过渡到隔离流区域,此处该流更加湍流化。流分离取决于许多因素,诸如引入空气流特征(例如雷诺数、风速、流入大气湍流)和叶片特征(例如翼型件截面、叶片弦和厚度、扭转分布、桨距角等)。隔离流区域还导致主要由上游粘附流区域和下游隔离流区域之间的压差引起的阻力的增加。

[0004] 因此,为了在风力涡轮的正常运行期间增加能量转换效率,期望在减小阻力的同时增加升力。为了这个目的,通过使流分离更靠近叶片后沿(也即在叶片的下游区域中)而增大粘附流区域并减小隔离流区域会是有利的。同样,大体期望具有稳定的流分离,以便增加叶片的工作稳定性并减少其噪音产生。

[0005] 在本领域中已知的是通过在叶片表面上增加微坑、凸出或其它结构来改变风力涡轮叶片的空气动力学特性。这些结构通常被称为“涡旋产生器”,并用于在叶片表面上产生空气流的微湍流区域。这导致了在大体上更靠近叶片根部的叶片的相对低速区域中的流过渡稳定性。在更接近叶片尖端的叶片的相对更高速区域处,该涡旋产生器用于使空气流的流分离朝叶片后沿延伸,以产生更多提升并减少阻滞。

[0006] 已知静态或固定涡旋产生元件。例如参考 W02007/065434 ;W000/15961 和美国专利 No. 7604461。这些参考资料中的涡旋元件具有限定的不变的形状、尺寸和构型,且因此用于改变空气流状况的元件的通用性受到了限制。

[0007] 还已知相对于叶片表面部署的可缩进的或枢轴式涡旋产生器。例如参考美国专利 No. 4039161 ;美国专利 No. 5253828 ;美国专利 No. 6105904 ;美国专利 No. 6427948 和 W02007/005687。

[0008] EP1896323B1 描述了平面构件的形式的枢轴式涡旋产生器,其在缩进状态中处于流控制表面上而在伸出状态中从该表面以一定角度枢轴转动。该涡旋产生器可从由加热器促动的形状记忆合金形成。该参考资料描述了可使用其它类型的促动器(包括双压电晶片促动器)向涡旋产生器施加枢轴转动的动作。

[0009] 美国专利 No. 7293959 描述了具有为沿着叶片吸力侧的后沿和前沿以纵向方向延伸的柔性襟翼的形式的升力调节工具的风力涡轮叶片。该襟翼在高风速时被激活以减小叶片的提升。该激活工具可为压电的。

[0010] 尽管在上文引用的参考资料中所讨论的涡旋产生器因为它们被部署为活动状态而可被认为是“动态”的,这些元件在“静止”状态中的用处最小。

[0011] 因此,本行业将从这样的风力涡轮叶片中受益:该风力涡轮叶片具有在更宽范围的风和空气流状况下在活动和非活动两个状态中提供了增强的空气动力学表面特性的动态涡旋产生元件。

发明内容

[0012] 本发明的各方面和优点将在下文的描述中部分地阐述,或者根据本描述它们可以是显然的,或者它们可以通过对本发明的实施而被了解。

[0013] 根据本发明的各方面,提供了具有吸力侧表面和压力侧表面的风力涡轮叶片。多个动态涡旋元件形成在这些表面的任一个或两个上。该涡旋元件可被激活或可部署到相对于该表面的中性面向内凹进的第一缩进位置,涡旋元件在该位置中形成为限定了凹进的涡旋产生元件,以及相对于该表面的中性面向外凸出的第二伸出位置,涡旋元件在该位置中形成为限定了凸出的涡旋产生元件。

[0014] 在一个具体的实施例中,相应的叶片表面包括在其中形成于各个涡旋元件的位置处的凹陷。该涡旋元件可由布置在该凹陷上方的柔性材料层制成。该材料层在第一缩进位置中顺应进入该凹陷中而在第二伸出位置中在该凹陷上方向外展开。可与该材料层一起构造激活机构以在相应的位置之间移动或部署该材料层。在一个特别独特的实施例中,该材料层包括压电材料而该激活机构包括连接到该压电材料的可控电源。供应到该压电材料的功率的特性决定了该材料相对于叶片表面的中性面呈现伸出的还是缩进的构型。该功率特性可变化,以在伸出的构型中产生涡旋元件的相应地变化的形状。该多个涡旋元件可供应有共同的受控电源,使得它们动作一致,或者为了更精确的控制,它们可单独地供应和控制。备选地,该涡旋元件可细分为组,且各组单独地控制。

[0015] 在又一个实施例中,风力涡轮叶片除了动态涡旋元件还可包括静态涡旋元件。该静态元件可与动态涡旋元件隔离或关于动态涡旋元件散布。

[0016] 动态涡旋元件的具体形状和构型不是限制性因素。在一个具体的实施例中,元件在缩进和展开的两个构型中大体上是半球形的形状。涡旋元件的任何期望的形状、定向或其它几何特征在本发明的范围和实质中。

[0017] 在另一个独特的实施例中,涡旋元件也可构造为呈现第三中性位置,其中该元件与叶片表面的中性面共同延伸(co-extensive)而因此与该叶片表面基本齐平。

[0018] 本发明还包括具有一个或多个配置有如本文描述的动态涡旋元件的涡轮叶片的风力涡轮。

[0019] 本发明的这些和其它特征、方面和优点通过参照下文描述和所附权利要求将被更好地理解。结合在本申请文件中并构成本申请文件的一部分的附图示出了本发明的实施例,且与本说明一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0020] 在本申请文件中阐述了本发明的针对本领域一般技术人员而言完整和可实施的公开,包括其最佳模式,其参照了附图,其中:

- [0021] 图 1 是传统风力涡轮的透视图；
- [0022] 图 2 是根据本发明的各方面的风力涡轮叶片的一个实施例的透视图；
- [0023] 图 3 是风力涡轮叶片的一个实施例的图解侧视图；
- [0024] 图 4 是风力涡轮叶片的一个备选实施例的透视图；
- [0025] 图 5 是风力涡轮叶片的一个备选实施例的图解侧视图；
- [0026] 图 6 是相对于涡轮叶片的表面处在伸出位置中的涡旋元件的一个具体实施例的图解侧视和运行图；
- [0027] 图 7 是图 6 的涡旋元件在相对于涡轮叶片的表面的缩进位置中的图解侧视和运行图；
- [0028] 图 8 是涡旋元件的半球形实施例的图解俯视图；以及，
- [0029] 图 9 是涡轮转子轮毂和叶片的主视图。
- [0030] 部件列表
- [0031] 风力涡轮 10
- [0032] 塔架 12
- [0033] 机舱 14
- [0034] 涡轮叶片 16
- [0035] 转子轮毂 18
- [0036] 吸力侧表面 20
- [0037] 压力侧表面 22
- [0038] 涡旋元件 24
- [0039] 涡旋产生器 25
- [0040] 凹陷 26
- [0041] 蒙皮 28
- [0042] 柔性材料层 30
- [0043] 压电材料 32
- [0044] 导线 34
- [0045] 保持环 36
- [0046] 激活机构 38
- [0047] 电源 40
- [0048] 传感器 42
- [0049] 传感器线路 44
- [0050] 中央电源 46
- [0051] 控制器 48
- [0052] 涡旋元件组 50

具体实施方式

[0053] 现将对本发明的实施例进行详细参照，在附图中示出了实施例的一个或多个实例。各个实例通过对本发明的解释而非对本发明的限制的方式提供。事实上，对本领域技术人员来说将会显然的是，在本发明中可以不脱离本发明的范围或精神而作出多种修改和

变化。例如,作为一个实施例的部分来示出或描述的特征可与另一个实施例一起使用而产出一个另外的其它实施例。因此,本发明意图包括处于所附权利要求及其等价物的范围中的这样的修改和变化。

[0054] 图 1 示出了传统结构的风力涡轮 10。该风力涡轮 10 包括塔架 12,机舱 14 安装在其上。多个涡轮叶片 16 安装到转子轮毂 18 上,而该转子轮毂则连接到使主转子轴转动的主凸缘上。风力涡轮功率产生和控制部件容纳在机舱 14 中。提供图 1 的视图仅是为了说明性目的,其将本发明置于示例性的使用领域中。应该明白本发明不限于任何特定类型的风力涡轮构型。

[0055] 图 2 和图 4 描绘了结合了本发明的各方面的风力涡轮叶片 16 的实施例。该叶片 16 包括吸力侧表面 20 和压力侧表面 22。多个动态涡旋元件 24 形成在表面 20 和 22 中的任一个或两者上。在图 2 和图 4 示出的实施例中,涡旋元件 24 被描绘为在吸力侧 20 上。涡旋元件 24 是“动态”的,因为它们在不同的运行位置之间激活或部署。具体而言,涡旋元件 24 被激活到第一缩进位置,其中元件 24 相对于该元件形成于其上的相应表面的中性面向内凹进。在图 7 中描绘了在该缩进状态中的涡旋元件 24 的一个实施例。如图 6 中所描绘的,涡旋元件 24 被部署或激活到相对于涡旋元件形成于其上的表面的中性面向外凸出的第二伸出位置。因此应该明白涡旋元件 24 在第一状态中形成凹进的涡旋产生器而在第二状态中形成凸出的涡旋产生器。

[0056] 涡旋元件 24 可与传统的固定涡旋产生器 25(诸如固定鳍状物、楔形物等等)在涡轮叶片表面上以任何样式组合使用,以修改叶片 16 的空气动力学特性。例如,在图 2 中描绘的实施例中,涂黑的元件是位于叶片 16 的尖端段处的动态涡旋元件 24(凹进或凸出),而较浅的元件是静态或固定涡旋产生器 25。在图 4 的实施例中,动态涡旋元件 24 同静态涡旋产生器 25 一样沿着叶片 16 的长度定位。另外,多个涡旋元件 24 可分为不同的组,其中这些组中的第一个组包括所有在伸出位置中的涡旋元件 24,而分开的不同组包括所有在缩进或凹进位置中的涡旋元件 24。

[0057] 涡旋元件 24 形成于其上的叶片 16 的表面 20、22 形成为具有对应于涡旋元件 24 之间的叶片的光滑表面的中性面。参照图 6,处于其展开状态中的涡旋元件 24 在环绕该涡旋元件 24 的中性面上方延伸了高度 H。类似地,在图 7 的涡旋元件 24 的构型中,元件 24 相对于环绕该涡旋元件 24 的表面的中性面具有凹进深度 D。

[0058] 具体参照图 6 和图 7,叶片 16 包括由诸如模制材料、层压材料等等的任何合适材料形成的外蒙皮 28。在该蒙皮材料 28 中在各个涡旋元件 24 的位置处形成了凹陷 26。涡旋元件 24 包括布置在凹陷 26 上方的柔性材料层 30。在涡旋元件 24 的缩进位置中,该柔性材料层 30 顺应进入凹陷 26 而限定了凹进的涡旋产生器。如图 6 中所描绘,在涡旋元件 24 的第二伸出位置中,柔性材料层 30 在凹陷 26 上方向外展开而相对于蒙皮 28 的中性面限定了凸出的涡旋产生器。柔性材料层 30 可由足够柔韧以顺应进入凹陷 26 和从该凹陷向外展开、同时经受风力涡轮叶片的环境状况的任何材料限定。应该明白本发明不限于任何特定类型的柔性材料层 30。可使用保持环或其它结构 36 来将柔性材料层 30 附连到蒙皮 28。如图 6 和图 7 所示,该环 36 可嵌入到环绕凹陷 26 限定的凹槽或沟道中。在一个备选的实施例中,柔性材料层 30 可粘接或机械地紧固到凹陷 26 周围的蒙皮 28。

[0059] 提供了大体上为 38 的激活机构以在缩进和伸出状态之间部署柔性材料层 30。激

活机构 38 可为任何形式的适当的系统或机构,诸如气动系统、液压系统、电 / 机械系统等等。例如在未在图中示出的一个具体实施例中,凹陷 26 可供应有加压空气源以将柔性材料层 30 展开到图 6 所示的位置。如图 7 中所描绘,要缩进层 30,可以施加吸力,以移除该空气而将层 30 拉入与凹陷 26 顺应。激活机构 38 也可改变在伸出状态中的涡旋元件的凸出程度或范围。例如,气动或液压系统可为能够可变化地调节的,以使得涡旋元件相对于蒙皮 28 的中性表面以变化的程度凸出。

[0060] 在一个特别独特的实施例中,激活机构 38 包括与柔性层材料 30 相结合的压电材料 32。该压电材料 32 可为嵌入或以其它方式附连到柔性层材料 30 的部分上的带状物的形式(如图 8 所示)。在一个备选的实施例中,该压电材料 32 可为以任何期望的样式或构型贯穿柔性材料层 30 而分布的纤维的形式。

[0061] 压电促动器的运行是众所周知的,且因而在此处不需详细描述。大体上,传统的压电纤维复合材料促动器包括装入保护性聚合物基体材料中的一层挤压成型的压电纤维。交叉梳状电极刻蚀或否则沉积到纤维的顶部和底部上的聚合物薄膜层上,以形成可容易地嵌入到多种类型表面中或布置在它们上的促动器层压薄片。供应到压电材料的功率的频率和电压特性支配了该材料被激活时呈现的形状。在本发明的实施中可能有用的一种具体类型的压电材料 32 在例如美国专利 No. 6629341 中描述。然而应该明白,其它压电材料可能也是合适的。

[0062] 图 6 到图 8 将单独的涡旋元件 24 描绘为大体上半球形的形状。如图 8 中所描绘,这种形状可通过使用不同的均等地间隔开的压电材料件来实现,其引起柔性材料层 30 在施加到材料 32 的某电压 / 频率处以大体上均匀的半球形的形状向外凸出,以及在涡旋元件 24 的缩进位置中向内顺应为凹陷 26 的大体上半球形的形状。

[0063] 也可控制供应到压电材料 32 的功率特性,以产生变化的伸出程度,以及因此涡旋元件的变化的形状。

[0064] 然而应该容易明白,涡旋元件 24 不限于任何特定的形状或构型,且可使用压电材料 32 的任何形式或构型来实现涡旋元件的任何期望的形状,包括楔形形状、襟翼等等。

[0065] 压电材料 32 可通过导线 34 由电源进行供应。该导线 34 可结合到保持环结构 36 中,其因此可作为用于与特定涡旋元件 24 相关联的所有多个压电材料件 32 的电分配汇流管或总线。其它用于向压电材料 32 供应功率的构型处于本发明的范围和精神中。

[0066] 在一个具体的实施例中,如图 3 中所描绘,在叶片 16 上的所有或不同组的涡旋元件 24 可由共同的可控电源 40 供应。通过这种构型,与相同电源 40 连通的所有涡旋元件 24 将呈现相同的运行状态。换言之,取决于由共同电源 40 供应的功率的特性,连接到相同电源 40 的一组中的所有元件 24 将或者展开或者缩进。在图 3 所示的实施例中,在吸力侧表面 20 上的涡旋元件 24 由单个电源 40 供应,而在压力侧表面 22 上的元件 24 由不同的电源 40 供应。因此,通过这种安排,在吸力侧上的元件 24 可部署为如图 6 所示的展开状态,而在压力侧 22 上的元件 24 可被激活进入如图 7 所示的凹进状态。图 4 和图 5 示出了一个实施例,其中在相应的表面 20、22 上的涡旋元件 24 由相应的电源 40 单独地控制。以这种方式,可设计凹进和展开的涡旋元件 24 的任何期望的样式或构型,如图 4 所描绘,其中涂黑的元件 24 意图描绘展开的涡旋元件,而阴影更浅的元件 24 意图描绘凹进的涡旋元件。

[0067] 参照图 6 和图 7,在某些情形下可能希望涡旋元件 24 呈现第三运行状态,其中,如

图 6 和图 7 中的虚线所描绘, 涡旋元件 24 的表面与叶片的环绕表面的中性面共同延伸。可能存在有这样的风和空气流状况, 其中由于涡旋元件引进的阻滞, 涡旋元件的有用性或合意性是最小的, 且可能是有害的。在这种状况下, 柔性材料层 30 可被部署为图 6 和图 7 中的虚线构型所示的平坦轮廓状态, 其中元件 24 变为基本上不起作用。

[0068] 图 9 描绘了带有多个根据本发明的各方面构造的叶片 16 的转子轮毂 18。在这个具体的实施例中, 各个叶片 16 包括多组 50 如本文描述的涡旋元件 24。各组 50 和与各个叶片 16 相关联的控制器 48 相连通。取决于用于各个叶片 16 的控制方案, 控制器 48 支配供应到单独的组 50 或供应到各个组 50 中的单独的涡旋元件的电源的特性。而相应的控制器 48 转而与可在轮毂 18 或机舱 14 (图 1) 中可操作地构造的中央控制器 / 电源 46 联系。单独的控制器 48 可响应在叶片 16 的表面上提供的任何形式的传感器 42 检测到的由单独的叶片 16 经历的相应的风或其它环境状况而供应有控制信号。例如, 传感器 42 可为载荷传感器, 失速传感器或可用于确定叶片 16 的空气动力学状况的任何其他类型的传感器。传感器 42 可通过线路 44 向单独的相应控制器 48 供应信号, 以用于与各个相应叶片 16 相关联的涡旋元件 24 的近似实时的控制。

[0069] 仍参照图 9, 还应该明白, 尽管单独的相应的叶片控制可能是合乎需要的, 但这样的控制不是强制性的, 且本发明包括基于通过传感器 42 由任何一个或所有叶片 16 感测到的状况来共同控制与叶片 16 相关联的所有涡旋元件 24。

[0070] 尽管本主题已相对于具体的示例性实施例及其方法进行了详细描述, 但将明白, 本领域的技术人员在获得对前述内容的理解后, 可能很容易对这样的实施例作出变换、变化和等价物。因此, 本公开的范围通过实例而非通过限制 (确定), 且本主题公开不排除包括对本领域一般技术人员来说将会容易地明白的对本主题的这样的修改、变化和 / 或附加。

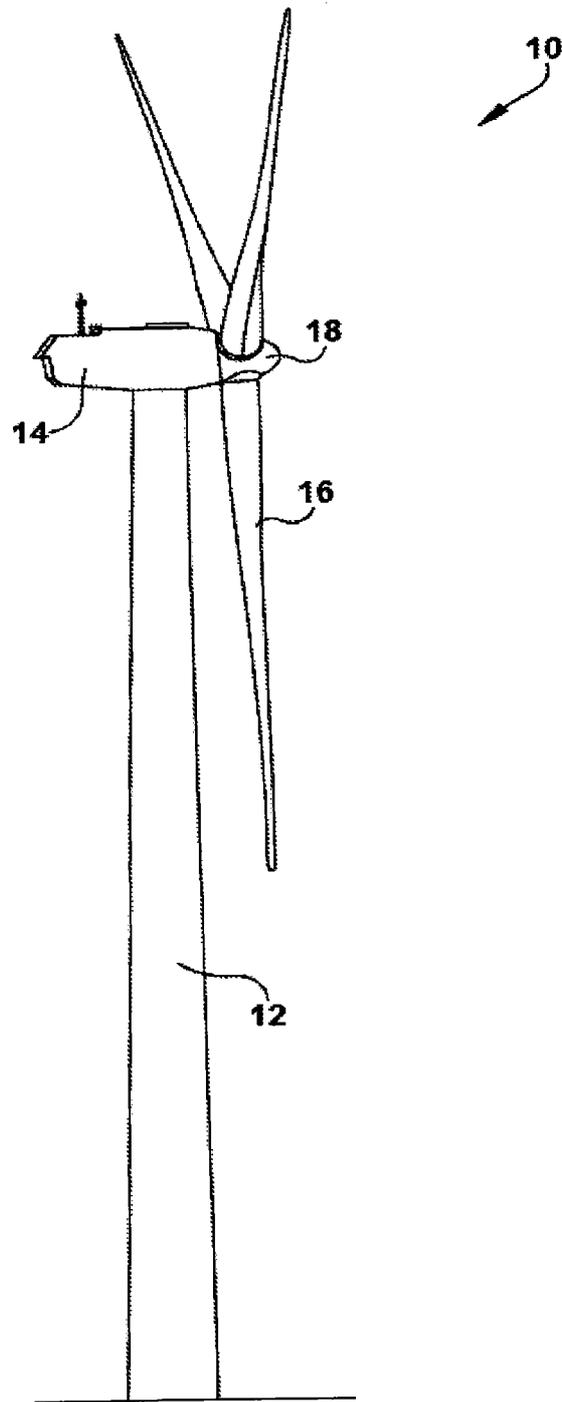


图 1

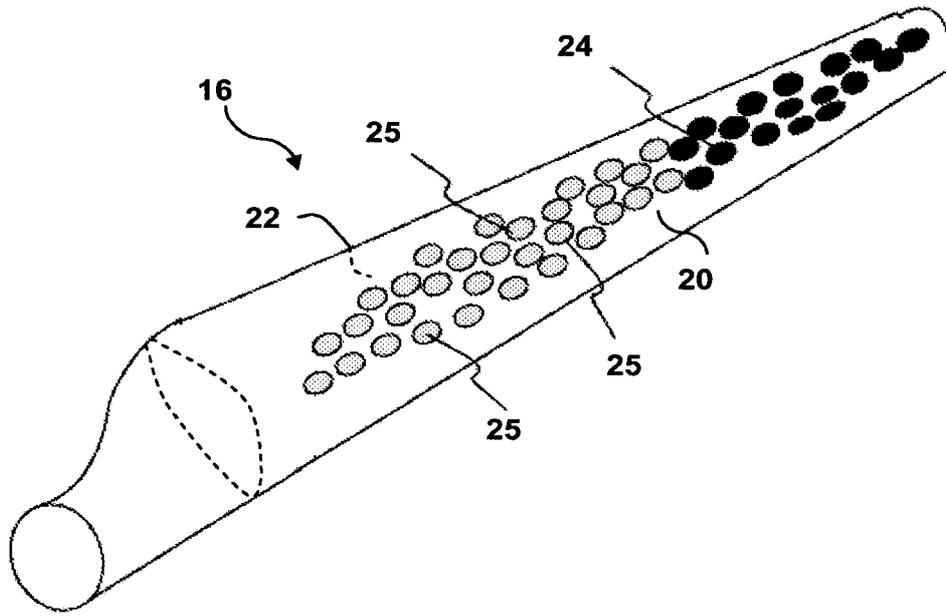


图 2

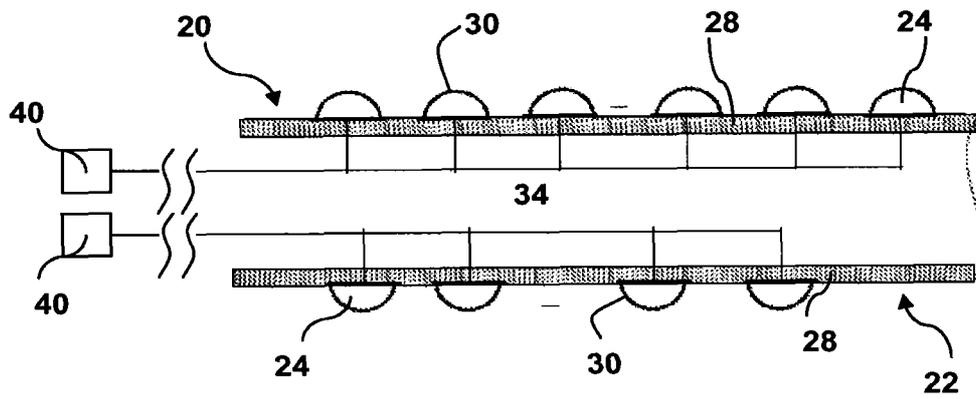


图 3

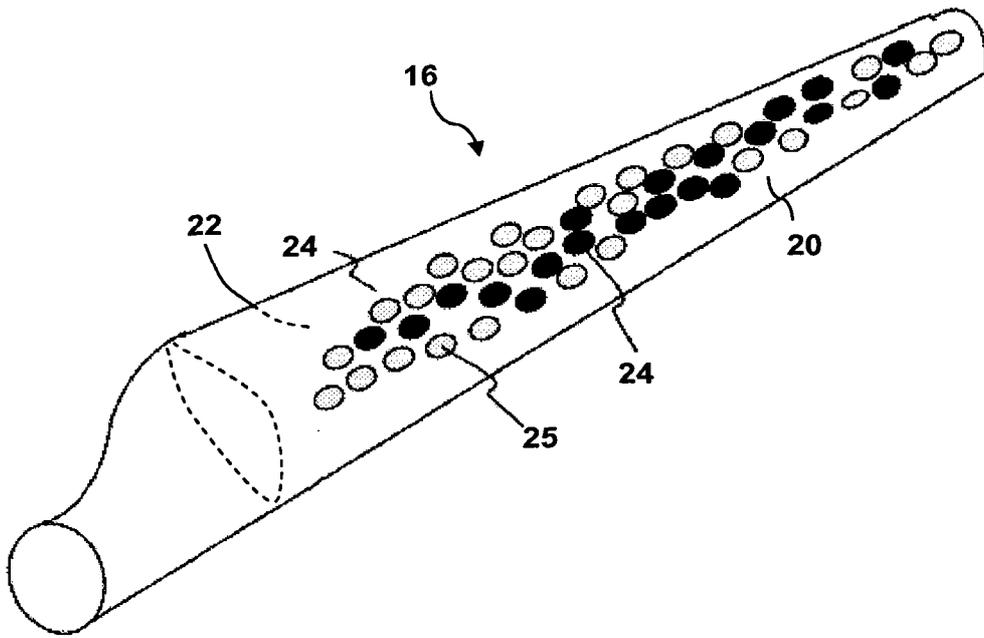


图 4

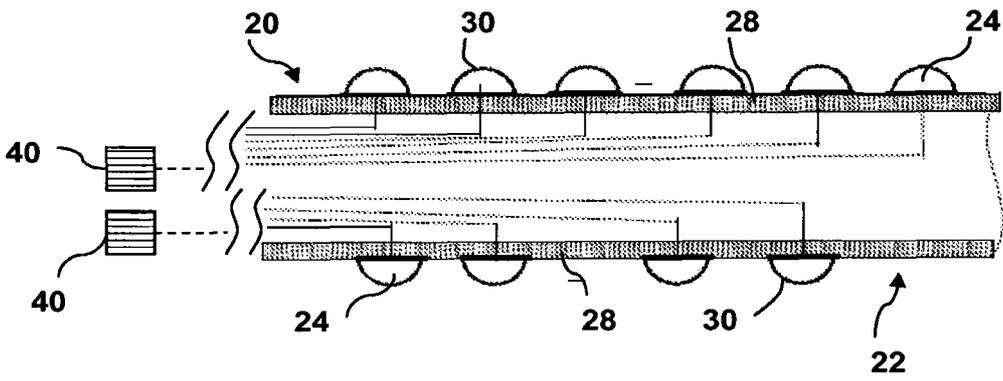


图 5

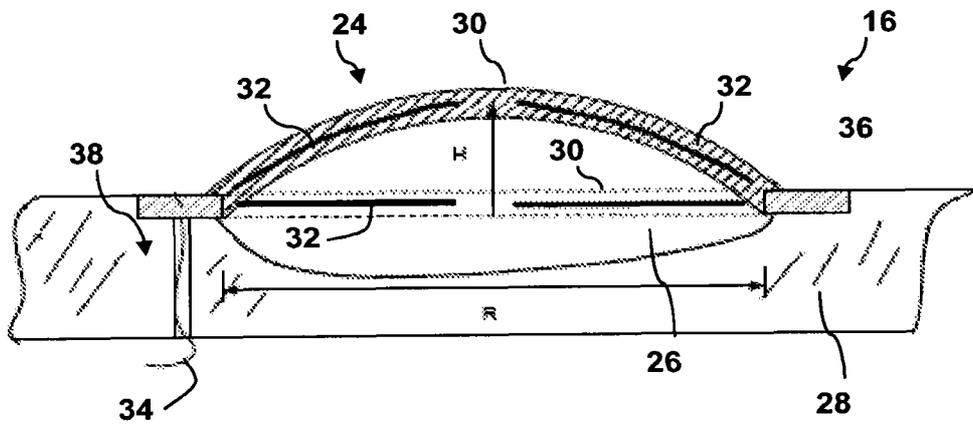


图 6

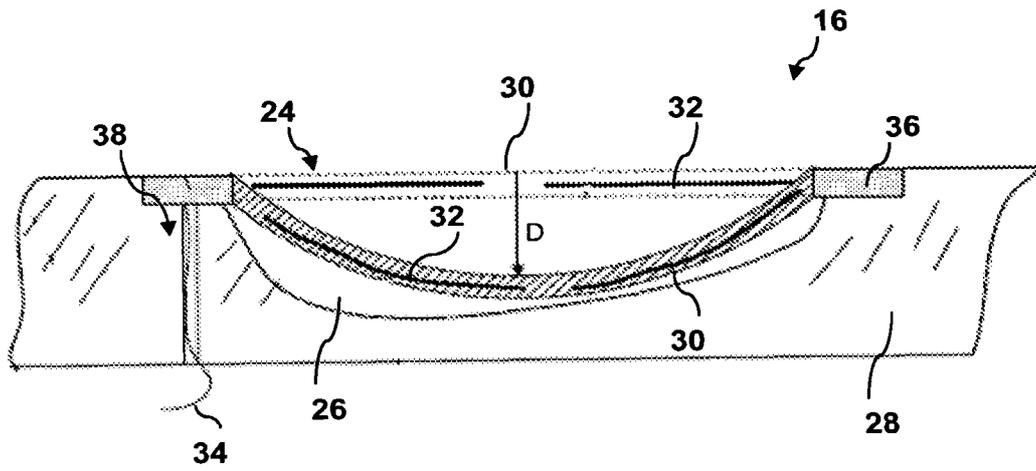


图 7

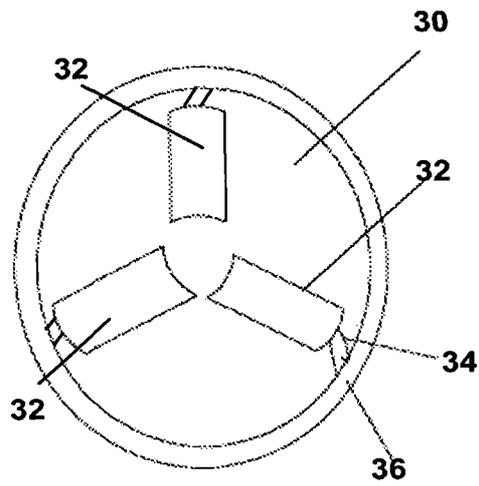


图 8

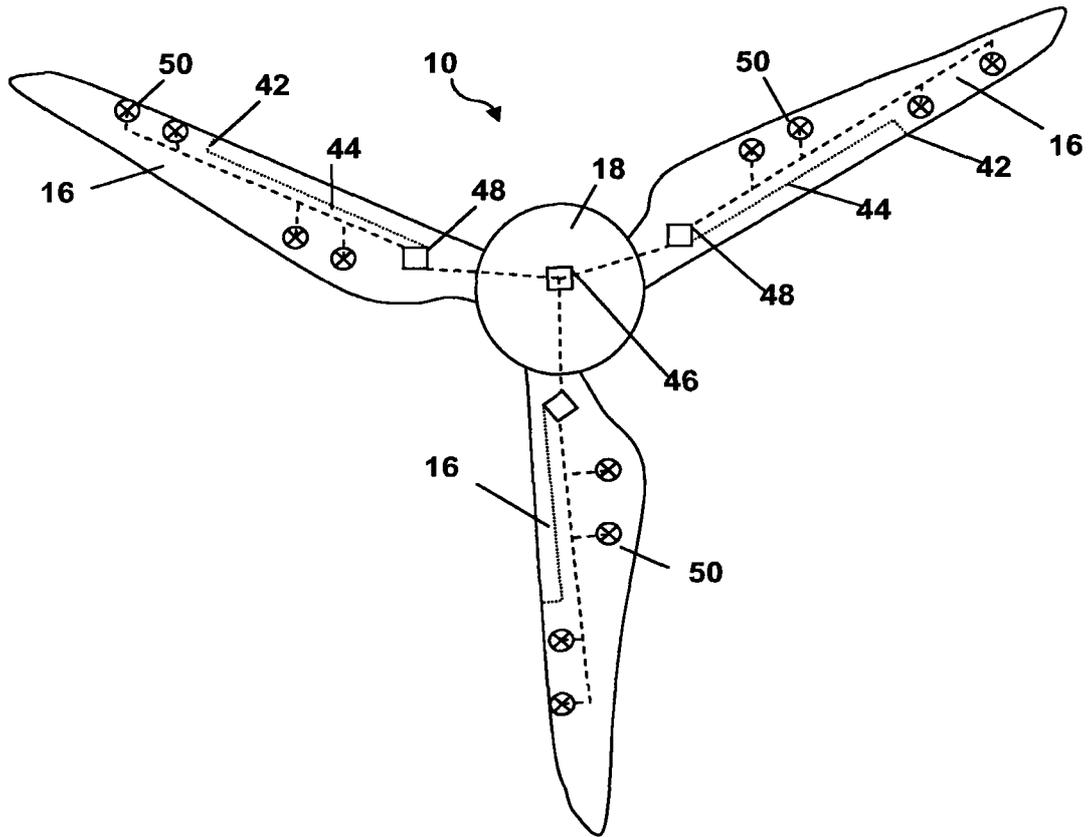


图 9