



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102575643 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 16

(21) 申请号 201080045201. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 10. 08

F03D 1/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

审查员 蔡勇

09172594. 5 2009. 10. 08 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 04. 06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/065075 2010. 10. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/042527 EN 2011. 04. 14

(73) 专利权人 LM 玻璃纤维制品有限公司

地址 丹麦科灵

(72) 发明人 P. 富格尔桑格 S. 博韦

V. v. 苏布拉曼亚姆 B. 伦德

L. E. 詹森 S. K. 拉达克里什南

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李鹏松 杨楷

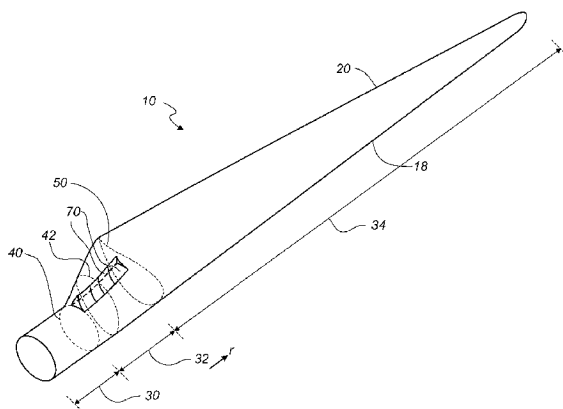
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

具有多个沿纵向延伸的导流装置部分的风力
涡轮机叶片

(57) 摘要

本发明描述了一种风力涡轮机叶片,其具有
附连到叶片压力侧上的外形轮廓的多个导流装置
部分。沿纵向延伸的导流装置部分组合在一起来
形成叶片过渡区中的第一导流装置组。



1. 一种用于风力涡轮机 (2) 的转子的叶片 (10), 所述风力涡轮机 (2) 具有基本水平的转子轴, 所述转子包括轮毂 (8), 当被安装到所述轮毂 (8) 时所述叶片 (10) 从所述轮毂 (8) 基本沿径向方向延伸, 所述叶片具有纵向方向 (r) 以及横向方向, 所述纵向方向 (r) 上具有末端 (14) 和根端 (16), 所述叶片还包括:

- 外形轮廓 (40、42、50), 其包括压力侧和吸力侧、以及前缘 (18) 和后缘 (20), 并有具有在所述前缘 (18) 和后缘 (20) 间延伸的弦长的翼弦, 在受到入射气流冲击时所述外形轮廓产生升力, 其中所述外形轮廓分为:

- 根区 (30), 其离所述轮毂最近具有基本圆形或椭圆形的外形

- 翼区 (34), 其离所述轮毂最远具有升力产生外形, 以及

- 过渡区 (32), 其在所述根区 (30) 与所述翼区 (34) 之间, 所述过渡区 (32) 的外形沿径向方向从所述根区的圆形或椭圆形外形逐渐变化到所述翼区的升力产生外形, 其特征在于,

- 所述叶片设有多个沿纵向延伸的导流装置部分 (70), 其组合在一起以在所述叶片 (10) 的所述过渡区 (32) 中形成第一导流装置组 (77), 所述第一导流装置组至少沿所述过渡区 (32) 的纵向部分延伸, 其中

- 每个所述导流装置部分 (70) 被附连至所述叶片 (10) 的所述压力侧 (52) 上的所述叶片的所述外形轮廓 (40、42、50) 并且从所述外形轮廓 (40、42、50) 突出, 并且其中

- 所述导流装置部分 (70) 被布置成在一起形成面朝叶片前缘的基本连续的第一侧, 以便导流装置部分 (70) 一起形成第一导流装置组 (77), 并且所述导流装置部分布置成且适于在所述叶片受到所述入射气流冲击时, 在所述导流装置部分 (70) 与所述叶片的所述后缘 (20) 之间的点处从所述叶片的所述压力侧产生分离气流。

2. 根据权利要求 1 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述导流装置部分成形为从所述外形轮廓突出的平面元件。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述导流装置部分成形为以便它们具有入流表面, 所述入流表面具有起点 (74) 和终点 (76), 所述起点 (74) 朝向所述叶片 (10) 的所述前缘 (18) 定向, 所述终点 (76) 朝向所述叶片 (10) 的所述后缘 (20) 定向, 所述入流表面 (72) 与所述外形轮廓 (40、42、50) 之间的距离从所述起点 (74) 到所述终点 (76) 增大。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 独立的导流装置部分 (70) 被布置成在所述风力涡轮机叶片的纵向方向上并列。

5. 根据权利要求 4 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述导流装置部分被布置成以便在纵向端处彼此毗连。

6. 根据权利要求 4 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述导流装置部分布置成在所述导流装置部分之间有纵向间距。

7. 根据权利要求 6 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述纵向间距处于 5mm 与 50mm 之间的间隔。

8. 根据权利要求 6 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 相邻的导流装置部分之间的所述间距由挠性体封闭。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述导流装置部分

被布置在公共的沿纵向延伸的底座上。

10. 根据权利要求 9 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述导流装置部分由凹陷分离。

11. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 多个沿纵向延伸的导流装置部分 (70) 包括独立的导流装置部分, 所述独立导流装置部分在所述叶片的纵向方向上至少部分地重叠。

12. 根据权利要求 11 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述独立导流装置部分在所述纵向方向上基本为直的。

13. 根据权利要求 11 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述独立导流装置部分沿所述纵向方向为弯曲的。

14. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述第一导流装置组在所述纵向方向上具有波纹设计。

15. 根据权利要求 7 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述纵向间距处于 5mm 与 40mm 之间的间隔。

16. 根据权利要求 15 所述的用于风力涡轮机的转子的叶片, 其中, 所述纵向间距处于 5mm 与 30mm 之间的间隔。

具有多个沿纵向延伸的导流装置部分的风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于具有基本水平的转子轴的风力涡轮机转子的叶片,所述转子包括轮毂,叶片在安装到轮毂上时基本沿径向方向从轮毂延伸,叶片具有带末端和根端的纵向方向,以及横向方向,其中叶片还包括:外形轮廓(profiled contour),其包括压力侧和吸力侧,以及前缘和后缘,并有具有在前缘和后缘间延伸的弦长的翼弦,外形轮廓在由入射气流冲击时产生升力,其中外形轮廓分成:最接近轮毂具有基本圆形或椭圆形的外形的根区、最远离轮毂具有升力产生外形的翼区,以及根区与翼区之间的过渡区,过渡区具有从根区的圆形或椭圆形外形逐渐地变成翼区的升力产生外形的外形。

背景技术

[0002] 理想地,翼型(airfoil)类型的风力涡轮机叶片成形为类似于飞机机翼的外形,其中叶片的翼弦平面宽度及其一阶导数随离轮毂距离减小而不断地增大。这导致叶片在轮毂附近理想地相对较宽。当必须将叶片安装至轮毂时,这又导致了问题,且此外,由于叶片的大表面面积,这在叶片操作期间引起了极大的负荷,诸如暴风负荷。

[0003] 因此,多年来,叶片的构造已朝向一定的形状发展,其中叶片由下列构成:离轮毂最近的根区;离轮毂最远包括升力产生外形的翼区;以及在根区与翼区之间的过渡区。翼区相对于产生升力具有理想或几乎理想的叶片形状,而根区具有基本圆形的截面,其减小了暴风负荷且使得将叶片安装至轮毂变得更容易及更安全。根区的直径优选为沿整个根区恒定。由于圆形的截面,根区不会促成风力涡轮机生产能量,且实际上由于阻力而使其降低了少许。如其名称所建议的那样,过渡区具有从根区的圆形形状逐渐地变至翼区的翼型外形的形状。通常,过渡区中的叶片宽度随离轮毂距离增大而基本线性地增大。

[0004] 例如,用于风力涡轮机的叶片经过一定时间已变得越来越大,且它们现在可能超过 60 米长,故增加了对优化空气动力性能的需求。风力涡轮机叶片设计成具有至少 20 年的操作寿命。因此,相对叶片总体性能甚至一些细小的变化在风力涡轮机叶片的寿命内都可累积高增长的经济利益,其超过了与该变化相关的附加制造成本。多年来,用于研究的焦点区域已集中于改善叶片的翼区,但在最近几年间,越来越多的焦点也已集中于改善叶片的根部和过渡区的空气动力性能。

[0005] W02007/065434 公开了一种叶片,其中根区设置有凹口和/或凸起,以便从叶片的该部分减少阻力。

[0006] W02007/045244 公开了一种叶片,其中根区和过渡区设计成以便具有至少两个单独(separate)的翼型外形,以便增大这些区域的升力。

[0007] W00208600 描述了一种风力涡轮机,其中风力涡轮机的输出通过向风力涡轮机的根部部段设置构件来增大,该构件被设计成这样的方式:由该构件和根部部段组成的组件可吸收风能且增大风力涡轮机的总体效率。

[0008] W02007/118581 公开了一种叶片,其中叶片的内侧部分在叶片压力侧上设有导流装置,以便通过增加升力来提高叶片的空气动力性能。然而,所提出的设计由于三角形形状

的截面而非常刚硬,且因此当叶片折弯时导流装置具有与叶片表面分离的倾向。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于获得一种新的叶片,且其克服或改善了现有的至少一个缺点,或其提供了有用的替换物。

[0010] 根据本发明的第一方面,叶片设有多个沿纵向延伸的导流装置部分,它们组合在一起以在叶片的过渡区中形成第一导流装置组,第一导流装置组沿过渡区的至少纵向部分延伸,其中各导流装置部分被加至叶片压力侧上的叶片外形轮廓,其中导流装置部分布置成以便当叶片受到入射气流冲击时,在导流装置部分与叶片后缘之间的点处从叶片压力侧产生分离气流。由此很清楚的是,导流装置部分布置在前缘与后缘之间离后缘有一定距离处(即有间距)。增加的装置部分有利地从叶片外形轮廓突出。

[0011] 因此,第一导流装置组尤其在叶片纵向方向上可包括单独的或模块化的部分。模块构造使得构造更为灵活,且减小了导流装置部分端部处的剥落力。因此,模块部分具有从叶片表面脱离的较小倾向。

[0012] 沿纵向延伸意思是导流装置部分基本沿叶片纵向方向延伸。因此,装置部分通常具有第一侧(离前缘最近)和第二侧(离后缘最近),以及第一纵向端(离根端最近)和第二纵向端(末端离末端最近)。

[0013] 有利地,第一侧基本面朝叶片的前缘。

[0014] 导流装置优选为永久性地附连至风力涡轮机叶片的表面,且不能受到主动地控制。因此,前表面的定向是非可调的。另外,还认识到导流装置用于增大升力和能量产出。因此,导流装置可替换地表示为高升力装置。

[0015] 入射流意为叶片正常使用期间(即在风力涡轮机转子上旋转)在叶片部段处的入流状态。因此,如叶片局部部段所见,进入流为轴向风速和旋转分量的合成矢量所形成的入流。迎面而来的流体意为撞击(impinging)导流装置的流体,即,接触和撞击导流装置的叶片压力侧上的局部流体。

[0016] 根据一个实施例,导流装置部分为扰流器装置部分。另外,必须指出的是,该部分优选为不可调的并且布置成增大风力涡轮机叶片的升力,且因此增加了风力涡轮机的能量产出。因此,扰流器部分不用于阻断目的(break purpose)。

[0017] 根据有利的实施例,导流装置部分包括从外形突出的平面或板形元件。因此,提供了导流装置部分的特别简单的设计。此外,该设计比非常刚硬的典型楔形设计更为灵活。因此,平面设计具有高接合负载的倾向较小,高接合负载在最坏的情况下,可使得导流装置部分从风力涡轮机叶片的表面脱离。

[0018] 根据有利的实施例,导流装置部分在一起形成面朝叶片前缘的基本连续的第一侧,以便导流装置部分一起形成导流装置,其布置成且适于形成导流装置与叶片后缘之间的分离气流。

[0019] 根据一个有利的实施例,导流装置部分成形为以便它们具有入流表面,入流表面具有定向于朝向叶片前缘的起点和定向于朝向叶片后缘的终点,入流表面与外形轮廓之间的距离从起点增大至终点。因此,导流装置部分可具有基本楔形或三角形形状的外形。然而,入流表面也可由向后或朝向叶片后缘定向的平面元件提供。入流表面的角和入流

表面远端点的表面高度有利地对应于由本申请人分别在欧洲专利申请 EP08171530.2 和 EP08171533.6 中所描述的那些。

[0020] 根据有利的实施例,叶片的导流装置具有前表面,前表面面朝迎面而来的气流,且具有定位在外形轮廓处的近端点和定位成离叶片外形轮廓有一定距离(即有间隔)的远端点,其中外形轮廓在近端点处具有表面法线,并且其中导流装置的前表面包括至少一个第一部分,至少一个第一部分朝向迎面而来的气流成角,以便所述第一部分的第一平均切线或中线与表面法线成大于 0 度的第一角。

[0021] 因此,从近端点看,导流装置的前表面朝向迎面而来的气流成角,且因此还朝向叶片的前缘成角。因此,当叶片外形轮廓受到入射气流冲击时,导流装置在前表面前方产生气穴,这增大了导流装置前方的局部压力,且这引导了导流装置周围的气流。此外,导流装置作用为阻碍外形压力侧上的流体。气流的分离出现在导流装置的下游,即,通常在导流装置与叶片后缘之间。由于流体的分开,这种阻碍在导流装置之后(即,导流装置与风力涡轮机叶片后缘之间)导致了较高的压力。因此,压力在导流装置的前方和后方增大,这继而又在该部段的控制流入角下显著地增大了叶片该部段的升力。相比于没有这种导流装置的常规风力涡轮机叶片,潜在性能改善的现实估计为年能量产出的 1% 至 2%。

[0022] 术语平均切线或中线在此意为前表面第一部分平均朝向迎面而来的流体成角。这对应于与朝迎面而来的流体和叶片前缘成角的导流装置的前表面第一部分的线性匹配。

[0023] 向前成角的第一部分还导致与外形相切,且前表面第一部分的切线或中线形成小于 90 度的角。

[0024] 从定义上清楚的是,前表面可包括第二部分,第二部分不朝迎面而来的流体和叶片前缘成角。

[0025] 根据有利的实施例,第一角为至少 5 度、或至少 10 度、或至少 15 度。第一角甚至可为至少 20 度、或至少 25 度、或至少 30 度。角越大就可越有效地提供气穴,且还可减小阻力,因为前表面不必从表面突出同样多来提供导流装置前方的压力累积(build up)。另一方面,甚至更大的角使得导流装置的有效高度更小。

[0026] 根据另一个有利实施例,前表面为凹的。导流装置的前表面可引导气流穿过凹的表面,且因此有助于进一步在导流装置前方形成再循环区域。

[0027] 然而,根据另一个简单并且有利的实施例,前表面基本为直的。因此,前表面的第一部分沿整个前表面延伸。

[0028] 根据另一个实施例,前表面平均朝向迎面而来的流体成角。换言之,近端点与远端点之间所绘制的线将朝向迎面而来的流体和叶片前缘成角,且因此与表面法线形成大于 0 度的角。

[0029] 仍根据另一个有利的实施例,前表面的第一部分定位在前表面的外部部分处,即,离前表面远端点最近的部分。因此,前表面的外部部分将使流体移离叶片表面、围绕在导流装置周围,且然后在导流装置与后缘之间的区域中移离叶片表面。这在导流装置之前和之后形成再循环流体区域。

[0030] 根据本发明的一个实施例,导流装置的至少第一部分的第一平均切线或中线(或线性配合线)相比于翼弦法线的第二法线也向前成角,以便所述线和第二法线形成至少 0 度的第二角。相似地,第二角可为至少 5 度、或至少 10 度、或至少 15 度、或至少 20 度。

[0031] 有利地,导流装置部分布置成以便当叶片受到入射气流冲击时,在导流装置部分与叶片后缘之间的点处从与叶片压力侧产生分离气流。因此,在导流装置部分与叶片后缘之间的横向方向上提供了压力累积,从而增大了叶片在该特定部段上的升力。

[0032] 根据一个有利的实施例,独立导流部分布置成在风力涡轮机叶片的纵向方向上并列。因此,独立的导流装置部分优选提供为单独的装置,其可独立地安装在叶片表面上。

[0033] 导流部分可布置成以便在纵向端彼此毗连。因此,迎面而来的流体将不具有成为独立导流装置部分周围的流体的倾向。导流装置部分有利地彼此基本齐平。

[0034] 可替换地,导流部分布置成在导流装置部分之间有纵向间距。这向第一导流装置组的纵向方向增加了进一步小的灵活度。有利的是,纵向间距处于 5mm 与 50mm 之间、或 5mm 与 40mm 之间、或 5mm 与 30mm 之间的间隔。间隙甚至可在 5mm 与 20mm 之间。

[0035] 根据一个有利的实施例,相邻导流部分之间的间距利用挠性体封闭,例如,挠性体由橡胶材料制成。因此,挠性体设置在相邻导流装置部分之间的间距中,因此确保了气流不会围绕独立的导流装置部分流体。因此,确保了沿第一导流装置组的整个纵向程度来实现压力累积,且保持了组的灵活性。因此,消除了由间距引起的噪音。

[0036] 根据有利的实施例,导流装置部分布置在公共的沿纵向延伸的底座上。因此,底座通常包括第一侧和第二侧,以及第一纵向端和第二纵向端。在有利的实施例中,基本平面的元件或肋从底座突出,且基本沿底座的整个纵向程度延伸。平面元件可从底座的第一侧或第二侧突出,且因此设置成类似于角材。可替换地,平面元件或肋可布置在第一侧与第二侧之间,例如,底座的中部部分。

[0037] 根据另一个有利的实施例,导流装置部分通过凹陷分离。凹陷优选地从扰流器装置的顶部位置或导流装置部分延伸,且向下至底座部分。因此,形成了导流装置部分之间的间距。这给叶片纵向方向上进一步增加灵活性提供了可替换的设计。凹陷可包括底部部分,即,离底座和风力涡轮机叶片最近的部分,其中键孔设计被设置在所述底部部分处,键孔具有直径,该直径大于凹陷的直接宽度。这甚至将进一步减小应力集中和剥落力。

[0038] 根据又一个有利的实施例,多个沿纵向延伸的导流装置部分包括独立的导流装置部分,其在叶片纵向方向上至少部分地重叠 (overlap)。因此,独立导流装置部分沿叶片横向方向独立地位移 (displace)。因此,第一导流装置的第一端延伸超过第二导流装置部分第二端的径向位置。

[0039] 在一个实施例中,独立导流装置部分在纵向方向上基本为直的。在另一个实施例中,独立导流装置部分在纵向方向上弯曲。例如,每隔一个导流装置部分可为凸的,而其它为凹的。这也可与部分重叠的设计结合。

[0040] 仍根据另一个有利的实施例,第一导流装置组具有沿纵向方向的波纹设计,有利的是至少在板形元件的远端点处。例如,该设计可在纵向方向上为波纹的,且包括分别凹的和凸的交替导流装置部分。可替换地,可使用梯形形状设计。这些设计的优点在于:当叶片折弯时,导流装置部分可在纵向方向上略微地伸展。独立导流装置部分也可为波纹的。

[0041] 仍在另一个有利的实施例中,第一导流装置组的挠性和刚性可在叶片纵向方向上例如周期性地变化。因此,第一导流装置组可包括具有第一刚度的第一导流装置,以及具有第二刚度的第二中间导流装置。例如,这可通过使用叶片纵向方向上的不同层来实现,或通过改变由纤维增强的复合材料制成的这些部分的纤维方向来实现。另外,有可能通过将导

流装置制造为具有不同夹层核心材料（例如泡沫塑料和轻木）的夹层结构来实现变化的刚度。因此，可以看到，第一导流装置组原则上可形成成为单个单元，且被安装到风力涡轮机叶片的表面。

[0042] 作为优选，导流装置组形成成为沿纵向延伸的装置。根据有利的实施例，导流装置组沿风力涡轮机叶片纵向程度的至少 5% 延伸。另外，导流装置组的纵向程度可为叶片纵向程度或长度的至少 7%、10%、15% 或甚至 20%。

[0043] 根据另一个实施例，沿纵向延伸的导流装置组沿叶片的至少 1 米、或风力涡轮机叶片的至少 2 米、或至少 3 米、或至少 4 米、或至少 5 米、或至少 6 米、或甚至至少 8 米、或 10 米延伸。

[0044] 在一个实施例中，在导流装置组的至少中心纵向部分中，从导流装置组远端点至外形轮廓（或换言之是导流装置组的高度）的最小距离沿纵向方向朝末端减小。可替换地，导流装置组的高度可至少在导流装置组的中心部分为基本恒定的。该高度在纵向方向上可随着高度增大的部分和高度减小的部分而变化。

[0045] 根据有利的实施例，风力涡轮机叶片设有附连到外形轮廓的许多沿纵向延伸的导流装置部分，该导流装置部分包括：底座，其具有离根端最近的第一纵向端和末端离末端最近的第二纵向端、离前缘最近的第一侧和离后缘最近的第二侧、以及第一表面和第二表面，底座的第一表面附连至外形轮廓，且第二表面背离外形轮廓，其中沿纵向延伸的基本板形的元件从底座的第二表面沿从第一端朝向第二端的方向突出。

[0046] 相比于 W02007/118581 中所描述的扰流器的已知结构，该结构具有的优点在于其更为灵活，且将减小导流装置部分端部处的剥落力。因此，底座具有与叶片表面脱离的较低倾向。类似于 W02007/118581 中所述的扰流器装置，本装置可用作高升力装置用于将升力加至叶片的某些纵向区域，因此促成年能量产出。

[0047] 导流装置有利的是布置成基本平行于风力涡轮机叶片的纵轴线，例如，俯仰轴。因此，导流装置的纵向方向和叶片的纵轴线形成小于 30 度、或小于 20 度的角。

[0048] 导流装置优选为永久性地附连至风力涡轮机叶片的表面，且不能受到未主动地控制。因此，前表面的定向是非可调的。另外，还认识到导流装置用于增大升力和能量产出。因此，导流装置可替换地被表示为高升力装置。

[0049] 根据有利的实施例，外形轮廓分成：离轮毂最近具有基本上为圆形或椭圆形的外形的根区；离轮毂最远具有升力产生外形的翼区；以及在根区与翼区之间的过渡区，过渡区的外形沿径向方向从根区的圆形或椭圆形外形逐渐地变化到翼区的升力产生外形。这对应于常规的、现代风力涡轮机叶片的设计。

[0050] 根据特别有利的实施例，导流装置布置在外形轮廓的过渡区中，优选是在叶片的压力侧上。该装置可增大过渡区中的升力，且因此促成能量产出。有利地，导流装置基本沿过渡区的整个纵向程度延伸，因此促成沿整个过渡区的升力的增大。

[0051] 另外，导流装置可有利地延伸到翼区中。这将使升力加至翼区，且因此增大了年能量产出。原则上，其还可延伸到根区中。另外，导流装置可独自布置在根区中，或独自布置在翼区中。

[0052] 根据一个有利的实施例，板形元件基本沿底座的整个纵向程度延伸。

[0053] 根据第一个实施例，板形元件从底座的第一侧或第二侧突出。因此，提供了简单的

实施例,其中导流装置同样形成为角材。根据第二个实施例,板形元件从底座第一侧与第二侧之间的点突出,例如,中部部分。因此,板形元件可基本从底座中部延伸。

[0054] 根据一个有利的实施例,板形元件基本为平面。这提供了制造容易且便宜的简单实施例。根据另一个有利的实施例,板形元件为弯曲的,例如,凸的或凹的。这在某些情形中可能有利,例如,以便获得从叶片表面至板形元件的光滑过渡。板形元件可模制成弯曲的形状,或形成为平面元件,其随后被折弯成所期望的形状。

[0055] 在根据本发明的一个实施例中,在附连点处的板形元件与底座形成第一角,第一角为最大 80 度,有利的为最大 70 度,更有利的为最大 60 度。根据另一个实施例,第一角为至少 100 度、或有利的为至少 110 度、或更有利的为至少 120 度。如果在底座的第一侧或第二侧处发现附连点,则该实施例是特别相关的。这些实施例提供了简单的方案来使板形向前或向后成角,其还促成叶片压力侧上的压力累积。

[0056] 根据第一个有利的实施例,板形元件朝向叶片后缘成角。因此,板形元件基本定位在后缘与附连点处的底座的表面法线之间(或从入流看,在所述表面法线后方)。在该实施例中,板形元件具有与 W02007/118581 中所公开的扰流器的入流表面符合的入流表面。入流表面的角和入流表面远端点的表面高度有利地与由本申请人分别在欧洲专利申请 EP08171530.2 和 EP08171533.6 中所描述的那些符合。然而,例如,相比于 W02007/118581,该设计具有巨大结构优点在于并不刚硬。

[0057] 根据第二个有利的实施例,将板形元件朝向叶片的前缘成角。因此,将板形元件基本定位在前缘与在附连点处的底座的表面法线之间(或从入流看,在所述表面法线的前方)。因此,当叶片的外形轮廓受到入射气流冲击时,导流装置在前表面前方产生气穴,这增大了导流装置前方的压力,且其引导了导流装置周围的气流。

[0058] 优选地,导流装置形成为沿纵向延伸的装置。根据有利的实施例,导流装置沿风力涡轮机叶片的纵向程度的至少 5% 延伸。另外,导流装置的纵向程度可为叶片纵向程度或长度的至少 7%、10%、15% 或甚至 20%。

[0059] 根据另一个实施例,沿纵向延伸的导流装置沿叶片的至少 1 米、或风力涡轮机叶片的至少 2 米、或至少 3 米、或至少 4 米、或至少 5 米、或至少 6 米、或甚至至少 8 米、或 10 米延伸。

[0060] 在一个实施例中,在导流装置的至少中心纵向部分中,从远端点至外形轮廓的最小距离(或换言之是导流装置的高度)在纵向方向朝向末端减小。可替换地,导流装置的高度在导流装置的至少中心部分为基本恒定的。该高度可在纵向方向上随着高度增大的交替部分和高度减小的部分而变化。

[0061] 在一个有利的实施例中,底座由挠性材料形成。因此,底座的抗弯刚度可减小,且可折弯底座来配合叶片表面,而不会在底座与板形元件之间的结合线(bond line)中引入大的应力。例如,这可通过将底座形成为复合结构而获得,诸如利用玻璃纤维增强的聚合物基材料。聚合物基材料可例如为聚氨酯甲酸乙酯树脂(polyurethane resin)。另外,底座可由聚合材料制成,诸如 ABS 塑料或聚碳酸酯(polycarbonate)。

[0062] 有利地,导流装置的纵向程度为至少 0.5 米、或至少 1 米、或至少 2 米、或至少 3 米。另外,底座的宽度,即,底座的第一侧与第二侧之间的距离,有利地在 20cm 与 100cm 之间、或 20cm 与 70cm 之间。

[0063] 根据一个有利的实施例,底座的第一表面为弯曲的,且第一表面的曲率可选地在底座的纵向方向上变化。因此,该形状可基本匹配风力涡轮机叶片外形轮廓在纵向上变化的表面曲率。然而,根据一个有利的实施例,底座为平面。因此,可行的是将导流装置制造为压出或挤出的元件。

[0064] 风力涡轮机叶片有利地可由复合结构制成,如由纤维材料增强的聚合物基。树脂可为热固性树脂,诸如环氧树脂(epoxy)、乙烯基酯(vinylester)、聚酯(polyester)。树脂还可为热塑性塑料,诸如尼龙、PVC、ABS、聚丙烯(polypropylene)或聚乙烯(polyethylene)。另外,树脂可为热固性热塑性塑料,诸如可循环的PBT或PET。导流装置也可由这些复合材料制成。聚合物基材料还可为聚氨基甲酸酯树脂。另外,底座可由聚合材料制成,诸如ABS塑料或聚碳酸酯。

[0065] 导流装置(或导流装置部分)可通过将其粘合到叶片表面上而附连到叶片表面。其还可被螺接或铆接至叶片表面。其还可通过使用螺钉来安装到叶片表面上。原则上,如果导流装置和/或叶片包括可磁化材料,则还有可能通过使用磁性装置将导流装置附连至叶片表面。

[0066] 此外,本发明认识到,根据本发明的导流装置部分还可用作Gurney襟翼状装置(即,布置在叶片后缘处),而不适于在装置部分与后缘之间产生分离气流。

[0067] 根据另一方面,本发明提供了一种风力涡轮机,其包括根据任一前述实施例的许多叶片,优选为两个或三个。

附图说明

[0068] 在下文中参照附图详细阐述了本发明,在附图中:

[0069] 图1示出了风力涡轮机,

[0070] 图2示出了设有根据本发明的导流装置部分的风力涡轮机叶片的第一实施例的示意图,

[0071] 图3示出了翼型外形的示意图,

[0072] 图4示出了根据本发明的导流装置部分的各种截面的设计,

[0073] 图5示出了设有根据本发明的导流装置部分的风力涡轮机叶片的第二实施例的示意图,

[0074] 图6示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分的第一实施例的示意图,

[0075] 图7示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第一实施例的示意图,

[0076] 图8示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第二实施例的示意图,

[0077] 图9示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分的第三实施例的示意图,

[0078] 图10示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第三实施例的示意图,

[0079] 图11示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第四实施例的示意图,

[0080] 图12示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第五实施例的示意图,

[0081] 图13示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第六实施例的示意图,

[0082] 图14示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第七实施例的示意图,

[0083] 图15示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分的第八实施例的示意图,

[0084] 图16示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分的第九实施例的示意图,

- [0085] 图 17 示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分的第十实施例的示意图，
- [0086] 图 18 示出了根据本发明的导流装置部分的第一实施例的示意图，
- [0087] 图 19 示出了根据本发明的导流装置部分的第二实施例的示意图，
- [0088] 图 20 示出了根据本发明的导流装置部分的各种设计的截面，
- [0089] 图 21 图示了导流装置部分附连至风力涡轮机叶片表面，
- [0090] 图 22 示出了根据本发明的、随离轮毂径向距离变化的第一导流装置的后缘高度，
- [0091] 图 23a 示出了根据本发明的、随离轮毂径向距离变化的第二导流装置的后缘高度，
- [0092] 图 23b 示出了根据本发明的、随离轮毂径向距离变化的第三导流装置的后缘高度，
- [0093] 图 24 示出了设有加强构件的导流装置部分的实施例，以及
- [0094] 图 25 示出了其中装置部分的端部设有切口的实施例。

具体实施方式

[0095] 图 1 图示了根据所谓“丹麦概念(Danish concept)”的常规的现代的逆风风力涡轮机，其具有塔架 4、机舱 6 和转子，转子具有基本水平的转子轴。转子包括轮毂 8 和从轮毂 8 径向延伸的三个叶片 10，每个叶片具有离轮毂最近的叶片根部 16 和离轮毂 8 最远的叶片末端 14。

[0096] 图 3 示出了用各种参数所描述的风力涡轮机的典型叶片的翼型外形 50 的示意图，这些参数通常用于限定翼型的几何形状。翼型外形 50 具有压力侧 52 和吸力侧 54，在使用期间——即在转子旋转期间——，通常分别面朝迎风侧和背风侧。翼型 50 具有翼弦 60，翼弦 60 具有在叶片的前缘 56 与后缘 58 之间延伸的弦长 c 。翼型 50 具有厚度 t ，其限定为压力侧 52 与吸力侧 54 之间的距离。翼型的厚度 t 沿翼弦 60 而变化。弧线 62 给出了称外形的偏离，其为穿过翼型外形 50 的中线。通过从前缘 56 到后缘 58 画出的内切圆能够找到中线。中线依循这些内切圆的中心，并且距翼弦 60 的偏离或距离被称为弧高 f 。通过使用称为上弧和下弧的参数也能够限定不对称，其被分别地限定为从翼弦 60 到压力侧 54 及吸力侧 52 的距离。

[0097] 图 2 示出了根据本发明的风力涡轮机叶片 10 的第一实施例的示意图。风力涡轮机叶片 10 具有常规的风力涡轮机叶片的形状，且包括离轮毂最近的根区 30、离轮毂最远的成型或翼区 34、以及在根区 30 与翼区 34 之间的过渡区 32。叶片 10 包括前缘 18 和后缘 20，在叶片安装到轮毂上时前缘 18 面向叶片 10 的旋转方向，后缘 20 面向前缘 18 的相反方向。

[0098] 翼区 34(也称为外形区(profiled region))具有相对于产生升力理想的或几乎理想的叶片形状，而出于结构上的考虑，根区 30 而具有基本圆形或椭圆形的截面，例如，这使得将叶片 10 安装至轮毂更容易且更安全。根区 30 的直径(或翼弦)沿整个根区 30 通常是恒定的。过渡区 32 具有过渡外形 42，过渡外形 42 逐渐从根区 30 的圆形或椭圆形形状 40 改变成翼区 34 的翼型外形 50。过渡区 32 的宽度通常随离轮毂的距离 r 的增大而基本线性地增大。

[0099] 翼区 34 具有翼型外形 50，该翼型外形 50 具有在叶片 10 的前缘 18 与后缘 20 之间延伸的翼弦。翼弦的宽度随着离轮毂的距离 r 的增大而减小。

[0100] 由于叶片可以被扭转和/或弯曲(即预折弯),叶片的不同部段的翼弦通常不会位于一个公共平面中,从而为翼弦平面提供了相应的扭转和/或弯曲的路线,这是最通常的情况,以便补偿取决于离轮毂的半径的叶片的局部速度。

[0101] 根据本发明的风力涡轮机叶片 10 设有许多导流装置部分 70,其被组在一起且至少在叶片过渡区 32 中从叶片的压力侧突出。然而,有利的是导流装置部分 70 还可延伸到叶片的翼区 34 和/或根区 30 中。

[0102] 导流装置部分的截面设计可采用许多形状,且仍在叶片压力侧上获得了压力累积,且因此增大了特定的叶片部段的升力。作为第一实例,导流装置部分可包括板形元件或肋,其如图 4(a) 中所示出的朝向叶片前缘向前成角。在该实施例中,板形元件定位于在板形元件附连点处的外形轮廓法线的前方,即,在所述法线与叶片前缘之间。该实施例具有的优点在于在导流装置部分的前方累积有附加的压力。图 4(b) 中示出了第二实例,其中板形元件朝向叶片后缘向后成角。图 4(c) 中示出了第三实例,其中板形元件基本垂直于风力涡轮机叶片表面突出。图 4(d) 中示出了第四实例,其中导流装置部分包括类似于 WO2007/118581 中所示那些的三角形或楔形的截面。

[0103] 在图 4(b) 和图 4(d) 中,导流装置部分包括具有起点和终点的入流表面。入流表面的角和形状有利地与本申请人在欧洲专利申请 EP08171530.2 中所提出的设计相符合。在图 4(a)-(d) 中,导流装置远端点至叶片表面的距离有利地与本申请人在欧洲专利申请 EP08171533.6 中所提出的设计相符合。

[0104] 图 18 示出了根据本发明的导流装置部分 70' 的第一实施例。导流装置形成成为具有底座 90 的沿纵向延伸的装置。底座 90 包括第一纵向端 91 和第二纵向端 92,第一纵向端 91——当导流装置 70' 附连至风力涡轮机叶片 10 的外形轮廓上时——被布置成离叶片的根端最近,第二纵向端 92 被布置成离叶片 10 的末端最近。底座 90 还包括第一侧 93 和第二侧 94,第一侧 93 被布置成离叶片 10 前缘 18 最近,第二侧 94 被布置成离叶片的后缘 20 最近。底座 90 还包括附连至叶片 10 表面上的第一表面 95,以及背离叶片 10 的表面的第二表面。板形元件 97 从底座 90 的第二表面 96、从第一侧 93 与第二侧 94 之间的中部突出。板形元件 97 沿底座 90 的整个纵向程度沿纵向延伸。板形元件包括前表面 98 和后表面 99,前表面 98 面朝叶片 10 的前缘 18,后表面 98 面朝叶片 10 后缘 20。在风力涡轮机的操作期间,板形 97 元件的前表面 98 因此受到迎面而来的气流冲击。板形元件 97 作用为阻碍外形的压力侧上流体。气流分离出现在导流装置之后,即,在导流装置与叶片后缘之间。由于流体的分离,这种阻碍在导流装置之后(即,导流装置与风力涡轮机叶片后缘之间)导致了较高的压力。这种较高压力促成在纵向部段中有较高的升力,流动引导装置 70' 被布置在纵向部段中。

[0105] 图 19 示出了根据本发明的导流装置部分 170' 的第二实施例,其中相似的数字表示图 18 中所示出的实施例的相似部分。因此,仅描述了两个实施例之间的差异。在该实施例中,板形元件 197 向前成角,以便板形元件 197 与底座 190 形成第一角 ϕ 。因此,前表面也朝向底座 190 和叶片 10 的表面略微地面向下方。在风力涡轮机正常操作期间,当前表面 198 受到迎面而来的气流冲击时,在前表面的前方形成了气穴,其增大了导流装置前方的压力,且其引导了导流装置 170' 周围的气流。因此,在导流装置 170' 的前方和后方都累积了增压。因此,升力沿大部分叶片部段增大。第一角 ϕ 有利地为至少 20 度,且大约 30 至 45

度的角不但相对于增加升力而且相对于导流装置的灵活性来说都示出了优异的效果。

[0106] 然而,板形元件不必如图 18 中所示出的基本垂直于底座(和叶片的外形轮廓)突出,或如图 19 中所示出的向前成角。另外,板形元件不必从底座的中部部分突出。图 20 示出了导流装置部分的截面设计的变型。

[0107] 图 20(a)-(e) 示出了导流装置部分的不同实例,其同样成形为角材。在所有实施例中,假定叶片前缘布置在右,而后缘布置在左。因此,在风力涡轮机的正常操作期间,迎面而来的气流为从右向左。

[0108] 在实施例(a)中,板形元件向前成角,且从底座的第二侧突出。在实施例(b)中,板形元件向后成角,且从底座的第一侧突出。在这两个实施例中,(a)和(b)的板形元件之间的角与底座形成了 45 度的角。

[0109] 在实施例(c)中,板形元件向前成角,且从底座的第二侧突出。在实施例(d)中,板形元件向后成角,且从底座的第二侧突出。在这两个实施例中,板形元件与底座形成了大约 135 度的角。

[0110] 在实施例(e)中,板形元件从底座的第一侧突出基本垂直于底座。

[0111] 实施例(f)-(h)示出了板形元件从底座中部部分(即,底座的第一侧与第二侧之间)突出的实施例。板形元件例如可如实施例(f)中所示出的向前成角、如实施例(g)中所示出的向后成角、或如实施例(h)中所示出的从底座垂直地突出。

[0112] 在所有前述实施例中,板形元件设计为平面元件。然而,前述实施例的板形元件可略微折弯或弯曲,例如,如实施例(i)中所示出的凹的形状或如实施例(i)中所示出的凸的形状。另外,板形元件可包括不同的平面部分,其相对于底座不同地成角,板形元件因此具有如实施例(k)中所示出的不连续设计。

[0113] 导流装置通常安装在风力涡轮机叶片的弯曲表面上。因此,底座的侧部可能如图 21(a)中所示出的与叶片表面略微地分开。因此,有利的是导流装置的底座由挠性材料制成,以便减少沿整个底座板的应力形成。此外,通过使板形元件为挠性,可减小导流装置端部处的剥落力。这可通过使底座形成为相对薄的板而获得,例如,板由复合材料制成,诸如玻璃纤维增强的聚合物基体材料。可替换地,底座可如图 21(b)中所示出的略微弯曲,以便补偿风力涡轮机叶片的表面。可通过例如将底座第一表面附连到叶片表面、或通过经由诸如螺钉或螺母和螺栓的连接装置将其连接到叶片来使底座附连到叶片的表面。还有可能的是将导流装置模制到叶片表面上。另外,如果例如底座板和/或叶片壳体包括可磁化的材料,则导流装置可通过使用磁铁装置被附连到叶片表面。另外,底座第一表面的曲率可沿底座的纵向方向变化,以便顺应风力涡轮机叶片变化的形状。

[0114] 图 5 示出了设有导流装置部分 170 的风力涡轮机叶片的示意图,导流装置部分 170 在叶片过渡区中一起组合成第一导流装置组 177,且从叶片的压力侧突出。第一导流装置组 177 还略微延伸到叶片的根区和翼区中。第一导流装置组 177 示出为基本平行于叶片纵轴线(或俯仰轴)延伸。然而,与所述纵轴线相比,第一导流装置组 177 可略微偏斜或弯曲地布置。

[0115] 图 6 描述了从侧面看的导流装置组 177。如可看到的那样,组 177 包括了许多由间隙 181 相互分离的独立的导流装置部分 170。例如,独立的部分可具有在 50cm 与 200cm 之间(例如 100cm)的纵向程度。例如,相邻导流装置部分 170 之间的间隙 181 可在 5mm 与

30mm 之间。根据另一个实施例（未示出），导流装置部分彼此毗连。所示出的模块化构造使导流装置组 170 的构造比常规沿纵向延伸的导流装置更为灵活，且减小了通常出现在导流装置端部处的剥落力。因此，模块化部分将具有从叶片表面脱离的较小倾向。

[0116] 图 7 示出了从顶部看的导流装置部分 170，在此其被描述为板形元件的近端部分。在所示出的实施例中，相邻导流装置部分 170 之间的间隙 181 由诸如橡胶的挠性材料制成的中间元件 179 封闭。在该特定实施例中，中间元件 179 附连到板形元件 170 的前表面。

[0117] 图 8 示出了根据本发明的导流装置部分 270 的第二实施例。在该实施例中，间隙由诸如橡胶的挠性材料制成的中间元件 279 封闭。在该实施例中，中间部分填充了导流装置 270 之间的整个间隙，且附连至导流装置部分 270 的前表面和后表面两者。

[0118] 图 9 示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分 370 的第三实施例的示意图。在该实施例中，导流装置部分 370 沿纵向方向部分地重叠。因此，一个导流装置部分的一端延伸超过第二导流装置部分的第二端。端部可如附图中所示出的略微成角。

[0119] 图 10 示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分 370 的第三实施例的示意图。可见，导流装置部分 370 在纵向方向上交错。一个导流装置部分的后表面可与第二导流装置部分的前表面毗连，或在叶片横向方向上存在小间隙。

[0120] 图 11 示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分 470 的第四实施例的示意图。在该实施例中，导流装置部分交替地布置在其它导流装置部分的前方和后方。

[0121] 图 12 示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分 570 的第五实施例的示意图，其类似于第四实施例，除了导流装置部分 570 在纵向方向上交替地为凹的和凸的。在所示出的实施例中，两个导流装置部被布置在其它的后方。然而，还可能有利的是布置在其它导流装置部分的前方，从而获得略微不同的总体设计。

[0122] 图 13 示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分 670 的第六实施例的示意图。在该实施例中，第一导流装置组由互相连接的交替为凸的和凹的导流装置部分构成。总体来说，在叶片纵向方向上获得了波纹设计。

[0123] 图 14 示出了从顶部看的根据本发明的导流装置部分的第七实施例的示意图，其中独立的导流装置部分 770 经由中间导流装置部分 779 互相连接。总体来说，在叶片纵向方向上获得了交替的波纹设计。

[0124] 图 15 示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分的第八实施例的示意图。在该实施例中，第一导流装置组包括了许多由中间导流装置部分 879 互相连接的独立的导流装置部分 870。导流装置 870 部分具有第一刚度，而中间导流装置部分 879 具有第二刚度。例如，这可通过使用叶片纵向方向上的不同层来实现、或通过改变由纤维加强的复合材料制成的这些部分的纤维方向来实现。另外，有可能通过将导流装置制造为具有不同夹层核心材料（例如泡沫塑料和轻木）的夹层结构来实现变化的刚度。

[0125] 图 16 示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分 970 的第九实施例的示意图。在该实施例中，导流装置部分 970 布置在公共的沿纵向延伸的底座上。因此，如图 18 中所示出的，底座通常包括第一侧和第二侧、以及第一纵向端和第二纵向端。导流装置 970 部分由凹陷 981 或间隙分离。

[0126] 图 17 示出了从侧面看的根据本发明的导流装置部分 1070 的第十实施例的示意图，其类似于第九实施例。在该实施例中，凹陷 1018 包括底部部分（即，离底座和风力涡轮

机叶片最近的部分),其中键孔设计 1085 被设置在所述底部部分处,键孔具有直径,该直径大于凹陷 1081 的直接宽度。这甚至将进一步减小应力集中和剥落力。

[0127] 在第一实施例中,第一导流装置组的高度 h 可如图 22 中所示出的沿纵向方向(或离轮毂的径向距离)朝向叶片末端 r (至少在第一导流装置组的中心纵向部分 71 内)减小。导流装置的高度如在图 20 中所示出为随离轮毂的径向距离 r 而变化。在离轮毂最近的导流装置组的纵向端处,导流装置组成圆形或锥形,以便获得到叶片外形轮廓的光滑过渡。

[0128] 在第二实施例中,在图 23a 中所示出的导流装置组的高度在叶片的纵向方向上、至少在中心纵向部分 71 内为基本恒定。此外,可见,导流装置组可在导流装置组的纵向端附近成圆形或锥形,以便获得到叶片外形轮廓的光滑过渡。

[0129] 在第三实施例中,如图 23b 中所示出的,导流装置组的高度在第一纵向部分中增大,而在第二纵向部分中减小。

[0130] 当导流装置部分成形为如图 19 中所示出的板形元件时,装置部分可有利地设有加强装置 1190,加强装置 1190 如图 24 中所示出的布置在板形元件的后表面处。加强装置可有利地形成装置后表面与底座之间的三角形板。加强装置有利地被布置在基本沿叶片的横向方向上,即,基本平行于局部翼弦。

[0131] 如图 25 中所示出的,导流装置或导流装置组中的独立模块可有利地在装置的一端或两端设有切口 1285、切槽等。这类似于图 17 中所示出的键孔设计,甚至将进一步减小应力集中和剥落力。切口可为有用的相关形状,诸如三角形、圆角正方形或等等。

[0132] 已经参照优选的实施例描述了本发明。然而,本发明的范围不限于所图示的实施例,且替换和修改可在没有脱离本发明范围的情况下执行。

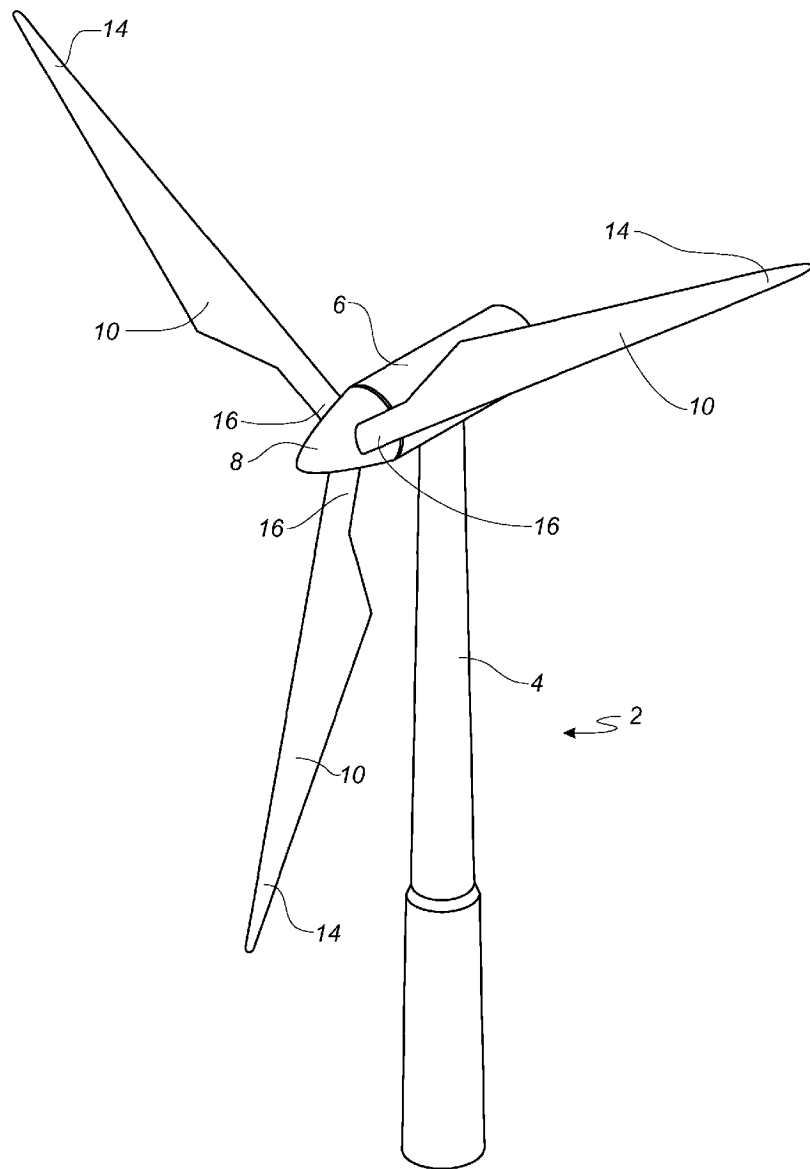


图 1

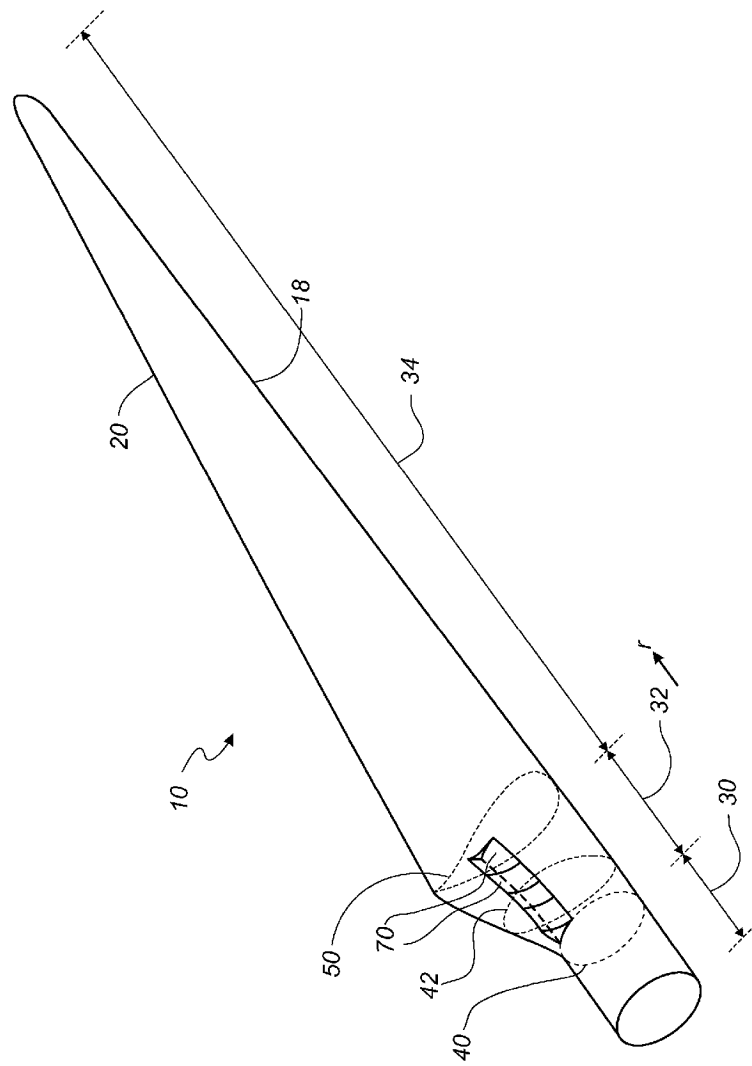


图 2

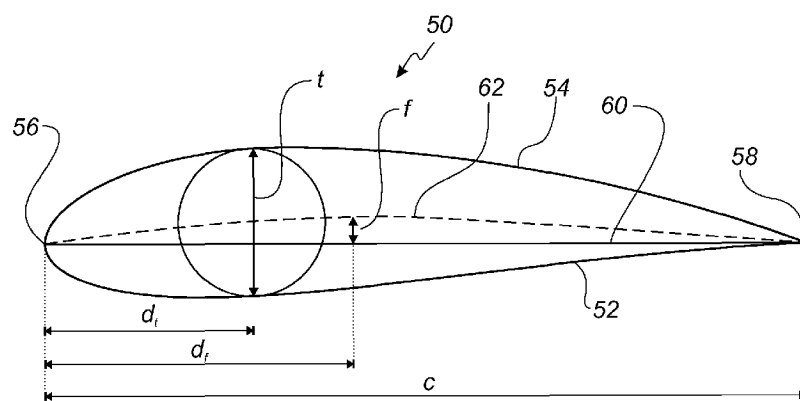


图 3

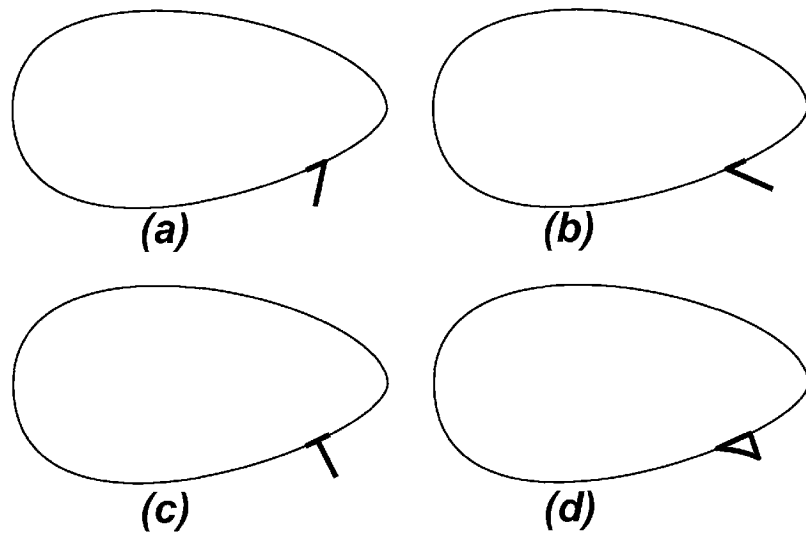


图 4

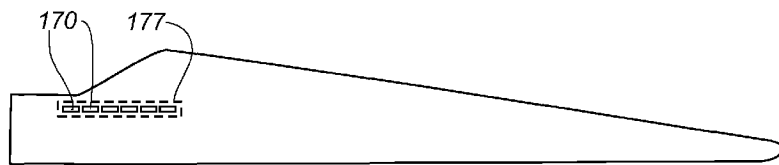


图 5

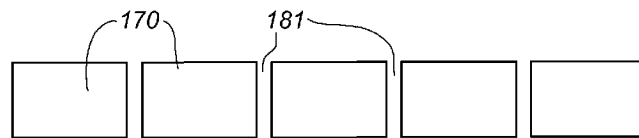


图 6

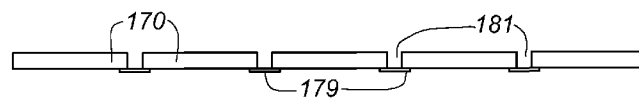


图 7

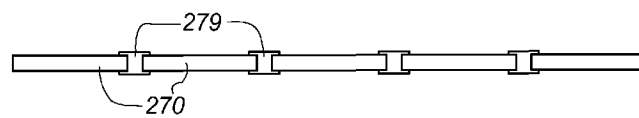


图 8

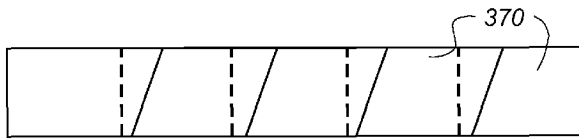


图 9



图 10

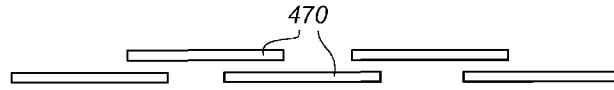


图 11



图 12



图 13

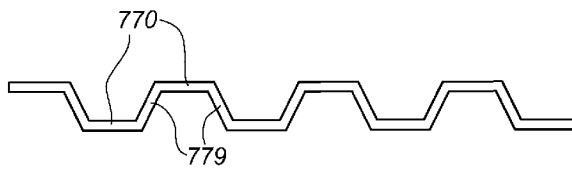


图 14

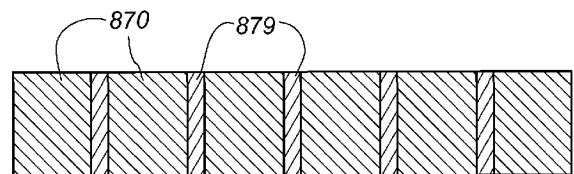


图 15

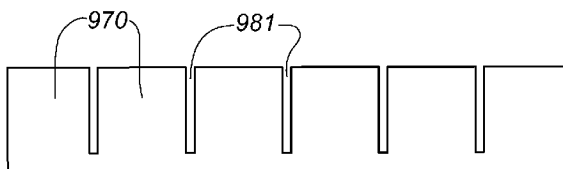


图 16

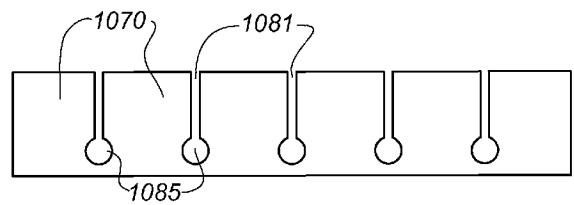


图 17

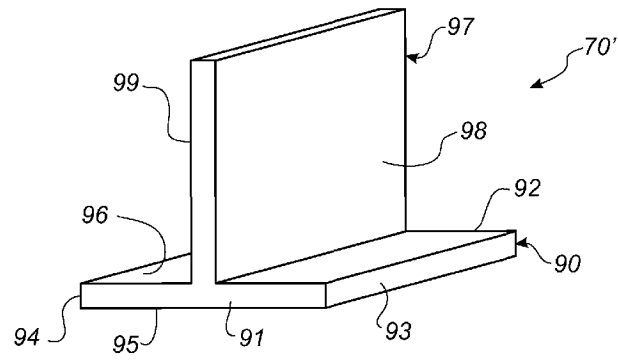


图 18

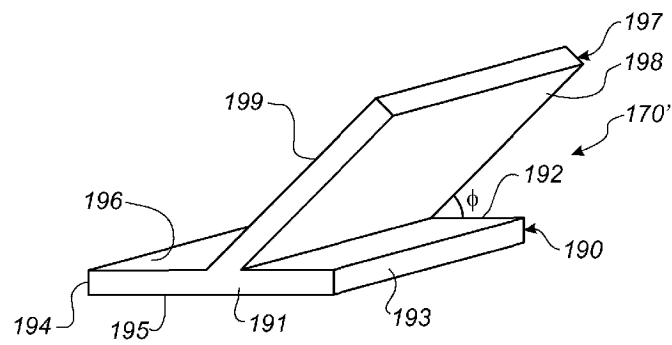


图 19

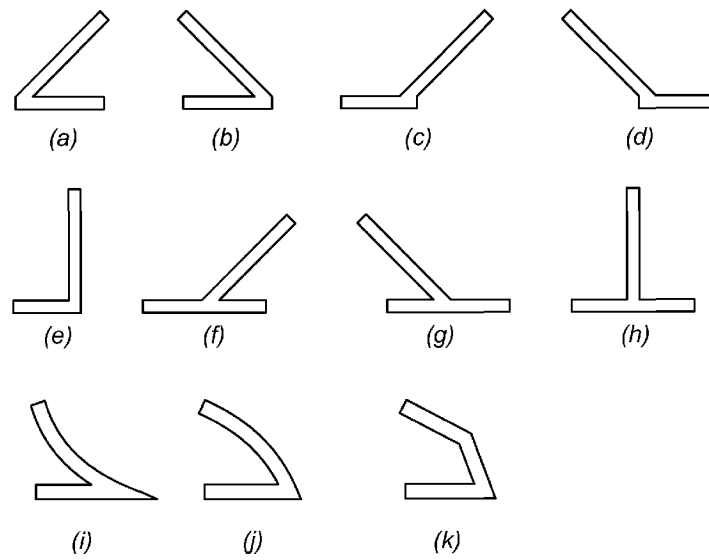


图 20

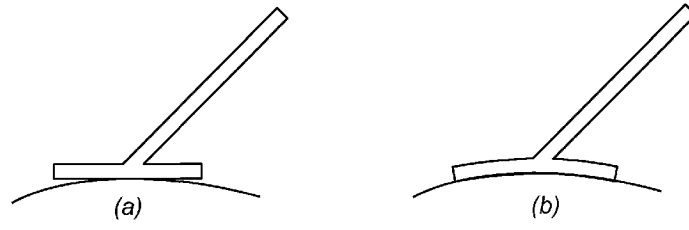


图 21

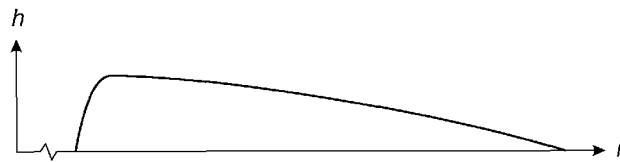


图 22

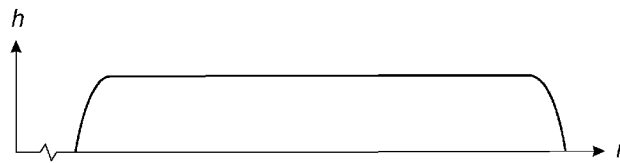


图 23a

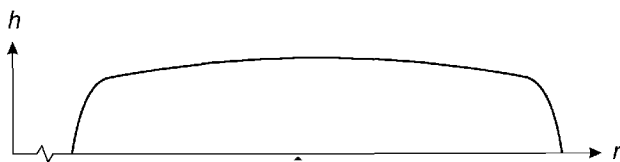


图 23b

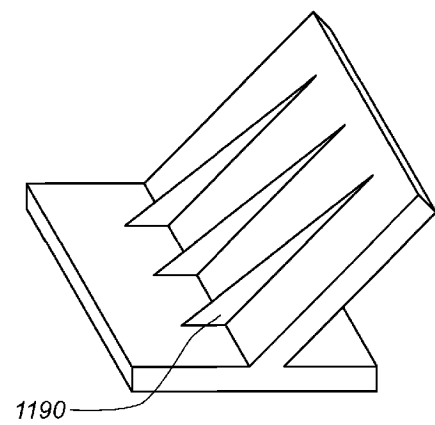


图 24

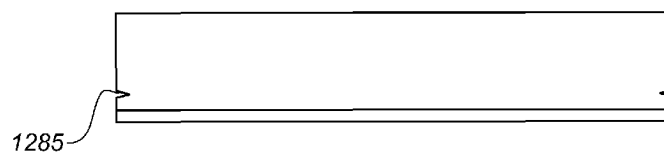


图 25