



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102853985 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201210220301.6

(22)申请日 2012.06.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 102853985 A

(43)申请公布日 2013.01.02

(30)优先权数据  
11172225.2 2011.06.30 EP

(73)专利权人 西门子公司  
地址 德国慕尼黑

(72)发明人 E.H.L.索伦森

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001  
代理人 马永利 刘春元

(51)Int.Cl.

G01M 9/00(2006.01)

G01M 9/06(2006.01)

G01M 9/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 101568908 A,2009.10.28,

US 2002/0159047 A1,2002.10.31,

CN 101568908 A,2009.10.28,

US 2010/0312594 A1,2010.12.09,

WO 2011/004783 A1,2011.01.13,

US 2010/0143121 A1,2010.06.10,

CN 101603500 A,2009.12.16,

US 6542226 B1,2003.04.01,

审查员 李瑞丽

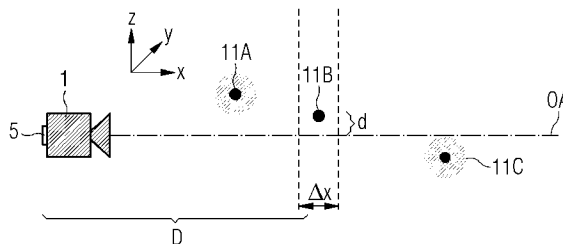
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

用于捕获一个或多个空气颗粒的3D数据的方法和装置

(57)摘要

本发明涉及用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的方法和装置。提供一种捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的方法。在该方法中,由全光照相机(1)拍摄一个或者多个空气颗粒(11A,11B,11C)的至少一个图像,该全光照相机(1)的光学装置的几何形状和光学性质是已知的,以及通过与该全光照相机的光学装置的已知光学性质和已知几何形状一起地使用所捕获的图像,带有该一个或者多个空气颗粒(11A,11B,11C)的至少一个所选颗粒(11B)的焦平面距限定的参考位置的距离得以确定。



1. 一种导出三维风力数据的方法,其中
  - 由全光照相机(1)拍摄一个或者多个空气颗粒(11A,11B,11C)的相继图像,所述全光照相机(1)的光学装置的几何形状和光学性质是已知的,以及
  - 通过与所述全光照相机(1)的光学装置的已知光学性质和已知几何形状一起地使用相继地捕获的图像,带有所述一个或者多个空气颗粒(11A,11B,11C)中的至少一个所选颗粒(11B)的焦平面距限定的参考位置的相继距离相继地得以确定,和
  - 通过与所述全光照相机(1)的光学装置的已知光学性质和已知几何形状一起地使用相继地捕获的图像,所述至少一个所选颗粒(11B)在所述焦平面内的相继位置得以确定,
  - 从所确定的所述焦平面的相继距离和所确定的相继位置来确定所述至少一个所选颗粒(11B)的三维速度矢量场;和
  - 所述三维速度矢量场被用于导出三维风力数据。
2. 根据权利要求1的方法,其中相对于所述照相机光学装置的光轴(OA)确定所述至少一个所选颗粒(11B)在焦平面内的位置。
3. 根据权利要求1或权利要求2的方法,其中在要捕获所述三维风力数据的位置处或者靠近该位置处将示踪剂颗粒播撒到风中以便形成其三维速度矢量场被确定的空气颗粒(11A,11B,11C)。
4. 一种用于导出三维风力数据的装置,包括全光照相机(1)和处理单元(13),所述处理单元(13)被连接到全光照相机(1)并且适于执行根据权利要求1至3中任一项所述的导出三维风力数据的方法。
5. 根据权利要求4的装置,其进一步包括示踪剂颗粒喷射机构(35)。
6. 一种风能设备,包括一个或者多个风力涡轮机(17)和根据权利要求4或者权利要求5所述的用于导出三维风力数据的装置。
7. 根据权利要求6的风能设备,其进一步包括带有一个或者多个转子叶片(21)的转子(19),其中转子叶片(21)中的至少一个装配有示踪剂颗粒喷射机构(35)。
8. 根据权利要求7的风能设备,其中所述示踪剂颗粒喷射机构包括至少在转子叶片(21)的部分(23,25,27)上分布的多个示踪剂颗粒喷射孔或者喷嘴(35,37,39)。
9. 一种风洞,所述风洞包括根据权利要求4或者权利要求5所述的用于导出三维风力数据的至少一个装置。

## 用于捕获一个或多个空气颗粒的3D数据的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的方法。另外,本发明涉及一种用于执行该方法的装置。

### 背景技术

[0002] 捕获大规模或者小规模3D风力数据例如对于确认风洞中的模型或者其它物品的空气动力学性质而言是重要的。另外,能够在风力涡轮机的控制系统中使用3D风力数据以优化风力涡轮机效率或者为了抵消预期负荷而采取措施。

[0003] US 2006/0140764 A1描述了一种具有用于实现风力控制的LIDAR(光探测和测距)风速测量设备的风力涡轮机。LIDAR最通常地用于捕获风速和方向数据,但是它被限制为线条上的点或者对于较新的版本是二维平面。因此,为了捕获在体积内的3D数据,有必要利用激光雷达设备扫描该体积。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的有利方法。本发明进一步的目的在于提供一种用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的有利装置。

[0005] 利用根据权利要求1的捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的方法解决第一个目的。利用在权利要求9中要求保护的用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的装置解决第二个目的。从属权利要求包含本发明的进一步的发展。

[0006] 在捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的本发明方法中,可以是自然颗粒(类似尘土颗粒或者水滴或者有意地引入的示踪剂颗粒)的一个或者多个空气颗粒的至少一个图像由全光照相机拍摄,该全光照相机的照相机光学装置的几何形状和光学参数是已知的。通过与全光照相机的光学装置的已知几何形状和光学性质一起地使用所捕获的图像,带有一个或者多个空气颗粒中的至少一个所选颗粒的焦平面距限定的参考位置例如距照相机的图像传感器的平面的距离得以确定。

[0007] 在由全光照相机拍摄的图像中,位于焦平面内的颗粒看起来将是清晰的,而位于焦平面后面或者前面的那些颗粒看起来将是模糊的和离焦的。而且,在由全光照相机拍摄的图片中,包括了关于由照相机捕获的情景的光场信息。这种光场信息能够用于通过后处理来对所捕获的图像进行重新聚焦。换言之,该图像包含允许通过图像的后处理前后地移动焦平面的光场信息。在全光照相机内的光学装置的光学性质和几何形状已知的情形中,能够确定通过后处理设定的焦平面距参考位置类似例如距图像传感器的平面的距离。因此,通过捕获单个图像并且通过在前后地移动焦平面而进行后处理,能够对于物体空间中的给定体积确定位于相应的焦平面中的空气颗粒的距离。

[0008] 而且,如果空气颗粒距参考位置比如图像平面的位置的距离是已知的,则能够将相应的颗粒距图像中的光轴的距离转换成在物体空间中真实物体距光轴的延伸的距离。因此,在本发明方法的进一步的发展中,不仅所选的一个或者多个颗粒距限定的参考位置的

距离得以确定,而且所选的一个颗粒或者所选的多个颗粒相对于在焦平面内的光轴的位置也得以确定。

[0009] 利用本发明方法,一个或者多个空气颗粒的相继图像可以由全光照相机拍摄。然后,通过与全光照相机的光学装置的已知几何形状和光学性质一起地使用相继捕获的图像,可以相继地确定一个或者多个空气颗粒中的该至少一个所选颗粒的焦平面距限定的参考位置的相继距离。换言之,全光照相机可以被用于捕获一个或者多个所选颗粒沿着平行于照相机光学装置的光轴的方向的运动。而且,可以通过与全光照相机的已知几何形状和已知光学性质一起地使用相继捕获的图像来确定该至少一个所选颗粒在焦平面内的相继位置。有关平行和垂直于全光照相机光学装置的光轴的相继位置的信息可以用于确定该至少一个所选颗粒的三维速度矢量场。该三维速度矢量场能够接着用于导出三维风力数据。这种风力数据能够例如在评价物品例如风洞中的模型的空气动力学性质时使用,或者能够在风力涡轮机的控制系统中得到处理以便优化风力涡轮机效率或者减小作用于风力涡轮机上的负荷。

[0010] 为了提供能够捕获其3D数据以导出风力数据的空气颗粒,可以在要捕获三维风力数据的位置处或者靠近该位置处将示踪剂颗粒播撒到风中以便形成其三维速度矢量场得以确定的空气颗粒。

[0011] 一种用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的发明装置包括:全光照相机和处理单元,该处理单元被连接到全光照相机并且适于执行捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的本发明方法。作为选项,本发明装置可以进一步包括示踪剂颗粒喷射机构。然而,通常地,本发明方法还能够与自然空气颗粒比如尘土颗粒、冰粒、水滴等一起使用。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供了一种风能设备,即单个风力涡轮机或者包括多个风力涡轮机的风电场。该风能设备包括一个或者多个风力涡轮机和用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的本发明装置。该装置能够位于风力涡轮机处或者它自身的支撑件处。然而,它将通常地邻近于一个或者多个风力涡轮机定位。

[0013] 用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的本发明装置能够在风能设备的控制系统中使用以考虑三维风场从而例如通过使得叶片的俯仰角适于从确定的风场导出的风力条件而优化风力涡轮机的功率输出,或者从而减小可能由于风的切变或者阵风引起的叶片上的负荷。因为本发明的方法以及因此本发明的装置能够确定距风力涡轮机一定距离处的风场性质,所以能够在相应风的切变或者阵风或者其它风力条件到达风力涡轮机之前确定这些性质。结果,当相应的风场到达风力涡轮机时,能够已经采取了类似使转子叶片的俯仰角适应以优化功率输出或者抵消风的切变或者阵风的措施。

[0014] 而且,本发明的装置能够用于例如对于给定的俯仰角设置监视转子叶片的空气动力学性质。除了别的以外,但是并非排他地,为了简化这种测量,风能设备可以包括带有一个或者多个转子叶片的转子,其中转子叶片中的至少一个装配有示踪剂颗粒喷射机构。这种示踪剂颗粒喷射机构将例如位于转子叶片的顶端部分中,转子叶片的后缘部分中或者它可以分布在整个转子叶片上。而且,示踪剂颗粒喷射机构可以包括至少在转子叶片的一个部分即例如顶端部分、后缘部分或者整个叶片上分布的多个示踪剂颗粒喷射孔或者喷嘴。

[0015] 根据本发明的又一方面,提供了一种风洞,该风洞包括用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的至少一个本发明装置。本发明装置在风洞中的使用是有利的,其中能够

利用单个照相机确定整个风场。

### 附图说明

[0016] 与附图相结合根据以下实施例的描述,其他的特征、性质和优点将变得清楚。

[0017] 图1示出在沿着光学部件的光轴截取的高度示意性截面图中的全光照相机的主要光学元件。

[0018] 图2示出如在沿着光轴的视图中看到的微透镜阵列的高度示意性视图。

[0019] 图3示出在沿着光轴的截面中图示本发明方法的布置。

[0020] 图4示出如从全光照相机看到的图3的情景。

[0021] 图5示意性地示出一种风力涡轮机。

[0022] 图6示意性地示出带有示踪剂颗粒喷射装置的风力涡轮机转子叶片。

### 具体实施方式

[0023] 在将描述本发明方法之前,将关于图1和2描述全光照相机的主要光学部件。

[0024] 图2示出在沿着部件的光轴OA截取的截面中的全光照相机1的主要光学部件的布置。全光照相机1包括:主镜头3;图像传感器5,其可以是CCD传感器(CCD:电荷耦合器件)或者CMOS传感器(CMOS:互补金属氧化物半导体);和被布置在图像传感器5前面的透镜阵列7,即微透镜阵列9。在图2中示出透镜阵列7在沿着光轴OA的方向上的视图。

[0025] 可以将透镜阵列的每一个微透镜7看作在传感器5上形成主镜头光圈的图像的微小照相机。因为透镜阵列7的微透镜9在垂直于光轴OA的平面中分布,所以由微透镜9形成的每一个微小图像均代表到主镜头光圈上的稍微不同的观察角。由于这些不同的观察角,由全光照相机1捕获的图像包含有关被成像物体距图像传感器5的距离的信息。因为全光照相机光学部件的几何和光学性质是已知的,所以能够不仅对于图像的重新聚焦而且还对于确定对焦的物体距例如图像传感器5的距离使用这项信息。这将在本发明的方法中使用。Edward H. Adelson和John Y. A. Wang在IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No.2, February 1992中给出了有关全光照相机的结构的详细信息以及有关利用全光照相机成像的理论的信息。因此,照相机的结构和成像的理论这两者均未在本申请中进一步详细地解释。

[0026] 图3和4示意性地示出用于解释本发明方法的情景。这些图示出全光照相机1和在利用全光照相机1拍摄图像时的三个示例性空气颗粒11A、11B、11C。如能够从图3和4看到地,这些颗粒11A、11B、11C的位置不仅在距传感器平面的距离方面不同而且还在它们距光轴OA的距离方面不同。

[0027] 如已经述及地,由全光照相机捕获的图像提供通过后处理对图像重新聚焦的选项。换言之,通过能够例如利用从图像传感器5(见图1)接收图像数据的图形处理单元(GPU)13实现的适当的图形处理,能够从在焦平面(即其物体在传感器5上被清晰地成像的物体平面)距传感器平面的距离方面不同的图像数据导出不同的二维图像。如果例如全光图像被聚焦从而在图像传感器5上清晰地成像的物体平面包含颗粒11B,则能够通过使用全光照相机光学元件的已知几何和光学性质计算这个物体平面距图像传感器5的距离而导出颗粒11B距图像传感器5的距离D。而且,一旦颗粒距图像传感器5的距离已知,便还能够从图像计

算空气颗粒11B距物体空间中的光轴0A的距离d。因此,能够从由全光照相机1捕获的图像计算空气颗粒11B的三维坐标。

[0028] 到目前为此,原则上能够利用传统的照相机导出相同的信息。然而,如已经述及地,全光照相机1允许对图像重新聚焦以使得对图像进行后处理从而被清晰地成像的物体平面移动到例如空气颗粒11A成为可能。从这个经后处理的图像和全光照相机光学装置的已知光学和几何性质,现在能够导出空气颗粒11A的三维坐标。以相同的方式,还能够在图像已经再次被重新聚焦从而被清晰地成像的物体平面包含颗粒11C之后从全光照相机光学元件的已知光学和几何性质导出空气颗粒11C的三维坐标。

[0029] 请注意在图像中聚焦的物体平面不是无限薄的平面,而是事实上具有小的厚度 $\Delta x$ 的平面。这是由于以下事实,即传感器5的像素不是无穷小以使得不大于像素的模糊的图像点不能区别于真正清晰的图像点。然而,不在由 $\Delta x$ 限定的体积内的所有颗粒将在图像上看起来是模糊的。因为颗粒距传感器5的距离通常比被清晰地成像的物体平面的厚度 $\Delta x$ 大得多,所以能够仍然替代薄体积地考虑物体平面。

[0030] 如果全光照相机1相继地捕获图3和4所示情景的图像,则能够通过如上所述地后处理相继图像并且评价每一个图像而确定空气颗粒11A、11B、11C的运动。然后,为每一个颗粒11A、11B、11C估计三维速度矢量是可能的。特别地,通过使用全光照相机以高帧速度记录电影,类似粒子图像测速(PIV)的方法能够被应用于估计整个三维速度矢量场。这将产生对于传统的二维PIV的三维模拟。

[0031] 利用上述方法捕获了其3D数据的空气颗粒11A、11B、11C能够是自然地在空气中的颗粒,类似例如尘土或者冰粒,或者能够是已经被有意地引入空气中的示踪剂颗粒。例如,在此处评价一种物体类似例如汽车或者风力涡轮机机翼的模型的空气动力学特性的风洞中,可以与示踪剂颗粒相结合地使用以上方法以在某个感兴趣的区域中估计整个三维速度矢量场。

[0032] 本发明方法还能够在风力涡轮机设备中用于捕获三维风力数据,然后能够在控制系统中使用该三维风力数据以例如优化风力涡轮机设备的功率输出或者减小作用于其上的负荷。在本说明书上下文中,风力涡轮机设备可以是单个风力涡轮机或者是包括多个风力涡轮机的风电场。风能设备可以装配有用于捕获一个或者多个空气颗粒的3D数据的发明装置,即,装配有对感兴趣的风场进行成像的全光照相机1和接收由全光照相机1捕获的图像的处理单元13。可以是图形处理单元(GPU)的处理单元13适于执行本发明方法从而允许为在图像中可见的空气颗粒估计三维速度矢量场。这些空气颗粒能够例如是尘土颗粒或者能够被有意地引入感兴趣的风场中。例如,如果将要评价风力涡轮机,则能够在风力涡轮机之前引入示踪剂颗粒,该示踪剂颗粒然后将被风场沿着风力涡轮机输送。引入示踪剂颗粒能够例如利用直升飞机或者通过使用起重机实现。

[0033] 而且,用于捕获3D数据的装置能够永久地存在于风力涡轮机设备中。例如,全光照相机1能够位于风力涡轮机机舱上或者位于风电场内的支柱上。处理单元13能够被集成到风力涡轮机控制器或者风电场控制器中。可替代地,将有可能作为依其自身地通过信号线路与风力涡轮机或者风电场的控制系统连接的装置实现该处理单元。

[0034] 图5示出作为用于风能设备的一个示例的单个风力涡轮机17,其中处理单元13被连接到风力涡轮机控制系统15。风力涡轮机装配有携带允许喷射示踪剂颗粒的三个转子叶

片21的转子19。

[0035] 图6更加详细地示出风力涡轮机转子叶片21中的一个。转子叶片21包括根部部分23、顶端部分25和从顶端部分25朝向根部部分23延伸的机翼部分27。机翼部分27在宽度上从顶端部分25朝向根部部分23增加并且在所谓的肩台29处达到它的最大宽度,随后在肩台29上为过渡部分30,直至达到根部部分23为止。机翼部分包括逆风示出的前缘31和顺风地示出的后缘33。

[0036] 可能喜欢通过利用示踪剂颗粒播撒在风中而测量转子叶片21的尾流或者顶端漩涡或者根部漩涡的动力学行为。因此,可以存在带有位于根部部分23中的喷射孔35和/或带有位于顶端部分25中的喷射孔37的示踪剂颗粒喷射机构或者装置。另外地,或者可替代地,还可以在风力涡轮机转子叶片21的其它部分中存在带有喷射孔的示踪剂颗粒喷射装置。在图6中,示例性地示出了沿着转子叶片的后缘33分布的喷射孔39。

[0037] 作为通过喷射孔喷射的示踪剂颗粒,能够使用固体颗粒或者液体颗粒。在液体颗粒的情形中,能够将喷射孔实现为喷雾器喷嘴。而且,有可能对固体或者液体颗粒着色从而简化在由全光照相机1捕获的图像中的识别。

[0038] 虽然在图5中全光照相机1和处理单元13位于独立的支柱处,但是如还在图5中所示,例如在风力涡轮机的机舱处与处理单元13一起地定位全光照相机1也是可能的。

[0039] 已经关于图1到6利用示例性实施例描述了本发明。然而,这些实施例并非意在限制保护范围,因为这些实施例的修改是可能的。例如,全光照相机1能够被安装在能够远程控制的支架上从而操作员能够远程地设定照相机的观察角。这允许通过使用单个照相机捕获感兴趣的不同区域的图像。而且,虽然在图5中已经将处理单元13示为独立的单元,但是处理单元还能够被集成到风力涡轮机控制系统15中。另外,如果风力涡轮机是风电场的一个部分,则处理单元能够同样被集成在集中式控制系统如风电场控制系统中。而且,利用已经述及的能够远程控制的支架,单个全光照相机能够被用于确定在不同的风力涡轮机处的示踪剂颗粒的三维速度矢量场。因此,保护范围应仅仅由所附权利要求限制。

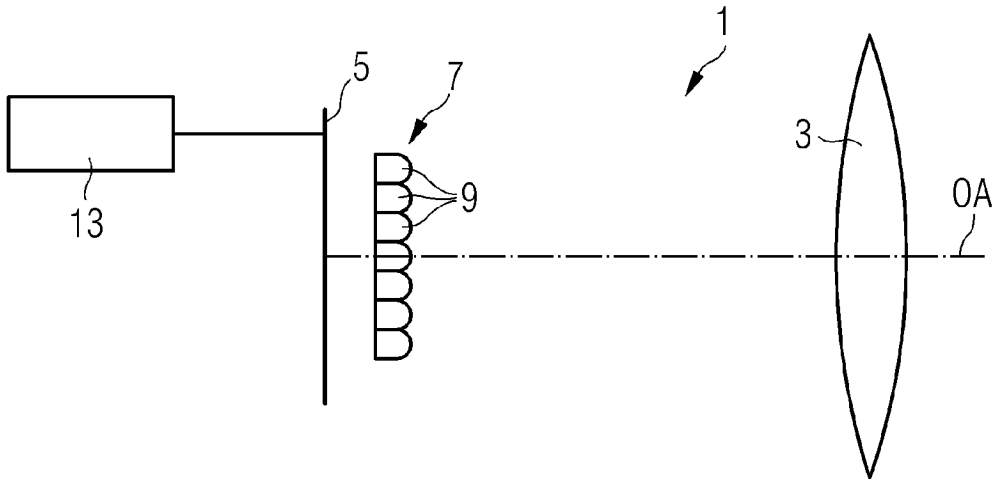


图 1

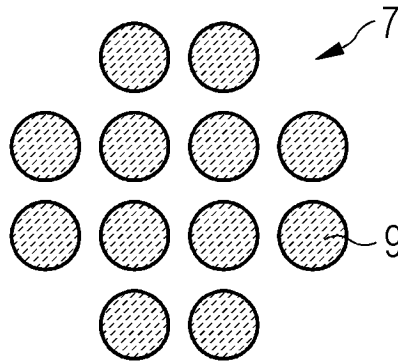


图 2

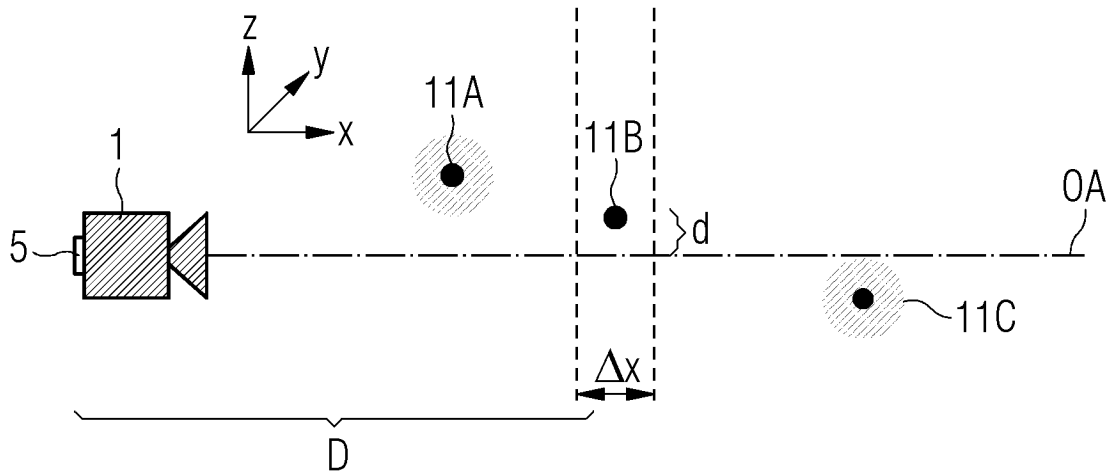


图 3

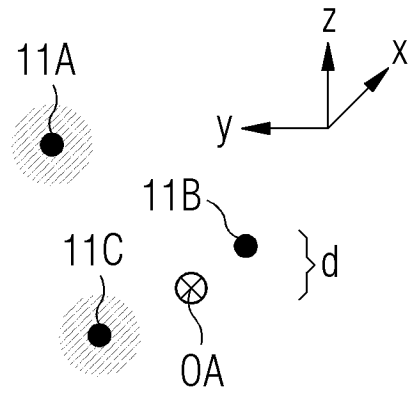


图 4

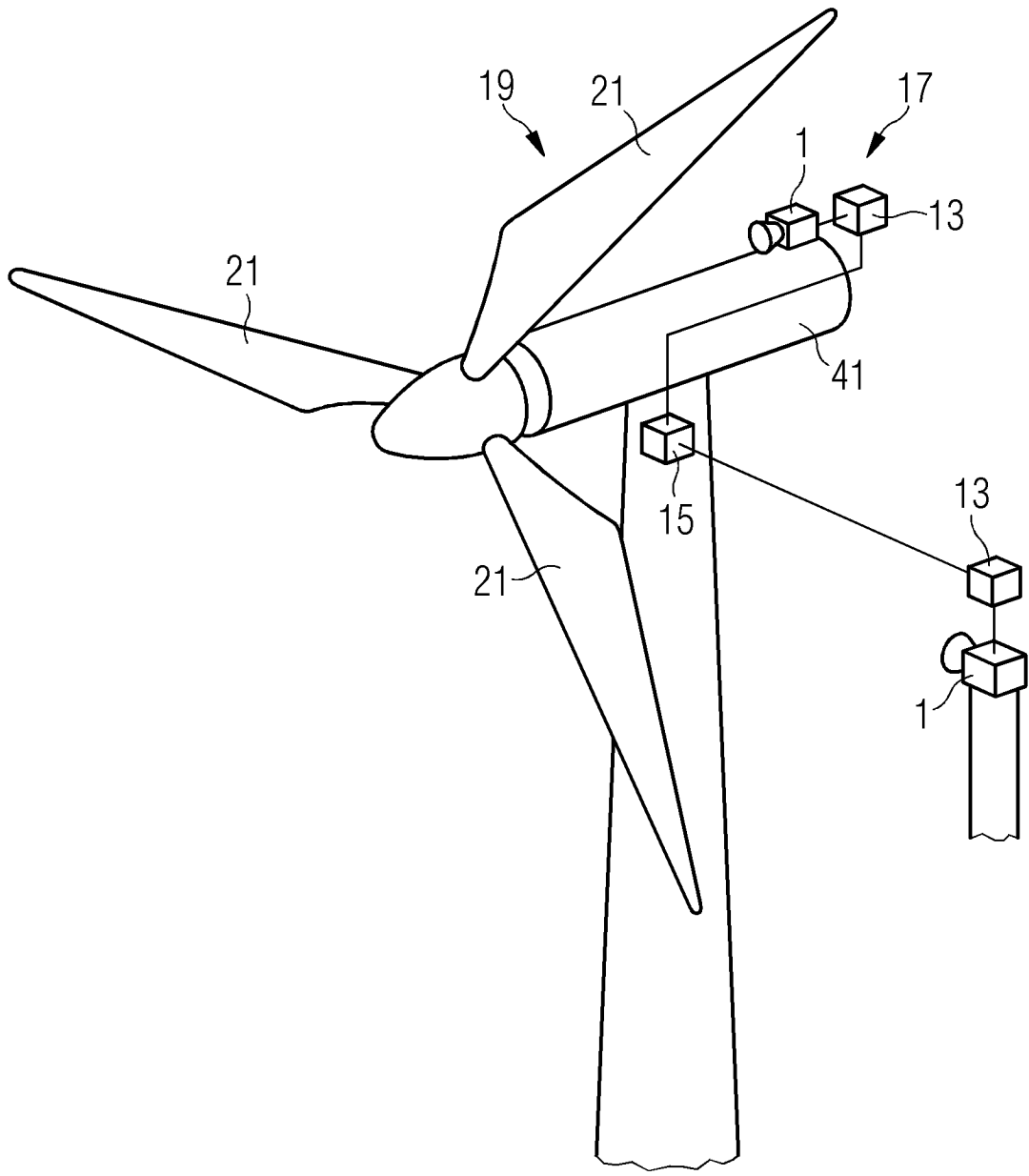


图 5

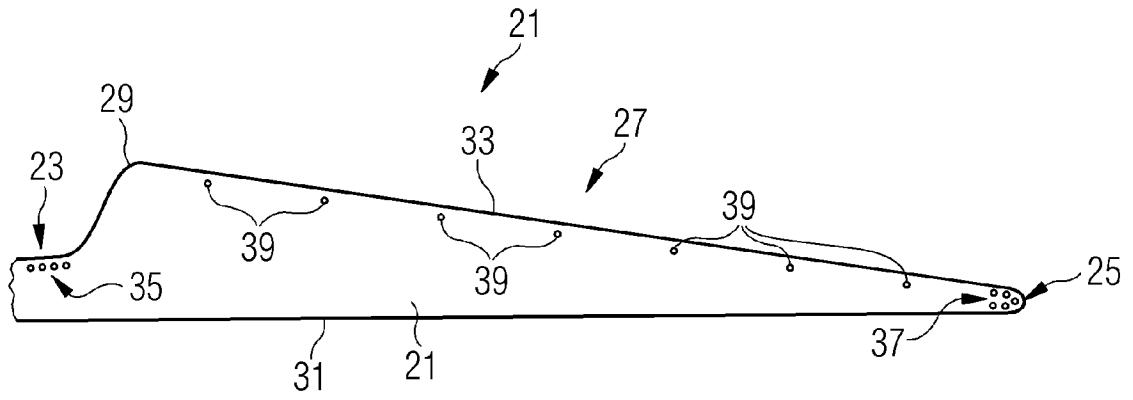


图 6