



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101324218 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 200810098244. 2

WO 01/16482 A1, 2001. 03. 08,

(22) 申请日 2008. 05. 28

WO 2006/122547 A1, 2006. 11. 23,

(30) 优先权数据

WO 2006/122547 A1, 2006. 11. 23,

P200701494 2007. 05. 31 ES

WO 00/15961 A1, 2000. 03. 23,

(73) 专利权人 歌美飒创新技术公司

审查员 侯小锋

地址 西班牙纳瓦拉

(72) 发明人 阿尔瓦罗·马特桑斯希尔

路易斯米格尔·加西良鲁埃达

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理

有限公司 11225

代理人 黄威

(51) Int. Cl.

F03D 1/00 (2006. 01)

F03D 1/06 (2006. 01)

F03D 11/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1793643 A, 2006. 06. 28,

US 5734990 A, 1998. 04. 07,

US 2800291 A, 1957. 07. 23,

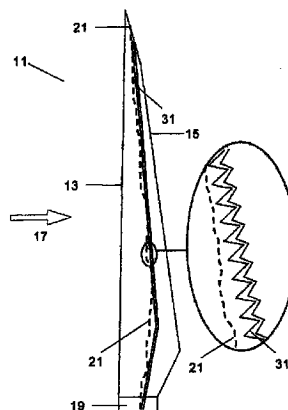
权利要求书 2 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

具有抗噪声装置的风力涡轮机

(57) 摘要

包括至少一个叶片 (11) 的风力涡轮机, 叶片 (11) 的空气动力外形具有前导边缘 (13)、拖尾边缘 (15) 和在前导边缘 (13) 与拖尾边缘 (15) 之间的吸入侧和压力侧, 叶片 (11) 包括放置在吸入侧的由改变边界层噪声频谱的元件 (33) 构成的抗噪声装置 (31)。优选抗噪声装置 (31) 放置在两截面之间的吸入侧, 所述两截面对应于从前导边缘 (13) 开始测量的范围在弦长度的 40% - 95% 的弦位置。



1. 包括至少一个叶片 (11) 的风力涡轮机, 叶片的空气动力外形具有前导边缘 (13)、拖尾边缘 (15) 和在前导边缘 (13) 与拖尾边缘 (15) 之间的吸入侧和压力侧, 其特征在于: 叶片 (11) 包括放置在吸入侧的由多个元件 (33) 构成的抗噪声装置 (31), 所述元件 (33) 主体是箭头形, 所述主体由具有从箭头尖端 (41) 到箭头中心 (43) 的公共中心面的左上、右上、左下、右下梯形表面 (51、53、55、57) 和在所述左上、右上、左下、右下梯形表面 (51、53、55、57) 之间延展的侧面 (61、63、65、67、69、71) 限定, 并形成改变边界层噪声频谱的流向对准的相干旋涡 (35)。

2. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述抗噪声装置 (31) 放置在叶片的两个弦位置之间的吸入侧上, 一个弦位置在从前导边缘 (13) 开始的从前导边缘 (13) 到拖尾边缘 (15) 测量的弦长度的 40% 处, 另一个弦位置在从前导边缘 (13) 开始该弦长度的 95% 处。

3. 根据权利要求 2 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述抗噪声装置 (31) 沿叶片 (11) 的长度放置在从叶片的根部 (19) 开始的从叶片的根部 (19) 到其尖端测量的叶片长度的 5% -100% 之间。

4. 根据权利要求 3 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述抗噪声装置 (31) 沿叶片 (11) 的长度放置在从叶片的根部 (19) 开始的从叶片的根部 (19) 到其尖端测量的叶片长度的 66% -100% 之间。

5. 根据权利要求 1-4 任一所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述抗噪声装置 (31) 由单个放置在叶片 (11) 上的多个元件 (33) 构成, 元件之间留有间隔。

6. 根据权利要求 1-4 任一所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述抗噪声装置 (31) 由分组放置在叶片 (11) 上的多个元件 (33) 构成, 各组之间留有间隔。

7. 根据权利要求 1-4 任一所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述抗噪声装置 (31) 由并排放置在叶片 (11) 上的多个元件 (33) 构成, 元件之间不留间隔。

8. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述元件 (33) 放置在叶片 (11) 上, 箭头尖端 (41) 指向前导边缘 (13)。

9. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 所述元件 (33) 放置在叶片 (11) 上, 箭头尖端 (41) 指向拖尾边缘 (15)。

10. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 箭头尖端 (41)、箭头中心 (43) 和箭头左右端 (45、47) 的高度  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  和  $t_4$  分别在 0-10 毫米之间。

11. 根据权利要求 10 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 箭头尖端 (41) 的高度  $t_1$  小于箭头中心 (43) 的高度  $t_2$ , 箭头左右端 (45、47) 的高度  $t_3$ 、 $t_4$  小于箭头中心 (43) 的高度  $t_2$  并大于箭头尖端 (41) 的高度  $t_1$ 。

12. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 在左上表面 (51) 的外侧 (75) 与箭头轴 (77) 之间的角  $\theta_1$  在 5-60 度之间, 在右上表面 (53) 的外侧 (79) 与箭头轴 (77) 之间的角  $\theta_2$  在 5-60 度之间。

13. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 在左上表面 (51) 的内侧 (81) 与箭头轴 (77) 之间的角  $\theta_3$  在 30-90 度之间, 在右上表面 (53) 的内侧 (83) 与箭头轴 (77) 之间的角  $\theta_4$  在 30-90 度之间。

14. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机, 其特征在于: 连接左上表面 (51) 的内外侧

(81、75) 的侧面 (85) 的长度  $\lambda_1$  在 0-20 厘米之间, 连接右上表面 (53) 的内外侧 (83、79) 的侧面 (87) 的长度  $\lambda_2$  在 0-20 厘米之间, 所述元件 (33) 的侧面投影的长度  $\lambda_3$  在 0-20 厘米之间, 及所述元件 (33) 的正面投影的长度  $\lambda_4$  在 0-20 厘米之间。

## 具有抗噪声装置的风力涡轮机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及具有抗噪声装置的风力涡轮机叶片,更具体地涉及具有用于降低分贝(A)中所产生的空气动力可听见噪声的装置的叶片。

### 背景技术

[0002] 在运行期间产生的噪声严重制约风力涡轮机中的功率产生。具体地,由于边界层与拖尾边缘之间的相互作用风力涡轮机叶片产生空气动力可听见噪声。

[0003] 在开始转换之后及与拖尾边缘相互作用时,风力涡轮机叶片上的湍流边界层产生噪声。边界层中湍流的各向异性、变化和长度范围影响机翼产生的噪声。

[0004] 现有几种公知的方案降低风力涡轮机叶片产生的空气动力噪声。

[0005] 其中之一是利用锯齿形的拖尾边缘。在这一方面,EP0652367 具体公开了具有以锯齿形式不规则地形成的后边缘的转子叶片。EP1314885 公开了具有锯齿形拖尾边缘的转子叶片,每一个叶片具有多个沿展翼方向的周期性的锯齿形缺口,锯齿的形式是相邻顶点之间的夹角在约 60 度以内。EP1338793 公开了转子叶片,其中在叶片的拖尾边缘部分形成锯齿形缺口,锯齿的形状是三角齿、梯形齿或锯形齿。

[0006] 在 W02006/122547 中公开的另一方案是利用湍流生成装置作为噪声减小装置。所述装置放置在风力涡轮机叶片的背风表面侧和在叶尖方向的风力涡轮机叶片的外截面。

[0007] 现有技术还提出利用风力涡轮机的运行控制方法减小空气动力噪声,特别是控制转子转速。在这方面,1996 年 Wagner 等在 Springer-Verlag Berlin Heidelberg 出版的 Wind Turbine Noise 中总结了风力涡轮机产生的噪声引起的问题和一些减小噪声的方法。

[0008] 本发明提供了减小风力涡轮机产生的空气动力噪声的不同方案。

### 发明内容

[0009] 本发明的目标是提供一种风力涡轮机叶片,其具有允许改变边界层特性并因此减轻发出的噪声的装置。

[0010] 本发明的另一目标是提供具有可听见噪声减弱装置的风力涡轮机叶片。虽然发出的噪声中声学能量保持不变,但是产生的可听见噪声减少。

[0011] 本发明的这些和其他目标通过提供包括至少一个叶片的风力涡轮机实现,叶片的空气动力外形具有前导边缘、拖尾边缘和在前导边缘与拖尾边缘之间的吸入和压力侧,且叶片包括放置在吸入侧的由改变边界层噪声频谱的元件构成的抗噪声装置。

[0012] 如下详细所示,所述元件由于其降噪机构不易于产生湍流,该降噪机构除了相干射流结构外与 W0 2006/122547 的类似。湍流的引入意味着引入边界层中的随机运动,同时引入相干结构与引入边界层中的有序运动相关。

[0013] 从以下结合附图的详细说明可以理解本发明的其他特征和优点。

### 附图说明

- [0014] 图 1 是根据本发明具有抗噪声装置的风力涡轮机叶片的示意性侧视图。
- [0015] 图 2 是根据本发明抗噪声装置的单个元件的立体图。
- [0016] 图 3 是图 2 所示单个元件的平面图。
- [0017] 图 4、5 和 6 是根据本发明抗噪声装置三个不同实施例的立体图。
- [0018] 图 7 示意性地表示根据本发明抗噪声装置的单个元件产生的相干旋涡结构。
- [0019] 图 8 是在叶片表面上相干结构的表面油可视化效果。

### 具体实施方式

[0020] 当气流流过叶片时,边界层形成。边界层是流场中的区域,其中速度从远离叶片的流体速度变化到自然附着在叶片表面上的不滑动状态。边界层的本质是层流或湍流。层流边界层可以看作气流平滑移动的边界层,好像平行于表面的层。层流边界层自然地发展为湍流边界层,其中有大量的随机运动。从层流到湍流的变化出现在称为转换区的区域,其中不同射流结构的演化改变了边界层的本质。第一个出现的湍流结构是湍流斑。湍流斑顺流传播,结合并形成  $\Lambda$  结构(也称为发夹结构)。后者的结构促进边界层中的混合,且由于在气流中引入的运动模式,后者的结构能够自维持。 $\Lambda$  结构出现之后,气流很快完全变为湍流,没有瞬时的有序。在湍流边界层中,真正的粘滞效果(由于粘性导致的)只出现在粘性子层中,粘性子层是靠近壁面的非常小的区域。在湍流边界层的其余部分,粘滞效应仅仅是表面上的,因为这里的粘滞效应是由于随机运动及没有粘性与剪应力能量消耗。

[0021] 发出的噪声能量等级及其频率分布很大程度上取决于湍流的长度范围和叶片表面上由湍流运动引起的压力波动的能谱。在边界层内湍流结构的范围约为边界层的厚度,其特征长度范围和能谱分布很大程度上取决于所考虑位置的边界层逆流的变化,对于空气声学目的,所考虑位置通常是拖尾边缘。

[0022] 本发明的思想是通过使用引入相干射流结构的元件改变湍流的范围及其在频域的能量分布,元件放置在转换线位置之后,转换线是出现从层流边界层到湍流边界层变化的位置。

[0023] 图 1 是具有前导边缘 13 和拖尾边缘 15 的风力涡轮机叶片 11,其包括根据本发明放置在从风向 17 的观察点看转换线 21 的右侧的抗噪声装置 31,在转换线出现从层流边界层到湍流边界层的变化。

[0024] 当靠近叶片的气流流过抗噪声装置时,产生与自由流对准的相干旋涡结构 35(见图 7),动态地改变边界层并改变其射流特性。流向对准的相干旋涡已经显示出对边界层上的速度分布及其湍流特性有重大影响,所述特性如湍流等级、湍流动能的产生等。

[0025] 在现代风力涡轮机叶片中,对于中等角度的冲击,可以认为转换线是固定在对应于从前导边缘 13 开始测量、范围在弦长度的 40% -95% 的弦位置的两截面之间。

[0026] 图 1 表示从根部 19 延伸到尖端 21 的抗噪声装置 31。可以认为抗噪声装置 31 应当沿叶片 11 的截面放置,从叶片的根部 19 开始测量在其长度的 5% -100% 之间延伸。

[0027] 在另一实施例中,抗噪声装置 31 沿叶片 11 的截面放置,从叶片的根部 19 开始测量在其长度的 66% -100% 之间延伸。

[0028] 图 2 表示可以用于抗噪声装置 31 的单个元件 33 的实施例,其所在位置相对于 x 轴指示的气流方向和 z 轴指示的叶片跨度方向。

[0029] 根据图 2 和 3,可以看出单个元件 33 的主体是箭头形,其放置在叶片 11 的吸入侧,箭头尖端 41 指向前导边缘 13。

[0030] 在另一实施例中,单个元件 33 固定在叶片 11 的吸入侧,箭头尖端 41 指向拖尾边缘 15。

[0031] 元件 33 由具有从箭头尖端 41 到箭头中心 43 的公共中心面的左上、右上、左下、右下梯形表面 51、53、55、57 和在所述上、下表面 51、53、55、57 之间延展的侧面 61、63、65、67、69、71 限定。

[0032] 在优选实施例中,箭头尖端 41、箭头中心 43 和箭头左右端 45、47 的高度  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  和  $t_4$  分别在 0-10 毫米之间。

[0033] 在另一优选实施例中,箭头尖端 41 的高度  $t_1$  小于箭头中心 43 的高度  $t_2$ ,箭头左右端 45、47 的高度  $t_3$ 、 $t_4$  小于箭头中心 43 的高度  $t_2$  并大于箭头尖端 41 的高度  $t_1$ 。

[0034] 在优选实施例中,在左上表面 51 的外侧 75 与箭头轴 77 之间的角  $\theta_1$  在 5-60 度之间,在右上表面 53 的外侧 79 与箭头轴 77 之间的角  $\theta_2$  在 5-60 度之间,在左上表面 51 的内侧 81 与箭头轴 77 之间的角  $\theta_3$  在 30-90 度之间,在右上表面 53 的内侧 83 与箭头轴 77 之间的角  $\theta_4$  在 30-90 度之间。

[0035] 在优选实施例中,连接左上表面 51 的内外侧 81、75 的侧面 85 的长度  $\lambda_1$  在 0-20 厘米之间,连接右上表面 53 的内外侧 83、79 的侧面 87 的长度  $\lambda_2$  在 0-20 厘米之间,元件 33 的侧面投影的长度  $\lambda_3$  在 0-20 厘米之间,元件 33 的正面投影的长度  $\lambda_4$  在 0-20 厘米之间。

[0036] 图 4 表示单个放置在叶片上的多个元件 33 构成的抗噪声装置 31,元件之间留有间隔。

[0037] 图 5 表示分组放置在叶片上的多个元件 33 构成的抗噪声装置 31,各组之间留有间隔。

[0038] 图 6 表示并排放置在叶片上的多个元件 33 构成的抗噪声装置 31,元件之间不留间隔。

[0039] 改变已经定义的几何尺寸,在元件 33 之间留出间隔,可以获得针对相干旋涡结构的不同旋涡强度和核心尺寸。元件 33 的几何尺寸影响所形成的细丝的射流特性,因此为了减少噪声的目的将元件 33 的几何尺寸调节为使用于较宽范围的风力涡轮机运行特性。在所有情况下,边界层内的速度和旋涡分布的变化预期能转移噪声能谱分布(分贝(A))。

[0040] 虽然参考优选实施例充分描述了本发明,但不应当视为本发明受具体实施例的限制。显然,在本发明的范围内可以引入修改。

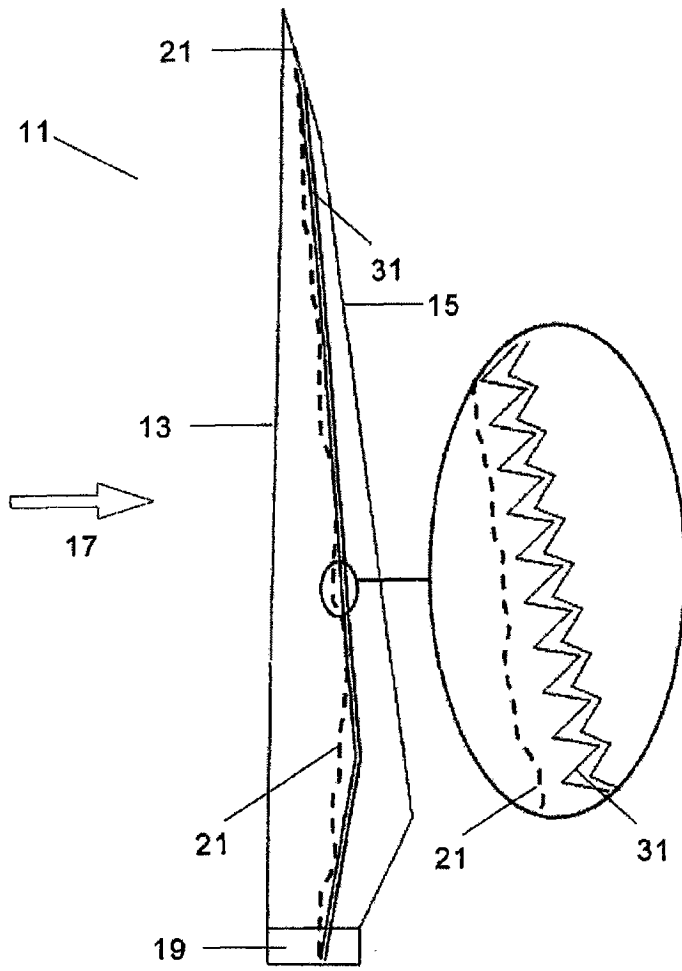


图 1

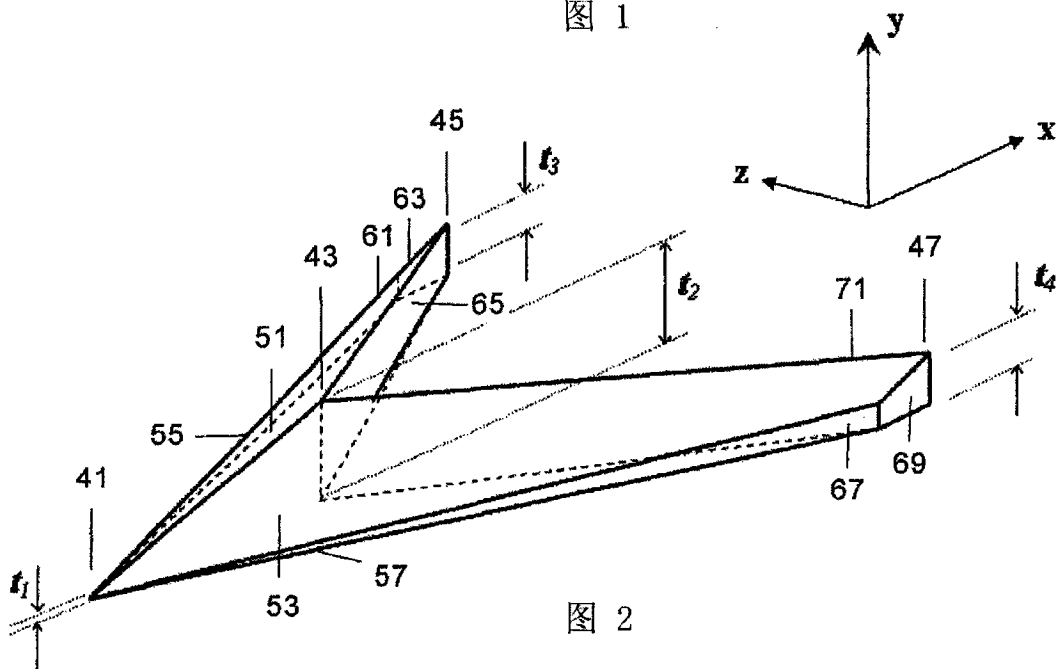


图 2

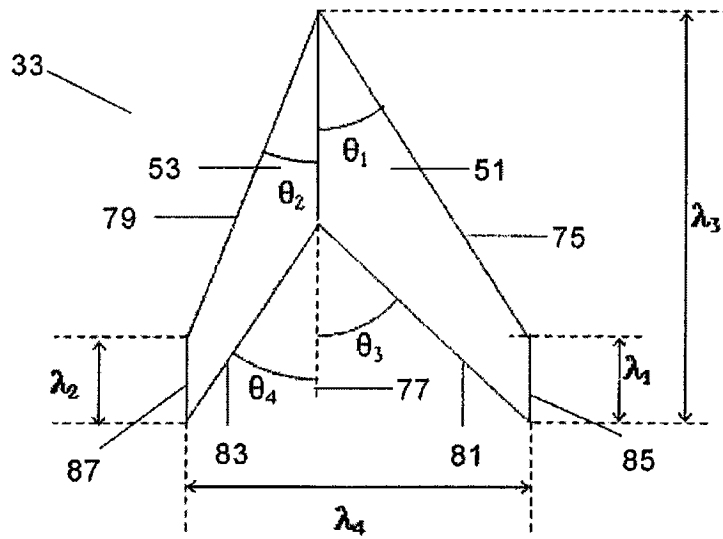


图 3

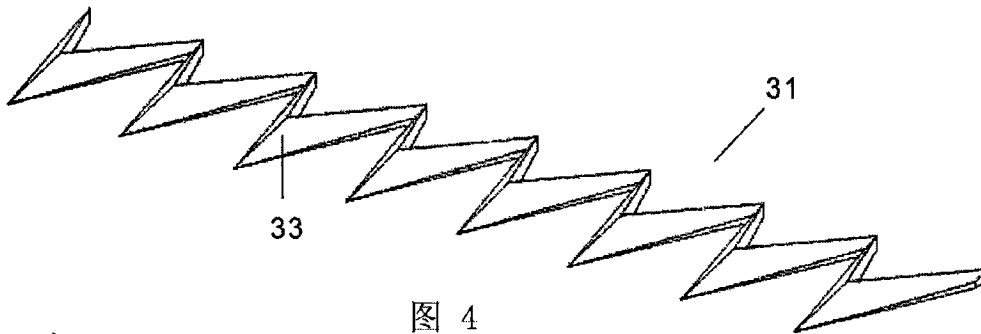


图 4

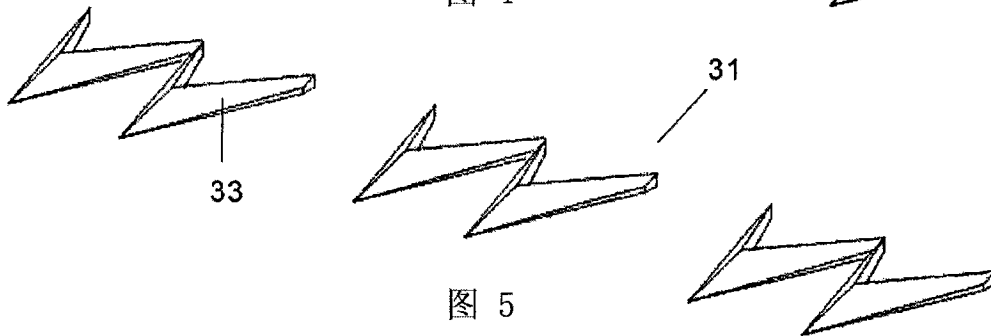


图 5

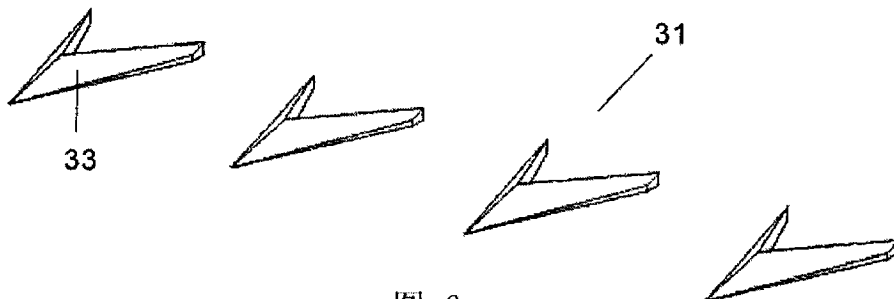


图 6



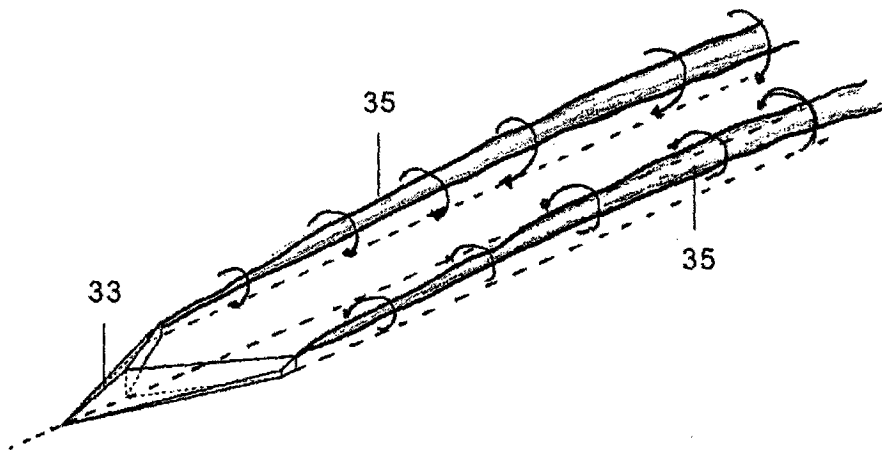


图 7

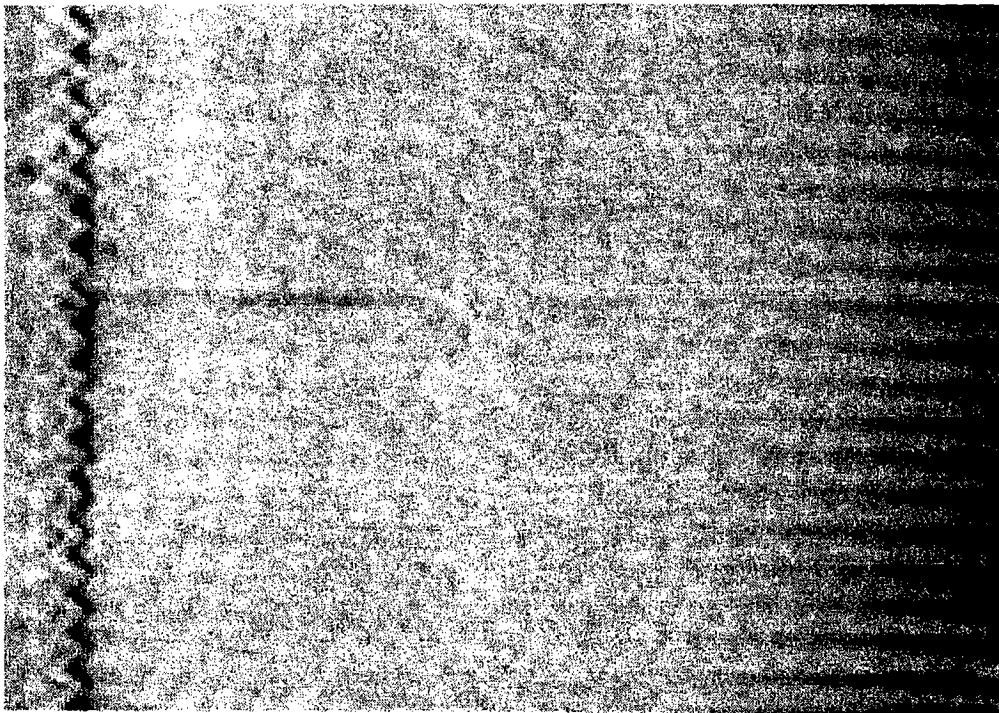


图 8