



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102297097 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201110184900. 2

US 3578264 A, 1971. 05. 11,

(22) 申请日 2011. 06. 23

审查员 朱钰荣

(30) 优先权数据

12/821725 2010. 06. 23 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 方飙 S·赫尔 X·刘

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 陈江雄 杨楷

(51) Int. Cl.

F03D 11/00(2006. 01)

F03D 1/06(2006. 01)

(56) 对比文件

US 3578264 A, 1971. 05. 11,

US 5734990 A, 1998. 04. 07,

CN 101029629 A, 2007. 09. 05,

US 4699340 A, 1987. 10. 13, 全文.

CN 101378950 A, 2009. 03. 04, 全文.

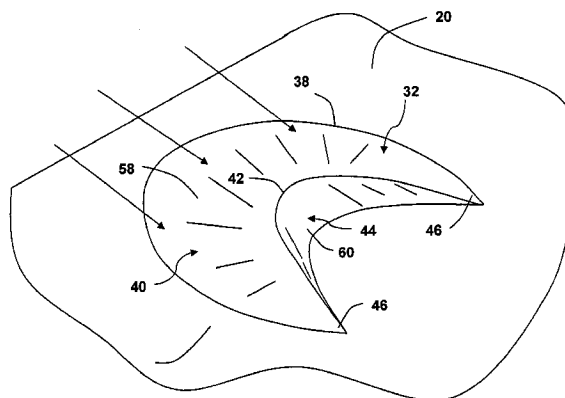
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

带有空气动力涡流元件的风力涡轮机叶片

(57) 摘要

本发明涉及带有空气动力涡流元件的风力涡轮机叶片,该风力涡轮机叶片(16)具有吸力侧表面(20)和压力侧表面(22)。多个涡流元件(34)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。涡流元件(34)具有半个半球形新月形状,具有凹入的风面(40)和凸出的滑面(44),且风面和滑面在弧形脊(42)处会合。



1. 一种风力涡轮机叶片 (16), 所述叶片包括:
吸力侧表面 (20) 和压力侧表面 (22);
多个涡流元件 (32), 其配置于所述吸力侧表面或所述压力侧表面中的至少一个上; 以及

所述涡流元件具有向上倾斜的风面 (40) 和向下倾斜的滑面 (44), 所述风面和所述滑面在限定侧角 (46) 的大体上开口的 U 型脊 (42) 处会合, 所述侧角的高度从所述 U 型脊的最前部向所述吸力侧表面或所述压力侧表面减小;

所述涡流元件具有半个半球新月形状, 具有凸出的风面和凹入的滑面, 所述 U 型脊包括连续弯曲的弧形。

2. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (16), 其特征在于, 所述涡流元件 (32) 限定于所述吸力侧表面 (20) 上在 15% 至 65% 之间的弦长。

3. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (16), 其特征在于, 所述涡流元件 (32) 与所述叶片的顶部 (30) 相比更靠近所述叶片的根部 (28)。

4. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (16), 其特征在于, 所述涡流元件 (32) 与所述叶片的根部 (28) 相比更靠近所述叶片的顶部 (30)。

5. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (16), 其特征在于还包括多个涡流发生器 (34), 其被配置成与所述涡流元件 (32) 组合地在所述压力侧表面 (22) 或所述吸力侧表面 (20) 中的至少一个上。

6. 根据权利要求 1 所述的风力涡轮机叶片 (16), 其特征在于, 所述涡流元件 (32) 形成于所述吸力侧表面 (20) 和所述压力侧表面 (22) 上。

7. 一种风力涡轮机 (10), 所述风力涡轮机包括多个涡轮机叶片 (16), 所述涡轮机叶片中的至少一个为权利要求 1 至 6 中任一项所述的风力涡轮机叶片。

8. 根据权利要求 7 所述的风力涡轮机 (10), 其特征在于, 所述涡轮机叶片 (16) 中的每一个为权利要求 1 至 6 中任一项所述的风力涡轮机叶片。

带有空气动力涡流元件的风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明大体而言涉及风力涡轮机的领域，且更特定而言涉及在其流动表面上具有空气动力涡流元件的涡轮机叶片。

背景技术

[0002] 涡轮机叶片是用于将风能转换成电能的风力涡轮机的主要元件。叶片的工作原理类似于飞机机翼的工作原理。叶片具有翼型截面轮廓使得在操作期间，空气在叶片上流动，在侧面之间产生压差。因此，从压力侧向吸力侧导向的升力作用于该叶片上。升力在主要转子轴上生成扭矩，主要转子轴齿轮连接到发电机用于发电。

[0003] 当自前缘到后缘的流动造成叶片的顶表面与底表面之间的压差时生成升力。理想地，流动从前缘到后缘附着到顶表面上。但是，当流动迎角超过特定临界角时，流动并不到达后缘，而是在流动分离线离开该表面。超过此线，流动方向通常逆反，即，其从后缘向后向分离线流动。当流动分离时，叶片部段从流动提取更少能量。

[0004] 流动分离取决于多种因素，诸如进来的气流特征（例如，雷诺数、风速、内流大气湍流）和叶片的特征（例如，翼型部段、叶片弦和厚度、扭转分布、桨距角等）。脱离的流动区域也导致阻力增加，主要是由于在上游的附着流动区域与下游的脱离流动区域之间的压差。流动分离倾向于更流行于更靠近叶片根部处，这是由于与叶片顶端相比，在此区域中叶片流动表面相对较大的迎角。

[0005] 因此，为了提高风力涡轮机正常操作期间的能量转换效率，需要提高叶片的升力同时降低阻力。为此目的，有利地通过使流动分离更靠近叶片的后缘移动来增加附着流动区域且减小脱离流动区域。这特别合乎在更靠近叶片根部处的需要以便增加由叶片生成的总升力。

[0006] 在本领域中已知通过在叶片表面上添加凹窝、突起或其它结构来改变风力涡轮机叶片的空气动力特征。这些结构通常被称作“涡流发生器”且用于在叶片表面上形成湍急的气流的局部区域，作为延长流动分离且优化叶片轮廓周围空气动力气流的手段。常规涡流发生器通常为金属片且被限定为涡轮机叶片的吸力侧上的“翅片”或成形的结构。但常规涡流发生器并非没有缺陷。涡流发生器形成阻力且倾向于较吵。

[0007] 因此，该工业将受益于空气动力涡流发生器设计，其形成更少阻力和噪音且因此特别适用于更靠近叶片根部处以增加由此叶片区域所生成的升力。

发明内容

[0008] 本发明的方面和优点将在下文的描述中部分地陈述，或者可从该描述显而易见，或者可通过实践本发明而学习。

[0009] 根据本发明的方面，提供一种风力涡轮机叶片，其具有吸力侧表面和压力侧表面。多个涡流元件形成于这些表面之一或两个上。涡流元件具有向上倾斜的风面和向下倾斜的滑面，且风面与滑面在限定侧角的大体上开口的U形脊处会合。侧角的高度从脊的最前部

向吸力侧表面或压力侧表面减小。

[0010] 在涡流元件的特定实施例中，风面和滑面由安置成恒定角度的平壁形成。举例而言，风面可具有平前壁和相对的平侧壁，且滑面可同样具有平前壁和相对的平侧壁。

[0011] 在另一独特实施例中，涡流元件具有半个半球新月形，具有凸出风面和凹入滑面，且 U 形脊包括连续弯曲的弧形。

[0012] 涡流元件可放置于叶片流动表面中任一个或两个上的任何位置，其中需要修改该表面的空气动力特征。在一特定实施例中，涡流元件限定于吸力侧表面上在大约 15% 至大约 65% 之间的弦长。涡流元件可安置于与顶部相比更靠近叶片根部处，或者与根部相比更靠近顶部处。

[0013] 叶片可合并独特的涡流元件与常规涡流发生器，诸如楔型或翅片型涡流发生器。举例而言，涡流元件可设于叶片的限定区域，而涡流发生器可设于叶片的不同区域，或者涡流发生器和涡流元件可混合。

[0014] 本发明还涵盖具有一个或多个涡轮机叶片的风力涡轮机，涡轮机叶片被配置成具有如本文所述的独特的涡流元件。

[0015] 参考下文的描述和所附权利要求书，本发明的这些和其它特征、方面和优点将会更好地理解。附图合并于本说明书中并构成说明书的部分，附图示出本发明的实施例且与描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0016] 本发明的全面并可实施的公开内容，包括其最佳实施方式，参考附图在说明书中陈述，在附图中：

[0017] 图 1 是常规风力涡轮机的透视图；

[0018] 图 2 是根据本发明的方面的风力涡轮机叶片的替代实施例的透视图；

[0019] 图 3 示出根据本发明方面的示范性涡流元件的放大透视图；

[0020] 图 4 是叶片表面与涡流元件的侧视剖视图；

[0021] 图 5 是在涡流元件上的气流的计算机生成的图像，其特别地示出所引起的下游湍流；

[0022] 图 6 是根据本发明的方面的涡流元件的替代实施例的透视图；以及

[0023] 图 7 是图 6 的涡流元件的侧视剖视图。

[0024]

附图标记	构件
10	风力涡轮机
12	塔架

[0025]

14	机舱
16	涡轮机叶片

18	转子桨毂
20	吸力侧表面
22	压力侧表面
24	前缘
26	后缘
28	根部
30	顶部
32	涡流元件
34	涡流发生器
36	风向
38	基部
40	风面
42	脊
44	滑面
46	角
48	平前壁（风面）
50	平侧壁（风面）
52	平前壁（滑面）
54	平侧壁（滑面）
56	最前部脊部
58	凸出前壁
60	凹入滑面

具体实施方式

[0026] 现将详细地参考本发明的实施例,其一个或多个实例在附图中示出。以解释本发

明的方式提供每个实例,并不限制本发明。实际上,对于本领域技术人员显而易见,在不偏离本发明的范围或精神的情况下可做出各种修改和变型。举例而言,作为一个实施例的部分示出或描述的特征可用于另一实施例以得到又一实施例。因此,预期本发明涵盖属于所附权利要求书和其等效物内的这些修改和变型。

[0027] 在本文中描述了本发明,其涉及风力涡轮机叶片的构件。但应了解根据本发明的原理的独特的涡流元件配置并不限于用于风力涡轮机叶片上,而是可应用于可受益于由涡流元件提供的修改的空气动力特征的任何类型的翼型或流动表面上。这些表面的实例包括飞机机翼、船体、帆等。

[0028] 图 1 示出常规构造的风力涡轮机 10。风力涡轮机 10 包括塔架 12 和安装于其上的机舱 14。多个风力涡轮机叶片 16 安装于转子桨毂 18 上,而转子桨毂 18 连接到主凸缘上,主凸缘转动主转子轴。风力涡轮机发电和控制构件容纳于机舱 14 内。提供图 1 的视图只是出于说明目的以将本发明置于示范性使用领域。应了解本发明并不限于任何特定类型的风力涡轮机配置。

[0029] 图 2 描绘了合并了本发明的方面的风力涡轮机叶片 16。叶片 16 包括吸力侧表面 20、压力侧表面 22、前缘 24 和后缘 26。叶片从根部 28 延伸到顶部 30。根据本发明的方面的多个独特涡流元件 32 在下文中更详细地描述,这些涡流元件 32 形成于表面 22 和 24 中的任一个或两个上。在附图所示的实施例中,涡流元件 32 被描绘为在吸力侧表面 20 上只是出于说明目的。应了解涡流元件 32 也可设于压力侧表面 22 上。

[0030] 涡流元件 32 可放置于叶片流动表面 20、22 中任一个或两个上的任何位置,其中需要修改该表面的空气动力特征。在特定实施例中,涡流元件 32 在大约 15% 至大约 65% 之间的弦长限定于吸力侧表面 20 上,如图 2 所描绘。涡流元件 32 可安置于与顶部 30 相比更靠近叶片根部 28 处,或者与根部 28 相比更靠近顶部 30 处。应了解本发明并不限于涡流元件 32 在叶片 16 的流动表面 20、22 中任一个或两个上的任何特定放置。

[0031] 在本发明的范围和精神内,涡流元件 32 可具有不同的形状配置。一般而言,涡流元件 32 具有向上倾斜的风面 40 和向下倾斜的滑面 44,且风面 40 与滑面 44 在限定侧角 46 的大体上开口的 U 形脊 42 处会合。侧角 46 的高度从脊 42 的最前部 56 (图 6) 减小且向下向表面 20 倾斜,涡流元件 32 形成于该表面 20 上。

[0032] 风面 40 和滑面 44 可具有各种形状和配置。举例而言,在图 6 和图 7 的实施例中,风面 40 和滑面 44 由大体上平倾斜壁区段形成,大体上平倾斜壁区段被布置成形成大体上多侧基部 38。在此实施例中,风面 40 可包括平前壁 48 和平侧壁 50。这些壁以相对恒定的角度从表面 20 向脊线 42 倾斜。同样,滑面 44 可包括平前壁 52 和平侧壁 54,平前壁 52 和平侧壁 54 也以相对恒定的角度向上向脊线 42 倾斜。

[0033] 在图 3 至图 5 所示的特定独特的实施例中,涡流元件 32 具有大体上半个半球新月形状。举例而言,参看图 3,涡流元件 32 包括在其前部的大体上半圆形基部 38,其面向表面 20 上风流方向(如在图 3 中由箭头所示)。风面 44 包括绕基部 38 周边大体上凸出的表面壁 58,其从表面 20 延伸到脊线 42。滑面 44 包括大体上凹入的壁 60,其从表面 20 延伸到脊线 42。风面 40 和滑面 44 在新月形脊线 42 处合并,脊线 42 沿着侧角 46 从脊线 42 的最前部向基部 38 向下倾斜。沿着滑面 44 的基部 38 也具有大体上新月形状使得侧角 46 如图 3 所描绘限定。图 4 是涡流元件 32 的剖视轮廓图且特别地示出凸出风面 40 和凹入滑面 44

以及脊线 42。

[0034] 在某些实施例中,涡流元件 32 可被认为仿照自然发生的新月沙丘模制,其在本质上充当涡流发生器。举例而言,图 5 是在新月凸出元件 32 上风流的计算机生成的描绘图。在图 5 中显而易见,在前风面 40 上的气流在脊上降低且发展为在滑面 44 处沿着角 46 导送的后涡流。独特的新月沙丘形状生成空气动力学涡流,而无显著增加的阻力,这特别合乎风力涡轮机流动表面上涡流发生器的需要。

[0035] 叶片 16 可合并独特的涡流元件 32 与常规涡流发生器 34,诸如翅片型或楔型涡流发生器。举例而言,如图 2 所描绘,涡流元件 32 可设于叶片 16 的限定区域而涡流发生器 34 可设于叶片的不同区域。在特定实施例中,涡流发生器 32 可被配置于根部 28 处以较小的额外阻力提供增加的升力(特别合乎低风速条件的需要),而常规楔形或翅片型涡流发生器 34 设于更靠近叶片顶端 30 的叶片的更高速区域。在替代实施例中,涡流元件 32 可位于与根部 28 相比更靠近朝向顶部 30 处。

[0036] 应了解本发明涵盖风力涡轮机 10(图 1)的任何配置,其包括合并了如本文所述的独特涡流元件 32 中至少一个的一个或多个叶片 16。

[0037] 虽然关于具体示范性实施例和其方法详细地描述了本主题,本领域技术人员应了解在达成对前文的理解后,可易于做出这些实施例的更改、变型和等效物。如所提到的那样,还应了解本发明可应用于任何类型的流动表面,且并不限于风力涡轮机叶片。因此,本公开的范围是举例说明且并无限制意义,且本公开并不排除包括对本主题的这些修改、变型和 / 或添加,如对于本领域普通技术人员显而易见。

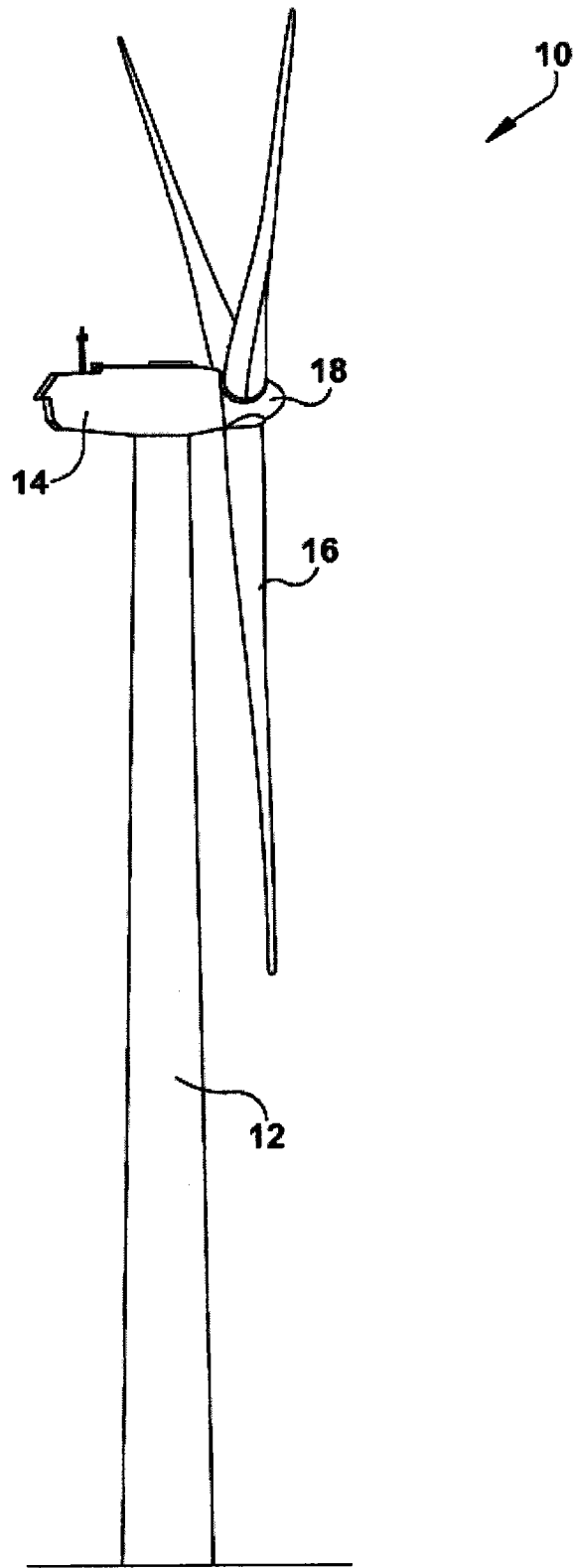


图 1

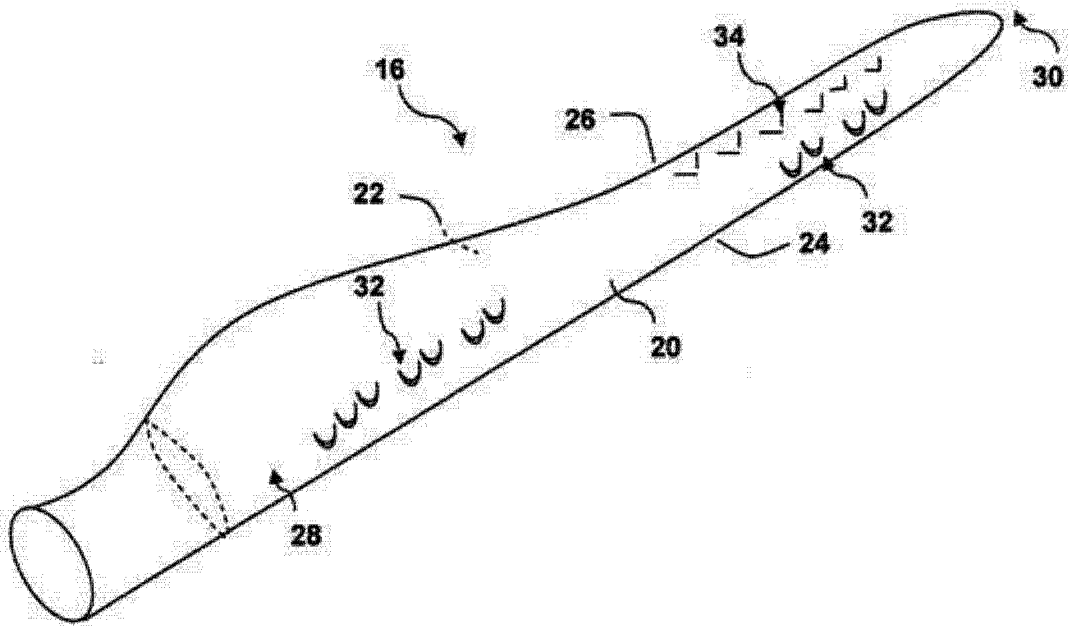


图 2

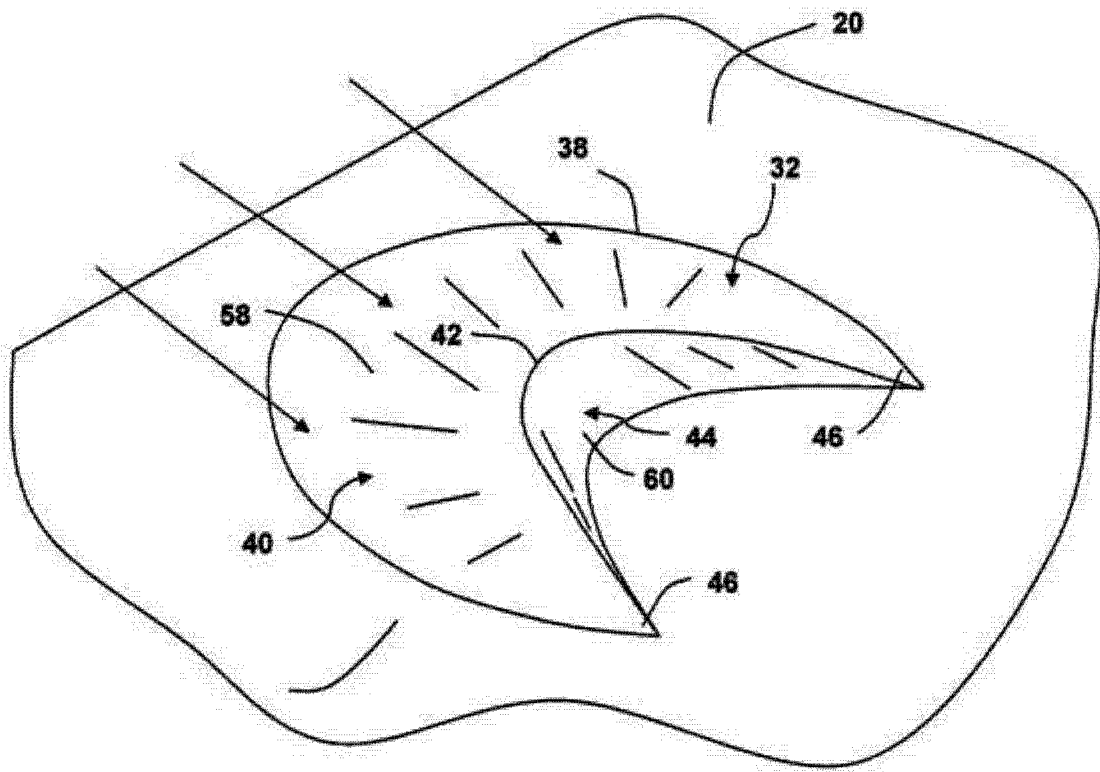


图 3

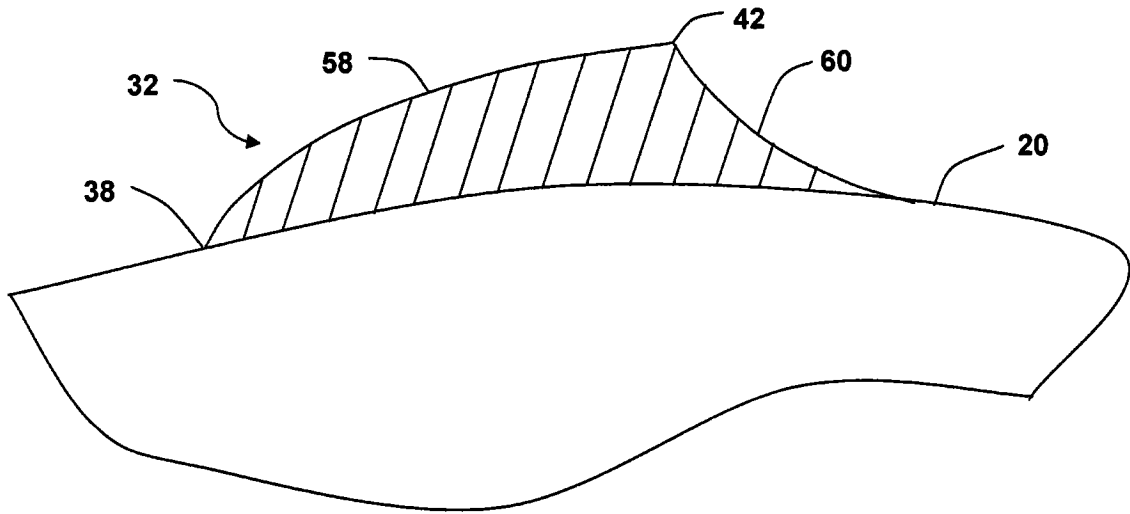


图 4

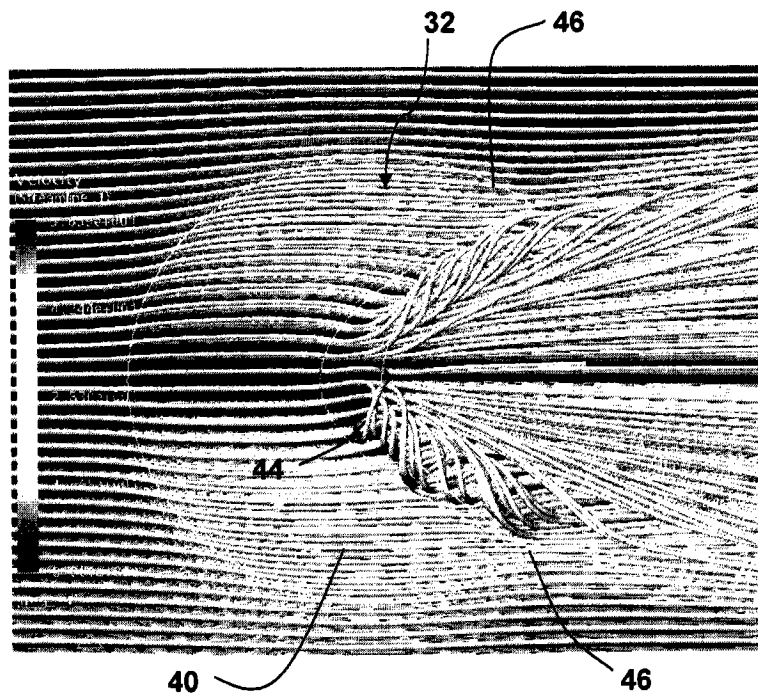


图 5

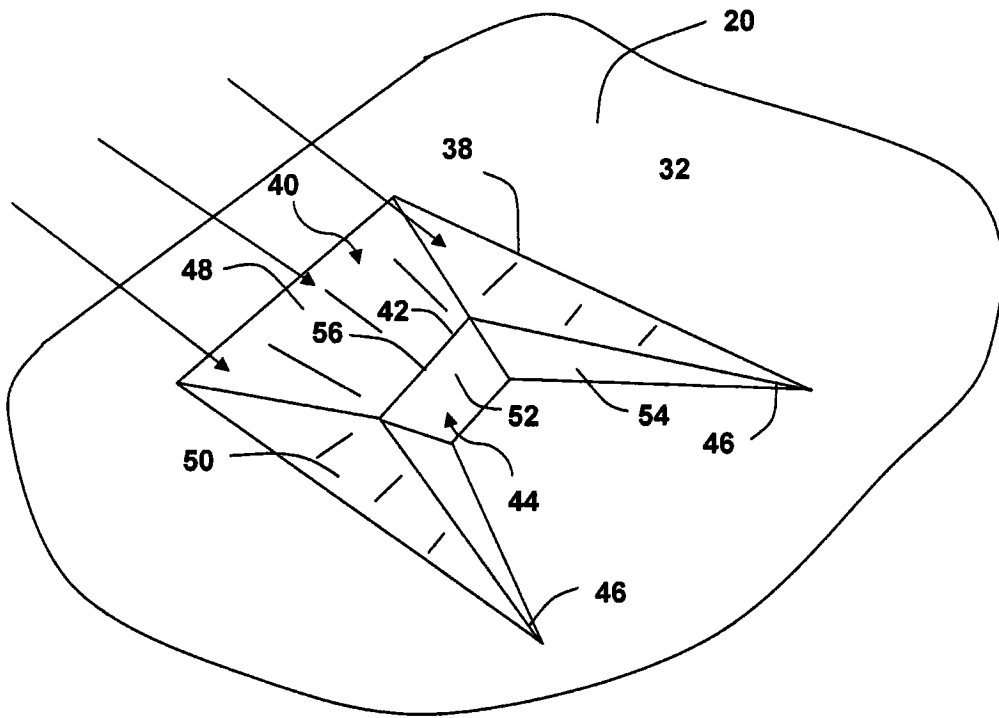


图 6

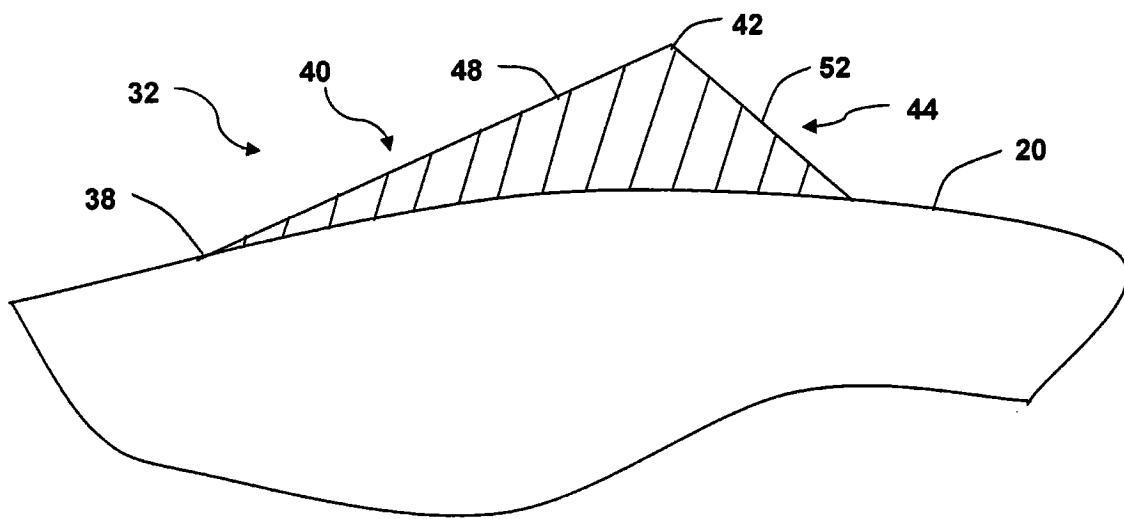


图 7