



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I548811 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：103119941

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 09 日

(51)Int. Cl. : F03D1/06 (2006.01)

(30)優先權：2013/06/11 德國

102013210901.6

(71)申請人：渥班資產公司(德國) WOBLEN PROPERTIES GMBH (DE)

德國

(72)發明人：奧特米庫斯 安德烈 ALTMIKUS, ANDREE (DE)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 102536632A

WO 2011/097024A1

審查人員：周修平

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：12 共 37 頁

(54)名稱

風力發電設備之轉子葉片及風力發電設備

ROTOR BLADE OF A WIND POWER INSTALLATION AND WIND POWER INSTALLATION

(57)摘要

本發明係關於一種風力發電設備之一空氣動力轉子之轉子葉片，該轉子葉片包括：至少一第一邊界層柵及一第二邊界層柵(810, 820)，其中該第一邊界層柵(810)係相對於該轉子之一樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之 25%與 40%之間之一範圍中，且該第二邊界層柵(820)係相對於該轉子之一樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之 45%與 60%之間之一範圍中。

The invention relates to a rotor blade of an aerodynamic rotor of a wind power installation, comprising: at least a first and a second boundary layer fence (810, 820), with the first boundary layer fence (810) being arranged at the rotor blade in radial direction, in relation to a pivot axis of the rotor, in a range between 25% and 40%, and the second boundary layer fence (820) being arranged at the rotor blade in radial direction, in relation to a pivot axis of the rotor, in a range between 45% and 60%.

指定代表圖：

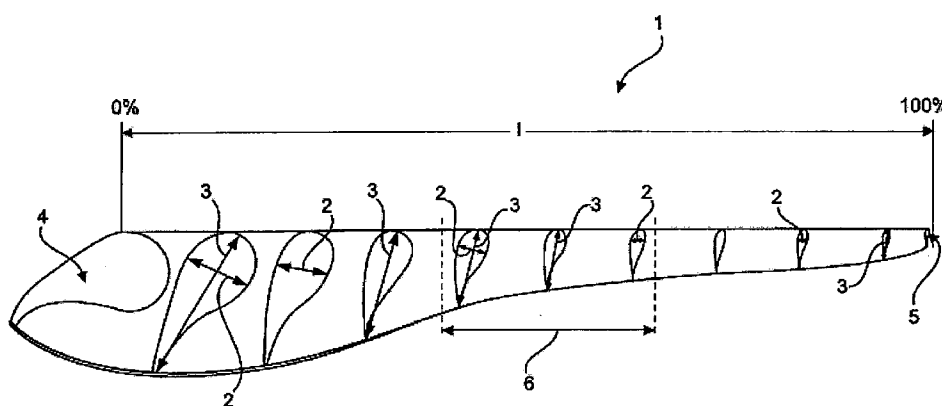


圖1

符號簡單說明：

1 . . . 轉子葉片

2 . . . 剖面厚度

3 . . . 剖面深度

4 . . . 轉子葉片根部

5 . . . 連接區域

6 . . . 中心區域

1 . . . 長度

發明摘要



※ 申請案號：103119941

※ 申請日：103 6 9

※IPC 分類：F03D1/06 (2006.07)

【發明名稱】

風力發電設備之轉子葉片及風力發電設備

ROTOR BLADE OF A WIND POWER INSTALLATION AND
WIND POWER INSTALLATION

【中文】

本發明係關於一種風力發電設備之一空氣動力轉子之轉子葉片，該轉子葉片包括：至少一第一邊界層柵及一第二邊界層柵(810，820)，其中該第一邊界層柵(810)係相對於該轉子之一樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之25%與40%之間之一範圍中，且該第二邊界層柵(820)係相對於該轉子之一樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之45%與60%之間之一範圍中。

【英文】

The invention relates to a rotor blade of an aerodynamic rotor of a wind power installation, comprising: at least a first and a second boundary layer fence (810, 820), with the first boundary layer fence (810) being arranged at the rotor blade in radial direction, in relation to a pivot axis of the rotor, in a range between 25% and 40%, and the second boundary layer fence (820) being arranged at the rotor blade in radial direction, in relation to a pivot axis of the rotor, in a range between 45% and 60%.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1 轉子葉片
- 2 剖面厚度
- 3 剖面深度
- 4 轉子葉片根部
- 5 連接區域
- 6 中心區域
- 1 長度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

風力發電設備之轉子葉片及風力發電設備

ROTOR BLADE OF A WIND POWER INSTALLATION AND
WIND POWER INSTALLATION

本發明係關於一風力發電設備之一轉子葉片。再者，本發明係關於一風力發電設備。

風力發電設備眾所周知。現今最常見之風力發電設備係所謂水平軸風力渦輪，其亦為本申請案之主題。現代風力發電設備經調適至在其等安裝地點所預期之風力條件。特定言之，吾人可區分用於強風地點之風力發電設備與用於弱風地點之風力發電設備。若需要，可進一步再次分類。

相較於用於具有較高平均風速之地點之風力發電設備，用於弱風地點之風力發電設備以更精細(至少依區段方式)之更長轉子葉片為特徵。以此方式，即使在弱風條件中，此更長轉子葉片可橫掃一更大圓平面面積且從風力提取儘可能多之能量。藉由強風引起之重負載相對較少。

當建置此等轉子葉片時，吾人必須確保尤其其等中心區域設計成足夠窄以使其等儘可能輕而同時為葉片提供充足負載能力。尤其在轉子葉片相對於轉子之徑向方向之中心區域中，可難以使對轉子葉片之穩定性及負載能力之所描述要求適應所需空氣動力設計。

有時，設計空氣動力剖面之範疇可如此小，使得儘管吾人將達成具有良好性質之一空氣動力剖面，但此理想空氣動力剖面之稍微偏差可對流動性質具有一顯著效應。尤其轉子葉片之污染可引起將不會

(或至少還沒到那個程度)發生於一未污染葉片之一非所要過早失速。有時，甚至雨滴可引起葉片之一顯著污染。

因此，本發明之目的係處理上述問題之至少一者。特定言之，本發明應提供用於改良一轉子葉片之空氣動力性質之一解決方案。特定言之，本發明應改良用於弱風地點之一風力發電設備之一轉子葉片，且特定言之，使其較不易受到污染。本發明應至少提出對先前技術之一替代解決方案。

德國專利及商標局在優先申請案中已研究出符合目前PCT申請案之以下先前技術：DE 103 47 802 B3、US 2011/0211966 A1、US 2012/0051936 A1及EP 2 466 122 A2。

根據本發明提出的係根據請求項1之一轉子葉片。此轉子葉片(即，一空氣動力轉子之轉子葉片)包括至少一個第一邊界層柵及一個第二邊界層柵。該等邊界層柵之位置特別對準相對於空氣動力轉子之一徑向方向之一中心區域。至少兩個邊界層柵之位置經選擇，使得該等邊界層柵圍封轉子葉片之一中心區域。

此係基於以下考量：即使弱風設備之轉子葉片(即，用於弱風地點之風力發電設備之轉子葉片)亦可在接近於輪轂之區域中具有一寬設計且允許一較不易受損害之剖面。由於此處在此外部區域中，轉子葉片之負載能力並不十分取決於葉片設計，故亦可在外部區域中(即，在面向轉子葉片尖端之區域中)執行一更穩健剖面設計。在中心區域中，轉子葉片之負載能力擔當一主要角色且在此區域中，風力對風力發電設備之輸出之影響仍十分強。而且，由於此處之轉速並不如葉片之外部區域如此高且因此雨水可更佳地附著於表面，故(例如)藉由雨引起之污染可對中心區域具有一更大影響。

在此時請注意，風力發電設備之轉子葉片中之邊界層柵之使用眾所周知。在此背景內容中，參考德國專利DE 103 47 802 B3。該專

利提供邊界層柵以防止轉子葉片之一實質上圓柱形根部區域與轉子葉片之具有一空氣動力剖面之外部之間的交叉流動。為此，在其中轉子葉片從其圓柱形根部區域過渡至以一空氣動力剖面為特徵之區域之區域中提出一邊界層柵。出於支撐目的可提供一第二邊界層柵。

另一方面，本發明係關於一完全不同之問題，即，防止(特定言之)藉由葉片污染引起之一失速或至少將藉由葉片污染引起之一失速限於一預定區域。特定言之，本發明係關於在其等根部區域中直接具有其等最大剖面深度以用於附接至一轉子輪轂之轉子葉片。換言之：特定言之，本發明係關於具有分別沿著其等整個軸向或徑向長度之一空氣動力剖面之轉子葉片。

在此背景內容中，提出第一邊界層柵配置於25%至40%之一範圍中且第二邊界層柵配置於轉子葉片之45%至60%之一範圍中。在如預期用於風力發電設備之空氣動力轉子中時，此等細節係關於轉子葉片之徑向方向。此意謂值0%將恰好處於空氣動力轉子之旋轉軸且值100%將處於轉子葉片之轉子葉片尖端。

較佳地，第一邊界層柵在徑向方向上配置於30%至35%之一範圍中，且另外或替代性地，第二邊界層柵在徑向方向上配置於轉子葉片之50%至55%之一範圍中。此為轉子葉片之對應離散中心區域提供圍封該中心區域之該兩個邊界層柵。因此，提出之措施可尤其注重於此中心區域。

第一邊界層柵及第二邊界層柵較佳地配置於轉子葉片之吸力側。特定言之，發現此處係關於一失速之大部分問題可發生之處，使得特定言之在此處提供邊界層柵。較佳地，不僅轉子葉片之吸力側以每一側上之一邊界層柵為特徵，而且每一邊界層柵亦以兩個柵區段為特徵，兩個柵區段之一者配置於吸力側，且另一者配置於轉子葉片之壓力側。在此，發現甚至可在藉由在壓力側之一柵區段支撐吸力側之

邊界層柵時改良提出之空氣動力措施。以此方式，可更有效地將任何失速現象限於轉子葉片之此中心區域。

根據一項實施例，每一邊界層柵經設計以在高度方面自葉片鼻端增大至後沿。此意謂基礎係以在約移動方向上之一葉片鼻端或轉子葉片鼻端及背向葉片鼻端之一後沿(即，基本上面向後方)為特徵之一普通轉子葉片。較佳地，邊界層柵之高度適合於空氣吹抵於葉片之邊界層之厚度。假定該邊界層為其中迎面空氣流速距葉片表面具有如此大距離使得其達到未衰減空氣流速之90%之區域。此處，將各自點處空氣相對於轉子葉片之流速視為一基礎。

現在已知，該邊界層具有自轉子鼻端至後沿之一增大距離。根據一項實施例，提出邊界層柵之高度應適合於該距離。

關於邊界層柵之高度之考量假定一邊界層柵經組態為(例如)實現為垂直於葉片表面且縱長於入射角度之一平坦物件(即，約橋狀)。再者，若邊界層柵以吸力側上之一邊界層柵區段(亦簡稱為柵區段)及壓力側上之一柵區段為特徵，則此等細節亦應用於柵區段。

特定言之，邊界層柵在接近於葉片鼻端處(例如，相對於在葉片鼻端後之5%至10%處之各自點之葉片剖面之一弦)開始。在此，邊界層柵或柵區段分別在0毫米至5毫米之一低高度開始，且接著持續增大至大於15毫米(特定言之大於20毫米)之一高度。分別在第一邊界層柵或其柵區段之情況中，該高度可增大至大於30毫米。較佳地，邊界層柵將在其後部區域中(特定言之在其後三分之一中)在高度方面維持不變(即，等高)。以此方式，其可調適至邊界層之位置以因此避免不必要之極大高度及因此不必要之接觸表面且最終相較於始終具有極大高度之一變體而言節省材料。

此意謂每一邊界層柵或柵區段分別較佳地設計為以一基底區段及一後部區段為特徵之一橋。橋使用基底區段附接至轉子葉片表面

(即，附接至吸力側或壓力側)，且藉由後部區段形成橋之另一自由側。因此，基底區段遵照葉片剖面。後部區域亦設計為葉片剖面，但在不同位置中。為此，假定一輪廓線在其形狀方面等於葉片剖面但藉由一樞軸/旋轉軸相對於葉片剖面彎曲/旋轉。此等方法假定在分別檢查之邊界層柵之區域中之一區段。因此，在此首先假定的係遵照(例如)在吸力側之葉片剖面之一輪廓線。接著，在理論上較佳地在葉片鼻端之區域中應用一樞軸。接著該輪廓線在理論上(特定言之)以約 1° 至 3° 之一角度圍繞該樞軸旋轉，使得該輪廓線與葉片剖面在樞軸中具有一共同點，同時另外繼續向後朝向後沿移動遠離葉片剖面(即，在此實例中遠離吸力側)。因此，邊界層柵或邊界層柵區段分別在葉片剖面與該旋轉輪廓線之間延伸。

因此，在壓力側提供一柵區段時，將壓力側之輪廓線視為一基礎以形成橋之基礎之進程，同時朝向其旋轉之輪廓線形成橋之後部之進程。在此，圍繞相同軸之旋轉方向與在吸力側上之邊界層柵之設計恰好相反。

在面向葉片鼻端之前部區域中，即，特定言之在相對於葉片之弦之5%至10%之一範圍中，橋之高度將為如此低使得橋為多餘，且若橋僅在距葉片鼻端之一對應距離處開始，則這將足夠。此對吸力側及壓力側二者均適用。

較佳地，邊界層柵之高度將適合於邊界層在對應區域中之位移厚度之大小之兩倍與五倍之間(特定言之，三倍與四倍之間)。

再者，發現由於藉由提出措施防止之失速僅分別在葉片剖面之葉片之中心區域或甚至後部區域發生，故邊界層柵朝向葉片鼻端之一低高度可足夠。因此，具有朝向後沿之增大位置之邊界層柵之一較大高度係有利的。

又另一實施例提出，第一邊界層柵及第二邊界層柵應具有不同

高度，特定言之不同平均高度。在邊界層柵設計為具有遵照旋轉剖面線之一橋背之一橋之情況中，第一邊界層柵在橋之整個長度上之高度將大於第二邊界層柵之高度。出於比較目的，僅將兩個邊界層柵之一平均高度視為一基礎，其可為(例如)各自邊界層柵之進程之高度之一算術平均數。若邊界層柵以亦在壓力側上之一柵區段為特徵，則此等考量及描述將類似地適用於各自柵區段之高度。

在任何情況中提出的係第一邊界層柵(即，接近於轉子輪轂配置之第一邊界層柵)高於第二邊界層柵至少30%，特定言之至少50%。在此，發現一較低高度對於外部邊界層柵係足夠的，此在空氣動力學方面可為有利的。

較佳地，另外提供渦旋產生器。此等渦旋產生器(其配置於約朝向葉片鼻端之前三分之一中，且宜定位於轉子葉片之吸力側上)可抵消一釋放效應(即，葉片剖面處之一失速)。特定言之，渦旋產生器可引起此一失速之一位置更朝向後沿移位，此將至少減少由失速引起之空氣動力缺點。若該失速理論上可移位至後沿，則實際上將不再發生失速。

較佳地，提出該等渦旋產生器僅配置於第一邊界層柵與第二邊界層柵之間。因此，渦旋產生器之效應限於此區域且亦藉由邊界層柵而分別朝向轉子葉片之外部區域或內部區域屏蔽。特定言之，在此亦處理此等渦旋產生器可構成一非所要雜訊源的問題。藉由僅將渦旋產生器配置於兩個邊界層柵之間的此區域中，亦可藉由避免/能夠避免不必要在徑向方向上擴展之渦旋產生器佔用而降低雜訊等級。

轉子葉片宜經設計以用於一弱風設備，即，用於旨在針對一弱風地點之一風力發電設備。此意謂提出之解決方案處理(特定言之)用於一弱風設備之此一轉子葉片之一問題中心區域。

較佳地，本發明係基於在其葉片根部直接具有其最大剖面深度

用於附接至轉子輪轂之一轉子葉片。因此，並不利用一轉子葉片朝向輪轂變得纖細且以不設計為一葉片剖面之一實質上圓柱形區域為特徵。換言之：本解決方案並不關於發生於轉子葉片之一剖面區域與轉子葉片之一未經輪廓化區域(即圓柱形葉片根部)之間的效應。

再者，根據本發明提出的係具有根據上述實施例之至少一者之一或多個轉子葉片之一風力發電設備。特定言之，提出的係具有三個轉子葉片(其等之每一者經設計如由上述實施例之一者所提出)之一風力發電設備。

一風力發電設備之一個較佳轉子葉片以用於將轉子葉片連接至一轉子輪轂之一轉子葉片根部及配置於背向轉子葉片根部之側之一轉子葉片尖端為特徵。在此，一相對剖面厚度(其定義為剖面厚度對剖面深度之比率)在轉子葉片根部與轉子葉片尖端之間的一中心區域中展示一局部最大值。在下文中，剖面深度應意謂剖面之長度，即，前沿與後沿之間的距離。剖面厚度意謂上沿側與下沿側之間的距離。因此，若剖面厚度較小及/或剖面深度較大，則相對剖面厚度展示一較小值。

相對剖面厚度在轉子葉片根部與轉子葉片尖端之間展示一局部最大值。局部最大值定位於轉子葉片根部與轉子葉片尖端之間的中心區域中，較佳地在轉子葉片之自轉子葉片根部至轉子葉片尖端量測之總長度之30%與60%之間的一範圍中。因此，若總長度係(例如)60公尺，則局部最大值將在較佳的18公尺至36公尺之一範圍中。此意謂相對剖面厚度將首先自轉子葉片根部開始減小，且接著將在中心區域中增大直至其再次達到局部最大值，即，上升至周圍之相對剖面厚度並不展示一更高值之一點。特定言之，在剖面深度自轉子葉片根部至中心區域顯著減小時，在轉子葉片之中心區域中形成局部最大值。同時或替代性地，剖面厚度可增大或其可不如剖面深度如此顯著地減小。

此導致(特定言之)轉子葉片根部與中心區域之間的材料節省，且因此導致重量減輕。剖面厚度之增大導致轉子葉片之極大穩定性。

發現中心區域中之剖面深度之減小可導致降低之負載能力，但同時亦減輕轉子葉片之重量。接受轉子葉片之一可能效率下降，以便達成一較輕重量。中心區域更注重具有儘可能良好之一效率之穩定性及剛度，同時外部區域更注重高效率。因此，提出的係自中心區域向外朝向轉子葉片尖端之剖面深度比在中心區域中至少較不顯著地減小之一剖面。

較佳地，局部最大值之相對剖面厚度係35%至50%，特定言之40%至45%。相對剖面厚度通常將以100%至40%之一值開始於轉子葉片根部。約100%之一值意謂剖面厚度約相同於剖面深度。在下文中，該值將單調地減小。在根據本發明中一項實施例中，該值將首先自轉子葉片根部開始減小直至其達到一局部最小值。在達到一局部最小值後，相對剖面厚度將增大直至其達到約35%至50%。

在一較佳實施例中，轉子葉片在中心區域中及/或在局部最大值之區域中具有1500毫米與3500毫米之間(特定言之約2000毫米)的一剖面深度。若轉子葉片在轉子葉片根部之區域中展示約6000毫米之一剖面深度，則因此剖面深度將朝向中心區域及/或朝向局部最大值之區域減小約三分之一。

轉子葉片較佳地設計為一尖端速度比在8與11之間的一範圍中，較佳地在9與10之間。尖端速度比定義為轉子葉片尖端處之圓周速度對風速之比率。可藉由使用傾斜、快速旋轉之葉片達到高設計尖端速度比連同一高功率係數。

在又另一實施例中，轉子葉片在自轉子葉片根部至轉子葉片尖端量測之轉子葉片之總長度之90%至95%之一範圍中以等於在轉子葉片根部之區域中之剖面深度之約5%至15%(特定言之約10%)之一剖面

深度為特徵。

轉子葉片尖端之區域中之此減小之剖面深度亦將減少作用於機器結構及塔架上之負載(特定言之空氣動力負載)。基本上提出的係一相對傾斜轉子葉片。

在一較佳實施例中，轉子葉片在轉子葉片根部具有至少3900毫米(特定言之在3000毫米至8000毫米之一範圍中)之一剖面深度及/或基於轉子葉片根部在總長度之90%至95%之一範圍中(特定言之在90%)具有不大於1000毫米(特定言之在700毫米至300毫米之一範圍中)之一剖面深度。

較佳地，轉子葉片在中心區域中(特定言之在轉子葉片之總長度之50%處及/或在局部最大值之區域中)具有等於在轉子葉片根部之區域中之剖面深度之約20%至30%(特定言之約25%)之一剖面深度。若在轉子葉片根部之區域中之剖面深度係(例如)6000毫米，則在局部最大值之區域中及/或在中心區域中之剖面深度將僅為約1500毫米。轉子葉片根部與中心區域之間的剖面深度之此迅速減小之結果係具有較小負載(特定言之空氣動力負載)之一傾斜剖面。負載小於其他普通轉子葉片中之負載。使用普通剖面，轉子葉片深度通常將實質上線性減小。因此，一較高剖面深度及因此更多材料將尤其存在於轉子葉片根部與中心區域之間。

較佳地，提出的係用於一弱風地點之具有根據上述實施例之至少一者之至少一個轉子葉片之一風力發電設備。由於此一風力發電設備之至少一個快速旋轉之轉子葉片、高設計尖端速度比及高功率係數，故其具經濟效益。因此，風力發電設備亦尤其適用於在部分負載範圍中及/或在弱風條件中操作，且因此亦適用於內陸地點。較佳地，風力發電設備以三個轉子葉片為特徵。

圖1展示一項實施例之一轉子葉片1之各種剖面幾何之分佈。在

轉子葉片1中，按區段展示剖面厚度2及剖面深度3。在一端上，轉子葉片1以轉子葉片根部4為特徵，且在另一遠端上，其以用於安裝一轉子葉片尖端之一連接區域5為特徵。轉子葉片在轉子葉片根部4處具有一大剖面深度3。然而，剖面深度3在連接區域5中小得多。剖面深度自轉子葉片根部4(其亦可稱為剖面根部)開始顯著減小直至一中心區域6。在中心區域6中可提供一分界點(其未展示於此圖式中)。剖面深度3在中心區域6與連接區域5之間幾乎維持穩定。所描繪之轉子葉片1用於安裝佔據小於所描繪轉子葉片1之長度之1%且因此可在此忽略之一小轉子葉片尖端。

圖2展示其中按標準化轉子半徑繪製之一風力發電設備之兩個不同轉子葉片之相對剖面厚度之一曲線圖。相對剖面厚度(即，剖面厚度對剖面深度之比率)可以%陳述；然而在此情況中，定性進程至關緊要，且因此未標繪任何值。出於定向目的僅繪製針對38%及45%之值。轉子半徑係關於具有至少一個轉子葉片安裝至一轉子之一轉子輪轂之轉子。各自轉子葉片之長度自轉子葉片根部延伸至轉子葉片尖端。轉子葉片以標準化轉子半徑之約0.05之一值開始於其轉子葉片根部且以標準化轉子半徑之值1結束於其轉子葉片尖端。在轉子葉片尖端之區域中之標準化轉子半徑之值約等於各自轉子葉片之長度百分比。特定言之，標準化轉子半徑之值1等於轉子葉片長度之100%。

該曲線圖展示兩個曲線圖形100及102。曲線圖形100表示用於一弱風地點之一風力發電設備之相對剖面厚度的進程，且曲線圖形102展示用於具有更高平均風速之地點之一風力發電設備的進程。自曲線圖形可看見曲線圖形102之相對剖面厚度的進程實質上單調地減小。在轉子葉片根部之區域中(即，在一標準化轉子半徑0.0與0.1之間)，曲線圖形102開始於小於45%之一相對剖面厚度。相對剖面厚度之值穩定減小。

弱風設備之曲線圖形100開始於一明顯更高之相對剖面厚度。曲線圖形100僅在標準化轉子位置之約15%處下降至低於相對剖面厚度之所繪製45%標記，且僅在標準化半徑之約50%處離開此區域。若標準化徑向位置係約45%，則依照曲線圖形100之一弱風設備與依照曲線圖形102之一強風設備之間的相對剖面厚度的差異最大。

因此，圖解展示在外緣上弱風設備中之相對厚度的減小相較於強風設備明顯得多。尤其在40%至50%之範圍(其中相較於強風設備，相對厚度係最大)，提出提供可圍封此區域之邊界柵及/或提供渦旋產生器。

圖3展示定性地描繪取決於轉子半徑(其值標準化為各自基本轉子之最大半徑)之剖面深度(在曲線圖中簡稱為深度)之一曲線圖。曲線圖形200展示一弱風設備之進程(其亦為圖2中之圖解的基礎)，而曲線圖形202展示一強風設備之進程(其亦為圖2之基礎)。在其中可看見，不同於強風設備，弱風設備在一十分早之階段(即，已在總半徑之約50%)展示一相對低深度。

圖4展示其中針對圖3之剖面深度展示各自剖面厚度(在曲線圖中簡稱為厚度)之一曲線圖。亦在此處，僅按標準化半徑定性地展示弱風設備之曲線圖形300及強風設備之曲線圖形302。一方面，曲線圖形100、200及300，及另一方面，曲線圖形102、202及302係基於一個相同風力發電設備。

可看見兩種風力發電設備類型之厚度輪廓300及302係十分類似以確保各自結構穩定性。然而，如由圖3中之曲線圖形200相較於曲線圖形202所展示，弱風設備規定外部轉子區域中之一較小深度以考慮到特殊條件。如在圖2中展示，此導致依照曲線圖形100之相對厚度的特性化進程在約40%之範圍中具有一平穩時期。

圖5展示具有一塔架402建置於一基底板403上之一風力發電設備

401。在相對於基底板403之上側，存在一吊艙404(機器室)，其具有實質上由一轉子輪轂406及附接至轉子輪轂406之轉子葉片407、408及409構成之一轉子405。轉子405連接至定位於吊艙404內之一發電機以用於將機械功轉換為電能。吊艙404可旋轉地安裝至塔架402，塔架402之基底板403提供必要穩定性。

圖6展示一實施例之一轉子葉片500在其整個長度1上(即，自0%至100%)之一側視圖。在一端上，轉子葉片500以一轉子葉片根部504為特徵，且在另一遠端上，其以一轉子葉片尖端507為特徵。在一連接區域505中，轉子葉片尖端507連接至轉子葉片之剩餘物。轉子葉片在轉子葉片根部504處具有一大剖面深度。然而，在連接區域505中及在轉子葉片尖端507處之剖面深度小得多。剖面深度自轉子葉片根部504(其亦可稱為剖面根部504)開始顯著減小直至一中心區域506。在中心區域506中可提供一分界點(其未展示於此圖式中)。剖面深度在中心區域506與連接區域505之間幾乎維持穩定。

轉子葉片500在轉子葉片根部504之區域中具有一分割形狀。因此，轉子葉片500由一基本剖面509構成，在轉子葉片根部504之區域中將又另一區段508配置於基本剖面509以增大轉子葉片500之轉子葉片深度。舉例而言，區段508黏合至基本剖面509。此分割形狀較易於在運輸至設備地點期間處理且較易於生產。

亦在圖6中展示的係一輪轂連接區域510。轉子葉片500透過輪轂連接區域510連接至轉子輪轂。

圖7展示圖6之轉子葉片500之又另一側視圖。在此處可看見的係具有基本剖面509、增大轉子葉片深度之區段508、中心區域506、轉子葉片根部504及輪轂連接區域510以及用於轉子葉片尖端507之連接區域505之轉子葉片500。轉子葉片尖端507設計為所謂小翼以減少在轉子葉片尖端之渦旋。

圖1至圖7在不展示邊界層柵及不展示渦旋產生器之情況下分別圖解說明一轉子葉片或一風力發電設備。圖8展示可發生於一弱風設備之一基本葉片之一問題。圖解展示按轉子葉片之相對半徑(即，相對於基本轉子之最大半徑 R 之當前半徑 r)定性地標繪之局部功率係數之兩個不同進程。因此，值1(即，100%)對應於葉片之尖端之位置，而值0(即，0%)對應於基本轉子之樞軸。由於葉片並不延伸至零點，故圖解約在0.15處開始。分析係基於9之一尖端速度比($\lambda=9$)。

兩個曲線係三維計算流體動力學之模擬結果。曲線定性地展示兩個相同但受不同程度污染之轉子葉片之局部功率係數。上曲線700展示(特定言之)未展示任何污染之一基本理想轉子葉片之結果。其在每一情況中標記為「層狀湍流」。下曲線701展示基本上相同但不處於理想條件中且展示污染(諸如在葉片上之雨或雨滴)之轉子葉片之結果。此在圖8中稱為「完全湍流」。

在轉子葉片之一中心區域中之不利條件之情況中，局部功率係數可下降。

圖9展示一第一邊界層柵810及一第二邊界層柵820。每一者展示一吸力側區段811及821以及一壓力側區段812及822。此等區段811、812、821、822之每一者設計為一橋且展示一基底區段B及一後部區段R，在此處為簡明起見使用相同字母以強調其等之功能相似性。因此，每一基底區段B同時標記各自描繪區段中(即，分別針對吸力側801或針對壓力側802)之葉片之剖面。所有柵區段811、812、821及822之高度自接近於轉子葉片鼻端803之一區域開始朝向後沿804持續增大。由於參考符號801至804關於相同轉子葉片(除其等展示於圖9之兩個視圖中之不同徑向位置以外)，因此對於兩個邊界層柵810及820之參考符號801至804相同。

圖9亦展示用於邊界層柵810及820之一樞軸806，壓力側輪廓或

吸力側輪廓分別繞樞軸806樞轉以得到各自後部區段R之輪廓。此僅針對第一邊界層柵810展示，且僅針對吸力側區段811，但其類似地轉移至壓力側區段812且亦至邊界層柵820，即，在每一情況中，至吸力側區段821及壓力側區段822。

因此，後部區段R之輪廓繞樞軸角度 α 樞轉，此在末端區域808中變得最為顯著。樞軸角度 α 可針對不同邊界層柵區段811、812、821及822而不同。作為此設計之一結果，柵區段在各自葉片表面上具有一高度h。高度h沿著各自橋而改變，即，其自葉片鼻端803增大至後沿804。此意謂高度h沿著各自橋而變化且亦可針對各種柵區段811、812、821及822而不同。然而，為圖解說明功能性相互作用，已針對每一柵區段811、812、821及822選擇變量h。

圖10展示一轉子葉片800之兩個視圖，即，吸力側801之一俯視圖及壓力側802之一俯視圖。自根部區域807至葉片尖端808展示轉子葉片800，且各自俯視圖係關於葉片尖端808之區域。根部區域807相對於葉片尖端區域808而樞轉，其可高達45°至50°，使得根部區域807看起來並不展示最寬區域(即，最大剖面深度)，然而此僅為此樞轉區域之透視圖之一現象。

圖10展示第一邊界層柵810及第二邊界層柵820之位置及因此吸力側之兩個柵區段811及821以及壓力側之柵區段812及822之位置。展示之實例係基於具有46公尺之一半徑之一轉子之一轉子葉片800。第一邊界層柵810配置於相對於轉子半徑15公尺之一位置，且第二邊界層柵820配置於25公尺之一位置。

再者，圖10分別展示在吸力側801之一吸力側位置線851及在壓力側802之一壓力側位置線852，其等之每一者標記一條線，沿著該等線分別配置渦旋產生器853或854。渦旋產生器853及854同樣僅為建議且可(特定言之)提供較展示更多之數目。在任何情況中，此實施例僅

在第一邊界層柵810與第二邊界層柵820之間的區域中分別展示吸力側801上之渦旋產生器853。此意謂渦旋產生器854亦提供於壓力側802上，其等亦可在兩個邊界層柵810及820之間的區域外朝向葉片根部807而配置。

圖11之透視圖基本上展示轉子葉片800之一細節，其實質上展示轉子葉片800之吸力側801。在此處可看見的係吸力側上之邊界層柵區段811及821之位置及組態。亦可看見的係渦旋產生器853在該等柵區段811與821之間的配置。邊界層柵或柵區段821及811分別朝向轉子葉片鼻端803變小且朝向後沿804變大，從而展示較於朝向轉子葉片鼻端803更大之一高度。

邊界層柵較佳地應用於與轉子葉片之縱軸成 90° 之一角度之一葉片區段平面中。藉由生產引起之自此之一偏差不應超過 2° 至 5° 之一容許角度，使得邊界層柵之後沿(即，指向葉片後沿之區域)不在輪轂之方向上彎曲超過該容許角度。

圖12展示一些渦旋產生器870之一透視圖。以一箭頭872之形式示意性地繪製一個入射角度。舉例而言，渦旋產生器經設計為具有一平坦主體之三角形，平坦主體垂直於葉片表面874而配置且在與入射角度872之一偏差處且因此在與轉子葉片之移動方向之一偏差處，其中自一個渦旋產生器870至下一渦旋產生器交替傾斜位置。因此，渦旋產生器具有相對於風之入射角度之一交替傾斜位置。再者，渦旋產生器在其等本質及方向方面類似於(例如)鯊魚鰭(即，一鯊魚背鰭)，除鯊魚鰭並不在與入射角度之一偏差處以外。渦旋產生器870可作為一渦旋產生器桿876應用於轉子葉片表面。

在下文中亦描述可如上文連同其他實施例描述之以如所描述之兩個邊界層柵及(視情況)渦旋產生器為特徵之一轉子葉片之較佳實施例。

實施例1：

一風力發電設備之一轉子葉片(1)，其具有：

一轉子葉片根部(4)，其用於將轉子葉片(1)連接至一轉子輪轂，

及

一轉子葉片尖端，其配置於背離轉子葉片根部(4)之側上，

其中一相對剖面厚度(2)(其定義為剖面厚度(2)對剖面深度(3)之比率)在轉子葉片根部與轉子葉片尖端之間的一中心區域(6)中展示一局部最大值。

實施例2：

根據實施例1之轉子葉片(1)，其中局部最大值之相對剖面厚度(2)係35%至50%，特定言之40%至45%。

實施例3：

根據實施例1或2之任一項之轉子葉片(1)，其中轉子葉片(1)在局部最大值之區域中具有1500毫米至3500毫米(特定言之約2000毫米)之一剖面深度。

實施例4：

根據上述實施例中一項之轉子葉片(1)，

其中轉子葉片(1)設計為一尖端速度比在8與11之間的一範圍中，較佳地在9與10之間。

實施例5：

根據上述實施例中一項之轉子葉片(1)，

其中轉子葉片(1)在自轉子葉片根部至轉子葉片尖端量測之轉子葉片之總長度之90%至95%之一範圍中以等於在轉子葉片根部(4)之區域中之剖面深度(3)之約5%至15%(特定言之約10%)之一剖面深度(3)為特徵，及/或

轉子葉片展示自轉子葉片之總長度之5%至25%之一線性厚度輪

廓，較佳地自5%至35%，特定言之自轉子葉片根部至中心區域。

實施例6：

根據上述實施例中一項之轉子葉片(1)，

其中轉子葉片(1)在轉子葉片根部(4)具有至少3900毫米(特定言之在3000毫米至8000毫米之一範圍中)之一剖面深度(3)及/或基於轉子葉片根部(4)在總長度之90%至95%(特定言之在90%)之一範圍中具有不大於1000毫米(特定言之在700毫米至300毫米之一範圍中)之一剖面深度(3)。

實施例7：

根據上述實施例中一項之轉子葉片(1)，

其中轉子葉片(1)在中心區域中具有等於轉子葉片根部(4)之區域中之剖面深度之約20%至30%(特定言之約25%)之一剖面深度。

【圖式簡單說明】

在文中參考隨附圖式將實施例用作實例更詳細描述本發明。圖式包含已部分簡化之示意圖解。

圖1展示一轉子葉片之一示意圖。

圖2展示其中按標準化轉子半徑定性地展示相對剖面厚度之一曲線圖。

圖3展示其中按半徑定性地展示深度之一曲線圖。

圖4展示其中按半徑定性地展示厚度之一曲線圖。

圖5展示一風力發電設備之一透視圖。

圖6展示一轉子葉片之一側視圖。

圖7展示圖6之轉子葉片之另一側視圖。

圖8定性地展示取決於轉子葉片之徑向位置之兩種條件之一局部功率係數 cp_{loc} 。

圖9展示一轉子葉片軸向視圖中之第一邊界層柵及第二邊界層

柵。

圖10從兩個透視圖展示一轉子葉片。

圖11展示轉子葉片之一個部分之一透視圖。

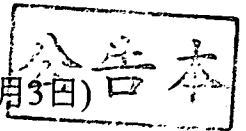
圖12展示一些渦旋產生器之例示性透視圖。

【符號說明】

- 1 轉子葉片
- 2 剖面厚度
- 3 剖面深度
- 4 轉子葉片根部
- 5 連接區域
- 6 中心區域
- 100 曲線圖形
- 102 曲線圖形
- 200 曲線圖形
- 202 曲線圖形
- 300 曲線圖形
- 302 曲線圖形
- 402 塔架
- 403 基底板
- 404 吊艙
- 405 轉子
- 406 轉子輪轂
- 407 轉子葉片
- 408 轉子葉片
- 409 轉子葉片
- 500 轉子葉片

- 504 轉子葉片根部
- 505 連接區域
- 506 中心區域
- 507 轉子葉片尖端
- 508 區段
- 509 基本剖面
- 510 輪轂連接區域
- 700 上曲線
- 701 下曲線
- 800 轉子葉片
- 801 吸力側
- 802 壓力側
- 803 葉片鼻端
- 804 後沿
- 806 樞軸
- 807 根部區域
- 808 葉片尖端(區域)
- 810 第一邊界層柵
- 811 柵區段/吸力側區段
- 812 柵區段/壓力側區段
- 820 第二邊界層柵
- 821 柵區段/吸力側區段
- 822 柵區段/壓力側區段
- 851 吸力側位置線
- 852 壓力側位置線
- 853 渦旋產生器

- 854 渦旋產生器
- 870 渦旋產生器
- 872 箭頭/入射角度
- 874 葉片表面
- 876 渦旋產生器桿
- l 長度
- h 高度
- R 後部區段
- B 基底區段



申請專利範圍

1. 一種風力發電設備之一空氣動力轉子之轉子葉片，其包括：
至少一第一邊界層柵及一第二邊界層柵(810、820)，其中
該第一邊界層柵(810)係相對於該轉子之一樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之25%與40%之間之一範圍中，且
該第二邊界層柵(820)係相對於該轉子之該樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之45%與60%之間之一範圍中，
該第一邊界層柵及該第二邊界層柵(810、820)係配置於該轉子葉片之吸力側(801)，或
該第一邊界層柵及該第二邊界層柵(810、820)各以在該轉子葉片之該吸力側(801)及該壓力側(802)處之一柵區段(811、812、821、822)為特徵，
該轉子葉片具有指向約該轉子葉片之移動方向之一葉片鼻端(803)，及背離該葉片鼻端(803)之一後沿(804)，且
每一邊界層柵(810、820)或柵區段(811、812、821、822)分別在其高度(h)方面自該葉片鼻端(803)開始增大直至該後沿(804)。
2. 如請求項1之轉子葉片，其中
該第一邊界層柵(810)係相對於該轉子之該樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之30%與35%之間之一範圍中，或
該第二邊界層柵(820)係相對於該轉子之該樞軸在徑向方向上配置於該轉子葉片之50%與55%之間之一範圍中。
3. 如請求項1之轉子葉片，其中每一邊界層柵(810、820)或柵區段(811、812、821、822)分別於接近該葉片鼻端(803)處以0毫米至5毫米之一高度(h)開始，以接著持續增大至大於15毫米之一高度

(h)直至該後沿(804)。

4. 如請求項1之轉子葉片，其中

每一邊界層柵(810、820)或柵區段(811、812、821、822)分別為一橋，該橋具有

一基底區段(B)及

一後部區段(R)，其中，

在該各自邊界層柵之位置處，相對於該轉子葉片之一區段，

該基底區段(B)遵照該葉片剖面，且

該後部區段(R)遵照對應於該葉片剖面但相較於該葉片剖面樞轉之一輪廓線，其中

該輪廓線藉由一設計角度繞沿著該葉片鼻端(803)延伸之一樞軸(806)樞轉。

5. 如請求項4之轉子葉片，其中該設計角度係在 1° 至 3° 之一範圍中。

6. 如請求項1或2之轉子葉片，其中該邊界層柵約具有一高度(h)，該高度(h)等於一邊界層的厚度或在該區域中之邊界移位之大小的2倍至5倍。

7. 如請求項1或2之轉子葉片，其中

該第一邊界層柵(810)具有大於該第二邊界層柵(820)之一平均高度(h)，且

該第一邊界層柵之該平均高度(h)大於該第二邊界層柵之該平均高度(h)至少30%。

8. 如請求項3之轉子葉片，其中該轉子葉片更包含複數渦旋產生器，該等渦旋產生器係配置於該轉子葉片之該吸力側(801)上朝向在該第一邊界層柵與該第二邊界層柵(810、820)之間之該葉片鼻端的前三分之一中，且僅在該第一邊界層柵與該第二邊界層

柵(810、820)之間。

9. 如請求項1或2之轉子葉片，其中該轉子葉片用於一弱風設備或在其葉片根部直接具有其最大剖面深度以用於附接至空氣動力轉子之一轉子輪轂。
10. 如請求項1或2之轉子葉片，其中其在徑向方向上相對於該轉子之該樞軸之相對剖面深度，
在30%至50%之一區域中具有35%至45%之一值，或
在40%至55%之一區域中，下降至低於38%之一值。
11. 一種風力發電設備，其包括如請求項1至10中任一項之至少一個轉子葉片。

圖式

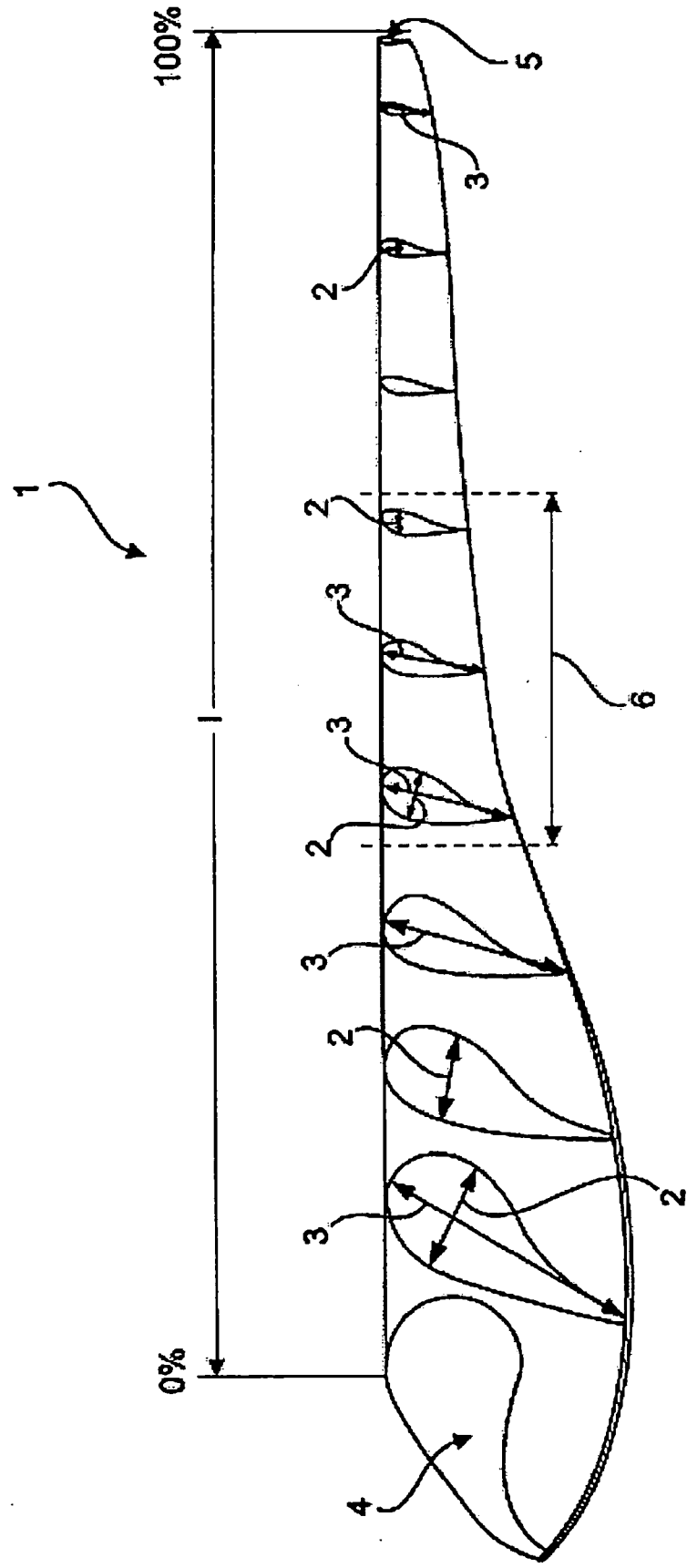


圖1

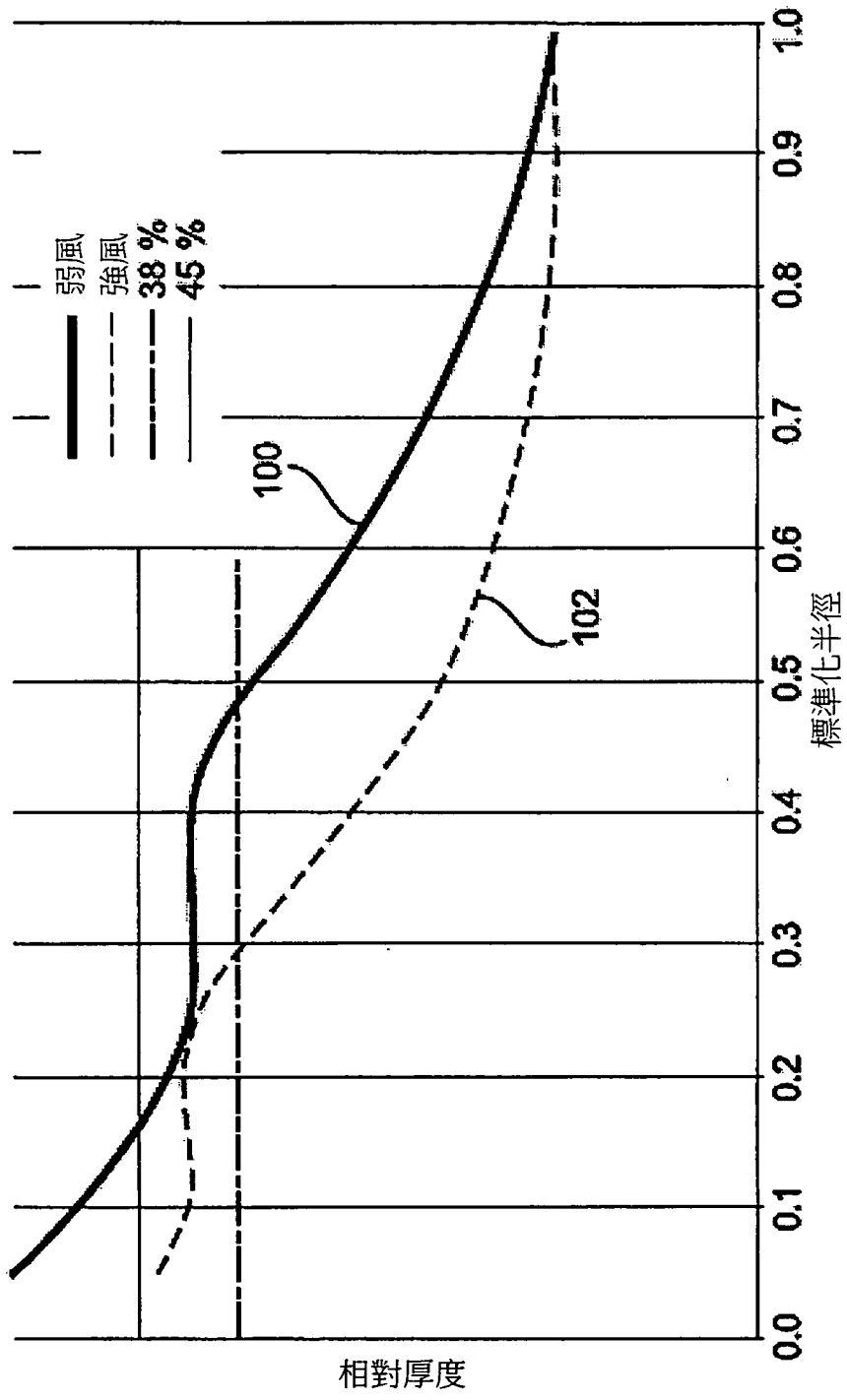


圖2

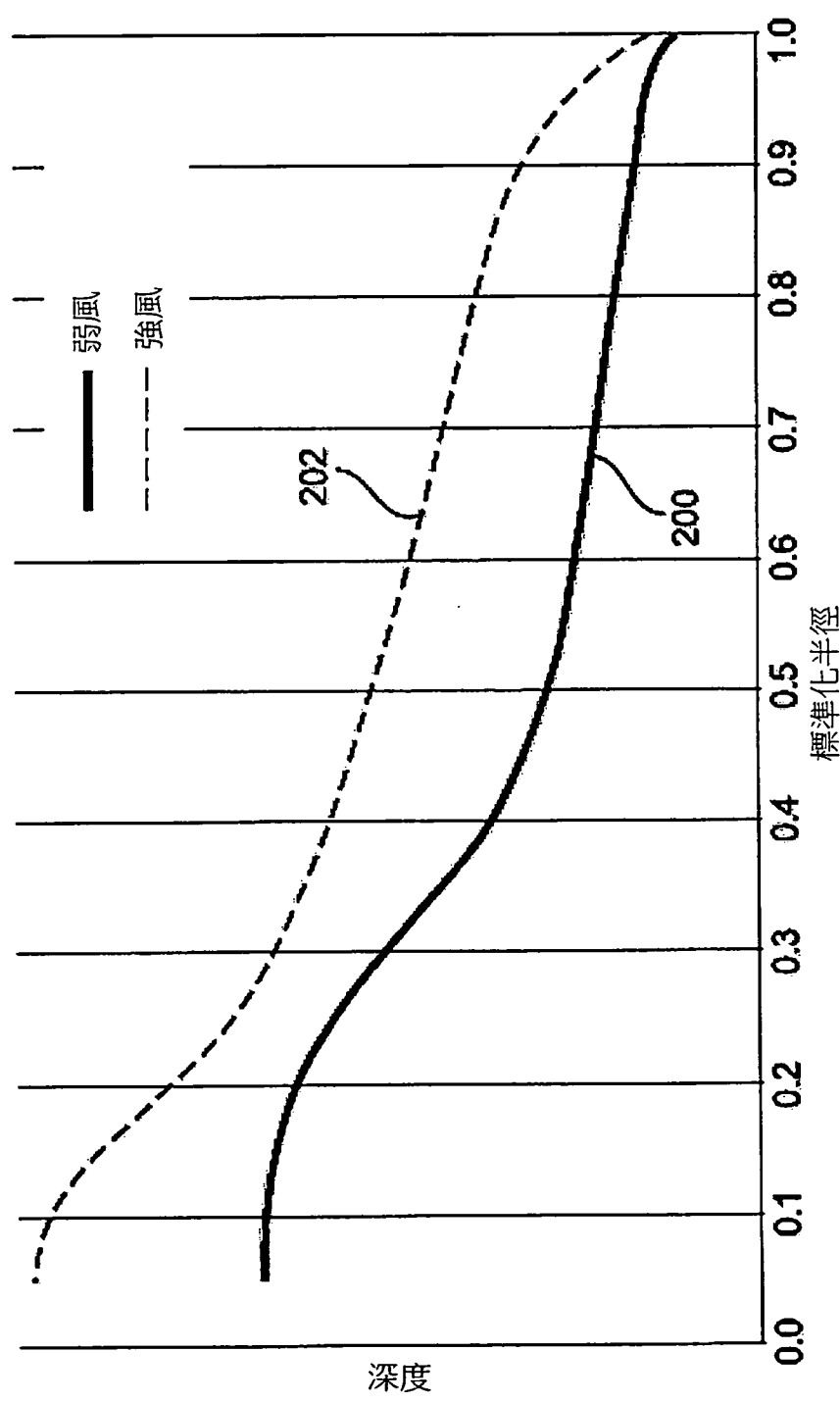


圖3

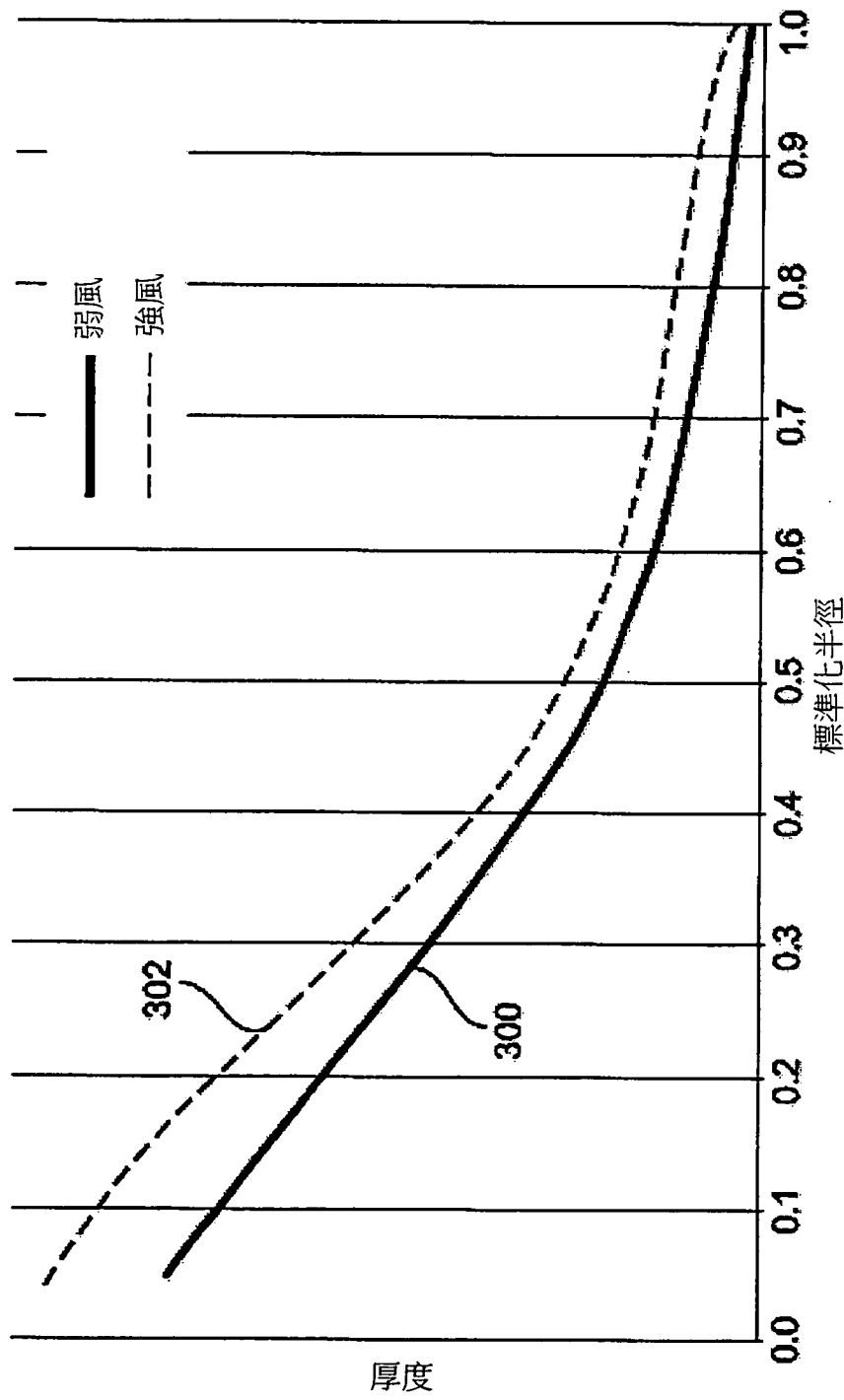


圖4

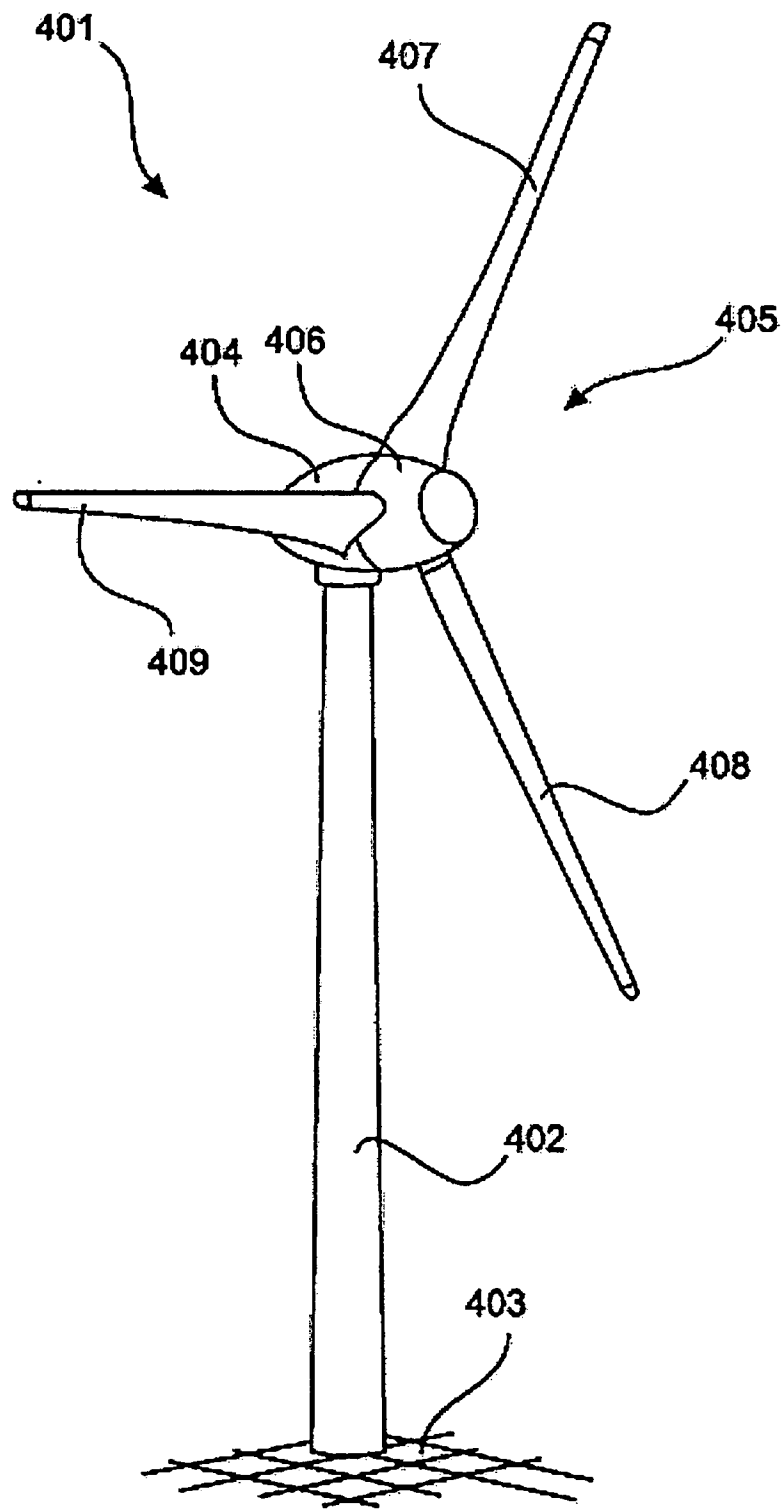


圖 5

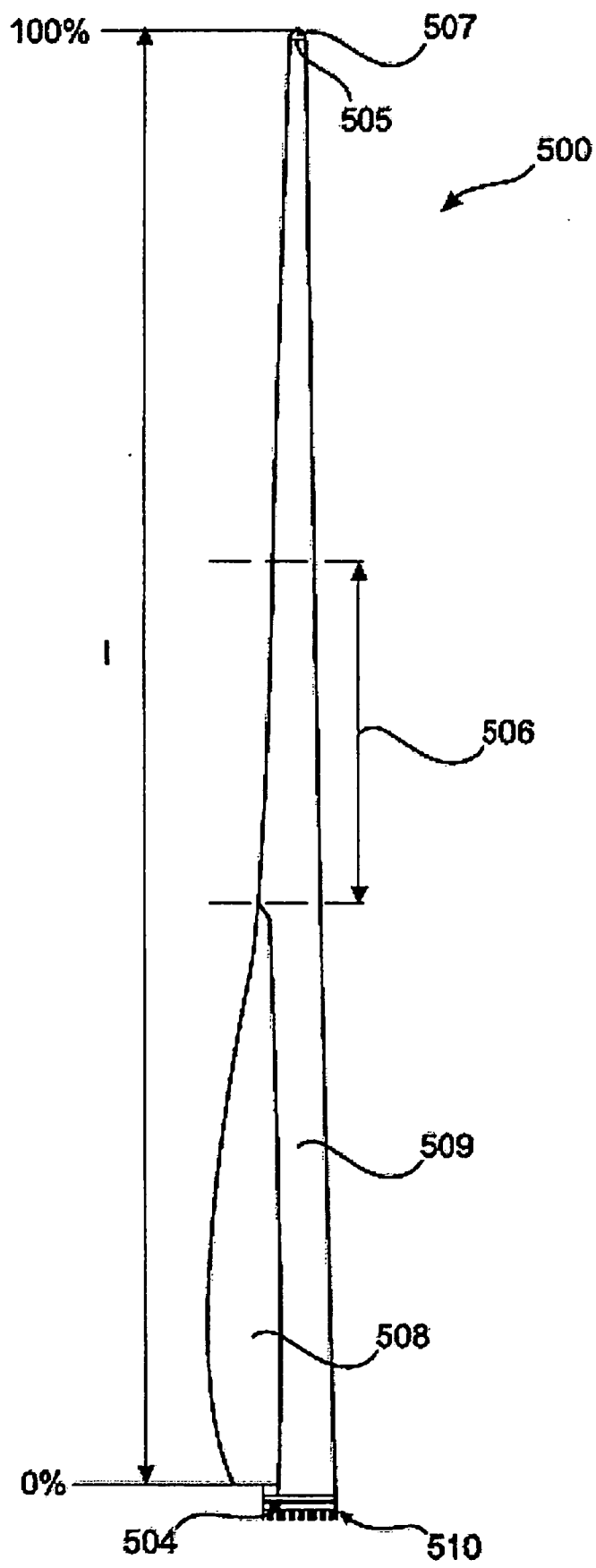


圖 6

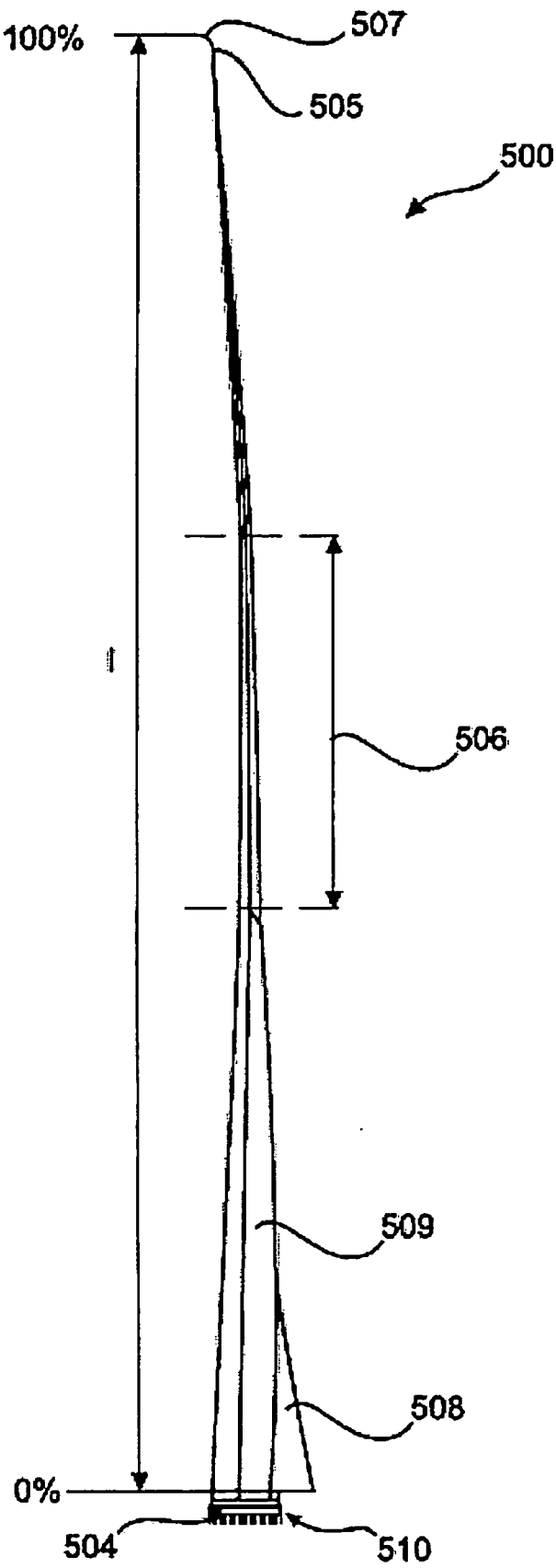


圖 7

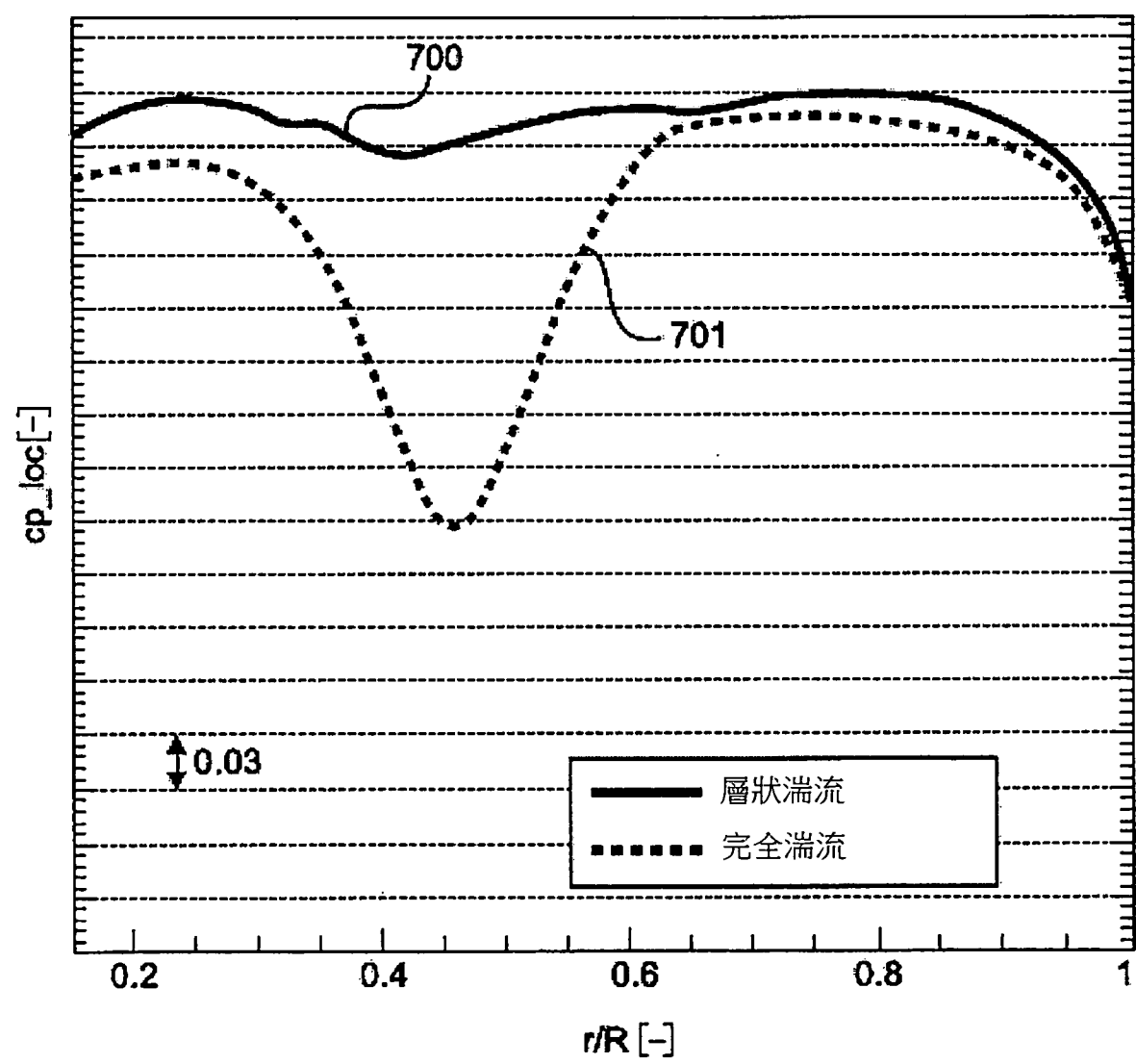


圖 8

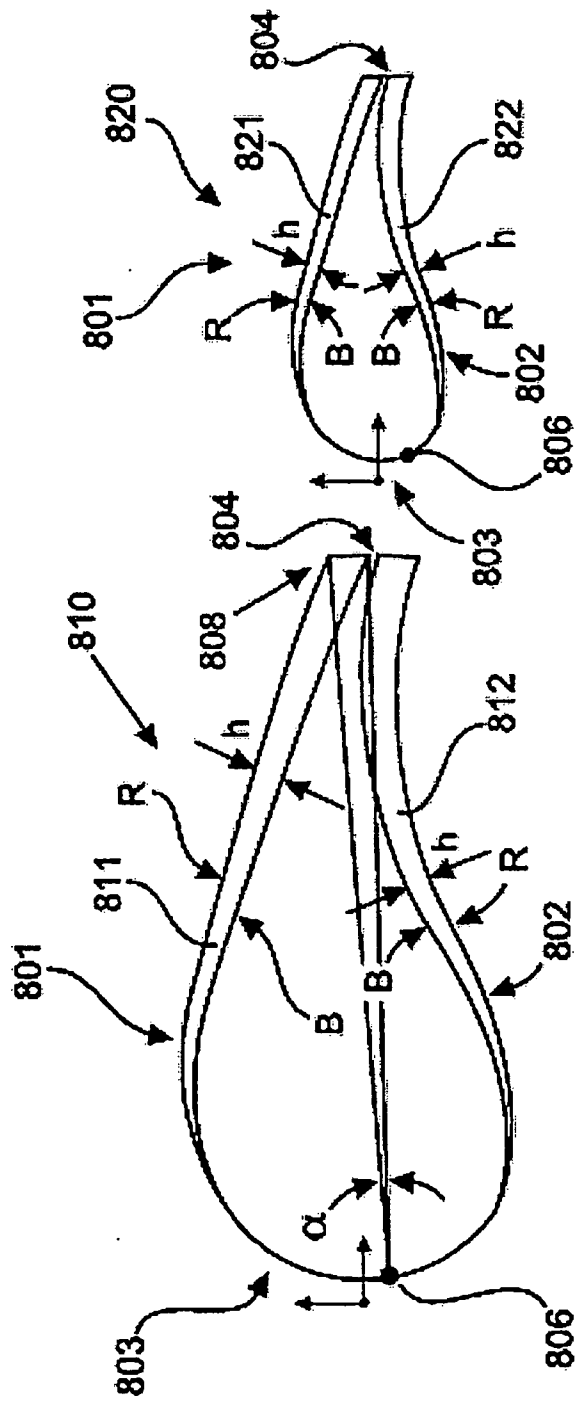


圖9

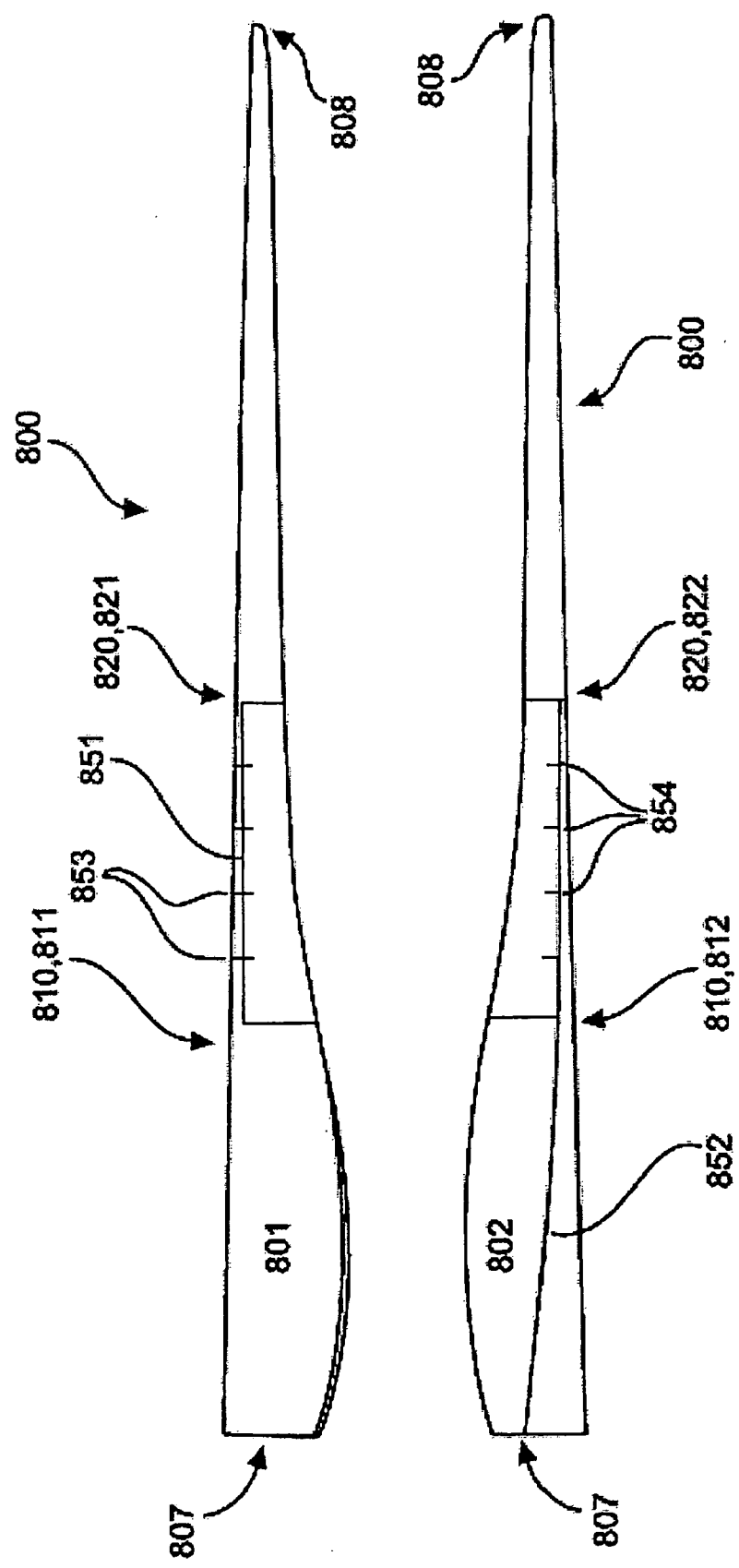


圖10

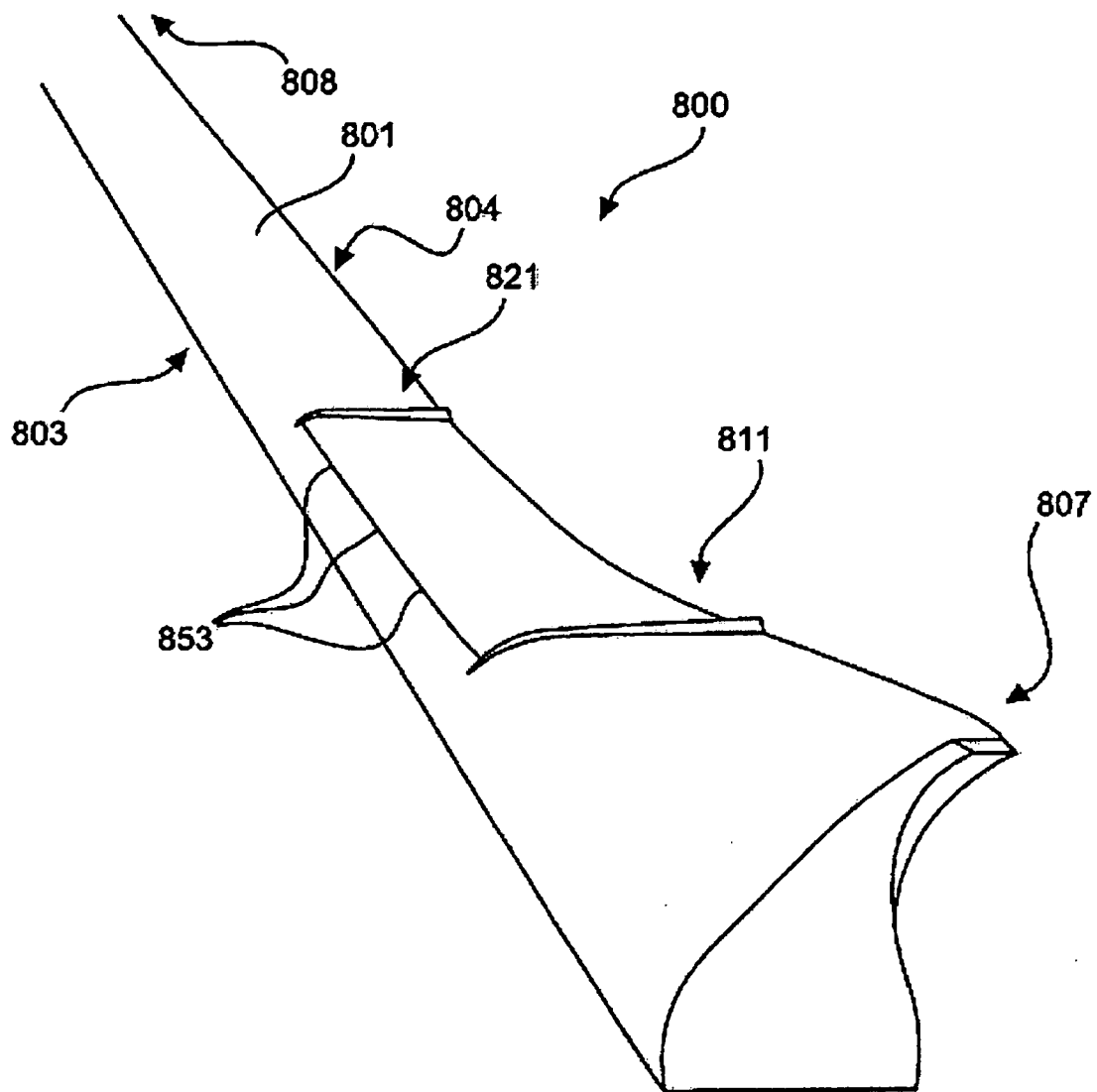


圖 11

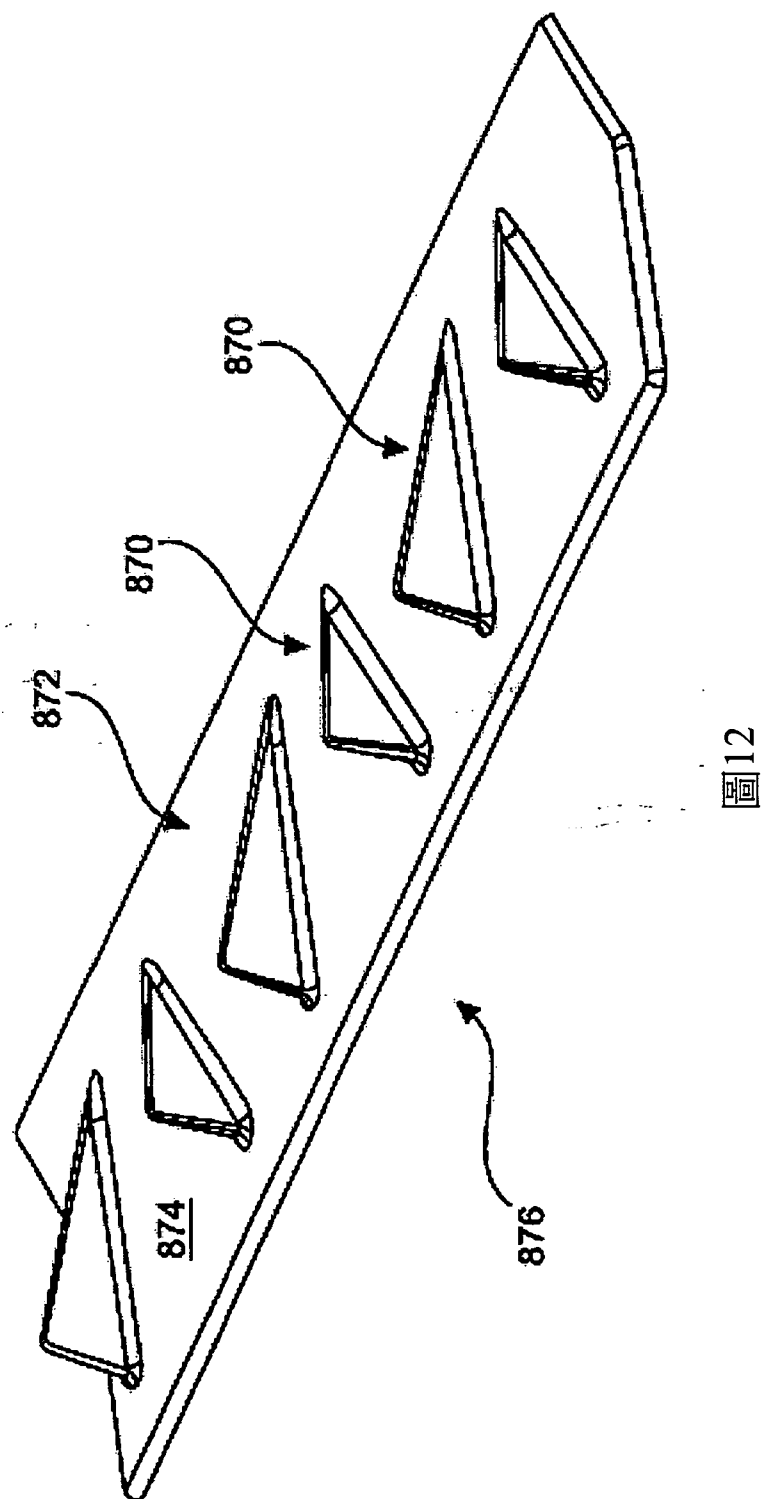


圖12