



- (21)申請案號：111107186 (22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 02 月 25 日
- (51)Int. Cl. : **B64C11/20 (2006.01)** **B64C31/02 (2006.01)**
- (30)優先權：2021/03/03 美國 63/155,968
 2021/03/03 美國 63/156,063
 2021/03/03 美國 63/156,067
 2021/03/03 美國 63/156,076
 2022/02/24 美國 17/679,484
- (71)申請人：美商衛斯伯航空公司(美國) WHISPER AERO INC. (US)
 美國
- (72)發明人：摩爾 馬克 道格拉斯 MOORE, MARK DOUGLASS (US)；維拉 伊恩 安德里
 斯 VILLA, IAN ANDREAS (US)；傑丹斯基 德文 JEDAMSKI, DEVON (US)；費
 曉帆 FEI, XIAOFAN (US)
- (74)代理人：陳長文
- 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：21 共 73 頁

(54)名稱

推進器風扇及驅動系統

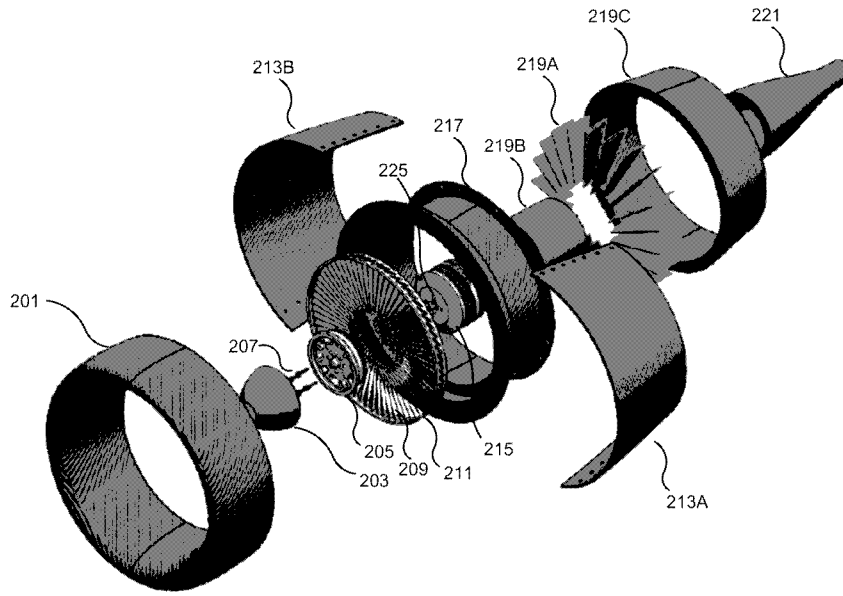
(57)摘要

本發明揭示一種具有減少噪音排放之推進器風扇及驅動系統。該推進器風扇包含具有複數個葉片之一葉片風扇。該葉片風扇在該複數個葉片之尖端處張緊。藉由張緊該等葉片之該等尖端，在該推進器風扇之操作期間維持該等葉片之一角度，藉此減少可由該等葉片之該角度變化引起之噪音。

A propulsor fan and drive system having reduced noise emission is disclosed. The propulsor fan includes a blade fan having a plurality of blades. The blade fan is tensioned at the tips of the plurality of blades. By tensioning the tips of the blades, an angle of the blades is maintained during operation of the propulsor fan thereby reducing noise that may result from changes in the angle of the blades.

指定代表圖：

100



【圖2A】

符號簡單說明：

100:推進器風扇

201:風管前緣

203:鼻錐

205:輪轂

207:緊固件

209:葉片風扇

211:張力環

213A:外罩殼

213B:外罩殼

215:馬達

217:殼體

219A:定子葉片

219B:馬達外殼

219C:定子外殼

221:尾錐

225:螺紋孔

【發明摘要】

【中文發明名稱】

推進器風扇及驅動系統

【英文發明名稱】

PROPULSOR FAN AND DRIVE SYSTEM

【中文】

本發明揭示一種具有減少噪音排放之推進器風扇及驅動系統。該推進器風扇包含具有複數個葉片之一葉片風扇。該葉片風扇在該複數個葉片之尖端處張緊。藉由張緊該等葉片之該等尖端，在該推進器風扇之操作期間維持該等葉片之一角度，藉此減少可由該等葉片之該角度變化引起之噪音。

【英文】

A propulsor fan and drive system having reduced noise emission is disclosed. The propulsor fan includes a blade fan having a plurality of blades. The blade fan is tensioned at the tips of the plurality of blades. By tensioning the tips of the blades, an angle of the blades is maintained during operation of the propulsor fan thereby reducing noise that may result from changes in the angle of the blades.

【指定代表圖】

圖2A

【代表圖之符號簡單說明】

100:推進器風扇

201:風管前緣

203:鼻錐

205:輪轂

207:緊固件

209:葉片風扇

211:張力環

213A:外罩殼

213B:外罩殼

215:馬達

217:殼體

219A:定子葉片

219B:馬達外殼

219C:定子外殼

221:尾錐

225:螺紋孔

【發明說明書】

【中文發明名稱】

推進器風扇及驅動系統

【英文發明名稱】

PROPULSOR FAN AND DRIVE SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於一種推進器風扇及驅動系統。

【先前技術】

【0002】 習知推進器風扇通常包含開放轉子及螺旋槳。此等類型之習知推進器風扇已達到其聲學極限。習知推進器包含支撐於一單側上之兩個至五個葉片，藉此將葉片計數限於五個或更少葉片。為使習知推進器依人耳不易感知之一頻率發出聲音，必須提高風扇之速度。然而，歸因於僅由單側結構支撐，習知推進器無法依一較高速度驅動。此外，由於習知推進器風扇僅支撐於一單側處，所以風扇葉片之角度可隨葉片風扇依較快速度旋轉而改變，此導致人耳可聽到之音調變化。因此，增加噪音污染。

【發明內容】

【0003】 揭示一種減少噪音污染之推進器風扇及驅動系統。該推進器風扇包含具有複數個葉片之一葉片風扇。該葉片風扇在該複數個葉片之尖端處張緊。在一個實施例中，連接至該等葉片之該等尖端之一張力環張緊該等葉片之該等尖端。此外，該推進器風扇包含經構形以連接至該複數個葉片之根部以張緊該等葉片之該等根部之一鎖定環。藉由張緊該複數個葉片之該等尖端及根部，在推力產生期間及靜止時維持該等葉片之相同形狀及扭轉，藉此減少可由該等葉片之角度變化引起之噪音。

【圖式簡單說明】

【0004】 圖1係根據一個實施例之一推進器風扇之一透視圖。

【0005】 圖2A係根據一個實施例之推進器風扇之一第一分解圖。

【0006】 圖2B係根據一個實施例之推進器風扇之一第二分解圖。

【0007】 圖3A、圖3B、圖3C及圖3D分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一風管前緣之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一橫截面圖。

【0008】 圖4A、圖4B、圖4C及圖4D分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一鼻錐之一透視圖、一前視圖、一橫截面圖及橫截面之一透視圖。

【0009】 圖5A及圖5B分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一輪轂之一前視圖及一側視圖。

【0010】 圖6A及圖6B分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一葉片風扇之一透視圖及一前視圖。

【0011】 圖7A、圖7B、圖7C及圖7D分別繪示根據一個實施例之包含於圖6A及圖6B中所展示之葉片風扇中之一葉片之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一俯視圖。

【0012】 圖8A、圖8B及圖8C分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一鎖定環之一透視圖、一前視圖及一側視圖。

【0013】 圖9A及圖9B分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一張力環之一透視圖及一側視圖。

【0014】 圖10A、圖10B及圖10C分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一內風管殼體之一透視圖、一前視圖及一側視圖。

【0015】 圖11A、圖11B、圖11C及圖11D分別繪示根據一個實施例

之推進器風扇之一定子之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一橫截面圖。

【0016】 圖12A、圖12B、圖12C及圖12D分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一尾錐之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一橫截面圖。

【0017】 圖13A、圖13B及圖13C分別繪示根據一個實施例之推進器風扇之一圓周驅動系統之一透視圖、一前視圖及一側視圖。

【0018】 圖14繪示根據另一實施例之推進器風扇之一圓周驅動系統。

【0019】 圖15A及圖15B分別繪示根據一個實施例之一推進器風扇陣列之一前視圖及一透視圖。

【0020】 圖16繪示根據一個實施例之一推進器風扇陣列之一實例性應用。

【0021】 圖17A、圖17B及圖17C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一懸停無人機之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。

【0022】 圖18A、圖18B及圖18C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一電影無人機之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。

【0023】 圖19A、圖19B及圖19C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一運輸機之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。

【0024】 圖20A、圖20B及圖20C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一垂直起降(VTOL)飛機之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。

【0025】 圖21A、圖21B及圖21C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一遞送無人機之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0026】 本申請案主張2021年3月3日申請之美國臨時專利申請案第63/155,968號、2021年3月3日申請之美國臨時專利申請案第63/156,063號、2021年3月3日申請之美國臨時專利申請案第63/156,067號及2021年3月3日申請之美國臨時專利申請案第63/156,076號之優先權，該等案之各者之全文以引用方式併入本文中。

【0027】 圖及以下描述僅藉由繪示來描述某些實施例。熟習技術者將易於自以下描述認識到，可在不背離本文中所描述之原理之情況下採用本文中所繪示之結構及方法之替代實施例。現將詳細參考若干實施例，附圖中繪示實施例之實例。應注意，類似或相同元件符號可適當用於圖中且可指示類似或相同功能。

推進器風扇及驅動系統

【0028】 在一個實施例中，揭示一種推進器風扇及驅動系統。一般而言，推進器風扇及驅動系統經構形以產生推力。推進器風扇及驅動系統可針對自飛機至諸如一吹葉機之手工具之各種應用產生推力。然而，推進器風扇及驅動系統之應用不限於本文中所描述之應用。

【0029】 圖1繪示根據一個實施例之一推進器風扇100之一透視圖。一般而言，推進器風扇100包含共同減少由推進器風扇100在推力產生期間發出之噪音之複數個組件。因此，推進器風扇100減少噪音污染。例如，推進器風扇100包含一張緊葉片風扇，其包含複數個風扇葉片。藉由張緊葉片風扇，使風扇葉片之角度維持實質上相同，不論推進器風扇產生最大推力還是未操作(例如，靜止)。因此，與習知推進器風扇相比，減少噪音污染且提高推力效率。鑑於風扇葉片之角度維持在一預定容限範圍

內，推進器風扇100減少噪音污染。例如，推進器風扇100發出在300英尺邊線/5,000 lbf處小於65 dBA之噪音。

【0030】 根據一個實施例，圖2A繪示推進器風扇100之一第一分解圖且圖2B繪示推進器風扇100之一第二分解圖。推進器風扇100包含圖2A及圖2B中所展示之複數個不同組件。在一個實施例中，推進器風扇100包含一風管前緣201、一鼻錐203、一輪轂205、一葉片風扇209、一鎖定環210 (如圖8A至圖8C中所展示)、一張力環211、一馬達215、一殼體217、複數個外罩殼213A及213B、一定子219及一尾錐221。推進器風扇100之其他實施例可包含除圖2A及圖2B中所展示之外的其他組件。在一個實施例中，風管前緣201、外罩殼213及定子219之一部分(例如219C)共同形成收容推進器風扇之組件之一循環風管，如圖1中所展示。

【0031】 圖3A、圖3B、圖3C及圖3D分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一風管前緣201之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一橫截面圖。在一個實施例中，風管前緣201經構形以將一潔淨空氣入流提供至推進器風扇100。在一個實施例中，風管前緣201經構形以連接至殼體217。風管前緣201可包含風管前緣201之一後表面上之複數個安裝孔223，如圖2B中所展示。緊固件(例如螺母及螺栓、鉚釘等等)放入安裝孔223中以將風管前緣201連接至殼體217之一第一端1001，如下文將進一步描述。

【0032】 風管前緣201可包括共同形成風管前緣201之複數個面板。例如，風管前緣201可包含共同形成風管前緣201之一內表面309之第一複數個面板且包含共同形成風管前緣201之一外表面307之第二複數個面板，使得風管前緣201具有空氣透過其引導至葉片風扇209之一中空中

心。第一及第二複數個面板可經由諸如緊固件(例如螺釘、螺母、螺栓)之各種緊固構件或經由焊接彼此連接。第一及第二複數個面板可由諸如鋁或鈦之金屬或諸如碳纖維之複合材料製成。替代地，風管前緣201可由一單塊材料製成且可(例如)經3D印刷。

【0033】 在一個實施例中，風管前緣201包含一第一端303 (例如一入口)及一第二端305 (例如一出口)。第一端303接收空氣且空氣離開第二端305。如圖3C中所展示，第一端303之一直徑小於第二端305之一直徑，但在其他實施例中可為相同的。風管前緣201之第一端303及第二端305之直徑取決於推進器風扇100之應用。例如，飛機應用之風管前緣201之第一端303及第二端305之直徑比吹葉機應用大。

【0034】 圖3D係根據一個實施例之沿圖3B中所展示之平面A-A'之風管前緣201之一橫截面圖。如先前所提及，風管前緣201包含一外表面307及一內表面309。外表面307及外表面309兩者自風管前緣201之第一端303朝向風管前緣201之第二端305延伸。空氣流動通過風管前緣201之內表面309。風管前緣201之內表面309之一曲度311A及風管前緣201之外表面307之一曲度311B經設計以平衡諸如不同條件(例如諸如巡航、起飛及降落之飛行條件)之各種因數及雷諾數(Reynolds number)。熟習技術者將能夠針對跨所關注速度狀態及飛行模式之有利壓力梯度調適風管前緣半徑。

【0035】 圖4A、圖4B、圖4C及圖4D分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一鼻錐203之一透視圖、一前視圖、一橫截面圖及橫截面之一透視圖。鼻錐203經構形以調節迎面氣流行為且減小氣動阻力。鼻錐203亦可構形有一葉輪以吸入冷卻空氣質量流且不顯著造成寬頻或音調噪音。

【0036】 在一個實施例中，鼻錐203經構形以連接至馬達215且輪轂205安置於鼻錐203與馬達215之間。鼻錐203可包含鼻錐203之一後表面上之複數個安裝孔，如圖2B中所展示。緊固件207 (例如螺母及螺柱、鉚釘等等)放入安裝孔中以將鼻錐203連接至輪轂205之一第一端。如下文將進一步描述，緊固件207延伸穿過輪轂205且連接至馬達215之一第一端。

【0037】 在一個實施例中，鼻錐203呈錐形形狀。然而，在其他實施例中，鼻錐203可具有不同形狀。如圖4A至圖4D中所展示，鼻錐203包含鼻錐203之一第一端處之一開口403 (例如一孔)。隨著葉片風扇209旋轉，空氣被汲取通過鼻錐203中之開口403以冷卻馬達215。冷卻內部組件所需之二次質量流設定鼻錐203開口403之內徑大小。熟習技術者將能夠根據不同電動馬達之熱要求及在最受限制條件(通常最大連續操作)下冷卻電動馬達所需之空氣來推導此直徑。

【0038】 圖4C係根據一個實施例之沿圖4B中所展示之平面B-B'之鼻錐203之一橫截面圖。在一個實施例中，鼻錐203並非實心的，而是包含一腔。例如，在一個實施例中，鼻錐203包括一空氣通道405。空氣通道405自鼻錐203中之開口403延伸至圍繞鼻錐203之第二端(例如後表面)之圓周安置之複數個開口407。空氣自開口403流動通過空氣通道405且離開複數個開口407以冷卻馬達215。在一個實施例中，空氣通道405形成於鼻錐203之一外表面409與形成於鼻錐203內之一突出部411之間，如圖4C及圖4D中所展示。

【0039】 在一個實施例中，突出部411自鼻錐203之第二端朝向鼻錐203之開口403向內突出。突出部411可具有類似於鼻錐203之一形狀。例如，突出部411亦呈錐形形狀。然而，在其他實施例中，突出部411可具

有不同於鼻錐203之一形狀。

【0040】 一般而言，突出部411具有經調諧以使質量氣流冷卻馬達215之一大小及形狀。在一個實施例中，突出部411包含經形成穿過突出部411之一空氣通道413，空氣自空氣通道413之一開口415流動通過空氣通道413而至鼻錐203之第二端上之一開口417。在一個實施例中，空氣通道413之一中心與鼻錐203中之開口403之一中心對準。

【0041】 圖5A及圖5B分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一輪轂205之一前視圖及一側視圖。輪轂205係推進器風扇100之中心部分且安置於葉片風扇209之一中心處，如下文將進一步描述。在一個實施例中，輪轂205經構形以連接至鼻錐203、鎖定環210及馬達215。

【0042】 如圖5A至圖5B中所展示，在一個實例中，輪轂205呈圓柱形形狀。在一個實施例中，輪轂205之一第一端507之直徑匹配鼻錐203之第二端之一直徑。輪轂205之第一端507 (例如一前表面)包含經形成穿過輪轂205之一厚度之複數個安裝孔501A至501F。安裝孔501之位置使得當鼻錐203之第二端配合至鼻輪轂205之第一端507時，安裝孔501與鼻錐203之安裝孔對準。緊固件207經構形以穿過安裝孔501A至501F且連接至馬達215之一第一端(例如一前表面)。例如，緊固件207螺合至馬達215之第一端上之螺紋孔225中。

【0043】 在一個實施例中，輪轂205亦包含延伸穿過輪轂205之厚度之複數個開口503，諸如開口503A及503B。複數個開口503具有匹配(例如，相同於)鼻錐203之後表面中之開口407之一形狀及大小。開口503經構形以在鼻錐203及輪轂205彼此配合時與鼻錐203之後表面中之開口407對準。因此，離開鼻錐203之開口407之空氣流動通過包含於輪轂205中之

開口503。在一個實施例中，包含於輪轂中之複數個開口503具有不同大小。例如，開口503A小於開口503B。

【0044】 在一個實施例中，輪轂205亦包含延伸穿過輪轂205之一厚度之一開口505。開口505定位於輪轂205之一中心處。在一個實施例中，開口505之一中心經構形以與鼻錐203之空氣通道413之一中心對準。因此，離開鼻錐203之空氣通道413之氣流流動通過輪轂205中之開口505以冷卻馬達215。

【0045】 在一個實施例中，與第一端507對置之輪轂205之一第二端511包含圍繞輪轂205之第二端511之外圓周之一連接機構509。連接機構509經構形以將輪轂205連接至鎖定環210。在一個實施例中，連接機構509係螺紋，使得輪轂205螺合至鎖定環210中。一旦輪轂205連接至鎖定環210，則鎖定環210環繞輪轂205之外圓周。馬達215經構形以配合至輪轂205之第二端511之外端面。

【0046】 在一個實施例中，輪轂205包含安置於輪轂205之第一端507與第二端511之間的一中間區域511。在一個實施例中，葉片風扇209經構形以在輪轂205穿過葉片風扇209之一中心放置時圍繞中間區域511之圓周安置。

【0047】 圖6A及圖6B分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一葉片風扇209之一透視圖及一前視圖。如圖6A至圖6B中所展示，葉片風扇209包含複數個葉片601。包含於葉片風扇209中之葉片601之總數顯著多於包含於具有2個至5個葉片之一習知推進器風扇中之葉片數。在一個實施例中，葉片風扇209可包含自20個葉片至840個葉片之葉片601之一範圍。然而，可使用大於5之任何數目個葉片。一般而言，包含於葉片風扇

209中之葉片601之總數取決於應用。在一個實施例中，用於多葉片風扇之葉片之材料亦取決於多葉片風扇之應用類型。葉片可由諸如鋁或鈦之金屬或諸如碳纖維之一複合材料製成。

【0048】 在一個實施例中，當葉片風扇209以一低尖端速度(約300 ft/sec至約450 ft/sec)旋轉時，葉片風扇209減少總葉片噪音。如本文中所描述，張緊風扇葉片209允許在機械材料限制內存在更多葉片且仍達成超音波特徵及低亞音速尖端速度。此外，較高數目個葉片601將音調噪音提高至超過人類聽覺上限之超音波頻率(對於典型成年人， $\geq 16,000$ Hz)中。此外，歸因於較高葉片計數之低葉片負載亦降低引起寬頻噪音之旋渦與旋渦碰撞之嚴重性。

【0049】 如圖6A及圖6B中所展示，複數個葉片601經配置以形成具有其中安置輪轂205之一中空中心之一圓環形狀。各葉片601經定位使得葉片601之前緣及後緣之至少一部分與相鄰葉片601重疊。例如，一給定葉片之一前緣與給定葉片之左側之一葉片之後緣重疊且給定葉片之一後緣與給定葉片之右側之一葉片之一前緣重疊。複數個葉片601之重疊配置提供增加堅實度以對進氣流做功。調諧此堅實度考量局部氣動效應且可經調諧以考量可影響葉片中及葉片之間的層流附著之雷諾數。

【0050】 圖7A、圖7B、圖7C及圖7D分別繪示根據一個實施例之包含於圖6A及圖6B中所展示之葉片風扇209中之一葉片601之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一俯視圖。在一個實施例中，各葉片601包括一第一鎖定端605、一第二鎖定端603及安置於第一鎖定端605與第二鎖定端603之間的一翼片607。在其他實施例中，葉片601可包含除本文中所描述之特徵之外的其他特徵。

【0051】 在一個實施例中，第一鎖定端605位於葉片601之尖端處。第一鎖定端605經構形以插入至張力環211中且將葉片601鎖定至張力環211中，使得葉片601之尖端張緊。藉由張緊葉片601之尖端，葉片601之尖端之俯仰(例如角度)在推力產生期間或在推進器風扇100靜止時實質上相同，藉此減少噪音污染。

【0052】 如圖7A至圖7D中所展示，第一鎖定端605呈具有倒角邊緣之矩形形狀，但其他形狀可用於第一鎖定端605。在一個實施例中，第一鎖定端605具有大於翼片607之尖端之一寬度及厚度之一寬度及厚度。然而，在其他實施例中，第一鎖定端605可具有相同於或窄於葉片601之尖端之寬度。熟習技術者將調適邊緣、倒角、表面處理及擋板處理以考量歸因於張緊之局部應力及應變。

【0053】 在一個實施例中，第二鎖定端603位於葉片601之根部處。第二鎖定端603經構形以插入至鎖定環210中且將葉片601鎖定至鎖定環210中。藉由張緊葉片601之根部，葉片601之根部之俯仰(例如角度)在推力產生期間或在推進器風扇100靜止時實質上相同，藉此減少噪音污染。如圖7A至圖7D中所展示，第二鎖定端603具有複數個不同表面(例如筆直表面及彎曲表面)以增加接觸鎖定環210之表面積以減少葉片偏轉。在一個實施例中，第二鎖定端603具有大於葉片601之根部且比第一鎖定端605之一寬度寬之一寬度。然而，在其他實施例中，第二鎖定端603可具有相同於或窄於葉片601之根部之寬度。

【0054】 翼片607安置於第一鎖定端605與第二鎖定端603之間。在一個實施例中，翼片607包括翼片607中之一幾何扭轉609。幾何扭轉609係相對於葉片601之根部量測之翼片傾角之一變化。即，歸因於幾何扭轉

609，翼片607包含跨翼片607之長度之複數個不同傾角。例如，翼片607在幾何扭轉609之一第一側處(例如，在圖7A至圖7C中之幾何扭轉609下方)可具有一第一傾角且在幾何扭轉609之一第二側處(例如，在圖7A至圖7C中之幾何扭轉609上方)可具有一第二傾角。

【0055】 由於幾何扭轉609，當如圖7D中所展示般自葉片601之俯視圖觀看時，第一鎖定端605及第二鎖定端603彼此未對準。在一個實施例中，幾何扭轉609在更靠近葉片601之根部而非葉片601之尖端之翼片607之一部分處開始。根部與尖端弦之間的幾何扭轉609可變動多達45度。

【0056】 返回參考圖6A及圖6B，在一個實施例中，葉片601經定位使得第二鎖定端603圍繞一圓周彼此相對平行配置，藉此在葉片風扇209之中心處形成孔。因此，第一鎖定端605亦彼此平行配置且各葉片601之翼片607歸因於翼片607中之幾何扭曲609而與一相鄰葉片601之另一翼片重疊。

【0057】 圖8A、圖8B及圖8C分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一鎖定環210之一透視圖、一前視圖及一側視圖。一般而言，鎖定環210經構形以連接至葉片風扇209及輪轂205且有益地張緊葉片601之根部。因此，葉片風扇209之葉片601在尖端及根部兩者處張緊以在操作期間維持葉片601之角度。鎖定環210可由諸如鋁或鈦之金屬或諸如碳纖維之一複合材料製成。

【0058】 鎖定環210包含一第一端801及一第二端803。在一個實施例中，第一端801具有小於第二端803之一直徑之一直徑，藉此形成一錐形形狀。此形狀之調適取決於至風扇之一次內部流(即，非冷卻流)之需要

且亦可在存在風扇時考量沿中心體之任何邊界層壓力梯度。在一個實施例中，鎖定環210之第一端801經構形以將葉片風扇209直接連接至鎖定環210，藉此將葉片風扇209鎖定至鎖定環210。鎖定環210之第一端801包含複數個鎖定齒805。在一個實施例中，鎖定齒805係依相對於垂直於鎖定環之第二端803之一參考之一角度自鎖定環210之一本體延伸之突出部。

【0059】 複數個狹槽807形成於鎖定齒805之間。例如，一狹槽807形成於包含鎖定齒805A及鎖定齒805B之一對鎖定齒之間。狹槽807具有匹配葉片風扇209之第二鎖定端603之尺寸之一寬度及深度。狹槽807部分延伸穿過鎖定環210之厚度，諸如(例如)鎖定環210之厚度之 $\frac{3}{4}$ 。

【0060】 在一個實施例中，複數個狹槽807之各者經構形以連接至葉片風扇209之複數個葉片601之一對應者。特定而言，各葉片601之第二鎖定端603插入至狹槽807之一者中，藉此透過第二鎖定端603及形成狹槽之鎖定齒805之表面直接接觸來將葉片601固定至鎖定環210。在一個實施例中，諸如環氧樹脂之一緊固件亦施加至各葉片601之第二鎖定端603以進一步加強葉片601與鎖定環210之間的連接。藉由將葉片601之第二鎖定端603鎖定至鎖定環210，葉片601之根部之俯仰在推力產生期間或靜止時維持實質上相同，藉此減少自推進器風扇100發出之可聽噪音，因為音調變化可被人耳感知。

【0061】 在一個實施例中，鎖定環210之第二端803包含鎖定環210之第二端803之一內圓周處之一連接機構809。連接機構809經構形以(例如)將鎖定環210連接至輪轂205之連接機構509。在一個實施例中，連接機構809係匹配輪轂205之連接機構509之螺紋之螺紋，藉此允許輪轂205螺合至鎖定環210中。由於馬達215連接至輪轂205，所以輪轂205旋轉，

藉此引起鎖定環210及葉片風扇209亦旋轉。

【0062】 圖9A及圖9B分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一張力環211之一透視圖及一側視圖。張力環211經構形以藉由圍繞葉片風扇209之圓周放置來連接至葉片風扇209。更明確而言，根據一個實施例，張力環211經構形以連接至葉片風扇209之所有第一鎖定端605。藉由將葉片601之第一鎖定端605鎖定至張力環211，葉片601之尖端之俯仰在推力產生期間及靜止時維持實質上相同，藉此減少自推進器風扇100發出之可聽噪音，因為音調變化可被人耳感知。因此，使用張力環211來預張緊葉片601減少歸因於尖端間隙之低效。在一個實施例中，張力環211由諸如鋁或鈦之金屬或諸如碳纖維之一複合材料製成。然而，在其他實施例中，可使用其他材料。

【0063】 如圖9A及圖9B中所展示，張力環211包含一第一端903及一第二端905。在一個實施例中，第一端903具有實質上相同於第二端905之一直徑之一直徑。張力環211之本體909安置於第一端903與第二端905之間。

【0064】 在一個實施例中，張力環211之本體909包含延伸穿過張力環211之整個厚度之複數個開口(例如狹槽) 907。各開口907經構形以連接至複數個葉片601之一者之一第一鎖定端605。因此，張力環211之各開口907與葉片601之間存在一對一關係。在一個實施例中，諸如環氧樹脂之一緊固件亦施加至各葉片601之第一鎖定端605以進一步加強葉片601與張力環211之間的連接。

【0065】 在一個實施例中，複數個開口907依相對於垂直於第一端903或第二端905之一參考之一角度形成。形成開口907之角度匹配葉片

601之第一鎖定端605之俯仰。開口907之尺寸實質上匹配第一鎖定端605之尺寸，使得一旦第一鎖定端605插入至張力環211之開口907中且第一鎖定端605與張力環211直接接觸，則第一鎖定端605鎖定至張力環211。

【0066】 圖10A、圖10B及圖10C分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一內風管殼體217 (下文中指稱一「殼體」)之一透視圖、一前視圖及一側視圖。在一個實施例中，殼體217經構形以收容(例如，部分環繞)推進器風扇100之組件。例如，在一個實施例中，葉片風扇209、輪轂205、張力環211、鎖定環210及馬達215收容於殼體217內。在其他實施例中，推進器風扇100之其他組件可容納於殼體217內。在一個實施例中，殼體217由諸如鋁或鈦之金屬或諸如碳纖維之一複合材料製成。然而，在不同實施例中，可使用其他材料。

【0067】 在一個實施例中，殼體217呈圓柱形形狀且包含一第一端1001 (例如一入口)及一第二端1003 (例如一出口)。在一個實施例中，第一端1001具有大於第二端1003之一直徑之一直徑。第一端1001包含圍繞殼體217之第一端1001之圓周形成之複數個安裝孔1005。在一個實施例中，殼體217之第一端1001經構形以連接至風管前緣201之第二端305，使得風管前緣201之安裝孔223與殼體217之安裝孔1005對準。如先前上文所提及，緊固件207可用於將風管前緣201固定至風管殼體217之第一端1001。

【0068】 在一個實施例中，殼體217之第二端1003包含圍繞殼體217之第二端1003之圓周形成之複數個安裝孔1007。在一個實施例中，殼體217之第二端1003經構形以連接至定子219之一第一端(例如一入口)。當殼體217之第二端1003連接至定子219之第一端時，殼體217之第二端1003中之安裝孔1007與定子219之第一端上之安裝孔對準。緊固件(例如螺母、螺

栓、鉚釘)可用於將殼體217之第二端1003固定至定子219之第一端。

【0069】 在一個實施例中，殼體217包含各經構形以收容推進器風扇之不同組件之複數個中間部分1009。複數個中間部分1009包含自第一端1001延伸之一第一中間部分1009A及自第二端1003延伸之一第二中間部分1009B。殼體217之中間部分1009安置於殼體217之第一端1001與第二端1003之間。

【0070】 如圖10C中所展示，第一中間部分1009A具有不同於第二中間部分1009B之一直徑之一直徑。例如，第一中間部分1009A之直徑大於第二中間部分1009B之直徑。此外，第一中間部分1009A具有小於第一端1001之一直徑且第二中間部分1009B具有小於第二端1003之一直徑。

【0071】 在一個實施例中，第一中間部分1009A經構形以收容輪轂205、葉片風扇209、鎖定環210及張力環211。由於張力環211具有收容於第一中間部分1009A中之組件之最大直徑，所以第一中間部分1009A之直徑1009A係基於張力環211之直徑。在一個實施例中，第一中間部分1009A之直徑實質上相同於張力環211之直徑，藉此歸因於(例如)一壓入配合而允許張力環211牢固緊固於第一中間部分1009A內。

【0072】 在一個實施例中，第二中間部分1009B經構形以收容馬達215及定子219之一部分。第二中間部分1009B之長度係基於馬達215之一長度及收容於中間部分中之定子219之部分之一長度。第二中間部分1009B具有至少與馬達215及定子219之部分一樣長之一長度以將馬達215及定子219之部分容納於第二中間部分1009B中。在一個實施例中，第二中間部分1009B之直徑係基於進入及離開定子219之空氣之質量氣流。熟習技術者將能夠調適直徑以跨所關注之複數個設計速度誘發有利壓力梯度

以最小化流動分離或漩渦。第二部分1009B之內腔亦可經調諧以減少噪音。

【0073】 圖11A、圖11B、圖11C及圖11D分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一定子219之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一橫截面圖。在一個實施例中，定子219包括複數個定子葉片219A、一馬達外殼219B及一定子外殼219C。在其他實施例中，定子219可包含除圖11A至圖11D中所展示之組件之外的其他組件。

【0074】 在一個實施例中，馬達外殼219B呈圓柱形形狀且包含一第一端1101及一第二端1103，如圖11D中所展示。圖11D繪示根據一個實施例之沿圖11B之平面C-C'之定子219之一橫截面圖。如圖11D中所展示，馬達外殼219B包含安置於第一端1101與第二端1103之間的一腔1105。腔1105可自第一端1101朝向第二端1103延伸，但不延伸至第二端1103。在一個實施例中，腔1105經構形以收容馬達215。即，馬達215放置於馬達外殼219B之腔1105內。因此，腔1105之形狀及大小取決於馬達215之形狀及大小。由於馬達215放置於腔1105內且馬達215間接連接至輪轂205，所以定子219亦充當一結構組件以支撐輪轂205及推進器100之其他組件。

【0075】 在一個實施例中，馬達外殼219B包含穿過馬達外殼219B之一中心之一孔1113，如圖11B及圖11D中所展示。孔1113之直徑小於馬達215之一直徑以防止馬達215透過孔1113掉落。孔1113放置於馬達外殼219B中以輔助散熱，因此冷卻馬達215。

【0076】 參考圖11B，定子219包含複數個定子葉片219A。定子葉片219A自馬達外殼219B徑向延伸。即，各葉片219A之根部連接至馬達外殼219B且定子葉片219A之翼片遠離馬達外殼219B向外延伸。在一個實施

例中，各葉片219A依相對於一參考線量測之一角度遠離馬達外殼219B延伸，參考線自定子葉片219A自其延伸之馬達外殼219B上之一點垂直延伸。

【0077】 在一個實施例中，定子葉片219A帶走來自馬達215之熱。由於葉片219A接觸收容馬達215之馬達外殼219B，所以通過葉片219A之空氣耗散由馬達215產生之熱。在一個實施例中，葉片219A之配置亦減少由葉片風扇209產生之噪音且控制由推進器風扇100產生之推力。定子葉片219A之葉片計數可經選擇使得定子之諧波抵消葉片風扇209之諧波。針對超音波風扇，由於沿葉片之局部低雷諾數，熟習技術者將看到，葉片風扇209可承載計數(例如總量)高於定子葉片219A之複數個葉片601以促進聲學效果。針對一特定組設計音調，此無論如何可變動增加自50%至200%葉片。

【0078】 在一個實施例中，定子外殼219C經構形以收容定子葉片219A及馬達外殼219B。即，定子葉片219A放置於定子外殼219C內，使得定子外殼219C環繞葉片219A之圓周。在一個實施例中，定子外殼219C包含一第一端1107 (例如一入口)及一第二端1109 (例如一出口)。如圖11C中所展示，第一端1107具有大於第二端1109之一直徑之一直徑。因此，定子外殼219C可具有一錐形形狀。然而，在其他實施例中，定子外殼219C可具有其他形狀。

【0079】 參考圖11D，在一個實施例中，葉片219A之尖端與定子外殼219C之一內表面1111接觸。因此，定子之葉片219A係固定的。藉由使葉片219A與定子外殼219C之內表面1111接觸，各葉片219A之位置不動。

【0080】 圖12A、圖12B、圖12C及圖12D分別繪示根據一個實施例

之推進器風扇100之一尾錐221之一透視圖、一前視圖、一側視圖及一橫截面圖。在一個實施例中，尾錐221經構形以透過空氣離開推進器風扇100來產生定子外殼219C之正確面積變化。尾錐221可由諸如鋁或鈦之金屬製成或可由諸如碳纖維之一複合材料製成。

【0081】 尾錐221包含一第一端1201 (例如一入口)及一第二端1203 (例如一出口)。在一個實施例中，第一端1201包括大於第二端1203之一直徑之一直徑。在一個實施例中，尾錐221之直徑跨尾錐221之一長度而不同。如圖12C中所展示，尾錐221之直徑自第一端1201朝向第二端1203減小，直至到達一中間點1205。自中間點1205至第二端1203，尾錐221之直徑相對恆定。

【0082】 在一個實施例中，尾錐221之第一端1201經構形以連接至定子219之馬達外殼219B之第二端1103。因此，尾錐221之第一端1201之直徑實質上匹配定子219之馬達外殼219B之第二端1103之一直徑。在一個實施例中，尾錐221之第一端1201包含與馬達外殼219B之第二端1103配合(例如，接觸)之一安裝表面1209。安裝表面1209可使用(例如)緊固件附接至馬達外殼219B。然而，在其他實施例中，可使用其他附接機構。

【0083】 參考圖12D，展示沿圖12B中所展示之平面D-D'之尾錐221之一橫截面圖。在一個實施例中，尾錐221包含自尾錐之第一端1201開始至尾錐之第二端1203之貫穿尾錐221之長度形成之一腔1207。尾錐221之後端之塑形由自尾錐221之內部排出之二次流相對於葉盤及/或定子之後的噴流之膨脹來控制。

【0084】 在一個實施例中，推進器風扇100包含一中心輪轂驅動馬達215。即，在一個實施例中，一單一馬達215用於驅動推進器風扇100。

用於推進器風扇100之一實例性馬達係一電動馬達。然而，在其他實施例中，諸如一燃氣機或噴射渦輪之其他類型之馬達可用於推進器風扇100中。一般而言，可取決於推進器風扇100之應用來使用不同馬達類型及大小。

多馬達驅動系統

【0085】 在另一實施例中，推進器風扇100可由複數個馬達而非上述僅一單一馬達215驅動。圖13A、圖13B及圖13C分別繪示根據一個實施例之推進器風扇100之一圓周多馬達驅動系統之一透視圖、一前視圖及一側視圖。

【0086】 不是用一單一馬達215驅動推力，而是將複數個輔助馬達1301A、1301B、1301C及1301D放置於殼體217內以經由一環形齒輪1303驅動葉片風扇209。在一個實施例中，複數個輔助馬達1301可為電動馬達。然而，可使用其他類型之馬達。

【0087】 在一個實施例中，環形齒輪1303可連接至張力環211。輔助馬達1301可替換上述馬達215或可結合馬達215使用。多馬達冗餘允許推進器風扇100系統之異常容錯。就(例如)四個輔助馬達1301而言，一單一輔助馬達之損失對推進器之正常操作而言幾乎無關緊要。即使損失另一個馬達，剩餘輔助馬達1301亦可超速產生足夠推力。

【0088】 如圖13A至圖13C中所展示，輔助馬達1301A至1301D圍繞推進器100之圓周徑向散佈而非全部定位於推進器之輪轂205處。各輔助馬達1301之端部包含連接至環形齒輪1303之一齒輪。徑向配置無需限於相等角間隔。例如，風扇可由偏向風管之下四分之一之三個馬達驅動。此外，無需定子219支撐輪轂205來支撐中心收容馬達215，推進器可利用風

管結構本身來處置馬達及其負載。除移除重量及阻力之外，此亦導致通常由定子流相互作用引起之更少頻寬噪音。在一個實施例中，輔助馬達1301依高達20,000 RPM操作更多，其中輔助馬達可相較於一5 kW/kg比功率之較重、較低速馬達產生一優異15 kW/kg比功率。輔助馬達1301一致地驅動環形齒輪1303以消除齒輪打滑(軸向及徑向方向)。此低承載導致較低齒輪噪音。

【0089】 圖14繪示根據另一實施例之推進器風扇100之圓周驅動系統之又一實施例。圖14中所展示之實施例類似於圖13中所描述之實例。然而，圖14中所展示之驅動系統省略中心驅動馬達215且依靠輔助馬達1301來產生推力。

推進器陣列

【0090】 圖15A及圖15B分別繪示根據一個實施例之一推進器風扇陣列1500之一前視圖及一透視圖。在一個實施例中，推進器風扇陣列1500包含經橫向配置以形成一列推進器風扇之複數個推進器風扇100。在圖15A及圖15B中所展示之實例中，推進器風扇陣列1500包含一第一推進器風扇100A、一第二推進器風扇100B及一第三推進器風扇100C。複數個推進器風扇100A至100C之各者包含本文中所描述之推進器風扇結構。儘管三個推進器風扇100包含於推進器風扇陣列1500中，但陣列可包含大於兩個之任何數目個推進器風扇。

【0091】 圖16繪示根據一個實施例之一推進器風扇陣列1600之一實例性應用。如圖16中所展示，推進器風扇陣列1600包含本文中所描述之複數個推進器風扇。在一個實施例中，推進器風扇陣列1600經整合至一飛機1605之一風管機翼1603中。多個推進器風扇可經橫向組合以形成一

風管機翼1603。風管機翼1603可經塑形以產生其中可根據需要添加雙翼機交錯、掃掠、錐度及上反角之一被動升降雙翼機。包含於陣列1600中之推進器風扇之總數及推進器風扇之大小取決於飛機之要求，諸如(例如)飛機上之乘客數、速度要求及飛機1605之高度要求。

【0092】 將推進器風扇組合成一陣列取得若干控制及推力轉向機會。推力可僅在各個別推進器風扇100之間變動以誘發偏航、滾動或俯仰力矩。推進器風扇之間的相對展向俯仰差可用於促進較快爬升及下降。此可用安裝於後緣處之額外控制面進一步擴增。

【0093】 風管之展向組合非常適於沿機翼整合或甚至整合為一雙翼機機翼本身。陣列可經配置及擴展為具有掃掠、交錯、上反角及錐度之一雙翼機機翼以滿足系統需要。將推進器風扇陣列整合為一完整雙翼機機翼之選擇取決於所需推力量(減去阻力)以及推進器風扇之相對大小。

推進器風扇應用

【0094】 圖17A、圖17B及圖17C分別繪示根據一個實施例之一懸停無人機1700之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。懸停無人機1700包含一推進器風扇陣列，其包含一第一推進器風扇100A、一第二推進器風扇100B及一第三推進器風扇100C。儘管僅三個推進器風扇包含於懸停無人機1700中，但懸停無人機1700可包含相較於圖17A至圖17C中所展示之額外推進器風扇或更少推進器風扇。

【0095】 懸停無人機1700係包含本文中所描述之一推進器風扇陣列之一低噪音、電動垂直起降(VTOL)無人機。懸停無人機1700可用於近距離，諸如在城市環境中。懸停無人機1700可具有360度攝影機及感測器且可用於(例如)大於15分鐘之懸停飛行時間。在一個實例中，推進器風扇

100A至100C可各具有一1 ft直徑及6.4 lb/ft²之一擴增轉盤負載。懸停無人機1700可具有30磅之一最大起飛重量。

【0096】 在圖17A中所展示之實例中，各推進器風扇100A至100C包含一輪轂驅動之中心定位馬達215以及上文先前所描述之輔助馬達1301。然而，懸停無人機1700可省略輔助馬達1301且僅包含中心定位馬達215，或可省略中心定位馬達215且僅包含輔助馬達1301。

【0097】 圖18A、圖18B及圖18C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一電影無人機1800之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。一般而言，電影無人機1800係用於電影需要之一低噪音偏轉滑流VTOL無人機。電影無人機1800可為全電動或混合動力的。電影無人機1800可具有(例如)高達35磅之一萬向架固定式有效負載(例如一主攝影機)。電影無人機1800可為輔助攝影機及感測器。電影無人機1800可用於大於20分鐘之懸停飛行時間。在一個實施例中，電影無人機可具有大於50 mph之一最大巡航速度。

【0098】 在一個實施例中，電影無人機1800係一雙翼機且具有一中性交錯。如圖18A中所展示，電影無人機1800包含一第一機翼1801及一第二機翼1803。第一機翼1801及第二機翼1803之各者包含一推進器風扇陣列，其包含複數個推進器風扇。例如，包含於機翼1801中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100A、100B、100C及100D，而包含於機翼1803中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100E、100F、100G及100H。因此，一半推進器風扇位於機身1805之一第一側處且剩餘一半推進器風扇位於機身1805之一第二側處。在圖18A至圖18C中所展示之實例中，推進器陣列包含八個推進器，但可使用任何數目個推進器。

【0099】 圖18A至圖18C中所展示之電影無人機1800之各機翼1801、1803具有靠近機身1805之前部形成於兩個機翼之間的角掃掠。在圖18A至圖18C中所展示之實例中，機翼1801及1803可具有20度之一機翼上反角及30度之一機翼掃掠。然而，在不同實施例中，可使用其他角度。

【0100】 在一個實施例中，在一個實例中，圖18A至圖18C中所展示之電影無人機1800具有75磅之一最大起飛重量及30磅之一目標最大有效負載重量。例如，各推進器風扇100可具有1 ft之一風扇直徑及6.0 lb/ft²之一擴增轉盤負載。電影無人機1800之機身1805可具有5.5 ft之一長度及0.6 ft之一寬度。例如，電影無人機1800之翼展可為8.8 ft，其具有17.4 ft²之一機翼面積及4.3 lb/ft²之一機翼負載。

【0101】 圖19A、圖19B及圖19C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一運輸機1900之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。運輸機1900係一視情況載人之VTOL飛機。運輸機1900可為混合動力或全電動的。例如，運輸機1900在1,000英尺至2,000英尺之一作業高度可具有20海里至60海里之一範圍及130節至250節之一巡航速度。

【0102】 在一個實施例中，運輸機1900係一雙翼機且具有一略微負交錯。運輸機1900包含一第一機翼1901及一第二機翼1903。一角度靠近機身1905之前部形成於兩個機翼1901與1903之間。在圖19A至圖19C中所展示之實例中，機翼可具有5度之一機翼上反角及-25度之一機翼掃掠。然而，在不同實施例中，可使用其他角度。

【0103】 在一個實施例中，一推進器風扇陣列經整合至各機翼1901及1903中。一第一推進器風扇陣列位於機身1905之一第一側處且整合至機翼1901中，且一第二推進器風扇陣列位於機身1905之一第二側處且整

合至機翼1903中。例如，包含於機翼1901中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100A、100B、100C及100D，而包含於機翼1903中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100E、100F、100G及100H。因此，一半推進器風扇位於機身1905之一第一側處且剩餘一半推進器風扇位於機身1905之一第二側處。在圖19A至圖19C中所展示之實例中，推進器陣列包含八個推進器風扇，但可使用任何數目個推進器風扇。

【0104】 在一個實施例中，在一個實例中，運輸機1900具有1,000磅之一最大起飛重量及220磅之一目標最大有效負載重量。各推進器風扇100可具有3 ft之一風扇直徑及6.0 lb/ft²之一擴增轉盤負載。運輸機1900之機身1905可具有9.2 ft之一長度及3.75 ft之一寬度。運輸機1900之翼展可為28.7 ft，其具有106.3 ft²之一機翼面積及9.4 lb/ft²之一機翼負載。

【0105】 圖20A、圖20B及圖20C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一垂直起降(VTOL)飛機2000之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。VTOL飛機2000係一視情況載人之VTOL飛機。VTOL飛機2000可為混合動力或全電動的。VTOL飛機2000在1,000英尺至2,000英尺之一作業高度可具有20海里至400海里之一範圍及130節至250節之一巡航速度。在一個實施例中，VTOL飛機2000能夠懸停。

【0106】 在圖20A至圖20C中所展示之實例中，VTOL飛機2000係一雙翼機且具有一略微負交錯。VTOL飛機2000包含一第一機翼2001及一第二機翼2003。在一個實施例中，一角度靠近機身2005之前部形成於兩個機翼2001、2003之間。機翼2001、2003可具有5度之一機翼上反角及-25度之一機翼掃掠。然而，在不同實施例中，可使用其他角度。

【0107】 在一個實施例中，一推進器風扇陣列經整合至各機翼2001

及2003中。一第一推進器風扇陣列位於機身2005之一第一側處且整合至機翼2001中，且一第二推進器風扇陣列位於機身2005之一第二側處且整合至機翼2003中。例如，包含於機翼2001中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100A、100B、100C及100D，而包含於機翼2003中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100E、100F、100G及100H。因此，一半推進器風扇位於機身2005之一第一側處且剩餘一半推進器風扇位於機身2005之一第二側處。在圖20A至圖20C中所展示之實例中，推進器陣列包含八個推進器風扇，但可使用任何數目個推進器風扇。

【0108】 在一個實例中，VTOL飛機2000具有5,000磅之一最大起飛重量及1,000磅(例如3個至4個乘客)之一目標最大有效負載重量。各推進器風扇100可具有5 ft之一風扇直徑及11.0 lb/ft²之一擴增轉盤負載。例如，VTOL飛機2000之機身2005可具有24.7 ft之一長度及5 ft之一寬度。例如，VTOL飛機2000之翼展可為49 ft，其具有300 ft²之一機翼面積及16.7 lb/ft²之一機翼負載。

【0109】 圖21A、圖21B及圖21C分別繪示根據一個實施例之包含一推進器風扇陣列之一遞送無人機2100之一前視圖、一側視圖及一俯視圖。遞送無人機2100可具有360度攝影機及感測器且可用於大於20分鐘之懸停飛行時間。在一個實施例中，遞送無人機2100可具有大於50 mph之一最大巡航速度。

【0110】 遞送無人機2100係經構形以遞送一內部封裝之一電動尾坐式VTOL無人機之一實例。在所展示實例中，遞送無人機2100係一雙翼機且具有一中性交錯。在一個實施例中，遞送無人機2100包含一第一機翼2101及一第二機翼2103，且角掃掠靠近機身2105之後部形成於兩個機翼

之間。

【0111】 在一個實施例中，一推進器風扇陣列經整合至各機翼2101及2103中。一第一推進器風扇陣列位於機身2105之一第一側處且整合至機翼2101中，且一第二推進器風扇陣列位於機身2105之一第二側處且整合至機翼2103中。例如，包含於機翼2101中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100A、100B及100C，而包含於機翼2103中之推進器風扇陣列包含推進器風扇100D、100E及100F。因此，一半推進器風扇位於機身2105之一第一側處且剩餘一半推進器風扇位於機身2105之一第二側處。在圖21A至圖21C中所展示之實例中，推進器陣列包含六個推進器風扇，但可使用任何數目個推進器風扇。

【0112】 在一個實例中，遞送無人機2100具有55磅之一最大起飛重量及5.5磅之一目標最大有效負載重量。各推進器風扇100可具有1 ft之一風扇直徑及6.0 lb/ft²之一擴增轉盤負載。遞送無人機2100之機身2105可具有6.7 ft之一長度及1.3 ft之一寬度。例如，遞送無人機2100之翼展可為8.8 ft，其具有21.9 ft²之一機翼面積及2.5 lb/ft²之一機翼負載。

自由葉片

【0113】 由於本文中所描述之推進器風扇100具有高於150 mph之較高速度能力，所以期望透過葉片角度可變性或質量流節流來提供提高推進效率。如上文所描述，推進器風扇100包含顯著高於習知推進器之葉片計數。自一機械複雜性角度看，實施一典型可變螺距螺旋槳機構將過於繁重。

【0114】 在一個實施例中，上文所描述之一推進器風扇陣列使用一自由機翼葉片結構併入至一飛機中。自由機翼葉片結構可實施於(例如)上

文圖17至圖21中所描述之任何飛機中。自由機翼葉片係歸因於各葉片之氣動中心前方之質量平衡而能夠沿其徑向軸線自由旋轉之推進器風扇。即，葉片風扇209歸因於各葉片之氣動中心前方之質量平衡而能夠沿其徑向軸線自由旋轉。自由機翼葉片組合翼片設計、機翼質量平衡及一機翼樞軸來達成其中一機翼在所有飛行條件下依一恆定CL自動均載至一零俯仰力矩時自由樞轉之一能力。

【0115】 自由葉片結構與推進器風扇100之組合針對葉片攻角(AoA)可變性產生一被動系統，同時維持一恆定葉片負載。此可向電動馬達驅動之推進器風扇100提供一獨特協同作用，因為電動馬達可跨一寬rpm範圍高效率操作。電動馬達可跨不同流入速度依較高或較低徑向速度操作，且葉片「浮動」以對準其AoA以維持相同均載升力係數(CL)。此能力亦可提供達成較低噪音之價值，作為避免葉片失速之一方法，葉片失速導致不同飛行條件及渦流位準處之高噪音。

【0116】 使用自由葉片導致大量益處。例如，透過添加前緣葉片質量來俯仰平衡自由葉片始終處於接近其 L/D_{max} CL (通常為.5至1.0)之AoA。此確保葉片AoA始終匹配以與入流對準且永遠不存在分離流。此外，當內輪轂區域為空時，推進器風扇100可質量平衡，因為其經輪緣驅動以針對最輕質量平衡配重在葉片前面提供容積(且不暴露於流)。此容許推進器風扇100在不同飛行段期間使其rpm變動約50%以使葉片能夠始終接近其最佳前進比。自由葉片與電動馬達組合使用提供特定益處，因為不同於渦輪機或內燃機，電動馬達具有一廣泛高效率rpm。因此，渦輪機或內燃機需要在一給定功率依一固定rpm操作，而電動馬達不需要。此容許推進器在不同飛行段期間使其rpm變動約50%以使葉片能夠始終接近其最

佳前進比。最後，歸因於較寬AoA變動及推力需要，自由葉片亦可有助於實現較大規模VTOL整合。

循環風管控制

【0117】 在一個實施例中，一循環控制機構放置於風管前緣201處。循環控制機構經構形以在風管前緣201處吹送一空氣噴流。藉由將空氣施加至風管前緣201，風管前緣201能夠達成之前緣抽吸量擴增。在一個實施例中，電動馬達與離心或軸向壓縮機之組合將嵌入剩餘風管容積中以增加風管前緣201處之循環控制吹氣及/或抽吸。藉由在風管前緣201處應用分佈式電推進(DEP)用於內部循環控制吹氣，與向推進器投入額外動力相比，可用一較低功率達成靜態及低速推力擴增。DEP之此內部應用在推進器風扇100及飛機整合級兩者上最大化航空整合益處。例如，在風管前緣201處應用循環控制導致在相同風扇功率處靜態推力增加高達40%。

【0118】 在一個實施例中，具有一高PR及進氣速度之一應急動力衝壓氣渦輪需要高循環控制噴流吹氣速度(即，接近音波噪音噴流)。低噪音低速噴流(約300 ft/sec)可被使用且可由小型內部風管電動離心鼓風機提供動力。

【0119】 鑑於低得多PR及靜態風管流入速度，一較低速度循環控制噴流可對推進器之推力擴增同樣有效。循環控制效力依據Vjet/Vintake而變化。循環控制風管前緣吹氣之另一有趣態樣係避免大攻角處(即，過渡期間)之風管內前緣分離。此係風管式eVTOL之一重要考量，即，若入口氣流在風管前緣處分離，則由於風扇葉片經歷導致循環葉片負載之振盪流動條件，所以噪音顯著增加。

【0120】 透過依約300 ft/sec之噴流速度在風管前緣201處應用循環

控制吹氣，風管前緣吸力可增大以負責約75%之總靜態推力。在風管前緣201處吹氣在風管前緣上有效提供氣動形狀變形以夾帶額外環境空氣。隨著吹氣開啟，流入空氣「看到」一大得多之喇叭口風管前緣，其在靜態條件下係值得期望的。具有一實際喇叭口風管入口會在巡航時引起很大阻力。當吹氣相對無效時，可在巡航飛行期間關閉風管循環控制吹氣。一緊湊高速離心鼓風機依超音波葉片通過頻率操作以提供內部吹氣。儘管循環控制吹氣在高噴嘴噴流速度最有效(近音波最佳)，但吾人之噴嘴噴流已被設計用於較低噴流速度以達成低噪音(噴流噪音變動至噴嘴速度之1/10次方)。當此應用於風管前緣時，目標係最大化流入翻轉角且防止前緣風管前緣失速。

【0121】 在一個實施例中，循環控制風管可應用於本文中所討論之任何飛機實施例中之風管前緣201。

【0122】 說明書中參考「一個實施例」或「一實施例」意謂一特定特徵、結構或特性包含於本發明之至少一個實施例中。說明書各處出現之片語「在一個實施例中」未必係指相同實施例。

【0123】 儘管已參考一個實施例及若干替代實施例特別展示及描述本發明，但熟習相關技術者應理解，可在不背離本發明之精神及範疇之情況下對本文作出各種形式及細節改變。

【符號說明】

【0124】

100:推進器風扇

100A:第一推進器風扇

100B:第二推進器風扇

100C:第三推進器風扇

100D:推進器風扇

100E:推進器風扇

100F:推進器風扇

100G:推進器風扇

100H:推進器風扇

201:風管前緣

203:鼻錐

205:輪轂

207:緊固件

209:葉片風扇

210:鎖定環

211:張力環

213:外罩殼

213A:外罩殼

213B:外罩殼

215:馬達

217:殼體

219:定子

219A:定子葉片

219B:馬達外殼

219C:定子外殼

221:尾錐

223:安裝孔
225:螺紋孔
303:第一端
305:第二端
307:外表面
309:內表面
311A:曲度
311B:曲度
403:開口
405:空氣通道
407:開口
409:外表面
411:突出部
413:空氣通道
415:開口
417:開口
501:安裝孔
501A至501F:安裝孔
503:開口
503A:開口
503B:開口
505:開口
507:第一端

509:連接機構
511:第二端/中間區域
601:葉片
603:第二鎖定端
605:第一鎖定端
607:翼片
609:幾何扭轉
801:第一端
803:第二端
805:鎖定齒
805A:鎖定齒
805B:鎖定齒
807:狹槽
809:連接機構
903:第一端
905:第二端
907:開口
909:本體
1001:第一端
1003:第二端
1005:安裝孔
1007:安裝孔
1009:中間部分

1009A:第一中間部分

1009B:第二中間部分

1101:第一端

1103:第二端

1105:腔

1107:第一端

1109:第二端

1111:內表面

1113:孔

1201:第一端

1203:第二端

1205:中間點

1207:腔

1209:安裝表面

1301:輔助馬達

1301A:輔助馬達

1301B:輔助馬達

1301C:輔助馬達

1301D:輔助馬達

1303:環形齒輪

1500:推進器風扇陣列

1600:推進器風扇陣列

1603:風管機翼

- 1605:飛機
- 1700:懸停無人機
- 1800:電影無人機
- 1801:第一機翼
- 1803:第二機翼
- 1805:機身
- 1900:運輸機
- 1901:第一機翼
- 1903:第二機翼
- 1905:機身
- 2000:垂直起降(VTOL)飛機
- 2001:第一機翼
- 2003:第二機翼
- 2005:機身
- 2100:遞送無人機
- 2101:第一機翼
- 2103:第二機翼
- 2105:機身

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種推進器風扇，其包括：

一張力環，其包含一本體及該本體中之複數個開口；

一葉片風扇，其包含配置成一圓環之複數個葉片，該複數個葉片之各者包含一第一端及比該第一端更靠近該圓環之一中心之一第二端，其中該複數個葉片之各者之該第一端安置於該張力環之該複數個開口之一對應者內，使得該張力環之該本體環繞該葉片風扇之一圓周；及

一風管，其至少部分環繞該張力環及該葉片風扇。

【請求項2】

如請求項1之推進器風扇，其中該複數個葉片包含超過五個葉片。

【請求項3】

如請求項2之推進器風扇，其中該複數個葉片包含20個葉片至840個葉片。

【請求項4】

如請求項1之推進器風扇，其中該複數個葉片之各者包括：

一翼片；

一第一鎖定端，其位於該翼片之一第一端處；及

一第二鎖定端，其位於該翼片之一第二端處，該翼片之該第二端更靠近由該複數個葉片形成之該圓環之該中心；

其中該第一鎖定端之一寬度及一厚度大於該翼片之該第一端之一寬度及一厚度，且該第二鎖定端之一寬度及一厚度大於該翼片之該第二端之一寬度及一厚度。

【請求項5】

如請求項4之推進器風扇，其中該複數個葉片之各者之該第一鎖定端在安置於該張力環之該複數個開口之一者中時直接與該張力環之該本體直接接觸。

【請求項6】

如請求項4之推進器風扇，其中該翼片包括跨該翼片之一長度之複數個不同傾角。

【請求項7】

如請求項4之推進器風扇，其中該翼片包括一幾何扭轉且該翼片之一第一傾角位於該幾何扭轉之一第一側處且該翼片之一第二傾角位於該幾何扭轉之一第二側處。

【請求項8】

如請求項4之推進器風扇，其中該複數個葉片之複數個第二鎖定端沿一相同平面配置以形成該葉片風扇之該圓環。

【請求項9】

如請求項1之推進器風扇，其中該複數個葉片之各者與該複數個葉片之至少另一者部分重疊。

【請求項10】

如請求項9之推進器風扇，其中該複數個葉片之各葉片之一前緣與位於該葉片之一第一側處之來自該複數個葉片之一第一葉片之一後緣部分重疊，且該葉片之一後緣與位於該葉片之一第二側處之來自該複數個葉片之一第二葉片之一前緣部分重疊。

【請求項11】

如請求項4之推進器風扇，其進一步包括經構形以連接至該葉片風扇之一鎖定環，該鎖定環包括：

複數個突出部，其等位於該鎖定環之一第一端處；

複數個狹槽，其等位於該鎖定環之該第一端處，該複數個狹槽之各者安置於來自該複數個突出部之一對突出部之間；及

複數個螺紋，其等位於該鎖定環之一第二端處，該第二端與該鎖定環之該第一端對置。

【請求項12】

如請求項11之推進器風扇，其中該複數個葉片之各第二鎖定端安置於該鎖定環之該複數個狹槽之一對應者內以將該鎖定環直接連接至該葉片風扇。

【請求項13】

如請求項12之推進器風扇，其中該複數個突出部依相對於垂直於該鎖定環之該第二端之一參考之一角度安置，其中該複數個突出部之該角度匹配該複數個葉片之該等第二鎖定端之一角度。

【請求項14】

如請求項11之推進器風扇，其進一步包括經構形以連接至該鎖定環之一輪轂，該輪轂包括：

複數個第一開口，其等沿該輪轂之一圓周安置，該複數個第一開口自該輪轂之一第一端延伸至該輪轂之一第二端；

一第二開口，其安置於該輪轂之一中心處，該第二開口延伸穿過該輪轂之該第一端而至該輪轂之該第二端；及

複數個螺紋，其等安置於該輪轂之該第二端而非該輪轂之該第一端

處，其中該輪轂之該複數個螺紋經構形以連接至該鎖定環之該第二端處之該複數個螺紋以將該輪轂及該鎖定環連接在一起，使得鎖定環環繞該輪轂之該圓周。

【請求項15】

如請求項14之推進器風扇，其進一步包括具有一第一端及與該第一端對置之一第二端之一鼻錐，其中該鼻錐之該第一端之一直徑小於該鼻錐之該第二端之一直徑。

【請求項16】

如請求項15之推進器風扇，其中該鼻錐進一步包括：
複數個第一開口，其等圍繞該鼻錐之該第二端之一圓周安置；
一第二開口，其位於該鼻錐之該第一端之一中心處；及
一腔，其穿過自該第二開口延伸至該複數個第一開口之該鼻錐之一厚度。

【請求項17】

如請求項16之推進器風扇，其中該鼻錐之該第二端經構形以連接至該輪轂之該第一端，使得該鼻錐之該第二端處之該複數個第一開口與該輪轂之該第一端處之該複數個第一開口對準。

【請求項18】

如請求項15之推進器風扇，其進一步包括：
一電動馬達，其經構形以連接至該輪轂之該第二端。

【請求項19】

如請求項18之推進器風扇，其進一步包括一殼體，該殼體包含：
一第一端；

一第二端，其與該第一端對置；

一第一中間部分，其自該第一端延伸，該第一中間部分具有實質上匹配該張力環之一直徑之一直徑，其中該葉片風扇及該張力環安置於該第一中間部分內；及

一第二中間部分，其自該第二端延伸至該第一中間部分。

【請求項20】

如請求項19之推進器風扇，其進一步包括具有一第一端及與該第一端對置之一第二端之一風管前緣，其中該風管前緣之該第二端連接至該殼體之該第一端，使得該鼻錐安置於該風管前緣內。

【請求項21】

如請求項19之推進器風扇，其進一步包括一定子，該定子包含：

一馬達外殼，其包含一第一端、一第二端及自該第一端朝向該第二端延伸之一腔，該電動馬達安置於該馬達外殼內；

複數個定子葉片，該複數個定子葉片之各者具有連接至該馬達外殼之一第一端及遠離該馬達外殼徑向延伸之一第二端；及

一定子外殼，其包含一第一端及一第二端，該定子外殼之該第一端連接至該殼體之該第二端，

其中該馬達外殼及該複數個定子葉片安置於該定子外殼內。

【請求項22】

如請求項21之推進器風扇，其中至少部分環繞該張力環及該葉片風扇之該風管包括該定子外殼、該風管前緣及該殼體。

【請求項23】

如請求項21之推進器風扇，其進一步包括一尾錐，該尾錐包含：

一第一端，其具有一第一直徑，該尾錐之該第一端連接至該馬達外殼之該第二端；

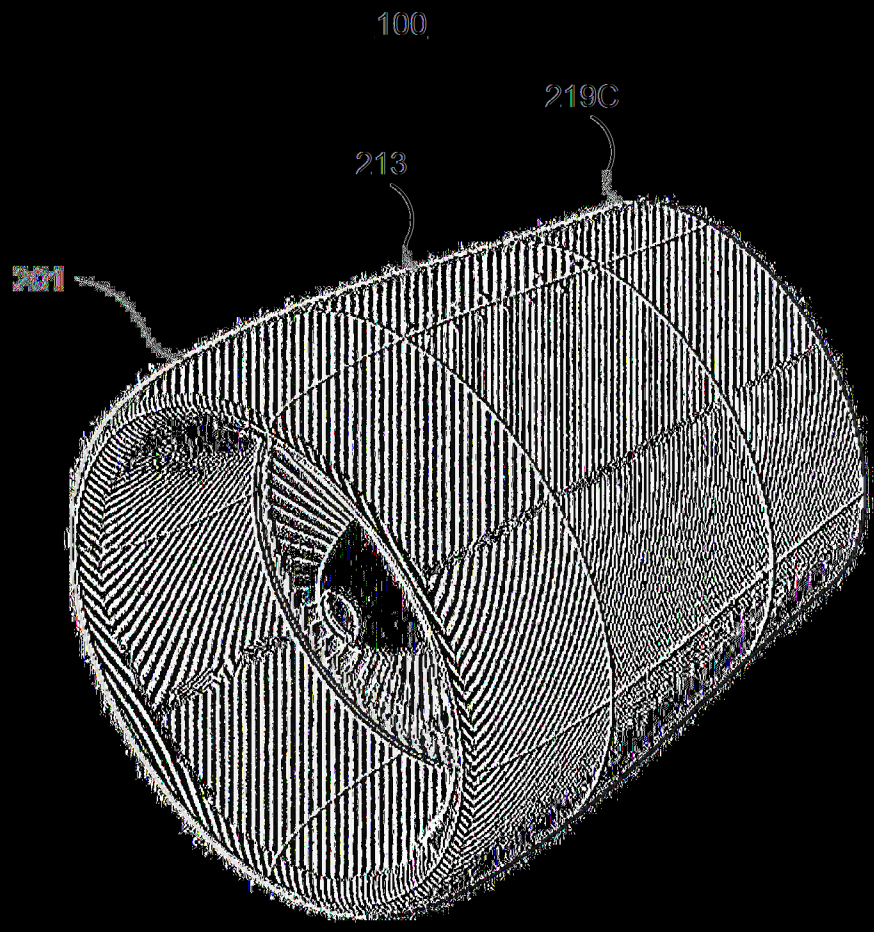
一第二端，其具有小於該第一直徑之一第二直徑；及

一中間部分，其位於該第一端與該第二端之間，該中間部分具有該第二直徑。

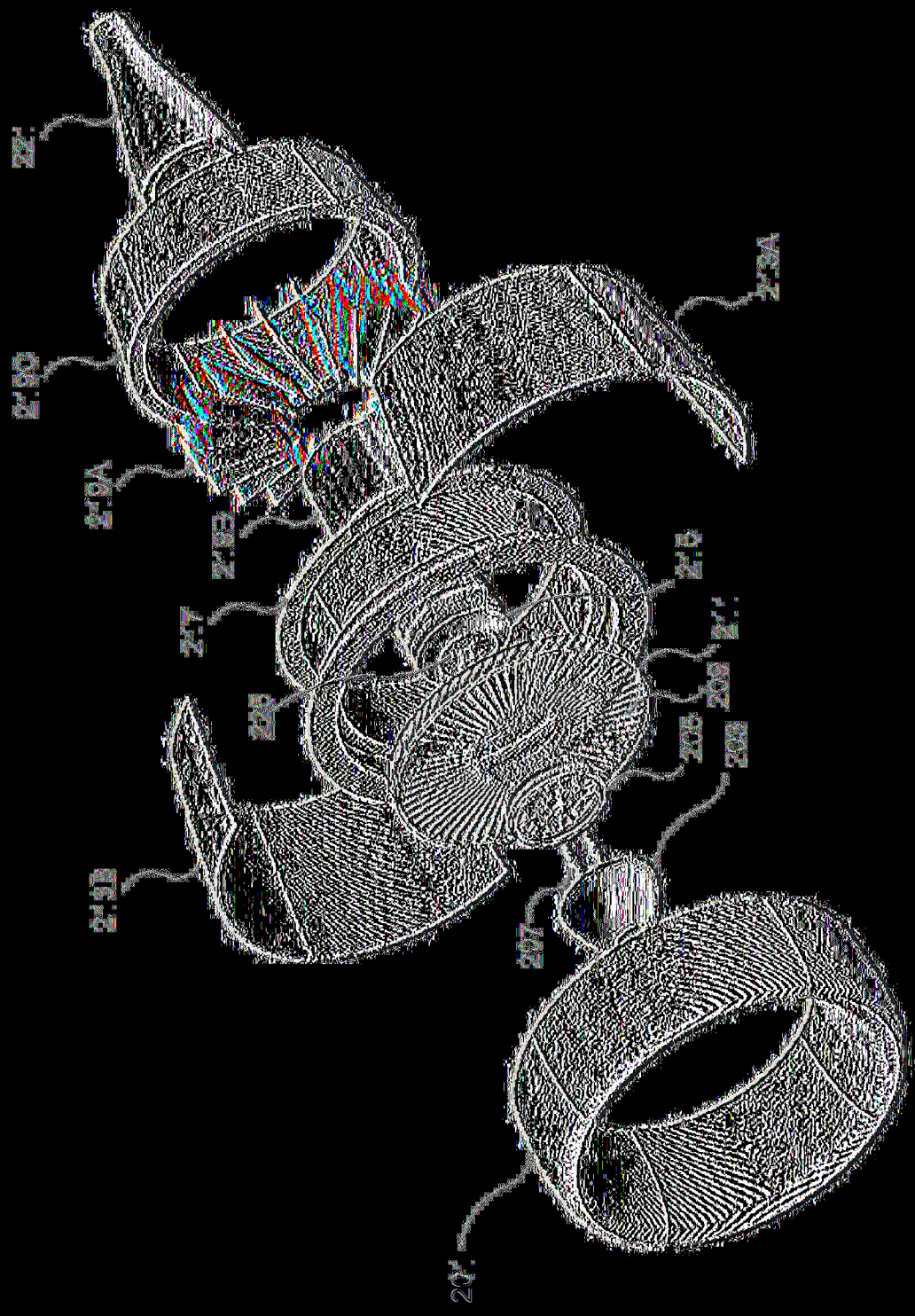
【請求項24】

如請求項23之推進器風扇，其中該尾錐進一步包括自該尾錐之該第一端延伸至該尾錐之該第二端之一腔。

(發明圖式)

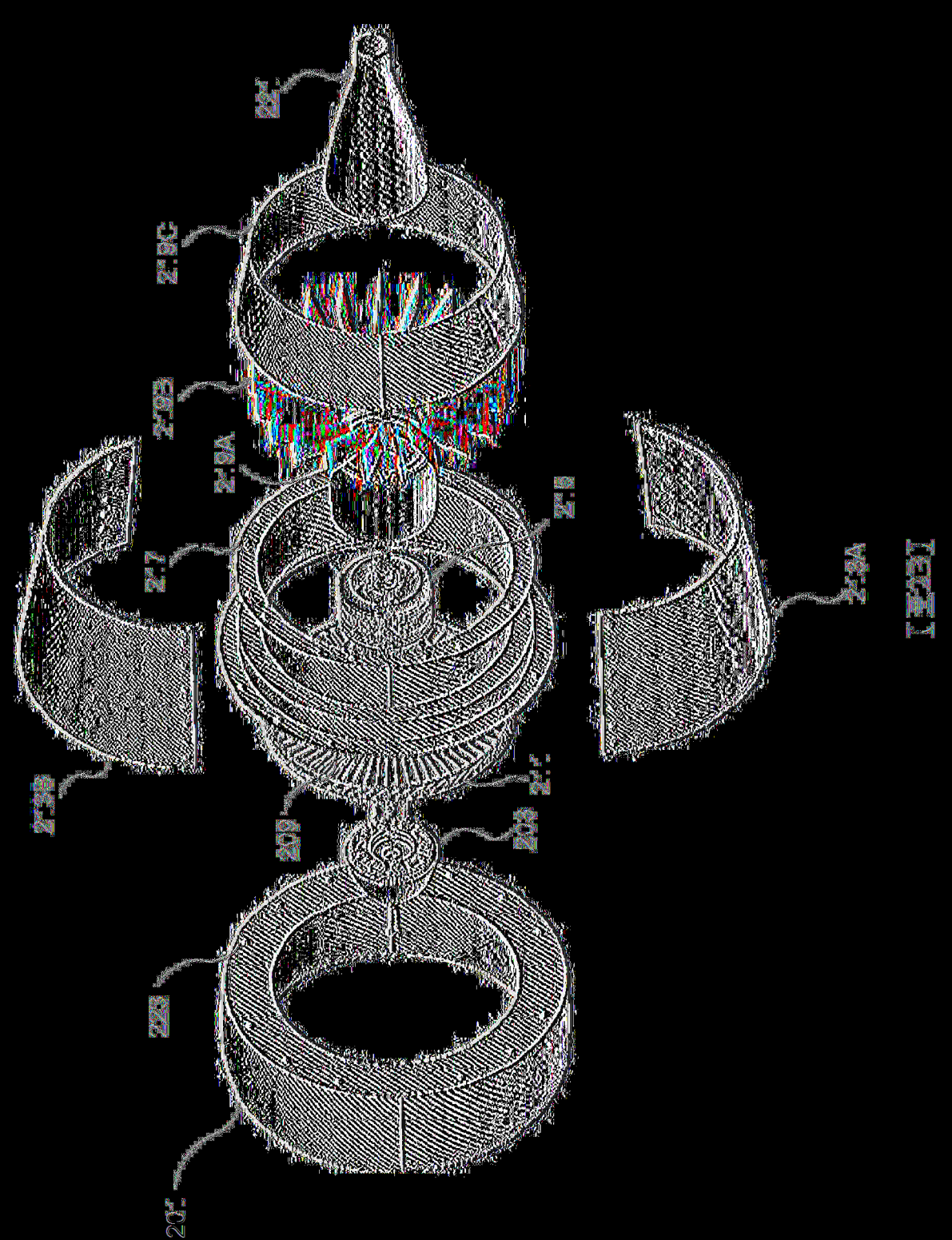


(圖1)

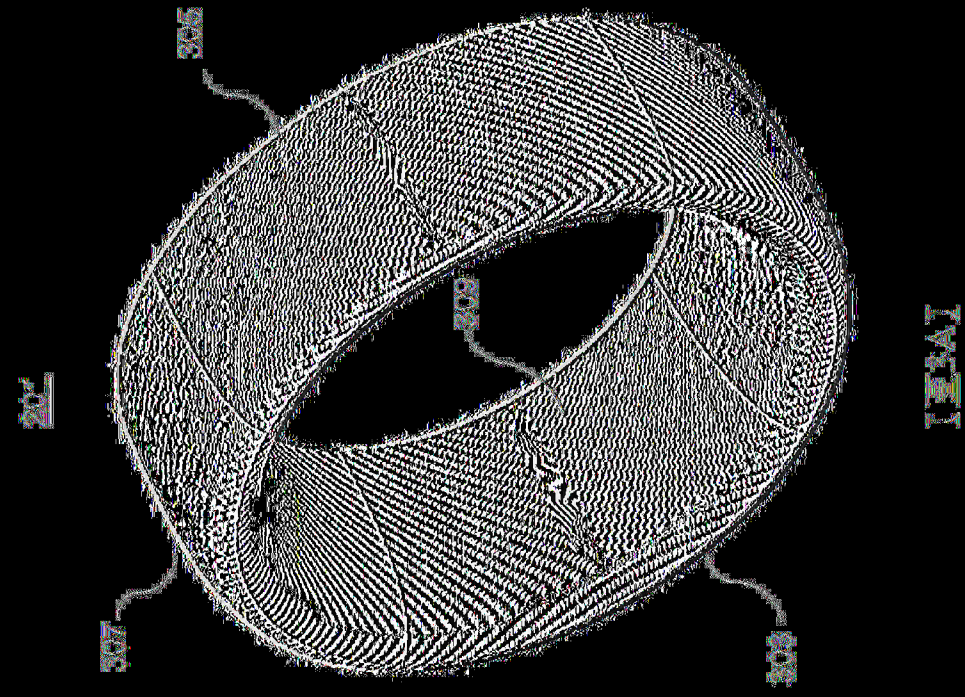
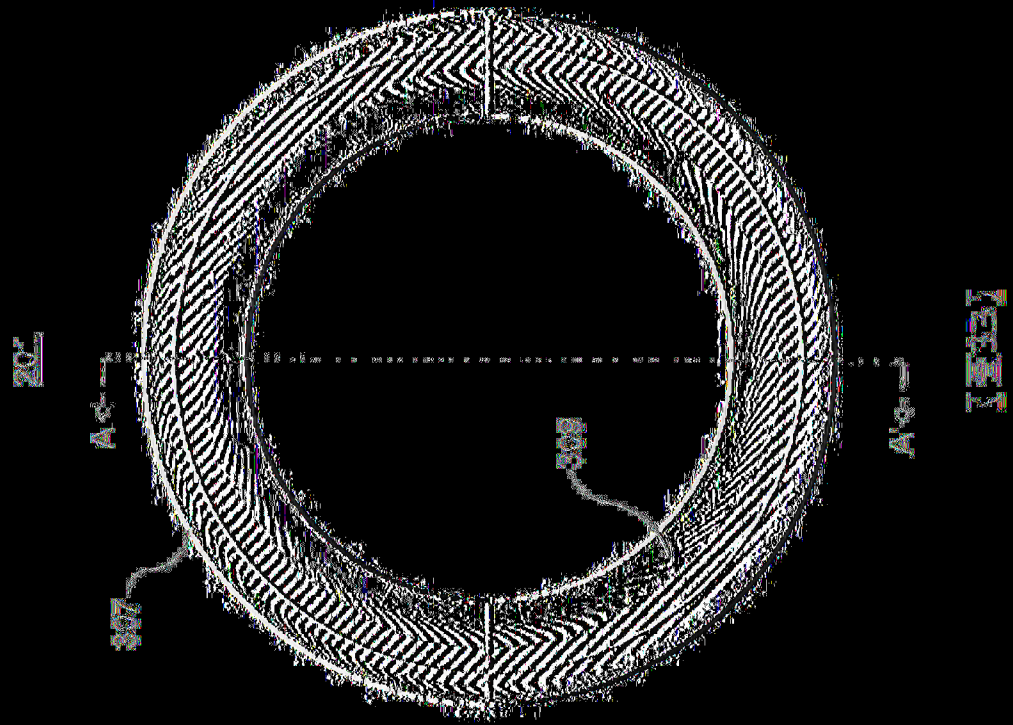


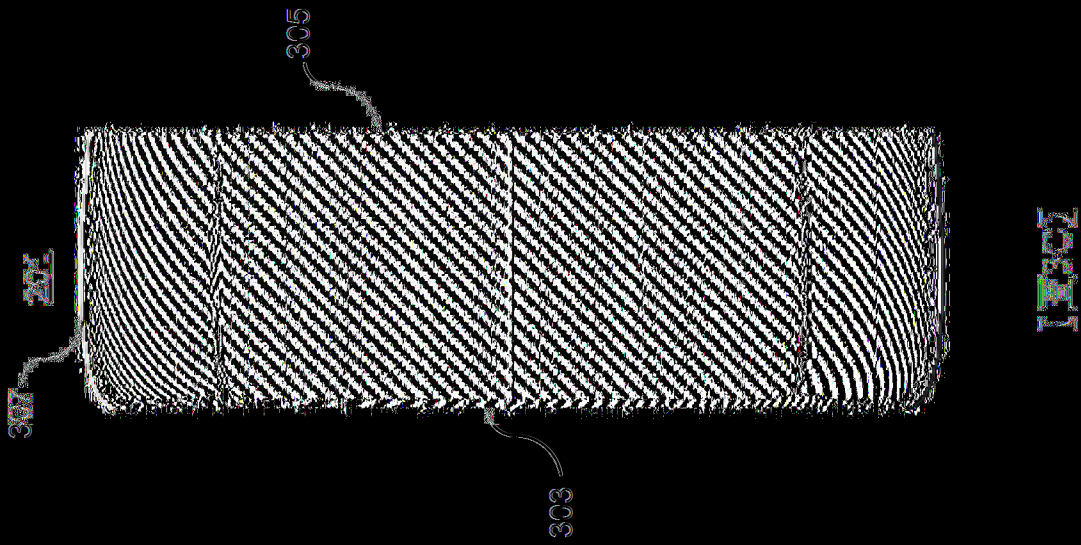
100

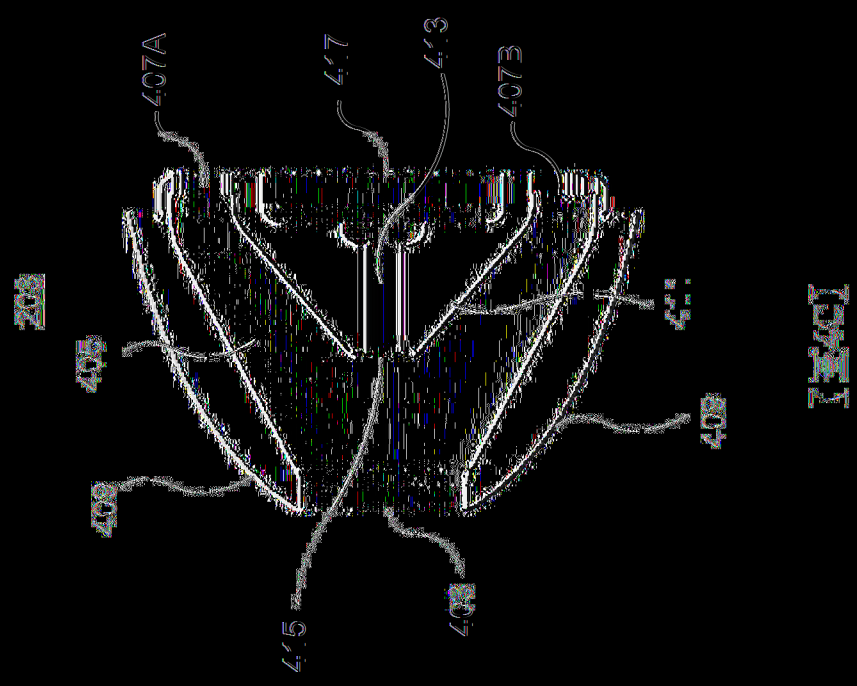
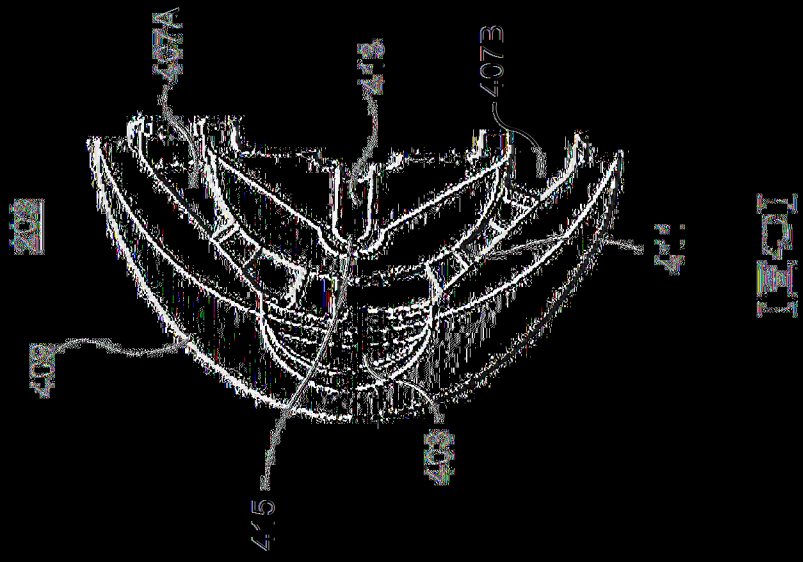
100

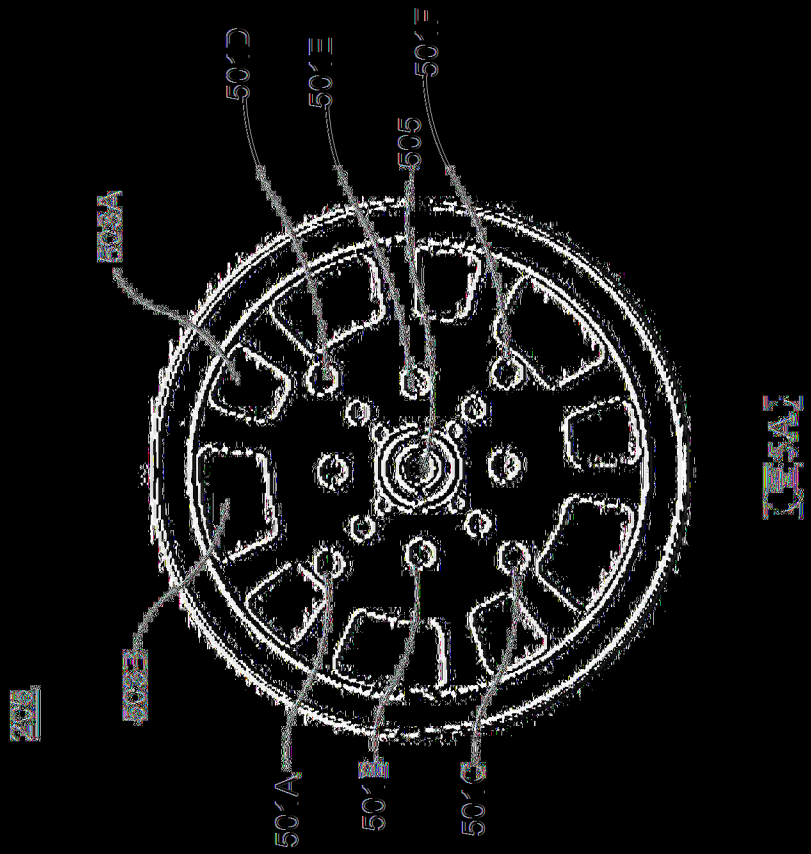
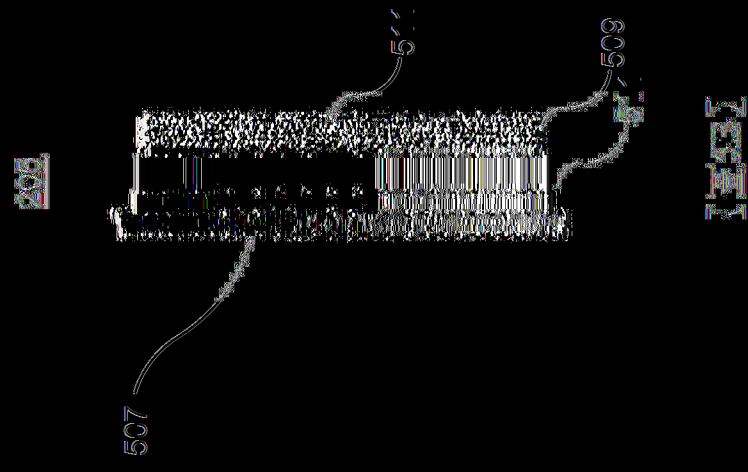


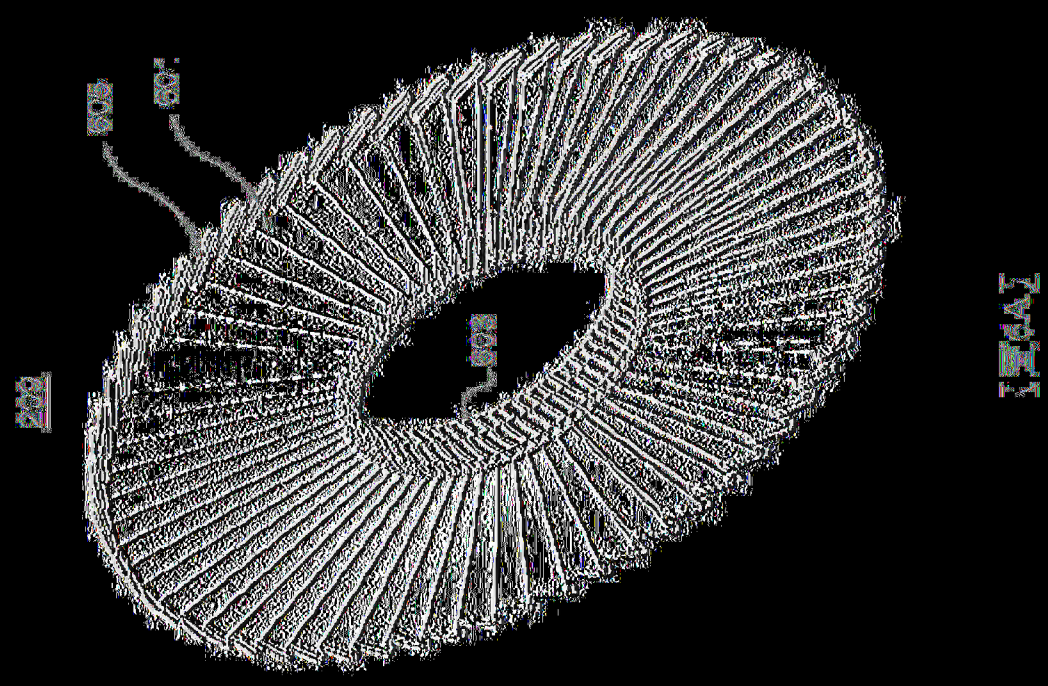
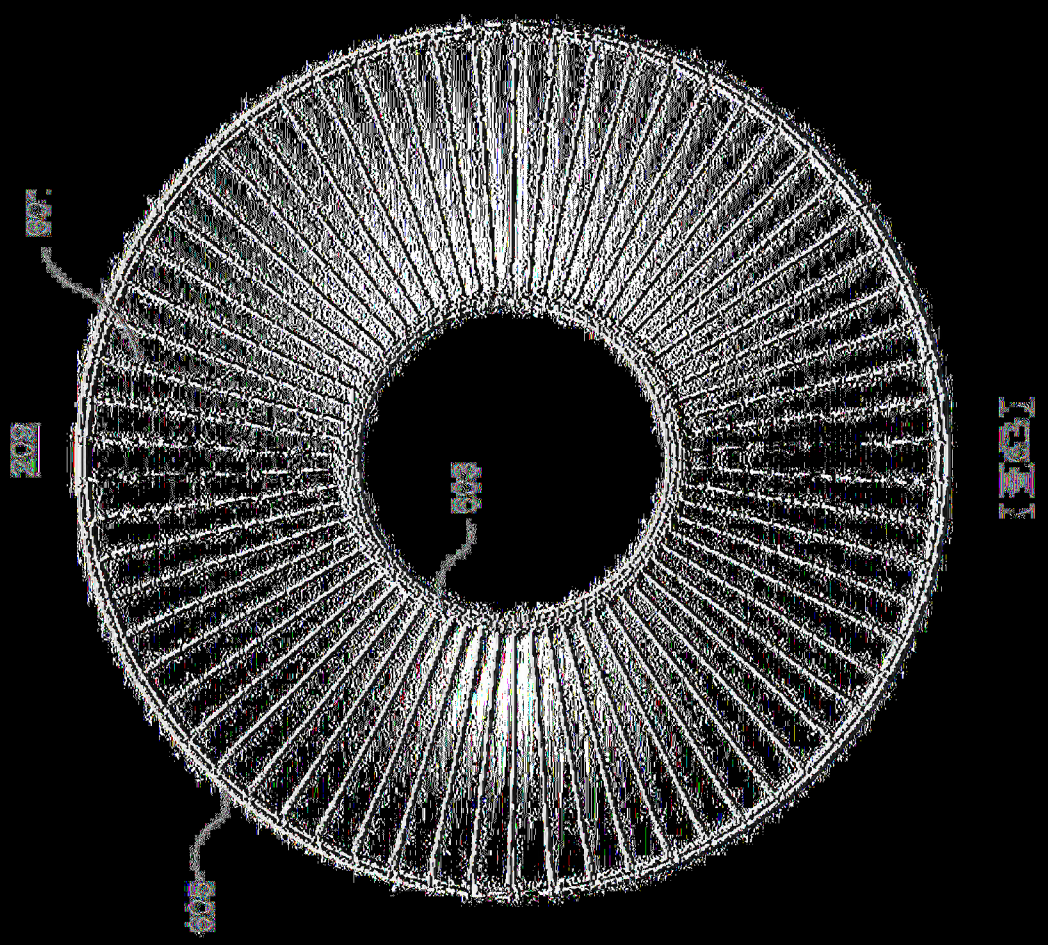
00



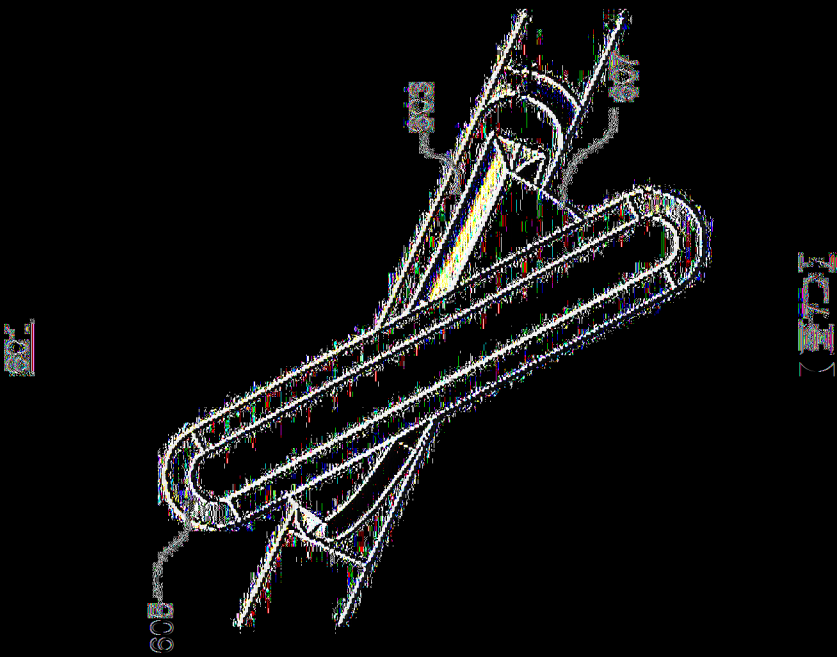


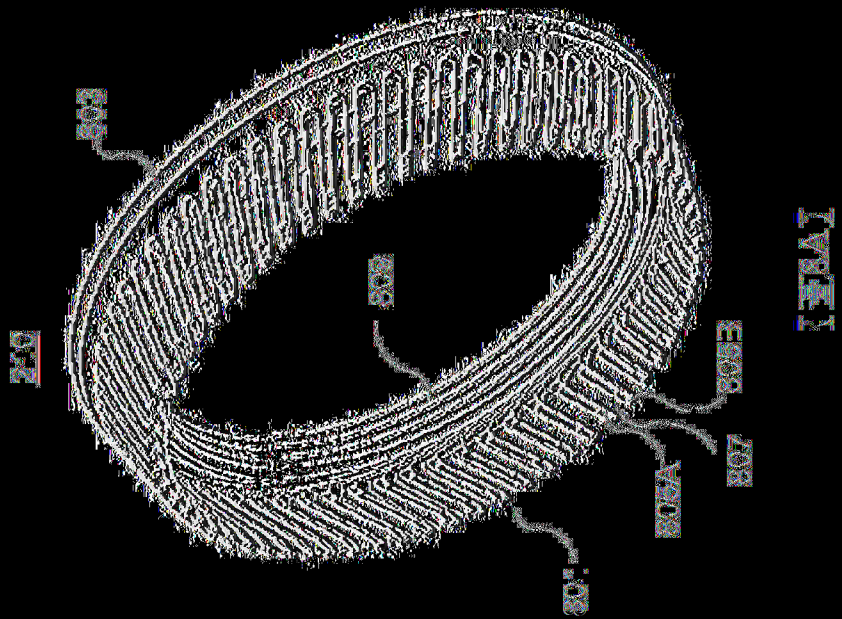
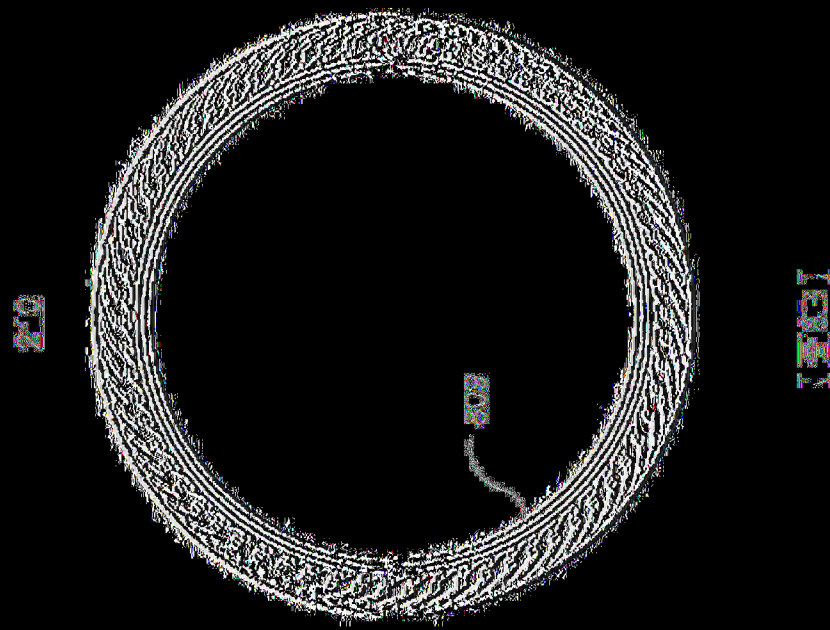
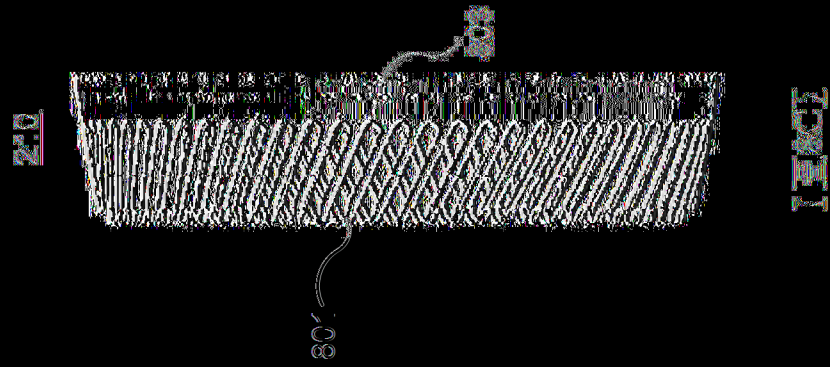


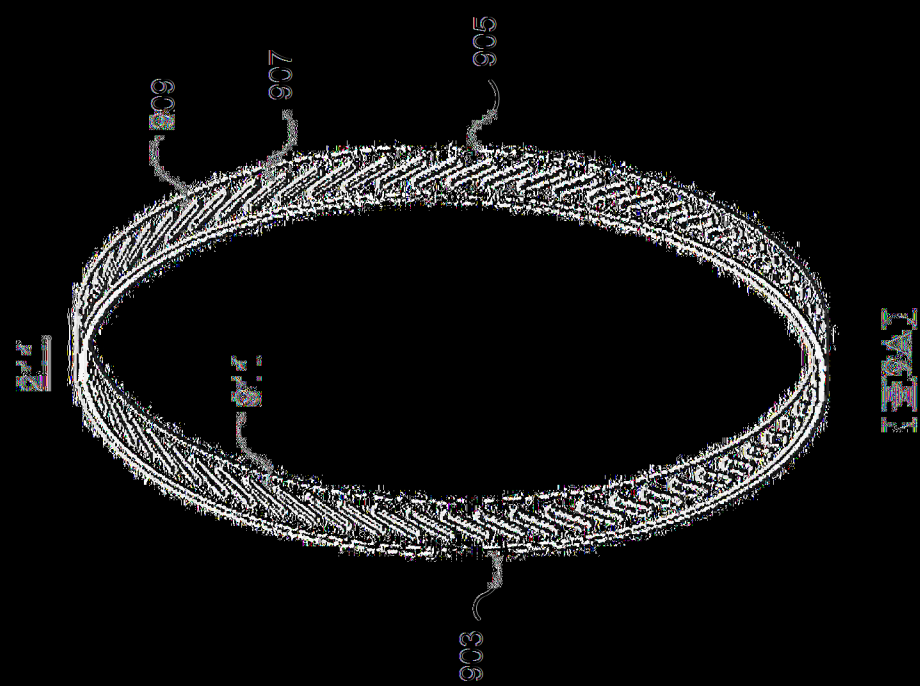
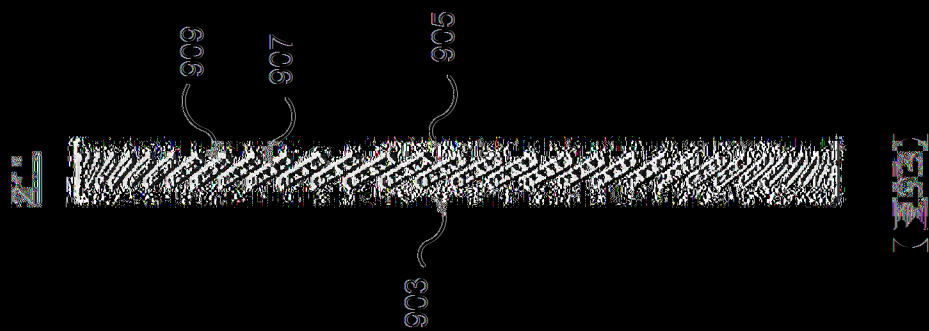


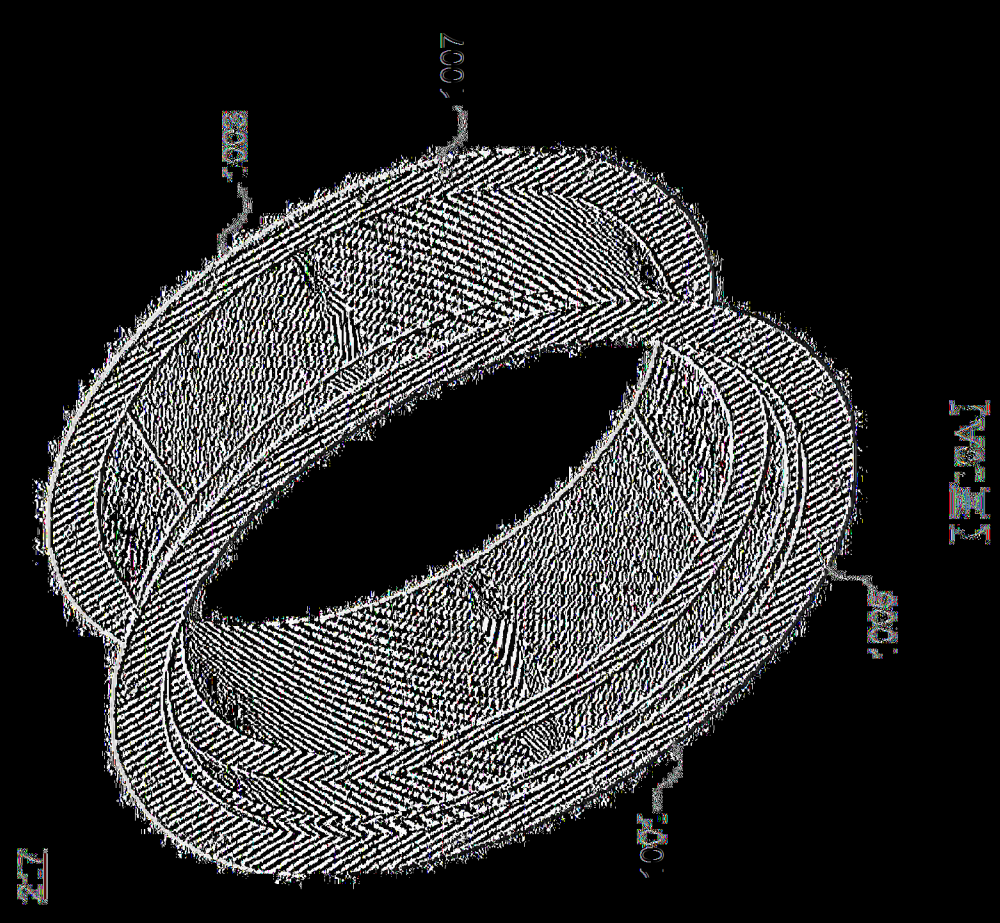


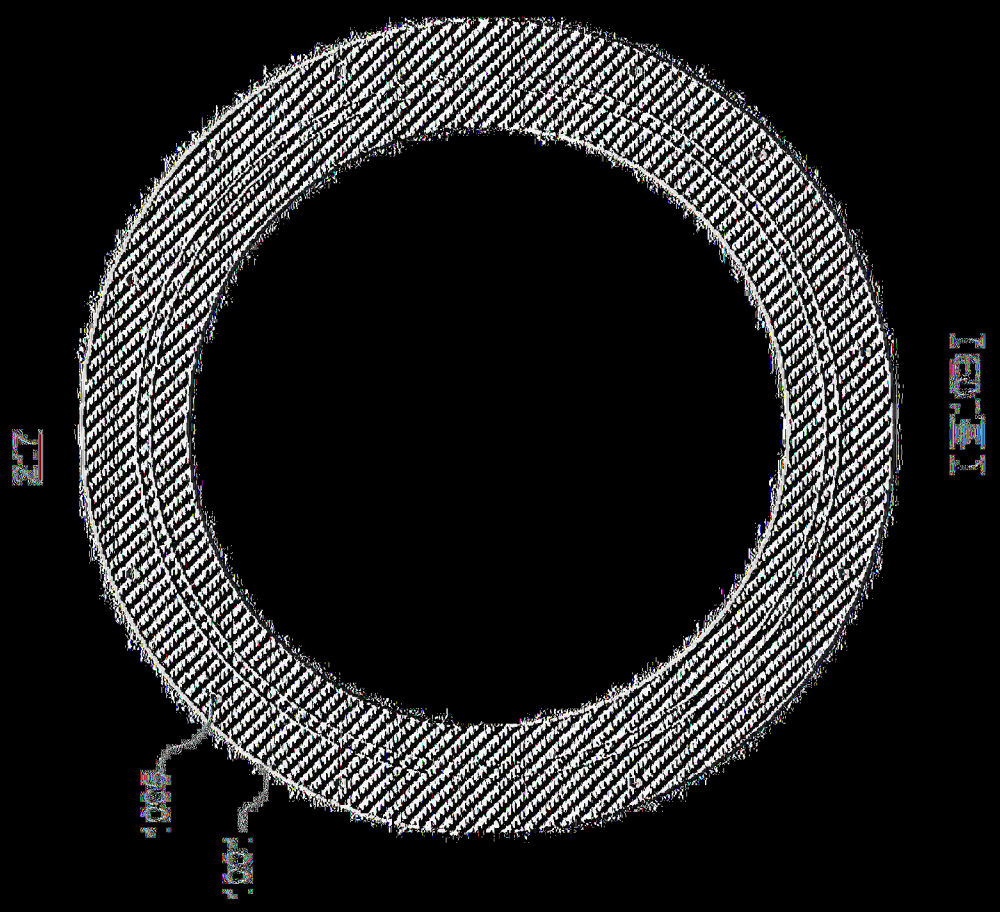
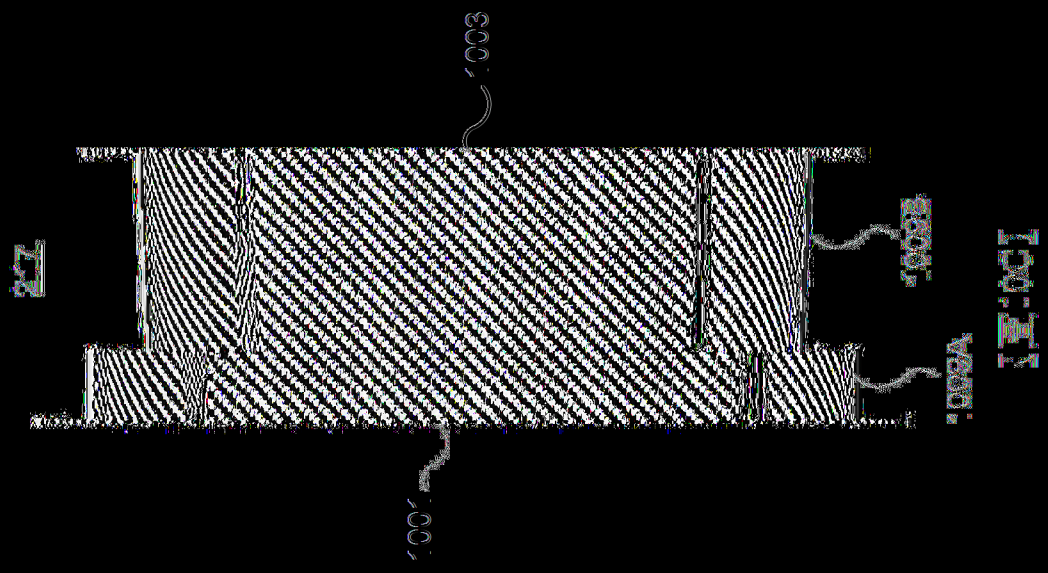


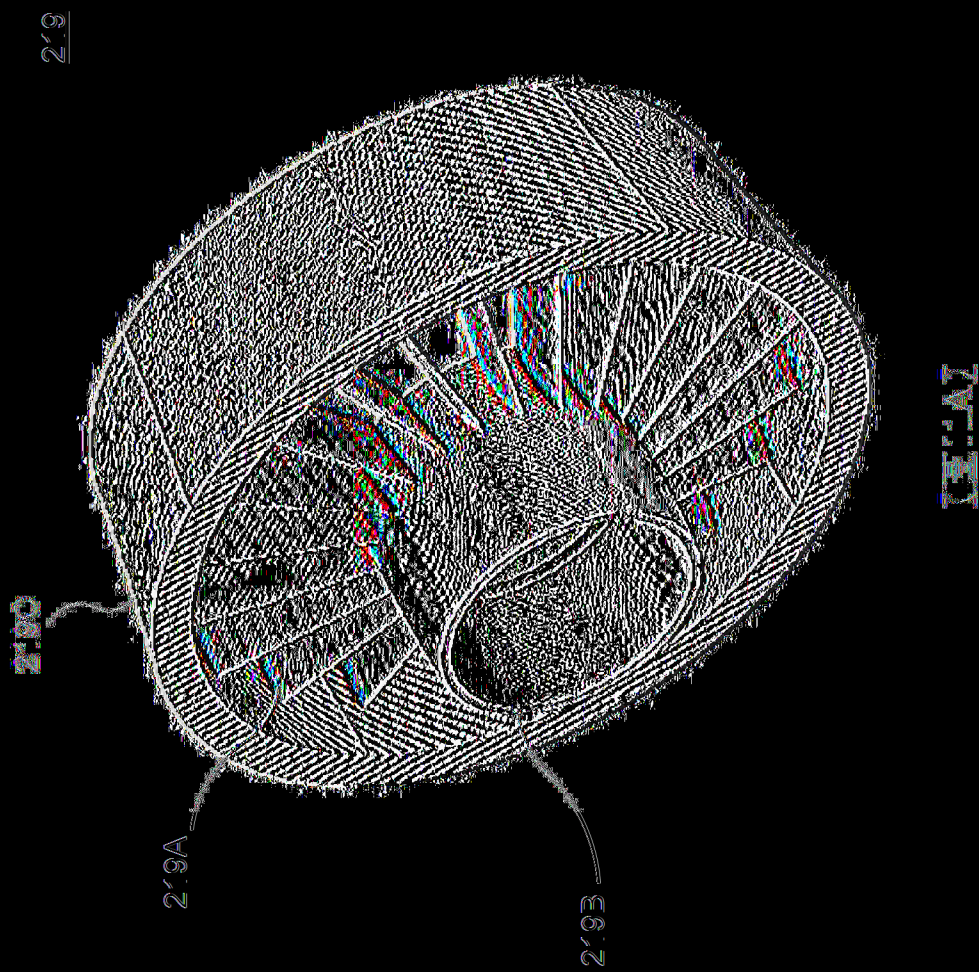


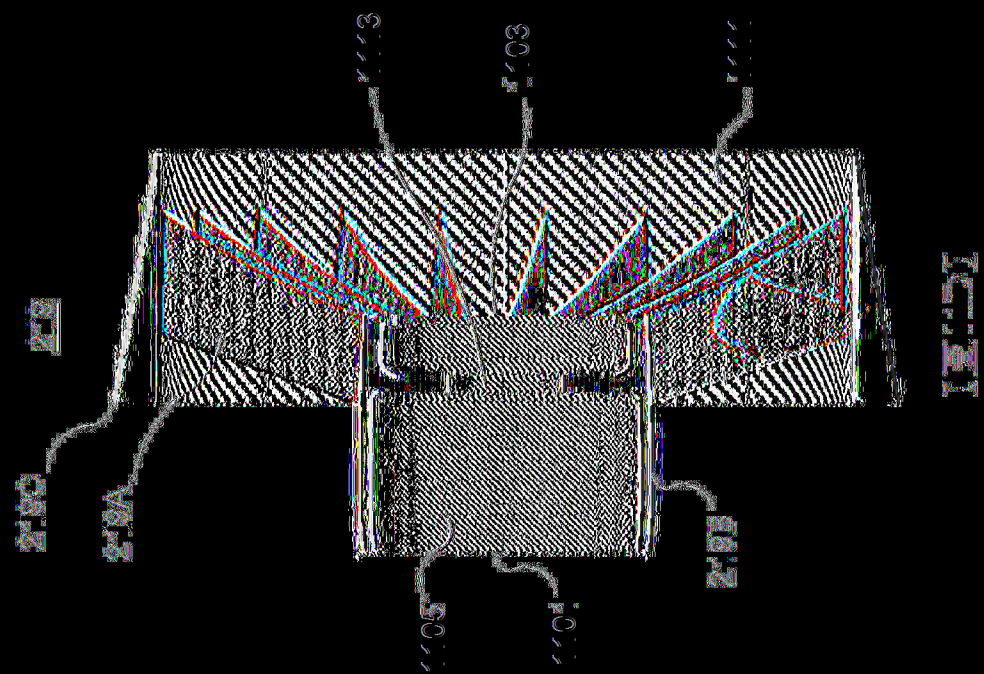




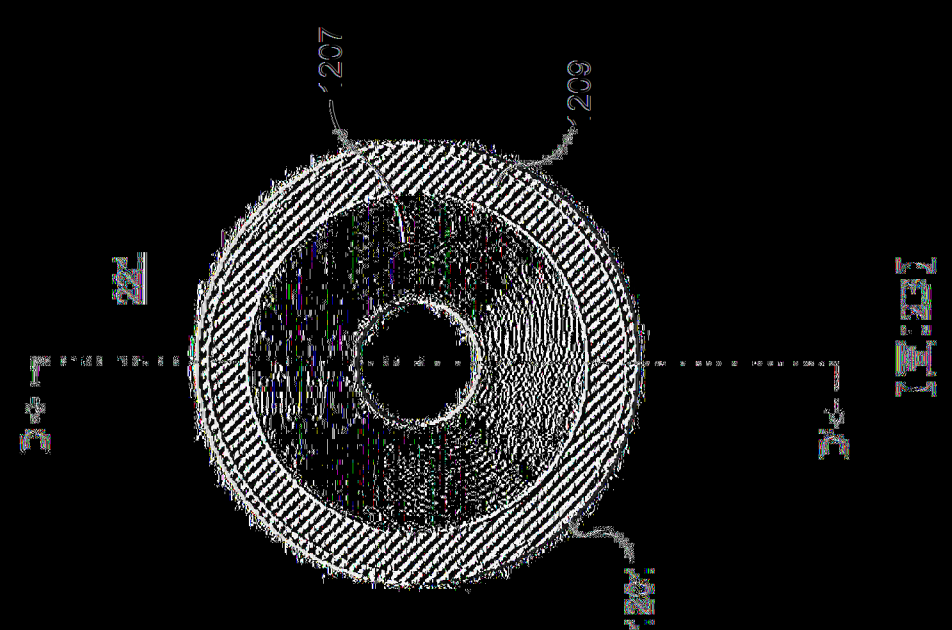
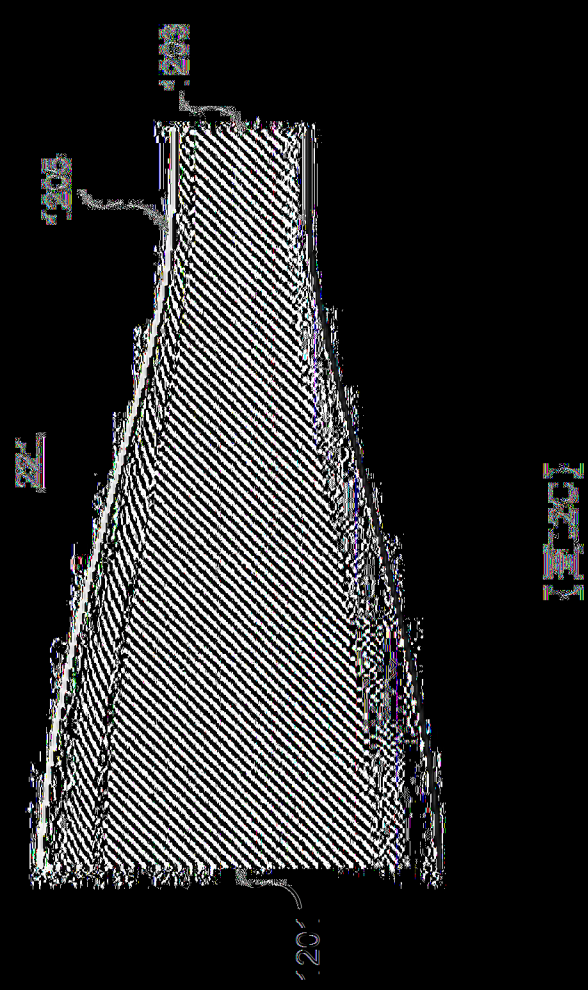


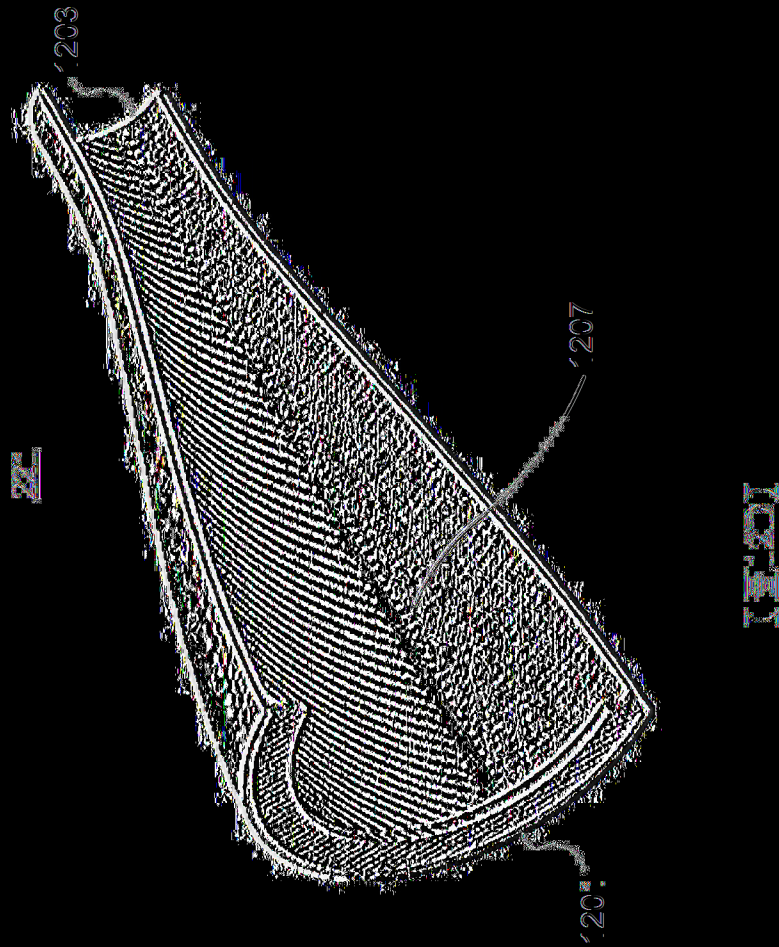


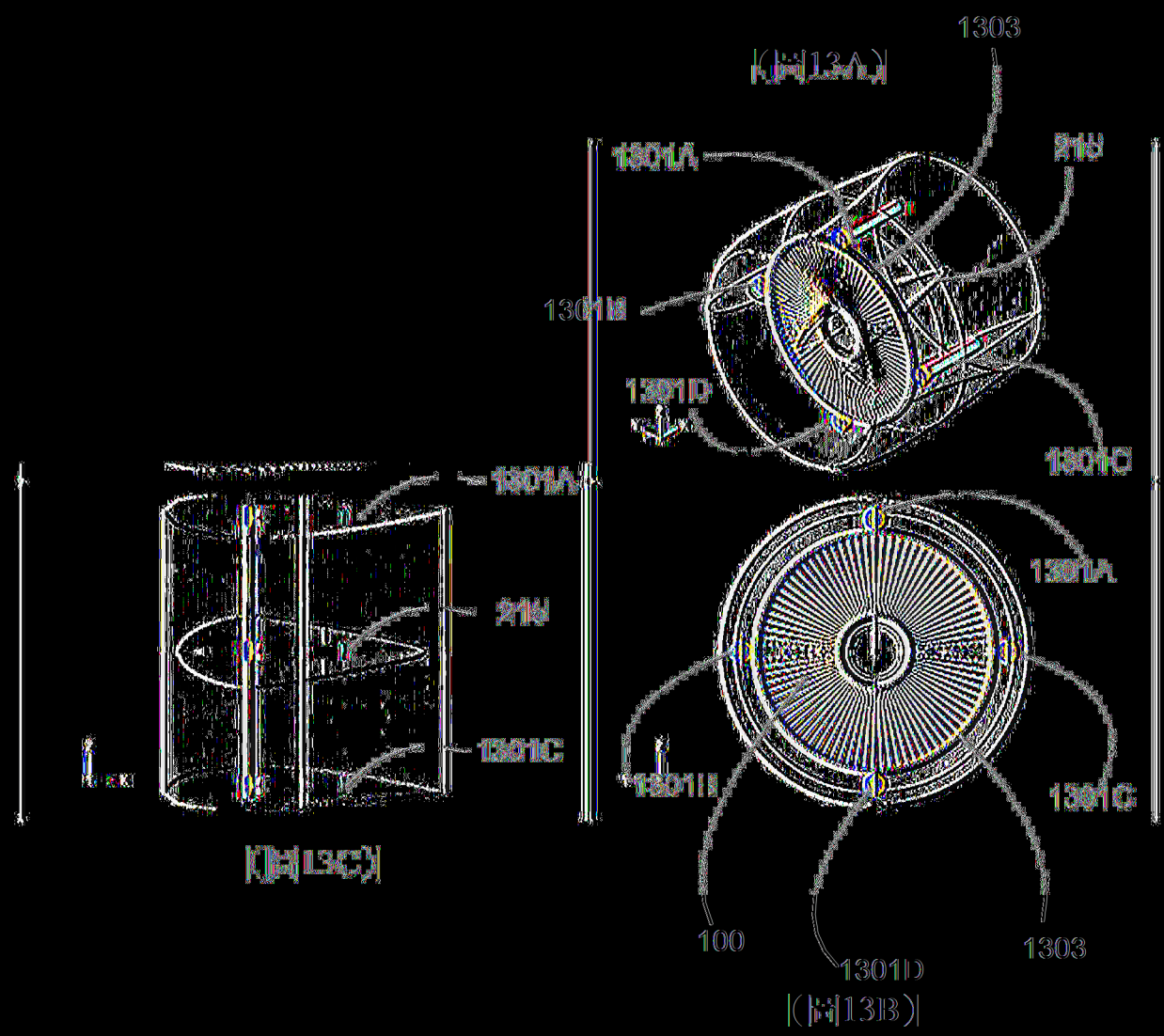


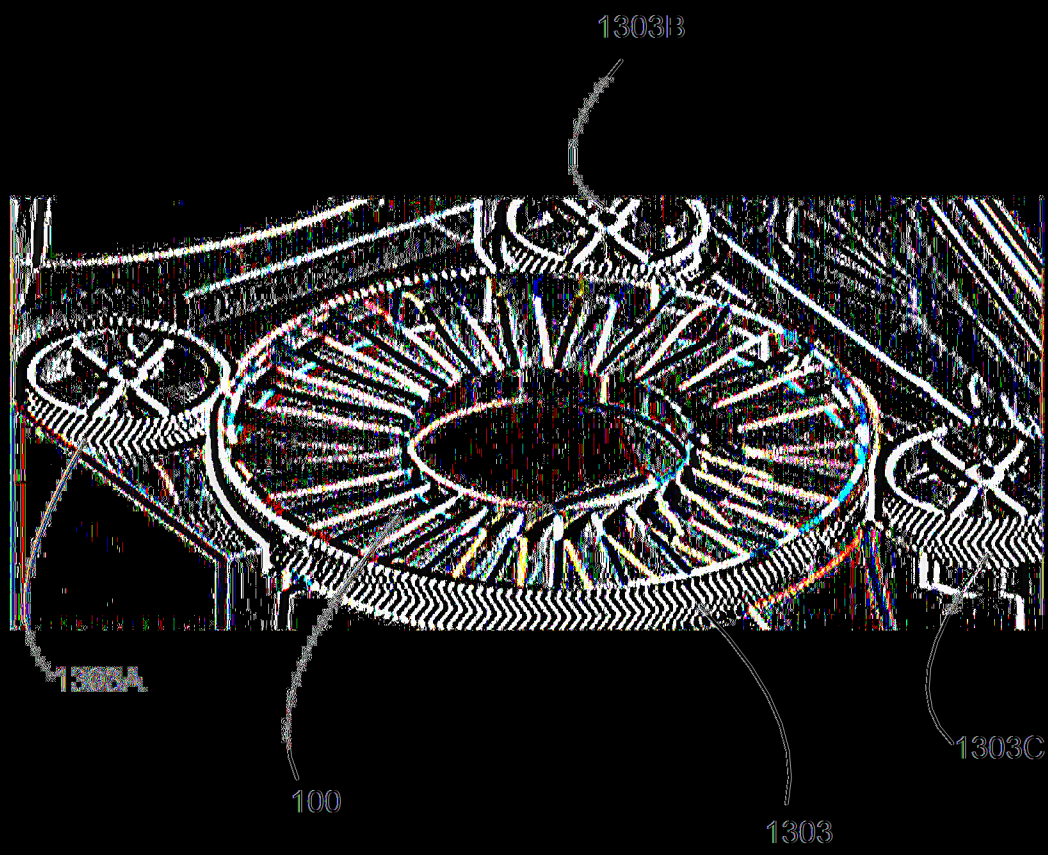




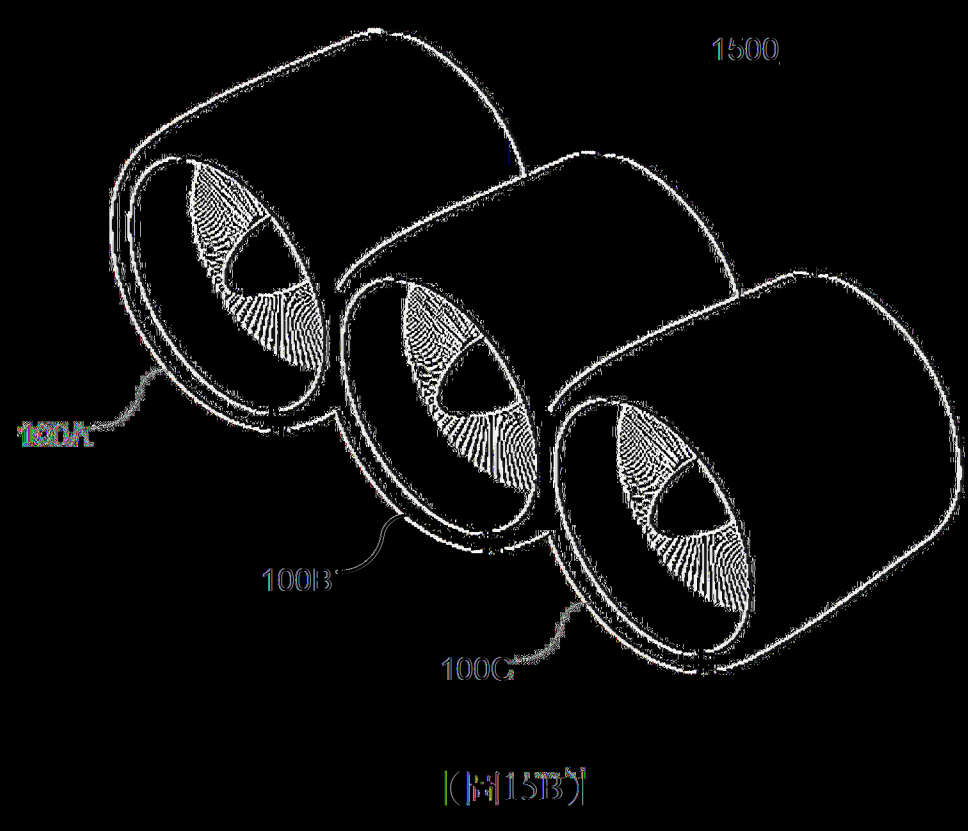
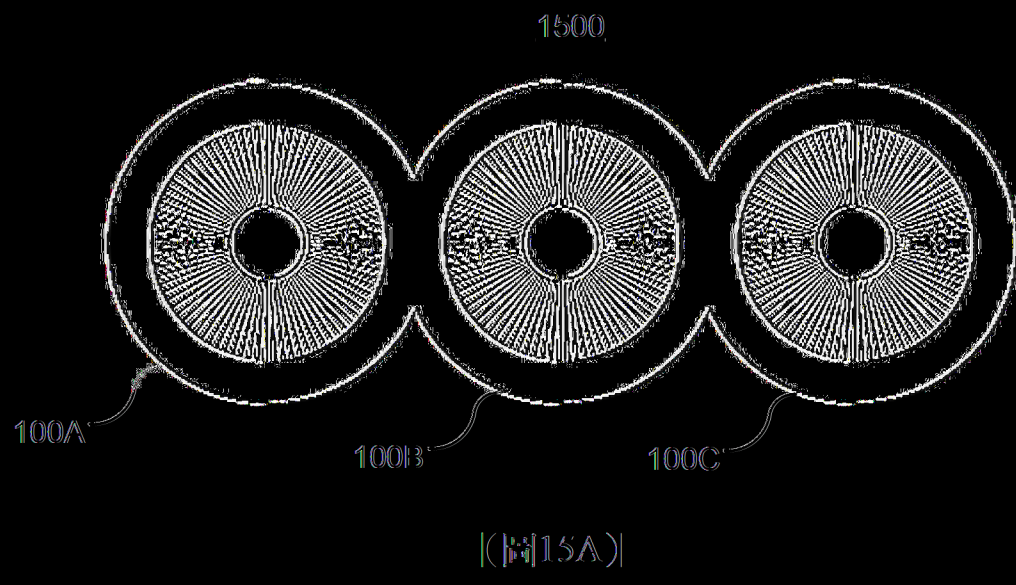


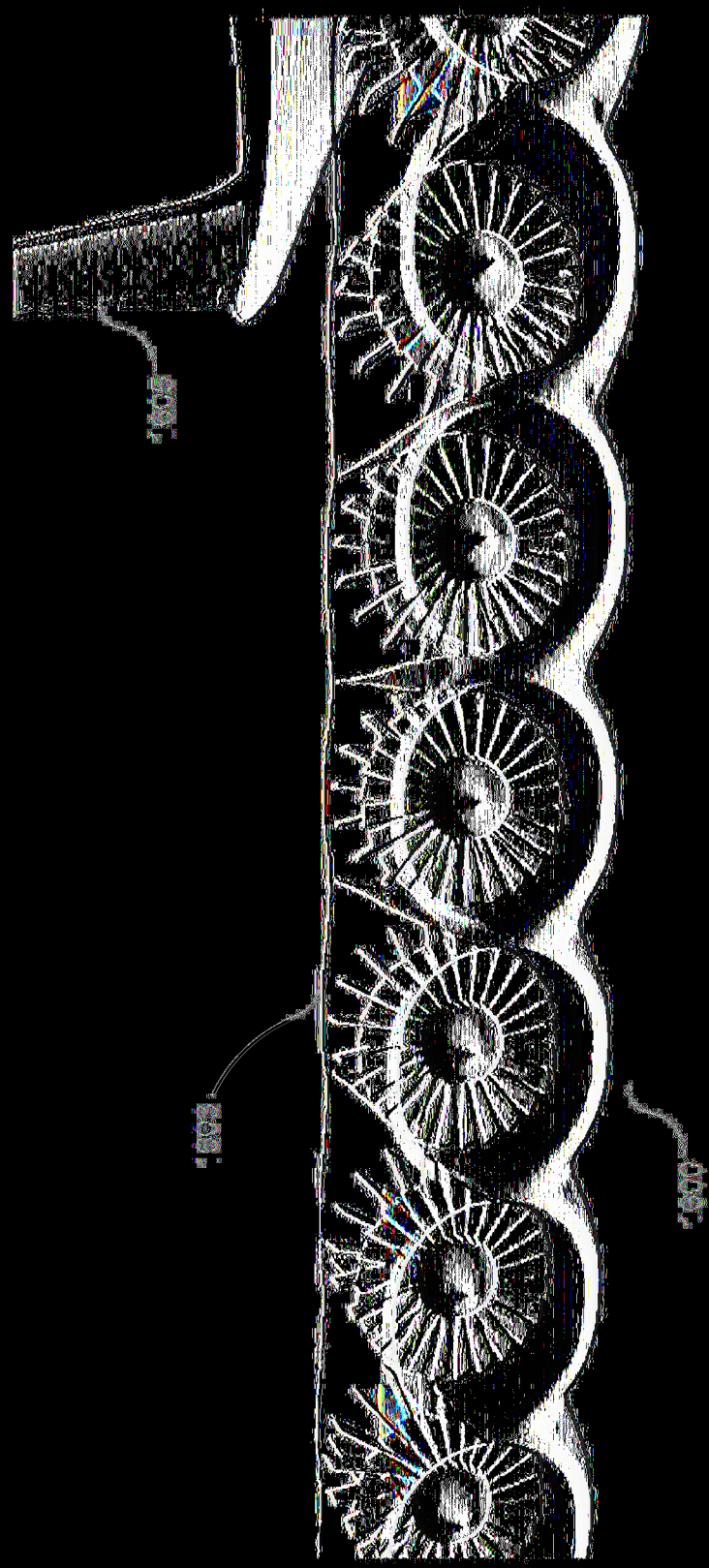






[(圖)14]

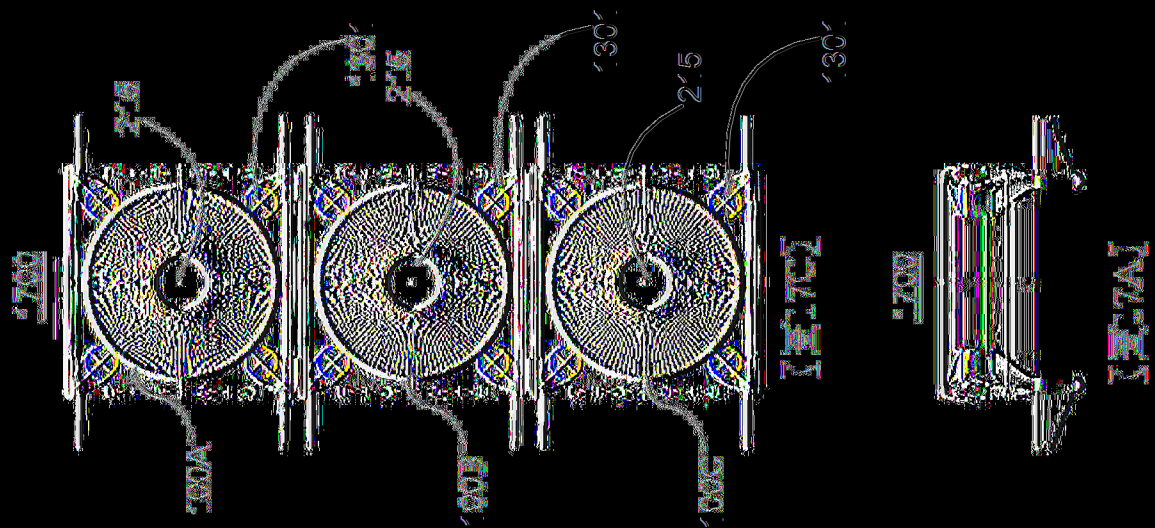




1000

1001

1002



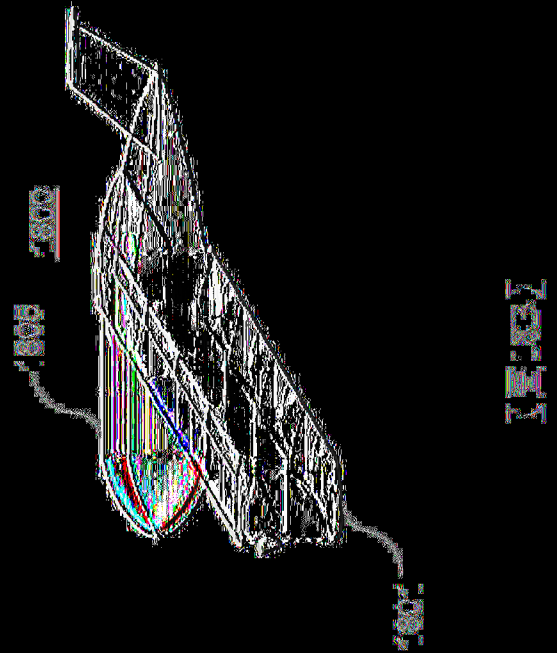
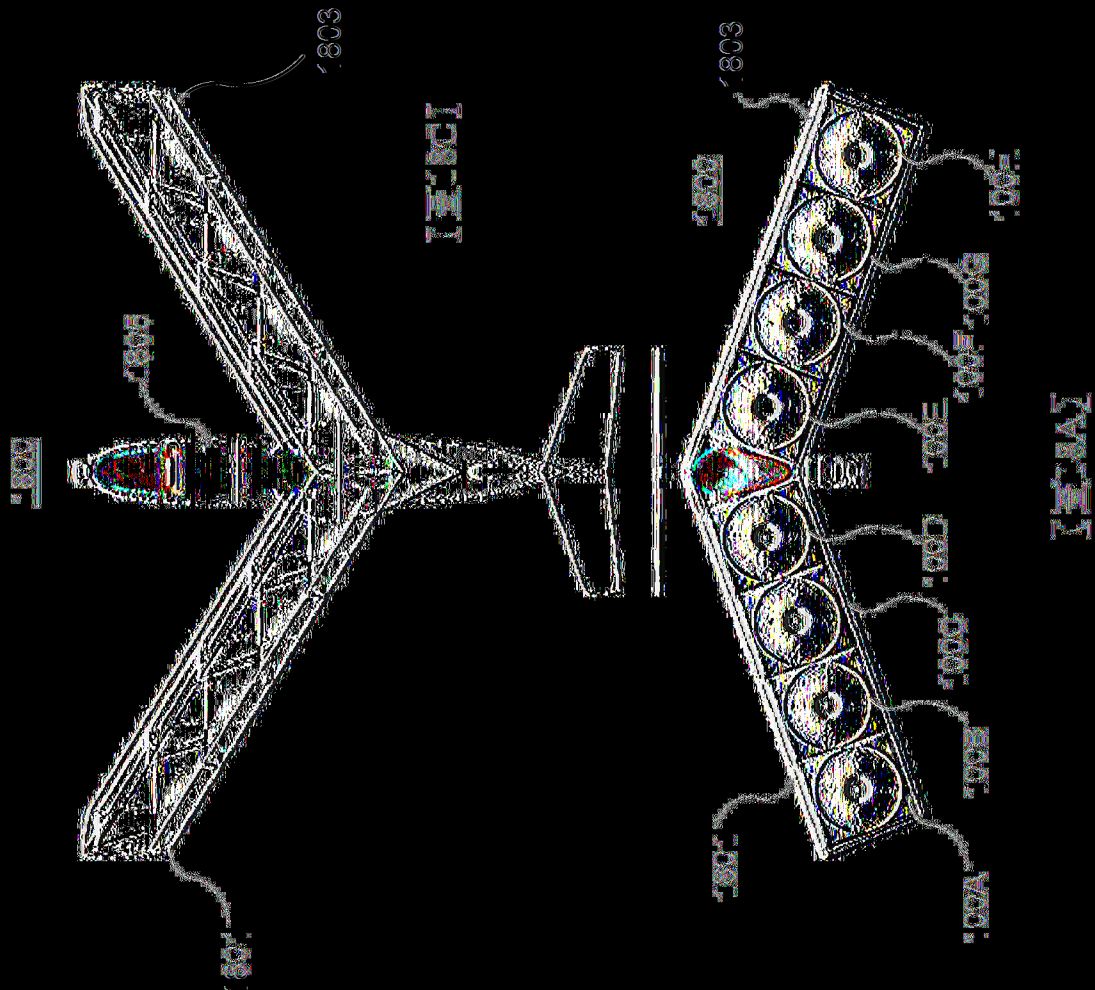




圖 1

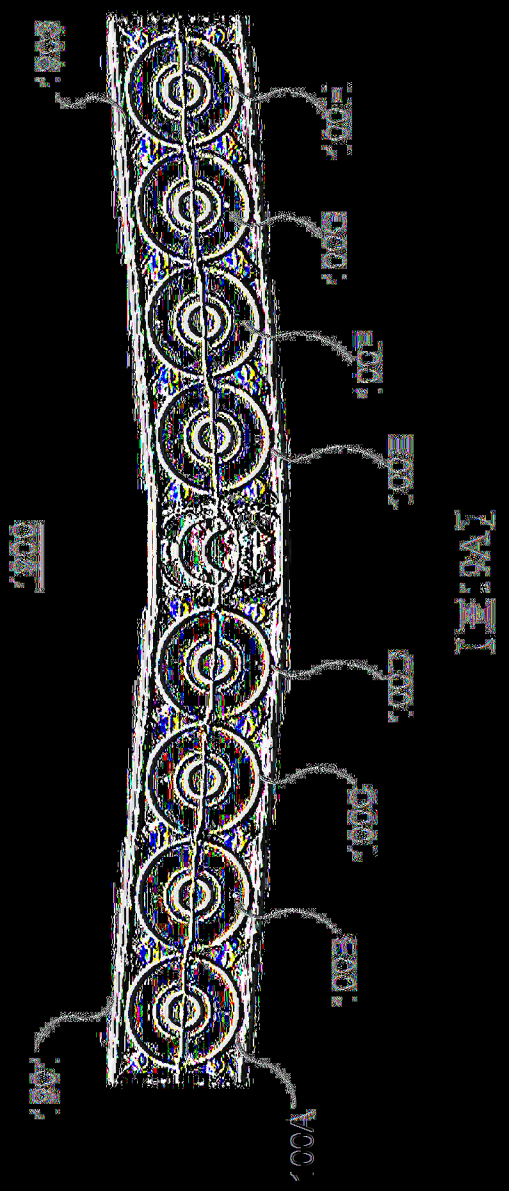
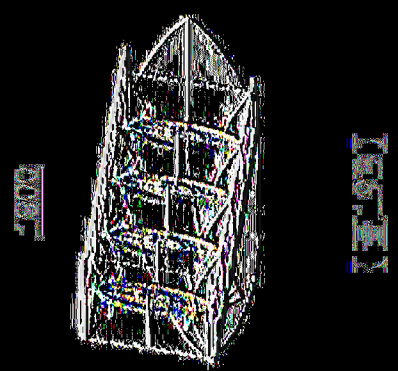


圖 2



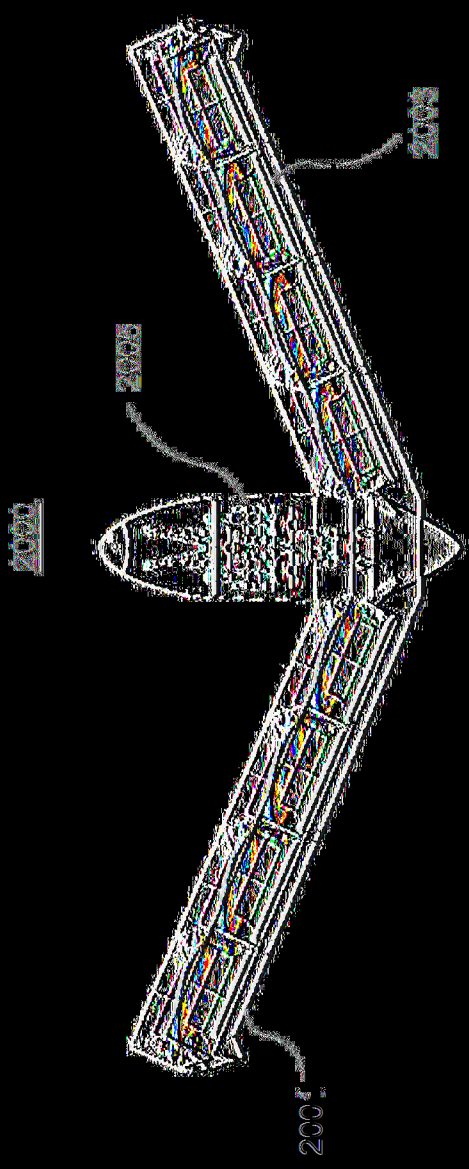


圖 29A

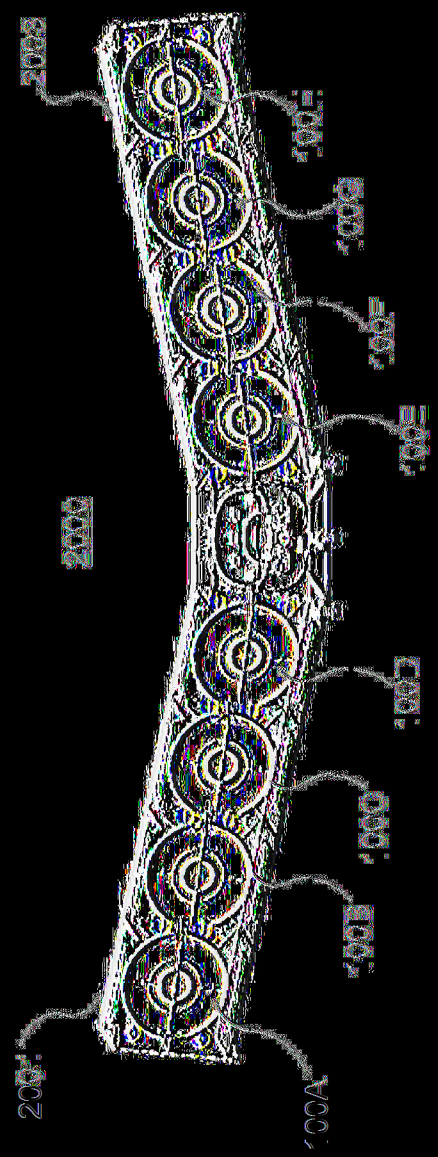


圖 29B

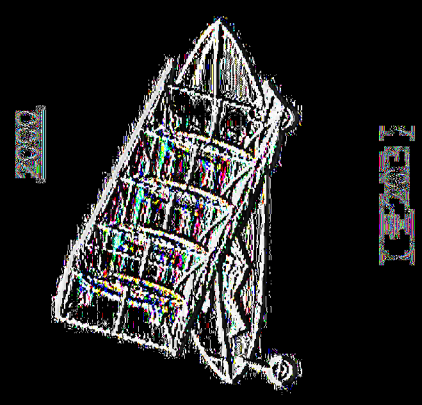


圖 29C

