

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月20日(20.01.2022)



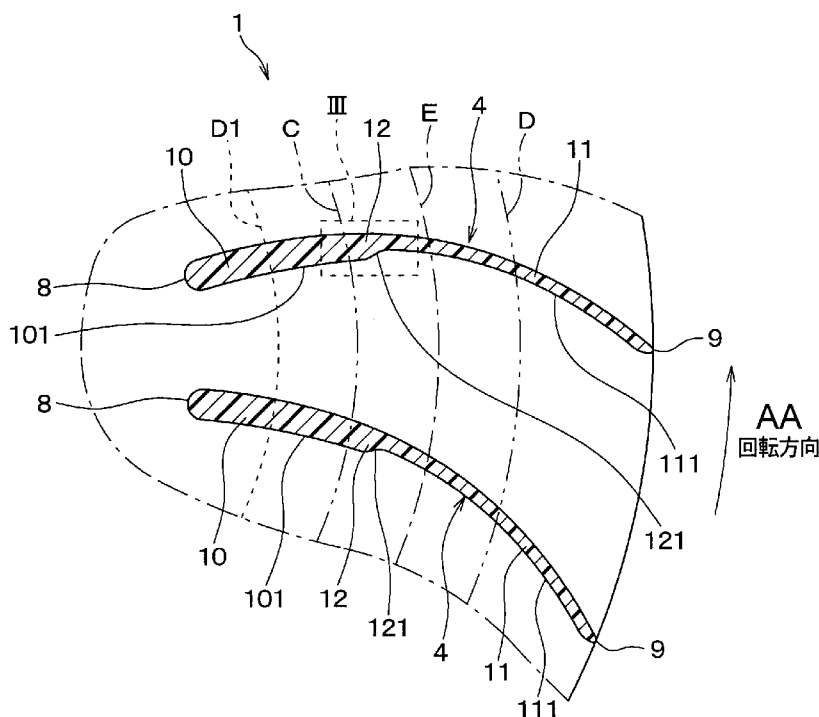
(10) 国際公開番号

WO 2022/014376 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/30 (2006.01) F04D 29/68 (2006.01)
F04D 29/66 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/025145
- (22) 国際出願日: 2021年7月2日(02.07.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-120669 2020年7月14日(14.07.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 石井 文也 (ISHII Fumiya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 小田 修三 (ODA Syuzou); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 今東 昇一 (IMAHIGASHI Syoichi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ゆうあい特許事務所 (YOU-I PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目6番5号 名古屋錦シティビル4階 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: TURBOFAN

(54) 発明の名称: ターボファン



AA Rotation direction

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a turbofan with which it is possible to reduce noise. A turbofan (1) comprises a plurality of blades (4), each having a thick section (10), a thin section (11), and a stepped section (12). The thick sections (10) are parts formed on the front edge (8) side, and have a thick plate thickness. The thin sections (11) are parts provided closer to the rear edge (9) side than the thick sections (10), and have a thinner plate thickness than the thick sections (10). The stepped sections (12) are parts provided between the thick sections (10) and the thin sections



WO 2022/014376 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(11), and have a plate thickness that decreases to the positive pressure surface side in the direction from the thick section (10) side toward the thin section (11) side. In a cross-sectional view perpendicular to the rotational axis (Ax) of the blades (4), an arcuate second curved surface (111) forming a negative pressure surface of the thin sections (11) is positioned on the positive pressure surface side with respect to an arcuate first curved surface (101) forming a negative pressure surface of the thick sections (10), and the first curved surface (101) and the second curved surface (111) are connected by a negative pressure surface (121) of the stepped sections (12).

(57) 要約 : 本発明は、騒音を低減することの可能なターボファンを提供することを目的とする。ターボファン (1) の備える複数の翼 (4) は、厚肉部 (10) と薄肉部 (11) と段差部 (12) とを有する。厚肉部 (10) は、前縁 (8) 側に形成される板厚の厚い部位である。薄肉部 (11) は、厚肉部 (10) より後縁 (9) 側に設けられ、厚肉部 (10) より板厚が薄い部位である。段差部 (12) は、厚肉部 (10) と薄肉部 (11) との間に設けられ、厚肉部 (10) 側から薄肉部 (11) 側に向かい板厚が正圧面側へ減少する部位である。そして、翼 (4) の回転軸 (Ax) に対して垂直な断面視において、厚肉部 (10) の負圧面を形成する円弧状の第1曲面 (101) に対し、薄肉部 (11) の負圧面を形成する円弧状の第2曲面 (111) が正圧面側に位置しており、且つ、段差部 (12) の負圧面 (121) により第1曲面 (101) と第2曲面 (111) とが接続されている。

明 細 書

発明の名称：ターボファン

関連出願への相互参照

[0001] 本出願は、2020年7月14日に出願された日本特許出願番号2020-120669号に基づくもので、ここにその記載内容が参照により組み入れられる。

技術分野

[0002] 本開示は、ターボファンに関するものである。

背景技術

[0003] 従来、送風機に用いられるターボファンが知られている。一般に、ターボファンは損失が少なく高効率であるといった特徴を有する。しかし、ターボファンは、翼の後縁より少し上流側の負圧面で流れの剥離が生じ、その剥離により発生する速度勾配の大きい渦が翼の後縁と干渉し、騒音が発生するといった問題がある。

特許文献1に記載のターボファンの備える翼は、前縁側の板厚が薄く形成され、中央部に向かい板厚が次第に厚くなり、その中央部からさらに後縁に向かい板厚が次第に薄くなる形状である。そして、この翼には、前縁側から中央部に向かい板厚が次第に厚くなる箇所、正圧面側と負圧面側にそれぞれ段差部が設けられている。そのため、この翼は、段差部より上流側の部位の板厚より、段差部より下流側の部位の板厚が大きい形状となっている。すなわち、この段差部は、上流側から下流側へ板厚が大きくなる板厚増大部とすることもできる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許6071394号公報

発明の概要

[0005] 発明者らの検討によれば、上述した特許文献1に記載のターボファンの構

成は、翼の負圧面に沿う流れが、段差部で剥離し、速度勾配の大きい渦を形成する。そして、その渦が段差部（すなわち、板厚増大部）に干渉し、騒音を発生するといった問題がある。

[0006] また、特許文献1に記載のターボファンの構成は、翼の後縁より少し上流側の負圧面で流れの剥離が生じ、その剥離により発生する速度勾配の大きい渦が翼の後縁と干渉して騒音が発生するといった問題を解決するものではない。

[0007] 本開示は、騒音を低減することの可能なターボファンを提供することを目的とする。

[0008] 本開示の1つの観点によれば、空気の吸込口を有するシュラウド、そのシュラウドの回転軸方向に設けられる主板、および、シュラウドと主板との間で回転軸周りに設けられる複数の翼を備えるターボファンに関するものである。ターボファンの備える複数の翼は、厚肉部と薄肉部と段差部とを有する。厚肉部は、前縁側に形成される板厚の厚い部位である。薄肉部は、厚肉部より後縁側に設けられ、厚肉部より板厚が薄い部位である。段差部は、厚肉部と薄肉部との間に設けられ、厚肉部側から薄肉部側に向かい板厚が正圧面側へ減少する部位である。そして、翼の回転軸に対して垂直な断面視において、厚肉部の負圧面を形成する円弧状の第1曲面に対し、薄肉部の負圧面を形成する円弧状の第2曲面が正圧面側に位置しており、且つ、段差部の負圧面により第1曲面と第2曲面とが接続されている。

[0009] これによれば、翼の負圧面に沿う流れで発生する速度境界層を、厚肉部と段差部との境界を起点に乱し、そこを流れの剥離点として乱流境界層を発生させ、薄肉部の負圧面から回転方向後側へ主流を遠ざけることが可能である。そのため、このターボファンは、段差部を設けていない一般のターボファンと比べて、翼の負圧面に沿う流れの剥離の発生位置を前方にずらし、翼の後縁の負圧面に衝突する流れの速度勾配を小さくすることで、騒音を低減することができる。

[0010] また、翼の途中に設けられた段差部は上流側から下流側に向かい板厚が正

圧面側へ減少する形状であるので、厚肉部と段差部との境界（すなわち、流れの剥離点）で生じる速度勾配の大きい渦と段差部の負圧面との干渉距離を離すことが可能である。したがって、厚肉部と段差部との境界（すなわち、流れの剥離点）で発生する騒音を低減することができる。

[0011] なお、各構成要素等に付された括弧付きの参照符号は、その構成要素等と後述する実施形態に記載の具体的な構成要素等との対応関係の一例を示すものである。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1実施形態に係るターボファンの回転軸に沿った断面図である。

[図2]図1の||ー||線の断面図である。

[図3]図2の|||部分の拡大図である。

[図4]第1実施形態に係るターボファンによる空気の流れを説明するための説明図である。

[図5]比較例のターボファンによる空気の流れを説明するための説明図である。

[図6]第1実施形態に係るターボファンの騒音と比較例のターボファンの騒音を比較したグラフである。

[図7]第1実施形態に係るターボファンにおいて板厚減少割合と低騒音効果との関係を示すグラフである。

[図8]第2実施形態に係るターボファンの回転軸に沿った断面図である。

[図9]第3実施形態に係るターボファンの回転軸に沿った断面図である。

[図10]第4実施形態に係るターボファンが備える翼の段差部とその近傍を示す拡大図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示の複数の実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付し、その説明を省略する。また、各実施形態で参照する図面に関し、ターボファンの各構成の形状などは、説明を分かりやすくするため

に模式的に記載したものであり、本開示を限定するものではない。

[0014] (第1実施形態)

第1実施形態について図面を参照しつつ説明する。本実施形態のターボファンは、例えば空調装置または換気装置などが備える送風機に用いられるものである。

[0015] 図1および図2に示すように、ターボファン1は、シュラウド2と主板3と複数の翼4を備えている。シュラウド2は、円環状に形成され、その中央部に、空気を吸い込むための吸込口5を有している。シュラウド2は、吸込口5から径方向外側に向かい主板3に次第に近づくと共に、主板3に沿うように径方向外側に延びる形状である。なお、図2では、シュラウド2が有する吸込口5の内径D1（すなわち、シュラウド2の内径）を、符号D1を付した破線で示している。

[0016] 主板3は、円盤状に形成され、シュラウド2の回転軸方向に設けられている。主板3は、シュラウド2に対向するように設けられている。主板3は、ターボファン1の回転軸Axに対して略垂直に形成されている。なお、主板3は、図1に示したような平面状に限らず、例えば、中央部分が吸込口5側に突出するような形状であってもよい。主板3は、電動モータ6のシャフト7に固定されており、電動モータ6の駆動により回転軸Axを中心に回転する。

[0017] 複数の翼4は、主板3とシュラウド2との間で回転軸Ax周りに設けられている。複数の翼4は、回転方向に所定の間隔で配置されている。複数の翼4は、前縁8から後縁9に向かって回転方向後ろ向きに延びている。なお、翼4の前縁8は、シュラウド2の吸込口5の内径D1より径方向内側に位置している。

[0018] 本実施形態のターボファン1は、主板3とシュラウド2と複数の翼4とが一体に形成されたクローズドファンである。具体的には、複数の翼4は、回転軸Ax方向の一方の側が主板3に接続され、回転軸Ax方向の他方の側がシュラウド2に接続されている。

- [0019] ターボファン1は、電動モータ6の駆動によりシャフト7と共に回転する。ターボファン1が回転すると、吸込口5から吸い込まれた空気は、翼4の前縁8から複数の翼4同士間の流路（以下、「翼間流路」という）を流れ、翼4の後縁9とシュラウド2と主板3との間に形成される空気出口から径方向外側に吹き出される。
- [0020] 次に、ターボファン1の備える複数の翼4について図1～図3を参照して詳細に説明する。なお、図3では、図を見やすくするため、翼4の断面を示すハッチングを省略している。
- [0021] 図1～図3に示すように、複数の翼4は、厚肉部10、薄肉部11および段差部12を有している。
- [0022] 厚肉部10は、翼4のうち前縁8側に形成される板厚の厚い部位である。翼4の回転軸Axに垂直な断面視において、厚肉部10の負圧面は、正圧面側に凸の円弧状の曲面に形成されている。以下の説明では、厚肉部10の負圧面の曲面を、第1曲面101という。
- 厚肉部10の板厚T1は、例えば、3mm以上に設定することが好ましい。また、翼4の回転軸Axに対して垂直な断面視において、翼4の前縁8のうち正圧面側の曲率半径および負圧面の曲率半径はいずれも1.5mm以上に設定することが好ましい。
- [0023] 薄肉部11は、翼4のうち厚肉部10より下流側（すなわち、厚肉部10より後縁9側）に設けられ、厚肉部10より板厚が薄い部位である。図2に示すように、翼4の回転軸Axに垂直な断面視において、薄肉部11の負圧面も、正圧面側に凸の円弧状の曲面に形成されている。以下の説明では、薄肉部11の負圧面の曲面を、第2曲面111という。上述した厚肉部10の第1曲面101に対し、薄肉部11の第2曲面111は、正圧面側に位置している。
- [0024] 薄肉部11の板厚T2は、厚肉部10の板厚T1に対し、例えば、75%以下に設定することが好ましい。その理由については後述する。
- [0025] 段差部12は、厚肉部10と薄肉部11との間に設けられ、厚肉部10側

から薄肉部 11 側に向かい板厚が正圧面側へ減少する部位である。すなわち、段差部 12 は、上流側から下流側へ板厚が小さくなる板厚減少部と言うこともできる。

[0026] 図 3 では、厚肉部 10 と段差部 12 との境界を一点鎖線 A で示し、段差部 12 と薄肉部 11 との境界を一点鎖線 B で示している。ただし、これらの境界線は説明のために記載したものであり、実際には、厚肉部 10 と段差部 12 と薄肉部 11 とは一体に形成されている。

[0027] 段差部 12 の負圧面 121 は、厚肉部 10 の第 1 曲面 101 と薄肉部 11 の第 2 曲面 111 とを滑らかな曲面形状で接続している。すなわち、段差部 12 と厚肉部 10 との境界の負圧面は、滑らかな曲面形状となっている。また、段差部 12 と薄肉部 11 との境界の負圧面も、滑らかな曲面形状となっている。さらに、第 1 実施形態では、翼 4 の回転軸 A x に対して垂直な断面視において、段差部 12 の負圧面 121 は、正圧面側に凸の曲面状に形成されている。

[0028] 図 3 に示すように、翼 4 の回転軸 A x に対して垂直な断面視において、段差部 12 の負圧面 121 のうち中央部の接線を、第 1 接線 L1 という。また、厚肉部 10 の負圧面のうち段差部 12 側の部位の接線を、第 2 接線 L2 という。第 1 実施形態では、その第 1 接線 L1 と第 2 接線 L2 とのなす角 $\theta 1$ は、鋭角とされている。具体的には、第 1 接線 L1 と第 2 接線 L2 とのなす角 $\theta 1$ は、例えば、 $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の範囲とされている。

[0029] 図 1 では、翼 4 の負圧面に段差部 12 が設けられている位置を、説明のために、クロスハッチングを付して示している。段差部 12 は、シュラウド 2 の吸込口 5 の内径 D1 よりも径方向外側の位置に設けられている。

[0030] また、図 2 では、翼長を 3 等分した線を二点鎖線 C、D で示している。なお、翼長とは、翼 4 のそり線に沿った長さをいう。段差部 12 は、翼長を 3 等分したときの中央の領域のみに設けられている。さらに、第 1 実施形態では、段差部 12 は、翼長を 3 等分したときの前縁 8 側の境界線 C と、翼長を 2 等分したときの境界線 E との間の領域のみに設けられている。

- [0031] 続いて、本実施形態のターボファン1が回転したときの空気の流れと、それによる作用効果について、図4を参照して説明する。
- [0032] ターボファン1が回転すると、吸込口5から吸い込まれた空気は、翼4の前縁8から翼間流路へ流れる。このとき、図4の矢印F1、F2に示すように、翼4の前縁8の近傍を流れる空気は、コアンダ効果により翼4の正圧面または負圧面に沿って翼間流路を流れる。ここで、上述したように本実施形態では、翼4の途中に設けた段差部12から翼間流路が急に広がる構成である。そのため、翼4の負圧面に沿う流れで発生する速度境界層は、厚肉部10と段差部12との境界を起点に乱される。そして、そこを剥離点として下流側に乱流境界層が発生する。そのため、剥離点から下流側に向かい、薄肉部11の負圧面（すなわち、第2曲面111）と主流F3との距離が次第に遠くなる。したがって、翼4の後縁9の負圧面に衝突する流れF4の流速勾配が小さいものとなるので、騒音が低減する。
- [0033] また、本実施形態では、段差部12は、厚肉部10側から薄肉部11側に向かい板厚が正圧面側へ減少する構成である。そのため、厚肉部10と段差部12との境界（すなわち、流れの剥離点）で生じる速度勾配の大きい渦V1は、段差部12の負圧面121に殆ど干渉することなく、翼間流路を下流側へ流れる。そのため、厚肉部10と段差部12との境界（すなわち、流れの剥離点）で発生する騒音は小さいものとなる。
- [0034] さらに、本実施形態では、翼4の負圧面において、段差部12と厚肉部10との境界は滑らかな曲面形状で接続されており、段差部12と薄肉部11との境界も滑らかな曲面形状で接続されている。さらに、段差部12の負圧面121は、正圧面側に凸の曲面状となっている。そのため、厚肉部10と段差部12との境界（すなわち、流れの剥離点）で発生する渦V1と段差部12の負圧面121とが干渉しても、そこで発生する騒音は小さいものとなる。
- [0035] 次に、本実施形態のターボファン1と比較するため、比較例のターボファン100が回転したときの空気の流れと、それによる作用効果について説明

する。

[0036] 図5に示すように、比較例のターボファン100は、翼4に段差部12が設けられておらず、翼4の負圧面が、前縁8から後縁9に亘り1つの円弧状の曲面で形成された構成である。

[0037] 比較例においても、ターボファン100が回転すると、吸込口5から吸い込まれた空気は、翼4の前縁8から翼間流路へ流れる。このとき、矢印F1、F2に示すように、翼4の前縁8の近傍を流れる空気は、コアンダ効果により翼4の正圧面または負圧面に沿って翼間流路を流れる。そして、比較例では、段差部12が設けられていないので、矢印F3に示すように、翼間流路を流れる主流は、翼4の正圧面または負圧面に沿って翼間流路を後縁9へ流れる。そして、後縁9より少し上流側の負圧面で流れの剥離が生じ、その剥離により速度勾配の大きい渦V3が発生する。その速度勾配の大きい渦V3と翼4の後縁9と干渉することで、騒音が発生する。

[0038] ここで、図6に、第1実施形態に係るターボファン1と比較例のターボファン100に関し、騒音を比較した実験結果を示す。

この実験では、第1実施形態に係るターボファン1と比較例のターボファン100を同じ回転数で回転させ、騒音を比較した。

図6のグラフに示したように、この実験によれば、第1実施形態に係るターボファン1は、比較例のターボファン100に対し、騒音を1.5dB下げることが可能である。

[0039] さらに、図7に、第1実施形態のターボファン1の構成において、翼4の板厚減少割合と低騒音効果との関係について実験を行った結果を示す。

なお、板厚減少割合とは、厚肉部10の板厚T1に対し、薄肉部11の板厚T2を減少させた割合をいう。

[0040] この実験では、板厚減少割合の異なる複数のターボファン1を用意し、その複数のターボファン1を所定の回転数で回転させたときの低騒音効果を測定した。この実験では、ターボファン1の回転数を3200rpmとし、風量を535m³/minとした。なお、図7のグラフにおいて、板厚減少割合

が1のものは、段差部12を有していない比較例のターボファン100に相当する構成である。

[0041] 図7のグラフから、板厚減少割合を75%以下としたとき、低騒音効果が極めて大きくなることが読み取れる。また、板厚減少割合を60%以下とすると、低騒音効果が1.5dB以上になることが読み取れる。

[0042] 以上説明した本実施形態のターボファン1は、次の作用効果を奏するものである。

(1) 本実施形態では、翼4の厚肉部10と薄肉部11との間に翼間流路を急に広げる段差部12を設けている構成である。これにより、厚肉部10の負圧面に沿う流れで発生する速度境界層を、厚肉部10と段差部12との境界を起点に乱し、そこを流れの剥離点として乱流境界層を発生させ、薄肉部11の負圧面から回転方向後側へ主流F3を遠ざけることが可能である。そのため、このターボファン1は、上記の比較例のターボファン100と比べて、翼4の負圧面に沿う流れの剥離の発生位置を前方にずらし、翼4の後縁9の負圧面に衝突する流れF4の速度勾配を小さくすることで、騒音を低減することができる。

[0043] また、段差部12は上流側から下流側に向かい板厚が正圧面側へ減少する形状であるので、厚肉部10と段差部12との境界（すなわち、流れの剥離点）で生じる速度勾配の大きい渦V1と段差部12の負圧面121との干渉距離を離すことが可能である。したがって、厚肉部10と段差部12との境界（すなわち、流れの剥離点）で発生する騒音を低減することができる。

[0044] (2) 本実施形態では、段差部12は、翼長を3等分したときの中央領域に設けられている。

ここで、翼長を3等分したときの前縁8側の領域（以下、「前領域」という）は、翼4の入口から流入する流れを翼4の壁面に沿わせて流し、流れの流入角に対するロバスト性を上げる機能を有するため、段差部12を設けることは好ましくない。

一方、翼長を3等分したときの後縁9側の領域（以下、「後領域」という

)に仮に段差部12を設けると、そこを起点として剥離した速度勾配の大きい渦が翼4の後縁9の負圧面に衝突するため、騒音を低減することは困難である。

それに対し、本実施形態では、前領域に段差部12を設けていないので、流れの流入角に対するロバスト性を上げることが可能である。そして、厚肉部10の負圧面に沿って流れる流れを、中央領域に設けた段差部12で乱し、そこを流れの剥離点として乱流境界層を発生させ、薄肉部11の負圧面から回転方向後側へ主流F3を遠ざけることが可能である。したがって、本実施形態のターボファン1は、翼4の後縁9の負圧面に衝突する流れF4の速度勾配を小さくすることで、騒音を低減することができる。

[0045] (3) 本実施形態では、段差部12は、シュラウド2の吸込口5の内径D1よりも径方向外側の位置に設けられている。

ここで、仮に、シュラウド2の吸込口5の内径D1よりも径方向内側の位置に段差部12を設けると、翼4の入口から流入する流れを翼4の前縁8から厚肉部10の壁面に沿わせて翼間流路に流すことが困難になる。

それに対し、本実施形態では、シュラウド2の吸込口5の内径D1よりも径方向内側の位置に段差部12を設けていないので、翼4の入口から流入する流れを翼4の前縁8から厚肉部10の壁面に沿わせて翼間流路に流すことが可能である。したがって、流れの流入角に対するロバスト性を上げることができる。

[0046] (4) 本実施形態では、段差部12と厚肉部10との境界の負圧面は、滑らかな曲面形状となっている。

ここで、仮に、段差部12と厚肉部10との境界において負圧面に角部が形成されると、厚肉部10と段差部12との境界（すなわち、流れの剥離点）で生じる速度勾配の大きい渦V1と、その角部とが干渉して騒音が発生するおそれがある。

それに対し、本実施形態では、段差部12と厚肉部10との境界において負圧面に角部を形成しないことで、厚肉部10と段差部12との境界（すな

わち、流れの剥離点)で渦V1を発生させても、そこで発生する騒音を低減することができる。

[0047] (5) 本実施形態では、厚肉部10の板厚T1に対し、薄肉部11の板厚T2は75%以下に設定することが好ましい。

これによれば、上述した実験結果により、厚肉部10の板厚T1に対し薄肉部11の板厚T2を75%以下に設定することで、低騒音効果を極めて大きくすることが可能である。上述した実験結果によれば、騒音を1.5dB以上低減できる。

[0048] (6) 本実施形態では、翼4の回転軸Axに対して垂直な断面視において、段差部12の負圧面121は、正圧面側に凸の曲面状になっている。

これによれば、厚肉部10と段差部12との境界(すなわち、流れの剥離点)で発生させた渦と、段差部12の負圧面121との距離が遠くなるので、そこで発生する騒音を低減することができる。

[0049] (7) 本実施形態では、翼4の回転軸Axに対して垂直な断面視において、段差部12の負圧面121のうち中央部の第1接線L1と、厚肉部10の負圧面のうち段差部12側の部位の第2接線L2とのなす角 $\theta 1$ は、鋭角である。

これによれば、段差部12と厚肉部10との境界において負圧面に角部を形成しないことで、厚肉部10と段差部12との境界(すなわち、流れの剥離点)で渦を発生させても、そこで発生する騒音を低減することができる。

[0050] (8) 本実施形態では、翼4の回転軸Axに対して垂直な断面視において、翼4の前縁8のうち正圧面側の曲率半径および負圧面の曲率半径はいずれも1.5mm以上に設定することが好ましい。且つ、翼4の前縁8の板厚T1は3mm以上に設定することが好ましい。

これによれば、前縁8の板厚T1を厚くすることで、翼4の吸入口から流入する流れを翼4の前縁8から壁面に沿わせて翼間流路に流すことが可能である。したがって、流れの流入角に対するロバスト性を上げることができる。

[0051] (第2実施形態)

第2実施形態について、図8を参照して説明する。第2実施形態は、第1実施形態に対して翼4の段差部12の構成を変更したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

[0052] 図8でも、翼4の負圧面に段差部12が設けられている位置を、説明のために、クロスハッチングを付して示している。また、翼4の後縁9とシュラウド2との接点Pを含み、且つ、回転軸Axに垂直な仮想線Hを二点鎖線で示している。

[0053] 図8に示すように、第2実施形態では、段差部12は、翼4の後縁9の高さ範囲に形成されている。すなわち、段差部12は、上記の仮想線Hと主板3との間に形成されている。この構成によれば、翼4の後縁9の高さ範囲で、翼4の後縁9の負圧面から回転方向後側へ主流を遠ざけることが可能である。そのため、翼4の後縁9で発生する騒音を低減することができる。

[0054] (第3実施形態)

第3実施形態について、図9を参照して説明する。第3実施形態も、第1実施形態等に対して段差部12の構成を変更したものであり、その他については第1実施形態等と同様であるため、第1実施形態等と異なる部分についてのみ説明する。

[0055] 図9でも、翼4の負圧面に段差部12が設けられている位置を、説明のために、クロスハッチングを付して示している。図9に示すように、第3実施形態では、段差部12は、シュラウド2側から主板3側に向かい径方向内側に延びるように形成されている。この構成によれば、主板3側の速い流れに対応するため、主板3側の速い流れを後縁9から遠い位置で剥離させることで、翼4の後縁9の負圧面から回転方向後側へ主流をより遠ざけることが可能である。したがって、翼4の後縁9の負圧面に衝突する流れの流速勾配を小さくし、騒音を低減することができる。

[0056] (第4実施形態)

第4実施形態について、図10を参照して説明する。第4実施形態は、第1実施形態等に対して段差部12の構成を変更したものであり、その他については第1実施形態等と同様であるため、第4実施形態等と異なる部分についてのみ説明する。

[0057] 図10に示すように、第4実施形態では、翼4の回転軸Axに対して垂直な断面視において、段差部12の負圧面121のうち中央部の第1接線L1と、厚肉部10の負圧面のうち段差部12側の部位の第2接線L2とのなす角 $\theta 2$ は約 90° とされている。この構成においても、厚肉部10の負圧面に沿う流れで発生する速度境界層を、厚肉部10と段差部12との境界を起点に乱し、そこを流れの剥離点として乱流境界層を発生させ、薄肉部11の負圧面から回転方向後側へ主流を遠ざけることが可能である。そのため、第4実施形態においても、翼4の負圧面に沿う流れの剥離の発生位置を前方にずらし、翼4の後縁9の負圧面に衝突する流れの速度勾配を小さくすることで、騒音を低減することができる。

[0058] (他の実施形態)

(1) 上記各実施形態では、ターボファン1は、主板3とシュラウド2と複数の翼4とが一体に構成されたクローズドファンについて説明したが、これに限らない。ターボファン1は、主板3と複数の翼4とが一体で構成され、複数の翼4とシュラウド2とが別部材で構成されたオープンファンとしてもよい。

[0059] (2) 上記第1実施形態では、段差部12は、翼長を3等分したときの前縁8側の境界線Cと、翼長を2等分したときの境界線Eとの間の領域のみに設けられているものとして説明したが、これに限らない。段差部12は、翼長を3等分したときの前縁8側の境界線Cと、翼長を3等分したときの後縁9側の境界線Dとの間の領域に設けられていればよい。

[0060] (3) 上記第1実施形態では、厚肉部10の板厚T1は、例えば3mm以上に設定することが好ましく、翼4の前縁8のうち正圧面側の曲率半径および負圧面の曲率半径はいずれも1.5mm以上に設定することが好ましいと

説明したが、これに限らない。厚肉部10の板厚T1、および、回転軸Axに対して垂直な断面視における前縁8の曲率半径は、任意に設定することが可能である。

[0061] 本開示は上記した実施形態に限定されるものではなく、適宜変更が可能である。また、上記各実施形態は、互いに無関係なものではなく、組み合わせが明らかに不可な場合を除き、適宜組み合わせが可能である。また、上記各実施形態において、実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。また、上記各実施形態において、実施形態の構成要素の個数、数値、量、範囲等の数値が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではない。また、上記各実施形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に特定の形状、位置関係等に限定される場合等を除き、その形状、位置関係等に限定されるものではない。

[0062] (まとめ)

上述の実施形態の一部または全部で示された第1の観点によれば、ターボファンは、空気の吸込口を有するシュラウド、そのシュラウドの回転軸方向に設けられる主板、および、シュラウドと主板との間で回転軸周りに設けられる複数の翼を備える。ターボファンの備える複数の翼は、厚肉部と薄肉部と段差部とを有する。厚肉部は、前縁側に形成される板厚の厚い部位である。薄肉部は、厚肉部より後縁側に設けられ、厚肉部より板厚が薄い部位である。段差部は、厚肉部と薄肉部との間に設けられ、厚肉部側から薄肉部側に向かい板厚が正圧面側へ減少する部位である。そして、翼の回転軸に対して垂直な断面視において、厚肉部の負圧面を形成する円弧状の第1曲面に対し、薄肉部の負圧面を形成する円弧状の第2曲面が正圧面側に位置しており、且つ、段差部の負圧面により第1曲面と第2曲面とが接続されている。

[0063] 第2の観点によれば、段差部は、翼長を3等分したときの中央領域に設け

られている。

これによれば、前領域に段差部を設けていないので、流れの流入角に対するロバスト性を上げることが可能である。そして、厚肉部の負圧面に沿って流れる流れを、中央領域に設けた段差部で乱し、そこを流れの剥離点として乱流境界層を発生させ、負圧面から回転方向後側へ主流を遠ざけることが可能である。したがって、翼の後縁の負圧面に衝突する流れの速度勾配を小さくすることで、騒音を低減することができる。

[0064] 第3の観点によれば、翼の前縁はシュラウドの吸込口の内径よりも径方向内側に位置している。また、段差部は、シュラウドの吸込口の内径よりも径方向外側の位置に設けられている。

これによれば、シュラウドの吸込口の内径よりも径方向内側の位置に段差部を設けていないので、翼の入口から流入する流れを翼の前縁から厚肉部の壁面に沿わせて翼間流路に流すことが可能である。したがって、流れの流入角に対するロバスト性を上げることができる。

[0065] 第4の観点によれば、段差部と厚肉部との境界の負圧面は、滑らかな曲面形状となっている。

これによれば、段差部と厚肉部との境界において負圧面に角部を形成しないことで、厚肉部と段差部との境界（すなわち、流れの剥離点）で渦を発生させても、そこで発生する騒音を低減することができる。

[0066] 第5の観点によれば、厚肉部の板厚に対し、薄肉部の板厚は75%以下である。

これによれば、発明者らの実験により、厚肉部の板厚に対し薄肉部の板厚を75%以下としたとき、低騒音効果が極めて大きくなることが分かった。実験によれば、騒音を1.5 dB以上下げることが可能である。

[0067] 第6の観点によれば、翼の回転軸に対して垂直な断面視において、段差部の負圧面は、正圧面側に凸の曲面状になっている。

これによれば、厚肉部と段差部との境界（すなわち、流れの剥離点）で発生させた渦と、段差部の負圧面との距離が遠くなるので、そこで発生する騒

音を低減することができる。

- [0068] 第7の観点によれば、翼の回転軸に対して垂直な断面視において、段差部の負圧面において中央部の接線と、厚肉部の負圧面において段差部側の部位の接線とのなす角は鋭角である。

これによれば、段差部と厚肉部との境界において負圧面に角部を形成しないことで、厚肉部と段差部との境界（すなわち、流れの剥離点）で渦を発生させても、そこで発生する騒音を低減することができる。

- [0069] 第8の観点によれば、翼の回転軸に対して垂直な断面視において、翼の前縁のうち正圧面側の曲率半径および負圧面の曲率半径はいずれも1.5 mm以上であり、且つ、翼の前縁の板厚は3 mm以上である。

これによれば、前縁の板厚を厚くすることで、翼の吸入口から流入する流れを翼の前縁から壁面に沿わせて翼間流路に流すことが可能である。したがって、流れの流入角に対するロバスト性を上げることができる。

- [0070] 第9の観点によれば、段差部は、少なくとも翼の後縁の高さ範囲に形成される。

これによれば、少なくとも翼の後縁の高さ範囲で、翼の後縁の負圧面から回転方向後側へ主流を遠ざけることが可能となり、翼の後縁で発生する騒音を低減することができる。

- [0071] 第10の観点によれば、段差部は、シュラウド側から主板側に向かい径方向内側に延びるように形成される。

これによれば、主板側の速い流れに対応するため、主板側の速い流れを後縁から遠い位置で剥離させることで、翼の後縁の負圧面と主流との距離を離すことが可能である。したがって、翼の後縁の負圧面に衝突する流れの流速勾配を小さくし、騒音を低減することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 空気の吸込口（5）を有するシュラウド（2）、前記シュラウドの回転軸（Ax）方向に設けられる主板（3）、および、前記シュラウドと前記主板との間で回転軸周りに設けられる複数の翼（4）を備えるターボファンであって、
- 複数の前記翼は、
- 前縁（8）側に形成される板厚の厚い厚肉部（10）と、
- 前記厚肉部より後縁（9）側に設けられ、前記厚肉部より板厚が薄い薄肉部（11）と、
- 前記厚肉部と前記薄肉部との間に設けられ、前記厚肉部側から前記薄肉部側に向かい板厚が正圧面側へ減少する段差部（12）とを有し、
- 前記翼の回転軸に対して垂直な断面視において、前記厚肉部の負圧面を形成する円弧状の第1曲面（101）に対し、前記薄肉部の負圧面を形成する円弧状の第2曲面（111）が正圧面側に位置しており、且つ、前記段差部の負圧面（121）により前記第1曲面と前記第2曲面とが接続されている、ターボファン。
- [請求項2] 前記段差部は、翼長を3等分したときの中央の領域に設けられている、請求項1に記載のターボファン。
- [請求項3] 前記翼の前縁は前記シュラウドの前記吸込口の径（D1）よりも径方向内側に位置しており、
- 前記段差部は、前記シュラウドの前記吸込口の径よりも径方向外側の位置に設けられている、請求項1または2に記載のターボファン。
- [請求項4] 前記段差部と前記厚肉部との境界の負圧面は、滑らかな曲面形状となっている、請求項1ないし3のいずれか1つに記載のターボファン。
- [請求項5] 前記厚肉部の板厚（T1）に対し、前記薄肉部の板厚（T2）は7

5%以下である、請求項1ないし4のいずれか1つに記載のターボファン。

[請求項6] 前記翼の回転軸に対して垂直な断面視において、前記段差部の負圧面は、正圧面側に凸の曲面状になっている、請求項1ないし5のいずれか1つに記載のターボファン。

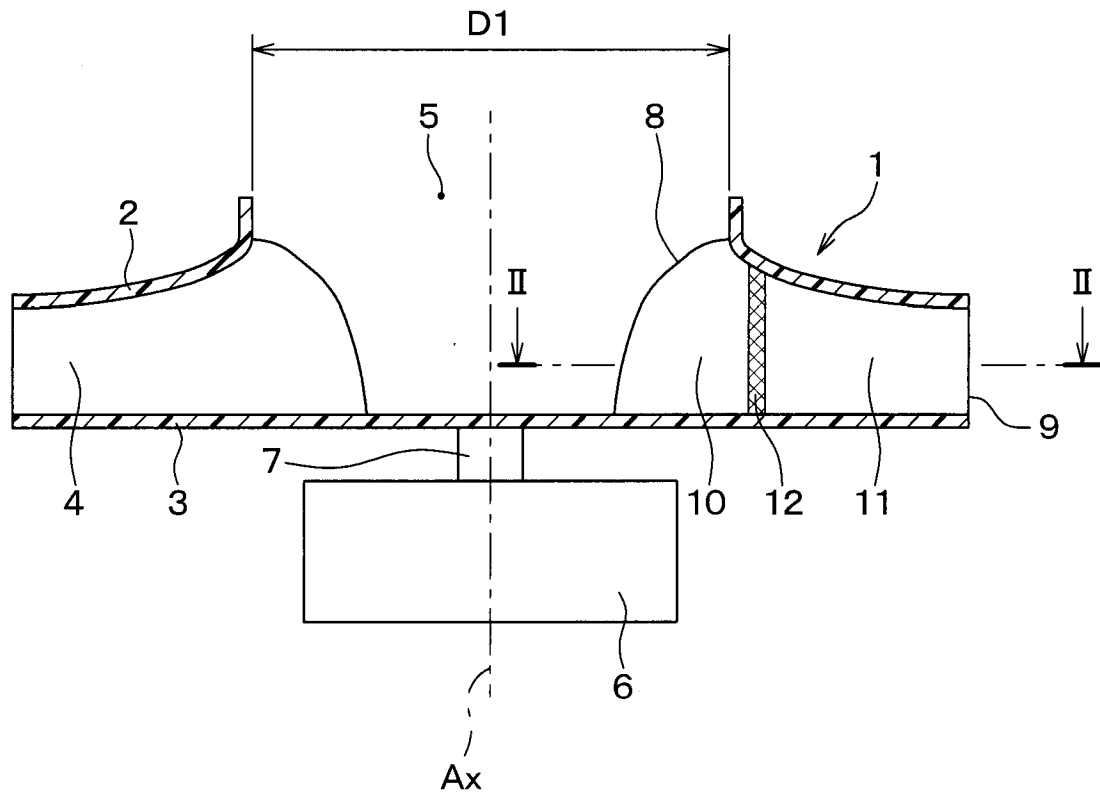
[請求項7] 前記翼の回転軸に対して垂直な断面視において、前記段差部の負圧面のうち中央部の接線(L1)と、前記厚肉部の負圧面のうち前記段差部側の部位の接線(L2)とのなす角($\theta 1$)は鋭角である、請求項1ないし6のいずれか1つに記載のターボファン。

[請求項8] 前記翼の回転軸に対して垂直な断面視において、前記翼の前縁のうち正圧面側の曲率半径および負圧面の曲率半径はいずれも1.5mm以上であり、且つ、前記翼の前縁の板厚は3mm以上である、請求項1ないし7のいずれか1つに記載のターボファン。

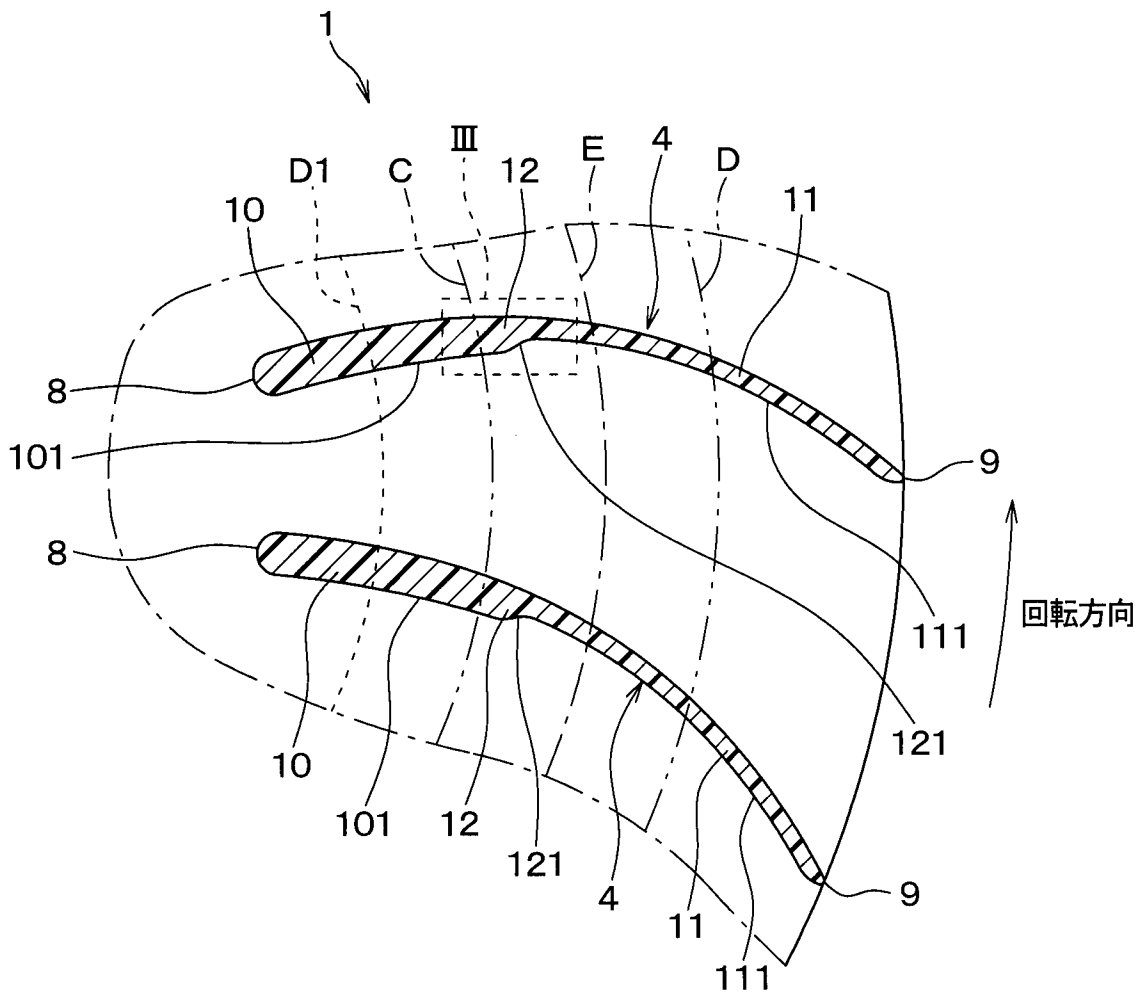
[請求項9] 前記段差部は、少なくとも前記翼の後縁の高さ範囲に形成される、請求項1ないし8のいずれか1つに記載のターボファン。

[請求項10] 前記段差部は、前記シュラウド側から前記主板側に向かい径方向内側に延びるように形成されている、請求項1ないし9のいずれか1つに記載のターボファン。

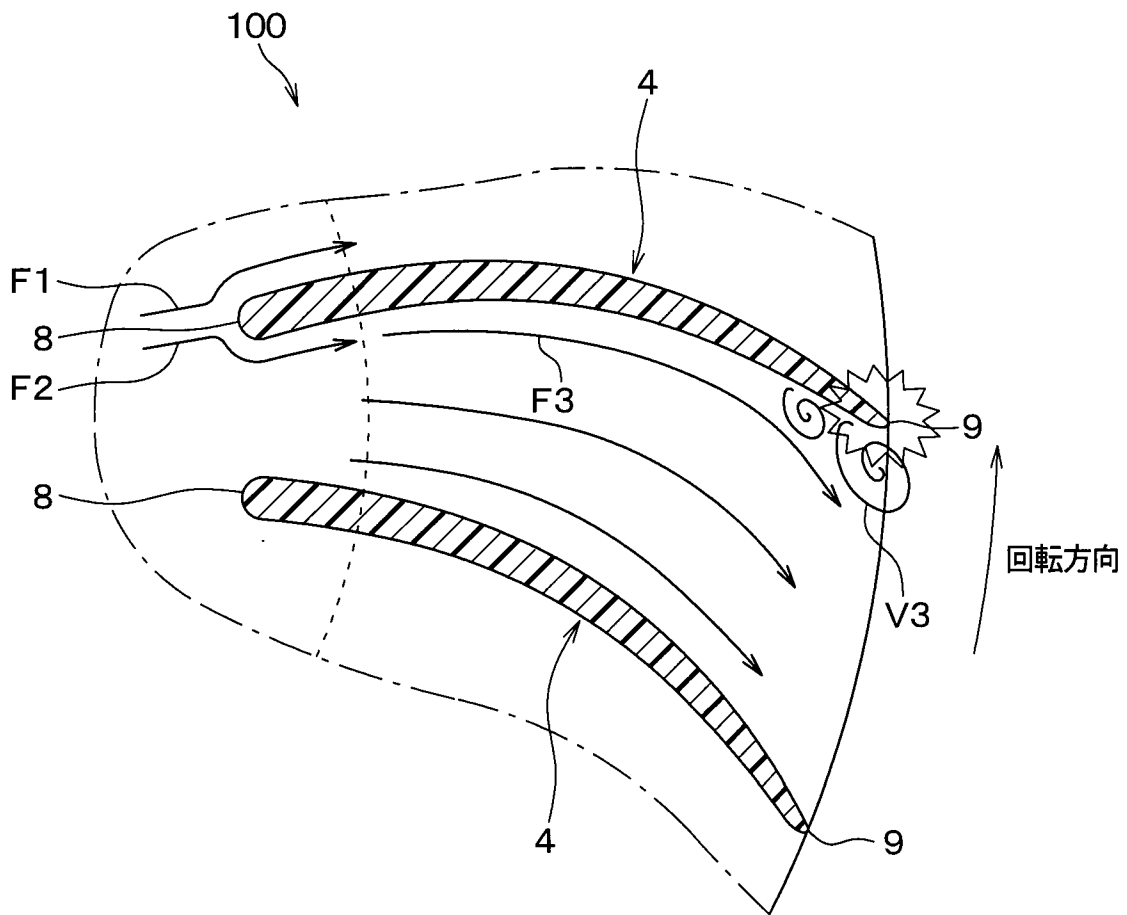
[図1]



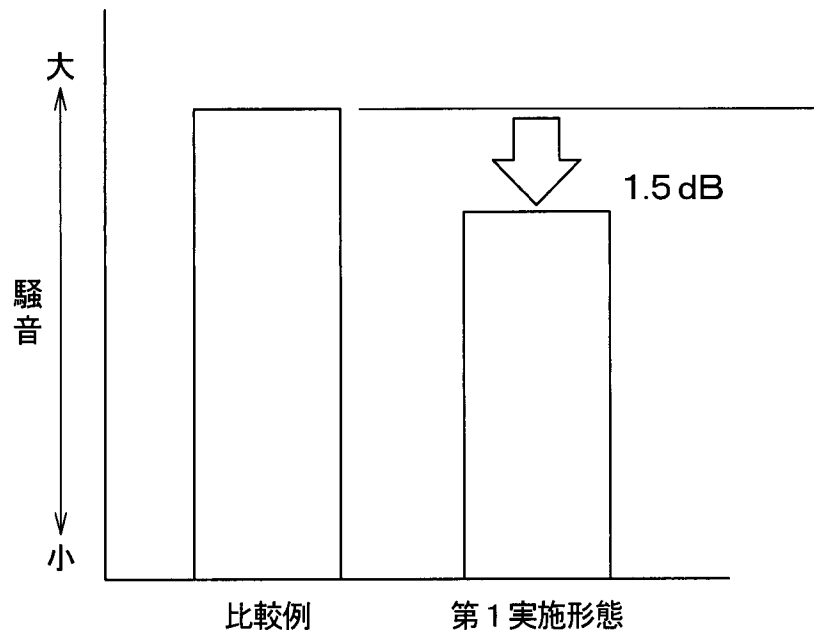
[図2]



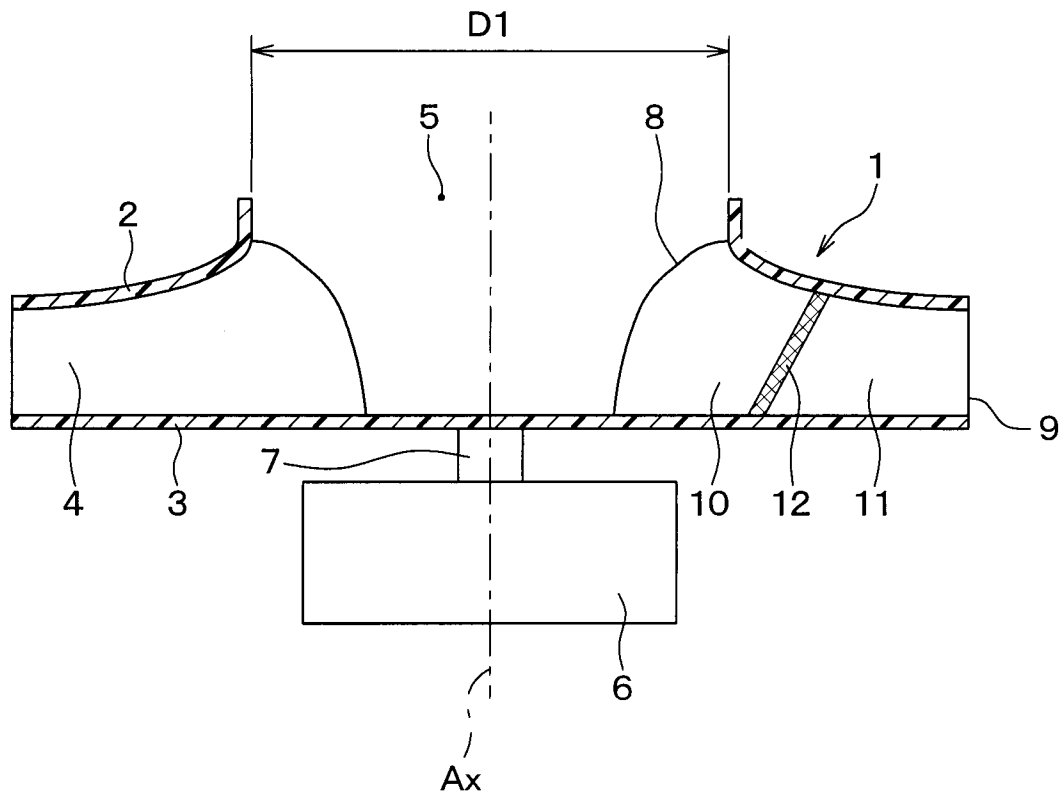
[図5]



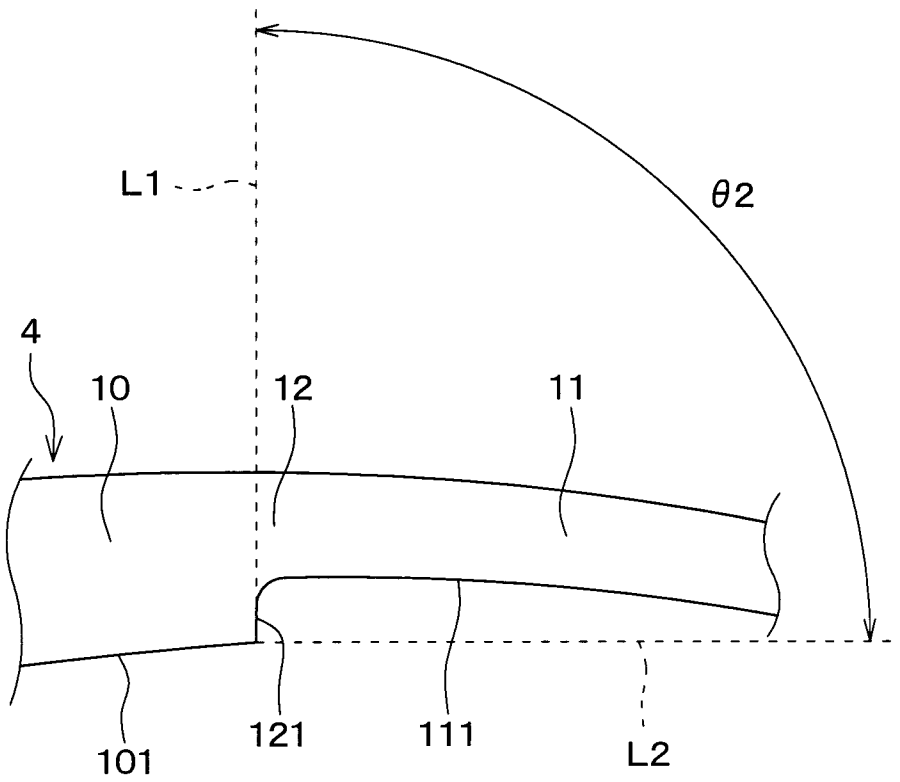
[図6]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/025145

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F04D29/30 (2006.01) i, F04D29/66 (2006.01) i, F04D29/68 (2006.01) i
 FI: F04D29/30C, F04D29/30F, F04D29/66M, F04D29/68

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F04D29/30, F04D29/66, F04D29/68

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2008/111368 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 18 September 2008 (2008-09-18), paragraphs [0013]-[0039], fig. 1-15	1-3 3-10
Y	JP 2006-9577 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 12 January 2006 (2006-01-12), paragraphs [0074]-[0077], fig. 11	4-10
Y	JP 9-126190 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 13 May 1997 (1997-05-13), paragraph [0014]	8-10
X Y	JP 2016-160905 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 05 September 2016 (2016-09-05), paragraphs [0012]-[0022], fig. 1-4	1-2 3-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 August 2021

Date of mailing of the international search report
24 August 2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/025145

WO 2008/111368 A1	18 September 2008	US 2010/0115983 A1 paragraphs [0044]-[0076], fig. 1-15 GB 2458617 A CN 101631992 A
JP 2006-9577 A	12 January 2006	(Family: none)
JP 9-126190 A	13 May 1997	(Family: none)
JP 2016-160905 A	05 September 2016	CN 105937500 A paragraphs [0030]-[0052], fig. 1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F04D 29/30(2006.01)i; F04D 29/66(2006.01)i; F04D 29/68(2006.01)i FI: F04D29/30 C; F04D29/30 F; F04D29/66 M; F04D29/68		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F04D29/30; F04D29/66; F04D29/68 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2008/111368 A1（三菱電機株式会社）18.09.2008（2008-09-18） 段落[0013]-[0039], 図1-15	1-3
Y		3-10
Y	JP 2006-9577 A（松下電器産業株式会社）12.01.2006（2006-01-12） 段落[0074]-[0077], 図11	4-10
Y	JP 9-126190 A（三洋電機株式会社）13.05.1997（1997-05-13） 段落[0014]	8-10
X	JP 2016-160905 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）05.09.2016（2016-09-05） 段落[0012]-[0022], 図1-4	1-2
Y		3-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 13.08.2021	国際調査報告の発送日 24.08.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大屋 静男 30 3333 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2021/025145

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2008/111368	A1	18.09.2008	US	2010/0115983	A1	
					段落[0044]-[0076], 図1-15		
				GB	2458617	A	
				CN	101631992	A	
JP	2006-9577	A	12.01.2006	(ファミリーなし)			
JP	9-126190	A	13.05.1997	(ファミリーなし)			
JP	2016-160905	A	05.09.2016	CN	105937500	A	
					段落[0030]-[0052], 図1-4		