

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-19856

(P2008-19856A)

(43) 公開日 平成20年1月31日(2008.1.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO4D 29/38 (2006.01)	FO4D 29/38 A	3H130
FO4D 29/66 (2006.01)	FO4D 29/38 D	
	FO4D 29/66 M	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-124182 (P2007-124182)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成19年5月9日 (2007.5.9)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(31) 優先権主張番号	11/456,644		GENERAL ELECTRIC COMPANY
(32) 優先日	平成18年7月11日 (2006.7.11)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100093908
			弁理士 松本 研一
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファンブレード及びターボファンエンジン組立体

(57) 【要約】

【課題】 ターボファンエンジンファンブレード (100) を提供する。

【解決手段】 本ターボファンエンジンファンブレード (100) は、前縁 (114) 及び後縁 (116) において結合された第1の側壁 (110) と第2の側壁 (112) とを含む翼形部 (102) と、第1及び第2の側壁間に配置された複数の空気流チャンネル (134) とを含み、空気流チャンネルは、翼形部の底部に近い位置において加圧空気流を受けかつファンブレード翼形部後縁の近くで加圧空気流を吐出するように構成される。

【選択図】 図3

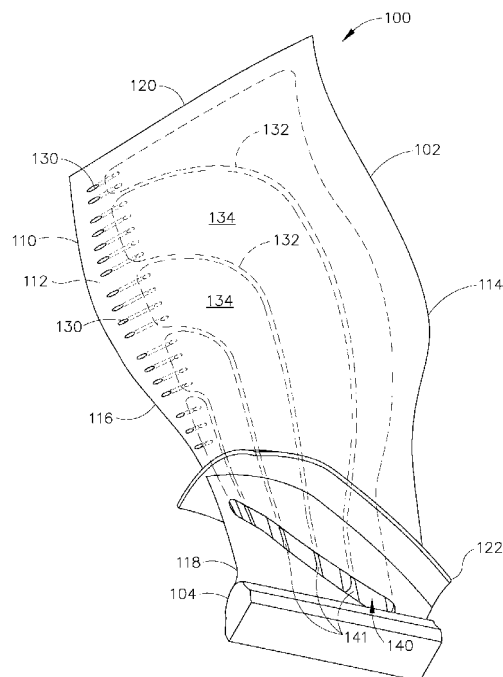


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターボファンエンジンファンブレード（１００）であって、
前縁（１１４）及び後縁（１１６）において結合された第１の側壁（１１０）と第２の側壁（１１２）とを含む翼形部（１０２）と、
前記第１及び第２の側壁間に配置された複数の空気流チャネル（１３４）と、を含み、
前記空気流チャネルが、前記翼形部の底部に近い位置において加圧空気流を受けかつ該ファンブレードの前記翼形部後縁の近くで加圧空気流を吐出するように構成される、
ファンブレード（１００）。

【請求項 2】

前記翼形部（１０２）が、前記第１及び第２の側壁（１１０、１１２）間で延びる複数のスティフナ（１３２）を含み、
前記空気流チャネル（１３４）の少なくとも１つが、２つの隣接するスティフナ間に形成される、
請求項 1 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 3】

前記翼形部（１０２）が、根元（１１８）と先端（１２０）とを含み、
各前記空気流チャネル（１３４）が、前記根元から少なくとも部分的に前記先端に向って半径方向外向きに延びる、
請求項 2 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 4】

前記空気流チャネル（１３４）が、前記翼形部後縁（１１６）に向って軸方向後向きにさらに延びる、請求項 3 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 5】

前記翼形部（１０２）が、空気流がそれを通して前記複数のチャネル（１３４）内に送られるように前記第１の側壁（１１０）を貫通して延びる入口開口（１４０）をさらに含む、請求項 1 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 6】

前記翼形部（１０２）が、前記入口開口（１４０）から前記複数のチャネル（１３４）内に加圧空気を送るように構成された複数のルーバ（１４１）をさらに含む、請求項 5 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 7】

該ファンブレードが、前記翼形部（１０２）に結合されたダブテール（１０４）をさらに含み、
前記ダブテールが、該ダブテールを貫通してほぼ半径方向に延びる少なくとも１つの入口開口（１４０）を含み、
前記入り開口が、前記複数のチャネル（１３４）と流れ連通状態になっている、
請求項 1 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 8】

前記翼形部（１０２）が、チタン及び複合材料の少なくとも１つを含む、請求項 1 記載のファンブレード（１００）。

【請求項 9】

複数のファンブレード（１００）を含む第１のファン組立体（１２）と、
前記第１のファン組立体に結合された第１のタービン（３６、４０）と、
を含み、前記ファンブレードの少なくとも１つが、
前縁（１１４）及び後縁（１１６）においてその各々が結合された第１の側壁（１１０）と第２の側壁（１１２）とを含む翼形部（１０２）と、
前記第１及び第２の側壁間に配置された複数の空気流チャネル（１３４）と、を含み、
前記空気流チャネルが、前記翼形部の底部に近い位置において加圧空気流を受けかつ前記ファンブレード翼形部後縁の近くで加圧空気流を吐出するように構成される、

ターボファンエンジン組立体（１０）。

【請求項１０】

ターボファンエンジン（１０）の作動騒音レベルを低減するためのファンブレード（１００）であって、

前縁（１１４）及び後縁（１１６）においてその各々が結合された第１の側壁（１１０）と第２の側壁（１１２）とを含む翼形部（１０２）と、

加圧空気流が前記翼形部後縁に近い位置において前記翼形部の底部に近い位置における該翼形部後縁から吐出されるように、前記翼形部を通して空気流を送るための手段と、を含む、ファンブレード（１００）。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【０００１】

本発明は、総括的にはターボファンエンジンに関し、より具体的には、ターボファンエンジンの作動騒音レベルを低減するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

ターボファンガスタービンエンジンは一般的に、コアガスタービンエンジン及びバイパスダクトに空気を送るファン組立体を含む。コアガスタービンエンジンは、高圧圧縮機、燃焼器及び少なくとも１つのタービンを含む。圧縮機は、ファン組立体から送られた空気流を加圧し、この加圧空気を燃焼器に送給し、燃焼器において、加圧空気は燃料と混合される。混合気は次に、点火されて高温燃焼ガスを発生する。燃焼ガスは、タービンに送られ、タービンは、燃焼ガスからエネルギーを取り出して、圧縮機を駆動すると共に飛行中の航空機を推進するような有用な仕事を行う。

20

【０００３】

作動時に、ファンは、空気を下流方向にガスタービンエンジンに供給し、また排気ノズルを通して大きな速度で空気を押し出すことによってプロペラと同様に作動して、航空機に推力を提供する。従って、ファンから流出する空気流は、一般的にファンダクトストリーム及びコアダクトストリームと呼ばれる２つの異なる別々の通路内に分割される。より具体的には、ファンは、空気に対して旋回運動を与えた後にファンダクトを通して空気を送る。この旋回運動は、空気が排気ノズルから流出する前に運動量の損失を引き起こす可能性がある。従って、少なくとも幾つかの公知のターボファンエンジンは、バイパスダクトの前方に、空気旋回運動を減少させるのを可能にするためのステータベーンの組を含む。しかしながら、ステータベーンに衝突する空気流は、騒音放出の増大を引き起こす可能性がある。例えば、ファン空気は、そばを通るブレードの速度でステータベーンに衝突し、しばしばブレード通過帯域周波数（ＢＰＦ）と呼ばれる音を発生する。さらに、ファン流れにおける不安定性は、ステータと相互作用して広帯域騒音を生じる可能性がある。低レベルの燃料消費率で推力要件を増大させる要求に対処するために、より高いバイパス比を有するより大型のターボファンエンジンが製造されるにつれて、ファンは、エンジンから生じる騒音の主要な騒音源となっている。特に空港付近で暮らす住民のためにエンジン騒音レベルを制限又は低減する必要性に対する国際的認識が増すにつれて、ターボファンエンジンにおけるファン騒音を低減するための幾つかの試みが行われてきた。しかしながら、この重要な問題に対処する公知の試みは、エンジン重量の付加的増大のような明らかに望ましくない副次的悪影響を伴った、問題の根源に直接影響しない間接的救済策を含むものであった。

30

40

【特許文献１】米国特許第４，１２８，３６３号公報

【特許文献２】米国特許第５，８０６，３０３号公報

【特許文献３】米国特許第６，００４，０９５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

50

従って、軽減の可能性がある総エンジン重量で所望の性能レベルを維持しながら、実質的に低下したレベルの騒音しか発生しないターボファンエンジンに対する必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

1つの態様では、ターボファンエンジンファンブレードを提供する。本ファンブレードは、ダブテールと、ダブテールに結合された翼形部と、ダブテールを貫通して延びる複数の空気流チャンネルとを含み、翼形部は、前縁及び軸方向後縁において結合された第1の側壁と第2の側壁とを含み、空気流チャンネルは、加圧空気流を受けかつファンブレード翼形部後縁の近くで加圧空気を吐出するように構成される。

10

【0006】

別の態様では、ターボファンエンジン組立体を提供する。本ターボファンエンジン組立体は、複数のファンブレードを含む第1のファン組立体と、第1のファン組立体に結合されたタービンとを含み、ファンブレードの少なくとも1つは、ダブテールと、ダブテールに結合された翼形部と、ダブテールを貫通して延びる複数の空気流チャンネルとを含み、翼形部は、前縁及び軸方向後縁において結合された第1の側壁と第2の側壁とを含み、空気流チャンネルは、加圧空気流を受けかつ翼形部後縁の近くで加圧空気を吐出するように構成される。

【0007】

さらにここでは、ターボファンエンジンを作動させる方法を開示する。この方法は、第1の回転方向に回転するように構成された第1のファンディスクを設ける段階と、第1のファンディスクに対してダブテール、ダブテールに結合された翼形部及びダブテールを貫通して延びる複数のチャンネルを含む第1のファンブレードを結合する段階と、翼形部後縁から空気流を吐出するように少なくとも1つのファンブレードを通して空気流を送ってターボファンエンジンの作動騒音レベルを低減するのを可能にする段階とを含む。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図1は、長手方向中心軸線16の周りに配置された前方ファン組立体12と後方ファン組立体14とを含む例示的なターボファンエンジン組立体10の一部分の断面図である。本明細書では、「前方ファン」及び「後方ファン」という用語は、ファン組立体12がファン組立体14の軸方向上流に結合されることを示すために使用している。1つの実施形態では、ファン組立体12及び14は、図に示すようにターボファンエンジン10の前部に置かれる。別の実施形態では、ファン組立体12及び14は、ターボファンエンジン10の後端部に置かれる。ファン組立体12及び14は各々、それぞれのロータディスク13及び15と、各それぞれのロータディスクに結合された複数のファンブレード18及び20とを含む。ファン組立体12及び14は各々、ナセル22内に配置される。ターボファンエンジン組立体10はまた、ブースタ圧縮機24を含む。この例示的な実施形態では、ブースタ圧縮機24は、複数のブレード列を有する半径方向内側ロータセクション26と、複数のブレード列を有する逆方向回転（二重反転）型の半径方向外側ロータセクション28とを含む。この例示的な実施形態では、内側ロータセクション26は、前方ブースタアーム29を介して前方ファン組立体12に結合され、従って前方ファン組立体12と同一の回転方向にかつ同一の回転速度で回転し、また外側ロータセクション28は、後方ファン組立体ディスク31を介して後方ファン組立体14に結合され、従って後方ファン組立体14と同一の回転速度でかつ同一の回転方向に回転する。この例示的な実施形態では、ブースタ24は、該ブースタ24がファン組立体12とファン組立体14との間に位置するように、前方ファン組立体12の軸方向下流に配置される。

30

40

【0009】

ターボファンエンジン10はまた、ファン組立体12及び14の下流に位置したコアガスタービンエンジン30を含む。コアガスタービンエンジン30は、高圧圧縮機32、燃焼器34及び高圧タービン36を含み、高圧タービン36は、シャフト38を介して高圧

50

圧縮機 3 2 に結合される。作動中、コアガスタービンエンジン 3 0 は燃焼ガスを発生し、燃焼ガスは、下流方向に高圧タービン 3 6 及び二重反転低圧タービン 4 0 に送られ、二重反転低圧タービン 4 0 は、ガスからエネルギーを取り出して、それぞれのシャフト 4 2 及び 4 4 を介してファン組立体 1 2 及び 1 4 を駆動する。

【0010】

低圧タービン 4 0 は、高圧タービン 3 6 の下流でコアエンジン 3 0 に結合された固定外側ケーシング 5 0 を含む。低圧タービン 4 0 はまた、外側ケーシング 5 0 の半径方向内側に配置された半径方向外側ロータセクション 5 2 を含む。外側ロータセクション 5 2 は、ほぼ切頭円錐形状を有し、それぞれのロータディスク 5 6 に結合されかつそれぞれのロータディスク 5 6 から半径方向内向きに延びる複数の円周方向に間隔を置いて配置されたロータブレード 5 4 を含む。この例示的な実施形態はただ 4 つのロータディスク 5 6 を示しているが、外側ロータ 5 2 は、本明細書に記載した方法及び装置の技術的範囲に影響を与えずに、あらゆる数のロータディスク 5 6 を有することができることを理解されたい。

10

【0011】

低圧タービン 4 0 はまた、外側ロータセクション 5 2 に対してほぼ同軸に整列しかつ外側ロータセクション 5 2 の半径方向内側に位置した半径方向内側ロータセクション 6 0 を含む。内側ロータ 6 0 は、それぞれのロータディスク 6 4 に結合されかつそれぞれのロータディスク 6 4 から半径方向外向きに延びる複数の円周方向に間隔を置いて配置されたロータブレード 6 2 を含む。この例示的な実施形態は、ただ 5 つのロータディスク 6 4 を示しているが、内側ロータ 6 0 は、本明細書に記載した方法及び装置の技術的範囲に影響を与えずに、あらゆる数のロータディスク 6 4 を有することができることを理解されたい。この例示的な実施形態では、内側ロータ 6 0 は、シャフト 4 4 を介して後方ファン組立体 1 4 に対して回転可能に結合され、また内側ロータ 6 0 に対して構造的サポートを与えるタービン中間フレーム 6 6 に対しても回転可能に結合される。外側ロータ 5 2 は、シャフト 4 2 を介して前方ファン組立体 1 2 に対して回転可能に結合され、また外側ロータ 5 2 に対して回転サポートを与えるタービン後部フレーム 6 8 に対しても回転可能に結合される。

20

【0012】

この例示的な実施形態では、それぞれのロータディスク 6 4 から延びる内側ロータブレード 6 2 は、それぞれのロータディスク 5 6 から延びる外側ロータブレード 5 4 と軸方向にインタディジティッド状態で配置されて、内側ロータブレード 6 2 がそれぞれの外側ロータブレード 5 4 間で延びるようになる。従って、ブレード 5 4 及び 6 2 は、ロータ 5 2 及び 6 0 を二重反転させるように構成される。1 つの好ましい実施形態では、低圧タービン外側ロータ 5 2、前方ファン組立体 1 2 及びブースタ圧縮機内側ロータ 2 6 は、第 1 の回転方向に回転するように構成され、また低圧タービン内側ロータ 6 0、ブースタ圧縮機外側ロータ 2 8 及び後方ファン組立体 1 4 は、第 2 の回転方向に回転するように構成される。

30

【0013】

図 2 は、図 1 に示すターボファンエンジン組立体 1 0 の前方部分の断面図である。図 2 に示すように、前方ファン組立体 1 2 及びブースタ圧縮機内側ロータ 2 6 は各々、第 1 のコーン 7 0 を使用してシャフト 4 2 に結合され、また第 2 のファン組立体 1 4 及びブースタ圧縮機外側ロータ 2 8 は、第 2 のコーン 7 2 を使用してシャフト 4 4 に結合される。より具体的には、コーン 7 0 の前端部は、第 1 のファン組立体 1 2 に結合され、コーン 7 0 の後端部は、シャフト 4 2 に結合される。さらに、コーン 7 2 の前端部は、後方ファン組立体ディスク 3 1 に結合され、コーン 7 2 の軸方向後端部は、駆動シャフト 4 4 に結合される。

40

【0014】

この例示的な実施形態では、ターボファンエンジン 1 0 はまた、後方ファン組立体 1 4 及びブースタ圧縮機外側ロータ 2 8 に対して半径方向のサポートを与えるために使用される第 1 のファン軸受組立体 8 0 を含む。より具体的には、またこの例示的な実施形態では、第 1 のファン軸受組立体 8 0 は、該第 1 のファン軸受組立体 8 0 とターボファンエンジン組

50

立体 10 の例えばファンフレーム 84 のような構造的構成要素との間に固定結合された軸受支持体 82 を含む。ターボファンエンジン組立体 10 はまた、前方ファン組立体 12 及びブースタ圧縮機内側ロータ 26 を支持するようにコーン 70 とコーン 72 との間に配置された第 2 のファン軸受組立体 90 を含む。この例示的な実施形態では、軸受組立体 90 は、前方及び後方ファン組立体 12、14 の両方を実質的に固定した軸方向位置に保持するのを可能にするような複数の転動体を含むスラスト軸受組立体である。

【0015】

図 3 は、図 1 及び図 2 に示すファン組立体 12 及び／又はファン組立体 14 で使用することができる例示的なファンブレード 100 の斜視図である。図 4 は、ファン組立体 12 及び／又はファン組立体 14 で使用することができる、図 3 に示すファンブレード 100 の第 2 の実施形態の斜視図である。ファンブレード 100 は、翼形部 102 と、これと一体形のダブテール 104 とを含み、ダブテール 104 は、ファン組立体 12 及び／又はファン組立体 14 (図 1 に示す) のようなファン組立体内にファンブレード 100 を取り付けるために使用される。この例示的な実施形態では、本明細書に記載したファンブレードは、超塑性成形及び拡散接合 (SPB) 型のリブコア中空チタンファンブレードであり、このファンブレードは、より堅牢なファンブレードを形成しかつ同時に総エンジン重量を軽減するようにその根元において約 50 % の中空である。さらに、ガスタービンエンジンは、ブレードプラットフォーム、スピナ及びブースタスプールにおける、漏洩を最少にするためのシール機構の改良を含む。

【0016】

各翼形部 102 は、第 1 の輪郭側壁 110 と第 2 の輪郭側壁 112 とを含む。第 1 の側壁 110 は、凸面形であり、翼形部 102 の負圧側面を形成し、また第 2 の側壁 112 は、凹面形であり、翼形部 102 の正圧側面を形成する。側壁 110 及び 112 は、翼形部 102 の前縁 114 及びこれから軸方向に間隔を置いた後縁 116 において結合される。より具体的には、翼形部後縁 116 は、翼形部前縁 114 から翼弦方向かつ下流側に間隔を置いて配置される。第 1 及び第 2 の側壁 110 及び 112 は、それぞれダブテール 104 に隣接して位置したブレード根元 118 から翼形部先端 120 までスパンにわたって長手方向つまり半径方向外向きに延びる。ブレードプラットフォーム 122 は、ブレード根元 118 の上方に配置され、それぞれ第 1 及び第 2 の側壁 110 及び 112 から軸方向にかつ半径方向外向きに延びる。この例示的な実施形態では、各ファンブレード 100 は、それに限定されないが、チタンのような金属材料を使用して製作される。別の実施形態では、各ファンブレード 100 は、複合材料を使用して製作される。さらに別の実施形態では、各ファンブレード 100 は、金属フレーム内に埋め込んだ複合材料を使用して製作される。

【0017】

図 3 及び図 4 に示すように、ファンブレード 100 は、翼形部 102 を通して空気流を送りかつ翼形部後縁 116 の近くに形成された複数の後縁開口 130 を通して空気流を吐出することができるように実質的に中空であり、加圧空気をファンブレード後縁に導入しかつウェーク (後流) を補充し、従って不安定なロータ後流 / ステータ相互作用を低減及び／又は排除し、従ってターボファンエンジン組立体 10 によって発生される対応する騒音を低減するのを可能にすることができる。より具体的には、翼形部 102 は、複数のリブ又はスティフナ 132 を含み、これらのスティフナ 132 は、複数の空気流チャネル 134 が少なくとも幾つかの隣接するスティフナ 132 間に形成されるように、第 1 の側壁 110 と第 2 の側壁 112 との間に結合される。従って、空気流チャネル 134 は、翼形部 102 内で側壁 110、側壁 112 及びスティフナ 132 間に形成される。

【0018】

例えば、翼形部 102 は、ファンブレード 100 内に鑄込まれる中子 (図示せず) を用いて製作することができる。中子は、中子型 (図示せず) 内に液状セラミック及び黒鉛スラリーを射出することにより製作することができる。スラリーを加熱して、固体セラミックプレナム中子を形成する。中子は、ファンブレード型 (図示せず) 内に吊下され、高温

ワックスがセラミック中子を取り囲むようにファンブレード型内に射出される。高温ワックスは、凝固し、ブレードプラットフォーム内に吊下されたセラミック中子を有するファンブレードを形成する。セラミック中子を有するワックスファンブレードは次に、セラミックスラリー内に浸漬され、かつ乾燥される。この作業は、ワックスファンブレード上にシェルが形成されるように数回繰り返される。次に、ワックスがシェルから融かし出されて、その内部に中子が吊下された型が残り、この型内に溶融金属が注入される。金属が凝固した後に、シェルを破壊して取り除きかつ中子を除去して、複数のリブ又はスティフナ 1 3 2 と第 1 及び第 2 の側壁 1 1 0 及び 1 1 2 並びにスティフナ 1 3 2 間に形成された複数の空気流チャンネル 1 3 4 とを含むファンブレード 1 0 0 が形成される。別の実施形態では、空気流チャンネル 1 3 4 及び／又は後縁開口 1 3 0 の 1 つ又は全ては、ドリル加工によって形成することができる。

10

【0019】

ファンブレード 1 0 0 はまた、翼形部 1 0 2 の外表面から少なくとも部分的に翼形部 1 0 2 を貫通して延びる空気流入口 1 4 0 を含む。より具体的には、またこの例示的な実施形態では、翼形部入口 1 4 0 は、該翼形部入口 1 4 0 を通して空気流を複数のチャンネル 1 3 4 内に送ることができるように、第 2 の側壁 1 1 2 を貫通して形成される。この例示的な実施形態では、翼形部 1 0 2 は、空気流を複数のチャンネル 1 3 4 内に送るような寸法にされた単一の翼形部入口開口 1 4 0 を含む。任意選択的に、翼形部 1 0 2 は、各それぞれの開口 1 4 0 がそれぞれのチャンネル 1 3 4 内に空気流を送るように構成された複数の翼形部入口開口 1 4 0 を含む。図 3 及び図 4 に示すように、各チャンネル 1 3 4 は、空気流入口 1 4 0 から翼形部 1 0 2 の少なくとも一部分を貫通して半径方向外向きに延びる。各チャンネル 1 3 4 は次に、後縁 1 1 6 に向って軸方向後向きに延び、空気流は次に、複数の後縁開口 1 3 0 を通して送られる。

20

【0020】

具体的には、またこの例示的な実施形態では、各それぞれのチャンネル 1 3 4 は、所定の空気流ボリュームがそれぞれのチャンネル 1 3 4 を通して送られかつ各後縁開口 1 3 0 から吐出されるように、また各後縁開口 1 3 0 から吐出される空気流ボリュームが他の後縁開口 1 3 0 から吐出される空気流ボリュームとほぼ等しくなるように、所定の数の後縁開口 1 3 0 と流れ連通状態になっている。

【0021】

例えば、図 3 及び図 4 に示すように、各それぞれの通路 1 3 4 は、複数の後縁開口 1 3 0 を通して空気流を送るように構成される。任意選択的に、各それぞれのチャンネル 1 3 4 と関連した後縁開口 1 3 0 の数は、後縁 1 1 6 を通過して送られる空気流ボリュームを調整して騒音低減をさらに改善するように変化させることができる。例えば、半径方向外側のチャンネル 1 3 4 は、5 つ又はそれ以上の開口 1 3 0 と流れ連通状態にすることができ、他方、半径方向内側のチャンネル 1 3 4 は、4 つ又はそれ以下の開口 1 3 0 と流れ連通状態にして、後縁開口 1 3 0 から吐出される空気流ボリュームを変化させるのを可能にすることができる。

30

【0022】

図 5 は、ブレードに沿ったブレード先端付近の平面内で回転させた翼形部断面の平面図である。この拡大図は、ブレード内の空洞並びにブレード後縁への供給孔を示している。これらの孔は、翼弦方向に設置され、翼形部後縁において又は翼形部後縁に隣接して出口を有することができる。各ブレードの後縁に示す一連の矢印は、これらの孔を表している。

40

【0023】

図 6 は、通常作動時におけるファンブレード 1 0 0 を含むターボファンエンジン組立体 1 0 の一部分の概略図である。作動中、ファン組立体 1 2 から吐出された空気流は、ブースタ圧縮機 2 4 を通って下流方向に送られる。ブースタ圧縮機 2 4 から吐出された空気流の第 1 の部分 1 5 0 は、送られてきた空気流を翼形部入口 1 4 0 を介してファンブレード 1 0 0 内に向ける複数のファンブレードルーバ 1 4 1 を通して通路 1 3 4 内に供給され、

50

空気流は次に、図 3、図 4 及び図 5 に示す後縁開口 130 を介してファンブレード 100 から吐出される。

【0024】

ファン組立体 12 及び／又は 14 から吐出された空気流の第 2 の部分 152 は次に、出口案内ベーン組立体 154 を通って後方ファン組立体ディスク 31 と軸受支持体 82 との間に形成された通路 156 内に送られる。より具体的には、空気流の第 2 の部分 152 は、空気流がファン組立体 12 の方向に向けられるように、通路 156 を通って軸方向前方に送られる。空気流の第 2 の部分 152 をファン組立体 12 に送るのを可能にするために、ターボファンエンジン組立体 10 はまた、シール支持構造体 160、シール支持構造体 160 と前方ブースタアーム 29 との間に結合されたラビリンスシール 162、後方ファン組立体ディスク 31 を貫通して形成された少なくとも 1 つの好ましくは複数の開口 164、及びシール支持構造体 160 を貫通して形成された第 2 の複数の開口 166 を含む。作動時に、第 2 の空気流部分 152 は、通路 156 から開口 164 を通って、後方ファン組立体ディスク 31 とシール支持構造体 160 との間に形成された空洞 170 内に送られる。第 2 の空気流部分 152 は次に、空洞 170 から、開口 166 を通りまたブースタアーム 29 を貫通して形成された複数の開口 172 を通して、ファンブレード 100 の開口 140 内に吐出される。翼形部入口 140 を介してファンブレード 100 内に送られた第 2 の空気流部分 152 は次に、図 3、図 4 及び図 5 に示す後縁開口 130 を介してファンブレード 100 から吐出される。

【0025】

この例示的な実施形態では、前方ファン 12 及び／又は後方ファン 14 は各々、少なくとも 1 つのファンブレード 100 を含むことができる。例えば、前方ファン 12 又は後方ファン 14 が各々、 r 個のファンブレードを含むと仮定すると、各ファン組立体は、 m 個の公知のファンブレードと n 個のファンブレード 100 とを含むことができ、この場合、 $m + n = r$ である。任意選択的に、ファン組立体 12 及び／又はファン組立体 14 は、 n 個のファンブレード 100 を含むように組み立てることができ、この場合、 $n = r$ である。

【0026】

従って、エンジン騒音を低減するのを可能にするために、ブースタ吐出空気は、約 230 ° F よりも低い温度において全ファン空気の約 1.2 % の比率でファンフレーム支柱を通して抽気される。空気は次に、ターボファンエンジンの固定構造体を通して送られ、加圧空気は次に、ファン組立体内に送られ、ファンブレードダブテール内に向けられる。加圧空気は次に、ファンブレードの中心部を上方に進み、次に後方に進み、ブレードの後縁から外に出る。より具体的には、ファンフレームハブ支柱を通過する空気は、前方サンプ及び軸受ハウジングを囲む固定二重壁プレナム内に吐出される。プレナムの前端部には、回転シールが設置される。この例示的な実施形態では、シールは、ラビリンスシール（図示したような）である。任意選択的に、シールは、ブラシシール又はアスピレーションシールのいずれかとすることができる。加圧空気は次に、ディスクポストスロットを通してブレードダブテールの下方に送られる。従って、ファン組立体は、少なくとも幾つかのファンブレード 100 を含む、つまり、少なくとも幾つかの公知のファンブレードが、複合材ラップ又はその他の等価の設計による中空鍛造チタンスパーファンブレードを使用して製作されたファンブレード 100 で置き換えられる。

【0027】

図 7 は、図 1 及び図 2 に示すファン組立体 12 及び／又はファン組立体 14 で使用することができる例示的なファンブレード 200 の斜視図である。ファンブレード 200 は、実質的にファンブレード 100 と同様である。従って、ファンブレード 200 の同様な特徴部は、ファンブレード 100 に対して使用したのと同じの参照符号を用いて符号付けすることにする。ファンブレード 200 は、翼形部 102 及びこれと一体形のダブテール 104 を含み、ダブテール 104 は、ロータディスク 13 及び／又はロータディスク 15（図 1 に示す）のようなロータディスクに対してファンブレード 200 を取り付けのために

使用される。

【0028】

ファンブレード100と同様に、各ファンブレード200の全体的な構成は、プラットフォーム122又はダブテール104を備えた状態或いは備えていない状態のあらゆる従来型の形態を取ることができる。それに代えて、例えば、ファンブレード200は、別個のかつ取外し可能なダブテール104を備えていない従来からブリスクと呼ばれてきた1つの組立体として、ディスク13及び／又はディスク15と一体形に形成することができる。この例示的な実施形態では、各ファンブレード200は、それに限定されないが、チタンのような金属材料を使用して製作される。別の実施形態では、各ファンブレード200は、複合材料を使用して製作される。さらに別の実施形態では、各ファンブレード200は、金属フレーム内に埋め込んだ複合材料を使用して製作される。

10

【0029】

図7に示すように、ファンブレード200は、ダブテール104の下面242から少なくとも部分的に翼形部102を貫通して延びる空気流入口240を含む。より具体的には、またこの例示的な実施形態では、翼形部入口240は、該翼形部入口240を通してまたダブテール104を通して複数のチャンネル134内に空気流を送ることができるように、ダブテール104を貫通して半径方向に形成される。この例示的な実施形態では、ファンブレード200は、複数の開口240を含み、各それぞれの開口240は、それぞれのチャンネル134内に空気流を送るように構成される。任意選択的に、ファンブレード200は、空気流を複数のチャンネル134内に送るような寸法にされた単一の開口240を含む。図7に示すように、各チャンネル134は、開口240から翼形部102の少なくとも一部分を貫通して半径方向外向きに延びる。各チャンネル134は次に、後縁116に向って軸方向後向きに延び、空気流は次に、複数の後縁開口130を通して送られる。

20

【0030】

図6と同様に、図8は、通常作動時における少なくとも幾つかのファンブレード200を含むターボファンエンジン組立体10の一部分の概略図である。作動中、ファン組立体12から吐出された空気流は、ブースタ圧縮機24を通して下流方向に送られる。ブースタ圧縮機24から吐出された空気流の第1の部分150は、翼形部入口240を介してファンブレード200内に送られ、次に後縁開口130を介してファンブレード200から吐出される。ファン組立体12から吐出された空気流の第2の部分152は、シール支持構造体160と前方ブースタアーム29との間に形成された通路250内に流入する。第2の部分は次に、翼形部入口240を介してファンブレード200内に送られ、次に後縁開口130を介してファンブレード200から吐出される。

30

【0031】

この例示的な実施形態では、前方ファン12及び／又は後方ファン14は各々、少なくとも1つのファンブレード200を含むことができる。例えば、ファン組立体12又はファン組立体14が各々、 r 個のファンブレードを含むと仮定すると、各ファン組立体は、 m 個の公知のファンブレードと n 個のファンブレード200とを含むことができ、この場合、 $m+n=r$ である。任意選択的に、ファン組立体12及び／又はファン組立体14は、 n 個のファンブレード200を含むように組み立てることができる。この場合、 $n=r$ である。

40

【0032】

以上において、ターボファンファンブレードの例示的な実施形態を詳述している。ターボファンファンブレードは、本明細書に記載した特定の実施形態に限定されるものではなく、むしろファンブレードは、エンジン騒音を低減するのを可能にするために広汎なターボファンエンジンで使用するすることができる。例えば、この例示的な実施形態は、二重反転ファン組立体に結合された二重反転タービンを含むターボファンエンジンを示しているが、本明細書に記載したファンブレードはまた、二重反転式でないターボファンエンジンファン組立体にも使用することができることを理解されたい。さらに、幾つかの公知のガスタービンエンジンにおけるファンブレード後縁ブローイング（吹き出し）の初期分析は、

50

それぞれ 2.56 実効知覚騒音レベル (EPNdB) 及び 3.54 EPNdB の騒音累積マージンにおける改善を示した。本方法は、重量、コスト及び複雑さを最少にするようにするために現存の技術を組み込んでおり、また約 0.65～0.85 ポイントだけファン効率を改善する。この研究の結果により、本システムは最新式の二重反転ファンエンジンに適用することができることが実証された。

【0033】

上に論じたように、少なくとも幾つかの公知のターボファンエンジンは、性能を改善するために幅広翼弦ファンブレードを組み込んでいるが、全エンジン騒音レベルを低減するためにファンブレード設計において後縁ブローイングを組み込んだターボファンエンジンは知られていない。具体的には、本明細書に記載したのは、従来型のダブテールを備えた第 1 のファンブレード列を含む高バイパスターボファンエンジンである。第 1 のファンブレード列の下流に結合されているのは、4 段のインタディジティティッド二重反転ブースタである。ブースタ圧縮機の下流には、第 2 のファンブレード列が設けられる。この例示的な実施形態では、ファンブレードは、中実の複合材料を使用して製作され、後縁ブローイングを行うための手段は何ら備えていない。この構成では、ブースタ吐出空気は、ファンブレードの両方の列に供給するのに十分な空気圧源であると見なせる。ブースタは、必要なファン流量を提供するために 40 % オーバサイズにされる。

【0034】

作動時に、ブースタ吐出空気は、全ファン空気の約 2.0 % の比率で第 2 段ブレードのシャンク内の外側コアストリーム流路から抽気される。この空気は、ファンブレードシャンクを通してファンロータ内に供給される。このブレードは、該ブレードを貫通したこれらの空洞を形成するリブコア構造又はその他の構成を備えた中空のチタンである。リブは、空気をブレード後縁に送給する通路を形成する。ブレードシャンクの一方の側面上に設けられたスロットは、空気がブレードの中心部に入ることを可能にする。空気は、ブレードの中心部を上方に進み、次に後方に進み、ブレードの後縁から外に出る。

【0035】

第 1 のファンブレード列の場合には、ブースタ吐出空気は、ファンモジュールブースタ出口案内ベーンの内径から抽気される。第 1 のファンブレード列はまた、抽気を捕捉すると共にベーンの構造的一体性を維持する一連のルーバを含む。抽気は、第 2 段ファンディスクと #1 軸受支持体との間を全ファン空気の約 1.5 % の比率で送られる。ディスク前方のファンディスクトルクアーム内に、孔の列が設けられる。段間シールが、ロータ間での圧力損失を最少化する。前方ブースタアーム内に孔が設けられる。空気が第 1 段ファンに達すると、空気は、同様な方式でチタンブレード内を通過して、後縁から流出する。ファン及びブースタ空気からターボファンエンジンの部分をシールするのを可能にし、従って空気をファンブレードに送るために、ターボファンエンジンは、シール作用要件に基づいて図示したようなラビリンスシール、ブラシシール及び／又はアスピレーションシールとすることができる二重反転段間シールを含む。

【0036】

この実施形態では、ファンブレードは、超塑性成形及び拡散接合 (SPPD) 型のリブコア中空チタンファンブレードを使用して製作され、また該ファンブレードが根元において約 50 % の中空になるように製作される。従って、ファンブレードは、公知のファンブレードと比べて寸法変更されており、ダブテール、ディスク及びこの構成のための拘束機構は、より堅牢なブレード構成を形成するように変更され、その結果、漏洩を最少にするためのブレードプラットフォーム、スピナ及びブースタスプールにおけるシール機構の改良を含むエンジンの総重量は軽減される。

【0037】

その結果、幾つかの公知のガスタービンエンジンにおけるファンブレード後縁ブローイングの初期分析は、それぞれ 2.56 実効知覚騒音レベル (EPNdB) 及び 3.54 EPNdB の騒音累積マージンにおける改善を示し、また約 0.65～0.85 ポイントだけファン効率を改善する。本方法は、重量、コスト及び複雑さを最少にするようにするた

めに現存の技術を組み込んでいる。この研究の結果により、本システムは最新式の二重反転ファンエンジンに適用することができることが実証された。

【0038】

様々な特定の実施形態に関して本発明を説明してきたが、本発明は、特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内の変更で実施することができることは、当業者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】例示的なターボファンエンジンの断面図。

【図2】図1に示すターボファンエンジンの一部分の断面図。

10

【図3】図1及び図2に示すターボファンエンジンで 사용할 ことができる例示的なファンブレードの斜視図。

【図4】図1及び図2に示すターボファンエンジンで 사용할 ことができる別の例示的なファンブレードの斜視図。

【図5】図3及び図4に示すファンブレードの平面図。

【図6】通常作動時における、図3及び図4に示すファンブレードと同様なファンブレードを含む図1に示すターボファンエンジン組立体の一部分の断面図。

【図7】図1及び図2に示すファン組立体で 사용할 ことができる別の例示的なファンブレードの斜視図。

【図8】通常作動時における、図7に示すファンブレードと同様なファンブレードを含む図1に示すターボファンエンジン組立体の一部分の断面図。

20

【符号の説明】

【0040】

10 ターボファンエンジン組立体

12 ファン組立体

13 ロータディスク

14 ファン組立体

15 ロータディスク

16 長手方向中心軸線

18 ファンブレード

30

20 ファンブレード

22 ナセル

24 ブースタ圧縮機

26 ブースタ圧縮機内側ロータ

28 ブースタ圧縮機外側ロータ

29 前方ブースタアーム

30 コアガスタービンエンジン

31 後方ファン組立体ディスク

32 高圧圧縮機

34 燃焼器

40

36 高圧タービン

38 シャフト

40 低圧タービン

42 シャフト

44 シャフト

50 外側ケーシング

52 外側ロータ

54 外側ロータブレード

56 ロータディスク

60 内側ロータ

50

6 2	内側ロータブレード	
6 4	ロータディスク	
6 6	タービン中間フレーム	
6 8	タービン後部フレーム	
7 0	コーン	
7 2	コーン	
8 0	第 1 のファン軸受組立体	
8 2	軸受支持体	
8 4	ファンフレーム	
9 0	第 2 のファン軸受組立体	10
1 0 0	ファンブレード	
1 0 2	翼形部	
1 0 4	ダブテール	
1 1 0	第 1 の側壁	
1 1 2	第 2 の側壁	
1 1 4	前縁	
1 1 6	後縁	
1 1 8	ブレード根元	
1 2 0	翼形部先端	
1 2 2	プラットフォーム	20
1 3 0	後縁開口	
1 3 2	スティフナ	
1 3 4	翼形部チャネル	
1 4 0	翼形部入口開口	
1 4 1	ファンブレードルーバ	
1 5 0	第 1 の部分	
1 5 2	第 2 の部分	
1 5 4	出口案内ベーン組立体	
1 5 6	通路	
1 6 0	シール支持構造体	30
1 6 2	ラビリンスシール	
1 6 4	第 1 の開口	
1 6 6	第 2 の開口	
1 7 0	空洞	
1 7 2	開口	
2 0 0	ファンブレード	
2 4 0	翼形部入口	
2 4 2	下面	
2 5 0	通路	

【図 1】

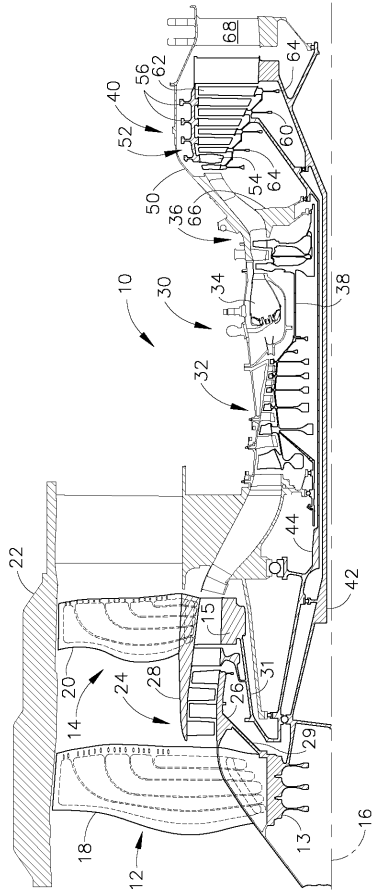


FIG. 1

【図 2】

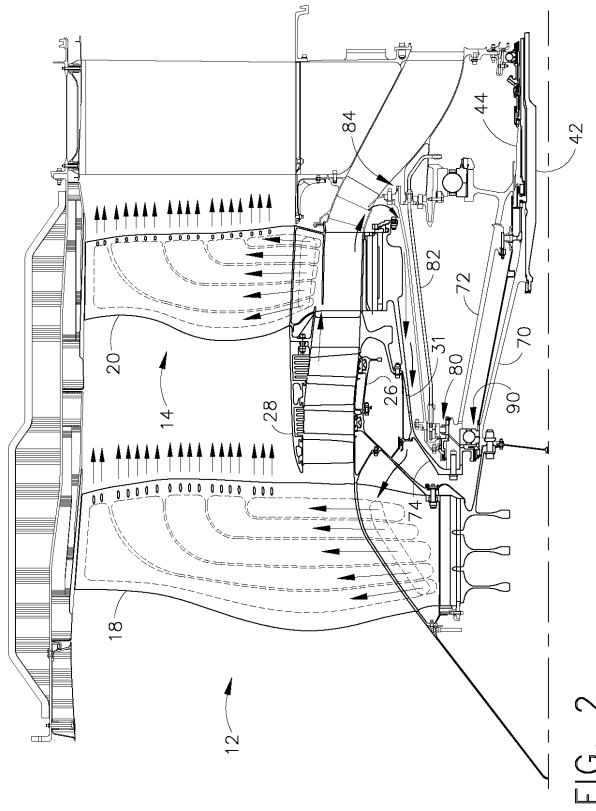


FIG. 2

【図 3】

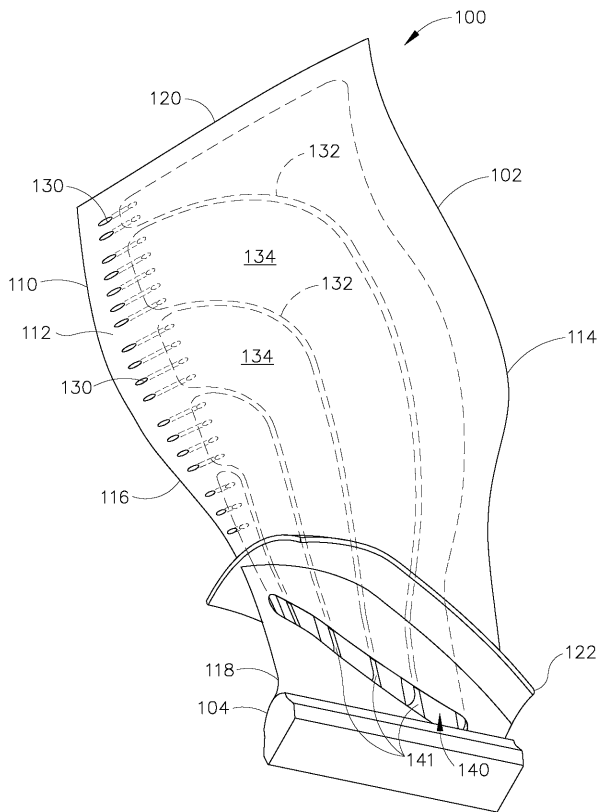


FIG. 3

【図 4】

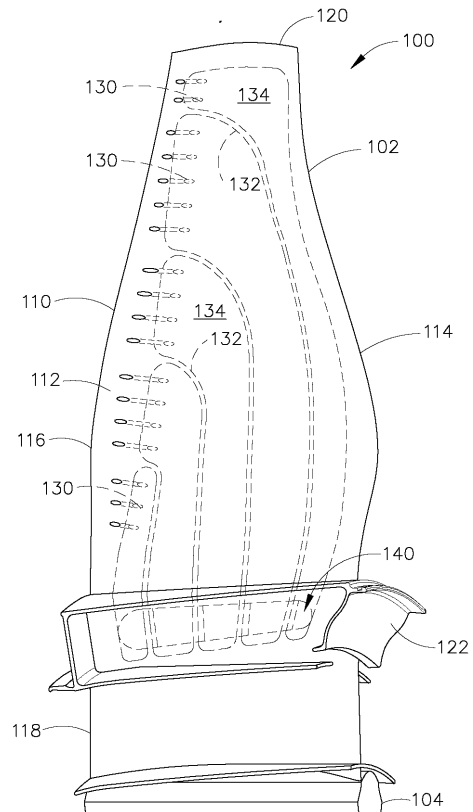


FIG. 4

【図 5】

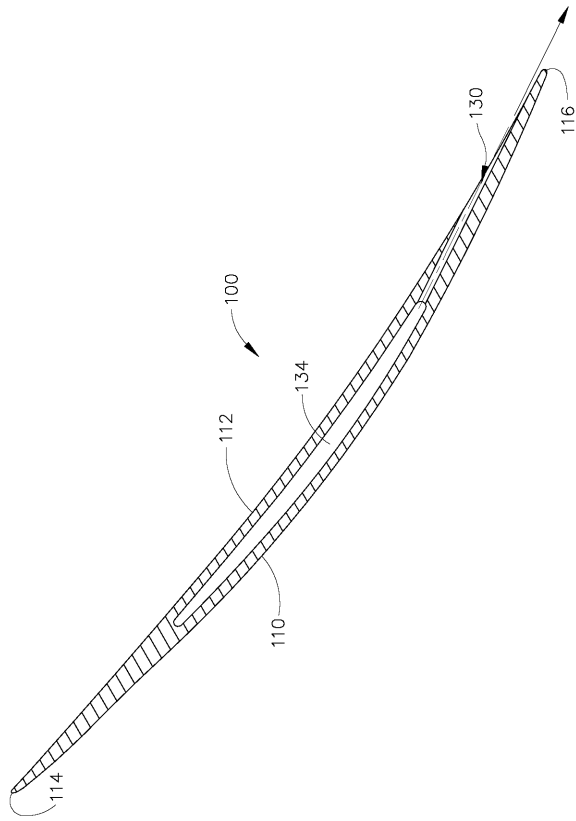


FIG. 5

【図 6】

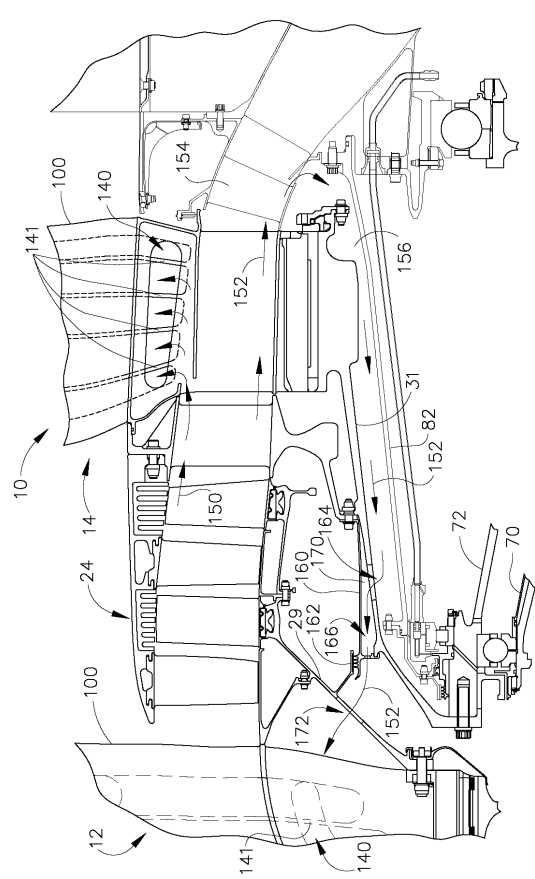


FIG. 6

【図 7】

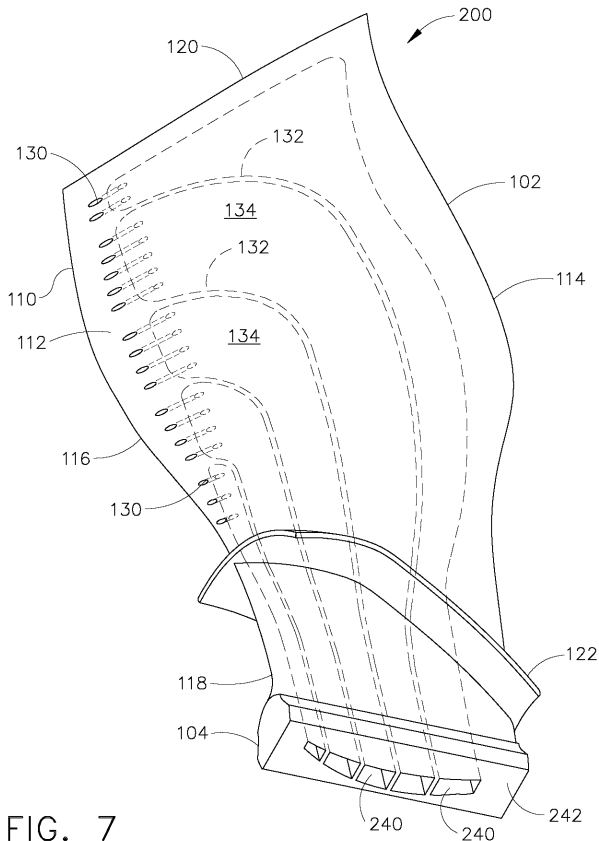


FIG. 7

【図 8】

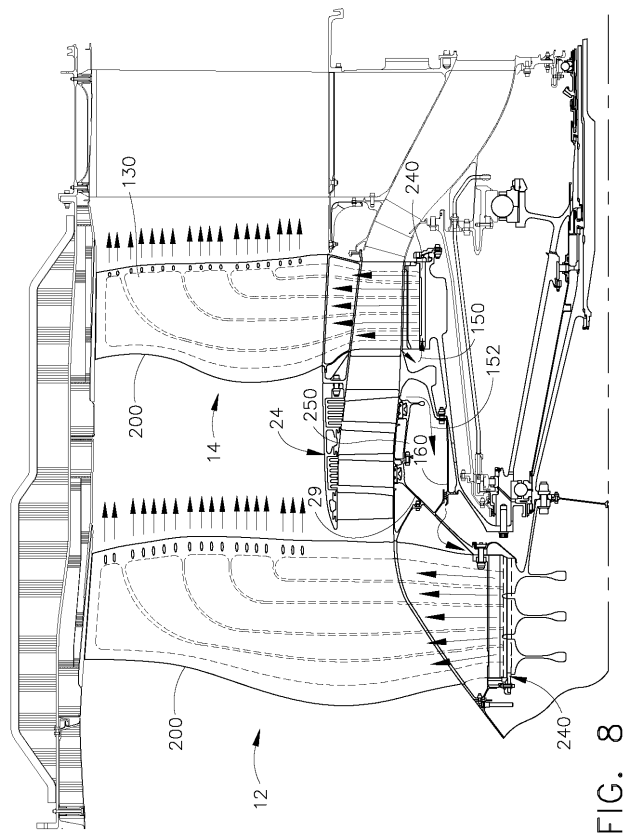


FIG. 8

フロントページの続き

- (72)発明者 トーマス・オーリー・モニッツ
アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、コロンビア・トレイル、3050番
- (72)発明者 ジョルジ・フランシスコ・セダ
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、ロドニー・コート、7422番
- (72)発明者 ジャスティン・ポール・スティーブンソン
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナッティ、アンバー・トレイル、650番
- Fターム(参考) 3H130 AA13 AB26 AB52 AC17 BA14C CB02 CB03 DA02Z DB08Z DD09X
EB02C EC12C ED01C

【外国語明細書】
2008019856000001.pdf