

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6188094号
(P6188094)

(45) 発行日 平成29年8月30日 (2017. 8. 30)

(24) 登録日 平成29年8月10日 (2017. 8. 10)

(51) Int. Cl.	F I	
FO2C 7/36 (2006.01)	FO2C 7/36	
FO4D 29/059 (2006.01)	FO4D 29/059	
FO4D 29/36 (2006.01)	FO4D 29/36	H
FO2C 7/32 (2006.01)	FO2C 7/32	
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00	F
請求項の数 20 外国語出願 (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2016-66996 (P2016-66996)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成28年3月30日 (2016. 3. 30)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2016-196883 (P2016-196883A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成28年11月24日 (2016. 11. 24)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成28年5月13日 (2016. 5. 13)		番
(31) 優先権主張番号	14/679, 096	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成27年4月6日 (2015. 4. 6)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービンエンジン用のファン軸受

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸方向 (A) を有するガスタービンエンジン (10) であって、
コアエンジン (16) と、

前記コアエンジン (16) と流れ連通するように配置された可変ピッチファン (38) であって、該可変ピッチファン (38) が、ディスク (42) および該ディスク (42) に結合された複数のファンブレード (40) を含み、前記ディスク (42) および前記複数のファンブレード (40) が、前記ガスタービンエンジン (10) の前記軸方向 (A) を中心に回転するように構成されている可変ピッチファン (38) と、

前記複数のファンブレード (40) のそれぞれを前記ディスク (42) に結合する複数のトラニオン機構 (92) であって、該トラニオン機構 (92) のそれぞれが、非鉄材料から構成された1つ以上の構成要素を有する軸受を含む複数のトラニオン機構 (92) とを備え、

前記軸受が、ローラ (104、120)、内輪 (100、116)、および外輪 (102、118) を含み、

前記ローラ (104、120) が、前記内輪 (100、116) および／又は前記外輪 (102、118) よりも低いヤング率を有している、
ガスタービンエンジン (10) 。

【請求項 2】

前記トラニオン機構 (92) のそれぞれの前記軸受が、セラミック材料から構成された

10

20

1つ以上の構成要素を含む、請求項1に記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項3】

前記トラニオン機構（92）のそれぞれの前記軸受が、ニッケルチタン合金材料から構成された1つ以上の構成要素を含む、請求項1または2に記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項4】

前記ローラ（104、120）、前記内輪（100、116）、および前記外輪（102、118）の1つ以上が、非鉄材料から構成されている、請求項1乃至3のいずれかに記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項5】

前記ローラ（104、120）、前記内輪（100、116）、および前記外輪（102、118）がそれぞれ、非鉄材料から構成されている、請求項4に記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項6】

前記トラニオン機構（92）のそれぞれの前記軸受が、20,000,000psi以下のヤング率を有する材料から構成された1つ以上の構成要素を含む、請求項1乃至5のいずれかに記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項7】

前記トラニオン機構（92）のそれぞれの前記軸受が、35,000,000psi以上のヤング率を有する材料から構成された1つ以上の構成要素を含む、請求項1乃至6のいずれかに記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項8】

前記トラニオン機構（92）のそれぞれの前記軸受が、線接触軸受（98、114）である、請求項1乃至7のいずれかに記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項9】

前記ガスタービンエンジン（10）が、半径方向（R）をさらに有し、前記ガスタービンエンジン（10）が、回転可能なハブ（54）をさらに備え、該回転可能なハブ（54）が、前記ディスク（42）を覆い、前記半径方向（R）に沿って第1の半径（R1）を有し、前記ブレード（40）のそれぞれが、前記半径方向（R）に沿って第2の半径（R2）を有し、前記第1の半径（R1）と前記第2の半径（R2）の比が、0.45以下である、請求項1乃至8のいずれかに記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項10】

前記第1の半径（R1）と前記第2の半径（R2）の比が、0.35以下である、請求項9に記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項11】

前記第1の半径（R1）と前記第2の半径（R2）の比が、0.30以下である、請求項9に記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項12】

前記可変ピッチファン（38）が、前記ディスク（42）に結合された8～20のファンブレード（40）を含む、請求項1乃至11のいずれかに記載のガスタービンエンジン（10）。

【請求項13】

軸方向（A）および半径方向（R）を有するガスタービンエンジン（10）であって、コアエンジン（16）と、

前記コアエンジン（16）と流れ連通するように配置された可変ピッチファン（38）であって、該可変ピッチファン（38）が、ディスク（42）および該ディスク（42）に結合された少なくとも8つのファンブレード（40）を含み、前記ファンブレード（40）が、前記半径方向（R）に沿って半径（R2）を有し、前記ディスク（42）および前記ファンブレード（40）が、前記ガスタービンエンジン（10）の前記軸方向（A）を中心に回転するように構成されている可変ピッチファン（38）と、

10

20

30

40

50

前記ファンブレード（４０）のそれぞれを前記ディスク（４２）に結合する複数のトラニオン機構（９２）であって、該トラニオン機構（９２）のそれぞれが、１対の軸受を含み、該軸受のそれぞれが、非鉄材料から構成された１つ以上の構成要素を有する複数のトラニオン機構（９２）と

前記ディスク（４２）を覆い、かつ前記半径方向（Ｒ）に沿って半径（Ｒ１）を有する回転可能なハブ（５４）であって、前記回転可能なハブ（５４）の前記半径（Ｒ１）と前記ファンブレード（４０）の前記半径（Ｒ２）の比が、０．４５以下となるように構成された回転可能なハブ（５４）と

を備え、

前記軸受が、ローラ（１０４、１２０）、内輪（１００、１１６）、および外輪（１０２、１１８）を含み、

前記ローラ（１０４、１２０）が、前記内輪（１００、１１６）および／又は前記外輪（１０２、１１８）よりも低いヤング率を有している、

ガスタービンエンジン（１０）。

【請求項１４】

前記トラニオン機構（９２）のそれぞれの前記軸受のそれぞれが、セラミック材料から構成された１つ以上の構成要素を含む、請求項１３に記載のガスタービンエンジン（１０）。

【請求項１５】

前記トラニオン機構（９２）のそれぞれの前記軸受のそれぞれが、ニッケルチタン合金材料から構成された１つ以上の構成要素を含む、請求項１３ または１４に記載のガスタービンエンジン（１０）。

【請求項１６】

前記トラニオン機構（９２）のそれぞれの前記軸受のそれぞれが、線接触軸受（９８、１１４）である、請求項１３ 乃至１５のいずれかに記載のガスタービンエンジン（１０）。

【請求項１７】

前記トラニオン機構（９２）のそれぞれの前記軸受のそれぞれが、２０，０００，０００ p s i以下のヤング率を有する材料から構成された１つ以上の構成要素を含む、請求項１３ 乃至１６のいずれかに記載のガスタービンエンジン（１０）。

【請求項１８】

前記トラニオン機構（９２）のそれぞれの前記軸受のそれぞれが、３５，０００，０００ p s i以上のヤング率を有する材料から構成された１つ以上の構成要素を含む、請求項１３ 乃至１７のいずれかに記載のガスタービンエンジン（１０）。

【請求項１９】

前記トラニオン機構（９２）のそれぞれの前記軸受のそれぞれが、ローラ（１０４、１２０）、内輪（１００、１１６）、および外輪（１０２、１１８）を含み、前記軸受のそれぞれの前記ローラ（１０４、１２０）、前記内輪（１００、１１６）、および前記外輪（１０２、１１８）の１つ以上が、非鉄材料から構成されている、請求項１３ 乃至１８のいずれかに記載のガスタービンエンジン（１０）。

【請求項２０】

前記回転可能なハブ（５４）の前記半径（Ｒ１）と前記ファンブレード（４０）の前記半径（Ｒ２）の比が、０．３５以下である、請求項１３ 乃至１９のいずれかに記載のガスタービンエンジン（１０）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本主題は、一般に、ガスタービンエンジン用のファンに関し、より具体的には、ガスタービンエンジン用のファン軸受に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンは、一般に、互いに流れ連通するように配置されるファンおよびコアを含む。さらに、ガスタービンエンジンのコアは、一般に、連続した流れの順序で、圧縮機セクション、燃焼セクション、タービンセクション、および排気セクションを含む。運転中、空気流は、ファンから圧縮機セクションの入口に供給され、そこでは、1つ以上の軸流圧縮機が、空気が燃焼セクションに到達するまで空気を徐々に圧縮する。燃料は、燃焼ガスを供給するために燃焼セクション内で圧縮空気と混合され、燃焼される。燃焼ガスは、燃焼セクションからタービンセクションに送られる。タービンセクションを通る燃焼ガスの流れは、タービンセクションを駆動し、次に、排気セクションを通して例えば大気

10

【0003】

ファンは、ガスタービンエンジンのコアよりも大きな半径を有する複数のブレードを含む。ファンおよび複数のブレードは、一般的にシャフトによって駆動される。回転可能なハブは、ファンの少なくとも一部を覆うように設けられ、ファンと共に回転し得る。

【0004】

少なくとも一部のガスタービンエンジンに関して、ファンは、可変ピッチファンである。しかしながら、複数のブレードのピッチの変更に関連する、またはこれに対応する構成要素により、回転可能なハブが非常に大きくなる場合があり、これにより、ファンを通してコアに空気流を供給する際のガスタービンエンジンの効率が低下し得る。詳細には、特定のガスタービンエンジンの場合、回転可能なハブの最小サイズは、複数のブレードの数および／または長さによって決定される。さらに、複数のブレードのピッチの変更に関連する、またはこれに対応する構成要素は、このような最小サイズよりも回転可能なハブを大きくする傾向にある。

20

【0005】

したがって、回転可能なハブのサイズの低減を可能にする構成要素を含む、ガスタービンエンジン用の可変ピッチファンは有益であろう。より具体的には、回転可能なハブのサイズの低減を可能にし、これにより、より多くのファンブレードの数およびより短いファンブレードの長さを可能にする構成要素を含む、ガスタービンエンジン用の可変ピッチファンは特に有用であろう。

30

【発明の概要】

【0006】

本発明の態様および利点は、以下の説明に部分的に述べられ、この説明から明らかになり得るし、本発明の実施を通して学ばれ得る。

【0007】

本開示の例示的な一実施形態において、ガスタービンエンジンが提供される。ガスタービンエンジンは、軸方向を有し、コアエンジンおよび該コアエンジンと流れ連通するように配置される可変ピッチファンを含む。可変ピッチファンは、ディスクおよび該ディスクに結合される複数のファンブレードを含む。ディスクおよび複数のファンブレードは、ガスタービンエンジンの軸方向を中心に回転するように構成される。また、ガスタービンエンジンは、複数のファンブレードのそれぞれをディスクに結合する複数のトラニオン機構を含み、各トラニオン機構は、非鉄材料から構成される1つ以上の構成要素を有する軸受を含む。

40

【0008】

本開示の別の例示的な実施形態において、ガスタービンエンジンが提供される。ガスタービンエンジンは、軸方向および半径方向を有し、コアエンジンおよび該コアエンジンと流れ連通するように配置される可変ピッチファンを含む。可変ピッチファンは、ディスクおよび該ディスクに結合される少なくとも8つのファンブレードを含む。ファンブレードは、半径方向に沿って半径を有する。ディスクおよびファンブレードは、ガスタービンエ

50

エンジンの軸方向を中心に回転するように構成される。また、ガスタービンエンジンは、ファンブレードのそれぞれをディスクに結合する複数のトラニオン機構を含む。各トラニオン機構は、1対の軸受を含み、各軸受は、非鉄材料から構成される1つ以上の構成要素を有する。また、ガスタービンエンジンは、ディスクを覆い、かつ半径方向に沿って半径を有する回転可能なハブを含む。回転可能なハブは、回転可能なハブの半径とファンブレードの半径の比が、約0.45以下になるように構成される。

【0009】

本発明のこれらおよび他の特徴、態様、および利点は、以下の説明および添付の特許請求の範囲を参照することによってより良く理解されるようになる。本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を構成する添付図面は、本発明の実施形態を示しており、説明と共に本発明の原理を説明する役割を果たす。

10

【0010】

当業者を対象とした、本発明の完全かつ有効な開示（その最良の態様を含む）が、添付図面への参照がなされる本明細書に述べられている。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本主題の例示的な実施形態に係るガスタービンエンジンの概略断面図である。

【図2】本開示の例示的な実施形態に係る、図1の例示的なガスタービンエンジンの可変ピッチファンの斜視図である。

【図3】図2の例示的な可変ピッチファンのディスクおよび関連するトラニオン機構の斜視図である。

20

【図4】図3のディスクのセグメントおよび関連するトラニオン機構の1つの斜視図である。

【図5】図4に示されているトラニオン機構の分解図である。

【図6】図4のディスクのセグメントおよびトラニオン機構の断面図であり、トラニオン機構には、ブレードが取り付けられている。

【図7】図6の断面図の拡大部分である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

次に、本発明の現在の実施形態を詳細に参照するが、その1つ以上の例が、添付図面に示されている。詳細な説明では、図面中の特徴を参照するために、数字および文字による指示が使用されている。図面および説明における同じまたは同様の指示は、本発明の同じまたは同様の部分を参照するために使用されている。本明細書で使用される場合、「第1の」、「第2の」、および「第3の」という用語は、構成要素を互いに区別するために交換可能に使用され得るものであり、個々の構成要素の位置または重要性を意味するためのものではない。「上流」および「下流」という用語は、流体経路における流体の流れに関する相対方向を意味する。例えば、「上流」は、流体が流れてくる方向を意味し、「下流」は、流体が流れていく方向を意味する。

30

【0013】

次に、複数の図を通して同一の数字が同じ要素を示す図面を参照すると、図1は、本開示の例示的な実施形態に係るガスタービンエンジンの概略断面図である。より具体的には、図1の実施形態に関して、ガスタービンエンジンは、高バイパスターボファンエンジン10（本明細書では「ターボファンエンジン10」と呼ばれる）である。図1に示されているように、ターボファンエンジン10は、軸方向A（参照のために提供されている長手方向中心線12と平行に延びる）および半径方向Rを有する。一般に、ターボファン10は、ファンセクション14および該ファンセクション14の下流に配置されたコアタービンエンジン16を含む。

40

【0014】

描かれている例示的なコアタービンエンジン16は、一般に、環状入口20を形作る略管状の外側ケーシング18を含む。外側ケーシング18は、連続した流れ関係で、ブース

50

タまたは低圧（LP）圧縮機 22 および高圧（HP）圧縮機 24 を含む圧縮機セクションと、燃焼セクション 26 と、高圧（HP）タービン 28 および低圧（LP）タービン 30 を含むタービンセクションと、ジェット排気ノズルセクション 32 とを包み込んでいる。高圧（HP）シャフトまたはスプール 34 は、HP タービン 28 と HP 圧縮機 24 とを駆動連結している。低圧（LP）シャフトまたはスプール 36 は、LP タービン 30 と LP 圧縮機 22 とを駆動連結している。

【0015】

さらに、描かれている実施形態に関して、ファンセクション 14 は、可変ピッチファン 38 を含み、可変ピッチファン 38 は、ディスク 42 に互いに離間して結合された複数のファンブレード 40 を有する。描かれているように、ファンブレード 40 は、概ね半径方向 R に沿ってディスク 42 から外側に延在する。複数のファンブレード 40 のそれぞれは、前縁 44（または上流縁）およびファンブレード 40 のそれぞれの半径方向外縁に形作られた先端 46 を有する。また、ファンブレード 40 のそれぞれは、ファンブレード 40 が、ファンブレード 40 のピッチを一括して一斉に変更するように構成された適切な駆動部材 48 に動作可能に結合されているおかげで、ピッチ軸線 P を中心にディスク 42 に対して回転可能である。ファンブレード 40、ディスク 42、および駆動部材 48 は、パワーギヤボックス（power gear box）50 を介して LP シャフト 36 により長手方向軸線 12 を中心に一緒に回転可能である。パワーギヤボックス 50 は、LP シャフト 36 の回転速度をより効率的なファン回転速度に低下させるための複数のギヤを含む。

【0016】

さらに、ファンブレード 40 は、ピッチ補正装置 52 が、複数のファンブレード 40 から遠く離れている（すなわち、複数のファンブレード 40 に直接結合されていない）と言われるように、駆動部材 48 を介してピッチ補正装置 52（例えば、カウンタウェイト装置または適切なピッチロック装置）に動作可能に結合されている。カウンタウェイト装置 52 は、カウンタウェイト装置 52 が本明細書に説明されているように機能する（例えば、ファンブレード 40 に直接結合されない）ことを可能にする任意の適切な構成を有してもよい。しかしながら、他の例示的な実施形態において、任意の他の適切なピッチ補正／カウンタウェイト装置 52 が使用されてもよい。

【0017】

可変ピッチファン 38 を含む、図 1 の例示的なターボファンエンジン 10 を引き続き参照すると、可変ピッチファン 38 のディスク 42 は、複数のファンブレード 40 を通る空気流を促進するように空気力学的に成形された回転可能な前方ハブ 54 によって覆われている。注目すべきは、回転可能なハブ 54 を横切ってコア 16 に流れ込む（以下に説明されるように）空気の効率は、半径方向 R における回転可能なハブ 54 の全体サイズ対半径方向 R における複数のブレード 40 のサイズによって影響され得る。より詳細には、ハブとブレードの半径比 $R_1 : R_2$ は、空気が回転可能なハブ 54 を横切ってコア 16 に流れ込む効率に直接関連する。例えば、ハブとブレードの半径比 $R_1 : R_2$ が増大すると、空気が回転可能なハブ 54 を横切ってコア 16 に流れ込むことがより難しくなり、したがって、非効率的になる。対照的に、ハブとブレードの半径比 $R_1 : R_2$ が低下すると、空気が回転可能なハブ 54 を横切ってコア 16 に流れ込むことがより容易になり、したがって、より効率的になる。本明細書で使用される場合、「ハブとブレードの半径比」は、本明細書において、ブレード 40 の前縁 44 の位置における半径方向 R に沿った長手方向中心線 12 からの回転可能なハブ 54 の半径 R_1 と同様にブレード 40 の前縁 44 の位置におけるブレード先端 46 から長手方向中心線 12 までのブレード 40 の半径 R_2 の比として定義される。

【0018】

この点に関して、空気が回転可能なハブ 54 を横切ってコアに流れ込むことをより効率的にするためにハブとファンの半径比 $R_1 : R_2$ を低下させることが望ましい。その際、回転可能なハブ 54 が、ディスク 42 を収容することから、回転可能なハブ 54 のサイズ（

例えば、半径方向Rにおける）は、ディスク42のサイズ（例えば、半径方向Rにおける）によって部分的に決定される。さらに、ディスク42のサイズは、構成要素が耐えることが可能でなければならぬ力の量によって部分的に決定される。ファン38がターボファンエンジン10の運転中に長手方向中心線12を中心に回転する回転速度に起因して、構成要素にかかる遠心力（構成要素の質量／重量およびブレード40の長さに直接関連する）が大きくなり得る。したがって、ディスク42のサイズ、回転可能なハブ54の半径 R_1 、およびハブとファンの半径比 $R_1 : R_2$ の低減を容易にするためにディスク42の重量を低減することが望ましい。

【0019】

以下にかなり詳細に説明されるように、本開示の特定の実施形態は、ファン38の特定の構成要素（すなわち、以下に述べられる特定の軸受）の重量を低減することによってハブとファンの半径比 $R_1 : R_2$ のこのような低減を可能にする。したがって、生成され得る遠心力がより小さくなり、このため、大きな遠心力に耐える必要のないより小さくてよりコンパクトな構成要素が可能となる。より具体的には、描かれている例示的な実施形態において、ターボファンエンジン10に関するハブとファンの半径比 $R_1 : R_2$ は、約0.45以下に低減されている。しかしながら、他の例示的な実施形態において、ハブとファンの半径比 $R_1 : R_2$ は、その代わりに、約0.35以下、約0.30以下であってもよいし、あるいは、任意の他の適切なハブとファンの半径比 $R_1 : R_2$ を有してもよい。本明細書で使用される場合、近似の用語（「約」など）は、10パーセント（10%）の誤差の範囲内にあることを意味することが認識されるべきである。

【0020】

図1の例示的なターボファンエンジン10を引き続き参照すると、例示的なファンセクション14は、さらに、ファン38および／またはコアタービンエンジン16の少なくとも一部の周囲を囲む環状のファンケーシングまたは外側ナセル56を含む。ナセル56は、周方向に互いに離間された複数の出口ガイドベーン58によってコアタービンエンジン16に対して支持されるように構成されてもよいことが認識されるべきである。さらに、ナセル56の下流セクション60は、コアタービンエンジン16の外側部分との間にバイパス空気流路62を形作るようにコアタービンエンジン16の外側部分を覆うよう延在してもよい。

【0021】

ターボファンエンジン10の運転中、大量の空気64が、ナセル56および／またはファンセクション14の関連する入口66を通してターボファン10に流入する。大量の空気64が、ファンブレード40を通過するとき、矢印68によって示されているような空気の第1の部分は、バイパス空気流路62に向けられるか、または送られ、矢印70によって示されているような空気の第2の部分は、LP圧縮機22に向けられるか、または送られる。空気の第1の部分68と空気の第2の部分70との比率は、バイパス比として一般に知られている。次に、空気の第2の部分70の圧力は、空気の第2の部分70が高圧（HP）圧縮機24を通して燃焼セクション26に送られるときに高められ、そこでは、空気の第2の部分70は、燃焼ガス72を供給するために燃料と混合され、燃焼される。

【0022】

燃焼ガス72は、HPタービン28を通して送られ、そこでは、燃焼ガス72から熱エネルギーおよび／または運動エネルギーの一部が、外側ケーシング18に結合されたHPタービンステータベーン74およびHPシャフトまたはスプール34に結合されたHPタービンロータブレード76の連続した段によって取り出され、これにより、HPシャフトまたはスプール34が回転し、この結果、HP圧縮機24の運転が支援される。次に、燃焼ガス72は、LPタービン30を通して送られ、そこでは、燃焼ガス72から熱エネルギーおよび運動エネルギーの第2の部分が、外側ケーシング18に結合されたLPタービンステータベーン78およびLPシャフトまたはスプール36に結合されたLPタービンロータブレード80の連続した段によって取り出され、これにより、LPシャフトまたはスプール36が回転し、この結果、LP圧縮機22の運転および／またはファン38の回

転が支援される。

【0023】

その後、燃焼ガス72は、推進力を提供するためにコアタービンエンジン16のジェット排気ノズルセクション32を通して送られる。同時に、空気の第1の部分68の圧力は、空気の第1の部分68が、ターボファン10のファンノズル排気セクション84から排気され、同様に推進力を提供する前にバイパス空気流路62を通して送られるときに大幅に高められる。HPタービン28、LPタービン30、およびジェット排気ノズルセクション32は、コアタービンエンジン16を通して燃焼ガス72を送るための高温ガス通路86を少なくとも部分的に形作っている。

【0024】

次に図2および図3を参照して、ファン38をかなり詳細に説明する。図2は、図1の例示的なターボファンエンジン10のファン38の斜視図を提供しており、図3は、図1の例示的なターボファンエンジン10のファン38のディスク42の斜視図を提供している。

【0025】

描かれている例示的な実施形態に関して、ファン38は、12のファンブレード40を含む。荷重の観点から、このようなブレードの数は、ファン38の全径もまた低減され得る（例えば、例示的な実施形態では約12フィートに）ようにファンブレード40のそれぞれの翼幅が低減されることを可能にする。他の実施形態では、この前記ファン38は、任意の適切なブレードの数および任意の適切な直径を有してもよい。例えば、適切な一実施形態において、ファンは、少なくとも8つのファンブレード40を有してもよい。別の適切な実施形態において、ファンは、少なくとも12のファンブレード40を有してもよい。さらに別の適切な実施形態において、ファンは、少なくとも15のファンブレード40を有してもよい。さらに別の適切な実施形態において、ファンは、少なくとも18のファンブレード40を有してもよい。

【0026】

さらに、ディスク42は、概ね環状の形状（例えば、多角形状）に互いに剛結合されるか、互いに一体成形される複数のディスクセグメント90を含む。1つのファンブレード40は、トラニオン機構92でディスクセグメント90のそれぞれに結合され、トラニオン機構92は、その関連するファンブレード40をディスク42に対してピッチ軸線Pを中心に回転可能にしながらも、ディスク42の回転中にその関連するファンブレード40をディスク42に保持することを容易にする（すなわち、トラニオン機構92は、エンジン中心軸線12を中心とした回転中にファンブレード40によって生成される遠心荷重のための荷重経路をディスク42に提供することを容易にする）。注目すべきは、トラニオン機構92のそれぞれのサイズおよび構成が、ディスク42の直径に直接影響を及ぼすことである。特に、より大きなトラニオン機構92は、ディスク42のより大きな周方向セグメントを占める傾向にあり、したがって、ディスク42のより大きな直径をもたらす傾向にある。一方、より小さなトラニオン機構92は、ディスク42のより小さな周方向セグメントを占める傾向にあり、したがって、ディスク42のより小さな直径をもたらす傾向にある。

【0027】

次に図4～図7を全体的に参照すると、本開示の例示的な実施形態に係る個別のディスクセグメント90およびトラニオン機構92が描かれている。描かれている例示的な実施形態において、トラニオン機構92のそれぞれは、その関連するディスクセグメント90を貫通するものであり、結合ナット94、下方軸受支持体96、第1の線接触軸受98（例えば内輪100、外輪102、および複数のローラ104を有する）、スナップリング106、キーフープ保持器（key hoop retainer）108、セグメント化キー（segmented key）110、軸受支持体112、第2の線接触軸受114（例えば内輪116、外輪118、および複数のローラ120を有する）、トラニオン122、およびダブテール124を含む。軸受98、114としての使用のために、少

10

20

30

40

50

なくとも以下のタイプの線接触タイプの転動体軸受、すなわち、円筒ころ軸受、スラスト円筒ころ軸受、円錐ころ軸受、球面ころ軸受、スラスト球面ころ軸受、針状ころ軸受、および針状円錐ころ軸受 (tapered roller needle bearing) が考えられる。しかしながら、他の例示的な実施形態において、トラニオン機構 9 2 は、さらにまたはあるいは、任意の他の適切なタイプの軸受を含んでもよいことが認識されるべきである。例えば、他の例示的な実施形態において、トラニオン機構 9 2 は、転がり玉軸受または任意の他の適切な軸受を含んでもよい。

【0028】

組み立てられるとき、結合ナット 9 4 は、結合ナット 9 4 とディスクセグメント 9 0 との間にトラニオン機構 9 2 の残りの構成要素を挟むようにディスクセグメント 9 0 に螺合され、これにより、ディスクセグメント 9 0 に取り付けられたトラニオン機構 9 2 を保持する。

10

【0029】

次に特に図 7 を参照すると、描かれている例示的な実施形態において、第 1 の線接触軸受 9 8 は、第 2 の線接触軸受 1 1 4 とは異なる角度に配置されている (ピッチ軸線 P に対するローラ 1 0 4 の中心軸線 1 2 6 およびピッチ軸線 P に対するローラ 1 2 0 の中心軸線 1 2 8 に基づいて測定したときに)。より詳細には、線接触軸受 9 8、1 1 4 は、正面 (または組合せ) 配列で互いに予荷重が加えられ、この場合、中心軸線 1 2 6、1 2 8 は、互いに略垂直に配置される。しかしながら、他の例示的な実施形態において、線接触軸受 9 8、1 1 4 は、その代わりに、互いに略平行に配置されるように並列に配置されてもよいことが認識されるべきである。

20

【0030】

注目すべきは、軸受 9 8、1 1 4 が、ピッチ軸線 P から遠くに離れれば離れるほど、含まれ得るローラ 1 0 4、1 2 0 の数はより多くなる (より多くの量の空間に起因して)。ローラ 1 0 4、1 2 0 の数が増加すると、軸受 9 8、1 1 4 にかかる遠心荷重が、より多くのローラ 1 0 4、1 2 0 に分散され、これにより、個々のローラ 1 0 4、1 2 0 が支持するこのような荷重の量が低減され得る。しかしながら、トラニオン機構 9 2 をよりコンパクトにすることを容易にするために、その関連する軸受 9 8、1 1 4 をピッチ軸線 P のより近くに配置し、これにより、より多くのトラニオン機構 9 2 が、ディスク 4 2 に組み付けられ、その結果、ディスク 4 2 の一定の直径に対してより多くのファンブレード 4 0 が、ディスク 4 2 に結合されることを可能にすることが望ましい。描かれている実施形態に関して、ピッチ軸線 P のより近くへの軸受 9 8、1 1 4 の配置 (したがって、ローラ 1 0 4、1 2 0 の数の減少) に起因する、個々のローラ 1 0 4、1 2 0 が支持する遠心荷重の増加は、点接触のアンギュラ玉軸受ではなく線接触軸受 9 8、1 1 4 を有するトラニオン機構 9 2 を設けることによって対処される。これにより、トラニオン機構 9 2 は、線接触軸受 9 8、1 1 4 が、破損または塑性変形せずにより大きな遠心荷重により良好に耐えることができるため、よりコンパクトにすることができる。より詳細には、線接触軸受 9 8、1 1 4 は、より大きな接触面を有し、したがって、例えば点接触の玉軸受よりも大きな遠心荷重に耐え得る。このように、線接触軸受 9 8、1 1 4 は、点接触の玉軸受よりもピッチ軸線 P の近くに配置され得る。

30

40

【0031】

さらに、描かれている例示的な実施形態に関して、トラニオン機構 9 2 自体によって生成される遠心力の量 (したがって、トラニオン機構 9 2 によって対処されるべき遠心力の量) は、非鉄材料の、第 1 の線接触軸受 9 8 および／または第 2 の線接触軸受 1 1 4 の 1 つ以上の構成要素を形成することによって低減される。このような構成は、軸受 9 8、1 1 4 のそれぞれおよび全体としてのトラニオン機構 9 2 の重量／質量を低減し得る。

【0032】

例えば、本開示の特定の例示的な実施形態において、第 1 の線接触軸受 9 8 および第 2 の線接触軸受 1 1 4 の一方または両方は、セラミック材料またはニッケルチタン合金材料から構成される 1 つ以上の構成要素を含んでもよい。より具体的には、第 1 の線接触軸受

50

98を参照すると、ローラ104、内輪100、および外輪102の1つ以上が、非鉄材料（セラミック材料またはニッケルチタン合金材料など）から構成されてもよい。さらに、第2の線接触軸受114を参照すると、ローラ120、内輪116、および外輪118の1つ以上が、同様に、非鉄材料（セラミック材料またはニッケルチタン合金材料など）から構成されてもよい。本明細書で使用される場合、「セラミック材料」は、軸受での使用に適した任意の種類のセラミック材料（窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）、酸化ジルコニア（ ZrO_2 ）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、および炭化ケイ素（ SiC ）を含むが、これらに限定されない）を意味する。さらに、本明細書で使用される場合、「ニッケルチタン合金材料」は、軸受での使用に適した、ニッケルおよびチタンの金属合金（場合によってはニチノールと呼ばれる）を意味する。

10

【0033】

非鉄材料（セラミック材料またはニッケルチタン合金材料など）の、第1の線接触軸受98および／または第2の線接触軸受114の構成要素の1つ以上を形成することによって、トラニオン機構92の全重量が低減され得る。したがって、長手方向中心線12を中心としたファン38の回転中にトラニオン機構92自体によって生成される、トラニオン機構92にかかる遠心力（すなわち、「死荷重」）が低減され得る（このようなトラニオン機構92は、運転中に付加的な重量を支持する必要がないため）。例えば、特定の例示的な実施形態において、非鉄材料の、第1の線接触軸受98および／または第2の線接触軸受114の構成要素の1つ以上を形成することは、ファン38の回転中にトラニオン機構92にかかる死荷重を10パーセント（10%）または15パーセント（15%）程度低減し得る。したがって、トラニオン機構92の全体サイズがさらに一層低減され得る。より具体的には、このような構成は、軸受98、114が、ピッチ軸線Pのさらに近くに配置されることを可能にし（必要なローラがより少ないため）、トラニオン機構92のサイズをさらに一層低減し得る。

20

【0034】

さらにまたはあるいは、特定の例示的な実施形態において、第1の線接触軸受98および／または第2の線接触軸受114の構成要素の1つ以上（第1の線接触軸受98および第2の線接触軸受114のローラ104、120、内輪100、116、および外輪102、118の1つ以上など）は、それぞれ、比較的低いヤング率（約25,000,000psi以下のヤング率など）を有する材料から構成されてもよい。例えば、特定の例示的な実施形態において、第1の線接触軸受98および／または第2の線接触軸受114の上記の構成要素の1つ以上は、約20,000,000psi以下、約17,000,000psi以下、約15,000,000psi以下、または約14,000,000psi以下のヤング率を有する材料から構成されてもよい。このような例示的な実施形態は、それぞれの構成要素が、このような構成要素がファン38の回転中に弾性的に変形し得るため、力の量の増加（遠心力の量の増加など）に耐えることを可能にし得る。例えば、構成要素が弾性変形するとき、構成要素と隣接する構成要素との接触面の面積が増加し得る。例えば、第1の線接触軸受98のローラ104が比較的低いヤング率を有する材料から構成される特定の実施形態において、ローラ104は、運転中に少なくとも部分的に弾性的に変形し、これにより、例えばローラ104と内輪100および／または外輪102との接触面の面積が増加し、この結果、構成要素間での力のより大きな分散が可能になる。

30

40

【0035】

しかしながら、対照的に、他の例示的な実施形態において、第1の線接触軸受98および／または第2の線接触軸受114の構成要素の1つ以上は、その代わりに、比較的高いヤング率（約35,000,000psi以上、約40,000,000psi以上、または約45,000,000psi以上のヤング率など）を有する材料から構成されてもよい。このような構成は、例えば、より高い剛性を有することによって各軸受のより正確かつ精密な動作を可能にし得る軸受98、114を実現し得る。

【0036】

50

上で説明した実施形態は、より大きな量の推力を生成し得るより小さな可変ピッチファンをガスタービンエンジンに提供することを容易にする。特に、上で説明した実施形態は、例えばより多くのブレードの数およびより短いブレードの長さならびに／またはより低いハブとファンの半径比を有する可変ピッチファンをガスタービンエンジンに提供することを容易にする。このようなファンの効率の向上は、運転中に燃焼される燃料の減少をもたらし得る。上述したように、上記の利点は、増加した荷重を支持する能力を有し、かつファンの回転中により小さな遠心力を生成する、非鉄材料から構成された推力を支持する軸受をトラニオン機構に提供することによって少なくとも部分的に可能となる。したがって、このような軸受は、例えば、より多くのブレードの数に関連する増加した遠心荷重により良好に耐えることができ、および／または、そのサイズは、ハブとファンの半径比の低減に対処するために低減され得る。

10

【0037】

この記載された説明では、最良の態様を含めて本発明を開示するために、さらには、任意の当業者が任意の装置またはシステムの作製および使用ならびに任意の組み込み方法の実行を含めて本発明を実施することを可能にするために、例が使用されている。本発明の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって規定されており、また、当業者によって想到される他の例を含み得る。このような他の例は、特許請求の範囲の文言と異なる構造的要素を含む場合または特許請求の範囲の文言と実質的に異なる均等な構造的要素を含む場合に、特許請求の範囲内にあることが意図されている。

20

【符号の説明】

【0038】

- 10 ターボファンエンジン、ターボファン
- 12 長手方向中心線、長手方向軸線、エンジン中心軸線
- 14 ファンセクション
- 16 コアタービンエンジン、コア
- 18 外側ケーシング
- 20 環状入口
- 22 低圧（LP）圧縮機
- 24 高圧（HP）圧縮機
- 26 燃焼セクション
- 28 高圧（HP）タービン
- 30 低圧（LP）タービン
- 32 ジェット排気ノズルセクション
- 34 高圧（HP）シャフトまたはスプール
- 36 低圧（LP）シャフトまたはスプール
- 38 可変ピッチファン
- 40 ファンブレード
- 42 ディスク
- 44 前縁
- 46 先端
- 48 駆動部材
- 50 パワーギヤボックス
- 52 ピッチ補正装置、カウンタウエイト装置
- 54 回転可能なハブ
- 56 ナセル
- 58 出口ガイドベーン
- 60 下流セクション
- 62 バイパス空気流路
- 64 空気
- 66 入口

30

40

50

6 8	空気の第 1 の部分、矢印	
7 0	空気の第 2 の部分、矢印	
7 2	燃焼ガス	
7 4	H P タービンステータベーン	
7 6	H P タービンロータブレード	
7 8	L P タービンステータベーン	
8 0	L P タービンロータブレード	
8 4	ファンノズル排気セクション	
8 6	高温ガス通路	
9 0	ディスクセグメント	10
9 2	トラニオン機構	
9 4	結合ナット	
9 6	下方軸受支持体	
9 8	第 1 の線接触軸受	
1 0 0、1 1 6	内輪	
1 0 2、1 1 8	外輪	
1 0 4、1 2 0	複数のローラ	
1 0 6	スナップリング	
1 0 8	キーフープ保持器	
1 1 0	セグメント化キー	20
1 1 2	軸受支持体	
1 1 4	第 2 の線接触軸受	
1 2 2	トラニオン	
1 2 4	ダブテール	
1 2 6、1 2 8	中心軸線	
A	軸方向	
P	ピッチ軸線	
R	半径方向	
R ₁	回転可能なハブの半径	
R ₂	ブレードの半径	30

【図 1】

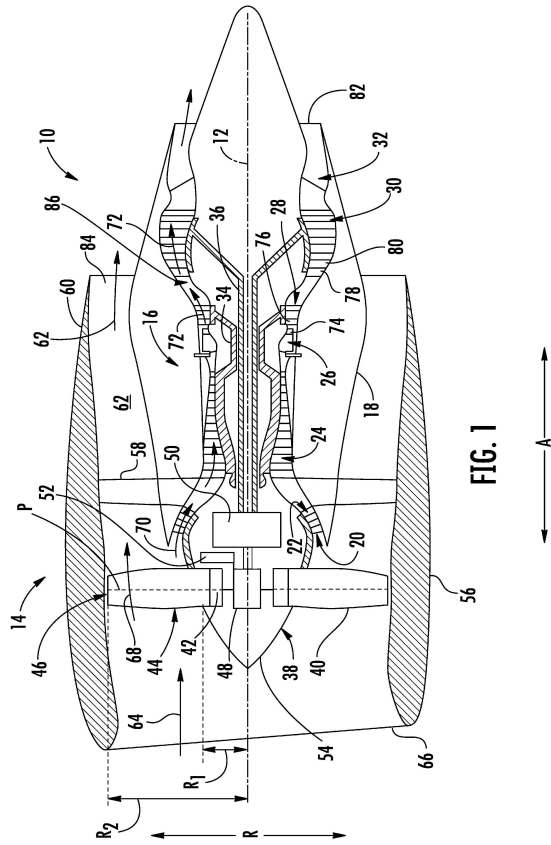


FIG. 1

【図 2】

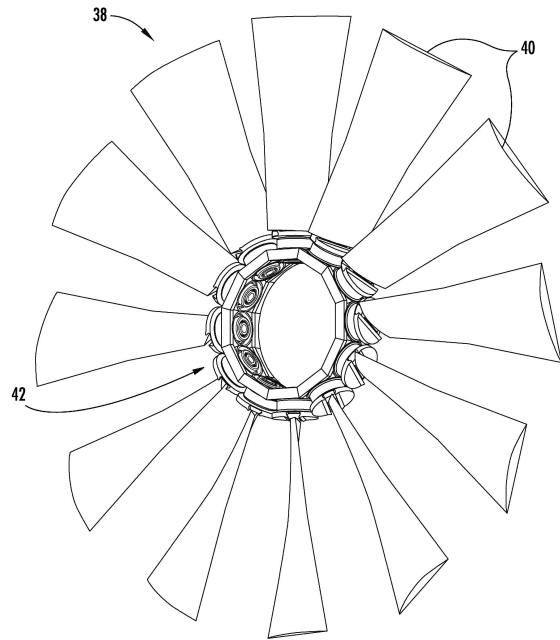


FIG. 2

【図 3】

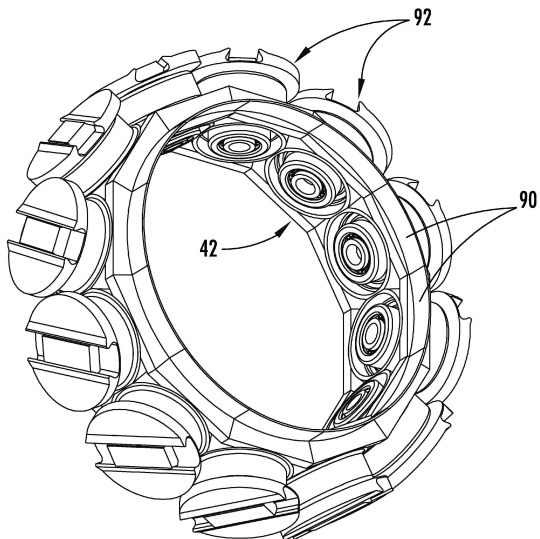


FIG. 3

【図 4】

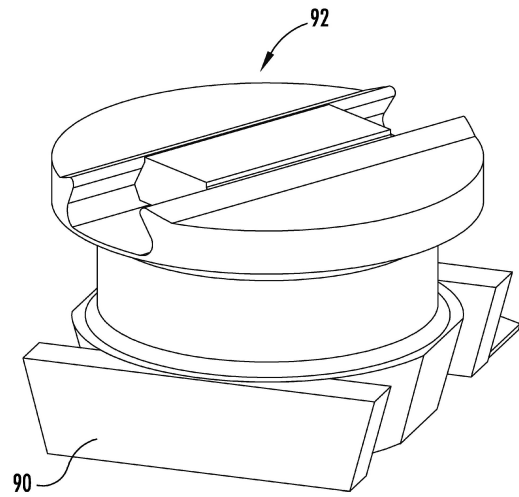
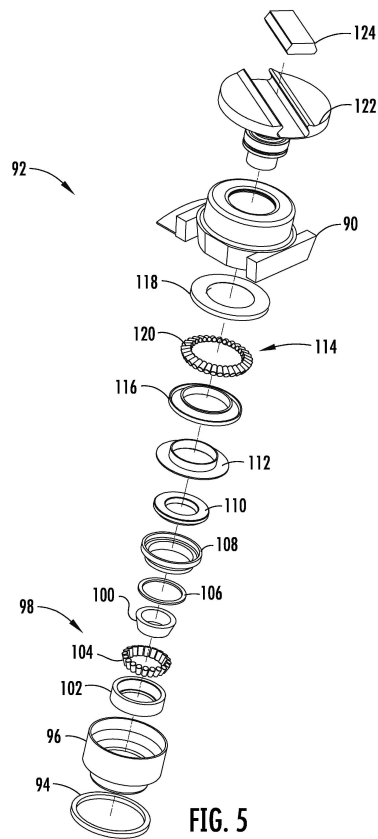
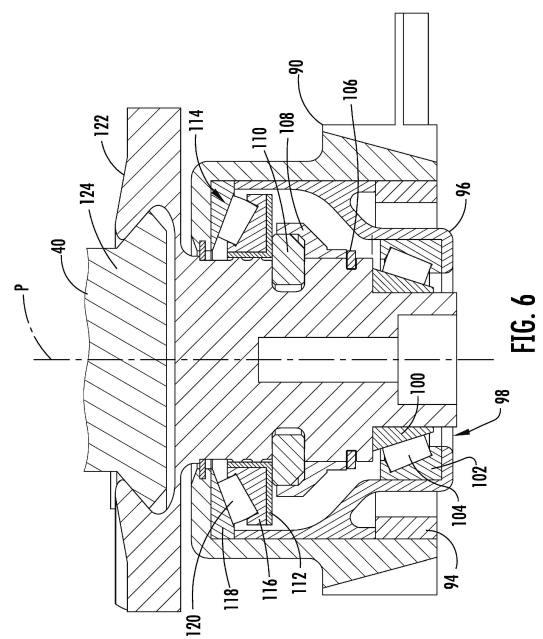


FIG. 4

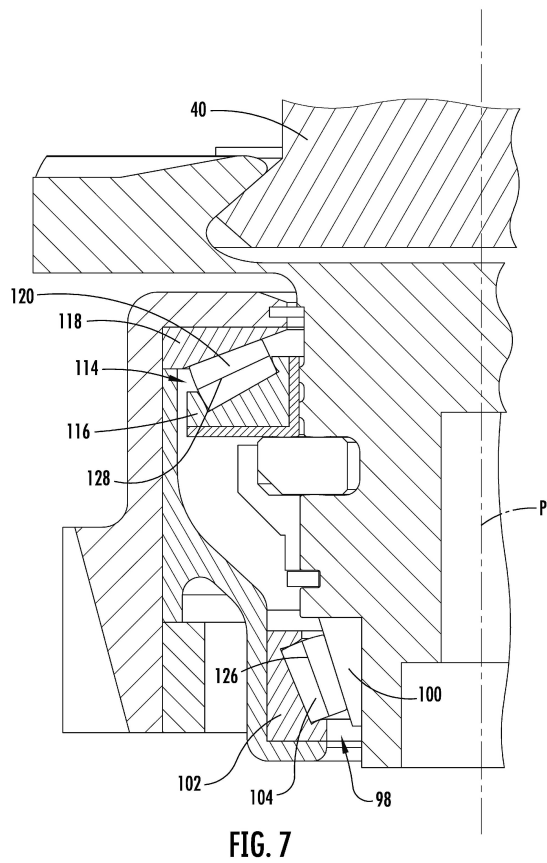
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
F 0 2 K	3/06	(2006.01)	F 0 2 K	3/06	
F 0 2 C	7/06	(2006.01)	F 0 2 C	7/00	C
F 0 1 D	25/00	(2006.01)	F 0 2 C	7/06	Z
F 1 6 C	19/36	(2006.01)	F 0 1 D	25/00	L
F 1 6 C	33/62	(2006.01)	F 1 6 C	19/36	
B 6 4 C	11/06	(2006.01)	F 1 6 C	33/62	
			B 6 4 C	11/06	

- (72)発明者 ゲルト・ジェイ・ファン・デル・メルヴェ
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５２１５、シンシナティ、ワン・ノイマン・ウェイ
- (72)発明者 ブランドン・ウェイン・ミラー
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５２１５、シンシナティ、ワン・ノイマン・ウェイ
- (72)発明者 ダニエル・アラン・ニアガース
アメリカ合衆国、オハイオ州・４５２１５、シンシナティ、エイピーティ２、ワン・ノイマン・ウェイ

審査官 松永 謙一

- (56)参考文献 特開昭６１－２７５５５０（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５４３１５３９（ＵＳ，Ａ）
特開平０５－１４９３２８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０８８８９３（ＪＰ，Ａ）
特表２００８－５１９２２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１７９５９８（ＪＰ，Ａ）
特表２０１２－５２１５１６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１７３６３５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１５２７８８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－００１９９２（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１１５１３９（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１９２３１５（ＪＰ，Ａ）
再公表特許第２００８／１１７４１３（ＪＰ，Ａ１）
特開２００３－２８６８５７（ＪＰ，Ａ）
特表２０１４－５２００３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１４９３２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１６４１３２（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０１６３３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２４５４５５（ＪＰ，Ａ）
特表２０１３－５２３５２６（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０２４２９３（ＪＰ，Ａ）
特開昭５０－１２４０１１（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２３８１６０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－２５６３９７（ＪＰ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | |
|---------|-----------|-----------|
| F 0 1 D | 2 5 / 0 0 | |
| F 0 2 C | 7 / 0 0 | — 7 / 3 6 |
| F 0 2 K | 3 / 0 6 | |

F04D	29/059	—	29/36
F16C	19/00	—	19/56
F16C	33/30	—	33/66