(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7522774号
(P7522774)

(45)発行日　令和6年7月25日(2024.7.25)

(24)登録日　令和6年7月17日(2024.7.17)

(51)国際特許分類		FI		
F02K	*5/00 (2006.01)*	F02K	5/00	
F02C	*7/26 (2006.01)*	F02C	7/26	B
F02C	*7/266(2006.01)*	F02C	7/266	
F02K	*3/06 (2006.01)*	F02K	3/06	
B64D	*27/02 (2006.01)*	B64D	27/02	

請求項の数　11　（全9頁）

(21)出願番号　特願2021-572075(P2021-572075)
(86)(22)出願日　令和2年4月27日(2020.4.27)
(65)公表番号　特表2022-535557(P2022-535557A)
(43)公表日　令和4年8月9日(2022.8.9)
(86)国際出願番号　PCT/FR2020/050716
(87)国際公開番号　WO2020/245516
(87)国際公開日　令和2年12月10日(2020.12.10)
審査請求日　令和5年4月14日(2023.4.14)
(31)優先権主張番号　1906001
(32)優先日　令和1年6月6日(2019.6.6)
(33)優先権主張国・地域又は機関
フランス(FR)

(73)特許権者　315008740
サフラン エアークラフト エンジンズ
フランス国，エフ－７５０１５ パリ，ブールバール デュ ジェネラル マルシアル バラン ２
(74)代理人　100099759
弁理士　青木 篤
(74)代理人　100123582
弁理士　三橋 真二
(74)代理人　100153729
弁理士　森本 有一
(74)代理人　100211177
弁理士　赤木 啓二
(72)発明者　ロマン ギヨーム キュビリエ
フランス国，７７５５０ モワシー－ク

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ターボ機械の加速度を調整する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ターボ機械（１）の加速度を調整する方法であって、

前記ターボ機械（１）は、燃焼室（５）と、前記燃焼室（５）の下流側に位置しかつ高圧軸（８）を回転駆動する、高圧タービン（６）と、前記高圧タービン（６）の下流側に位置し、かつ、低圧軸（９）を回転駆動する低圧タービン（７）とを備える、方法において、

前記方法は、

前記高圧軸（８）の速度が目標値に達するまで、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）と、

前記速度を前記目標値に維持するように、前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）とを備える、ターボ機械（１）の加速度を調整する方法。

【請求項２】

前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）は、発電機モードの第１の電気機械（１１）によって達成される、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）は、電動機モードの前記第１の電気機械（１１）によって達成される、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

前記方法は、前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）と並行し

て行われる、前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するステップ（２５０）を備える、請求項１～３のいずれか１項に記載の方法。

【請求項５】

前記方法が、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）と並行して達成される、前記低圧軸（９）から機械的動力を抽出するステップ（１５０）を備える、請求項１～４のいずれか１項に記載の方法。

【請求項６】

前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するステップ（２５０）は、電動機モードの第２の電気機械（１２）によって達成され、前記低圧軸（９）から機械的動力を抽出するステップ（１５０）は、発電機モードの第２の電気機械（１２）によって達成される、請求項４及び５に記載の方法。

【請求項７】

前記ターボ機械（１）は、前記燃焼室（５）の上流に位置しかつ前記高圧軸（８）によって回転駆動される、高圧圧縮機（４）を備え、

前記方法は、前記高圧圧縮機（４）のサージングパラメータを決定することによって前記高圧圧縮機（４）を監視するステップと、前記高圧圧縮機（４）のサージングパラメータが閾値に達した場合に、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）とを備える、請求項１～６のいずれか一項に記載の方法。

【請求項８】

航空機用ターボ機械（１）において、

前記航空機用ターボ機械（１）は、

燃焼室（５）の下流側に位置しかつ高圧軸（８）に接続されている、高圧タービン（６）と、

前記高圧タービン（６）の下流側に位置しかつ低圧軸（９）に接続されている、低圧タービン（７）と、

機械的動力を前記高圧軸（８）に注入する装置（１１）と、

前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出する装置（１１）と、

前記注入する装置（１１）及び前記抽出する装置（１１）に接続されている制御システム（１３）であって、前記制御システム（１３）は、請求項１～７のいずれか一項に記載のターボ機械の加速度を調整する方法を実施するように構成されている、制御システム（１３）とを備える、航空機用ターボ機械（１）。

【請求項９】

前記注入する装置（１１）は、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）を達成する電動機モードで動作するように構成された第１の電気機械（１１）であり、前記抽出する装置（１１）は、前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）を達成する発電機モードで動作するように構成された前記第１の電気機械（１１）である、請求項８に記載の航空機用ターボ機械（１）。

【請求項１０】

前記ターボ機械は、前記低圧軸（９）に接続されておりかつ前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するステップ（２５０）を達成する電動機モードで作動しかつ前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するように構成された、第２の電気機械（１２）を備える、請求項８～９のいずれか１項に記載の航空機用ターボ機械（１）。

【請求項１１】

前記第２の電気機械（１２）が、前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）を達成する発電機モードで作動し、前記低圧軸（９）から機械的動力を抽出するように構成されている、請求項１０に記載の航空機用ターボ機械（１）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、航空機用ターボ機械の一般分野に関する。

【背景技術】
【０００２】
一般に、航空機用ターボ機械は、高圧（ＨＰ）タービンにより回転駆動される高圧軸（ＨＰ軸）と、低圧タービンにより回転駆動される低圧軸（ＬＰ軸）とを備え、低圧軸はターボ機械のファンを回転駆動させる。
【０００３】
ターボ機械の加速段階の間では、ターボ機械の高圧（ＨＰ）軸と低圧（ＬＰ）軸の間に目標回転数達成のための遅れが発生しうる。実際、本願の出願人は、低圧軸が高圧軸よりも迅速に加速しない傾向があり、従って、低圧軸が高圧軸よりも遅くその目標回転速度に到達することを見出した。本願の出願人は、低圧軸とファンとの間に減速ギアを配置すると、低圧軸の加速の遅れが強く増すことを見出した。
【０００４】
低圧軸の加速度の遅れにより、ファンの加速度の遅れを引き起こし、従って、加速度指令と目標推力が得られる瞬間との間の期間が増す。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
したがって、本発明は、前述した課題に対応する解決策を提供することを目的としている。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
第１の態様によれば、本発明は、ターボ機械の加速度を調整する方法であって、前記ターボ機械は、燃焼室と、前記燃焼室の下流側に位置しかつ高圧軸を回転駆動する高圧タービンと、前記高圧タービンの下流側に位置しかつ低圧軸を回転駆動する低圧タービンとを備える、方法において、方法は、高圧軸の速度が目標値に達するまで機械的な動力を高圧軸に注入するステップと、速度を目標値に維持するように、高圧軸から機械的な動力を抽出するステップとを備えることを特徴とする方法に関する。
【０００７】
このタイプの調整方法により、高圧軸の加速と低圧軸の加速の間の遅れを減らすことができる。加速段階の開始時に、加速を助けるために高圧軸に動力が注入され、次いで、低圧軸の強い加速を可能にするように高圧軸の加速が停止され、次いで、低圧軸は、従来技術よりも急速にその目標速度を達成する。より一般的には、高圧軸及び低圧軸の加速の持続時間は、いずれも従来技術よりも短い。
【０００８】
１つの可能な特徴によれば、高圧軸から機械的な動力を抽出するステップは、発電機モードの第１の電気機械によって達成される。
【０００９】
１つの可能な特徴によれば、機械的動力を高圧軸に注入するステップは、電動機モードの第１の電気機械によって達成される。
【００１０】
１つの可能な特徴によれば、本方法は、機械的動力を高圧軸から抽出するステップと並行して達成される、機械的動力を低圧軸に注入するステップを備える。
【００１１】
１つの可能な特徴によれば、本方法は、機械的動力を高圧軸に注入するステップと並行して達成される、低圧軸から機械的動力を抽出するステップを備える。
【００１２】
１つの可能な特徴によれば、低圧軸に機械的な動力を注入するステップは、電動機モードの第２の電気機械によって達成され、低圧軸から機械的な動力を抽出するステップは、発電機モードの第２の電気機械によって達成される。
【００１３】

一つの可能な特徴によれば、前記ターボ機械は、前記燃焼室の上流に位置しかつ前記高圧軸によって回転駆動される高圧圧縮機を備え、前記方法は、前記高圧圧縮機のサージングパラメータを決定することによって前記高圧圧縮機を監視するステップと、前記高圧圧縮機のサージングパラメータが閾値に達した場合に、前記高圧軸に機械的動力を注入するステップが達成されるステップとを備える。

【００１４】

第２の態様によれば、本発明は、航空機用ターボ機械において、

航空機用ターボ機械は、

燃焼室の下流側に位置しかつ高圧軸に接続されている高圧タービンと、

高圧タービンの下流側に位置しかつ低圧軸に接続されている低圧タービンと、

高圧軸に機械的動力を注入する装置と、

高圧軸から機械的な動力を抽出する装置と、

前記注入装置及び前記抽出装置に接続されている制御システムであって、前記制御システムは、上記の特徴のいずれか１つに従って、前記ターボ機械の加速度を調整するための方法を実施するように構成されている、制御システムとを備える、航空機用ターボ機械に関する。

【００１５】

１つの可能な特徴によれば、注入装置は、電動機モードで作動するように構成された第１の電気機械であり、抽出装置は、発電機モードで作動するように構成された第１の電気機械である。

【００１６】

１つの可能な特徴によれば、ターボ機械は、低圧軸に接続されておりかつ電動機モードで作動し、低圧軸に機械的な動力を注入するように構成された、第２の電気機械を備える。

【００１７】

１つの可能な特徴によれば、第２の電気機械は、発電機モードで作動しかつ低圧軸から機械的な動力を抽出するように構成されている。

【００１８】

本発明の他の特徴及び利点は、限定的な性格を持たない本発明の一実施形態を図示する添付図面を参照して、以下の説明によって明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】図１は、第１の実施形態に係る航空機用ターボ機械を模式的に示す。

【図２】図２は、第２の実施の形態に係る航空機用ターボ機械を模式的に示す。

【図３】図３は、ターボ機械の加速度を調整する方法のステップを模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

図１は、空気流の流れ方向における上流から下流にかけて、ファン２と、低圧（ＬＰ）圧縮機３と、高圧（ＨＰ）圧縮機４と、燃焼室５と、高圧（ＨＰ）タービン６と、低圧（ＬＰ）タービン７とを備える、航空機用の二軸複流式のターボ機械１を模式的に示している。

【００２１】

高圧タービン６は、高圧軸８によって高圧圧縮機４に接続されており、低圧タービン７は、低圧軸９によって低圧タービン３とファン２に接続されている。

【００２２】

さらに、図１及び図２に示すように、ターボ機械１は、ファン２と低圧軸９とを接続する減速機Ｒを備えることができ、減速機Ｒは、ファン２の回転速度と低圧タービン９の回転速度を切り離すことができる。しかしながら、本発明は、ファン２が低圧軸３に直接的に接続され、従って、低圧タービン７に直接的に接続されているターボ機械１にも使用することができる。しかしながら、本発明は、ターボ機械１が減速ギアＲを備える場合に、より有利であり、本願の出願人は、ターボ機械１が減速ギアＲを備える場合に、低圧軸の

慣性が増すことを見出した。

【００２３】

ターボ機械１は、高圧軸８に接続されている第１の電気機械１１を備える。第１の電気機械１１は、一方では、発電機モードで作動し、従って、高圧軸８から機械的動力を抽出し、他方では、電動機モードで作動し、従って、機械的動力を高圧軸８に注入するように構成された可逆機械である。別の可能な変形例によれば、第１の電気機械１１は、発電機であり、可逆的ではなく、この第１の電気機械１１は、この変形例では電動機として動作することができない。

【００２４】

図２に示すように、ターボ機械１は、低圧軸９に接続されている第２の電気機械１２を備えることができる。第２の電気機械１２は、低圧軸９に機械的な動力を注入するように構成された電動機とすることができる。第２の電気機械は、一方では、発電機モードで作動し、従って、低圧軸９から機械的動力を抽出し、他方では、電動機モードで作動し、従って、低圧軸９に機械的動力を注入するように構成された、可逆機械とすることができる。別の可能な変形例によれば、第２の電気機械１２は、電動機であり、可逆的ではなく、この第２の電気機械１２は、この変形例では発電機として動作することができない。

【００２５】

ターボ機械１は、第１の電気機械１１及び第２の電気機械１２に接続されている制御システム１３を備えている。制御システム１３は、前記ターボ機械１が加速するのに要する時間を短縮するためにターボ機械１の加速度を調整する方法を実施するように構成されている。換言すれば、制御システム１３によって実施される方法は、ターボ機械１が加速度指令と目標推力を生成するときの瞬間の間の遅れを低減することができる。この方法により、特に、発進推力達成の遅れを低減することができる。

【００２６】

制御システム１３によって実施されるターボ機械１の加速度を調整する方法は、

高圧軸８の速度が目標値に達するまで、機械的動力を高圧軸８に注入するステップ１００と、

次いで、同一の電気機械１１によって目標値で速度を維持するように高圧軸８から機械的動力を抽出するステップ２００とを備える。

【００２７】

それゆえ、電動機モードで動作する第１の電気機械１１は、目標速度に達するまで高圧軸８を加速するように制御システム１３によって指令される。次いで、発電機モードで動作する第１の電気機械１１は、高圧軸８が目標速度に到達したときに高圧軸８から機械的動力を抽出するように制御システム１３によって指令される。

【００２８】

本願の出願人は、ターボ機械１の高圧軸が目標速度に到達したときに高圧軸８の回転速度を抑制する（高圧軸から機械的動力を抽出する）ことにより、ターボ機械１の低圧軸の速度上昇を加速することができるので、目標推力をより急速に得ることができることを見出した。実際、高圧軸６の回転速度が抑制されていることによって、余分なエネルギーが低圧軸７に伝達される。

【００２９】

制御システム１３は、高圧軸８の補正された速度を使用することによって、ターボ機械の加速度を調整することができる。高圧軸８の補正速度は、高圧軸８の温度加重回転速度に相当する。

【００３０】

ターボ機械１の低圧軸の加速持続時間をさらに減少させることを可能にする１つの有利な変形例によれば、前記高圧軸８が目標速度に到達したとき、前記高圧軸８から抽出された機械的動力が前記低圧軸９に注入される（ステップ２５０）。

【００３１】

この変形例は、第１の電気機械１１を発電機モードで動作するように制御しかつ電動機

モードで動作する第２の電気機械１２に電気を供給する制御システム１３によって実施することができる。電流を適応させるために、第１の電気機械１１と第２の電気機械１２との間に変圧器を配置することができる。

【００３２】

１つの可能な解決策によれば、第１の電気機械１１は、電動機モードで作動するときに電池１４によって電気を供給される。

【００３３】

別の可能な解決法によれば、第１の電気機械１１は、電動機モードで動作するときに発電機モードで動作する第２の電気機械１２によって電気が供給され、第２の電気機械１２は、低圧軸９から機械的な動力を抽出することによって電気を発生させる（ステップ１５０）。実際、本願の出願人は、最初に高圧軸の急速な加速を確保し、次に低圧軸の急速な加速を確保することが有利であることを見出した。電流を適応させるために、第１の電気機械１１と第２の電気機械１２との間に変圧器を配置することができる。

【００３４】

高圧圧縮機４のサージングの危険を低減することを可能にする１つの可能な変形例によれば、制御システム１３は、高圧圧縮機４を監視するステップを実施するように構成されている。この高圧圧縮機４を監視するステップは、高圧圧縮機のサージングパラメータを決定し、高圧圧縮機４のポンピングパラメータが閾値に達したときに機械的動力を高圧軸８に注入することによって達成される。ポンピング（サージング）とは、圧縮機の入口側と圧縮機の出口側との間の圧力差が高すぎるために空気の流れの方向の反転が起こる現象である。

【００３５】

高圧圧縮機４のサージングパラメータは、前記高圧圧縮機４の圧力比、すなわち、前記高圧圧縮機４の出口圧力と前記高圧圧縮機４の入口圧力の比と、高圧圧縮機４の流量とに基づいて決定することができる。したがって、ターボ機械１は、高圧圧縮機４の入口の圧力を測定するように構成された第１の圧力センサと、高圧圧縮機４の出口圧力を測定するように構成された第２の圧力センサとを備えることができ、第１の圧力センサ及び第２の圧力センサは制御システム１３に接続されている。ターボ機械は、また、高圧圧縮機４内の空気の流量を測定するように構成された流量計を備えることができ、この流量計は制御システム１３に接続される。

【００３６】

したがって、制御システム１３が、サージングパラメータの展開を監視し、パラメータの値がサージ現象が発生しそうなことを示すときに、高圧圧縮機４への機械的動力の注入を制御するように構成されていることにより、サージ現象の危険を低減することができる。

【００３７】

この高圧圧縮機４を監視するステップは、方法全体を通して、他のステップと同時に達成される。高圧圧縮機４のサージングパラメータが閾値に達したために前記高圧圧縮機４に機械的動力が注入されると、高圧軸８の速度の抑制は、サージングパラメータが再び閾値を下回るまで一時的に停止される。

また、本開示は以下の発明を含む。

第１の態様は、

ターボ機械（１）の加速度を調整する方法であって、

前記ターボ機械（１）は、燃焼室（５）と、前記燃焼室（５）の下流側に位置しかつ高圧軸（８）を回転駆動する、高圧タービン（６）と、前記高圧タービン（６）の下流側に位置し、かつ、低圧軸（９）を回転駆動する低圧タービン（７）とを備える、方法において、

前記方法は、

前記高圧軸（８）の速度が目標値に達するまで、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）と、

前記速度を前記目標値に維持するように、前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）とを備える、ターボ機械（１）の加速度を調整する方法である。

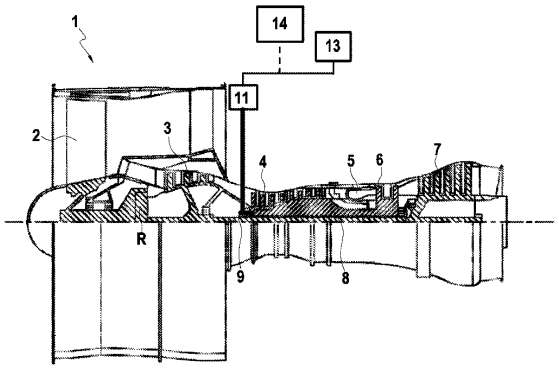
第２の態様は、
前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）は、発電機モードの第１の電気機械（１１）によって達成される、第１の態様における方法である。
第３の態様は、
前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）は、電動機モードの前記第１の電気機械（１１）によって達成される、第２の態様における方法である。
第４の態様は、
前記方法は、前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出するステップ（２００）と並行して行われる、前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するステップ（２５０）を備える、第１の態様～第３の態様のいずれか１つにおける方法である。
第５の態様は、
前記方法が、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）と並行して達成される、前記低圧軸（９）から機械的動力を抽出するステップ（１５０）を備える、第１の態様～第４の態様のいずれか１つにおける方法である。
第６の態様は、
前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するステップ（２５０）は、電動機モードの第２の電気機械（１２）によって達成され、前記低圧軸（９）から機械的動力を抽出するステップ（１５０）は、発電機モードの第２の電気機械（１２）によって達成される、第４の態様及び第５の態様における方法である。
第７の態様は、
前記ターボ機械（１）は、前記燃焼室（５）の上流に位置しかつ前記高圧軸（８）によって回転駆動される、高圧圧縮機（４）を備え、
前記方法は、前記高圧圧縮機（４）のサージングパラメータを決定することによって前記高圧圧縮機（４）を監視するステップと、前記高圧圧縮機（４）のサージングパラメータが閾値に達した場合に、前記高圧軸（８）に機械的動力を注入するステップ（１００）とを備える、第１の態様～第６の態様のいずれか１つにおける方法である。
第８の態様は、
航空機用ターボ機械（１）において、
前記航空機用ターボ機械（１）は、
燃焼室（５）の下流側に位置しかつ高圧軸（８）に接続されている、高圧タービン（６）と、
前記高圧タービン（６）の下流側に位置しかつ低圧軸（９）に接続されている、低圧タービン（７）と、
機械的動力を前記高圧軸（８）に注入する装置（１１）と、
前記高圧軸（８）から機械的動力を抽出する装置（１１）と、
前記注入する装置（１１）及び前記抽出する装置（１１）に接続されている制御システム（１３）であって、前記制御システム（１３）は、第１の態様～第７の態様のいずれか１つにおけるターボ機械の加速度を調整する方法を実施するように構成されている、制御システム（１３）とを備える、航空機用ターボ機械（１）である。
第９の態様は、
前記注入する装置（１１）は、前記電動機モードで動作するように構成された第１の電気機械（１１）であり、前記抽出する装置（１１）は、前記発電機モードで動作するように構成された前記第１の電気機械（１１）である、第８の態様における航空機用ターボ機械（１）である。
第１０の態様は、
前記ターボ機械は、前記低圧軸（９）に接続されておりかつ前記電動機モードで作動しかつ前記低圧軸（９）に機械的動力を注入するように構成された、第２の電気機械（１２）を備える、第８の態様～第９の態様のいずれか１つにおける航空機用ターボ機械（１）である。
第１１の態様は、

前記第２の電気機械（１２）が、前記発電機モードで作動し、前記低圧軸（９）から機械的動力を抽出するように構成されている、第１０の態様における航空機用ターボ機械（１）である。

【図面】

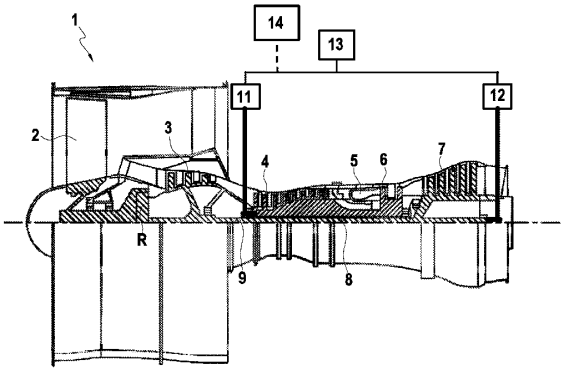
【図１】

[Fig. 1]



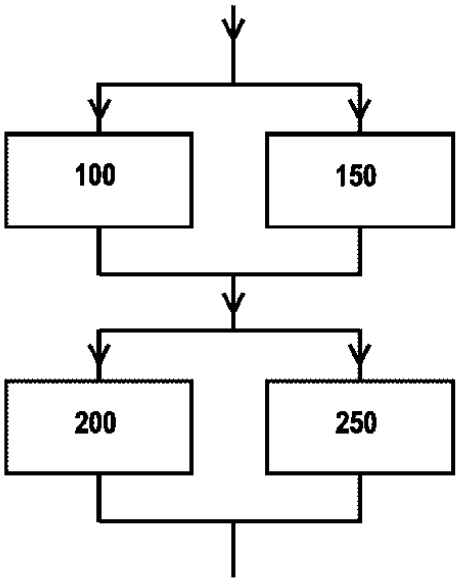
【図２】

[Fig. 2]



【図３】

[Fig. 3]



フロントページの続き

ラマイエル，ロン－ポワン ルネ ラボー－レオ，セ／オ サフラン セピ
(72)発明者 ピエール カブレラ
フランス国，７７５５０ モワシー－クラマイエル，ロン－ポワン ルネ ラボー－レオ，セ／オ サフラン セピ

審査官 佐々木 淳

(56)参考文献 米国特許出願公開第２０１７／０２２６９３４（ＵＳ，Ａ１）
特表２００７－５０５２６１（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０８２３３５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－０４８７８４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０２Ｋ ５／００
Ｆ０２Ｃ ７／２６
Ｆ０２Ｃ ７／２６６
Ｆ０２Ｋ ３／０６
Ｂ６４Ｄ ２７／０２