(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-537458
(P2024-537458A)
(43)公表日　令和6年10月10日(2024.10.10)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H01M	*8/04 (2016.01)*	H01M	8/04	N	5H127
H01M	*8/04089(2016.01)*	H01M	8/04089		
H01M	*8/04119(2016.01)*	H01M	8/04119		
H01M	*8/04537(2016.01)*	H01M	8/04537		
H01M	*8/04828(2016.01)*	H01M	8/04828		

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全23頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2024-524010(P2024-524010)
(86)(22)出願日　令和4年10月20日(2022.10.20)
(85)翻訳文提出日　令和6年6月11日(2024.6.11)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/078437
(87)国際公開番号　WO2023/070037
(87)国際公開日　令和5年4月27日(2023.4.27)
(31)優先権主張番号　63/262,798
(32)優先日　令和3年10月20日(2021.10.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　18/047,976
(32)優先日　令和4年10月19日(2022.10.19)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
最終頁に続く

(71)出願人　503400008
ウッドワード，インコーポレーテッド
Ｗｏｏｄｗａｒｄ，Ｉｎｃ．
アメリカ合衆国 コロラド州 ８０５２４，フォート コリンズ，ウッドワード ウェイ １０８１
１０８１ Ｗｏｏｄｗａｒｄ Ｗａｙ，Ｆｏｒｔ Ｃｏｌｌｉｎｓ，Ｃｏｌｏｒａｄｏ ８０５２４ Ｕｎｉｔｅｄ Ｓｔａｔｅｓ ｏｆ Ａｍｅｒｉｃａ
(74)代理人　100097320
弁理士　宮川 貞二
(74)復代理人　110001519
弁理士法人太陽国際特許事務所
(72)発明者　ハン，イー
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　アノード・カソード間の差圧を制御するための水素燃料電池モジュール

(57)【要約】
本明細書の主題は、とりわけ、加圧水素を受け取るように構成された水素入口と、水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するように構成された水素出口と、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口と、水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータと、水素圧力レギュレータと再循環入口から受け取った水素を混合し、水素混合物を水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュールと、水素燃料電池のアノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュールと、測定される差圧に基づいて、水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラと、を含む水素燃料電池アノード制御システムに具体化することができる。

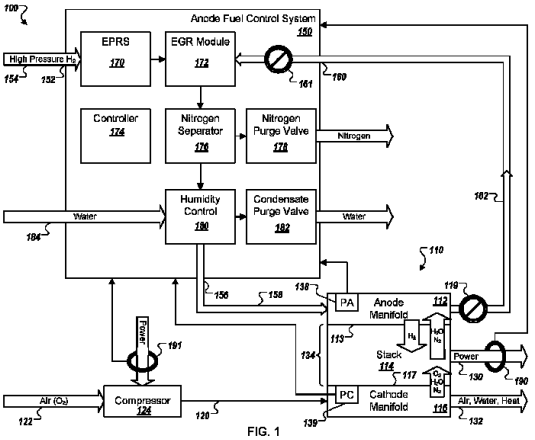


FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
加圧水素を受け取るように構成された水素入口と、
水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するように構成された水素出口と、
前記アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口と、
前記水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータと、
前記水素圧力レギュレータ及び前記再循環入口から受け取った水素を混合し、水素混合物を前記水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュールと、
前記水素燃料電池の前記アノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュールと、
前記測定された差圧に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラと、を備える、
水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項２】
前記コントローラは、前記差圧がほぼゼロとなるように水素圧力を制御するように構成される、
請求項１に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項３】
前記水素圧力レギュレータは、制御可能なガス圧力レギュレータシステムである、
請求項１又は請求項２に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項４】
前記水素再循環モジュールは、ガス再循環ポンプを備える、
請求項１乃至請求項３のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項５】
前記水素再循環モジュールは、ジェットポンプを備える、
請求項１乃至請求項４のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項６】
前記燃料電池の出力電力に基づく電流測定値を受け取るように構成された電流フィードバック入力ポートをさらに備え、前記コントローラは、前記電流測定値に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも一方を制御するようにさらに構成される、
請求項１乃至請求項５のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項７】
前記カソードマニホールドに酸素を供給するように構成されるコンプレッサの入力電力に基づく電流測定値を受け取るように構成された電流フィードバック入力ポートをさらに備え、前記コントローラは、前記電流測定値に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも一方を制御するようにさらに構成される、
請求項１乃至請求項６のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項８】
前記コントローラは、所定の制御モデルに基づいて水素圧力を制御するように構成される、
請求項１乃至請求項７のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項９】
前記水素混合物の湿度レベルを制御するように構成された湿度コントローラをさらに備える、
請求項１乃至請求項８のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項１０】
前記オーバーフローした水素又は前記水素混合物の少なくとも一方の窒素レベルを低減

するように構成された窒素分離器をさらに備える、
請求項１乃至請求項９のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項１１】
前記コントローラは、前記オーバーフローした水素の圧力を制御するように構成された可変圧力制御バルブを制御するようにさらに構成される、
請求項１乃至請求項１０のいずれか一項に記載の水素燃料電池アノード制御システム。
【請求項１２】
アノードマニホールド圧力を測定するステップと、
カソードマニホールド圧力を測定するステップと、
前記測定されたアノードマニホールド圧力及び前記測定されたカソードマニホールド圧力に基づいて、差圧値を特定するステップと、
前記特定された差圧に基づいて、水素圧力レギュレータ、水素再循環モジュール又はアノード出口バルブのうちの少なくとも１つを制御するステップと、を備える、
水素燃料電池のアノードマニホールド圧力を制御する方法。
【請求項１３】
加圧水素を受け取るステップと、
前記水素圧力レギュレータにより、前記受け取った加圧水素を調整圧力に調整するステップと、
アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るステップと、
水素再循環モジュールにより、前記水素圧力レギュレータから受け取った加圧水素を前記受け取ったオーバーフローした水素と混合し、水素混合物を水素出口に供給するステップと、をさらに備える、
請求項１２に記載の方法。
【請求項１４】
前記特定された差圧に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するステップは、前記差圧がほぼゼロとなるように、前記アノードマニホールド圧力を制御するステップをさらに備える、
請求項１２又は請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
前記水素燃料電池の出力電力に基づく電流測定値を受け取るステップと、
前記受け取った電流測定値に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するステップと、をさらに備える、
請求項１２乃至請求項１４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１６】
カソードマニホールドに酸素を供給するように構成されたコンプレッサの消費電力に基づく電流測定値を受け取るステップと、
前記受け取った電流測定値に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するステップと、をさらに備える、
請求項１２乃至請求項１５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１７】
前記コントローラにより、所定の湿度レベルに基づいて前記水素混合物から湿度を制御可能に添加又は除去するために、湿度制御モジュールを制御するステップをさらに備える、
請求項１２乃至請求項１６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１８】
前記オーバーフローした水素又は前記水素混合物の少なくとも１つの窒素レベルを低減するように構成された窒素分離器モジュールをさらに備える、
請求項１２乃至請求項１７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１９】
可変圧力制御により、前記オーバーフローした水素の圧力を制御するステップをさらに

備える、
請求項１２乃至請求項１８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２０】
アノードマニホールド、スタック及びカソードマニホールドを備える水素燃料電池と、
水素燃料電池アノード制御システムであって、
加圧水素を受け取るように構成された水素入口と、
水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するように構成された水素出口と、
前記アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口と、
前記水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータと、
前記水素圧力レギュレータ及び前記再循環入口から受け取った水素を混合し水素混合物を前記水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュールと、
前記水素燃料電池の前記アノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュールと、
前記測定された差圧に基づいて、前記水素圧力レギュレータ又は前記水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラと、を備える前記水素燃料電池アノード制御システムと、を備える、
水素燃料電池アセンブリ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本願は、２０２１年１０月２０日に出願された米国仮特許出願第６３／２６２，７９８号及び２０２２年１０月１９日に出願された米国特許出願第１８／０４７，９７６号に基づく優先権を主張するものであり、その全内容は参照により本明細書に組み込まれる。
【０００２】
本明細書は、水素燃料電池に関する。
【背景技術】
【０００３】
水素燃料電池は、触媒作用による電気化学的プロセスで水素と酸素を消費し、主な生成物として電気を生成し、排出物として水と熱を生成するように構成された装置である。このような装置の魅力は明白であるが、その構造が高度にカスタマイズされ用途に特化していること、大量生産の基盤が開発されていないためコストが高いこと、燃料インフラがまだ確立されていないこと、及び、従来の制御では堅牢性及び耐久性に欠けることから、その実現は遅れている。制御を改善することで、効率及び出力を向上させるだけでなく、堅牢性ならびに耐久性も向上させることができ、結果として燃料電池システムの提案価値が高まる。
【発明の概要】
【０００４】
一般に、本明細書は、水素燃料電池における水素供給を制御するためのシステム及び技術について説示している。
【０００５】
第１の実施例において、水素燃料電池アノード制御システムは、加圧水素を受け取るように構成された水素入口と、水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するように構成された水素出口と、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口と、水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータと、水素圧力レギュレータ及び再循環入口から受け取った水素を混合し、水素混合物を水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュールと、水素燃料電池のアノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュールと、測定された差圧に基づいて、水素圧力レギュレータ又は

水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラと、を含む。

【０００６】

実施例１に係る第２の実施例では、コントローラは、差圧がほぼゼロとなるように水素圧力を制御するように構成される。

【０００７】

実施例１又は２に係る第３の実施例では、水素圧力レギュレータは、制御可能なガス圧力レギュレータシステムである。

【０００８】

実施例１から３のいずれか１つに係る第４の実施例では、水素再循環モジュールは、ガス再循環ポンプを含む。

【０００９】

実施例１から４のいずれか１つに係る第５の実施例では、水素再循環モジュールは、ジェットポンプを含む。

【００１０】

実施例１から５のいずれか１つに係る第６の実施例では、システムは、燃料電池の出力電力に基づく電流測定値を受け取るように構成された電流フィードバック入力ポートをさらに含み、コントローラは、電流測定値に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するようにさらに構成される。

【００１１】

実施例１から６のいずれか１つに係る第７の実施例では、システムは、カソードマニホールドに酸素を供給するように構成されるコンプレッサの入力電力に基づく電流測定値を受け取るように構成された電流フィードバック入力ポートをさらに含み、コントローラは、電流測定値に基づいて、水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するようにさらに構成される。

【００１２】

実施例１から７のいずれか１つに係る第８の実施例では、コントローラは、所定の制御モデルに基づいて水素圧力を制御するように構成される。

【００１３】

実施例１から８のいずれか１つに係る第９の実施例では、システムは、水素混合物の湿度レベルを制御するように構成された湿度コントローラをさらに含む。

【００１４】

実施例１から９のいずれか１つに係る第１０の実施例では、システムは、オーバーフローした水素又は水素混合物の少なくとも１つの窒素レベルを低減するように構成された窒素分離器をさらに含む。

【００１５】

実施例１から１０のいずれか１つに係る第１１の実施例では、コントローラは、オーバーフローした水素の圧力を制御するように構成された可変圧力制御バルブを制御するようにさらに構成される。

【００１６】

第１２の実施例において、水素燃料電池のアノードマニホールド圧力を制御する方法は、アノードマニホールド圧力を測定することと、カソードマニホールド圧力を測定することと、測定されたアノードマニホールド圧力と測定されたカソードマニホールド圧力に基づいて差圧値を特定することと、特定された差圧に基づいて、水素圧力レギュレータ、水素再循環モジュール又はアノード出口バルブの少なくとも１つを制御することと、を含む。

【００１７】

実施例１２に係る第１３の実施例では、本方法は、加圧水素を受け取ることと、水素圧力レギュレータにより受け取った加圧水素を調整圧力に調整することと、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取ることと、水素再循環モジュールにより、水

素圧力レギュレータから受け取った加圧水素を、受け取ったオーバーフローした水素と混合し水素混合物を水素出口に供給することと、をさらに含む。

【００１８】

実施例１２又は１３に係る第１４の実施例では、特定された差圧に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御することは、差圧がほぼゼロとなるようにアノードマニホールド圧力を制御することをさらに含む。

【００１９】

実施例１２から１４のいずれか１つに係る第１５の実施例では、本方法は、水素燃料電池の出力電力に基づく電流測定値を受け取ることと、受け取った電流測定値に基づいて、水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御することと、をさらに含む。

【００２０】

実施例１２から１５のいずれか１つに係る第１６の実施例では、本方法は、カソードマニホールドに酸素を供給するように構成されるコンプレッサの消費電力に基づく電流測定値を受け取ることと、受け取った電流測定値に基づいて、水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御することと、をさらに含む。

【００２１】

実施例１２から１６のいずれか１つに係る第１７の実施例では、本方法は、コントローラにより、湿度制御モジュールを制御して、所定の湿度レベルに基づいて水素混合物から湿度を制御可能に添加又は除去することをさらに含む。

【００２２】

実施例１２から１７のいずれか１つに係る第１８の実施例では、本方法は、オーバーフローした水素又は水素混合物の少なくとも１つの窒素レベルを低減するように構成された窒素分離器モジュールをさらに含む。

【００２３】

実施例１２から１８のいずれか１つに係る第１９の実施例では、本方法は、可変圧力制御バルブにより、オーバーフローした水素の圧力を制御することをさらに含む。

【００２４】

第２０の実施例では、水素燃料電池アセンブリは、アノードマニホールド、スタック及びカソードマニホールドを含む水素燃料電池、並びに加圧水素を受け取るように構成された水素入口、水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するように構成された水素出口、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口、水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータ、水素圧力レギュレータ及び再循環入口から受け取った水素を混合し水素混合物を水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュール、水素燃料電池のアノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュール、及び測定された差圧に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラを含む水素燃料電池アノード制御システム、を含む。

【００２５】

例示的な実施形態において、水素燃料電池アノード制御システムは、加圧水素を受け取るように構成された水素入口と、水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するように構成された水素出口と、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口と、水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータと、水素圧力レギュレータ及び再循環入口から受け取った素を混合し水素混合物を水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュールと、水素燃料電池のアノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュールと、測定された差圧に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラと、を含む。

【００２６】
様々な実施形態として、以下の特徴の一部、又は全てを含むことも、まったく含まないこともできる。コントローラは、差圧がほぼゼロとなるように水素圧力を制御するように構成することができる。水素圧力レギュレータは、制御可能なガス圧力レギュレータシステムとすることができる。水素再循環モジュールは、ガス再循環ポンプを含むことができる。水素再循環モジュールは、ジェットポンプを含むことができる。システムは、燃料電池の出力電力に基づく電流測定値を受け取るように構成された電流フィードバック入力ポートを含むことができ、コントローラは、電流測定値に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するようにさらに構成される。システムは、カソードマニホールドに酸素を供給するように構成されたコンプレッサの入力電力に基づく電流測定値を受け取るように構成された電流フィードバック入力ポートを含むことができ、コントローラは、電流測定値に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するようにさらに構成される。コントローラは、所定の制御モデルに基づいて水素圧力を制御するように構成することができる。システムは、水素混合物の湿度レベルを制御するように構成された湿度コントローラを含むことができる。システムは、オーバーフローした水素又は水素混合物の少なくとも１つの窒素レベルを低減するように構成された窒素分離器を含むことができる。コントローラは、オーバーフローした水素の圧力を制御するように構成された可変圧力制御バルブを制御するようにさらに構成することができる。

【００２７】
例示的な実施態様において、水素燃料電池のアノードマニホールド圧力を制御する方法は、アノードマニホールド圧力を測定することと、カソードマニホールド圧力を測定することと、測定されたアノードマニホールド圧力及び測定されたカソードマニホールド圧力に基づいて差圧値を特定することと、特定される差圧に基づいて、水素圧力レギュレータ、水素再循環モジュール又はアノード出口バルブの少なくとも１つを制御することと、を含む。

【００２８】
様々な実施態様として、以下の特徴の一部、又は全てを含むことも、まったく含まないこともできる。本方法は、加圧水素を受け取ること、水素圧力レギュレータによって受け取った加圧水素を調整圧力に調整すること、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取ること、水素再循環モジュールによって水素圧力レギュレータから受け取った加圧水素を受け取ったオーバーフローした水素と混合すること、及び水素混合物を水素出口に供給することを含むことができる。特定された差圧に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御することは、差圧がほぼゼロとなるように、アノードマニホールド圧力を制御することを含み得る。本方法は、水素燃料電池の出力電力に基づく電流測定値を受け取ることと、受け取る電流測定値に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御することと、を含むことができる。本方法は、カソードマニホールドに酸素を供給するように構成されるコンプレッサの電力消費に基づく電流測定値を受け取ることと、受け取った電流測定値に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御することと、を含むことができる。本方法は、コントローラによって、所定の湿度レベルに基づいて水素混合物から湿度を制御可能に添加又は除去する湿度制御モジュールを制御することを含むことができる。本方法は、オーバーフローした水素又は水素混合物の少なくとも１つの中の窒素レベルを低減するように構成された窒素分離器モジュールを含むことができる。本方法は、可変圧力制御バルブによって、オーバーフローした水素の圧力を制御することを含むことができる。

【００２９】
別の例示的な実施形態において、水素燃料電池アセンブリは、アノードマニホールド、スタック、及びカソードマニホールドを含む水素燃料電池、並びに、加圧水素を受け取るように構成された水素入口、水素燃料電池のアノードマニホールドに流体的に結合するよ

うに構成された水素出口、アノードマニホールドからオーバーフローした水素を受け取るように構成された再循環入口、水素入口から加圧水素を受け取るように構成された水素圧力レギュレータ、水素圧力レギュレータ及び再循環入口から受け取った水素を混合し水素混合物を水素出口に供給するように構成された水素再循環モジュール、水素燃料電池のアノードマニホールドとカソードマニホールドとの間の差圧を測定するように構成された差圧測定モジュール及び、測定された差圧に基づいて水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つを制御するように構成されたコントローラを有する水素燃料電池アノード制御システムを含む。

【００３０】

本明細書に記載のシステム及び技術は、以下の利点の１つ以上を提供し得る。第一に、水素サブシステムは、燃料電池アセンブリの迅速な実装を提供することができる。第二に、本システムは燃料電池の効率を向上させることができる。第三に、本システムは燃料電池の寿命を向上させることができる。第四に、本システムは、燃料電池アセンブリに、燃料電池システムの保守性を向上させるモジュール式ソリューションを提供することができる。

【００３１】

１つ以上の実施態様の詳細は、添付の図面及び以下の説明に記載されている。他の特徴及び利点は、明細書、図面ならびに特許請求の範囲から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】水素燃料電池システムの一例を示す概略図である。

【００３３】

【図２】水素燃料電池システムの他の一例を示す概略図である。

【００３４】

【図３】電子式圧力レギュレータシステムの一例を示す斜視図（透視図）である。

【００３５】

【図４】ジェットポンプの一例を示す斜視図である。

【００３６】

【図５】差圧の一例を示すチャートである。

【００３７】

【図６】水素燃料電池における水素供給制御プロセスの一例を示すフローチャートである。

【００３８】

【図７】一般的なコンピュータシステムの一例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００３９】

本明細書では、水素燃料電池における水素供給を制御するためのシステム及び技術について説明する。一般に、アノード燃料モジュールは、有用な水素燃料電池アプリケーションを迅速に実装するために水素燃料電池スタックと組み合わせて用いることができる統合モジュールとして、流体流導管、制御ループ電子回路、制御可能バルブ及び関連するコンポーネントと共に構成される。一般に、アノード燃料モジュールは、電気需要に基づいて燃料電池アノードへの水素の流れを制御し、燃料電池カソードにおける酸素（例えば、空気）の量を制御し、燃料電池アノードにおける窒素及び水の量を制御し、燃料電池膜を隔てた差圧を監視及び制御し、アノード（陽極）における水素の効率的な再循環を提供するように構成される。

【００４０】

図１は、水素燃料電池システム１００の一例を示す概略図である。システム１００は、負のアノード膜１１３のアノードマニホールド１１２、スタック１１４、及び、正のカソード膜１１７のカソードマニホールド１１６を備える水素燃料電池１１０を含む。アノードマニホールド１１２は、水素燃料を受け取るように構成され、カソードマニホールドは

、一般に、コンプレッサ１２４によって圧縮されて又はその他の方法で供給される空気１２２から酸素１２０を受け取るように構成される。水素燃料電池では、アノードマニホールド内の触媒が水素分子を陽子と電子に分離し、それぞれ異なる経路でカソードに向かう。電子は電力経路（ｐｏｗｅｒ　ｏｕｔｌｅｔ）１２０を通って外部回路に向かい、電気の流れを作る。陽子はスタック１１４を通ってカソードに至り、そこで陽子は酸素及び電子と結合し、排出１３２で水と熱を生成する。

【００４１】

スタック１１４は、水素燃料電池１１０内で起こる電気化学反応から直流（ＤＣ）電力の形で電気を生成する。図で示した例では、単一の水素燃料電池が示されているが、いくつかの実施形態では、複数（例えば、数十個又は数百個）の燃料電池を組み合わせることができる。例えば、単一の燃料電池は、通常、約１Ｖを生成することができるので、いくつかの実施形態では、個々の燃料電池を複数直列に組み合わせて燃料電池スタックとすることができる。例えば、燃料電池スタックの中には数百個の燃料電池を含むものもある。いくつかの実施形態では、燃料電池によって生成される電力量は、燃料電池のタイプ、セルのサイズ、作動温度及びセルに供給されるガスの圧力などの様々な要因に依存し得る。

【００４２】

アノードマニホールド１１２は、触媒層の集合体を含む。いくつかの実施形態において、触媒層は、大きな表面積を有する炭素支持体上に分散されるナノメートルサイズの白金微粒子を含むことができる。この白金微粒子触媒は、イオン伝導性ポリマー（例えば、アイオノマー）と混合し、膜とガス拡散層（ＧＤＬ）との間に配置することができる。アノードマニホールド１１２では、白金触媒によって水素分子を陽子と電子に分離することを可能にする。カソードマニホールド１１６では、白金触媒がアノードマニホールド１１２で生成される陽子と反応することによって酸素還元を可能にし、水を生成する。アイオノマーは触媒層に混合されると、非導電性でありながら、陽子がこれらの層を通過できるようになり、生成される電子を、電気回路を通って移動させて、電力を生成する。

【００４３】

ＧＤＬ（図示せず）は、触媒層の外側に配置され、反応ガスを触媒層に運ぶとともに、反応によって生成される水を除去するように構成される。いくつかの実施形態において、ＧＤＬは、炭素繊維がポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）で部分的に被覆されたカーボン紙のシートで作ることができる。ガスはＧＤＬの細孔を通って速やかに拡散し、細孔は疎水性であるＰＴＦＥによって開いた状態に保たれ、過剰な水の蓄積を防ぐことができる。いくつかの実施形態では、ＧＤＬの内表面を、ＰＴＦＥと混合した高表面積炭素の薄層（例えば、微多孔層）で被覆することができる。微多孔層は、水の保持（例えば、膜の導電性の維持を助けることができる）と水の放出（例えば、水素及び酸素がアノードマニホールド１１２及びカソードマニホールド１１６に拡散することができるように細孔を開いた状態に維持するために行われる）との間のバランス調整を助けることができる。

【００４４】

コンプレッサ１２４は、入口で受け取った大気を圧縮し、流体導管によってカソードマニホールド１１６の入口に流体的に接続された出口に、所定の圧力で供給するように構成される。一般に、燃料電池の性能は反応ガスの圧力が高くなるにつれて向上する。アノードマニホールド１１２内の圧力は、アノードマニホールドに流入する加圧水素の供給と、流量コントローラ１１９（例えば、固定オリフィス又は可変オリフィス）を通る流出する流れによって生成される。カソードマニホールド１１６内の圧力は、コンプレッサ１２４から供給される圧力に基づく。

【００４５】

いくつかの実施形態において、コンプレッサ１２４は、入口からの空気１２２の圧力を周囲大気圧の約２～４倍まで上昇させるように構成することができる。しかしながら、アノードマニホールド１１２及びカソードマニホールド１１６内の反応ガスの圧力が不均衡である場合、差圧１３４が膜１１３、１１６及びスタック１１４を隔てて形成され得る。過度の圧力差（例えば、ゼロ付近の所定の許容範囲を超える差）は、膜１１３、１１６を

損傷する可能性があるため、差圧１３４を防止、除去、又は他の方法で低減するためには、反応ガスの圧力を比較的等しく保つ必要がある。

【００４６】

燃料電池１１０への水素の流れを制御し、差圧１３４を制御するために、水素燃料電池アノード制御システム１５０が提供される。一般に、システム１５０は、水素燃料電池ソリューションの迅速な展開及び設定を可能にするために、水素流体回路によって燃料電池１１０に迅速に接続することができるモジュール式システムとして構成され、閉じたフィードバックループに基づいて水素流を能動的に制御することによって、燃料電池膜を隔てた差圧を制御することができる。

【００４７】

システム１５０は、加圧水素供給源に結合され所定の圧力で加圧水素１５４を受け取るように構成される水素入口ポート１５２と、アノードマニホールド１１２に加圧水素１５８を供給するように構成される流体導管に結合するように構成される水素出口ポート１５６と、を含む。システム１５０はまた、アノードマニホールド１１２の出口にも結合する流体導管に結合された再循環入口ポート１６０を含む。再循環入口ポート１６０は、アノードマニホールド１２２から再循環（例えば、オーバーフローした水素）ガス１６２を受け取るように構成される。再循環ガス１６２は、消費されていない水素を豊富に含む可能性があるため、システム１５０は、システム１００を通して未使用の水素を再循環させ、燃料電池１１０によって消費される水素を補充するために加圧水素１５８を用いることによって、水素効率を維持するように構成される。

【００４８】

消費される水素の補充は、電子制御圧力レギュレータシステム（ＥＰＲＳ）１７０とジェットポンプ１７２によって行われる。ＥＰＲＳ１７０は、加圧水素１５８を受け取り、圧力を使用可能なレベルまで制御可能に減圧するように構成される。ＥＰＲＳ１７０の例については、２０１８年３月１９日に出願された米国特許出願第１１，０９２，０９１号に詳しく記載されており、その内容は参照により本明細書に組み込まれる。ＥＰＲＳ１７０は、コントローラ１７４によって制御され、燃料電池１１０によって消費される水素の補充を制御し、燃料電池１００へ水素を供給するための全体的な圧力を制御するように構成される。

【００４９】

ジェットポンプ１７２は、（運転余剰により）消費されなかった水素をスタック１１３から再循環させ、水素送り込み機構に戻すように構成される。ジェットポンプ１７２の作動は、コントローラ１７４によって制御される。ジェットポンプ１７２の例については、米国特許出願第１０，３１６，８０３号（２０１７年９月２５日出願）、及び米国特許出願第１０，９９５，７０５号（２０１９年２月７日出願）に詳しく記載されており、その内容は参照により本明細書に組み込まれる。特許第１０，３１６，８０３号では、ジェットポンプは、排気ガス再循環（ＥＧＲ）の文脈で用いられるが、ジェットポンプ１７２の例では、オーバーフローした水素を再循環させるために用いられる。詳細は後述するが、ジェットポンプ１７２は、２つの入口（ｉｎｌｅｔ、吸気口）と１つの出口（ｏｕｔｌｅｔ、排気口）を有し、（例えば、二次流体を受け取るように構成される）一方の入口は、再循環水素を受け取るためにアノードマニホールド１１２に流体的に結合して構成され、（例えば、一次加圧流体を受け取るように構成される）他方の入口は、新鮮な水素受け取るためにＥＰＲＳ１７０に結合して構成される。ジェットポンプは、新鮮な流れが、再循環ガスの流れを新鮮な水素の流れに引き込む、吸い込む、汲み上げる又はその他の方法で促進する、ベンチュリー効果を生み出すことができるように構成された、収束／分岐流路で構成される。新鮮な水素及び再循環水素は、ジェットポンプ１７２内で混合され出口から排出され、適切に設計された面積膨張（ａｒｅａ　ｅｘｐａｎｓｉｏｎ）により、速度を圧力に変換して圧力を回復する。いくつかの実施態様では、ジェットポンプ１７２のベンチュリー効果により、ジェットポンプ１７２は、インペラ又は他の可動部品を用いずに、再循環ガスの流れを促すことができる。いくつかの構成では、ジェットポンプ１７２は

、外部から供給される総ポンプ電力（これは寄生電力消費を表し、したがって、システム全体の電気効率を低下させる）を低減するために、動力付きのインペラと共に用いられ得る。詳細は後述するが、コントローラ１７４は、ＥＰＲＳ１７０及びジェットポンプ１７２の作動を制御し、必要に応じてアノード出口オリフィスを制御してアノードマニホールド１１２内の圧力を制御するように構成される。

【００５０】

システム１５０は、窒素分離器１７６及び窒素パージバルブ１７８をさらに含む。窒素分離器は、ジェットポンプ１７２の出口に流体的に結合している。燃料電池１１０の運転中、カソードマニホールド１１６内の空気から、窒素がスタックを隔ててアノードマニホールド１１２に移動（例えば、窒素クロスオーバー）する。しかしながら、窒素は時間の経過とともに蓄積し、アノードマニホールド１１２への流れにおける窒素の存在は、水素によって占有され得る容積を占め、膜の細孔を塞ぎ、ＧＤＬへの水素のアクセスを制限し、選択された圧力で存在する水素の量を減少させ、システム１００の効率を低下させる。窒素分離器１７６は、流れから窒素を除去し（例えば、窒素含有量を約５％以下に低減し）、パージバルブ１７８を通してシステム１００から窒素を除去するように構成される。しかしながら、窒素を除去するとアノードの流れ内の分子体積が解放（ｆｒｅｅｓ　ｕｐ）され、アノード圧力の低下を引き起こす。窒素分離器１７６及び窒素パージバルブ１７８は、コントローラ１７４によって制御される。いくつかの実施態様では、コントローラ１７４は、アノードマニホールド１１２内のガス圧力に部分的に基づいて窒素分離器１７６を制御することができる。いくつかの実施形態では、窒素分離器が省略される場合があり、窒素を含む再循環ループ内の水素も除去（ｐｕｒｇｅ）される可能性があるため、消費可能な水素も失われることになる。これは、水素消費量の約５～７％の損失となる可能性があり、全体として非常に大きな効率損失となる。

【００５１】

システム１５０は、湿度コントローラ１８０及び凝縮水パージバルブ１８２をさらに含む。湿度コントローラ１８０は、窒素分離器１７６の出口に流体的に結合している。燃料電池１１０の運転中、アノードマニホールド１１２の水素ガスがカソードマニホールド１１６に供給される空気からの酸素と結合して水が形成され、追加の水（例えば、空気中の周囲湿度）がカソードマニホールド１１６からアノードマニホールド１１２にクロスオーバーする可能性がある。しかしながら、燃料電池１１０の効率的かつ長期的な運転を促進するためには、この湿度を制御する必要がある。いくつかの実施形態では、湿度コントローラは、コントローラ１７４によって制御することができる。いくつかの実施形態では、湿度コントローラ１８０は、独立して（例えば、所定の湿度閾値レベルに基づいて）作動することができる。

【００５２】

過度の湿度は、膜１１３、１１７の細孔を塞ぎ、燃料電池１１０の効率を低下させる可能性がある。湿度コントローラ１８０は、水素流中の湿度を所定の湿度レベルまで制御可能に低下させ、パージバルブ１８２を通して抽出された水を除去するように構成される。しかしながら、水はアノードマニホールドへの水素流の容積を占めるため、湿度の除去は圧力の低下を引き起こす可能性がある。詳細は後述するが、コントローラ１７４は、アノードマニホールド１１２内の圧力を制御するように構成される。

【００５３】

湿度が十分でない場合も、燃料電池に悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、膜１１３、１１７は一般に乾燥すると適切に機能せず、最終的にはひび割れ又は破損して、燃料電池の効率低下及び／又はシステム故障につながる可能性がある。湿度コントローラ１８０は、水１８４の流入を受けて、水素流を所定の湿度レベルに制御可能に加湿するように構成される。しかしながら、水は水素流内の容積を占有するため、湿度が加わるとアノードマニホールド１１２の圧力が変化する可能性がある。詳細は後述するが、コントローラ１７４は、アノードマニホールド１１２内の圧力を制御するように構成される。

【００５４】

コントローラ１７４は、圧力センサ及び温度センサとして構成されるアノードセンサ１３８から、アノードマニホールド１１２内の温度及び圧力を表す温度信号及び圧力信号を受け取るように構成される。いくつかの実施形態では、温度センサ及び圧力センサの機能は、別々のセンサによって提供されてもよい。コントローラ１７４はまた、圧力センサとして構成されるカソードセンサ１３９から、カソードマニホールド１１６内の圧力を表す圧力信号を受け取るように構成される。コントローラ１７４は、圧力センサ１３８及び圧力センサ１３９によって提供される信号間の差を比較することによって、差圧１３６を特定するように構成される。いくつかの実施態様では、圧力信号及び温度信号は、コントローラ１７４で使用され得、アノードマニホールド１１２における圧力のモデルに基づくフィードバック制御を実行することができる。いくつかの実施形態では、制御精度要求（±１％）のため２つの独立した圧力センサの代わりに、本物の「デルタ圧力センサ」を用いることができ、いくつかの実施態様では、差圧目標は約１００～２００ｍｂａｒ（ミリバール）であり得、供給圧力は約１～４ｂａｒ（バール）絶対圧であり得る。

【００５５】

燃料測定バルブ１６１は、アノードマニホールド１１２の出口流路面積を制御するように構成される。バルブ１６１を制御することにより、コントローラ１７４はアノードマニホールド１１２内の背圧を制御することができる。さらに、ジェットポンプ１７２は、再循環流量測定に用い得る。

【００５６】

コントローラ１７４は、差圧１３４及び感知された温度に基づいて、アノードマニホールド１１２における圧力を制御するように構成される。例えば、差圧１３４は、必要とされる圧力変化の量を表すことができる。追加の圧力が必要な場合、コントローラ１７４はＥＰＲＳ１７０を制御してより多くの新鮮な水素を水素流に流入させることができ、コントローラ１７４は、ジェットポンプ１７２を制御して水素流に再流入させる再循環水素の量を減少させることができ（例えば、ジェットポンプ１７２を通る新鮮及び／又は再循環流を制御するように構成される１つ以上のバルブ、及び／又は可変面積ノズルを作動させることによって背圧を生成する）、及び／又はコントローラ１７４はバルブ１６１又はバルブ１１９を制御してアノードマニホールド１１２内の背圧を増加させることができる。圧力が高すぎる場合、コントローラ１７４は、ＥＰＲＳ１７０を制御して新鮮な水素の水素流への流れを減少させ、ジェットポンプ１７２を制御して（例えば、再循環流及び／又は新鮮流を制御するジェットポンプ１７２内の１つ以上のバルブを作動させて）水素流に再流入させる再循環水素の量を増加させ、及び／又は、バルブ１６１を制御してアノードマニホールド１１２内の背圧を減少させることができ、さらに、迅速に圧力を減少させる必要がある場合は、窒素パージバルブを開くことができる。水素が燃料電池で消費されるにつれて、アノードマニホールド１１２内の圧力は低下する。いくつかの実施態様では、水素流の湿度は、コントローラ１７４によって測定し用いることができ、アノードマニホールド１１２における圧力のモデルに基づくフィードバック制御を実行することができる。

【００５７】

コントローラ１７４は、湿度コントローラ１０８を制御して、水素流から容積占有水を添加又は除去することにより、圧力を制御することもできる。コントローラ１７４はまた、窒素分離器１７６を制御して、水素流中の窒素を選択的に除去又は保持することにより、圧力を制御することもできる。いくつかの実施態様では、水素流中の窒素濃度は、コントローラ１７４によって測定し用いることができ、アノードマニホールド１１２における圧力の、モデルに基づくフィードバック制御を実行することができる。

【００５８】

コントローラ１７４はまた、燃料電池１１０によって消費される水素量に基づいて圧力を制御するように構成される。電流センサ１９０は、燃料電池１１０の出力電力１３０の電流量を感知し、電流測定信号をコントローラ１７４に供給するように構成される。燃料電池１１０によって消費される水素の量は、生成される出力電力１３０の量に比例するた

め、コントローラ１７４は、消費量を補うために、加圧水素１５４から必要とされる追加の水素量をモデル化し、推定及び／又は予測することができる。

【００５９】

コントローラ１７４はまた、アノードマニホールド１１２における圧力の（例えば、モデルに基づく）フィードフォワード制御を実行するように構成される。電流センサ１９１は、コンプレッサ１２４への入力電力１９２の電流量を感知し、コントローラ１７４に電流測定信号を供給するように構成される。カソードマニホールド１１６に供給される圧力量は、カソードマニホールド１１６に存在し得る圧力と比例し、及び／又は予測されるため、電流センサ１９１からの電流信号は、カソードマニホールド１１６の現在の圧力をモデル化して推定し、及び／又はカソードマニホールド１１６の将来の圧力を予測するために、コントローラ１７４によって使用され得る。

【００６０】

いくつかの実施形態では、外部燃料電池システムコントローラからの「臨機応変の（ｈｅａｄｓ－ｕｐ、先行の）」電力要求により、性能を向上させることができる。いくつかの実施態様では、電力設定値を特定することができ、さらに、外部燃料電池システムコントローラは、有限の所定の期間にわたってコンプレッサの出力を増加させて（ｒａｍｐ、つりあげて）新しい設定値に移行させることができる。いくつかの例では、これを事前に検知することで、コントローラ１７４が補充水素の必要量を予測し、フィードフォワードモデルによって水素消費量を正確に一致させることができ、同時に再循環及びその他の流れを管理してアノードマニホールド圧力を維持し、膜を隔てた差圧を維持することができる。コントローラ１７４は、カソードマニホールド圧力を監視することができるのに対して、外部燃料電池システムコントローラは、カソードマニホールド１１６の変化率及び／又は目標圧力値を特定することができる。例えば、コントローラ１７４は、燃料電池の出力電流、コンプレッサへの電流といった不確実な情報と、公知の数学的－物理学的関係（例えば、モデル）の情報を橋渡しすることができ、物理モデルへの入力である現在及び／又は将来の水素需要を特定することができ、出力は、膜を隔てた差圧の非常に小さな偏差を維持しながら消費需要の変化を満たすように構成されるアクチュエータ設定とすることができる。

【００６１】

図２は、他の一例の水素燃料電池システム２００を示す概略図である。一般に、システム２００は、図１の例示的なシステム１００と実質的に類似しており、水素燃料電池アノード制御システム２５０を備え、ＥＰＲＳ１７０が圧力レギュレータ２７０に置き換えられ、ＥＧＲシステム１７２が再循環ポンプ２７２に置き換えられている。

【００６２】

いくつかの実施形態では、圧力レギュレータ２７０は、加圧水素１５４の圧力を所定の固定圧力に調整するように構成される固定圧力レギュレータとすることができる。いくつかの実施形態では、圧力レギュレータ２７０は、所定の圧力に設定できる手動調整可能な圧力レギュレータとすることができる。いくつかの実施形態では、圧力レギュレータ２７０は、制御可能な圧力レギュレータとすることができる。例えば、圧力レギュレータ２７０は、コントローラ１７４によって、コントローラ１７４により予め特定される制御圧力に制御することができる。

【００６３】

再循環ポンプ２７２は、アノード再循環ブロワであり、スタック１１３から（運転余剰により）消費されなかった水素を再循環させ、水素流に戻すように構成される。再循環ポンプ２７２の作動は、コントローラ１７４によって制御される。

【００６４】

図３は、例示的な電子式圧力レギュレータシステム（ＥＰＲＳ）３００の斜視図である。いくつかの実施形態では、ＥＰＲＳ３００は、図１の例示的なＥＰＲＳ１７０とすることができる。

【００６５】

ＥＰＲＳ３００は、入口３１０及び出口３２０、ならびに入口３１０から出口３２０への流れを選択的に許可、制限、及び／又は遮断するように構成されるバルブ３３０を含む。バルブ３３０は、外部コントローラ（例えば、図１のコントローラ１７４）によって制御されるように構成されるアクチュエータ３４０によって作動される。ＥＰＲＳ３００は、高精度かつ大規模な遮断をするためにポート付きボールバルブを用い、バルブを正確に動かすのに十分なトルク能力を有するロータリーバルブによって作動される。いくつかの実施形態では、ＥＰＲＳ３００はまた、水素一次流量を測定することを可能にする、モデルに基づく数学的処理を実装することができる。

【００６６】

図４は、例示的なジェットポンプ４００の斜視図である。いくつかの実施形態では、ジェットポンプ４００は、図１の例示的なジェットポンプ１７２とすることができる。

【００６７】

ジェットポンプ４００は、１つ以上のハウジング又はケーシング４０２で構成される。ケーシングの端壁の開口部は、ケーシング４０２によって画定される内部流路４２２の水素入口４１０及び出口４２０を画定する。内部流路４２２は、水素入口４１０からの流れを出口４２０に導き、ジェットポンプ４００を通る流れを可能にする。ジェットポンプ４００は、ケーシング４０２内で、水素入口４１０から出口４２０への流路に収束ノズルを含んでいる。この収束ノズルは、収束端に向かって流れ方向に収束する収束部分を含む。すなわち、収束ノズルの下流端（出口）は、収束ノズルの上流端（入口）よりも小さい断面積、例えば、小さい流路面積を有する。収束ノズルは、収束せず、断面の流路面積を変えることなく比較的直線のままである部分を含み得る。このような部分は、収束ノズルをジェットポンプ４００内に保持するために用いることができる。ジェットポンプ４００は、ガス受けハウジング４３０を含み、ハウジング４３０は、再循環流（例えば、例示的な再循環入口ポート１６０に接続され、再循環ガス１６２を受け取る）から、ガスハウジング４３０の内部受けキャビティに供給される、再循環流に流体的に接続される１つ以上のガス入口４３２を含む。図示された実施態様において、ハウジング４３０は、収束ノズルの一部が内部受けキャビティ４２２内にあるように、収束ノズルを取り囲む。収束ノズルは、収束ノズルの収束端からガスの自由噴流を形成するように配置される。さらに、ガス入口４３２は、収束ノズルの収束端の上流にある。図示された実施態様は、収束ノズルが少なくとも部分的にガス受けハウジング４３０内にあることを示しているが、他の設計を利用することもできる。

【００６８】

収束－分岐ノズルは、収束ノズルの収束部分の下流にあり、収束端であるガス入口４３２からの流体流を受けるように流体的に結合している。混合を促進するために、収束－分岐ノズルの入口は、収束ノズルの出口よりも大きな面積を有する。収束－分岐ノズルは、水素入口４１０、スロート、出口４２０の３つの部分を含む。スロートは収束－分岐ノズルの最も狭い箇所であり、収束－分岐ノズルの水素入口４１０の下流に位置し、流体的に接続している。スロートで収束－分岐ノズルが狭くなることにより、収束－分岐ノズルを通過する流体流の流速が増加する。収束－分岐ノズルの出口４２０は、アノードマニホールド１１２に流体的に接続し、アノードマニホールド１１２の上流にある。スロートと出口４２０との間で、収束－分岐ノズルを通る流路の断面積が増加する。断面積の増加は流速を遅くし、流体流の圧力を上昇させる。場合により、断面積の増加は、ジェットポンプ４００を隔てて圧力降下がゼロ、公称値（ｎｏｍｉｎａｌ、定格）、それ以外の場合は小さい値になるように、ジェットポンプ４００内の圧力を増加させるような大きさにすることができる。

【００６９】

図５は、差圧のチャート５００である。チャート５００は、例示的なアノードマニホールド圧力（Ｐ１）、例示的なカソードマニホールド圧力（Ｐ２）、及び差圧Ｐ３＝Ｐ２－Ｐ１を示す。既存の燃料電池の中には、カソード圧力が２つの圧力のうち高い方になるように設計されるものもある。チャート５００は、パワーアップ過渡（ｔｒａｎｓｉｅｎｔ

、移行）時に、スタック水素と空気消費量の増加により、Ｐ１及びＰ２の圧力が減少することを示している。チャート５００は、独立して制御されるカソードマニホールド圧力の差圧の所定許容範囲内でアノード圧力を管理するために、モデルに基づく制御を用いて水素流を管理する方法の例を示す。

【００７０】

図６は、水素燃料電池における水素供給制御プロセス６００の一例を示すフローチャートである。いくつかの実施態様において、プロセス６００は、図１及び図２の例示的なコントローラ１７４によって実行され得る。

【００７１】

６１０では、アノードマニホールド圧力が測定される。例えば、コントローラ１７４は、センサ１３８から圧力信号を読み取り、アノードマニホールド１１２内の圧力を測定することができる

【００７２】

６２０では、カソードマニホールド圧力が測定される。例えば、コントローラ１７４は、センサ１３９から圧力信号を読み取り、カソードマニホールド１１６内の圧力を測定することができる。

【００７３】

６３０では、測定されたアノードマニホールド圧力及び測定されたカソードマニホールド圧力に基づいて、差圧値が特定される。例えば、コントローラ１７４は、センサ１３８から特定される圧力値とセンサ１３９から特定される圧力値とを比較（例えば、減算）し、差圧１３４を特定することができる。

【００７４】

６４０では、水素圧力レギュレータ又は水素再循環モジュールの少なくとも１つが、特定された差圧に基づいて制御される。例えば、コントローラ１７４は、ＥＰＲＳモジュール１７０又はジェットポンプ１７２の一方又は両方の作動を制御して、アノードマニホールド１１２の圧力を上昇又は下降させ、差圧１３４をゼロ又は別の適切な所定の値に向けて駆動することができる。

【００７５】

図７は、一般的なコンピュータシステム７００の一例の概略図である。システム７００は、一実施態様に従って、方法３００に関連して説明する操作のために用いることができる。例えば、システム７００は、図１及び図２の例示的なコントローラ１７４に含まれ得る。

【００７６】

システム７００は、プロセッサ７１０、メモリ７２０、記憶装置７３０、及び入出力装置７４０を含む。各コンポーネント７１０、７２０、７３０、及び７４０は、システムバス７５０を用いて相互に接続されている。プロセッサ７１０は、システム７００内で実行する命令を処理することができる。一実施態様では、プロセッサ７１０はシングルスレッドプロセッサである。別の実施態様では、プロセッサ７１０はマルチスレッドプロセッサである。プロセッサ７１０は、メモリ７２０又は記憶装置７３０に記憶された命令を処理して、入出力装置７４０上のユーザインタフェースにグラフィカル情報を表示することができる。

【００７７】

メモリ７２０は、システム７００内の情報を記憶する。一実施態様では、メモリ７２０はコンピュータ読取可能媒体である。一実施態様では、メモリ７２０は揮発性メモリユニットである。別の実施態様では、メモリ７２０は不揮発性メモリユニットである。

【００７８】

記憶装置７３０は、システム７００に大容量記憶を提供することができる。一実施態様では、記憶装置７３０はコンピュータ読取可能媒体である。様々な異なる実施態様では、記憶装置７３０は、フロッピーディスク装置、ハードディスク装置、光ディスク装置又はテープ装置であってもよい。

【００７９】
入出力装置７４０は、システム７００に入出力操作を提供する。一実施態様では、入出力装置７４０は、キーボード及び／又はポインティングデバイスを含む。別の実施態様では、入出力装置７４０は、グラフィカルユーザインタフェースを表示するための表示装置を含む。
【００８０】
説明した機能は、デジタル電子回路、又はコンピュータハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又はそれらを組み合わせて実装することができる。本装置は、プログラム可能なプロセッサによる実行のために、情報担体、例えば機械読取可能記憶装置において実体的に具現化されたコンピュータプログラム製品に実装することができ、方法ステップは、入力データに対して動作し出力を生成することによって、説明した実装の機能を実行するための命令プログラムを実行するプログラム可能なプロセッサによって実行することができる。説明した機能は、データ記憶システム、少なくとも１つの入力デバイス、及び少なくとも１つの出力デバイスからデータ及び命令を受信し、データ及び命令を送信するように結合した少なくとも１つのプログラム可能なプロセッサを含むプログラム可能なシステム上で実行可能な１つ以上のコンピュータプログラムにおいて有利に実装することができる。コンピュータプログラムは、ある作動を実行するため、又はある結果をもたらすために、直接若しくは間接的にコンピュータで用いることができる命令のセットである。コンピュータプログラムは、コンパイラ型言語又はインタプリタ型言語を含むあらゆる形式のプログラミング言語で記述することができ、独立型プログラムとして、又はモジュール、コンポーネント、サブルーチン、若しくはコンピューティング環境での使用に適した他のユニットとしてなど、あらゆる形式で展開することができる。
【００８１】
命令プログラムの実行に適したプロセッサには、一例として、汎用のマイクロプロセッサ及び特殊な用途のマイクロプロセッサの両方、並びにあらゆる種類のコンピュータの単独プロセッサ又は複数のプロセッサの１つが含まれる。一般に、プロセッサは、読み取り専用メモリ又はランダムアクセスメモリ、又はその両方から命令とデータを受け取る。コンピュータの本質的な要素は、命令を実行するプロセッサと、命令及びデータを記憶する１つ以上のメモリである。一般に、コンピュータは、データファイルを記憶するための１つ以上の大容量記憶装置をも含むか、又は大容量記憶装置と通信するように作動可能に結合する。このような装置には、内蔵ハードディスク及びリムーバブルディスクなどの磁気ディスク、光磁気ディスク、並びに光ディスクなどがある。コンピュータプログラムの命令及びデータを実体的に具体化するのに適した記憶装置には、一例として、ＥＰＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、フラッシュメモリデバイスなどの半導体メモリデバイス、内蔵ハードディスク及びリムーバブルディスクなどの磁気ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ-ＲＯＭ及びＤＶＤ－ＲＯＭディスクなどのあらゆる形態の不揮発性メモリが含まれる。プロセッサ及びメモリは、ＡＳＩＣ（特定用途向け集積回路）によって補うことも、ＡＳＩＣに組み込むこともできる。
【００８２】
ユーザとのインタラクションを提供するために、本特徴は、ユーザに情報を表示するためのＣＲＴ（陰極線管）又はＬＣＤ（液晶ディスプレイ）モニタなどの表示装置と、ユーザがコンピュータに入力を提供することができるキーボードと、マウス又はトラックボールなどのポインティングデバイスと、を有するコンピュータ上に実装することができる。
【００８３】
本特徴は、データサーバなどのバックエンドコンポーネントを含むコンピュータシステム、アプリケーションサーバ若しくはインターネットサーバなどのミドルウェアコンポーネントを含むコンピュータシステム、グラフィカルユーザインタフェース若しくはインターネットブラウザを有するクライアントコンピュータなどのフロントエンドコンポーネントを含むコンピュータシステム、又はそれらの任意の組み合わせで実装することができる。システムのコンポーネントは、通信ネットワークなどのデジタルデータ通信の任意の形

式又は媒体によって接続することができる。通信ネットワークの例としては、例えば、ＬＡＮ、ＷＡＮ、並びにインターネットを形成するコンピュータ及びネットワークが挙げられる。

【００８４】

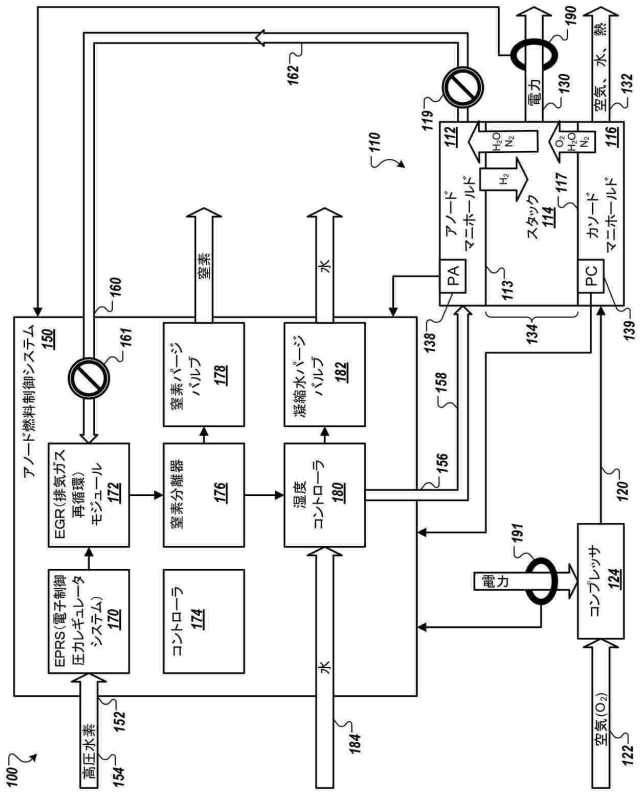
コンピュータシステムは、クライアント及びサーバを含むことができる。クライアント及びサーバは、一般に互いに遠隔にあり、通常、説明したようなネットワークを介してインタラクト（相互作用）する。クライアントとサーバの関係は、それぞれのコンピュータ上で実行され、互いにクライアント－サーバの関係を有するコンピュータプログラムに依って生じる。

【００８５】

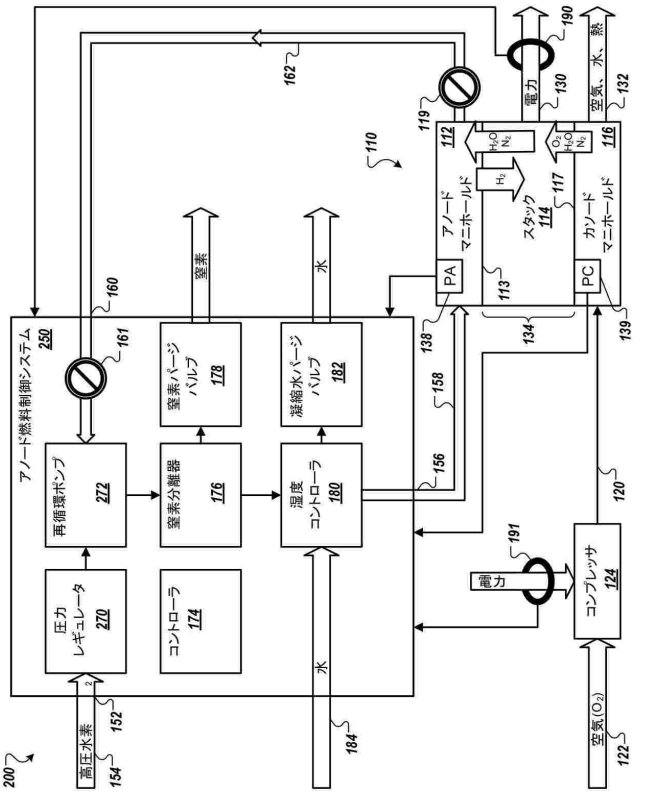
以上、いくつかの実施態様を詳細に説明したが、他の変更も可能である。さらに、図に描かれた論理フローは、望ましい結果を達成するために、示された特定の順序、又は連続した順序を必要としない。さらに、説明したフローに他のステップを設けたり、ステップを削除したりすることができ、説明したシステムに他のコンポーネントを追加又は削除することもできる。従って、他の実施態様も以下の特許請求の範囲に含まれる。

【図面】

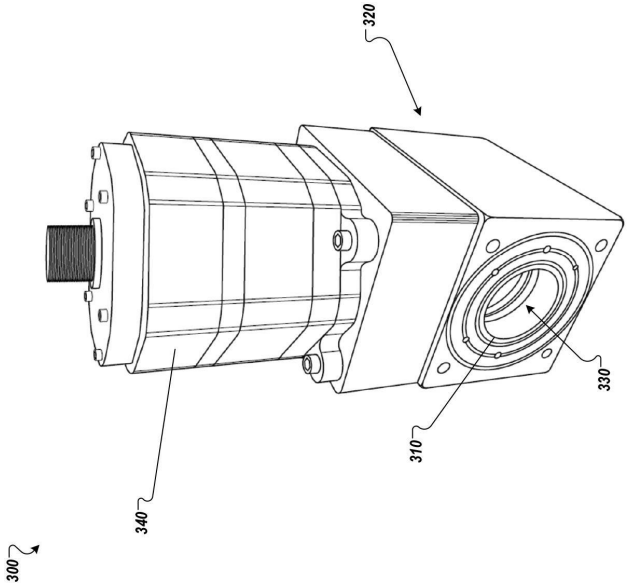
【図１】



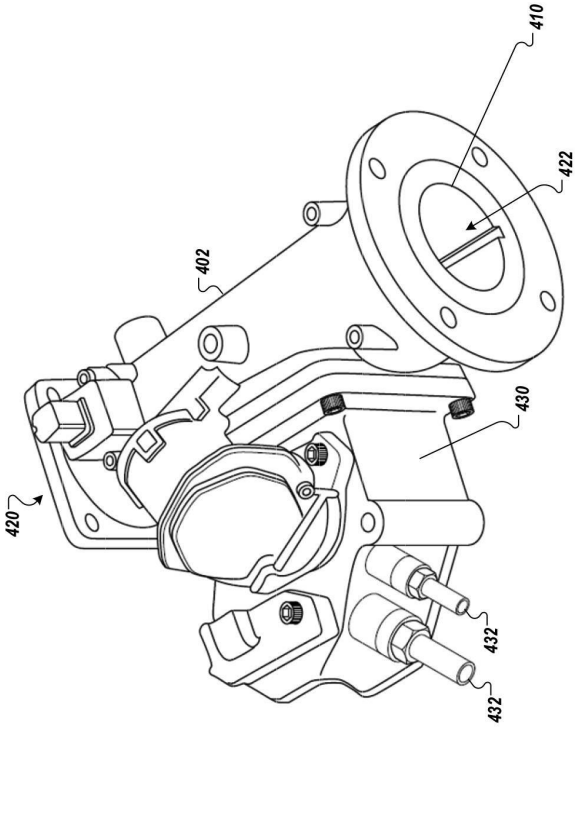
【図２】



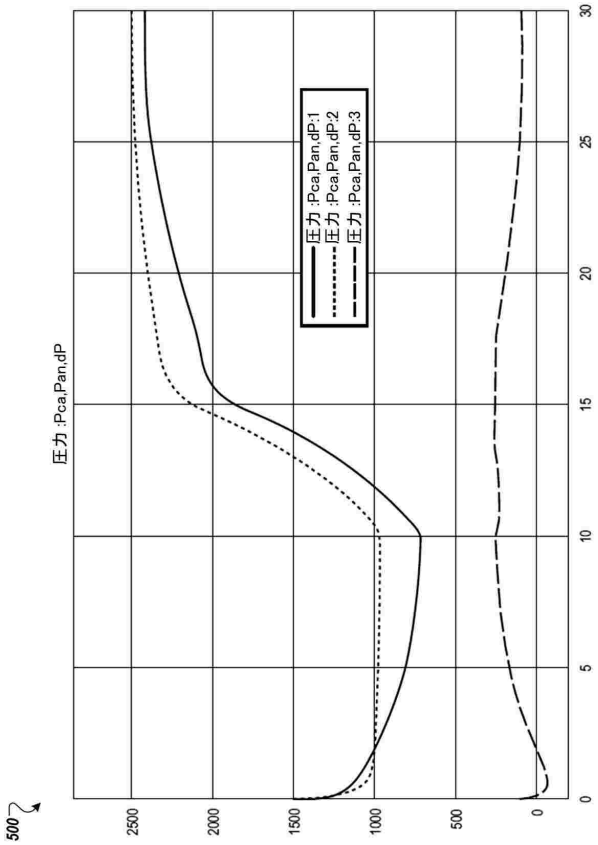
【図３】


320
330
310
340
300

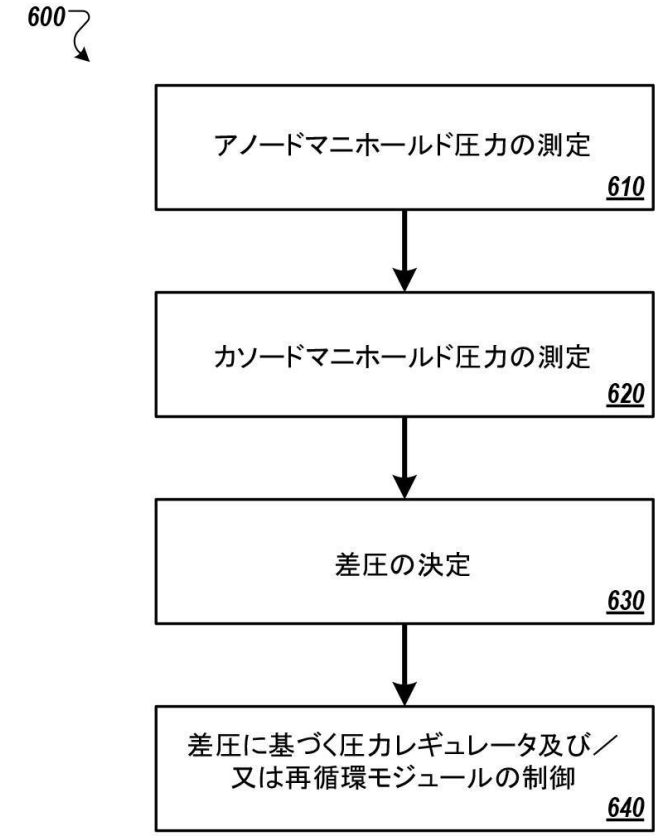
【図４】


410
422
402
430
420
432
432
400

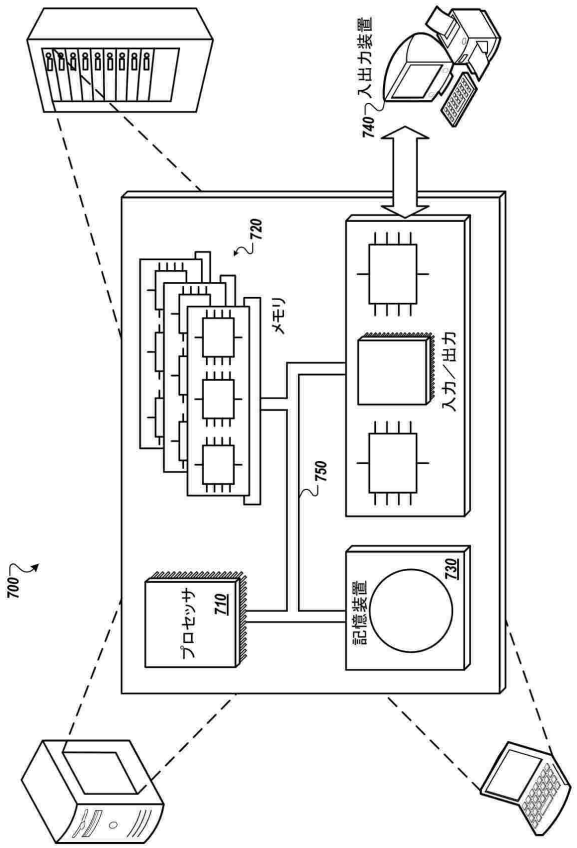
【図５】


圧力 :Pca,Pan,dP:1
圧力 :Pca,Pan,dP:2
圧力 :Pca,Pan,dP:3
圧力 :Pca,Pan,dP
0
5
10
15
20
25
30
0
500
1000
1500
2000
2500
500

【図６】


600
アノードマニホールド圧力の測定
610
カソードマニホールド圧力の測定
620
差圧の決定
630
差圧に基づく圧力レギュレータ及び／又は再循環モジュールの制御
640

【図７】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/078437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M8/04089 H01M8/04119 H01M8/04537 H01M8/04828 H01M8/04746
H01M8/0438 H01M8/04791 H01M8/0662
ADD.
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)
H01M

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3 432 399 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 23 January 2019 (2019-01-23)	1-5,10, 12-14, 18,20
Y	figures 1,4 paragraphs [0027] - [0040], [0057] - [0060], [0097] - [0103]	9,17
X	US 2020/161682 A1 (PARK JEONG KYU [KR] ET AL) 21 May 2020 (2020-05-21)	1,3,8, 10,12, 13,18,20
Y	figures 2,3	9,17
X	US 5 059 494 A (VARTANIAN GEORGE [US] ET AL) 22 October 1991 (1991-10-22)	1-4, 11-14, 19,20
Y	figures 1,2 column 2, line 48 - column 4, line 7	9,17

-/--

[x] Further documents are listed in the continuation of Box C. [x] 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	Date of mailing of the international search report
28 February 2023	13/03/2023

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Jacquinot, Patrick

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/078437

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010 251096 A (TOYOTA MOTOR CORP) 4 November 2010 (2010-11-04) figure 1 paragraphs [0030], [0037] - [0039]	9,17

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2022/078437

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 3432399 A1	23-01-2019	CA 3017700 A1	21-09-2017
		CN 108780905 A	09-11-2018
		EP 3432399 A1	23-01-2019
		JP 6635187 B2	22-01-2020
		JP WO2017158939 A1	20-12-2018
		KR 20180120232 A	05-11-2018
		US 2019074526 A1	07-03-2019
		WO 2017158939 A1	21-09-2017
US 2020161682 A1	21-05-2020	KR 20200057165 A	26-05-2020
		US 2020161682 A1	21-05-2020
US 5059494 A	22-10-1991	JP 2660097 B2	08-10-1997
		JP H05501174 A	04-03-1993
		US 5059494 A	22-10-1991
		WO 9117578 A1	14-11-1991
JP 2010251096 A	04-11-2010	JP 5354461 B2	27-11-2013
		JP 2010251096 A	04-11-2010

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

(51)国際特許分類		FI		テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｍ	*8/04746(2016.01)*	Ｈ０１Ｍ	8/04746	
Ｈ０１Ｍ	*8/0438(2016.01)*	Ｈ０１Ｍ	8/0438	
Ｈ０１Ｍ	*8/04791(2016.01)*	Ｈ０１Ｍ	8/04791	
Ｈ０１Ｍ	*8/0662(2016.01)*	Ｈ０１Ｍ	8/0662	

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(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),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,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

アメリカ合衆国 コロラド州 ８０５２４，フォート コリンズ，ウッドワード ウェイ １０８１

(72)発明者 ポーリー，ノーラン

アメリカ合衆国 コロラド州 ８０５２４，フォート コリンズ，ウッドワード ウェイ １０８１

(72)発明者 キエラ，ドメニコ

アメリカ合衆国 コロラド州 ８０５２４，フォート コリンズ，ウッドワード ウェイ １０８１

(72)発明者 ハンプソン，グレゴリー ジェームズ

アメリカ合衆国 コロラド州 ８０５２４，フォート コリンズ，ウッドワード ウェイ １０８１

Ｆターム（参考） 5H127 AC05 AC14 AC15 BA02 BA28 BA57 BA58 BA60 BB02 BB37
DB03 DB23 DB46 DB63 DC04 DC05 DC07 DC86 DC88