

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6991542号

(P6991542)

(45)発行日 令和4年2月3日(2022.2.3)

(24)登録日 令和3年12月10日(2021.12.10)

(51)国際特許分類

F I

F 0 2 K 9/50 (2006.01)

F 0 2 K 9/50

F 0 2 K 9/56 (2006.01)

F 0 2 K 9/56

請求項の数 12 (全20頁)

(21)出願番号	特願2017-56053(P2017-56053)	(73)特許権者	503361400
(22)出願日	平成29年3月22日(2017.3.22)		国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
(65)公開番号	特開2017-180461(P2017-180461 A)		東京都調布市深大寺東町七丁目4番地 1
(43)公開日	平成29年10月5日(2017.10.5)	(74)代理人	100094569
審査請求日	令和2年3月19日(2020.3.19)		弁理士 田中 伸一郎
(31)優先権主張番号	特願2016-59058(P2016-59058)	(74)代理人	100088694
(32)優先日	平成28年3月23日(2016.3.23)		弁理士 弟子丸 健
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74)代理人	100067013
特許法第30条第2項適用 中条俊大, 外3名, “小型衛星向けの気液平衡調圧系の開発について”, 第59回宇宙科学技術連合講演会講演集, 一般社団法人日本航空宇宙学会, 2015年10月7日, 2B04		(74)代理人	弁理士 大塚 文昭
特許法第30条第2項適用 2015年10月8日一般		(74)代理人	100086771
最終頁に続く		(74)代理人	弁理士 西島 孝喜
		(74)代理人	100109070
		(74)代理人	弁理士 須田 洋之
		(74)代理人	100109335
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 噴射システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

噴射用物質と、液体状態及び気体状態の加圧用物質とが予め収容されている収容部と、
前記収容部に収容された前記噴射用物質から噴射流を生成する噴射流生成部と、
前記噴射流生成部で生成された噴射流を噴射する噴射口と、
を備え、

前記噴射用物質と液体状態の前記加圧用物質は混合されており、
液体状態の前記加圧用物質の少なくとも一部が前記収容部内で気化することにより、混合
された前記噴射用物質と液体状態の前記加圧用物質が、気体状態の前記加圧用物質により
押圧されて、前記収容部から放出される、噴射システム。

【請求項2】

前記噴射用物質の熱容量が前記加圧用物質の熱容量よりも大きい、請求項1に記載の噴射
システム。

【請求項3】

前記収容部は、前記混合された前記噴射用物質と液体状態の前記加圧用物質を押圧する、
前記加圧用物質とは異なる加圧用物質を収容する、請求項1に記載の噴射システム。

【請求項4】

前記収容部内の温度を制御して、液体状態の前記加圧用物質を気化する温度制御部を備え
た、請求項1に記載の噴射システム。

【請求項5】

前記温度制御部は、前記収容部の全周にわたって取り付けられているヒータを含む請求項 4 に記載の噴射システム。

【請求項 6】

第 1 の噴射用物質と、液体状態及び気体状態の第 1 の加圧用物質とが予め収容されている第 1 の収容部と、

第 2 の噴射用物質と、液体状態及び気体状態の第 2 の加圧用物質とが予め収容されている第 2 の収容部と、

前記第 1 の収容部に収容された前記第 1 の噴射用物質及び前記第 2 の収容部に収容された前記第 2 の噴射用物質とから噴射流を生成する噴射流生成部と、

前記噴射流生成部で生成された噴射流を噴射する噴射口と、

を備え、

前記第 1 の噴射用物質と液体状態の前記第 1 の加圧用物質は混合されており、

前記第 2 の噴射用物質と液体状態の前記第 2 の加圧用物質は混合されており、

液体状態の前記第 1 の加圧用物質の少なくとも一部が前記第 1 の収容部内で気化することにより、混合された前記第 1 の噴射用物質と液体状態の前記第 1 の加圧用物質が、気体状態の前記第 1 の加圧用物質により押圧されて、前記第 1 の収容部から放出され、液体状態の前記第 2 の加圧用物質の少なくとも一部が前記第 2 の収容部内で気化することにより、混合された前記第 2 の噴射用物質と液体状態の前記第 2 の加圧用物質が、気体状態の前記第 2 の加圧用物質により押圧されて、前記第 2 の収容部から放出される、噴射システム。

【請求項 7】

前記第 1 の噴射用物質は燃料であり、前記第 2 の噴射用物質は酸化剤であり、前記噴射流生成部は、該燃料と該酸化剤とを混合することにより該燃料を燃焼させて前記噴射流を生成する、請求項 6 に記載の噴射システム。

【請求項 8】

前記第 1 の噴射用物質の熱容量が前記第 1 の加圧用物質の熱容量よりも大きく、前記第 2 の噴射用物質の熱容量が前記第 2 の加圧用物質の熱容量よりも大きい、請求項 6 に記載の噴射システム。

【請求項 9】

前記第 1 の収容部は、前記混合された前記第 1 の噴射用物質と液体状態の前記第 1 の加圧用物質を押圧する、前記第 1 の加圧用物質とは異なる加圧用物質を収容し、前記第 2 の収容部は、前記混合された前記第 2 の噴射用物質と液体状態の前記第 2 の加圧用物質を押圧する前記第 2 の加圧用物質とは異なる加圧用物質を収容する、請求項 6 に記載の噴射システム。

【請求項 10】

前記第 1 の収容部内の温度を制御して、液体状態の前記第 1 の加圧用物質を気化する第 1 の温度制御部と、前記第 2 の収容部内の温度を制御して、液体状態の前記第 2 の加圧用物質を気化する第 2 の温度制御部とを有する、請求項 6 に記載の噴射システム。

【請求項 11】

前記第 1 の温度制御部及び / 又は前記第 2 の温度制御部は、前記第 1 の収容部及び / 又は前記第 2 の収容部の全周にわたって取り付けられているヒータを含む請求項 10 に記載の噴射システム。

【請求項 12】

第 k の噴射用物質と、液体状態及び気体状態の第 k の加圧用物質とが予め収容されている第 k の収容部として、1 から n (n は 2 以上の整数) までの整数 k に対してそれぞれ与えられる第 1 から第 n の収容部と、

前記第 1 から第 n の収容部にそれぞれ収容された前記第 1 から第 n の噴射用物質から噴射流を生成する、噴射流生成部と、

前記噴射流生成部で生成された噴射流を噴射する噴射口と

を備え、

前記第 k の噴射用物質と液体状態の前記第 k の加圧用物質は混合されており、

液体状態の前記第 k の加圧用物質の少なくとも一部が前記第 k の収容部内で気化することにより、混合された前記第 k の噴射用物質と液体状態の前記第 k の加圧用物質が、気体状態の前記第 k の加圧用物質により押圧されて、前記第 k の収容部から放出される、前記第 1 から第 n の収容部内を加圧する、噴射システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は噴射システムに関する。特に本発明は、気液平衡調圧系を用いた一液、二液、又は三液以上の液体燃料推進システムに用いることができる噴射システムに関する。

【背景技術】

【0002】

液体燃料を用いた推進システムとしては、一液推進システムや二液推進システムが知られている。一液推進システムとしては、ヒドラジン (N_2H_4) を液体燃料とし、これをイリジウム含有触媒に触れさせることで高温の噴射ガスを発生させて推力を得る方式や、過酸化水素を液体燃料とする方式等が知られており、二液推進システム（ブローダウン方式、調圧方式）としては、ヒドラジンを液体燃料とし、四酸化二窒素を酸化剤とし、これらを混合、燃焼させて噴射ガスを発生させる方式や、液体水素を燃料とし、液体酸素を酸化剤とする方式等が知られている。

【0003】

二液推進システムにおいては、高性能化のために高圧ガスによる調圧機構を設けることがある（調圧方式。後述の図 2 B 参照）。この方式では、高圧ガスタンクに収容された高圧の不活性ガスを、レギュレータを介して液体燃料タンク、酸化剤タンクに供給することで両タンク内の圧力を調整する。しかし、このような方式の推進システムは高圧ガス系を含むシステムとなるためガスや液体がリークするリスクがあり、システム全体として質量も増加する等の課題がある。

【0004】

また、図 2 B の例のように、二液（液体燃料、酸化剤）系を共通の配管系統で調圧すると、二液が高圧ガスタンク側に逆流して混合する可能性がある。金星探査機「あかつき」の金星軌道投入失敗や火星探査機「マーズ・オブザーバー」の爆発は、そのような原因により発生したと考えられる。

【0005】

これに関し、小惑星探査機「はやぶさ 2」の二液推進システムでは、二液の調圧機構を完全分離することにより二液の混合を防止している。しかしながら、このような構成によりシステム全体の質量は更に増加し、リークのリスクも高まった。また、二液を別個に圧力制御するため圧力がアンバランスとなり異常噴射を起こす可能性もある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特表平 11 - 500803 号公報

特開 2015 - 214956 号公報

【非特許文献】

【0007】

【文献】Initial Galileo Propulsion System in-Flight Characterization, AIAA/SAE/ASME/ASEE 29th Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA93-2117, Monterey, June 28-30, 1993

吉川 真、「はやぶさ 2」化学推進系の追加対策について、[online]、平成 23 年 11 月 22 日、宇宙航空研究開発機構 月・惑星探査プログラムグループ (JSPEC) はやぶさ 2 プロジェクトチーム、[平成 28 年 1 月 28 日検索]、インターネット URL:http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/016/002/gijiroku/_icsFiles/afiedfile/2011/12/02/1313456_01.pdf

10

20

30

40

50

Bruce E. Poling., George H., Thomson., Daniel G. Friend., Richard L. Rowley., W. Vincent Wilding: Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition Section 2: Physical and Chemical Data, Page 2-384, 2007.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

以上に鑑み本発明は、高圧ガス系を用いずに調圧可能な噴射システムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決すべく、本発明に係る噴射システムは、噴射用物質と加圧用物質とを収容する収容部と、前記収容部に収容された前記噴射用物質から噴射流を生成する噴射流生成部と、前記噴射流生成部で生成された噴射流を噴射する噴射口とを備え、前記加圧用物質は、少なくとも一部が前記収容部内で気化することにより前記収容部内を加圧する。

【0010】

上記噴射システムは、さらに、前記収容部内に設けられ、前記噴射用物質と前記加圧用物質とを分離し、前記噴射用物質に、前記加圧用物質による加圧を伝達する分離部材を有する。

【0011】

前記噴射用物質の熱容量は前記加圧用物質の熱容量よりも大きい。

【0012】

前記収容部は、前記収容部を加圧する第2の加圧用物質を収容する。

【0013】

上記噴射システムは、さらに、前記収容部内の温度を制御して、前記加圧用物質を気化する温度制御部を有する。

【0014】

上記の課題を解決すべく、本発明に係る噴射システムは、第1の噴射用物質と第1の加圧用物質とを収容する第1の収容部と、第2の噴射用物質と第2の加圧用物質とを収容する第2の収容部と、前記第1の収容部に収容された前記第1の噴射物質及び前記第2の収容部に収容された前記第2の噴射物質とから噴射流を生成する噴射流生成部と、前記噴射流生成部で生成された噴射流を噴射する噴射口とを備え、前記第1及び第2の噴射用物質は、それぞれ前記第1及び第2の収容部内で少なくとも一部が気化することにより前記第1及び第2の収容部内を加圧する。

【0015】

前記第1の噴射用物質は燃料であり、前記第2の噴射用物質は酸化剤であり、前記噴射流生成部は、該燃料と該酸化剤とを混合することにより該燃料を燃焼させて前記噴射流を生成する。

【0016】

本発明に係る噴射システムは、さらに、前記第1の収容部内に設けられ、前記第1の噴射用物質と前記第1の加圧用物質とを分離し、前記第1の噴射用物質に前記第1の加圧用物質による加圧を伝達する第1の分離部材と、前記第2の収容部内に設けられ、前記第2の噴射用物質と前記第2の加圧用物質とを分離し、前記第2の噴射用物質に前記第2の加圧用物質による加圧を伝達する第2の分離部材と、を有する。

【0017】

前記第1の噴射用物質の熱容量は前記第1の加圧用物質の熱容量よりも大きく、前記第2の噴射用物質の熱容量は前記第2の加圧用物質の熱容量よりも大きい。

【0018】

前記第1の収容部は、前記第1の収容部を加圧する第3の加圧用物質を収容し、前記第2の収容部は、前記第2の収容部を加圧する第4の加圧用物質を収容する。

【0019】

10

20

30

40

50

本発明に係る噴射システムは、さらに、前記第 1 の収容部内の温度を制御して、前記第 1 の加圧用物質を気化する第 1 の温度制御部と、前記第 2 の収容部内の温度を制御して前記第 2 の加圧用物質を気化する第 2 の温度制御部とを有する。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る噴射システムは、第 k の噴射用物質と第 k の加圧用物質とを収容する第 k の収容部として、1 から n (n は 2 以上の整数) までの整数 k に対してそれぞれ与えられる第 1 から第 n の収容部と、前記第 1 から第 n の収容部にそれぞれ収容された前記第 1 から第 n の噴射用物質から噴射流を生成する噴射流生成部と、前記噴射流生成部で生成された噴射流を噴射する噴射口とを備え、前記第 1 から第 n の加圧用物質は、少なくとも一部が前記第 1 から第 n の収容部内でそれぞれ気化することにより、前記第 1 から第 n の収容部内を加圧する。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、噴射システムにおいて、高圧ガスタンク等、別個の高圧ガス系を用いず加圧用物質の気化による調圧が可能となるため、リークの可能性を低減し、また噴射システムの軽量化も可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 2 】

【図 1】本発明が教示する一液式気液平衡調圧系の概念図。

【図 2 A】本発明が教示する二液式気液平衡調圧系の概念図。

20

【図 2 B】高圧ガス系を用いた従来の調圧系の概念図。

【図 3 A】本発明の第 1 実施形態に係る一液式噴射システムのシステム・ダイアグラム図。

【図 3 B】図 3 A の一液式噴射システムの変形例を示すシステム・ダイアグラム図。

【図 4】図 3 A の一液式噴射システムの変形例を示すシステム・ダイアグラム図。

【図 5】図 3 A の一液式噴射システムの変形例を示すシステム・ダイアグラム図。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係る二液式噴射システムのシステム・ダイアグラム図。

【図 7】本発明の第 3 実施形態に係る三液式噴射システムのシステム・ダイアグラム図。

【図 8】噴射試験に用いた一液式噴射システムの概略図。

【図 9】代替フロンガス H F C - 2 1 8 (C 3 F 8) の蒸気圧曲線 (非特許文献 3 の引用)

30

。 【図 1 0】噴射試験に用いた燃料タンクの外観

【図 1 1】試験 1 の温度測定結果を示すグラフ。

【図 1 2】試験 1 ~ 3 の圧力測定結果を示すグラフ。

【図 1 3】試験 4 の圧力測定結果を示すグラフ。

【図 1 4】試験 4 , 5 の圧力測定結果を比較したグラフ。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

これより図面を用いて、本発明に係る噴射システムの実施形態を説明する。ただし、本発明に係る噴射システムは、各図面、及び関連する説明により示される特定の具体的構成へと限定されるわけではなく、本発明の範囲内で適宜変更可能である。例えば、加圧用物質として以下の実施例では液化ガスを用いるが、加圧用物質として固体から気体へと昇華する物質を用い、当該昇華によって収容部内の圧力を回復させる等の形態でも本発明の噴射システムを実施できる。また複数の収容部を備える態様において、第 1 , 第 2 , 及びそれ以降の加圧用物質は、一部又は全てが同一であっても、全て異なる物質であってもよい。追加の加圧ガスを用いる場合も、用いるガスは加圧用物質との反応性が低ければ任意であるし、複数の収容部を備える態様において複数の収容部内で追加の加圧ガスを用いる場合、第 1 , 第 2 , 及びそれ以降の加圧ガスは、一部又は全てが同一であっても、全て異なるガスであってもよい。また以下の実施例において噴射システムは推進器用の噴射システムとして説明されるが、本発明の噴射システムをそれ以外の用途に用いることも可能である。

40

【 0 0 2 4 】

50

気液平衡調圧系の概念

本発明により、典型的には小型宇宙機向けの推進系に用いる新しい調圧系として、気液平衡調圧系が提案される。一液式、二液式の気液平衡調圧系の概念図を図 1、図 2 A にそれぞれ示す。また図 2 B に、高圧ガス系を用いた従来の調圧系の概念図を示す。

【0025】

気液平衡調圧系においては、タンク内に收容された（液体）燃料又は（液体）酸化剤（二液式の場合）を押圧するための「押しガス」として、液化ガスを用いる。タンク内は圧力変形可能なダイヤフラムで仕切られており、液化ガス側の領域と燃料又は酸化剤側の領域との間で、ダイヤフラムを介して圧力が伝達される。

【0026】

推力発生動作のために燃料や酸化剤がタンクから放出されることで一時的にタンク内の圧力が低下しても、液体状態の液化ガスが蒸発することにより、タンク内の圧力は液化ガスの蒸気圧へと調圧される。すなわち、燃料、酸化剤の残量によらず、タンク内が気液平衡状態に保たれ、圧力が液化ガスの飽和蒸気圧で一定となる（圧力低下が大きい場合や持続的な噴射の場合であっても、少なくとも部分的には圧力が回復する。）。これにより、推進器の反応室（燃焼室）に燃料や酸化剤を安定供給することができる。

【0027】

従来の高圧ガスタンクを用いた調圧系と比較し、気液平衡調圧系は以下の点で有利である。

1. 高圧ガスタンクとレギュレータを使わないため、システム全体が軽量となる。
2. 高圧ガス系がない（システム全体で液化ガスの蒸気圧が最高圧力となる）ため、リークの可能性を低減できる。
3. （二液式の場合）燃料タンクと酸化剤タンクが直接接続されていないため、燃料と酸化剤が想定外の場所（タンクよりも上流の配管内等）で混合してしまうリスクがない。
4. （二液式の場合）燃料と酸化剤の混合比 O/F を液化ガスの温度制御によって制御することができる。

【0028】

なお、タンク内の液化ガスの充填量を減らし、代わりに窒素ガス等の追加の押しガスを加えることにより、ハイブリッドシステムとして気液平衡調圧系を構成することも可能である。図 1 は、一液式の気液平衡調圧系に窒素ガス N₂ を追加した構成を示しているが、二液式以上の場合でも同様に追加の押しガスを加えることができる。この場合、タンク内の圧力は一定ではなくなるが、システムを更に軽量化することが可能となり、タンク内の全圧を大きくできる。さらに、測定されたタンク内の圧力によって、燃料や酸化剤の残量を推定することも可能となる。

【0029】

噴射システムの構成

図 3 A は、本発明の第 1 実施形態に係る、小型宇宙機用推進システムに利用可能な一液式噴射システム 1（推進器）のシステム・ダイアグラム図を示す。噴射システム 1 は、收容容器 2 と、注排弁 9 A と、フィルタ 10 と、ラッチ式電磁弁 11 と、テストポート 9 D - 1 と、圧力センサ 15 A と、推薬弁 12 A - 1、12 A - 2 と、反応室 13 と、噴射口 14 とを備えている。

【0030】

各種の弁、フィルタ、配管系統等の構成は、特開 2015 - 214956 号の図 1 等に記載されたものと概ね同様である。すなわち、注排弁 9 A により液体燃料を收容容器 2 に注入、又は收容容器 2 から排出し、フィルタ 10 によって、收容容器 2 から放出された液体燃料中の不純物を除去し、ラッチ式電磁弁 11、推薬弁 12 A - 1、12 A - 2 の開閉により、不純物が除去された液体燃料の反応室 13 側への通過を制御する。

【0031】

なお、本実施の形態における收容容器 2 は、收容部に該当し、ラッチ式電磁弁 11 及び推薬弁 12 A - 1、12 A - 2 は噴射物質供給部に該当し、反応室 13 は噴射流生成部に該当する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

反応室 1 3 においては、液体燃料に触媒（液体燃料としてヒドラジンを用いる場合、イリジウム含有触媒等）を作用させて噴射ガスを生成し、噴射ガスを噴射口 1 4 から噴射することで推力を発生させる。

【 0 0 3 3 】

収容容器 2 は特許文献 2 と同様に S U S（ステンレス鋼）等からなる。収容容器 2 内は、ゴム等、圧力変形可能な材質からなる分離部材であるダイヤフラム 3 で仕切られており、一方の領域には噴射用物質であるヒドラジン（ N_2H_4 ）等の液体燃料 4 が収容され、他方の領域には、加圧用物質である代替フロンガス H F C - 2 1 8（ C_3F_8 ）等の液化ガスが収容されている。なお、収容容器 2 の液化ガス側の領域には液体状態の液化ガス 6 と気体状態の液化ガス 7 が収容されるが、これらは図 3 A に示すとおり混在して収容されている。10

図 3 B に変形例として示すとおり、加圧用物質を保持する加圧用物質保持部として機能する発泡金属 5 によって液体状態の液化ガス 6 を保持してもよい。図 3 B の構成において、収容容器 2 の液化ガス側領域の内壁には、特許文献 2 と同様に、例えば空隙率 9 5 % 程度の銅製、S U S 製の発泡金属 5 が、接着剤を用いて取り付けられており、液体状態の液化ガス 6 は発泡金属 5 の気孔間に形成される気液界面の表面張力によって保持されている（特許文献 2 中、[0 0 0 4]、及び特許文献 1）。気体状態の液化ガス 7 は、図 3 B に示すとおり液化ガス側の空間領域に収容されている。

【 0 0 3 4 】

液化ガス側の領域においては液体状態の液化ガス 6 にかかる重力よりも気体状態の液化ガス 7 の蒸気圧が支配的であり、発泡金属 5 によって液体状態の液化ガス 6 を保持することは必須ではないが、保持することにより噴射システム 1 の姿勢制御が安定化し、またヒータ 8 から液化ガスへの熱伝導が速やかに起こると考えられる。一方で、発泡金属 5 を用いることで噴射システム 1 の重量が増加するため、システム軽量化のためには図 3 A に示す構成を用いることが好ましい。発泡金属を用いる構成、用いない構成のいずれにおいても本発明の噴射システムを実施可能である（図 4 以降に示す変形例や、図 6 以降に示す二液式、三液式以上の噴射システムにおいても同様）。20

【 0 0 3 5 】

また収容容器 2 の外壁には、図示しない温度センサで検知した収容容器 2 内の温度に基づいて、収容容器 2 内の温度が液体状態の液化ガス 6 が気化するように温度制御するヒータ 8 が全周にわたって取り付けられている。30

【 0 0 3 6 】

なお、図 3 A、図 3 B 中、各構成要素を結ぶ線分は特許文献 2 と同様に配管を表わす。圧力センサ 1 5 A やテストポート 9 D - 1 も特許文献 2 の構成に含まれるものと同様であり、圧力センサ 1 5 A によって配管内の圧力を監視するとともに、推薬弁 1 2 A - 1、1 2 A - 2 を閉じた状態でテストポート 9 D - 1 を開いてヘリウムガス等を注入し、リークがないかの確認を行う。

【 0 0 3 7 】

噴射システムの動作

以下、噴射システム 1 の動作を説明する。ここで、特許文献 2 と同様に、各電磁弁の開閉やヒータ、各種センサ等の動作制御は、任意の制御回路（不図示）を介して遠隔操作等により行われることとし、各注排弁からの注液（注気）・排液（排気）は、典型的には操作者により行われることとするが、これらの制御・動作を行う具体的手段は実施態様に応じて適宜変更可能である。なお、収容容器 2 内の液化ガス側領域には、予め上述のとおり液化ガス 6（液体）、7（気体）が収容されているものとする（液化ガスを注入するための注排弁等は不図示）。40

【 0 0 3 8 】

噴射システム 1 の動作準備として、まず注排弁 9 A から収容容器 2 の液体燃料側領域に液体燃料 4 を注入する。収容容器 2 の液化ガス側領域は液化ガスの気液平衡状態となっており、液化ガスの蒸気圧によりダイヤフラム 3 が押圧される。押圧でダイヤフラム 3 が変形50

することにより、液体燃料 4 にも圧力がかかる。この状態でラッチ式電磁弁 11 を開き、更に推葉弁 12A - 1, 12A - 2 を開くと、液化ガスの蒸気圧により収容容器 2 から放出され、フィルタ 10 で不純物除去された液体燃料 4 が反応室 13 へと供給され、反応室 13 内で液体燃料 4 が触媒の作用を受けることにより噴射ガスが発生する。噴射口 14 から噴射ガスが噴射されることにより推力が発生する。

【0039】

収容容器 2 から液体燃料 4 が放出されることにより収容容器 2 内の圧力は一時的に低下するが、液体状態の液化ガス 6 が蒸発することで圧力が回復する。次の噴射動作までに十分な時間間隔がある場合、収容容器 2 内の液化ガス側領域にある液体状態の液化ガス 6 及び気体状態の液化ガス 7 は気液平衡状態まで戻り、圧力も液化ガスの蒸気圧まで回復する。

10

【0040】

また、噴射動作により気体状態の液化ガス 7 が膨張して収容容器 2 内の温度が低下すると、多くの液化ガスにおいては蒸気圧も下がるため収容容器 2 内でも圧力低下が起こる。この場合、ヒータ 8 により収容容器 2 を加熱して、収容容器 2 内の温度、圧力を回復させることができる。ただし、液体燃料 4 の熱容量が液化ガス 6, 7 の熱容量よりも大きく、液体燃料 4 から液化ガス 6, 7 へと熱が流入して温度が維持される場合等、圧力低下が大きくないこともある。本実施例の噴射システム 1 においてヒータ 8 を用いることは必須ではない。

【0041】

なお、ヒータ 8 を制御して収容容器 2 内の温度を任意に変化させることにより液化ガスの蒸気圧を制御すれば、ダイヤフラム 3 を介して液体燃料 4 にかかる圧力を制御して、液体燃料 4 の供給量（供給速度）を調整することも可能である。また既に述べたとおり、収容容器 2 内、液化ガス側の領域に、窒素ガス等、追加の押しガスを収容すれば、収容容器 2 内の圧力を上昇させて液体燃料 4 の供給量を増加させることができる。

20

【0042】

変形例

収容容器 2 の内部構成は、図 3A, 図 3B で示したものに限らず本発明を実施可能な範囲で任意に変更可能である。一例として、ダイヤフラム 3 ではなく、ゴム等の圧力変形可能な材質からなる袋状のブラダー 16 を用いることにより、収容容器 2 内を液体燃料側、液化ガス側の領域に分離してもよい（図 4）。液化ガス 7 の蒸気圧でブラダー 16 が押圧されて変形することにより、液体燃料 4 が収容容器 2 から放出される。以降は図 3A, 図 3B の構成と同様の動作で噴射動作を行うことができる。

30

【0043】

あるいは、ダイヤフラム 3 やブラダー 16 のような分離部材を用いずに噴射システム 1 を構成してもよい（図 5）。この場合、液体燃料 4 と液体状態の液化ガス 6 とが収容容器 2 内で混合し、これらが気体状態の液化ガス 7 により押圧されて、収容容器 2 から放出される。放出された液体燃料 4 と液体状態の液化ガス 6 とは、図 3A, 図 3B の構成と同様に反応室 13 に送られて、液体燃料 4 が触媒の作用を受けることにより噴射ガスが発生する。噴射ガスと液化ガスとが噴射口より噴射されることにより推力が発生する。

【0044】

40

噴射システムの構成

図 6 は、本発明の第 2 実施形態に係る二液式噴射システム 1 のシステム・ダイアグラム図を示す。二液式噴射システム 1 は、図 3A の一液式噴射システム 1 中、収容容器 2, 注排弁 9A, フィルタ 10, ラッチ式電磁弁 11, テストポート 9D - 1, 圧力センサ 15A, 推葉弁 12A - 1, 12A - 2 までの構成を 2 組備え、それ以降は一液式システム 1 と同様の構成を備えている。ただし、本実施例においては液体燃料と酸化剤との燃焼により噴射ガスを発生させる態様を例に説明するため、反応室 13 においては触媒反応ではなく燃焼反応が行われる。図 6 の構成中、図 3A の構成と同様の要素は同様の参照符号で表わし、適宜説明を省略する。

【0045】

50

図 6 の噴射システム 1 中、収容容器 2 A は、ダイヤフラム 3 A により液体燃料側の領域と液化ガス側の領域とに分離され、液体燃料側の領域にはヒドラジン等の液体燃料 4 が、液化ガス側の領域には H F C - 2 1 8 等の液化ガスが収容されている。図 6 のシステム構成においては液体状態の液化ガス 6 A と気体状態の液化ガス 7 A とが特に分離されてはいないが、図 3 B の構成と同様に、液体状態の液化ガス 6 A を発泡金属によって保持し、気体状態の液化ガス 7 A を液化ガス側の空間領域に収容してもよい。収容容器 2 B の構成は収容容器 2 A と同様であるが、ダイヤフラム 3 B によって分離された領域の一方には、液体燃料 4 ではなく四酸化二窒素等の酸化剤 1 7 を収容している。液化ガス側の領域については収容容器 2 A と同様である。なお、ダイヤフラム 3 A がゴム等からなるのに対し、ダイヤフラム 3 B は、酸化剤 1 7 との化学反応性が低い金属等からなることが好ましい。

10

【 0 0 4 6 】

噴射システムの動作

収容容器 2 A 内の液化ガス側領域には、予め実施例 1 と同様に液化ガス 6 A (液体) , 7 A (気体) が収容されており、収容容器 2 B 内の液化ガス側領域にも、同様に液化ガス 6 B (液体) , 7 B (気体) が収容されているものとする (液化ガスを注入するための注排弁等は不図示) 。噴射システム 1 の動作準備として、まず注排弁 9 A から収容容器 2 A の液体燃料側領域に液体燃料 4 を注入し、注排弁 9 B から収容容器 2 B の酸化剤側領域に酸化剤 1 7 を注入する。収容容器 2 A , 2 B の液化ガス側領域は、それぞれ液化ガスの気液平衡状態となっており、液化ガスの蒸気圧によりダイヤフラム 3 A , 3 B がそれぞれ押圧される。押圧でダイヤフラム 3 A , 3 B が変形することにより、液体燃料 4 , 酸化剤 1 7 にも圧力がかかる。この状態でラッチ式電磁弁 1 1 A , 1 1 B を開き、更に推薬弁 1 2 A - 1 , 1 2 A - 2 、及び推薬弁 1 2 B - 1 , 1 2 B - 2 を開くと、液化ガスの蒸気圧により収容容器 2 A , 2 B からそれぞれ放出され、フィルタ 1 0 A , 1 0 B でそれぞれ不純物除去された液体燃料 4 , 酸化剤 1 7 が反応室 1 3 へと供給され、反応室 1 3 内で液体燃料 4 と酸化剤 1 7 が混合して燃焼することにより噴射ガスが発生する。噴射口 1 4 から噴射ガスが噴射されることにより推力が発生する。

20

【 0 0 4 7 】

収容容器 2 A から液体燃料 4 が放出され、収容容器 2 B から酸化剤 1 7 が放出されることにより収容容器 2 A , 2 B 内の圧力は一時的に低下するが、液体状態の液化ガス 6 A , 6 B がそれぞれ蒸発することで圧力が回復する。次の噴射動作までに十分な時間間隔がある場合、収容容器 2 A , 2 B 内の液化ガス側領域は気液平衡状態まで戻り、圧力も液化ガスの蒸気圧まで回復する。

30

【 0 0 4 8 】

また、噴射動作により気体状態の液化ガス 7 A , 7 B が膨張して収容容器 2 A , 2 B 内の温度が低下すると、多くの液化ガスにおいては蒸気圧も下がるため収容容器 2 A , 2 B 内でも圧力低下が起こる。この場合、ヒータ 8 A , 8 B により収容容器 2 A , 2 B をそれぞれ加熱して、収容容器 2 A , 2 B 内の温度、圧力を回復させることができる。ただし、液体燃料 4 や酸化剤 1 7 の熱容量が液化ガス 6 A , 7 A や 6 B , 7 B の熱容量よりも大きく、液体燃料 4 から液化ガス 6 A , 7 A へと、酸化剤 1 7 から液化ガス 6 B , 7 B へと熱が流入して温度が維持される場合等、圧力低下が大きくないこともある。本実施例の噴射システム 1 においてヒータ 8 A , 8 B を用いることは必須ではない。

40

【 0 0 4 9 】

なお、ヒータ 8 A , 8 B を制御して収容容器 2 A , 2 B 内の温度を任意に変化させることにより液化ガスの蒸気圧を制御すれば、ダイヤフラム 3 A を介して液体燃料 4 にかかる圧力、及びダイヤフラム 3 B を介して酸化剤 1 7 にかかる圧力を制御して、液体燃料 4 や酸化剤 1 7 の供給量 (供給速度) を調整することも可能である。ヒータ 8 A とヒータ 8 B とは独立に制御可能であり、収容容器 2 A , 2 B を独立に温度制御することで液体燃料 4 と酸化剤 1 7 との供給量を独立に制御すれば、液体燃料 4 と酸化剤 1 7 との混合比 O / F を任意に制御することができる。また既に述べたとおり、収容容器 2 A , 2 B のうち一方又は両方の内部、液化ガス側の領域に、窒素ガス等、第 2 の加圧用物質として機能する、追

50

加の押しガスを収容すれば、収容容器 2 A , 2 B のうち一方又は両方の内部圧力を上昇させて液体燃料 4 , 酸化剤 1 7 のうち一方又は両方の供給量を増加させることができる。なお、二液式の噴射システム 1 の収容容器 2 A , 2 B の一方又は両方においても、図 4 の構成と同様にダイヤフラムではなくブラダーを用いるよう、あるいは図 5 の構成と同様に収容容器内を 2 つの領域に分離せず、燃料又は酸化剤が液化ガスと混合するよう構成した変形例として、噴射システム 1 を構成することが可能である。

【 0 0 5 0 】

噴射システムの構成

図 7 は、本発明の第 3 実施形態に係る三液式噴射システム 1 のシステム・ダイアグラム図を示す。三液式噴射システム 1 は、図 3 A の一液式噴射システム 1 中、収容容器 2 , 注排弁 9 A , フィルタ 1 0 , ラッチ式電磁弁 1 1 , テストポート 9 D - 1 , 圧力センサ 1 5 A , 推薬弁 1 2 A - 1 , 1 2 A - 2 までの構成を 3 組備え、それ以降は一液式システム 1 と同様の構成を備えている。ただし、本実施例においては 3 種類の液体燃料の燃焼により噴射ガスを発生させる態様を例に説明するため、反応室 1 3 においては 3 種類の液体燃料による燃焼反応が行われる。その他の例としては、2 つの収容容器にそれぞれ異なる種類の液体燃料を収容し、1 つの収容容器に酸化剤を収容する態様等でも三液式噴射システム 1 を構成できる。図 7 の構成中、図 3 の構成と同様の要素は同様の参照符号で表わし、適宜説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

図 7 の噴射システム 1 中、収容容器 2 A は、ダイヤフラム 3 A により液体燃料側の領域と液化ガス側の領域とに分離され、液体燃料側の領域には液体燃料 4 が、液化ガス側の領域には H F C - 2 1 8 等の液化ガスが収容されている。図 7 のシステム構成においては液体状態の液化ガス 6 A と気体状態の液化ガス 7 A とが特に分離されてはいないが、図 3 B の構成と同様に、液体状態の液化ガス 6 A を発泡金属によって保持し、気体状態の液化ガス 7 A を液化ガス側の空間領域に収容してもよい。収容容器 2 B , 2 C の構成は収容容器 2 A と同様であるが、ダイヤフラム 3 B , 3 C によって分離された領域の一方には、それぞれ異なる種類の液体燃料 1 8 , 1 9 を収容している。液化ガス側の領域については収容容器 2 A と同様である。

【 0 0 5 2 】

噴射システムの動作

収容容器 2 A 内の液化ガス側領域には、予め実施例 1 と同様に液化ガス 6 A (液体) , 7 A (気体) が収容されており、収容容器 2 B 内の液化ガス側領域にも、同様に液化ガス 6 B (液体) , 7 B (気体) が収容されており、収容容器 2 C 内の液化ガス側領域にも、同様に液化ガス 6 C (液体) , 7 C (気体) が収容されているものとする (液化ガスを注入するための注排弁等は不図示) 。噴射システム 1 の動作準備として、まず注排弁 9 A , 9 B , 9 C から収容容器 2 A , 2 B , 2 C の液体燃料側領域に液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 を注入する。収容容器 2 A , 2 B , 2 C の液化ガス側領域は、それぞれ液化ガスの気液平衡状態となっており、液化ガスの蒸気圧によりダイヤフラム 3 A , 3 B , 3 C がそれぞれ押圧される。押圧でダイヤフラム 3 A , 3 B , 3 C が変形することにより、液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 にも圧力がかかる。この状態でラッチ式電磁弁 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C を開き、更に推薬弁 1 2 A - 1 , 1 2 A - 2 , 推薬弁 1 2 B - 1 , 1 2 B - 2 , 及び推薬弁 1 2 C - 1 , 1 2 C - 2 を開くと、液化ガスの蒸気圧により収容容器 2 A , 2 B , 2 C からそれぞれ放出され、フィルタ 1 0 A , 1 0 B , 1 0 C でそれぞれ不純物除去された液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 が反応室 1 3 へと供給され、反応室 1 3 内で液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 が混合して燃焼することにより噴射ガスが発生する。噴射口 1 4 から噴射ガスが噴射されることにより推力が発生する。

【 0 0 5 3 】

収容容器 2 A , 2 B , 2 C から液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 が放出されることにより収容容器 2 A , 2 B , 2 C 内の圧力は一時的に低下するが、液体状態の液化ガス 6 A , 6 B , 6 C がそれぞれ蒸発することで圧力が回復する。次の噴射動作までに十分な時間間隔がある

場合、収容容器 2 A , 2 B , 2 C 内の液化ガス側領域は気液平衡状態まで戻り、圧力も液化ガスの蒸気圧まで回復する。

【 0 0 5 4 】

また、噴射動作により気体状態の液化ガス 7 A , 7 B , 7 C が膨張して収容容器 2 A , 2 B , 2 C 内の温度が低下すると、多くの液化ガスにおいては蒸気圧も下がるため収容容器 2 A , 2 B , 2 C 内でも圧力低下が起こる。この場合、ヒータ 8 A , 8 B , 8 C により収容容器 2 A , 2 B , 2 C をそれぞれ加熱して、収容容器 2 A , 2 B , 2 C 内の温度、圧力を回復させることができる。ただし、液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 の熱容量が液化ガス 6 A , 7 A や 6 B , 7 B , 6 C , 7 C の熱容量よりも大きく、液体燃料 4 から液化ガス 6 A , 7 A へと、液体燃料 1 8 から液化ガス 6 B , 7 B へと、液体燃料 1 9 から液化ガス 6 C , 7 C へと、熱が流入して温度が維持される場合等、圧力低下が大きくないこともある。本実施例の噴射システム 1 においてヒータ 8 A , 8 B , 8 C を用いることは必須ではない。

10

【 0 0 5 5 】

なお、ヒータ 8 A , 8 B , 8 C を制御して収容容器 2 A , 2 B , 2 C 内の温度を任意に変化させることにより液化ガスの蒸気圧を制御すれば、ダイヤフラム 3 A , 3 B , 3 C を介して液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 にかかる圧力を制御して、液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 の供給量（供給速度）を調整することも可能である。ヒータ 8 A , 8 B , 8 C は独立に制御可能であり、収容容器 2 A , 2 B , 2 C を独立に温度制御することで液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 の供給量を独立に制御すれば、液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 の混合比を任意に制御することができる。また既に述べたとおり、収容容器 2 A , 2 B , 2 C のうち 1 以上の内部、液化ガス側の領域に、窒素ガス等、追加の押しガスを収容すれば、収容容器 2 A , 2 B , 2 C のうち 1 以上の内部圧力を上昇させて液体燃料 4 , 1 8 , 1 9 のうち 1 以上の供給量を増加させることができる。なお、三液式の噴射システム 1 の収容容器 2 A , 2 B , 2 C のうち 1 以上においても、図 4 の構成と同様にダイヤフラムではなくブラダーを用いるよう、あるいは図 5 の構成と同様に収容容器内を 2 つの領域に分離せず、燃料を液化ガスと混合するよう構成した変形例として、噴射システム 1 を構成することが可能である。四液式以上の噴射システムも同様の原理で構成可能である。

20

【 0 0 5 6 】

噴射試験

本発明に係る噴射システムの一例として一液式噴射システムを構築し、噴射試験を行った。

30

【 0 0 5 7 】

コンフィグレーション

図 8 に、噴射試験に用いた一液式噴射システムの概略図を示す。小型衛星向けに設計された直径 4 0 0 mm , 容積 3 8 L の球形タンクの内部はダイヤフラムで分離されており、一方の領域には押しガスである H F C - 2 1 8 (蒸気圧曲線を図 9 に示す。非特許文献 3 参照。充填量は 2 . 5 k g 又は 1 . 0 k g 。表 1 参照。) を、他方の領域にはダミー燃料として水を収容する。外部との熱の授受により H F C - 2 1 8 が膨張して測定結果に影響が出ることを防止し、実際の衛星搭載コンフィグレーションを模擬するため、M L I (M u l t i L a y e r I n s u l a t i o n : 多層断熱材。一般には、最外層にアルミ蒸着ポリイミド、内層にアルミ蒸着マイラーフィルムを用い、更に層間の接触を防ぐためにポリエステルネットを用いることで作製する。) で燃料タンクを包み、更に真空チャンバに入れてタンクと外部とを断熱した (図 1 0) 。

40

【 0 0 5 8 】

表 1 に示すとおり条件を変えつつ噴射試験を 5 回行い、H F C - 2 1 8 側の圧力（基本的に燃料側の圧力と等しい）、H F C - 2 1 8 側のタンク表面温度、ダミー燃料側のタンク表面温度、及び燃料流量を測定した。噴射開始時の初期流量（表 1）は、燃料側のニードルバルブを調整することで設定した。なお、1 g / s (= 6 0 m L / m i n) の流量のスラストを想定すると、試験 1 ~ 3 はスラストを 4 台 , 2 台 , 8 台同時に噴射する場合に相当する。試験 1 ~ 3 では H F C - 2 1 8 を 2 . 5 k g 充填するのに対し、試験 4 では 1 . 0 k g に充填量を減らした。この設定は、一液式推進系においてシステム軽量化のために

50

H F C - 2 1 8 の充填量を減らし、噴射後半において H F C - 2 1 8 液相が枯渇する（全て気化する）ことを許す設定に対応する。試験 5 でも H F C - 2 1 8 充填量は 1 . 0 k g であるが、追加の押しガスとして窒素ガスを分圧で 0 . 3 3 M P a 加えることによりハイブリッド気液平衡調圧系として噴射システムを構成した。なお、試験 1 ～ 5 の全てでダミー燃料の充填量は約 2 5 k g と統一し、初期流量を設定した後に連続噴射を行った。またヒータによる温度制御は行っていない。

【表 1】

試験番号	HFC-218 充填量 [kg]	初期流量 [mL/min]	N ₂ の有無	備考
1	2.5	240	無	ノミナル（スラスト 4 台）
2	2.5	120	無	スラスト 2 台
3	2.5	480	無	スラスト 8 台
4	1.0	240	無	途中で枯渇
5	1.0	240	有	ハイブリッド

10

【 0 0 5 9 】

試験結果と考察

試験 1 の温度測定結果を図 1 1 に示す。タンク表面温度は、H F C - 2 1 8 側と燃料側のいずれにおいても噴射に伴ってわずかに低下しているが、温度低下は 8 k g の連続噴射後も 1 以下である。上述のとおりタンクは外部と断熱されているが、図 1 1 が示す温度低下の大きさは、H F C - 2 1 8 が断熱膨張したと仮定した場合に比べて大幅に小さい。これは、H F C - 2 1 8 の膨張に伴い、熱容量の大きいダミー燃料から H F C - 2 1 8 へと、ダイヤフラムを介して熱が流入したことによると考えられる。試験 2 , 3 においても噴射に伴うタンク温度の低下は極めて小さく、十分な量の H F C - 2 1 8 を充填したコンフィグレーションにおける連続噴射において H F C - 2 1 8 はほぼ等温膨張するとみなせることがわかった。

20

【 0 0 6 0 】

次に、試験 1 ～ 3 の圧力測定結果を図 1 2 に示す。図 1 2 中には、タンクの初期圧力に合わせた理想気体の等温膨張の曲線（ボイルの法則， $P V = c o n s t .$ ）も併せて書き入れている。仮に H F C - 2 1 8 が常に気液平衡状態を保っているとすれば圧力はほぼ一定になるはずであるが、実際には液相の蒸発が追いつかないためいずれの場合も圧力が低下している。初期流量が大きいほど圧力低下も大きい。しかしながら、いずれの場合も等温膨張の曲線と比較すれば圧力低下は非常に小さく、概ねタンク内の圧力を維持しながら噴射できることが示された。

30

【 0 0 6 1 】

次に、試験 4 の圧力測定結果を図 1 3 に示す。図 1 3 中には、タンクの最終圧力に合わせた等温膨張の曲線（ボイルの法則， $P V = c o n s t .$ ）も併せて書き入れている。図 1 3 に示すとおり、燃料噴射量 1 0 k g 付近の点で H F C - 2 1 8 の圧力低下の勾配が大きくなっている。この点以降、試験 4 の圧力曲線は等温膨張曲線に近づいており、この点付近に対応する時点で H F C - 2 1 8 の液相が枯渇した（全て気化した）と考えられる。また液相の枯渇前であっても、試験 4 の圧力低下の勾配は試験 1 ～ 3 に比べて明らかに大きい。これは、試験 4 では試験 1 ～ 3 と比べて充填した H F C - 2 1 8 の量が少なく、液相の表面積も小さいために、蒸発速度が遅くなった結果であると考えられる。

40

【 0 0 6 2 】

最後に、試験 5 の圧力測定結果を試験 4 の結果と併せて図 1 4 に示す。試験 5 では窒素がタンクに封入されているため、噴射開始時点での圧力も試験 4 と比べて窒素分圧の分だけ高い。また試験 5 では、H F C - 2 1 8 の充填量が試験 4 と同じであるにもかかわらず、

50

試験４の圧力変化で見られたような液相の枯渇点が観察されない。これは窒素によりタンク内の全圧が高くなったことでＨＦＣ－２１８の蒸発が抑制されたためと考えられる。

【００６３】

本実施の形態の概要は、例えば下記のように記述することができる。

【００６４】

上記課題を解決するべく、本発明は、噴射用物質と加圧用物質とを圧力伝達可能に収容する収容部と、加圧用物質により加圧されて収容部より放出された噴射用物質から噴射流を生成する、噴射流生成部と、収容部より放出された噴射用物質を噴射流生成部へと供給する、噴射用物質供給部と、噴射流を噴射する噴射口とを備え、噴射用物質の放出に伴い低下した収容部内の圧力を、加圧用物質の少なくとも一部が収容部内で気化することにより少なくとも部分的に回復させつつ、噴射流を噴射するよう構成された、噴射システムを提供する（第１の噴射システム）。

10

【００６５】

上記第１の噴射システムにより、液体燃料や酸化剤等の噴射用物質が燃料タンクや酸化剤タンク等の収容部から放出されるに伴い収容部内の圧力が低下しても、当該タンクに更に収容された液化ガス等の加圧用物質が気化することにより収容部内の圧力を回復させることができるため、高圧ガス系を用いない圧力調整が可能となる。宇宙機の姿勢制御時のようなパルス噴射では、ある噴射から次の噴射までの時間に液化ガスの少なくとも一部が蒸発することで収容部内の圧力を完全に（タンク内温度に対応する液化ガスの蒸気圧まで）回復させることが可能であるし（蒸気圧に達するよりも前に液化ガスが全て蒸発した場合、回復は部分的である。）、軌道制御時のような連続噴射の場合であっても、噴射と並行して液化ガスが蒸発することにより、少なくとも部分的には収容部内の圧力が回復する。

20

【００６６】

上記第１の噴射システムにおいては、収容部に設けられた分離部材により、収容部が噴射用物質側の領域と加圧用物質側の領域とに分離され、分離部材を介して、噴射用物質側の領域と加圧用物質側の領域との間で圧力が伝達されるよう構成することができる。分離部材としては、変形可能なゴム、金属等からなるダイヤフラム、ブラダー等を用いることができる。

【００６７】

噴射用物質の熱容量が加圧用物質の熱容量よりも大きくなるよう、上記第１の噴射システムを構成することができる。このように噴射用物質と加圧用物質とを選択すれば、噴射時において収容部内で噴射用物質から加圧用物質へと熱が流入することにより、加圧用物質の温度低下や、気体状態の加圧用物質の圧力低下を抑制できる。

30

【００６８】

上記第１の噴射システムにおいては、収容部の加圧用物質側の領域に、加圧用物質とは異なる加圧ガスを更に収容することができる。追加の加圧ガスを用いれば、収容部内の加圧用物質側領域の全圧を高くすることができ、すなわち所望の全圧を得るために用いるべき加圧用物質の量を減らすことができる。

【００６９】

上記第１の噴射システムにおいては、収容部内の温度を制御する温度制御部を更に備えることができる。温度制御により収容部内での加圧用物質の蒸気圧を制御し、これにより噴射用物質の収容部からの放出量を制御することが可能となる。

40

【００７０】

また本発明は、第１の噴射用物質と第１の加圧用物質とを圧力伝達可能に収容する第１の収容部と、第２の噴射用物質と第２の加圧用物質とを圧力伝達可能に収容する第２の収容部と、前記第１の加圧用物質により加圧されて第１の収容部より放出された第１の噴射用物質と、前記第２の加圧用物質により加圧されて第２の収容部より放出された第２の噴射用物質と、から噴射流を生成する、噴射流生成部と、第１の収容部より放出された第１の噴射用物質と、第２の収容部より放出された第２の噴射用物質とを噴射流生成部へと供給する、噴射用物質供給部と、噴射流を噴射する噴射口とを備え、第１及び第２の噴射用物

50

質の放出に伴い低下した、第 1 及び第 2 の収容部内の圧力を、第 1 及び第 2 の加圧用物質それぞれの少なくとも一部が第 1 及び第 2 の収容部内でそれぞれ気化することにより少なくとも部分的に回復させつつ、噴射流を噴射するよう構成された、噴射システムを提供する（第 2 の噴射システム）。第 1 の噴射システムと同様に、第 2 の噴射システムも、第 1 , 第 2 の加圧用物質の気化によって第 1 , 第 2 の収容部内の圧力を回復させつつ噴射流を噴射可能である。

【 0 0 7 1 】

上記第 2 の噴射システムの一例において、第 1 の噴射用物質は燃料であり、第 2 の噴射用物質は酸化剤であり、噴射流生成部は、燃料と酸化剤とを混合することにより燃料を燃焼させて噴射流を生成するよう構成することができる。ただし、このような方式以外であっても、任意の 2 つの噴射用物質から任意の方法で噴射流を生成する方式（将来的に開発される方式も含む。）で、第 2 の噴射システムを構成可能である。

10

【 0 0 7 2 】

上記第 2 の噴射システムにおいても、第 1 の収容部内に設けられた第 1 の分離部材により、第 1 の収容部が第 1 の噴射用物質側の領域と第 1 の加圧用物質側の領域とに分離され、第 1 の分離部材を介して、第 1 の噴射用物質側の領域と第 1 の加圧用物質側の領域との間で圧力が伝達されるよう構成し、第 2 の収容部内に設けられた第 2 の分離部材により、第 2 の収容部が第 2 の噴射用物質側の領域と第 2 の加圧用物質側の領域とに分離され、第 2 の分離部材を介して、第 2 の噴射用物質側の領域と第 2 の加圧用物質側の領域との間で圧力が伝達されるよう構成することができる。

20

【 0 0 7 3 】

上記第 2 の噴射システムにおいても、第 1 の噴射用物質の熱容量が第 1 の加圧用物質の熱容量よりも大きく、第 2 の噴射用物質の熱容量が第 2 の加圧用物質の熱容量よりも大きくなるよう構成することができる。

【 0 0 7 4 】

上記第 2 の噴射システムにおいても、第 1 の収容部の第 1 の加圧用物質側の領域に、第 1 の加圧用物質とは異なる第 1 の加圧ガスを更に収容し、第 2 の収容部の第 2 の加圧用物質側の領域に、第 2 の加圧用物質とは異なる第 2 の加圧ガスを更に収容することができる。

【 0 0 7 5 】

上記第 2 の噴射システムにおいても、第 1 の収容部内の温度を制御する第 1 の温度制御部と、第 2 の収容部内の温度を制御する第 2 の温度制御部とを更に備えることができる。

30

【 0 0 7 6 】

また本発明は、第 k の噴射用物質と第 k の加圧用物質とを圧力伝達可能に収容する第 k の収容部として、1 から n (n は 2 以上の整数) までの整数 k に対してそれぞれ与えられる第 1 から第 n の収容部と、第 1 から第 n の加圧用物質によりそれぞれ加圧されて第 1 から第 n の収容部よりそれぞれ放出された第 1 から第 n の噴射用物質から噴射流を生成する、噴射流生成部と、第 1 から第 n の収容部よりそれぞれ放出された第 1 から第 n の噴射用物質を噴射流生成部へと供給する、噴射用物質供給部と、噴射流を噴射する噴射口とを備え、第 1 から第 n の噴射用物質の放出に伴い低下した第 1 から第 n の収容部内のそれぞれの圧力を、第 1 から第 n の加圧用物質の少なくとも一部が第 1 から第 n の収容部内でそれぞれ気化することにより少なくとも部分的に回復させつつ、噴射流を噴射するよう構成された、噴射システムを提供する（第 3 の噴射システム）。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 7 】

本発明の噴射システムは、小型宇宙機向けの推進系を初めとして、噴射流を噴射するためのあらゆる噴射システムとして利用可能である。

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

1

噴射システム

2 , 2 A , 2 B , 2 C

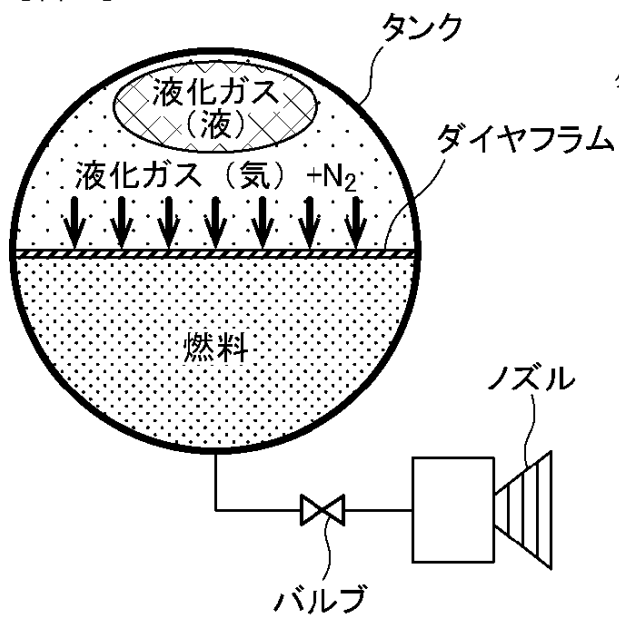
収容容器

50

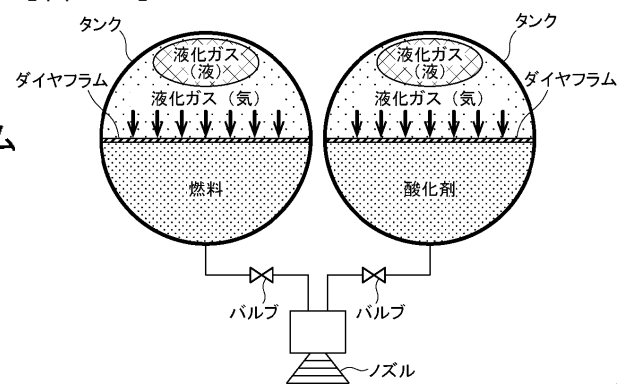
3、3 A、3 B、3 C	ダイヤフラム
4、18、19	液体燃料
5	発泡金属
6、6 A、6 B、6 C	液化ガス（液体）
7、7 A、7 B、7 C	液化ガス（気体）
8、8 A、8 B、8 C	ヒータ
9 A、9 B、9 C、	注排弁
9 D - 1 ~ 9 D - 3	テストポート
10、10 A、10 B、10 C	フィルタ
11、11 A、11 B、11 C	ラッチ式電磁弁
12 A - 1 ~ 12 C - 2	推薬弁
13	反応室
14	噴射口
15 A ~ 15 C	圧力センサ
16	ブラダー
17	酸化剤

【図面】

【図 1】



【図 2 A】



10

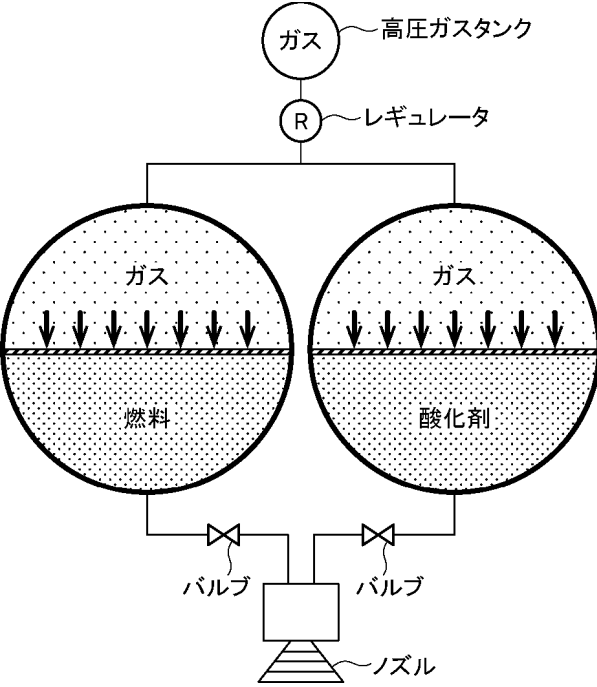
20

30

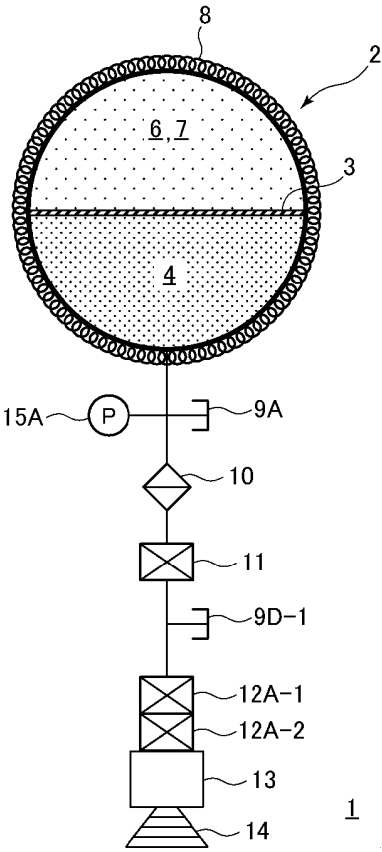
40

50

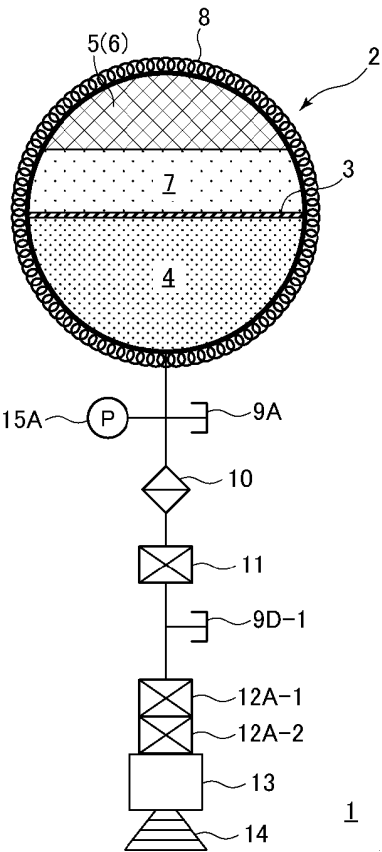
【図 2 B】



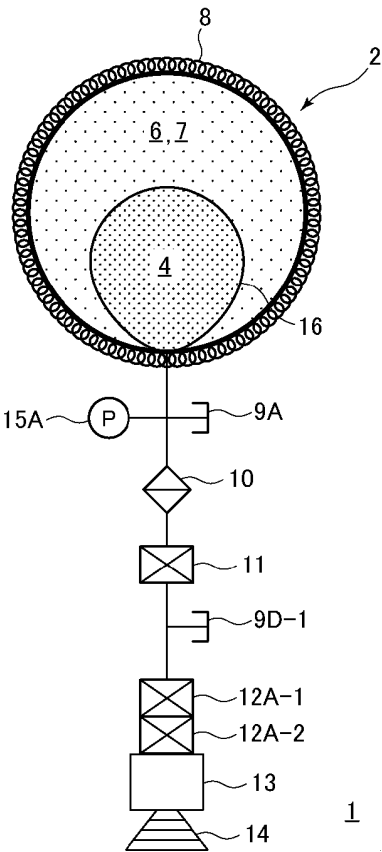
【図 3 A】



【図 3 B】



【図 4】



10

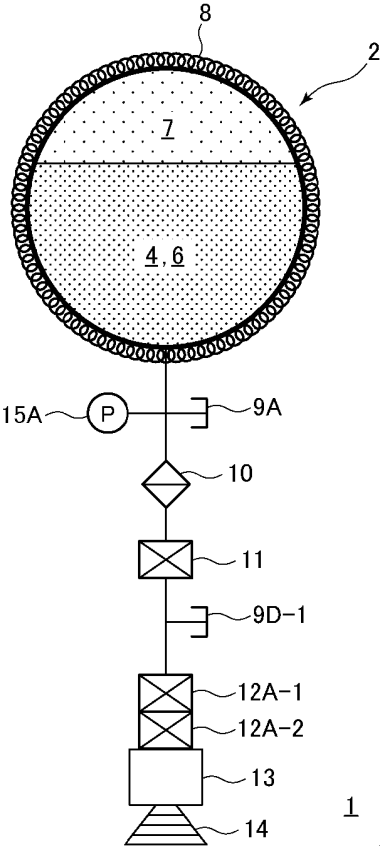
20

30

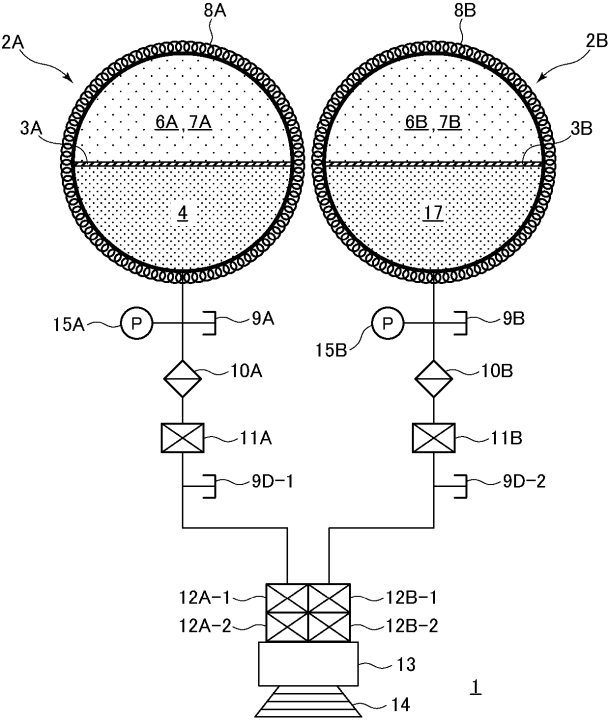
40

50

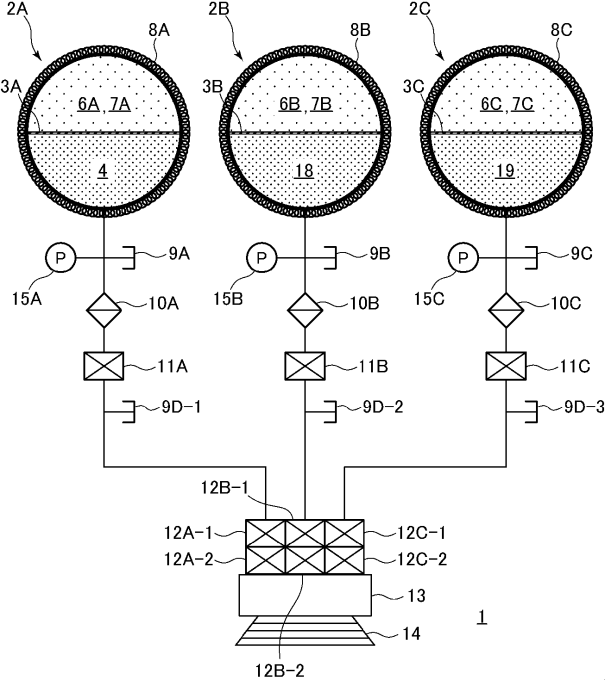
【図 5】



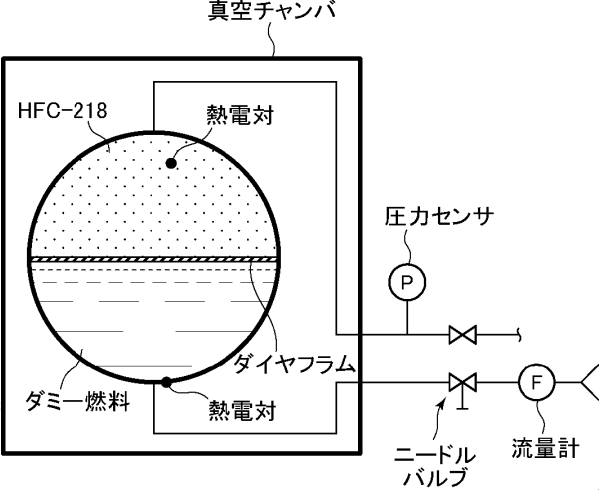
【図 6】



【図 7】



【図 8】



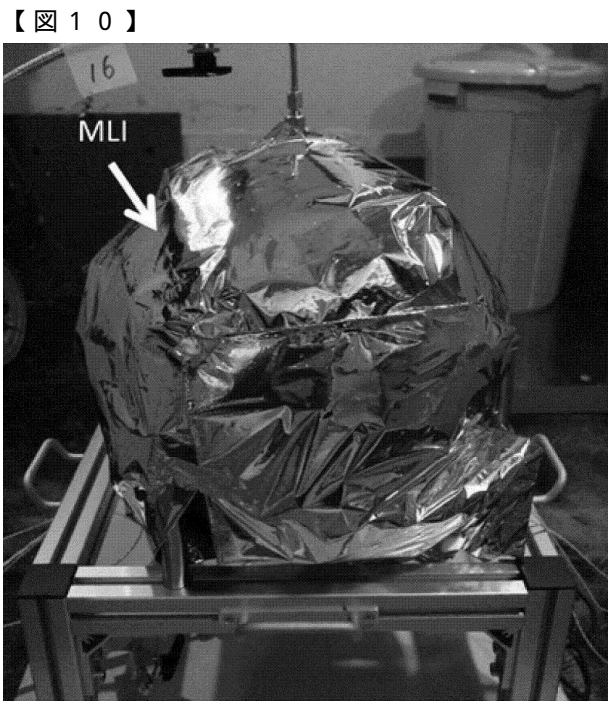
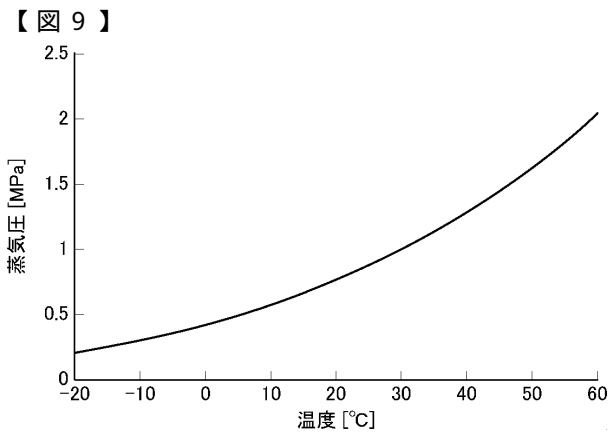
10

20

30

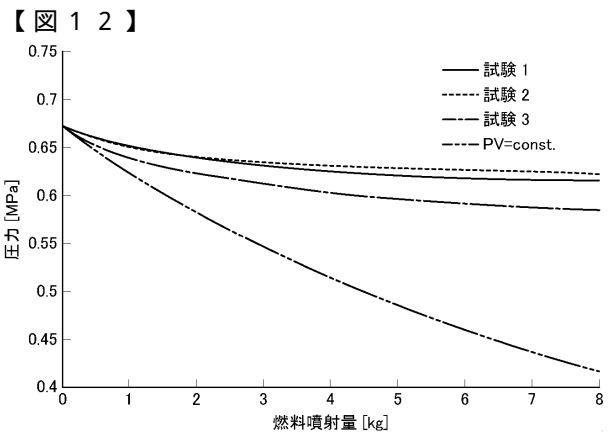
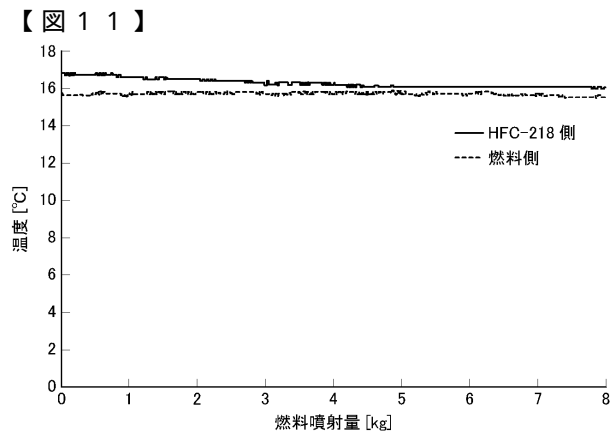
40

50



10

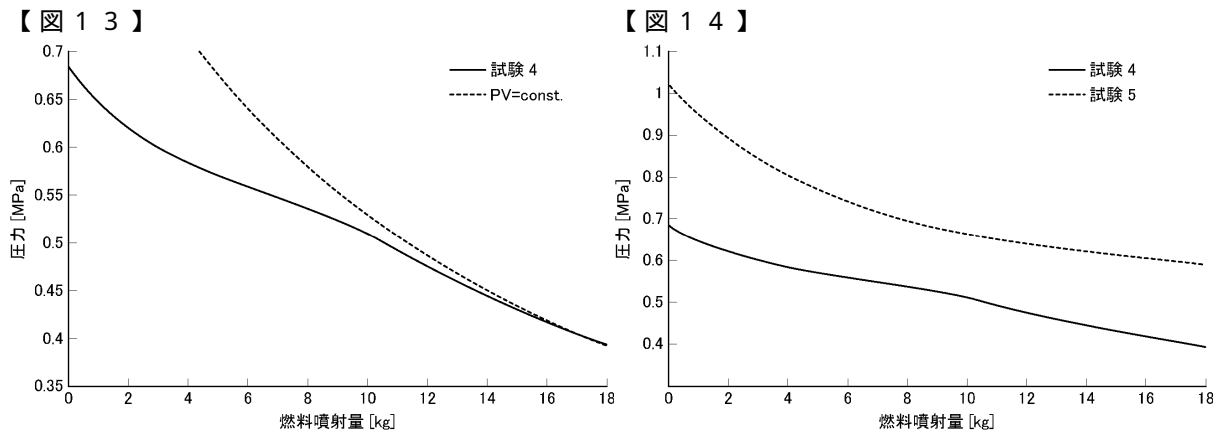
20



30

40

50



10

20

30

40

50

 フロントページの続き

社団法人日本航空宇宙学会主催の第 5 9 回宇宙科学技術連合講演会で発表

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(72)発明者 森 治

神奈川県相模原市中央区由野台 3 - 1 - 1 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所内

(72)発明者 川口 淳一郎

神奈川県相模原市中央区由野台 3 - 1 - 1 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所内

(72)発明者 中条 俊大

神奈川県相模原市中央区由野台 3 - 1 - 1 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所内

審査官 小岩 智明

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 0 4 8 0 9 7 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 9 6 2 7 3 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 1 4 8 9 2 5 (U S , A 1)

米国特許第 5 6 4 0 8 4 4 (U S , A)

特開 2 0 0 8 - 1 4 3 6 0 1 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 2 1 4 9 5 6 (J P , A)

特開平 0 6 - 2 8 0 6 8 0 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 2 0 6 2 9 0 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 2 1 4 6 9 5 (J P , A)

特開平 0 9 - 2 0 9 8 3 4 (J P , A)

特開平 0 5 - 0 9 7 1 8 2 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 5 / 0 1 2 9 2 9 (W O , A 2)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 0 2 K 9 / 0 0 - 9 / 9 7