

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

stopper portion for preventing separation of the readily combustible portion (110) from the combustion-resistant portion (140) in the direction from a starting end surface (100a) toward a terminal end surface (100b).

(57) 要約：易燃焼部（１１０）は、流路（ＣＡ）に露出している易燃焼露出面（１１１）を有する。易燃焼部（１１０）よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部（１４０）は、易燃焼部（１１０）の、ハイブリッドロケットが推進する方向に平行な長さ方向と直交する方向に関して易燃焼露出面（１１１）とは反対側の外面を覆っている。また、難燃焼部（１４０）は、易燃焼部（１１０）の、始端面（１００ａ）から終端面（１００ｂ）に向かう方向の難燃焼部（１４０）からの剥離を阻止するストッパー部としての厚肉部（１２０）を有する。

明 細 書

発明の名称： 固体燃料及びハイブリッドロケット

技術分野

[0001] 本発明は、固体燃料及びハイブリッドロケットに関する。

背景技術

[0002] 固体の燃料（以下、固体燃料という）に液体の酸化剤（以下、液体酸化剤という）を供給することで固体燃料を燃焼させ、その燃焼で生じた燃焼ガスを噴出することで推力を得るハイブリッドロケットが知られている。なお“ハイブリッド”とは、推力を得るための材料に固体と液体の双方を用いることを意味する。

[0003] 固体燃料は、ハイブリットロケットが推進する方向に延びる流路を画定している。その流路に、液体酸化剤が噴射される。これにより、その流路に燃焼ガスの流動が生じる態様で、固体燃料が燃焼される。

[0004] 特許文献 1 は、このような固体燃料として、相対的に燃焼しやすい材料よりなる易燃焼部と、相対的に燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部とが、ハイブリットロケットが推進する方向に、交互に配置されて構成されたものを開示している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特公昭46－39645号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 固体燃料は、ケーシングに収容された状態で燃焼される。特許文献 1 に係る固体燃料の構成では、易燃焼部が難燃焼部よりも先に焼失した時点で、易燃焼部が配置されていた箇所に、ケーシングの内面が露出する。このため、残存する難燃焼部の燃焼によって、ケーシングが損傷を受ける懸念がある。

[0007] なお、ハイブリットロケットが推進する方向と直交する方向に関して、流

路に近い内側に易燃焼部を配置し、ケーシングの内面に近い外側に難燃焼部を配置すれば、易燃焼部が焼失した時点でも、ケーシングの内面が露出しない。このため、ケーシングが損傷を受ける問題を回避できる。

[0008] しかし、この構成を採る場合、流路を流れる燃焼ガスの流動によって、易燃焼部と難燃焼部との界面にせん断力が作用しうる。このため、易燃焼部が難燃焼部から剥離しやすいという新たな問題が生じる。

[0009] 本発明の目的は、易燃焼部と難燃焼部とを有するにも関わらず、それらを収容するケーシングが損傷を受けにくく、しかも燃焼の過程で易燃焼部が難燃焼部から剥離しにくい固体燃料と、その固体燃料を備えるハイブリッドロケットとを提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するために、本発明に係る固体燃料は、

ロケットが推進する方向に平行な長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定しており、

前記ロケットの一部を構成するケーシングに収容され、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼されることにより、前記ロケットに推力を付与する固体燃料であって、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部と、

を備え、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパー部を有する。

[0011] 前記固体燃料が、前記長さ方向に、複数のブロックに分割されており、各々の前記ブロックが、前記易燃焼露出面を有する前記易燃焼部と、

前記ストッパ一部を有する前記難燃焼部と、
を備えてもよい。

[0012] 各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記易燃焼部の前記長さ方向の両端面及び前記外面を覆う形状を有し、

前記難燃焼部の、前記易燃焼部の前記両端面のうち前記終端面に近い方の端面を覆う部分が、該易燃焼部に対する前記ストッパ一部を構成していてもよい。

[0013] 各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記長さ方向の一端面である第1端面と他端面である第2端面とのそれぞれに開口が形成された形状を有し、かつ前記第1端面の開口の面積が、前記第2端面の開口の面積よりも小さく、

前記難燃焼部の、前記第1端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックの前記易燃焼部、又は該ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパ一部を構成していてもよい。

[0014] 前記第1端面が前記第2端面よりも前記始端面に近い位置に配置されており、

前記難燃焼部の、前記第1端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパ一部を構成していてもよい。

[0015] 各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部が、

前記第1端面を構成しており、かつ前記第1端面と連続して前記流路に露出している難燃焼露出面を有する厚肉部と、

前記第2端面を構成しており、かつ前記易燃焼部の前記外面を覆っており、前記厚肉部よりも、前記長さ方向と直交する方向の厚さが薄い薄肉部と、
を有していてもよい。

[0016] 各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部の、前記長さ方向と直交する方

向に関して前記ケーシングから遠い方の内面が、前記長さ方向に関して前記第2端面に近づくに従って、次第に前記ケーシングに近づくように傾斜していてもよい。

[0017] 前記始端面の前記開口から前記終端面の前記開口にわたって、前記流路の内面が、前記長さ方向に延びる仮想直線を中心軸とする柱体の側面を構成していてもよい。

[0018] 本発明に係るハイブリッドロケットは、

長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定している固体燃料と、

前記固体燃料を酸化させる液体酸化剤を、前記固体燃料の前記始端面の前記開口から前記流路に供給することにより、前記固体燃料を、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼させる液体酸化剤供給装置と、

前記固体燃料を収容するケーシングと、

前記ケーシングの端部につなぐ、前記燃焼ガスを噴射するノズルと、
を備え、

前記固体燃料が、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなり、前記易燃焼部が消失した後に前記流路に露出する内面を有することにより、前記内面が前記易燃焼部よりも緩やかに燃焼しつつ前記ケーシングを保護する難燃焼部と、

を有し、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパ部を有する。

[0019] 前記液体酸化剤供給装置が、

内部に前記液体酸化剤が溜められ、かつ前記内部における前記液体酸化剤の液面を加圧する加圧用ガスを前記内部に供給可能なタンクと、

前記タンクに設けられ、前記内部で前記液体酸化剤が気化したガスを、前記タンクの外部に排出するガス排出部と、

前記液体酸化剤が流入する流入端部と、前記液体酸化剤が流出する流出端部とを有し、前記流入端部が、前記タンクの前記内部で前記液体酸化剤に浸漬され、前記流出端部が、前記タンクよりも下方に配置される前記固体燃料の前記流路につなぐれ、前記流入端部から前記流出端部にわたって前記液体酸化剤が流れる管路を構成している供給管と、

前記タンクへの前記加圧用ガスの供給が断たれ、かつ前記ガス排出部から前記ガスが排出される加圧停止状態と、前記ガス排出部からの前記ガスの排出が断たれ、かつ前記タンクに前記加圧用ガスが供給されることにより、前記加圧用ガスによって、前記液体酸化剤が、前記流入端部から前記流出端部を通して、前記固体燃料の前記流路へと押し出される加圧状態との間で切り換え可能なガスバルブと、

を備え、

前記供給管が、前記管路に沿って、前記流入端部から前記流出端部までの間に、前記タンクから上方に突出している上方突出部を有し、前記上方突出部が、前記管路の一部を構成しており、

前記ガスバルブが前記加圧停止状態に設定されている場合に、前記タンクに前記液体酸化剤を注入したとき、前記管路における、少なくとも前記上方突出部から前記流出端部までの間に空隙部が確保されてもよい。

[0020] 前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部につなぐれ、前記流入端部から前記上方突出部に向けて前記液体酸化剤を上方に案内する上方案内部と、

前記上方案内部によって上方に案内された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部に向けて下方に折り返す、前記上方突出部を構成している折り返

し部と、

一端部が前記折り返し部につなわれ、他端部が前記流出端部を構成しており、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内する下方案内部と、

を有していてもよい。

[0021] 前記下方案内部が、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部を経由して、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内してもよい。

[0022] 前記ガス排出部から排出された前記ガスを前記固体燃料の前記流路へと導くためのガス案内管、

をさらに備えてもよい。

[0023] 前記ガス案内管が、前記ガス排出部と、前記供給管における前記空隙部が構成される部分とをつないでおり、

前記ガス排出部から排出された前記ガスが、前記ガス案内管と前記空隙部とを通して前記固体燃料の前記流路へと供給されてもよい。

[0024] 前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部を構成している外管と、

前記外管の内部を通っており、一端部が前記上方突出部の内部において開口し、他端部が前記流出端部を構成している内管と、

を有し、

前記外管の内面と、前記内管の外面とによって、前記流入端部から前記上方突出部に向かって前記液体酸化剤が上方に案内され、前記上方突出部において前記液体酸化剤が前記内管の前記一端部に流入され、流入された前記液体酸化剤が、前記内管によって前記固体燃料の前記流路へと案内されてもよい。

発明の効果

[0025] 本発明の固体燃料によれば、難燃部が易燃部の外面を覆っているため

、易燃焼部が焼失した時点でケーシングが流路に露出する問題を回避できる。このため、易燃焼部と難燃焼部とを収容するケーシングが損傷を受けにくい。

[0026] また、難燃焼部が、易燃焼部の剥離を阻止するストッパ部を有するため、燃焼の過程で易燃焼部が難燃焼部から剥離しにくい。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]実施形態1に係るハイブリッドロケットの構成を示す概念図。

[図2]実施形態1に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図3]実施形態1に係る固体燃料の易燃焼部が焼失した後の状態を示す概念図。

[図4]実施形態2に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図5]実施形態3に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図6]実施形態4に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図7]実施形態5に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図8]実施形態6に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図9]実施形態6に係る固体燃料の易燃焼部が焼失した後の状態を示す概念図。

[図10]実施形態7に係る固体燃料の構成を示す断面図。

[図11]実施形態8に係る極低温液体供給装置の加圧停止状態を示す概念図。

[図12]実施形態8に係る極低温液体供給装置の加圧状態を示す概念図。

[図13]実施形態9に係る極低温液体供給装置の加圧停止状態を示す概念図。

[図14]実施形態9に係る極低温液体供給装置の加圧状態を示す概念図。

[図15]実施形態10に係るハイブリッドロケットの構成を示す概念図。

[図16]比較形態に係る極低温液体供給装置の加圧停止状態を示す概念図。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、図面を参照し、実施形態1〜10に係るハイブリッドロケットについて説明する。図中、同一又は対応する部分に同一の符号を付す。

[0029] [実施形態1]

図１に示すように、本実施形態に係るハイブリッドロケット８００は、燃焼されることにより推力を生む固体燃料１００を備える。固体燃料１００は、ハイブリッドロケット８００が推進する方向と平行な方向（以下、長さ方向という。）に延在している。

[0030] 固体燃料１００の長さ方向の両端面には、開口ＡＰが形成されている。固体燃料１００は、長さ方向の一方の端面である始端面１００ａの開口ＡＰと、他方の端面である終端面１００ｂの開口ＡＰとを連通させる流路ＣＡを内部に画定している。

[0031] 具体的には、固体燃料１００は、長さ方向に延びる仮想直線ＶＬを中心軸とする中空円筒の形状に形成されている。流路ＣＡの内面は、始端面１００ａの開口ＡＰから終端面１００ｂの開口ＡＰにわたって、仮想直線ＶＬを中心軸とする円柱の側面を構成している。

[0032] また、ハイブリッドロケット８００は、固体燃料１００に液体酸化剤を供給する液体酸化剤供給装置８１０を備える。液体酸化剤供給装置８１０は、液体酸化剤が溜められたタンク８１１と、タンク８１１内の液体酸化剤を固体燃料１００に向けて押し出すための不活性ガスを、タンク８１１に供給する加圧用ガス源８１２とを有する。

[0033] また、液体酸化剤供給装置８１０は、加圧用ガス源８１２からタンク８１１に至る不活性ガスの流路に設けられた気体用バルブ８１３と、タンク８１１から固体燃料１００に至る液体酸化剤の流路に設けられた液体用バルブ８１４とを有する。

[0034] また、ハイブリッドロケット８００は、固体燃料１００を収容するケーシング８２０と、ケーシング８２０の端部につながれたノズル８３０とを有する。ノズル８３０は、ハイブリッドロケット８００の尾部に配置されている。

[0035] ケーシング８２０は、金属材料、具体的には、ステンレスよりなる。ケーシング８２０は、仮想直線ＶＬを中心軸とする中空筒状に形成されており、固体燃料１００の外周面を覆っている。固体燃料１００は、ケーシング８２

０に収容された状態で燃焼される。

[0036] ケーシング８２０の、仮想直線ＶＬと平行な長さ方向に関してノズル８３０とは反対側の端部の内壁と、固体燃料１００の始端面１００aとの間には、前部燃焼室としての隙間ＧＰ１が確保されている。隙間ＧＰ１は、流路ＣＡに連通している。上述したタンク８１１は、液体用バルブ８１４を介して隙間ＧＰ１と連通している。

[0037] そして、ハイブリッドロケット８００は、隙間ＧＰ１に配置された噴霧器８４０、及び隙間ＧＰ１に面するように配置されたイグナイター８５０も有する。

[0038] 噴霧器８４０は、タンク８１１から供給された液体酸化剤を霧化する。霧化された液体酸化剤は、固体燃料１００の始端面１００aの開口ＡＰから、流路ＣＡに流入する。つまり、液体酸化剤供給装置８１０は、噴霧器８４０を通して、固体燃料１００の流路ＣＡに液体酸化剤を供給する。

[0039] また、ケーシング８２０の、ノズル８３０がつながれている方の端部の内壁と、固体燃料１００の終端面１００bとの間にも、隙間ＧＰ２が確保されている。隙間ＧＰ２は、流路ＣＡと連通しており、固体燃料１００が熱分解した熱分解ガスの燃焼を完全燃焼に近づけるための後部燃焼室としての役割を果たす。

[0040] 以下、ハイブリッドロケット８００の動作を説明する。まず、イグナイター８５０が、高温の燃料ガスを発生させる。イグナイター８５０によって発生された燃料ガスは、流路ＣＡに流入し、固体燃料１００が一部熱分解した状態となる。

[0041] この状態で、気体用バルブ８１３及び液体用バルブ８１４が開かれる。すると、加圧用ガス源８１２内の不活性ガスが、タンク８１１内の液体酸化剤を隙間ＧＰ１に向けて押し出す。押し出された液体酸化剤は、噴霧器８４０において霧化されて、流路ＣＡに流入する。

[0042] そして、霧化された液体酸化剤が流路ＣＡの内壁面近傍に到達することによって燃料ガスが燃焼され、これにより固体燃料１００の、流路ＣＡに面す

る内面が熱分解した熱分解ガス及び火炎が生成される。熱分解ガス及び火炎は、始端面１００aから終端面１００bに向かう方向に流路ＣＡを流れる。

[0043] その過程で、火炎によって熱分解ガスが燃焼することで燃焼ガスが生じ、その燃焼ガスの熱が、未燃の固体燃料１００の表層部を熱分解させて熱分解ガスを生じさせ、再びその熱分解ガスが燃焼する。このようにして、固体燃料１００は、始端面１００aから終端面１００bに向かう方向の燃焼ガスの流動が流路ＣＡに生じる態様で燃焼される。

[0044] 終端面１００bの開口ＡＰから流出した燃焼ガス、熱分解ガス、及び火炎を含む流体は、後部燃焼室としての隙間ＧＰ２で攪拌される。これにより、熱分解ガスの燃焼が、完全燃焼に近づけられる。隙間ＧＰ２において攪拌されて生成された燃焼ガス及び火炎は、ノズル８３０によって超音速に加速されて噴射される。その噴射に対する反作用によって、ハイブリッドロケット８００が推力を得て推進する。

[0045] 本実施形態に係るハイブリッドロケット８００は、固体燃料１００の構成に特徴を有する。そこで、以下、図２を参照し、固体燃料１００の構成について詳述する。

[0046] 図２に示すように、固体燃料１００は、仮想直線ＶＬに平行な長さ方向に、４つのブロックＢＫに分割されて構成されている。各々のブロックＢＫは、仮想直線ＶＬを中心軸とする中空円筒の形状に形成されている。４つのブロックＢＫは、互いに同じ構成を有する。以下、各々のブロックＢＫの構成について説明する。

[0047] 各々のブロックＢＫは、相対的に燃焼しやすい材料よりなる易燃焼部１１０と、易燃焼部１１０よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部１４０とによって構成されている。

[0048] ここで“易燃焼部１１０よりも燃焼しにくい”とは、ハイブリッドロケット８００に推進可能な推力を付与する程度に激しく燃焼しうるが、易燃焼部１１０を構成する材料と同じ条件で燃焼させた場合には、燃焼によって体積が減少する速度が、易燃焼部１１０を構成する材料よりも遅いことを意味す

る。

[0049] 具体的には、本実施形態では、易燃焼部 110 は、パラフィンよりなり、難燃焼部 140 は、アクリル樹脂よりなる。

[0050] 易燃焼部 110 は、仮想直線 VL を中心軸とする中空円筒の形状に形成されている。易燃焼部 110 の、仮想直線 VL を取り囲む内面としての内周面は、流路 CA に露出している易燃焼露出面 111 を構成している。易燃焼部 110 の、仮想直線 VL に平行な方向の長さは、ブロック BK の、仮想直線 VL に平行な方向の長さよりも短い。

[0051] 一方、難燃焼部 140 の、仮想直線 VL に平行な方向の長さは、ブロック BK の、仮想直線 VL に平行な方向の長さと等しい。難燃焼部 140 は、易燃焼部 110 と接合されることにより、中空円筒状のブロック BK を易燃焼部 110 と共に構成する形状に形成されている。以下、難燃焼部 140 の形状を具体的に説明する。

[0052] 難燃焼部 140 の、仮想直線 VL と平行な長さ方向の両端面は開口している。難燃焼部 140 の、仮想直線 VL と平行な長さ方向の一端面である第 1 端面 140 a の開口の面積は、他端面である第 2 端面 140 b の開口の面積よりも小さい。第 1 端面 140 a は、仮想直線 VL と平行な長さ方向に関して、始端面 100 a に近い方に配置されており、第 2 端面 140 b は、終端面 100 b に近い方に配置されている。

[0053] 具体的には、難燃焼部 140 は、第 1 端面 140 a を構成している厚肉部 120 と、第 2 端面 140 b を構成しており、厚肉部 120 よりも、仮想直線 VL と直交する径方向の厚さが薄い薄肉部 130 とを有する。薄肉部 130 は、易燃焼部 110 の、仮想直線 VL と直交する径方向に関して易燃焼露出面 111 とは反対側の外面としての外周面を覆っている。

[0054] 厚肉部 120 は、第 1 端面 140 a と連続して流路 CA に露出している難燃焼露出面 121 を有する。難燃焼露出面 121 は、易燃焼部 110 の易燃焼露出面 111 と隣接している。そして、難燃焼露出面 121 は、仮想直線 VL を中心軸とする円筒の内周面を、易燃焼露出面 111 と共に構成してい

る。

[0055] 各々のブロックBKの、仮想直線VLと平行な長さ方向に関して、始端面100aに近い方の端面は、厚肉部120の第1端面140aによって構成されており、終端面100bに近い方の端面は、薄肉部130の第2端面140bと、易燃焼部110の終端面100bに近い方の端面とによって構成されている。

[0056] そして、仮想直線VLと平行な方向に隣接する2つのブロックBKのうち、終端面100bに近い方のブロック（以下、終端側ブロックという。）BKにおける厚肉部120の第1端面140aが、始端面100aに近い方のブロック（以下、始端側ブロックという。）BKにおける易燃焼部110の、終端面100bに近い方の端面に接している。

[0057] このため、終端側ブロックBKにおける難燃焼部140の、第1端面140aを構成している部分、具体的には、厚肉部120が、始端側ブロックBKにおける易燃焼部110の、始端面100aから終端面100bに向かう方向の、始端側ブロックBKにおける難燃焼部140からの剥離を阻止するストッパー部としての役割を果たしている。

[0058] また、最もノズル830に近い最後段のブロックBKの、ノズル830に近づく向きの移動を阻止するために、ハイブリッドロケット800は、後部燃焼室としての隙間GP2に、ストッパー860を備える。ストッパー860は、耐熱性を有する材料、具体的には、ベークライトよりなる。

[0059] ストッパー860は、最後段のブロックBKの、ノズル830に近い方の端面を構成する薄肉部130及び易燃焼部110に面する位置に固定されている。このため、ストッパー860は、最後段のブロックBKにおける易燃焼部110の、最後段のブロックBKにおける難燃焼部140からノズル830に近づく向きの剥離を阻止する。

[0060] なお、以上説明したブロックBKは、まず難燃焼部140を作成する第1工程と、作成した難燃焼部140に、易燃焼部110の材料を流し込む第2工程とを経て得ることができる。具体的には、まずアクリル樹脂よりなる被

削材を準備し、その被削材を加工することで難燃焼部140を作成する。次に、その難燃焼部140に対して、易燃焼部110の材料であるパラフィンを加熱によって流動化させたものを、流し込む。パラフィンが固化すると、易燃焼部110と難燃焼部140とが接合されているブロックBKが得られる。

[0061] 但し、第1工程では、難燃焼部140を、易燃焼部110と同様に鋳込みによって形成してもよい。また、第2工程では、易燃焼部110の材料が流し込まれる空間を、難燃焼部140と共に画定する型を用いてもよい。

[0062] 以上説明したように、本実施形態の固体燃料100によれば、難燃焼部140の薄肉部130が、易燃焼部110の外周面を覆っているため、易燃焼部110が焼失した時点でケーシング820が流路CAに露出する問題を回避できる。

[0063] つまり、難燃焼部140の薄肉部130の、易燃焼部110の外周面を覆っている内面は、易燃焼部110が消失した後に流路CAに露出する。そして、その薄肉部130の内面は、易燃焼部110よりも緩やかに燃焼しつつケーシング820を保護する。このため、ケーシング820が損傷を受けにくい。

[0064] また、終端側ブロックBKにおける難燃焼部140の厚肉部120が、始端側ブロックBKにおける易燃焼部110の、終端面100bに近い方の端面の全域に接するストッパー部の役割を果たしている。このため、燃焼の過程で、易燃焼部110が難燃焼部140から剥離しにくい。

[0065] また、易燃焼露出面111と難燃焼露出面121とが連続した1つの曲面を構成している。具体的には、始端面100aの開口APから終端面100bの開口APにわたって、流路CAの内面が、仮想直線VLを中心軸とする円柱の側面を構成している。このため、流路CAの内面に凹凸が形成されている場合に比べると、燃焼の開始後の初期の段階において、燃焼ガスが、流路CAをスムーズに流れる。このことは、ハイブリッドロケット800に付与する推力の向上に資する。

[0066] また、相対的に燃焼しやすい易燃焼部 110 が、流路 CA に面する位置に配置されている。このため、難燃焼部 140 のみが流路 CA に面している場合に比べて、燃焼の開始後の初期の段階において、大きな推力が得られる。特に、本実施形態では、全ての易燃焼露出面 111 の面積の合計が、全ての難燃焼露出面 121 の面積の合計よりも大きい。このため、燃焼ガスが、易燃焼露出面 111 が多く露出した流路 CA を流れ、燃焼の開始後の初期の段階において、大きな推力が得られやすい。

[0067] 図 3 に示すように、易燃焼部 110 が焼失した後は、難燃焼部 140 においてストッパー部の役割を果たしていた厚肉部 120 が、流路 CA に突出した状態となる。このため、厚肉部 120 が、液体酸化剤、難燃焼部 140 が熱分解した熱分解ガス、その熱分解ガスが燃焼した燃焼ガス、及び火炎の 4 者を含む流体 FL の流れを乱す。

[0068] これにより、それら 4 者が攪拌されることで、難燃焼部 140 の熱分解が促進される。難燃焼部 140 の熱分解の促進は、ハイブリッドロケット 800 に付与する推力の向上に資する。

[0069] 以上のように、厚肉部 120 は、燃焼の開始後の初期の段階において、易燃焼部 110 の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たすだけでなく、易燃焼部 110 の焼失後の段階において、難燃焼部 140 自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

[0070] [実施形態 2]

上記実施形態 1 では、各々のブロック BK において、厚肉部 120 が薄肉部 130 よりも始端面 100a に近い位置に配置されていたが、逆に薄肉部 130 が厚肉部 120 よりも始端面 100a に近い位置に配置されていてもよい。以下、その具体例を述べる。

[0071] 図 4 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 200 においては、各々のブロック BK の難燃焼部 140 における、面積が小さい方の開口を有する第 1 端面 140a が、終端面 100b に近い方に配置されており、面積が大きい方の開口を有する第 2 端面 140b が、始端面 100a に近い方に配置さ

れている。

[0072] 本実施形態に係る固体燃料200では、難燃焼部140の、第1端面140aを構成している厚肉部120が、その難燃焼部140を有するブロックBKの易燃焼部110に対するストッパー部を構成する。他の構成及び効果は、実施形態1の場合と同様である。

[0073] [実施形態3]

上記実施形態1では、燃焼前の初期状態において、流路CAには、易燃焼露出面111だけでなく、難燃焼露出面121も露出していたが、初期状態において流路CAには、易燃焼露出面111のみが露出していてもよい。以下、その具体例を述べる。

[0074] 図5に示すように、本実施形態に係る固体燃料300においては、各々のブロックBKの難燃焼部140における厚肉部120が、薄肉部130と同様に、易燃焼部110の外周面を覆っている。

[0075] 本実施形態によれば、初期状態における流路CAの内面が、全域にわたって易燃焼露出面111によって構成されているため、燃焼の開始後の初期の段階において、実施形態1の場合よりも大きな推力が得られうる。

[0076] また、本実施形態においては、終端側ブロックBKにおける難燃焼部140の厚肉部120が、始端側ブロックBKにおける易燃焼部110の、終端面100bに近い方の端面の一部に接している。このため、実施形態1の場合と同様に、厚肉部120が、始端側ブロックBKの易燃焼部110に対するストッパー部の役割を果たす。他の構成及び効果は、実施形態1の場合と同様である。

[0077] [実施形態4]

上記実施形態1〜3では、各々のブロックBKにおいて、難燃焼部140が厚肉部120を1つのみ備えた構成を例示したが、難燃焼部140は厚肉部120を複数備えてもよい。以下、その具体例を述べる。

[0078] 図6に示すように、本実施形態に係る固体燃料400も、実施形態1の場合と同様、4つのブロックBKに分割されて構成されている。各々のブロッ

クBKは、易燃焼部410と難燃焼部450とによって構成されている。

[0079] 各々のブロックBKにおいて、難燃焼部450は、易燃焼部410の、仮想直線VLに平行な長さ方向の両端面及び外面としての外周面を覆う形状を有する。そして、難燃焼部450の、易燃焼部410の両端面のうち終端面100bに近い方の端面を覆う部分が、その易燃焼部410に対するストッパー部を構成している。以下、具体的に説明する。

[0080] 各々のブロックBKにおいて、難燃焼部450は、第1厚肉部420及び第2厚肉部430と、それら第1厚肉部420及び第2厚肉部430よりも、長さ方向と直交する径方向の厚さが薄い薄肉部440とを有する。

[0081] 第1厚肉部420は、難燃焼部450の、長さ方向の一端面である第1端面450aを構成しており、かつ第1端面450aと連続して流路CAに露出している第1難燃焼露出面421を有する。第2厚肉部430は、難燃焼部450の、長さ方向の他端面である第2端面450bを構成しており、かつ第2端面450bと連続して流路CAに露出している第2難燃焼露出面431を有する。

[0082] 第1厚肉部420と第2厚肉部430との間に、易燃焼部410が配置される。易燃焼部410の両端面は、第1厚肉部420と第2厚肉部430とによって覆われている。薄肉部440は、易燃焼部410の外面としての外周面を覆った状態で、第1厚肉部420と第2厚肉部430とをつないでいる。

[0083] 第1厚肉部420は、始端面100aに近い方に配置され、第2厚肉部430は、終端面100bに近い方に配置される。つまり、第1厚肉部420が、易燃焼部410の、始端面100aに近い方の端面を覆っており、第2厚肉部430が、易燃焼部410の、終端面100bに近い方の端面を覆っている。

[0084] このため、各々のブロックBKにおいて、第2厚肉部430が、易燃焼部410に対するストッパー部を構成する。他の構成及び効果は、実施形態1の場合と同様である。

[0085] [実施形態 5]

上記実施形態 1 では、固体燃料 100 が複数のブロック BK に分割されていたが、固体燃料 100 は、必ずしも複数のブロック BK に分割されていなくてもよい。以下、その具体例を述べる。

[0086] 図 7 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 500 は、一体の易燃焼部 510 と、一体の難燃焼部 520 とが接合されて構成されている。易燃焼部 510 と難燃焼部 520 の各々は、筒状に形成されており、かつ始端面 100a から終端面 100b にわたって延在している。

[0087] 易燃焼部 510 は、仮想直線 VL と直交する径方向に関して、難燃焼部 520 よりも仮想直線 VL に近い内側に配置されている。固体燃料 500 が燃焼する前の初期状態における流路 CA の内面は、全域にわたって易燃焼部 510 の易燃焼露出面 511 によって構成されている。

[0088] 難燃焼部 520 は、仮想直線 VL と直交する径方向の厚さが相対的に薄い薄肉部 521 と、径方向の厚さが相対的に厚い厚肉部 522 とが、仮想直線 VL に平行な長さ方向に交互に複数配置された構成を有する。

[0089] 厚肉部 522 は、薄肉部 521 よりも流路 CA に近い径方向内方に突出した状態で、易燃焼部 510 に食い込んでおり、始端面 100a から終端面 100b に向かう方向の易燃焼部 510 の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たす。

[0090] また、それら厚肉部 522 は、上記実施形態 1 に係る難燃焼部 140 の、図 3 に示した厚肉部 120 と同様、易燃焼部 510 の焼失後の段階において、難燃焼部 520 自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

[0091] [実施形態 6]

上記実施形態 1 では、各々のブロック BK を構成する難燃焼部 140 として、第 1 端面 140a と第 2 端面 140b との間で、仮想直線 VL と直交する径方向の厚さが段階的に変化した形状のものをを用いたが、難燃焼部 140 の厚さは、第 1 端面 140a から第 2 端面 140b に向かって連続的に変化していてもよい。以下、その具体例を述べる。

[0092] 図8に示すように、本実施形態に係る固体燃料600も、実施形態1の場合と同様、4つのブロックBKに分割されて構成されている。各々のブロックBKは、易燃焼部610と難燃焼部620とによって構成されている。

[0093] また、難燃焼部620の、仮想直線VLと平行な長さ方向の一端面である第1端面620aの開口の面積は、他端面である第2端面620bの開口の面積よりも小さい。第1端面620aは、始端面100aに近い方に配置されており、第2端面620bは、終端面100bに近い方に配置されている。

[0094] 易燃焼部610の易燃焼露出面611は、仮想直線VLと平行な長さ方向に関して、第1端面620aの位置から第2端面620bの位置にわたって流路CAに露出している。つまり、初期状態における流路CAの内面は、全域にわたって易燃焼露出面611によって構成されている。

[0095] そして、難燃焼部620は、易燃焼部610の、仮想直線VLと直交する径方向に関して易燃焼露出面611とは反対側の外面としての外周面を、第1端面620aの位置から第2端面620bの位置にわたって覆っている。

[0096] 各々のブロックBKにおける難燃焼部620の、仮想直線VLと直交する径方向に関してケーシング820から遠い方の内面としての内周面621は、仮想直線VLと平行な長さ方向に関して第2端面620bに近づくに従って、次第にケーシング820に近づくように傾斜している。つまり、各々のブロックBKにおいて、難燃焼部620の径方向の厚さは、第1端面620aから第2端面620bに向かって連続的に減少している。

[0097] なお、難燃焼部620の内周面621は、易燃焼部110が消失した後に流路CAに露出する内面の一例である。内周面621は、易燃焼部110が消失した後に、易燃焼部110よりも緩やかに燃焼しつつケーシング820を保護する。

[0098] 終端側ブロックBKにおける難燃焼部620の第1端面620aは、始端側ブロックBKにおける易燃焼部610の、終端面100bに近い方の端面に接している。このため、終端側ブロックBKにおける難燃焼部620の、

第1端面620aを構成している部分が、始端側ブロックBKの易燃焼部610に対するストッパー部を構成する。従って、燃焼の過程で、易燃焼部610が難燃焼部620から剥離しにくい。

[0099] 図9に示すように、易燃焼部610が焼失した後は、難燃焼部620の内周面621が、流路CAの、仮想直線VLに垂直な断面積を、第2端面620bに近づくに従って次第に増大させている末広部を構成する。そして、難燃焼部620において第1端面620aを構成している部分が、流路CAに突出した状態となる。

[0100] このため、その第1端面620aを構成している部分が、液体酸化剤、難燃焼部620が熱分解した熱分解ガス、その熱分解ガスが燃焼した燃焼ガス、及び火炎の4者を含む流体FLの流れを乱す。これにより、それら4者が攪拌されることで、難燃焼部620の熱分解が促進される。難燃焼部620の熱分解の促進は、ハイブリッドロケット800に付与する推力の向上に資する。

[0101] このように、難燃焼部620において第1端面620aを構成している部分は、燃焼の開始後の初期の段階において、易燃焼部610の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たすだけでなく、易燃焼部610の焼失後の段階において、難燃焼部620自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

[0102] また、難燃焼部620における第1端面620aを構成している部分は、図3に示した厚肉部120に比べて、完全には焼失しにくい。このため、難燃焼部620自身の燃焼を促進する効果が持続しやすい。

[0103] これは、難燃焼部620の内周面621が、流路CAの断面積を次第に増大させる末広部を構成しているため、流体FLの流速が、第1端面620aに当たるまでに適度に減速されることで、第1端面620aを構成している部分の局所的で過剰な損耗が抑えられることによると考えられる。

[0104] また、難燃焼部620の内周面621に沿う流体FLの流れが、仮想直線VLから遠ざかる径方向外方の速度成分を有するため、難燃焼部620の内周面621が、仮想直線VLに平行なフラットな面になりにくいことも、第

1 端面 6 2 0 a を構成している部分が残留しやすい理由の 1 つと考えられる。
。

[0105] [実施形態 7]

上記実施形態 6 では、固体燃料 6 0 0 が複数のブロック B K に分割されていたが、固体燃料 6 0 0 は、必ずしも複数のブロック B K に分割されていなくてもよい。以下、その具体例を述べる。

[0106] 図 1 0 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 7 0 0 は、一体の易燃焼部 7 1 0 と、一体の難燃焼部 7 2 0 とが接合されて構成されている。易燃焼部 7 1 0 と難燃焼部 7 2 0 の各々は、始端面 1 0 0 a から終端面 1 0 0 b にわたって延在している。

[0107] 難燃焼部 7 2 0 は、仮想直線 V L と直交する径方向に関して、ケーシング 8 2 0 から遠ざかる向きに突出している段差部 7 2 1 と、その段差部 7 2 1 から、終端面 1 0 0 b に近づくに従って、次第にケーシング 8 2 0 に近づく向きに傾斜している末広部 7 2 2 とを有する。

[0108] 具体的には、難燃焼部 7 2 0 は、段差部 7 2 1 と末広部 7 2 2 との組を、長さ方向に複数組、具体的には、4 組有する。隙間 G P 1 に面している最上段のブロック B K の段差部 7 2 1 は、始端面 1 0 0 a を構成している。

[0109] なお、本実施形態では、易燃焼部 7 1 0 が、難燃焼部 7 2 0 の各々の段差部 7 2 1 よりも径方向内方に厚さをもって存在している。固体燃料 7 0 0 が燃焼する前の初期状態における流路 C A の内面は、全域にわたって易燃焼部 7 1 0 の易燃焼露出面 7 1 1 によって構成されている。

[0110] また、本実施形態では、4 つの段差部 7 2 1 のうち、始端面 1 0 0 a を構成するものを除く 3 つの段差部 7 2 1 が、易燃焼部 7 1 0 に食い込んでおり、易燃焼部 7 1 0 の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たす。

[0111] また、それら段差部 7 2 1 は、上記実施形態 6 に係る難燃焼部 6 2 0 の、図 8 に示した第 2 端面 6 2 0 a を構成している部分と同様、易燃焼部 7 1 0 の焼失後の段階において、難燃焼部 7 2 0 自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

- [0112] 以上、実施形態１－７について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、以下に述べる変形も可能である。
- [0113] 上記実施形態１では、易燃焼部１１０の材料としてパラフィンを採用し、難燃焼部１４０の材料としてアクリル樹脂を採用したが、易燃焼部１１０よりも難燃焼部１４０が燃焼しにくければ、易燃焼部１１０及び難燃焼部１４０の材料は特に限定されない。易燃焼部１１０の材料としてパラフィンを用いる場合、難燃焼部１４０の材料として、ポリエチレン樹脂又はＡＢＳ樹脂を用いることもできる。他の実施形態においても同様である。
- [0114] 上記実施形態１では、固体燃料１００が、易燃焼部１１０と難燃焼部１４０とによって構成される場合を例示したが、固体燃料１００は、易燃焼部１１０及び難燃焼部１４０以外の部分を有してもよい。具体的には、固体燃料１００は、易燃焼部１１０及び難燃焼部１４０とは燃焼のしにくさの異なる第３の材料を含んでもよい。他の実施形態においても同様である。
- [0115] 上記実施形態１では、固体燃料１００をハイブリッドロケット８００に適用した構成を例示したが、固体燃料１００は、固体燃料ロケット等、ハイブリッドロケット８００以外のロケットに適用することもできる。他の実施形態においても同様である。
- [0116] 上記実施形態１－４及び６では、互いに同じ形状の複数のブロックＢＫを組み合わせた構成を例示したが、異なる形状のブロックＢＫを組み合わせてもよい。例えば、図１に示すブロックＢＫと、図８に示すブロックＢＫとを組み合わせてもよい。
- [0117] 上記実施形態１－７では、流路ＣＡの内面が、仮想直線ＶＬを中心軸とする円柱の側面を構成している場合を例示したが、流路ＣＡの内面は、仮想直線ＶＬを中心軸とする、円柱以外の柱体、例えば、角柱の側面を構成していてもよい。
- [0118] 上記実施形態５では、図７に示したように、ストッパー部としての厚肉部５２２が、仮想直線ＶＬの周りの周方向に、全周にわたって延在する構成を例示したが、厚肉部５２２は、必ずしも周方向に全周にわたって延在してい

なくとも、ストッパー部としての役割を果たし得る。図10に例示した段差部721についても同様である。難燃焼部520が、仮想中心軸VLに近く径方向内方に、棒状に突出した突出部を有する場合でも、その突出部が易燃焼部510に食い込んでいることにより、その突出部がストッパー部としての役割を果たし得る。

[0119] 以下、図1に示した液体酸化剤供給装置810の具体例として用いることができる極低温液体供給装置について説明する。

[0120] [比較形態]

まず、実施形態に係る極低温液体供給装置において解決しようとする課題を示すために、比較形態に係る極低温液体供給装置を説明する。

[0121] 図16に示すように、比較形態に係る極低温液体供給装置3000は、内部に極低温液体ULが溜められる液密かつ気密なタンク3100を備える。タンク3100の上面には、内部に極低温液体ULを注入するための注入口3110が形成されている。注入口3110は、極低温液体ULの注入が完了した後に、気密かつ液密に閉塞される。

[0122] また、極低温液体供給装置3000は、タンク3100の内部の極低温液体ULを、タンク3100よりも下方に配置される供給先SDへと案内する供給管3200を備える。供給管3200は、外管3210と、外管3210の内部を通っている内管3220とによって構成される2重管構造を有する。

[0123] 外管3210は、タンク3100の内部における上面から、タンクの内部における底面に向かって下方に延在する。内管3220の上端は、タンク3100の上面と対面する位置において開口している。内管3220の下端は、供給先SDにつながれている。

[0124] また、極低温液体供給装置3000は、一端部がタンク3100の内部と連通したガス導出入管3400と、ガス導出入管3400の他端部につなされた3方バルブ3500と、一端部が3方バルブ3500につながれ、他端部がタンク3100の内部と連通したガス案内管3600とを備える。

- [0125] ガス導出入管 3400 の一端部は、タンク 3100 の内部における、外管 3210 の外側の領域と連通している。ガス案内管 3600 の他端部は、タンク 3100 の内部における、外管 3210 の内側の領域と連通している。
- [0126] また、極低温液体供給装置 3000 は、タンク 3100 の内部の極低温液体 U L を、供給管 3200 を通して供給先 S D へと押し出すための加圧用ガスを供給する加圧用ガス源 3300 を備える。加圧用ガス源 3300 も 3 方バルブ 3500 につながれている。
- [0127] まず、3 方バルブ 3500 は、加圧用ガス源 3300 からの加圧用ガスの供給が断たれ、かつガス導出入管 3400 とガス案内管 3600 とが連通する加圧停止状態に設定される。この状態で、注入口 3110 を介してタンク 3100 に極低温液体 U L が注入される。極低温液体 U L の注入に伴って、タンク 3100 の内部の空気が、ガス導出入管 3400、ガス案内管 3600、及び内管 3220 を通して、供給先 S D に押し出される。
- [0128] このとき、タンク 3100 の内部において、外管 3210 の外側と外管 3210 の内側とが、ガス導出入管 3400 及びガス案内管 3600 によって連通されているため、タンク 3100 の内部における外管 3210 の外側と外管 3210 の内側とで、極低温液体 U L の液面の高さが等しく揃う。
- [0129] 次に、3 方バルブ 3500 が、ガス案内管 3600 の一端部が閉塞され、かつ加圧用ガス源 3300 とガス導出入管 3400 とが連通する加圧状態に切り換えられる。すると、加圧用ガス源 3300 から、ガス導出入管 3400 を通してタンク 3100 の内部に供給される加圧用ガスによって、外管 3210 の外側における極低温液体 U L の液面が加圧される。
- [0130] これにより、外管 3210 の外側における極低温液体 U L の液面が降下し、外管 3210 の内側における極低温液体 U L の液面が上昇して、極低温液体 U L が内管 3220 に流入する。流入した極低温液体 U L は、内管 3220 を通して供給先 S D に供給される。
- [0131] 以上説明した極低温液体供給装置 3000 においては、加圧停止状態においてタンク 3100 に極低温液体 U L を注入するときに、極低温液体 U L の

液面が、タンク 3100 の底面から、内管 3220 の上端の開口までの距離を表す限界高さ H を超えないように、細心の注意を払う必要がある。

[0132] 極低温液体 U L の液面が限界高さ H を超えると、加圧用ガスを供給していないにも関わらず、極低温液体 U L が内管 3220 に流入し、内管 3220 を通して供給先 S D に流出してしまうオーバーフローが生じるからである。

[0133] この問題を防止するためには、極低温液体 U L の液面を限界高さ H よりも十分に低く定めることが有効である。しかし、その場合、タンク 3100 の全容積に占める極低温液体 U L の体積の割合である充填率が低いため、タンク 3100 を有効に活用できているとは言い難い。以下、この課題を解決する実施形態について説明する。

[0134] [実施形態 8]

図 11 に示すように、本実施形態に係る極低温液体供給装置 1000 は、内部に極低温液体 U L が溜められる液密かつ気密なタンク 1100 を備える。タンク 1100 の上面には、内部に極低温液体 U L を注入するための注入口 1110 が形成されている。注入口 1110 は、タンク 1100 への極低温液体 U L の注入が完了した後に、気密かつ液密に閉塞される。

[0135] また、極低温液体供給装置 1000 は、タンク 1100 の内部の極低温液体 U L を、タンク 1100 よりも下方に配置される供給先 S D へと案内する供給管 1200 と、タンク 1100 の内部の極低温液体 U L を、供給管 1200 を通して供給先 S D へと押し出すための加圧用ガスを供給する加圧用ガス源 1300 とを備える。

[0136] 供給管 1200 は、極低温液体 U L が流入する流入端部 1200 a と、極低温液体 U L が流出する流出端部 1200 b とを有し、流入端部 1200 a から流出端部 1200 b にわたって、極低温液体 U L が流れる管路を構成している。流入端部 1200 a は、タンク 1100 の内部で極低温液体 U L に浸漬される。流出端部 1200 b は、供給先 S D につながれている。

[0137] 本実施形態に係る供給管 1200 は、極低温液体 U L が流れる管路に沿って、流入端部 1200 a から流出端部 1200 b までの間に、タンク 1100

0から上方に突出している上方突出部としての折り返し部1220を有する点を最大の特徴としている。

[0138] 具体的には、供給管1200は、折り返し部1220の他、流入端部1200aから折り返し部1220に至る上方案内部1210と、折り返し部1220から供給先SDに至る下方案内部1230とを有し、全体として逆U字状に形成されている。

[0139] 上方案内部1210の一端部は、流入端部1200aを構成している。上方案内部1210の他端部は、折り返し部1220につながれている。上方案内部1210は、流入端部1200aから折り返し部1220に向けて、極低温液体ULを上方に案内する。

[0140] 折り返し部1220は、上方案内部1210によって上方に案内された極低温液体ULを、タンク1100の内部に向けて下方に折り返す。このように、折り返し部1220は、極低温液体ULが流れる管路の一部を構成している。

[0141] 下方案内部1230の一端部は、折り返し部1220につながれている。下方案内部1230は、タンク1100の底面を貫いており、下方案内部1230の他端部は、流出端部1200bを構成している。下方案内部1230は、折り返し部1220において下方に折り返された極低温液体ULを、タンク1100の内部を経由して、供給先SDに向けて下方に案内する。

[0142] また、極低温液体供給装置1000は、一端部がタンク1100の内部と連通したガス導出入管1400と、ガス導出入管1400の他端部につながれたガスバルブとしての3方バルブ1500と、一端部が3方バルブ1500につながれたガス案内管1600とを備える。ガス案内管1600の他端部は、供給管1200の下方案内部1230における、タンク1100の底面から供給先SDまでの間の部分につながれている。

[0143] 3方バルブ1500には、加圧用ガス源1300も接続されている。3方バルブ1500は、加圧用ガス源1300からタンク1100への加圧用ガスの供給が断たれ、かつガス導出入管1400とガス案内管1600とが連

通する加圧停止状態と、ガス導出入管１４００とガス案内管１６００との連通が断たれ、かつ加圧用ガス源１３００とガス導出入管１４００とが連通する加圧状態との間で切り換え可能である。

[0144] 図１１は、加圧停止状態の極低温液体供給装置１０００を示す。加圧停止状態において、ユーザは、注入口１１１０からタンク１１００に極低温液体ＵＬを注入する。極低温液体ＵＬの注入に伴って、注入された極低温液体ＵＬによって、タンク１１００の内部の空気が、ガス導出入管１４００、ガス案内管１６００、及び下方案内内部１２３０を通して、供給先ＳＤに押し出される。

[0145] このため、タンク１１００には、極低温液体ＵＬと置換された空気を排出するための空気排出孔を形成する必要がない。但し、タンク１１００に空気排出孔を形成してもよいし、注入口１１１０の一部が空気排出孔の役割を果たしてもよい。

[0146] また、このとき、ガス導出入管１４００及びガス案内管１６００を通して、タンク１１００の内部と供給管１２００の内部とが連通しているため、タンク１１００の内部と供給管１２００の内部とで気圧が等しい。従って、タンク１１００の内部における極低温液体ＵＬの液面の高さと、上方案内部１２１０における極低温液体ＵＬの液面の高さとが等しく揃う。

[0147] なお、本実施形態では、供給先ＳＤの気圧が大気圧と等しく、加圧停止状態では、タンク１１００の内部及び供給管１２００の内部が、大気圧に保たれる。

[0148] そして、折り返し部１２２０が、タンク１１００から上方に突出しているため、タンク１１００に極低温液体ＵＬを注入したとき、供給管１２００によって構成される管路における、少なくとも折り返し部１２２０から流出端部１２００ｂまでの間に、空隙部ＶＰが確保される。

[0149] 従って、タンク１１００に極低温液体ＵＬを注入したときに、極低温液体ＵＬが供給管１２００を通して供給先ＳＤに流出してしまうオーバーフローの問題を回避できる。このため、タンク１１００に極低温液体ＵＬを注入す

る作業を手軽に行うことができる。

[0150] また、タンク 1100 の内部における極低温液体 U L の液面を従来よりも高く設定してもオーバーフローの問題を回避できる。具体的には、タンク 1100 の内部における極低温液体 U L の液面の高さを、図 16 に示した限界高さ H よりも高く設定することができる。このため、タンク 1100 への極低温液体 U L の充填率を従来よりも高めうる。

[0151] なお、タンク 1100 への極低温液体 U L の注入が完了すると、注入口 1110 が気密かつ液密に閉塞される。この状態において、タンク 1100 の内部で極低温液体 U L が気化したガスは、ガス導出入管 1400 を通してタンク 1100 の外部に排出される。つまり、ガス導出入管 1400 は、タンク 1100 の内部で極低温液体 U L が気化したガスを、タンク 1100 の外部に排出するガス排出部の役割を果たす。

[0152] ガス導出入管 1400 から排出されたガスは、ガス案内管 1600 を通して供給先 S D へと導かれる。具体的には、ガス導出入管 1400 から排出されたガスは、ガス案内管 1600 と、供給管 1200 の下方案内部 1230 における空隙部 V P とを通して、供給先 S D へと供給される。このため、加圧停止状態において、タンク 1100 の昇圧が抑制される。

[0153] そして、極低温液体 U L を供給先 S D に供給する所望のタイミングで、3 方バルブ 1500 が加圧状態に切り換えられる。以下、加圧状態における極低温液体供給装置 1000 の動作について説明する。

[0154] 図 12 に示すように、3 方バルブ 1500 が加圧状態に切り換えられると、ガス導出入管 1400 とガス案内管 1600 との連通が断たれるため、極低温液体 U L が気化したガスの、ガス導出入管 1400 からの排出が断たれる。

[0155] そして、加圧用ガス源 1300 とガス導出入管 1400 とが連通するため、加圧用ガス源 1300 から、ガス導出入管 1400 を通してタンク 1100 に加圧用ガスが供給される。このように、ガス導出入管 1400 は、加圧用ガスをタンク 1100 に案内する役割も果たす。

[0156] これにより、タンク 1100 の内部における極低温液体 UL の液面が、加圧用ガスによって、下方に加圧される。これに伴い、極低温液体 UL が、流入端部 1200 a から上方案内部 1210 に流入する。

[0157] 上方案内部 1210 に流入した極低温液体 UL は、折り返し部 1220 に向かって上昇し、折り返し部 1220 において折り返されて、流出端部 1200 b を経て供給先 SD に向かって降下する。このようにして、加圧用ガスによって、極低温液体 UL が、流入端部 1200 a から流出端部 1200 b を通して、供給先 SD へと押し出される。

[0158] 下方案内部 1230 がタンク 1100 の内部を通っており、折り返し部 1220 において下方に折り返された極低温液体 UL が、タンク 1100 の内部を経由して、供給先 SD に供給される。このため、下方案内部 1230 がタンク 1100 の外部に配置されている場合に比べると、下方案内部 1230 を流れる極低温液体 UL が、外気によって加温されにくい。

[0159] [実施形態 9]

上記実施形態 8 では、逆 U 字状の供給管 1200 を用いたが、供給管 1200 は、極低温液体 UL を一旦タンク 1100 よりも上方へと案内し、タンク 1100 よりも上方において下方に折り返すものであれば、その形状は特に限定されない。以下、供給管 1200 の形状を変形した具体例について述べる。

[0160] 図 13 に示すように、本実施形態に係る極低温液体供給装置 2000 は、内部に極低温液体 UL が溜められる液密かつ気密なタンク 2100 と、タンク 2100 の内部の極低温液体 UL を、タンク 2100 よりも下方に配置される供給先 SD へと案内する供給管 2200 と、タンク 2100 の内部の極低温液体 UL を、供給管 2200 を通して供給先 SD へと押し出すための加圧用ガスを供給する加圧用ガス源 2300 とを備える。

[0161] 供給管 2200 は、極低温液体 UL が流入する流入端部 2200 a と、極低温液体 UL が流出する流出端部 2200 b とを有し、流入端部 2200 a から流出端部 2200 b にわたって、極低温液体 UL が流れる管路を構成し

ている。流入端部２２００ａは、タンク２１００の内部で極低温液体ＵＬに浸漬される。流出端部２２００ｂは、供給先ＳＤにつながれている。

[0162] 本実施形態に係る供給管２２００は、極低温液体ＵＬが流れる管路に沿って、流入端部２２００ａから流出端部２２００ｂまでの間に、タンク２１００から上方に突出している上方突出部２２００ｃを有する点を最大の特徴としている。

[0163] 具体的には、供給管２２００は、直管状の外管２２１０と、外管２２１０の内部を通り、かつタンク２１００を貫通している直管状の内管２２２０とを有する。

[0164] 外管２２１０の一端部は、流入端部２２００ａを構成している。外管２２１０の他端部は、上方突出部２２００ｃを構成している。内管２２２０の一端部は、上方突出部２２００ｃの内部において開口している。内管２２２０の他端部は、流出端部２２００ｂを構成している。

[0165] 外管２２１０の内面と、内管２２２０の外面とによって、流入端部２２００ａから上方突出部２２００ｃに向かって極低温液体ＵＬが上方に案内される。そして、上方突出部２２００ｃにおいて極低温液体ＵＬが内管２２２０の一端部の開口に流入され、流入された極低温液体ＵＬが、内管２２２０によって供給先ＳＤへと案内される。

[0166] また、極低温液体供給装置２０００は、一端部がタンク２１００の内部と連通したガス導出入管２４００と、ガス導出入管２４００の他端部につなされたガスバルブとしての３方バルブ２５００と、一端部が３方バルブ２５００につなされたガス案内管２６００とを備える。

[0167] ガス導出入管２４００の一端部は、タンク２１００の内部における、外管２２１０の外側の領域と連通している。ガス案内管２６００の他端部は、タンク２１００の内部における、外管２２１０の内側の領域、具体的には、上方突出部２２００ｃの内部と連通している。

[0168] ３方バルブ２５００には、加圧用ガス源２３００も接続されている。３方バルブ２５００は、加圧用ガス源２３００からタンク２１００への加圧用ガ

スの供給が断たれ、かつガス導出入管 2400 とガス案内管 2600 とが連通する加圧停止状態と、ガス導出入管 2400 とガス案内管 2600 との連通が断たれ、かつ加圧用ガス源 2300 とガス導出入管 2400 とが連通する加圧状態との間で切り換え可能である。

[0169] 図 13 は、加圧停止状態の極低温液体供給装置 2000 を示す。加圧停止状態において、ユーザは、注入口 2110 から、タンク 2100 の内部における外管 2210 の外側の領域に、極低温液体 UL を注入する。その過程で、注入された極低温液体 UL によって、タンク 2100 の内部の空気が、ガス導出入管 2400、ガス案内管 2600、及び内管 2220 を通して、供給先 SD に押し出される。

[0170] また、このとき、ガス導出入管 2400 及びガス案内管 2600 を通して、タンク 2100 の内部における外管 2210 の内側の領域と外側の領域とが連通しているため、タンク 2100 の内部において、外管 2210 の内側と外側とで気圧が等しい。従って、タンク 2100 の内部における外管 2210 の内側と外側とで、極低温液体 UL の液面の高さが等しく揃う。

[0171] なお、本実施形態では、供給先 SD の気圧が大気圧と等しく、加圧停止状態では、タンク 2100 の内部において、外管 2210 の内側と外側とが大気圧に保たれる。

[0172] そして、上方突出部 2200c がタンク 2100 から上方に突出しているため、タンク 2100 に極低温液体 UL を注入したとき、供給管 2200 によって構成される、極低温液体 UL が流れる管路における、少なくとも上方突出部 2200c から流出端部 2200b までの間に、空隙部 VP が確保される。

[0173] 従って、タンク 2100 に極低温液体 UL を注入したときに、極低温液体 UL が内管 2220 を通して供給先 SD に流出してしまうオーバーフローの問題を回避できる。このため、タンク 2100 に極低温液体 UL を注入する作業を手軽に行うことができる。

[0174] また、タンク 2100 の内部における極低温液体 UL の液面を従来よりも

高く設定してもオーバーフローの問題を回避できる。具体的には、タンク 2100 の内部における極低温液体 U L の液面の高さを、図 16 に示した限界高さ H よりも高く設定することができる。このため、タンク 2100 への極低温液体 U L の充填率を従来よりも高めうる。

[0175] なお、タンク 2100 への極低温液体 U L の注入が完了すると、注入口 2110 が気密かつ液密に閉塞される。この状態において、タンク 2100 の内部で極低温液体 U L が気化したガスは、ガス導出入管 2400 を通してタンク 2100 の外部に排出される。つまり、ガス導出入管 2400 は、タンク 2100 の内部で極低温液体 U L が気化したガスを、タンク 2100 の外部に排出するガス排出部の役割を果たす。

[0176] ガス導出入管 2400 から排出されたガスは、ガス案内管 2600 と、上方突出部 2200 c 及び内管 2220 における空隙部 V P とを通して、供給先 S D へと導かれる。このため、加圧停止状態において、タンク 2100 の昇圧が抑制される。

[0177] そして、極低温液体 U L を供給先 S D に供給する所望のタイミングで、3 方バルブ 2500 が加圧状態に切り換えられる。以下、加圧状態における極低温液体供給装置 2000 の動作について説明する。

[0178] 図 14 に示すように、3 方バルブ 2500 が加圧状態に切り換えられると、ガス導出入管 2400 とガス案内管 2600 との連通が断たれるため、極低温液体 U L が気化したガスの、ガス導出入管 2400 からの排出が断たれる。

[0179] そして、加圧用ガス源 2300 とガス導出入管 2400 とが連通するため、加圧用ガス源 2300 から、ガス導出入管 2400 を通してタンク 2100 に加圧用ガスが供給される。このように、ガス導出入管 2400 は、加圧用ガスをタンク 2100 に案内する役割も果たす。これにより、タンク 2100 の内部における極低温液体 U L の液面が、加圧用ガスによって、下方に加圧される。

[0180] これに伴い、極低温液体 U L が、流入端部 2200 a から、外管 2210

と内管 2 2 2 0 との間に流入する。流入した極低温液体 U L は、上方突出部 2 2 0 0 c に向かって上昇し、上方突出部 2 2 0 0 c において折り返されて、内管 2 2 2 0 を通って供給先 S D に向かって降下する。このようにして、加圧用ガスによって、極低温液体 U L が、流入端部 2 2 0 0 a から流出端部 2 2 0 0 b を通して、供給先 S D へと押し出される。

[0181] [実施形態 1 0]

上記実施形態 8 及び 9 に係る極低温液体供給装置 1 0 0 0 及び 2 0 0 0 の用途は限定されないが、ハイブリッドロケットにおいて、極低温液体 U L としての液体酸化剤を供給する用途に特に適する。以下、上記実施形態 8 に係る極低温液体供給装置 1 0 0 0 をハイブリッドロケットに適用した具体例について述べる。

[0182] 図 1 5 に示すように、本実施形態に係るハイブリッドロケット 4 0 0 0 は、固体燃料 4 1 1 0 を有する燃焼部 4 1 0 0 と、極低温液体 U L としての液体酸素を固体燃料 4 1 1 0 に供給する極低温液体供給装置 1 0 0 0 とを備える。

[0183] 燃焼部 4 1 0 0 は、固体燃料 4 1 1 0 の他、固体燃料 4 1 1 0 を収容しているケーシング 4 1 2 0 と、ケーシング 4 1 2 0 につながれたノズル 4 1 3 0 とを有する。

[0184] ケーシング 4 1 2 0 は、ハイブリッドロケット 4 0 0 0 が推進する方向と平行な仮想直線 V L を中心軸とする中空筒状に形成されている。ケーシング 4 1 2 0 の、仮想直線 V L の延在方向の一端部に、極低温液体供給装置 1 0 0 0 の流出端部 1 2 0 0 b がつながれている。ノズル 4 1 3 0 は、ケーシング 4 1 2 0 の他端部につながれている。

[0185] ケーシング 4 1 2 0 内において、固体燃料 4 1 1 0 は、仮想直線 V L に沿って延びた空洞部である流路 C A を画定している。この流路 C A が、図 1 1 に示した供給先 S D に該当する。固体燃料 4 1 1 0 の、仮想直線 V L の延在方向の両端面は開口している。固体燃料 4 1 1 0 の一端面である始端面 4 1 1 0 a の開口と、他端面である終端面 4 1 1 0 b の開口とが、流路 C A によ

って連通している。

[0186] ケーシング4120の、極低温液体供給装置1000とつながれる一端部の内壁と、固体燃料4110の始端面4110aとの間には、隙間GPが確保されている。燃焼部4100は、隙間GPに配置された噴霧器4140、及び隙間GPに面するように配置されたイグナイター4150も有する。

[0187] 噴霧器4140は、極低温液体供給装置1000によって供給された液体酸素を霧化する。霧化された液体酸素が、固体燃料4110の始端面4110aの開口から流路CAに流入する。つまり、極低温液体供給装置1000は、噴霧器4140を通して、固体燃料4110の流路CAに液体酸素を供給する。

[0188] 以下、ハイブリッドロケット4000の動作を説明する。まず、イグナイター4150が、高温の燃料ガスを発生させる。イグナイター4150によって発生された燃料ガスは、流路CAに流入し、固体燃料4110が一部熱分解した状態となる。

[0189] この状態で、極低温液体供給装置1000が、液体酸素の供給を開始する。極低温液体供給装置1000によって供給された液体酸素は、噴霧器4140において霧化されて、流路CAに流入する。すると、霧化された液体酸素が流路CAの内壁面近傍に到達することによって燃料ガスが燃焼され、これにより固体燃料4110の、流路CAに面する内面の熱分解が促進され、かつ火炎及び燃焼ガスが生成される。

[0190] 火炎及び燃焼ガスは、始端面4110aの開口から終端面4110bの開口に向かって、流路CAを流れる。その過程で、火炎及び燃焼ガスが、未燃の固体燃料4110の表層部を熱分解させて燃料ガスを生じさせ、再びその燃料ガスが燃焼する。

[0191] このようにして、固体燃料4110は、始端面4110aから終端面4110bに向かう燃焼ガスの流動が流路CAに生じる態様で燃焼される。終端面4110bの開口から流出した燃焼ガスは、ノズル4130において超音速に加速され、ノズル4130から噴出する。その噴出に対する反作用によ

って、ハイブリッドロケット４０００が推力を得て推進する。

[0192] 以上、実施形態８－１０について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、以下に述べる変形も可能である。

[0193] 上記実施形態８では、図１１に示したように、一端部が３方バルブ１５００につながれたガス案内管１６００の他端部が、下方案内内部１２３０につながれた構成を採ったが、ガス案内管１６００の他端部は、必ずしも下方案内内部１２３０につながれていなくてもよく、供給管１２００における空隙部ＶＰが構成される部分につながれていればよい。

[0194] 実施形態８及び９に係る極低温液体供給装置１０００及び２０００の用途は、特にハイブリッドロケット４０００に限定されない。実施形態８及び９に係る極低温液体供給装置１０００及び２０００は、例えば、液体酸素、液体水素、液体窒素、液体ヘリウム等の極低温液体ＵＬを供給するあらゆる用途に利用することができる。

[0195] 上記実施形態１０を、上記実施形態１－７のいずれかに適用してもよい。つまり、図１５に示す固体燃料４１１０として、図２に示す固体燃料１００、図４に示す固体燃料２００、図５に示す固体燃料３００、図６に示す固体燃料４００、図７に示す固体燃料５００、図８に示す固体燃料６００、又は図１０に示す固体燃料７００を用いてもよい。

[0196] 本発明は、その広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施形態及び変形が可能とされる。上記実施形態は、本発明を説明するものであり、本発明の範囲を限定するものではない。本発明の範囲は、実施形態でなく、請求の範囲によって示される。請求の範囲内及びそれと同等の範囲内で施される様々な変形が、本発明の範囲内とみなされる。

[0197] 本出願は、２０１８年７月９日に出願された日本国特許出願２０１８－１３０１５８号と、２０１８年７月１３日に出願された日本国特許出願２０１８－１３２７９７号とに基づく。本明細書中に、それら日本国特許出願の明細書、特許請求の範囲、及び図面全体を参照として取り込むものとする。

符号の説明

[0198] 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700…固体燃料、
100a…始端面、
100b…終端面、
110, 410, 510, 610, 710…易燃焼部、
111, 411, 511, 611, 711…易燃焼露出面、
120, 522…厚肉部（ストッパー部）、
121…難燃焼露出面、
130, 440, 521…薄肉部、
140, 450, 520, 620, 720…難燃焼部、
140a, 450a, 620a…第1端面、
140b, 450b, 620b…第2端面、
420…第1厚肉部、
421…第1難燃焼露出面、
430…第2厚肉部（ストッパー部）、
431…第2難燃焼露出面、
621…内周面（内面）、
721…段差部、
722…末広部、
800…ハイブリッドロケット（ロケット）、
810…液体酸化剤供給装置、
811…タンク、
812…加圧用ガス源、
813…気体用バルブ、
814…液体用バルブ、
820…ケーシング、
830…ノズル、
840…噴霧器、
850…イグナイター、

860…ストッパー、
1000, 2000, 3000…極低温液体供給装置（液体酸化剤供給装置）、
1100, 2100, 3100…タンク、
1110, 2110, 3110…注入口、
1200, 2200, 3200…供給管、
1200a, 2200a…流入端部、
1200b, 2200b…流出端部、
1210…上方案内部、
1220…折り返し部（上方突出部）、
1230…下方案内部、
1300, 2300, 3300…加圧用ガス源、
1400, 2400…ガス導出入管（ガス排出部）、
1500, 2500…3方バルブ（ガスバルブ）、
1600, 2600…ガス案内管、
2200c…上方突出部、
2210, 3210…外管、
2220, 3220…内管、
3400…ガス導出入管、
3500…3方バルブ、
3600…ガス案内管、
4000…ハイブリッドロケット、
4100…燃焼部、
4110…固体燃料、
4110a…始端面、
4110b…終端面、
4120…ケーシング、
4130…ノズル、

4 1 4 0 …噴霧器、
4 1 5 0 …イグナイター、
A P …開口、
B K …ブロック、
C A …流路（空洞部、供給先）、
F L …流体、
G P …隙間、
G P 1 …隙間（前部燃焼室）、
G P 2 …隙間（後部燃焼室）、
H …限界高さ、
S D …供給先、
U L …極低温液体（液体酸化剤）、
V L …仮想直線、
V P …空隙部。

請求の範囲

- [請求項1] ロケットが推進する方向に平行な長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定しており、
- 前記ロケットの一部を構成するケーシングに収容され、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼されることにより、前記ロケットに推力を付与する固体燃料であって、
- 前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、
- 前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部と、
- を備え、
- 前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパー部を有する、
- 固体燃料。
- [請求項2] 前記固体燃料が、前記長さ方向に、複数のブロックに分割されており、
- 各々の前記ブロックが、
- 前記易燃焼露出面を有する前記易燃焼部と、
- 前記ストッパー部を有する前記難燃焼部と、
- を備える、請求項1に記載の固体燃料。
- [請求項3] 各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記易燃焼部の前記長さ方向の両端面及び前記外面を覆う形状を有し、
- 前記難燃焼部の、前記易燃焼部の前記両端面のうち前記終端面に近い方の端面を覆う部分が、該易燃焼部に対する前記ストッパー部を構成している、

請求項 2 に記載の固体燃料。

[請求項4]

各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記長さ方向の一端面である第 1 端面と他端面である第 2 端面とのそれぞれに開口が形成された形状を有し、かつ前記第 1 端面の開口の面積が、前記第 2 端面の開口の面積よりも小さく、

前記難燃焼部の、前記第 1 端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックの前記易燃焼部、又は該ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパー部を構成している、

請求項 2 に記載の固体燃料。

[請求項5]

前記第 1 端面が前記第 2 端面よりも前記始端面に近い位置に配置されており、

前記難燃焼部の、前記第 1 端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパー部を構成している、

請求項 4 に記載の固体燃料。

[請求項6]

各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部が、

前記第 1 端面を構成しており、かつ前記第 1 端面と連続して前記流路に露出している難燃焼露出面を有する厚肉部と、

前記第 2 端面を構成しており、かつ前記易燃焼部の前記外面を覆っており、前記厚肉部よりも、前記長さ方向と直交する方向の厚さが薄い薄肉部と、

を有する、請求項 4 又は 5 に記載の固体燃料。

[請求項7]

各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記ケーシングから遠い方の内面が、前記長さ方向に関して前記第 2 端面に近づくに従って、次第に前記ケーシングに近づくように傾斜している、

請求項4又は5に記載の固体燃料。

[請求項8] 前記始端面の前記開口から前記終端面の前記開口にわたって、前記流路の内面が、前記長さ方向に延びる仮想直線を中心軸とする柱体の側面を構成している、

請求項1から7のいずれか1項に記載の固体燃料。

[請求項9] 長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定している固体燃料と、

前記固体燃料を酸化させる液体酸化剤を、前記固体燃料の前記始端面の前記開口から前記流路に供給することにより、前記固体燃料を、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼させる液体酸化剤供給装置と、

前記固体燃料を収容するケーシングと、

前記ケーシングの端部につなぐれ、前記燃焼ガスを噴射するノズルと、

を備え、

前記固体燃料が、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなり、前記易燃焼部が消失した後に前記流路に露出する内面を有することにより、前記内面が前記易燃焼部よりも緩やかに燃焼しつつ前記ケーシングを保護する難燃焼部と、

を有し、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパー部を有する、

ハイブリッドロケット。

[請求項10] 前記液体酸化剤供給装置が、

内部に前記液体酸化剤が溜められ、かつ前記内部における前記液体酸化剤の液面を加圧する加圧用ガスを前記内部に供給可能なタンクと、

前記タンクに設けられ、前記内部で前記液体酸化剤が気化したガスを、前記タンクの外部に排出するガス排出部と、

前記液体酸化剤が流入する流入端部と、前記液体酸化剤が流出する流出端部とを有し、前記流入端部が、前記タンクの前記内部で前記液体酸化剤に浸漬され、前記流出端部が、前記タンクよりも下方に配置される前記固体燃料の前記流路につながれ、前記流入端部から前記流出端部にわたって前記液体酸化剤が流れる管路を構成している供給管と、

前記タンクへの前記加圧用ガスの供給が断たれ、かつ前記ガス排出部から前記ガスが排出される加圧停止状態と、前記ガス排出部からの前記ガスの排出が断たれ、かつ前記タンクに前記加圧用ガスが供給されることにより、前記加圧用ガスによって、前記液体酸化剤が、前記流入端部から前記流出端部を通して、前記固体燃料の前記流路へと押し出される加圧状態との間で切り換え可能なガスバルブと、

を備え、

前記供給管が、前記管路に沿って、前記流入端部から前記流出端部までの間に、前記タンクから上方に突出している上方突出部を有し、前記上方突出部が、前記管路の一部を構成しており、

前記ガスバルブが前記加圧停止状態に設定されている場合に、前記タンクに前記液体酸化剤を注入したとき、前記管路における、少なくとも前記上方突出部から前記流出端部までの間に空隙部が確保される、

請求項 9 に記載のハイブリッドロケット。

[請求項11]

前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部につな

れ、前記流入端部から前記上方突出部に向けて前記液体酸化剤を上方に案内する上方案内部と、

前記上方案内部によって上方に案内された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部に向けて下方に折り返す、前記上方突出部を構成している折り返し部と、

一端部が前記折り返し部につながれ、他端部が前記流出端部を構成しており、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内する下方案内部と、

を有する、請求項 10 に記載のハイブリッドロケット。

[請求項12] 前記下方案内部が、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部を経由して、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内する、

請求項 11 に記載のハイブリッドロケット。

[請求項13] 前記ガス排出部から排出された前記ガスを前記固体燃料の前記流路へと導くためのガス案内管、

をさらに備える、請求項 10 から 12 のいずれか 1 項に記載のハイブリッドロケット。

[請求項14] 前記ガス案内管が、前記ガス排出部と、前記供給管における前記空隙部が構成される部分とをつないでおり、

前記ガス排出部から排出された前記ガスが、前記ガス案内管と前記空隙部とを通して前記固体燃料の前記流路へと供給される、

請求項 13 に記載のハイブリッドロケット。

[請求項15] 前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部を構成している外管と、

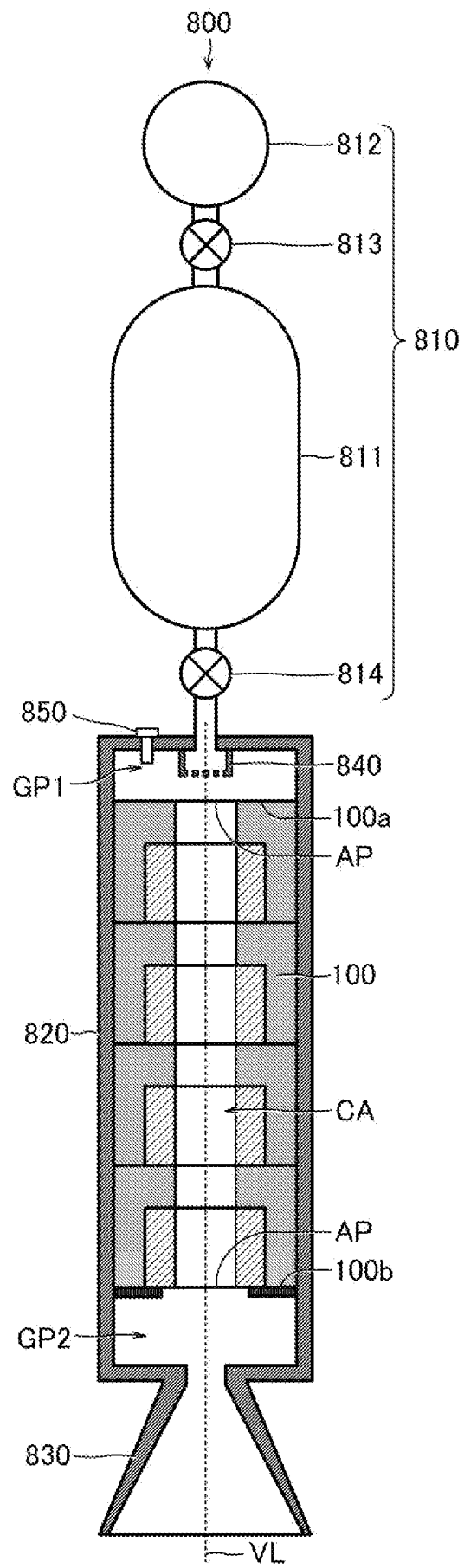
前記外管の内部を通っており、一端部が前記上方突出部の内部において開口し、他端部が前記流出端部を構成している内管と、

を有し、

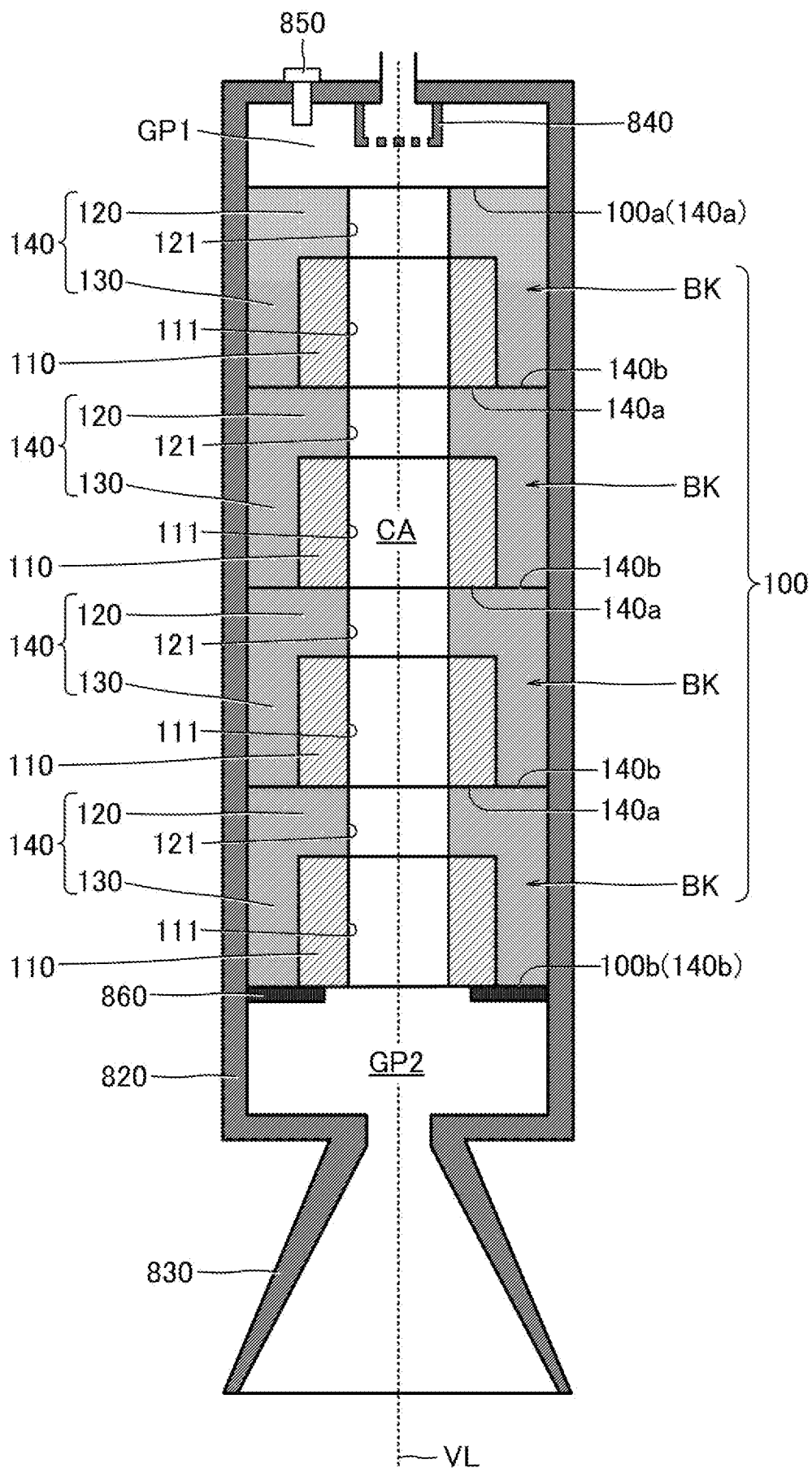
前記外管の内面と、前記内管の外表面とによって、前記流入端部から前記上方突出部に向かって前記液体酸化剤が上方に案内され、前記上方突出部において前記液体酸化剤が前記内管の前記一端部に流入され、流入された前記液体酸化剤が、前記内管によって前記固体燃料の前記流路へと案内される、

請求項 10 に記載のハイブリッドロケット。

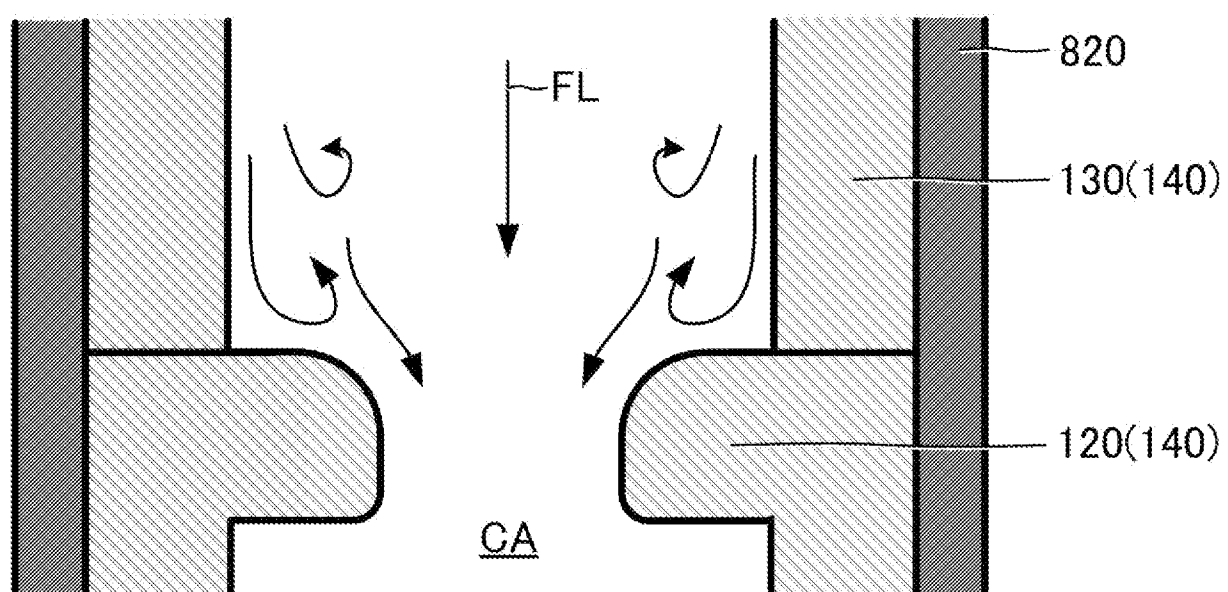
[図1]



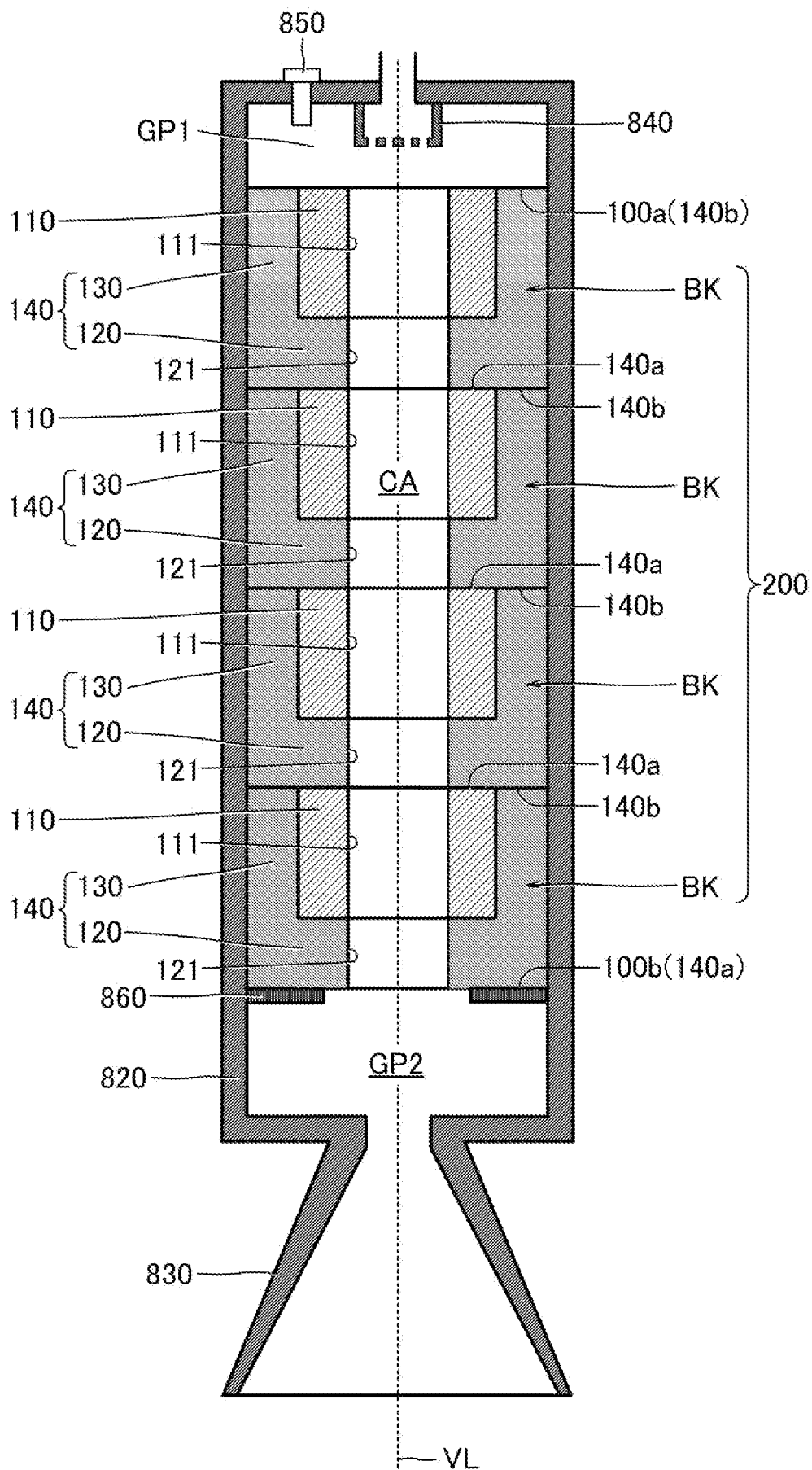
[図2]



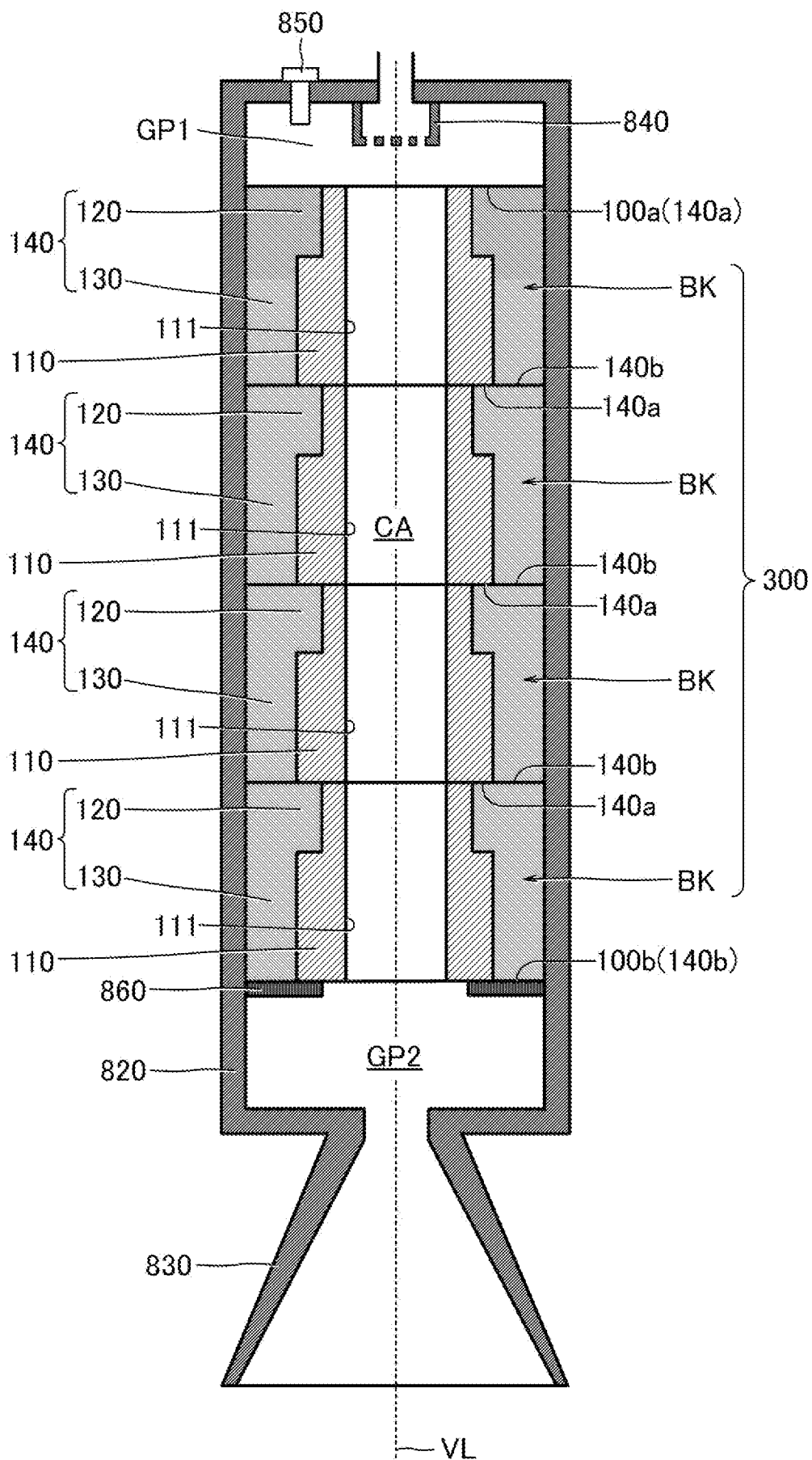
[図3]



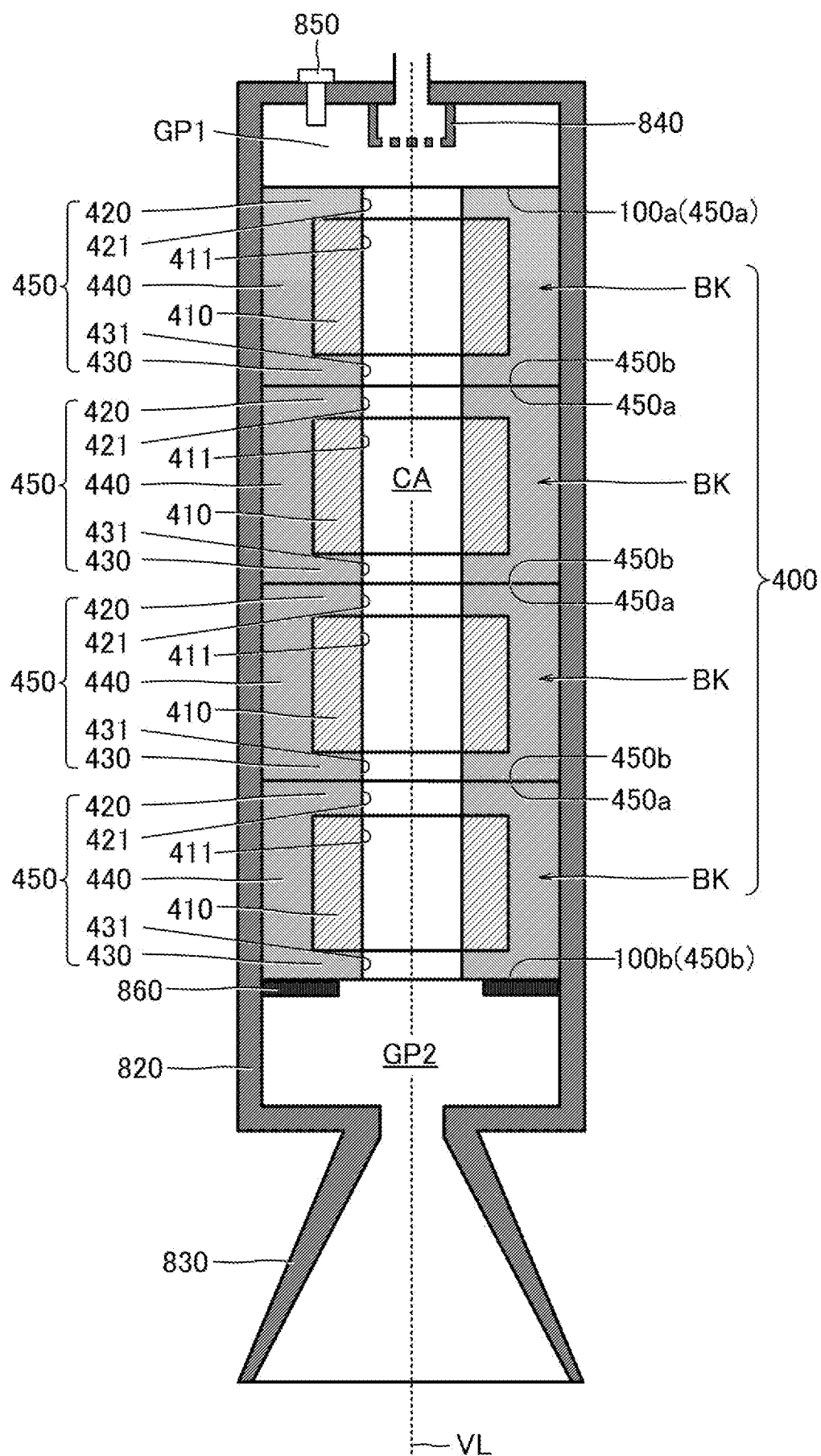
[図4]



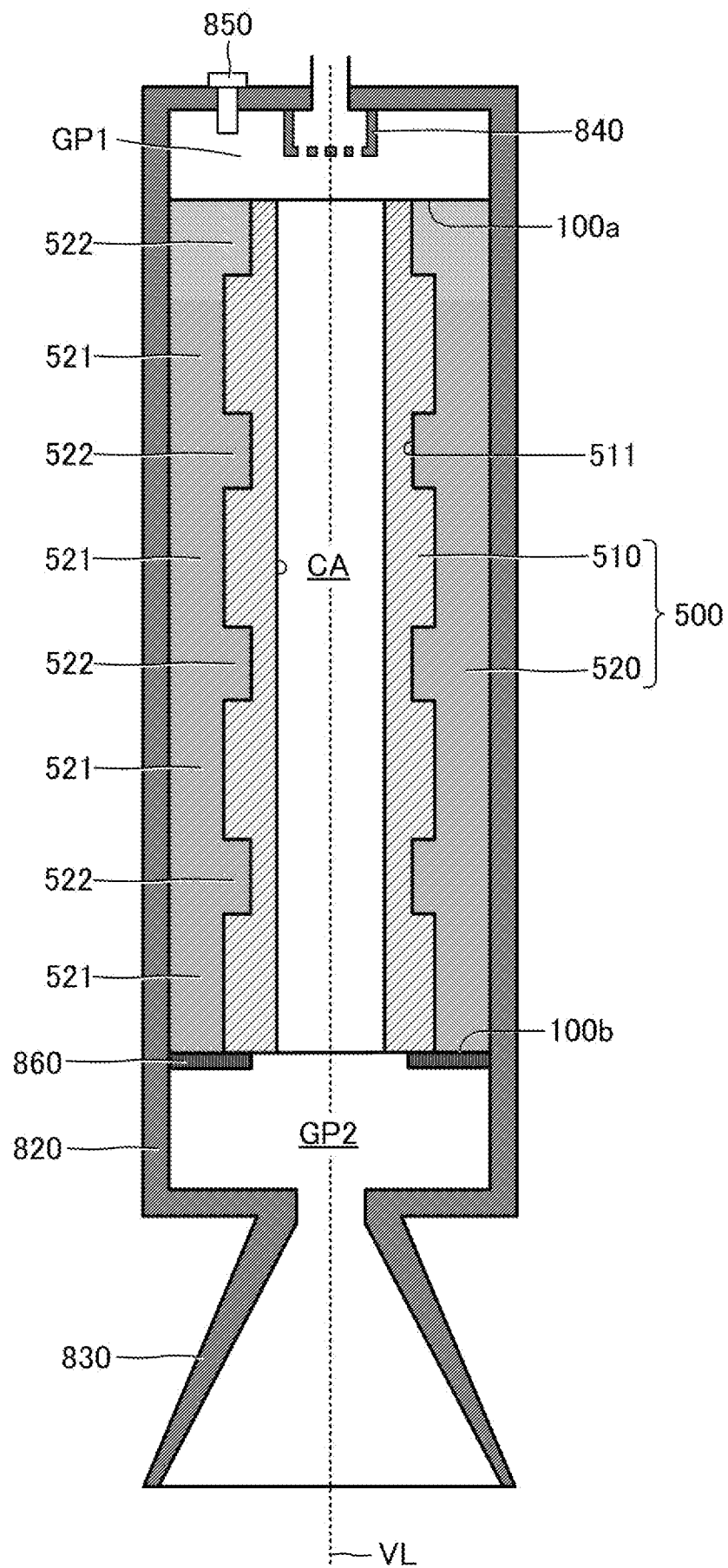
[図5]



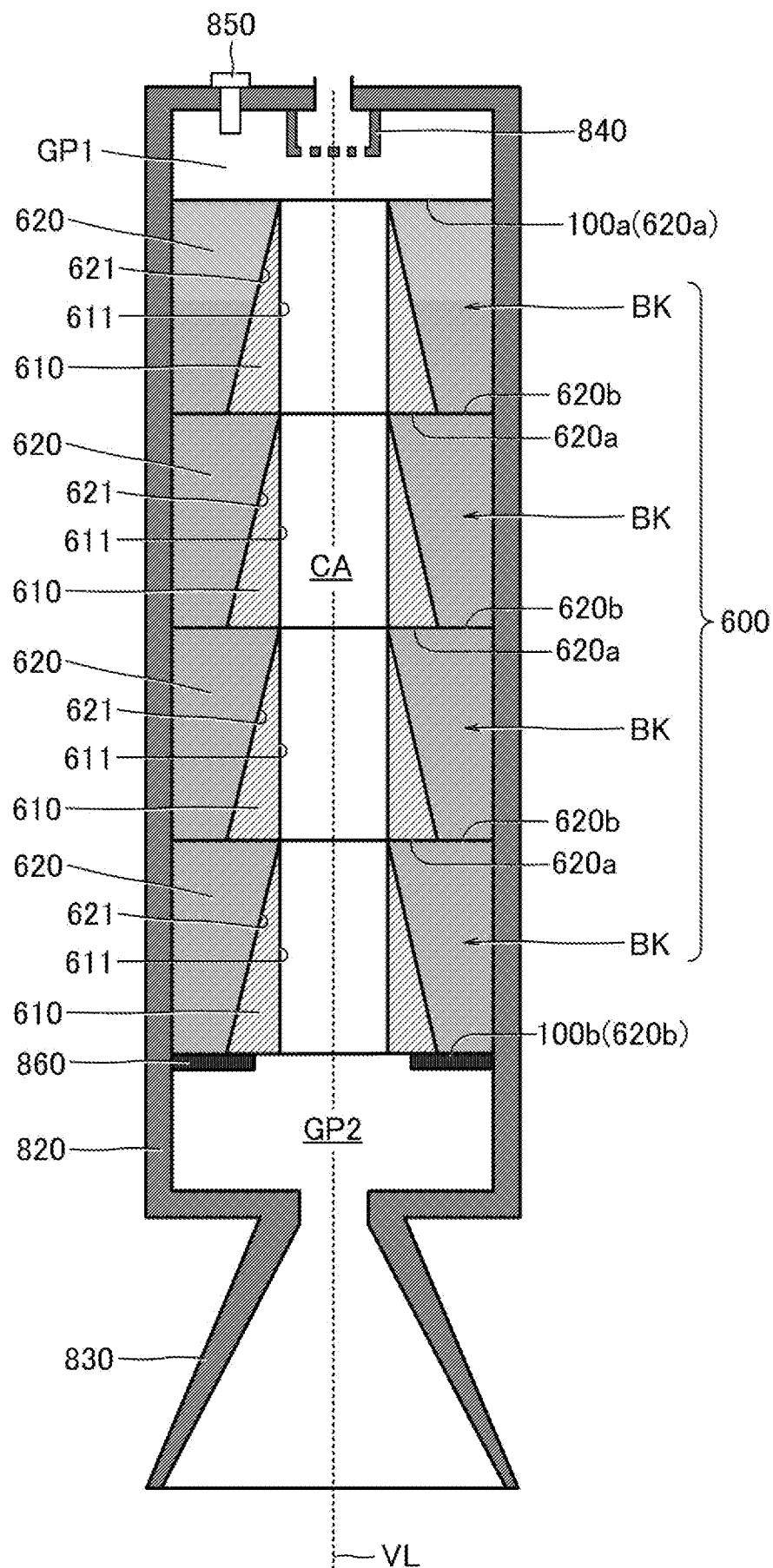
[図6]



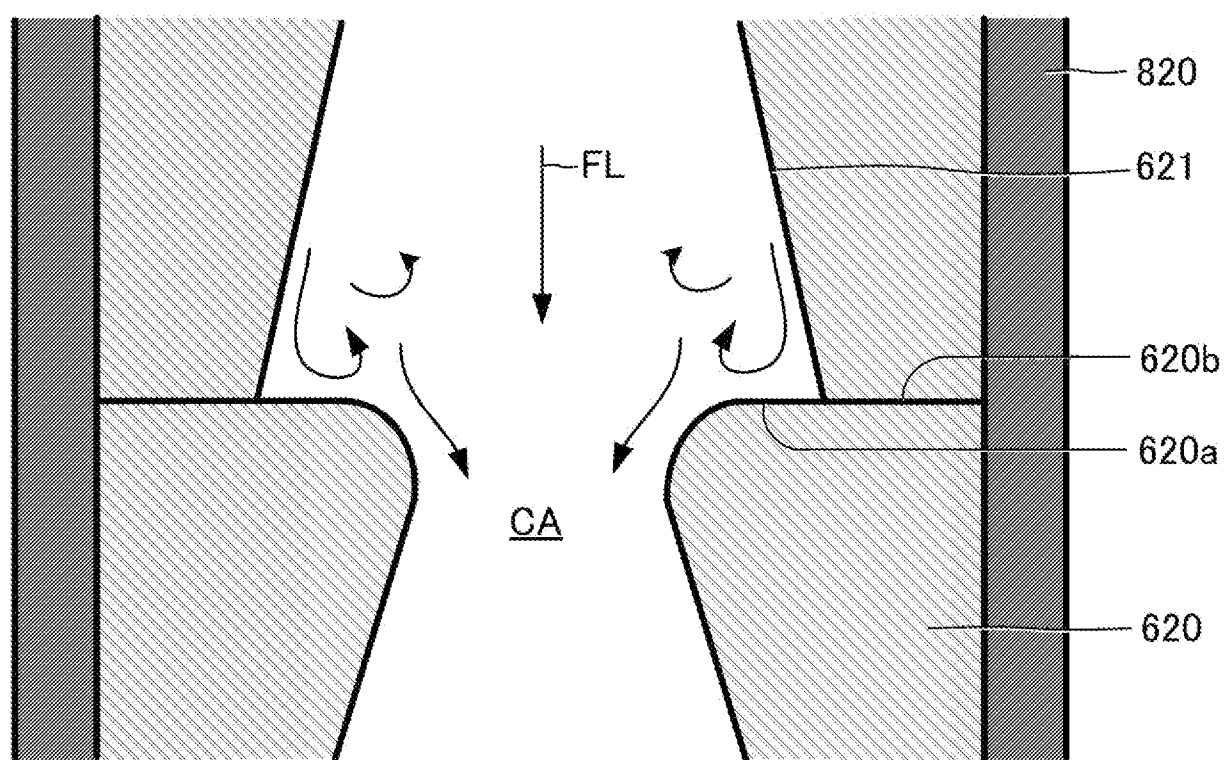
[図7]



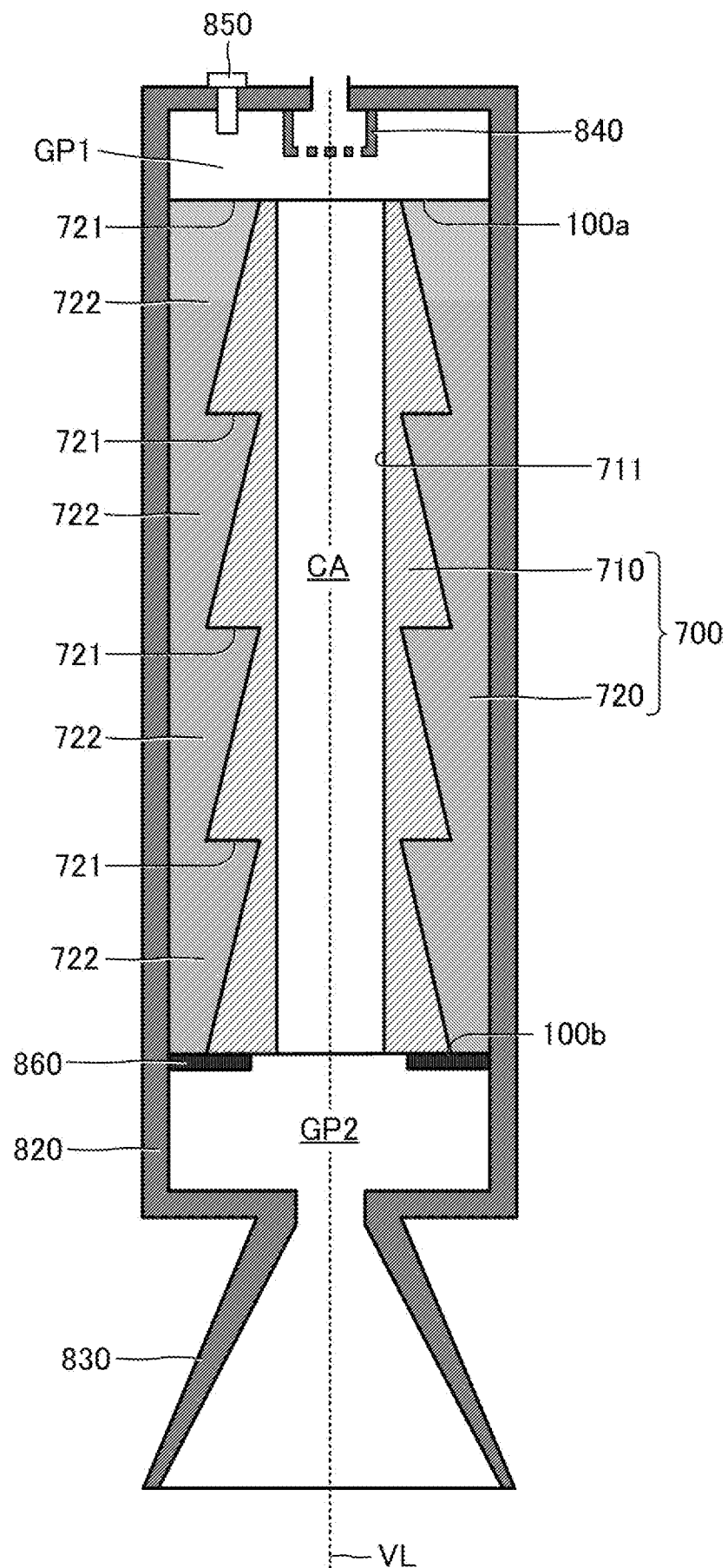
[図8]



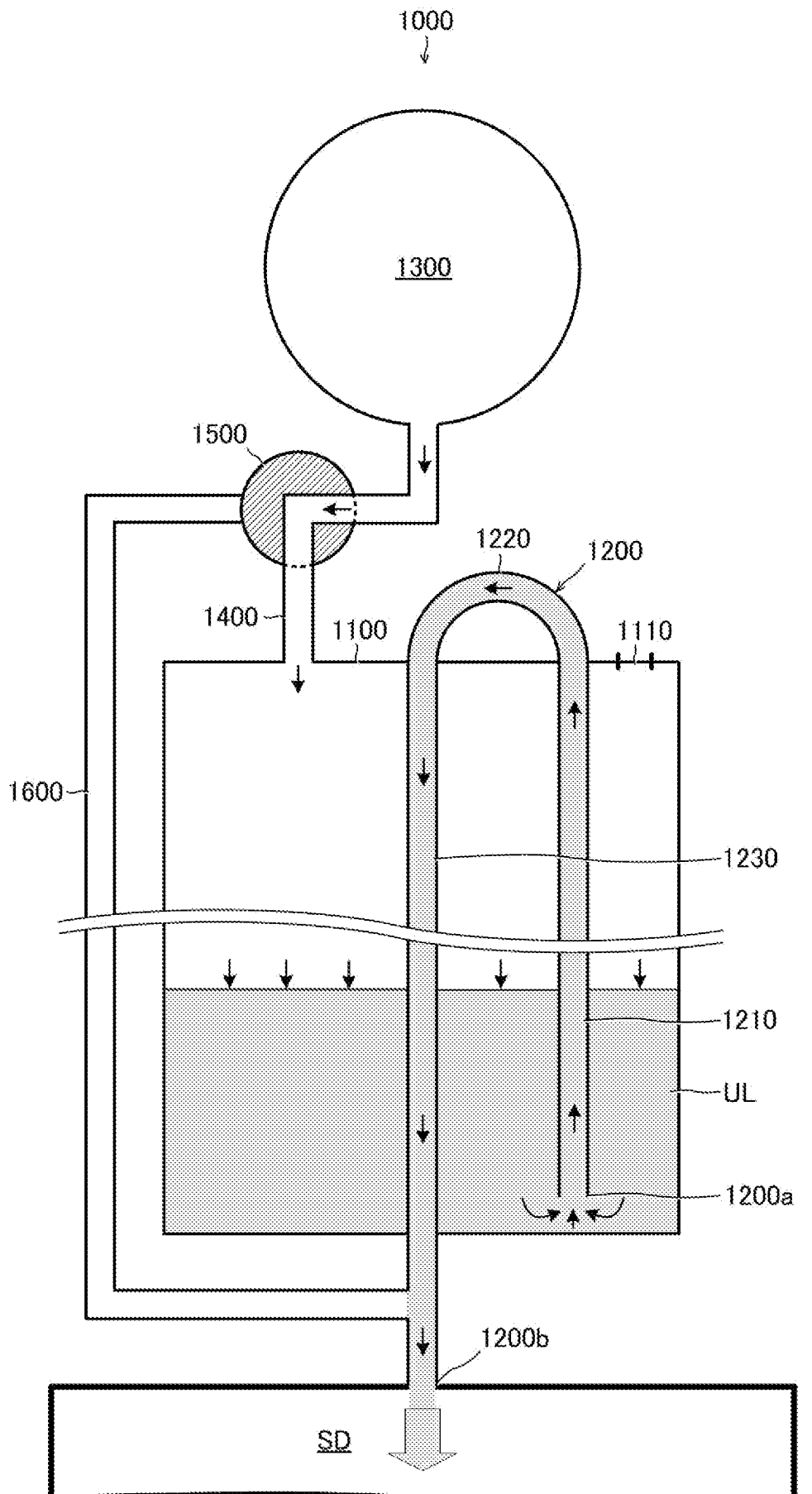
[図9]



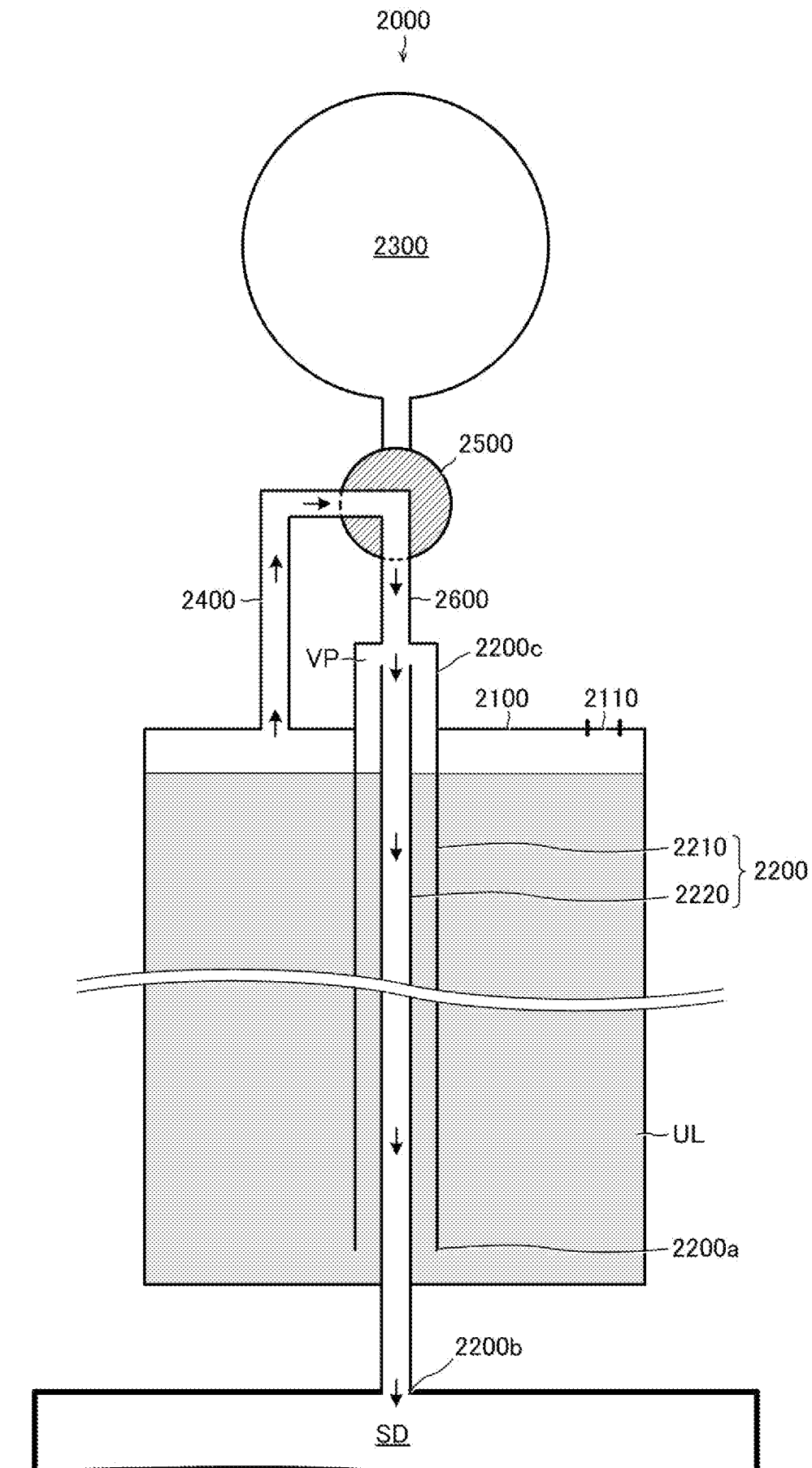
[図10]



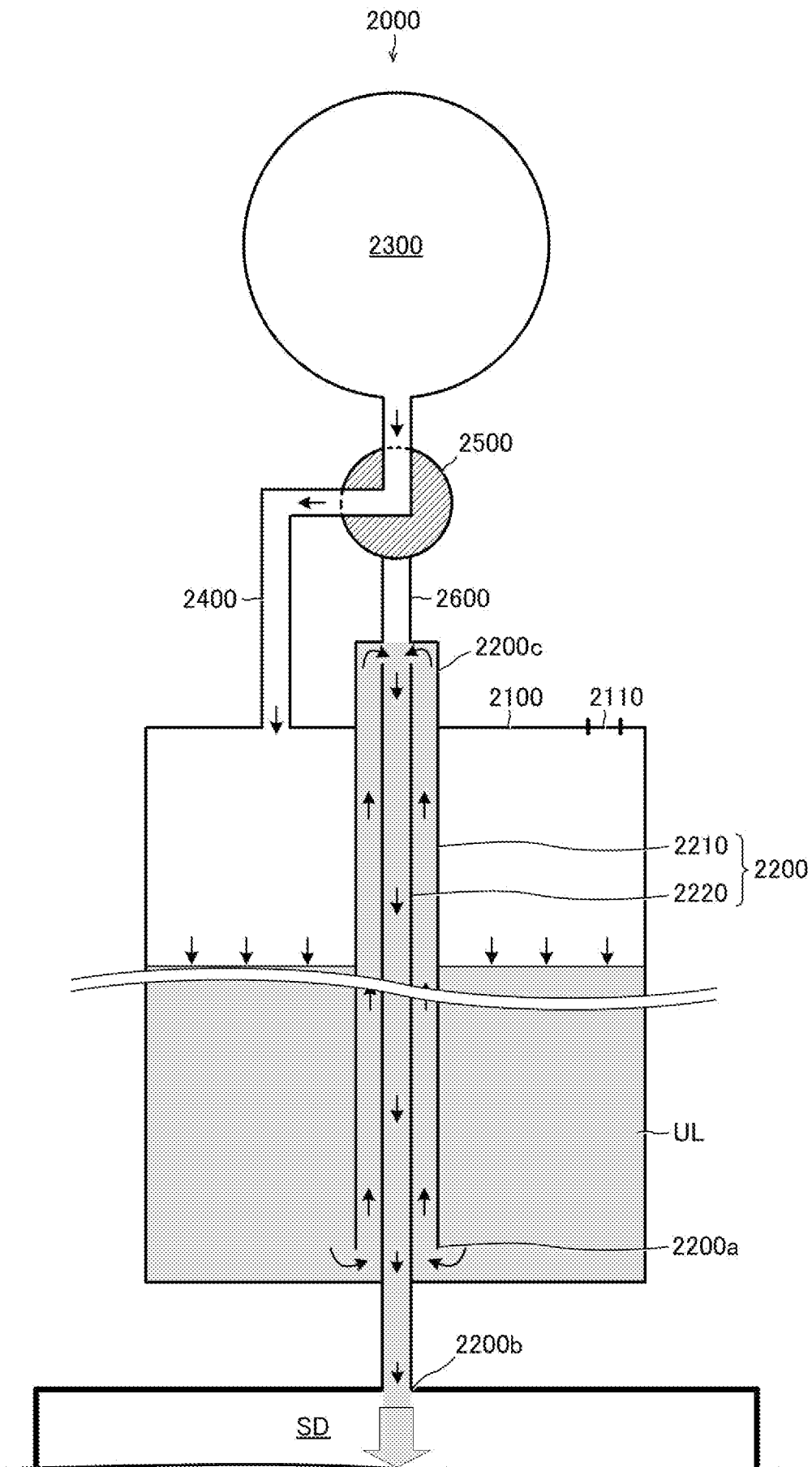
[図12]



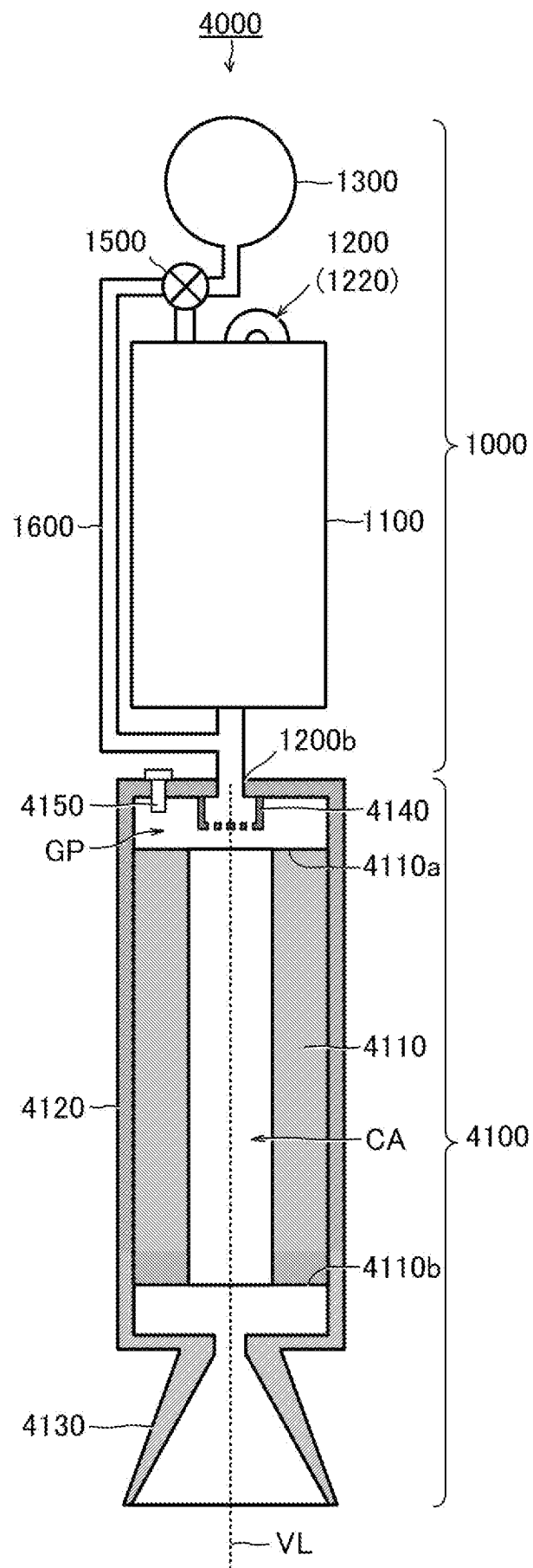
[図13]



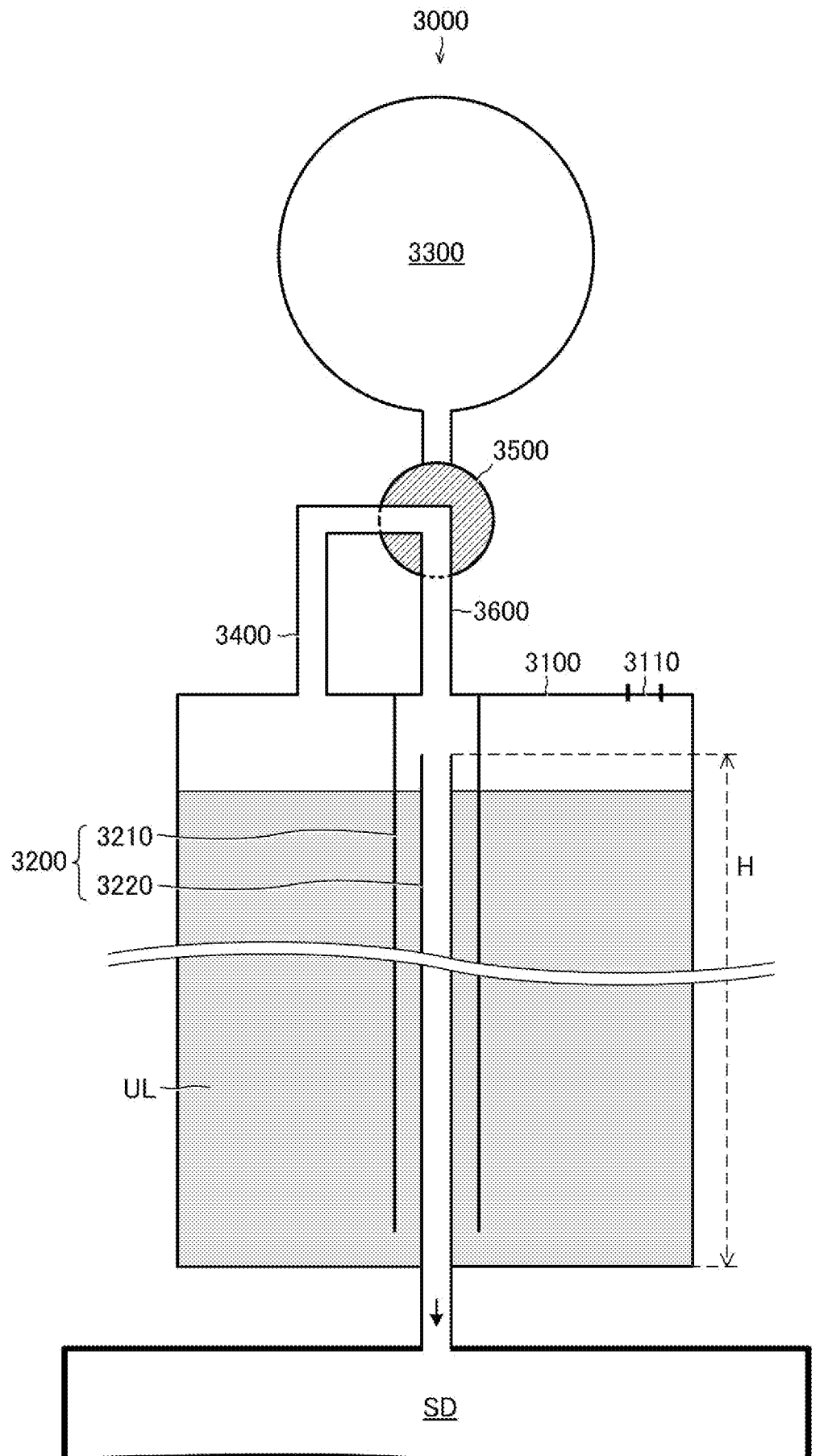
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F02K9/72 (2006.01) i, B64G1/00 (2006.01) i, F02K9/12 (2006.01) i,
F02K9/50 (2006.01) i, F17C7/02 (2006.01) i

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)

Int.Cl. F02K9/72, B64G1/00, F02K9/12, F02K9/50, F17C7/02

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 51-7327 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 21 January 1976, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 47-9803 B1 (ASAHI KASEI INDUSTRY CO., LTD.) 23 March 1972, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 46-39645 B1 (NISSAN JIDOSYA KOGYO KK) 22 November 1971, entire text, all drawings (Family: none)	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

"I" 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
23 August 2019 (23.08.2019)

Date of mailing of the international search report
03 September 2019 (03.09.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025607

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106870206 A (BEIHANG UNIVERSITY) 20 June 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	US 3423943 A (STARK, Marvin W.) 28 January 1969, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-240643 A (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION HOKKAIDO UNIVERSITY) 09 October 2008, entire text, all drawings (Family: none)	9-15
A	JP 2005-54649 A (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) 03 March 2005, entire text, all drawings (Family: none)	9-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02K9/72(2006.01)i, B64G1/00(2006.01)i, F02K9/12(2006.01)i, F02K9/50(2006.01)i, F17C7/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02K9/72, B64G1/00, F02K9/12, F02K9/50, F17C7/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 51-7327 A（日産自動車株式会社）1976.01.21, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-15
A	JP 47-9803 B1（旭化成工業株式会社）1972.03.23, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-15
A	JP 46-39645 B1（日産自動車工業株式会社）1971.11.22, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.08.2019

国際調査報告の発送日

03.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中村 大輔

3S

3625

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	CN 106870206 A (北京航空航天大学) 2017. 06. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 5
A	US 3423943 A (STARK, Marvin W.) 1969. 01. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 5
A	JP 2008-240643 A (国立大学法人 北海道大学) 2008. 10. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9 - 1 5
A	JP 2005-54649 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2005. 03. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9 - 1 5