(19)日本国特許庁(JP)
(12)特 許 公 報(B2)
(11)特許番号
特許第6258356号
(P6258356)
(45)発行日 平成30年1月17日(2018.1.17)
(24)登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51)Int.Cl.		F I	
B01D 53/22	(2006.01)	B01D	53/22
B01D 63/02	(2006.01)	B01D	63/02
B64D 37/32	(2006.01)	B64D	37/32

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21)出願番号	特願2015-558005(P2015-558005)
(86)(22)出願日	平成26年1月7日(2014.1.7)
(65)公表番号	特表2016-513010(P2016-513010A)
(43)公表日	平成28年5月12日(2016.5.12)
(86)国際出願番号	PCT/US2014/010523
(87)国際公開番号	WO2014/130166
(87)国際公開日	平成26年8月28日(2014.8.28)
審査請求日	平成29年1月5日(2017.1.5)
(31)優先権主張番号	13/770,146
(32)優先日	平成25年2月19日(2013.2.19)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者 500520743
ザ・ボーイング・カンパニー
The Boeing Company
アメリカ合衆国、60606−2016 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(74)代理人 110002077
園田・小林特許業務法人
(72)発明者 カオ，トゥン キュー．
アメリカ合衆国 ワシントン 98124−2207，シアトル，メール コード 42−32，ピー．オー．ボックス 3707

審査官 富永 正史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】カウンターフローガス分離モジュール及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

航空機燃料タンク可燃性低減システムのためのガス分離モジュールであって、

酸素ガス及び窒素ガスを含む空気供給物の注入を可能にする供給ポート、前記酸素ガスの少なくとも一部を含む透過物の排出を可能にする透過ポート、及び前記空気供給物から前記酸素ガスの少なくとも一部を取り除いた結果としての窒素富化空気を含む不透過物の排出を可能にする不透過ポートを有するハウジング、

供給端部及びプロダクト端部を有し、前記供給端部と前記プロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する、前記ハウジングの内部のガス分離膜、及び

前記ハウジングの内部にあり、前記ガス分離膜の前記プロダクト端部から前記供給端部へ一方向に延在し、且つ前記透過外側部との接触から分離される供給流路であって、前記ガス分離膜によって画定され、且つ前記不透過内側部との接触を可能にする前記ガス分離膜の前記供給端部から前記プロダクト端部まで延在する膜流路に対して対向し、前記供給流路と前記膜流路との間の熱交換を可能にする、供給流路

を備える

ガス分離モジュール。

【請求項２】

前記ハウジングが、追加の供給ポート、追加の透過ポート、及び追加の不透過ポートからなるグループから選択される少なくとも１つの追加のポートを備える、請求項１に記載のモジュール。

【請求項３】
前記ハウジングが、内側シェル及び外側シェルを備え、前記ガス分離膜が前記内側シェルの内部にあり、前記内側シェルと前記外側シェルとの間の通路が前記供給流路の少なくとも一部を画定し、前記通路が、前記供給ポートと流体連通する第１端部、及び前記ガス分離膜の前記供給端部と流体連通する第２端部を有し、前記内側シェルが、前記ガス分離膜の前記透過外側部との接触から前記供給流路を分離する、請求項１又は２に記載のモジュール。
【請求項４】
前記供給流路又は前記膜流路又はその両方が、複数の分離された流路を備える、請求項１から３のいずれか一項に記載のモジュール。
【請求項５】
前記供給流路が、前記ガス分離膜のための少なくとも１つの担体によって部分的に画定され、前記少なくとも１つの担体が、中空担体及び多孔質担体からなるグループから選択される、請求項１から４のいずれか一項に記載のモジュール。
【請求項６】
前記ガス分離膜が複数の中空繊維膜を備え、前記ガス分離モジュールが、
前記複数の中空繊維膜の前記供給端部を固定し、且つ前記空気供給物と前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部との分離を可能にする前記ハウジングの内部の供給チューブシート、及び
前記複数の中空繊維膜の前記プロダクト端部を固定し、且つ前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部と前記不透過物との分離を可能にする前記ハウジングの内部のプロダクトチューブシートを更に備え、前記供給流路が、前記複数の中空繊維膜の間に延在するが、前記透過外側部との接触から分離され、前記供給流路が、前記複数の中空繊維膜の間に延在するコンジットであって、前記プロダクトチューブシートによって固定される第１端部を有し、且つ前記供給チューブシートによって固定される第２端部を有するコンジットによって部分的に画定され、前記第１端部が前記供給ポートと流体連通し、前記コンジットが前記供給流路を前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部との接触から分離し、前記第２端部が前記複数の中空繊維膜の前記供給端部と流体連通する、請求項１から５のいずれか一項に記載のモジュール。
【請求項７】
ガス分離方法であって、
ハウジング及び前記ハウジングの内部のガス分離膜を含む、航空機燃料タンク可燃性低減システムのためのガス分離モジュールを使用することであって、前記ガス分離膜が、供給端部及びプロダクト端部を有し、前記供給端部と前記プロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する、使用すること、
前記ハウジング内へ空気供給物を供給することであって、前記空気供給物が、酸素ガス及び窒素ガスを含む、供給すること、
前記ガス分離膜の前記プロダクト端部から前記供給端部へ一方向に、前記ハウジングの内部の供給流路に沿って前記空気供給物を流すことであって、前記空気供給物が前記透過外側部との接触から分離される、流すこと、
前記供給流路の後、前記ガス分離膜の前記供給端部から前記プロダクト端部まで、前記ガス分離膜によって画定される膜流路に沿って前記空気供給物を流すことであって、前記供給流路と前記膜流路との間で熱交換が可能になるように、前記供給流路が前記膜流路に対して対向する、流すこと、
前記不透過内側部を前記膜流路内の前記空気供給物と接触させること、前記空気供給物からの前記酸素ガスの少なくとも一部を前記ガス分離膜を通して前記透過外側部へと透過させること、及び前記空気供給物からの前記酸素ガスの少なくとも一部を取り除いた結果として、前記窒素ガス内で富化される不透過物を生成すること、並びに
前記ガス分離膜の前記プロダクト端部の温度を、前記供給端部の温度と華氏１０度以内になるように確立すること

を含む、ガス分離方法。
【請求項８】
前記方法が、
窒素富化空気を含む前記不透過物を前記航空機に搭載される燃料タンクに供給することを更に含む、請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記ガス分離モジュールに対する構成を提供すること、１つ又は複数のプロセス条件を選択すること、及び結果として、ガス分離のエンタルピーに起因する前記ガス分離膜内の温度低下の少なくとも一部を補うことを更に含む、請求項７又は８に記載の方法。
【請求項１０】
前記ハウジングが内側シェル及び外側シェルを備え、前記ガス分離膜が前記内側シェルの内部にあり、前記ガス供給物を前記供給流路に沿って流すことが、ガス供給物を前記内側シェルと前記外側シェルとの間の通路に沿って流すことを含み、前記ガス供給物を前記供給流路に沿って流すこと、又は前記ガス供給物を前記膜流路に沿って流すこと、又はその両方が、前記ガス供給物を複数の分離された流路に沿って流すことを含む、請求項７から９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１１】
前記ガス分離膜が複数の中空繊維膜を備え、前記ガス分離モジュールが、前記複数の中空繊維膜の前記供給端部を固定する前記ハウジングの内部の供給チューブシート、及び前記複数の中空繊維膜の前記プロダクト端部を固定する前記ハウジングの内部のプロダクトチューブシートを備え、前記方法が、
前記供給チューブシートで前記ガス供給物と前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部を分離すること、及び
前記プロダクトチューブシートで前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部と前記不透過物を分離することを更に含み、前記供給流路が前記複数の中空繊維膜の間を延在し、前記方法が、前記供給流路を前記透過外側部との接触から分離することを更に含む、請求項７から１０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１２】
前記ガス分離モジュールが、
前記ハウジングに設けられた、前記空気供給物の注入を可能にする供給ポート、前記酸素ガスの少なくとも一部を含む透過物の排出を可能にする透過ポートであって、前記膜流路の方向と交差する方向に延在する透過ポート、及び前記空気供給物から前記酸素ガスの少なくとも一部を取り除いた結果としての窒素富化空気を含む不透過物の排出を可能にする不透過ポート、をさらに備え、
前記方法が、
前記空気供給物を前記供給流路に沿って流した後、前記空気供給物をヘッダに流し込ませ、その後前記空気供給物を前記膜流路に流すことを更に含む、
請求項７から１１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１３】
請求項１乃至６のいずれかに記載のガス分離モジュールを含む航空機燃料タンク可燃性低減システムであって、
前記システムが、
前記供給ポートへの空気の供給源、及び
窒素富化空気を含む前記不透過物を受け入れるために航空機に搭載される燃料タンクを更に備える、システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本明細書のデバイス及び方法は、航空機燃料タンク可燃性低減システム内のモジュールを含むガス分離モジュールに関連する。

【背景技術】
【０００２】
既知の空気分離モジュール（ＡＳＭ）は、航空機燃料タンク可燃性低減システムにおいて見出される。ＡＳＭは、空気から幾らかの酸素を取り除き、窒素富化空気（ｎｉｔｒｏｇｅｎ－ｅｎｒｉｃｈｅｄ　ａｉｒ：ＮＥＡ）を生成する。窒素富化空気は、次いで、蒸発燃料（燃料蒸気など）を含むことが多いタンク内の領域である燃料タンクのアレージ（ｕｌｌａｇｅ）内に流れ込む。ＮＥＡは、燃料タンクのアレージの可燃性を低減させることができる。連邦航空局（ＦＡＡ）の規制では、新たな輸送機及び運航中の輸送機が航空機燃料タンクの安全性を高めるためのシステムを備えることが要求されている。残念なことに、ＡＳＭによって航空機の重量が増す。したがって、空気分離モジュールの重量を低減させることが望ましい。
【発明の概要】
【０００３】
ガス分離方法は、ハウジング及びハウジングの内部のガス分離膜を含むガス分離モジュールを使用することを含む。ガス分離膜は、供給端部及びプロダクト端部を有し、供給端部とプロダクト端部との間に不透過内側部（ｒｅｔｅｎｔａｔｅ　ｉｎｔｅｒｉｏｒ　ｓｉｄｅ）と透過外側部（ｐｅｒｍｅａｔｅ　ｅｘｔｅｒｉｏｒ　ｓｉｄｅ）を有する。この方法は、ハウジング内へガス供給物を供給することを含み、ガス供給物は、　第１ガス及び異なる第２ガスを含む。ガス供給物は、ガス分離膜のプロダクト端部から供給端部へ一方向に、ハウジングの内部の供給流路に沿って流れる。ガス供給物は、透過外側部との接触から分離される。
【０００４】
供給流路の後、ガス供給物は、ガス分離膜の供給端部からプロダクト端部まで、ガス分離膜によって画定される膜流路に沿って流れる。供給流路は、膜流路に対して対向する。この方法は、不透過内側部を膜流路内のガス供給物と接触させること、ガス供給物からの第１ガスの少なくとも一部をガス分離膜を通して透過外側部へと透過させること、及びガス供給物からの第１ガスの少なくとも一部を取り除いた結果として、第２ガス内で富化される不透過物（ｒｅｔｅｎｔａｔｅ）を生成することを更に含む。
【０００５】
例として、この方法は、膜流路に対して対向する供給流路によって可能にされるように、供給流路と膜流路との間で熱を交換することを含んでもよく、結果として、ガス分離モジュールの分離の効率性が向上する。この方法は、ガス分離モジュールに対する構成を提供すること、１つ又は複数のプロセス条件を選択すること、及び結果として、ガス分離のエンタルピーに起因するガス分離膜内の温度低下の少なくとも一部を補うことを更に含んでもよい。ガス分離膜のプロダクト端部の温度は、ガス分離膜の供給端部の温度の華氏１０度内で確立されてもよい。
【０００６】
ガス分離モジュールは、ガス供給物の注入を可能にする供給ポート、透過物（ｐｅｒｍｅａｔｅ）の排出を可能にする透過ポート、及び不透過物の排出を可能にする不透過ポートを有するハウジングを含む。このモジュールは、ハウジングの内部のガス分離膜を含み、ガス分離膜は、供給端部及びプロダクト端部を有し、供給端部とプロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する。供給流路は、ハウジングの内部にあり、ガス分離膜のプロダクト端部から供給端部へ一方向に延在し、且つ透過外側部との接触から分離される。供給流路は膜流路に対して対向する。膜流路は、ガス分離膜によって画定され、不透過内側部との接触を可能にするガス分離膜の供給端部からプロダクト端部まで延在する。
【０００７】
上述の特徴、機能及び利点は、様々な実施形態において独立に実現することが可能であり、又は別の実施形態において組み合わせることも可能である。これらの別の実施形態は、以下の説明及び添付図面を参照して理解することができる。

【図面の簡単な説明】
【０００８】
　幾つかのデバイス及び方法が、以下の添付図面を参照して以下で説明される。
【０００９】
【図１Ａ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュール（ｃｏｕｎｔｅｒ－ｆｅｅｄ　ｇａｓ　ｓｅｐａｒａｔｉｏｎ　ｍｏｄｕｌｅ）の断面図である。
【図１Ｂ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図２Ａ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図２Ｂ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図３Ａ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図３Ｂ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図４Ａ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図４Ｂ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図４Ｃ】１つの構成によるカウンターフィードガス分離モジュールの断面図である。
【図５】先行技術のガス分離モジュールの等角図である。
【図６】先行技術のガス分離モジュールの近接図である。
【図７】燃料タンク可燃性低減システムを示す。
【００１０】
　幾つかの既存のガス分離モジュールは、中空繊維膜（ＨＦＭ）を使用する。ＨＦＭは、異なる材料の薄膜又は上の表皮を担持する透過性の多孔質材料の繊維壁を含んでもよく、ガス分離工程において選択性をもたらす。このようなＨＦＭは、含まれている種々の材料を考慮して、複合膜と呼ばれる。複合体ではないＨＦＭは、多孔性担体と同じ材料を使用する表皮を含んでもよく、ＨＦＭの厚みにわたる種々の輸送性を考慮して、非対称膜と呼ばれてもよい。中空繊維膜に注目するのは、ガス分離工程のためであるが、他の種類のガス分離膜を本明細書のデバイス及び方法に対して使用することができる。
【００１１】
　ガス分離モジュールが作動する間、ガス供給物が繊維の供給端部に入り、選択されたガスが繊維壁を通して拡散し、透過物が生成される。滞留ガスが中空繊維を下降してプロダクト端部に至り、不透過物として排出される。中空繊維膜の両端部が、繊維を固定するために樹脂でポッティングされてもよい。繊維の端部を固定するポッティングされた樹脂は、各端部でチューブシートを形成し、それにより透過物からガス供給物と不透過物が分離される。繊維とチューブシートの組み合わせにより、モジュールを形成するためにシェル内に挿入されうる要素が形成される。要素を「カートリッジ」と呼び、シェルを「キャニスタ」と呼ぶ場合がある。しかしながら、本明細書では、「要素」及び「シェル」の意味は、「カートリッジ」及び「キャニスタ」のそれぞれの通常の意味に限定されない。一般的に、ポッティングされた樹脂は、チューブ状のシェルの内部に適合されるそれぞれの繊維端部の周りの円周部を備えるプラグを形成する。それでも、本明細書の構成は、チューブシート及びシェルの更なる形状を含む。
【００１２】
　燃料タンク可燃性低減システムなど、ガス分離モジュールが使用される幾つかの適用例では、ガス供給物が高温で供給され得る。空気から酸素を分離することについて、及び他のガスのペアについて、ガス供給物の温度上昇により、分離の効率性が向上することがある。有利には、ただちに利用可能なガス源が、関連しないプロセスの副産物として加熱ガスを供給することがある。航空機においては、エンジン抽気は、空気分離モジュールへのガス供給物として周知のソースであり、華氏１６０度から華氏３００度で空気分離モジュールに達することが多い。
【００１３】
　図５及び図６は、要素５２０が設置されるシェル５０２を含む周知のガス分離モジュール５００を示す。供給ポート５０６は、ガス供給物５０８の流入を可能にし、それによりチューブシート５２２に接触し、担体５２４の周りに組み立てられた繊維５１８に流入す

る。チューブシート５２２の周りのリム５０４は、シェル５０２の内部のチューブシート５２２を密封するために提供される。　結果として、ガス供給物５０８が、個別の繊維５１８（図６に図示）に流入して透過物５１６が生成される。透過物５１６は、個別の繊維５１８の壁を通過する。不透過物５１２は、別のチューブシート（図５には図示されていない）で個別の繊維５１８から流出し、不透過ポート５１０を流通する。各繊維５１８からの透過物５１６は、チューブシート５２２と他のチューブシートとの間で集積し、透過ポート５１４を流通する。

【００１４】

図５及び図６で図示される周知の貫流設計において、ガス供給物５０８がチューブシート５２２から他のチューブシート（図示せず）へ下流するにつれて、　繊維５１８に沿った温度は低下する。温度プロファイルは、ガス供給物５０８の流量に左右されることがあり、チューブシート５２２から他のチューブシートへ、華氏５０度まで低下、更に華氏７０℃まで低下し得る。冷却は、ガス分離のエンタルピーに部分的に起因することがある。ガス分離のエンタルピーは、透過物５１６及び不透過物５１２を生成するために繊維５１８の膜を通って選択的に透過する１つのガスに関連づけられる。更に、冷却は、ガス供給物５０８が繊維５１８の長さに沿って下流する際の圧力低下に部分的に起因することがある。膜を通じたガス分離の効率性が温度の低下と共に減少するため、繊維５１８に沿って低下する温度プロファイルによって、繊維５１８に沿った分離の効率性が同様に減少し、分離の効率性の関連する減少プロファイルが生じる。

【００１５】

期待される分離の効率性は、ガス分離モジュールの大きさの調整の１つの要因を表す。分離の効率性が減少するにつれて、効率性の減少をよそに適切な量の不透過物の流れを提供するために、モジュールの大きさ、ひいてはモジュールの重量が大きくなることがある。結果として、分離の効率性を増大させることにより、ガス分離モジュールの重量を減少させる機会が生じる。ガス分離モジュールによって生成される不透過物の量は、上述ほど著しく低下しない、繊維５１８に沿った温度プロファイルを確立することによって増大することができる。温度の低下が減少するとき、つまり、他のチューブシート（図示せず）の下流の温度が、チューブシート５２２の温度により近い温度まで増大するとき、ガス分離モジュールの分離の全体的な効率性は増大し得る。

【００１６】

ガス分離の効率性を増大させる１つの可能性は、ガス供給物とガス分離膜との間の熱を交換することを含む。ガス分離方法は、ハウジング及びハウジングの内部のガス分離膜を含むガス分離モジュールを使用することを含む。ガス分離膜は、供給端部及びプロダクト端部を有し、供給端部とプロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する。この方法は、ハウジング内へガス供給物を供給することを含み、ガス供給物は、　第１ガス及び異なる第２ガスを含む。ガス供給物は、ガス分離膜のプロダクト端部から供給端部へ一方向に、ハウジングの内部の供給流路に沿って流れる。ガス供給物は、透過外側部との接触から分離される。

【００１７】

供給流路の後、ガス供給物は、ガス分離膜の供給端部からプロダクト端部まで、ガス分離膜によって画定される膜流路に沿って流れる。供給流路は、膜流路に対して対向する。この方法は、不透過内側部を膜流路内のガス供給物と接触させること、ガス供給物からの第１ガスの少なくとも一部をガス分離膜を通して透過外側部へと透過させること、及びガス供給物からの第１ガスの少なくとも一部を取り除いた結果として、第２ガス内で富化される不透過物を生成することを更に含む。

【００１８】

例として、ガス分離モジュールは、航空機燃料タンク可燃性低減システムに含まれる空気分離モジュールであってもよい。それゆえ、ガス供給物は、空気供給物であり、第１ガスは酸素であり、第２ガスは窒素である。結果として、この方法は、航空機に搭載されている燃料タンクに窒素富化空気を含む不透過物を供給することを更に含んでもよい。

【００１９】
　この方法は、膜流路に対して対向する供給流路によって可能にされるように、供給流路と膜流路との間で熱を交換することを更に含んでもよい。熱交換の効率性を増大させるための熱流体と低温流体との間の向流伝熱の概念及び利点は、向流熱交換器と関連して知られている。しかしながら、シェルアンドチューブ形熱交換器などの向流熱交換器においては、熱流体が異なる低温流体を含むチューブと接触し、低温流体を加熱する。
【００２０】
　それとは対照的に、本発明の方法は、熱流体（ガス供給物）を含み、この熱流体は、モジュールの内部の処理によって引き起こされる内部冷却を弱めるために、ガス分離モジュールの内部の同じ流体の下流の流れを加熱する。更に、対照的には、ガス供給物は、ガス分離膜の透過外側部との接触から分離される。したがって、熱流体（ガス供給物）は、低温流体を含むチューブ（ガス分離膜）と接触しない。
【００２１】
　この方法は、ガス分離膜の供給端部の温度の華氏１０度内のガス分離膜のプロダクト端部の温度を確立することを含んでもよい。流量が増大するにつれて、供給端部の温度により近づくためにプロダクト端部の温度は上昇し得る。結果として、この方法は、ガス分離モジュールのための構成を提供すること、１つ又は複数のプロセス条件（流量など）を選択すること、及び結果として、ガス分離のエンタルピーに起因するガス分離膜内の温度低下の少なくとも一部を補うことを更に含んでもよい。
【００２２】
　膜流路に対して対向する供給流路を使用することによって、広範囲のガス供給物の流量に対してプロダクト端部の温度を上昇させることができる。プロダクト端部の温度が上昇したとしても、より低い流量においては、膜に沿った温度プロファイルは、より高い流量における温度プロファイルに比較して、均一性がより低い場合がある。より低い流量によって、プロダクト端部における温度上昇に続き、供給端部とプロダクト端部との間の温度低下が加速し得る。より高い流量によって、供給端部とプロダクト端部との間の温度低下が減少することがあり、それにより温度の均一性が増す。上昇温度が１つ又は複数の膜に沿って確立され得るため、分離の効率性はより高い流量において更に向上し得る。
【００２３】
　ハウジングは、内側シェル及び外側シェルを備えてもよく、ガス分離膜は、内側シェルの内部にあってもよく、ガス供給物を供給流路に沿って流すことは、内側シェルと外側シェルとの間の通路に沿ってガス供給物を流すことを含んでもよい。ガス供給物を供給流路に沿って流すこと、又はガス供給物を膜流路に沿って流すこと、又はその両方は、ガス供給物を複数の分離された流路に沿って流すことを含んでもよい。
【００２４】
　ガス分離膜は、複数の中空繊維膜を含んでもよく、ガス分離モジュールは、繊維の供給端部を固定するハウジングの内部の供給チューブシート、及び繊維のプロダクト端部を固定するハウジングの内部のプロダクトチューブシートを含んでもよい。結果として、この方法は、供給チューブシートでガス供給物と繊維の透過外側部を分離すること、及びプロダクトチューブシートで繊維の透過外側部と不透過物を分離することを更に含んでもよい。更に、供給流路は、繊維の間を延在してもよく、この方法は、供給流路を透過外側部との接触から分離することを更に含んでもよい。
【００２５】
　図１Ａ及び図１Ｂは、本明細書に記載される方法を実施するのに使用され得るガス分離モジュール１００を示す。ガス分離モジュール１００は、ガス供給物１０８の注入を可能にする供給ポート１０６を有するシェル１０２を含む。ガス供給物１０８は、プロダクトチューブシート１２６から供給チューブシート１２２へ延在する担体１２４を通って流れる。ガス供給物１０８は、供給チューブシート１２２に関連付けられるヘッダ１０４に流れ込む。次いで、ガス供給物１０８は、供給チューブシート１２２において繊維１１８の供給端部に流れ込む。ガス分離モジュール１００は、したがって、繊維１１８の間に供給

流路を設けるが、担体１２４によって繊維１１８の透過側部から分離されている。

【００２６】

繊維１１８とチューブシート１２２及び１２６は、組み合わせにより、シェル１０２の内部に要素１２０を形成する。ガス供給物１０８の選択されたガスは、繊維１１８を介して要素１２０を通って流れ、繊維１１８を通って透過し、透過物１１６を生成する。透過物１１６は、供給チューブシート１２２とプロダクトチューブシート１２６との間で集積し、透過ポート１１４を通って流出する。繊維１１８内に残留するガスは、プロダクトチューブシート１２６で繊維１１８のプロダクト端部から流出してヘッダ１２８に流入し、それにより不透過ポート１１０を通って流出する不透過物１１２が供給される。

【００２７】

ガス分離モジュール１００には、繊維１１８によって画定され、且つこのような繊維の供給端部からプロダクト端部へ延在する膜流路が更に設けられることを理解されたい。結果として、図１Ａは、膜流路に対して対向する供給流路を示す。ガス分離モジュール１００を通るガスの流れのカウンターフィード構成によって、供給流路と膜流路との間の熱交換が可能になる。結果として、繊維１１８のプロダクト端部の温度は、繊維１１８の供給端部の温度により近い温度まで上昇し得る。図５及び図６に示される周知の貫流設計における温度低下に比べて、繊維１１８に沿った温度低下は減少することがある。温度低下が減少したとき、ガス分離モジュール１００の分離の全体的な効率性が向上する場合がある。更に、要素１２０の内部の温度プロファイルは、ガス供給物１０８の流量によって、更に分離の効率性の向上によって、均一性が増大し得る。

【００２８】

図２Ａ及び図２Ｂは、本明細書に記載される方法を実施するのに更に使用され得るガス分離モジュール２００を示す。ガス分離モジュール２００は、ガス供給物２０８の注入を可能にする供給ポート２０６を有するシェル２３２を含む。ガス供給物２０８は、シェル２３２の内部のシェル２０２の周囲を流れ、シェル２３２とシェル２０２との間の通路２３０に流れ込む。スペーサ２３６（図２Ｂ）は、シェル２３２の内部のシェル２０２を担持し、シェル２０２又はその何らかの一部の長さに沿って延在してもよい。通路２３０を下流した後、ガス供給物２０８は、供給チューブシート２２２に関連付けられるヘッダ２０４に流れ込む。次いで、ガス供給物２０８は、供給チューブシート２２２において繊維２１８の供給端部に流れ込む。

【００２９】

担体２２４は、供給チューブシート２２２、プロダクトチューブシート２２６、及びそれらの間に延在する繊維２１８を含む要素２２０内に設けられる。ガス分離モジュール２００には、したがって、シェル２０２によって繊維２１８の透過側部から分離される供給流路が設けられる。担体２２４は中空であるが、プラグ２３４が供給チューブシート２２２及びプロダクトチューブシート２２６に挿入され、それによりガスが担体２２４を通って流れることを防ぐ。担体２２４の中空性質により、ガス分離モジュール２００の重量が減少し得る。

【００３０】

ガス供給物２０８の選択されたガスは、繊維２１８を介して要素２２０を通って流れ、繊維２１８を通って透過し、透過物２１６を生成する。透過物２１６は、供給チューブシート２２２とプロダクトチューブシート２２６との間で集積し、透過ポート２１４を通って流出する。繊維２１８内に残留するガスは、プロダクトチューブシート２２６で繊維２１８のプロダクト端部から流出してヘッダ２２８内で集積し、それにより不透過ポート２１０を通って流出する不透過物２１２が供給される。ガス分離モジュール２００には、繊維２１８によって画定され、且つこのような繊維の供給端部からプロダクト端部へ延在する膜流路が更に設けられることを理解されたい。結果として、図２Ａは、膜流路に対して対向する供給流路を示す。カウンターフィード構成によって、供給流路と膜流路との間の熱交換が可能になる。

【００３１】

結果として、繊維２１８のプロダクト端部の温度は、繊維２１８の供給端部の温度により近い温度まで上昇し得る。図５及び図６に示される周知の貫流設計における温度低下に比べて、繊維２１８に沿った温度低下は減少することがある。温度低下が減少したとき、ガス分離モジュール２００の分離の全体的な効率性が向上する場合がある。更に、要素２２０内の温度プロファイルは、ガス供給物２０８の流量によって、更に分離の効率性の向上によって、均一性が増大し得る。

【００３２】

図３Ａ及び図３Ｂは、ガス分離モジュール１００及び２００の特徴を組み合わせるガス分離モジュール３００を示す。図３Ａ及び図３Ｂのガス分離モジュール３００は、本明細書に説明される方法を実施するために更に使用されることができる。ガス分離モジュール３００は、ガス供給物３０８の注入を可能にする供給ポート３０６ａを有するシェル３３２を含む。ガス供給物３０８は、シェル３３２の内部のシェル３０２の周囲を流れ、シェル３３２とシェル３０２との間の通路３３０に流れ込む。スペーサ３３６（図３Ｂ）は、シェル３３２の内部のシェル３０２を担持し、シェル３０２又はその何らかの一部の長さに沿って延在してもよい。通路３３０を下流した後、ガス供給物３０８は、供給チューブシート３２２に関連付けられるヘッダ３０４に流れ込む。次いで、ガス供給物３０８は、供給チューブシート３２２において繊維３１８の供給端部に流れ込む。ガス分離モジュール３００は、プロダクトチューブシート３２６から供給チューブシート３２２へ延在する担体３２４へのガス供給物３０８の注入を可能にする供給ポート３０６ｂを更に含む。担体３２４は、更に、ガス供給物３０８を受けるために、供給ポート３０６ｂと接続するか、或いは、供給ポート３０６ｂを一体に含み、ガス供給物３０８はヘッダ３０４に流れ込む。

【００３３】

要素３２０は、供給チューブシート３２２、プロダクトチューブシート３２６、担体３２４、及び繊維３１８を含む。ガス分離モジュール３００には、したがって、シェル３０２によって繊維３１８の透過側部から分離される供給流路が設けられる。ガス分離モジュール３００には、繊維３１８の間に供給流路が更に設けられる。供給流路は、担体３２４によって繊維３１８の透過側部から分離されている。

【００３４】

ガス供給物３０８の選択されたガスは、繊維３１８を介して要素３２０を通って流れ、繊維３１８を通って透過し、透過物３１６を生成する。透過物３１６は、供給チューブシート３２２とプロダクトチューブシート３２６との間で集積し、透過ポート３１４を通って流出する。繊維３１８内に残留するガスは、プロダクトチューブシート３２６で繊維３１８のプロダクト端部から流出してヘッダ３２８内で集積し、それにより不透過ポート３１０を通って流出する不透過物３１２が供給される。ガス分離モジュール３００には、繊維３１８によって画定され、且つこのような繊維の供給端部からプロダクト端部へ延在する膜流路が更に設けられることを理解されたい。結果として、図３Ａは、膜流路に対して対向する供給流路を示す。カウンターフィード構成によって、供給流路と膜流路との間の熱交換が可能になる。

【００３５】

結果として、繊維３１８のプロダクト端部の温度は、繊維３１８の供給端部の温度により近い温度まで上昇し得る。図５及び図６に示される周知の貫流設計における温度低下に比べて、繊維３１８に沿った温度低下は減少することがある。温度低下が減少したとき、ガス分離モジュール３００の分離の全体的な効率性が向上する場合がある。更に、要素３２０内の温度プロファイルは、ガス供給物３０８の流量によって、更に分離の効率性の向上によって、均一性が増大し得る。

【００３６】

図４Ａ、４Ｂ、及び図４Ｃは、本明細書に記載される方法を実施するのに使用され得るガス分離モジュール４００を示す。ガス分離モジュール４００は、シェル４０２と内部壁４３６の間のヘッダ４３８へのガス供給物４０８の注入を可能にする供給ポート４０６を

有するシェル４０２を含む。ガス供給物４０８は、プロダクトチューブシート４２６から供給チューブシート４２２へ延在する担体４２４を通って流れる。担体４２４は、ガス供給物４０８を受けるために壁４３６を通って更に延在し、ガス供給物４０８は、ヘッダ４３８から供給チューブシート４２２に関連付けられるヘッダ４０４に流れ込む。次いで、ガス供給物４０８は、供給チューブシート４２２において繊維４１８の供給端部に流れ込む。ガス分離モジュール４００は、したがって、繊維４１８の間に供給流路を設けるが、担体４２４によって繊維４１８の透過側部から分離されている。

【００３７】

担体４２４に加えて、ガス分離モジュール４００は、コンジット４４４を更に含む。ガス供給物４０８は、プロダクトチューブシート４２６から供給チューブシート４２２へ延在するコンジット４４４を通って流れる。コンジット４４４は、ガス供給物４０８を受けるために壁４３６を通って更に延在し、ガス供給物４０８は、ヘッダ４３８からヘッダ４０４に流れ込む。次いで、ガス供給物４０８は、繊維４１８の供給端部に流れ込む。ガス分離モジュール４００は、したがって、繊維４１８の間に追加的な供給流路を設けるが、コンジット４４４によって繊維４１８の透過側部から分離されている。

【００３８】

繊維４１８とチューブシート４２２及び４２６は、組み合わせにより、シェル４０２の内部に要素４２０を形成する。ガス供給物４０８の選択されたガスは、繊維４１８を介して要素４２０を通って流れ、繊維４１８を通って透過し、透過物４１６を生成する。透過物４１６は、供給チューブシート４２２とプロダクトチューブシート４２６との間で集積し、透過ポート４１４を通って流出する。繊維４１８内に残留するガスは、プロダクトチューブシート４２６で繊維４１８のプロダクト端部から流出して、プロダクトチューブシート４２６と壁４３６の間のヘッダ４２８に流入し、それにより不透過ポート４１０を通って流出する不透過物４１２が供給される。

【００３９】

ガス分離モジュール４００には、繊維４１８によって画定され、且つこのような繊維の供給端部からプロダクト端部へ延在する膜流路が更に設けられることを理解されたい。結果として、図４Ａ及び図４Ｂは、膜流路に対して対向する供給流路を示す。ガス分離モジュール４００を通るガスの流れのカウンターフィード構成によって、供給流路と膜流路との間の熱交換が可能になる。結果として、繊維４１８のプロダクト端部の温度は、繊維４１８の供給端部の温度により近い温度まで上昇し得る。図５及び図６に示される周知の貫流設計における温度低下に比べて、繊維４１８に沿った温度低下は減少することがある。温度低下が減少したとき、ガス分離モジュール４００の分離の全体的な効率性が向上する場合がある。更に、要素４２０内の温度プロファイルは、ガス供給物４０８の流量によって、更に分離の効率性の向上によって、均一性が増大し得る。

【００４０】

コンジット４４４は、Ｖ字型形状であるが、他の形状もあり得る。図４Ｃに示される４つのコンジット４４４は、それぞれ、プロダクトチューブシート４２６の外周においてアーク長を有する。このアーク長は、チューブシートの円周の約２％を包含し、合計で円周の８％を占める。コンジット４４４は、伝熱面積を可能にするために、チューブシート４２２及び４２６の半径の半分から約3分の２まで延在してもよい。コンジット４４４を担体４２４の周りに離間させることにより、ガス供給物４０８からの熱が、繊維４１８の間でより効率的に分配され得る。ガス分離モジュール用の設計は、幾つかの繊維４１８をコンジット４４４と交換したことに起因する要素４２０を通る流れの損失を考慮に入れる場合がある。流れの損失は、繊維４１８のプロダクト端部における温度上昇に起因する分離の効率性向上から生じる不透過物生成の増加に対して、バランスをとることができる。

【００４１】

ガス分離モジュールを形成するための周知の技法は、担体上に繊維材料を巻き付けることを含んでもよい。らせん状巻き付け及び斜め巻き付けを含む担体上に繊維材料を巻き付けるための周知の技法は、更にコンジットに繊維材料を巻き付けるか、又はコンジットが

挿入され得るところに間隙を残すことによって、任意のコンジットの収容のために使用されてもよい。斜めでもらせん状でもないストレート巻き付けの代替として、スロットを供給チューブシート及びプロダクトチューブシートに機械加工し、コンジットを繊維の間のスロットに挿入することができる。担体には繊維材料が巻き付けられることが多いが、担体を含まない周知のモジュールの設計が存在する。とは言っても、コンジットは、チューブシートに間隙を機械加工するか、又は他の技法を用いて間隙を残すことにより、後工程で挿入されてもよい。

【００４２】

供給流路を設ける担体１２４、３２４、及び４２４、コンジット４４４、及び通路２３０及び３３０は、図面では中空として示される。しかしながら、それらは、代わりに、部分的又は全体的に、多孔質材料を通してガスが流れることを可能にする多孔質材料で埋められてもよい。　多孔質材料は、担体、コンジット、及び通路に構造的支持を提供することができる。低密度でオープンセルの金属発泡体が使用されてもよい。低密度の発泡体の例としては、８～１５ポンド毎立方フィート（ｌｂ／ｆｔ^{3}）など、１５ｌｂ／ｆｔ^{3}未満の密度を有する発泡体が含まれる。金属発泡体の例としては、アルミニウム発泡体が含まれる。金属製ハニカムは、多孔質材料として使用されてもよく、最小限の圧力損失で構造的支持及び熱伝導強化をもたらす。金属製ハニカムは、３～６ｌｂ／ｆｔ^{3}の密度を有することがある。

【００４３】

更に別のガス分離モジュールが、　本明細書に記載の方法を実施するために使用され得ることを理解されたい。図面の中のガス分離モジュール１００、２００、３００、及び４００は、円形の断面を有するが、それぞれのシェル及び要素については他の形状もあり得る。したがって、ガス分離モジュールは、ガス供給物の注入を可能にする供給ポート、透過物の排出を可能にする透過ポート、及び不透過物の排出を可能にする不透過ポートを有するハウジングを含む。このモジュールは、ハウジングの内部のガス分離膜を含み、ガス分離膜は、供給端部及びプロダクト端部を有し、供給端部とプロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する。供給流路は、ハウジングの内部にあり、ガス分離膜のプロダクト端部から供給端部へ一方向に延在し、且つ透過外側部との接触から分離される。供給流路は膜流路に対して対向する。膜流路は、ガス分離膜によって画定され、不透過内側部との接触を可能にするガス分離膜の供給端部からプロダクト端部まで延在する。

【００４４】

例として、膜流路に対して対向する供給流路は、供給流路と膜流路との間の熱交換を可能にすることができる。ガス分離モジュールは、航空機燃料タンク可燃性低減システムに含まれる空気分離モジュールであってもよい。このシステムは、供給ポートへの空気の供給源、及び窒素富化空気を含む不透過物を受け入れるために航空機に搭載される燃料タンクを含んでもよい。

【００４５】

ハウジングは、追加の供給ポート、追加の透過ポート、及び追加の不透過ポートからなるグループから選択される少なくとも１つの追加のポートを含んでもよい。ハウジングは、内側シェル及び外側シェルを含んでもよく、ガス分離膜は内側シェルの内部にあり、内側シェルと外側シェルとの間の通路は、供給流路の少なくとも一部を画定する。通路は、供給ポートと流体連通する第１端部、及びガス分離膜の供給端部と流体連通する第２端部を有してもよく、内側シェルは、ガス分離膜の透過外側部との接触から供給流路を分離する。

【００４６】

供給流路又は膜流路又はその両方が、複数の分離された流路を含んでもよい。供給流路は、ガス分離膜のための少なくとも１つの担体によって部分的に画定されてもよく、少なくとも１つの担体は、中空担体及び多孔質担体からなるグループから選択される。

【００４７】

ガス分離膜は、複数の中空繊維膜を含んでもよい。ガス分離モジュールは、繊維の供給

端部を固定し、且つガス供給物と繊維の透過外側部との分離を可能にするハウジングの内部の供給チューブシートを更に含んでもよい。ガス分離モジュールは、繊維のプロダクト端部を固定し、且つ繊維の透過外側部と不透過物の分離を可能にするハウジングの内部のプロダクトチューブシートを更に含んでもよい。供給流路は、繊維の間を延在してもよいが、透過外側部との接触から分離される。供給流路は、プロダクトチューブシートによって固定される第１端部を有し、且つ供給チューブシートによって固定される第２端部を有する、繊維の間を延在するコンジットによって部分的に画定されてもよい。第１端部は、供給ポートと流体連通してもよく、コンジットが供給流路を繊維の透過外側部との接触から分離し、第２端部は、繊維の供給端部と流体連通してもよい。コンジットは、複数の分離されたコンジットを含んでもよい。

【００４８】

図７は、本明細書に記載のガス分離モジュールを含み得るＡＳＭ７０２を備えるシステム７００を示す。空気源７０６は、図７に示されるように、又は周囲圧力で加圧されてもよい。それでも、窒素富化空気の中空繊維膜生成の場合にように、分離の効率性は、圧力増加と共に向上することが多い。空気源７０６は、空気供給物７１０をＡＳＭ７０２に供給し、それにより透過物７０８及び窒素富化空気７１２が生成される。燃料タンク７０４は、窒素富化空気７１２の受け入れを可能にし、燃料タンクのアレージの可燃性を低減させる。ＡＳＭ７０２は、本明細書に記載される方法及びデバイスの利点を提供することができる。

【００４９】

更に、本開示は下記の条項による実施形態を含む。

【００５０】

条項１

ガス分離モジュールであって、

ガス供給物の注入を可能にする供給ポート、透過物の排出を可能にする透過ポート、及び不透過物の排出を可能にする不透過ポートを有するハウジング、

供給端部及びプロダクト端部を有し、前記供給端部と前記プロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する、前記ハウジングの内部のガス分離膜、及び

前記ハウジングの内部にあり、前記ガス分離膜の前記プロダクト端部から前記供給端部へ一方向に延在し、且つ透過外側部との接触から分離される供給流路であって、前記ガス分離膜によって画定され、且つ前記不透過内側部との接触を可能にする前記ガス分離膜の前記供給端部から前記プロダクト端部まで延在する膜流路に対して対向する、供給流路

を備えるガス分離モジュール。

【００５１】

条項２

前記膜流路に対して対向する前記供給流路が、前記供給流路と前記膜流路との間の熱交換を可能にする、条項１に記載のモジュール。

【００５２】

条項３

前記ガス分離モジュールが、航空機燃料タンク可燃性低減システムが備える空気分離モジュールであり、前記システムが、

供給ポートへの空気の供給源、及び

窒素富化空気を含む前記不透過物を受け入れるために航空機に搭載される燃料タンクを更に備える、条項１に記載のモジュール。

【００５３】

条項４

前記ハウジングが、追加の供給ポート、追加の透過ポート、及び追加の不透過ポートからなるグループから選択される少なくとも１つの追加のポートを備える、条項１に記載のモジュール。

【００５４】

条項５

前記ハウジングが、内側シェル及び外側シェルを備え、前記ガス分離膜が前記内側シェルの内部にあり、前記内側シェルと前記外側シェルとの間の通路が前記供給流路の少なくとも一部を画定する、条項１に記載のモジュール。

【００５５】

条項６

前記通路が、前記供給ポートと流体連通する第１端部、及び前記ガス分離膜の前記供給端部と流体連通する第２端部を有し、前記内側シェルが、前記ガス分離膜の前記透過外側部との接触から前記供給流路を分離する、条項５に記載のモジュール。

【００５６】

条項７

前記供給流路又は前記膜流路又はその両方が、複数の分離された流路を備える、条項１に記載のモジュール。

【００５７】

条項８

前記供給流路が、前記ガス分離膜のための少なくとも１つの担体によって部分的に画定され、前記少なくとも１つの担体が、中空担体及び多孔質担体からなるグループから選択される、条項１に記載のモジュール。

【００５８】

条項９

前記ガス分離膜が複数の中空繊維膜を備え、前記ガス分離モジュールが、

前記複数の中空繊維膜の前記供給端部を固定し、且つ前記ガス供給物と前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部との分離を可能にする前記ハウジングの内部の供給チューブシート、及び

前記複数の中空繊維膜の前記プロダクト端部を固定し、且つ前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部と前記不透過物との分離を可能にする前記ハウジングの内部のプロダクトチューブシートを更に備える、条項１に記載のモジュール。

【００５９】

条項１０

前記供給流路が、前記複数の中空繊維膜の間に延在するが、前記透過外側部との接触から分離される、条項９に記載のモジュール。

【００６０】

条項１１

前記供給流路が、前記複数の中空繊維膜の間に延在するコンジットであって、前記プロダクトチューブシートによって固定される第１端部を有し、且つ前記供給チューブシートによって固定される第２端部を有するコンジットによって部分的に画定され、前記第１端部が前記供給ポートと流体連通し、前記コンジットが前記供給流路を前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部との接触から分離し、前記第２端部が前記複数の中空繊維膜の前記供給端部と流体連通する、条項１０に記載のモジュール。

【００６１】

条項１２

ガス分離方法であって、

ハウジング及び前記ハウジングの内部のガス分離膜を含むガス分離モジュールを使用することであって、前記ガス分離膜が、供給端部及びプロダクト端部を有し、前記供給端部と前記プロダクト端部との間に不透過内側部と透過外側部を有する、使用すること、

前記ハウジング内へガス供給物を供給することであって、前記ガス供給物が　第１ガス及び異なる第２ガスを含む、供給すること、

前記ガス分離膜の前記プロダクト端部から前記供給端部へ一方向に、前記ハウジングの内部の供給流路に沿って前記ガス供給物を流すことであって、前記ガス供給物が前記透過外側部との接触から分離される、流すこと、

前記供給流路の後、前記ガス分離膜の前記供給端部から前記プロダクト端部まで、前記ガス分離膜によって画定される膜流路に沿って前記ガス供給物を流すことであって、前記供給流路が前記膜流路に対して対向する、流すこと、並びに

前記不透過内側部を前記膜流路内の前記ガス供給物と接触させること、前記ガス供給物からの前記第１ガスの少なくとも一部を前記ガス分離膜を通して前記透過外側部へと透過させること、及び前記ガス供給物からの前記第１ガスの少なくとも一部を取り除いた結果として、前記第２ガス内で富化される不透過物を生成すること

を含む、ガス分離方法。

【００６２】

条項１３

前記ガス分離モジュールが、航空機燃料タンク可燃性低減システムが備える空気分離モジュールであり、前記ガス供給物が空気供給物を含み、前記第１ガスが酸素を含み、前記第２ガスが窒素を含み、前記方法が、

窒素富化空気を含む前記不透過物を前記航空機に搭載される燃料タンクに供給することを更に含む、条項１２に記載の方法。

【００６３】

条項１４

前記膜流路に対して対向する前記供給流路によって可能にされるように、前記供給流路と前記膜流路との間で熱を交換することを更に含み、結果として、前記ガス分離モジュールの分離の効率性が向上する、条項１２に記載の方法。

【００６４】

条項１５

前記ガス分離膜の前記供給端部の温度の華氏１０度内である前記ガス分離膜の前記プロダクト端部の温度を確立することを更に含む、条項１２に記載の方法。

【００６５】

条項１６

前記ガス分離モジュールに対する構成を提供すること、１つ又は複数のプロセス条件を選択すること、及び結果として、ガス分離のエンタルピーに起因する前記ガス分離膜内の温度低下の少なくとも一部を補うことを更に含む、条項１２に記載の方法。

【００６６】

条項１７

前記ハウジングが内側シェル及び外側シェルを備え、前記ガス分離膜が前記内側シェルの内部にあり、前記ガス供給物を前記供給流路に沿って流すことが、前記ガス供給物を前記内側シェルと前記外側シェルとの間の通路に沿って流すことを含む、条項１２に記載の方法。

【００６７】

条項１８

前記ガス供給物を前記供給流路に沿って流すこと、又は前記ガス供給物を前記膜流路に沿って流すこと、又はその両方が、前記ガス供給物を複数の分離された流路に沿って流すことを含む、条項１２に記載の方法。

【００６８】

条項１９

前記ガス分離膜が複数の中空繊維膜を備え、前記ガス分離モジュールが、前記複数の中空繊維膜の前記供給端部を固定する前記ハウジングの内部の供給チューブシート、及び前記複数の中空繊維膜の前記プロダクト端部を固定する前記ハウジングの内部のプロダクトチューブシートを備え、前記方法が、

前記供給チューブシートで前記ガス供給物と前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部を分離すること、及び前記プロダクトチューブシートで前記複数の中空繊維膜の前記透過外側部と前記不透過物を分離することを更に含む、条項１２に記載の方法。

【００６９】

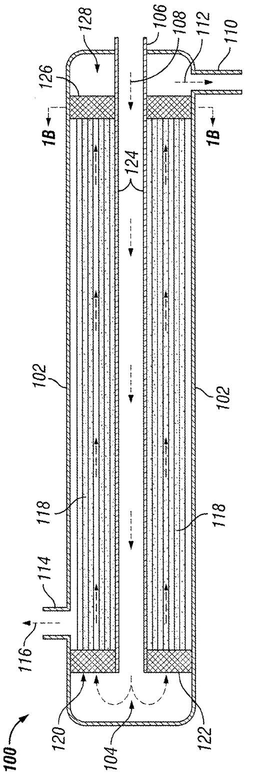
条項２０

前記供給流路が前記複数の中空繊維膜の間を延在し、前記方法が、前記供給流路を前記透過外側部との接触から分離することを更に含む、条項１９に記載の方法。

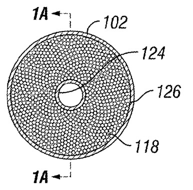
【００７０】

規則に従い、デバイス及び方法が、構造的な及び系統的な特徴について、多かれ少なかれ具体的な言語で説明されてきた。しかしながら、デバイス及び方法は、図示且つ説明された具体的な特徴に限定されないことを理解するべきである。それゆえ、デバイス及び方法は、均等論に従って適切に解釈される添付の請求項の適切な範囲内において任意の形態又は修正形態で主張される。

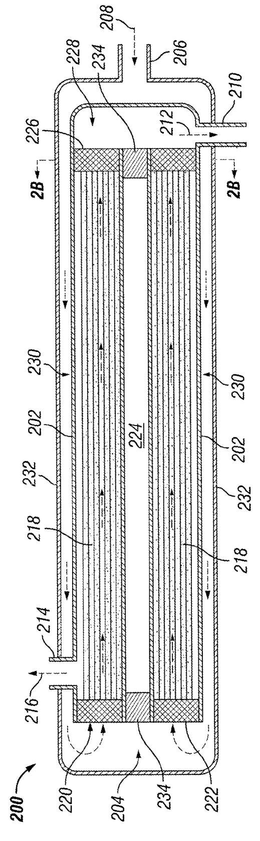
【図１Ａ】



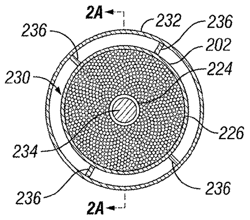
【図１Ｂ】



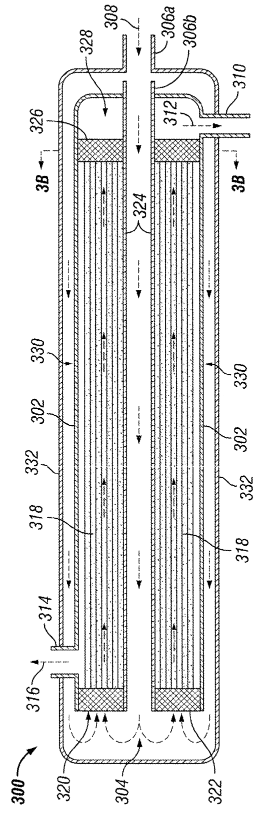
【図２Ａ】



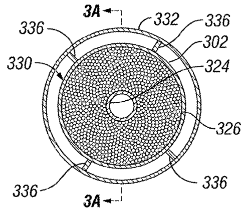
【図２Ｂ】



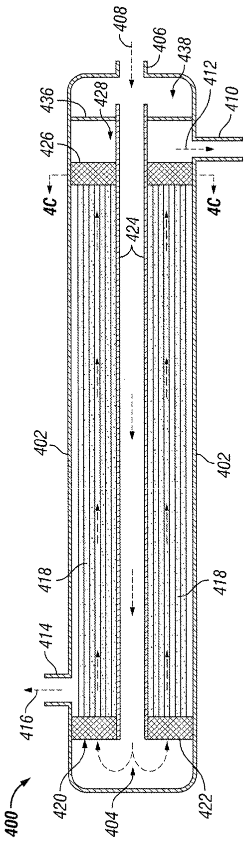
【図３Ａ】



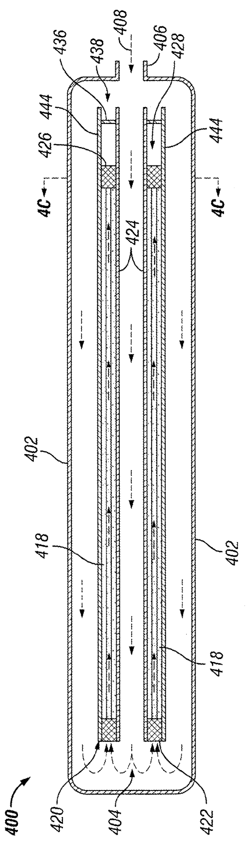
【図３Ｂ】



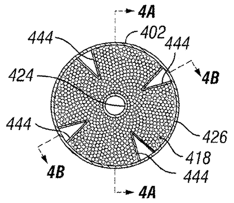
【図４Ａ】



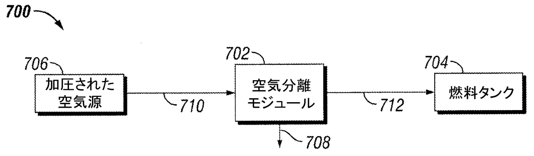
【図４Ｂ】



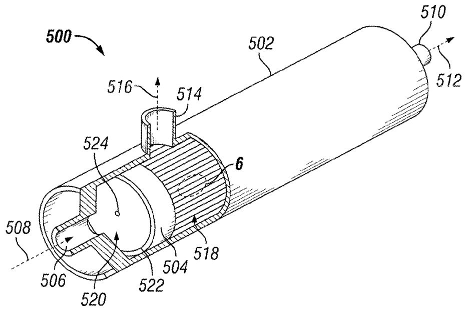
【図４Ｃ】



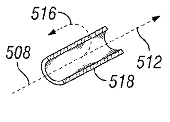
【図７】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

(56)参考文献　米国特許出願公開第２００２／０１６２４５１（ＵＳ，Ａ１）
特開平０６－１３４２４６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３４２４４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２４７１４７（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５２９４３４５（ＵＳ，Ａ）
特開平０７－２５１０３８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ０１Ｄ　６１／００－７１／８２
Ｂ０１Ｄ　５３／２２
Ｂ６４Ｄ　３７／３２