

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第2部門第1区分  
 【発行日】平成27年9月10日(2015.9.10)

【公表番号】特表2014-500136(P2014-500136A)  
 【公表日】平成26年1月9日(2014.1.9)  
 【年通号数】公開・登録公報2014-001  
 【出願番号】特願2013-534432(P2013-534432)  
 【国際特許分類】

**B 0 1 D 53/22 (2006.01)**  
**B 0 1 D 71/02 (2006.01)**  
**C 0 1 B 13/02 (2006.01)**  
**A 6 1 M 16/10 (2006.01)**

【F I】

B 0 1 D 53/22  
 B 0 1 D 71/02 5 0 0  
 C 0 1 B 13/02 Z  
 A 6 1 M 16/10 B  
 A 6 1 M 16/10 C

【手続補正書】

【提出日】平成27年7月17日(2015.7.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸素含有ガスから酸素を分離する装置であり：

膜ユニットと、電極ユニットとを含み、

前記膜ユニットが、多孔性基板、緻密な膜及び少なくとも1つの電極を含み、

前記多孔性基板が前記電極ユニットに方向付けられ、及び

前記電極ユニットが、少なくとも部分的に導電性である、少なくとも1つの回転可能な電極ウイングを有する、少なくとも1つの電極を含む、  
 装置。

【請求項2】

請求項1に記載の装置であり、前記多孔性基板のポアが連続チャンネルとして形成される、装置。

【請求項3】

請求項1に記載の装置であり、前記多孔性基板のポアが、直径が0.02mm以上である、装置。

【請求項4】

請求項1に記載の装置であり、前記電極が、前記多孔性基板のポア内に設けられる導電性層として形成される、装置。

【請求項5】

請求項1に記載の装置であり、前記膜が、ペロブスカイト型又はフルオライト型結晶構造を持つ材料に基づく、装置。

【請求項6】

請求項1に記載の装置であり、カバー層が前記多孔性基板の一方側又は両方側に設けら

れる、装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の装置であり、バリア層が、前記膜と前記カバー層との間に設けられる、装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の装置であり、空気ブロワーが前記膜ユニットの上流に設けられる、装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の装置であり、加熱装置が、前記膜ユニットの上流に設けられる、装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の装置であり、冷却装置が、前記膜ユニットの下流に設けられる、装置。

【請求項 11】

酸素含有ガスから酸素を分離する方法であり、前記方法は：

請求項 1 に記載の装置を準備し、前記電極ユニットが酸素含有ガスと流体連通し、

前記少なくとも 1 つの回転電極ウイングを回転させ、及び

前記電極及び前記少なくとも 1 つの回転可能な電極ウイングに電圧を供給し、前記多孔性基板のポア内にプラズマを生成させる、ことを含む方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の方法であり、100W 以上で 350W 以下の電力が、前記のプラズマの生成のために使用される、方法。

【請求項 13】

請求項 11 に記載の方法であり、1リットル/分以上の酸素流束が使用される、方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】酸素分離装置及び方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、酸素分離の技術分野に関する。特に本発明は、プラズマ生成を用いた、治療用途の酸素分離の技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

酸素治療は、治療方法として酸素を投与する。これは慢性及び急性両方の患者のケアにおいて種々の目的で広く使用されており、これは酸素が細胞代謝にとって、即ち組織酸素化が全ての生理学的機能にとって本質的であるからである。酸素治療は、患者の肺への酸素供給を増加させることにより、それにより体組織への酸素利用性を増加させることにより、患者に利益を与えるために用いることができる。特に、患者が低酸素症及び/又は低酸素血症を患っている場合にそうである。酸素治療は、病院又は在宅医療の両方で使用され得る。酸素治療の主な在宅医療は、重篤な慢性閉鎖性肺疾患 (COPD) を持つ患者のためである。

【0003】

酸素は種々の方法で投与され得る。酸素投与の好ましい方法は、いわゆる酸素のオンデマンド生成又はインサイチュ(その場で)生成をそれぞれ用いることにより与えられる。これに関して、市販のいわゆる酸素濃縮器又は酸素分離装置としてそれぞれ広く知られている。これらの酸素濃縮器のほとんどは、酸素含有ガスから酸素を分離するものであり、

酸素は使用直前に要求に応じて（オンデマンドで）供給される。最も知られた酸素濃縮器は、酸素含有ガスを圧縮するコンプレッサーを必要とする。さらに酸素、好ましくは純粋な酸素が生成されるべきである。したがって、最も知られた酸素濃縮器は、酸素含有ガスから酸素を分離するための膜、特に有機膜、分子篩い（モレキュラーシーブ）などを含む。

#### 【0004】

この知られた酸素濃縮器の主な欠点の1つは、当該濃縮器を製造、作動するために高コストが生じるということである。さらに、酸素含有ガスの望ましくない成分、ほとんどは窒素が膜に吸着され、それにより、この吸着されたガスを膜から脱着させるいわゆるスイングプロセスの必要性を生じてしまう。脱着ステップの間は酸素分離はできず、これにより2つの膜を非周期的（anticyclical manner）に働かせることが望ましいが、さらにコストを増加させてしまう。これとは別に、コンプレッサーはたいていは雑音が多く、酸素濃縮器を夜間使用する場合特に不便となる。さらに、生成された酸素は殺菌されておらず、さらなる消毒手段がしばしば望まれたり、必要とされる。

#### 【0005】

従来の酸素濃縮器は、高張り、重くかつ患者及び在宅医療提供者による常時維持管理を要するものである。かかる濃縮器は雑音と熱を発生する。さらに、購入費用やサービスコストなどの費用（コンプレッサーが大きな割合を占める）のコスト削減が望まれる。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

本発明の課題は、上記の少なくとも1つの制限を解消する酸素分離のための装置及び方法を提供することである。

#### 【0007】

本発明の課題はさらに、費用節約可能であり、かつ維持及び雑音の観点で利便性を改善する、酸素分離の装置及び方法を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

この課題は、酸素含有ガスから酸素を分離する装置により達成され：膜ユニット及び電極ユニットを含み、上記膜ユニットは、多孔性基板、緻密膜及び少なくとも1つの電極を含み、上記多孔性基板が上記電極ユニットへ方向づけられ、及び上記電極ユニットが、少なくとも部分的に導電性である、少なくとも1つの回転可能な電極ウイング（羽）を含む少なくとも1つの電極を含む。

#### 【0009】

本発明は、プラズマ生成の使用により酸素含有ガスから酸素を分離するために好適な装置を提供する。

本発明は、プラズマの使用による酸素含有ガスを加熱し圧縮すると同時に、特に無機膜などの緻密膜により酸素含有ガスから酸素を分離することを組み合わせることで、驚くべき非常に有効な相乗効果を奏する、という予想外の知見に基づくものである。

#### 【0010】

プラズマ生成により、酸素含有ガスは1ステップで圧縮され加熱される。このことは、酸素含有ガスを圧縮し加熱するための別の装置又は膜などを必要としない、という利点を与える。対照的に、ガスは膜を加熱するために十分な温度を持つことから、それにより十分高い酸素流れが上記膜を流通することを可能にする。従って、プラズマの使用により圧縮されることで高温を持つ圧縮酸素含有ガスの効果は、特に無機膜との組み合わせにおいて非常に好ましく適用可能になる。

#### 【0011】

さらに、本発明の装置は、操作において雑音が低減され、特に在宅医療応用において利便性が改善される。上記プラズマ生成用電極を酸素含有ガスを加熱かつ圧縮するために適用することで、本発明の装置はそのサイズ及び重量を低減することができるという点でさ

らに、特に在宅医療応用において利便性が改善される。

【0012】

さらに、本発明の装置の操作は、次の点、即ち、かかる装置は、従来の酸素分離装置よりもずっと安価に設計され、さらにエネルギー効率が従来知られた技術による方法に比較して改善される、という点からより低コストで酸素を分離することを可能にする。

【0013】

本発明による装置のさらなる利点は滅菌酸素の生成である。追加の除感染又は滅菌ステップは必要がない。本発明によれば、滅菌酸素のオンデマンド生成が提供される。

【0014】

さらに、電極ユニットを持つ膜を上記電極ユニットへ方向付けられる基板に設けることで、いくつかの利点が達成され得る。

【0015】

回転可能な電極ウィングを含む電極ユニットと組み合わせた電極を含む膜ユニットを設けることで、上記電極ユニットと上記膜の近接カップリングが達成され得る。本発明によれば、上記プラズマを上記膜ユニットの基板のポア(孔)内部にプラズマを生成することが可能になる。このことは、非常に効率的な分離条件を実現することを可能にする。

【0016】

加えて、上記電極ユニットの上記膜の近接カップリングは望ましくない熱損失を低減させることを可能にする。詳細には、上記プラズマは、酸素含有ガスを圧縮するのみならず、これを加熱し、これにより上記膜を操作温度に加熱する。従って、酸素含有ガスは好ましくは、上記膜の操作温度を超える温度に加熱されるべきである。上記電極ユニットと上記膜ユニットとの近接カップリングにより、上記ガスはこのようにして少なくとも部分的に上記膜ユニット内で、従って上記膜に直接接触して加熱され、その結果熱エネルギーをほとんど又は全く損失しないこととなる。

【0017】

加えて、上記膜の供給側でガスを膜通過させるための加圧を生成するための耐熱弁の適用が不要になり得る。このことは、本発明の装置が、簡単かつ費用節約の方法で形成されることを可能にする。

【0018】

回転可能な電極ウィングを含む電極ユニット及びさらなる電極を含む膜ユニットを組み合わせることで、本発明による装置は非常にコンパクトに形成され得る。従って、これは在宅医療応用、特に酸素分離のためのポータブル装置にとって非常に適する。

【0019】

以下、形成されるガスは酸素とする。しかし、本発明の装置により酸素の100%までの高純度が形成される場合であっても、ある程度の不純物を含む形成ガスも又本発明に含まれる。従って、本願で用いる用語「酸素」は、酸素を主成分とするガス混合物を含む。

【0020】

本発明による装置は、従って、コスト、価格、サービス及び雑音の点で低減を提供する。

【0021】

本発明の好ましい実施態様では、上記多孔性基板のポア(孔)は連続チャンネルを形成する。このことは、プラズマを、上記膜に直接隣接して、点火し維持することを可能にする。この実施態様は、従って、上記加熱かつ圧縮された酸素含有ガスを上記膜に近接接触を実現することを可能にし、これは、上記膜の加熱の点で有利であり、同様に酸素を上記膜を通すために設けられる圧力の点で有利である。上述のとおり本発明の装置は非常に効率的に操作され得る。

【0022】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、上記多孔性基板のポアは直径が 0.02 m (0.02 mm 以上) である。このことは、酸素含有ガスの好適な量を上記ポア内に導くことを可能にし、効果的にプラズマを形成することを可能にする。言い換えると、これ

らの寸法は、本発明による装置の効率を改善する。

【0023】

本発明のさらに好ましい実施態様では、上記電極は、上記多孔性基板のポア内に設けられる導電性層として形成される。これは、上記電極間でプラズマを生成させるために特に好ましい構成である。詳細には、多孔性基板は上記回転電極に方向付けられているという事実により、上記プラズマは、特に効果的な方法で、上記ポア内で直接生成され得る。加えて、このことは、形成されるプラズマの特質に依存して上記ポアを設計することを可能にする。その結果、本発明による装置が操作される条件が調節され得ることとなる。

【0024】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、上記膜は、ペロブスカイト (perovskite) 型又はフルオライト (fluorite) 型結晶構造を持つ材料に基づく。特に好ましくは、上記膜は、ペロブスカイト型に基づくものであり、上記ペロブスカイト型は、 $Sr_{1-y}Ba_yCo_{1-x}Fe_xO_{3-z}$  (これはドナー又はアクセプターでドーブされていてもよく、ドーブされていなくてもよく)、及び  $La_{1-y}Sr_yFe_{1-x}Cr_xO_{3-z}$  (これは、ニオブ、マグネシウム、チタン又はガリウムでドーブされていてもよく、されていなくてもよい)、 $Sr_{1-y-x}Ba_yLa_xCo_{1-b-c}Fe_bCr_cO_{3-z}$  (これは、例えば、ニオブ、マグネシウム、チタン又はガリウムなどのドナー又はアクセプターで、ドーブされていてもよく、されていなくてもよい)、 $Ba_{1-x}Sr_xTiO_{3-z}$  (これは、例えば、マンガン、鉄、クロム又は他のドーブ化合物で、ドーブされていてもよく、されていなくてもよい)、及び  $PbZr_{1-x}Ti_xO_{3-z}$  (これは、例えば、鉄、ニオブ、ランタン、クロム又は他のドーブ化合物などのドナー又はアクセプターで、ドーブされていてもよく、されていなくてもよい) からなる群から選択される。これらのセラミック化合物は、良好なガス流を示し、かつさらに酸素に関して優れた選択性を持つ。詳細には、この成分を含む膜の上流側で空気が加圧される場合には、それは酸素のみを通すものとなる。それにより酸素を100%までの純度で生成することを可能にする。

【0025】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、上記基板の1方又は両方にカバーが設けられる。これに関して上記カバー層は好ましくはシリコン窒化物又はガラスで形成され得る。このことは特に、上記膜中に存在する成分が上記基板内に存在する成分と反応することを防止し得る。詳細には、上記膜の好適な成分としてバリウムが、上記基板の好適な成分としてのシリコンとの反応が阻害され得る。加えて、上記基板の側が上記膜の反対側に位置するばあい、上記カバーは、上記基板のポアを望ましいように形成又は形状化することを助けることができ、これにより例えばマスクとして作用し得る。特に上記カバーは緻密又は多孔性であり、任意の堆積技術により、例えば熱酸化の技術により適用され得る。シリコン窒化物は、任意の堆積技術、例えば化学蒸着により適用され得る。ガラス層は、例えばスピノンガラス層である。

【0026】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、バリア層が、上記膜及び上記カバー層の間に設けられる。このバリア層は好ましくは、シリコン酸化物、チタン酸化物、マグネシウム酸化物、ジルコニウム酸化物、チタン酸ジルコニウム、アルミニウム酸化物及びタンタル酸化物又はこれらの任意の組み合わせからなる群から選択される材料を含む。上記バリア層は、任意の堆積方法が適用され、例えば酸化物の反応性スパッタリング、又は金属のスパッタリング続いて熱酸化、スピノン、又は化学蒸着方法などである。これは、上記膜及びカバー層の材料が形成される材料がお互いにある程度相互作用する場合、上記カバー層及び上記膜の間の中間層として作用し得る。

【0027】

本発明のさらなる実施態様では、空気プロアが上記膜ユニットの上流に設けられる。このことで、ガス流が上記電極ユニットに移送されかつ従って膜ユニットへ移送されることを改善することを可能にする。本発明による装置に効率は従って改善される。

## 【0028】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、加熱装置、特に熱交換装置が上記膜ユニットの上流に設けられる。加熱装置は、酸素含有ガスを予備加熱し、それによりプラズマにより上記酸素含有ガスへ導入されるべき熱エネルギーを低減させることができる。熱交換装置を設けることで、熱交換装置はそれにより、酸素欠乏ガスの熱を使用し、分離サイクルの後上記膜ユニットを出ることができる。本発明による操作に必要なとされるエネルギー入力は従って、低減され得る。

## 【0029】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、冷却装置が上記膜ユニットの下流に設けられる。これは、生成される酸素を直接使用され得る温度に冷却する。これに関して、特に好ましく、本発明による装置をオンデマンド、又はインサイチュでそれぞれ使用することが可能になる。上記冷却装置は、それにより、上記プラズマ生成ユニットの上流に設けられる熱交換装置へ接続され得る。このことは、特に、本発明による装置を費用節約的に操作することを可能にする。

## 【0030】

本発明はさらに、酸素含有ガスから酸素を分離する方法に関し、上記方法は：本発明による装置を準備し、上記電極ユニットが、酸素含有ガスに流体連通し、少なくとも1つの回転可能な電極ウィングを回転し、及び上記電極、及び上記少なくとも1つの回転可能な電極ウィングに電圧を供給し、上記多孔性基板のポア内でプラズマを生成することを含む。本発明による上記方法は、本発明による装置に関して説明したと同様の利点を提供する。

## 【0031】

本発明の好ましい実施態様では、1000Wから350W(350W以上1000W以下)の電力がプラズマ生成のために使用される。この電力は、上記ポア内で十分プラズマを生成するために十分であり、それによりエネルギーを節約することとなる。これは、本発明の方法を、在宅医療応用においても適用可能なものとする。

## 【0032】

本発明のさらなる好ましい実施態様では、酸素流束(flux) 毎分1リットル(1リットル以上)が使用される。この流束(flux)は、たいていの応用のため、例えば治療応用などに十分使用可能なものであり、十分である。

## 【0033】

本発明のこれらの及びその他の特徴は以下の説明及び図面を参照することでより明らかとなる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0034】

【図1】図1は、本発明に従った装置の側断面図である。

【図2】図2は、平面A-A'での回転電極の平面図である。

【図3】図3は、膜ユニットの一実施態様を示す。

【図4】図4は、膜ユニットの他の実施態様を示す。

【図5】図5は、膜ユニットのさらなる他の実施態様を示す。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0035】

図1で、本発明に従った装置10が模式的に示される。本発明による装置10は特に、酸素含有ガスから酸素を分離するために好適である。装置10は従って、酸素分離装置又は酸素濃縮器の一部であり得る。装置10は、例えば在宅医療応用において酸素治療用に特に好適である。しかし、装置10は、治療用に限定されるものではなく、さらに全ての種類の酸素生成のために好適である。さらなる例示的応用として、これは航空機内での酸素生成に好適である。

## 【0036】

本発明に従った装置10は膜ユニット12を含む。膜ユニット12は膜14を含む。膜

14は好ましくは酸素分離膜である。この場合、目的は酸素を酸素含有ガスの残り成分と分離することであり、従って、酸素の流れ、有利には100%純粋な酸素の流れを提供することである。これは矢印16で模式的に示される。たいていは、主に残留する成分は窒素であり、特に空気を酸素含有ガスとして使用する場合にはそうである。十分な分離結果を得るためには、従って、膜14は非常に緻密である。緻密膜14は特に、酸素に対して選択的に透過性であるが、特に窒素などの他のガスに対して厳密に又は少なくとも実質的に非透過性である。

【0037】

膜14は、純粋な酸素導通性膜か、又はイオン性-導電性混合膜のいずれかであり得る。一般に、酸素を膜14を通過させて移送するように力が供給される。これは電気的力であり得る。しかし好ましくは、後述するように、酸素は、膜14を、膜の供給側と透過側との圧力差により通過させることである。

【0038】

膜12は、さらに、電極18を含み、これは以下に明らかとなるプラズマの生成に好適になるように設計される。図1によれば、電極18は、膜14の供給側に配置される導電性層として形成されるか、又は言い換えると膜14の上流側で形成され得る。

【0039】

膜14はさらに、多孔性基板20で支持されている。多孔性基板20はポア(孔)22を含み、ポアは好ましくは基板20の全厚さを通して進む連続チャンネルとして形成される。膜ユニット12の詳細な説明は以下図3から5に基づいて説明される。

【0040】

多孔性基板20は電極ユニット24に方向づけられている。この電極ユニット24は基板20に直接近接して設けられる。好ましくは、ディスク形状であり、少なくとも1つの回転可能な電極ウイング26及び電極ウイングの面内に空気ギャップ28を含む。しかし、最も好ましくは、電極24が、複数の回転可能な電極ウイング26及びそれらの間に設けられる複数の空気ギャップ28を含むことである。

【0041】

好ましくは、少なくとも1つの電極ウイング26が少なくとも部分的に、白金、パラジウム、イリジウム又は金属酸化物、特に $\text{SrRuO}_3$ 又は $\text{SrRhO}_3$ 又はこれらの合金から形成される。これらの化合物は、特に、プラズマ形成で電極として作用するために好適である。加えて、これらの化合物は、プラズマで生成される高温度でもほとんどの酸素含有ガス中で安定である。

【0042】

少なくとも1つの電極ウイング26はそれにより、電極ウイング26の表面の導電性層を設けることで導電性となり得る。このことは、膜ユニット12へ方向づけられる側で好ましく実現され得る。層は従って、化合物の1つを含み得る。このことは、電極ウイング26が、好適な任意の材料から製造されることを可能にする。それにより導電性層は電極に特性を与える。このことは、本発明による装置10と同様にかかる回転可能な電極ウイング26を、費用節約的に製造することを可能にする。又は、電極ウイング26は、前記材料で形成され得る。このことは特に電極ウイング26の製造を容易にする。

【0043】

回転可能な電極ウイング26表面と基板20との距離は、プラズマを点火して維持するための特に好ましい条件を持つようにポア22の直径よりも小さくするべきである。この理由で、加えて、回転可能な電極ウイング26表面と基板20との距離は、ポア22の長さ、例えば基板20の厚さよりも短くするべきである。加えて、ウイング26の導電性表面は、それぞれの空気ギャップ28の表面よりも大きくするべきである。

【0044】

電極ユニット24の平面図が図2に示される。図2によれば、電極ユニット24は、非限定的に4つの電極ウイング26と、従ってそれらの間に設けられる4つの空気ギャップ28を持つ。空気ギャップ28の後ろ側、従って電極ユニット24の後ろ側には、多孔性

基板 20 が、そこに設けられるポア 22 と共に見ることができる。電極ウイング 26 は回転可能であることから、膜ユニット 12 のある領域はウイング 26 でカバーされるか、又は他の方法で空気ギャップ 28 を通って開口されている。

【0045】

電極ウイング 26 又は複数のウイング 26 はそれぞれ、少なくとも部分的に導電性であり、特に膜ユニット 12 の方向づけられている側でそうである。従って、電極ウイング 26 はプラズマ生成のための電極として作用する。詳細には、膜ユニット 12 の電極 18 と共に、回転可能な電極ウイング 26 は複数の小さいプラズマポンプを形成する。

【0046】

電極ユニット 24 は膜ユニット 12 の電極 18 と共に、その間にプラズマを生成する主要な対象物となり、これにより酸素含有ガスから酸素を分離するために酸素含有ガスを加熱し加圧する。図 1 を参照して、続いて酸素分離装置 10 は好ましい例示では次のように作用する。

【0047】

酸素含有ガス、特に空気が電極ユニット 24 に案内される。酸素含有ガスを電極ユニット 24 へと移送するために、空気ブロー 30 が電極ユニット 24 の上流に設けられる。空気ブロー 30 は、電極ユニット 24 への酸素含有ガスの流れ又はその供給側への流れをそれぞれ増加させる。空気ブロー 30 の下流で、加えて、加熱装置 32、特に熱交換装置が設けられる。加熱装置 32 は、装置 10 の電力効率を、酸素含有ガス、例えば空気を予備加熱することで改善する。酸素含有ガスがその後電極ユニット 24 へ案内される。これは矢印 34 で模式的に示される。酸素分離ステップがその後実施され得る。酸素分離を達成するため、回転可能なウイング 26 が、膜ユニット 12 の前又は基板 20 の前でそれぞれ回転する。空気ギャップ 28 の領域で、新鮮な空気が電極ウイング 26 を通過し、又は電極ユニット 24 をそれぞれ通過し、膜ユニット 12 及びポア 22 内にそれぞれ案内されるが、これは矢印 36 で示される。この段階で、ガスは大気圧で存在し、即ち約 1 バールである。

電極ウイング 26 及び膜ユニット 12 の電極 18 が図示されていないが電源に接続されている場合には、プラズマは点火され、ウイング 26 と電極 18 との間で、従って、ポア 20 内で生成される。これは矢印 38 で模式的に示される。一般に、プラズマを生成するためにむしろ小さいエネルギーで十分である。詳細には、電力入力 100 W から電力入力 350 W の電力入力で十分であり、これは最終的に透過側の酸素流 1 リットル/分 (1 分あたり 1 リットル以上)、特に 1 分あたり数リットルの程度の酸素流となるように、温度及び膜の条件に依存する。この電力入力の範囲は在宅医療用に非常に好適なものである。一般的に、しかし、生成されるプラズマにはいくつかのモードがある。特に、DC プラズマ、AC プラズマ、RF プラズマ、パルスプラズマなどが可能である。

【0048】

プラズマを与えることで温度が上昇する。ウイング 26 同様に空気ギャップ 28 が回転するということは、新鮮な空気で満たされるポア 22 が閉じ込められ、プラズマ生成の間ウイング 26 により、周囲に対して閉じかつ密閉されることである。膜ユニット 22 のポア 22 又は基板 20 内の酸素含有ガスは従って加熱され加圧される。例示的に、圧力は従って、プラズマにより生じる温度 900 K までガスの温度が増加することで 1 バールよりも高い値、特に 3 バールに増加され得る。加圧により、酸素含有ガスは膜 14 に対して押され、その結果酸素分離膜 14 を通過することで酸素が分離され、実質的に純粋な酸素の流れ 16 を形成することとなる。

【0049】

電極ウイング 26 が回転するということは、続いて次の段階で空気ギャップ 28 が回転されるということである。なおポア 22 内に存在する加圧及び、空気ギャップ 28 がそれぞれのポア 22 の前に位置する場合に短時間さらに生成するプラズマにより、酸素が欠乏したガスがポア 22 から移動する。このことは矢印 44 で模式的に示される。プラズマが消失する際にはウイング 26 はもはやこの領域にはなく、ポア 22 内の低下圧力、特に圧

力 << 1 パール ( 1 パールよりずっと低い ) で形成される欠乏性ガスは冷却され、その結果ポア 2 2 内に新たな空気が吹き込まれることとなる。従って、追加のサイクルが次のウイング 2 6 又はウイングが 1 つだけの場合には同じウイング 2 6 で開始される。電極ユニット 2 4、又は回転電極ウイング 2 6 は、それぞれ、ポア 2 2 内の加圧空気を保持し、同様にガス交換を実現するために使用される弁として作用し得る。

#### 【 0 0 5 0 】

それぞれのポア 2 2 内でのプラズマ生成の開始及び終点は従って、電極ユニット 2 4 の回転又は少なくとも 1 つのウイング 2 6 の回転によりそれぞれ定められる。しかし必要な場合、再点火パルスが加えられ得る。一般に、電界強度 1 0 k V / c m ( 1 0 k V / c m 以上 ) の 電界強度 がポア内でプラズマを ( 再 ) 点火させるために使用されるべきである。この場合、ウイング 2 6 の表面又は複数のウイング 2 6 は構造化され得る。詳細には、導電性材料の領域は、回転方向に非導電性材料の領域が続いてよい。それぞれの領域のサイズにより、点火パルスは望ましい応用に向けて調節され得る。例えば、点火電圧は、前端 ( leading ) 領域又はストライプでそれぞれ生成され、一方プラズマ供給電圧は残る導電性表面で生成され得る。

#### 【 0 0 5 1 】

上述のとおり、電極ユニット 2 4 はガスポンプとして作用する。電極ウイング 2 6 の回転により異なるサイクルで作用するけれど、好ましくは作用サイクルの高周波数によって、酸素含有ガスの直接かつ連続する流れを生成し得る。サイズ同様にウイング 2 6 の数と共に、回転周波数が必要な応用に合せて調節され得る。これは約 1 0 0 H z 程度である。

#### 【 0 0 5 2 】

スイングプロセスは必ずしも必要ではなく、というのは窒素は膜 1 4 には吸着されず、それにより酸素に対する透過性条件をなんら制限しないからである。

#### 【 0 0 5 3 】

生成された酸素流を集めるために、チューブ 4 0 が膜ユニット 1 2 又は膜 1 4 にそれぞれ接続される。もちろん好ましくは、チューブ 4 0 は気密密封され、全ての生成された酸素を望ましい応用に導くことを可能にするものである。ガスポンプがさらに、分離された酸素を望ましい応用に導くためにチューブ 4 0 内に設けられる。加えて、膜 1 4 の下流に冷却装置 4 2 が設けられ、酸素の分離された流れを冷却するために設けられ得る。冷却装置 4 2 は、例えばチューブ 4 0 内に設けられるか、又はチューブ 4 0 と流体連通するように構成され得る。従って、酸素は、装置 1 0 が特に好ましい方法で インサイチュプロセス で使用される場合には直接使用されることができ、又は酸素は好適な容器内に貯蔵され得る。生成された酸素の温度は、例えば医療用途、治療用などの望ましい用途で必要とされる温度に近く又は正確にその温度の範囲に調節され得る。冷却装置 4 2 は好ましくは、本発明による装置 1 0 の効率をさらに改善するために加熱装置 3 2 として熱交換装置と接続される。

#### 【 0 0 5 4 】

全ての部品はもちろん周囲空気に対して密封され及び / 又は適切な場合には対応するエネルギー源に接続され得る。加えて、適切な断熱材料が適切に設けられ得る。例えば、電極ユニット 2 4 は膜ユニット 1 2 と共に、効率改善のためにこれらの部品を熱絶縁するためのケース内に設けられ得る。

#### 【 0 0 5 5 】

図 3 から 5 を参照して、膜ユニットの異なる実施態様が記載される。

#### 【 0 0 5 6 】

図 3 では、膜ユニット 1 2 が模式的に示される。膜ユニット 1 2 はプラズマ 点火 及び維持のプロセスに寄与し、従って本発明の装置 1 0 のために本質的である。

#### 【 0 0 5 7 】

図 3 による膜ユニット 1 2 は、1 つの本質的部品として膜 1 4 を含む。上述の通り、酸素含有ガスから酸素を分離するためには、膜 1 4 は緻密である。従って、これは酸素選択的透過性である。

## 【0058】

これらの性質を達成するためには、膜14は、無機酸化化合物から選択される固体セラミック膜であり得る。好ましくは膜14はペロブスカイト型又はフルオライト型結晶構造である。一例として、ペロブスカイト型は、 $Sr_{1-y}Ba_yCo_{1-x}Fe_xO_{3-z}$ （これはドナー又はアクセプターでドーピングされていてもよく、ドーピングされていなくてもよく）、及び $La_{1-y}Sr_yFe_{1-x}Cr_xO_{3-z}$ （これは、ニオブ、マグネシウム、チタン又はガリウムでドーピングされていてもよく、されていなくてもよい）、 $Sr_{1-y-x}Ba_yLa_xCo_{1-b-c}Fe_bCr_cO_{3-z}$ （これは、例えば、ニオブ、マグネシウム、チタン又はガリウムなどのドナー又はアクセプターでドーピングされていてもよく、されていなくてもよい）、 $Ba_{1-x}Sr_xTiO_{3-z}$ （これは、例えば、マンガン、鉄、クロム又は他のドーピング化合物でドーピングされていてもよく、されていなくてもよい）、及び $PbZr_{1-x}Ti_xO_{3-z}$ （これは、例えば、鉄、ニオブ、ランタン、クロム又は他のドーピング化合物などのドナー又はアクセプターでドーピングされていてもよく、されていなくてもよい）からなる群から選択される。好ましい例として、ペロブスカイト型材料は、 $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.5}Fe_{0.2}O_{3-x}$ （BSCF）が非常に好適である。又は、例えば、 $Sr_{0.5}Ba_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-x}$  薄膜が使用され得る。

## 【0059】

このタイプの無機膜14の一般的性質は、室温では全てのガスに対して完全に非透過性であるが、高温に加熱されると酸素分子を通過させることが可能になる、ということである。主に、ほんの小さなサイズの膜の要求を満たし良好な酸素流を達成するためには700Kを超える温度が必要である。例えばBSCFと命名される材料は、例示的に説明すると、1275Kで酸素13ml/cmとなり、この場合小さい膜厚で十分である。一般的に、膜14は、膜厚が0.1µmから50µmの範囲を持つことで十分であり得る。これは、装置10をコンパクトに形成し、さらに膜14を通じる高い酸素流を形成することを可能にする。加えて、薄膜を加熱するには必要な熱はより少なくなる。

## 【0060】

膜14は多孔性基板20で支持される。基板20は、例えばシリコン、ガラス、石英又は酸化アルミニウムから形成され得る。しかし、任意の全ての基板20、金属基板などもまた使用され得る。基板は厚さが、厚さ 50µm 1mm（50µm以上で1mm以下）、特に厚さ 100µm 650µm（100µm以上で650µm以下）である。このことは、基板20を安定させ、また、例えばポータブル在宅医療用途で使用される本発明による装置10をコンパクトなものにすることを可能にする。基板20内にポア22が形成され得る。詳細には、基板20はピラー46を持ち、これは膜14と制御されて接触するガスを導入するためのポア22として定められる連続チャンネルが基板20内に設けられることが好ましい。これは、例えば基板20をエッチング又はサンドブラストすることで実現され得る。一般的には、マイクロ加工が適用され得る。ピラー46は好ましくは、幅が50µmから 1mm（50µmから1mm以下）、特に 200µmから 800µm（200µm以上800µm以下）であり、これにより良好な流れを持ち効率的に十分高い安定性が可能となる。

## 【0061】

基板20は好ましくは、5%から90%の間、特に20%から80%の間の多孔度を持つ。これは、膜ユニット12を通る非常に高いガス流を可能にする。加えて、基板20はなお、膜ユニット12が不安定となることを防止するための十分大きなサイズで、なお十分なピラー46を含む。多孔度がそれにより十分に定められるチャンネルにより主に形成され得る場合であっても、定められるチャンネル即ちピラー46に続く基板内に定められる多孔度を設けることを可能にする。これは、基板材料など多孔度により、又はピラー46の多孔度によりそれぞれ形成され得る。

## 【0062】

チャンネルは好適なプロセスで設けられるという事実により、それらは例えば膜14に

、十分定められかつ十分定められ制御される空気流が接触することを可能にする。十分定められる又は定められるチャンネルはそれぞれ、従って、チャンネルの構造及びサイズが必要とされる要求により形状化されることを意味する。これらは従って、必要とされる要求により配置され適合化され得る。詳細には、それらは、幅 30  $\mu\text{m}$  から 5 mm (30  $\mu\text{m}$  以上 5 mm 以下)、特に幅 100  $\mu\text{m}$  から 800  $\mu\text{m}$  (100  $\mu\text{m}$  以上 800  $\mu\text{m}$  以下) であり得る。しかし、チャンネル又はポア 22 それぞれが直径 0.02 mm (直径が 0.02 mm 以上) であることが最も好ましい。

【0063】

本発明に従った装置 10 は、高いかつ十分定められるガス流束 (flux) を可能にする効率的な酸素生成システムを形成し、及び薄膜 14 も扱うことができる安定したシステムを達成するために好適である。

【0064】

上述のようにプラズマを生成させるために、膜ユニット 12 は電極 18 を含む。図 1 及び 3 を参照して、電極 18 は、基板 20 と膜 14 との間に設けられる薄層 48 として形成される。電極 48 は、少なくとも部分的に、白金、チタン、及びイリジウム、又は金属酸化物、特にイリジウム酸化物、 $\text{SrRuO}_3$  又は  $\text{SrRhO}_3$  又は上記化合物の合金から形成され得る。しかし、他の電極も可能である。

【0065】

変形例として、基板 20 は膜 14 に直接に接続されることができ、一方で電極 18 を形成する層 48 は膜 14 の下流側、即ち基板 20 の反対側に設けられ得る。

【0066】

電極 18 を形成する層 48 の正確な位置からは独立して、電極 18 が電極 18 と少なくとも 1 つの回転可能な電極ウイング 26 との間でプラズマを生成することが可能であることは重要であり、さらに、それが膜 14 を通じる酸素の流れを妨げないことが重要である。従って、層 48 が基板 20 と膜 14 との間に設けられる場合には、ピラー 46 の領域にのみ位置されるか、又はピラー 46 と膜 14 との間に設けられ、それによりポア 22 に接触する。従って、膜 14 を通る酸素流れを邪魔することはない。全体表面に亘り膜 14 の隣に設けられる場合、層 48 は好ましくは多孔性であり、これにより層 48 を通る酸素の流れを邪魔しない。1 つの変形実施例では、層 48 はガス流を可能にする孔を持つ。従って、これは例えば篩いとして設計され得る。

【0067】

膜 14 の透過側での層 48 の配置についても同様である。層 48 は全体表面上に位置されることが主に好ましい。この場合、これは全体に、例えば篩い形状で設けられるか、又は多孔性であり、酸素に対して透過性であり得る。

【0068】

膜ユニット 12 のさらなる実施態様が図 4 に示される。図 4 を参照して、膜ユニット 12 はさらに、カバー層 50、50' を基板 20 の一方側又は両方側を含む。この点で、カバー層 50、50' は好ましくはシリコン窒化物又はガラスからなる。これは特に、膜 14 に含まれる成分と基板 20 に含まれる成分との反応を防止することを可能にする。詳細には、膜 14 の好適な成分としてのバリウムと、基板 20 の好適な成分としてのシリコンとの反応が防止される。加えて、膜 14 と反対側の基板 20 の側部に設けられる場合には、カバー層 50' は、ポア 22 又はチャンネルそれぞれを望ましく形成又は形状化することをそれぞれを助け、それにより例えばマスクとして作用することができる。特に、カバー層 50、50' は、任意の堆積技術、例えば熱酸化により与えられ得る。シリコン窒化物層は、任意の堆積技術、例えば化学蒸着堆積により与えられ得る。ガラス層は、例えばスピンオンガラス層であり得る。カバー層 50、50' の厚さは、好ましくは、100 nm と 100  $\mu\text{m}$  の間、特に 100 nm と 10  $\mu\text{m}$  の間である。

【0069】

また図 4 に示されるように、電極 18 を形成する層 48 が膜 14 の下流側に設けられ得る。しかし、電極層 48 は、同様に膜 14 の上流側に設けることも可能である。この場合

には、カバー層 50 と膜 14 との間、又はカバー層 50 と基板 20 との間に設けられ得る。さらなる実施態様では、チタン酸化物などのバリア層が、カバー層 50 と電極 18 との間に適用され得る。

【0070】

層 48 に関して上述のように、層 48 は層 50 同様に酸素の流れを妨げるべきではない。従って、全表面に即ちポア 22 内に設けられる場合、それは多孔性であるか又は孔を含み、これにより膜 14 を通る適切な酸素の流れを可能にするべきである。

【0071】

膜ユニット 12 のさらなる実施態様が図 5 に示される。図 5 による実施態様は、図 4 による実施態様と類似する。しかし、図 5 によれば、膜ユニット 12 はさらに、バリア層 52 を膜 14 とカバー層 50 との間に含む。このバリア層 52 は好ましくは、シリコン酸化物、チタン酸化物、マグネシウム酸化物、ジルコニウム酸化物、チタン酸ジルコニウム酸塩、アルミニウム酸化物及びタンタル酸化物又はこれらの組み合わせを含む群から選択される材料を含む。バリア層 52 は、任意の堆積方法で適用され、例えば酸化物のスputtering、金属のスputteringに続く熱酸化、又はスピンオン又は化学蒸着などである。これはまた、膜 14 及びカバー 50 の材料がそれぞれお互いにある程度相互作用し得る材料から形成される場合に、カバー層 50 と膜 14 との間の中間層として作用し得るものである。また、電極層 48 は、膜 14 の上流側及び下流側の両側に設けられ得る。層 48 に関して上述したように、バリア層 52 だけでなく層 48 もまた酸素の流れを妨げるべきではない。従って、全表面上に、即ちポア 22 内に設けられる場合には、これは多孔性であるか、又は孔が設けられ、膜 14 を通る酸素の好適な流れを可能にする。

【0072】

加えて、全ての実施態様において、さらなる保護層が膜 14 上又は電極層 48 上にそれぞれ設けられ得る。この保護層は、例えば、膜 14 を機械的に保護し、及び従って、本発明に従った膜 14 の耐久性を改善することができる。保護層は好ましくは、無機又は有機層から形成される。また、これは好ましくは孔を持つか、多孔性として形成され、これにより膜 14 を通る酸素の好適な流れを可能にする。

【0073】

さらに、それぞれの層、即ち電極層 48、カバー層 50、50' 及び / 又はバリア層 52 は、ピラー 20 内又はポア 22 内に、又はチャンネル内にそれぞれ設けられ、又はお互いに独立して両方に設けられ得る。ポア 22 内に設けられる場合は、酸素流れを妨げるべきではない。

【0074】

留意すべきことは、図 3 から 5 を参照して説明された全ての実施態様は、本発明に従った装置 10 で使用され得る、ということである。

【0075】

本発明は、図面及び上記記載に基づき詳細に説明されたけれど、かかる図示及び記載は、図示又は例示するものであり、本発明を何ら制限するものではなく、本発明は開示された実施態様に限定されるべきではない、ということである。開示された実施態様の他の変形例は、図面、開示内容及び特許請求の範囲に基づき当業者により理解され実施され得るものである。特許請求の範囲において、用語「含む」は他の要素やステップを除外するものではなく、「ひとつの」は複数を除外するものではない。ある手段が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの手段の組み合わせが有利に使用されない、ということの意味するものではない。請求項のカッコ内の参照番号は特許請求の範囲を限定するように解釈されるべきではない。