



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 112013006250-9 A2



(22) Data do Depósito: 14/09/2011

(43) Data da Publicação Nacional: 09/06/2020

(54) Título: MÉTODO E DISPOSIÇÃO DE GERAÇÃO DE OXIGÊNIO E ÓXIDO NÍTRICO

(51) Int. Cl.: C01B 13/02; C01B 21/24.

(30) Prioridade Unionista: 03/03/2011 EP 11156845.7; 22/09/2010 EP 10178293.6.

(71) Depositante(es): KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V..

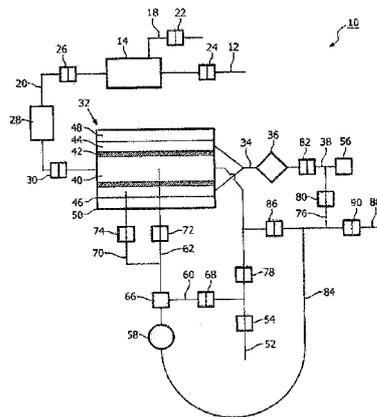
(72) Inventor(es): RAINER HILBIG; ACHIM GERHARD ROLF KOERBER; CLAUDIA HANNELORE IGNEY.

(86) Pedido PCT: PCT IB2011054018 de 14/09/2011

(87) Publicação PCT: WO 2012/038860 de 29/03/2012

(85) Data da Fase Nacional: 15/03/2013

(57) Resumo: MÉTODO E DISPOSIÇÃO DE GERAÇÃO DE OXIGÊNIO E ÓXIDO NÍTRICO A presente invenção refere-se a um método de geração de oxigênio e óxido nítrico. O método compreende as etapas de: orientação de um gás que compreende oxigênio para um lado primário de uma membrana densa (42), aquecimento da membrana (42) a uma temperatura na qual é permeável para oxigênio e criação de uma diferença de pressão entre o lado primário da membrana (42) e um lado secundário da membrana (42), em que um fluxo de oxigênio é gerado no lado secundário da membrana (42) e um fluxo de gás com oxigênio esgotado é gerado no lado primário da membrana (42). O método de acordo com a presente invenção compreende adicionalmente as etapas de: fornecimento de um fluxo de gás que compreende óxido nítrico e aquecimento do gás que compreende óxido nítrico a uma temperatura na qual é gerado óxido nítrico. Desta forma, de acordo com a presente invenção, utiliza-se o calor gerado no processo de operação da membrana. Segundo a presente invenção, é possível gerar oxigênio e óxido nítrico em um dispositivo fazendo uso de diversos efeitos sinérgicos, de forma a economizar energia.



MÉTODO E DISPOSIÇÃO DE GERAÇÃO DE OXIGÊNIO E ÓXIDO
NÍTRICO

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se ao campo de separação
5 de oxigênio. A presente invenção refere-se ainda ao campo de
geração de óxido nítrico. Particularmente, a presente
invenção refere-se à separação de oxigênio e geração de óxido
nítrico para aplicações terapêuticas, particularmente no
campo de cuidados domésticos.

10 Antecedentes da Invenção

Terapia com oxigênio é a administração de oxigênio
como modalidade terapêutica. Ela é amplamente utilizada para
uma série de propósitos em cuidados com pacientes agudos e
crônicos, pois é essencial para o metabolismo celular e, por
15 sua vez, a oxigenação de tecidos é essencial para todas as
funções fisiológicas. Dever-se-á utilizar terapia com
oxigênio para beneficiar o paciente por meio de aumento do
fornecimento de oxigênio para os pulmões e, desta forma,
aumentando a disponibilidade de oxigênio para os tecidos do
20 corpo, especialmente quando o paciente estiver sofrendo de
hipoxia e/ou hipoxemia. Pode-se utilizar terapia com oxigênio
em aplicações hospitalares ou em cuidados domésticos. A
principal aplicação em cuidados domésticos de terapia com
oxigênio destina-se a pacientes com doença pulmonar
25 obstrutiva crônica severa (COPD).

O oxigênio pode ser administrado em uma série de
formas. Uma forma preferível de administração de oxigênio é
por meio do uso da chamada geração de demanda de oxigênio.
Com referência a isso, são amplamente conhecidas soluções
30 comerciais, os chamados concentradores ou separadores de
oxigênio, respectivamente. Esses concentradores de oxigênio
separam principalmente o oxigênio de um gás que compreende
oxigênio, de tal forma que o oxigênio seja fornecido sob

demanda, ou seja, diretamente antes do uso. Os concentradores de oxigênio mais conhecidos necessitam de um compressor para comprimir o gás que compreende oxigênio. Além disso, é necessário gerar oxigênio, preferencialmente oxigênio puro. A maior parte dos concentradores de oxigênio conhecidos compreende, portanto, uma membrana orgânica para separar oxigênio do gás que compreende oxigênio.

As principais desvantagens dos concentradores de oxigênio conhecidos são altos custos e conveniência limitada com relação a ruído. Além disso, componentes indesejados do gás que compreende oxigênio, principalmente nitrogênio, são adsorvidos sobre a membrana, de forma a causar a necessidade do chamado processo de torção por meio do qual o gás adsorvido é dessorvido da membrana. Durante a etapa de dessorção, não é possível separação de oxigênio e, devido a isso, são desejadas duas membranas, o que aumenta adicionalmente os custos. Além disso, os compressores são muito barulhentos, o que gera redução da conveniência, especialmente quando o concentrador de oxigênio é utilizado por uma noite. Adicionalmente, o oxigênio gerado não é estéril e, por isso, frequentemente é desejada ou necessária uma medida adicional de desinfecção.

É conhecido por meio da US 6.623.714 B2 um método de separação de oxigênio de um gás que compreende oxigênio com o uso de uma unidade de membrana cerâmica. Segundo este método, um fluxo de alimentação é comprimido e aquecido em seguida e o fluxo aquecido e comprimido de gás que compreende oxigênio é orientado em seguida através de uma membrana cerâmica aquecida. Devido às propriedades da membrana cerâmica que está localizada na unidade de membrana, é formado um permeado de oxigênio composto de pelo menos uma parte do oxigênio contido no interior do fluxo de alimentação comprimido e, conseqüentemente, é formado um retido que

contém pelo menos uma parte dos componentes residuais do mencionado fluxo de alimentação comprimido.

Especialmente para aplicações terapêuticas que são dirigidas ao tratamento de COPD, entretanto, discute-se que
5 uma certa quantidade de óxido nítrico aumenta o efeito terapêutico. Consequentemente, além de uma disposição de geração de oxigênio, pode ser fornecida uma disposição de geração de óxido nítrico. O óxido nítrico ou um gás que o compreende pode ser orientado em seguida no fluxo de oxigênio
10 ou gás que compreende oxigênio, respectivamente.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

É objeto da presente invenção fornecer um método e disposição para gerar oxigênio e óxido nítrico que seja de fácil realização, baixo custo e/ou que seja vantajoso com
15 relação à manutenção e ruído.

Estes objetos são atingidos por meio de um método de geração de um gás que compreende oxigênio e óxido nítrico, em que o mencionado método compreende as etapas de: orientação de um gás que compreende oxigênio para um lado
20 primário de uma membrana densa, em que a membrana densa é permeável para oxigênio mas impermeável para outros gases, aquecimento da membrana a uma temperatura na qual é permeável para oxigênio, criando uma diferença de pressão entre o lado primário da membrana e um lado secundário da membrana, em que
25 um fluxo de oxigênio é gerado no lado secundário da membrana e um fluxo de gás com oxigênio esgotado é gerado no lado primário da membrana e o mencionado método compreende adicionalmente as etapas de fornecimento de um fluxo de gás que compreende óxido nítrico e aquecimento do gás que
30 compreende óxido nítrico a uma temperatura na qual é gerado óxido nítrico, de forma a utilizar o calor gerado no processo de operação da membrana.

A expressão membrana densa, da forma utilizada no

presente, deverá designar uma membrana que é permeável para oxigênio, mas impermeável para outros gases, especialmente para nitrogênio. Conseqüentemente, uma membrana densa é apropriada para separação de oxigênio de um gás que
5 compreende oxigênio, de forma a gerar oxigênio puro ou essencialmente puro. Além disso, a expressão gás que compreende oxigênio, da forma utilizada no presente, deverá designar qualquer gás que compreenda ao menos parcialmente oxigênio, enquanto a expressão gás que compreende óxido
10 nitroso, da forma utilizada no presente, deverá designar qualquer gás que compreenda ao menos parcialmente óxido nitroso. Além disso, a expressão lado primário da membrana, da forma utilizada no presente, deverá designar o lado da membrana que é dirigido na direção em que o gás que
15 compreende oxigênio é orientado para a membrana, enquanto a expressão lado secundário da membrana, da forma utilizada no presente, deverá designar o lado da membrana que é dirigido para o lado oposto, ou seja, para o lado no qual o oxigênio puro gerado está presente.

20 Adicionalmente, a etapa de aquecimento do gás que compreende óxido nitroso a uma temperatura na qual é gerado óxido nítrico, de forma a utilizar o calor gerado no processo de operação da membrana, deverá indicar que o calor sendo gerado a fim de aquecer a membrana à sua temperatura de
25 operação é utilizado para aquecer o gás que compreende óxido nitroso. Detalhadamente, caso a membrana seja aquecida por um dispositivo de aquecimento, o dispositivo de aquecimento pode ser utilizado para aquecer o gás que compreende óxido nitroso ou pode ser utilizada a própria membrana aquecida. Caso a
30 membrana seja aquecida indiretamente por meio de aquecimento do gás que compreende oxigênio e colocação do gás que compreende oxigênio em contato com a membrana, o gás quente pode ser utilizado para aquecer o gás que compreende óxido

nitroso. O efeito de aquecimento pode, com isso, ser realizado diretamente, colocando em contato, por exemplo, o gás que compreende óxido nítrico com o gás quente ou com as proximidades da membrana, ou indiretamente, utilizando um trocador de calor.

Segundo a presente invenção, a geração de oxigênio puro é combinada desta forma com a geração de óxido nítrico em um dispositivo e essencialmente em uma etapa. Isso gera o fornecimento de efeitos sinérgicos muito benéficos.

10 Detalhadamente, a reação para gerar óxido nítrico é baseada em óxido nitroso como material de partida. Neste caso, a reação necessita de energia, especialmente na forma de temperaturas elevadas, às quais é aquecido o óxido nitroso ou o gás que compreende óxido nitroso, respectivamente. Esta

15 energia ou essas temperaturas elevadas, respectivamente, estão presentes devido ao fato de que a membrana densa requer temperaturas elevadas a fim de separar oxigênio do gás que compreende oxigênio ou seus componentes remanescentes, respectivamente, especialmente no caso de uso de uma membrana

20 inorgânica. Conseqüentemente, utilizando calor gerado no processo de operação da membrana, o gás que compreende óxido nitroso também é aquecido. Desta forma, um dispositivo de aquecimento para aquecer o gás que compreende óxido nitroso pode ser omitido, o que permite que o método de acordo com a

25 presente invenção seja realizado com redução considerável de energia.

Além disso, particularmente utilizando uma membrana inorgânica densa, oxigênio pode ser fornecido com alta pureza, que pode ser de mais de 99% e até 100%, dependendo da

30 membrana utilizada e das condições de reação ajustadas. A fim de aquecer a membrana e, portanto, de permitir que a membrana seja permeável para oxigênio em quantidade apropriada, pode ser fornecido um dispositivo de aquecimento. Prefere-se,

entretanto, aquecer a membrana aquecendo-se apenas o gás que compreende oxigênio a uma quantidade apropriada. Consequentemente, a membrana pode ser aquecida diretamente, tal como por meio de um dispositivo de aquecimento, ou
5 indiretamente, tal como por meio de um fluxo de gás aquecido.

Adicionalmente e com relação à geração de óxido nítrico, segundo a presente invenção, o método começa com óxido nitroso como precursor. O uso desse precursor é muito benéfico. Em primeiro lugar, é barato chegar ao método de
10 acordo com a presente invenção que é conduzido com baixos custos. Além disso, óxido nitroso é um gás inerte. Isso gera a possibilidade de sua armazenagem segura por tempo substancialmente ilimitado, tal como em um cilindro de gás ou similar. Durante o tempo de armazenagem, não há risco de
15 formação de subprodutos indesejados e, especialmente, não há risco da formação de óxidos de nitrogênio tóxicos. Além disso, óxido nitroso como tal é não tóxico em uma ampla faixa de concentrações. Isso oferece o benefício de que o método de acordo com a presente invenção pode ser conduzido *in situ*,
20 mesmo com relação a aplicações terapêuticas. Caso algum ou mesmo uma quantidade expressiva de óxido nitroso permaneça sem reagir no gás que compreende óxido nitroso, não surgirá nenhum risco à saúde por meio da administração do gás que compreende óxido nítrico formado diretamente a um paciente,
25 pois a concentração de óxido nitroso utilizada estará em uma concentração limitada à medida que o óxido nitroso é misturado com o fluxo de gás que é gerado na câmara de membrana correspondente.

Além disso, nenhum outro radical além de óxido
30 nítrico e dióxido de nitrogênio pode ser formado durante o método de acordo com a presente invenção. Isso gera a condução da reação de forma bem definida e com produtos bem definidos. Não surgirá quase nenhuma reação lateral

indesejada, deteriorando o gás gerado.

Adicionalmente, é necessário observar que, de acordo com a presente invenção, a concentração de dióxido de nitrogênio no gás que compreende óxido nítrico encontra-se sempre abaixo do limite de segurança durante cada estágio do processo. Não há, portanto, nenhum risco à saúde, mesmo com a aplicação do método de acordo com a presente invenção *in situ* com relação a aplicações terapêuticas. O efeito deve-se principalmente ao fato de que o gás gerado que compreende óxido nítrico será aquecido a uma temperatura na faixa em que a membrana densa está trabalhando. Nessas temperaturas, entretanto, a formação de dióxido de nitrogênio é inibida termodinamicamente. Detalhadamente, particularmente sob temperaturas acima de 600 K, inibe-se a formação de dióxido de nitrogênio.

Além disso, devido ao fato de que a concentração de saída de óxido nítrico é uma certa fração da concentração inicial de óxido nitroso, o gás que compreende óxido nítrico obtido oferece concentração bem definida de óxido nítrico. Esta concentração pode ser ainda muito bem ajustada por meio de variação dos parâmetros do processo. A mencionada concentração de óxido nítrico pode ser muito bem adaptada, portanto, a uma série de aplicações desejadas, mesmo utilizando baixa concentração inicial de óxido nitroso. Particularmente, a concentração obtida cobre a faixa de aplicações terapêuticas ou aplicações médicas, respectivamente.

A etapa de aquecimento do gás que compreende óxido nitroso a uma temperatura que é suficientemente alta para permitir uma reação de óxido nitroso para formar óxido nítrico permite a conversão de óxido nitroso em óxido nítrico sem o uso de catalisador. Isso é especialmente vantajoso, pois um catalisador catalisa, mais provavelmente, reações

laterais indesejadas. Particularmente, a formação de nitrogênio e oxigênio será ativada por um catalisador.

Em uma realização preferida da presente invenção, o fluxo de gás que compreende óxido nitroso é orientado em um
5 dentre o fluxo de oxigênio e o fluxo de gás com oxigênio esgotado. Esta realização permite a mistura direta do fluxo de gás que compreende óxido nitroso com o fluxo de oxigênio ou gás com oxigênio esgotado que permite uma ampla variedade de aplicações. Além disso, especialmente caso esses fluxos de
10 gás sejam aquecidos a fim de aquecer a membrana, a etapa de aquecimento do gás que compreende óxido nitroso é especialmente eficaz. O gás que compreende óxido nitroso pode ser orientado e misturado desta forma com o fluxo de gás correspondente diretamente após o processo de geração, ou
15 seja, quando o fluxo de gás for esgotado com relação a oxigênio no lado primário da membrana ou quando o fluxo de oxigênio for gerado no lado secundário da membrana. O fluxo de gás que compreende óxido nitroso pode ser orientado, por exemplo, para uma câmara de membrana primária que está
20 localizada no lado primário da membrana ou para uma câmara de membrana secundária que está localizada no lado secundário da membrana.

Com relação ao lado primário da membrana ou à câmara de membrana primária, respectivamente, o gás que
25 compreende óxido nitroso é orientado para o lado da membrana que é dirigido para a fonte de gás que compreende oxigênio. Esta realização permite a formação de um gás que compreende óxido nítrico em uma atmosfera na qual o componente principal é nitrogênio, devido ao fato de que essa atmosfera é esgotada
30 com relação a oxigênio. Isso reduz consideravelmente o risco de formação de dióxido de nitrogênio em atmosfera quente, bem como fria. De fato, a formação de dióxido de nitrogênio é substancialmente inibida. Consequentemente, o gás que

compreende óxido nítrico gerado pode ser armazenado, por exemplo, em um reservatório de gás, a fim de utilizá-lo em um momento diferente. Alternativamente, o gás que compreende óxido nítrico pode ser utilizado diretamente. É possível, portanto, orientá-lo no fluxo de oxigênio gerado. Isso permite a geração de um gás que compreende oxigênio e ácido nítrico em diversas concentrações. Conseqüentemente, existe alta flexibilidade com relação ao uso do gás que compreende óxido nítrico gerado.

10 Além disso, o gás que compreende óxido nitroso pode ser orientado para um fluxo de gás que é esgotado com relação a oxigênio abaixo no fluxo da unidade de membrana. Esta realização permite orientar o gás que compreende óxido nitroso para uma pequena quantidade do fluxo de gás que é gerado no lado primário da membrana. Pode-se excluir estritamente, portanto, a presença de oxigênio no fluxo de gás. Além disso, devido às altas temperaturas na unidade de membrana, a temperatura do fluxo de gás ainda é suficientemente alta para permitir a formação de óxido nítrico. Além disso, como é utilizada apenas uma quantidade limitada de fluxo de gás, menos óxido nitroso é necessário para atingir a quantidade desejada de óxido nítrico naquele fluxo de gás. Devido à geração de um volume consideravelmente maior de gás que é esgotado com relação a oxigênio com relação a oxigênio puro, na maior parte dos casos será suficiente uma quantidade limitada de fluxo de gás esgotado para obter uma concentração de óxido nítrico desejada em uma aplicação combinada de gás que compreende óxido nítrico e oxigênio.

30 Com relação à orientação do fluxo de gás que compreende óxido nitroso para o lado secundário da membrana, tal como para a câmara de membrana secundária, o gás que compreende óxido nitroso é orientado para o lado da membrana

que é dirigido para o lado oposto à fonte de gás que compreende oxigênio. Esta realização permite a formação direta de uma mistura de gás que compreende oxigênio e óxido nítrico. Conseqüentemente, o gás gerado pode compreender uma
5 mistura que pode ser administrada diretamente a um paciente sem etapas de mistura adicionais e a administração a um paciente é possível, portanto, por meio da sua orientação direta a um dispositivo de administração tal como uma máscara. Devido ao fato de que a formação de dióxido de
10 nitrogênio somente é inibida a temperaturas elevadas, especialmente sob temperaturas ≥ 600 K, a mistura de gases formada deverá ser resfriada à temperatura ambiente, por exemplo, pouco antes da sua administração ao paciente ou antes da sua orientação para um dispositivo de administração,
15 respectivamente, a fim de evitar ou reduzir ao menos consideravelmente a formação de dióxido de nitrogênio.

Além disso, pode-se preferir ramificar uma parte definida do gás que compreende oxigênio antes que ele atinja a unidade de membrana e oriente o gás que compreende óxido
20 nitroso para este fluxo de gás. Neste caso, o gás que compreende oxigênio pode ser aquecido antes da sua mistura com o gás que compreende óxido nitroso ou a mistura dos fluxos de gás correspondentes pode ser aquecida por meio de um trocador de calor, por exemplo, em que este último é
25 dirigido pelo calor sendo gerado no processo de operação da membrana. Neste caso, pode ser gerado um gás que compreende óxido nítrico independentemente dos fluxos de gás adicionais, particularmente a partir do fluxo de oxigênio e do fluxo de gás com oxigênio esgotado.

30 Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o gás que compreende oxigênio é comprimido a fim de criar uma diferença de pressão entre o lado primário e o lado secundário da membrana. Esta é uma realização de preferência

especial devido ao fato de que, ao comprimir-se o gás que compreende oxigênio, por um lado, este último já está aquecido devido a razões físicas. Além disso, esta é uma forma especialmente fácil de criação de uma diferença de pressão estável e bem definida entre o lado primário e o secundário da membrana.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o gás que compreende oxigênio é comprimido por uma bomba de plasma. Esta realização de acordo com a presente invenção permite a realização de um dispositivo de compressão do gás que compreende oxigênio e um dispositivo de aquecimento da unidade de membrana em um único dispositivo. Utilizando uma bomba de plasma, a presente invenção utiliza a descoberta de que uma combinação de aquecimento e compressão de um gás que compreende oxigênio em uma bomba de plasma especialmente em conjunto com a separação do oxigênio por uma membrana inorgânica gera efeitos sinérgicos surpreendentes e muito benéficos. Detalhadamente, o gás que compreende oxigênio é comprimido e aquecido em uma etapa. Isso gera a vantagem de que um dispositivo adicional de aquecimento do gás comprimido ou da membrana como tal não é necessário. Por outro lado, o gás que deixa a bomba de plasma possui temperatura suficientemente alta para aquecer a membrana, de forma a permitir fluxo de oxigênio suficientemente alto através da mencionada membrana. Desta forma, o efeito geralmente indesejado de que, ao comprimir-se um gás com uma bomba de plasma, o gás que compreende oxigênio comprimido possui temperatura elevada, é muito bem aplicável em combinação com uma membrana inorgânica.

Além disso, a bomba de plasma trabalha com uma redução de ruído, gerando aumento considerável da conveniência, especialmente em aplicações de cuidados domésticos. A conveniência é ainda mais aprimorada pelo fato

de que, por meio do fornecimento de uma bomba de plasma para aquecimento e compressão do gás que compreende oxigênio, o dispositivo utilizado possui tamanho e peso reduzidos, o que é particularmente vantajoso para aplicações de cuidados
5 domésticos.

Além disso, utilizando uma disposição com uma bomba de plasma e uma membrana inorgânica, oxigênio é separado com custos mais baixos devido ao fato de que a disposição como tal pode ser projetada muito mais barato e, adicionalmente, a
10 eficiência de energia é aprimorada em comparação com os métodos conhecidos no estado da técnica.

Uma vantagem adicional do método de acordo com esta realização da presente invenção é a geração de oxigênio estéril. Não são necessárias etapas adicionais de desinfecção ou esterilização. Segundo a presente invenção, é fornecida
15 uma geração sob demanda de oxigênio estéril.

Utilizando uma bomba de plasma no lugar de um compressor conhecido no estado da técnica, pode ser atingido aumento com relação ao preço de custo, serviço e ruído.

20 Alternativamente, pode-se preferir que a membrana seja aquecida por um dispositivo de aquecimento. A presente realização permite o aquecimento direto da membrana, o que permite adaptar o método de acordo com a presente invenção a sistemas de membrana conhecidos na técnica.

25 Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o gás que compreende oxigênio é comprimido até uma faixa de $\geq 2,5$ bars. Comprimindo-se o gás que compreende oxigênio a essa quantidade, o oxigênio gerado surgirá com uma pressão de oxigênio acima da pressão atmosférica sobre o lado
30 secundário. Esta pressão pode ser suficiente para obter fluxo de oxigênio suficientemente alto através da membrana, fornecendo um fluxo adequado de oxigênio puro gerado. Com referência a isso, é particularmente vantajoso se o gás que

compreende oxigênio for comprimido até uma faixa de 5 bars. Conseqüentemente, esta realização permite particularmente o trabalho sem uma bomba adicional sobre o lado secundário. Por outro lado, o oxigênio gerado pode ser orientado para a aplicação desejada diretamente após o uso, unicamente pela
5 força da etapa de compressão do gás que compreende oxigênio.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o gás que compreende óxido nitroso é formado por meio da mistura de óxido nitroso com pelo menos uma parte do
10 gás com oxigênio esgotado. A presente realização forma, portanto, o gás que compreende óxido nitroso com base em um gás veículo que compreende principalmente nitrogênio. Conseqüentemente, é formada uma mistura de gases que compreende principalmente nitrogênio e óxido nitroso. Esta é
15 uma mistura muito estável que é bem apropriada para a geração de óxido nítrico. Além disso, a concentração desejada de óxido nitroso pode ser ajustada de forma fácil. Adicionalmente, nenhuma fonte adicional de geração do gás que compreende óxido nitroso é necessária, mas o gás que é
20 esgotado com relação a oxigênio e que é gerado em qualquer caso é reciclado. Conseqüentemente, o método de acordo com a presente realização possui custos especialmente baixos e, adicionalmente, economiza recursos. Além disso, o gás que compreende óxido nitroso é gerado utilizando um gás que já
25 exhibe temperaturas elevadas. Conseqüentemente, não é necessário aquecer muito o gás que compreende óxido nitroso. O método de acordo com a presente realização apresenta especialmente, portanto, economia de energia. Além disso, a reação pode começar, por exemplo, de forma essencialmente
30 direta depois que o gás que compreende óxido nitroso atingir o fluxo de gás correspondente, o que resulta em tempos de reação consideravelmente reduzidos.

Em uma realização preferida adicional da presente

invenção, óxido nítrico é gerado com base em um gás no qual óxido nitroso está presente em concentração na faixa de $\leq 2\%$ em volume. Em caso de mistura do gás que compreende óxido nitroso com um dentre o gás que compreende oxigênio, o gás com oxigênio esgotado ou o oxigênio, este deverá particularmente indicar a concentração de óxido nitroso no fluxo de gás após a mistura do gás que compreende óxido nitroso com o fluxo de gás adicional correspondente. Segundo a presente realização, podem ser atingidas diversas vantagens. Por um lado, a concentração do gás gerado gerará uma concentração de óxido nítrico que é ajustada para que esteja em uma faixa apropriada para diversas aplicações. A concentração estará, por exemplo, na faixa que é necessária para aplicações terapêuticas, tal como comrelação a lidar com COPD. Por outro lado, utilizando uma concentração de óxido nitroso como a descrita acima, mesmo se algum ou mesmo uma quantidade importante de óxido nitroso permanecer sem reagir, não surgirá nenhum risco à saúde por meio da administração do gás gerado diretamente a um paciente, pois a concentração de óxido nitroso será baixa demais para apresentar risco à segurança. Além disso, devido à baixa concentração de óxido nitroso e, conseqüentemente, devido à baixa concentração de óxido nítrico gerado, o risco de formação de óxidos de nitrogênio em estados de oxidação mais altos é adicionalmente reduzido. Isso se deve ao fato de que a formação de dióxido de nitrogênio, por exemplo, é fortemente dependente das concentrações dos materiais de partida, ou seja, óxido nítrico, por exemplo.

Prefere-se, entretanto, adaptar a concentração dependente da mistura do fluxo de gás correspondente e do gás que compreende óxido nitroso. Caso o gás que compreende óxido nitroso seja orientado para o gás com oxigênio esgotado no lado primário da membrana, pode ser utilizada uma

concentração um tanto alta de óxido nitroso. Detalhadamente, pode ser utilizada uma concentração de óxido nitroso de até 2% em volume, tal como na faixa de $\geq 0,2\%$ em volume a $\leq 2\%$ em volume.

5 Caso o gás que compreende óxido nitroso seja orientado para o fluxo de oxigênio no lado secundário da membrana, pode ser utilizada uma concentração um tanto baixa de óxido nitroso. Detalhadamente, pode ser apropriada uma concentração de óxido nitroso de $\leq 0,1\%$ em volume. Devido ao
10 fato de que a formação de dióxido de nitrogênio é dependente da concentração de óxido nítrico, quando o gás gerado é resfriado, o risco de geração de altas quantidades de dióxido de nitrogênio aumentará com o uso de concentrações de óxido nitroso mais altas, o que resulta em concentrações de óxido
15 nítrico mais altas.

Caso o gás que compreende óxido nitroso seja orientado para um fluxo de gás que compreende oxigênio, a concentração pode também ser de $\leq 2\%$ em volume, a fim de inibir em muito a formação de dióxido de nitrogênio.

20 Deve-se observar, entretanto, que as concentrações acima são principalmente definidas a fim de inibir ou reduzir a formação de gases tóxicos. Consequentemente, as concentrações definidas são principalmente preferidas caso o fluxo de gás gerado seja utilizado no campo de aplicações
25 terapêuticas. Caso uma quantidade mais alta de dióxido de nitrogênio no gás que compreende óxido nítrico não seja prejudicial, a concentração de óxido nitroso pode ser mais alta.

30 Geralmente, com relação ao fluxo de gás que compreende óxido nitroso que é orientado para o lado primário ou secundário da membrana, prefere-se utilizar apenas uma quantidade menor de gás veículo, mas ter alta concentração de óxido nitroso. Pode-se preferir o uso de óxido nitroso puro.

Fica claro para os técnicos no assunto que se indica a concentração média no fluxo de gás correspondente, por exemplo, pois a concentração pode variar. A concentração em uma entrada, em que o gás que compreende óxido nitroso é inserido no fluxo de gás, pode ser mais alta.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, ar é utilizado como gás que compreende oxigênio. Isso é especialmente preferível em aplicações de cuidados domésticos, pois nenhum gás que compreende oxigênio especial necessita ser armazenado. Por outro lado, o ar em volta de uma disposição de realização do método de acordo com a presente invenção pode ser utilizado como gás que compreende oxigênio. Conseqüentemente, o peso bem como as dimensões de uma disposição que é utilizada para conduzir a presente invenção podem ser reduzidos. Isso permite forte aprimoramento com respeito à conveniência.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o gás que compreende oxigênio é aquecido a uma temperatura na faixa de ≥ 1000 K e ≤ 1300 K. Ao fornecer um gás que compreende oxigênio adequadamente aquecido, a membrana é aquecida a uma temperatura suficientemente alta para fornecer propriedades de permeabilidade adequadas para oxigênio. Além disso, a membrana exibe uma temperatura que é suficientemente alta para garantir que sejam formadas condições adequadas com respeito a uma reação de óxido nitroso para formar óxido nítrico. Além disso, o gás que compreende óxido nitroso ou o gás que compreende óxido nítrico, respectivamente, é aquecido em uma quantidade na qual a geração de dióxido de nitrogênio é obstruída termodinamicamente. Conseqüentemente, um método de acordo com a presente realização atinge uma vantagem adicional com relação à segurança.

Em uma realização preferida adicional da presente

invenção, o oxigênio gerado é resfriado após a separação. Isso permite administração direta de oxigênio ao paciente. O procedimento de resfriamento pode, desta forma, ser adaptado ao uso específico. Em algumas aplicações, é desejável se o oxigênio for resfriado à temperatura ambiente, enquanto algumas aplicações são mais eficazes ao utilizar-se oxigênio sob temperaturas que são elevadas com relação à temperatura ambiente. Especialmente caso o óxido nítrico seja gerado no fluxo de oxigênio, o oxigênio gerado, em conjunto com o óxido nítrico, deverá ser resfriado pouco antes da etapa de administração.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o tempo de reação do gás que compreende óxido nitroso repousa na faixa de ≥ 10 ms a ≤ 100 s, particularmente na faixa de $\geq 0,1$ s a ≤ 30 s. Esses tempos de reação podem gerar conversão adequada em condições de reação um tanto suaves. Além disso, os tempos de reação são suficientemente curtos para gerar uma quantidade suficientemente alta de gás que compreende óxido nítrico em escala de tempo que pode ser apropriada, mesmo para geração *in situ* de óxido nítrico, particularmente para aplicações terapêuticas. O tempo de reação do gás que compreende óxido nitroso deverá, portanto, indicar particularmente o tempo médio em que o gás que compreende óxido nitroso está presente em regiões quentes, especialmente com $T > 1000$ K. O tempo de reação pode ser definido, por exemplo, como o tempo durante o qual o gás que compreende óxido nitroso está presente na câmara de membrana correspondente.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, são utilizadas as velocidades de fluxo de SATP de acordo com a presente invenção do gás que compreende óxido nitroso de $\geq 0,01$ l_{SATP}/min a ≤ 10 l_{SATP}/min . São particularmente utilizadas velocidades de fluxo de 0,4

l_{SATP}/min , em que " l_{SATP} " indica a quantidade de gás em volume de um litro sob pressão (1 bar) e temperatura (25 °C; 298,15 K) ambiente padrão. Isso gera gás que compreende óxido nitroso que possui tempo de reação suficientemente longo mesmo se, por exemplo, a unidade de membrana for projetada em dimensões muito pequenas. O tempo de reação pode ser definido como $t = (V_r \cdot p_r \cdot 298,15 \text{ K}) / (q^\circ \cdot 1 \text{ bar} \cdot T_r)$, em que V_r indica o volume da câmara correspondente, por exemplo, na unidade de membrana à temperatura de reação, p_r indica a pressão de reação, T_r indica a temperatura de reação e q° indica a velocidade de fluxo de SATP. Além disso, essas velocidades de fluxo são muito bem apropriadas para geração *in situ* de óxido nítrico e para administrar o gás formado diretamente sem a necessidade de sua armazenagem (prévia).

A presente invenção refere-se ainda a uma disposição de geração de gás que compreende oxigênio e óxido nítrico, em que a disposição compreende uma fonte de gás que compreende oxigênio, uma membrana densa que possui um lado primário e um lado secundário, em que a membrana densa é permeável para oxigênio mas impermeável para outros gases, um dispositivo de criação de diferença de pressão entre o lado primário e o lado secundário da membrana e um dispositivo de aquecimento da membrana, em que a disposição compreende adicionalmente uma fonte de gás que compreende óxido nitroso e um dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso que sai da fonte de gás que compreende óxido nitroso a uma temperatura na qual óxido nítrico é gerado, utilizando calor gerado no processo de operação da membrana. Esta disposição é projetada para realizar o método de acordo com a presente invenção. Conseqüentemente, a disposição exhibe as vantagens descritas com relação ao método de acordo com a presente invenção.

Segundo a presente invenção, a disposição

compreende uma fonte de gás que compreende oxigênio e uma fonte de gás que compreende óxido nitroso. Essas fontes de gás podem ser quaisquer fontes de gás que são configuradas para fornecer um gás que compreende oxigênio e um gás que
5 compreende óxido nitroso, respectivamente. As fontes de gás podem ser dispositivos de armazenagem de gás, tais como cilindros de gás, ou dispositivos de geração do gás correspondente *in situ*. Além disso, a fonte de gás que compreende oxigênio pode ser o ar em volta da disposição de
10 acordo com a presente invenção.

O dispositivo de criação de diferença de pressão entre o lado primário e o secundário da membrana pode ser, por exemplo, uma bomba a vácuo que é disposta no lado secundário da membrana. Além disso, o dispositivo pode ser um
15 compressor, uma bomba ou similar, que é projetada para comprimir o gás que compreende oxigênio no lado primário da membrana.

Adicionalmente, o dispositivo de aquecimento da membrana pode ser um elemento de aquecimento.
20 Consequentemente, podem ser fornecidos dispositivos separados, um que é projetado para aquecer a membrana e um que é projetado para criar uma diferença de pressão. É ainda possível, entretanto, incluir um dispositivo de compressão, por exemplo, bem como um dispositivo de aquecimento em um
25 único dispositivo, em que o gás pode ser aquecido e comprimido em uma etapa. Devido ao fato de que o gás aquecido será orientado para a membrana, esta última é aquecida por meio do gás aquecido. Além disso, o dispositivo de compressão do gás que compreende oxigênio e o dispositivo de aquecimento
30 da membrana podem ser realizados em um único dispositivo.

Uma membrana densa de acordo com a presente invenção deverá indicar, portanto, uma membrana que é permeável com relação a oxigênio, mas é estrita ou ao menos

substancialmente impermeável para outros gases, especialmente para nitrogênio.

O dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso que sai da fonte de gás que compreende óxido nitroso a uma temperatura, na qual é gerado óxido nítrico, utilizando o calor gerado no processo de operação da membrana pode ser configurado de qualquer forma desejada. Dever-se-ia, entretanto, utilizar o calor que é necessário para aquecer a membrana à sua temperatura de operação ou o próprio calor da membrana a fim de aquecer o gás que compreende óxido nitroso, de tal forma que nenhum dispositivo de aquecimento adicional seja necessário para aquecer o gás que compreende óxido nitroso.

Em uma realização preferida da presente invenção, o dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso compreende um condutor que é disposto para orientar o gás que compreende óxido nitroso para o lado primário da membrana ou para o lado secundário da membrana. Este condutor pode ser qualquer condutor ou conexão, respectivamente, através da qual o gás que compreende óxido nitroso pode ser orientado seletivamente, por exemplo, para o fluxo de gás correspondente. Ele pode ser orientado, por exemplo, para uma câmara de membrana primária e/ou secundária. O condutor pode ser formado, portanto, na forma de cano que é conectado a uma fonte de gás que compreende óxido nitroso que passa através de uma parede da unidade de membrana e segue, preferencialmente para as proximidades da membrana, até o seu local primário ou secundário, na câmara de membrana correspondente. Além disso, o condutor pode ser disposto para orientar o gás que compreende óxido nitroso para o fluxo de gás que é gerado na câmara de membrana primária mas abaixo no fluxo desta última, ou para um fluxo de gás que compreende oxigênio que é

ramificado do fluxo principal de gás que compreende oxigênio acima no fluxo da unidade de membrana.

Em uma realização preferida adicional da presente invenção, o dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso compreende um trocador de calor. Isso permite o aquecimento do gás que compreende óxido nitroso sem contato direto do gás que compreende óxido nitroso ou do gás que compreende óxido nítrico, respectivamente, com um fluxo de gás adicional.

10 BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

Estes e outros aspectos da presente invenção serão evidentes e elucidados com referência às realizações descritas a seguir.

Nos desenhos:

15 - a Fig. 1 exhibe uma vista em seção cruzada esquemática de uma disposição de acordo com a presente invenção; e

- a Fig. 2 exhibe uma vista em seção cruzada esquemática de uma unidade de membrana para uso em uma disposição de acordo com uma realização da presente invenção.

20 DESCRIÇÃO DETALHADA DE REALIZAÇÕES

Na Figura 1, é exibida esquematicamente uma realização preferida de uma disposição 10 de geração de oxigênio e óxido nítrico. A disposição 10 é muito bem apropriada para aplicações terapêuticas, especialmente no campo de tratamento de COPD, tal como em aplicações de cuidados domésticos. A disposição 10 bem como o método de acordo com a presente invenção, entretanto, não se limitam a aplicações terapêuticas.

30 A disposição 10 compreende uma entrada de gás 12 para orientar gás que compreende oxigênio para a disposição 10. A fim de comprimir o gás que compreende oxigênio, pode ser fornecido um dispositivo de compressão. Além disso, pode

ser fornecido um dispositivo de aquecimento do gás que compreende oxigênio, em que os dois dispositivos podem ser combinados em um único dispositivo. O dispositivo isolado pode ser uma bomba de plasma 14. A presente invenção é descrita a seguir de forma não limitadora com relação a uma bomba de plasma 14. É necessário observar, entretanto, que a descrição a seguir da disposição 10 é possível com qual(is)quer dispositivo(s) que é(são) projetado(s) para comprimir e, preferencialmente, aquecer o gás que compreende oxigênio.

Uma bomba de plasma 14 é conhecida dos técnicos no assunto e discutida apenas resumidamente no presente. A bomba de plasma 14 pode compreender uma câmara de descarga na qual é formada uma descarga de gás e, desta forma, é gerado um plasma, utilizando, por exemplo, corrente alternada. A câmara de descarga pode compreender adicionalmente uma entrada de gás, que pode ser conectada à entrada de gás 12 ou pode ser parte desta última. Além disso, a bomba de plasma 14 pode compreender uma primeira saída de gás 18 e uma segunda saída de gás, em que esta última é conectada a um condutor 20. A primeira saída de gás 18 pode compreender adicionalmente um dispositivo de exaustão 22 que pode ser projetado na forma de uma válvula simples de duas vias. Ela é conectada, por um lado, à câmara de descarga e, por outro lado, à atmosfera ou a um reservatório de gás de exaustão. A câmara de descarga é adicionalmente conectada à segunda saída de gás. Geralmente, uma válvula de acordo com a presente invenção pode ser qualquer dispositivo que possa permitir, inibir e/ou regular o fluxo de um fluxo de gás. Para controlar o fluxo de gás através da entrada de gás e da segunda saída de gás, uma válvula de entrada 24 é conectada à entrada de gás e uma válvula de saída 26 é conectada à segunda saída de gás. Pode-se utilizar como válvula de entrada 24 e válvula de saída,

por exemplo, válvulas sem retorno ou válvulas de duas vias. São preferidas válvulas sem retorno porque elas não necessitam de controle. Adaptando-se a operação da válvula de entrada 24 e da válvula de saída 26 a uma descarga de gás modulada por energia, pode-se gerar um fluxo de gás com
5 direção específica.

Geralmente é suficiente uma entrada de energia um tanto pequena para a bomba de plasma 14. Em detalhes, entrada de energia de 100 W a 350 W pode ser suficiente, dependendo
10 da temperatura e das condições da membrana. Esta faixa de entrada de energia é muito apropriada para aplicações em cuidados domésticos.

Gerando-se plasma na câmara de descarga conforme descrito acima, é gerado um gás que compreende oxigênio aquecido e pressurizado. Conseqüentemente, a bomba de plasma
15 pode funcionar como bomba de gás, permitindo a geração de fluxo direto e contínuo de gás que compreende oxigênio.

Para sustentar adicionalmente um fluxo contínuo, é preferível fornecer um reservatório de gás 28 abaixo no fluxo da válvula de saída 26. Ao pressionar o gás que compreende oxigênio da câmara de descarga para o reservatório de gás 28, pode ser gerada pressão excessiva no interior do reservatório 28, preferencialmente aumentando-se a resistência de fluxo abaixo no fluxo do reservatório de gás 28 fornecendo uma
20 válvula de reservatório 30 ou, alternativamente, um orifício. Pressão excessiva constante ou quase constante pode ser utilizada para gerar um fluxo contínuo ou quase contínuo do gás que compreende oxigênio no condutor 20.

A seguir, o gás que compreende oxigênio comprimido e aquecido pode entrar através do condutor 20 em uma unidade de membrana 32 para separar oxigênio do gás que compreende oxigênio, ou seja, para gerar oxigênio. Abaixo no fluxo da unidade de membrana 32, um condutor 34 pode orientar o
30

oxigênio puro gerado para um resfriador 36 abaixo no fluxo do qual é fornecida uma saída 38 para administração do oxigênio. O resfriamento do resfriador 36 pode ser realizado por meio de um fluxo de ar forçado utilizando o ar circunvizinho, empregando, por exemplo, um ventilador ou similar. O modo de trabalho com relação à separação de oxigênio da disposição 10 é descrito com mais detalhes abaixo.

Abaixo no fluxo da bomba de plasma 14 ou do reservatório 28, respectivamente, o gás que compreende oxigênio é orientado para a unidade de membrana 32. Acima no fluxo da unidade de membrana 32, pode ser fornecida uma válvula que pode ser a válvula de reservatório 30 ou uma válvula adicional. Essa válvula pode fechar o condutor 20 quando a pressão do gás que compreende oxigênio for insuficiente. Por outro lado, a válvula pode abrir o condutor 20 ao atingir-se pressão suficientemente alta. Pode-se proporcionar, portanto, que, sob pressão $\geq 2,5$ bars, particularmente a 5 bars, a válvula se abre, de forma a orientar o gás que compreende oxigênio para a unidade de membrana 32.

A Figura 2 exibe uma vista em seção cruzada de uma realização preferida da unidade de membrana 32. A unidade de membrana 32 pode possuir qualquer configuração. Formato tubular da unidade de membrana 32, entretanto, é especialmente vantajoso. No seu lado interno, a unidade de membrana 32 pode compreender um condutor interno ou uma câmara de membrana primária 40, respectivamente, que se encontra em conexão fluida com o condutor 20 e permite que o gás que compreende oxigênio entre na unidade de membrana 32. A câmara de membrana primária 40 é limitada no seu lado externo por uma membrana densa 42, tal como uma membrana inorgânica, em que a membrana 42 possui um lado primário e um secundário. O lado primário é dirigido à câmara de membrana

primária 40 e, desta forma, à bomba de plasma 14, enquanto o lado secundário é dirigido a um condutor externo ou uma câmara de membrana secundária 44, respectivamente. A câmara de membrana secundária 44 é limitada no seu lado interno pela membrana 42 e, no seu lado externo, por um abrigo interno 46. Consequentemente, a unidade de membrana 32 possui preferencialmente uma câmara de membrana primária 40 que está localizada em um lado primário da membrana densa 42 e uma câmara de membrana secundária 44 que está localizada em um lado secundário da membrana densa 42, em que a câmara de membrana primária 40 e a câmara de membrana secundária 44 são ao menos parcialmente divididas pela membrana densa 42. O abrigo interno 46 pode ser um tubo feito de um material que é resistente a temperaturas mais altas, tal como vidro de quartzo ou óxido de alumínio cerâmico. O objetivo da câmara de membrana secundária 44 é a condução do oxigênio separado da unidade de membrana 32 e, portanto, encontra-se em conexão fluida com o condutor 34. Fora do abrigo interno 46, é fornecido um isolamento térmico 48. Este pode ser preferencialmente um vácuo, que é fornecido entre o abrigo interno 46 e um abrigo externo 50. Também é possível fornecer um gás inerte entre o abrigo interno 46 e o abrigo externo 50. Neste caso, seria preferível fornecer uma distância muito curta entre o abrigo interno 46 e o abrigo externo 50 para atingir isolamento suficiente. O isolamento 48 pode ser, entretanto, de qualquer tipo conhecido no estado da técnica para obter efeito de isolamento suficiente. O abrigo externo 50 pode ser projetado como escudo térmico, com base, por exemplo, em alumínio, para aumentar ainda mais o isolamento. Isso aumenta, de fato, a eficiência energética da disposição 10 e, portanto, economiza custos.

Novamente com referência à membrana 42, o seu objetivo é a separação do oxigênio do fluxo de retidos

restante, ou seja, os componentes restantes do gás que compreende oxigênio e, portanto, fornecer um fluxo de oxigênio que é convenientemente um fluxo de oxigênio 100% puro. Em sua maior parte, o componente restante principal é nitrogênio, especialmente quando ar é utilizado como gás que compreende oxigênio. Para obter resultados de separação suficientes, é essencial, portanto, que a membrana 42 seja muito densa. Uma membrana densa 42 é uma membrana que é permeável com relação a oxigênio, mas é estrita ou ao menos substancialmente impermeável para outros gases, especialmente para nitrogênio.

Para atingir essas propriedades, a membrana 42 pode ser uma membrana cerâmica sólida que compreende compostos de óxido inorgânico selecionados. Membranas inorgânicas preferíveis são principalmente baseadas em uma estrutura de cristal de perovskita ou fluorito. É muito bem apropriado, por exemplo, o material relativo a perovskita $Ba_{0,5}Sr_{0,5}Co_{0,5}Fe_{0,2}O_{3-δ}$ (BSCF). É uma propriedade geral desses tipos de membranas inorgânicas que elas sejam completamente impenetráveis para todos os gases à temperatura ambiente, mas permitam a passagem de moléculas de oxigênio através delas quando aquecidas a temperaturas elevadas. Principalmente, são necessárias temperaturas acima de 700 K para atingir bom fluxo de oxigênio com a necessidade apenas de membranas com pequenas dimensões. O BSCF indicado acima pode surgir, por exemplo, com fluxo de oxigênio de 13 ml/cm²min a 1275 K, em que é suficiente uma espessura de membrana de apenas 0,2 mm.

A membrana 42 pode ser uma membrana condutora de oxigênio puro ou uma membrana condutora iônica/eletrônica misturada. Geralmente, é necessário aplicar uma força para causar a transferência do oxigênio através da membrana 42. Esta pode ser uma força eletrônica. Prefere-se, entretanto, que o oxigênio passa pela membrana 42 devido a uma diferença

de pressão entre o lado primário e o secundário da membrana 42.

A compressão do gás que compreende oxigênio na bomba de plasma 14 ao mesmo tempo gera uma diferença de
5 pressão entre o lado primário e o lado secundário da membrana 42. Devido a este efeito, é gerado um aumento da pressão parcial de oxigênio que permite fluxo de oxigênio ou transferência através da membrana densa 42, respectivamente. Este fluxo pode ser adicionalmente aprimorado pelo
10 fornecimento de pressão reduzida sobre o lado secundário da membrana 42 em vez de pressão mais alta no lado primário da membrana 42 ou adicionalmente a ela. Sob condições extremas, pode-se fornecer vácuo sobre o lado secundário da membrana 42 para fornecer fluxo de oxigênio suficientemente alto através
15 da membrana 42.

Sem o uso de pressão reduzida sobre o lado secundário, é preferível utilizar pressões de $\geq 2,5$ bars acima no fluxo da membrana 42; portanto, sobre o seu lado primário. É especialmente preferível neste ponto utilizar
20 pressões que se encontram na faixa de 5 bars ou ≤ 5 bars. Dependendo da temperatura da membrana 42 e das dimensões desta última, pode ser atingido um fluxo de oxigênio com modesta elevação em comparação com a pressão atmosférica, cerca de 1 bar, na saída 38. Isso pode ser atingido com
25 pressão do gás que compreende oxigênio que é sensivelmente reduzida com relação ao estado da técnica. A faixa de pressão de acordo com a presente invenção é especialmente apropriada para aplicações em cuidados domésticos.

É evidente que a membrana 42 necessita ser
30 suficientemente estável para suportar condições como as descritas acima. Isso é especialmente importante, pois prefere-se formar a membrana 42 em tamanho ou espessura muito pequena. Especialmente, ao fornecer extenso gradiente de

pressão entre o lado primário e o lado secundário da membrana 42, pode ser vantajoso fixar a membrana 42 sobre um suporte. O suporte pode ser formado como membrana porosa, particularmente uma membrana inorgânica espessa como a
5 utilizada para filtros brutos. Membrana porosa conforme indicado neste caso é uma membrana que é permeável a gases e não seletiva com relação a oxigênio. Isso permite maior estabilidade da membrana 42 sem a necessidade de formação da própria membrana 42 mais estável. Isso reduz adicionalmente
10 os custos, pois o componente estável e de formação é o suporte de membrana, que é muito mais barato que a própria membrana 42.

Conforme indicado acima, pode ser essencial aquecer a membrana 42 para obter permeabilidade a oxigênio
15 suficiente. Segundo a presente invenção, isso pode ser atingido de forma simples e fácil. Ao fornecer uma bomba de plasma 14 para comprimir o gás que compreende oxigênio, o gás comprimido é aquecido ao mesmo tempo até uma faixa de temperatura que é suficientemente alta para aquecer a
20 membrana 42 à sua temperatura de operação. Exemplos de faixas de temperatura são temperaturas ≥ 700 K. É especialmente preferível aquecer o gás que compreende oxigênio e, portanto, a membrana 42 a faixas de ≥ 1000 K até ≤ 1300 K. Nessas faixas de temperatura, podem ser atingidos fluxos de oxigênio
25 muito apropriados e, além disso, a geração de óxido nítrico será aprimorada, como será evidente mais abaixo.

Novamente com referência à Figura 1, a unidade de membrana 32 compreende adicionalmente uma saída 52 que é conectada, em um lado, à câmara de membrana primária 40 e, no
30 outro lado, pode ser conectada à atmosfera. Através da saída 52, gás com teor de oxigênio reduzido, especialmente nitrogênio, deixa a unidade de membrana 32. Este é o gás de exaustão da unidade de membrana 32. A saída 52 pode

compreender uma válvula adicional 54, que é especialmente vantajosa se for fornecida pressão no interior da câmara de membrana primária 40.

5 Abaixo no fluxo da unidade de membrana 32, conforme indicado acima, o condutor 34, que pode compreender uma válvula adicional como uma válvula sem retorno, é conectado à saída 38. A saída 38 pode ser equipada com um bocal 56 ou similar, que permite administração direta do oxigênio gerado. Desta forma, pode ser fornecida uma válvula adicional ou um
10 pequeno compressor para fluxo suficiente de oxigênio puro.

Segundo a presente invenção, além da geração de oxigênio, gera-se óxido nítrico. Esta etapa é realizada por meio do fornecimento de um fluxo de gás que compreende óxido nitroso que é aquecido a uma temperatura na qual é gerado
15 óxido nítrico. A disposição 10 compreende, portanto, um dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso que sai da fonte de gás que compreende óxido nitroso a uma temperatura, na qual é gerado óxido nítrico, utilizando o calor gerado no processo de
20 operação da membrana (42). Este pode ser, por exemplo, um trocador de calor. Prefere-se, entretanto, que a disposição 10 compreenda adicionalmente um condutor 62 que é disposto para orientar um gás que compreende óxido nitroso para o lado primário da membrana 42, tal como para uma câmara de membrana
25 primária 40 e/ou um condutor 70 que são dispostos para orientar um gás que compreende óxido nitroso para o lado secundário da membrana 40, tal como para a câmara de membrana secundária 44 na unidade de membrana 32. O condutor 62 e/ou o condutor 70 podem ser conectados a uma fonte 58 de gás que
30 compreende óxido nitroso. A fonte 58 pode compreender óxido nitroso puro ou uma mistura de óxido nitroso em um gás veículo, preferencialmente em uma concentração que permite o fornecimento do gás que compreende óxido nitroso na câmara de

membrana primária 40 na faixa de $\leq 2\%$ em volume e na câmara de membrana secundária 44 na faixa de $\leq 0,1\%$ em volume. Caso óxido nitroso seja fornecido em um gás veículo, prefere-se utilizar nitrogênio como gás veículo.

5 Preferencialmente, óxido nitroso puro pode ser utilizado como gás que compreende óxido nitroso e orientado para a câmara de membrana correspondente 40, 44. Alternativamente, o gás que compreende óxido nitroso é formado por meio da mistura de óxido nitroso com uma pequena
10 quantidade de fluxo de gás que é gerado no lado primário da membrana 42, ou seja, na câmara de membrana primária 40. Neste particular, um condutor 60 pode ser conectado à saída 52 a fim de orientar um fluxo de gás que é esgotado com relação a oxigênio para o condutor 62 e/ou para o condutor 70
15 que orienta o gás que compreende óxido nitroso para a unidade de membrana 32. A válvula 54 pode, portanto, ser fornecida na saída 52 abaixo no fluxo do condutor 60 a fim de reduzir ou permitir o fluxo do gás para a atmosfera ou para fora da disposição 10, respectivamente, mas aumentar o fluxo para o
20 condutor 60. Detalhadamente, o condutor 60 pode ser conectado a um dispositivo de mistura de gases 66, a fim de misturar óxido nitroso puro ou um gás que compreende óxido nitroso com o fluxo de gás proveniente do lado primário da membrana 42. A fim de atingir a concentração desejada, uma válvula 68 que
25 pode regular o fluxo de gás pode ser fornecida no condutor 60. Junto com o fornecimento de um regulador de fluxo da fonte de gás 58, pode ser atingida a concentração necessária de gás que compreende óxido nitroso.

Novamente com relação aos condutores 62, 70 que
30 orientam o gás que compreende óxido nitroso para a unidade de membrana 32, pode ser fornecido apenas o condutor 62 que orienta o gás que compreende óxido nitroso para a unidade de membrana 32 e detalhadamente para a câmara de membrana

primária 40. Alternativamente, pode ser fornecido apenas o condutor 70 que orienta o gás que compreende óxido nitroso para a unidade de membrana 32 e detalhadamente para a câmara de membrana secundária 44. Em uma realização especialmente preferida da presente invenção, os dois condutores 62 e 70 são fornecidos juntos e unidos entre si. Isso permite a orientação do gás que compreende óxido nitroso para o lado primário e o secundário da membrana 42, tal como para a câmara de membrana primária 40 e a câmara de membrana secundária 44 da unidade de membrana 32, ou apenas para o lado primário da membrana 42 ou para o lado secundário da membrana 42 da unidade de membrana 32. A fim de selecionar o lado para o qual o gás que compreende óxido nitroso é orientado, pode ser fornecida uma válvula 72 no condutor 62, enquanto uma válvula 74 pode ser fornecida no condutor 70. Utilizando as válvulas 72, 74, o fluxo de gás que compreende óxido nítrico pode ser regulado da forma desejada.

Orientando o gás que compreende óxido nitroso para perto da membrana quente 42 na câmara de membrana correspondente 40, 44, óxido nitroso reagirá para formar óxido nítrico devido ao fato de que a membrana 42 e, portanto, o gás que compreende óxido nitroso exibem temperatura na qual óxido nitroso pode reagir para formar óxido nítrico.

Caso a reação tenha lugar na câmara de membrana primária 40, será gerado óxido nítrico em uma atmosfera que compreende principalmente nitrogênio. O gás que compreende óxido nítrico gerado pode ser orientado em seguida para fora da saída 52. Ele pode ser armazenado ou utilizado diretamente, por exemplo, por meio da sua orientação para um dispositivo de administração para um paciente. Neste último caso, o gás que compreende óxido nítrico pode ser resfriado antes da sua administração a um paciente. Neste particular,

prefere-se especialmente que o gás que compreende óxido nítrico seja resfriado à temperatura ambiente em uma faixa de tempo de ≤ 10 s, particularmente ≤ 1 s. Isso garante que nenhum subproduto indesejado seja formado abaixo no fluxo da câmara de reação. Além disso, essas velocidades de resfriamento são, em qualquer caso, suficientemente curtas para aplicar o método de acordo com a presente invenção a aplicações *in situ*. Alternativamente, o gás que compreende óxido nítrico pode ser orientado por meio de um condutor 76, tal como fechando uma válvula 78, para a saída 38 e, desta forma, para o fluxo de oxigênio puro. Ele pode ser administrado desta forma em uma etapa com o oxigênio. Ele pode ser adicionalmente administrado de forma pulsada, ou seja, em pulsos de gás que compreende óxido nítrico que são dispostos entre pulsos de oxigênio. Podem ser fornecidas, portanto, as válvulas 80 e 82 no condutor 70 e na saída 38, a fim de gerar os fluxos de gás correspondentes. É evidente que, neste caso, o gás que compreende óxido nítrico não é intermisturado com o fluxo retido que é gerado no lado primário da membrana 42, pois este fluxo inclui óxido nítrico.

Caso a reação tenha lugar na câmara de membrana secundária 44, será gerado óxido nítrico em uma atmosfera que compreende principalmente oxigênio. Devido ao fato de que a temperatura dos dois gases repousa em uma faixa na qual a geração de dióxido de nitrogênio é inibida conforme descrito acima, a mistura de gases resultante de óxido nítrico e oxigênio pode ser administrada a um paciente diretamente através da saída 38 por meio do seu resfriamento pouco antes da etapa de administração.

Segundo uma realização adicional, o fluxo de gás que compreende óxido nítrico pode ser orientado para um fluxo de gás que é esgotado com relação a oxigênio abaixo no fluxo

da câmara de membrana primária 40. Pode ser fornecido, portanto, um condutor 84 conectado à fonte 58 de óxido nitroso e ao condutor 76. Controlando-se a válvula 78 e uma válvula 86 no condutor 76 entre a saída 52 e o condutor 84, uma pequena quantidade do fluxo retido que é gerado na câmara de membrana primária 40 pode ser ramificada e misturada com o gás que compreende óxido nitroso. Como o fluxo retido de gás que é esgotado com relação a oxigênio ainda exhibe temperaturas elevadas, o óxido nitroso pode reagir para formar óxido nítrico. O gás que compreende óxido nítrico assim formado pode ser orientado em seguida através de uma saída 88 e pode ser utilizado diretamente ou ser armazenado. A armazenagem não deverá causar problemas sérios porque o seu componente principal é nitrogênio. Alternativamente, uma válvula 90 que está localizada na saída 88 pode ser fechada e, por isso, o gás que compreende óxido nítrico pode ser orientado através do condutor 76 e pode ser misturado na saída 38 com o oxigênio gerado.

O gás que compreende óxido nitroso pode ser adicionalmente orientado, entretanto, para o fluxo de gás que compreende oxigênio que é ramificado acima no fluxo da unidade de membrana 32, especialmente com gás que compreende oxigênio aquecido. Isso permite a formação de um gás que compreende óxido nítrico independente do fluxo de gás com oxigênio esgotado ou oxigênio. Esta realização é especialmente apropriada para aplicações não terapêuticas, pois a formação de dióxido de nitrogênio pode ser mais forte que a orientação do gás que compreende óxido nitroso no gás com oxigênio esgotado ou oxigênio.

Em qualquer caso, o tempo de reação do gás que compreende óxido nitroso repousa preferencialmente na faixa de ≥ 10 ms a ≤ 100 s. Este tempo de reação pode ser ajustado por meio do ajuste da velocidade de fluxo do gás que

compreende óxido nitroso. Com referência a isso, são preferidas velocidades de fluxo de SATP do gás que compreende óxido nitroso de $\geq 0,01 \text{ l}_{\text{SATP}}/\text{min}$ a $\leq 10 \text{ l}_{\text{SATP}}/\text{min}$.

Além disso, pode-se preferir que o teor de água do gás presente na unidade de membrana 32 repouse na faixa de $\leq 1\%$ em volume. Isso permite a condução do método de acordo com a presente invenção substancialmente na ausência de água. Atmosfera substancialmente livre de água pode ser importante, pois a água frequentemente inibe a decomposição de óxido nitroso em óxido nítrico e gera a formação de dióxido de nitrogênio em altas concentrações. O teor de água desejado pode ser ajustado utilizando fontes de gás secas, respectivamente. Para garantir que o teor de água não aumente e, adicionalmente, para reduzir o teor de água utilizando fontes de gás com teor de água levemente mais alto, podem ser fornecidas substâncias de adsorção de água, particularmente nos condutores 20, 62, 70, 84. Pode-se utilizar, por exemplo, sílica gel seca, zeólitos secos ou substâncias higroscópicas, tais como pentóxido de fósforo como revestimento ou como batoque no interior dos condutores correspondentes acima no fluxo da unidade de membrana 32.

Embora a presente invenção tenha sido ilustrada e descrita em detalhes nas figuras e no relatório descritivo acima, essa ilustração e descrição devem ser consideradas apenas ilustrativas ou exemplos e não restritivas; a presente invenção não se limita às realizações descritas. Outras variações das realizações descritas podem ser compreendidas e efetuadas pelos técnicos no assunto na prática da presente invenção, a partir do estudo das figuras, do relatório descritivo e das reivindicações anexas. Nas reivindicações, a expressão "que compreende" não exclui outros elementos ou etapas e o artigo indefinido "um" ou "uma" não exclui uma série. O mero fato de que certas medidas são indicadas em

reivindicações mutuamente dependentes diferentes não indica que uma combinação dessas medidas não possa ser utilizada com vantagens. Nenhum sinal de referência nas reivindicações deverá ser interpretado como limitando o escopo.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO DE GERAÇÃO DE UM GÁS QUE COMPREENDE OXIGÊNIO E ÓXIDO NÍTRICO, caracterizado em que o mencionado método compreende as etapas de:

5 - orientação de um gás que compreende oxigênio para um lado primário de uma membrana densa (42), em que a membrana densa é permeável para oxigênio mas impermeável para outros gases;

10 - aquecimento da membrana (42) a uma temperatura na qual é permeável para oxigênio;

 - criação de uma diferença de pressão entre o lado primário da membrana (42) e um lado secundário da membrana (42), em que: é gerado um fluxo de oxigênio no lado secundário da membrana (42) e um fluxo de gás com oxigênio esgotado é gerado no lado primário da membrana (42), em que o mencionado método compreende adicionalmente as etapas de:

 - fornecimento de um fluxo de gás que compreende óxido nitroso; e

20 - aquecimento do gás que compreende óxido nitroso a uma temperatura na qual é gerado óxido nítrico, utilizando o calor gerado no processo de operação da membrana (42).

25 2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás que compreende óxido nitroso é orientado em um dentre o fluxo de oxigênio e o fluxo de gás com oxigênio esgotado.

30 3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás que compreende oxigênio é comprimido, a fim de criar uma diferença de pressão entre o lado primário e o lado secundário da membrana (42).

 4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o gás que compreende oxigênio

é comprimido por uma bomba de plasma (14).

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o gás que compreende oxigênio é comprimido até uma faixa de $\geq 2,5$ bars.

5 6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás que compreende óxido nitroso é formado por meio da mistura de óxido nitroso com pelo menos uma parte do gás com oxigênio esgotado.

10 7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que óxido nítrico é gerado com base em um gás no qual óxido nitroso está presente em concentração na faixa de $\leq 2\%$ em volume.

15 8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ar é utilizado como gás que compreende oxigênio.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás que compreende oxigênio é aquecido até uma temperatura na faixa de ≥ 1000 K e ≤ 1300 K.

20 10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o oxigênio gerado é resfriado após a separação.

25 11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o tempo de reação do gás que compreende óxido nitroso repousa na faixa de ≥ 10 ms a ≤ 100 s.

30 12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que são utilizadas velocidades de fluxo SATP do gás que compreende óxido nitroso de $\geq 0,01$ l_{SATP}/min a ≤ 10 l_{SATP}/min.

13. DISPOSIÇÃO DE GERAÇÃO DE UM GÁS QUE COMPREENDE OXIGÊNIO E ÁCIDO NÍTRICO, em que a disposição (10) é caracterizada por compreender:

- uma fonte de gás que compreende oxigênio;
- uma membrana densa (42) que possui um lado primário e um lado secundário, em que a membrana densa é permeável para oxigênio mas impermeável para outros gases;

5 - um dispositivo de criação de diferença de pressão entre o lado primário da membrana (42) e um lado secundário da membrana (42); e

- um dispositivo de aquecimento da membrana (42), em que a disposição (10) compreende adicionalmente:

10 - uma fonte de gás que compreende óxido nitroso; e

- um dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso que sai da fonte de gás que compreende óxido nitroso a uma
15 temperatura, na qual é gerado óxido nítrico, utilizando o calor gerado no processo de operação da membrana (42).

14. DISPOSIÇÃO, de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que o dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso
20 compreende um condutor (62, 70) que é disposto para orientar o gás que compreende óxido nitroso para o lado primário da membrana (42) ou para o lado secundário da membrana (42).

15. DISPOSIÇÃO, de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que o dispositivo que é projetado para aquecer um fluxo de gás que compreende óxido nitroso
25 compreende um trocador de calor.

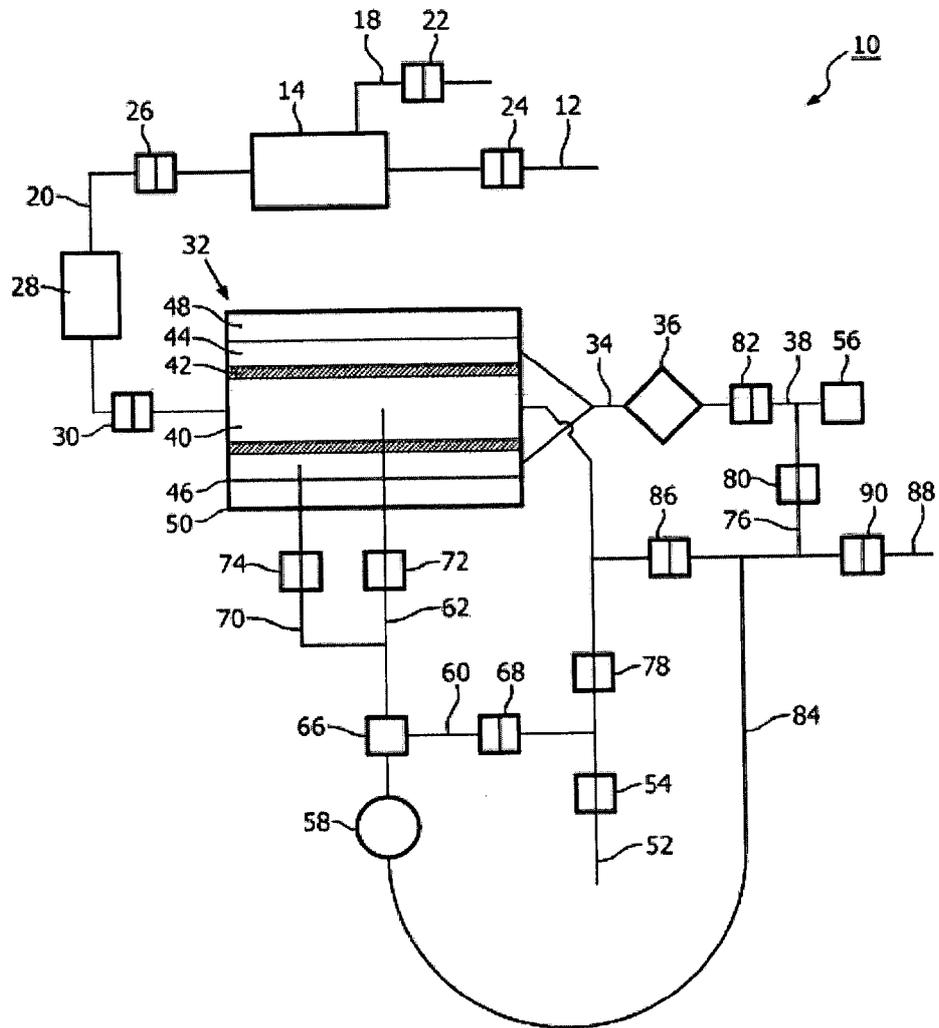


FIG. 1

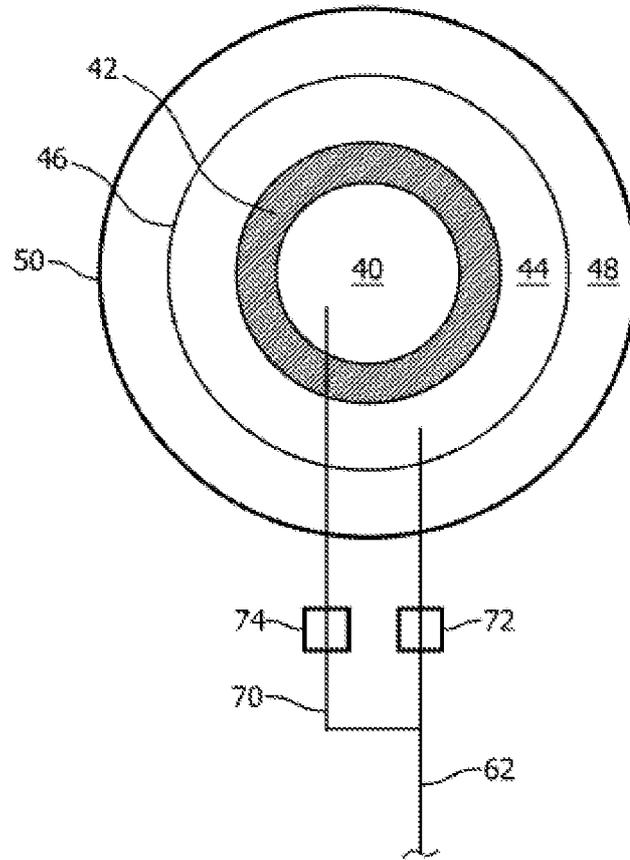


FIG. 2

RESUMO

MÉTODO E DISPOSIÇÃO DE GERAÇÃO DE OXIGÊNIO E ÓXIDO NÍTRICO

A presente invenção refere-se a um método de
5 geração de oxigênio e óxido nítrico. O método compreende as etapas de: orientação de um gás que compreende oxigênio para um lado primário de uma membrana densa (42), aquecimento da membrana (42) a uma temperatura na qual é permeável para oxigênio e criação de uma diferença de pressão entre o lado
10 primário da membrana (42) e um lado secundário da membrana (42), em que um fluxo de oxigênio é gerado no lado secundário da membrana (42) e um fluxo de gás com oxigênio esgotado é gerado no lado primário da membrana (42). O método de acordo com a presente invenção compreende adicionalmente as etapas
15 de: fornecimento de um fluxo de gás que compreende óxido nítrico e aquecimento do gás que compreende óxido nítrico a uma temperatura na qual é gerado óxido nítrico. Desta forma, de acordo com a presente invenção, utiliza-se o calor gerado no processo de operação da membrana. Segundo a presente
20 invenção, é possível gerar oxigênio e óxido nítrico em um dispositivo fazendo uso de diversos efeitos sinérgicos, de forma a economizar energia.