(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201434526 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：103106849 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 02 月 27 日
(51)Int. Cl.： *B01D69/02 (2006.01)* *F01D15/08 (2006.01)*
B01D53/22 (2006.01) *C01B13/02 (2006.01)*
C01B21/02 (2006.01)
(30)優先權：2013/02/28 美國 61/770,761
(71)申請人：氣體產品及化學品股份公司 (美國) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (US)
美國
(72)發明人：羅林斯 威廉 S ROLLINS, WILLIAM S. (US)；史坦 凡艾瑞克 艾德華 STEIN, VANERIC EDWARD (US)
(74)代理人：陳展俊；林聖富
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：1 共 42 頁

(54)名稱

使用離子傳輸膜生產氧及氮的方法及設備

PROCESS AND APPARATUS FOR PRODUCING OXYGEN AND NITROGEN USING ION TRANSPORT MEMBRANES

(57)摘要

本發明關於一種使用離子傳輸膜組合件生產氧產物氣體及氮產物氣體的方法及設備。該設備包含至少二離子傳輸膜組合件及在該離子傳輸膜組合件之一下游的渦輪膨脹機(turboexpander)。在該方法中，將含氧-及氮-的氣體引進第一離子傳輸膜組合件以生產氧耗盡的氣體及氧產物氣體。該氧耗盡的氣體被分開，且第一部分在該渦輪膨脹機中膨脹且第二部分引進第二離子傳輸膜組合件。從該第二離子傳輸膜組合件抽出富氮產物氣體及額外的氧產物氣體。

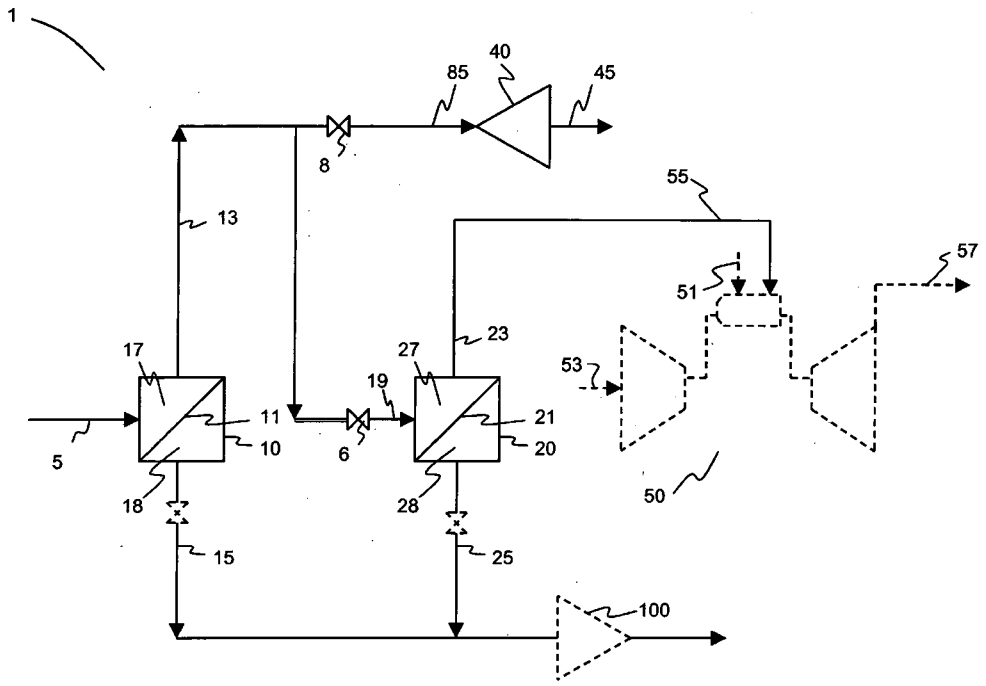


圖 1

1：示意流程圖
5：含氧-及氮-的氣體
6：流量控制裝置
8：流量控制裝置
10：第一離子傳輸膜組合件
11：第一離子傳輸膜
13：氧耗盡的氣體
15：氧產物氣體
17：供料側
18：產物側
19：供料
20：第二離子傳輸膜組合件
21：第二離子傳輸膜
23：氮產物氣體
25：氧產物氣體
27：供料側
28：產物側
40：渦輪膨脹機
45：排氣
50：氣體渦輪燃機
51：燃料
53：含氧氣體
55：稀釋氣體
57：排氣
85：渦輪膨脹機供料
100：氧壓縮機

(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201434526 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：103106849 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 02 月 27 日
(51)Int. Cl.： *B01D69/02 (2006.01)* *F01D15/08 (2006.01)*
B01D53/22 (2006.01) *C01B13/02 (2006.01)*
C01B21/02 (2006.01)
(30)優先權：2013/02/28 美國 61/770,761
(71)申請人：氣體產品及化學品股份公司 (美國) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (US)
美國
(72)發明人：羅林斯 威廉 S ROLLINS, WILLIAM S. (US)；史坦 凡艾瑞克 艾德華 STEIN, VANERIC EDWARD (US)
(74)代理人：陳展俊；林聖富
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：1 共 42 頁

(54)名稱

使用離子傳輸膜生產氧及氮的方法及設備

PROCESS AND APPARATUS FOR PRODUCING OXYGEN AND NITROGEN USING ION TRANSPORT MEMBRANES

(57)摘要

本發明關於一種使用離子傳輸膜組合件生產氧產物氣體及氮產物氣體的方法及設備。該設備包含至少二離子傳輸膜組合件及在該離子傳輸膜組合件之一下游的渦輪膨脹機(turboexpander)。在該方法中，將含氧-及氮-的氣體引進第一離子傳輸膜組合件以生產氧耗盡的氣體及氧產物氣體。該氧耗盡的氣體被分開，且第一部分在該渦輪膨脹機中膨脹且第二部分引進第二離子傳輸膜組合件。從該第二離子傳輸膜組合件抽出富氮產物氣體及額外的氧產物氣體。

201434526

發明摘要

※ 申請案號：103106849

※ 申請日：103 2 27

※IPC 分類：B01D69/02(2006.01)
F01D15/08(2006.01)
B01D53/22(2006.01)
C01B13/02(2006.01)
C01B21/02(2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

使用離子傳輸膜生產氧及氮的方法及設備

Process and Apparatus for Producing Oxygen and Nitrogen Using Ion Transport Membranes

【中文】

本發明關於一種使用離子傳輸膜組合件生產氧產物氣體及氮產物氣體的方法及設備。該設備包含至少二離子傳輸膜組合件及在該離子傳輸膜組合件之一下游的渦輪膨脹機(turboexpander)。在該方法中，將含氧-及氮-的氣體引進第一離子傳輸膜組合件以生產氧耗盡的氣體及氧產物氣體。該氧耗盡的氣體被分開，且第一部分在該渦輪膨脹機中膨脹且第二部分引進第二離子傳輸膜組合件。從該第二離子傳輸膜組合件抽出富氮產物氣體及額外的氧產物氣體。

【英文】

Process and apparatus for producing an oxygen product gas and a nitrogen product gas using ion transport membrane assemblies. The apparatus comprises at least two ion transport membrane assemblies and a turboexpander downstream of one of the ion transport membrane assemblies. In the process, an oxygen- and nitrogen-containing gas is introduced into a first of the ion transport membrane assemblies to produce oxygen-depleted gas and oxygen product gas. The oxygen-depleted gas is divided, with a first portion being expanded in the turboexpander and a second portion introduced into a second of the ion transport membrane assemblies. A nitrogen-rich product gas and additional oxygen product gas are withdrawn from the second ion transport membrane assembly.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1 示意流程圖

5 含氧-及氮-的氣體

6 流量控制裝置

8 流量控制裝置

10 第一離子傳輸膜組合件

11 第一離子傳輸膜

13 氧耗盡的氣體

15 氧產物氣體

17 供料側

18 產物側

19 供料

20 第二離子傳輸膜組合件

21 第二離子傳輸膜

23 氮產物氣體

25 氧產物氣體

27 供料側

28 產物側

40 渦輪膨脹機

45 排氣

50 氣體渦輪燃機

51 燃料

53 含氧氣體

55 稀釋氣體

57 排氣

85 渦輪膨脹機供料

100 氧壓縮機

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

【無】

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

使用離子傳輸膜生產氧及氮的方法及設備

Process and Apparatus for Producing Oxygen and Nitrogen Using Ion Transport Membranes

【技術領域】

相關申請案之相互參照

【0001】 本案請求 2013 年 2 月 28 日申請的美國臨時專利申請案序號第 61/770,761 號，發明名稱爲“使用離子傳輸膜生產氣及氮的方法及設備”，的優先權，在此以引用的方式併入本文。

關於聯邦政府資助的研究或發展的現況

【0002】 本發明由政府支持依據 Air Products and Chemicals 有限公司與美國能源部門之間的合作計畫第 DE-FC26-98FT40343 號完成。美國政府在本發明中有一定的權利。

【0003】 本發明關於使用離子傳輸膜生產氧及氮的設備及方法。

【先前技術】

【0004】 空氣能於高溫下分離以使用混合型導電性多組分金屬氧化物膜生產高純度氧。這些膜藉由選擇性地運輸氧

離子而運作而且可以稱作離子傳輸膜。離子傳輸膜中所用的混合型導電性多組分金屬氧化物材料同時傳導氧離子和電子，其中被運輸的氧離子於該膜的產物側再結合而形成氧氣。

【0005】 送往離子傳輸膜分離系統的供料氣體係爲含氧-及氮-的氣體(舉例來說，空氣)，該氣體在達到該膜系統以前被加壓並且加熱至在 0.7 MPa (100 psia)至 4.1 MPa (600 psia)的範圍中之壓力及在 750°C 至 950°C 的範圍中之溫度。該供料氣體的一部分經過該膜運輸而且按照熱的高純度氧產物回收。該供料氣體的剩餘部分耗掉局部的氧並且還含有顯著量的熱能和壓能。

【0006】 該熱的、增壓的、氧耗盡的氣體可用於許多程序應用。舉例來說，該氧體中的顯著量的熱能和壓能可回收於膨脹渦輪機以改善產生氧的總經濟。該離子傳輸膜系統可依照各種程序佈置與氣體渦輪機(燃氣渦輪機)系統整合以使二系統的運轉最適化。

【0007】 打算生產噸位量的氧之離子傳輸膜(ITM)系統使用根據供料側與產物側之間的氧分壓差異運輸氧的混合型導電性多組分金屬氧化物膜材料。結果，當該供料中的氧分壓等於該產物中的氧分壓時發生最大的理論氧回收率。而且必需有龐大的膜面積達到此情況。舉例來說，就於 103 kPa (15 psia) (pO_2=103 kPa (15 psia))下的純氧產物及於 2068 kPa (300 psia)下含有 20 莫耳%氧(pO_2=413 kPa (60 psia))的含氧-及氮-的氣體供料來說， 當該氧耗盡的氣流中保有 5 莫耳%氧時發生最大的理論氧回收率。按照實務上經濟的方式，該氧耗盡

的流可能含有再多幾莫耳%的氧。因此，難以設計出 ITM 系統以生產具有低氧含量的高壓氮產物，而且從該氧耗盡的流移除僅存少許百分比的氧可能需要非常大的膜表面積。

【0008】 關於 ITM 系統的合作應用涉及整體氣化聯合環循(IGCC)設備，其通常需要大量供氣化用的氧及供當稀釋劑使用的富氮氣體以控制氣體渦輪機中的 NOx 生成。供此稀釋劑氮流用的典型最大氧含量係爲約 2 莫耳%，但是在某些具有輪替燃燒控制計畫的應用，例如用於 NOx 控制，中可使用達 16 莫耳%的濃度。One way to achieve an oxygen level of less than about 達到低於約 2 莫耳%的氧含量之一方式係簡單擴大總壓力的界限(亦即，提高該 ITM 供料氣體壓力及/或降低該氧產物壓力)直到該氧耗盡的流配合合理的膜面積要求達到所欲的氧含量爲止。此計畫導致資本及主要輔助裝備例如，舉例來說，需要較高壓力比、較大壓縮機驅動馬達、用於高溫熱交換器的較高額定壓力或用於氧冷卻裝備和輸送管的較低壓降容限之空氣及/或氧壓縮機，的操作成本顯著增加。另一達成小於約 2 莫耳%的氧含量之替代方案在准予 Keskar 等人的 EP 0 916 385 討論過，其中將來自離子傳輸分離器的滯留物流送到反應洗淨的離子傳輸分離器。該反應洗淨的離子傳輸分離器擔任藉由離子傳輸將殘餘的氧分離至陽極的去氧單元(deoxo unit)的工作，殘餘的氧在陽極與燃料洗淨流反應以生產非常低的氧分壓並且從而增進氧移除作用。

【0009】 此技藝中需要共同生產高純度氧產物及富氮產物的改良型離子傳輸膜方法及系統。也必須藉由回收來自該

離子傳輸膜系統的任何熱增壓流出氣流的能量將這些方法的整體效率極大化。這些需求係由以下所述的發明具體實施例提出並且由後續申請專利範圍加以界定。

【發明內容】

【0010】 本發明關於使用離子傳輸膜生產氧及氮的設備及方法。

【0011】 有幾個如以下概述的設備及方法的形態。放在括弧中的參考號碼及符號表示以下引用圖形進一步說明的示範具體實施例。然而，該等參考號碼及符號僅爲了例示而且不會將該形態限於該示範具體實施例的任何特定組件或特徵。該等形態可依照放在括弧中的參考號碼及符號視需要而加以刪除或替代的申請專利範圍列出。

【0012】 形態 1. 一種用於生產共同產物氧流及氮流之設備，該設備包含：

一第一離子傳輸膜組合件(10)，其具有用於將包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體(5)引進該第一離子傳輸膜組合件(10)的入口、用於從該第一離子傳輸膜組合件(10)抽出氧耗盡的氣體(13)的第一出口及用於從該第一離子傳輸膜組合件(10)抽出氧產物氣體(15)的第二出口；

一渦輪膨脹機(40)，其具有用於將渦輪膨脹機供料(85)引進該渦輪膨脹機(40)的入口、由第一部分之氧耗盡的氣體(13)構成的渦輪膨脹機供料及用於從該渦輪膨脹機(40)抽出排氣(45)的出口，該渦輪膨脹機(40)的入口在與該第一離子傳輸膜組合

件(10)的第一出口流體流通的下游；及

一第二離子傳輸膜組合件(20)，其具有用於將供料(19)引進該第二離子傳輸膜組合件(20)的入口、由第二部分之氧耗盡的氣體(13)構成的供料、用於抽出氮產物氣體(23)的第一出口及用於從該第二離子傳輸膜組合件(20)抽出氧產物氣體(25)的第二出口，該第二離子傳輸膜組合件(20)的入口在與該第一離子傳輸膜組合件(10)的第一出口流體流通的下游；

其中該第二離子傳輸膜組合件(20)不在與該渦輪膨脹機(40)流體流通的下游，而且

其中該渦輪膨脹機(40)不在與該第二離子傳輸膜組合件(20)流體流通的下游。

【0013】 形態 2. 如形態 1 之設備，其另外包含：

具有入口和出口的氧壓縮機(100)，該氧壓縮機(100)的入口在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體(15)之第一離子傳輸膜組合件(10)的第二出口及用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的氧產物氣體(25)之第二離子傳輸膜組合件(20)的第二出口中之至少其一流體流通的下游。

【0014】 形態 3. 如形態 1 之設備，其另外包含：

具有入口和出口的氧壓縮機(100)，該氧壓縮機(100)的入口在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體(15)之第一離子傳輸膜組合件(10)的第二出口及用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的氧產物氣體(25)之第二離子傳輸膜組合件(20)的第二出口流體流通的下游。

【0015】 如形態 1 至 3 中任一形態之設備，其另外包含至少一適於控制該渦輪膨脹機供料(85)送往該渦輪膨脹機(40)的流速及/或該供料(19)送往該第二離子傳輸膜組合件(20)的流速之流量控制裝置(6, 8)。

【0016】 形態 5. 如形態 1 至 4 中任一形態之設備，其另外包含具有燃燒器的氣體渦輪燃機(50)，該燃燒器具有燃燒帶及在該燃燒帶下游的稀釋帶，該氣體渦輪燃機(50)具有用於引進低氧含量稀釋氣體(55)的入口、由該氮產物氣體(23)構成的低氧含量稀釋氣體(55)、用於引進燃料(51)的入口及用於引進含氧氣體(53)的入口，該燃燒帶及/或稀釋帶在與用於接收由該氮產物氣體(23)構成的低氧含量稀釋氣體(55)之第二離子傳輸膜組合件(20)的第一出口流體流通的下游。

【0017】 形態 6. 一種用於生產共同產物氧流及氮流之方法，該方法包含：

提供形態 1 至 5 中任一形態之設備；

將該包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體(5)引進該第一離子傳輸膜組合件(10)的入口，該含氧-及氮-的氣體(5)具有介於 750°C 至 950°C 的溫度及介於 689 kPa 至 4136 kPa 的壓力，從該第一離子傳輸膜組合件(10)的第一出口抽出該氧耗盡的氣體(13)，並且從該第一離子傳輸膜組合件(10)的第二出口抽出該第一氧產物氣體(15)；

將該氧耗盡的氣體(13)分成該第一部分及該第二部分；

使由該渦輪膨脹機(40)中的第一部分之氧耗盡的氣體(13)構成的渦輪膨脹機供料(85)膨脹以回收軸功或電能並且提供

該渦輪膨脹機(40)的排氣；及

將該第二部分之氧耗盡的氣體(13)構成的供料(19)引進該第二離子傳輸膜組合件(20)的入口，抽出來自該第二離子傳輸膜組合件(20)之壓力介於 689 kPa 至 4136 kPa 的氮產物氣體(23)，並且抽出來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的第二出口的氧產物氣體(25)。

【0018】 形態 7. 一種使用形態 1 至 5 中任一形態之設備生產共同產物氧流及氮流之方法，該方法包含：

將該包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體(5)引進該第一離子傳輸膜組合件(10)的入口，該含氧-及氮-的氣體具有介於 750°C 至 950°C 的溫度及介於 689 kPa 至 4136 kPa 的壓力，從該第一離子傳輸膜組合件的第一出口抽出該氧耗盡的氣體，並且從該第一離子傳輸膜組合件(10)的第二出口抽出該氧產物氣體(15)；

將該氧耗盡的氣體(13)分成該第一部分及該第二部分；

使由該渦輪膨脹機中的第一部分之氧耗盡的氣體構成的渦輪膨脹機供料膨脹以回收軸功或電能並且提供該渦輪膨脹機的排氣；及

將該第二部分之氧耗盡的氣體構成的供料引進該第二離子傳輸膜組合件的入口，抽出來自該第二離子傳輸膜組合件之壓力介於 689 kPa 至 4136 kPa 的氮產物氣體，並且抽出來自該第二離子傳輸膜組合件的第二出口的氧產物氣體(25)。

【0019】 形態 8. 如形態 6 或形態 7 之方法，其另外包含：

選擇該含氧-及氮-的氣體(5)的操作壓力範圍；

選擇來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體(15)的操作壓力範圍；

選擇來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的氧產物氣體(25)的操作壓力範圍；

選擇送往該第二離子傳輸膜組合件(20)的供料(19)的操作壓力範圍；

選擇該第一離子傳輸膜組合件(10)的操作溫度範圍；及

選擇該第二離子傳輸膜組合件(20)的操作溫度範圍；

其中該第一離子傳輸膜組合件(10)包含第一數目的膜單元而且該第二離子傳輸膜組合件(20)包含第二數目的膜單元，而且其中該第一數目的膜單元及該第二數目的膜單元各自對於就該含氧-及氮-的氣體(5)所選定的操作壓力範圍、就來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體所選定的操作壓力範圍、就來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的氧產物氣體所選定的操作壓力範圍、就送往該第二離子傳輸膜組合件(20)的供料(19)所選定的操作壓力範圍、就該第一離子傳輸膜組合件(10)所選定的操作溫度範圍及該第二離子傳輸膜組合件(20)的操作溫度範圍依照足以提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體(23)的數目裝設。

【0020】 形態 9. 如形態 6 至 8 中任一形態之方法，其中該第二離子傳輸膜組合件(20)的供料(19)具有一莫耳流量率，而且其中該第一離子傳輸膜組合件(10)包含第一數目的膜單元而且該第二離子傳輸膜組合件(20)包含第二數目的膜單元，其中該第一數目的膜單元及該第二數目的膜單元足以提

供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體(23)，該方法另外包含：

調節該含氧-及氮-的氣體(5)的壓力；

調節來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體(15)的壓力；

調節來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的第二氧產物氣體(25)的壓力；

調節送往該第二離子傳輸膜組合件(20)的供料(19)的壓力；

調節該第一離子傳輸膜組合件(10)的溫度；及

調節該第二離子傳輸膜組合件(20)的溫度；

【0021】 其中該含氧-及氮-的氣體(5)的壓力、來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體(15)的壓力、來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的氧產物氣體(25)的壓力、送往該第二離子傳輸膜組合件(20)的供料(19)的壓力、該第一離子傳輸膜組合件(10)的溫度及該第二離子傳輸膜組合件(20)的溫度係經調節以就送往該第二離子傳輸膜組合件(20)的供料(19)的莫耳流量率提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體(23)。

【0022】 形態 10. 如形態 6 至 9 中任一形態之方法，其另外包含將低氧含量稀釋氣體(55)引進氣體渦輪機(50)的燃燒器，由該氮產物氣體(23)構成的低氧含量稀釋氣體(55)。

【0023】 形態 11. 如形態 11 之方法，其中該低氧含量稀釋氣體(55)係由該氮產物氣體(23)形成而不壓縮該氮產物氣體(23)。

【0024】 形態 12. 如形態 6 至 11 中任一形態之方法，其

中來自該第一離子傳輸膜組合件(10)的氧產物氣體(25)壓力係調節至來自該第二離子傳輸膜組合件(20)的氧產物氣體壓力的 20 kPa 範圍以內。

【圖式簡單說明】

【0025】 唯一的圖 1 係本發明的具體實施例的示意流程圖。

【實施方式】

【0026】 本發明關於用於生產氧產物及氮產物的方法及設備。該氧產物可用於，舉例來說，氣化器而且該氮產物可用於，舉例來說，氣體渦輪機中的 NOx 控制。

【0027】 以下的定義適於本文所述的發明之具體實施例中使用旳措辭。

【0028】 當應用於本說明書及申請專利範圍所述的發明之具體實施例中的任何特徵時本文所用的冠詞"一"意指一或更多。"一"的使用不會限制限於單一特徵，除非此限制經明確陳述。在單數或複數名詞或名詞片語前面的冠詞“該”表示特別指明的特徵而且可以依據使用該冠詞的上下文具有單數或複數涵義。該形容詞“任何”意指一、一些或所有所有難分辨的任何量。置於第一實體與第二實體之間的冠詞“及/或”意指以下情形中之其一：(1)該第一實體，(2)該第二實體，及(3)該第一實體和該第二實體。置於三或更多實體名單最後二實體之間的措辭“及/或”意指該名單中的至少一實體。

【0029】 該片語“至少一部分”意指“一部分或所有”。該至少一部分物流可具有與衍生出彼的物流相同的組成。該至少一部分物流可包括衍生出彼的物流的指定組分。

【0030】 用於本文時一物流的“分割部分”係具有與取得該分割部分的物流相同化學組成的部分。

【0031】 用於本文時，“多數”意指二或更多。

【0032】 用於本文時，“流體流通”意指藉由一或更多導管、歧管及閥等操作性地連接以便轉移流體。導管係流體可通過彼輸送的任何輸送管、細管或通道等。除非另行指明，否則中間裝置，例如泵、壓縮器或閥，可擺在第一裝置及與彼流體流通的第二裝置之間。

【0033】 “下游”及“上游”表示被轉移的製程流體預期的流動方向。若該製程流體預期的流動方向係從該第一裝置至該第二裝置，則該第二裝置在與該第一裝置流體流通的下游。

【0034】 離子傳輸膜層係包含能於提高溫度下輸送或滲入氧離子的混合型金屬氧化物之陶瓷膜材料的活性層。該離子傳輸膜層也可以輸送電子及氧離子，而且此類型的離子傳輸膜層通常被稱作混合型導體膜層。該離子傳輸膜層也可包括一或更多金屬元素藉以形成複合材料膜。

【0035】 該膜層，非常薄，通常由多孔性層支撐構造及/或肋形支撐構造支撐。該支撐構造一般由相同材料構成(亦即其具有相同化學組成)，以便避免熱膨脹失配。然而，該支撐構造有可能包含與該膜層不同的化學組成。

【0036】 膜單元，也叫做膜構造，包含供料帶、氧產物帶

及佈置於該供料帶與該氧產物帶之間的膜層。使含氧-及氮-的氣體通往該供料帶並且觸及該膜層之一側，使氧通過該膜層輸送，而且氧耗盡的氣體係從該供料帶抽出。氧氣產物，其可能含有至少 99.0 體積%氧，係從該膜單元的氧產物帶抽出。該膜單元可具有此技藝中已知的任何構形。當該膜單元具有平面構型時，其通常叫做“晶圓”。

【0037】 膜模組，有時候叫做“膜堆疊體”，包含多數膜單元。膜模組可能具有此技藝中已知的任何構形。

【0038】 “離子傳輸膜組合件，也叫做“離子傳輸膜系統”，包含一或更多膜模組、含有該一或更多膜模組的壓力容器及引進一或更多供料流並且抽出由該一或更多供料流構成的二或更多流出物流所需要的任何其他組件。該等其他組件可包含如此技藝中已知的流量包容導管(flow containment duct)、絕緣體、歧管等等。當使用二或更多膜模組時，於離子傳輸膜組合件中的二或更多膜模組可並聯及/或串聯佈置。

【0039】 美國專利第 5,681,373 號及第 7,179,323 號中描述過示範性離子傳輸膜層、膜單元、膜模組及離子傳輸膜組合件(系統)，在此以引用的方式完全地併入本文。

【0040】 參照圖 1，該設備包含多數包括第一離子傳輸膜組合件 10 及第二離子傳輸膜組合件 20 的離子傳輸膜組合件。該第一離子傳輸膜組合件 10 具有用於將含氧-及氮-的氣體 5 引進該第一離子傳輸膜組合件 10 的入口、用於從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出氧耗盡的氣體 13 的第一出口及用於從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出氧產物氣體 15 的第二

出口。

【0041】 該設備也包含一渦輪膨脹機 40，其具有用於將渦輪膨脹機供料 85 引進該渦輪膨脹機 40 的入口，該渦輪膨脹機供料 85 由第一部分的氧耗盡的氣體 13 構成；及用於從該渦輪膨脹機 40 抽出排氣 45 的出口。該渦輪膨脹機 40 的入口在與該第一離子傳輸膜組合件 10 的第一出口流體流通的下游。導管係以操作的方式佈置於該第一離子傳輸膜組合件 10 與渦輪膨脹機 40 之間，以提供介於該等裝置之間的流體流通。熱可以從該渦輪膨脹機 40 的排氣 45 回收。

【0042】 渦輪膨脹機，也稱作渦輪式膨脹機、熱氣膨脹機或膨脹渦輪機，係使氣體於第一較高壓力下通過它來膨脹以產生功及於第二較低壓力的氣體的任何裝置。由該渦輪膨脹機所生產的功可用以驅動壓縮器、發電器或其他此技藝中已知的適合裝置。

【0043】 該渦輪膨脹機供料係由第一部分之氧耗盡的氣體 13 構成意指該第一部分係用以構成該渦輪膨脹機供料 85。該渦輪膨脹機供料可爲該氧耗盡的氣體 13 之分割部分，其中該渦輪膨脹機供料具有與從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出之氧耗盡的氣體的相同組成。

【0044】 該第二離子傳輸膜組合件 20 具有用於將供料 19 引進該第二離子傳輸膜組合件 20 的入口，該供料 19 由第二部分之氧耗盡的氣體 13 構成。該第二離子傳輸膜組合件 20 具有用於抽出氮產物氣體 23 的氮產物出口，及用於從該第二離子傳輸膜組合件 20 抽出氧產物氣體 25 的另一出口。該第

二離子傳輸膜組合件 20 的入口在與該第一離子傳輸膜組合件 10 的第一出口流體流通的下游。導管係操作方式佈置於該第一離子傳輸膜組合件 10 與該第二離子傳輸膜組合件 20 之間，以提供該等裝置之間的流體流通。

【0045】 該送往第二離子傳輸膜組合件 20 的供料 19 係由該第二部分之氧耗盡的氣體 13 構成意指該第二部分係用以構成該送往該第二離子傳輸膜組合件的供料 20。該送往第二離子傳輸膜組合件 20 的供料 19 可爲一分割部分之氧耗盡的氣體 13，其中該供料具有與從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出之氧耗盡的氣體。

【0046】 如該圖形所示，該送往渦輪膨脹機 40 的供料及該送往第二離子傳輸膜組合件 20 的供料係由分離部分之氧耗盡的氣體 13 構成。該第二離子傳輸膜組合件 20 不在與該渦輪膨脹機 40 流體流通的下游而且該渦輪膨脹機 40 不在與該第二離子傳輸膜組合件 20 流體流通的下游。

【0047】 該設備可另外包含一任意氧壓縮機 100。該氧壓縮機 100 具有入口及出口。該氧壓縮機的入口在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體之第一離子傳輸膜組合件 10 的第二出口及用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體之第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口之至少其一流體流通的下游。該氧壓縮機 100 可以在與該第一離子傳輸膜組合件 10 的第二出口及該第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口二者流體流通的下游。

【0048】 該圖形顯示將來自該第一離子傳輸膜組合件 10

的氧產物氣體及來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體二者送到一共同壓縮器 100 二者的的具體實施例。導管係以操作方式佈置在用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體之第一離子傳輸膜組合件 10 的第二出口流體流通的下游。另一導管係以操作方式佈置在與用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體之第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口流體流通的下游。另一導管係以操作方式佈置在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體及來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的二其他導管流體流通的下游。如該圖形所示，該氧壓縮機 100 具有在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件及該第二離子傳輸膜組合件二者的氧產物氣體之導管流體流通的下游。

【0049】 該設備可另外包含至少一適於控制該渦輪膨脹機供料 85 送往該渦輪膨脹機 40 的流速及/或該供料送往該第二離子傳輸膜組合件 20 的流速之流量控制裝置 6, 8。一或更多流量控制裝置可被安裝於該設備的任何適合部位以變化該氧耗盡的氣體送往該渦輪膨脹機 40 及該第二離子傳輸膜 20 的分流。

【0050】 該設備可另外包含具有燃燒器的氣體渦輪燃機 50，該燃燒器具有燃燒帶及稀釋帶。該燃燒帶及/或該稀釋帶可能在與該第二離子傳輸膜組合件 20 的氮產物氣體出口流體流通的下游，該氮產物氣體出口係用於將該來自第二離子傳輸膜組合件 20 氮產物氣體供入該氣體渦輪燃機 50 的燃燒帶及/或該稀釋帶。該氣體渦輪燃機 50 也可能具有用於引進燃料

51 的入口、用於引進含氧氣體 53 的入口及用於排放排氣 57 的排氣管。氣體渦輪燃機可在市場上購得。

【0051】 該方法將參照該圖形來描述。

【0052】 該方法包含將包含氧及氮並且溫度介於 750°C 至 950°C 且壓力介於 689 kPa (100 psia)至 4136 kPa (600 psia)的含氧-及氮-的氣體引進該第一離子傳輸膜組合件 10。含氧-及氮-的氣體係定義爲至少包含氧及氮並且可能含有其他組分，舉例來說氬、二氧化碳、一氧化碳及/或水的氣體。任何配合離子傳輸膜組合件使用之已知的含氧-及氮-的氣體均可使用。該含氧-及氮-的氣體可爲，舉例來說，空氣、氧耗盡的空氣或富氧空氣。該含氧-及氮-的氣體可能從燃料貧乏下(且因此具有比燃燒所有燃料所需的氧還過量的氧)運轉的燃燒器排出。

【0053】 該含氧-及氮-的氣體中的氧係通過一或更多膜單元輸送以形成於該一或更多膜單元的供料側之氧耗盡的氣體及於一或更多膜單元的產物側之氧產物氣體。該方法包含從該第一離子傳輸膜組合件抽出氧耗盡的氣體，並且從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出氧產物氣體以提供總體氧產物的一部分。該方法操作時可以使該氧耗盡的氣體於介於約 689 kPa (100 psia)至約 4136 kPa (600 psia)的壓力及介於 750°C 至 950°C 的溫度下抽出。該方法可以在任何再壓縮至最終使用壓力的步驟以前操作使該氧產物氣體於介於約 20 kPa (3 psia)至約 172 kPa (25 psia)的壓力下抽出。

【0054】 該方法接著包含將該氧耗盡的氣體 13 至少分成

第一部分及第二部分。必要的話可以將該氧耗盡的氣體 13 分成另外的部分。該第一部分可爲第一分割部分。該第二部分可爲第二分割部分。該氧耗盡的氣體可藉由此技藝中已知的任何適合裝置分開，舉例來說"T"形接頭或歧管等。或者，該氧耗盡的氣體可藉由提供多於一來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的出口加以分開。

【0055】 該方法包含使渦輪膨脹機供料 85 於該渦輪膨脹機 40 中膨脹以回收軸功或電能並且提供來自該渦輪膨脹機 40 的排氣流 45。該渦輪膨脹機供料 85 係由該第一部分之氧耗盡的氣體 13 構成。

【0056】 該方法另外包含將該第二部分之氧耗盡的氣體 13 構成的供料 19 引進該第二離子傳輸膜組合件 20。由該第二部分之氧耗盡的氣體構成的供料可具有介於 750°C 至 950°C 的溫度及介於約 689 kPa (100 psia)至約 4136 kPa (600 psia)的壓力。該供料中的氧係通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的一或更多膜單元運輸以形成於該第二離子傳輸膜組合件 20 的一或更多膜單元之側料側的富氮氣體及於該第二離子傳輸膜組合件 20 的一或更多膜單元之產物側的第二氧產物氣體。該方法包含從該第二離子傳輸膜組合件 20 抽出壓力介於約 689 kPa (100 psia)至約 4136 kPa (600 psia)的氮產物氣體 23 並且從該第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口抽出氧產物氣體 25。

【0057】 該方法操作時可以，舉例來說，使該氮產物氣體中的氧濃度低於約 2 莫耳%氧。具有小於約 2 莫耳%氧的氮產

物氣體可能適合當稀釋劑使用以藉由將該氮產物氣體直接引進該氣體渦輪機燃燒器或該氣體渦輪機機殼，或先摻混該氮產物氣體與另一物流例如一部分的壓縮空氣流或燃料流，並且接著將該摻混流引進該氣體渦輪機燃燒器，藉由將該氮產物氣體間接引進該氣體渦輪機燃燒器控制氣體渦輪機，也叫做燃氣渦輪機，中的 NOx 形成。

【0058】 生產具有小於約 2 莫耳%氧的氮可藉由將該第二離子傳輸膜組合件 20 中處理的第二部分之氧耗盡的氣體限於僅生產所欲的氮產物流速所需的量而促進。此佈置需要比將所有原始的含氧-及氮-的氣體處理到降至小於約 2 莫耳%氧更小的膜面積。

【0059】 從該等物流中的多種不同物種之質量平均，技巧純熟者可以求得進入及離開該第一離子傳輸膜組合件 10 及該第二離子傳輸膜組合件 20 的多種不同物流之流速及組成。該第二部分之氧耗盡的氣體從該第一離子傳輸膜組合件送往該第二離子傳輸膜組合件的流速可以從此質量平衡求得。

【0060】 一旦知道供至各離子傳輸膜組合件的含氧-及氮-的氣體的流速及組成，以及來自各離子傳輸膜組合件的個別氧產物流速，熟於此技藝者便能能求得所需的膜表面積，或所需的膜單元或模組數目。多數模組可用以預測在指定加工條件下每單位面積膜的氧通量。適合的模組可在文獻中獲得。

【0061】 一般，膜組合件的氧生產力可藉由增加膜表面積(例如添加膜單元)或增加通過該組合件中的膜單元的氧通量而提高。通過該第一組合件中的膜的氧通量可藉由提高該含

氧-及氮-的供料氣體的壓力，及/或降低該氧產物壓力，及/或提高該組合件中的膜單元的溫度而增加。同樣地，該壓力及/或溫度可經調節以提高或降低通過所欲的第二離子傳輸膜組合件的膜單元的氧通量。

【0062】 該方法可另外包含選擇該含氧-及氮-的氣體、來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體、來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體及該第二部分之氧耗盡的氣體的操作壓力範圍。該方法也可包含選擇該第一及第二離子傳輸膜組合件的操作溫度範圍。該等離子傳輸膜組合件各自包含大量膜單元，而且可在各離子傳輸膜組合件中裝設足夠數目的膜單元以就所選定的壓力範圍及溫度範圍提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的富氮氣體。

【0063】 該第二部分之氧耗盡的氣體具有一莫耳流量率而且提供該氮產物氣體中小於約 2 莫耳%氧的方法操作可取決於該第二部分之氧耗盡的氣體的莫耳流量率。具有小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體之生產也取決於該第一離子傳輸膜組合件 10 中的膜單元數目(亦即膜表面積)及該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜單元數目。該方法可包含在該第一離子傳輸膜組合件及第二離子傳輸膜組合件各者中提供足量的膜單元以提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體。熟悉此技藝者能決定能提供具有小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體的足量或必需的膜單元數目而不需過度實驗。

【0064】 就該第二部分 1 氧耗盡的氣體的莫耳流量率而言爲了提供具有小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體，該方法可另外

包含以下一或更多：調節或調整該含氧-及氮-的氣體的壓力、調節或調整來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體的壓力、調節或調整來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力、調節或調整該第二部分之氧耗盡的氣體的壓力、調節或調整該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度及調節或調整該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度。

【0065】 提高該含氧-及氮-的氣體的壓力將增加通過該第一離子傳輸膜組合件 10 中的膜之氧通量並且從而降低該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將降低該氮產物氣體 23 中的氧濃度。降低該含氧-及氮-的氣體的壓力將降低 the 通過該第一離子傳輸膜組合件 10 中的膜的氧通量並且從而提高該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。該含氧-及氮-的氣體的濃度可藉由調節或調整提供入口氣體給該系統的供應壓縮器的排放壓力而提高或降低。

【0066】 降低來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體的壓力將提高通過該第一離子傳輸膜組合件 10 的膜的氧通量並且從而降低該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將降低該氮產物氣體 23 中的氧濃度(附帶條件爲該流量不會被閥 6 或 8 改變)。提高來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力將降低通過該第一離子傳輸膜組合件中的膜的氧通量並且從而提高該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體的壓力可藉由調節或調整連至該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧壓縮裝備的吸取壓力，或藉由調節或調整背

壓控制閥(沒顯示)而提高或降低。

【0067】 降低來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的壓力將增加通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而降低該氮產物氣體中的氧濃度。提高來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的壓力將降低通過該第二離子傳輸膜組合件中的膜的氧通量並且從而提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的壓力可藉由調節或調整連至該第二離子傳輸膜組合件的氧壓縮裝備的吸取壓力，或藉由調節或調整背壓控制閥(沒顯示)而提高或降低。用於該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧壓縮裝備可以與該第一離子傳輸膜組合件 10 共用。或者，用於該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧壓縮裝備可獨立於用於該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧壓縮裝備。

【0068】 提高該第二部分之氧耗盡的氣體 13 的壓力將提高通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而降低該氮產物氣體中的氧濃度。降低該第二部分之氧耗盡的氣體 13 的壓力將降低通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。該第二部分之氧耗盡的氣體的壓力可藉由壓縮器來提高或藉由壓力控制閥來降低，但是比在此處列示並且考慮從當下的任何壓力改變此排出該第一離子傳輸膜組合件 10 的壓力的其他選項更不實用。

【0069】 提高該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度將提高通過該第一離子傳輸膜組合件 10 的膜的氧通量並且從而降低

該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將降低該氮產物氣體 23 中的氧濃度。降低該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度將降低通過該第一離子傳輸膜組合件 10 的膜的氧通量並且從而提高該氧耗盡的氣體 13 中的氧濃度，其接著將提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度可藉由調節或調整在該第一離子傳輸膜組合件 10 的上游輸入該含氧-及氮-的氣體 5 的熱(例如，調整輸入直接-或間接-點火的加熱器的燃料)而提高或降低。

【0070】 提高該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度將增加通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而降低該氮產物氣體 23 中的氧濃度。降低該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度將降低通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而提高該氮產物氣體中的氧濃度。該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度可藉由調節或調整在該第二離子傳輸膜組合件 20 的上游輸入該第二部分之氧耗盡的氣體 13 的熱而提高或降低，但是比在此處列示並且考慮從當下的任何溫度改變此排出該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度的其他選項更不實用。

【0071】 來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體的壓力可以在任何再壓縮至最終使用壓力的步驟以前調節或調整至來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體壓力的約 20 kPa (3 psi)以內。在此情況中，共用的氧冷卻系統及/或共用的壓縮裝備能用於整個離子傳輸膜系統。.將來自該第一和第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力調節或調整成

大約相同提供單一壓縮裝置能用於二組合件的益處。

【0072】 如以上討論的，因爲該富氮氣體可以從該第二離子傳輸膜組合件 20 抽出具有小於約 2 莫耳%氧，該氮產物氣體可能適用於當控制氣體渦輪機中的 NOx 形成的稀釋劑使用。該方法可另外包含將至少一部分氮產物當低氧含量稀釋氣體 55 引進氣體渦輪機 50，也叫做燃氣渦輪機，的燃燒器。該氣體渦輪機燃燒器 50 可具有燃燒帶及在該燃燒帶下游的稀釋帶。該低氧含量稀釋氣體 55 可以被引進該燃燒器的燃燒帶及/或稀釋帶。一部分的低氧含量稀釋氣體 55 可以與該燃料摻混。該低氧含量稀釋氣體可以於 689 kPa (100 psia)至約 4136 kPa (600 psia)的壓力下引進該氣體渦輪機。該從該第二離子傳輸膜組合件抽出的氮產物可能具有足夠的壓力使該氮產物可以引進該氣體渦輪機當該低氧含量稀釋氣體而不需進一步壓縮。

【0073】 所欲的氮產物流速可以決定來自該第一離子傳輸膜組合件 10 之氧耗盡的流之分割所以不用不必要地生產過量的氮產物，藉以將原始設立於各離子傳輸膜組合件中的必需膜表面積最小化。該含氧-及氮-的氣體送往該第一離子傳輸膜組合件 10 的供料壓力可以經調節或調整以便使該第二離子傳輸膜組合件 20 的氮產物氣體可用於該氣體渦輪機或其他裝置而不需進一步的壓縮。

【0074】 離子傳輸膜組合件必需的膜表面積係定義爲於該供料側和產物側的指定加工條件組合(亦即溫度、壓力及氧濃度)下依照，舉例來說，平方米測得的膜量運輸所欲的氧流

速。

【0075】 該圖形中的示意流程圖中舉例說明本發明的示範具體實施例。熱的、增壓的含氧-及氮-之氣流 5，通常爲空氣，係經由來自上游壓縮及加熱裝置(沒顯示)的導管於介於 689 kPa (100 psia)與 4136 kPa (600 psia)之間的典型壓力及介於 750°C 與 950°C 之間的典型溫度下提供。將此供料氣體引進據顯示具有將該組合件分成供料側或帶 17 及產物側或帶 18 的膜 11 之代表性離子傳輸膜組合件 10。這是舉例說明此處討論的方法的示意圖，而且並不意指描述以上界定的實際離子傳輸膜組合件。

【0076】 通常含有高於 99.0 莫耳%氧的高純度氧產物氣體 15 係經由導管抽出，而且通常含有 3 至 16 莫耳%氧的氧耗盡的氣體 13 係經由另一導管抽出。

【0077】 將來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧耗盡的氣體 13 分成第一部分及第二部分，各分割部分的量係藉由操作流量控制裝置 6 及 8 來控制。該第一部分係經由導管運輸至渦輪膨脹機 40，而且該第二部分係經由另一導管運輸至該第二離子傳輸膜組合件 20。閥及孔口係流量控制裝置的實例。或者，這些流量控制裝置之一可用以控制該分流器及其他沒使用的流量控制裝置。

【0078】 使該第一部分之氧耗盡的氣體 13 於渦輪膨脹機 40 中膨脹以回收軸功或電能，並且經由導管從該渦輪膨脹機 40 抽出低壓(LP)富氮排氣 45。

【0079】 該第二部分之氧耗盡的氣體 13 係經由導管引進

據圖示具有將該組合件分成供料側或帶 27 及產物側或帶 28 的膜 21 之第二離子傳輸膜組合件 20。通常含有 99.0 莫耳% 氧的額外氧產物氣體 25 係經由導管抽出，而且更進一步比起該第二部分之氧耗盡的氣體 13，耗盡氧的氮產物氣體 23 係經由通常含有，舉例來說，1.5 至 5 莫耳%氧的導管抽出。該氮產物氣體可能含有小於約 2 莫耳%氧。

【0080】 該第一離子傳輸膜組合件 10 及該第二離子傳輸膜組合件 20 的示意圖各自代表以上定義的任何組合件。一組合件可包含一或更多串聯及/或並聯流動構型的模組。如上所述，示範離子傳輸膜、膜單元、膜模組及膜組合件(系統)係描述於美國專利第 5,681,373 號及第 7,179,323 號，在此以引用的方式完全地併入本文。

【0081】 第一段及第二段離子傳輸膜組合件 10 及 20 可以經設計並且操作使該等氧氣流 15 及 25 的壓力基本上相等，亦即，來自該二階段的物流壓力之間的絕對差數可能小於 20 kPa (3 psi)。此構型係圖示於該等氧氣流 15 及 25 於任意產物任意氧壓縮機 100 中任意結合並且任意壓縮以提供壓縮的氧產物之圖形中。該等氧氣流 15 及 25 可能必需在壓縮以前冷卻(沒顯示)。該冷卻可能在該等物流結合之前或之後發生。

【0082】 該高壓(HP)氮產物氣體 23 可當稀釋劑或稀釋氣體利用以控制氣體渦輪機 50 中的氮氧化物(NOx)形成。典型氣體渦輪機系統的燃燒器可能包含燃燒帶及稀釋帶，而且該燃燒帶可具有主要及次要燃燒區。該燃燒帶及稀釋帶可佈置於一內襯中，該內襯接著佈置於該燃燒器系統的外殼中。用

於本文時該措辭"稀釋劑"意指具有比該氧化劑氣體氧濃度更低的氣體，該氧化劑氣體於該氣體渦輪機系統中與燃料一起燃燒。該氮產物氣體，或衍生自該氮產物氣體的任何部分的氣體，可於該氣體渦輪機燃燒器中的任何所欲位置引進以控制該氣體渦輪機 50 中的氮氧化物(NOx)形成。該氮產物氣體較佳可於 1724 kPa (250 psia)與 3103 kPa (450 psia)之間的壓力下生產。

【0083】 在利用該氮產物氣體 23 的具體實施例中，該等離子傳輸膜組合件可經設計並且操作以便使該氮產物氣體的氧含量小於約 2 莫耳%。這可藉由選擇設計及操作特徵例如源於離子傳輸膜組合件 10 及 20 各者中所用的膜單元數目之總膜表面積、該第一及第二部分之氧耗盡的氣體 13 的流量比及該操作該供料及/或氧產物壓力及/或該組合件的溫度達到。

【0084】 來自第一離子傳輸膜組合件 10 並且送到該圖形的具體實施例中的膨脹器 40 之氧耗盡的氣體可以經挑選以便使送到第二離子傳輸膜組合件 20 之氧耗盡的部分的氮含量匹配所欲的氮產物流速。換句話說，所欲的氮生產速率能求得第一部分氧耗盡的部分之分割所以不用不必要地生產過量的氮，藉以必需將膜表面積最小化。最後，送往第一離子傳輸膜組合件 10 的含氧氣體 5 之空氣供料壓力可以經選擇以便使該來自第二離子傳輸膜組合件 20 之氮產物能於壓力下使用而不需進一步壓縮。舉例來說，用於 GE 7FB 氣體渦輪機的稀釋劑壓力規格大約是 2.7 MPa (400 psia)。當考慮多個不同必需的單元操作的壓降時，送到第一離子傳輸膜組合件 10 的所欲

空氣供料壓力將會是約 3.0 MPa (430 psia)。此壓力能提供充分的驅動力以達到必需的氧運輸率，該必需的氧運輸率將會於合理的氧產物壓力及膜表面積要件下產生該氮產物所欲的氧含量，亦即，小於約 2 莫耳%。

【符號說明】

【0085】

1 示意流程圖

5 含氧-及氮-的氣體

6 流量控制裝置

8 流量控制裝置

10 第一離子傳輸膜組合件

11 第一離子傳輸膜

13 氧耗盡的氣體

15 氧產物氣體

17 供料側

18 產物側

19 供料

20 第二離子傳輸膜組合件

21 第二離子傳輸膜

23 氮產物氣體

25 氧產物氣體

27 供料側

28 產物側

40 渦輪膨脹機

45 排氣

50 氣體渦輪燃機

51 燃料

53 含氧氣體

55 稀釋氣體

57 排氣

85 渦輪膨脹機供料

100 氧壓縮機

申請專利範圍

1. 一種用於生產共同產物氧流及氮流之設備，該設備包含：

一第一離子傳輸膜組合件，其具有用於將包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體引進該第一離子傳輸膜組合件的入口、用於從該第一離子傳輸膜組合件抽出氧耗盡的氣體的第一出口及用於從該第一離子傳輸膜組合件抽出氧產物氣體的第二出口；

一渦輪膨脹機，其具有用於將渦輪膨脹機供料引進該渦輪膨脹機的入口、由第一部分之氧耗盡的氣體構成的渦輪膨脹機供料及用於從該渦輪膨脹機抽出排氣的出口，該渦輪膨脹機的入口在與該第一離子傳輸膜組合件的第一出口流體流通的下游；及

一第二離子傳輸膜組合件，其具有用於將供料引進該第二離子傳輸膜組合件的入口、由第二部分之氧耗盡的氣體構成的供料、用於抽出氮產物氣體的第一出口及用於從該第二離子傳輸膜組合件抽出氧產物氣體的第二出口，該第二離子傳輸膜組合件的入口在與該第一離子傳輸膜組合件的第一出口流體流通的下游；

其中該第二離子傳輸膜組合件不在與該渦輪膨脹機流體流通的下游，而且

其中該渦輪膨脹機不在與該第二離子傳輸膜組合件流體流通的下游。

2. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其另外包含：

具有入口和出口的氧壓縮機，該氧壓縮機的入口在與用於

接收來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體之第一離子傳輸膜組合件的第二出口及用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體之第二離子傳輸膜組合件的第二出口中之至少其一流體流通的下游。

3. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其另外包含：

具有入口和出口的氧壓縮機，該氧壓縮機的入口在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體之第一離子傳輸膜組合件的第二出口及用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體之第二離子傳輸膜組合件的第二出口流體流通的下游。

4. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其另外包含至少一適於控制該渦輪膨脹機供料送往該渦輪膨脹機的流速及/或該供料送往該第二離子傳輸膜組合件的流速之流量控制裝置。

5. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其另外包含具有燃燒器的氣體渦輪燃機，該燃燒器具有燃燒帶及稀釋帶，該氣體渦輪燃機具有用於引進低氧含量稀釋氣體的入口、由該氮產物氣體構成的低氧含量稀釋氣體、用於引進燃料的入口及用於引進含氧氣體的入口，該燃燒帶及/或稀釋帶在與用於接收由該氮產物氣體構成的低氧含量稀釋氣體之第二離子傳輸膜組合件的第一出口流體流通的下游。

6. 一種用於生產共同產物氧流及氮流之方法，該方法包含：

提供申請專利範圍第 1 項之設備；

將該包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體引進該第一離子傳輸膜組合件的入口，該含氧-及氮-的氣體具有介於 750°C 至 950°C 的溫度及介於 689 kPa 至 4136 kPa 的壓力，從該第一離子傳輸膜組合件的第一出口抽出該氧耗盡的氣體，並且從該第一離子傳輸膜組合件的第二出口抽出該第一氧產物氣體；

將該氧耗盡的氣體分成該第一部分及該第二部分；

使由該渦輪膨脹機中的第一部分之氧耗盡的氣體構成的渦輪膨脹機供料膨脹以回收軸功或電能並且提供該渦輪膨脹機的排氣；及

將該第二部分之氧耗盡的氣體構成的供料引進該第二離子傳輸膜組合件的入口，抽出來自該第二離子傳輸膜組合件之壓力介於 689 kPa 至 4136 kPa 的氮產物氣體，並且抽出來自該第二離子傳輸膜組合件的第二出口的氧產物氣體。

7. 一種使用申請專利範圍第 1 項之設備生產共同產物氧流及氮流之方法，該方法包含：

將該包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體引進該第一離子傳輸膜組合件的入口，該含氧-及氮-的氣體具有介於 750°C 至 950°C 的溫度及介於 689 kPa 至 4136 kPa 的壓力，從該第一離子傳輸膜組合件的第一出口抽出該氧耗盡的氣體，並且從該第一離子傳輸膜組合件的第二出口抽出該氧產物氣體；

將該氧耗盡的氣體分成該第一部分及該第二部分；

使由該渦輪膨脹機中的第一部分之氧耗盡的氣體構成的渦輪膨脹機供料膨脹以回收軸功或電能並且提供該渦輪膨脹機的排氣；及

將該第二部分之氧耗盡的氣體構成的供料引進該第二離子傳輸膜組合件的入口，抽出來自該第二離子傳輸膜組合件之壓力介於 689 kPa 至 4136 kPa 的氮產物氣體，並且抽出來自該第二離子傳輸膜組合件的第二出口的氧產物氣體。

8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體壓力係調節至來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體壓力的 20 kPa 範圍以內。

9. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其另外包含：

選擇該含氧-及氮-的氣體的操作壓力範圍；

選擇來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的操作壓力範圍；

選擇來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的操作壓力範圍；

選擇送往該第二離子傳輸膜組合件的供料的操作壓力範圍；

選擇該第一離子傳輸膜組合件的操作溫度範圍；及

選擇該第二離子傳輸膜組合件的操作溫度範圍；

其中該第一離子傳輸膜組合件包含第一數目的膜單元而且該第二離子傳輸膜組合件包含第二數目的膜單元，而且其中

該第一數目的膜單元及該第二數目的膜單元各自對於就該含氧-及氮-的氣體所選定的操作壓力範圍、就來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體所選定的操作壓力範圍、就來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體所選定的操作壓力範圍、就送往該第二離子傳輸膜組合件的供料所選定的操作壓力範圍、就該第一離子傳輸膜組合件所選定的操作溫度範圍及該第二離子傳輸膜組合件的操作溫度範圍依照足以提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體的數目裝設。

10.如申請專利範圍第 7 項之方法，其中該第二離子傳輸膜組合件的供料具有一莫耳流量率，而且其中該第一離子傳輸膜組合件包含第一數目的膜單元而且該第二離子傳輸膜組合件包含第二數目的膜單元，其中該第一數目的膜單元及該第二數目的膜單元足以提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體，該方法另外包含：

調節該含氧-及氮-的氣體的壓力；

調節來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力；

調節來自該第二離子傳輸膜組合件的第二氧產物氣體的壓力；

調節送往該第二離子傳輸膜組合件的供料的壓力；

調節該第一離子傳輸膜組合件的溫度；及

調節該第二離子傳輸膜組合件的溫度；

其中該含氧-及氮-的氣體的壓力、來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力、來自該第二離子傳輸膜組合件

的氧產物氣體的壓力、送往該第二離子傳輸膜組合件的供料的壓力、該第一離子傳輸膜組合件的溫度及該第二離子傳輸膜組合件的溫度係經調節以就送往該第二離子傳輸膜組合件的供料的莫耳流量率提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體。

11. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其另外包含將低氧含量稀釋氣體引進氣體渦輪機的燃燒器，該低氧含量稀釋氣體由該氮產物氣體構成。

圖式

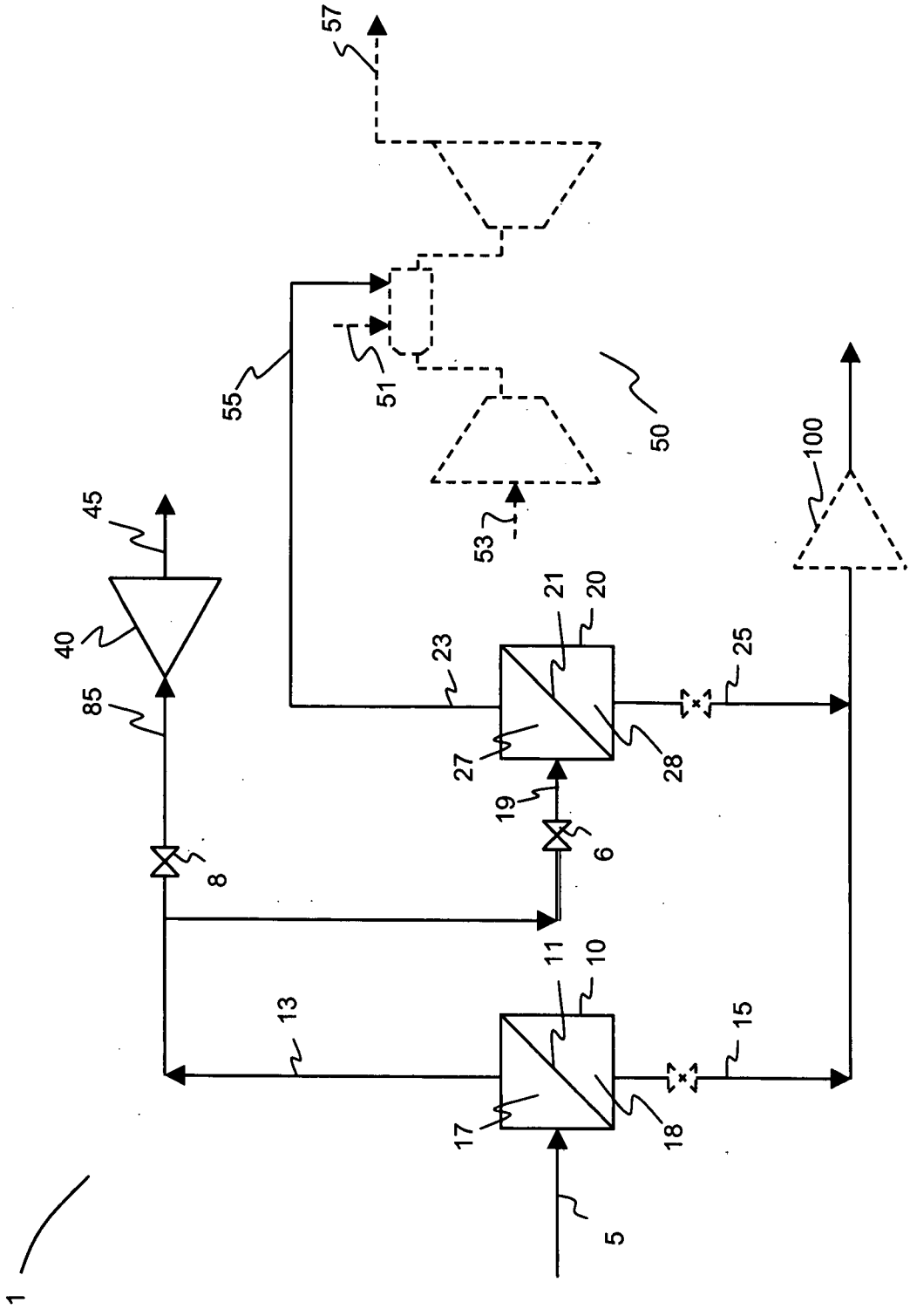


圖 1

(2014年3月修正)

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

使用離子傳輸膜生產氧及氮的方法及設備

Process and Apparatus for Producing Oxygen and Nitrogen Using Ion Transport Membranes

【技術領域】

相關申請案之相互參照

【0001】 本案請求2013年2月28日申請的美國臨時專利申請案序號第61/770,761號，發明名稱爲“使用離子傳輸膜生產氣及氮的方法及設備”，的優先權，在此以引用的方式併入本文。

關於聯邦政府資助的研究或發展的現況

【0002】 本發明由政府支持依據氣體產品及化學品股份有限公司與美國能源部門之間的合作計畫第DE-FC26-98FT40343號完成。美國政府在本發明中有一定的權利。

【0003】 本發明關於使用離子傳輸膜生產氧及氮的設備及方法。

【先前技術】

【0004】 空氣能於高溫下分離以使用混合型導電性多組分金屬氧化物膜生產高純度氧。這些膜藉由選擇性地運輸氧

離子而運作而且可以稱作離子傳輸膜。離子傳輸膜中所用的混合型導電性多組分金屬氧化物材料同時傳導氧離子和電子，其中被運輸的氧離子於該膜的產物側再結合而形成氧氣。

【0005】 送往離子傳輸膜分離系統的供料氣體係爲含氧-及氮-的氣體(舉例來說，空氣)，該氣體在達到該膜系統以前被加壓並且加熱至在 0.7 MPa (100 psia)至 4.1 MPa (600 psia)的範圍中之壓力及在 750°C 至 950°C 的範圍中之溫度。該供料氣體的一部分經過該膜運輸而且按照熱的高純度氧產物回收。該供料氣體的剩餘部分耗掉局部的氧並且還含有顯著量的熱能和壓能。

【0006】 該熱的、增壓的、氧耗盡的氣體可用於許多程序應用。舉例來說，該氧體中的顯著量的熱能和壓能可回收於膨脹渦輪機以改善產生氧的總經濟。該離子傳輸膜系統可依照各種程序佈置與氣體渦輪機(燃氣渦輪機)系統整合以使二系統的運轉最適化。

【0007】 打算生產噸位量的氧之離子傳輸膜(ITM)系統使用根據供料側與產物側之間的氧分壓差異運輸氧的混合型導電性多組分金屬氧化物膜材料。結果，當該供料中的氧分壓等於該產物中的氧分壓時發生最大的理論氧回收率。而且必需有龐大的膜面積達到此情況。舉例來說，就於 103 kPa (15 psia) (pO_2=103 kPa (15 psia))下的純氧產物及於 2068 kPa (300 psia)下含有 20 莫耳%氧(pO_2=413 kPa (60 psia))的含氧-及氮-的氣體供料來說， 當該氧耗盡的氣流中保有 5 莫耳%氧時發生最大的理論氧回收率。按照實務上經濟的方式，該氧耗盡

的流可能含有再多幾莫耳%的氧。因此，難以設計出 ITM 系統以生產具有低氧含量的高壓氮產物，而且從該氧耗盡的流移除僅存少許百分比的氧可能需要非常大的膜表面積。

【0008】 關於 ITM 系統的合作應用涉及整體氣化聯合環循(IGCC)設備，其通常需要大量供氣化用的氧及供當稀釋劑使用的富氮氣體以控制氣體渦輪機中的 NOx 生成。供此稀釋劑氮流用的典型最大氧含量係爲約 2 莫耳%，但是在某些具有輪替燃燒控制計畫的應用，例如用於 NOx 控制，中可使用達 16 莫耳%的濃度。達到低於約 2 莫耳%的氧含量之一方式係簡單擴大總壓力的界限(亦即，提高該 ITM 供料氣體壓力及/或降低該氧產物壓力)直到該氧耗盡的流配合合理的膜面積要求達到所欲的氧含量爲止。此計畫導致資本及主要輔助裝備例如，舉例來說，需要較高壓力比、較大壓縮機驅動馬達、用於高溫熱交換器的較高額定壓力或用於氧冷卻裝備和輸送管的較低壓降容限之空氣及/或氧壓縮機，的操作成本顯著增加。另一達成小於約 2 莫耳%的氧含量之替代方案在准予 Keskar 等人的 EP 0 916 385 A1 討論過，其中將來自離子傳輸分離器的滯留物流送到反應洗淨的離子傳輸分離器。該反應洗淨的離子傳輸分離器擔任藉由離子傳輸將殘餘的氧分離至陽極的去氧單元(deoxo unit)的工作，殘餘的氧在陽極與燃料洗淨流反應以生產非常低的氧分壓並且從而增進氧移除作用。

【0009】 此技藝中需要共同生產高純度氧產物及富氮產物的改良型離子傳輸膜方法及系統。也必須藉由回收來自該

離子傳輸膜系統的任何熱增壓流出氣流的能量將這些方法的整體效率極大化。這些需求係由以下所述的發明具體實施例提出並且由後續申請專利範圍加以界定。

【發明內容】

【0010】 本發明關於使用離子傳輸膜生產氧及氮的設備及方法。

【0011】 有幾個如以下概述的設備及方法的形態。放在括弧中的參考號碼及符號表示以下引用圖形進一步說明的示範具體實施例。然而，該等參考號碼及符號僅爲了例示而且不會將該形態限於該示範具體實施例的任何特定組件或特徵。該等形態可依照放在括弧中的參考號碼及符號視需要而加以刪除或替代的申請專利範圍列出。

【0012】 形態 1. 一種用於生產共同產物氧流及氮流之設備，該設備包含：

一第一離子傳輸膜組合件(10)，其具有用於將包含氧及氮的含氧-及氮-的氣體(5)引進該第一離子傳輸膜組合件(10)的入口、用於從該第一離子傳輸膜組合件(10)抽出氧耗盡的氣體(13)的第一出口及用於從該第一離子傳輸膜組合件(10)抽出氧產物氣體(15)的第二出口；

一渦輪膨脹機(40)，其具有用於將渦輪膨脹機供料(85)引進該渦輪膨脹機(40)的入口、由第一部分之氧耗盡的氣體(13)構成的渦輪膨脹機供料及用於從該渦輪膨脹機(40)抽出排氣(45)的出口，該渦輪膨脹機(40)的入口在與該第一離子傳輸膜組合

【0029】 該片語“至少一部分”意指“一部分或所有”。該至少一部分物流可具有與衍生出彼的物流相同的組成。該至少一部分物流可包括衍生出彼的物流的指定組分。

【0030】 用於本文時一物流的“分割部分”係具有與取得該分割部分的物流相同化學組成的部分。

【0031】 用於本文時，“多數”意指二或更多。

【0032】 用於本文時，“流體流通”意指藉由一或更多導管、歧管及閥等操作性地連接以便轉移流體。導管係流體可通過彼輸送的任何輸送管、細管或通道等。除非另行指明，否則中間裝置，例如泵、壓縮機或閥，可擺在第一裝置及與彼流體流通的第二裝置之間。

【0033】 “下游”及“上游”表示被轉移的製程流體預期的流動方向。若該製程流體預期的流動方向係從該第一裝置至該第二裝置，則該第二裝置在與該第一裝置流體流通的下游。

【0034】 離子傳輸膜層係包含能於提高溫度下輸送或滲入氧離子的混合型金屬氧化物之陶瓷膜材料的活性層。該離子傳輸膜層也可以輸送電子及氧離子，而且此類型的離子傳輸膜層通常被稱作混合型導體膜層。該離子傳輸膜層也可包括一或更多金屬元素藉以形成複合材料膜。

【0035】 該膜層，非常薄，通常由多孔性層支撐構造及/或肋形支撐構造支撐。該支撐構造一般由相同材料構成(亦即其具有相同化學組成)，以便避免熱膨脹失配。然而，該支撐構造有可能包含與該膜層不同的化學組成。

【0036】 膜單元，也叫做膜構造，包含供料帶、氧產物帶

及佈置於該供料帶與該氧產物帶之間的膜層。使含氧-及氮-的氣體通往該供料帶並且觸及該膜層之一側，使氧通過該膜層輸送，而且氧耗盡的氣體係從該供料帶抽出。氧氣產物，其可能含有至少 99.0 體積%氧，係從該膜單元的氧產物帶抽出。該膜單元可具有此技藝中已知的任何構形。當該膜單元具有平面構型時，其通常叫做“晶圓”。

【0037】 膜模組，有時候叫做“膜堆疊體”，包含多數膜單元。膜模組可能具有此技藝中已知的任何構形。

【0038】 “離子傳輸膜組合件，也叫做“離子傳輸膜系統”，包含一或更多膜模組、含有該一或更多膜模組的壓力容器及引進一或更多供料流並且抽出由該一或更多供料流構成的二或更多流出物流所需要的任何其他組件。該等其他組件可包含如此技藝中已知的流量包容導管(flow containment duct)、絕緣體、歧管等等。當使用二或更多膜模組時，於離子傳輸膜組合件中的二或更多膜模組可並聯及/或串聯佈置。

【0039】 美國專利第 5,681,373 號及第 7,179,323 號中描述過示範性離子傳輸膜層、膜單元、膜模組及離子傳輸膜組合件(系統)，在此以引用的方式完全地併入本文。

【0040】 參照圖 1，該設備包含多數包括第一離子傳輸膜組合件 10 及第二離子傳輸膜組合件 20 的離子傳輸膜組合件。該第一離子傳輸膜組合件 10 具有用於將含氧-及氮-的氣體 5 引進該第一離子傳輸膜組合件 10 的入口、用於從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出氧耗盡的氣體 13 的第一出口及用於從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出氧產物氣體 15 的第二

出口。

【0041】 該設備也包含一渦輪膨脹機 40，其具有用於將渦輪膨脹機供料 85 引進該渦輪膨脹機 40 的入口，該渦輪膨脹機供料 85 由第一部分的氧耗盡的氣體 13 構成；及用於從該渦輪膨脹機 40 抽出排氣 45 的出口。該渦輪膨脹機 40 的入口在與該第一離子傳輸膜組合件 10 的第一出口流體流通的下游。導管係以操作的方式佈置於該第一離子傳輸膜組合件 10 與渦輪膨脹機 40 之間，以提供介於該等裝置之間的流體流通。熱可以從該渦輪膨脹機 40 的排氣 45 回收。

【0042】 渦輪膨脹機，也稱作渦輪式膨脹機、熱氣膨脹機或膨脹渦輪機，係使氣體於第一較高壓力下通過它來膨脹以產生功及於第二較低壓力的氣體的任何裝置。由該渦輪膨脹機所生產的功可用以驅動壓縮機、發電器或其他此技藝中已知的適合裝置。

【0043】 該渦輪膨脹機供料係由第一部分之氧耗盡的氣體 13 構成意指該第一部分係用以構成該渦輪膨脹機供料 85。該渦輪膨脹機供料可爲該氧耗盡的氣體 13 之分割部分，其中該渦輪膨脹機供料具有與從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出之氧耗盡的氣體的相同組成。

【0044】 該第二離子傳輸膜組合件 20 具有用於將供料 19 引進該第二離子傳輸膜組合件 20 的入口，該供料 19 由第二部分之氧耗盡的氣體 13 構成。該第二離子傳輸膜組合件 20 具有用於抽出氮產物氣體 23 的氮產物出口，及用於從該第二離子傳輸膜組合件 20 抽出氧產物氣體 25 的另一出口。該第

二離子傳輸膜組合件 20 的入口在與該第一離子傳輸膜組合件 10 的第一出口流體流通的下游。導管係操作方式佈置於該第一離子傳輸膜組合件 10 與該第二離子傳輸膜組合件 20 之間，以提供該等裝置之間的流體流通。

【0045】 該送往第二離子傳輸膜組合件 20 的供料 19 係由該第二部分之氧耗盡的氣體 13 構成意指該第二部分係用以構成該送往該第二離子傳輸膜組合件的供料 20。該送往第二離子傳輸膜組合件 20 的供料 19 可爲一分割部分之氧耗盡的氣體 13，其中該供料具有與從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出之氧耗盡的氣體。

【0046】 如該圖形所示，該送往渦輪膨脹機 40 的供料及該送往第二離子傳輸膜組合件 20 的供料係由分離部分之氧耗盡的氣體 13 構成。該第二離子傳輸膜組合件 20 不在與該渦輪膨脹機 40 流體流通的下游而且該渦輪膨脹機 40 不在與該第二離子傳輸膜組合件 20 流體流通的下游。

【0047】 該設備可另外包含一任意氧壓縮機 100。該氧壓縮機 100 具有入口及出口。該氧壓縮機的入口在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體之第一離子傳輸膜組合件 10 的第二出口及用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體之第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口之至少其一流體流通的下游。該氧壓縮機 100 可以在與該第一離子傳輸膜組合件 10 的第二出口及該第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口二者流體流通的下游。

【0048】 該圖形顯示將來自該第一離子傳輸膜組合件 10

的氧產物氣體及來自該第二離子傳輸膜組合件20的氧產物氣體二者送到一共同壓縮機 100 二者的的具體實施例。導管係以操作方式佈置在用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體之第一離子傳輸膜組合件10的第二出口流體流通的下游。另一導管係以操作方式佈置在與用於接收來自該第二離子傳輸膜組合件20的氧產物氣體之第二離子傳輸膜組合件 20 的第二出口流體流通的下游。另一導管係以操作方式佈置在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件10的氧產物氣體及來自該第二離子傳輸膜組合件20的氧產物氣體的二其他導管流體流通的下游。如該圖形所示，該氧壓縮機 100 具有在與用於接收來自該第一離子傳輸膜組合件及該第二離子傳輸膜組合件二者的氧產物氣體之導管流體流通的下游。

【0049】 該設備可另外包含至少一適於控制該渦輪膨脹機供料 85 送往該渦輪膨脹機 40 的流速及/或該供料送往該第二離子傳輸膜組合件 20 的流速之流量控制裝置 6, 8。一或更多流量控制裝置可被安裝於該設備的任何適合部位以變化該氧耗盡的氣體送往該渦輪膨脹機 40 及該第二離子傳輸膜 20 的分流。

【0050】 該設備可另外包含具有燃燒器的氣體渦輪燃機 50，該燃燒器具有燃燒帶及稀釋帶。該燃燒帶及/或該稀釋帶可能在與該第二離子傳輸膜組合件20的氮產物氣體出口流體流通的下游，該氮產物氣體出口係用於將該來自第二離子傳輸膜組合件 20 氮產物氣體供入該氣體渦輪燃機 50 的燃燒帶及/或該稀釋帶。該氣體渦輪燃機 50 也可能具有用於引進燃料

51 的入口、用於引進含氧氣體 53 的入口及用於排放排氣 57 的排氣管。氣體渦輪燃機可在市場上購得。

【0051】 該方法將參照該圖形來描述。

【0052】 該方法包含將包含氧及氮並且溫度介於 750°C 至 950°C 且壓力介於 689 kPa (100 psia)至 4136 kPa (600 psia)的含氧-及氮-的氣體引進該第一離子傳輸膜組合件 10。含氧-及氮-的氣體係定義爲至少包含氧及氮並且可能含有其他組分，舉例來說氬、二氧化碳、一氧化碳及/或水的氣體。任何配合離子傳輸膜組合件使用之已知的含氧-及氮-的氣體均可使用。該含氧-及氮-的氣體可爲，舉例來說，空氣、氧耗盡的空氣或富氧空氣。該含氧-及氮-的氣體可能從燃料貧乏下(且因此具有比燃燒所有燃料所需的氧還過量的氧)運轉的燃燒器排出。

【0053】 該含氧-及氮-的氣體中的氧係通過一或更多膜單元輸送以形成於該一或更多膜單元的供料側之氧耗盡的氣體及於一或更多膜單元的產物側之氧產物氣體。該方法包含從該第一離子傳輸膜組合件抽出氧耗盡的氣體，並且從該第一離子傳輸膜組合件 10 抽出氧產物氣體以提供總體氧產物的一部分。該方法操作時可以使該氧耗盡的氣體於介於約 689 kPa (100 psia)至約 4136 kPa (600 psia)的壓力及介於 750°C 至 950°C 的溫度下抽出。該方法可以在任何再壓縮至最終使用壓力的步驟以前操作使該氧產物氣體於介於約 20 kPa (3 psia)至約 172 kPa (25 psia)的壓力下抽出。

【0054】 該方法接著包含將該氧耗盡的氣體 13 至少分成

氧-及氮-的供料氣體的壓力，及/或降低該氧產物壓力，及/或提高該組合件中的膜單元的溫度而增加。同樣地，該壓力及/或溫度可經調節以提高或降低通過所欲的第二離子傳輸膜組合件的膜單元的氧通量。

【0062】 該方法可另外包含選擇該含氧-及氮-的氣體、來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體、來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體及該第二部分之氧耗盡的氣體的操作壓力範圍。該方法也可包含選擇該第一及第二離子傳輸膜組合件的操作溫度範圍。該等離子傳輸膜組合件各自包含大量膜單元，而且可在各離子傳輸膜組合件中裝設足夠數目的膜單元以就所選定的壓力範圍及溫度範圍提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的富氮氣體。

【0063】 該第二部分之氧耗盡的氣體具有一莫耳流量率而且提供該氮產物氣體中小於約 2 莫耳%氧的方法操作可取決於該第二部分之氧耗盡的氣體的莫耳流量率。具有小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體之生產也取決於該第一離子傳輸膜組合件 10 中的膜單元數目(亦即膜表面積)及該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜單元數目。該方法可包含在該第一離子傳輸膜組合件及第二離子傳輸膜組合件各者中提供足量的膜單元以提供氧濃度小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體。熟悉此技藝者能決定能提供具有小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體的足量或必需的膜單元數目而不需過度實驗。

【0064】 就該第二部分 1 氧耗盡的氣體的莫耳流量率而言爲了提供具有小於約 2 莫耳%氧的氮產物氣體，該方法可另外

包含以下一或更多：調節或調整該含氧-及氮-的氣體的壓力、調節或調整來自該第一離子傳輸膜組合件10的氧產物氣體的壓力、調節或調整來自該第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力、調節或調整該第二部分之氧耗盡的氣體的壓力、調節或調整該第一離子傳輸膜組合件10的溫度及調節或調整該第二離子傳輸膜組合件20的溫度。

【0065】 提高該含氧-及氮-的氣體的壓力將增加通過該第一離子傳輸膜組合件10中的膜之氧通量並且從而降低該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將降低該氮產物氣體23中的氧濃度。降低該含氧-及氮-的氣體的壓力將降低the通過該第一離子傳輸膜組合件10中的膜的氧通量並且從而提高該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將提高該氮產物氣體23中的氧濃度。該含氧-及氮-的氣體的濃度可藉由調節或調整提供入口氣體給該系統的供應壓縮機的排放壓力而提高或降低。

【0066】 降低來自該第一離子傳輸膜組合件10的氧產物氣體的壓力將提高通過該第一離子傳輸膜組合件10的膜的氧通量並且從而降低該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將降低該氮產物氣體23中的氧濃度(附帶條件爲該流量不會被閥6或8改變)。提高來自該第一離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力將降低通過該第一離子傳輸膜組合件中的膜的氧通量並且從而提高該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將提高該氮產物氣體23中的氧濃度。來自該第一離子傳輸膜組合件10的氧產物氣體的壓力可藉由調節或調整連至該第一離子傳輸膜組合件10的氧壓縮裝備的吸取壓力，或藉由調節或調整背

壓控制閥(沒顯示)而提高或降低。

【0067】 降低來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的壓力將增加通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而降低該氮產物氣體中的氧濃度。提高來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的壓力將降低通過該第二離子傳輸膜組合件中的膜的氧通量並且從而提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體的壓力可藉由調節或調整連至該第二離子傳輸膜組合件的氧壓縮裝備的吸取壓力，或藉由調節或調整背壓控制閥(沒顯示)而提高或降低。用於該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧壓縮裝備可以與該第一離子傳輸膜組合件 10 共用。或者，用於該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧壓縮裝備可獨立於用於該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧壓縮裝備。

【0068】 提高該第二部分之氧耗盡的氣體 13 的壓力將提高通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而降低該氮產物氣體中的氧濃度。降低該第二部分之氧耗盡的氣體 13 的壓力將降低通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。該第二部分之氧耗盡的氣體的壓力可藉由壓縮機來提高或藉由壓力控制閥來降低，但是比在此處列示並且考慮從當下的任何壓力改變此排出該第一離子傳輸膜組合件 10 的壓力的其他選項更不實用。

【0069】 提高該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度將提高通過該第一離子傳輸膜組合件 10 的膜的氧通量並且從而降低

該氧耗盡的氣體中的氧濃度，其接著將降低該氮產物氣體 23 中的氧濃度。降低該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度將降低通過該第一離子傳輸膜組合件 10 的膜的氧通量並且從而提高該氧耗盡的氣體 13 中的氧濃度，其接著將提高該氮產物氣體 23 中的氧濃度。該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度可藉由調節或調整在該第一離子傳輸膜組合件 10 的上游輸入該含氧-及氮-的氣體 5 的熱(例如，調整輸入直接-或間接-點火的加熱器的燃料)而提高或降低。

【0070】 提高該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度將增加通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而降低該氮產物氣體 23 中的氧濃度。降低該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度將降低通過該第二離子傳輸膜組合件 20 中的膜的氧通量並且從而提高該氮產物氣體中的氧濃度。該第二離子傳輸膜組合件 20 的溫度可藉由調節或調整在該第二離子傳輸膜組合件 20 的上游輸入該第二部分之氧耗盡的氣體 13 的熱而提高或降低，但是比在此處列示並且考慮從當下的任何溫度改變此排出該第一離子傳輸膜組合件 10 的溫度的其他選項更不實用。

【0071】 來自該第一離子傳輸膜組合件 10 的氧產物氣體的壓力可以在任何再壓縮至最終使用壓力的步驟以前調節或調整至來自該第二離子傳輸膜組合件 20 的氧產物氣體壓力的約 20 kPa (3 psi)以內。在此情況中，共用的氧冷卻系統及/或共用的壓縮裝備能用於整個離子傳輸膜系統。.將來自該第一和第二離子傳輸膜組合件的氧產物氣體的壓力調節或調整成