

圖式

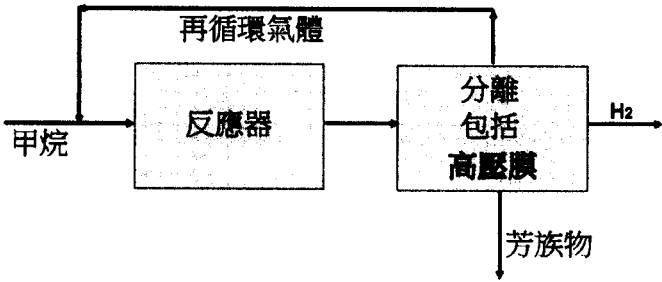


圖1

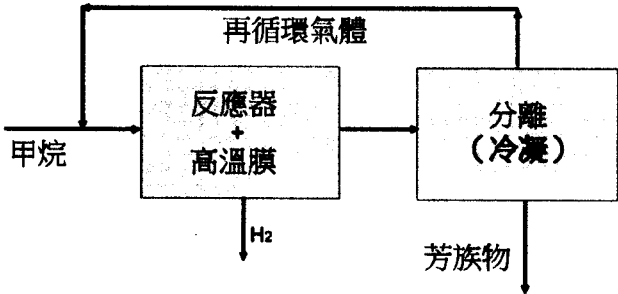


圖2

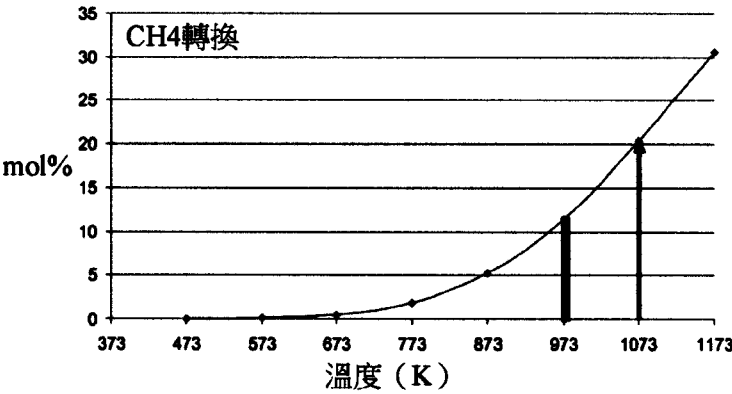


圖3

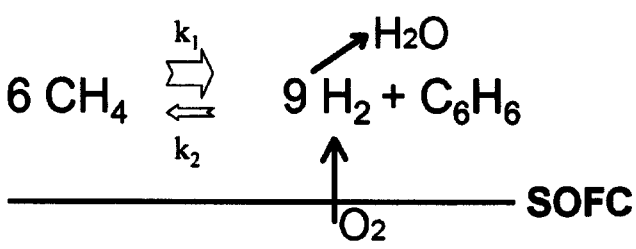


圖4

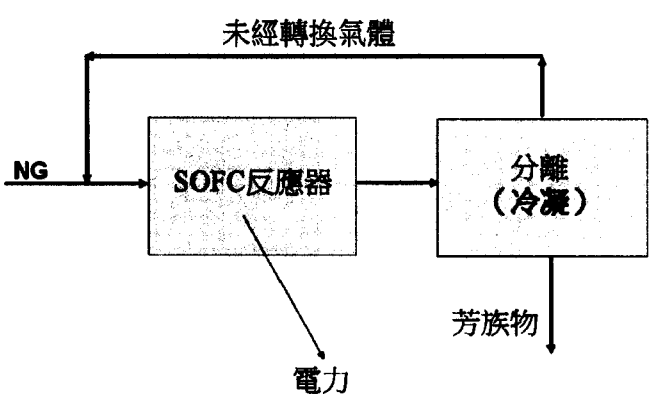


圖5

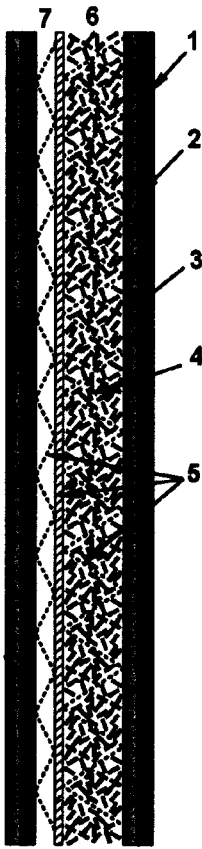


圖6b

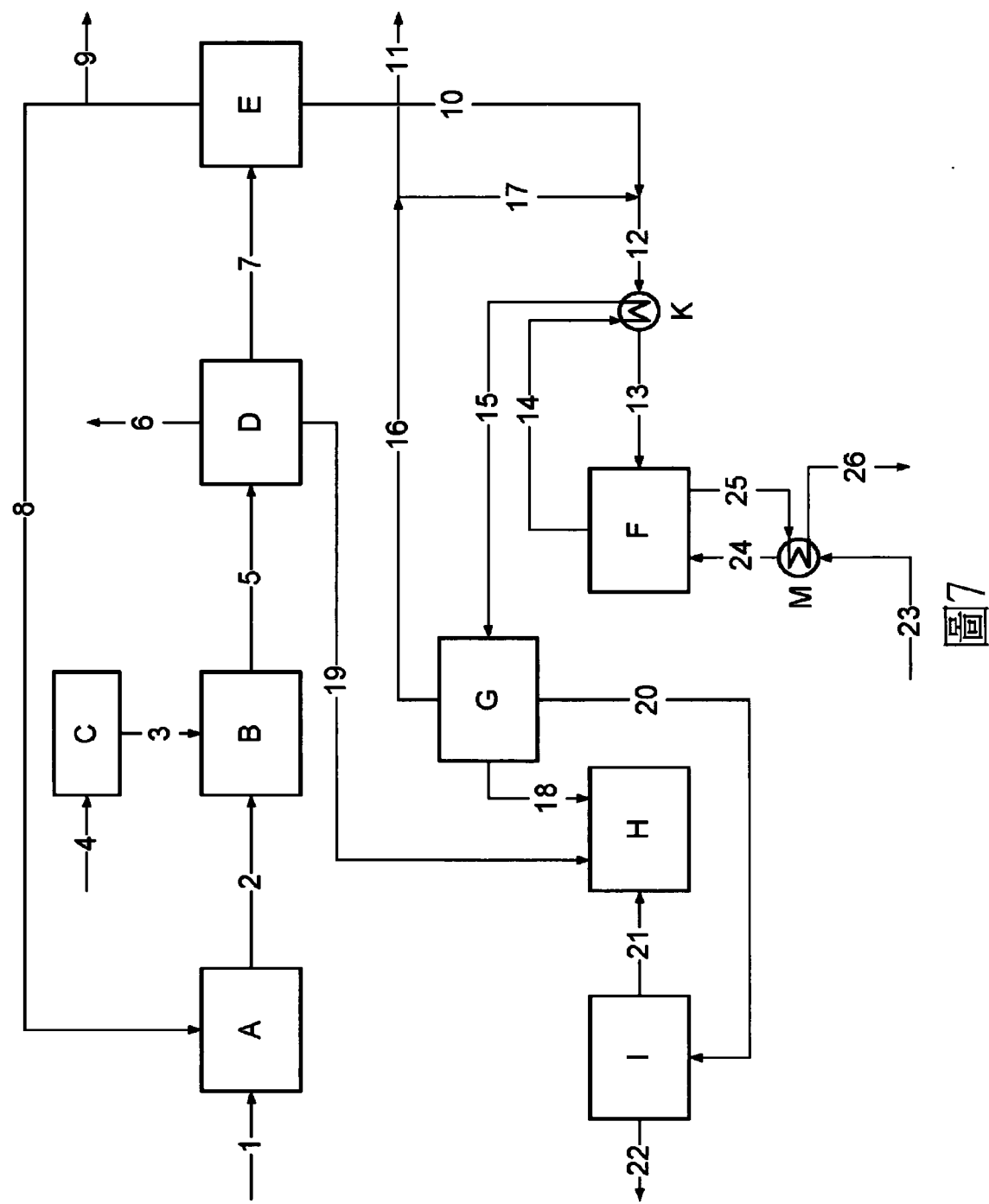


圖7

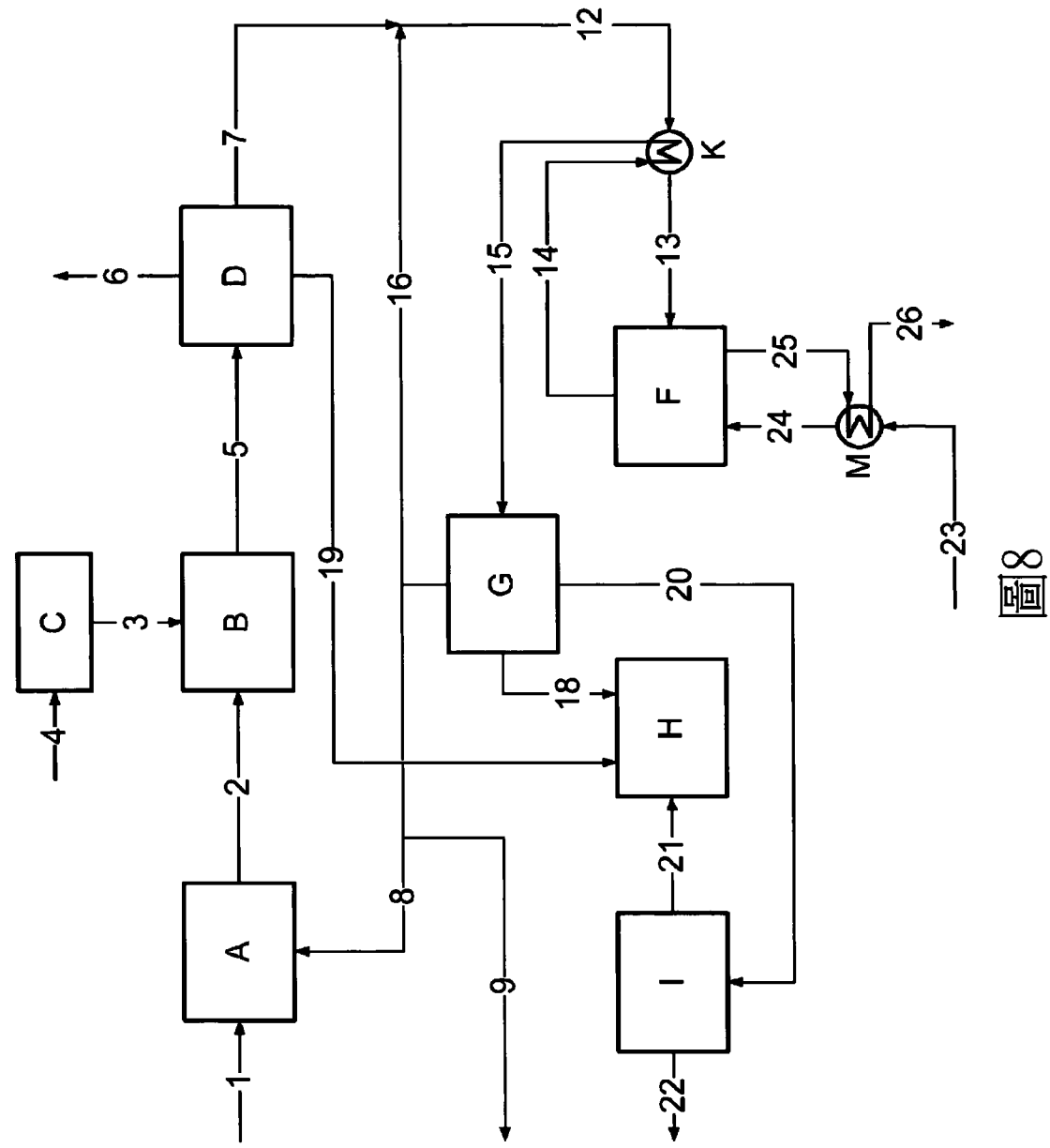


圖 8

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)

一種燃料電池反應器及一種將含烴氣體直接轉換為高碳烴產物的方法

A FUEL CELL REACTOR AND A PROCESS FOR DIRECT CONVERSION
OF A HYDROCARBON-CONTAINING GAS TO A HIGHER
HYDROCARBONS PRODUCT

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種新穎燃料電池反應器，及一種將含烴氣體直接轉換為高碳烴產物之新穎方法，該方法在該反應器之陽極隔室中進行。

【0002】 在一較佳具體實例中，本發明係關於一種將天然氣直接轉換為芳族化合物（尤其是單環芳族物）之新穎方法。

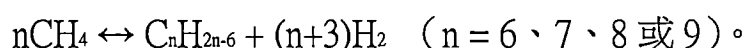
【先前技術】

【0003】 高碳烴產物（尤其是諸如苯、甲苯、乙苯、苯乙烯、二甲苯及萘之芳族烴）在化學工業中構成重要中間物，且針對此等產物之需求持續增長。一般而言，該等高碳烴產物係藉由自石腦油進行催化重組而獲得，該石腦油又係獲自礦物油。新近研究已展示出，與天然氣儲集層相比較，全球礦物油儲集層更有限。因此，自可獲自含烴氣體（諸如，天然氣）之反應物製備芳族烴為現在亦在經濟上受到關注之替代方案。天然氣之主要組份典型地為甲烷。

【0004】 如圖 1 中之方塊圖上概述的方法正由許多研究機構及研究中心進行調查研究。在此方法中，在習知反應器中將天然氣或甲烷轉換為芳族化合物，尤其是苯。可將熱供應至反應區。在分離單元中分離由產物

及未經轉換反應前驅物組成之流出物，其中諸如苯之可冷凝產物被冷凝下來，且非可冷凝化合物在已自其部分地或完全地移除氫氣之後被再循環回至反應器。

【0005】 上述方法之替代方案為自反應器就地移除氫氣，如圖 2 所展示。將高溫膜用於自反應器選擇性地且連續地分離氫氣。此情形將藉由使以下平衡反應向右移位來提高芳族物產生：



在兩種方法中，使用為 HZSM5 上 W 抑或 HZSM5 上 Ru~Mo 之催化劑以將甲烷轉換為苯。氫氣為此平衡反應之副產物，其熱力學上限制甲烷轉換。

【0006】 將甲烷轉換為芳族烴之多種方法係已知的。因此，US 7.968.759 描述自甲烷產生芳族物之方法，其中將含有甲烷之進料供應至含有催化材料之一或多個反應區，該一或多個反應區在有效於將甲烷之至少一部分轉換為芳族烴的反應條件下操作。該（該等）反應區係以逆溫度剖面（inverse temperature profile）而操作。

【0007】 US 4.642.403 揭示產生芳族烴之方法，該方法包含使含有按重量計為至少 10% 之 C2 烴（較佳地為按重量計為至少 50% 之 C2 烴）之烴原料在自 500°C 至 750°C 之溫度下接觸呈氣相之催化劑組合物。該催化劑組合物包含（i）被裝載有鎳作為鎳化合物及/或作為鎳離子且具有至少 5:1 之二氧化矽對氧化鋁莫耳比率的鋁矽酸鹽，及（ii）選自銻及鉑之第 VIII 族金屬。被裝載有鎳之鋁矽酸鹽較佳地為 MFI 或 MEL 型沸石。

【0008】 自 US 4.350.835 知道，可經由鎳活化沸石而將乙烷轉換為芳

族物。更具體而言，提供催化方法以藉由在轉換條件下在不存在額外空氣或氧氣之情況下使含有乙烷之氣態原料與併有微量鎂之結晶沸石催化劑接觸而將該氣態進料轉換為液態芳族物，從而將該原料中之乙烷轉換為芳族物且回收苯、甲苯及二甲苯之液態混合物。結晶沸石係選自由 ZSM-5、ZSM-11、ZSM-12、ZSM-35 及 ZSM-38 組成之群組，且該沸石較佳地為酸形式。

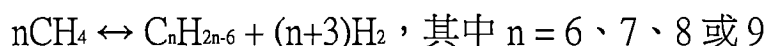
【0009】 根據 US 6,552,243，展現 MFI 晶體結構且具有約 50:1 之二氧化矽對氧化鋁比率之被裝載有鉬之結晶鋁矽酸鹽分子篩有用於使烴進料流芳化。結晶鋁矽酸鹽較佳地具有借助於非晶二氧化矽層而選擇性地鈍化之外部表面酸性。使甲烷芳化之方法包含單步驟或多步驟方法，其中使包含至少甲烷之進料流在烴轉換條件下與包含較佳分子篩之催化劑組合物接觸，該等烴轉換條件包括 600°C 至 800°C 之溫度、小於 5 個大氣壓之絕對壓力及 0.1 h^{-1} 之重量每小時空間速度 (Weight Hourly Space Velocity, WHSV)，其中結晶鋁矽酸鹽之外部表面酸性較佳地係藉由非晶二氧化矽層而選擇性地鈍化。較佳地借助於中間分離步驟而自該方法回收 C6+ 芳族烴。

【0010】 最後，US 2011/0303550 描述將具有 1 個至 4 個碳原子之脂族烴轉換為芳族烴的方法，其包含以下步驟：a) 在非氧化條件下在存在催化劑之情況下將包含具有 1 個至 4 個碳原子之至少一脂族烴的反應物流轉換為包含芳族烴及氫氣之產物流；及 b) 借助於氣密膜-電極總成以電化學方式自該產物流移除在該轉換中形成之氫氣中之至少一些，該氣密膜-電極總成具有至少一選擇性質子-導電膜且在該膜之每一側上具有至少一電極催化劑。經由該膜之阻留側上的陽極催化劑而將氫氣中之至少一些氧化為質

子，且該等質子在陰極催化劑上方之滲透側上傳遞通過該膜之後藉由施加電壓而部分地還原為氫氣，且部分地與氧氣反應以生成水來產生電力，該氧氣起源於與該膜之滲透側接觸的含氧氣流。

【0011】 自脂族物獲得芳族物之一種可能反應路線為非氧化脫氫芳化 (DHAM) 之路線。此處，反應係在非氧化條件下實現，尤其是在排除氧氣之情況下實現。在 DHAM 中，進行脂族物之脫氫及環化以生成對應芳族物，其中釋放氫氣。以此方式，由 6 mol 之甲烷形成 1 mol 之苯及 9 mol 之氫氣。

【0012】 本發明係基於此反應路線。更具體而言，根據以下平衡反應而將甲烷轉換為苯及/或其他芳族物：



其中氫氣就地與自陰極隔間轉移之氧離子反應以產生蒸汽。

【0013】 本發明及上述 US 2011/0303550 兩者藉由克服熱力學平衡阻障以增強轉換來處理自甲烷或自輕烴氣體產生高碳烴之方法。此情形係藉由取出氫氣副產物而進行。然而，在本發明與 US 2011/0303550 之間存在基本差異。後者藉由將氫原子氧化為質子且經由質子 (H^+) 膜將此等質子轉移出反應器而自反應室移除氫氣。在根據本發明之方法中，在反應室內部藉由使氫氣與經由氧離子膜進入反應室之氧離子反應而使氫氣氧化。

【0014】 在 US 2011/0303550 中，將電力施加至膜上以將 H^+ 離子轉移出反應室，而在本發明之方法中，自膜產生電力。

【0015】 此外，在 US 2011/0303550 中，使自反應室移除之氫氣在陰極隔室中與氧氣反應，而在本發明之方法中，藉由氧氣與氫氣在陽極表面

上之反應而在反應室內部產生水。由於此等差異，在 US 2011/0303550 中，在反應期間的總 H/C 比率下降，而在本發明之方法中，總 H/C 比率恆定。

【發明內容】

【0016】 更具體而言，本發明係關於一種用於執行將一含烴氣體直接轉換為一高碳烴產物之燃料電池反應器，該燃料電池反應器係由壁侷限，其中反應物在陽極隔室中流動且空氣引入至陰極隔室，且其中氧氣自該等壁之一側轉移至另一側以促進或禁止一化學反應。此外，本發明係關於一種在一燃料電池反應器之陽極隔室中將一含烴氣體直接轉換為一高碳烴產物的方法，其中移除將該轉換限制於平衡之所產生氫氣抑或使該所產生氫氣與自陰極隔室轉移之氧離子反應以產生蒸汽，從而自該反應移除該具平衡限制性之氫氣。

【0017】 較佳地，該燃料電池反應器為一固態氧化物燃料電池（SOFC）反應器。

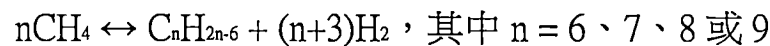
【0018】 該含烴氣體可為含有甲烷之任何氣體，諸如天然氣、生物氣體、合成天然氣或頁岩氣。較佳地，其為天然氣。

【0019】 該高碳烴產物為一氣態產物或一液態產物。

【0020】 較佳地清潔該含甲烷氣體以去掉諸如硫、氮及任何非烴物種之雜質。可進一步處理該經清潔氣體以移除或轉換除了甲烷以外之任何烴物種，以便產生用於該固態氧化物燃料電池反應器之一富甲烷進氣。

【0021】 烴處理單元較佳地為一預重組器，其在一最佳化條件下操作以藉由蒸汽而將高碳烴轉換為氫及碳氧化物，亦即，將 C₂+轉換為氫及碳氧化物。

【0022】 根據以下平衡反應而將富甲烷氣體轉換為芳族產物：



其中氫氣就地與自該陰極隔室轉移之氧離子反應以產生蒸汽。

【0023】 較佳地，將該燃料電池反應器中之該未經轉換的進氣分離且再循環回至該反應器。

【0024】 可將一轉換催化劑塗佈於陽極表面上、裝載於該陽極隔室中，或一兩者之組合。

【0025】 可使用來自燃料電池反應器流出物之該氣體的含有氫氣之一分率以清潔及處理該原始烴進氣。

【圖式簡單說明】

【0026】

圖 1：先前技術方法之方塊圖。

圖 2：先前技術替代性方法之方塊圖。

圖 3：根據本發明之以 mol% 為單位之甲烷(CH_4)平衡轉換相對於溫度。

圖 4：根據本發明之甲烷至苯之反應式。

圖 5：根據本發明之方法的示意性佈局，以方塊圖展示。

圖 6a：說明一種可能 SOFC 反應器結構之示意性圖式。

圖 6b：用於 SOFC 反應器之一個模組之可能配置的俯視圖。

圖 7：方法佈局，其為實施例 1 所展示及描述。

圖 8：方法佈局，其為實施例 2 所展示及描述。

【實施方式】

【0027】 圖 3 中以圖形方式展示以 mol% 為單位之甲烷(CH_4)平衡轉

換相對於溫度。自曲線圖可看出，在低於 1073 k (800°C) 之實務操作溫度範圍內，轉換限於約 20%之最大值。

【0028】 已出人意料地得出，可藉由使用平面或管狀燃料電池反應器而將甲烷至苯之轉換增強為超出熱力學平衡極限，在該燃料電池反應器中消耗所產生氫氣以產生蒸汽及電；參見圖 4。

【0029】 出於此目的而較佳之 SOFC 反應器為無需陽極活動的特殊種類之 SOFC。出於此原因，可消除陽極活性層，從而僅留下陰極、電解質且可能地留下陽極支撐層。

【0030】 更具體而言，用於執行根據本發明之方法的反應器為由燃料電池壁侷限之反應器，其中反應物在陽極隔室中流動且空氣引入至陰極隔室，且其中氧氣自該等壁之一側轉移至另一側以促進或禁止化學反應。該化學反應較佳地為不均相催化氣相反應。

【0031】 在根據本發明之反應器中，燃料電池壁為在高溫下操作的任何類型之固態氧化物燃料電池壁，且其中催化化學反應係在電池之陽極側上進行，從而引起氧離子自陰極側（空氣側）轉移且在陽極側（燃料側）上與氫氣反應。

【0032】 來自陰極側之氧氣被離子化且擴散通過電解質。在陽極側上，在進行甲烷至苯之轉換的情況下，氫氣（被形成為副產物）與氧氣反應以形成蒸汽。自陽極表面釋放之電子經由閉合電路而傳送至陰極表面。

【0033】 當出於本發明之目的而使用 SOFC 反應器時，可以兩種可能方式來設計反應室：

(1) 當將 SOFC 用作催化劑時，將甲烷至芳族物催化劑沉積於陽極表

面上。反應在陽極表面上進行，其中連續地消耗氫氣。

(2) 當將 SOFC 用作反應器壁時，在具有 SOFC 壁之反應器中填充呈集結粒或單石形式之甲烷至芳族物催化劑。接著，所產生氫氣將在反應器壁上轉換為蒸汽。

【0034】 設計(1)與設計(2)之組合亦為可能的。

【0035】 圖 5 之方塊圖中展示根據本發明之方法的示意性佈局。SOFC 反應器產生芳族物及蒸汽。消耗氫氣以產生電力。將溫度為 700°C 至 800°C 之空氣供應至 SOFC 壁之陰極側。分離單元可(例如)為冷凝單元。在液體沉降容器中分離水與芳族物。壓縮未經轉換甲烷氣體及氫氣且將未經轉換甲烷氣體及氫氣再循環回至反應器入口。

【0036】 圖 6a 為說明一種可能 SOFC 反應器結構之示意性圖式。出於簡單起見，展示雙通道反應器。使天然氣傳遞通過通道 1。此等通道被裝載有用於將甲烷轉換為芳族物之合適催化劑。反應通道被侷限於 SOFC (4) 之陽極表面與金屬互連件(3)之間。纏結式金屬網路插入於兩個表面之間，從而允許電流橫越通道而流動。

【0037】 將空氣吹動至通道(2)。此等通道被侷限於 SOFC (4) 之陰極表面與金屬互連件(3)之間。此處亦可提供合適的互連網路以傳遞電流。替代地，波紋板可用作金屬互連件。

【0038】 圖 6b 展示用於 SOFC 反應器之一個模組之可能配置的俯視圖。一個反應器模組被侷限於兩個 SOFC 之間，該兩個 SOFC 各自由陰極層(1)、電解質層(2)及陽極層(3)組成。將催化劑集結粒(4)裝載於陽極隔室(6)中。使空氣流動通過陰極隔室(7)。兩個隔室係藉由導電互連

件 (5) 而分離。

【0039】 自反應器之兩個末端收集電流。

【0040】 根據本發明之方法呈現優於已知方法之數個優點。此等優點如下：

- 反應器中之蒸汽產生將潛在地抑制或禁止碳沉積；
- 藉由使反應朝向芳族物產生移位來獲得高甲烷轉換；
- 與高溫膜相比較，獲得高氫氣移除速率；
- 可使用簡單/便宜的芳族物分離單元；
- 將氫氣/氧氣反應熱及歐姆損耗熱供應至吸熱芳族物合成反應；及
- 產生電。

【0041】 藉由以下實施例進一步說明本發明。

實施例 1

【0042】 參看圖 7，使天然氣 (NG) 在 NG 加氫脫硫 (HDS) 單元 A 中脫硫，且連同來自蒸汽產生單元 C 之足夠蒸汽一起饋送至在相對低溫下操作之預重組單元 B，以僅僅重組高碳烴。經預重組天然氣缺乏任何高碳烴且幾乎缺乏一氧化碳。使來自預重組器之流出物在 CO₂/水分離單元 D 中冷卻以使水冷凝下來。亦在此單元中移除乾氣中之二氧化碳內含物。在膜單元 E 中分離來自經預重組氣體之氫氣之部分且將該部分再循環回至 NG HDS 單元 A。借助於熱交換器 K 而將與來自 SOFC 反應器 F 之再循環氣體混合的來自膜單元之富甲烷乾氣加熱至反應溫度且將該富甲烷乾氣饋送至 SOFC 反應器，且將熱空氣吹動通過 SOFC 反應器之陰極通道。使用反應器進氣而使來自陽極通道之產物氣體冷卻，且接著將該產物氣體引導至相分

離單元 G，其中分離有機相、水相與氣相。淨化氣相之小分率以防止惰性氣體積聚於合成迴路中，且清除氣體之其餘部分且將該其餘部分再循環回至 SOFC 反應器。將有機相發送至蒸餾單元 I 以用於進一步純化最終產物。將水相發送至廢水處理單元 H。

【0043】 將 NG 供應至在 30barg 之壓力下之機具設備。

【0044】 NG HDS 單元 A 在以下操作條件下操作：溫度為 350°C；壓力為 30barg；氫氣對進氣比率為 0.04 (mol/mol)；NG 組合物 (mol%) 為：90%之甲烷、4%之乙烷、2%之丙烷、4%之惰性物；所需熱為 0.79 MW。

【0045】 預重組單元 B 在以下操作條件下操作：溫度為 350°C；壓力為 29barg；蒸汽對碳 (S/C) 比率為 0.6 (mol/mol)；蒸汽消耗為 5.1 MTPD；熱移除為 2.48 MW，此係假定過熱蒸汽入口在 350°C 下。反應器為絕熱的。

【0046】 CO₂/水分離單元 D 在以下操作條件下操作：溫度為 40°C；壓力為 27barg；水冷凝溫度為 60°C（可使用空氣冷卻器）；二氧化碳移除產量超過 99%；二氧化碳入口濃度為 1.8mol%。

【0047】 為可選單元之膜單元 E 在以下操作條件下操作：溫度為 40°C；壓力為 25barg；氫氣莫耳回收率為 84%；甲烷莫耳滑差率為 9%；再循環氫氣壓縮機功率為 44 kW。

【0048】 SOFC 反應器 F 具有以下技術資料：模組（電池）尺寸為 1×2×0.05 m；電池數目為 1080 個；催化劑為 Won HZSM-5，其粒徑為 1 mm；催化劑體積為 10.8 m³；鼓風機功率為 786 kW；淨電力輸出為 3.3 MW（5%之歐姆及 DC/AC 轉換器損耗）；壓降為 0.9 巴。

【0049】 反應器在以下操作條件下操作：溫度為 800°C（平均值）；

壓力在陰極側（空氣）中為 0.2barg 且在陽極側（處理氣體）中為 1.1barg；空氣利用率為 5.5%；電流密度為 2000 A/m²；氣體每小時空間速度（GHSV）為 1000 h⁻¹；處理氣體再循環比率為 9.6；再循環氣體壓縮機功率為 1612 kW；氣體流動速率為 10377 Nm³/h。

【0050】 與在相同處理條件下之填充床中的 0.57%之轉換相比較，甲烷轉換為 5.75%。氫氣消耗速率為 2379 Nm³/h，其等於 1912 kg/h 之水產生速率。自熱交換器 M 排出之熱空氣在 95°C 下可用於公用水加熱。在不考慮歐姆損耗之情況下，所產生熱等於 72.45 MW。

【0051】 相分離單元在以下操作條件下操作：溫度為 40°C；大氣壓；所需熱移除為 1.86 MW。

【0052】 表 1 中給出用於此實施例之方法佈局的材料平衡值。

實施例 2

【0053】 圖 8 中展示圖 7 所展示且實施例 1 所描述之方法佈局的替代方案。此替代佈局與以上佈局之不同之處在於膜單元被消除。在此狀況下，NG 加氫脫硫（HDS）單元所需要之氫氣係獲自來自 SOFC 反應器之流出物流。

實施例 3

【0054】 實施例 2 所描述且圖 8 所展示之方法佈局的替代方案為不具有水及二氧化碳移除單元之佈局。在此佈局中，在預重組器出口溫度下直接自預重組單元供應 SOFC 進氣。

表 1

用於實施例 1 之材料平衡值（參見圖 7 之流編號）

流編號	1	2	8	5	7	10	17	13	15	20	9	11	23	26
名稱	NG	MPS	再循環 H ₂	合成氣體	無 CO ₂ 合成氣體	富 CH ₄ 補充氣體	再循環氣體	進氣	流出物氣體	產物	H ₂ 淨化	淨化氣體	送氣	排氣
mol%														
N ₂	4.0	0.0	2.7	2.3	3.6	3.7	5.5	5.3	5.2	0.0	2.7	5.5	79.0	79.9
O ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	20.1
H ₂	0.0	0.0	30.7	3.0	4.6	0.8	31.6	29.4	30.1	0.0	30.7	31.6	0.0	0.0
CH ₄	90.0	0.0	66.6	59.5	91.8	95.5	62.9	65.3	60.0	0.0	66.6	62.9	0.0	0.0
C ₂ H ₆	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C ₃ H ₈	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C ₆ H ₆	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H ₂ O	0.0	100.0	0.0	34.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T (°C)	21	350	90	60	60	40	100	800	113	40	40	40	25	95
P (barg)	30.0	30.0	30.0	27.5	25.5	3.5	1.3	1.1	0.1	0.1	5.0	0.1	0.0	0.1
流動 (kmol/h)	172	118	26	324	210	183	2376	2559	2623	16	0.7	125	4686	4633
MW (kg/kmol)	17.64	18.01	12.09	16.91	15.83	16.37	12.28	12.57	12.91	78.13	11.43	12.27	28.85	28.81
密度 (kg/m ³)	23.45	11.05	12.42		15.50	2.85	0.914	0.30		856.23	2.79	0.52	1.18	1.05

【符號說明】

【0055】

圖 6a

- 1：通道
- 2：通道
- 3：金屬互連件
- 4：SOFC 的陽極表面和陰極表面

圖 6b

- 1：陰極層
- 2：電解質層
- 3：陽極層

4：催化劑集結粒

5：導電互連件

6：陽極隔室

7：陰極隔室

圖 7、8

A：天然氣（NG）加氫脫硫（HDS）單元

B：預重組單元

C：蒸汽產生單元

D：CO₂/水分離單元

E：膜單元

F：SOFC 反應器

G：相分離單元

H：廢水處理單元

I：蒸餾單元

K：熱交換器

M：熱交換器

I653214

發明摘要

※ 申請案號：

公告本

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

一種燃料電池反應器及一種將含烴氣體直接轉換為高碳烴產物的方法

A FUEL CELL REACTOR AND A PROCESS FOR DIRECT CONVERSION
OF A HYDROCARBON-CONTAINING GAS TO A HIGHER
HYDROCARBONS PRODUCT

【中文】

本發明提供一種燃料電池反應器，較佳地為一種固態氧化物燃料電池（SOFC）反應器，其用於執行將一含烴氣體直接轉換為一高碳烴產物，該反應器係由壁侷限，其中反應物在陽極隔室中流動且空氣引入至陰極隔室，且其中氧氣自該等壁之一側轉移至另一側以促進或禁止一化學反應。將一含烴氣體直接轉換為一高碳烴產物之方法在該反應器之該陽極隔室中進行，其中使將該轉換限制於平衡之所產生氫氣就地與自該陰極隔室轉移之氧離子反應以產生蒸汽，從而自該反應移除該具平衡限制性的氫氣。

【英文】

A fuel cell reactor, preferably a solid oxide fuel cell (SOFC) reactor, for performing direct conversion of a hydrocarbon-containing gas to a higher hydrocarbons product is confined by walls, where reactants are flown in the anode compartments and air is introduced to the cathode compartments, and where oxygen

is transferred from one side of the walls to the other side to promote or inhibit a chemical reaction. The process for direct conversion of a hydrocarbon-containing gas to a higher hydrocarbons product takes place in the anode compartment of the reactor, in which produced hydrogen, limiting the conversion to the equilibrium, is reacted in situ with oxygen ions transferred from the cathode compartment to produce steam, thereby removing the equilibrium-limiting hydrogen from the reaction.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 5 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

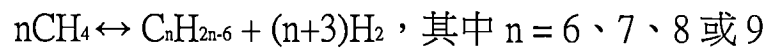
【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種用於執行將一含烴氣體直接轉換為一高碳烴產物之燃料電池反應器，該燃料電池反應器係由壁侷限，其中反應物在陽極隔室中流動且空氣引入至陰極隔室，且其中氧氣自該等壁之一側轉移至另一側以促進或禁止一化學反應。
2. 如申請專利範圍第 1 項之反應器，其中該化學反應為一不均相催化氣相反應。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之反應器，其中氫氣係作為該化學反應中之一副產物而產生，該氫氣將該轉換限制於平衡。
4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之反應器，其中該等燃料電池壁為在高溫下操作的任何類型之固態氧化物燃料電池壁，且其中該催化化學反應係在電池之陽極側上進行，從而引起氧離子自陰極側（空氣側）轉移且在該陽極側（燃料側）上與氫氣反應。
5. 如申請專利範圍第 4 項之反應器，其中自該陰極側經由電解質而轉移之氧離子在該陽極側上就地與氫氣反應，從而產生 H_2O 且自該平衡反應移除氫氣。
6. 一種在一如申請專利範圍第 1 項至第 5 項中任一項之燃料電池反應器之該陽極隔室中將一含烴氣體直接轉換為一高碳烴產物的方法，其中所產生氫氣將該轉換限制於該平衡，所產生氫氣就地與自該陰極隔室轉移之氧離子反應以產生蒸汽，從而自該反應移除該具平衡限制性之氫氣。
7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該含烴氣體為任何含甲烷氣體。

8. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該高碳烴產物為一氣態產物或一液態產物。
9. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中根據以下的該平衡反應而將甲烷轉換為單環芳族物：



其中在一如申請專利範圍第 1 項至第 5 項中任一項之燃料電池反應器中，氫氣就地與自該陰極隔間轉移之氧離子反應以產生蒸汽。

10. 如申請專利範圍第 9 項之方法，其中該燃料電池反應器為一固態氧化物燃料電池反應器。
11. 如申請專利範圍第 10 項方法，其中將一轉換催化劑塗佈於陽極表面上、裝載於該陽極隔室中，或一兩者之組合。
12. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中清潔該含甲烷氣體以去掉包括非烴物種之雜質，該非烴物種包括硫和氮。
13. 如申請專利範圍第 12 項之方法，其中進一步在烴處理單元中處理該經清潔氣體以移除或轉換除了甲烷以外之任何烴物種，以便產生用於該固態氧化物燃料電池反應器之一富甲烷進氣。
14. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中該烴處理單元為一預重組器，其在一最佳化條件下操作以藉由蒸汽而將具有二個或二個以上碳原子之烴轉換為氫及碳氧化物。
15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中將該燃料電池反應器中之該未經轉換的進氣分離且再循環回至該反應器。
16. 如申請專利範圍第 15 項之方法，其中使用含有氫氣之來自燃料電池反

應器流出物之該氣體的一分率來清潔及處理該原始烴進氣。