

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-527124  
(P2010-527124A)

(43) 公表日 平成22年8月5日(2010.8.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/02 (2006.01)	HO 1 M 8/02 R	5 H O 2 6
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/02 Y	5 H O 2 7
HO 1 M 8/12 (2006.01)	HO 1 M 8/02 Z	
	HO 1 M 8/04 T	
	HO 1 M 8/04 J	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 86 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-507692 (P2010-507692)  
 (86) (22) 出願日 平成20年5月9日 (2008.5.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年1月12日 (2010.1.12)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/063234  
 (87) 国際公開番号 W02008/141171  
 (87) 国際公開日 平成20年11月20日 (2008.11.20)  
 (31) 優先権主張番号 60/917, 262  
 (32) 優先日 平成19年5月10日 (2007.5.10)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 12/117, 622  
 (32) 優先日 平成20年5月8日 (2008.5.8)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

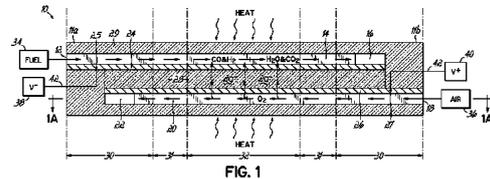
(71) 出願人 508139181  
 アラン・デヴォー  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・920  
 37・ラ・ホーヤ・ウェイヴァーリー・ア  
 ヴェニュー・5715  
 (71) 出願人 508139192  
 ランベルト・デヴォー  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・921  
 22・サン・ディエゴ・ステイディアム・  
 プレイス・3446  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池装置及びシステム

(57) 【要約】

本発明は、燃料電池装置(10、100、200、300、400、500)及び燃料電池システム、燃料電池装置及びシステムの使用法、並びに、燃料電池装置(10、100、200、300、400、500)の製造方法に関連する。特定の実施形態によれば、燃料電池装置(10、100、200、300、400、500)は、長方形または管状の基板などの細長い基板を有し、熱膨張係数が、その長さと同延である唯一の主要な軸を有するように細長い基板の長さ最大の寸法である。さらに、又は、他の特定の実施形態によれば、反応領域(32、32b)は、動作反応温度まで加熱されるための長さの第1の部分に沿って位置し、少なくとも1つの低温領域は、動作反応温度以下の温度で動作するための長さの第2の部分に沿って位置する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

最長の寸法である長さを有する細長い基板であって、前記細長い基板が、前記長さと同延である唯一の主要な軸を有する熱膨張係数と、動作反応温度まで加熱されるように構成された前記長さの第 1 の部分に沿った反応領域と、前記反応領域が加熱される際に前記動作反応温度以下の温度に保持するように構成された前記長さの第 2 の部分に沿った少なくとも 1 つの低温領域と、を有する細長い基板と、

前記反応領域を通して前記少なくとも 1 つの低温領域の燃料注入口から延びる第 1 の燃料通路と、前記反応領域から燃料排出口まで延びる第 2 の燃料通路と、を各々が有し、各々の第 1 の燃料通路が前記反応領域の関連するアノードを有する、前記細長い基板内の 1 つ又はそれ以上の燃料通路と、

前記反応領域を通して前記少なくとも 1 つの低温領域の酸化剤注入口から延びる第 1 の酸化剤通路と、前記反応領域から酸化剤排出口まで延びる第 2 の酸化剤通路と、を各々が有し、各々の第 1 の酸化剤通路が、前記関連するアノードのそれぞれの 1 つに関して対向して位置する前記反応領域に関連するアノードを有する、前記細長い基板内の 1 つ又はそれ以上の酸化剤通路と、

前記反応領域の各々の対向するアノード及びカソード間に配置される電解質と、を含む燃料電池装置であって、

前記 1 つ又はそれ以上の燃料通路及び酸化剤通路の各々が、前記それぞれの第 1 の燃料通路及び第 1 の酸化剤通路の断面積より小さい断面積を有する前記それぞれの第 2 の燃料通路及び第 2 の酸化剤通路にネックダウンポイントを含む、燃料電池装置。

**【請求項 2】**

前記より小さい断面積は、前記ネックダウンポイントから前記それぞれの燃料排出口及び酸化剤排出口まで延びる、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 3】**

前記より小さい断面積は、前記第 2 の燃料通路の各々において値が等しい、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 4】**

前記より小さい断面積は、前記第 2 の酸化剤通路の各々において値が等しい、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 5】**

前記 1 つ又はそれ以上の燃料通路に燃料の流入口を提供するために前記燃料注入口に結合される燃料供給部と、

前記 1 つ又はそれ以上の酸化剤通路に酸化剤の流入口を提供するために前記酸化剤注入口に結合される酸化剤供給部と、

を含む、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 6】**

前記第 2 の燃料通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記燃料注入口の断面積未満である、請求項 5 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 7】**

前記第 2 の酸化剤通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記酸化剤流入口の断面積未満である、請求項 5 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 8】**

前記より小さい断面積が前記第 2 の燃料通路の各々及び前記酸化剤通路の各々において値が等しく、前記第 2 の燃料通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記燃料流入口の断面積未満であり、前記第 2 の酸化剤通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記酸化剤流入口の断面積未満である、請求項 5 に記載の燃料電池装置。

**【請求項 9】**

前記燃料供給部及び空気供給部が、前記それぞれの燃料注入口及び酸化剤注入口に対して固定される軟質ゴムまたはプラスチックチューブによって結合される、請求項 5 に記載

10

20

30

40

50

の燃料電池装置。

【請求項 10】

前記動作反応温度まで前記反応領域を加熱するために前記第 1 の部分に隣接して位置する熱源と、

前記動作反応領域以下の温度に前記少なくとも 1 つの低温領域を維持するために構成される、前記熱源と前記少なくとも 1 つの低温領域との間の絶縁領域と、

をさらに含む、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

【請求項 11】

前記アノード及びカソードの各々が、前記動作反応温度以下の温度における電気接続のために前記少なくとも 1 つの低温領域の外部表面まで延びる電気通路を有する、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

10

【請求項 12】

前記アノードの電気通路に電気接触する前記少なくとも 1 つの低温領域の外部表面に付けられる第 1 の金属接触パッドと、前記第 1 の金属接触パッドと負電圧ノードとの間の第 1 の電圧接続と、

前記カソードの電気通路に電気接触する前記少なくとも 1 つの低温領域の外部表面に付けられる第 2 の金属接触パッドと、前記第 2 の金属接触パッドと正電圧ノードとの間の第 2 の電圧接続と、

をさらに含む、請求項 11 に記載の燃料電池装置。

【請求項 13】

20

前記アノードの電気通路が、前記関連する第 1 の燃料通路から、前記反応領域の第 1 の外部表面まで、及び、前記少なくとも 1 つの低温領域のそれぞれの外部表面に対する前記反応領域の第 1 の外部表面に付けられる第 1 の外部金属被覆まで延び、前記カソードの電気通路が、前記関連する第 1 の酸化剤通路から、前記反応領域の第 2 の外部表面まで、及び、前記少なくとも 1 つの低温領域のそれぞれの外部表面に対する前記反応領域の第 2 の外部表面に付けられる第 2 の外部金属被覆まで延びる、請求項 12 に記載の燃料電池装置。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つの低温領域が、第 1 及び第 2 の低温領域間に位置する前記反応領域を有する前記細長い基板のそれぞれの第 1 及び第 2 の端部に位置する前記第 1 及び第 2 の低温領域と、前記第 1 の低温領域に位置する前記燃料注入口と、前記第 2 の低温領域に位置する前記酸化剤注入口と、を含む、請求項 1 に記載の燃料電池装置。

30

【請求項 15】

高温領域チャンバーと、

請求項 1 に記載の複数の燃料電池装置であって、各々が、前記高温領域チャンバーにおいて前記反応領域を有して位置し、前記少なくとも 1 つの低温領域が前記高温領域チャンバーの外側に延びる燃料電池装置と、

前記高温領域チャンバーに結合され、前記高温領域チャンバー内において前記動作反応温度まで前記反応領域を加熱するために構成される熱源と、

前記 1 つ又はそれ以上の燃料通路に燃料の流入口を提供するために前記燃料注入口に結合される燃料供給部と、

40

前記 1 つ又はそれ以上の酸化剤通路に酸化剤の流入口を提供するために前記酸化剤注入口に結合される酸化剤供給部と、

を含む燃料電池システム。

【請求項 16】

前記動作反応温度以下の温度に前記少なくとも 1 つの低温領域を維持するために構成される前記熱源と前記少なくとも 1 つの低温領域との間の絶縁領域をさらに含む、請求項 15 に記載の燃料電池システム。

【請求項 17】

前記より小さい断面積が前記第 2 の燃料通路の各々及び前記第 2 の酸化剤通路の各々に

50

において値が等しく、前記第 2 の燃料通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記燃料流入口の断面積未満であり、前記第 2 の酸化剤通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記酸化剤流入口の断面積未満である、請求項 15 に記載の燃料電池システム。

【請求項 18】

前記アノード及びカソードの各々が、前記動作反応温度以下の温度における電気接続のために前記少なくとも 1 つの低温領域の外部表面まで延びる電気通路を有し、

前記システムが、

前記アノードの電気通路に電気接触する前記少なくとも 1 つの低温領域の外部表面に対する第 1 の電圧接続と、

前記カソードの電気通路に電気接触する前記少なくとも 1 つの低温領域の外部表面に対する第 2 の電圧接続と、

をさらに含む、請求項 15 に記載の燃料電池システム。

【請求項 19】

前記反応領域を有する前記細長い基板を、高温領域チャンバーと前記高温領域チャンバーの外側に延びる前記少なくとも 1 つの低温領域とに位置させる段階と、

300 以下の温度に前記少なくとも 1 つの低温領域を維持しながら、400 を超える動作温度まで前記反応領域を加熱するために前記高温領域チャンバーに熱を供給する段階と、

燃料及び酸化剤を前記加熱された反応領域に供給し、それによって燃料及び酸化剤が反応する段階と、

を含む、請求項 1 に記載の装置の使用方法。

【請求項 20】

前記反応領域を有する前記細長い基板を、高温領域チャンバーと、前記高温領域チャンバーの外側に延びる前記少なくとも 1 つの低温領域、及び、前記高温領域チャンバーの外側のそれぞれの燃料注入口及び酸化剤注入口に結合される前記燃料供給部及び酸化剤供給部とに位置させる段階と、

300 以下の温度に前記少なくとも 1 つの低温領域を維持しながら、400 を超える動作温度まで前記反応領域を加熱するために前記高温領域チャンバーに熱を供給する段階と、

前記第 1 の燃料通路及び第 1 の酸化剤通路を通して燃料及び酸化剤を前記加熱された反応領域に供給し、それによって燃料及び酸化剤が反応する段階と、

を含む、請求項 8 に記載の装置の使用方法。

【請求項 21】

前記細長い基板の長さを提供するように採寸された第 1 の細長いグリーンセラミック層を提供する段階と、

前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の第 1 の側部にアノード層を付け、前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の対向する第 1 の側部にカソード層を付ける段階であって、前記アノード層及びカソード層が、前記細長い基板の反応領域に対応するように設計された領域内に概して位置する段階と、

前記アノード及びカソードの各々の上に犠牲有機層を付ける段階と、

前記それぞれの犠牲有機層を覆う各々の除去可能な構造体の第 1 の端部と、少なくとも前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の端部まで延びる第 2 の端部と、を有する前記細長いグリーンセラミック層の第 1 及び第 2 の側部の各々の上に除去可能な構造体を位置させる段階であって、各々の除去可能な構造体が、前記第 1 の断面積未満の第 2 の断面積を有する段階と、

前記第 1 の細長いグリーンセラミック層に概して位置する前記第 1 及び第 2 の側部の各々の上における前記犠牲有機層及び除去可能な構造体上に第 2 の細長いグリーンセラミック層を付ける段階と、

積層された構造体を形成するために全ての前記層及び除去可能な構造体を積層する段階

10

20

30

40

50

と、

前記第 2 の燃料通路及び第 2 の酸化剤通路のネックダウンポイントを形成するために、前記積層された構造体から前記除去可能な構造体を除去する段階と、

前記反応領域の前記第 1 の燃料通路及び酸化剤通路を形成するために前記犠牲有機層を焼失するために十分な温度まで前記積層された構造体を加熱する段階と、

を含む、請求項 1 に記載の装置の製造方法

【請求項 2 2】

前記除去可能な構造体の各々の第 2 の端部が、前記それぞれの燃料排出口または酸化剤排出口の位置に対応する端部まで延び、前記除去可能な構造体を除去する段階が、前記第 2 の燃料通路、第 2 の酸化剤通路、第 2 の燃料排出口及び第 2 の酸化剤排出口を形成する、請求項 2 1 に記載の方法。

10

【請求項 2 3】

前記犠牲有機層が、ベークアウト後に、前記注入口から前記反応領域までの前記燃料注入口及び酸化剤注入口並びに前記第 1 の燃料通路及び第 1 の酸化剤通路を形成するために、前記アノード及びカソードから前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の端部まで前記第 1 の細長いセラミック層上にさらに付けられる、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

焼失後に、前記注入口から前記反応領域までの前記燃料注入口及び酸化剤注入口並びに前記第 1 の燃料通路及び酸化剤通路を形成するために、それぞれの犠牲有機層を覆う各々の追加の除去可能な構造体の第 1 の端部と、前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の他の端部まで延びる第 2 の端部と、を有する前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の第 1 及び第 2 の側部の各々に追加の除去可能な構造体を位置させる段階をさらに含む、請求項 2 1 に記載の方法。

20

【請求項 2 5】

前記犠牲有機層が、ワックスマトリクス中に炭素繊維を含み、前記加熱が、前記グリーンセラミック層内の炭素繊維または高分子結合剤を焼失することなく前記ワックスを溶解するのに十分な第 1 の温度までであり、前記方法が、前記犠牲層のワックスをベークアウトするための加熱後に、前記高分子接着剤を焼失するのに十分な第 2 の温度まで前記温度を上昇させ、次いで、前記グリーンセラミック層を焼結し前記炭素繊維を焼失するのに十分な焼結温度まで昇温させる、請求項 2 1 に記載の方法。

30

【請求項 2 6】

300 以下の低温に前記少なくとも 1 つの低温領域を維持しながら、400 を超える動作温度に前記反応領域を加熱するために前記高温チャンバーに熱を供給する段階と、

前記燃料供給部からの燃料の流入と、前記酸化剤供給部からの酸化剤の流入とを、前記それぞれの第 1 の燃料通路及び第 1 の酸化剤通路を通して前記加熱された反応領域に供給し、それによって燃料及び酸化剤が反応する段階と、

を含む、請求項 1 5 に記載のシステムの使用方法。

【請求項 2 7】

前記より小さい断面積が前記第 2 の燃料通路の各々及び前記酸化剤通路の各々において値が等しく、前記第 2 の燃料通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記燃料の流入口の断面積未満であり、前記第 2 の酸化剤通路の各々における前記より小さい断面積の合計が、前記酸化剤の流入口の断面積未満である、請求項 2 6 に記載の方法。

40

【請求項 2 8】

第 1 の細長いグリーンセラミック層を提供する段階と、

前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の第 1 の側部にアノード層を付け、前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の対向する第 2 の側部にカソード層を付ける段階であって、前記アノード層及びカソード層が、前記第 1 の細長いグリーンセラミック層の第 1 の部分内に概して位置する段階と、

前記アノード層及びカソード層の各々に犠牲有機層を付ける段階と、

前記それぞれの犠牲有機層を覆う各々の除去可能な構造体の第 1 の端部と、前記第 1 の

50

細長いグリーンセラミック層の一端部まで少なくとも延びる第2の端部と、を有する前記第1の細長いグリーンセラミック層の第1及び第2の側部の各々に、少なくとも1つの除去可能な構造体を位置させる段階と、

前記第1の細長いグリーンセラミック層に概して位置する前記第1及び第2の側部の各々における前記犠牲有機層及び除去可能な構造体に、第2の細長いグリーンセラミック層を付ける段階と、

積層された構造体を形成するために前記層及び除去可能な構造体の全てを共に積層する段階と、

前記それぞれの端部と前記アノード層及びカソード層との間の不活性通路を形成するために前記積層された構造体から前記除去可能な構造体を除去する段階と、

前記アノード層及びカソード層に沿った活性通路を形成するために、前記犠牲有機層を焼失するために十分な温度まで前記積層された構造体を加熱する段階と、

を含む、燃料電池装置の製造方法。

【請求項29】

各々の除去可能な構造体が、前記それぞれの犠牲有機層の断面積未満である断面積を有する、請求項28に記載の方法。

【請求項30】

前記犠牲有機層が、ワックスマトリクス中に炭素繊維を含み、前記加熱が、前記グリーンセラミック層内の炭素繊維または高分子結合剤を焼失することなく前記ワックスを溶解するのに十分な第1の温度までであり、前記方法が、前記犠牲層のワックスをベークアウトするための加熱後に、前記高分子結合剤を焼失するのに十分な第2の温度まで前記温度を上昇させ、次いで、前記グリーンセラミック層を焼結し前記炭素繊維を焼失するのに十分な焼結温度まで昇温させる、請求項28に記載の方法。

【請求項31】

複数のセラミック層、アノード層、カソード層及び内部の犠牲有機層を含む積層された構造体を形成する段階であって、前記カソード層から前記アノード層を分離する介在するセラミック層と、前記介在するセラミック層に対向する前記アノード層及びカソード層の各々に隣接する前記内部の犠牲有機層と、を提供するように配置され、前記犠牲有機層が、内部気体通路を提供するように採寸される段階と、

前記犠牲有機層に接触し、前記積層された構造体の1つ又はそれ以上の端部まで延びる複数の除去可能な構造体を提供する段階と、

前記積層された構造体を積層する段階と、

複数のベークアウト口を形成するために前記除去可能な構造体を除去する段階と、

前記除去可能な構造体を除去した後に、前記犠牲有機層の前記材料をベークアウトするために前記積層された構造体を加熱することによって前記内部気体通路を形成するために前記犠牲有機層を除去する段階であって、前記材料が、前記複数のベークアウト口を介して出る段階と、

その後、前記ベークアウト口を障壁材料で密閉する段階と、

を含む、燃料電池の製造方法。

【請求項32】

前記除去可能な構造体が、ワイヤまたは平坦なリボン状の物理的構造体の1つ又は組み合わせを含む、請求項31に記載の方法。

【請求項33】

前記除去可能な構造体を除去する段階は、各々の内部気体通路に結合される注入口及び排出口をさらに形成し、前記犠牲有機層の材料が、前記注入口及び排出口を介してさらに出る、請求項31に記載の方法。

【請求項34】

前記犠牲有機層が、追加のベークアウト口を提供するために、前記積層された構造体の1つ又はそれ以上の端部まで前記内部気体通路から延びる拡張部をさらに有し、前記密閉が、前記追加のベークアウト口を密閉する、請求項31に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 35】

前記障壁材料が、ガラス被覆を含む、請求項 31 に記載の方法。

## 【請求項 36】

前記複数の除去可能な構造体が、前記アノード層に隣接する前記犠牲有機層に接触する第 1 の大部分であって、前記第 1 の大部分及びアノード層の少なくとも一部が、前記積層された構造体の第 1 の端部まで延長する第 1 の大部分、及び、前記カソード層に隣接する前記犠牲有機層に接触する第 2 の大部分であって、前記第 2 の大部分及びカソード層の少なくとも一部が、前記積層された構造体の第 2 の端部まで延長する第 2 の大部分を含み、前記障壁材料が、前記アノード層の延ばされた部分及び前記第 1 の大部分から形成された前記ベークアウト口における第 1 の導電接触パッド、及び、前記カソード層の延ばされた部分及び前記第 2 の大部分から形成された前記ベークアウト口における第 2 の導電接触パッド、を含む、請求項 31 に記載の方法。

10

## 【請求項 37】

前記積層された構造体が、最長の寸法である長さを有する細長い基板であって、前記長さと同延である唯一の主要な軸を有する熱膨張係数を有し、動作反応温度まで加熱されるように構成された前記長さの第 1 の部分に沿った反応領域を有し、前記反応領域のそれぞれの第 1 及び第 2 の端部まで延びる前記アノード層及びカソード層の拡びた部分に関して対向して位置するアノード層及びカソード層を有し、前記反応領域が加熱された際に前記動作反応温度以下の低温に維持するように構成された前記長さの第 2 の部分に沿った少なくとも 1 つの低温領域を有し、その中に形成される注入口を有し、前記第 1 及び第 2 の導電接触パッドが、前記動作反応温度以下の低温における電気接続のために前記反応領域から前記少なくとも 1 つの低温領域まで延びる、請求項 36 に記載の方法。

20

## 【請求項 38】

前記犠牲有機層が、ワックスマトリクス中に炭素繊維を含み、前記除去する段階が、前記セラミック層内の前記炭素繊維または高分子結合剤を焼失することなく前記ワックスを溶融するために十分な第 1 の温度まで加熱する段階と、次いで、前記高分子結合剤を焼失するために十分な第 2 の温度まで加熱する段階と、次いで、前記セラミック層を焼結し前記炭素繊維を焼失するために十分な焼結温度まで昇温する段階と、を含む、請求項 31 に記載の方法。

## 【請求項 39】

厚さ  $T$  を有するチャンパー壁を有する高温領域チャンパーと、  
各々が、最長の寸法である長さを有する細長い長方形または管状の基板であって、前記細長い長方形または管状の基板が、前記長さと同延である唯一の主要な軸を有する熱膨張係数と、動作反応温度への露出のために前記高温領域チャンパーに位置する前記長さの第 1 の部分に沿った反応領域と、前記動作反応温度以下の温度に維持するために前記高温領域チャンパーの外側に延びる前記長さの第 2 の部分に沿った少なくとも 1 つの低温領域と、前記反応領域のアノードとカソードとの間に配置される電解質と、前記チャンパー壁内に位置する厚さ  $T$  に等しい前記長さの第 3 の部分であって、前記第 3 の長さの部分が、前記長さの方向に直交する平面において最大寸法  $L$  を有し、 $T > 1/2 \times L$  である、細長い長方形または管状の基板を含む 1 つ又はそれ以上の燃料電池装置と、

30

40

前記高温領域に結合され、前記高温領域チャンパー内で前記動作反応温度まで前記反応領域を加熱するように構成される熱源と、

を含む、燃料電池システム。

## 【請求項 40】

前記基板が、細長い長方形の基板であり、前記最大寸法が、前記第 3 の部分の幅  $Y$  である、請求項 39 に記載の燃料電池システム。

## 【請求項 41】

$T > Y$  である、請求項 40 に記載の燃料電池システム。

## 【請求項 42】

前記基板が、細長い管状の基板であり、前記最大寸法  $L$  が、前記第 3 の部分の直径であ

50

る、請求項 39 に記載の燃料電池システム。

【請求項 43】

前記チャンパー壁が、各々が、異なる熱移動特性を有し、前記反応領域から前記少なくとも 1 つの低温領域まで最適な温度移動を提供するように構成された複数の絶縁層を含む、請求項 39 に記載の燃料電池システム。

【請求項 44】

前記チャンパー壁が、空隙を介在させることによって分離される複数の絶縁層を含む、請求項 39 に記載の燃料電池システム。

【請求項 45】

前記複数の絶縁層が、前記反応領域に隣接する第 1 の高温層と、前記少なくとも 1 つの低温領域に隣接する第 2 の低温層と、を含み、前記介在する空隙が、前記高温領域チャンパー内の前記動作反応温度と前記少なくとも 1 つの低温領域の温度との間の中間温度まで前記予熱領域を加熱するために構成された熱源を有する予熱領域である、請求項 44 に記載の燃料電池システム。

10

【請求項 46】

前記 1 つ又はそれ以上の燃料電池装置の各々が、少なくとも前記反応領域において各々の燃料通路に関連する前記アノードと各々の酸化剤通路に関連する前記カソードとを有して、それぞれの燃料注入口及び酸化剤注入口からそれぞれの燃料排出口及び酸化剤排出口まで前記第 1 及び第 2 の長さの各々の少なくとも一部に沿って縦方向に延びる複数の燃料通路及び酸化剤通路を含み、前記アノード及びカソードが、それらの間に前記電解質を有して互いに対して対向して位置する、請求項 39 に記載の燃料電池システム。

20

【請求項 47】

前記アノードに電氣的に接続される前記少なくとも 1 つの低温領域の前記細長い長方形又は管状の基板上の第 1 の外部接触表面と、前記カソードに電氣的に接続される前記少なくとも 1 つの低温領域の前記細長い長方形又は管状の基板上の第 2 の外部接触表面と、前記第 1 の外部接触表面に対する第 1 の電圧接続と、前記第 2 の外部接触表面に対する第 2 の電圧接続と、を含む、請求項 46 に記載の燃料電池システム。

【請求項 48】

前記燃料通路に燃料流を提供するために前記燃料注入口に結合される燃料供給部と、前記酸化剤通路に空気流を提供するために前記酸化剤注入口に結合される燃料供給部と

30

を含む、請求項 46 に記載の燃料電池システム。

【請求項 49】

第 1 の犠牲層上に集電板を形成する段階と、  
前記集電板上に第 2 の犠牲層を付ける段階と、  
前記第 1 及び第 2 の犠牲層をグリーンセラミックで実質的に囲う段階と、  
前記グリーンセラミックを焼結し、間隙内に位置する前記集電板を前記焼結されたセラミック内に残す前記第 1 及び第 2 の犠牲層を焼失するために熱を加える段階と、  
前記集電板と前記焼結されたセラミックとに接触する前記間隙の第 1 の部分内に電解質を形成し、前記間隙通路として機能するための前記間隙の開口の第 2 の部分を維持する段階と、

40

を含む、燃料電池装置の製造方法

【請求項 50】

前記集電板を形成する前に前記第 1 の犠牲層に複数の穴を生成する段階をさらに含み、前記集電板を形成する段階が、集電板の材料を浸透しながら前記第 1 の犠牲層上の集電板の材料を前記複数の穴に印刷する段階をさらに含み、それによって焼失後に、前記集電板が、前記間隙内に位置し、前記浸透した集電板の材料によって形成される複数の支柱によって支持される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 51】

前記第 1 の犠牲層が、複数のセラミックボールを含み、それによって焼失後に、前記集

50

電板が、前記間隙内に位置し、前記複数のボールに支持される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 52】

前記電極が、前記集電板を前記電極内に少なくとも部分的にリセスするように形成される、請求項 49 に記載の方法。

【請求項 53】

前記電極が、前記間隙の第 1 の部分の焼結されたセラミック上に電極粒子を選択的に堆積するための重力または遠心力を加えながら、前記電極粒子を含有する溶液で前記間隙を充填し、前記溶液を除去することによって形成される、請求項 59 に記載の方法。

【請求項 54】

最長の寸法である長さを有する細長い基板であって、前記細長い基板が、前記長さと同延である唯一の主要な軸を有する熱膨張係数と、動作反応温度まで加熱されるように構成された前記長さの第 1 の部分に沿った反応領域と、前記反応領域が加熱される際に前記動作反応温度以下の温度に保持するように構成された前記長さの第 2 の部分に沿った少なくとも 1 つの低温領域と、を有する細長い基板と、

前記反応領域内の多孔性のアノードと多孔性のカソードとの間に配置される電解質と、前記多孔性のアノードに関連し、前記反応領域を通過して前記少なくとも 1 つの低温領域から延びる燃料通路と、

前記多孔性のカソードに関連し、前記反応領域を通過して前記少なくとも 1 つの低温領域から延びる酸化剤通路と、

前記多孔性のアノードと多孔性のカソードとの各々の表面部分に少なくとも部分的にリセスされて位置し、前記それぞれの燃料及び酸化剤通路で露出される高密度の集電板と、を含む、燃料電池装置。

【請求項 55】

前記多孔性のアノード及びその高密度の集電板と前記多孔性のカソード及びその高密度の集電板の各々が、前記動作反応温度以下の低温における電気接続のために前記少なくとも 1 つの低温領域のそれぞれの外部表面まで延びる、請求項 54 に記載の燃料電池装置。

【請求項 56】

前記アノード及びその高密度の集電板の電気通路に電氣的に接触する前記少なくとも 1 つの低温領域のそれぞれの外部表面に対する負電圧接続と、

前記カソード及びその高密度の集電板の電気通路に電氣的に接触する前記少なくとも 1 つの低温領域のそれぞれの外部表面に対する正電圧接続と、

をさらに含む、請求項 55 に記載の燃料電池装置。

【請求項 57】

前記反応領域のそれぞれの外部表面及び外部表面の金属被覆まで各々が延びる前記電気通路が、前記反応領域のそれぞれの外部表面と前記少なくとも 1 つの低温領域のそれぞれの外部表面との間の電気接触に位置する、請求項 56 に記載の燃料電池装置。

【請求項 58】

前記高密度の集電板が、ライン間に開放空間を有する交差ラインのハッチパターンを有する、請求項 54 に記載の燃料電池装置。

【請求項 59】

燃料電池装置の活性電解質の部分として機能する第 1 の部分と、前記燃料電池装置の受動支持体の部分として機能する第 2 の部分と、を有する第 1 のグリーンセラミック層を提供する段階と、

前記第 1 のグリーンセラミック層の第 1 の側部の第 1 の部分にアノード層を付け、前記第 1 のグリーンセラミック層の対向する第 2 の側部の第 1 の部分にカソード層を付ける段階と、

前記第 1 のグリーンセラミック層の第 1 及び第 2 の側部の各々の前記第 2 の部分に第 2 のグリーンセラミック層を付ける段階であって、前記第 2 のグリーンセラミック層の厚さが、前記アノード層及びカソード層の厚さに略等しい段階と、

10

20

30

40

50

前記アノード層及びカソード層の各々及び第2のグリーンセラミック層上に犠牲層を付ける段階と、

前記犠牲層の各々の上に第3のグリーンセラミック層を付ける段階と、

前記受動支持部分においてそれらの間に厚い焼結されたセラミックを有する気体通路の対と、前記活性電解質部分においてそれらの間にアノード、薄い電解質及びカソードを形成するために、前記全ての層を焼結し、前記犠牲層を焼失するのに十分な温度まで加熱する段階と、

を含む、燃料電池装置の製造方法。

【請求項60】

前記犠牲層が、ワックスマトリクス中に炭素繊維を含み、前記加熱が、前記グリーンセラミック層内の炭素繊維または高分子結合剤を焼失することなく前記ワックスを溶融するのに十分な第1の温度まで、次いで、前記高分子結合剤を焼失するために十分な第2の温度まで、次いで、前記グリーンセラミック層を焼結し、前記炭素繊維を焼失するために十分な焼結温度までである、請求項59に記載の方法。

10

【請求項61】

アノード、カソード及びそれらの間の電解質を有する活性中心部分と、

前記活性中心部分から延びる少なくとも3つの細長い部分であって、前記細長い部分の各々が、その長さと同延である主要な軸を有する熱膨張係数を有するように、各々が、横方向幅より実質的に大きい長さを有する部分と、

前記少なくとも3つの細長い部分の第1の細長い部分の燃料注入口から前記アノードに関連する前記活性中心部分まで延びる少なくとも1つの燃料通路と、

20

前記少なくとも3つの細長い部分の第2の細長い部分の酸化剤注入口から前記カソードに関連する前記活性中心部分まで延びる少なくとも1つの酸化剤通路と、

前記少なくとも3つの細長い部分の第3の細長い部分の開口と前記活性中心部分との間に延びる少なくとも1つの気体通路と、

を含む、燃料電池装置。

【請求項62】

前記少なくとも1つの気体通路が、使用済み気体用の、前記少なくとも1つの燃料通路及び酸化剤通路に結合された排気通路であり、前記少なくとも3つの細長い部分の前記第3の細長い部分の開口が、排気排出口である、請求項61に記載の燃料電池装置。

30

【請求項63】

前記少なくとも1つの気体通路が、前記少なくとも1つの燃料通路の拡張部であり、前記少なくとも3つの細長い部分の前記第3の細長い部分の開口が、燃料排出口である、請求項61に記載の燃料電池装置。

【請求項64】

前記少なくとも3つの細長い通路が、前記少なくとも1つの酸化剤通路の拡張部である少なくとも1つの気体通路と酸化剤排出口である開口部とを有する第4の細長い部分を含む、請求項63に記載の燃料電池装置。

【請求項65】

前記活性中心部分が、その長さと同延である主要な軸を有する熱膨張係数を有する細長い部分である、請求項61に記載の燃料電池装置。

40

【請求項66】

前記活性中心部分が、大きな表面積部分である、請求項61に記載の燃料電池装置。

【請求項67】

前記活性中心部分が、所定の反応温度で動作するために高温領域チャンバーに位置し、前記第1及び第2の細長い部分が、前記反応温度以下の温度の低温で動作するために前記高温領域の外側に延び、前記燃料注入口及び酸化剤注入口の各々が、それぞれの燃料供給部及び酸化剤供給部に対して低温で結合される、請求項61に記載の燃料電池装置。

【請求項68】

アノード、カソード及びそれらの間の電解質を有する活性中心部分と、

50

前記活性中心部分から延びる４つの細長い部分であって、前記細長い部分の各々が、その長さと同延である主要な軸を有する熱膨張係数を有するように、各々が、横方向幅より実質的に大きい長さを有する部分と、

前記４つの細長い部分の第１の細長い部分の注入口から、前記アノードに関連する前記活性中心部分、及び、前記細長い４つの部分の第２の細長い部分の排出口まで延びる燃料通路と、

前記４つの細長い部分の第３の細長い部分の注入口から、前記カソードに関連する前記活性中心部分、及び、前記細長い４つの部分の第４の細長い部分の排出口まで延びる酸化剤通路と、を含み、

前記活性中心部分が、前記４つの細長い部分の各々の面積より大きい面積を有する、燃料電池装置。

【請求項 69】

前記活性中心部分が、その長さと同延である主要な軸を有する熱膨張係数を有する細長い部分である、請求項 68 に記載の燃料電池装置。

【請求項 70】

前記活性中心部分が、所定の反応温度で動作するために高温領域チャンバーに位置し、前記第 1 及び第 3 の細長い部分が、前記反応温度以下の温度の低温で動作するために前記高温領域の外側に延び、前記燃料注入口及び酸化剤注入口の各々が、それぞれの燃料供給部及び酸化剤供給部に対して低温で結合される、請求項 68 に記載の燃料電池装置。

【請求項 71】

前記燃料電池装置内に気体通路を提供するために位置する複数の犠牲有機層と交互に位置する複数のグリーンセラミック層を含む積層された構造体を形成する段階であって、前記犠牲層が、炭素繊維とワックスとの複合材を含み、前記グリーンセラミック層が、高分子結合剤を含む段階と、

前記炭素繊維または高分子結合剤を焼失することなく前記ワックスを熔融するのに十分な第 1 の温度まで、次いで、前記高分子結合剤を焼失するために十分な第 2 の温度まで、次いで、前記グリーンセラミック層を焼結し、前記炭素繊維を焼失するために十分な焼結温度まで、前記積層された構造体を加熱する段階と、

を含む、燃料電池装置の製造方法。

【請求項 72】

前記炭素繊維とワックスとの複合材が、ワックスを含浸させたランダムな炭素繊維マットまたは織り込まれた炭素繊維シートを含む、請求項 71 に記載の方法。

【請求項 73】

前記アノード層を前記カソード層と前記介在するグリーンセラミック層に対向する前記アノード層及びカソード層の各々に隣接する犠牲有機層とから分離する介在するグリーンセラミック層を提供するように配置された前記積層された構造体内に 1 つ又はそれ以上のアノード層、及び、1 つ又はそれ以上のカソード層を提供し、それによって、加熱後に、前記複数の気体通路の各々の少なくとも 1 つの関連するアノードまたはカソードを形成する段階をさらに含む、請求項 71 に記載の方法。

【請求項 74】

加熱後に、前記複数の気体通路の各々の電極を、アノード及びカソードの交互の配置に付ける段階を含む、請求項 71 に記載の方法。

【請求項 75】

前記電極が、前記気体通路内の前記焼結されたセラミック構造体に前記電極粒子を選択的に堆積するために重力又は遠心力を加えながら、前記気体通路の少なくとも一部を前記電極粒子の溶液で充填し、前記溶液を除去することによって付けられる、請求項 74 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

37 C. F. R. § 1.78(a)(4)に従って、本出願は、2007年5月10日付けで出願された“固体酸化物燃料電池装置及びシステム”というタイトルの同時継続中の仮出願番号60/917,262に対する利益及び優先権を主張する。

本出願は、共に2007年5月10日付けで出願され、“固体酸化物燃料電池装置及びシステム”というタイトルの同時継続中の米国特許出願番号11/747,066 (Attorney Docket No. DEVOFC-03US1) 及び11/747,073 (Attorney Docket No. DEVOFC-03US2) にも関連し、その開示は、参照することによってここに完全に含まれる。

本発明は、全てが2006年11月8日付けで出願された、それぞれ“固体酸化物燃料電池装置及びシステム”というタイトルの同時継続中の米国特許出願番号11/557,894 (Attorney Docket No. DEVOFC-04US1)、11/557,901 (Attorney Docket No. DEVOFC-04US2) 及び11/557,935 (Attorney Docket No. DEVOFC-04US3)、及び、“固体酸化物燃料電池装置及びシステム並びにその使用方法及び製造方法”というタイトルの米国特許出願番号11/557,934 (Attorney Docket No. DEVOFC-04US4) にも関連し、その開示は、参照することによってここに完全に含まれる。

#### 【0002】

本発明は、燃料電池装置及びシステム及びその装置の製造方法に関連し、特に、多層一体型の燃料電池スティックの形態の燃料電池装置に関連する。

#### 【背景技術】

#### 【0003】

セラミックチューブは、固体酸化物燃料電池(SOFC)の製造における使用が見出されている。燃焼なしに電気を生成するために燃料及び空気を変換する様々な機構を与える幾つかのタイプの燃料電池がある。SOFCにおいて、燃料及び空気の間障壁層(“電解質”)は、セラミック層であり、それは、化学反応を行うためにこの層を通して酸素原子が移動することを許容する。セラミックが室温において酸素原子の貧しい伝導体であるので、燃料電池は、700 から1000 で動作され、セラミック層は、できるだけ薄く形成される。

#### 【0004】

早期の管状のSOFCは、長くてかなり大きな直径のジルコニアセラミックの押出チューブを用いてウェスティングハウス社によって製造された。典型的なチューブの長さは、チューブの直径が1/4インチから1/2インチまでの範囲であるという状態で、数フィートの長さであった。燃料電池用の完成した構造体は、典型的にはおよそ10本のチューブを含んでいた。長い間、研究者及び業界団体は、8モル%の $Y_2O_3$ を含むジルコニアセラミック用の式に決定した。この材料は、とりわけ、生成物TZ-8Yとして日本の東ソー社によって作られる。

#### 【0005】

SOFCを製造する他の方法は、燃料電池構造体を実現するために、他のアノード及びカソードが共に積層される、平坦なジルコニアのプレートを利用する。ウェスティングハウス社によって想像された高くて狭い装置と比較して、これらの平坦な構造体は、積層体全体を共に保持するための固定機構を有して、端部間が6から8インチの立方体形状であり得る。

#### 【0006】

さらに新しい方法は、非常に薄い壁部を有する、より多量の小径のチューブを用いることを想像する。酸素イオンの移動速度が距離及び温度によって制限されるので、薄い壁部のセラミックの使用はSOFCにおいて重要である。より薄いジルコニアの層が使用される場合、最終的な装置は、同一の効率を維持しながら、より低い温度で動作し得る。文献は、150  $\mu m$ 以下の壁厚でセラミックチューブを形成する必要性を記載する。

#### 【0007】

S O F Cの成功的な実施を妨害している幾つかの主たる技術的な問題がある。1つの問題は、加熱中にセラミック要素のクラックを防止する必要性である。このために、チューブが本質的に1次元であるので、管状のS O F Cの手法は、競合する“積層”タイプ(大きくて平坦なセラミックプレートから作られる)より良好である。チューブは、例えば中央において高温になり拡張するが、クラックを生じない。例えば、管状の炉は、直径が4インチで36インチの長さのアルミナチューブを加熱し、それは、中心部で猛烈に熱くなり、端部において触れるのに十分なほど冷たくなるだろう。チューブが中心部分で均等に加熱されるので、その中心部分は拡張し、チューブがより長くなるようにするが、それは、クラックを生じない。外側が同一サイズのままである一方で、中心が拡張するので、中心部で加熱されたセラミックプレートのみが、複数の破片に急速に分裂する。チューブの鍵となる特性は、それが一軸性または一次元であるということである。

10

#### 【0008】

2番目の鍵となる挑戦は、S O F Cに対する接触部を形成することである。S O F Cは、理想的には高温(典型的には700から1000)で動作し、それは、空気及び燃料用の外側の世界に接続され、電気接続を形成する必要もある。理想的には、室温で接続することが望まれる。有機材料が使用され得ないので、高温で接続することは問題であり、そのため、ガラスシールまたは機械的なシールを使用しなければならない。これらは、拡張問題のために、部分的に信頼できない。それらは、高価でもあり得る。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

20

#### 【0009】

従って、前述のS O F Cシステムは、少なくとも前述の2つの問題に関する困難性を有する。このプレート技術は、気体口を密閉することに関して、プレートの端部に関する困難性を有し、クラックと同様に速い加熱に関する困難性を有する。チューブ手法は、クラック問題を解決するが、依然として他の問題を有する。S O F Cチューブは、ガス容器としてのみ有用である。それを作動することは、より大きな空気容器の中で使用されなければならない。これは大きい。チューブを使用することの鍵となる挑戦は、チューブの外側に、反応において $O_2$ を提供するための空気と反応を加速するための熱とである熱及び空気の両方を提供しなければならないということである。通常、熱は、燃えている燃料によって提供され、従って、20%の $O_2$ (典型的には)を有する空気を供給する代わりに、空気は、実際には部分的に低下され(熱を提供するために部分的に燃焼され)、これは、電池の駆動能力を低下させる。

30

#### 【0010】

S O F Cチューブはまた、その拡張性に制限される。より大きなkV出力を実現するために、より多くのチューブが加えられなければならない。増加が大きくなるので、それぞれのチューブは単一の電解質層である。固体電解質チューブ技術は、達成可能な電解質厚さに関してさらに制限される。より薄い電解質は、より効率的である。2 $\mu m$ 又は場合によっては1 $\mu m$ の電解質の厚さは、高出力において最適であろうが、固体電解質チューブにおいて実現することは非常に困難である。単一の燃料電池領域がおよそ0.5から1ボルト(バッテリーが1.2ボルトを発するのと同じように、これは、化学反応の駆動力のために固有である)を生成することは留意すべきであるが、電流、従って電力は、幾つかの要因に依存する。より高い電流は、所定の時間内に電解質を横切ってより多くの酸素イオンを移動させる要因に起因するだろう。これらの要因は、より高い温度、より薄い電解質及びより大きな面積である。

40

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

本発明は、燃料電池装置及びシステム、その装置及びシステムの使用方法、並びに、その装置の製造方法に関連する。本発明の一実施形態によれば、燃料電池装置は、細長い基板を含み、その長さは、熱膨張係数とその長さと同延である唯一の主要な軸を有するような最長の寸法である。反応領域は、動作反応温度まで加熱するためにその長さの第1の部

50

分に沿って位置し、少なくとも1つの低温領域は、その動作反応温度以下の温度で動作するためにその長さの第2の部分に沿って位置する。その細長い基板内に1つ又はそれ以上の燃料通路があり、各々は、その反応領域を通して低温領域の燃料注入口から延びる第1の燃料通路と、その反応領域から燃料排出口まで延びる第2の燃料通路と、を有する。その細長い基板内に1つ又はそれ以上の酸化剤通路があり、各々は、反応領域を通して低温領域の酸化剤注入口から延びる第1の酸化剤通路と、反応領域から酸化剤排出口まで延びる第2の酸化剤通路と、を有する。各々の第1の燃料通路及び各々の第1の酸化剤通路はそれぞれ、反応領域の関連するアノード又はカソードであって、反応領域のそれらの間に配置される電解質に関して対向して位置するアノード及びカソードを有する。燃料通路及び酸化剤通路の各々は、それぞれの第1の燃料通路及び酸化剤通路の断面積より小さい断面積を有するそれぞれの第2の燃料通路及び酸化剤通路にネックダウンポイントを含む。高温領域チャンバーの外側に延びる低温領域を有して、その装置の反応領域が配置される高温領域チャンバーを有する燃料電池システムがさらに提供される。熱源は、反応領域を動作反応温度まで加熱するために高温領域チャンバーに結合され、燃料供給部及び酸化剤供給部は、それぞれの気体を通路に供給するためにそれぞれの燃料供給口及び酸化剤供給口に結合される。さらに、低温領域が300以下の温度に保たれる一方で、400を超える温度まで反応領域を加熱するために高温領域に熱を供給する段階を含むこの装置の使用方法が提供される。燃料及び酸化剤気体は、それらが反応する加熱された反応領域の通路に供給される。グリーンセラミック、アノード、カソード及び犠牲材料を層状化する段階を含むこの装置の製造方法も提供される。除去可能な構造体は、犠牲層を覆うグリーンセラミック層の対応する側部に位置する。積層後、ワイヤは除去され、積層された構造体は、犠牲層をベークアウトするために加熱される。間隙は、第1の通路を形成するためにベークアウトされた犠牲材料を反応領域に残し、間隙は、より小さい断面積のネックダウンポイントを形成するために、除去可能な構造体を残した。

10

20

#### 【0012】

本発明の他の実施形態によれば、燃料電池装置の製造方法は、第1の細長いグリーンセラミック層の第1の側部にアノード層を、対向する第2の側部にカソード層を付ける段階であって、そのアノード層及びカソード層が、第1の細長いグリーンセラミック層の第1の部分内に概して位置する段階を提供することを含む。犠牲有機層は、アノード層及びカソード層の各々上に付けられ、少なくとも1つの除去可能な構造体は、それぞれの犠牲有機層を覆う第1の端部と、第1の細長いグリーンセラミック層の端部まで少なくとも延びる第2の端部と、を有する第1の細長いグリーンセラミック層の第1及び第2の側部の各々に位置する。次いで、第2の細長いグリーンセラミック層は、第1の細長いグリーンセラミック層に概して位置する第1及び第2の側部の各々上の犠牲有機層及び除去可能な構造体上に配置される。その層及び除去可能な構造体の全ては、積層された構造体を形成するために共に積層され、次いで、それぞれの端部とアノード層及びカソード層との間の非活性通路を形成するために、除去可能な構造体が除去される。最後に、積層された構造体は、アノード層及びカソード層に沿って活性通路を形成するために犠牲有機層を焼失するまで加熱される。

30

#### 【0013】

他の実施形態によれば、燃料電池装置の製造方法は、複数のセラミック層、アノード層、カソード層及び内部の犠牲有機層を含む積層された構造体を形成する段階であって、そのカソード層からアノード層を分離する介在するセラミック層と、その介在するセラミック層に対向するそのアノード層及びカソード層の各々に隣接するその内部の犠牲有機層と、を提供するように配置され、その犠牲有機層が、内部気体通路を提供するように採寸される段階を含む。除去可能な構造体は、犠牲有機層と接触して配置され、積層された構造体の1つ又はそれ以上の端部まで延びる。積層された構造体は積層され、除去可能な構造体は、複数のベークアウト口を形成するために除去される。次いで、犠牲有機層は、犠牲有機層の材料をベークアウトするために、積層された構造体を加熱することによって、内部気体通路を形成するために除去され、ここで、材料は、複数のベークアウト口を通して

40

50

出る。その後、ベークアウト口は、障壁材料で密閉される。

【0014】

他の実施形態によれば、燃料電池システムは、厚さ $T$ を有するチャンパー壁を有する高温領域チャンパーを備える。1つ又はそれ以上の燃料電池装置の各々は、最長の寸法である長さを有する細長い長方形または管状の基板であって、その熱膨張係数とその長さと同延である唯一の主要な軸を有する細長い長方形または管状の基板と、動作反応温度への露出のために高温領域チャンパーに位置するその長さの第1の部分に沿った反応領域と、動作反応温度以下の温度に維持するために高温領域チャンパーの外側に延びるその長さの第2の部分に沿った少なくとも1つの低温領域と、その反応領域のアノードとカソードとの間に配置される電解質と、を有する。厚さ $T$ に等しい各々の燃料電池装置のその長さの第3の部分は、そのチャンパー壁内に位置し、その第3の部分が、その長さの方向に直交する平面において最大寸法 $L$ を有し、 $T > 1/2 \times L$ である。熱源は、高温領域チャンパー内において動作反応温度まで反応領域を加熱するために高温領域チャンパーに結合される。

10

【0015】

他の実施形態によれば、燃料電池装置の製造方法は、第1の犠牲層上に集電板を形成する段階と、集電板上に第2の犠牲層を付ける段階と、第1及び第2の犠牲層をグリーンセラミックで実質的に囲う段階と、グリーンセラミックを焼結し、間隙内に位置する集電板を焼結されたセラミック内に残す第1及び第2の犠牲層を焼失するために熱を加える段階と、間隙通路として機能するための間隙の開口の第2の部分を維持しながら、集電板と焼結されたセラミックとに接触する間隙の第1の部分内に電解質を形成する段階と、を含む。

20

【0016】

他の実施形態によれば、燃料電池装置は、最長の寸法である長さを有する細長い基板であって、その細長い基板が、その長さと同延である唯一の主要な軸を有する熱膨張係数と、動作反応温度まで加熱されるように構成されたその長さの第1の部分に沿った反応領域と、その反応領域が加熱される際にその動作反応温度以下の温度に保持するように構成されたその長さの第2の部分に沿った少なくとも1つの低温領域と、を有する細長い基板を有する。電解質は、反応領域内の多孔性のアノードと多孔性のカソードとの間に配置され、燃料通路は、多孔性のアノードに関連し、反応領域を通過して少なくとも1つの低温領域から延び、酸化剤通路は、多孔性のカソードに関連し、反応領域を通過して少なくとも1つの低温領域から延び、高密度の集電板は、多孔性のアノードと多孔性のカソードとの各々の表面部分に少なくとも部分的にリセスされて位置し、それぞれの燃料及び酸化剤通路で露出される。

30

【0017】

他の実施形態によれば、燃料電池装置の製造方法は、燃料電池装置の活性電解質の部分として機能する第1の部分と、燃料電池装置の受動支持体の部分として機能する第2の部分と、を有する第1のグリーンセラミック層を提供する段階を含む。アノード層は、第1のグリーンセラミック層の第1の側部に、カソード層は、第1のグリーンセラミック層の第1の部分の対向する第2の側部を付けられ、第2のグリーンセラミック層は、第1のグリーンセラミック層の第1及び第2の側部の各々の第2の部分に付けられ、第2のグリーンセラミック層の厚さは、アノード層及びカソード層の厚さに略等しい。犠牲層は、アノード層及びカソード層の各々及び第2のグリーンセラミック層上に付けられ、第3のグリーンセラミック層は、犠牲層の各々の上に付けられる。積層された構造体は、受動支持部分においてそれらの間に厚い焼結されたセラミックを有する気体通路の対と、活性電解質部分においてそれらの間にアノード、薄い電解質及びカソードを形成するために、全ての層を焼結し、犠牲層を焼失するのに十分な温度まで加熱される。

40

【0018】

他の実施形態によれば、燃料電池装置は、アノード、カソード及びそれらの間の電解質を有する活性中心部分と、活性中心部分から延びる少なくとも3つの細長い部分であって

50

、その細長い部分の各々が、その長さと同延である主要な軸を有する熱膨張係数を有するように、各々が、横方向幅より実質的に大きい長さを有する部分と、第1の細長い部分の燃料注入口からアノードに関連する活性中心部分まで延びる少なくとも1つの燃料通路と、第2の細長い部分の酸化剤注入口からカソードに関連する活性中心部分まで延びる少なくとも1つの酸化剤通路と、第3の細長い部分の開口と活性中心部分との間に延びる少なくとも1つの気体通路と、を含む。

【0019】

他の実施形態によれば、燃料電池装置は、アノード、カソード及びそれらの間の電解質を有する活性中心部分と、活性中心部分から延びる4つの細長い部分であって、その細長い部分の各々が、その長さと同延である主要な軸を有する熱膨張係数を有するように、各々が、横方向幅より実質的に大きい長さを有する部分と、を含む。燃料通路は、第1の細長い部分の注入口から、アノードに関連する活性中心部分、及び、第2の細長い部分の排出口まで延び、酸化剤通路は、第3の細長い部分の注入口から、カソードに関連する活性中心部分、及び、第4の細長い部分の排出口まで延び、活性中心部分が、4つの細長い部分の各々の面積より大きい面積を有する。

10

【0020】

他の実施形態によれば、燃料電池装置の製造方法は、燃料電池装置内に気体通路を提供するために位置する複数の犠牲有機層と交互に位置する複数のグリーンセラミック層の積層された構造体を形成する段階であって、その犠牲層が、炭素繊維とワックスとの複合材を含み、そのグリーンセラミック層が、高分子結合剤を含む段階を含む。本発明は、炭素繊維または高分子結合剤を焼失することなくワックスをベークアウトするのに十分な第1の温度まで、次いで、高分子結合剤を焼失するために十分な第2の温度まで、次いで、グリーンセラミック層を焼結し、炭素繊維を焼失するために十分な焼結温度まで、積層された構造体を加熱する段階を含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】単一のアノード層、カソード層、電解質、及び、2つの端部の低温領域間の高温領域を有する、本発明の基本的な燃料電池スティック装置の一実施形態を断面図で示す。

【図1A】単一のアノード層、カソード層、電解質、及び、2つの端部の低温領域間の高温領域を有する、本発明の基本的な燃料電池スティック装置の一実施形態を上面図で示す。

30

【図2】結合された燃料供給チューブを有する本発明の燃料電池スティック装置の一端を斜視図で示す。

【図3A】変更された端部を有する、本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を斜視図で示す。

【図3B】図3Aの装置の1つの変更された端部に結合された燃料供給チューブを斜視図で示す。

【図4A】本発明の一実施形態による正及び負電圧ノードに対する電気接続を形成するための複数の燃料電池スティック装置に対する冶金結合取り付け手段を斜視図で示す。

【図4B】本発明の一実施形態による多数の燃料電池スティック装置間の接続を概略端面図で示し、ここで、各々の燃料電池スティック装置は、複数のアノード及びカソードを含む。

40

【図5】本発明の一実施形態による正及び負電圧ノードに対する電気接続を形成する機械的な取り付け手段を概略端面図で示す。

【図6A】他端が高温領域であると共に、燃料及び供給チューブが取り付けられた、燃料電池スティック装置の一端部に単一の低温領域を有する代替案の実施形態を斜視図で示す。

【図6B】他端が高温領域であると共に、燃料及び供給チューブが取り付けられた、燃料電池スティック装置の一端部に単一の低温領域を有する代替案の実施形態を斜視図で示す。

50

【図 7 A】本発明の一実施形態による空気及び燃料通路の複数の支柱を示す側方断面図である。

【図 7 B】本発明の一実施形態による空気及び燃料通路の複数の支柱を示す上面図である。

【図 7 C】本発明の他の実施形態による支柱として燃料及び空気通路内の球形ボールの使用を示す顕微鏡写真である。

【図 7 D】本発明の他の実施形態による支柱として燃料及び空気通路内の球形ボールの使用を示す顕微鏡写真である。

【図 8 A】並列に外部に結合された 2 つの燃料電池を含む本発明の一実施形態を断面で示す。

【図 8 B】ピアの使用を介して並列に外部に結合された 2 つの燃料電池を有することを除いて図 8 A と同様の本発明の他の実施形態を断面図で示す。

【図 9 A】並列に結合された 3 つの燃料電池を示す、共有のアノード及びカソードを有する本発明の一実施形態によるマルチ燃料電池設計を断面図で示す。

【図 9 B】直列に結合された 3 つの燃料電池を示す、共有のアノード及びカソードを有する本発明の一実施形態によるマルチ燃料電池設計を断面図で示す。

【図 10】装置の低温領域に結合される燃料供給チューブと、高温領域において装置に対する加熱された空気の供給のための空気通路への高温領域における開放された装置の側部と、を有する、本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を概略側面図で示す。

【図 10 A】高温領域が対向する低温端部間に位置する、図 10 の実施形態の変形例を概略側面図で示す。

【図 10 B】10 B - 10 B 線に沿って得られた上部断面図で図 10 A の燃料電池スティック装置を示す。

【図 11】本発明の様々な実施形態を概略的に示し、図 12 から図 24 に示される構成要素に対するキーを示す。

【図 12】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 13】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 14】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 15】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 16】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 17】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 18】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 19】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 20】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 21】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 22】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 23】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 24】本発明の様々な実施形態を概略的に示す。

【図 25 A】一低温端部に細長い部分と対向する高温端部に大きな表面積部分とを有するパンハンドルデザインを有する本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を概略上面図で示す。

【図 25 B】中心の高温領域に中心の大きな表面積の部分とを有する、対向する低温端部に 2 つの細長い部分を有するパンハンドルデザインの代替案の実施形態を概略上面図で示す。

。

【図 26 A】中心の高温領域に中心の大きな表面積の部分とを有する、対向する低温端部に 2 つの細長い部分を有するパンハンドルデザインの代替案の実施形態を概略上面図で示す。

。

【図 26 B】中心の高温領域に中心の大きな表面積の部分とを有する、対向する低温端部に 2 つの細長い部分を有するパンハンドルデザインの代替案の実施形態を概略側面図で示す。

。

10

20

30

40

50

【図 27A】一低温端部に細長い部分と対向する高温端部に大きな表面積部分とを有するパンハンドルデザインを有する本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を概略上面図で示す。

【図 27B】一低温端部に細長い部分と対向する高温端部に大きな表面積部分とを有するパンハンドルデザインを有する本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を概略側面図で示す。

【図 28A】螺旋状の又は巻き取られた環状の形状を有する、本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を示し、巻き取られた構造体を概略上面図で示す。

【図 28B】螺旋状の又は巻き取られた環状の形状を有する、本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を示し、巻き取られた構造体を概略端面図で示す。

【図 28C】螺旋状の又は巻き取られた環状の形状を有する、本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を示し、巻き取られた構造体を概略側面図で示す。

【図 28D】螺旋状の又は巻き取られた環状の形状を有する、本発明の一実施形態による燃料電池スティック装置を示し、螺旋状の又は巻き取られた環状の形状を概略斜視図で示す。

【図 29A】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を概略等角図で示す。

【図 29B】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を、図 29A から得られる断面図で示す。

【図 29C】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を、図 29A から得られる断面図で示す。

【図 29D】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を、図 29A から得られる断面図で示す。

【図 29E】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を、図 29A から得られる断面図で示す。

【図 29F】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を、空気入力端部における端面図で示す。

【図 29G】燃料電池スティック装置が管状の同心の形態を有する本発明の他の代替案の実施形態を、燃料入力端部における端面図で示す。

【図 30A】高温領域の活性領域の前にある集積された予熱領域を有する本発明の燃料電池スティック装置の実施形態を概略側方断面図で示す。

【図 30B】図 30A の装置を、30B - 30B 線に沿って得られた概略断面図で示す。

【図 30C】図 30A の装置を、30C - 30C 線に沿って得られた概略断面図で示す。

【図 31A】中心高温領域を有する 2 つの低温領域を示すことを除いて図 30A と同様の図を示す。

【図 31B】中心高温領域を有する 2 つの低温領域を示すことを除いて図 30B と同様の図を示す。

【図 31C】中心高温領域を有する 2 つの低温領域を示すことを除いて図 30C と同様の図を示す。

【図 32A】燃料注入口と燃料通路との間、及び、空気注入口と空気通路との間に延びる予熱チャンバーを含み、各々の予熱チャンバーが、低温領域から高温領域の予熱領域まで延びることを除いては、図 31A から図 31C に示された実施形態と同様の実施形態を、図 32A の 32B - 32B 線の沿って得られた概略側方断面図で示す。

【図 32B】燃料注入口と燃料通路との間、及び、空気注入口と空気通路との間に延びる予熱チャンバーを含み、各々の予熱チャンバーが、低温領域から高温領域の予熱領域まで延びることを除いては、図 31A から図 31C に示された実施形態と同様の実施形態を、図 32A の 32B - 32B 線の沿って得られた概略上部断面図で示す。

【図 33A】空気及び燃料を予熱するための本発明の他の実施形態を示し、燃料電池スティック装置の長手方向の中心を通る概略断面図である。

【図 33B】空気及び燃料を予熱するための本発明の他の実施形態を示し、図 33A の 3

10

20

30

40

50

3 B - 3 3 B 線に沿って得られた概略断面図である。

【図 3 3 C】空気及び燃料を予熱するための本発明の他の実施形態を示し、図 3 3 A の 3 3 C - 3 3 C 線に沿って得られた概略断面図である。

【図 3 4 A】直列に外部に相互接続された多数のアノード及びカソードを有する本発明の一実施形態を概略斜め前面図で示す。

【図 3 4 B】直列に外部に相互接続された多数のアノード及びカソードを有する本発明の一実施形態を概略斜め側面図で示す。

【図 3 5】直列 - 並列デザインを提供するために金属ストライプによって外部に結合された 2 つの構造体を兼ねる図 3 4 B の構造体を概略側面図で示す。

【図 3 6 A】高温領域において直列及び / 又は並列にアノード及びカソードを接続するための金属ストライプと、正及び負電圧ノードに対する低温領域の低温接続を形成するために高温領域から低温領域まで延びる長い金属ストライプと、を含む本発明の他の実施形態を概略側面図で示す。

【図 3 6 B】高温領域において直列及び / 又は並列にアノード及びカソードを接続するための金属ストライプと、正及び負電圧ノードに対する低温領域の低温接続を形成するために高温領域から低温領域まで延びる長い金属ストライプと、を含む本発明の他の実施形態を斜視図で示す。

【図 3 7】空気及び燃料供給接続及び電圧ノード接続のための単一の低温領域を有することを除いて、図 3 6 の実施形態と同様の実施形態を概略等角図で示す。

【図 3 8 A】構造体内に通路を形成するために使用される有機材料のベークアウトにおける装置の側部に沿った多数の出口間隙を有する本発明の実施形態を概略断面図で示す。

【図 3 8 B】構造体内に通路を形成するために使用される有機材料のベークアウトにおける装置の側部に沿った多数の出口間隙を有する本発明の実施形態を概略断面図で示す。

【図 3 9】燃料電池スティック装置のアノード支持バージョンと呼ばれる、アノード材料が支持構造体として使用される本発明の他の実施形態を概略断面図で示す。

【図 4 0 A】装置を通る燃料を運ぶ機能を果たす多孔質アノードを支持して開放燃料通路が取り除かれる、本発明の燃料電池スティック装置の他の実施形態によるアノード支持バージョンを概略断面端部図で示す。

【図 4 0 B】装置を通る燃料を運ぶ機能を果たす多孔質アノードを支持して開放燃料通路が取り除かれる、本発明の燃料電池スティック装置の他の実施形態によるアノード支持バージョンを概略断面側部図で示す。

【図 4 1 A】多数の空気通路がアノード支持構造体内に提供され、単一の燃料通路が多数の空気通路に対して垂直に提供される、本発明の燃料電池スティック装置のアノード支持バージョンの他の実施形態を概略断面端部図で示す。

【図 4 1 B】多数の空気通路がアノード支持構造体内に提供され、単一の燃料通路が多数の空気通路に対して垂直に提供される、本発明の燃料電池スティック装置のアノード支持バージョンの他の実施形態を概略断面上部図で示す。

【図 4 2 A】一実施形態による、本発明の燃料電池スティック装置の通路に電極層を形成する方法を概略断面側部図で示す。

【図 4 2 B】一実施形態による、本発明の燃料電池スティック装置の通路に電極層を形成する方法を概略断面側部図で示す。

【図 4 2 C】一実施形態による、本発明の燃料電池スティック装置の通路に電極層を形成する方法を概略断面側部図で示す。

【図 4 3】電極層を受容するために利用される表面積を増加するために平らでない形状を電解質層が備える本発明の他の実施形態を概略断面側部図で示す。

【図 4 4】電解質層に平らでない形状を提供するための本発明の代替案の実施形態を概略側面図で示す。

【図 4 5 A】装置の左側及び右側の間にブリッジを有する、装置の左側及び右側の各々に複数の燃料電池を有する本発明の燃料電池スティック装置の他の実施形態を高温領域と通して概略上面図で示す。

10

20

30

40

50

【図 4 5 B】装置の左側及び右側の間にブリッジを有する、装置の左側及び右側の各々に複数の燃料電池を有する本発明の燃料電池スティック装置の他の実施形態を高温領域と通して断面図で示す。

【図 4 6 A】電子が装置の低温端部に移動するための低抵抗の大きな又は幅広い通路を提供するための大きな外部接触パッドを有する本発明の燃料電池スティック装置の他の実施形態を概略透視図で示す。

【図 4 6 B】電子が装置の低温端部に移動するための低抵抗の大きな又は幅広い通路を提供するための大きな外部接触パッドを有する本発明の燃料電池スティック装置の他の実施形態を概略断面図で示す。

【図 4 7】使用済みの燃料及び空気の両方のための単一の排気通路を有する本発明の他の実施形態による燃料電池スティック装置を概略側方断面図で示す。

【図 4 8 A】厚い部分及び薄い巻かれた部分を有する“端部が巻かれた（エンドロール）燃料電池スティック装置”と称される代替案の実施形態であって、透視図で巻かれていない装置を示す。

【図 4 8 B】厚い部分及び薄い巻かれた部分を有する“端部が巻かれた（エンドロール）燃料電池スティック装置”と称される代替案の実施形態であって、断面側部図で巻かれた装置を示す。

【図 4 8 C】厚い部分及び薄い巻かれた部分を有する“端部が巻かれた（エンドロール）燃料電池スティック装置”と称される代替案の実施形態であって、透視図で巻かれた装置を示す。

【図 4 9 A】2つのセラミック層間のワイヤを用いた燃料電池スティック装置を組み立てるための実施形態を概略側方断面図で示す。

【図 4 9 B】積層後における図 4 9 A の装置を概略透視図で示す。

【図 4 9 C】ワイヤが除去された後における図 4 9 B の装置を概略透視図で示す。

【図 5 0 A】ワイヤ及び間隙形成テープの組合せを用いた燃料電池スティック装置を組み立てるための他の実施形態を概略断面図で示す。

【図 5 0 B】ワイヤ及び間隙形成テープの組合せを用いた燃料電池スティック装置を組み立てるための他の実施形態を概略断面図で示す。

【図 5 0 C】ワイヤ及び間隙形成テープの組合せを用いた燃料電池スティック装置を組み立てるための他の実施形態を概略断面図で示す。

【図 5 1】炉壁を通過する燃料電池スティック装置を概略透視図で示す。

【図 5 2 A】炉壁を通過する燃料電池スティック装置を概略透視図で示す。

【図 5 2 B】炉壁の境界内の 5 2 B の燃料電池スティック装置の部分を概略透視図で示す。

【図 5 2 C】それが炉壁を通過する管状の燃料電池スティック装置を概略透視図で示す。

【図 5 3】多数の層で作られる炉壁を通過する燃料電池スティック装置を概略透視図で示す。

【図 5 4】多数の層及び空隙で作られた炉壁を通過する燃料電池スティック装置を概略透視図で示す。

【図 5 5 A】浮遊集電体を有する燃料電池スティック装置の組立体を概略断面図で示す。

【図 5 5 B】浮遊集電体を有する燃料電池スティック装置の組立体を概略断面図で示す。

【図 5 5 C】浮遊集電体を有する燃料電池スティック装置の組立体を概略断面図で示す。

【図 5 5 D】浮遊集電体を有する燃料電池スティック装置の組立体を概略断面図で示す。

【図 5 5 E】浮遊集電体を有する燃料電池スティック装置の組立体を概略断面図で示す。

【図 5 6 A】浮遊終電体を支持するジルコニアボールを示す顕微鏡写真である。

【図 5 6 B】浮遊終電体を支持するジルコニアボールを示す顕微鏡写真である。

【図 5 7 A】アノードまたはカソードを形成するための粘稠液に懸濁されたアノードまたはカソード粒子を有する図 5 5 D の構造体の埋め戻しを概略断面図で示す。

【図 5 7 B】アノードまたはカソードを形成するための粘稠液に懸濁されたアノードまたはカソード粒子を有する図 5 5 D の構造体の埋め戻しを概略断面図で示す。

10

20

30

40

50

- 【図 5 8 A】通路の閉塞をほぼ引き起こす集電体を示す電子顕微鏡である。
- 【図 5 8 B】通路の閉塞をほぼ引き起こす集電体を示す電子顕微鏡である。
- 【図 5 8 C】通路の閉塞をほぼ引き起こす集電体を示す電子顕微鏡である。
- 【図 5 9】アノード及びカソードの表面に集電体を概略断面図で示す。
- 【図 6 0】アノード及びカソードの表面に埋め込まれた集電体を概略断面図で示す。
- 【図 6 1 A】アノード及びカソードに集電体を埋め込む方法を概略断面図で示す。
- 【図 6 1 B】アノード及びカソードに集電体を埋め込む方法を概略断面図で示す。
- 【図 6 1 C】アノード及びカソードに集電体を埋め込む方法を概略断面図で示す。
- 【図 6 2】2つの厚さを有する電解質の個々の層を実現する方法を概略断面図で示す。
- 【図 6 2 A】図 6 2 A の詳細図である。 10
- 【図 6 3】ハッチパターンの集電体の上部を示す電子顕微鏡写真である。
- 【図 6 4】多孔性のアノードまたはカソード上の集電体の側方断面図を示す顕微鏡写真である。
- 【図 6 5】多孔性のアノードまたはカソード上の集電体の角度の付いた断面図を示す顕微鏡写真である。
- 【図 6 6 A】燃料電池スティック装置の端部を滑るチューブの概略断面図である。
- 【図 6 6 B】図 6 6 A の燃料電池スティック装置の端部の概略断面図である。
- 【図 6 7 A】燃料電池スティック装置の端部に位置し、スプリング電気接触部を含むコネクタの概略断面図である。
- 【図 6 7 B】図 6 7 A のコネクタの概略透視図である。 20
- 【図 6 8 A】4つの出口ポイントを有する燃料電池スティック装置を示す概略透視図である。
- 【図 6 8 B】4つの出口ポイントを有する燃料電池スティック装置を示す概略透視図である。
- 【図 6 9】多孔性のアノードまたはカソードにリセスされている集電体チューブを示す顕微鏡写真である。
- 【図 7 0】カーボンワックス犠牲材料を除去した後に残る間隙を示す顕微鏡画像である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0022】
- 添付の図面は、明細書の一部を構成し、明細書に含まれるが、上に与えられた本発明の一般的な記載及び本発明を説明する機能を果たす以下に与えられる詳細な説明と共に本発明の実施形態を示す。 30
- 【0023】
- 一実施形態において、本発明は、燃料口及び空気口が一体構造で作られる SOFC 装置及びシステムを提供する。一実施形態において、SOFC 装置は、長さが幅または厚さよりかなり大きい、基本的に比較的平らであるか長方形の棒状である（従って、燃料電池スティック (Fuel Cell Stick (登録商標)) 装置と称される)、細長い構造体である。燃料電池スティック装置は、中心が高温である一方で、低温端部を有することができる（低温端部は、300 未満であり、高温中心は、400 を超える、おそらく 700 を超える）。セラミックの遅い熱伝導は、高温中心が低温端部を完全に加熱することを防止することができる。さらに、その端部は、そこに来るあらゆる熱を急速に放射する。本発明は、接続のために低温端部を有することによって、アノード、カソード、燃料注入口、H<sub>2</sub>O 排出口、CO<sub>2</sub> 排出口、及び、空気注入口及び空気排出口に対する容易な接続を形成することが可能であるという認識を含む。管状の燃料電池構造体が高温中心を有する低温端部を有することもできる一方で、従来技術は、セラミックチューブのこの利点を利用せず、その代わりに、高温接続が必要とされたように、炉または高温領域にチューブ全体を配置する。従来技術は、燃料入力における高温の真鍮の接続を形成する複雑さ及びコストを認識しているが、ここに提供される解決手段を認識していない。本発明の燃料電池スティック装置は、それが中心部で加熱され、低温端部を有することも可能にする、上記で検討された熱特性の利点を有するように、長く皮質 (スキニー) である。 40
- 50

これは、温度でそれを構造上適切にし、燃料、空気及び電極を接続することを比較的容易にする。燃料電池スティック装置は、基本的に、電気を生成するために加えられる熱、燃料及び空気のみを必要とする独立型システムである。これらのものが容易に取り付けられ得るように、この構造体は設計される。

#### 【0024】

本発明の燃料電池スティック装置は、多層構造体であり、幾つかの他の利点を提供する多層の共焼成手法を用いて形成され得る。最初に、この装置は一体型であり、それは、構造上適切にするのに役立つ。第二に、この装置は、コンデンサーチップのMLCC（多層の共焼成セラミック）製造で使用されるもののような伝統的な高容積の製造技術に適する（多層のコンデンサー製造が工業用セラミックの最大の体積の使用であり、この技術が高い体積製造において証明されると信じられる。）。第三に、薄い電解質層は、追加の費用及び複雑性なしにその構造体内に実現され得る。60 $\mu$ m未満の電解質壁の厚さを有するSOFCチューブを想像することが困難であるのに対して、2 $\mu$ mの厚さの電解質層は、MLCC手法を使用することで可能である。従って、本発明の燃料電池スティック装置は、SOFCチューブより約30倍効率的であり得る。最後に、本発明の多層の燃料電池スティック装置は、各々数百または数千の層を有することができ、それは、最も大きな領域と最も大きな密度を提供するだろう。

#### 【0025】

本発明の燃料電池スティック装置に対して、従来の技術のSOFCチューブの表面積を考えてみて下さい。例えば、0.25"×0.25"の燃料電池スティック装置に対して、0.25%の直径のチューブを考えてみて下さい。このチューブにおいて、円周は、3.14×D、すなわち、0.785"である。0.25"の燃料電池スティックにおいて、1つの層の使用可能な幅は、約0.2インチである。従って、1つのチューブと同じ面積を与えるのにおよそ4つの層を要する。これらの数字は、コンデンサー技術におけるものと著しく異なる。日本の多層のコンデンサーにおける最先端は、現在、2 $\mu$ mの厚さの600層である。日本人は、間もなくおそらく生産中の1000層の部品を販売し出すだろう。現在、彼らは、研究所でそれらを製造している。600層を有するこれらのチップコンデンサーは、たった0.060"（1500 $\mu$ m）である。この製造技術を、2 $\mu$ mの厚さの電解質と、10 $\mu$ mの厚さの各々のカソード/アノードを有する空気/燃料通路とを有する0.25"の装置である、本発明の燃料電池スティック装置に適用することによって、529層を有する単一の装置を製造することが可能であろう。それは、132個のチューブの同等物であろう。従来の技術は、結果物が高出力のために非常に大きな構造体になる、より多くのチューブを加えるか、直径を増やすか、及び/又は、より多くの出力を得るためにチューブの長さを増加させるという戦略を採る。一方、本発明は、より多くの出力を得るために、より多くの層を単一の燃料電池スティック装置に加え、及び/又は、より薄い層又は通路を装置で使用し、それによってSOFC技術において小型化を可能にする。さらに、本発明における利点は、コンデンサーにおけるのと同様に、平方効果である。電解質層が半分ぐらいの厚さにされると、力は2倍になり、それで、より多くの層が装置に適合し、力が再び2倍になる。

#### 【0026】

本発明のもう1つの重要な特徴は、燃料電池スティック装置の出力電圧を増加するために内部で層を連結することが容易であろうということである。一層あたり1ボルトと仮定すると、12ボルトの出力が、12個のグループを共に連結するためのピアホールを用いて本発明の燃料電池スティック装置によって得られ得る。その後、さらなる接続が、より高い電流を達成するために並列に12個のグループを連結し得る。これは、コンデンサーチップ技術で使用される既存の方法で行うことができる。重大な差異は、本発明が、他の技術が使用しなければならないろう付け及び複雑なワイヤリングを打開することである。

#### 【0027】

本発明は、従来の技術と比較して、より多くの多様な電極選択も提供する。貴金属は、

10

20

30

40

50

アノード及びカソードの両方に有効であろう。銀はより安い、より高温において、Pd、PtまたはAuとの混合が必要とされ、Pdは、おそらく3つの中で最も低価格である。多くの研究は、非貴金属の導電体に焦点を合わせている。燃料側において、ニッケルを使用する試みが行われているが、酸素に対する如何なる露出も高温において金属を酸化させるだろう。導電性セラミックも知られており、本発明で使用することができる。要するに、本発明は、焼結することができるあらゆる種類のアノード/カソード/電解質システムを利用し得る。

#### 【0028】

本発明の一実施形態において、2 μmのテープの大きな領域が両側において空気/気体で支持されていない場合、この層は、壊れ易くなるかもしれない。間隙（ギャップ）を横切る柱を取り去ることが想定される。これらは、鐘乳石と石筍とが接触する洞窟内の柱のようなもののように見えるだろう。それらは、均等に頻繁に間隔を開けられ、その構造体により大きな強度を与える。

10

#### 【0029】

高温フレキシブルシリコンチューブまたはラテックスゴムチューブが、例えば、燃料電池スティック装置に取り付けるために使用され得るように、気体供給部及び空気供給部の取り付けにおいて、その端部温度は300以下、例えば150以下であることが想定される。これらのフレキシブルチューブは、簡単に装置の端部まで延びることができ、それによってシールを形成する。これらの材料は、標準的なマクマスターカタログで入手可能である。シリコンは、その特性を失うことなく、オープンガasketとして150

20

#### 【0030】

アノード材料またはカソード材料、あるいは両方の電極材料は、金属または合金であり得る。アノード及びカソードにおける適切な金属または合金は、当業者に周知である。あるいは、一方又は両方の電極材料は、当業者に周知である導電性のグリーンセラミックであり得る。例えば、アノード材料は、イットリア安定化ジルコニアで被覆される部分的に焼結された金属ニッケルでありえ、カソード材料は、ペロブスカイト構造を有する、改質されたランタンマンガンナイトであり得る。

#### 【0031】

他の実施形態において、電極材料の一方又は両方は、グリーンセラミックと、複合材に導電性を与えるのに十分な量で存在する導電金属との複合材であり得る。一般に、金属粒子が接触し始めると、セラミックマトリクスは、電子導性になる。複合材マトリクスに導電性を与えるのに十分な金属の量は、主に金属粒子形状に依存して変化するだろう。例えば、金属の量は、一般に金属薄片におけるよりも球形粉末金属においてより多く必要であるだろう。典型的な実施形態において、複合材は、そこに分散される約40から90%の導電性金属粒子を有するグリーンセラミックのマトリクスを含む。そのグリーンセラミックマトリクスは、電解質層において使用されるグリーンセラミック材料と同一または異なり得る。

30

#### 【0032】

一方又は両方の電極材料がセラミックすなわち導電性グリーンセラミックまたは複合材を含む実施形態において、積層中に、その圧力が、層間の高分子の分子鎖を架橋するのに加えて、層内の有機結合剤を架橋するために十分であるように、電極材料のグリーンセラミックと電解質のためのグリーンセラミックは、架橋可能な有機結合剤を含み得る。

40

#### 【0033】

同様の構成要素を示すために初めから終わりまで同様の符号が使用される図面が以下で参照されるだろう。図で使用される参照符号は、以下の通りである。

#### 【0034】

“領域（ゾーン）”、“領域（エリア）”及び“領域（リージョン）”は、全体にわたって同じ意味で使用され、同一の意味を有するものである。同様に、用語“通路（パッセ

50

ージ) ”、“流路(チャンネル)”及び“通路(パス)”は、全体にわたって同一の意味で使用され、用語“排出口(アウトレット)”及び“出口(イグジット)”は、全体にわたって同一の意味で使用され得る。

#### 【0035】

図1及び図1Aはそれぞれ、単一のアノード層24、カソード層26及び電解質28を有する、本発明の基本的な燃料電池スティック装置10の一実施形態を側方断面図及び上方断面図で示し、この装置10は、一体型である。燃料電池スティック装置10は、燃料注入口12、燃料排出口16及びそれらの間に燃料通過14を含む。装置10は、空気注入口18、空気排出口22及びそれらの間に空気通路20をさらに含む。燃料通過14と空気通過20は、対向及び平行な関係であり、燃料通路14を通る、燃料供給部34からの燃料の流れは、空気通路20を通る、空気供給部36からの空気の流れと反対の方向である。電解質層28は、燃料通過14と空気通過20との間に配置される。アノード層24は、燃料通過14と電解質層28との間に配置される。同様に、カソード層26は、空気通路20と電解質層28との間に配置される。燃料電池スティック装置10の残りの部分は、セラミック29を含み、それは、電解質層28と同一の材料からなり得るか、異なる材料からなり得るが適合性のあるセラミック材料であり得る。破線によって示されるように、電解質層28は、アノード24とカソード26との対向する領域間に横たわるセラミックの部分であると考えられる。酸素イオンが空気通過20から燃料通過14まで通過するのは電解質層28である。図1に示されるように、空気供給部36からの $O_2$ は、空気通路20を通過して移動し、カソード層26によってイオン化され $2O^-$ を生成し、それは、電解質層28を通過して移動し、アノード24を通過して燃料通路14に移動する。そこで、それは、燃料供給部34からの燃料、例えば炭化水素と反応し、初めにCO及び $H_2$ を生成し、次いで、 $H_2O$ 及び $CO_2$ を生成する。図1が燃料として炭化水素を用いた反応を示しているが、本発明は、これに限定されない。SOFCにおいて一般的に使用されるあらゆるタイプの燃料が本発明で使用され得る。燃料供給部34は、例えば、炭化水素源または水素源であり得る。メタン( $CH_4$ )、プロパン( $C_3H_8$ )及びブタン( $C_4H_{10}$ )は、炭化水素燃料の例である。

10

20

#### 【0036】

反応が起こるためには、燃料電池スティック装置10に熱が加えられなければならない。本発明によれば、燃料電池スティック装置10の長さは、装置10の中心の高温領域32(または加熱領域)と、装置10の各々の端部11a及び11bにおける低温領域30とに装置を分けることができるほど十分に長い。高温領域32と低温領域30との間に転移領域31が存在する。高温領域32は、 $400$  を超える温度で典型的に動作する。例示的な実施形態において、高温領域32は、 $600$  を超える温度、例えば $700$  を超える温度において動作する。低温領域30は、熱源にさらされないが、燃料電池スティック装置10の長さセラミック材料の熱特性の利点のために、熱は、高温領域32の外側に分散し、低温領域30が $300$  未満の温度を有するようになる。セラミックの長さにわたる高温領域32から低温領域30への熱移動は遅く、高温領域32の外側におけるセラミック材料から空気への熱移動は比較的速いと考えられている。従って、高温領域32に入力された熱のほとんどは、低温領域30の端部に達する前に、空気に失われる(主に転移領域31において)。本発明の典型的な実施形態において、低温領域30は、 $150$  未満の温度を有する。さらなる典型的な実施形態において、低温領域30は、室温である。転移領域31は、高温領域32の動作温度と、低温領域30の温度との間の温度を有し、多量の熱分散が起こるのは転移領域31内である。

30

40

#### 【0037】

主要な熱膨張係数(CTE)が燃料電池スティック装置10の長さに沿い、従って、それは基本的には一次元であるので、中心の速い熱は、クラックなしで許容される。典型的な実施形態において、装置10の長さは、装置の幅及び厚さより少なくとも5倍大きい。さらなる典型的な実施形態において、装置10の長さは、装置の幅及び厚さより少なくとも10倍大きい。さらなる典型的な実施形態において、装置10の長さは、装置の幅及び

50

厚さより少なくとも15倍大きい。さらに、典型的な実施形態において、幅は、厚さより大きく、それは、より大きな面積を提供する。例えば、幅は、少なくとも厚さの2倍であり得る。さらなる例を通して、0.2インチの厚さの燃料電池スティック装置10は、0.5インチの幅を有し得る。当然のことながら、図面は、原寸に比例して示されておらず、単に相対的な寸法の一般的な概念を与えるだけである。

#### 【0038】

本発明によれば、アノード24及びカソード26に対する電気接続は、燃料電池スティック装置10の低温領域30に形成される。典型的な実施形態において、アノード24及びカソード26はそれぞれ、低温領域30において、電気接続が形成されることを可能にするように、燃料電池スティック装置10の外表面にさらされる。負電圧ノード38は、ワイヤ42を介して、例えば露出されたアノード部分25に接続され、正電圧ノード40は、ワイヤ42を介して、例えば露出されたカソード部分27に接続される。燃料電池スティック装置10が装置の各々の端部11a及び11bに低温領域30を有するので、低温の堅い電気接続が形成され得る。それは、電気接続を形成するために高温鍍金法を一般的に必要とする従来技術に対する重要な利点である。

10

#### 【0039】

図2は、タイラップ52で固定され、端部11a上に取り付けられた供給チューブ50を有する燃料電池スティック装置10の第1の端部11aを透視図で示す。次いで、燃料供給部34からの燃料は、供給チューブ50を通して燃料注入口12に供給される。第1の端部11aが低温領域にある結果として、フレキシブルなプラスチックチューブまたは他の低温タイプの接続材料は、燃料供給部34を燃料注入口12に接続するために使用され得る。燃料接続を形成するための高温ろう付け(半田付け)における必要性は、本発明によって取り除かれる。

20

#### 【0040】

図3Aは、図1に示されるものと同様であるが、修正された第1及び第2の端部11a及び11bを有する燃料電池スティック装置10を透視図で示す。端部11a、11bは、燃料供給部34及び空気供給部36の接続を容易にするための円筒状の端部を形成するために機械加工されている。図3Bは、燃料供給部34からの燃料を燃料注入口12に供給するための第1の端部11aに接続される供給チューブ50を透視図で示す。例を通して、供給チューブ50は、第1の端部11aに対するその弾性によって密封を形成する、シリコンまたはラテックスゴムチューブであり得る。当然ながら、その使用が振動にさらされる携帯装置である場合、供給チューブ50の柔軟性及び弾性は、燃料電池スティック装置10に対する衝撃吸収ホルダーを提供することができる。従来技術において、チューブまたはプレートは堅くろう付けされ、従って、動的環境で使用される場合、クラック故障にさらされる。従って、振動ダンパーとしての供給チューブ50の追加の機能は、従来技術と比較して特有の利点を提供する。

30

#### 【0041】

図3Aに戻って、露出されたアノード部分25及び露出されたカソード部分27を接続するために、接触パッド44が燃料電池スティック装置10の外表面に備えられる。接触パッド44に対する材料は、電圧ノード38、40をそれらの各々のアノード及びカソード26に接続するために導電性であるべきである。当然ながら、あらゆる適切な方法が接触パッド44を形成するために使用され得る。例えば、金属パッドは、焼結された燃料電池スティック装置10の外表面に印刷され得る。ワイヤ42は、例えば信頼性の高い接続を確立するために、半田接続46によって接触パッド44に固定される。半田は、燃料電池スティック装置10の低温領域30に位置していることによって使用されることができる低温材料である。例えば、一般的な10Sn88Pb2Ag半田が使用され得る。本発明は、高温電圧接続の必要性を排除し、それによってあらゆる低温接続材料または手段に対する可能性を拡大する。

40

#### 【0042】

燃料排出口16及び空気排出口22が、透視図で図3Aにも示される。燃料は、一方の

50

低温領域 30 にある第 1 の端部 11 において燃料注入口 12 を通って進入し、第 2 の端部 11b に近接する排出口 16 を通って燃料電池スティック装置 1 の側に出る。空気は、低温領域 30 にある第 2 の端部 1b に位置する空気注入口 18 から進入し、第 1 の端部 11a に近接する燃料電池スティック装置 10 の側の空気排出口 22 から出る。排出口 16 及び 22 は、燃料電池スティック装置 10 の同じ側にあるように示されているが、当然ながら、それらは、例えば図 4A において以下に示されるように対応する側に位置し得る。

【0043】

燃料注入口 12 に近い空気排出口 22 (及び、同様に空気注入口 18 に近い燃料排出口 16) を有することによって、及び、オーバーラップ層 (アノード、カソード、電解質) の近接近を通して、空気排出口 22 は、熱交換器として機能し、燃料注入口 12 を通って装置 10 に進入する燃料を有効に予熱する (及び、同様に燃料排出口 16 は、空気注入口 18 を通って進入する空気を予熱する)。熱交換器は、このシステムの効率を改善する。未使用の燃料 (未使用の空気) が高温領域 32 に達するまでに熱が移動されるように、転移領域 31 は、使用済み空気及び未使用の燃料 (及び、使用済み燃料及び未使用の空気) の重畳領域を有する。従って、本発明の燃料電池スティック装置 10 は、内蔵型熱交換機を含む一体型構造である。

10

【0044】

図 4A に関して、露出されたアノード部 25 に接続される各々の接触パッド 44 を位置あわせし、負電圧ノード 38 に接続されるワイヤ 42 を接触パッド 44 の各々に半田付けする (46 において) ことによる、複数の燃料電池スティック装置 10 の接続、この場合 2 つの燃料電池スティック装置 10 の接続が透視図で示されている。同様に、部分的に透視して示されるように、露出されたカソード部 27 に接続される接触パッド 44 は位置合わせされ、正電圧ノード 40 を接続するワイヤ 42 は、それらの位置合わせされた接触パッド 44 の各々に半田付け (46 において) される。当然ながら、この接続は低温領域 30 におけるものであり、相対的に単純な接続であるので、マルチ燃料電池スティックシステムまたは組立体の 1 つの燃料電池スティック装置 10 が置き換えることを必要とする場合、1 つの装置 10 に対する半田接続を破壊し、その装置を新しい装置 10 で置換し、新しい燃料電池スティック装置 10 の接触パッド 44 にワイヤ 42 を再半田付けすることのみが必要とされる。

20

【0045】

図 4B は、多数の燃料電池スティック装置 10 の間の接続を端面図で示し、ここで、各々の燃料電池スティック装置 10 は、複数のアノード 24 及びカソード 26 を含む。例えば、図 4B に示される特定の実施形態は、各々のアノード 24 が燃料電池スティック装置 10 の右側で露出され、各々のカソード 26 が燃料電池スティック装置 10 の左側で露出される、対向するアノード 24 及びカソード 26 の 3 つのセットを含む。次いで、接触パッド 44 は、それぞれの露出されたアノード部 25 及び露出されたカソード部 27 を接触させる燃料電池スティック装置 10 の各々の側に配置される。アノード 24 が露出される右側において、負電圧ノード 38 は、半田接続 46 を用いて接触パッド 44 にワイヤ 42 を固定することによって、露出されたアノード部 25 に接続される。同様に、正電圧ノード 40 は、半田接続 46 を用いて接触パッド 44 にワイヤ 42 を固定することによって、燃料電池スティック装置 10 の左側の露出されたカソード部分 27 に電氣的に接続される。従って、図 1 から図 4A が単一のカソード 26 に対向する単一のアノード 24 を示すが、当然ながら、図 4B に示されるように、各々の燃料電池スティック装置 10 は、各々が、それぞれの電圧ノード 38 または 40 に対する接続用の外表面に適用される接触パッド 44 を用いた電氣的接続において燃料電池スティック装置 10 の外表面に露出される、複数のアノード 24 及びカソード 26 を含み得る。この構造体における対向するアノード 24 及びカソード 26 の数は、数十、数百、場合によって数千でさえあり得る。

30

40

【0046】

図 5 は、端面図において、ワイヤ 42 と接触パッド 44 との間の電気接続を形成するための機械的連結を示す。この実施形態において、燃料電池スティック装置 10 は、一組の

50

電極が各々の燃料電池スティック装置 10 の上面に露出されるようには方向付けられる。接触パッド 44 は、低温領域 30 の一端（例えば、11a または 11b）の各々の上表面に付けられる。次いで、スプリングクリップ 48 は、接触パッド 44 にワイヤ 42 を着脱可能に固定するために使用され得る。従って、冶金結合は、図 3A、4A 及び 4B に示されるような電気接続を形成するために使用され、又は、機械的接続手段は、図 5 に示されるように使用され得る。適切な連結手段を選択することの柔軟性は、本発明の燃料電池スティック装置 10 の低温領域 30 によって可能である。スプリングクリップ 48 または他の機械的連結手段の使用は、単一の燃料電池スティック装置 10 をマルチスティック組立体に置換する工程をさらに単純化する。

#### 【0047】

図 6A 及び図 6B は、第 2 の端部 11b が高温領域 32 にある、燃料電池スティック装置 10 の第 1 の端部 11a に単一の低温領域 30 を有する代替案の実施形態を透視図で示す。図 6A において、燃料電池スティック装置 10 は、並列に 3 つの燃料電池を含むのに対して、図 6B の燃料電池スティック装置 10 は、単一の燃料電池を含む。従って、本発明の実施形態は、単一のセル設計またはマルチセル設計を含み得る。燃料及び空気の両方の単一の端部の流入を可能にするために、空気注入口 18 は、燃料電池スティック装置 10 の側表面において隣接する第 1 の端部 11a に近接して再位置付けされる。空気通路 20（図示されない）は、再び燃料通路 14 に平行に走るが、この実施形態において、空気の流れは、燃料電池スティック装置 10 の長さにはわたって燃料の流れと同じ方向である。この装置 10 の第 2 の端部 11b において、空気排出口 22 は、燃料排出口 16 に隣接して位置する。当然ながら、燃料排出口 16 または空気排出口 22、あるいはその両方は、両方が端部表面に出るのではなく、燃料電池スティック装置 10 の側表面から出ることができる。

#### 【0048】

図 6B に示されるように、空気供給部 36 用の供給チューブ 50 が燃料供給部 34 用の供給チューブ 50 に垂直になるように、空気供給部 36 用の供給チューブ 50 は、供給チューブ 50 の側部を通して孔を形成し、その側部の孔を通して装置 10 をスライドすることによって形成される。再び、シリコンゴムチューブまたはその同等物がこの実施形態で使用され得る。結合材料は、シールを形成するために供給チューブ 50 と装置 10 との接合部の周囲に付けられる。電気接続はまた、低温領域 30 の第 1 の端部 11a に近接して形成される。図 6A 及び図 6B はそれぞれ、燃料電池スティック装置 10 の一側に形成される正電圧接続、及び、燃料電池スティック装置 10 の対向する側に形成される負電圧接続を示す。しかしながら、当然ながら、本発明は、これに限定されない。単一の端部の入力燃料電池スティック装置 10 の利点は、2 つの転移領域の代わりに、唯一の低温 - 高温転移があることであり、燃料電池スティック装置 10 がより短く形成され得るようになる。

#### 【0049】

本発明の 1 つの利点は、活性層を非常に薄くする能力であり、それによって、燃料電池スティック装置 10 は、単一の装置内に複数の燃料電池を包含することを可能にする。活性層が薄くなればなるほど、燃料電池スティック装置 10 の製造中に空気通路 20 または燃料通路 14 が崩れ落ちる機会がより多くなり、それによって、通路 14 及び / 又は 20 を通る流れを妨害する。従って、図 7A 及び図 7B に示される本発明の一実施形態において、複数の支柱 54、例えばセラミック支柱は、電解質層 28 の歪み及び通路 14、20 の妨害を避けるために通路 14 及び 20 に提供される。図 7A は、側方断面図であり、図 7B は、空気通路 20 を通る上部断面図である。本発明の 1 つの方法によれば、テープキャスト法を用いて、材料のレーザー除去等によって、犠牲層内に形成される複数の孔を有する犠牲テープ層が使用され得る。次いで、セラミック材料は、孔を突き刺すために犠牲テープ層上にセラミックスラリーを拡散する等によって、孔を埋めるために使用される。様々な層が共に組み立てられた後、犠牲層の犠牲材料は、支柱 54 が残るように、溶剤の使用等によって除去される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 0 】

支柱 5 4 を形成するための他の実施形態において、予備焼結されたセラミックスの大きな粒子は、溶剤に溶解されたプラスチックなどの有機ビヒクルに加えられ、ランダム混合物を形成するために攪拌され得る。限定されない例として、大きな粒子は、0.002 インチの直径のボールなどの球体であり得る。次いで、ランダムな混合物は、燃料及び空気通路 1 4 及び 2 0 が位置されるべき領域内で印刷する等によってグリーン構造体に付けられる。焼結（ベーク/焼成）工程中に、有機ビヒクルは、その構造体から出て行き（例えば、消失される）、それによって、通路 1 4、2 0 を形成し、セラミック粒子は、物理的に通路 1 4、2 0 を開口する支柱 5 4 を形成するために残っている。結果として得られる構造体は、図 7 C 及び図 7 D の顕微鏡写真に示される。支柱 5 4 は、平均距離が有機ビヒクル内のセラミック粒子の量の関数でありながら、任意に位置する。

10

## 【 0 0 5 1 】

図 8 A は、並列した 2 つの燃料電池を含む本発明の一実施形態を断面で示す。各々の活性電解質層 2 8 は、空気通路 2 0 と、一側のカソード層 2 6 a または 2 6 b と、燃料通路 1 4 と、他側のアノード層 2 4 a または 2 4 b を有する。一方の燃料電池の空気通路 2 0 は、セラミックス材料 2 9 によって第 2 の燃料電池の燃料通路 1 4 から分離される。露出されたアノード部 2 5 はそれぞれ、負電圧ノード 3 8 にワイヤ 4 2 を用いて接続され、露出されたカソード部 2 7 はそれぞれ、正電圧ノード 4 0 にワイヤ 4 2 を用いて接続される。次いで、単一の空気供給部 3 6 は、複数の空気通路 2 0 の各々を提供するために使用され、単一の燃料供給部 3 4 は、多数の燃料通路 1 4 の各々を供給するために使用され得る。

20

## 【 0 0 5 2 】

図 8 B の断面図において、燃料電池スティック装置 1 0 は、図 8 A に示されるものと同様であり得るが、複数の露出されたアノード部 2 5 及び多数の露出されたカソード部 2 7 を有する代わりに、アノード層 2 4 a のみが、2 5 において露出され、カソード層 2 6 a のみが 2 7 に露出される。第 1 のビア 5 6 は、カソード層 2 6 b にカソード層 2 6 を結合し、第 2 のビア 5 8 は、アノード層 2 4 b にアノード層 2 4 a を結合する。例を通して、次いで後にビア接続を形成するために導電材料で満たされる開口ビアを形成するためにグリーン層の形成中にレーザー法が使用され得る。図 8 B の右側の回路によって示されるように、同一の電気通路は、図 8 A の燃料電池スティック装置 1 0 のように図 8 B の燃料電池スティック装置 1 0 に形成される。

30

## 【 0 0 5 3 】

図 9 A 及び図 9 B は、共有のアノード及びカソードを有するマルチ燃料電池設計を断面図で示す。図 9 A の実施形態において、燃料電池スティック装置 1 0 は、2 つの燃料通路 1 4 と 2 つの空気通路 2 0 を含み、2 つの燃料電池を有するというより、この構造体は、3 つの燃料電池を含む。第 1 の燃料電池は、中間の電解質層 2 8 を有して、アノード層 2 4 a とカソード層 2 6 a との間に形成される。アノード層 2 4 a は、燃料通路 1 4 の一側にあり、その燃料通路 1 4 の反対側には第 2 のアノード層 2 4 b がある。第 2 のアノード層 2 4 b は、それらの間に他の電解質層 2 8 を有する第 2 のカソード層 2 6 b に対向し、それによって第 2 の燃料電池を形成する。第 2 のカソード層 2 6 b は、空気通路 2 0 の一側にあり、第 3 のカソード層 2 6 c は、その空気通路 2 0 の反対側にある。第 3 のカソード層 2 6 c は、それらの間に電解質層 2 8 を有する第 3 のアノード層 2 4 c に対向し、従って、第 3 の燃料電池を提供する。アノード層 2 4 a からカソード層 2 6 c までの装置 1 0 の部分は、共有のアノード及びカソードを提供するために装置 1 0 内で何回も繰り返され、それによって、単一の燃料電池スティック装置 1 0 内の燃料電池の数を増やす。各々のアノード層 2 4 a、2 4 b、2 4 c は、例えば、ワイヤ 4 2 を用いて負電圧ノード 3 8 に接続するために電気接続が単一の燃料電池スティック装置 1 0 の外表面に形成されることが露出されるアノード部 2 5 を含む。同様に、各々のカソード層 2 6 a、2 6 b、2 6 c は、例えば、ワイヤ 4 2 を用いて正電圧ノード 4 0 に対する接続用の外表面に対して露出されたカソード部 2 7 を含む。単一の空気供給部 3 6 は、空気通路 2 0 の各々

40

50

を提供するための一方の低温端部に供給され、単一の燃料供給部 3 4 は、燃料通路 1 4 の各々を提供するために反対の低温端部に提供され得る。この構造によって形成される電気回路は、図 9 A の右側に提供される。この燃料電池スティック装置 1 0 は、利用可能な電力を 3 倍にする、並列な 3 つの燃料電池を含む。例えば、各々の層が 1 ボルト及び 1 アンペアを生成する場合、各々の燃料電池の層は、1 ワットの出力（ボルト×アンペア＝ワット）を生成する。従って、この三層の配置は、合計で 3 ワットの出力用に 1 ボルト及び 3 アンペアを生成するだろう。

**【 0 0 5 4 】**

図 9 B において、図 9 A の構造体は、図 9 B の右側の回路によって示されるように、直列の 3 つの燃料電池を生成するための電圧ノードの各々に単一の電氣的接続を提供するように修正される。正電圧ノード 4 0 は、露出されたカソード部 2 7 でカソード層 2 6 a に接続される。アノード層 2 4 a は、ビア 5 8 によってカソード層 2 6 b に接続される。アノード層 2 4 b は、ビア 5 6 によってカソード層 2 6 c に接続される。次いで、アノード層 2 4 c は、負電圧ノード 3 8 に対して露出されたアノード部 2 5 に接続される。従って、層毎に同一の 1 アンペア / 1 ボルトの仮定を用いて、この 3 つの電池構造は、合計で 3 ワットの出力用の 3 ボルト及び 1 アンペアを生成するだろう。

10

**【 0 0 5 5 】**

本発明の他の実施形態は、図 1 0 において側面図で示される。この実施形態において、燃料電池スティック装置 1 0 は、高温領域 3 2 にある第 2 の端部 1 1 b と共に、第 1 の端部 1 1 a にある単一の低温領域を有する。他の実施形態におけるように、燃料注入口 1 2 は、第 1 の端部 1 1 a に位置し、供給チューブ 5 0 によって燃料供給部 3 4 に接続される。この実施形態において、燃料通路 1 4 は、燃料出力部 1 6 が第 2 の端部 1 1 b に位置しながら、燃料電池スティック装置 1 0 の長さを拡大する。従って、燃料供給接続は、低温領域 3 0 で行われ、燃料反応物（例えば、 $\text{CO}_2$  及び  $\text{H}_2\text{O}$ ）における排出口は、高温領域 3 2 にある。同様に、アノードは、ワイヤ 4 2 によって負電圧ノード 3 8 を接続するために、低温領域に露出されたアノード部 2 5 を有する。

20

**【 0 0 5 6 】**

図 1 0 の実施形態において、燃料電池スティック装置 1 0 は、高温領域 3 2 に空気注入口 1 8 及び空気通路 2 0 の両方を提供するために、少なくとも一側で、潜在的には両方の対向側で開口する。支柱 5 4 の使用は、この実施形態において、空気通路 2 0 内で特に有用であり得る。空気排出口は、示されるように、第 2 の端部 1 1 b に位置し得る。あるいは、示されていないが、通路 2 0 が幅にわたって延び、空気供給部が入力側にのみ向けられる場合、又は、通路 2 0 が幅にわたって延びない場合、空気排出口は、空気注入口側の対向する側に位置し得る。高温領域 3 2 に対して熱のみを提供する代わりに、この実施形態において、空気も提供される。言い換えれば、高温領域 3 2 の装置 1 0 の側部は、強制空気チューブを通して空気を供給する代わりに、加熱された空気に対して開放されている。

30

**【 0 0 5 7 】**

図 1 0 A は、図 1 0 に示される実施形態の変化を側面図で示す。図 1 0 A において、燃料電池スティック装置 1 0 は、転移領域 3 1 によって低温領域 3 0 から分離される中心の加熱領域 3 2 を有する対向する低温領域 3 0 を含む。空気注入口 1 8 は、加熱空気を受容するために、少なくともその一部において、中心の加熱領域 3 2 に提供される。しかしながら、この実施形態において、空気通路 2 0 は、図 1 0 のように感知可能な長さのために燃料電池スティック装置 1 0 の側に完全に開放されている。むしろ、より明確に図 1 0 B に示されるように、空気通路 2 0 は、高温領域 3 2 の一部において開放し、次いで、その長さの残りの部分において側部に近接し、次いで、燃料電池スティック装置 1 0 の第 2 の端部 1 1 b の空気排出口 2 2 に出る。この実施形態は、加熱空気が、強制空気供給チューブよりも高温領域 3 2 に供給されることを可能にするが、燃料及び空気が、低温領域 3 0 の装置 1 0 の一端部 1 1 b に出ることも可能にする。

40

**【 0 0 5 8 】**

50

特定の実施形態が詳細に示され記載されているが、本発明の範囲はこれに限定されない。本発明のさらなる一般的な実施形態は、以下に示され、図 1 1 から図 2 4 に示される概略図を参照して、より完全に理解され得る。図 1 1 は、図 1 2 から図 2 4 で概略的に示される部品における鍵を提供する。燃料 ( F ) または空気 ( A ) は、入力アクセスポイントに接続されるチューブを介する等して、強制的な流れを示す、燃料電池スティック装置 ( 例えば、 S O F C スティック ) に向かう矢印によって示される。ここで、強制された流れの接続以外の手段によって加熱された空気が高温領域に提供され、燃料電池スティック装置が高温領域内のアクセスポイントの空気通路に対して開放されることを示す空気入力部が示されない。

**【 0 0 5 9 】**

本発明の一実施形態は、少なくとも 1 つの燃料通路及び関連するアノード、少なくとも 1 つの酸化剤通路及び関連するカソード、及び、それらの間の電解質を含む燃料電池スティック装置であり、ここで、この電池は、一つの主要な軸で C T E を有し、約 4 0 0 より大きい温度を有する加熱領域内でその部分を用いて動作するように、その幅または厚さより十分に長い。この実施形態において、燃料電池スティック装置は、主要な C T E 方向に従うこの装置の一端部における空気及び燃料入力部の両方、または、主要な C T E 方向に従う一端部における空気入力部及び他端部における燃料入力部に対するインターデジタルなアクセスポイントを有し、空気及び燃料入力部は、加熱領域の外側に位置する。例えば、図 2 0 及び図 2 4 を参照して下さい。

**【 0 0 6 0 】**

本発明の他の実施形態において、燃料電池は、第 1 の温度領域及び第 2 の温度領域を有し、ここで、この第 1 の温度領域は、高温領域であり、それは、燃料電池反応を実行するために十分な温度で動作し、第 2 の温度領域は、加熱された領域の外側にあり、第 1 の温度領域より低い温度で動作する。第 2 の温度領域の温度は、電極に対して行われる低温接続、及び、少なくとも燃料供給部における低温接続を可能にするように十分に低い。燃料電池構造体は、部分的に第 1 の温度領域に延び、部分的に第 2 の温度領域に延びる。例えば、図 1 2、図 1 3 及び図 1 7 を参照して下さい。

**【 0 0 6 1 】**

本発明の一実施形態において、燃料電池は、加熱領域である第 1 の低温領域と、 3 0 0 以下の温度で動作する第 2 の低温領域とを有する。空気及び燃料接続は、低温接続として、ゴムチューブまたはその同等物を用いて第 2 の温度領域で形成される。低温半田接続またはスプリングクリップは、各々の負電圧及び正電圧ノードにアノード及びカソードを接続するためにアノード及びカソードに対する電気接続を形成するために使用される。さらに、二酸化炭素及び水用の燃料排出口、及び、使い果たした酸素用の空気排出口は、第 1 の温度領域、すなわち加熱される領域に位置する。例えば、図 1 7 を参照して下さい。

**【 0 0 6 2 】**

他の実施形態において、燃料電池構造体は、加熱領域である中心の第 1 の温度領域を有し、燃料電池の各々の端部は、 3 0 0 以下で動作する第 2 の温度領域内で第 1 の温度領域外に位置する。燃料及び空気注入部は、第 2 の温度領域に位置し、アノード及びカソードに対する電気接続用の半田接続またはスプリングクリップである。最終的に、二酸化炭素、水及び使い尽くされた酸素のための排出口は、第 2 温度領域に位置する。例えば、図 1 9、図 2 0 及び図 2 4 を参照して下さい。

**【 0 0 6 3 】**

本発明の他の実施形態において、第 1 温度領域が、対向する第 2 の温度領域間の中心に提供される加熱領域に位置しながら、燃料入力部は、 3 0 0 以下の温度で動作する第 2 の温度領域の主要な C T E 方向に従う各々の端部に提供され得る。二酸化炭素、水及び使い尽くされた酸素のための排出口は、中心の加熱領域に位置し得る。例えば、図 1 5 及び図 1 8 を参照して下さい。あるいは、二酸化炭素、水及び使い尽くされた酸素のための排出口は、第 2 の温度領域、すなわち、加熱領域の外側に位置し得る。例えば、図 1 6 及び図 1 9 を参照して下さい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 4 】

他の実施形態において、燃料及び空気の入力アクセスポイントの両方は、300以下で動作する第2の温度領域内において、加熱領域である第1の温度領域の外側に位置し、それによって空気及び燃料供給用のゴムチューブなどの低温接続の使用を可能にする。さらに、半田接続またはスプリングクリップは、アノード及びカソードに電圧ノードを接続するための第2の温度領域に使用される。一実施形態において、加熱領域にある、二酸化炭素、水及び使い尽くされた酸素のための排出口を有して、加熱される第1の温度領域に燃料電池スティック装置の他端があると共に、燃料及び空気入力部は両方とも主要なCTE方向に従う一端部にある。例えば、図17を参照して下さい。従って、燃料電池スティック装置は、加熱される1つの端部及び加熱されない1つの端部を有する。

10

## 【 0 0 6 5 】

他の実施形態において、加熱領域が、対向する2つの第2の温度領域間にあるように、燃料及び空気は、加熱領域の外側の主要なCTE方向に従う一端に入れられ、加熱領域の外側の対向する端部で出る。例えば、図20を参照して下さい。さらに他の代替案において、燃料及び空気は、燃料及び空気出力部が中心の加熱領域に位置すると共に、第2の温度領域に位置する対向する端部の両方に入れられる。例えば、図18を参照して下さい。

## 【 0 0 6 6 】

さらに他の代替案において、それぞれの出力部が、入力部からの対向する端部にある第2の温度領域にあると共に、燃料及び空気は、第2の温度領域に位置する対向する端部の両方に入れられる。例えば、図19を参照して下さい。従って、燃料及び空気の両方が、第2の端部に近接して存在する各々の反応出力部を有する第1の端部に入れられ、燃料及び空気の両方が、第2の端部に入れられ、反応出力部が第1の端部に近接して存在すると共に、燃料電池は、中心の加熱領域、及び、加熱領域の外側の対向する端部を有する。

20

## 【 0 0 6 7 】

さらなる他の実施形態において、燃料入力部は、加熱領域の外側にありえ、空気入力部は、加熱領域の外側の対向端部にあり得る。例えば、図21から図24を参照して下さい。この実施形態において、空気及び燃料の両方からの反応生成物は、加熱領域内にありえ（図21参照）、又は、それらは両方とも、各々の入力部からの対向端部に隣接する加熱領域の外側にあり得る（図24参照）。あるいは、使い尽くされた酸素生成物が高温領域にある一方で、二酸化炭素及び水の生成物は高温領域にありえ（図22参照）、又は、逆に、使い尽くされた酸素生成物が加熱領域にありえ、二酸化炭素及び水の生成物が加熱領域の外側にあり得る（図23参照）。図22及び図23に示される燃料及び空気生成物に関する変形は、例えば、図18から図20に示される実施形態に適用され得る。

30

## 【 0 0 6 8 】

図25A及び図27Aに上部平面図で示され、図27Bに側面図で示される本発明の他の実施形態では、燃料電池スティック装置100は、パンハンドルデザインと称され得るものを有して提供される。燃料電池スティック装置100は、1つの主要な軸におけるCTEを有する、以前の実施形態に示される燃料電池スティック装置10に対する寸法に類似し得る細長い部分102を有し、すなわち、それは、その幅及び厚さより十分に長い。燃料電池スティック装置100は、より近くその長さに適合する幅を有する大きい表面積部分104をさらに有する。CTEが部分104の単一の主要な軸を有せず、むしろ長さ及び幅方向のCTE軸を有するように、部分104は、正方形の表面領域または長方形の表面領域を有し得るが、その幅は、その長さより十分に短い。大きい表面領域部分104は、高温領域32に位置し、細長い部分102は、低温領域30及び転移領域31に少なくとも部分的に位置する。典型的な実施形態において、細長い部分102の一部は、高温領域32に延びるが、これは必須ではない。例を通して、燃料及び空気供給部34、36は、電気接続と同様に、図6Bに示されるような方式で細長い部分102に接続され得る。

40

## 【 0 0 6 9 】

図25B及び26Aにおいて、上部平面図が提供され、図26Bにおいて、図25A、

50

図 27A 及び図 27B に示されるような実施形態と同様の代替案の実施形態の側面図が提供されるが、それは、2つの細長い部分 102 及び 106 の間に大きな表面積部分 104 を位置させるように、細長い部分 102 に対向する第 2 の細長い部分 106 をさらに有する。細長い部分 106 も低温領域 30 及び転移領域 31 に少なくとも部分的に位置する。この実施形態において、燃料は、細長い部分 102 に入れられ、空気は、細長い部分 106 に入れられ得る。例を通して、次いで、空気供給部 36 及び燃料供給部 34 は、図 2 または図 3B に示される方式でそれぞれ細長い部分 106 及び 102 に接続され得る。図 25B に示されるように、空気出力部は、燃料入力部に近接する細長い部分に位置し、燃料出力部は、空気入力部に近接する細長い部分 106 に位置され得る。あるいは、空気及び燃料出力部の一方又は両方は、それぞれ上面図及び側面図で図 26A 及び図 26B に示されるように、高温領域 32 の大きな表面積部分 104 に位置し得る。当然ながら、図 25A 及び図 25B の実施形態において、電解質 28 を介在する、対向するアノード 24 及びカソード 26 の表面領域は、反応領域を増加するために高温領域 32 において増加され、それによって、燃料電池スティック装置 100 によって生成される出力を増加し得る。

10

20

30

40

50

#### 【0070】

本発明の燃料電池スティック装置 10、100 の他の利点は、低重量である。典型的な燃焼機関は、キロワットの出力あたり 18 から 30 ポンドのオーダーの重量である。本発明の燃料電池スティック装置 10、100 は、キロワットの出力あたり 0.5 ポンドのオーダーの重量で形成され得る。図 28A から図 28D は、螺旋状の又は巻き取られた環状の形状を有する、本発明の環状の燃料電池スティック装置 200 の代替案の実施形態を示す。図 28A は、巻かれていない位置における、装置 200 の概略上面図である。装置 200 の巻かれていない構造体は、螺旋状の又は巻き取られた環状の燃料電池スティック装置 200 に相当する等しい長さ L の第 1 の端部 202 及び第 2 の端部 204 を有する。燃料注入口 12 及び空気注入口 18 は、第 1 の端部 202 に隣接して対向する側部に示される。次いで、燃料通路 14 及び空気通路 20 は、図 28B に示される装置 200 の巻かれていない構造体の概略端面図及び図 28C の装置 200 の巻かれていない構造体の概略側面図にさらに示されるように、燃料排出口 16 及び空気排出口 22 が第 2 の端部 204 にあるように、第 2 の端部 204 に対して装置 200 の巻かれていない構造体の幅に沿って延びる。燃料通路 14 及び空気通路 20 は、燃料及び空気の流れを最小化するために、装置 200 の巻かれていない構造体の長さ L の近くまで延びるように示されるが、本発明は、これに限定されない。螺旋状で管状の燃料電池スティック装置 200 を形成するために、次いで、第 1 の端部 202 は、図 28D の概略透視図で示される装置の螺旋状で管状の構造体を形成するために、第 2 の端部 204 に向かって巻かれる。次いで、空気供給部 36 は、空気注入口 18 への入力のために、螺旋状で管状の燃料電池スティック装置 200 の一端部の位置し、燃料供給部 34 は、燃料注入口 12 への入力のために、螺旋状で管状の燃料電池スティック装置 200 の対向する端部に位置し得る。次いで、空気及び燃料は、燃料排出口 16 及び空気排出口 22 を通して装置 200 の長さ L に沿って螺旋状で管状の燃料電池スティック装置 200 を出る。電圧ノード 38、40 は、螺旋状で管状の燃料電池スティック装置 200 の対向する端部に形成されるか近接して形成される接触パッド 44 に半田付けされ得る。

#### 【0071】

図 29A から 29G は、燃料電池スティック装置が管状の同心の形態である本発明の代替案の実施形態を示す。図 29A は、同心の管状の燃料電池スティック装置 300 を概略的な等角図法で示す。図 29B から図 29E は、図 29A の同心の装置 300 の断面図を示す。図 29F は、装置 300 の空気入力端部における端面図を示し、図 29G は、装置 300 の燃料注入口における端面図を示す。示された特定の実施形態は、3つの空気通路 20 を含み、1つは、管状構造体の中心にあり、他の2つは、離隔され、それとともに同心である。同心の管状の燃料電池スティック装置 300 は、空気通路 20 の間に、空気通路 20 と同心である2つの燃料通路 14 も有する。図 29A - 29D で示されるように、同心の管状の燃料電池スティック装置 300 は、それらの各々の注入口 12、18 と対向

して、一端に燃料通路 14 に接続する燃料排出口 16 と、他端に空気通路 20 に接続する空気排出口 22 とを含む。対向するアノード及びカソードを分離する電解質 28 を有して、各々の空気通路 20 は、カソード 26 で覆われており、各々の燃料通路 14 は、アノード 24 で覆われている。図 29 A 及び図 29 B、及び、図 29 F 及び図 29 G に示されるように、電気接続は、同心の管状の燃料電池スティック装置 300 の対向する端部における露出されたアノード及び露出されたカソード 27 に対してなされ得る。接触パッド 44 は、露出されたアノード 25 及び露出されたカソード 27 を接続するために端部に提供され、示されていないが、接触パッド 44 は、端部におけるよりも、装置 300 の長さに沿った点において電気接続がなされることを可能にするために装置 300 の外側に沿って走ることができる。同心の管状の燃料電池スティック装置 300 は、構造的な支持のために、空気及び燃料通路 14 及び 20 内に位置する支柱を含み得る。

10

#### 【0072】

一端に空気入力部及び燃料入力部、及び、他端に燃料入力部及び空気入力部を有する、対向する端部 11 a、11 b における 2 つの低温領域 30 を有する本発明の実施形態において、中心高温領域 32 を出るとき、使用済みの燃料または空気は、加熱状態である。加熱された空気及び燃料は、それらが、転移領域を通過して冷却領域 30 に移動するに従って冷却する。電極及び/又はセラミックス/電解質の薄層は、空気通路 20 を、平行な燃料通路 14 と分離し、そして逆もまた同様である。1 つの通路において、加熱された空気は、近接する平行な通路内で高温領域 32 に出て、燃料は、高温領域 32 に入り、そして逆もまた同様である。加熱された空気は、熱交換原理を用いて、近接する平行な通路の入ってくる燃料を加熱し、そして逆もまた同様である。従って、熱交換を通して空気及び燃料のいくらかの予熱がある。しかしながら、高温領域 32 の外側の熱の急速な損失のために、上記で検討されたように、熱交換は、それが高温領域 32 の活性領域に入る前は、最適な反応温度まで空気及び燃料を予熱するために十分ではあり得ない。さらに、燃料電池スティック装置 10 が 1 つの低温領域（低温領域 30）及び 1 つの高温領域（高温領域 32）を含む実施形態において、生じる熱交換のための燃料及び空気の直交流がないように、燃料及び空気は、同一の低温端部 30 に入り、同一の対向する高温端部 32 を通って出る。入ってくる燃料及び空気に対する限定された熱交換のみが、燃料電池スティック装置 10 の電極及びセラミックス材料から利用可能である。

20

#### 【0073】

図 30 A から 30 C は、アノード 24 及びカソード 26 が対向する関係にある活性領域 33 b に燃料及び空気が入る前に、燃料及び空気を加熱するために統合された予熱領域 33 a を有する、燃料電池スティック装置 10 の様々な実施形態を示す。これらの実施形態は、中間の高温領域 32 と、対向する低温端部 30 にある燃料及び空気入力部と、を有する 2 つの低温端部 30 がある燃料電池スティック装置 10、及び、1 つの高温領域 32 と、単一の低温端部 30 にある燃料及び空気入力部の両方とがある燃料電池スティック装置 30 を含む。これらの実施形態において、使用される電極材料の量は、活性領域 33 b に対して電圧ノード 38、40 に対する外部接続のために低温領域 30 にもたらされるほんの少量に制限される。これらの実施形態における他の利点は、より詳細に後に記載されるが、電子が、低抵抗を与える、外部電圧接続に対して移動するための最も短い可能な通路を有することである。

30

40

#### 【0074】

図 30 A は、統合された予熱領域 33 a を有する、1 つの低温領域 33 及び 1 つの対向する高温領域 32 を有する燃料電池スティック装置 10 の第 1 の実施形態の概略側方断面図を示す。図 30 B は、空気通路 20 を見下ろすアノード 24 を通した図を断面的に示し、図 30 C は、燃料通路 14 を見上げるカソード 26 を通した図を断面的に示す。図 30 A 及び図 30 B に示されるように、燃料供給部からの燃料は、燃料注入口 12 を通って入り、燃料通路 14 を通って装置 10 の長さに沿って広がり、燃料排出口 16 を通って装置 10 の対向する端部から出る。低温領域 30 は、燃料電池スティック装置 10 の第 1 の端部 11 a にあり、高温領域 32 は、対向する第 2 の端部 11 b にある。高温及び低温領域

50

間に転移領域 3 1 がある。高温領域 3 2 は、燃料が第 1 に移動する初期予備加熱領域 3 3 a、及び、燃料通路 1 4 に近接するアノード 2 4 を含む活性領域 3 3 b を有する。図 3 0 B に示されるように、アノード 2 4 の断面積は、活性領域 3 3 b において大きい。負電圧ノード 3 8 に対する接続のために、アノード 2 4 は、燃料電池スティック装置 1 0 の一端部まで延び、外部の接触パッド 4 4 は、装置 1 0 の外側に沿って、低温領域 3 0 まで延びる。

#### 【 0 0 7 5 】

同様に、図 3 0 A 及び図 3 0 C に示されるように、空気供給部 3 6 からの空気は、低温領域 3 0 に位置する空気注入口 1 8 を通って入り、その空気は、燃料電池スティック装置 1 0 の長さに沿って空気通路 2 0 を通って広がり、空気排出口 2 2 を通って高温領域 3 2 から出る。空気及び燃料が同一端部に入り、燃料電池スティック装置 1 0 の長さに沿って同一に方向に移動するので、高温領域 3 2 の前に熱交換によって空気及び燃料の制限された予熱がある。カソード 2 6 はアノード 2 4 に対向する関係で活性領域 3 3 b に位置し、それが、正電圧ノード 4 0 に対する接続のために、活性な高温領域 3 3 b から低温領域 3 0 まで延びる外部の接触パッド 4 4 に露出され接続される燃料電池スティック装置 1 0 の対向する側に延びる。しかしながら、露出されたカソード 2 7 が、露出されたアノード 2 5 のように装置 1 0 の反対の側にあることは必要ではない。露出されたアノード 2 5 及び露出されたカソード 2 7 は、装置 1 0 の同一側にありえ、接触パッド 4 4 は、燃料電池スティック装置 1 0 の側部の下方にストライプに形成される。この構造体によって、空気及び燃料は、第 1 に予熱領域 3 3 a で加熱され、ここで、反応は起こらず、アノード及びカソード材料の大部分は、加熱された空気及び燃料が入り、対向するアノード層及びカソード層 2 4 , 2 6 によって反応する活性領域 3 3 b で制限される。

10

20

#### 【 0 0 7 6 】

図 3 1 A から図 3 1 C に示される実施形態は、1 つの高温端部 3 2 及び 1 つの低温端部 3 0 を有する以外は、図 3 0 A から 3 0 C に示されるものと同様であり、図 3 1 A から 3 1 C の実施形態は、中心高温領域 3 2 を有する対向する低温領域 3 0 を含む。燃料供給部 3 4 からの燃料は、低温領域 3 0 の燃料注入口 1 2 を通って装置 1 0 の第 1 の端部 1 1 a に入り、対向する低温領域 3 0 に位置する燃料排出口 1 6 を通って対向する第 2 の端部 1 1 b から出る。同様に、空気供給部 3 6 からの空気は、空気注入口 1 8 を通って対向する低温領域 3 0 に入り、空気排出口 2 2 を通って第 1 の低温領域 3 0 に出る。燃料は、高温領域 3 2 に入り、予熱領域 3 3 a で予熱され、一方、空気は、高温領域 3 2 の対向する側に入り、他の予熱領域 3 3 a で予熱される。従って、燃料及び空気の直交流がある。アノード 2 4 は、高温領域 3 2 の活性領域 3 3 b のカソード 2 6 に対向し、反応は、予熱された燃料及び空気を含む活性領域 3 3 b で起こる。再び、電極材料の大部分は、活性領域 3 3 b に限定される。アノード 2 4 は、燃料電池スティック装置 1 0 の一端部において露出し、カソード 2 6 は、装置 1 0 の他側において露出する。外部の接触パッド 4 4 は、高温領域 3 2 の露出されたアノード 2 5 に接触し、負電圧ノード 3 8 に対する接続のために、第 1 の低温端部 1 1 a に向かって延びる。同様に、外部の接触パッド 4 4 は、高温領域 3 2 の露出されたカソード 2 7 に接触し、正電圧ノード 4 0 に対する接続のために、第 2 の低温端部 1 1 b に向かって延びる。

30

40

#### 【 0 0 7 7 】

予熱領域 3 3 a は、気体が活性領域に達する前に、最適な反応温度に気体を完全に加熱するという利点を提供する。燃料が最適温度より冷たい場合、S O F C システムの効率はより低いだろう。空気及び燃料がそれらの通路上にあるので、それらは温められる。それらが温められると、電解質 2 8 の効率は、その領域で増加する。燃料、空気及び電解質 2 8 が炉の完全な温度に達する場合、電解質 2 8 は、その最適な効率の下で動作する。貴金属から作られ得るアノード 2 4 及びカソード 2 6 に関する金を節約するために、金属は、依然として最適な温度以下にあるそれらの領域において排除されなければならない。予熱領域 3 3 a の量は、長さ又は他の寸法に関して、如何なる熱交換が燃料及び空気の直交流によって起こっているかに加えて、燃料電池スティック装置 1 0 に対する炉、及び、燃料及

50

び空気に対する燃料電池スティック装置 10 からの熱移動の量に依存する。その寸法は、さらに燃料及び空気の流速に依存し、燃料又は空気が速く燃料電池スティック装置 10 の長さにわたって下方に動く場合、より長い予熱領域 33 a が有利であり、流速が遅い場合、予熱領域 33 a はより短いかもしれない。

#### 【0078】

図 3 2 A 及び図 3 2 B は、図 3 1 A から図 3 1 C に示されるものと同様の実施形態を示すが、燃料電池スティック装置 10 は、燃料注入口 12 と、燃料が活性領域 33 b に向かうより狭い燃料通路 14 を通過する前に、予熱領域 33 a において多量の燃料を予熱するための高温領域 32 の延びる燃料通路 14 との間に予熱チャンバーを含む。燃料電池スティック装置 10 は、燃料注入口 18 と、空気が活性領域 33 b に向かうより狭い燃料通路 20 を通過する前に、予熱領域 33 a において多量の空気を予熱するための高温領域 32 の延びる空気通路 20 との間に予熱チャンバーを含む。上記の実施形態に示されるように、燃料電池スティック装置 10 は、多数の燃料通路 14 及び空気通路 20 を含むことができ、それらの各々は、各々の予熱チャンバー 13、19 からの流れを受けるだろう。

10

#### 【0079】

予熱流路の代わりに高体積の予熱チャンバー 13、19 に関して、最適な温度まで加熱するために空気の一分子に対して 5 秒かかる場合、次いで、空気の分子が 1 秒毎に 1 インチだけ燃料電池スティック装置 10 の下方に移動する場合、燃料電池スティック装置 10 は、空気が活性領域 33 b に入る前に、長さが 5 インチの予熱流路を必要とするだろうことが単に例として想像し得る。しかしながら、空気分子が、チャンバー内で加熱され、次いで、短い長さの流路が、加熱された空気分子を活性領域に供給するために使用され得るように、大体積のチャンバーが流路の変わりに提供される場合、この体積は、より狭い流路を活性領域 33 b に入れる前に、分子がキャピティ内でさらなる回数だけ費やすことを許容する。このようなキャピティ又は予熱チャンバー 13、19 は、チャンバーを形成するためにグリーン（すなわち、焼結前の）組立体を使用し、組立体の端部に穴を開けることを含む多くの異なる方法で用意することができ、又は、それによってその有機材料が焼結中に燃料電池スティック装置から消失される、それが形成されるようにグリーン積層体内に多量の有機材料を含むことによって用意することができる。

20

#### 【0080】

図 3 3 A から図 3 3 C は、空気及び燃料が活性領域 33 b に達する前に空気及び燃料が予熱される他の実施形態を示す。図 3 3 A は、燃料電池スティック装置 10 の長手方向の中心を基本的に通った概略側方断面図である。図 3 3 B は、燃料通路 14 及びアノード 24 が交差する、33 B - 33 B 線に沿って得られる上部断面図であり、図 3 3 C は、空気通路 20 がカソード 26 に交差する、33 C - 33 C 線に沿って得られる底部断面図である。燃料電池スティック装置 10 は、各々の低温領域 30 と高温領域 32 との間に転移領域 31 を有する、2 つの対向する低温領域 30 及び中心の高温領域 3 を有する。燃料供給部 34 からの燃料は、燃料注入口 12 を通って燃料電池スティック装置 10 の第 1 の端部 11 a に入り、高温領域 32 の対向する端部に向かって延びる燃料通路 14 を通って移動し、そこで、それは、Uターンし、第 1 の端部 11 a の低温領域 30 に戻るように移動し、そこで、使用済みの燃料は、排出口 16 を通って出る。同様に、空気供給部 36 からの空気は、空気注入口 18 を通って燃料電池スティック装置 10 の第 2 の端部 11 b に入り、高温領域 32 の対向する端部に向かって延びる空気通路 20 を通って移動し、そこで、それは Uターンし、第 2 の端部 11 b に戻るように移動し、そこで、その空気は、空気排出口 22 を通って低温領域 30 から出る。これらの Uターンされる通路を用いて、屈曲部（Uターン）を通過して高温領域 32 に対する初期進入からの燃料通路 14 の部分と空気通路 20 は、燃料及び空気を予熱するための予熱領域を構成する。通路 14、20 における屈曲部又は Uターンの後に、この通路は、それらの間に電解質 28 を有して対向する関係にある各々のアノード 24 及びカソード 26 に並んでおり、その領域は、高温領域 32 の活性領域 33 b を構成する。従って、燃料及び空気は、燃料電池スティック装置 10 の効率を向上し、及び、電極材料の使用を最小にするために、活性領域 33 b への進入の前に

30

40

50

予熱領域 33a で加熱される。アノード 24 は、負電圧ノード 38 に対する電気接続のために、低温領域 30 において装置 10 の外側に延びる。同様に、カソード 26 は、正電圧ノード 40 に対する電気接続のために、装置 10 の外側に延びる。燃料及び空気排出口 16 及び 22 も低温領域 30 から出るかもしれない。

#### 【0081】

上記に示され記載された多くの実施形態において、アノード 24 及びカソード 26 は、それらが端部に達するまで、基本的に各々の層の中心領域で、すなわち装置の内側で、燃料電池スティック装置 10 の層内を移動する。その点で、アノード 24 及びカソード 26 は、燃料電池スティック装置 10 の外側にタブを付けられ、ここで、露出されたアノード 25 及び露出されたカソード 27 は、銀ペーストを付けることなどによって接触パッド 44 と金属化され、次いで、ワイヤが接触パッド 44 に半田付けされる。例えば、図 4A 及び図 4B を参照して下さい。しかしながら、例えば図 8A から 9B に示されるように、より高い電圧組み合わせに燃料電池スティック装置 10 内の層を組み立てることが望ましいかもしれない。1 キロワットの電力を生成する燃料電池スティック装置 10 を形成することが望まれる場合、この出力は、電圧及び電流に割られる。1 つの標準は、83 アンペアが 1 KW の出力を生成するために必要とされるように、12 ボルトの電圧を使用することである。図 8B 及び図 9B において、ビアは、並列な又は直列な組み合わせを形成するために電極層を相互接続するために使用された。

10

#### 【0082】

電極層を相互接続するための代替案の実施形態は、図 34A から 37 に示される。燃料電池スティック装置 10 の内部で電極層を相互接続するよりむしろ、これらの代替案の実施形態は、燃料電池スティック装置 10 の側部に沿った、例えば銀ペーストからなる外部のストライプ（狭い電極パッド）、特に多数の小さなストライプを使用する。ストライプ技術を用いて、必要とされるあらゆる電流 / 電圧比を実現するための直列及び / 又は並列の組み合わせを提供することができる単純な構造が形成される。さらに、外部のストライプは、内部のビアと比較して粘着性のない機械的な耐性を有し、それによって製造を単純化するだろう。また、外部のストライプは、ビアより低い抵抗（または等価な直列抵抗）をおそらく有する。外部のストライプがより低い電力の損失を有する燃料電池スティック装置 10 からの電力を取り除くための能力を提供するように、導電通路のより低い抵抗は、その通路に沿ったより低い電力損失をもたらす。

20

30

#### 【0083】

ここで図 34A 及び図 34B をより詳細に参照して、外部のアノード / カソードの直列の相互接続が示される。図 34A は、交互に配置されるアノード 24a、24b、24c 及びカソード 26a、26b、26c の概略的な斜めの前面図を提供する。燃料電池スティック装置 10 の長さに沿って、アノード 24a、24b、24c 及びカソード 26a、26b、26c は、露出されたアノード 25 及び露出されたカソード 27 を提供するために装置 10 の端部に向かうタブを含む。次いで、図 34B の概略側面図に最も良く示されるように、外部接触パッド 44（またはストライプ）が、露出されたアノード 25 及びカソード 27 上において、燃料電池スティック装置 10 の外側に提供される。3 対の対向するアノード 24a、24b、24c 及びカソード 26a、26b、26c を直列に接続することによって、燃料電池スティック装置 10 は、3 ボルト及び 1 アンペアを提供する。図 35 において、この構造は、二倍になっており、この 2 つの構造体は、装置 10 の側部の下方の長いストライプによって結合され、それによって、3 ボルト及び 2 アンペアを提供する直接的な平行設計の外部のアノード / カソード相互接続を提供する。

40

#### 【0084】

図 36A 及び図 36B は、低い電力損失を提供するための低い等価な直列抵抗における実施形態を提供する。この実施形態において、高温領域 32 は、第 1 の端部 11a 及び第 2 の端部 11b が低温領域 30 にある燃料電池スティック装置 10 の中心にある。燃料は、第 1 の端部 11a における燃料注入口 12 を通って入り、空気は、第 2 の端部 11b における空気注入口を通って入る。燃料電池スティック装置 10 の活性領域である高温領域

50

32 内において、アノード 24 及びカソード 26 は、アノード 24 が一側に露出され、カソード 26 が対向する側に露出されながら、装置 10 の側方に露出される。接触パッド 44 (又はストライプ) は、露出されるアノード 25 及びカソード 27 上に付けられる。次いで、燃料電池スティック装置 10 の端部は、金属被覆が低温領域 30 に達するまで装置 10 の側部の長さに沿って金属化され、ここで、低温半田接続部 46 は、負電圧ノード 38 及び正電圧ノード 40 に形成される。アノード 24 及びカソード 26 は、それらが他の機能を有するので、低抵抗のためのみに最適化されることができない。例えば、電極は、空気又は燃料が電解質 28 に向かって通過することを可能にするために多孔質でありえ、多孔度は、抵抗を増加させる。さらに、電極は多層の燃料電池スティック装置 10 において良好な層密度を可能にするために薄いに違いなく、電極が薄ければ薄い程、抵抗は高くなる。より厚い接触パッドを燃料電池スティック装置 10 の端部 (側部) 44 に付けることによって、半田接続 46 に対する低抵抗通路を提供することが可能である。接触パッド 44 が厚くなればなる程、抵抗は低くなる。例えば、電極層内の全てのポイドを過ぎて、燃料電池スティック装置 10 内の電極の下に電子が 10 インチ移動しなければならない場合、最小の抵抗の通路は、例えば、装置 10 の側方端部に向かって 0.5 インチ移動し、次いで、外部の非多孔質の接触パッド 44 の下方に 10 インチだけ移動するだろう。従って、低温領域 30 まで延びる燃料電池スティック装置 10 の外部に沿った長い接触パッド 44 は、より低抵抗の導電通路を提供することによって、より低い損失を有する燃料電池スティック装置 10 から、電力が取り除かれることを可能にする。従って、ストライプ技術は、電力を増加するための直列及び並列接続を形成するために燃料電池スティック装置 10 の活性領域 (高温領域 32) で使用されえ、低温端部 30 に対する装置 10 の側部の下方への長いストライプは、燃料電池スティック装置 10 から電力が効率的に取り除かれることを可能にする。

#### 【0085】

図 37 は、高温領域 32 が装置 10 の第 2 の端部 11b にあると共に、燃料電池スティック装置 10 の第 1 の端部 11a における単一の低温領域 30 を有することを除いて、図 36B に示されるものと同様の実施形態を概略等角図法で示す。多数の垂直のストライプまたは接触パッド 44 は、直列及び / 又は並列な接続を形成するために高温領域内に提供され、装置 10 の側部の下方の垂直な長いストライプまたは接触パッド 44 は、正電圧ノード 40 及び負電圧ノード 38 に対する低温半田付け接続 46 を形成するために高温領域 32 から低温領域 30 まで提供される。

#### 【0086】

燃料通路 14 及び空気通路 20 を形成するための 1 つの方法は、後の焼結工程中にベークアウトすることができる層状構造の有機材料をグリーン内に犠牲層として配置することである。1KW または 10KW の電力などの高い電力出力を有する個々の燃料電池スティック装置 10 を組み立てるために、燃料電池スティック装置 10 は、長く、幅広くなければならず、多い層数を有しなければならない。例を通して、燃料電池スティック装置は、12 インチから 18 インチの長さのオーダーであり得る。セラミックを焼結し、犠牲の有機材料を取り除くためにグリーン構造体を焼成する場合、燃料通路 14 を形成するために使用される有機材料は、それぞれ燃料注入口及び燃料排出口を形成する開口 12 及び 16 を通して出なければならない。同様に、空気通路 20 を形成するために使用される有機材料は、それぞれ空気注入口及び空気排出口を形成する開口 18 及び 22 を通ってベークアウトしなければならない。装置がより長く、より幅広くなればなるほど、これらの開口を通して有機材料を出すことがより困難になる。装置がベークアウト中に非常に速く加熱されると、材料が構造体から出るより速く有機材料の分解が起こるので、様々な層は剥離し得る。

#### 【0087】

図 38A 及び図 38B は、有機材料 (犠牲層) 72 のベークアウトにおける多数の出口間隙を提供する代替案の実施形態を概略上部断面図で示す。図 38A に示されるように、多数の開口 70 は、構造体を出るための有機材料 72 用の多数のベークアウト通路を提供

するために、燃料電池スティック装置 10 の一側に提供される。図 38B に示されるように、ベークアウト後に、次いで、多数の開口 70 は、燃料電池スティック装置 10 の側部に障壁被覆 60 を付けることによって閉じられる。例を通して、障壁被覆 60 は、ガラス被覆であり得る。他の例において、障壁被覆 60 は、セラミックファイバを含有するガラスであり得る。さらに他の実施形態において、障壁被覆 60 は、次いで生成された電力用の低い抵抗通路として機能する、例えばペーストが充填された接触パッド 44 であり得る。銀ペーストは、増加した接着性のためにガラスも含み得る。典型的な実施形態において、対向する電極間の短絡を防止するために、カソード 26 用のベークアウト通路は、燃料電池スティック装置 10 の一側に通じ、アノード 24 用のベークアウト通路は、その装置 10 の他側に通じる。

10

#### 【0088】

燃料電池スティック装置 10、100、200、300 における代替案の実施形態において、カソード 26 またはアノード 24 がそれぞれ内側を覆った開放空気通路 20 及び燃料通路 14 を有するよりむしろ、カソード及び空気流路は、結合され、アノード及び燃料流路は、空気または燃料の流れを許容する多孔性の電極材料の使用を介して結合され得る。カソード及びアノードは、反応が起こるのを許容するためにいずれにしても多孔性でなければならず、従って押込空気及び燃料入口と共に、十分な流れは、反応が起こることを生じさせる出力を許容するために、燃料電池スティック装置を用いて達成され得る。

#### 【0089】

本発明の他の実施形態は、図 39 の概略断面端部図に示される。この実施形態は、基本的に燃料電池スティック装置 10 のアノード支持バージョンである。他の実施形態と同じように、燃料電池スティック装置 10 は、高温端部 32 及び低温端部 30 を有するか、中間の高温領域 32 を有する 2 つの低温端部 30 を有し得る。セラミック 29 によって支持された装置 10 を有するよりむしろ、アノード支持バージョンは、支持構造体としてアノード材料を使用する。アノード構造内に、燃料通過 14 及び空気通路 20 が対向する関係で提供される。空気通路 20 は、電解質層 28 で内側が覆われ、次いでカソード層 26 で内側が覆われる。化学気相蒸着は、内層を堆積するために使用され、又は、粘着性のペーストの溶液を用いることによって使用される。

20

#### 【0090】

図 40A 及び図 40B において、さらなる実施形態が燃料電池スティック装置 10 のアノード支持バージョンにおいて示される。この実施形態において、多孔性のアノード 24 が燃料通路 14 として機能するように別個の開放燃料通路は除去される。さらに、燃料電池スティック装置 10 は、装置 10 の側部の外側に燃料が出るのを防止するために、ガラス被覆あるいはセラミック被覆のような、障壁被覆 60 で覆われる。燃料電池スティック装置 10 は、アノード構造において関連する電解質 28 及びカソード 26 を有する望まれるほどの空気通路 14 を有し得る。図 40B に示されるように、燃料供給部 34 からの燃料は、燃料通路として機能する多孔性のアノード 24 を通って第 1 の端部 11a に押し込まれ、空気供給部 36 からの空気と反応するために電解質層 28 及びカソード 26 を通過し、次いで、使用済みの空気及び燃料は、空気排出口 22 から出ることができる。

30

#### 【0091】

図 41A に概略断面端部図で示され、図 41B に概略断面上面図で示される他の実施形態において、燃料電池スティック装置 10 は、単一の燃料注入口 12 を通して多数の空気通路 20 に燃料供給部 34 からの燃料を供給するために、アノード支持構造内に提供される複数の空気通路 20、及び、多数の空気通路 20 に垂直な単一の燃料通路 14 を含み得る。再び、空気通路 20 は、電解質層 28 で内側が覆われ、次いでカソード 26 で内側が覆われる。燃料は、空気通路 20 内の空気と反応するためにアノード 24 を通って、電解質 28 を通って、及び、カソード 26 を通って単一の燃料通路 14 から通過し、使用済みの燃料及び空気は、空気排出口 22 から出る。使用済みの燃料は、被覆されない側部が、単一の燃料通路 14 の位置から装置 10 の反対の側部に位置する、障壁被覆 60 を含まない燃料電池スティック装置 10 の側部にしみ出ることもある。

40

50

## 【 0 0 9 2 】

アノード支持構造に関する実施形態において、当然ながら、この構造体は、カソード支持構造であるように基本的に逆にされるかもしれない。次いで、電解質層 2 8 及びアノード層 2 4 が被覆された燃料通路 1 4 は、カソード構造体内に提供される。別個の空気通路 2 0 又は多数の空気通路 2 0 が提供されることもでき、又は、カソード 2 6 の多孔性が空気流れ用に使用されることができ。

## 【 0 0 9 3 】

図 4 2 A から図 4 2 C は、空気通路 2 0 及び燃料通路 1 4 内に電極を形成する方法を示す。例として燃料通路 1 4 及びアノード 2 4 を取ると、グリーンセラミックの層及び金属テープ層を用いた層、又は、印刷金属被覆によって、グリーン構造体層を形成するよりもむしろ、本実施形態において、燃料電池スティック装置 1 0 は、電極なしに最初に組み立てられる。換言すれば、グリーンセラミック材料は、燃料電池スティック装置 1 0 の電解質 2 8 及びセラミック支持部分 2 9 を形成するために使用され、有機材料は、燃料通路 1 4 などの通路を形成するために使用される。燃料電池スティック装置 1 0 が焼結された後、燃料通路 1 4 は、アノードペーストまたは溶液で満たされる。このペーストは、印刷インクのように厚いか、又は、高含有量の溶液のように粘性が低いかもしれない。アノード材料は、毛細管力によって、又は、空気圧力中にそれを強制することによって真空中でそれを吸引するなどのあらゆる所望の手段によって燃料通路 1 4 に満たされることができ。

10

## 【 0 0 9 4 】

あるいは、図 4 2 A から図 4 2 C に示されるように、アノード材料は、溶液中に溶解され、燃料通路 1 4 に流れ出て、次いで析出する。例えば、pH の変化を通して、アノード粒子は析出されることができ、その溶液は、引き延ばされる。他の代替案において、アノード粒子は、沈殿することが単に許容されることができ、次いで、液体は、乾燥し、又は、燃料通路 1 4 からベークアウトされる。この沈殿物は、低い粘性のために、例えばどんなに延長された期間にわたって粒子を懸濁液中に維持しないインク又は液体キャリアを生成することによって達成され得る。遠心分離機は、沈殿物を強制するために使われることもできる。遠心分離機は、それによって電極材料を節約し、燃料通路 1 4 の一表面のみが電解質として機能することを保証する、燃料通路 1 4 の一表面にほとんどの粒子の優先的な沈殿を容易に可能にすることができる。

20

30

## 【 0 0 9 5 】

図 4 2 B に示されるように、通路 1 4 が完全に満たされるまで、図 4 2 A に示されるように、アノード粒子含有溶液 6 6 は、燃料通路 1 4 に引っ張られる。次いで、図 4 2 C に示されるように、粒子は、アノード層 2 4 を形成するために、通路 1 4 の底に沈殿する。溶液 6 6 の流れ込みは、通常の毛細管力と比較して、重力、真空、または、遠心分離機によって加速され得る。勿論アノード 2 4 及び燃料通路 1 4 が例として使用された一方で、これらの代替案の実施形態の何れも、空気通路 2 0 内にカソード層 2 6 を生成するためにカソードペーストまたは溶液を用いて使用され得る。

## 【 0 0 9 6 】

他の代替案において、セラミック電極材料（アノードまたはカソード）は、液体のゾル-ゲル状態でこの通路（燃料または空気）に注がれ、次いで、通路内に堆積され得る。液体の所望の電極材料の濃度が低い場合、または、電極内に特性の勾配を提供するために（電解質から離れた電極の Y S Z の量に対して、電解質に近い電極内に異なる量の Y S Z を提供するような）、または、異種の材料の多くの層が共に置かれることが望まれる場合（電解質の付近に L S M で作られたカソード、及び、良好な導電性のために L S M の上部に対する銀など）などに、多数回充填作業を繰り返すことも可能である。

40

## 【 0 0 9 7 】

空気及び燃料通路 2 0、1 4 に対する構造的な支持体を提供するためにセラミック球またはボールが使用された図 7 C 及び図 7 D を参照すると、セラミック粒子は、より大きな反応領域に対する有効な表面積を増加するために使用され、それによって高い出力を与え

50

得る。非常に微細なサイズのセラミックボール又は粒子は、電極層を適用する前に、燃料通路 14 及び空気通路 20 の内側に使用されることができる。概略的な側方断面図で図 43 に示されるように、表面粒子 62 は、電解質層を受容するために利用可能な表面積を増加する平坦でない形状を有する電解質層 28 を提供するために、通路 14 に整列する。次いで、アノード 24 は、表面粒子 62 付近全体を被覆するアノード材料を有する平坦ではない形状上に付けられ、それによって反応領域を増加する。

【0098】

図 44 に概略的な側方断面図で示される他の実施形態において、電解質層 28 は、V 形状のパターンを有する微細な傾斜に対してグリーン電解質層を加圧することなどによって、平坦でない形状またはテクスチャード加工された表面層 64 を提供するために積層され、そのパターンが次いで電解質層 28 に与えられる。電解質層 28 がセラミック及びテクスチャード加工された表面層 64 を固めるために焼結された後、高い反応領域を有するアノードを提供するために、図 42A から図 42C で上記された埋め戻し（バックフィル）工程を用いるなどによって、アノード層 24 が付けられ得る。

【0099】

本発明のさらなる他の実施形態は、図 45A 及び図 45B に示される。図 45A は、空気及び燃料通路を通る空気及び燃料、並びに、電極の配置を示す概略上面図であり、図 45B は、高温領域 32 を通る断面図である。燃料電池スティック装置 10 の長さに沿って、装置は、それらの間に中間部またはブリッジ部 84 を有する左側部 80 及び右側部 82 に分けられる。複数の空気通路 20L は、左側部 80 を通って長さに沿って燃料電池スティック装置 10 の第 1 の端部 11a から延び、第 2 の端部 11b に隣接する左側部 80 から出て、複数の空気通路 20R は、右側部 82 を通って長さに沿って第 1 の端部 11a から延び、第 2 の端部 11b に隣接する右側部 82 において、燃料電池スティック装置 10 を出る。空気通路 20L は、最も良く図 45B に示されるように、空気通路 20R とオフセットされる。複数の燃料通路 14L は、左側部 80 を通って長さに沿って燃料電池スティック装置 10 の第 2 の端部から延び、第 1 の端部 11a に隣接する左側部 80 に出て、複数の燃料通路 14R は、右側部 82 を通って長さに沿って第 2 の端部 11b から延び、第 1 の端部 11a に隣接する右側部 82 に出る。燃料通路 14L は、燃料通路 14R とオフセットされる。さらに、1 つの燃料通路及び 1 つの空気通路の例外として、各々の燃料通路 14L は、空気通路 20R と対にされると共に若干オフセットされ、各々の空気通路 20L は、燃料通路 14R と対にされると共に若干オフセットされる。燃料通路 14L 及び空気通路 20R の各々のオフセット対において、金属被覆は、左側部 80 から右側部 82 まで各々の燃料通路 14L に沿って延び、そこで、それは、若干オフセットされた空気通路 20R に沿って延長する。同様に、燃料通路 14R 及び空気通路 20L の各々のオフセット対において、金属被覆は、左側部 80 から右側部 82 まで各々の空気通路 20L に沿って延び、そこで、それは、若干オフセットされた燃料通路 14R に沿って延びる。金属被覆が燃料通路 14L または 14R の沿って延びる場合、金属被覆はアノード 24L または 24R として機能し、金属被覆が空気通路 20L または 20R に沿って延びる場合、金属被覆は、カソード 26L または 26R として機能する。金属被覆が如何なる空気又は燃料通路に沿っても延びない、燃料電池スティック装置 10 のブリッジ部 84 において、金属被覆は、単にアノードとカソードとの間のブリッジ 90 として機能する。本発明の一実施形態において、金属被覆は、アノード 24L または 24R、ブリッジ 90、及び、カソード 26L または 26R の各々が同一材料を有するように、その長さに沿って同一の材料を含み得る。例えば、金属被覆はそれぞれ、アノードまたはカソードとして良好に機能する白金金属を含み得る。あるいは、金属被覆は、異なり材料を含み得る。例えば、カソード 26R または 26L は、ランタンストロンチウムマンガナイト (LSM) を含み、一方、アノード 24R または 24L は、ニッケル、NiO、または NiO + YSZ を含み得る。ブリッジ 90 は、パラジウム、白金、LSM、ニッケル、NiO、または、NiO + YSZ を含み得る。本発明は、カソードまたはアノード、あるいはそれらの間のブリッジの材料として使用されるのに相応しい材料の組み合わせ又はタイプを意図し、本発明は、

上記で特定された特定の材料に限定されない。

【0100】

ここで右側部82において示されるような、燃料電池スティック装置10の一侧において、燃料通路14Rは、外部の露出されたアノード25を提供するために燃料電池スティック装置10の右端まで延びる、関連するアノード24Rが備えられる。この燃料通路14Rと関連するオフセット空気通路20Lはなく、アノード24Rは、左側部80まで延びる必要がない。図45Aに示されるように、外部の接触パッド44は、露出されたアノード25上に付けられ、燃料電池スティック装置10の長さに沿って低温領域30まで延びる。次いで、負電圧ノード38は、ワイヤ42及び半田接続46によって接触パッドに接続され得る。アノード24Rは、示されるように、高温領域32を通過して右端まで延び、又は、使用される電極材料の量を低減するために小さなタブ部まで延びることができる。また、このような実施形態が電極材料の不必要な使用を伴うであろうけれども、アノード24Rは、燃料通路14Rの長さに沿って燃料電池スティック装置10の右端まで延びることができる。

10

【0101】

同様に、左側部80として示されるような、燃料電池スティック装置10の他の側部において、単一の空気通路20Lは、露出されたカソード27を形成するために燃料電池スティック装置10の左側部まで延びる、関連するカソード26Lが備えられる。この空気通路20Lは、オフセット燃料通路14Rと関連しないが、カソード26Lが右側部82まで延びることは必要ではない。接触パッド44は、露出されたカソード27から低温端部30まで燃料電池スティック装置10の左側部80の外側に沿って付けられ、そこで、正電圧ノード40は、ワイヤ42及び半田接続46を用いて接触パッド44に接続され得る。

20

【0102】

図45Bにおいて、単一の燃料通路14R及び関連するアノード24Rは、右側部82の上部に示され、一方、単一の空気通路20L及び関連するカソード26Lは、燃料電池スティック装置10の左側部80の底部に示される。しかしながら、本発明は、そのような配置に限定されない。例えば、空気通路20L及び関連するカソード26Lは、単一の燃料通路14R及びその関連するアノード24Rと同様のオフセット方式で、左側部80において装置10の上部にも提供され得るが、金属被覆は、ブリッジ部84を介して左側部80から右側部82まで走らない。むしろ、ブリッジ90は、アノード24Rがカソード26Lと電気的に分離されるように欠如するだろう。直列に接続される電池を有する、単一の燃料電池スティック装置10内に2つの独特の空気通路積層体及び2つの独特の燃料通路積層体が備えられ得る燃料電池スティック装置10である追加の配置が考えられる。図45A及び図45Bに示される実施形態は、低抵抗を維持しながら、電流を増加させることなく電圧を増加させるという利点を有する。さらに、この実施形態は、燃料電池スティック装置10内に高い密度を提供する。

30

【0103】

図46A及び図46Bにおいて、代替案の実施形態は、それぞれ概略斜視図及び概略断面図で示される。前述の実施形態(例えば、図37)は、電子が低温端部まで移動するための低抵抗の通路を提供するために、高温領域32から低温領域30まで燃料電池スティック装置10の外側の側部または端部の沿った外部ストライプを提供した。図46A及び図46Bの実施形態において、装置10の側部または端部の下のストライプの代わりに、接触パッド44は、アノード24に対する外部接続のために、一側並びに上部及び底部表面の一方に沿って付けられ、他の接触パッド44は、カソード26に対する外部接続のために、他側並びに上部及び底部表面の他方に沿って付けられる。従って、電子は、それに沿って移動するための大きな又は幅広い通路を有し、それによって均一なより低い抵抗を提供する。2つの隣接表面上に付けられるこれらの大きな接触パッド44は、ここに開示された実施形態の何れにおいても使用され得る。

40

【0104】

50

図47において、熱交換原理の利点を有する燃料電池スティック装置10の他の実施形態が概略断面側部で示される。加熱された空気及び燃料が高温領域32の活性領域33b(すなわち、アノード24が、アノード及びカソードの間に電解質28を有してカソード26に対して位置する高温領域32の部分)を通過した後、燃料通路14及び空気通路20は、単一の排気通路21に結合される。あらゆる未反応の燃料は、加熱空気と結合した際に燃焼し、従って、さらなる熱を生成する。排気通路21は、排気(使用済みの燃料及び空気)の流れの方向が隣接する燃料及び空気通路14、20の入ってくる燃料及び空気の方向と反対であるように、活性領域33bに隣接する低温領域30に向かって移動する。排気通路21において生成された追加の熱は、入ってくる燃料及び空気を加熱するために、隣接する通路14、20に移動される。

10

#### 【0105】

図48Aから図48Cは、図48Aに示されるような、薄い部分404より大きい厚さを有する厚い部分402を有する“端部が巻かれた燃料電池スティック装置”400を示す。燃料及び空気注入口12、18は、厚い部分402の端部にある第1の端部11aに隣接して位置し、示されないが、空気及び燃料排出口(16、22)は、薄い部分404の端部にある対向する第2の端部11bに隣接する装置400の側部に提供され得る。厚い部分402は、機械的強度を提供するために十分に厚くあるべきである。これは、隣接した燃料及び空気注入口12、18の周囲に厚いセラミック29を提供することによって達成され得る。薄い部分404は、それらの間に(前の実施形態のように)電解質(示されない)を有するカソード(示されない)に対向する関係でアノード(示されない)を含む活性領域33b(示されない)を含む。薄い部分404は、それが、図48Bに示されるように、グリーン(未焼成)状態にある間に巻かれることができるように十分薄くあるべきである。薄い部分404が所望の厚さに巻かれた後、装置400は焼成される。次いで、巻かれた薄い部分404は、反応を起こすために加熱されえ、一方、厚い部分402は、他の実施形態において検討されたように低温端部である。端部が巻かれた燃料電池スティック装置400は、薄い部分404を巻くことによって小さな空間に適合し得る大きな表面積の装置である。さらに、薄い部分404の活性領域(33b)の薄い断面は、セラミックに沿った外への熱移動を低減し、良好な温度サイクル性能を可能にする。

20

#### 【0106】

アノード24及びカソード26が活性(反応)領域32及び/又は33bにおいて燃料電池スティック装置10の端部(側部)に露出される実施形態において、装置10の上部のセラミック29は、活性領域32及び/又は33bの領域にリセスされ得る。これは、電気接続を形成するために上部からカソード26及びアノード24の両方に対する接続を可能にする。次いで、接触パッド44(例えば、金属被覆ストライプ)は、高温領域チャンパー/炉の外側に対する接続を提供するために、燃料電池スティック装置10の上部表面に沿って活性領域32及び/又は33bから低温領域30まで付けられ得る。

30

#### 【0107】

燃料電池スティック装置10が、対向する端部11a、11bに2つの低温領域、及び、中央に高温領域を有する他の実施形態において、アノード24及び/又はカソード26における接触パッド44(例えば、金属被覆ストライプ)は、例えば図36Bに示されるように、燃料電池スティック装置10の両方の端部11a、11bに対する外側の高温領域32から進む。次いで、2つの別個の電気接続は、アノード24及びカソード26の各々に対してなされ得る。限定ではなく例として、一組の接続は、電池からの電圧出力を監視するために使用されえ、他の組みの接続は、負荷を接続し、電流が流れることを可能にすることができる。電池自体において個別に電圧を測定する能力は、電池からの全出力のより良いアイデアを与えるという利点を有する。

40

#### 【0108】

接触パッド44(例えば、金属被覆ストライプ)において、当業者に周知のあらゆる適切な導電材料が使用され得る。例として、銀、LSM及びNiOが含まれる。材料の組み合わせも使用され得る。一実施形態において、非貴金属の材料は、高温領域32において

50

燃料電池スティック装置 10 の表面に沿って使用され得る。LSM は、例えば、高温領域チャンバー / 炉の雰囲気酸化物が酸化雰囲気である場合に使用され得る。NiO は、例えば、高温領域チャンバー / 炉の雰囲気が還元雰囲気である場合に使用され得る。しかしながら、どちらの場合も、燃料電池スティック装置 10 が高温領域チャンバー / 炉を出る直前に、金属被覆材料が貴金属または腐食抵抗材料に遷移されなければならないので、材料が高温領域のチャンバー / 炉の外側に延長する場合、非貴金属材料は導電性を失う。銀ペーストは、便利な貴金属材料である。さらなる説明として、LSM などの特定の材料は、反応温度から室温まで温度が低下するので非導電性になり、ニッケルなどの他の材料は、装置 10 の低温端部 30 において空気にさらされる場合、非導電性になる。従って、燃料電池スティック装置 10 の低温端部領域 30 の接触パッド 44 における金属被覆材料は、空気中（すなわち、非保護雰囲気）で低温において導電性でなければならない。金属被覆材料が、燃料電池スティック装置 10 が高温領域チャンバー / 炉を出る前に貴金属に遷移されることができるよう、銀などの貴金属は、温度 / 雰囲気転移領域を超えて機能する。材料の組み合わせの使用は、低温領域に対する高温領域 32 における導電性の特定の要求に依存する材料選択を可能にし、使用される高価な貴金属の量を低減させることによってコストを低減させることを可能にする。

10

20

30

40

50

#### 【0109】

図 49A から図 49C に示されるように、ワイヤ 92 又は他の物理的な構造体は、グリーン層を組み立てる工程中に装置に配置され（図 49A）、次いで、これらの層は、配置されるワイヤ 92 と積層され（図 49B）、次いでワイヤ 92 は積層後に除去される（図 49C）。例えば、これは、ガス流路 14、20 が燃料電池スティック装置 10 の高温領域 32（反応領域）に入る前に、燃料電池スティック装置 10 が数インチの長さを有し得る、燃料又は空気の入口ポイントにおいて有用である。通路を形成するための工程中にゆっくりベークアウトしなければならない高分子を印刷する代わりに、ワイヤ工程は、燃料電池スティック装置 10 のその部分からのベークアウト試みを取り除くために使用され得る。限定ではなく例として、直径 0.010 インチを有するワイヤが使用され、それは容易に引き出される。ワイヤ 92 は、ワイヤと同様の体積を有するが断面が短いリボン状の物理的な構造体を形成するために平坦に巻かれ得る。リボンがより大きな表面積を有するので、離型剤は、積層中にセラミック層にそれが固着しないようにするためにその表面に付けられ得る。従って、“ワイヤ”という用語は、長くて細かったり、断面が円形、楕円形、正方形、長方形などの様々な物理的な構造体を広く含むものである。

#### 【0110】

図 50A から図 50C は、1つの層の燃料電池スティック装置 10 における入口流路を形成する例を示す。この例において、燃料及び酸化剤通路 14、20 全体を形成するために間隙形成テープ 94（例えば、高分子またはワックステープ）を用いるよりむしろ、間隙形成テープ 94 は、活性領域 33b でのみ使用され、すなわち、アノード 24 及びカソード 26 がそれらの間に電解質 28 を有して対向関係で位置する領域で使用される。燃料及び酸化剤通路 14、20 が関連する対向したアノード 24 及びカソード 26 を有しない非活性領域において、ワイヤ 92 は、間隙形成テープ 94 の代わりに使用される。示されるように、ワイヤ 92 及び間隙形成テープ 94 によって形成される通路 14、20 が注入口 12、18 から排出口 16、22（示されない）まで連続するように、ワイヤ 92 は、間隙形成テープに接触または間隙形成テープを覆う。

#### 【0111】

燃料電池スティック装置がますます複雑になるので、それは、このワイヤコンセプトを使用することはますます有用になり得る。例えば、多層の燃料電池スティック装置 10（例えば、50層）の複雑なベークアウト焼失試みが単純化され得る。これは、部分的には、結合剤除去における試みが、特に複雑な構造体において、燃料電池スティック装置 10 の外側にそれらが生成される（高分子の分解から）位置から結合剤ベークアウト生成物が移動しなければならないためである。しかしながら、ワイヤ 92 が構造体から引っ張られた後、このポイドに沿った通路は何もない状態になる。ワイヤ 92（または、他の適切な

物理的な構造体)が複雑な構造体に引き込まれ、次いで引っ張られる場合、それによって生成されたポイドは、ベークアウト生成物において構造体内の多くの領域が構造体の外側の通路を早急に見出すことを可能にする。

#### 【0112】

ワイヤコンセプトにおける他の有用な目的は、燃料電池スティック装置10内の圧力分布を補助することである。単一のチューブが燃料電池スティック装置10に空気または燃料を供給している場合、異なる流速は、燃料電池スティック装置10内の多くの通路/流路に沿って存在し得る。例えば、50個の活性層に対応する50個の空気通路20が燃料電池スティック装置10内にある場合、若干大きな断面積を有する1つの通路、及び、若干小さな断面積を有する通路があり得る。これは、間隙形成材料の寸法のランダム変動によって引き起こる。1つの解決法は、各々の層の出口の断面積を制限することである。各々の層の出口ポイントの断面積が、それらの断面積が等しくなるように正確に形成された場合、及び、出口ポイントの面積が流れ流路の面積未満である場合、及び、それらの出口ポイント全ての面積が入口チューブの断面積未満である場合、流れは、各々の層において等しいだろう。これは、ガス流量及び液体流量の現実に一致する。ワイヤコンセプトは、この解決法を可能にする。各々の層の出口ポイントにおいて、ワイヤ92は、外側の世界への気体の最終的な通路を形成するために挿入される。50個の層に対して、50個の短いワイヤ片が挿入される。それらが引き抜かれるとき、各々の層は、正確な出口寸法(例えば、5ミリの直径の通路)を有する。

10

#### 【0113】

従って、本発明は、各々の層の出口ポイントが流れ通路断面積自体より断面積で小さい、多層の燃料電池スティック装置10を予期する。本発明は、さらに、各々の層の出口ポイントが幾つかの所定の場所に同一の断面積を正確に有するようにそれらが正確に機械加工された多層の燃料電池スティック装置10を意図する。本発明は、さらに、合わせられた全ての出口の面積が入力部の断面積より小さい多層の燃料電池スティック装置10を意図する。これらの実施形態において、出口ポイントの断面積は、層の活性部分の端部上であるが燃料電池スティック装置10の出力ポイントの端部の前にある流れ通路の幾つかの場所にあると定義される。換言すれば、流路におけるこのネックダウンポイントは、活性領域からの下流のどこかである燃料電池スティック装置10の出力ポイントにおいて正確である必要はない。

20

30

#### 【0114】

前の実施形態において、高温領域32及び高温チャンバーが検討されている。高温領域チャンバーは、炉と称されるかもしれない。低温領域または低温端部領域30は、炉の外側に位置する。転移領域32は、炉の内側の領域に隣接する燃料電池スティック装置10の領域である。図51に示されるように、炉壁96は、総厚Tを有する。燃料電池スティック装置10は、この炉壁96を通過する。壁96において燃料電池スティック装置10の長さは、X寸法であって、厚さTに等しい。燃料電池スティック装置10の幅は、それが壁96を通過するので、Y寸法である。燃料電池スティック装置10の厚さは、Z寸法である。この実施形態の目的において、ZはY以下である。

#### 【0115】

本発明の一実施形態によれば、最適な条件において、炉壁厚さTは、それが壁96を通過するので、燃料電池スティック装置10の幅Yより大きくあるべきである。TがY未満である場合、燃料電池スティック装置10における圧力は、それが、壁96を通過するので、非常に高くありえ、燃料電池スティック装置10はクラックを生じ得る。

40

#### 【0116】

図52Aから図52Cに示される他の実施形態において、寸法Lは、それが炉壁96を通過する部分において燃料電池スティック装置10(100、200、300または400)の装置の長さの垂直な方向に直交する平面(すなわち、Y-X平面)の最大寸法である。長方形の燃料電池スティック装置10(100、400)において、最大寸法Lは、図52Bに示されるように対角線であり得る。管状の燃料電池スティック装置200、3

50

00において、最大寸法Lは、直径であり得る。最適条件において、寸法は、 $T > V i L$ であるようにしなければならない。

【0117】

壁厚Tは、1つの均一な材料（絶縁体）98で形成し得る。あるいは、図53に示されるように、起り得る最良の温度転移結果を与えるように各々の層において熱移動特性が最適化されるように、壁厚Tは、例えば3つの絶縁層98a、98b、98cなどの多数の等級の付けられた絶縁層で形成され得る。多層の炉壁96'の場合、合わされた全ての層の総厚Tは、Yより大きく、及び/又は、ViL以上でなければならないが、壁96'の1つの層の厚さは、Y未満であり、及び/又は、ViL未満であり得る。

【0118】

図54に示される他の実施形態において、絶縁体98a、98cの多くの層が空隙120によって分離され得る多層の炉壁96"が提供される。このデザインにおいて、高温領域32に近い高温絶縁層98c、及び、低温領域30に近い低温絶縁層98aがあり得る。次いで、中間の（中程度の）温度領域は、例えば、転移領域31または予熱領域33aに対応する2つの絶縁層98a及び98cの間に位置する。この実施形態は、炉の最も高い温度の領域をより大きくすることなく、燃料電池スティック装置10に流れる空気に対するより長い予熱領域を可能にする。この実施形態において、それが壁96"を通過するので、壁96"の1つの層の厚さは、燃料電池スティック装置10のY寸法未満であり、及び/又は、ViL未満であるようにされ得る。しかし、層98a及び98c並びに空隙120を含む壁96"の総寸法Tは、燃料電池スティック装置のY寸法より大きく、及び/又は、ViL以上であるだろう。この実施形態は、さらに2を超える絶縁層を考慮する。

【0119】

最初にアノード及びカソードなしで燃料電池スティック装置10を形成し、次いで、これらの要素を後に埋め戻すアイデアが上記で検討された。これをする理由は、特定のアノードまたはカソード材料が、Zrの焼結温度で圧縮し過ぎるためであり、密度が高すぎる場合、それは、良好な反応を許容しない。あるいは、より一般的に言えば、システムの異なった構成要素が同じ温度分布を有して最適に焼結されることを望まない場合、埋め戻しは必要であり得る。

【0120】

しかしながら、アノードまたはカソードの上部に集電板を提供することはより困難である。以下に検討される図55Aから55Eに示されるような集電板が、アノードまたはカソードの表面部分として位置する高密度の電極であることは当業者に周知である。それは、一般に、微細なワイヤのような、高導電性の層またはマトリクスであり、それは、電子を集めることができ、電子が移動することが必要とされる場所に電子を移動させることができる。集電板122は、NiO、LSM、または、幾つかの他の低コストの材料、場合によっては貴金属電極で作られ得る。アノード及びカソードを形成するための埋め戻し工程に続いて、同一の方法で正確な集電板に配置することは困難である。しかし、集電板の試みは、アノードまたはカソードの試みとは異なる。集電板は望ましくは密度が高い（良好な導電性のために）のに対して、アノード及びカソードが多孔性であることが望ましく、それは、過度の焼成の危険を引き起こす。従って、潜在的に、それは、Zrと共焼成され得る。集電板は、アノード及びカソードの下にあり、電解質28に接触するように、集電板122が埋め戻し前に電解質28に配置されることができ一方、この配置は、電解質28上における活性領域を阻止し、それは、活性領域の不必要な浪費である。

【0121】

図55Aから図55Eに示される本発明の一実施形態によれば、集電板122は、燃料電池スティック装置10内の空間にそれらが浮くように、位置され、共焼成される。これは、図55Aに概略的に示されるように、第1の犠牲有機層72a（例えば、高分子）の上部に集電板122を印刷し、次いで、集電板122の上部にわたって第2の犠牲有機層72b（例えば、高分子）を被覆することによって達成され得る。集電板122は、図5

10

20

30

40

50

5 Bに示されるように、それによって2つの犠牲有機層7 2 a、7 2 bの間に挟まれる。燃料電池スティック装置1 0は、図5 5 Cに示されるように、セラミック支持構造体2 9内に犠牲層/集電板構造体を配置することを含んで組み立てられ、次いで焼結される。それによって、犠牲有機層7 2 a、7 2 bは、間隙1 2 3を形成するために消え、集電板1 2 2は、図5 5 Dに示されるように、間隙1 2 3内の空間に浮いたままになる。次いで、アノードまたはカソード形成を完成するために、多孔性のアノードまたはカソードを間隙1 2 3に埋め戻すことは容易である。支柱5 4の使用は、上に記述されるように、機械的な支持を提供し、又は、その位置を標準化するために、図5 5 Eに示されるように、浮いている集電板1 2 2が、支柱5 4に載るように使用され得る。これを達成するために、集電板材料がホール下方に周期的に印刷するように、周期的なビアホールまたは小さな間隙は、高分子の第1の犠牲層7 2 a内に生成され得る。結合剤の除去の後に、この満たされたホールは、支柱5 4になる。あるいは、ジルコニアボールは、犠牲高分子間隙材料に加えられ得る。犠牲高分子が溶解するので、集電板1 2 2は、それらのボールに固着し、このボールは、セラミック支持構造体2 9に固着し、図5 6 A及び図5 6 Bに示されるように、それによって支持体を提供するだろう。次いで、多孔性のアノード2 4またはカソード2 6は、図5 7 A及び5 7 Bに示されるように、電極粒子1 2 4が埋め込みにおいて粘稠液1 2 6内に保持され、次いで、この装置が乾燥され、粒子が沈殿し、及び、アノード2 4またはカソード2 6を形成するために焼結されるその空間に埋め込まれ得る。アノード又はカソード粒子は、それが有用である場合、一側に選択的に堆積され得る(重量によって又は遠心分離機によって)。

10

20

**【0 1 2 2】**

印刷されたハッチラインを使う集電板に関して、集電板1 2 2において挟まれたまたは阻止されるようになる通路をもたらす空気または燃料通路1 4、2 0の間隙寸法の幾らかの変化があり得る。この変化は、焼結中のランダム寸法変化によって起こる。図5 8 Aから図5 8 Cは、通路1 4、2 0の妨害をほとんど引き起こす集電板1 2 2の一例を示す顕微鏡写真である。通過1 4、2 0における目的は、明らかな流れを有することである。通路をより大きくすることは可能であるが、これは、不必要に燃料電池スティック装置1 0の密度を増加させるだろう(通路が厚くなり、層が厚くなるほど、多層装置の電力密度が低くなる)。本発明の一実施形態によれば、通路1 4、2 0が集電板1 2 2において阻止される可能性を低下させるために、集電板ラインは、多孔性のアノード2 4及びカソード2 6内に埋め込まれ得る。図5 9がアノード2 4及びカソード2 6の表面に集電板1 2 2を示し、図6 0がアノード2 4及びカソード2 6の表面に埋め込まれる集電板1 2 2を示す、図5 9及び図6 0に示されるように、集電板1 2 2が多孔性のアノード及びカソード2 4、2 6の厚さに埋め込まれる(または、アノード/カソードに実質的に埋め込まれる)場合、集電板1 2 2は、気体の通路の流れを阻止する可能性が低いだろう。図6 9は、多孔性のアノード及びカソードにリセスされている実際の集電板トレースを示す。

30

**【0 1 2 3】**

集電体1 2 2を埋め込む方法は、図6 1 Aから図6 1 Cに示される。第1に、一時的な基板1 2 8に集電体1 2 2を分注し、又は、印刷する。次いで、ペーストを印刷し、又は、電極粒子1 2 4を含む粘稠液1 2 6で埋め込み、及び、乾燥することなどによって、集電体1 2 2を電極材料で覆う。最終的に、一時的な基板1 2 8を除去する。乾燥された電極-オン-プラスチックがひっくり返され、プラスチックが剥がされるように、一時的な基板1 2 8は、乾燥後に電極材料に対する適切な付着性のみを有する一片のプラスチック材料であり得る。同一又は同様の結果は、集電体1 2 2及びアノード/カソード2 4、2 6を、積層体に挿入される間隙形成テープ9 4に置くことによって達成され、焼失及び焼結中に、間隙形成テープ9 4は消え、同一の最終結果物を残す。

40

**【0 1 2 4】**

集電体1 2 2の上部にアノード2 4またはカソード2 6を印刷する場合、集電体1 2 2が少し溶解し広がる傾向があるので、異なる溶解度を有する材料が使用される(極端な場合、集電体1 2 2は、極性溶剤に溶解可能な樹脂材料を含み、多孔性電極インクは、非極

50

性溶剤に溶解可能な樹脂材料を有することができる)。集電体 122 の余りに多くの広がり、多孔性アノード 24 またはカソード 26 に対する気体の拡散を減少させるように作用するので、これが広がることを制限することは望ましい。従って、集電体 122 の幾らかの広がり、集電体 122 の少なくとも一部は、望ましくは多孔性材料内に埋め込まれる。従って、本発明は、燃料通路 14 または空気通路 20 内への集電体 122 の突出を低減するために、集電体通路 122 の幾らかの部分が多孔性アノード 24 またはカソード 26 にリセスされる集電体通路を考慮する。

#### 【0125】

多層の燃料電池スティック装置 10 の活性領域 33b において、例えば  $10\ \mu\text{m}$  である、できるだけ薄い電解質 28 を有することが望まれる。しかし、非常に薄い電解質は、装置の空気及び燃料側部間のリークを有する可能性を増加させる。より薄い電解質は、より高い出力を与え得るが、薄過ぎることは、クラックまたはリークをもたらし、その層からのゼロ出力を与える。この発明の一実施形態によれば、活性領域 33b の電解質 28 の最小許容可能厚さに対する鍵は、アノード及びカソード厚さが総厚に寄与し、従って全体の強度に寄与するということである。限定ではない単なる例として、 $100\ \mu\text{m}$  の厚さがクラックを防止するために要求され、アノード 24 及びカソード 26 の各々が  $45\ \mu\text{m}$  である場合、 $10\ \mu\text{m}$  の電解質の厚さが良好に機能するだろう ( $45 + 45 + 10 = 100$ )。

10

#### 【0126】

多層の燃料電池スティック装置 10 の受動的な領域 (対向するアノード及びカソードを有しない領域) において、必要とされる、異なる厚さがある。この受動的な領域は、空気及び燃料の分配に關与する。これは、空気及び燃料の分配通路が重畳するように、多くの図面において示されている。ここでこの要求は、クラックを防止するために特定の厚さを有することでもあるが、アノード 24 及びカソード 26 を有することなく、ここでセラミック 29 は、活性領域 33b のセラミック電解質層 28 より厚くなければならない。上記の例のように、受動的な領域のセラミック 29 は、 $100\ \mu\text{m}$  でなければならない、一方、活性領域 33b のセラミック電解質が  $10\ \mu\text{m}$  などのように薄くなければならない。

20

#### 【0127】

本発明の実施形態によれば、2つの厚さを有するセラミック電解質 28、29：受動気体通路領域の厚いセラミック 29 及び活性領域 33b の薄いセラミック電解質 28 の個々の層を実現するための方法が提供される。この方法は、図 62 から図 62A に示されるが、受動的な気体流領域にセラミック 29 を生成するためにセラミックテープ 13 の 3つの片を使用し、ここで、対向するアノード 24 及びカソード 26 間のセラミック電解質 28 として機能するために、テープの片 130a、130c は途切れ、中心層 130b のみが活性領域 33b まで連続する。

30

#### 【0128】

低温接続用の炉を出る細長い構造体に関連して多数のアイデアが提供される。しかしながら、アイデアの多くは、炉を出ない、及び/又は、プレート形状または類似物を有する多層の燃料電池装置にも使用され得る。本発明において達成可能な装置の密度は、接続が炉内の高温燃料電池装置に対してなされる他の燃料電池装置及びシステムで達成される。例えば、他の燃料電池装置で使用され得る、ここに開示されたコンセプトは、出口または入口通路、2つの電極に役立つ1つの通路、重力または遠心分離機を用いて一側に対する電極懸濁液を乾燥するパドル形状の装置、終点用の側部間隙、及び、シリーズデザインを形成するために使用される高分子テープ、丸いボールが満たされた高分子テープ、ワイヤを含む。

40

#### 【0129】

集電体 122 は、電極 (アノード 24 及びカソード 26) で生成され又は消費される電子が、負荷 (電圧ノード 38、40) に向かう途中で低抵抗通路内を移動することを可能にする目的を有する。最適な電極デザインは、それがいくつかがすぐに起きることを可能にしないので、それほど導電性ではない：気体が行くことを可能に

50

する微細孔があり、電解質に向かって酸素イオンが流れることを可能にするために電子伝導体がある。微細孔及びセラミックの存在は、電極全体が電子伝導体のみで作られる場合よりそれが高抵抗を有することを意味する。

#### 【0130】

電子が自由にされると、それが高伝導通路を移動することを可能にすることは重要である。集電体に対する既存のデザインは、多孔性を残したまま、導電体から電解質セラミックを除去することに基づく。これは、より伝導性が高い層を生成する。これは、アノードまたはカソード全体にわたって印刷される。多層構造体のこのデザインの1つの欠点は、アノード/カソード材料が焼結後に加えられなければならない場合、記載されるように2つの別の層を生成することが困難であり得るということである。集電体を共焼成することの利点は、上に記載される。

10

#### 【0131】

本発明の実施形態によれば、高密度の伝導材料（すなわち、それがアノード24またはカソード26全体にわたって印刷された場合、それが反応を抑制するように、多孔性がほとんどない又は全くない）を含む集電体122が使用され、それは、ハッチパターンで印刷される。一実施形態において、集電体は、ハッチパターンとも称される直線パターンで印刷され、中を通る気体用にハッチマーク間に空間を残す。多孔性のアノード24及びカソード26のガス透過率は、ハッチライン間の多孔性材料に入る気体がハッチラインの下にも流れるようなものである。ライン間のピッチとライン幅自体を変えることによって、最適な形状を見出すことが可能である。例として、0.006インチの線幅と0.030インチのラインピッチが使用され得る。図63は、ハッチパターンを有する集電体122の上面図を示す。図64は、多孔性のアノードまたはカソード上の集電体122の側面図を示す。図65は、上部から底部に向かって順に、集電体ハッチ、多孔性の上部電極、電解質、下部電極（破碎のために電解質から突き出ている）を示す、角度のついた図を示す。活性領域が大きくなるにつれて、異なる領域の線幅を変えることも可能になるだろう。小さい伝導体ラインは、より大きな伝導体ラインに合流することができ、より大きなラインは、さらにより大きな伝導体ラインに合流することができる。

20

#### 【0132】

燃料及び空気供給部34、36を燃料電池スティック装置10に接続するためのフレキシブルな供給チューブ50が上記されている。供給チューブ50を伸縮して開放することによって、それは、燃料電池スティック装置10の端部11a、11bの一方の上を滑ることができる。接着剤は、所定の場所にそれを保持することができる。本発明の一実施形態による代替案は、燃料電池スティック装置10が所定の場所に供給チューブ50を機械的保持することができるように、図66A及び図66Bに示されるように、側部上に刻み目132を有する燃料電池スティック装置10の端部11a（及び/又は11b）を形成することである。これは、ルーターまたはエンドミルを用いて燃料電池スティック装置10を機械加工することによってグリーン状態で最も都合よく実現される。

30

#### 【0133】

これに基づいて、それぞれ上部概略断面図及び透視図において図67A及び図67Bに示されるように、燃料電池スティック装置10の端部11a（及び/又は11b）上に固定することができるコネクタ134も使用されることができる。コネクタ134は、燃料電池スティック装置10のデザインに依存して1つ又は2つである、統合された電気接触部136及び気体流路138、及び、接触パッド44に接触するために1つ又は2つの電気接触部136であり、オーリング140の形態のような気密シールを有する成型プラスチックであり得る。1つの極性が燃料電池スティック装置10の各々の端部において燃料電池スティック装置10を出るように、燃料電池スティック装置10が2つの端部を有する燃料電池スティック装置10である場合、コネクタ134は、より低い抵抗の接触を与えるように、燃料電池スティック装置10の各々の端部において2つ又はそれ以上の電気接触部136を依然として有することができる。電気接触部136は、燃料電池スティック装置10の側部、又は、燃料電池スティック装置10の上部及び底部にあり得る。その

40

50

後者は、接触部が幅広であるためにより低い抵抗を与えるだろう。

【0134】

示されていないが、コネクタ134は、2つのオーリングを有し、それによって、コネクタ134内に、一方が空気用であり、他方が燃料用である2つのシール部分を提供することができる。このようなコネクタは、シングルエンド燃料電池スティック装置10として使用することができ、それは、正及び負の接触部、並びに、空気及び燃料供給を提供する。

【0135】

上に記載された実施形態は、この装置において2つの対向する端部11a、11bを包含した。しかしながら、上に記載された燃料電池スティック装置10のコンセプトは、炉 10  
を出る2つより多い端部または出口ポイントを有する装置500に適用することができる。例えば、図68A及び図68Bは、4つの出口ポイントを有する装置を示す。4つの場所は、空気注入口18、空気排出口22、燃料注入口12、及び燃料排出口16を提供し得る。これは、未燃の燃料を炉加熱作業に再利用することを容易にすることができる。3つ又は6つなどの、2つ及び4つ以外の出口ポイントが使用され得る。

【0136】

支持ボールの使用(図7C及び図7Dを参照)は、例えば正方形のプレートの装置である、燃料電池スティック装置10以外の燃料電池装置で使用し得る。支持ボールは、互いを崩壊させる異なる層を有することなく、より大きな領域が多層の構造体内に生成されることを可能にする。この装置は、一般的な多層のプレート内に大きな開放領域を有し得る 20  
。あるいは、この装置は、その領域を満たす、0.5インチ幅で、大きいインチである通路を有し得る。何れの場合も、ここに開示されたボール技術は有利であろう。

【0137】

ボールのキーのアイディアは、それらが丸く、それが穴を防止することができるということである。電解質、アノード及びカソードを薄く形成する必要がある(密度のために、及び、高性能のために)、不規則な形状の材料の使用から穴が生じる可能性がある。サンドまたはグリットは、電解質を掘り、リークを引き起こす。他方、電解質は、リークまたは裂け目を引き起こすことなくボールの周囲を穏やかに変形することができる。同様に、図7A及び図7Bは、燃料電池スティック装置10の形態以外の多層の燃料電池構造で使用され得る。 30

【0138】

図38A及び図38Bでは、我々は、後に密閉されることができると多層のベークアウト口の使用を示す。これは、S O F Cまたは他の燃料電池装置へのあらゆる多層の取り組みのための有利なコンセプトである。再び、大きいプレートに関して、設計者は、生成される大きな面積の気体通路、及び、それらの空間を満たす有機材料を除くための必要性を有するだろう。しかしながら、典型的には、たった1つの燃料入口ポイント及び1つの燃料出口ポイントがある。同じことが空気側についても言える。このような大きな面積を有するが、非常に少ない出口ポイントを有する有機材料に関して、最も大きな製造の試みの1つは層剥離を避けることでありそうである。

【0139】

これに対する解決法は、多数のベークアウトポイント、ベークアウト気体又は液体(ワックスが使用される場合)が構造体全体における最小の圧力を有して構造体から出ることを可能にする小さい開口を生成することである。多層構造体が焼結された後、リークを防止するためにそれらの小さなベークアウトポイントに戻り、固体材料で満たすことが容易である。 40

【0140】

ワイヤ92のコンセプトは、上記のベークアウト口のコンセプトのように沢山あり、多層構造体において非常に有用である。プレート内に20または50の活性層がある4インチの正方形のプレートを形成することを想像して下さい。より容易な有機体の除去のためにベークアウト口を作ることを望むだろう。しかし、これらの都合が良いベークアウト口 50

がプレートの中心に達することができるなら、さらに良いだろう。ワイヤ 92 を挿入し、次いで積層後にそれを引っ張ることによって、これは、達成することができる。ワイヤ 92 は、さもないければプレートの中央と外の世界との間に行くために非常に長い距離を有するかもしれない幾つかの領域を切り込み得る。上記で検討されたように、このコンセプトは、正確にワイヤでなければならぬものではない。それは、まさに最も都合が良い形態である。それは、それが低い表面積を有するからである。物質の薄片は、平坦でありえ、例えば 0.002 インチの厚さで 0.200 インチの幅である。このような場合、それは、層が固着することを防止するために離型剤で覆われている必要があるかもしれない。とにかく、このアイデアは、有機体の除去を容易にするために、構造体内に挿入され、次いで除去される物質の薄片である。

10

#### 【0141】

他の実施形態において、ワックスを有するカーボンテープは、間隙形成テープ 94 として使用される。試みは、燃料電池スティック装置 10 内に分裂または剥離を引き起こすことなく間隙形成材料が均等に出てくることである。アノード 24 及びカソード 26 内の他の高分子材料及び電解質 28 がベークアウトし得るように開放流路を残しながら、魔法のように正確な時間に材料が消えるのであれば、より良いだろう。1つのアプローチは、ワックスを使用することである。焼き流し鑄造（所謂低ワックス法）で使用されるワックスは、多層の構造体を積層するために使用される積層温度を超えるが、150 から 300 の結合剤焼失温度以下である 90 付近で良好に溶融する。しかし、2ミリの厚さのシートにそれを鑄造する場合、ワックスは理想的ではない。それは、所望の強度を有しない。それは接触に対して脆い。ワックスは、薄い部分でより強くあるべきである。これに対する解決法は、それに強度を与えるために、ワックスと数種類の繊維を結合することである。1つの選択肢は、炭素繊維である。炭素繊維は、マットと呼ばれるランダムな繊維形状で、又は、織り込まれた繊維形状で購入されることができ、それは、実際の布に似ている。他の繊維も可能であり得る。炭素繊維にワックスをしみ込ませることによって、最適な特性が得られる。炭素/ワックス複合体は、間隙を形成するために多層の構造体に入れることができる。積層後に、温度は、ワックスの融点まで上昇し、次いで、ワックスは、液体に変わり、燃料電池スティック装置 10 から出る。これは、炭素繊維内に開放空気通路を残し、それは、構造体内の周囲の高分子材料の容易なベークアウトを可能にする。炭素繊維は、750 程度の温度まで揮発（CO<sub>2</sub>になる）しない。従って、それによって結合剤除去用の明確な通路を残す結合剤のベークアウトが起こる前に、主要な間隙形成材料の1つが消えない構造体を形成することが可能である。次いで、中間温度において、高分子自体は、揮発し得る。最終的に、高温において、炭素繊維は、消失し得る。図 70 は、この炭素 - ワックスの組合せを用いた焼結後にワックス及び炭素繊維が無くなった後の残された間隙の画像である。

20

30

#### 【0142】

本発明は、1つ又はそれ以上の実施形態の記載によって示されており、この実施形態がかなり詳細に示されているが、それらは、添付された特許請求の範囲の範囲をこのような具体例にどのような面においても制限し限定するものではない。さらなる利点及び修正は、当業者に容易であると思われる。従って、そのより広い側面において本発明は、示され記載された特定の具体例、代表的な装置及び方法、並びに、例示的な実施例に限定されない。従って、一般的な発明の概念から逸脱することなく、このような具体例からの逸脱がなされ得る。

40

#### 【符号の説明】

#### 【0143】

- 10 燃料電池スティック装置
- 11 a 第1の端部
- 11 b 第2の端部
- 12 燃料注入口
- 13 燃料予熱チャンパー

50

1 4	燃料通路	
1 6	燃料排出口	
1 8	空気注入口	
1 9	空気予熱チャンバー	
2 0	空気通路	
2 1	排気通路	
2 2	空気排出口	
2 4	アノード層	
2 5	露出したアノード部	
2 6	カソード層	10
2 7	露出したカソード部	
2 8	電解質層	
2 9	セラミック	
3 0	低温領域（または第 2 の温度）	
3 1	転移領域	
3 2	高温領域（あるいは、加熱された領域または第 1 の温度領域）	
3 3 a	予熱領域	
3 3 b	活性領域	
3 4	燃料供給部	
3 6	空気供給部	20
3 8	負電圧ノード	
4 0	正電圧ノード	
4 2	ワイヤ	
4 4	接触パッド	
4 6	半田接続部	
4 8	スプリングクリップ	
5 0	供給チューブ	
5 2	タイラップ	
5 4	支柱	
5 6	第 1 のピア	30
5 8	第 2 のピア	
6 0	障壁被覆	
6 2	表面粒子	
6 4	テクスチャード加工された表面層	
6 6	アノード懸濁液	
7 0	開口	
7 2 a、7 2 b	有機材料 / 犠牲層	
8 0	左側	
8 2	右側	
8 4	ブリッジ部	40
9 0	ブリッジ	
9 2	ワイヤ（物理的）構造	
9 4	間隙形成テープ	
9 6	炉壁	
9 6 '、9 6 "	多層の炉壁	
9 6 "	空隙を有する多層の炉壁	
9 8 a、9 8 b、9 8 c	絶縁体	
1 0 0	燃料電池スティック装置	
1 0 2	細長い部分	
1 0 4	大きい表面積の部分	50

- 1 0 6 細長い部分
- 1 2 0 空隙
- 1 2 2 集電体
- 1 2 3 空隙
- 1 2 4 電極粒子
- 1 2 6 粘稠液
- 1 2 8 一時的な基板
- 1 3 0 セラミックテープ
- 1 3 2 刻み目
- 1 3 4 コネクタ
- 1 3 6 電気接触部
- 1 3 8 気体流路
- 1 4 0 オーリング
- 2 0 0 螺旋管状燃料電池スティック装置
- 3 0 0 同心管状燃料電池スティック装置
- 4 0 0 端部が巻かれた燃料電池スティック装置
- 4 0 2 厚い部分
- 4 0 4 薄い部分
- 5 0 0 燃料電池スティック装置

【 図 1 】

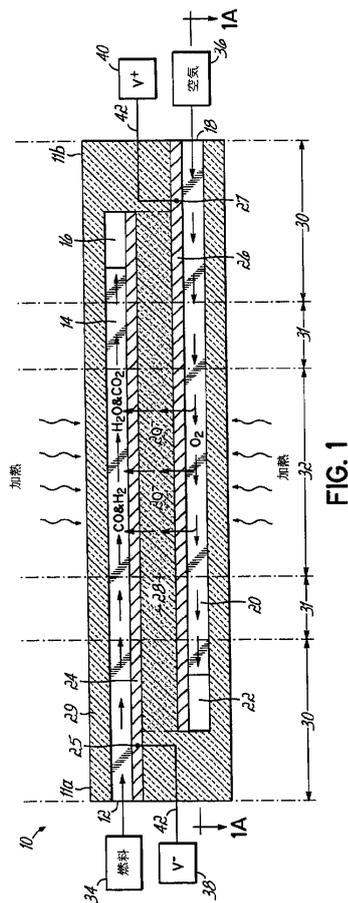


FIG. 1

【 図 1 A 】

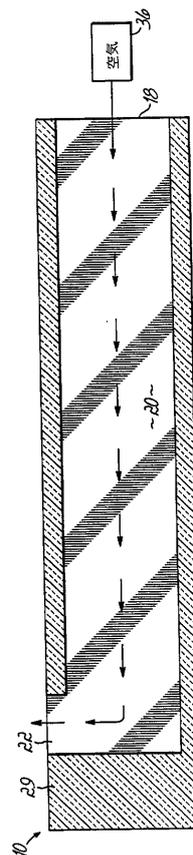


FIG. 1A

【 図 2 】

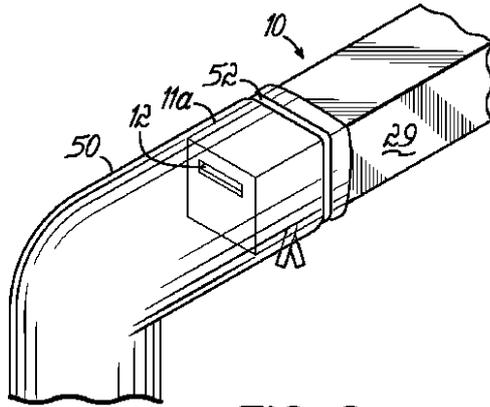


FIG. 2

【 図 3 B 】

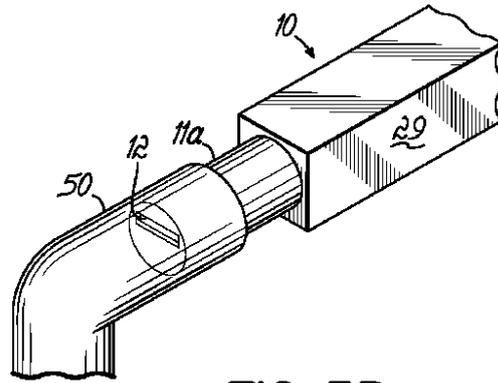


FIG. 3B

【 図 3 A 】

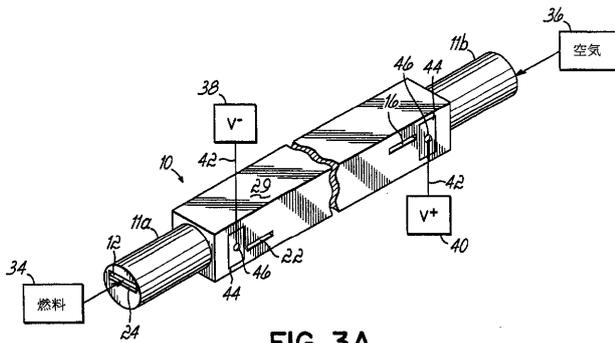


FIG. 3A

【 図 4 A 】

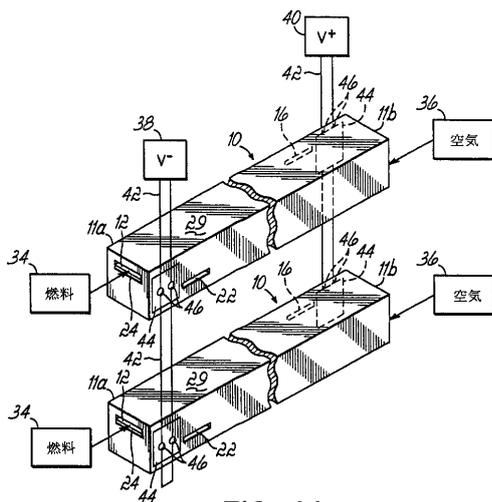


FIG. 4A

【 図 4 B 】

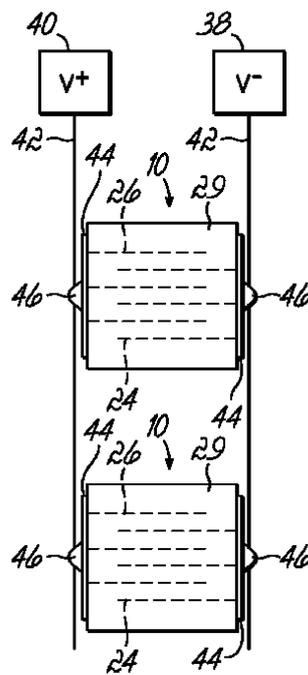


FIG. 4B

【 図 5 】

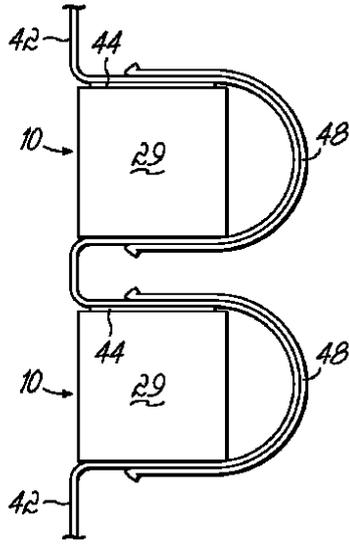


FIG. 5

【 図 6 A 】

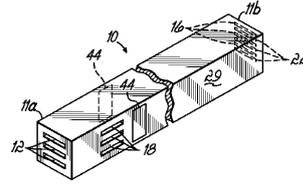


FIG. 6A

【 図 6 B 】

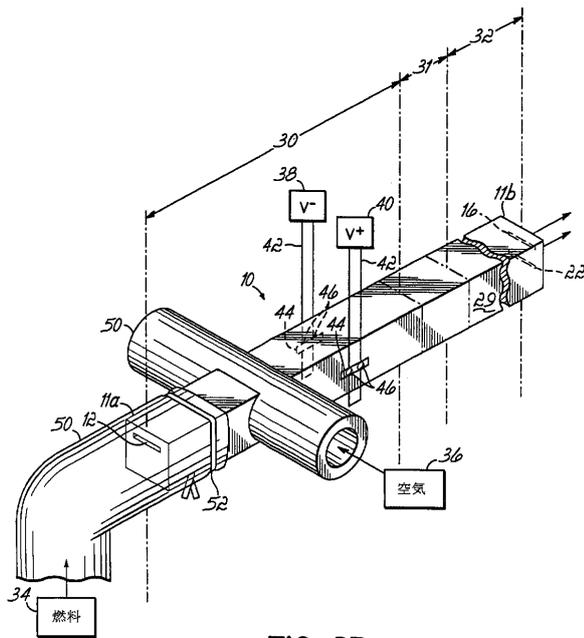


FIG. 6B

【 図 7 A 】

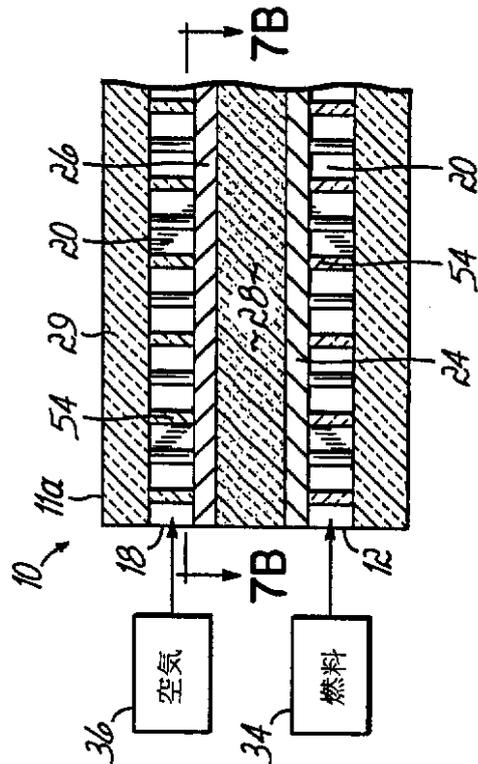


FIG. 7A

【図7B】

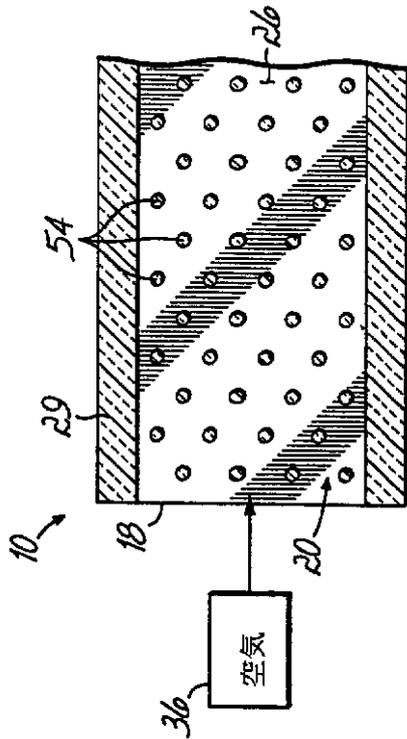


FIG. 7B

【図7C】

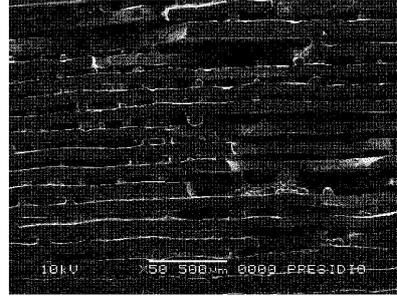


FIG. 7C

【図8A】

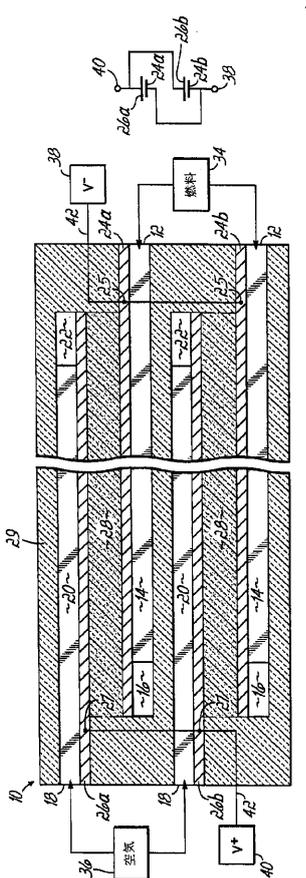


FIG. 8A

【図8B】

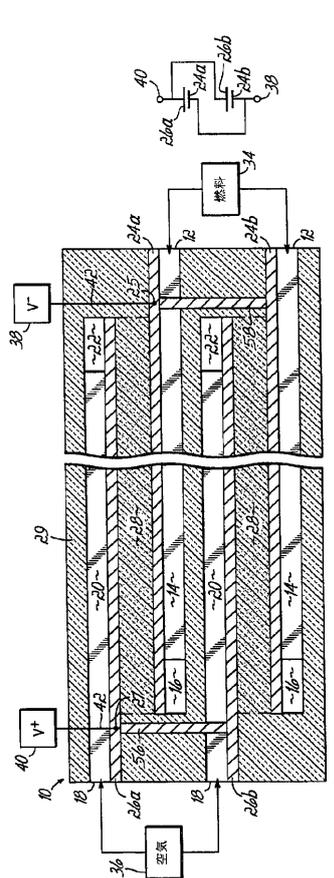


FIG. 8B

【 図 9 A 】

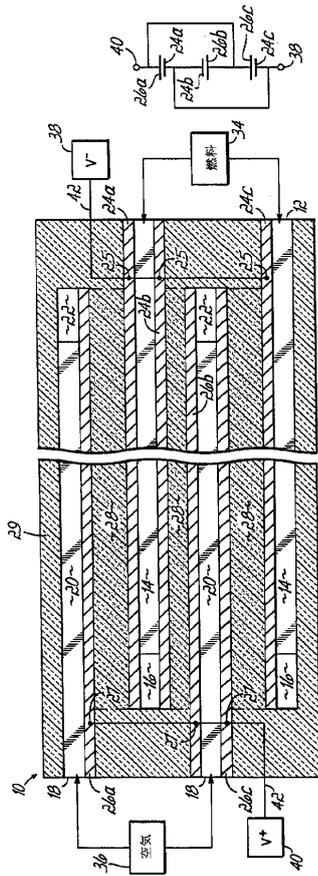


FIG. 9A

【 図 9 B 】

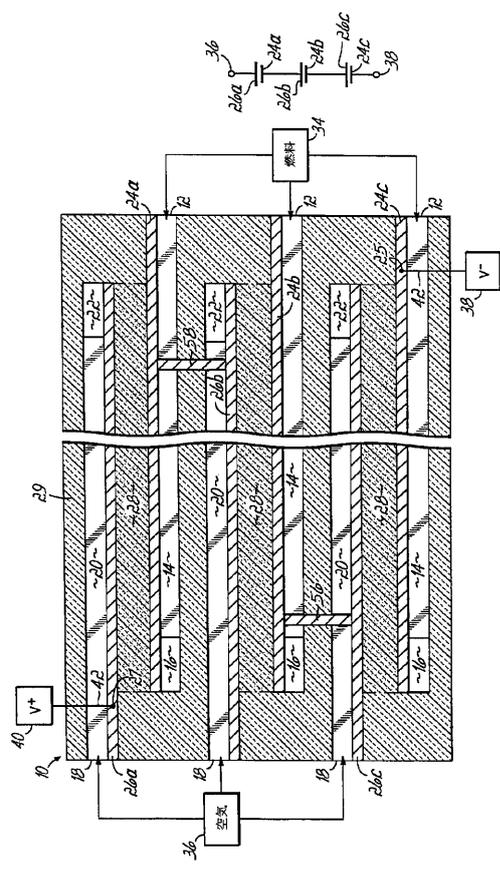


FIG. 9B

【 図 10 】

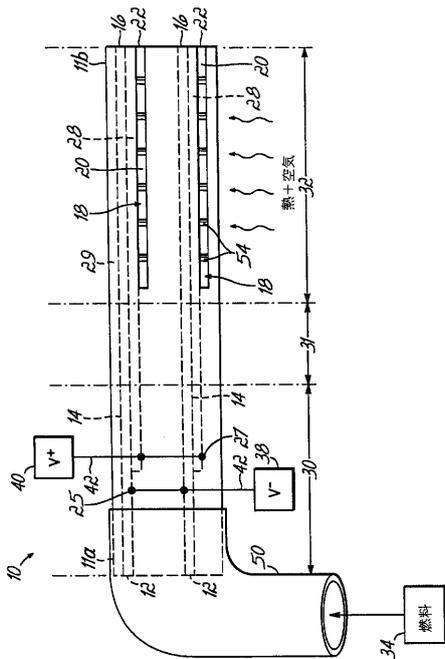


FIG. 10

【 図 10 A 】

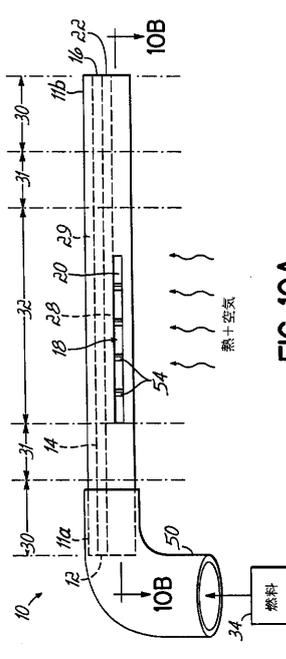


FIG. 10A

【 図 1 0 B 】

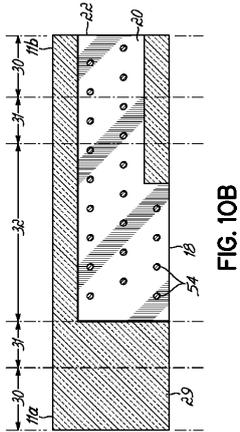


FIG. 10B

【 図 1 1 】

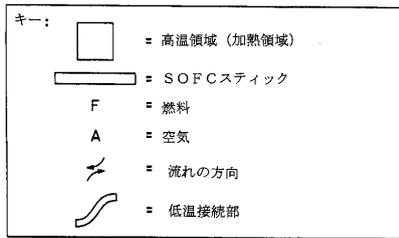


FIG. 11

【 図 1 2 】

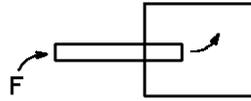


FIG. 12

【 図 1 3 】

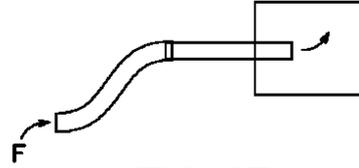


FIG. 13

【 図 1 4 】



FIG. 14

【 図 1 5 】

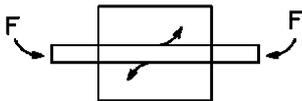


FIG. 15

【 図 1 8 】

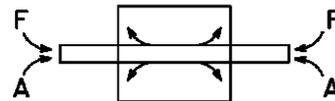


FIG. 18

【 図 1 6 】



FIG. 16

【 図 1 9 】

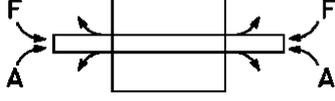


FIG. 19

【 図 1 7 】

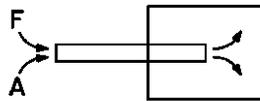


FIG. 17

【 図 2 0 】



FIG. 20

【 図 2 1 】

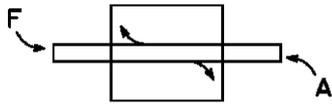


FIG. 21

【 図 2 2 】

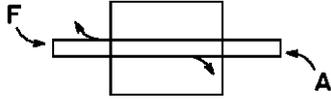


FIG. 22

【 図 2 3 】

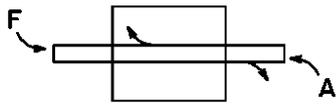


FIG. 23

【 図 2 4 】



FIG. 24

【 図 2 5 A 】

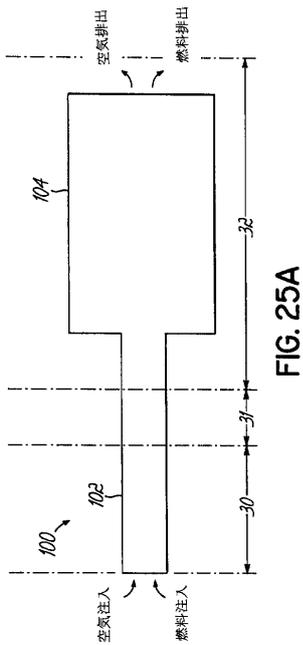


FIG. 25A

【 図 2 5 B 】

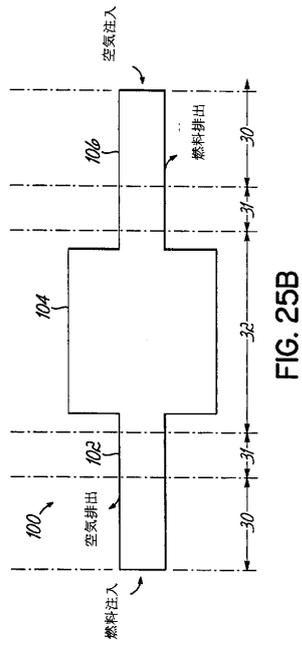


FIG. 25B

【 図 2 6 A 】

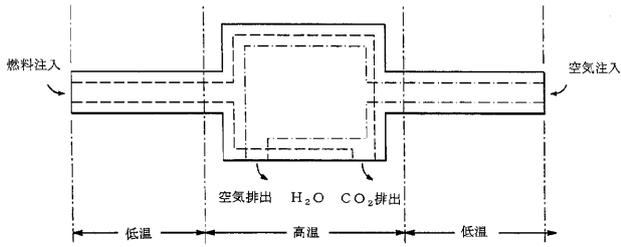


FIG. 26A

【 図 2 6 B 】

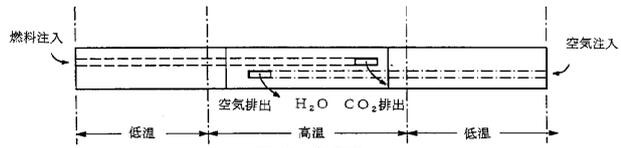


FIG. 26B

【 図 2 7 A 】

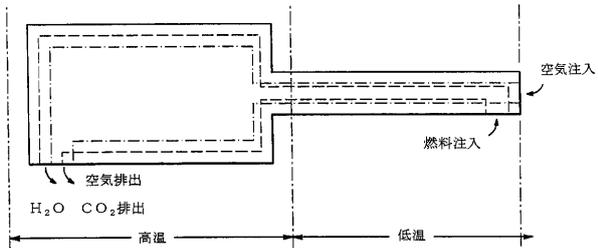


FIG. 27A

【 図 2 8 C 】



FIG. 28C

【 図 2 8 D 】

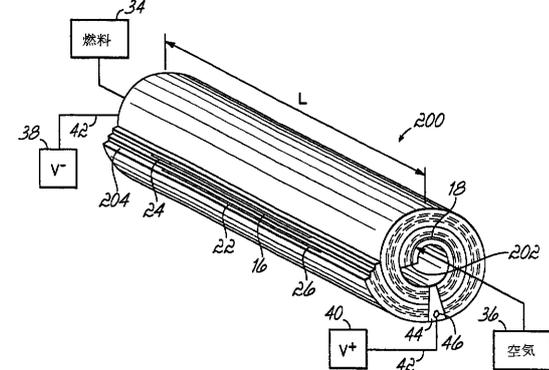


FIG. 28D

【 図 2 7 B 】

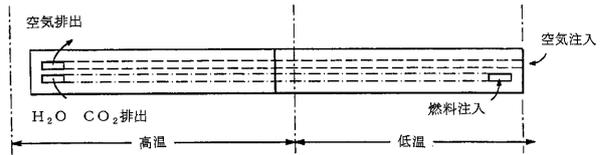


FIG. 27B

【 図 2 8 A 】

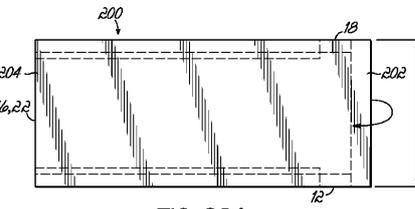


FIG. 28A

【 図 2 8 B 】



FIG. 28B

【 図 2 9 A 】

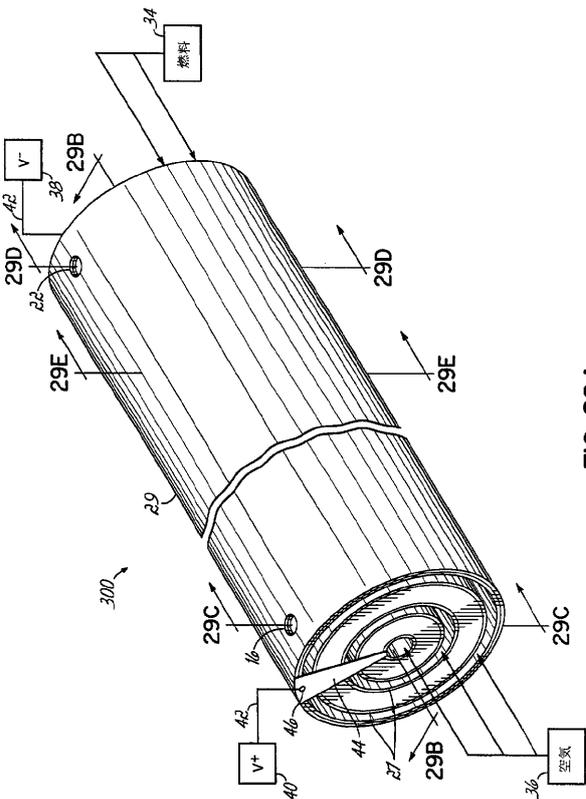
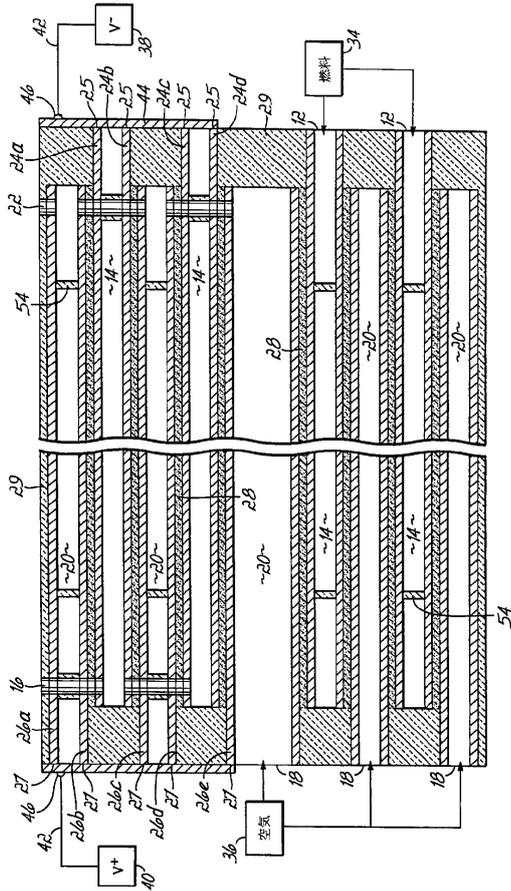


FIG. 29A

【 図 29 B 】



【 図 29 C 】

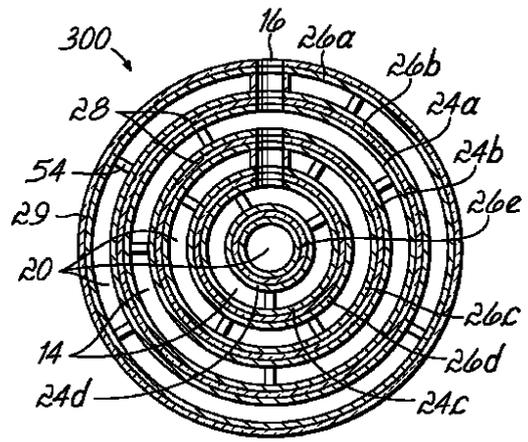


FIG. 29B

FIG. 29C

【 図 29 D 】

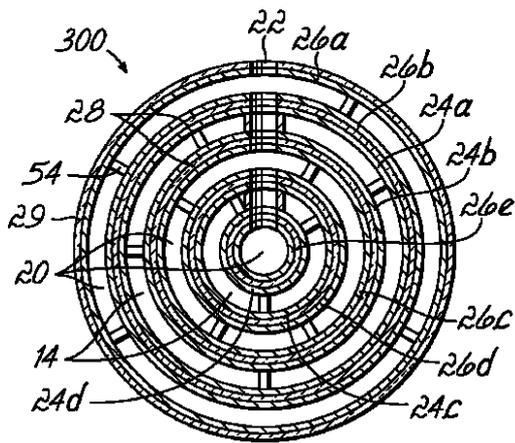


FIG. 29D

【 図 29 E 】

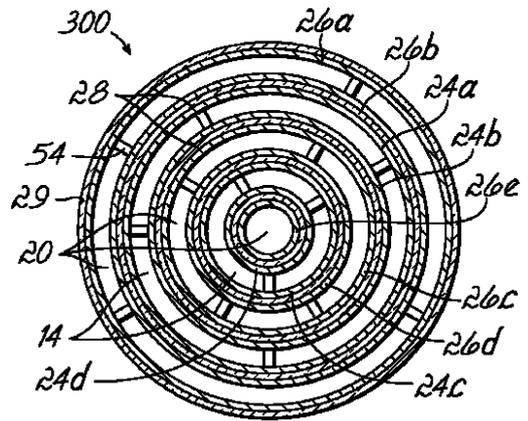


FIG. 29E

【 図 29 F 】

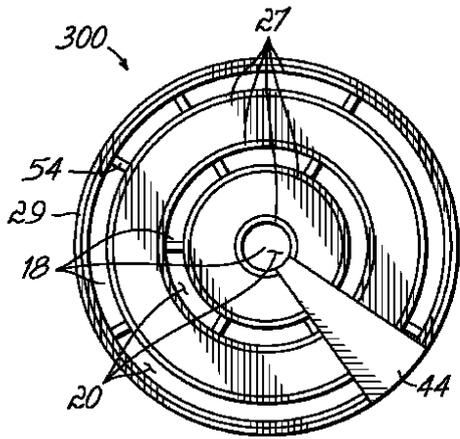


FIG. 29F

【 図 29 G 】

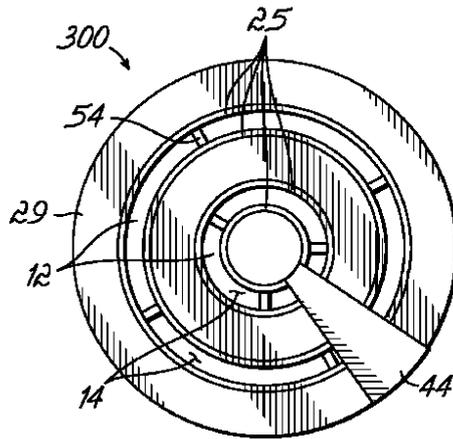


FIG. 29G

【 図 30 A 】

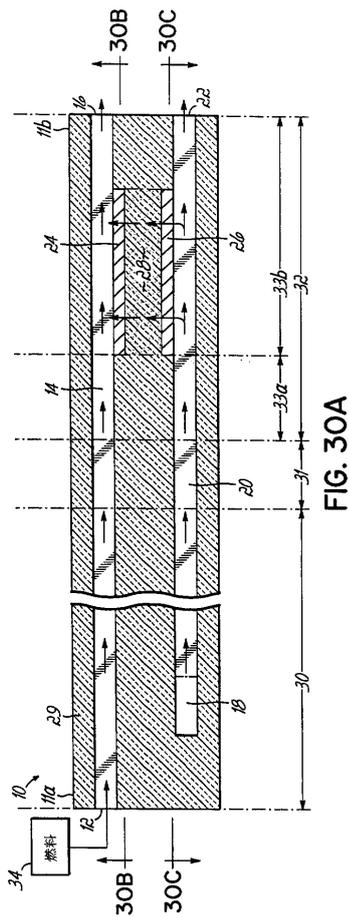


FIG. 30A

【 図 30 B 】

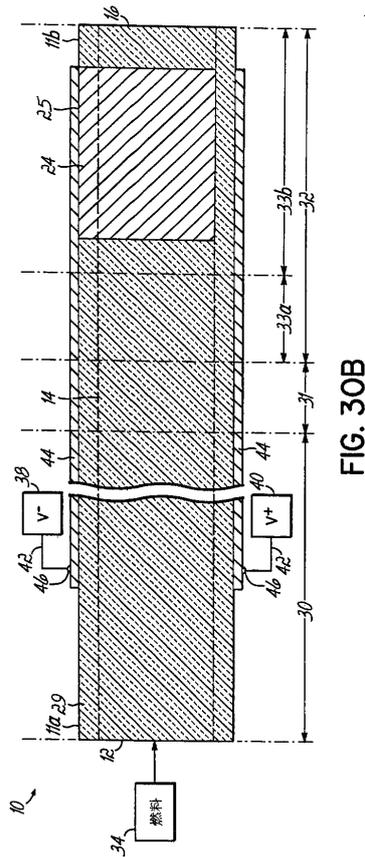


FIG. 30B

【図 30C】

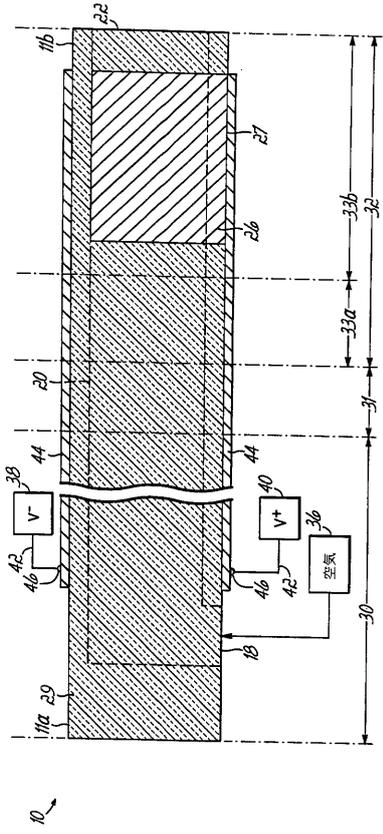


FIG. 30C

【図 31A】

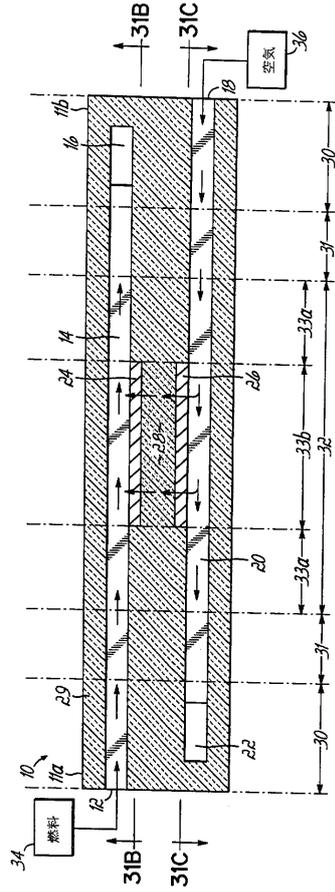


FIG. 31A

【図 31B】

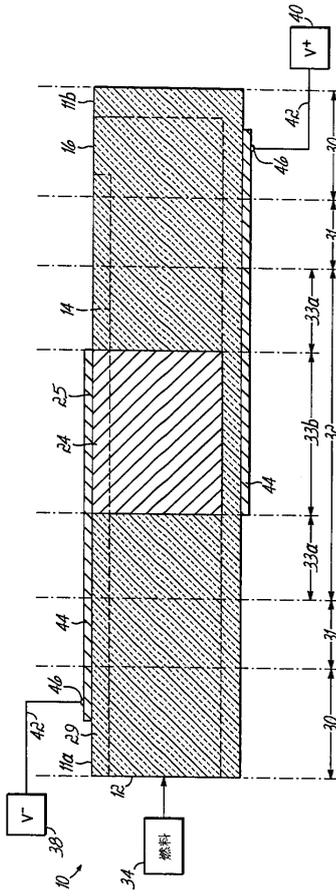


FIG. 31B

【図 31C】

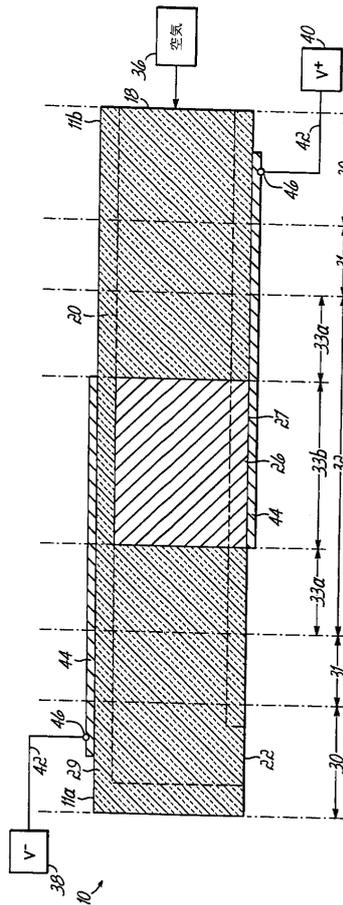


FIG. 31C

【図 3 2 A】

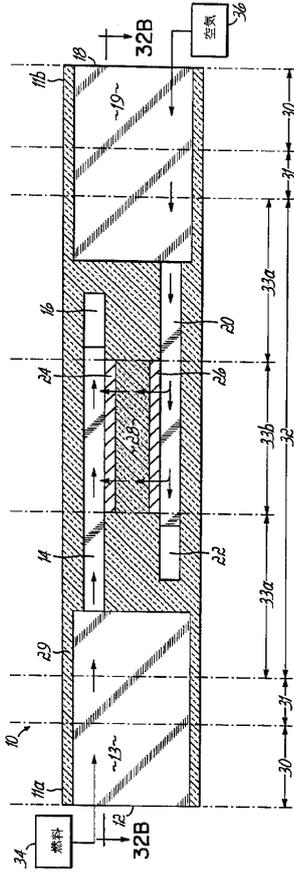


FIG. 32A

【図 3 2 B】

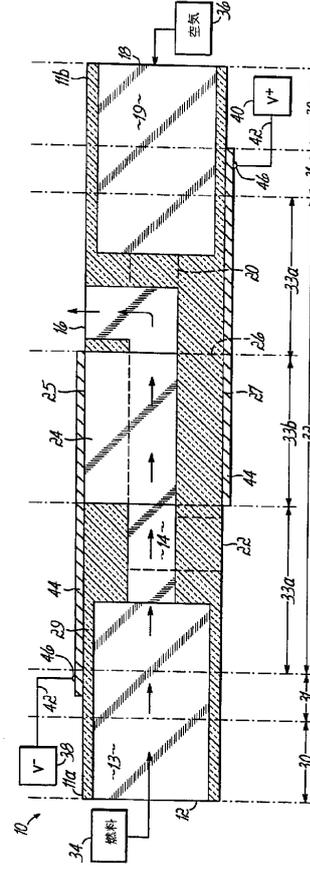


FIG. 32B

【図 3 3 A】

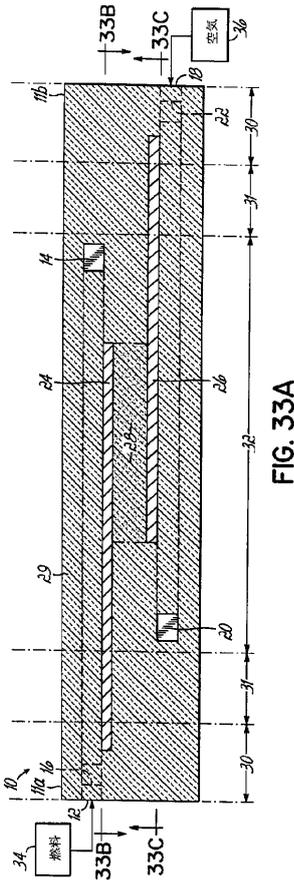


FIG. 33A

【図 3 3 B】

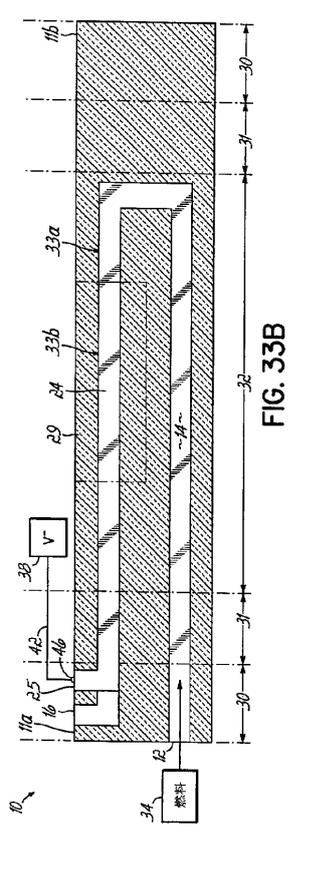


FIG. 33B



【 図 3 6 A 】

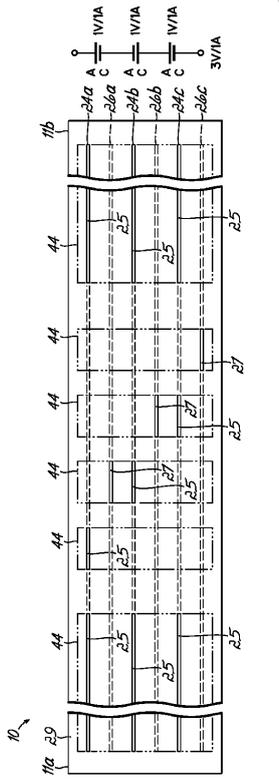


FIG. 36A

【 図 3 6 B 】

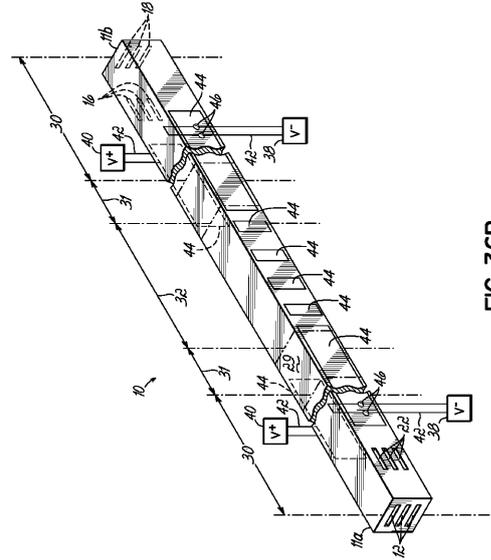


FIG. 36B

【 図 3 7 】

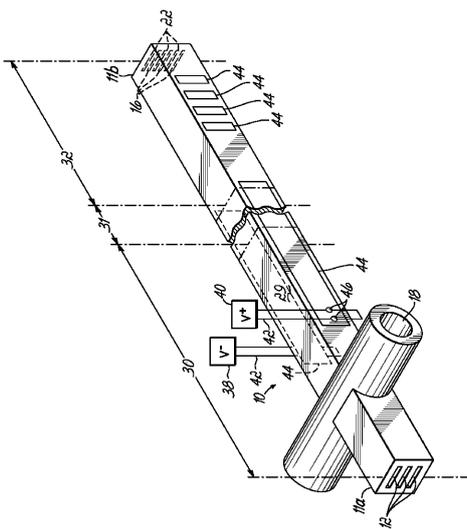


FIG. 37

【 図 3 8 A 】

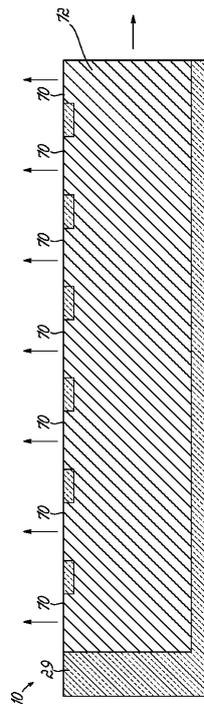


FIG. 38A

【 図 3 8 B 】

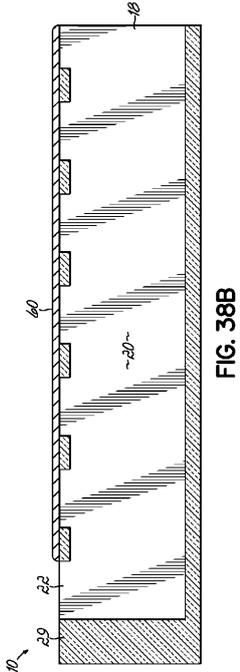


FIG. 38B

【 図 3 9 】

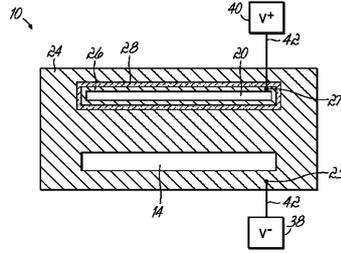


FIG. 39

【 図 4 0 A 】

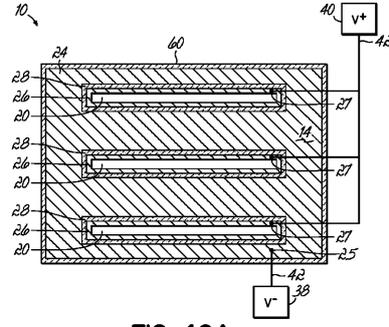


FIG. 40A

【 図 4 0 B 】

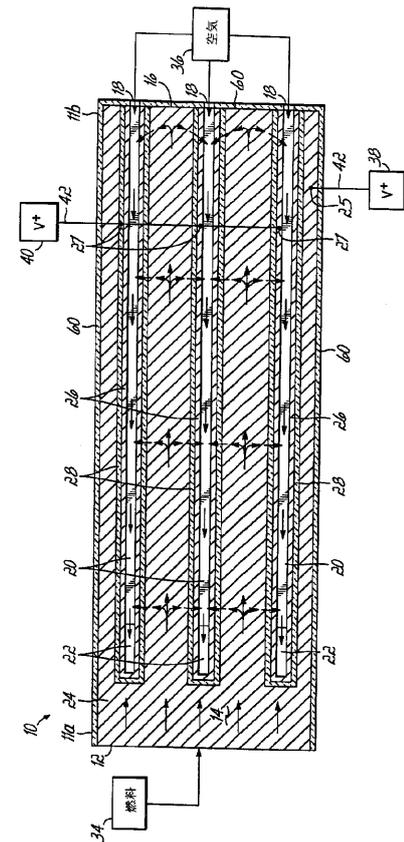


FIG. 40B

【 図 4 1 A 】

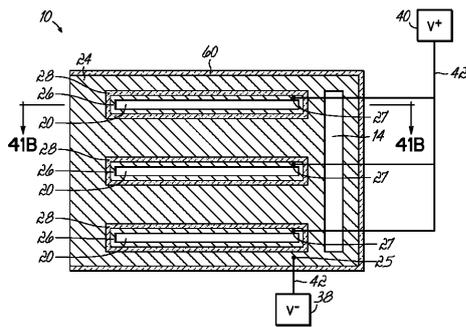


FIG. 41A

【 図 4 1 B 】

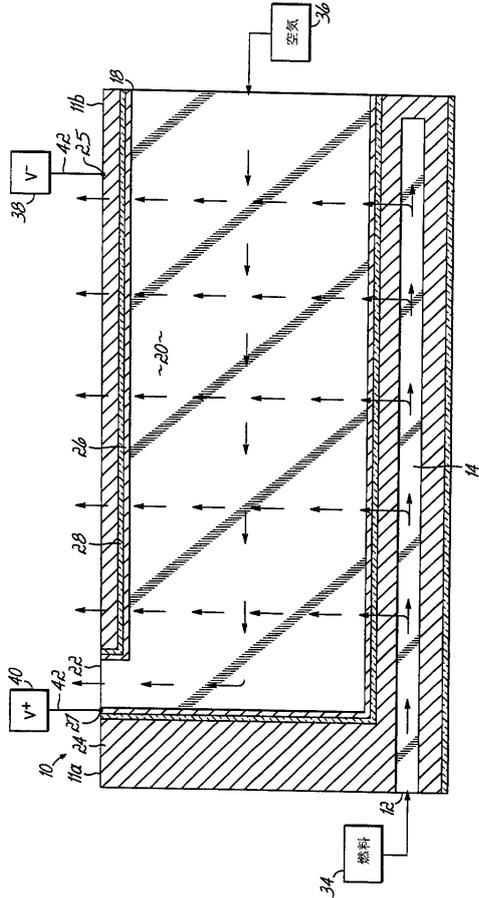


FIG. 41B

【 図 4 2 A 】

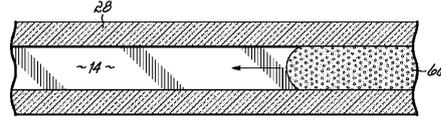


FIG. 42A

【 図 4 2 B 】

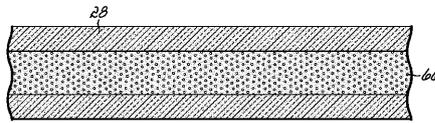


FIG. 42B

【 図 4 2 C 】

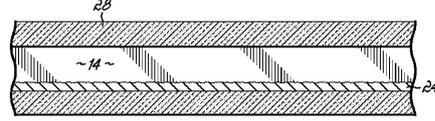


FIG. 42C

【 図 4 3 】

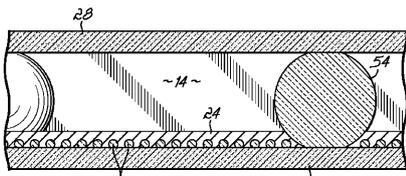


FIG. 43

【 図 4 4 】

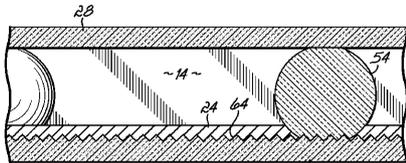


FIG. 44

【 図 4 5 A 】

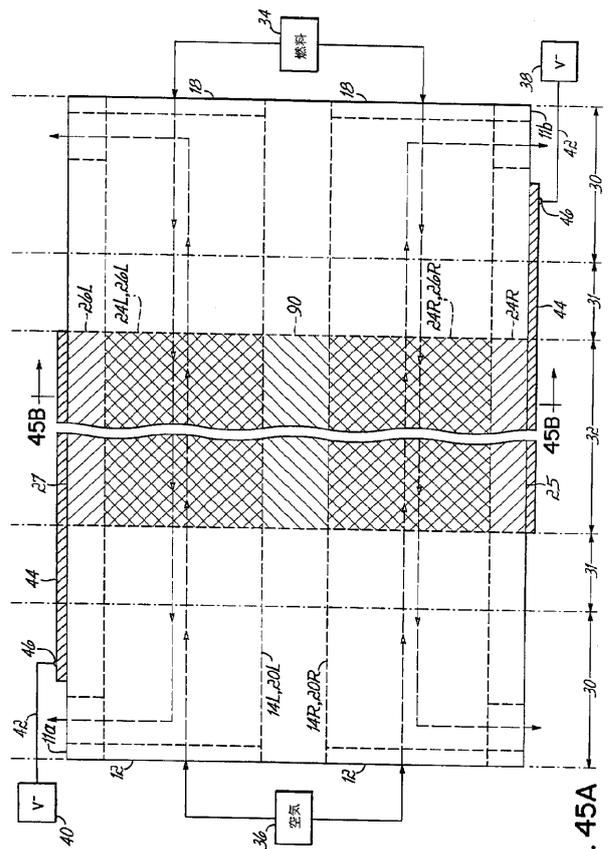


FIG. 45A

【 図 4 5 B 】

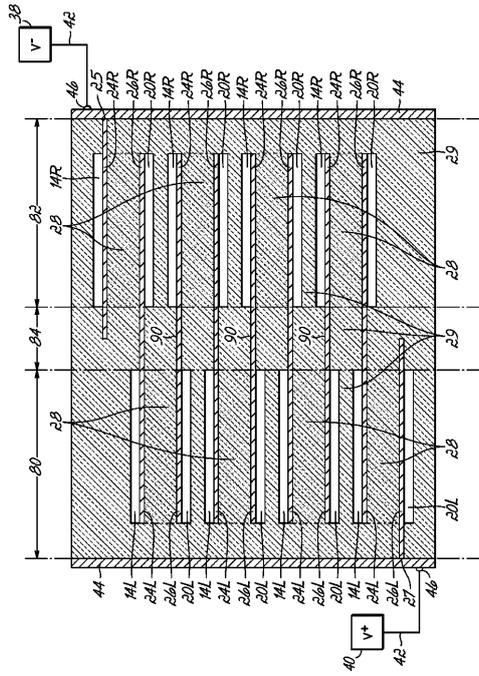


FIG. 45B

【 図 4 6 A 】

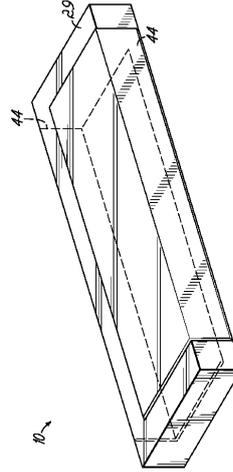


FIG. 46A

【 図 4 6 B 】

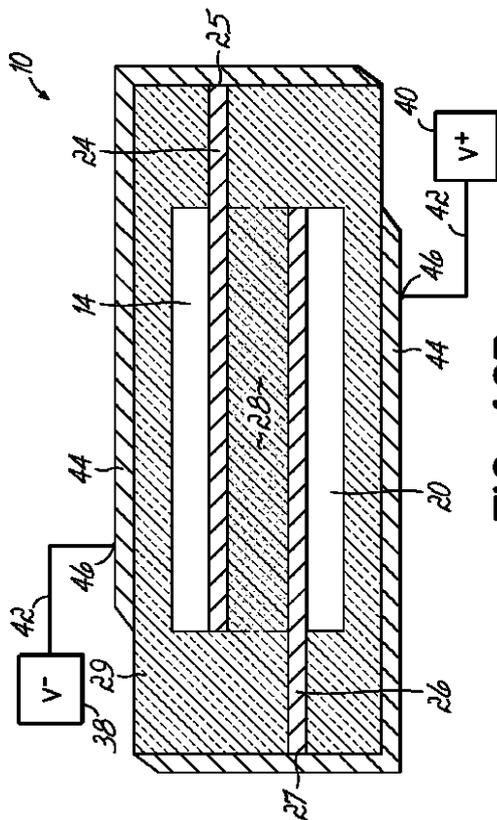


FIG. 46B

【 図 4 7 】

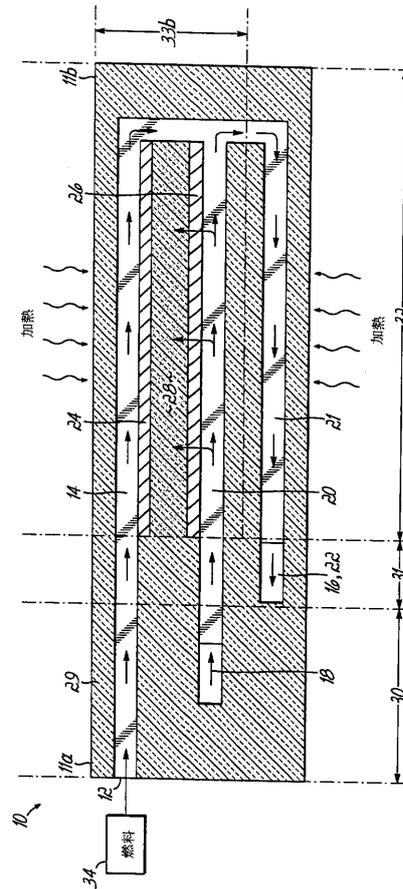


FIG. 47

【 図 4 8 A 】

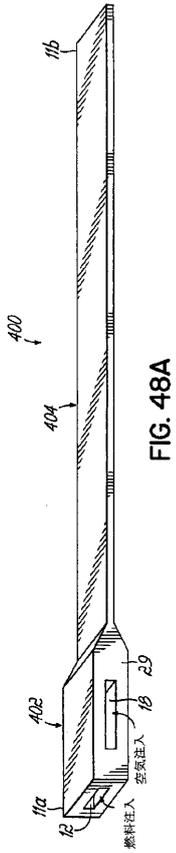


FIG. 48A

【 図 4 8 B 】

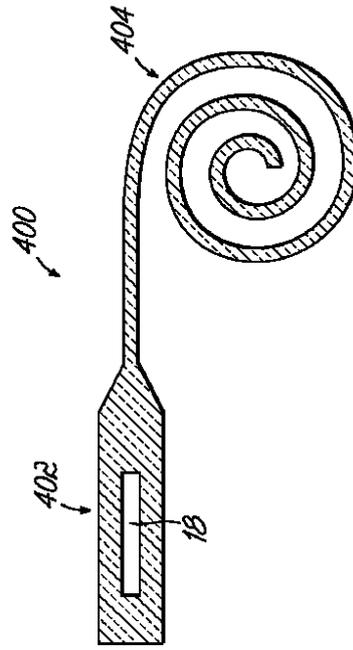


FIG. 48B

【 図 4 8 C 】

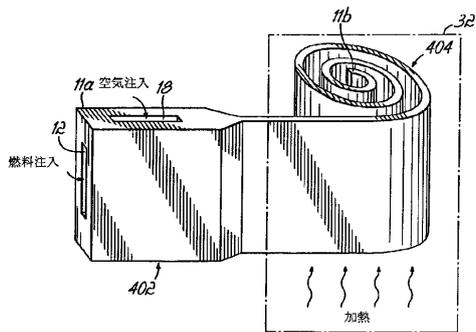


FIG. 48C

【 図 4 9 B 】

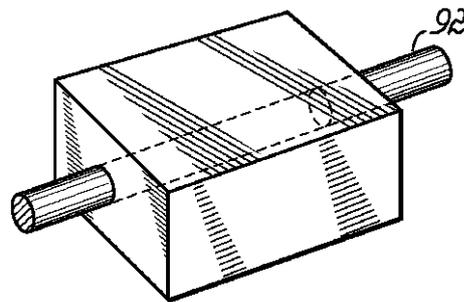


FIG. 49B

【 図 4 9 A 】

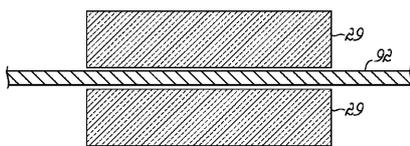


FIG. 49A

【 図 4 9 C 】

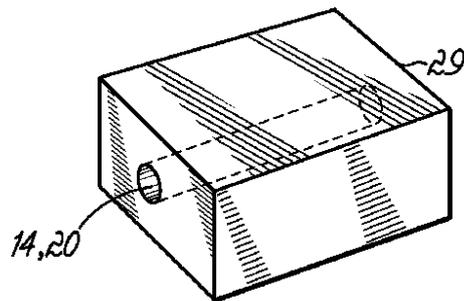


FIG. 49C

【 図 5 0 A 】

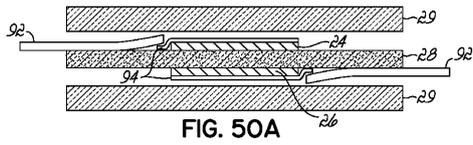


FIG. 50A

【 図 5 0 B 】

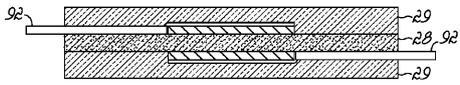


FIG. 50B

【 図 5 0 C 】

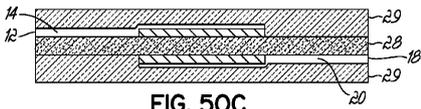


FIG. 50C

【 図 5 1 】

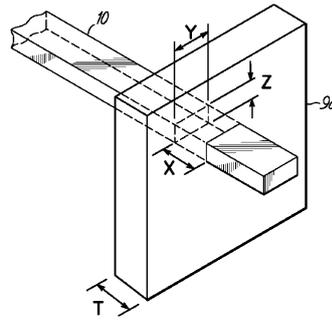


FIG. 51

【 図 5 2 A 】

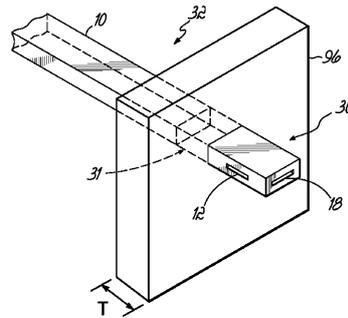


FIG. 52A

【 図 5 2 B 】

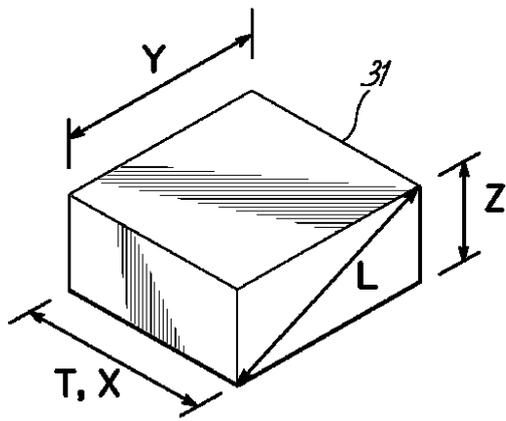


FIG. 52B

【 図 5 2 C 】

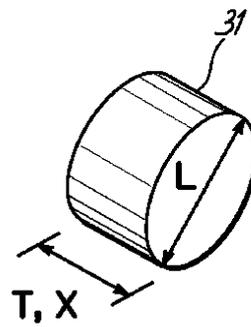


FIG. 52C

【 図 5 3 】

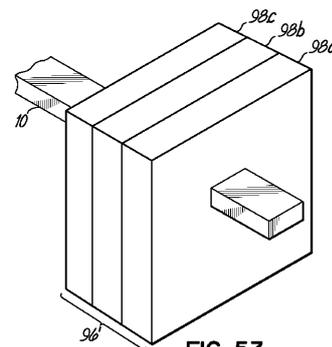


FIG. 53

【 図 5 4 】

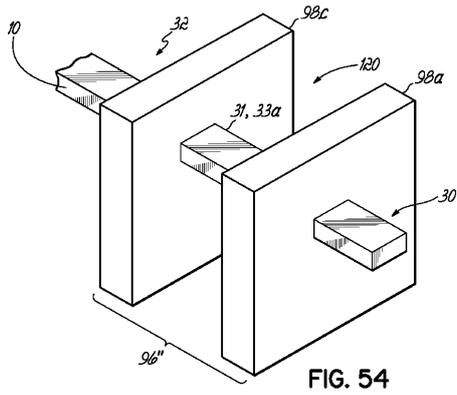


FIG. 54

【 図 5 5 A 】

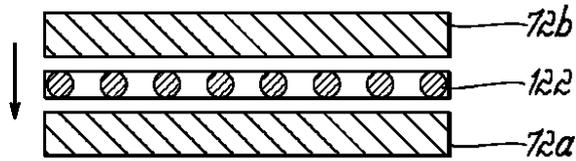


FIG. 55A

【 図 5 5 B 】

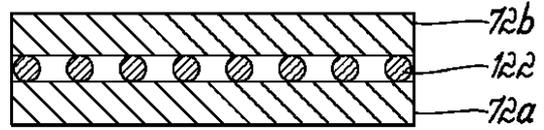


FIG. 55B

【 図 5 5 C 】

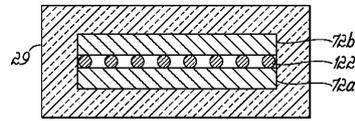


FIG. 55C

【 図 5 5 D 】

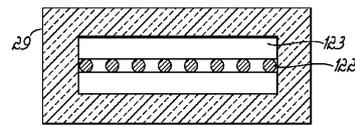


FIG. 55D

【 図 5 5 E 】

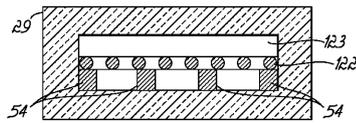


FIG. 55E

【 図 5 6 A 】

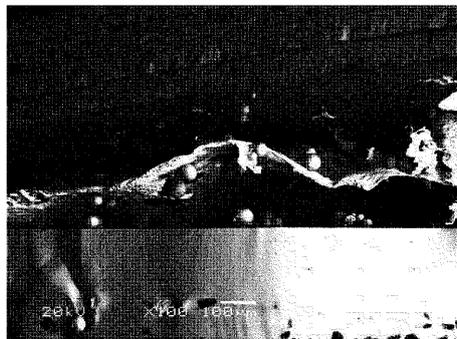


FIG. 56A

【 図 5 6 B 】

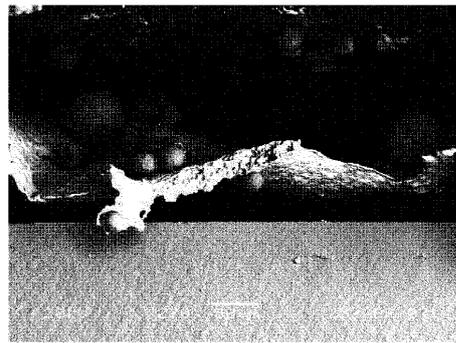


FIG. 56B

【 図 5 7 A 】

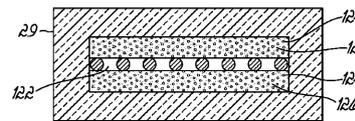


FIG. 57A

【 図 5 7 B 】

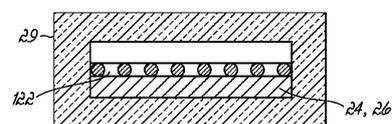


FIG. 57B

【 図 5 8 A 】

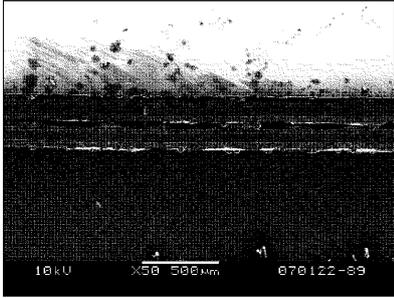


FIG. 58A

【 図 5 8 B 】

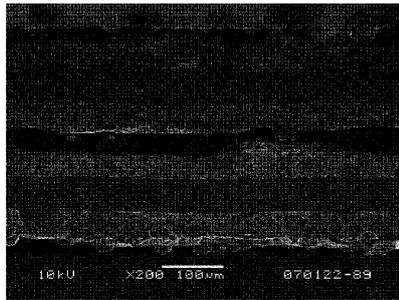


FIG. 58B

【 図 5 8 C 】

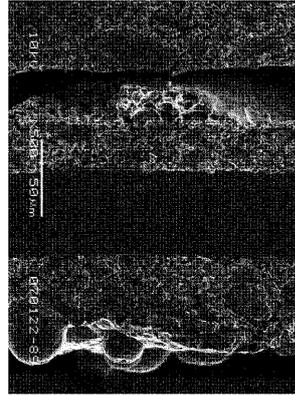


FIG. 58C

【 図 5 9 】

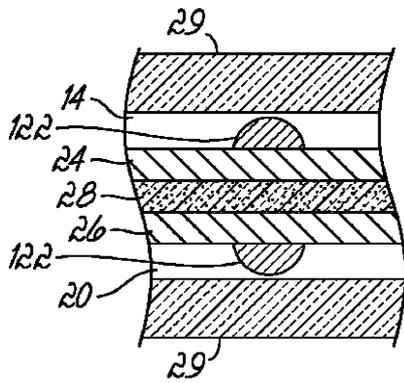


FIG. 59

【 図 6 0 】

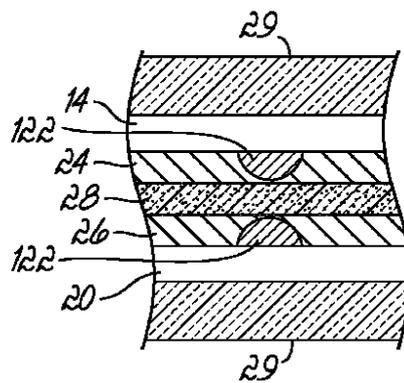


FIG. 60

【 図 6 1 A 】

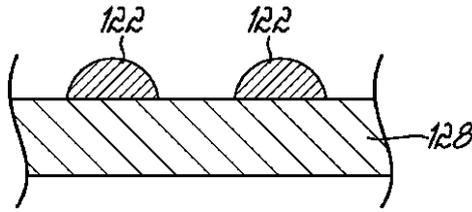


FIG. 61A

【 図 6 1 B 】

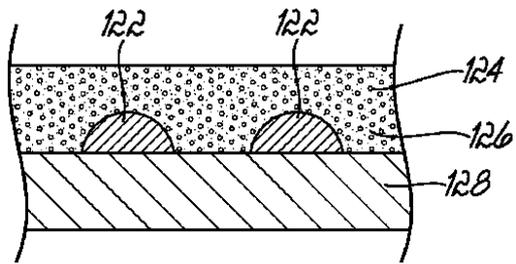


FIG. 61B

【 図 6 1 C 】

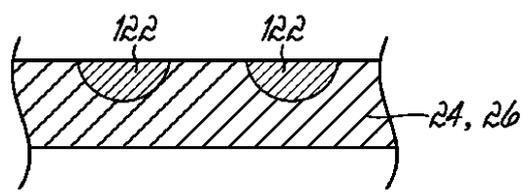


FIG. 61C

【 図 6 2 】

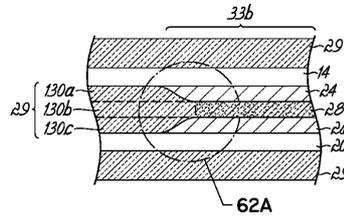


FIG. 62

【 図 6 2 A 】

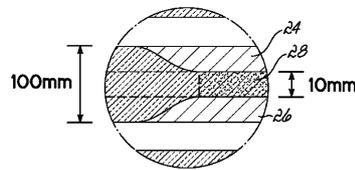


FIG. 62A

【 図 6 3 】

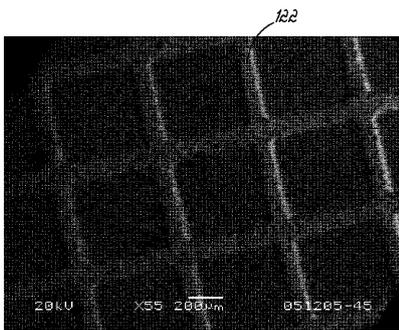


FIG. 63

【 図 6 5 】

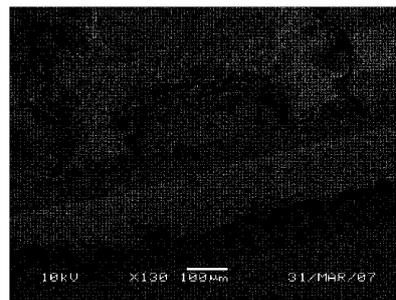


FIG. 65

【 図 6 4 】

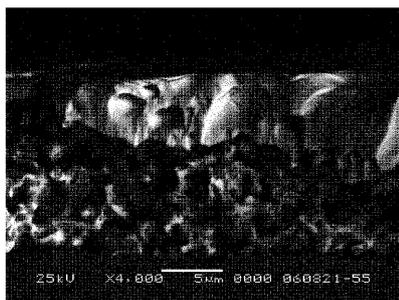


FIG. 64

【 図 6 6 A 】

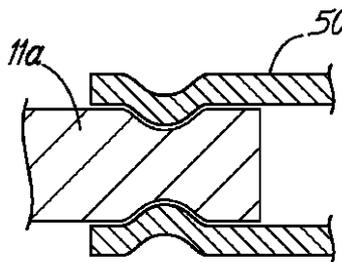


FIG. 66A

【 図 6 6 B 】

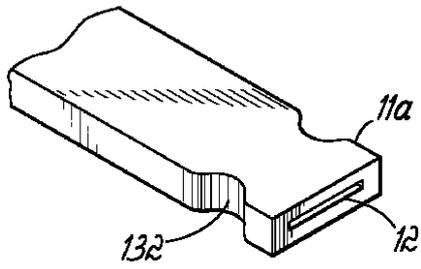


FIG. 66B

【 図 6 7 B 】

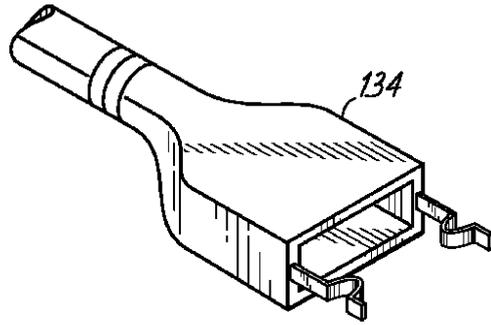


FIG. 67B

【 図 6 7 A 】

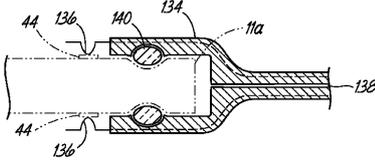


FIG. 67A

【 図 6 8 A 】

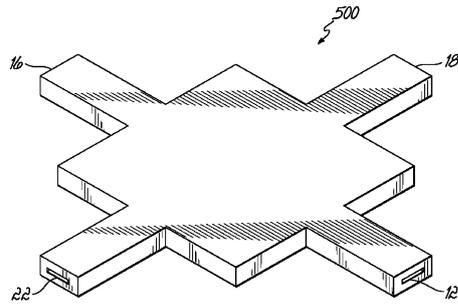


FIG. 68A

【 図 6 8 B 】

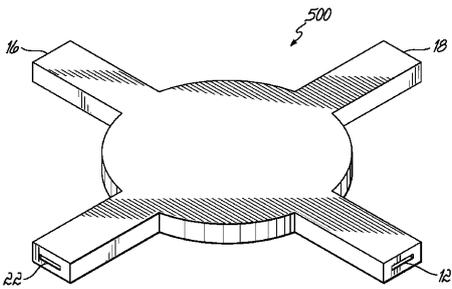


FIG. 68B

【 図 7 0 】

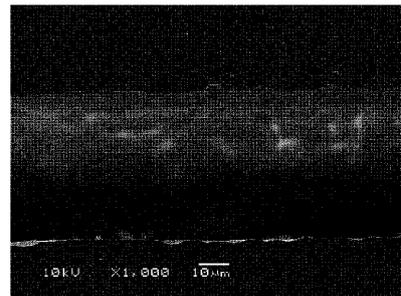


FIG. 70

【 図 6 9 】

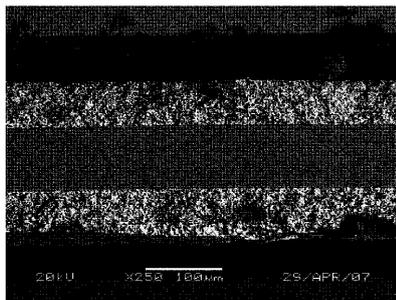


FIG. 69

【図7D】

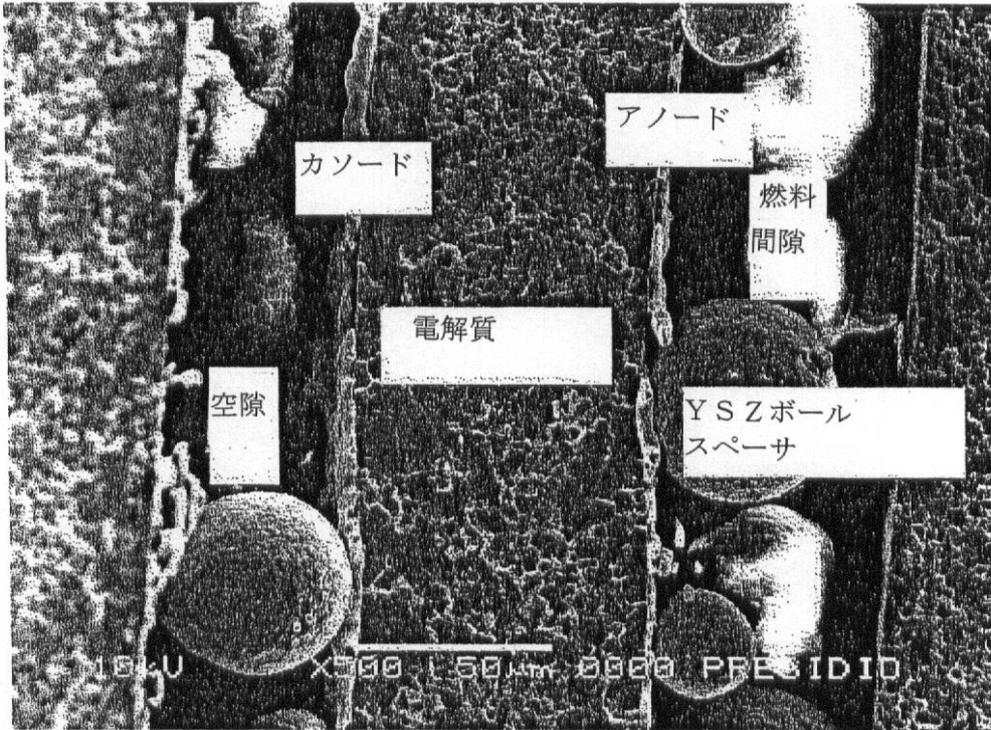


FIG. 7D

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International application No PCT/US2008/063234
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01M8/02 H01M8/04 H01M8/12 H01M8/24		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 2007/056518 A (DEVOE ALAN [US]; DEVOE LMABERT [US] DEVOE ALAN [US]; DEVOE LAMBERT [US] 18 May 2007 (2007-05-18) claims 1-139; figures 25-27, 29, 32	1-20, 26, 27, 61, 68
Y	EP 0 756 347 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE [JP] NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 29 January 1997 (1997-01-29) page 3, lines 19, 20 claims 1-7; figures 1-10	1-20, 26, 27
Y	US 4 413 041 A (HEGEDUS LOUIS [US]) 1 November 1983 (1983-11-01) example 3 column 10, lines 1-26; figures 1-7	1-20, 26, 27
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 April 2009		Date of mailing of the international search report 15/05/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Reich, Claus

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No  
 PCT/US2008/063234

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/175194 A1 (BAGBY BRAD M [US] ET AL) 10 August 2006 (2006-08-10) paragraphs [0038], [0043], [0055]	1-27
A	US 5 034 288 A (BOSSEL ULF [CH]) 23 July 1991 (1991-07-23) column 5, lines 20-49	1-27
A	US 3 120 456 A (JELKE BROERS GERARD HERMAN) 4 February 1964 (1964-02-04) column 4, lines 21,22; figure 4	1-27
A	US 2001/044043 A1 (BADDING MICHAEL E [US] ET AL) 22 November 2001 (2001-11-22) paragraphs [0005], [0006], [0063], [0064]	1-27
A	WO 2006/048573 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; GALLET DAMIEN [FR]; SARRO JEAN-LUC) 11 May 2006 (2006-05-11) page 2, line 2 page 6, lines 8-11 figures 1-4	1-27
X	WO 03/001624 A (PALL CORP [US]) 3 January 2003 (2003-01-03) paragraphs [0197], [0215] - [0238], [0245], [0258] - [0260]; claims 20-36	31-37
A		21-25, 28-30
A	US 2002/146523 A1 (DEVOE ALAN D [US] ET AL) 10 October 2002 (2002-10-10) claims 1-40	21-25
A	WO 02/25763 A (VOLVO TEKNISK UTVECKLING AB [SE]; VOLVO PERSONVAGNAR AB [SE]; JOBSON E) 28 March 2002 (2002-03-28) the whole document	1-27
X	US 2005/000621 A1 (DEVOE ALAN [US] ET AL) 6 January 2005 (2005-01-06)	28-30
A	paragraphs [0052], [0074], [0088], [0089]; claims 1-43; figures 1-10	31-38
A	EP 1 445 817 A (HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US]) 11 August 2004 (2004-08-11) claims 1-10; figures 1-6	28-30
A	EP 1 333 519 A (HEWLETT PACKARD CO [US]) 6 August 2003 (2003-08-06) the whole document	31-38
	-/--	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2008/063234
---------------------------------------------------

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/013046 A1 (FONASH STEPHEN J [US] ET AL) 16 January 2003 (2003-01-16) paragraph [0057]; figure 9	31-38
A	US 2004/081878 A1 (MARDILOVICH PETER [US] ET AL) 29 April 2004 (2004-04-29) paragraphs [0041], [0054], [0073], [0081], [0087], [0094], [0098], [0101]; claims 1-86; figures 1-10	31-38
X	US 4 808 491 A (REICHNER PHILIP [US]) 28 February 1989 (1989-02-28) figure 1	39-48
X	EP 0 321 069 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 21 June 1989 (1989-06-21) figure 4	39-48
X	US 4 490 444 A (ISENBERG ARNOLD O [US]) 25 December 1984 (1984-12-25) column 4, line 58 - column 5, line 8; figure 4	39-48
A		1-38
X	WO 01/24300 A (CERAMIC FUEL CELLS LTD [AU]; JAFFREY DONALD [AU]; FOGER KARL [AU]) 5 April 2001 (2001-04-05) abstract; figures 1-3	54-58
A	US 2004/067404 A1 (LAZAROFF DENNIS [US] ET AL) 8 April 2004 (2004-04-08) the whole document	49-58
A	US 2004/185321 A1 (SUTHERLAND DAVID [CA] ET AL) 23 September 2004 (2004-09-23) abstract	49-58
A	US 2006/003213 A1 (KETCHAM THOMAS D [US] ET AL KETCHAM THOMAS DALE [US] ET AL) 5 January 2006 (2006-01-05) paragraph [0045]	59,60
A	EP 1 650 821 A (HILCHENKO GALINA VITALEVNA [RU]; MYATIYEV ATA ATAYEVICH [RU]) 26 April 2006 (2006-04-26) paragraph [0201]	59,60
X	US 2002/018924 A1 (SAITO YUJI [US] ET AL SAITO YUJI [JP] ET AL) 14 February 2002 (2002-02-14) figures 1-9	61-70
	-/-	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2008/063234

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/096469 A (SHELL INTERNATIONALE RESERACH [NL]; HUIJSMANS JOZEF PETER PAUL [NL]) 20 November 2003 (2003-11-20) claim 1; figure 1	61-70
X	JP 08 050914 A (FUJIKURA LTD) 20 February 1996 (1996-02-20) figures 1-6	61-67
A	EP 0 442 742 A (NGK INSULATORS LTD [JP]) 21 August 1991 (1991-08-21) figure 1	61-67
A	US 2005/208363 A1 (TAYLOR OWEN S [US] ET AL) 22 September 2005 (2005-09-22) figure 3	68-70
A	US 4 414 337 A (ICHIKAWA YOSHIO [US] ET AL) 8 November 1983 (1983-11-08) column 2, lines 10-44 claims 9-15,17-26	71-75
A	US 2004/183055 A1 (CHARTIER THIERRY [FR] ET AL) 23 September 2004 (2004-09-23) paragraph [0049]	71-75

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US2008/063234**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers allsearchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2008/063234

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

## 1. claims: 1-27.

A fuel cell device, methods of using said device and a method of making said device, said fuel cell device comprising:  
an elongate substrate having a length that is the greatest dimension whereby the elongate substrate has a coefficient of thermal expansion having only one dominant axis that is coextensive with the length, a reaction zone along a first portion of the length configured to be heated to an operating reaction temperature, and at least one cold zone along a second portion of the length configured to remain at a temperature below the operating reaction temperature when the reaction zone is heated;  
one or more fuel passages in the elongate substrate each having a first fuel pathway extending from a fuel inlet in the at least one cold zone through the reaction zone and a second fuel pathway extending from the reaction zone to a fuel outlet, each first fuel pathway having an associated anode in the reaction zone;  
one or more oxidizer passages in the elongate substrate each having a first oxidizer pathway extending from an oxidizer inlet in the at least one cold zone through the reaction zone and a second oxidizer pathway extending from the reaction zone to an oxidizer outlet, each first oxidizer pathway having an associated cathode in the reaction zone positioned in opposing relation to a respective one of the associated anodes;  
an electrolyte disposed between each opposing anode and cathode in the reaction zone,  
wherein each of the one or more fuel and oxidizer passages includes a neck-down point in the respective second fuel and oxidizer pathways having a smaller cross-sectional area than a cross-sectional area of the respective first fuel and oxidizer pathways.

---

## 2. claims: 28-30

International Application No. PCT/US2008 /063234

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

A method of making a fuel cell device comprising:  
 providing a first elongate green ceramic layer;  
 applying an anode layer on a first side of the first elongate green ceramic layer and applying a cathode layer on an opposing second side of the first elongate green ceramic layer, the anode layer and cathode layer being in general alignment within a first portion of the first elongate green ceramic layer;  
 applying a sacrificial organic layer over each of the anode layer and the cathode layer;  
 positioning at least one removable structure on each of the first and second sides of the first elongate green ceramic layer with a first end of each removable structure overlapping the respective sacrificial organic layer and a second end extending at least to an edge of the first elongate green ceramic layer;  
 applying a second elongate green ceramic layer over the sacrificial organic layer and removable structure on each of the first and second sides in general alignment with the first elongate green ceramic layer;  
 laminating all the layers and removable structures together to form a laminated structure;  
 removing the removable structures from the laminated structure to form non-active passages between the respective edge and the anode and cathode layers; and  
 heating the laminated structure to a temperature sufficient to burn-out the sacrificial organic layers to form active passages along the anode and cathode layers.

## 3. claims: 31-38

A method of making a fuel cell device comprising:  
 forming a stacked structure comprising a plurality of ceramic layers, anode layers, cathode layers and internal sacrificial organic layers arranged so as to provide intervening ceramic layers separating the anode layers from the cathode layers and internal sacrificial organic layers adjacent each of the anode and cathode layers opposite the intervening ceramic layers, wherein the sacrificial organic layers are sized to provide internal gas passages;  
 providing a plurality of removable structures in contact with the sacrificial organic layers and extending to one or more edges of the stacked structure;  
 laminating the stacked structure;  
 removing the removable structures to form a plurality of bake-out ports;  
 after removing the removable structures, removing the sacrificial organic layers to form the internal gas passages by heating the stacked structure to bake out the material of the sacrificial organic layers, wherein the material exits via the plurality of bake-out ports; and  
 thereafter, sealing the bake-out ports with a barrier material.

International Application No. PCT/US2008 /063234

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

## 4. claims: 39-48

A fuel cell system comprising:  
a hot zone chamber having a chamber wall with a thickness T;  
one or more fuel cell devices each comprising an elongate rectangular or tubular substrate having a length that is the greatest dimension whereby the elongate rectangular or tubular substrate has a coefficient of thermal expansion having only one dominant axis that is coextensive with the length, a reaction zone along a first portion of the length positioned in the hot zone chamber for exposure to an operating reaction temperature, at least one cold zone along a second portion of the length extending outside the hot zone chamber so as to remain at a temperature below the operating reaction temperature, an electrolyte disposed between an anode and a cathode in the reaction zone, and a third portion of the length equal to thickness T positioned within the chamber wall, the third portion having a maximum dimension L in a plane transverse to the direction of the length wherein  $T > \frac{1}{2} L$ ; and  
a heat source coupled to the hot zone chamber and adapted to heat the reaction zone to the operating reaction temperature within the hot zone chamber.

---

## 5. claims: 49-58

International Application No. PCT/US2008 /063234

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

A fuel cell device comprising:  
an elongate substrate having a length that is the greatest dimension whereby the elongate substrate has a coefficient of thermal expansion having only one dominant axis that is coextensive with the length, a reaction zone along a first portion of the length configured to be heated to an operating reaction temperature, and at least one cold zone along a second portion of the length configured to remain at a temperature below the operating reaction temperature when the reaction zone is heated;  
an electrolyte disposed between a porous anode and a porous cathode in the reaction zone,  
a fuel passage associated with the porous anode and extending from the at least one cold zone through the reaction zone;  
an oxidizer passage associated with the porous cathode and extending from the at least one cold zone through the reaction zone; and  
a high-density current collector positioned at least partially recessed into a surface portion of each of the porous anode and porous cathode and exposed in the respective fuel and oxidizer passages.  
A method of making a fuel cell device comprising:  
forming a current collector over a first sacrificial layer;  
applying a second sacrificial layer over the current collector;  
substantially surrounding the first and second sacrificial layers with a green ceramic;  
applying heat to sinter the green ceramic and burn out the first and second sacrificial layers leaving the current collector positioned within a gap within the sintered ceramic; and  
forming an electrode within a first portion of the gap in contact with the current collector and the sintered ceramic and maintaining a second portion of the gap open to serve as a gas passage.

6. claims: 59,60

International Application No. PCT/US2008/063234

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

A method of making a fuel cell device comprising:  
 providing a first green ceramic layer having a first portion that will serve as an active electrolyte portion of the fuel cell device and a second portion that will serve as a passive supporting portion of the fuel cell device;  
 applying an anode layer on the first portion of a first side of the first green ceramic layer and applying a cathode layer on the first portion on an opposing second side of the first green ceramic layer;  
 applying a second green ceramic layer on the second portion of each of the first and second sides of the first green ceramic layer, wherein a thickness of the second green ceramic layers is approximately equal to a thickness of the anode layer and the cathode layer;  
 applying a sacrificial layer over each of the anode and the cathode layers and second green ceramic layers;  
 applying a third green ceramic layer over each of the sacrificial layers; and  
 heating to a temperature sufficient to sinter all the layers and burn out the sacrificial layers to form a pair of gas passages with a thick sintered ceramic therebetween in the passive supporting portion and an anode, thin electrolyte and cathode therebetween in the active electrolyte portion.

7. claims: 61-67

A fuel cell device comprising:  
 an active central portion having an anode, a cathode, and an electrolyte therebetween;  
 at least three elongate portions extending from the active central portion, each having a length substantially greater than a width transverse thereto such that the elongate portions each have a coefficient of thermal expansion having a dominant axis that is coextensive with its length;  
 at least one fuel passage extending from a fuel inlet in a first one of the at least three elongate portions into the active central portion in association with the anode;  
 at least one oxidizer passage extending from an oxidizer inlet in a second one of the at least three elongate portions into the active central portion in association with the cathode; and  
 at least one gas passage extending between an opening in the third one of the at least three elongate portions and the active central portion.

8. claims: 68-70

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	H 0 1 M 8/04	Z
	H 0 1 M 8/02	E
	H 0 1 M 8/12	

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74) 代理人 100089037  
弁理士 渡邊 隆

(74) 代理人 100110364  
弁理士 実広 信哉

(72) 発明者 アラン・デヴォー  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・9 2 0 3 7・ラ・ホーヤ・ウェイヴァーリー・アヴェニュー・5 7 1 5

(72) 発明者 ランベルト・デヴォー  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・9 2 1 2 2・サン・ディエゴ・ステイディアム・プレイス・3 4 4 6

F ターム(参考) 5H026 AA06 BB00 BB01 BB04 CX02 CX09 EE18 HH00 HH02 HH03  
HH08  
5H027 AA06 KK41 MM03 MM08 MM26