

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5646170号
(P5646170)

(45) 発行日 平成26年12月24日 (2014. 12. 24)

(24) 登録日 平成26年11月14日 (2014. 11. 14)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/24 (2006. 01)	HO 1 M 8/24 E
HO 1 M 8/02 (2006. 01)	HO 1 M 8/02 S
HO 1 M 8/12 (2006. 01)	HO 1 M 8/12
	HO 1 M 8/24 Z

請求項の数 43 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2009-509728 (P2009-509728)	(73) 特許権者	506095951
(86) (22) 出願日	平成19年5月2日 (2007. 5. 2)		リリピューシャン システムズ, インク
(65) 公表番号	特表2009-535786 (P2009-535786A)		.
(43) 公表日	平成21年10月1日 (2009. 10. 1)		L I L L I P U T I A N S Y S T E M S
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/010795		, I N C.
(87) 国際公開番号	W02007/130552		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
(87) 国際公開日	平成19年11月15日 (2007. 11. 15)		1 8 8 7 ウィルミントン ジョンスピン
審査請求日	平成22年4月16日 (2010. 4. 16)		ロード 3 6
(31) 優先権主張番号	11/416, 219	(74) 代理人	100136630
(32) 優先日	平成18年5月2日 (2006. 5. 2)		弁理士 水野 祐啓
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	シュービッツ サミュエル, ビー.
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
			5 5 5 フレモント レイク チャド コ
			ート 3 4 3 0

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池をスタックするシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の燃料電池を備えた平面燃料電池スタックであって、
第 1 の平面に配列された隣接する第 1 のアノードおよび第 2 のアノードを含むアノード層と、

第 2 の平面に配列された隣接する第 1 のカソードおよび第 2 のカソードを含むカソード層と、

前記アノード層とカソード層の間に配置された電解質層と、

前記電解質層内に少なくとも部分的に配置され、かつ前記第 1 のアノードおよび第 2 のカソードを電気的かつ機械的に結合している少なくとも 1 つの相互接続と、

2 つの隣接するアノードまたはカソードの間に、2 つの隣接するアノードまたはカソードのギャップに沿った形状で、1 つのアノードまたはカソードの周囲を囲むように架設された構造サポートと

を備える平面燃料電池スタック。

【請求項 2】

前記複数の燃料電池が、摂氏 4 0 0 度を超える温度で作動する、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 3】

前記構造サポートから間隔を空けられた第 2 の構造サポートをさらに備える、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 4】

前記構造サポートが絶縁材料を含む、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 5】

前記構造サポートが、電氣的に絶縁するコーティングを含む、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 6】

前記構造サポートが、酸化された表面を含む、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 7】

前記構造サポートが、シリコン材料、イットリア安定化ジルコニア（Y S Z）材料、酸化マグネシウム材料、フェロクロミウム材料、およびセラミック材料のうちの 1 以上を含む、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

10

【請求項 8】

前記構造サポートが、30 ミクロンと 200 ミクロンとの間の幅、および 100 ミクロンを超える高さを有する、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 9】

前記構造サポートが、前記電解質層と機械的に結合する、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 10】

前記第 1 のアノードおよび第 2 のアノードが、第 1 の距離によって横に分離され、
前記第 1 のカソードおよび第 2 のカソードが、第 2 の距離によって横に分離されており、
前記第 1 の距離および第 2 の距離のうちの少なくとも 1 つが、5 ミクロンと 500 ミクロンとの間である、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

20

【請求項 11】

前記第 1 の距離および第 2 の距離のうちの少なくとも 1 つが、5 ミクロンと 200 ミクロンとの間である、請求項 10 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 12】

前記電解質層が、
前記第 1 のアノードおよび第 1 のカソードの間に配置され、前記第 1 のアノードおよび第 1 のカソードの間に第 1 の電圧差を提供する第 1 の電解質領域と、
前記第 2 のアノードおよび第 2 のカソードの間に配置され、前記第 2 のアノードおよび第 2 のカソードの間に第 2 の電圧差を提供する第 2 の電解質領域と、を含み、
前記第 1 の電解質領域および第 2 の電解質領域が、モノリシック電解質構造を備える、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

30

【請求項 13】

前記燃料電池が固体電解質型燃料電池である、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 14】

前記電解質層がアノードおよびカソードと重なり合う活性領域を含み、該活性領域が電解質層の表面積の少なくとも 70 % である、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

40

【請求項 15】

前記平面燃料電池スタックが、30 立方センチメートル未満の容積を有するハウジング内に收容されている、請求項 1 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 16】

前記平面燃料電池スタックが、10 ボルトを超える電圧差を生じる、請求項 15 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 17】

前記電解質層内に少なくとも部分的に配置され、前記第 1 のアノードおよび第 2 のカソードを電氣的かつ機械的に結合する複数の相互接続をさらに備える、請求項 1 に記載の平

50

面燃料電池スタック。

【請求項 1 8】

前記複数の相互接続が、隣接するものの中心間距離が等しくなるように配列されている、請求項 1 7 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 1 9】

前記少なくとも 1 つの相互接続が、前記電解質層に平行な $100\text{ }\mu\text{m}^2$ 未満の断面を有する、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 2 0】

電氣的に直列に接続された 3 個以上の前記燃料電池をさらに備え、前記 3 個以上の燃料電池が複数の列を含む、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

10

【請求項 2 1】

並列電気接続にて結合された前記燃料電池の 2 以上の直列電気接続をさらに備える、請求項 1 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 2 2】

複数の燃料電池を備えた平面燃料電池スタックであって、

第 1 の平面に配列された隣接する第 1 のアノードおよび第 2 のアノードを含むアノード層と、

第 2 の平面に配列された隣接する第 1 のカソードおよび第 2 のカソードを含むカソード層と、

前記アノード層とカソード層の間に配置された電解質層と、

20

前記電解質層内に少なくとも部分的に配置され、前記第 1 のアノードおよび第 2 のカソードを電氣的かつ機械的に結合する少なくとも 1 つの相互接続と、

2 つの隣接するアノードまたはカソードの間に、2 つの隣接するアノードまたはカソードのギャップに沿った形状で、1 つのアノードまたはカソードの周囲を囲むように架設された第 1 の構造サポートとを備え、

前記第 1 の構造サポートの少なくとも一部が前記平面燃料電池スタックを貫通する軸線上で前記少なくとも 1 つの相互接続と整列している、平面燃料電池スタック。

【請求項 2 3】

前記複数の燃料電池が、摂氏 400 度を超える温度で作動する、請求項 2 2 に記載の平面燃料電池スタック。

30

【請求項 2 4】

前記第 1 のアノードおよび第 2 のカソードが前記電解質層上で重なり合う領域において、前記第 1 の構造サポートが第 1 のアノードおよび第 2 のカソードのうちの 1 つに流体シールを形成する、請求項 2 2 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 2 5】

第 2 の構造サポートをさらに備え、前記第 1 のアノードおよび第 2 のカソードが前記電解質層上で重なり合う領域において、前記第 1 の構造サポートおよび第 2 の構造サポートが前記第 1 のアノードおよび第 2 のカソードの両方に流体シールを形成する、請求項 2 2 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 2 6】

40

前記複数の燃料電池が固体電解質型燃料電池を備える、請求項 2 2 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 2 7】

前記第 1 の構造サポートが、30 ミクロンと 200 ミクロンとの間の幅、および 100 ミクロンを超える高さを有する、請求項 2 2 に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項 2 8】

前記第 1 のアノードおよび第 2 のアノードが、第 1 の距離によって横に分離されており、
前記第 1 のカソードおよび第 2 のカソードが、第 2 の距離によって横に分離されており、かつ、

50

前記第1の距離および第2の距離のうちの少なくとも1つが、5ミクロンと500ミクロンとの間である、請求項22に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項29】

前記平面燃料電池スタックが、30立方センチメートル未満の容積を有するハウジング内に収容されている、請求項22に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項30】

前記平面燃料電池スタックが、10ボルトを超える電圧差を生じる、請求項29に記載の平面燃料電池スタック。

【請求項31】

30立方センチメートル未満の容積を有するハウジングと、前記ハウジングに収容された平面燃料電池スタックとを備える燃料電池アセンブリであって、前記平面燃料電池スタックが、

第1の平面に配列された複数のアノードを含むアノード層と、

第2の平面に配列された複数のカソードを含むカソード層と、

前記アノード層およびカソード層の間に配置された電解質層と、

前記電解質層内に少なくとも部分的に配置され、1つのアノードと1つのカソードを結合する少なくとも1つの相互接続と、

2つの隣接するアノードまたはカソードの間に、2つの隣接するアノードまたはカソードのギャップに沿った形状で、1つのアノードまたはカソードの周囲を囲むように架設された構造サポートと

を備える燃料電池アセンブリ。

【請求項32】

前記平面燃料電池スタックが、摂氏400度を超える温度で作動する、請求項31に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項33】

前記平面燃料電池スタックが、固体電解質型燃料電池を備える、請求項31に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項34】

前記電解質層がアノードおよびカソードと重なり合う活性領域を含み、前記活性領域が前記電解質層の表面の領域の少なくとも70%を含む、請求項31に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項35】

前記電解質層がアノードおよびカソードと重なり合う活性領域を含み、前記活性領域が前記電解質層の表面の領域の少なくとも85%を含む、請求項31に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項36】

ハウジングと、前記ハウジングに収容された平面燃料電池スタックとを備える燃料電池アセンブリであって、前記平面燃料電池スタックが、

アノード層に配列された複数のアノードと、

カソード層に配列された複数のカソードと、

前記アノード層およびカソード層の間に配置された電解質層と、

前記電解質層内に少なくとも部分的に配置され、1つのアノードと1つのカソードを結合する少なくとも1つの相互接続と、

2つの隣接するアノードまたはカソードの間に、2つの隣接するアノードまたはカソードのギャップに沿った形状で、1つのアノードまたはカソードの周囲を囲むように架設された構造サポートと

を備える燃料電池アセンブリ。

【請求項37】

前記平面燃料電池スタックが、摂氏400度を超える温度で作動する、請求項36に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項 38】

前記平面燃料電池スタックが、固体電解質型燃料電池を備える、請求項 36 に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項 39】

前記平面燃料電池スタックが、前記ハウジングの立方センチメートルあたり 0.5 ボルトより多くの電圧差を生じる、請求項 36 に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項 40】

前記ハウジングが、30 立方センチメートル未満の容積を有する、請求項 36 に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項 41】

0.1 立方センチメートルと 30 立方センチメートルとの間の容積を有するハウジングと、平面燃料電池スタックとを備える燃料電池アセンブリであって、前記平面燃料電池スタックが、

第 1 の平面に配列された複数のアノードを含むアノード層と、

第 2 の平面に配列された複数のカソードを含むカソード層と、

前記アノード層およびカソード層の間に配置された電解質層と、

前記電解質層内に少なくとも部分的に配置され、1つのアノードと1つのカソードを結合する少なくとも1つの相互接続と、

2つの隣接するアノードまたはカソードの間に、2つの隣接するアノードまたはカソードのギャップに沿った形状で、1つのアノードまたはカソードの周囲を囲むように架設された構造サポートと

を備える燃料電池アセンブリ。

【請求項 42】

前記平面燃料電池スタックが、摂氏 400 度を超える温度で作動する、請求項 41 に記載の燃料電池アセンブリ。

【請求項 43】

前記平面燃料電池スタックが、固体電解質型燃料電池を備える、請求項 41 に記載の燃料電池アセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

燃料電池は、化学反応から電気を発生させる。化学反応は、通常は水素等の燃料、および反応剤としての空気／酸素を反応させ、主要副産物として水蒸気を発生させる。水素は、水素ガスの形態で直接提供されるか、または改質されて水素ガスを分離する炭化水素液や気体等の他の材料から生成され得る。燃料電池アセンブリは、燃料電池ハウジングに 1 以上の燃料電池を含むことができ、燃料電池ハウジングは、水素および／または炭化水素を含む燃料容器と結合している。携帯型、置換可能、および／または再充填可能である燃料容器と結合する携帯型である燃料電池ハウジングは、携帯電話や携帯情報端末等の広範な携帯型家庭用電化製品に電力供給する好適な電気源としてバッテリーと競合している。このような燃料電池アセンブリのバッテリーと比較する際の競争力は、そのサイズ、効率、および信頼性を含む多くの要因に依存する。

【0002】

しかし、このような要因は技術的限界によって制約されている。例えば、既存の製作方法は、所与のサイズの燃料電池ハウジングに収容され得る燃料電池ユニットの数を制限する。また、ハウジング内の各燃料電池は、燃料電池の活性領域として知られる電気を発生する限定された領域を含み、既存の製作方法は、各燃料電池ユニットの活性領域を制限する。さらに、既存の製作方法は、携帯型燃料電池に固有の設計トレードオフをバランスしない。特定の燃料電池は、極めて高温で作動し、それにより燃料電池部材に熱応力を与えて燃料電池を駄目にすることがある。既存の機器は、応力に耐えるよう燃料電池部材を適切に支持していない。

【0003】

従って、技術的制約を克服する燃料電池アセンブリと燃料電池を提供する製作方法の必要性が存在する。

【0004】

要旨

この発明は、さまざまな実施形態において、燃料電池ハウジング内の1以上の平面スタックに複数の燃料電池ユニットを配列し、燃料電池ユニットを電氣的に結合することによって先行技術における欠点に対処し、増加した電圧、電流、および／または出力を提供する。特定の実施形態においてメーカーは、燃料電池部材の物理的寸法を含む設計パラメータを調節して、携帯型平面燃料電池スタックに固有の基本的トレードオフをバランスさせる。さらに詳細には、1つの局面において、燃料電池ユニットは、平面スタック内で効率的に配列されることで、各燃料電池ユニットが約70%を超える活性領域を有する。1つの局面において、平面スタックは、約30立方センチメートル未満であり、かつ／またはハウジングの立方センチメートルあたり約0.1ボルトより多くを生じる燃料電池ハウジングに収容される。特定の実施形態において、本明細書に開示の燃料電池アセンブリは、立方センチメートルあたり約.5ボルトより多くを生じ、別の実施形態においては、立方センチメートルあたり約2ボルトを超える。別の局面において、平面スタックは、約0.1立方センチメートルと約30立方センチメートルとの間の容積を有するハウジングに提供され、約0.5平方センチメートルと約100平方センチメートルとの間の活性領域を有する。特定の構成において、活性領域は、約.5平方センチメートルと約20平方センチメートルとの間であり、または約2平方センチメートルと約10平方センチメートルとの間である。特定の実施形態において本発明は、燃料電池上に配置された構造サポートを含む。この構造サポートは、例えば高温および熱サイクルから熱応力を削減する。1つの局面において本発明は、エッチング等の微細レベル製造技術を使用して、燃料電池ユニット、構造サポート、および他の構造を製造する方法を含む。別の局面において、燃料電池ユニットのグループは、各平面スタックに配列されている。グループにおける燃料電池ユニットの数を変更することおよび／または個別の燃料電池ユニットのサイズを変更することによって、メーカーは、出力密度および／または電圧発生等の特定の性能測定基準を改善する。

【0005】

1つの局面において、機器は、第1のアノードおよび第2のアノードを含むアノード層と、電解質層と、第1のカソードおよび第2のカソードを含むカソード層と、電解質層内に少なくとも部分的に配置され、かつ第1のアノードおよび第2のカソードを電氣的かつ機械的に結合している少なくとも1つの相互接続と、平面スタックを介して延びる平面に垂直に方向付けられ、かつ2つの隣接する電極間で横に少なくとも部分的に配置された細長の構造サポートと、を備える複数の燃料電池の平面燃料電池スタックを含む。

【0006】

1つの構成においてスタックは、スタックと接触し、かつ細長の構造サポートから間隔を空けられた第2の構造サポートをさらに備える。スタックは、絶縁材料を含んでもよい。例えば、構造サポートが、電氣的に絶縁するコーティングを含む。1つの特徴において構造サポートが、酸化された表面を含む。構造サポートは、シリコン材料、イットリア安定化ジルコニア (YSZ) 材料、酸化マグネシウム材料、フェロクロミウム材料、およびセラミック材料のうちの1以上を含み得る。

【0007】

特定の実施形態において、構造サポートは、約30ミクロンと約200ミクロンとの間の幅、および約100ミクロンを超える高さを有する。1つの構成において、構造サポートは、電解質層 (layer) と機械的に結合する。

【0008】

1つの特徴によると、第1のアノードおよび第2のアノードが、第1の距離によって横に分離され、第1のカソードおよび第2のカソードが、第2の距離によって横に分離され

ており、第1の距離および第2の距離のうちの少なくとも1つが、約5ミクロンと約500ミクロンとの間である。例えば、第1の距離および第2の距離のうちの少なくとも1つが、約5ミクロンと約200ミクロンとの間であってもよい。

【0009】

1つの特徴において、電解質層が、第1のアノードおよび第1のカソードの間に配置され、第1のアノードおよび第1のカソードの間に第1の電圧差を提供する第1の電解質領域と、第2のアノードおよび第2のカソードの間に配置され、第2のアノードおよび第2のカソードの間に第2の電圧差を提供する第2の電解質領域と、を含み、第1の電解質領域および第2の電解質領域が、モノリシック電解質構造を備える、請求項1のスタックである。

10

【0010】

特定の構成によると、スタックは、固体電解質型燃料電池およびプロトン交換膜型燃料電池 (proton exchange membrane fuel cells: 固体高分子型燃料電池) の1以上を備える。

【0011】

1つの特徴によると、各アノードおよびカソードが電解質層の表面上に重なる投射 (projection) を有する電解質層の活性領域を、スタックが含み、活性領域が、電解質層の表面の領域の少なくとも70%を含む。スタックが、約30立方センチメートル未満の容積を有するハウジング内に収容されてもよい。スタックが、約5ボルトを超える電圧差を生じ得、構成によっては約10ボルトまたは約15ボルトを超え得る。

20

【0012】

少なくとも1つの相互接続が、約(100ミクロン)2未満の電解質層を介して延びる平面に平行な断面を有してもよい。スタックは、電解質層内に少なくとも部分的に配置され、第1のアノードおよび第2のカソードを電気的かつ機械的に結合する複数の相互接続をさらに備えてもよい。複数の相互接続は、直線配列の相互接続を備えてもよく、複数の相互接続の隣接するものの中心間距離は実質的に等しい。

【0013】

1つの特徴において、スタックは、電気的に直列に接続された3個以上の燃料電池を備え、3個以上の燃料電池が、燃料電池の非直線的配列を含む。機器は、並列電気接続にて結合された燃料電池の2以上の直列電気接続を含んでもよい。

30

【0014】

1つの局面において、機器は、第1のアノードおよび第2のアノードを含むアノード層と、電解質層と、第1のカソードおよび第2のカソードを含むカソード層と、電解質層内に少なくとも部分的に配置され、第1のアノードおよび第2のカソードを電気的かつ機械的に結合する少なくとも1つの相互接続と、平面スタックを介して延びる平面に垂直に方向付けられた細長の構造サポートとを備える複数の燃料電池の平面燃料電池スタックを含み、細長の構造サポートの少なくとも一部を、燃料電池スタックを介して延びる平面に垂直な軸上の少なくとも1つの相互接続と整列させている。

【0015】

複数の燃料電池が、1以上の固体電解質型燃料電池および／またはプロトン交換膜型 (PEM) 燃料電池を備え得る。構造サポートが、約30ミクロンと約200ミクロンとの間の幅、および約100ミクロンを超える高さを有してもよい。1つの構成において、第1のアノードおよび第2のアノードが、第1の距離によって横に分離されており、第1のカソードおよび第2のカソードが、第2の距離によって横に分離されており、かつ、第1の距離および第2の距離のうちの少なくとも1つが、約5ミクロンと約500ミクロンとの間である。

40

【0016】

1つの特徴において、スタックが、約30立方センチメートル未満の容積を有するハウジング内に収容されている。スタックは、約10ボルトを超える電圧差を生じ得る。

【0017】

50

別の局面において、機器は、約30立方センチメートル未満の容積を有するハウジングと、ハウジングに収容され、第1の平面に配列された複数のアノードを含むアノード層、第2の平面に配列された複数のカソードを含むカソード層、ならびにアノード層およびカソード層の間に配置された電解質層を有する平面燃料電池スタックであって、スタックが、電解質層の活性領域を含み、各アノードおよびカソードが、電解質層の表面上に重なる投射を有する平面燃料電池スタックと、を備え、活性領域が、電解質層の表面の領域の少なくとも50%を含む燃料電池アセンブリを含む。特定の実施形態において、活性領域が、電解質層の表面の領域の少なくとも約70%または少なくとも約85%を含む。

【0018】

1つの局面において、機器は、ハウジングと、ハウジングに収容され、アノード層に配列された各アノード、カソード層に配列された各カソード、および電解質層を有する平面燃料電池スタックと、を備える燃料電池アセンブリを含み、燃料電池アセンブリが、ハウジングの立方センチメートルあたり約0.1ボルトより多くを生じる。

【0019】

1つの特徴によると、ハウジングは、約30立方センチメートル未満の容積を有する。

【0020】

別の局面において、機器は、約0.1立方センチメートルと約30立方センチメートルとの間の容積を有するハウジングと、第1の平面に配列された複数のアノードを含むアノード層、第2の平面に配列された複数のカソードを含むカソード層、およびアノード層およびカソード層の間に配置された電解質層を有する平面燃料電池スタックとを備え、スタックが、電解質層の活性領域を含み、各アノードおよびカソードが、電解質層の表面上に重なる投射を有し、かつ活性領域が、約0.5平方センチメートルと約100平方センチメートルとの間の電解質層の表面上の領域を有する燃料電池アセンブリを含む。

【0021】

1つの局面において、方法は、基板を提供する工程と、基板の上に電解質層および1以上の電極層を配置する工程と、基板の各部を選択的に除去することによって、基板から少なくとも1つの構造サポートを形成する工程と、を含む少なくとも1つの構造サポートを有する平面燃料電池スタックを製造する方法を含む。

【0022】

1つの構成において、少なくとも1つの構造サポートが、細長であり、かつ電解質層を介して延びる平面に垂直に延びるように形成される。1つの特徴において、基板の各部を選択的に除去する工程が、基板をエッチングする工程を含む。1つの特徴において方法は、少なくとも1つの構造サポートを絶縁材料でコーティングする工程を含む。例えば方法は、少なくとも1つの構造サポートを酸化する工程を含んでもよい。方法は、基板上に電解質層を直接配置する工程を含んでもよい。

【0023】

1つの特徴において、方法は、第1のアノードおよび第2のアノードを含むアノード層を提供する工程と、第1のカソードおよび第2のカソードを含むカソード層を提供する工程と、第1のアノードおよび第2のカソードを、電解質層を介して電気的かつ機械的に相互接続する工程とを含む。アノード層を提供する工程およびカソード層を提供する工程のうちの少なくとも1つが、電解質層上にダム構造を提供して第1の電極領域および第2の電極領域を規定する工程、および第1の電極領域および第2の電極領域上に電極材料を配置する工程を含んでもよい。ダム構造が、構造サポートを備えてもよい。方法は、少なくとも2つの電極を規定するためにダム構造を除去する工程をさらに含んでもよい。

【0024】

方法は、電解質層内で微細構造をエッチングする工程および微細構造内に導電性材料を配置する工程を含む、第1のアノードおよび第2のカソードを電気的かつ機械的に相互接続する工程を含んでもよい。微細構造をエッチングする工程が、微細構造の隣接するものの中心間隔が実質的に等しく直線配列の微細構造をエッチングする工程を含んでもよい。複数の微細構造をエッチングする工程が、約(100ミクロン)2未満の各領域を有する

10

20

30

40

50

各断面を有する微細構造をエッチングする工程を含んでもよい。1つの特徴において、モノリシック電解質構造内で複数の微細構造がエッチングされる。

【0025】

このようにして、本明細書に記載のシステムおよび方法は、携帯型電子機器において使用する寸法にされた単一の燃料電池ハウジングにおいて多くの燃料電池ユニットを設け、高い活性領域を有する燃料電池を提供し、高い出力密度を生じる一方で、携帯型電子機器用のサイズと形状にされ、携帯型燃料電池アセンブリに固有の設計トレードオフをバランスさせ、かつ高温応力に耐える製造方法を提供する。

【0026】

例示の実施形態の詳細な説明

本発明は、さまざまな実施形態において携帯型燃料電池アセンブリ用の機器と方法を提供する。図1は、本発明の例示の実施形態による燃料電池アセンブリ5を示す。特に燃料電池アセンブリ5は、複数の燃料電池ユニットを含み、その特定の代表的な燃料電池ユニットが参照符号7で図示されている。燃料電池ユニット7のそれぞれは、電解質層14または電解質層16のいずれかの上に配置されたアノード4およびカソード6を含む。燃料電池ユニット7は、以下さらに詳細に記載する電気相互接続（図示せず）を介して電氣的に直列接続している。アセンブリ5は、さらにハウジング18内に含まれた燃料改質器10および後部ガスバーナー（tail gas burner）12を含む。燃料電池アセンブリ5は、燃料容器（図示せず）も含み得る。

【0027】

燃料電池7は、燃料がアノード4に接触し、酸素がカソード6に接触すると電気を生じる。代表的なタイプの燃料には、水素、一酸化炭素、メタン、エタン、メタノール、ブタン、ペンタン、メタノール、蟻酸、エタノール、および／またはプロパン等の炭化水素ベースの燃料、ならびに／またはアンモニアもしくはヒドラジン等の非炭化水素ベースの燃料が含まれる。アノード4およびカソード6は、多孔性であってもよく、触媒（例えばプラチナベースの触媒）は、アノード4および電解質層14および16の界面に、ならびに／またはカソード6および電解質層14および16の界面に所望により配置される。水素および酸素は、アノード4、カソード6、電解質層14および16、ならびに触媒（図示せず）と電気化学的に反応し、各アノードおよびカソード間の電圧差を生じる。燃料電池7によって作られた各電圧差は、燃料電池7の直列接続を介して組み合わせられ、電流を駆動し、負荷（図示せず）に給電するために使用できる。

【0028】

作動中、燃料流20が燃料入口32から入る。燃料流20は、液体または気体を含むことができ、上述の代表的な燃料タイプを備えることができる。燃料電池ユニット7に純水素を供給すると、アセンブリ5の効率を改善することができ、従って特定の実施形態において、炭化水素ベースの燃料が使用される場合等では、燃料流20は、改質器領域10を通過して、改質器領域10において触媒と化学的に反応し、水素および／または一酸化炭素を燃料流20から分離／產生することができる。しかし燃料流20が、純水素を含む場合は、または燃料電池ユニット7が、上述の他の燃料タイプで直接作動するように構成されている場合は、改質器領域10は必要ではない。改質器領域10は、蒸気改質器、部分酸化改質器、選択酸化改質器、水性シフト改質器、および／または熱分解改質器（thermal cracking reformer）の1以上を備えることができる。実際に使用される改質器は、用途に依存し、任意の適切な改質器が採用され得る。

【0029】

改質器領域10によって生成された水素ガスを含む燃料流20は、次に経路21に沿って流れアノード4と接触し、その後、後部ガスバーナー12に流れ、ここで未消費燃料が酸素と共に燃焼する（図示せず。）。また空気および／または酸素ガスを含み得る空気流26が内部経路チャンネル（図示せず）を介して流れ、空気経路層15を介してカソード6と接触する。上述のようにカソード6およびアノード4は気孔を含み（図示せず）、その結果、水素および酸素／空気が気孔を介して流れ、電解質層14および16に接触する

。水素および酸素が、カソード6、アノード4、ならびに電解質層14および16に接触すると、これらは電気化学的に反応して電気を生じる。

【0030】

さらに詳細には、燃料電池アセンブリ5は、電解質層16の外表面16bおよび電解質層14の外表面14bに配置された複数のアノード4、電解質層16の内表面16aおよび電解質層14の内表面14aに配置された複数のカソード6、ならびに電解質層14および16上に配置された構造サポート44を含む。表面14aに配置されたカソード6は、膜16の表面16a上に配置されたカソード6に直接面する。これは、一部には、両方のカソード層が、同じ空気26の流れおよび空気経路チャンネル15を共有し、そのため分離された空気経路チャンネルを必要としないため有益である。特定の実施形態において空気経路チャンネル15は、1.0mm程度の薄さかまたは約0.5mmよりも薄い。

10

【0031】

アノード4は、ニッケルおよびYSZサーメット等のサーメット複合物、白金、銀、パラジウム、鉄、コバルト、セリア、他の酸化物マトリックス材料、またはこれらの組み合わせを含む広範な材料で構築することができる。カソードは、ランタン（ストロンチウム）マンガン酸塩（LSM）、ランタン（ストロンチウム）輝コバルト鉱（LSC）、およびランタン（ストロンチウム）コバルトフェライト（LSCF）から構築することができる。電解質層14および16は、イットリア安定化ジルコニア（YSZ）、および／またはドーピングされたセリア材料を備えることができる。電解質層14および16のための他の材料、構成、および製造方法は、PCT出願第W02005/030376号に記載されており、その全体が参照によって本明細書に一体化されている。

20

【0032】

電解質層14および16は、（例えば燃料電池が、繰り返しオンオフされると）燃料電池の温度サイクリングによる熱応力に脆弱であり、構造サポート44は、電解質層14および16に構造的な一体性を追加する。構造サポート44は、以下にさらに詳述する。

【0033】

アノード4、カソード6、ならびに電解質層14および16は、第1／内部ハウジング18内に含まれる。内部ハウジング18は、約0.1立方センチメートルと約100立方センチメートルとの間の容積を有することができる。特定の実施形態において、内部ハウジング30は、約1立方センチメートルと約30立方センチメートルとの間、約1立方センチメートルと約10立方センチメートルとの間、または約1立方センチメートルと約5立方センチメートルとの間の容積を有する。

30

【0034】

図示したハウジング18は、熱伝導材を備え、それによりハウジングは、実質的に等温ゾーンを備える。これは有益であるため、ハウジング内の全ての部材が、実質的に同じ温度で作動する。

【0035】

特定の実施形態において、内部ハウジング18内の作動温度は400度Cよりも高く、別の実施形態においては750度Cよりも高いこともある。従ってこの温度を維持するため、かつ、このような高温からエンドユーザーを保護するため、内部ハウジング18は、内部ハウジング18から断熱塊（insulating volume）28によって断熱されている外部ハウジング30に収容されている。断熱塊28は、低い熱伝導を有するさまざまな断熱材を含むことができるが、特定の実施形態において断熱塊は低い圧力領域を含み、場合によっては真空を含む。真空を維持するため、ゲッタ材料42が背景ガスを吸収し、真空状態を維持する。特定の実施形態において、ゲッタ材料42は、非蒸発性のゲッタを備え、電気加熱を介して活性化できる。

40

【0036】

しかし真空は、放射による熱損失を抑止／除去しないこともある。このため外部ハウジング30は、その内面に放射反射体40を含む。反射体40は、壁30の内面に堆積されたか、または真空壁の内面に機械的に取り付けられている金属材料もしくは赤外反射材料

50

による金属コーティングを備えることができる。さらに一式の並行する赤外反射体が、外部ハウジング30の内面および外面の間に備えられてもよい。上述のように、燃料電池アセンブリ5は、携帯型であることができ、特定の実施形態において、外部ハウジング30は、約0.1立方センチメートルと約100立方センチメートルとの間の容積を有することができる。特定の実施形態において、外部ハウジング30は、約.1立方センチメートルと、約30立方センチメートルとの間、約.1立方センチメートルと約10立方センチメートルとの間、または約1立方センチメートルと約5立方センチメートルとの間の容積を有する。

【0037】

図2Aは、本発明の例示の実施形態に従った燃料電池ユニット54-57の平面燃料電池スタック50の断面図を示す。特に、燃料電池ユニット54-57は、図1の燃料電池ユニット7に類似しており、図1の電解質層14および16に類似した電解質層52を含む。各燃料電池ユニット54-57は、各アノード60-63および各カソード65-68を含む。アノード60-63は第1の平面に配列され、カソード65-68は第2の平面に配列されている。各燃料電池ユニットのカソードは、電気相互接続51-53を介して隣接する燃料電池のアノードに電氣的に結合している。特に燃料電池ユニット54のカソード65は、相互接続51を介して燃料電池55のアノード61に電氣的に結合し、燃料電池ユニット55のカソード66は、相互接続52を介して燃料電池ユニット56のアノード62に電氣的に結合し、カソード67は、相互接続53を介して燃料電池ユニット57のアノード63に電氣的に結合する。図示したアノード60-63は、電解質層52の上面上に置かれ、図示したカソード60-63は、電解質層52の下面下に置かれるが、必ずしもこうである必要はなく、特にアノード60-63およびカソード60-63の配置は逆転してもよい。さらに一般的には、本明細書に記載の任意の燃料電池アセンブリ構成において、燃料電池ユニットは、アノードおよびカソードの配置が逆転して対称的に再配置され、かつ、燃料および酸素/空気の流れがこれに応じて切り替えられ、燃料がアノードに接触し、かつ酸素/空気がカソードに接触するようにしてもよい。

【0038】

作動中、相互接続51-53は、燃料電池ユニット54-57を直列に接続し、追加の電圧ゲインを提供する。特に作動中、燃料電池54の電気化学反応は、アノード60およびカソード65の間に電圧差を生じ、燃料電池55の電気化学反応は、アノード61およびカソード66の間に電圧差を生じる。相互接続51は、白金および/またはクロム酸ランタン等の低抵抗材料を備え、それにより、カソード65およびアノード61の間に低抵抗電気接続を形成し、それによりカソード66は、カソード65の電圧に加えてアノード61およびカソード66の間の電圧差にほぼ等しい電圧で維持される。直列接続で別の燃料電池ユニットを接続すると、電圧ゲインを追加することができる。特定の実施形態において、15-20の燃料電池ユニットを含む平面スタックは、15ボルトを超える全電圧差を生じることができる。他の実施形態において、平面スタックは、約3ボルトを超える、約5ボルトを超える、または約10ボルトを超える電圧を生じる。このような代表的な電圧は、本明細書に記載の他の燃料電池スタックに当てはまる。従って、本明細書に記載の平面スタッキングは、小容積において比較的高電圧を提供することができる。携帯型ハウジング内の高電圧は、少なくとも一部には、携帯電話またはラップトップコンピュータ等の本明細書に記載の携帯型燃料電池アセンブリについての多くの商用途が高電圧を必要とするため有益である。

【0039】

記載のように、作動中、燃料電池ユニット54-57の電気化学反応は、アノード60およびカソード65の間に電圧差を生じ、燃料電池55の電気化学反応は、アノード61およびカソード66の間の電圧差を生じる。しかし電圧差は、カソード65-68および対応するアノード60-63が、直接相互に重なる燃料電池ユニット54-57の活性領域内で概ね生じる。一例として、燃料電池ユニット54の活性領域54aを示す。カソード65およびアノード60が電解質層52の上面に重なる投射を有する領域54aである

ように、活性領域 5 4 a は概ね拘束されている。燃料電池ユニット 5 5 - 5 7 は、同様に活性領域 5 5 a、5 6 a、および 5 7 a を有する。図示のように、隣接する電極間のギャップ（すなわち、隣接するカソード 6 5 - 5 8 の間、および隣接するアノード 6 0 - 6 3 の間のギャップ）、および相互接続 5 1 - 5 3 は、活性領域 5 4 a、5 5 a、5 6 a、および 5 7 a を減少させる。1 つの特徴において、以下に記載の機器と方法は、このようなギャップを減少することによって、かつ相互接続 5 1 - 5 3 の領域を減少することによって、燃料電池アセンブリの活性領域を増加させる。

【0040】

図 2 B は、図 2 A のスタック 5 0 の上面図を示す。図示の構成において、カソード 6 5 - 6 8 は、アノード 6 0 - 6 3 からずれているが、こうである必要はない。また、断面 6 9 は、図 2 B に関して図 2 A の断面図を示す。図示のように相互接続 5 1 - 5 3 は、スタック 5 0 の長さ 5 0 a にわたる相互接続材料の長い列／溝を備える。この結果、相互接続 5 1 - 5 3 と、電解質層 5 2、カソード 6 5 - 6 8、およびアノード 6 0 - 6 3 を含む他の燃料電池部材との間の長い平面的界面となる。長い平面的界面を避ける代替の相互接続構成を以下に記載する。

10

【0041】

図 3 A は、本発明の例示の実施形態に従った図 2 A の平面燃料電池スタック 5 0 の近接図を示す。特に図 3 A は、カソード 6 5 - 6 6、アノード 6 0 - 6 1、相互接続 5 1、および電解質層 5 2 を図示する。図 3 A は、アノード電気コネクタ 7 0 およびカソード電気コネクタ 7 2 をさらに含む。この図において、アノード電気コネクタ 7 0 は、電氣的グラウンドに結合する。記載のように、作動中、燃料電池ユニット 5 4 は、第 1 の電圧差を生じ、燃料電池ユニット 5 5 は、第 2 の電圧差を生じ、電気コネクタ 7 2 は、第 2 の電圧差に加えられた第 1 の電圧差の大きさにほぼ等しい電圧に維持される。このような電圧差は、例示の電流路 7 4 によって示された内部電流を伴い、この電流は、アノード 6 0 からカソード 6 5 へ、相互接続 5 1 を介して、アノード 6 1 からカソード 6 6 へ流れる。

20

【0042】

しかし、場合によっては、電気コネクタ 7 2 において維持されている電圧は、2 つの電圧差の合計より少ないことがある。1 つには、スタック 5 0 の内部抵抗によるものであり、1 つには、経路 7 4 に沿った電流に対抗する漏れおよび／または寄生電流によるものであるからである。このような抵抗、漏れ電流、および寄生電流は、スタック 5 0 のさまざまな部材の寸法、構成、および、製作材料を調節および／または最適化することによって減少させることができる。しかしこのような調節は、燃料電池スタック 5 0 の活性領域を減少させ得、その結果、燃料電池スタックの効率を増加するためにバランスされ得る一式の設計トレードオフとなる。

30

【0043】

例えば、内部抵抗の 1 つの源は、アノード 6 0 - 6 1 およびカソード 6 5 - 6 6 である。この内部抵抗は、カソードおよびアノードの横幅 6 5 a および 6 1 a を減少することによって低くすることができる。しかし横幅 6 5 a および 6 1 a を減少すると、燃料電池スタック 5 0 の活性領域を低下させる。あるいは、それぞれカソード 6 5 およびアノード 6 1 の厚み 6 5 b および 6 1 b を増加することによって、スタック 5 0 の内部抵抗を低くすることができる。特定の実施形態においてこの発明は、上述の方法の組み合わせを使用して内部抵抗を減少させる。特に表 1 は、比較的低い内部抵抗を達成するために選択された異なる横幅 6 5 a および 6 1 a に対応する電極厚み 6 5 b および 6 1 b を示す。単位と材料をカッコ内に記す。

40

【表 1】

横幅	燃料電池ユニット あたりの電流	横の電極抵抗 (< 0.1 Vに対する 燃料電池ユニット あたり損失)	許容可能な シート抵抗 (オーム毎平方)	カソードの厚み (LSM) (ミクロン)	アノードの厚み (Ni-YSZ) (ミクロン)
0.5 mm	0.06	1.667	33.33	2.1	0.6
1 mm	0.12	0.833	8.33	8.4	2.4
2 mm	0.24	0.417	2.08	33.6	9.6
3 mm	0.36	0.278	0.93	75.6	21.6

10

【表 1】

【0044】

特定の実施形態において、かつ表 1 の結果に従って、スタック 50 は、約 2 mm 未満の横幅 65 a および 61 a、ならびに約 50 ミクロン未満の電極厚み 65 b および 61 b を有して製作される。しかし別の実施形態において、横幅 65 a および 61 a は、約 5 ミクロンと約 500 ミクロンの間であってもよい。特定の構成において、横幅 65 a および 61 a は、約 500 ミクロンと約 2 mm との間である。

20

【0045】

アノード 60-61 およびカソード 65-66 の抵抗を減少させる別の構成は、集電フィルムを含む。この構成において、白金等の高い導電率を有する材料（図示せず）が、アノード 60-61 の下に（すなわち電解質層 52 から離れたアノード 60-61 の表面上に）、かつカソード 65-66 の上に（すなわち電解質層 52 から離れたカソード 65-66 の表面上に）、1 以上のフィルムとして配置される。特定の実施形態において、電極厚み 65 b および 61 b は比較的薄く（すなわち約 25 ミクロン未満）、かつ白金フィルムも比較的薄い（すなわち 25 ミクロン未満）ことで、カソード 65-66 および白金フィルムの積層ならびにアノード 60-61 および白金フィルムの積層は、それぞれ約 50 ミクロン未満の厚みを有する。高い導電率材料を追加することで、内部抵抗を減少させる。しかし、別の実施形態において、より厚い（すなわち、それぞれ約 50 ミクロン未満の）電極および白金フィルム層が使用される。白金フィルムは多孔性であり、そのため燃料が、白金フィルムを介して流れてアノード 60-61 に接触することができ、かつ、酸素／空気が、白金フィルムを介して流れてカソード 65-66 に接触することができる。

30

【0046】

記載のように内部抵抗に加えて、漏れ電流が、電気コネクタ 72 において維持される電圧を減少させ得る。電流経路 80 および 82 によって図示した漏れ電流は、一部には、隣接するカソード 66 および 65、ならびに隣接するアノード 61 および 60 の間の電圧差から進展する。漏れ電流 80 および 82 は、各電極ギャップ 86 および 88 をブリッジするはずである。隣接するカソード 65 および 66 ならびに隣接するアノード 60 および 61 の間のギャップ 86 および 88 の長さ 86 a および 88 a を増加することによって、このような漏れ電流を減少かつ／または削除することができる。特定の実施形態において、漏れ電流 80 および 82 を減少かつ／または削除するために、長さ 86 a および 88 a は、電解質層 52 の厚み 52 a の約 5 倍大きく、別の実施形態においては、長さ 86 a および 88 a は、電解質層 52 の厚み 52 a よりも約 50 倍大きい。

40

【0047】

しかし上記のように、ギャップ 86 および 88 の長さ 86 a および 88 a を増加すると

50

、燃料電池スタック50の活性領域を減少させる。従って、1つの局面において、電解質層52の厚み52aは比較的小さく選択される。これによって、ギャップの長さ86aおよび88aが電解質層52の厚み52aの数倍となりつつ、スタック50の活性領域を維持するために十分に小さいままであることが可能となる。さらに詳細には、特定の実施形態において、電解質層52の厚み52aは、約40ミクロン未満であり、別においては、厚みは、約10ミクロン未満であり、または約5ミクロン未満である。従ってギャップ86および88の長さ86aおよび88aは、特定の実施形態において、約500ミクロン未満、約100ミクロン未満、または約25ミクロン未満である。このような寸法を有して、スタック50の活性領域は、約50%よりも大きくでき、特定の構成においては約70%よりも大きく、または約85%よりも大きい。このような比較的小さい厚みでは、電解質層52は、電極に適切な構造サポートを提供できず、かつ／または熱サイクリングの熱応力に耐えられないかもしれない。従って特定の実施形態において、電解質層52は、以下に詳細に記載する構造サポート部材を有して提供される。

【0048】

漏れ電流80および82に加えて、寄生電流がスタック50の効率を減少させ得る。概ね燃料電池ユニットは、アノードおよびカソードが重なる領域において、その燃料電池ユニットのアノードおよびカソードの間で電解質層52を介してイオンを移動する（すなわち負に帯電した酸素イオンが、電解質層52を介してカソード65からアノード60に、およびカソード66からアノード61に移動する）ことによって作動する。しかし図示のスタック50においては、特定の領域において、隣接する燃料電池のアノードおよびカソードも重なる。例えばカソード65は、相互接続51の領域の概ね近くでアノード61と重なり、イオンは、この領域においても電解質層52を介して移動することができる（すなわち負に帯電した酸素イオンが、カソード65からアノード61に移動することができる。）。カソード65は、相互接続51によってアノード61に電氣的に接続されているため、負に帯電した電子は、相互接続51を介してアノード61からカソード65へ伝導して戻ることができる。結果は、燃料を消費するが燃料電池スタック50によって電力供給される負荷のために有用な電気を生じない寄生電流ループとなる。

【0049】

特定の実施形態において、電極65および61が重なる領域において、電解質層52と電極65および61の一方または両方との間でイオンを伝導しない障壁材料を配置することによって、この寄生電流は削減／削除される。障壁材料は、白金、金属、およびセラミック材料のうちの1以上を備えることができる。障壁は、本明細書のいずれかにおいて記載した1以上の任意の堆積技術を使用してフィルムとして堆積され得る。

【0050】

上述の技術に代えてまたは加えて、燃料または酸素と接触するとき、カソード65およびアノード61が重なる領域において、スタック50の材料を、電圧差をほとんどもしくは全く生じない材料に変更するか置換することによって、寄生電流を削減／削除することができる。例えばメーカーは、カソード65および／またはアノード61の材料を変更または置換することで触媒材料を少なくすることができる。さらにもしくはあるいは、メーカーは、カソード65および電解質層52の間、またはアノード61および電解質層52の間に触媒材料の配置を避けることができる。特定の実施形態において、カソード65およびアノード60が重なる領域において、カソード65およびアノード61が重なる領域における出力密度の約10倍の出力密度を、スタック50が有するように材料は選択される。

【0051】

別の実施形態において、隣接する燃料電池ユニットの電極が重ならないようにスタック50を構成することによって寄生電流は削減／削除される。図3Bは、そのようなスタック80を示す。スタック80は、カソード82およびアノード83を有する第1の燃料電池ユニット81、ならびにカソード85およびアノード86を有する第2の燃料電池ユニット84を含む。相互接続87は、カソード82からアノード86に渡りこれらを電氣的

に接続する。図示のようにカソード８０はアノード８６と重ならないため、相互接続８７を介して寄生電流はほとんど／全くない。構造サポートを利用する寄生電流を削減するための別の方法を以下に記載する。

【００５２】

図４は、１つの燃料電池ユニット１０８のカソード１０４を別の燃料電池ユニット１１１のアノード１０６に接続するための代替の相互接続１０２を含む平面スタック１００の断面図を示し、図５は、本発明の例示の実施形態に従った平面スタック１００の上面図を示す。相互接続１０２は、電解質層１１２内に部分的に配置されており、カソード１０４に電氣的に結合する上部キャップ１０２a、アノード１０６に電氣的に結合する下部キャップ１０２c、および電解質層１１２内に配置されているシャフト１０２bを含む。

10

【００５３】

図５に示すように、この実施形態において、複数の相互接続１０２は、カソード１０４をアノード１０６に電氣的に結合する。相互接続１０２は、相互接続１０２の直線的配列を含む。図示のように相互接続の中心間距離１２７は実質的に等しい。列に沿ったビア間の距離１２７は、約５００ミクロン未満かつ約１６０ミクロン超であり得る。さらに詳細には、相互接続１０２は、モノリシック電解質層１１２内に配置されたホール／ビア内に堆積される（図５に示さず）。ビアは、上述のように何らかの低い抵抗材料を備え得る相互接続材料で充填される。ビアは、電解質層１１２を介して延びる平面に置かれる環状断面を有する。特定の実施形態において、環状断面の面積は約（１００ミクロン）２未満である。環状断面は、少なくとも一部には、相互接続１０２および電解質層１１２の間に長い直線的／平面的界面を含まないため有益である。そのような界面は、高温または熱サイクリング下にて応力またはクラックを生じ得る。特定の実施形態において、環状断面は、直径において約４０ミクロン、または直径において約２０ミクロン未満の直径を有する。このように比較的小さい直径は、スタック１００の活性領域を保持する。

20

【００５４】

特定の実施形態において相互接続材料は、スタック１００のカソード側１１６を、スタック１００のアノード側１１４からシールする。シールは、アノード１０６に近い領域１１４から、カソード１０４に近い領域１１６へ水素が拡散することを抑止し、同様に空気および／または酸素が、領域１１６から領域１１４へ拡散することを抑止する。気体が、電解質層１１２を介して拡散すると、スタック１００は効率を失うことがある。より緊密なシールを形成するため、メーカーは、電解質層１１２のそれより高い熱膨張の係数を有する相互接続材料を選択する。その結果、スタック１００が、その作動温度まで加熱されると、相互接続１０２は電解質層１１２に対して膨張し、それにより電解質層１１２および相互接続１０２の界面において緊密なシールを形成する。

30

【００５５】

加えて相互接続１０２は、領域１１４および１１６の間でシールを改善する上部キャップ１０２aおよび下部キャップ１０２cを含む。特定の実施形態においてシャフト１０２bは、約４０ミクロンの直径を有する環状断面を有し、一方で、上部キャップ１０２aおよび下部キャップ１０２bは、約８０ミクロンの直径を有する、シャフト１０２bとの各界面における環状断面を有する。

40

【００５６】

相互接続１０２の中央と隣接するカソード１０４および１０５の間のギャップの中央との間の距離１２０は、カソードスタンドオフ１２０として公知であり、隣接するアノード１０６および１０７の間の距離１２２は、カソードスタンドオフ１２２として公知である。特定の実施形態において、アノードスタンドオフ１２０およびカソードスタンドオフ１２２の両方は、約１００ミクロン未満、約９５ミクロン未満、または約７０ミクロン未満である。

【００５７】

表２は、本発明の１つの例示の実施形態で得られた活性領域に記載する。この例示の実施形態において、繰り返し距離１２６として公知である、隣接する燃料電池における対応

50

する部材間の距離は、2.25 mmであるが、別の実施形態においては、繰り返し距離 126 は、約 1 mm と約 4 mm との間である。この例示の実施形態における活性領域は約 89 % であるが、より高い活性領域が、上述の技術を使用して可能である。例えば、メーカーは、より薄い電解質層 112 を使用すること、および隣接するカソードおよび／または隣接するアノード間のギャップ 129 の長さを削減することによって、有意義に電圧ゲインに妥協することなく活性領域を増加させることができる。

【表 2】

電解質厚み 112 a	5 ミクロン
上部キャップおよび下部キャップ断面径	80 ミクロン
電極ギャップ 129	60 ミクロン
電極から相互接続 スタンドオフ 120, 122	95 ミクロン
電池の繰り返し距離 126	2.25 mm
活性領域 128 の幅	2.0 mm
活性領域範囲	89%

10

【表 2】

【0058】

上述のように特定の実施形態における燃料電池アセンブリは、非常に高い温度で動作し、それによる過剰な熱により、および熱サイクリングにより燃料電池部材に応力を生じる。特にこの発明の特定の固体電解質型燃料電池実施形態は、400 度、500 度 C、600 度 C、700 度 C、または 800 度 C を超える温度において作動する。場合によっては、燃料電池は 1100 度 C を超える温度において作動する。携帯型家庭用電化製品に給電する燃料電池アセンブリは、製品の寿命にわたって繰り返しオンオフすることがある。その結果、燃料電池は、周囲温度および上述の高い動作温度の間で熱サイクルを繰り返す。燃料電池アセンブリの部材が、いくつかの材料を備え得るため、かつ材料が、さまざまな熱膨張の係数を有し得るため、熱サイクリングは、他の部材との界面において燃料電池部材に応力を生じ得る。従って特定の実施形態においては、燃料電池アセンブリは、別の構造サポートを含む。

20

30

【0059】

図 6 は、本発明の例示の実施形態による、各電極相互接続 158 および 159 と整列した構造サポート部材 154 および 155 を含む平面燃料電池スタック 150 を示す。構造サポート部材 154 および 155 は、細長で、かつスタック 150 を介して延びる平面に垂直に方向付けられて示されている。相互接続 158 および 159 は、図 2 の相互接続 51-53 に類似している。構造サポート部材 154 は、コーティング 154 a を含み、アノード 162 および 163 に機械的に結合する。同様に構造サポート部材 155 は、コーティング 155 a を含み、アノード 163 および 164 に機械的に結合する。構造サポート部材 154-155 は、構造サポートを提供し、例えば高温および／または熱サイクリングによって生じた応力を解放および／または吸収する。加えてまたは代えて、サポート 154-155 に類似した構造サポート部材が、カソード 166-168 の 1 以上に機械的に結合することができる。図示の構造サポート部材 154 および 155 は、各電気相互接続 158 および 159 と整列するが、さらに一般的には、特定の実施形態において、構造サポート 154 および 155 の少なくとも一部が、各相互接続 158 および 159 と整列する。さらに図示の構造サポート 154 および 155 は、アノードギャップ 176 および 177 をブリッジする。アノードギャップ 176 および 177 ならびにカソードギャップ 180 および 181 は、スタック 150 のアノード側 178 からカソード側 150 へ燃料が拡散する経路を提供し得る界面を含む。この経路は、上述のようにスタック 150 の効率を削減し得る。図示の位置において、構造サポート 154 および 155 は、電極ギャップ 176 および 177 をシールし、拡散を削減および／または削除する。1つの局面に

40

50

において、アノードギャップ176-177、カソードギャップ180-181、ならびに相互接続158および159が電解質層170と重なる領域が、スタック150の不活性領域に対応するため、このような配置が有益である。その結果、構造サポート154-155をこのような特徴に整列させるように位置決めすることで、スタック150の活性領域は影響を与えられない。

【0060】

この配置は、寄生電流を削減／削除するために有益でもある。上述のように寄生電流は、隣接する燃料電池ユニットの電極が重なり、かつ例えば、燃料および酸素と反応して電解質層170を介してイオンを移動する領域において概ね生じる。図示のスタック150において、アノード163が、隣接する燃料電池のカソード166と重なる領域において、燃料がアノード163に接近することを構造サポート154は阻止する。このようにして、そうでなければ寄生電流を生じたであろう領域において燃料はアノード163と反応しない。さらにまたはあるいは、カソード166がアノード163と重なる領域を覆う、カソード166を覆って配置された構造サポートによって、この領域においてカソード166と酸素が接触することを抑制することにより、寄生電流は削減／削除することができる。

10

【0061】

特定の実施形態において、構造サポート154-155は、平面スタック150内の他のデバイスと同様の熱膨張の係数を有する材料を備える。これによって、スタック150の構造サポート部材154-155および他の部材の界面における熱サイクリングからの応力を削減する。例えば電解質層170がYSZを備えるとなると、サポート構造は、ジルコニア、酸化マグネシウム、フェライト・ステンレス鋼(Fe-Cr)、および／またはこれらの組み合わせを含むことができる。別の実施形態において、構造サポートの熱膨張の係数は、アノード162-163および／またはカソード166-168のものと同様である。

20

【0062】

特定の実施形態において、構造サポート154-155は電氣的絶縁材料を備える。電氣的絶縁材料は、一部には、カソード166および167またはアノード162および163等の、構造サポート部材154-155のうちの1つによって機械的に結合されている電極を絶縁するためにある。例えば構造サポート154／155は、酸化物、非酸化物、および／または複合物を含むセラミック材料を備えることができる。代表的なセラミック材料は、チタン酸塩、酸化物、および窒化物を含む。特定の実施形態において、構造サポート154-155は、プラスチック材料を備える。

30

【0063】

しかし室温において絶縁する特定の材料は、上記の高い作動温度においては絶縁しない(例えばシリコン)。従って構造サポート154-155は、コーティング154aおよび155aを含む。特定の実施形態において、コーティングは、構造サポート154-155に適用された別の材料を備える。しかし別の実施形態においては、コーティング154aおよび155aは、化学反応を介して構造サポート154の表面に形成される。特定の実施形態において、構造サポート154-155の表面は、酸化されて酸化コーティング154aおよび155aを形成する。

40

【0064】

特定の実施形態において構造サポート154は、約30ミクロンと約200ミクロンとの間の幅154b、および約100ミクロンを超える高さを有する。実施によっては、幅が約10ミクロンと約400ミクロンとの間であるものもある。実施によっては、高さが約300ミクロンと500ミクロンとの間であるものもあるが、1mm、2mm、または3mmの大きさであってもよい。高さは、約50ミクロンと約100ミクロンとの間であってもよい。

【0065】

特定の実施形態において構造サポート154-155は、スタック150をサポートす

50

ることで、電解質層 170 は、約 2 ミクロン未満または約 1 ミクロン未満の厚みを有しつつ、他方で熱応力になお耐える (withstg) ことができる。

【0066】

図 7 は、図 6 の平面燃料電池スタック 150 の上面図を示す。図示の構造サポート 154-155 は、軸 194 に沿って、スタック 150 の実質的に全長に延びるが、別の実施形態においては、構造サポート 154-155 は、軸 194 に沿ってスタック 150 の長さの一部のみに延びる。さらに、図 7 はアノードスタンドオフ 185、カソードスタンドオフ 188、および、電池繰り返し距離 190 を示す。

【0067】

図 8 は、スタック 150 のアノードの下にも配置され、これに機械的に結合された別の構造サポート 156-157 を伴った図 7 のスタック 150 を示す。構造サポート 154-157 は、格子状の構造サポート 154-157 を備える。別の要素として図示しているが、構造サポート 154-157 は、特定の実施形態においては、単一の基板から形成され、単一のモノリシック構造を備える。このようにして、構造サポートは、9 個の別個の燃料電池ユニット 901、902、903、904、905、906、907、908、および 909 を規定する。図 8 は、一方向における距離 202 および別方向における距離 204 にわたる、燃料電池ユニット 905 の代表的な活性領域 (active area region) を図示する。図 8 はまた、1 方向における距離 206 および別方向における距離 208 にわたる、燃料電池ユニット 905 の代表的な全領域 (total area region) を図示する。全領域によって除算された活性領域は、活性領域パーセンテージを表す。表 3 は、2 つの異なるスタッキング設計パラメータおよび性能評価の 2 つの例を与える。

【表 3】

電解質厚み 170 a	2 ミクロン	2 ミクロン
相互接続 170 a の幅	10 ミクロン	10 ミクロン
電極ギャップ 177 a	80 ミクロン	20 ミクロン
カソードスタンドオフ 188 および アノードスタンドオフ 185	65 ミクロン	25 ミクロン
サポート構造の幅 154 b	250 ミクロン	125 ミクロン
単一電池活性領域	1.25 x 1.35 mm 1.56 mm ²	1.35 x 1.35 mm 1.82 mm ²
繰り返し距離	1.5 x 1.5 mm	1.5 x 1.5 mm
活性燃料電池領域パーセンテージ	69%	84%

【表 3】

【0068】

図 9 は、構造サポートの代替の構成を示す。特に図 9 は、本発明の実施形態による、2 つの燃料電池ユニット 232 および 234 ならびに隣接するアノード 224 および 225 の間に横に部分的に配置された構造サポート部材 222 を含む平面燃料電池スタック 220 を示し、図 4 の相互接続 102 に類似した相互接続 221 を含む。電解質層 226 に機械的に結合する構造サポート部材 222 は、細長で、かつ、スタック 220 および電解質層 226 を介して延びる平面に垂直に方向付けられている。1 つの局面において、隣接するアノード 224 および 225 の間のギャップ 228 が、燃料電池の不活性領域に対応するため、この配置が有益であり、その結果、ギャップ 228 内に構造サポート 222 を配置すると、スタック 220 の活性領域に影響しない。さらにこの実施形態の構造サポート 222 は、例えば接着ボンドを使用して電解質層 226 に直接に接合することができる。電解質層 226 は稠密な構造であるため、接合は少なくとも一部は緊密であり得る。構造サポート 222 は、図 6 の構造サポート 154-155 に別の点で類似している。特に構造サポート 222 は、コーティング 222 a を含むことができ、かつ、約 80 ミクロン未

満、約40ミクロン未満、または約20ミクロン未満の幅223を有することができる。上記のように、構造サポート部材222は、電解質層226のものと実質的に類似した熱膨張の係数を有する材料を備え、それにより構造サポート222および電解質層226の間の界面における熱膨張による応力を削減することができる。しかし特定の実施形態において、構造サポート222は、電解質層226のものと異なる熱膨張の係数を有する材料を備え、それでも適切にスタック220をサポートする。例えば特定の実施形態において、構造サポート222はシリコンを備え、他方で電解質層226はYSZを備える。

【0069】

図10は、本発明の例示の実施形態に従った構造サポート222を含む平面燃料電池スタック220の上面図を示す。燃料電池ユニット232および234に加えて、スタック220は、いくつかの他の燃料電池ユニット236、238、240、242、244、246、および248を含み、構造サポート222に加えて、スタック220は、構造サポート226、228、および230を含む。図8の構造サポート154-157に関して記載したように、構造サポート222、226、228、および230は、格子状の構造サポートを備え、特定の実施形態において以下に記載するようにモノリシック基板から形成されている。距離250および252は、スタック220の単一の燃料電池ユニット236の例示の活性領域にわたり、距離254および256は、スタック220の単一の燃料電池ユニット238の例示の全領域にわたる。

【0070】

図11は、図10の平面燃料電池スタック220の上面図のクローズアップを示し、特にカソードスタンドオフ260およびアノードスタンドオフ262を示す。表4は、スタック220の1つの代表的な実施についてのいくつかの設計パラメータおよび性能評価を与える。

【表4】

電解質226の厚み	2 ミクロン	2 ミクロン
相互接続の断面の径 (キャップを含む)	20 ミクロン	20 ミクロン
電極ギャップ227	80ミクロン	20 ミクロン
スタンドオフ260および262	65 ミクロン	30ミクロン
サポート構造の幅223	80 ミクロン	40 ミクロン
単一電池活性領域	0.85 x 1.02 mm 0.87 mm ²	0.990 x 1.06 mm 1.05 mm ²
繰り返し距離254	1.1 x 1.1 mm	1.1 x 1.1 mm
活性領域パーセンテージ	72%	87%

【表4】

【0071】

図12-15は、スタック220に類似する燃料電池スタックを製作するための代表的な技術を図示する。さらに詳細には、図12-15は、この発明に使用された小寸法機構のパターン形成および位置合わせのために採用された代表的な方法を示す。一般にメーカーは、構造サポートを最終的に形成することになる基板を提供し、電解質層を配置し、相互接続とともに電解質層をパターン形成し、基板の各部を選択的に除去して構造サポートを形成し、次いで電解質層上に電極を配置する。

【0072】

図12に転じると、メーカーは、図9の構造サポート222と類似する構造サポートを形成することになる基板500をまず提供する。次にメーカーは、例えばスパッタリング、真空蒸着、化学蒸着、レーザーアブレーション、浸漬コーティング、およびプラズマもしくは気化噴霧技術を使用して基板500上に電解質層502を堆積する。

【0073】

メーカーは次に電解質層にビアホール504をパターン形成する。代表的な技術において、メーカーは、電解質層502上にポジ型光活性フォトレジスト材料506を流し、かつ／または拡散し、フォトレジスト506が硬化する。フォトレジスト506の厚み506cは、約1ミクロンと約50ミクロンとの間であり得る。メーカーは、ビア504を覆う電解質層の領域をフォトマスク（図示せず）を使用して可視光に曝露する。メーカーは次に、フォトマスクを介して光に曝露された領域508におけるフォトレジストを除去する現像溶液を塗布する。フォトレジスト506aおよび506bの残りの部分は、メーカーがビア504を製作するとき、電解質層502の下にある領域を保護する。

【0074】

メーカーは次にビア504をエッチングする。特定の実施形態において、エッチングは、アルゴンイオン流が電解質層502に衝突するイオンエッチングを含む。アルゴンイオン流は、約10mA/cm²を超える流束および500ボルトを超える加速電圧を含むことができる。ビア504は、その後毎分約40オングストロームを超える割合でエッチングされる。しかし別の実施形態においては、エッチングは、フッ化水素酸の溶液を使用するウェットエッチング、フッ化水素酸および塩酸の組み合わせを使用するウェットエッチング、ならびにCFC13ガスのプラズマからのプラズマエッチング、ならびに／またはレーザーアブレーションを含む。

【0075】

所望によりメーカーは、次に相互接続のキャップ形状を形成することになる空洞512を形成する。特定の実施形態において、メーカーは、約10分を超えて六フッ化イオウを含むプラズマに構造501を曝露する。

【0076】

次にメーカーは、ビア504および空洞512を電気鍍金して相互接続を形成する。さらに詳細にはメーカーは、相互接続材料のシード層を適用する。特定の実施形態において、真空または低圧力環境中で相互接続材料の原子束に構造501を曝露することによって、シード層は適用される。

【0077】

図13に転じて、メーカーは次にフォトレジスト506を除去する。相互接続材料は、ビアホール504の近く512に、および基板500の裏側514上に配置される。

【0078】

メーカーは、次に、空洞512およびビア504を電気鍍金する。特にメーカーは、構造501を塩化白金酸または硫酸白金の鍍金溶液に曝露する。メーカーは、シリコンウェハの裏側514に電氣的に結合するウェハチャックを提供する。電気鍍金電流は、シリコン基板500を介して流れる。電解質層502は、電気鍍金電流を領域512中を除き鍍金溶液から絶縁する。それにより相互接続材料は、空洞512を充填し、次にビア504を充填する。電気鍍金電流は、キャップ516が形成されるまで基板500を介して流れ続け、相互接続518を完成する。

【0079】

メーカーは次に、基板500から構造サポートを形成し、特に基板500の各部を選択的に除去して構造サポートを形成する。図14を見ると、メーカーは、ネガ型フォトレジスト520を基板500の裏側514に塗布および硬化させる。フォトレジスト520は、フォトマスクを介して可視光に選択的に曝露され、その後メーカーは、現像液を使用してフォトレジスト520の各部（図示せず）を除去し、次に、フォトレジスト520によって保護されていない基板500の各部をエッチングする。このような工程の後、フォトマスクを介して可視光に曝露されていない領域522が残る。特定の実施形態において、エッチングは、異方性ドライエッチを含む。特にメーカーは、真空チャンバ内に構造501を配置し、チャンバを交互に六フッ化イオウ（sulfur hexafluoride: SF₆）およびオクタフルオロシクロブタン（C₄F₈）のプラズマで充填し、かつ励起する。メーカーは、真空チャンバ内で負バイアスで構造501を電極に取り付けることで、S₆等の硫

10

20

30

40

50

黄イオンを含む陽イオンが、基板500の裏側514に垂直な角度で加速し、それにより、曝露されたシリコン表面のエッチング速度を高める。C4F8のプラズマは、シリコン壁の側部上に保護フッ化炭素層を堆積し、それにより何らかの横のエッチング速度を減少させ、構造サポート526の最終的な幅524に関する制御を高める。

【0080】

上述のように、燃料電池スタックの活性領域は、隣接する電極間のギャップの長さおよびスタンドオフ距離によって影響を受ける。上記の電極ギャップおよびスタンドオフ距離は、特定の実施形態においては100ミクロン未満であったが、比較的小さい寸法を有し、本明細書に記載のさまざまな堆積、パターン形成、およびエッチング工程が高い精度で位置決めされることが望ましい。例えば図9において、相互接続221が、製作中にずれて電極ギャップ227をブリッジすると、相互接続221は、カソードギャップ227を電氣的に短絡することとなり、燃料電池ユニット232および234の間の電圧ゲインを除去する。

10

【0081】

従って例示の製作技術は、約10ミクロン未満、約5ミクロン未満、または約1ミクロン未満の精度でフォトレジスト506および／または基板500にフォトマスクを位置決めする。特定の実施形態において基板500は、基板500の表面上にエッチングされたかまたは別に形成された整列マークでマーキングされている。例えば箱形状または環状の位置決めマークが基板500上に配置されて、相互接続518のためのターゲット領域を指示することができる。上記のフォトマスクも、基板500上で対応するマークと整列する整合マークを含んでもよい。基板500は、フォトマスクと正確に整列するため、光整列アセンブリによって上述の精度で横に移動することができる。特定の実施形態において、光整列アセンブリは、整列マーキングを配置および投影する。基板500の裏側514から基板500の表面532上で光整列アセンブリがマーキングを検出することができるように、投影には赤外光学検出が含まれ得る。

20

【0082】

図15は、本発明の例示の実施形態に従って、電解質層502上に電極材料540および542を堆積するための代表的な技術を示す。この技術において、メーカーは、ポリマーモールドすなわちダム544を堆積する。ダム544は、1つのカソード540を別のカソード542から分離し、それぞれの縁を規定する。特定の実施形態において、ポリマー544ダムは、カソード540および542の所望の厚みよりも大きい厚みに硬化する液体ベースのフォトレジストの層を備える。メーカーは、上記の光規定技術に類似して、フォトマスクおよび現像溶液を使用してダム544を光規定（photodefined）することができる。

30

【0083】

次にメーカーは、カソードインク540および542を電解質層502上に分配する。インクは、上記の代表的なカソード材料を含み得る。特定の実施形態において、メーカーは、カソードインクをニードル分配する（needle dispense）。ニードルは、静止的であることができ、上記の光整列アセンブリ等の整列アセンブリは、電解質層502および構造サポート515を静止しているニードルに対して横に動かす。ニードルは、一滴あたり約100ナノリットル未満のインクを分配することができる。インクがダム544に突き当たるまで、滴は電解質層502を覆って広がる。次にメーカーは、例えば500度Cの酸素中でカソードインク540および542を燃焼させ、それによりインクシステムにおけるバインダまたは可塑剤を焼散させる。メーカーは、所望により、例えば回転または押圧によりカソード540および542を平坦化してもよい。燃焼させた後、カソード540および542は多孔状態になって、カソード540および542を介して気体（酸素または空気等）を拡散させることができる。別の実施形態において、例えばスクリーン印刷、浸漬、もしくは浸漬コーティング、スパッタリング、プラズマもしくは蒸気噴霧、および／または電気泳動析出を使用してインクが堆積されてもよい。

40

【0084】

50

アノードは同様にパターン付けされ得る。図示の実施形態において、構造サポート 5 1 5 自体はダムとして作用し、隣接するアノード 5 4 6 および 5 4 8 を分離かつ規定する。アノードインク 5 4 6 および 5 4 8 ならびにカソードインク 5 4 0 および 5 4 2 を配置した後、メーカーは、構造 5 0 1 を 8 0 0 度 C の酸素中で燃焼して、アノードインク 5 4 6 および 5 4 8 ならびにカソードインク 5 4 0 および 5 4 2 中で粒子を焼結する。これはまた、サポート構造 5 1 5 を酸化コーティング 5 1 5 a でコーティングする。上述のようにコーティング 5 1 5 a は、サポート構造 5 1 5 を構造 5 0 1 の残りから絶縁する。

【0085】

図 2-15 は、直列に燃料電池ユニットを電氣的に結合する平面燃料電池スタックを示す。いくつかのこのような平面燃料電池スタックは、さまざまな構成で配置することができ、場合によっては、実施形態がさまざまな方法で電氣的に結合されて、所与のハウジング内でさらに多くの燃料電池を提供し、かつ／または運転効率を高めることができる。

【0086】

さらに詳細には、図 16 は、本発明の例示の実施形態に従った平面燃料電池スタック 6 0 2、6 0 4、および 6 0 6 の垂直スタック 6 0 0 を含む燃料電池アセンブリを示す。平面燃料電池スタック 6 0 2、6 0 4、および 6 0 6 は、上記の任意の例示の平面燃料電池スタックを含み得る。各スタック 6 0 2、6 0 4、および 6 0 6 は、燃料および空気流を共有するように配列されている、各アノード 6 0 2 a、6 0 4 a、および 6 0 6 a、ならびに各カソード 6 0 2 b、6 0 4 b、および 6 0 6 b を含む。特にアノード 6 0 2 a および 6 0 4 a は、燃料流 6 1 0 を共有し、カソード 6 0 4 b および 6 0 6 b は、空気流 6 1 2 を共有する。

【0087】

平面燃料電池スタックのグループは、燃料電池ユニットの配列を含むように配列されてもよい。図 17 は、並列に接続された燃料電池ユニットの複数の直列電気接続を示し、並列接続は、本発明の実施形態による薄膜コネクタによって形成されている。並列に接続されている燃料電池の直列電気接続を含む燃料電池アセンブリは、個別の直列接続よりも多くの電流を生じるため、ある程度有益である。さらに詳細には、図 17 は、燃料電池ユニットの 4 つの列 6 2 0、6 2 1、6 2 2、および 6 2 3 を示す。各列 6 2 0、6 2 1、6 2 2、6 2 3 は、5 個の燃料電池ユニットを含む。一例として、列 6 2 0 は、上述のように、相互接続 6 2 2 によって、直列に電氣的に結合されている燃料電池ユニット 6 2 0 a、6 2 0 b、6 2 0 c、6 2 0 d、および 6 2 0 e を含む。列 6 2 1-6 2 3 は、列 6 2 0 に類似している。列は、電気コネクタ 6 2 4 および 6 2 6 によって並列に電氣的に結合されている。コネクタ 6 2 4 は、燃料電池ユニットの各カソード（すなわち燃料電池 6 2 0 a のカソード）に直接接触することによって、隣接する燃料電池ユニットに結合する。コネクタ 6 2 6 は、隣接するアノードに結合された相互接続 6 2 2（すなわち燃料電池 6 2 0 e のアノードと結合する相互接続 6 2 2）に接触することによって、隣接する燃料電池ユニットに電氣的に結合する。

【0088】

コネクタ 6 2 4 および 6 2 6 は、真空蒸着によって機器の各部の上に堆積された白金の薄膜を含んでもよい。メーカーは、パターン付け電解質層に関連して上述したように、フォトレジストおよびフォトマスクを使用して、コネクタ 6 2 4 および 6 2 6 をパターン形成してもよい。特定の実施形態において、メーカーは、電極を堆積する前および／またはサポート構造をパターン形成する前に、コネクタ 6 2 4 および 6 2 6 を堆積する。電極を多孔性状態にした後、コネクタ 6 2 4 および 6 2 6 の白金は、そのとき電極を汚損することはない。白金は、スパッタリングまたは真空蒸着等の技術を使用して稠密な薄膜として形成され得、または白金は、インクまたはペースト処方からの燃焼によって形成され得る。インクまたはペーストは、ニードル分配、スクリーン印刷、および浸漬もしくは浸漬コーティングによって堆積される。

【0089】

図 18 は、直列に接続された燃料電池ユニットの複数の直列電気接続を示す。この燃料

10

20

30

40

50

電池ユニットは、複数の列で配列されており、相互接続は、本発明の実施形態による薄膜コネクタによって形成されている。直列に接続された燃料電池ユニットの直列接続を含む燃料電池アセンブリは、上述のように個別の直列接続よりも高い出力電圧を提供するためある程度有益である。さらに詳細には、燃料電池アセンブリ 630 は、燃料電池の非線形配列を含む燃料電池ユニットの 4 つの列 632、633、634、および 635 を含む。図 17 のアセンブリ 619 と同様に、各列 632-635 は、5 個の燃料電池ユニットを含む。しかし列は、電流を交番する方向に方向付けしている。特に列 633 および 635 は、第 1 の方向 638 に電流を方向付け、他方で、列 632 および 634 は、第 2 の方向 640 に電流を方向付ける。電気コネクタ 641、642、および 644 は、列 632-635 を結合して、列 632-635 の直列接続を形成する。さらに詳細には、コネクタ 642 は、列 634 および 635 を結合し、コネクタ 641 は、列 633 および 634 を結合し、コネクタ 644 は、列 632 および 633 を結合する。コネクタ 646 は、電氣的グラウンドに結合し、コネクタ 648 は、アセンブリ 630 の出力電圧に結合する。例示の電流経路 650 は、図 18 に示したようにコネクタ 646 で始まりコネクタ 648 へ流れる。

10

【0090】

特定の実施形態において、燃料電池ユニットはグループ化され、例えばさらに大きな出力電圧、電流を生成するため、および／またはさらに良好な効率を提供するため、燃料源に関して燃料電池ユニットの各グループの位置に応じて電氣的に結合される。さらに詳細には、図 19 は、燃料電池ユニットの 2 つのグループ 662 および 664 を有する燃料電池アセンブリ 660 を示す。この例示の実施形態において、水素ベースの燃料流は方向 666 に流れ、最初にグループ 662 の燃料電池ユニットのアノードと接触し、次にグループ 664 の燃料電池ユニットのアノードに接触する。燃料電池ユニット 662 が、水素ベース燃料流 666 から水素を消費し、かつ反応させるため、水素ベースの燃料流 666 は、グループ 662 に接触するとき、より高い水素濃度を含む。その結果、水素ベースの燃料流 666 は、グループ 664 の燃料電池ユニットのアノードに接触するとき、より少ない水素を含む。さらに、グループ 662 の燃料電池ユニットは、二酸化炭素と水等の副産物を生じ、これが、水素ベース燃料流 666 中の水素の濃度を希釈する。このように燃料流 666 に沿って水素の濃度が変化するので、グループ 662 および 664 は、変化する出力密度と効率で作動することになる。

20

30

【0091】

1 つの実施において、異なるグループの燃料電池は、異なる電流密度でグループを駆動するため、それぞれ異なる構成の燃料電池ユニットを含み、上述の変化する出力密度をある程度補い、それに相応して全出力密度を改善することができる。図 20 は、燃料電池ユニットの 2 つのグループ 702 および 704 を示す。グループ 704 は、燃料流 706 の下流に配置され、これから記載するように、グループ 702 よりも高い電流密度を有する。さらに詳細には、グループ 702 は、2 つの燃料電池ユニットの 2 つの列 706 および 708 をそれぞれ含み（それぞれ 706 a-b および 708 a-b）、2 つの列 706 および 708 は、コネクタ 710 および 712 によって並列に接続されている。グループ 704 は、それぞれ 3 個の燃料電池ユニットの 2 つの列 714 および 716 を有し（それぞれ 714 a-c および 716 a-c）、2 つの列 714 および 716 は、コネクタ 718 および 720 によって並列に接続されている。コネクタ 710 および 720 は、両方ともコネクタ 722 に電氣的に結合し、コネクタ 712 および 718 は、両方ともコネクタ 724 に電氣的に結合する。このようにして、グループ 702 および 704 が並列電気接続で接続され、こうしてグループ 702 および 704 が同じであるべき出力電圧を包含する。グループ 704 は、より多くの燃料電池ユニットを含み、その結果、燃料電池ユニットあたり低い電圧と対応する高い電流密度を有することとなる。

40

【0092】

メーカーは、グループ 702 および 704 から燃料電池ユニットを追加または除去することにより、グループ 702 および 704 について電流密度を調節することができる。特

50

定の実施形態において、メーカーは、グループ704よりもグループ702に、多くの燃料電池ユニットを含めてもよい。

【0093】

図21は、それぞれ異なる数の燃料電池を有する2つのグループの燃料電池ユニットを含み、さらに、本発明の例示の実施形態に従った燃料電池ユニット間で直列および並列相互接続のさまざまな組み合わせを含む燃料電池アセンブリ740を示す。さらに詳細には、燃料電池アセンブリ740は、2つのグループ742および744を含む。グループ742は、それぞれ2つの燃料電池ユニット（それぞれ746a-b、748a-b）の2つの列746および748を含む。2つの列746および748は、コネクタ754および756によって並列に接続されている。グループ744は、それぞれ3個の燃料電池ユニット（それぞれ750a-cおよび752a-c）の2つの列750および752を含む。列750および752は、コネクタ760によって直列に接続されている。グループ742および744は、コネクタ756およびコネクタ758の間の電気接続757によって直列に接続されている。コネクタ766は、グラウンドに電氣的に結合され、コネクタ764は、構成740の出力電圧差を提供する。ブロック742および744が、直列に接続されているため、これらを介して流れる電流は同じぐらいに制約される。しかし、ブロック742を介して流れる実質的に全ての電流は、列750および752を介して流れるので、グループ744における燃料電池ユニットの電流密度は、グループ742のものよりも高い。

【0094】

燃料電池ユニットを駆動する電流密度を調節するため、燃料電池ユニットのグループの、燃料源に対する各場所に基づいてこれらを異なった構成にすることに加えて、個別の燃料電池ユニットは、燃料源に対するそれらの各場所に基づいて異なったサイズと形状にしてもよい。さらに詳細には、図22は、複数の燃料電池ユニットおよび1つの燃料流826を含む燃料電池アセンブリ800を示す。この例示の実施形態において、燃料電池のサイズは、燃料流826の下流の方向に沿って減少する。例えば、燃料流826に沿って上流箇所に配置された燃料電池ユニット802および804は、燃料流826に沿って下流箇所に配置された燃料電池ユニット812および814よりも大きい（すなわち大きい活性領域を有する。）。1つの例示の製造方法において、相互接続828および燃料電池ユニット間に横に配置された構造サポート（図示せず）の場所を変更して燃料電池ユニットのサイズを変更するため、メーカーはフォトレジストおよびフォトマスクを適用する。

【0095】

燃料電池ユニット812および814等の下流燃料電池ユニットは、より小さい領域を有するため、燃料電池ユニット802および804等の上流燃料電池ユニットよりも大きい電流密度を有することとなる。しかし代替の実施形態において、下流燃料電池ユニットが、より大きい活性領域を有し、特定の状況においては、これが有利であり得る。

【0096】

上述の構成、機器、および方法は、全て本明細書中に参照によってその全体が一体化される米国特許および公報第2005/0069737; 2005/0132648; 6,939,632; 2004/0241061; 2004/0072039; 2005/0249993; 6,680,139; 2004/0028975; 6,852,436; 6,623,881; 2003/0096147; 2005/0221131; 5,925,477; 5,190,834; 5,479,178; 6,183,897; および5,595,833に記載されたものを含む他の構成、機器、および方法と何らかの作動上組み合わせられて使用され得る。

【0097】

上記の燃料電池アセンブリは、固体電解質型燃料電池および／またはプロトン交換膜型燃料電池（PEM:proton exchange membrane fuel cells、固体高分子型燃料電池）等の任意のタイプの燃料電池であってよい。これらは、燃料改質器、一式の燃料電池膜、後部ガスバーナー、および全ての内部流体マニホールドの1以上の機能を1つの熱ゾーンに一体化するハウジング内に提供され得

、任意数の製作技術を介して製作され得る。特に本発明の実施形態は、MEMS（微小電気機械システム）技術またはマイクロマシニング技術を使用して製作され得る。このような技術により、薄膜材料（例えば薄膜電解質層、アノード、カソードおよび／または電気接続）を、流体流の制御のためのエッチングされた微小流路と共に、熱伝導性でありかつ機械的に頑丈な共通基板上に一体化することが可能となる。

【0098】

例えば一体化したハウジングは、実質的に平面または非平面の半導体構造のグループから組み立てられ得る。特に、5個のシリコン基板が共に結合されて、さまざまな燃料電池装置部材が中に一体化された「ボックス」を形成することができる。5個のシリコン基板を共に一体化することでスタックされた構成となる。1つの実施形態において、基板は、次のようにスタックされ得る（1）流体相互接続を含む燃料改質器基板、（2）膜電極アセンブリ、（3）流体経路付け層、（4）別の膜電極アセンブリ、および（5）後部ガスバーナーを含む上部流体経路付け層。このようにして層のスタックが、一体化した燃料電池装置の一部または全部を形成することができる。

10

【0099】

特定の実施形態において、燃料電池膜および他のマニホールド構造を構築するための基板としてシリコンが選択される。しかしガラスおよびセラミックの硬質ウェハ、固体電解質型燃料電池に要求される高温強度を呈する全ての材料中に、流体流経路を構築するためのマイクロマシニング技術も存在する。膜アセンブリの異なる点間で電氣的短絡を抑止するため、シリコン基板が酸化ケイ素または窒化ケイ素の層でコーティングされて電氣的に絶縁され得る。

20

【0100】

エッチングされた流体微小経路は、湿式化学エッチングおよび乾式化学エッチング、レーザーアブレーション、ダイヤモンドミリング、テープ成形、または射出成形を含むさまざまな技術によって上記の基板に形成される。融着、陽極接合、共晶はんだ材料または薄膜によるシーリング、あるいはガラスフリットによるシーリングを含むさまざまな基板またはウェハ接合技術が利用可能である。

【0101】

アノード、カソード、および電解質層を含む燃料電池アセンブリは、スパッタリング、蒸着、化学蒸着、レーザーアブレーション、スクリーン印刷、浸漬コーティング、蒸気噴霧技術を含むさまざまな薄膜および厚膜堆積技術によって堆積され得る。

30

【0102】

この発明は、特にその好適な実施形態を参照して示し記載してきたが、形式および詳細におけるさまざまな改変が、添付の特許請求範囲によって包含される本発明の範囲から逸脱することなく、その中でなされ得ることが当業者によって理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0103】

これらと他の特徴および利点は、上記の例示の説明により添付の図面を参照してさらに十分に理解されよう。図中類似の要素は、類似の参照符号でラベル付けされており、同一縮尺とは限らない。

40

【図1】本発明の例示の実施形態による燃料電池アセンブリを示す。

【図2A】本発明の例示の実施形態による燃料電池ユニットの平面スタックの断面図を示す。

【図2B】図2Aのスタックの上面図を示す。

【図3A】本発明の例示の実施形態による図2の平面燃料電池スタックの近接図を示す。

【図3B】隣接する燃料電池ユニットにおいて電極が重ならない代替の平面スタック構成を示す。

【図4】本発明の例示の実施形態による1つの燃料電池ユニットの電極を平面スタックにおいて隣接する燃料電池ユニットの電極に接続するための代替の相互接続を有する平面スタックの断面図である。

50

【図 5】図 4 の燃料電池スタックの上面図である。

【図 6】各電極相互接続と整列した構造サポート部材を含む平面燃料電池スタックを示す。

。

【図 7】本発明の例示の実施形態による図 6 の平面燃料電池スタックの上面図を示す。

【図 8】別の構造サポートを有する図 7 のスタックを示す。

【図 9】本発明の例示の実施形態による構造サポートの代替的構成を示す。

【図 10】本発明の例示の実施形態による平面燃料電池スタックの上面図を示す。

【図 11】図 10 の上面図の近接図を示す。

【図 12】基板を提供する工程および電解質層を堆積する工程を含む平面燃料電池スタックを製造する方法における工程を示す。

10

【図 13】本発明の例示の実施形態による、相互接続を形成する工程を含む平面燃料電池スタックを製造する方法における工程を示す。

【図 14】本発明の例示の実施形態による、基板をエッチングして構造サポートを形成する工程を含む平面燃料電池スタックを製造する方法における工程を示す。

【図 15】本発明の例示の実施形態による、電解質層上に電極を堆積する工程を含む平面燃料電池スタックを製造する方法における工程を示す。

【図 16】本発明の例示の実施形態による、平面燃料電池スタックの垂直スタックを示す。

。

【図 17】並列に接続された燃料電池ユニットの複数の直列電気接続を含む平面燃料電池スタックを示す。当該並列接続は、本発明の例示の実施形態による薄膜コネクタによって形成されている。

20

【図 18】直列に接続された燃料電池ユニットの複数の直列電気接続を示す。ここで燃料電池ユニットは、本発明の例示の実施形態に従って、複数列において配列されており、薄膜コネクタによって相互接続が形成されている。

【図 19】本発明の例示の実施形態に従って、それぞれが異なる出力を有する 2 つのグループの燃料電池ユニットを示す。

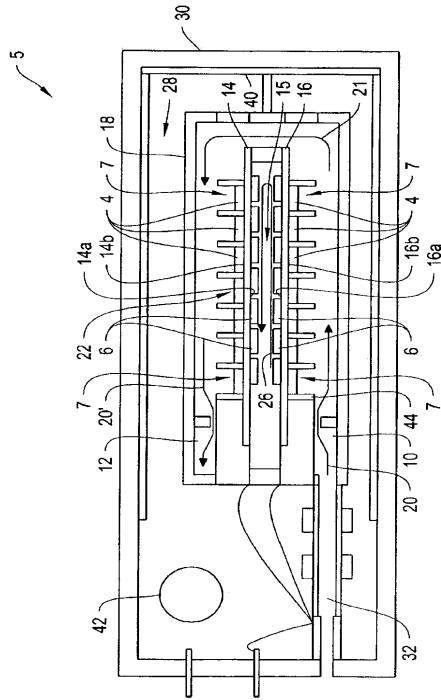
【図 20】本発明の例示の実施形態に従って、一方のグループが燃料流に沿って下流に配置されており、他方のグループよりも高い電流密度を有する 2 つのグループの燃料電池ユニットを示す。

【図 21】本発明の例示の実施形態に従って、それぞれが異なる数の燃料電池を有し、さらに燃料電池間で直列および並列相互接続のさまざまな組み合わせを含む 2 つのグループの燃料電池ユニットを含む燃料電池アセンブリを示す。

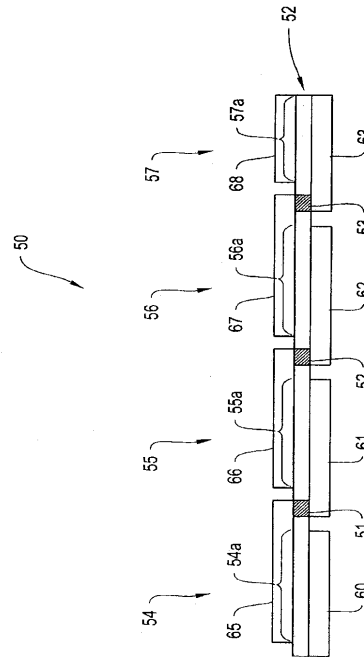
30

【図 22】本発明の例示の実施形態に従って、燃料電池ユニットが、燃料流に沿ってそれぞれの場所に従った大きさにされている複数の燃料電池ユニットと 1 つの燃料流を示す。

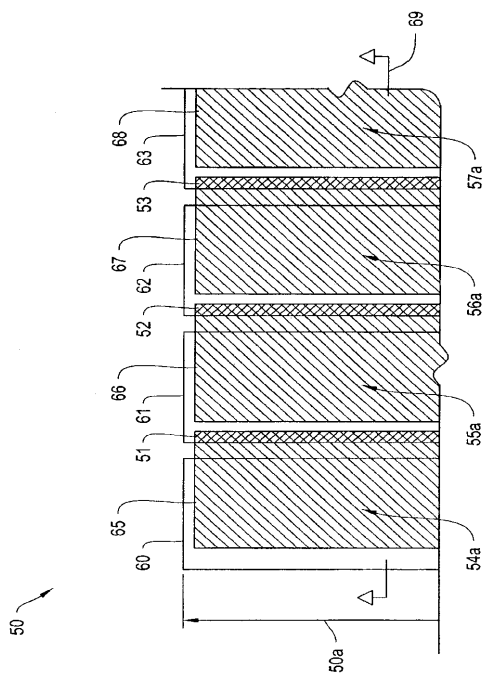
【図 1】



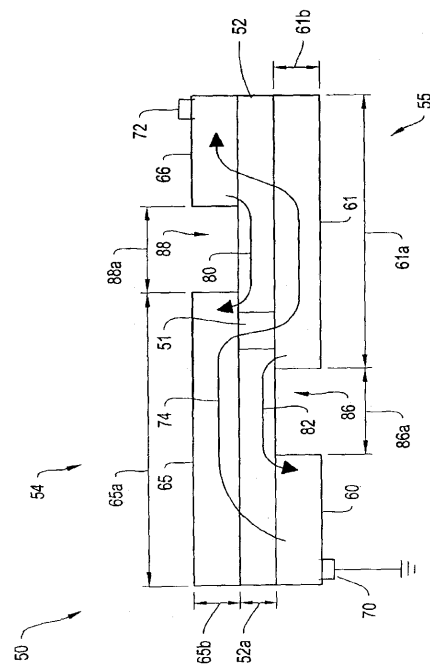
【図 2 A】



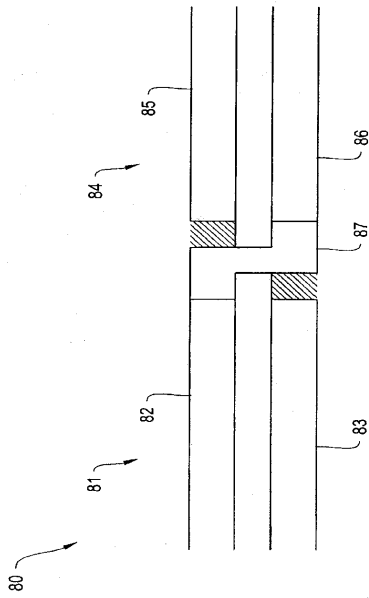
【図 2 B】



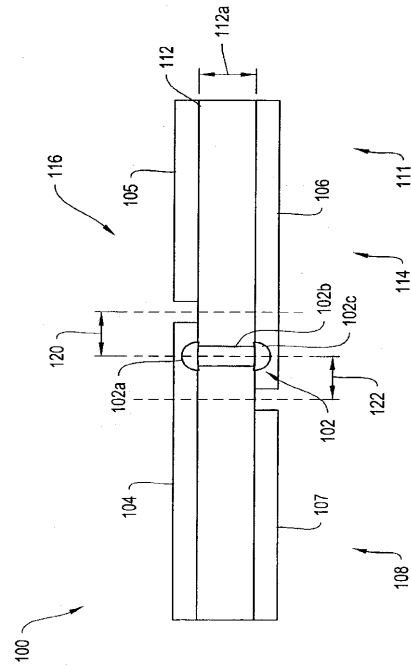
【図 3 A】



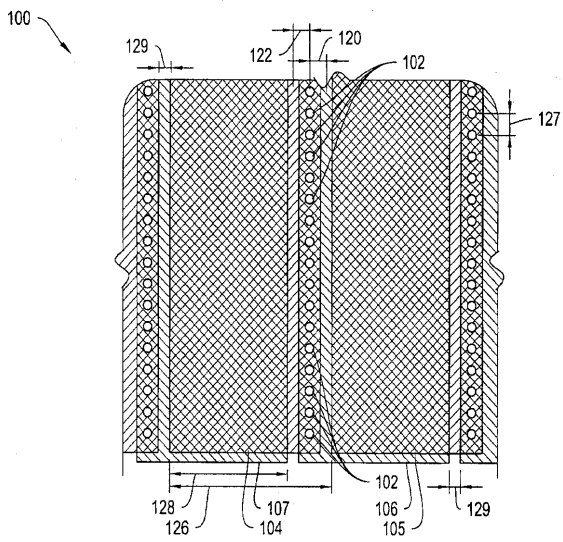
【図 3 B】



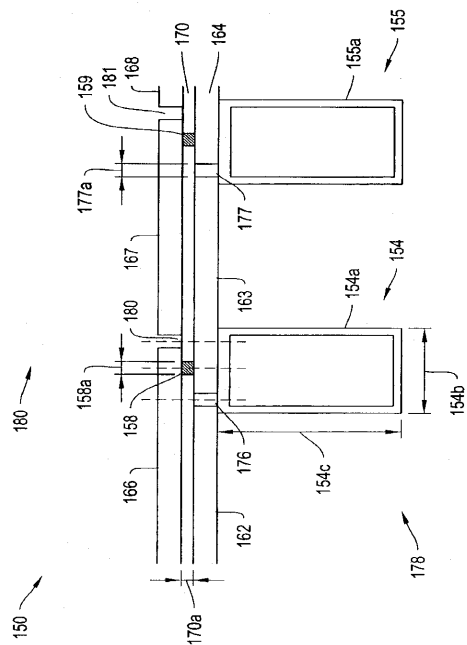
【図 4】



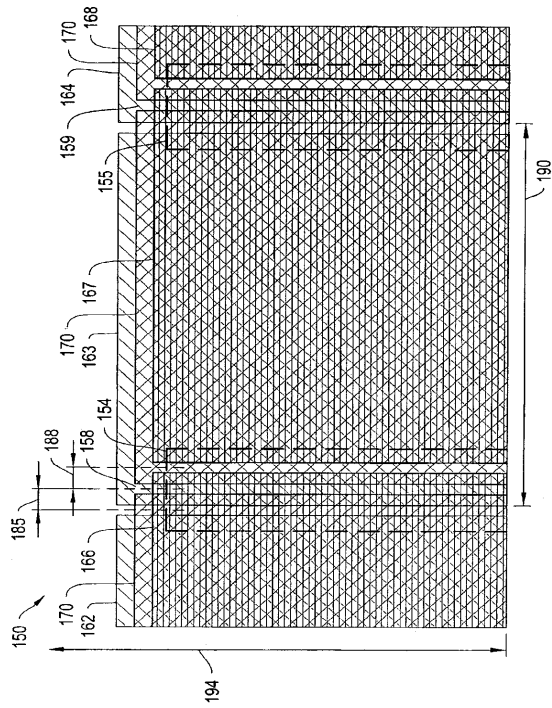
【図 5】



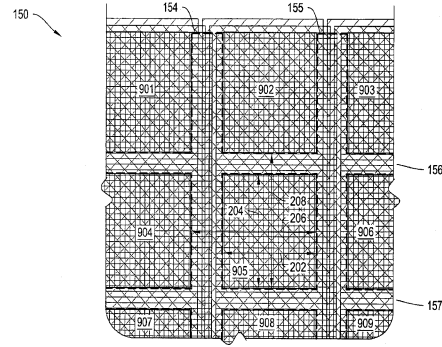
【図 6】



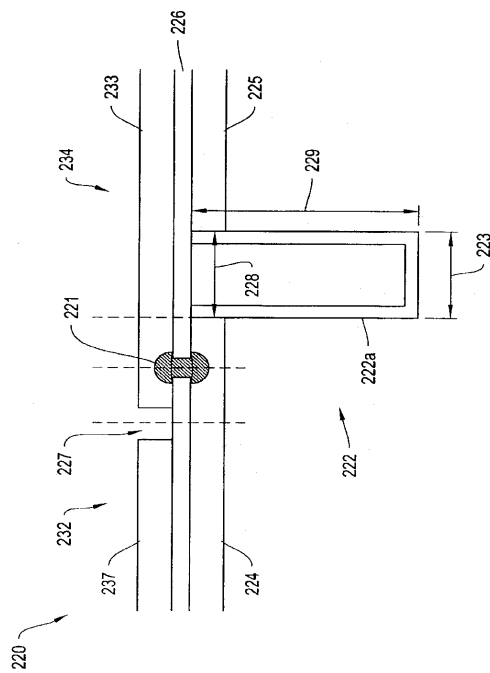
【図 7】



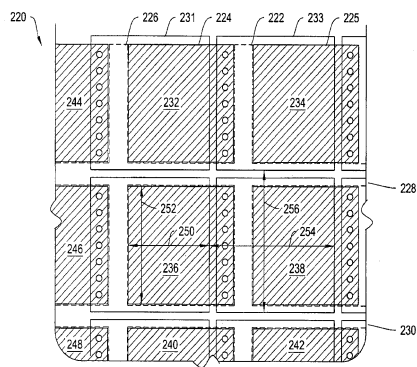
【図 8】



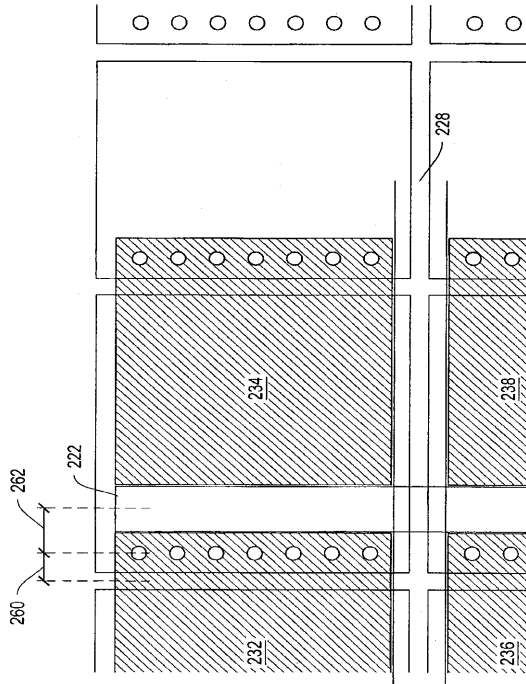
【図 9】



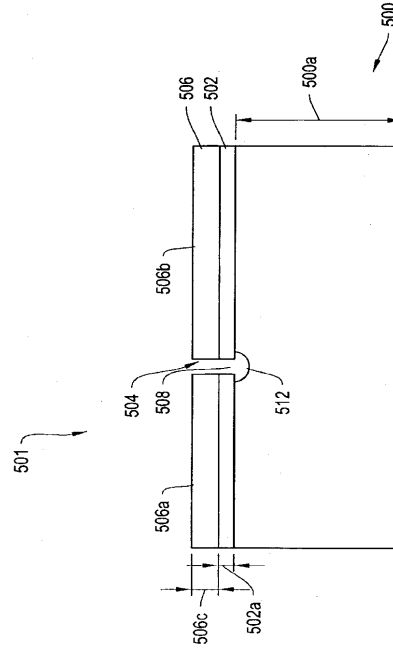
【図 10】



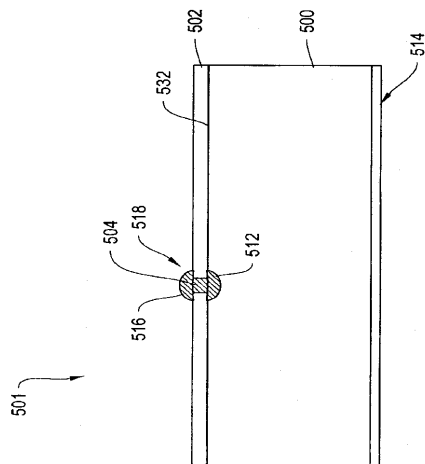
【図 1 1】



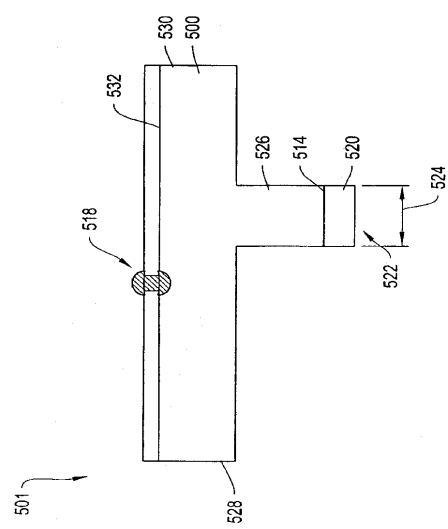
【図 1 2】



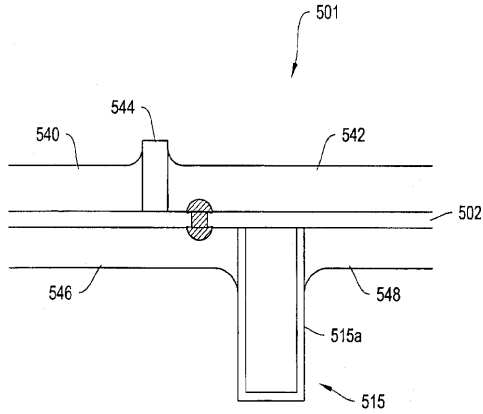
【図 1 3】



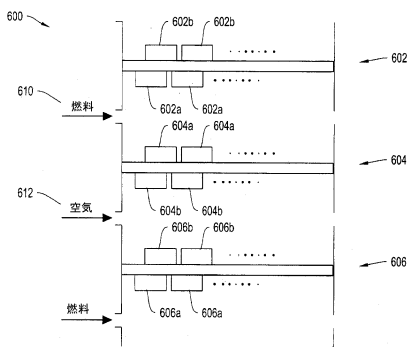
【図 1 4】



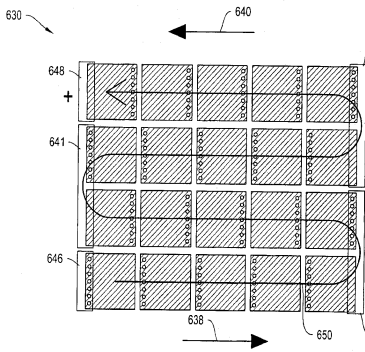
【図 15】



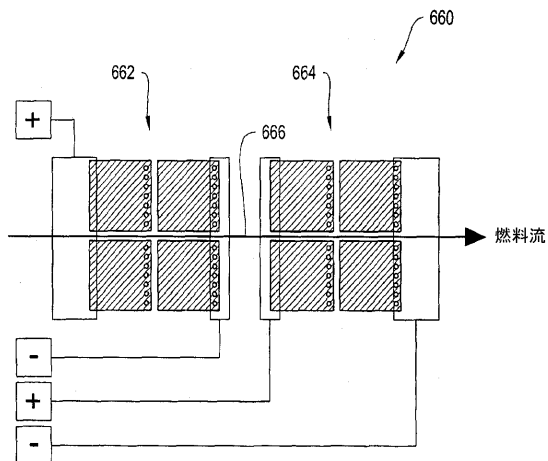
【図 16】



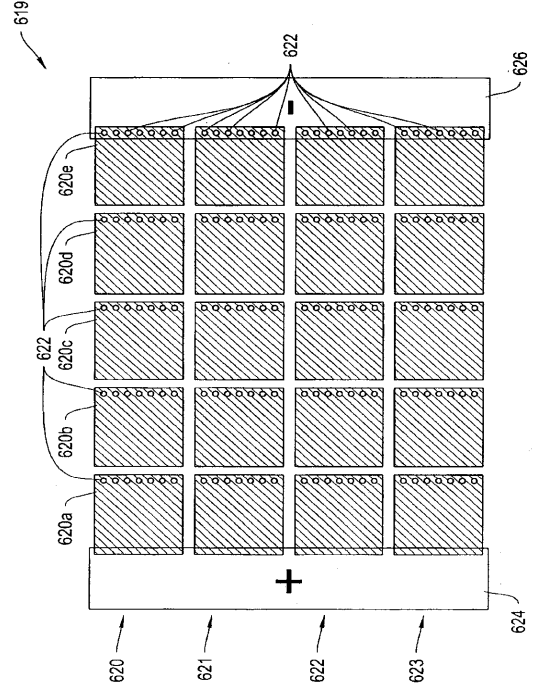
【図 18】



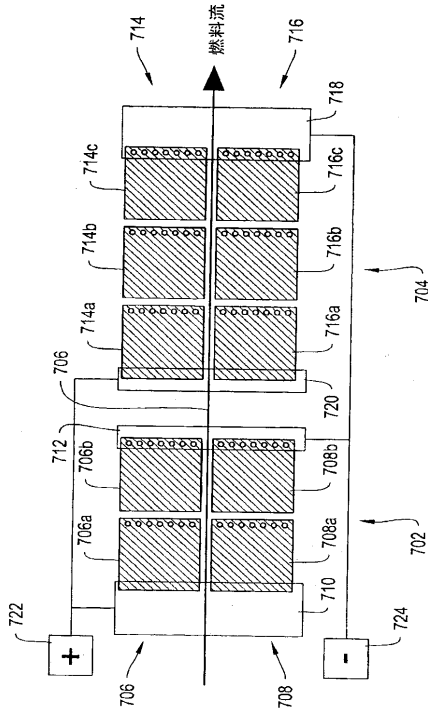
【図 19】



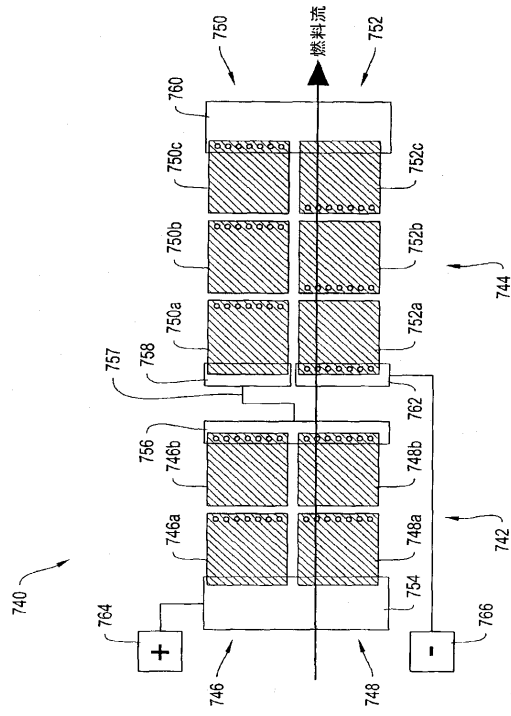
【図 17】



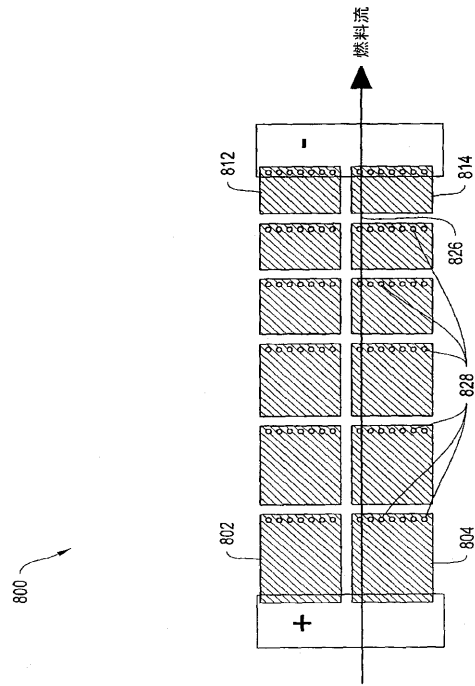
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 フランツ, アレクサンダー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01890 ウィンチェスター キーナン ドライブ 6
- (72)発明者 バイアーズ, ザカリー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02138 ケンブリッジ コンコード アベニュー 4
15
- (72)発明者 バートン, ロジャー, ダブリュー.
アメリカ合衆国 ミネソタ州 55604 グラン マレ ピーオー ボックス 791

審査官 藤原 敬士

- (56)参考文献 特開2001-273914 (JP, A)
特開2002-329506 (JP, A)
特開平03-067468 (JP, A)
米国特許出願公開第2003/0039874 (US, A1)
欧州特許出願公開第00338823 (EP, A1)
欧州特許出願公開第00482783 (EP, A2)
欧州特許出願公開第01353394 (EP, A1)
欧州特許出願公開第01508932 (EP, A2)
国際公開第96/029751 (WO, A1)
国際公開第03/081693 (WO, A2)
国際公開第2005/015675 (WO, A2)
国際公開第2006/125218 (WO, A2)
独国特許出願公開第04213728 (DE, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| H01M | 8/24 |
| H01M | 8/02 |
| H01M | 8/12 |