

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年5月22日 (22.05.2003)

PCT

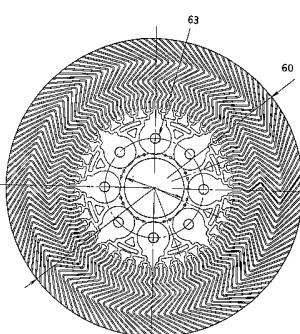
(10) 国際公開番号
WO 03/043110 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01M 8/02, 8/04, 8/12, 8/24
(21) 国際出願番号: PCT/JP02/11124
(22) 国際出願日: 2002年10月25日 (25.10.2002)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2001-328631
2001年10月26日 (26.10.2001) JP
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友精密工業株式会社 (SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-10 Hyogo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 折島 寛 (ORISHIMA,Hiroshi) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-10 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 平川 雅弘 (HIRAKAWA,Masahiro) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-10 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 加島 昭一 (KASHIMA,Shouichi) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-10 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).
(74) 代理人: 池条 重信 (IKEJYO,Shigenobu); 〒541-0044 大阪府大阪市中央区伏見町3丁目3-3 芝川ビル Osaka (JP).
(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,

[続葉有]

(54) Title: FUEL CELL

(54) 発明の名称: 燃料電池



(57) Abstract: A solid oxide fuel cell capable of increasing a thermal cycle resistance by uniformizing the flow and distribution of the gas of air and fuel in cells, wherein a center through-hole and a plurality of peripheral through-holes are formed at the center part of a cell formation plate and at the center parts of gas separator plates, respectively, and a reaction gas passage is formed at the outer peripheral parts of the gas separator plates.

(57) 要約:

この発明の属する技術分野は固体酸化物燃料電池分野である。

この発明が解決しようとする課題は、セルの空気及び燃料のガスの流れや分布を均一にしてサーマルサイクル耐性を高めることである。

この課題を解決するために、この発明では、セル構成板の中止部およびガスセパレート板の中心部に、中心貫通孔及び複数個の周囲貫通孔を形成し、且つ、ガスセパレータ板の外周部に反応ガス用通路を形成している。

WO 03/043110 A1



NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

燃料電池

技術分野

この発明は、固体酸化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cells、以下SOFCと略記する)の新規な構成に係り、ガス通路孔部を基板の中心部に設ける構成によって、セル構成板と金属製ガスセパレータ板を極めて薄く形成でき、例えば積層したセル構成板のピッチを2mm以下となし、また基板の中央のガス通路孔部で積層した基板全体を締結して高温作動時に生じるサーマルサイクル耐性を高めることが可能で、特に金属板の両面にエッティングでガス通路の形成をしたガスセパレータ板を用いることで、部品点数が少なく小型、軽量化が可能で安価に提供できる燃料電池に関する。

背景技術

今日、実用化されているSOFCの構成に、燃料極としてニッケルとイットリア安定化ジルコニアとのサーメット多孔体、固定電解質としてイットリア安定化ジルコニア、空気極としてランタンマンガナイト、インターフェクト材としてランタンクロマイトを用い、一端を閉塞した円筒型のセルとして、これを多数個束ねるようにしてスタックユニットを形成する、いわゆる円筒型SOFCがある。

また、板状の多孔体からなる燃料極、電解質、多孔体からなる酸素極を順次積層したセルを、緻密体のインターフェクト板で挟む構成となして、これを積層スタック配置する、いわゆる平板型SOFCが実用化されている。

燃料電池発電の基本構成は、上記のごとく燃料の改質、電池本体、電池から発生する直流を交流に変換するインバータからなるが、SOFCは、燃料として水素(H₂)の他にメタン(CH₄)などを燃料として取り入れることができ、電池部

でも燃料ガスの改質(内部改質)が可能であるとされている。すなわち、電池で反応した残りの未燃ガスは燃焼させ、その燃焼熱を改質反応(吸熱反応)に利用することが可能である。

SOFCは、熱の利用効率が高いことにより、50%以上の発電効率が期待でき、また、電池作動温度が1000°Cと高温であることから、その排熱を蒸気回収器により高温蒸気を回収するコージェネレーションシステムへの適用が期待できると考えられている。

セルは、耐熱性を考慮して一般に固体セラミックスに形成され、また発電効率を図るためセルを束ねたり、スタック配置するため、各部材間の温度差や熱膨張係数の差異などに起因する割れに対する対策が求められている。

前記平板型SOFCは、セル密度を高くできるが、積層体構造のため、セルの各部の熱膨張率差や平面方向の温度分布のばらつきを少なくして、サーマルサイクル耐性を向上させるかが重要であって、基本的にサーマルサイクル耐性に劣る問題がある。

円筒型SOFCは、セル上端だけ固定する構成を採用すると、サーマルサイクル耐性に対する円筒長手方向の膨張収縮に関して信頼性が高い特徴を有する。しかし、円筒型セルを多数束ねて配置する構造、並びに空気や燃料を効率よく流れるようにした構造は複雑で、空間利用効率が低くスペースを取り、セラミックス材の電気伝導が劣ることから電力出力が低くなり、電気接続もニッケルフェルトを挟むなどの特別の配慮を行う必要がある。

発明の開示

この発明は、セルのガス配管、通路系統を極めて簡素にできる基本構成を目的としている。また、この発明は、発電効率を大きく向上させるため、未燃ガスをできるだけ減少させるためにスタック構造を有するSOFCを提案することを目的としている。

また、この発明は、部品点数が少なく軽量、コンパクトで安価に製造できる構成からなるSOFCを提案することを目的としている。

さらに、この発明は、セルの空気及び燃料のガスの流れや分布並びに発生した熱や応力の分布を均一にしてサーマルサイクル耐性が生じ難い構成からなるSOFCを提案することを目的としている。

発明者らは、SOFCにおいて、空気(酸化剤)ガス及び水素(燃料)ガスの流れや分布を均一にできる構成について種々検討した結果、ディスク基板の中央から放射状にガス通路を設けること、そのためにディスク基板の中央に貫通孔を設けてガスの導入出部を集中させることに着目したところ、基板中央部に板の軸中心にガス通路用の中心貫通孔を有しあつこれを中心として対称位置に複数のガス通路用の周囲貫通孔を配置したガス通路孔部を形成すると、積層した各セル基板などを中央部のガス通路孔部で支持、締め付けが可能で、燃料ガス及び酸化剤ガスの各ガス流れの最適化を図りかつガス分布を各々均一にでき、特に温度分布が半径方向に均一となり、熱膨張に伴う熱応力等の発生が少なく、サーマルストレスが発生し難い構成であることを知見した。

また、発明者らは、前記中心貫通孔とこれを中心として対称位置に複数の周囲貫通孔を配置したガス通路孔部は、前述の積層したスタックユニットの中央部での支持、締め付け用にシャフトを挿通配置することができる他、該シャフトを利用したり、ヒートパイプや二重管等を用いてガスの加熱や排熱処理を行うなどの熱交換手段を適宜配置できることを知見した。

また、発明者らは、基板中央部に前記ガス通路孔部を形成することによつて、固体電解質基板の軸中心部のガス通路孔部の外周側の各基板主面に燃料側電極層と空気側電極層をそれぞれ成膜した構成のセル構成板を採用でき、セル構成板を薄板化できるため、金属製の薄板のガスセパレータ板とを適宜積層配置することで、前記セルのスタックを中央部で支持、締め付けできることと相まって極めて軽量、コンパクトな燃料電池を構成できることを知見した。

また、発明者らは、ガスセパレータ板には、ガス通路孔部の外周側の各基板の片面又は両主面に燃料通路又は空気通路パターンがそれぞれ形成された構成を採用できること、この通路パターンは、板の主面に金属又は合金材のメッキ部材あるいは打ち抜き又はエッチング部材を配置して容易に形成でき、また、金属又は合金板を用いてその表面をエッティングすることで容易に通路パターンを形成でき、前記の固体電解質基板の両面に電極を成膜したセル構成板とともに薄板化が可能で、例えばセル構成板とガスセパレータ板が交互に積層された構成で、その積層ピッチを2mm以下、1mm程度にもでき、極めて軽量、コンパクトな燃料電池を構成できることを知見した。

さらに、発明者らは、上述の薄板の主面に電極層やガス通路パターンを形成した構成を採用することで、ガスセパレータ板はインターロケクターとして2つのガス通路形状を各々のガス組成と流量に合わせて別々に設計して形成することが可能となること、ガスセパレータ板の両面にエッティングにて形成するかあるいはメッキ部材、エッティング部材を配置してガス通路の精密なパターン形成できることから、ガス流れの最適化による電池性能の向上を図ることができ、また金属を使用することで集電能力が高く発電ロスが少ない構成を実現できることを知見した。

すなわち、この発明による燃料電池は、中心軸と同心配置の中心貫通孔とその周囲に設ける複数個の周囲貫通孔とから形成される通路孔部を円板中心部に有したセル構成板と、前記と同様構成の通路孔部を円板中心部に有してその外周側主面にガス通路を有するガスセパレータ板とを積層した積層体であり、各貫通孔のいずれか又は全てを燃料又は酸化剤のガス通路となし、かつ通路孔部に形成するガス通路パターンにより積層板間のガス通路とを接続又は遮断した構成からなることを特徴とする。

また、発明者らは、上記構成の燃料電池において、中心貫通孔と周囲貫通孔のうち少なくとも1孔を積層体の締結用シャフトの挿通用孔として専用使用ま

たはガス通路と兼用使用する構成を採用すると、薄円板を多数積層したスタック構造の燃料電池、すなわち円柱状積層体の軸心部で支持することから、熱バランスかつサーマルサイクル耐性に優れることを知見した。

また、発明者らは、上記構成の燃料電池において、燃料ガスと酸化剤ガスのガス流れに、中央の通路孔部から積層板間の放射方向の反応用ガス通路を経て積層体外周部へ放出されるフローアウト、又は逆に積層体外周部から積層板間の反応用ガス通路を経て中央の通路孔部へ導入されるフローインするオープンガス流構成、あるいは中央の通路孔部から積層板間の反応用のガス通路を経て積層体外周側から再度中央の通路孔部へ戻るクローズドガス流構成を採用することが可能であること、すなわち燃料ガスと酸化剤ガスが共にフローアウトのオープンガス流かクローズドガス流である構成、あるいは燃料ガスと酸化剤ガスのガス流れが相互に異なってオープンガス流(フローアウト又はフローイン)かクローズドガス流のいずれかである構成を採用でき、発電効率の向上、構造の簡素化、ガス回収の高効率化等の用途や機能の追求に応じた種々構成の燃料電池を提供できることを知見した。

さらに、発明者らは、上記構成の燃料電池において、燃料ガスと酸化剤ガスのガス流にいずれのフローを採用しても、発生した熱量に応じて酸化剤ガスの流量を増大させること、ガスセパレータ板の板厚みを増大させて熱の放散を図ることで積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化できること、特に積層体の中心側より外周側へ燃料ガスを流し、酸化剤ガスを外周側から中心側へと流す構成となして、積層体の中心側に圧縮応力を発生させる構成を採用すると、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化でき、熱バランスかつサーマルサイクル耐性に優れることを知見し、この発明を完成した。

図面の説明

図1Aはこの発明によるセル構成板の正面説明図、図1Bは側面説明図である。

図2Aはこの発明によるガスセパレータ板の正面説明図、図2Bはその裏面側説明図である。

図3は、この発明によるセル構成板とガスセパレータ板の積層構成を示す分解説明図である。

図4は、この発明によるセル構成板とガスセパレータ板の他の積層構成を示す分解説明図である。

図5Aはこの発明による他のガスセパレータ板の正面説明図、図5Bはその裏面側説明図である。

図6Aはこの発明による他のガスセパレータ板の正面説明図、図6Bはその裏面側説明図である。

図7Aはこの発明による他のガスセパレータ板の正面説明図、図7Bはその裏面側説明図である。

図8は、この発明による他のガスセパレータ板の正面説明図である。

図9Aは実施例1におけるセルスタックユニットの温度分布図[位置(中心よりの距離mm/温度(°C)]、図9Bは応力分布図[位置(中心よりの距離mm/応力(kg/mm²)]である。

図10Aは実施例2におけるセルスタックユニットの温度分布図[位置(中心よりの距離mm/温度(°C)]、図10Bは応力分布図[位置(中心よりの距離mm/応力(kg/mm²)]である。

図11Aは実施例3におけるセルスタックユニットの温度分布図[位置(中心よりの距離mm/温度(°C)]、図11Bは応力分布図[位置(中心よりの距離mm/応力(kg/mm²)]である。

図12Aは実施例4におけるセルスタックユニットの温度分布図[位置(中心よりの距離mm/温度(°C)]、図12Bは応力分布図[位置(中心よりの距離mm/応力(kg/mm²)]である。

図13Aは実施例5におけるセルスタックユニットの温度分布図[位置(中心よりの距離mm/温度(°C)]、図13Bは応力分布図[位置(中心よりの距離mm/応力(kg/mm²)]である。

図14Aは実施例6におけるセルスタックユニットの温度分布図[位置(中心よりの距離mm/温度(°C)]、図14Bは応力分布図[位置(中心よりの距離mm/応力(kg/mm²)]である。

図15は、実施例6におけるセルスタックユニットの出力電圧電流より求めた性能曲線図である。

発明を実施するための最良の形態

この発明は、薄板状のセル構成板とガスセパレータ板とを積層して形成した燃料電池の構成、特に反応ガスの流れは基本的に各薄板の主面に沿って中央部から放射状に外周部へと流れるか、逆に外周部の全周から中央部に向かって流れるか、あるいは中央部から放射状に外周部へと流れて再度中央部に戻るようガス通路を設け、酸化剤ガス及び燃料ガスの供給通路と分配のための通路を全て各薄板の中心部に貫通孔を設けて形成したもので、積層した際に積層方向の貫通孔にガスの供給通路が形成される燃料電池の構成を特徴としている。

図1に示すセル構成板1は、ここでは薄円板からなる固体電解質基板2の軸中心に燃料ガス通路用の中心貫通孔3を有し、かつこれを中心として対称位置に複数の酸化剤ガス通路用、ここでは4個の周囲貫通孔4a～4dを配置したガス通路孔部5を形成してある。すなわち、ガス通路孔部5は、軸中心にある1つの中心貫通孔3と、その周囲に軸対称に配置された2つ以上の周囲貫通孔4により構成される。

また、セル構成板1は、ここでは固体電解質基板2の両正面の全面に、それぞれ燃料側電極層6と酸化剤側電極層7を成膜してある。

図2にガスセパレータ板10を示すが、上記のガスセパレータ板10と同様にここで薄円板からなる金属基板11の軸中心に燃料ガス通路用の中心貫通孔12を有し、これを中心として対称位置に4個の酸化剤ガス通路用の周囲貫通孔13a～13dを配置したガス通路孔部14を形成してある。

また、ガスセパレータ板10は、その正面にガス通路パターンを形成してあるが、図2Aに示す例は、酸化剤ガス用パターンであり、中心貫通孔12と周囲貫通孔13a～13dとの間のガス通路孔部14に凸部15を形成してあり、また周囲貫通孔13a～13dの外周側に放射状に小突起16を形成し、セル構成板1と積層した際に中心貫通孔12は前記凸部15に外周部を閉塞されるため、セル構成板1とガスセパレータ板10との間には中心貫通孔12から燃料ガスは供給されない。

しかし、周囲貫通孔13a～13dの周囲は、小突起16が間隔を置いて配置されるために、同孔より酸化剤ガスがセル構成板1とガスセパレータ板10との間に供給されて分散することとなる。

また、図2Bに示す例は、ガスセパレータ板10の燃料ガス用通路パターンであり、周囲貫通孔13a～13dの周囲に凸部17a～17dを形成してあり、また周囲貫通孔13a～13dの外周側に同心円状多数の円弧状凸部18と放射状凸部19とを形成して、ガス通路孔部14から放射方向にかつ蛇行するガス通路パターンを設けてある。従って、セル構成板1と積層した際に周囲貫通孔13a～13dは前記凸部17に外周部を閉塞されるため、セル構成板1とガスセパレータ板10との間に酸化剤ガスが進入することなく、中心貫通孔12から燃料ガスが供給、分散されることになる。

図2に示すガスセパレータ板10は、ステンレス鋼のように金属又は合金材により構成することで、前述のガス通路パターンを構成する各種の凸部

15,17a～17d,18,19や小突起16を残すように所要部をマスキングして行うエッチング処理にて容易にかつ精密に形成することが可能である。

このエッチング処理にて前記の蛇行する燃料ガス用通路内に集電用突起部を設けることができる。ガス流れに影響を与えないように所要間隔で針を配置するように、例えば1mm以下の幅又は径の突起や条を3mm以下のピッチで製作できる。

ガスセパレータ板10の正面に設けるガス通路パターンは、ステンレス鋼薄板の片面に燃料ガス用通路パターンあるいは酸化剤ガス用通路パターンのいずれかを設けることもでき、両面にそれぞれ燃料ガス用と酸化剤ガス用ガス通路パターンを設けることができる。

ガスセパレータ板には、インターロネクト材として使用可能な公知の金属材料が適宜選定でき、耐熱性や耐食性、さらには他部材との熱膨張係数の整合性を考慮すると、フェライト系合金、オーステナイト系合金、Fe-Cr-W系合金材料が好ましい。例えばフェライト系合金としてはSUS430など、オーステナイト系合金としてはSUS310などがある。また、Fe-18Cr-7W系等に代表されるFe-Cr-W系合金材料なども採用できる。

また、ガスセパレータ板表面には、各種コーティング材を設けることが可能で、例えば、酸化剤ガス側に電気接触抵抗の低減とフェライト鋼からのCr蒸発防止のために、(La,Sr)CrO₃などの酸化剤側電極材料と同様材料等を用いることができる。

なお、セル構成板1は、図1Bに示すように固体電解質基板2の両面にそれぞれ燃料側電極層6又は酸化剤側電極層7を成膜した構成とすることが可能であり、固体電解質並びに燃料側電極層、酸化剤側電極層の各材料には、公知のいずれの材料も採用できる。

例えば、固体電解質には、一般的な安定化ジルコニア、燃料側電極材料には、Ni/YSZサーメット、酸化剤側電極材料には、(La,Sr)MnO₃等、公知のいずれの材料も採用できる。

この発明において、セル構成板1とガスセパレータ板10の積層構成は、各基板のガス通路構成などに応じて種々の積層パターンが採用できる。例えば、図3に示す積層体例は、図1に示す固体電解質基板2の両面にそれぞれ燃料側電極層6又は酸化剤側電極層7を成膜したセル構成板1と、図2に示す燃料ガス用通路パターンと酸化剤ガス用通路パターンをステンレス鋼薄板の両面に設けたガスセパレータ板10とを交互に積層配置した構成からなる。

特に、ガスセパレータ板10の両面にエッチングでガス通路を形成すると、該板10の軽量化が顕著であり、かつ積層枚数の低減も可能であるから、積層したセルスタックユニットの軽量化が達成できる。

セル構成板1とガスセパレータ板10のガス通路孔部5,14は、前述したように軸中心に燃料ガス(F)通路用の中心貫通孔3,12を有し、これを中心として対称位置に4個の酸化剤ガス(A)通路用の周囲貫通孔4a～4d、13a～13dを配置したガス通路孔部5,14を形成してある。従って、図3に示すごとくセル構成板1とガスセパレータ板10を交互に積層することによって、積層方向に各貫通孔が連通して5本のガス通路が形成される。

図3では各薄板が当接した状態を示していないが、中心貫通孔3,12による燃料ガス通路から供給される燃料ガス(F)の水素は、各ガスセパレータ板10の下側面に導入分散されてセル構成板1の上側の燃料側電極層6と接触し、また周囲貫通孔4a～4d、13a～13dによる酸化剤ガス通路から供給される酸化剤ガス(A)の空気は、各ガスセパレータ板10の上側面に導入分散されてセル構成板1の下側の酸化剤側電極層7と接触し、セル構成板1とガスセパレータ板10の外周側に排出される。

図4に示す積層体例は、図3と同様構成のセル構成板1とガスセパレータ板20であるが、図3のガスセパレータ板10の両主面のガス通路は、金属基板をエッチング処理にて形成した溝により通路を構成しているのに対して、図4のガスセパレータ板20は、例えばガス通路孔部24はエッチング処理にて図2A,Bと同等に構成し、その外周側にリング状の金属メッシュ部材25を配置することで両主面にガス通路を形成している。

この場合、金属メッシュ部材25による集電能力の向上、すなわち発電ロスが少ない構成とすることができる。金属メッシュ部材には、JIS規格のステンレス鋼線、ニッケル合金線による平織り、綾織り等の構成が採用でき、線径も0.05~0.2mm程度のものから適宜選定できる。

なお、上記の金属メッシュ部材に換えて、ガス通路パターンを形成できる金属又は合金材の打ち抜き部材又はエッチング部材を用いて積層しても、同様の作用効果を奏することは言うまでもない。

図3と図4に示す積層体構成では、セル構成板1とガスセパレータ板10,20を積層して、中心貫通孔3,12,22内にシャフトを挿通して積層体の両端部に締結用ディスクを当接させ、これをシャフトにナット止めすることで、積層される板を各ガス通路孔部5,14,24で当接させて締結できるため、いわゆるスタック配置するセルを各円板の中央部で支持し、かつ締結用シャフトで締め付けて一体化でき、円板の同士の密着にてガス通路が形成されて、各ガスを中心から放射状に流すことが可能で、サーマルサイクル耐性の低減とともにガス流れを均等化できる。

この発明において、締結用シャフトを挿通する孔は、上記の例のように中心貫通孔のみの場合のほか、中心貫通孔と周囲貫通孔の一部又は全部を用いる場合、周囲貫通孔の一部又は全部を用いる場合など、種々のレイアウトが採用でき、いずれも単数又は複数のシャフトを軸対称配置して積層体を締結する構成が採用できる。

中心貫通孔と周囲貫通孔はガスの供給又は排出通路となるため、複数の締結用シャフトを所要の貫通孔内に挿通すると、ガス種により熱を受ける場合があり、各締結用シャフトへの入熱等が均等となるように通路とガス種を適宜選定するとよい。また、この締結用シャフトをバルクやヒートパイプの熱伝導体として、あるいは二重管などをを利用して、セルスタックユニットからの熱放出や熱回収を積極的に行う構成、あるいは所定ガスの加熱、温度管理を行う構成として利用することができる。

図3と図4に示すセルをスタック配置した積層構成では、積層したセルユニットを円筒体内に入れて、前記した外周部に排出されるガスを回収する構成が採用できる。又、図示しないが、セル構成板1とガスセパレータ板10,20の外周部に貫通孔を適宜配置してかつ前述のガス通路孔部と同様に酸化剤ガスと燃料ガスをそれぞれ個別に回収する連通孔を形成することも可能である。

図3と図4に示すセルユニット例では、酸化剤ガスと燃料ガスをそれぞれ中央の通路孔部から積層板間の放射方向のガス通路を経て積層体外周部へ放出されるオープンガス流構成である。

さらに、この発明の構成では、中央の通路孔部から積層板間の放射方向のガス通路を経て積層体外周側から再度中央の通路孔部へ戻るクローズドガス流構成を採用するが可能であり、酸化剤ガスおよび燃料ガスと共にクローズドガス流とするほか、酸化剤ガスと燃料ガスにオープンガス流構成とクローズドガス流構成を組み合せることが可能である。

図5Aに示すガスセパレータ板30は、図2Aに示す例と同様に、オープンガス流構成の酸化剤ガス用通路パターンであり、金属基板31の中心に設けた比較的大きな1つの中心貫通孔32と、その周囲に配置した内径の小さな8つの周囲貫通孔33a～33hとでガス通路孔部34が形成され、周囲貫通孔33a～33hの周囲に環状凸部35a～35hを形成しており、また周囲貫通孔33a～33hの外周側に同心円状に多数の小突起36を形成している。

図示しないが、中心貫通孔32と8つの周囲貫通孔33a～33hとで構成されるガス通路孔部を有し、各基板正面に燃料側電極層と酸化剤側電極層をそれぞれ成膜したセル構成板と、図5Aに示すガスセパレータ板30とが当接積層された際に、周囲貫通孔33a～33hは環状凸部35a～35hで閉塞されて、中心貫通孔32はセル構成板と当該ガスセパレータ板30との間に連通して、中心貫通孔32から供給される酸化剤ガスが環状凸部35a～35hの間を通って放射方向に供給され、小突起36にて分散されて板外周端より放出される。

また、図5Bに示す例は、ガスセパレータ板30の他正面に形成した燃料ガス用通路パターンであり、クローズドガス流構成をなしている。すなわち、金属基板31の中心に設けた中心貫通孔32の外周全てのうち周囲貫通孔33a～33hの周囲の一部を残して略環状の凸部37を形成してあり、また周囲貫通孔13a～13dの外周側に同心円状に多数の円弧状凸部38aと放射状凸部38bとを形成して略環状の凸部37と接続形成し、金属基板外周端にリング状凸部39を形成することで、前記の同様通路孔部を有するセル構成板と当該ガスセパレータ板30とが積層された際に、特定の周囲貫通孔33b,33c,33f,33gから供給される燃料ガスが放射方向に導入されてかつ蛇行して外周側へ進み、外周部から再度蛇行して中心側へ戻り、先とは別の特定の周囲貫通孔33a,33d,33e,33hに入るガス通路パターンを形成してある。

従って、図5A、図5Bに示すガスセパレータ板30とセル構成板とからなるセルをスタッツ配置した積層体の場合は、酸化剤ガスは中心貫通孔32から供給されてオープンガス流構成でセル外周側に排出され、燃料ガスは周囲貫通孔33b,33c,33f,33gから供給されて、先とは別の特定の周囲貫通孔33a,33d,33e,33hに入るクローズドガス流構成で回収されることになる。

また、図5A,Bに示すガスセパレータ板30とセル構成板とからなるセルをスタッツ配置した積層体の構成において、燃料ガスは、周囲貫通孔33b,33c,33f,33gから供給されて、先とは別の特定の周囲貫通孔

33a,33d,33e,33hに入るクローズドガス流構成で回収とともに、酸化剤ガスは、上述の構成例とは逆に、セル外周側の全周からガスセパレータ板30の同心円状に配置した多数の小突起36の間を通って中心貫通孔32へと流入するフローインガス流構成とすることができる。

図6に示すガスセパレータ板40は、燃料ガス用通路パターンと酸化剤ガス用通路パターンとが共にクローズドガス流構成となるように各通路が形成されている。図6Aに示す構成は燃料ガス用通路パターンであり、金属基板41の中心に設けた比較的内径の大きな1つの中心貫通孔42と、その周囲に配置した内径の小さな6つの周囲貫通孔43a～43fとでガス通路孔部44が形成され、周囲貫通孔43aの一部を除いて周囲貫通孔43b,43cの周囲に略半円状凸部44aを形成しており、同様に周囲貫通孔43dの一部を除いて周囲貫通孔43e,43fの周囲に略半円状凸部44bを形成して、2つの略半円状凸部44a,44bで中心貫通孔42を挟み、直径方向の通路を形成してある。

また、金属基板41上の略半円状凸部44a,44bには、その外周側に設けた円弧状凸部45を放射状凸部46と接続形成してあり、外周部にはリング状凸部47が形成され、同様構成の貫通孔を配置したガス通路孔部を有して各基板主面に燃料側電極層と酸化剤側電極層をそれぞれ成膜したセル構成板と積層した際に、中心貫通孔42から供給される燃料ガスを、放射状凸部46、円弧状凸部45に沿って蛇行させて、再度中央部へ戻して特定の周囲貫通孔43a、43dより回収する構成である。

図6Bに示す構成は、ガスセパレータ板40の他主面に形成された酸化剤ガス用通路パターンであり、貫通孔の配置は全く同じであり、中心貫通孔42の周囲と全ての周囲貫通孔43a～43fの周囲を覆うように略円状の凸部48が形成されるが、周囲貫通孔43b,43c,43e,43fの周囲には外周側を望むように凸部が除かれて通路部が形成されている。隣接配置される周囲貫通孔43b,43c間及び周囲貫通孔43e,43f間の凸部48と円弧状凸部45とをそれぞれ放射状凸部46で接続すること

とで、外周部リング状凸部47との間に半円主面上を蛇行する通路が形成されている。

図6Bに示す酸化剤ガス用通路パターンは、例えば囲貫通孔43eから導入された酸化剤ガスは、放射状凸部46、円弧状凸部45に沿って蛇行させて、再度中央部へ戻して導入側に隣接する周囲貫通孔43fより排出回収される。

従って、図6に示すガスセパレータ板40とセル構成板とからなるセルをスタッツ配置した積層体の場合は、燃料ガスは中心貫通孔42から供給されてクローズドガス流構成で特定の周囲貫通孔43a,43dに排出され、酸化剤ガスは周囲貫通孔43b,43eから供給されて、先とは別の特定の周囲貫通孔43c,43fに入るクローズドガス流構成で回収されることになる。

また、図6Bに示すクローズドガス流構成のガス通路パターンは、これをガスセパレータ板50の両面に形成することで、酸化剤ガスと燃料ガスをそれぞれクローズドガス流となすことができる。

すなわち、図7A,Bに示すごとく、金属基板51の中心に設けた比較的内径の大きな1つの中心貫通孔52と、その周囲に配置した内径の小さな8つの周囲貫通孔53a～53hとでガス通路孔部54が形成され、中心貫通孔52と周囲貫通孔53a～53hの周囲を囲むように貫通孔と通路の接続、遮断を決定する凸部55a,55bが配置される。

図7Aでは、凸部55aは周囲貫通孔53a,53h,53d,53eの周囲には外周側を望むように凸部が除かれて通路部が形成され、隣接配置される周囲貫通孔53a,53h間及び周囲貫通孔53d,53e間の凸部55aと円弧状凸部56とをそれぞれ放射状凸部57で接続することで、外周部リング状凸部58との間に半円主面上を蛇行する通路が形成されている。

この構成によって、図7Aのパターンを酸化剤ガスのガス通路とすることが可能であり、さらに図7Bに示すごとく、通路と連通する周囲貫通孔を変えるように図7Aの凸部55aのパターンから90度ずらした凸部55bの構成とすること

で、図7Aとは異なる周囲貫通孔53b,53c間及び周囲貫通孔53f,53g間で燃料ガスをそれぞれクローズドガス流となすことができる。

図8に示すガスセパレータ板60は、金属板の両面にエッチングでガス通路を形成する利点を最大限に追求したものである。すなわち供給ガス種類、ガスの圧力や流量等の違いに応じて、滞留なく均等に流れて反応効率が向上するよう考慮した流路パターンであり、かつ充分な集電性能が発揮されるパターンを選定して金属板の両面にそれぞれエッチングしたものである。

エッチングは、このように任意パターンでかつ精密に形成でき、また微細パターンで集電性能とガス拡散性の良いインターロネクタを製造できる。

通路パターンを詳述すると、図8は酸化剤ガス用通路パターンを示すもので、基本的には図5Aに示す中央から外周部へ流れるオープンガス流構成の酸化剤ガス用通路パターンと同様の考え方で構成されている。金属基板の中心に設けた内径の大きな1つの中心貫通孔と、その周囲に配置した内径の小さな8つの周囲貫通孔63とでガス通路孔部が形成され、かつこの周囲貫通孔の周囲に略環状凸部が形成され、また図5Aに示す同心円状に多数配置した小突起を千鳥状に接続するがごとく、細いクランク状凸部を所定間隔で放射状に配置することで、中心貫通孔から細いクランク状の通路を経て外周へ至る酸化剤ガス用通路が形成され、細いクランク状凸部(溝部)の連続でいわゆるヘリーンボーン模様を呈している。

図示しないが、図8に示す金属基板の裏面側主面に燃料ガス用通路パターンを設けるが、これも同様に細いクランク状凸部を形成し、また外周部にはリターン用連続通路を設けることで、周囲貫通孔から出た燃料ガスがヘリーンボーン模様の通路を往復して又隣接の周囲貫通孔へ戻るクローズドガス流を構成することができる。

燃料及び酸化剤ガスのガス流れ方向は、前述したオープンガス流構成、クローズドガス流構成、フローインガス流構成のいずれかを採用するが、ガス流の選定組合せにより、積層体に発生する応力が部位により異なる。

例えば、図5の構成において、燃料ガスがクローズドガス流で、酸化剤ガスがオープンガス流である場合は、周方向応力は中心側で引っ張り、外周部で圧縮応力が発生し、半径方向の応力は半径方向の中心と外周部で0、中間部で引っ張り応力が発生する。また、図5の構成において、燃料ガスがクローズドガス流で、酸化剤ガスがフローインガス流である場合は、先とは異なり、周方向応力は中心側で圧縮、外周部で引っ張り応力が発生し、半径方向の応力は半径方向の中心と外周部で0、中間部で圧縮応力が発生する。

さらに、上記半径方向の応力は、積層体の中心より少し外側近傍で強く発生する傾向があり、この応力の発生を避けるように、例えば中心貫通孔の内径を大きくしてこの応力発生点を孔内に含むようにすることは半径方向の応力の均等化に極めて有用である。

特に積層体の半径方向に発生する応力は、これを半径方向に均等にすることが望ましく、セルの単位面積当たりの発電能力が大きくなると、発熱量の増加になり、これが内外温度差の増加になり熱応力を増大させるため、内外温度差を低下させることで達成できる。従って、発生した熱をできるだけ分散させかつ早く放出させる必要がある。セルの単位面積や効率に応じて発生熱量が増大するが、熱量に応じて、燃料ガス流量に対する酸化剤ガス流量比を増大させることで、内外温度差を低下させ半径方向の温度分布を均等化できる。また、ガスセパレータ板厚みを厚くすることによっても放熱を促進できるため、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化できる。

燃料ガス流量に対する酸化剤ガス流量比は、ガス流構成に応じて適宜選定されるが、少なくとも燃料ガスの燃焼に必要な流量の4倍以上が好ましく、さら

に好ましくは8倍以上とすることで、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化することが可能となる。

また、ガスセパレータ板厚みは、積層体をコンパクトにするためにはできるだけ薄いほうが望ましいが、積層体の強度を得るにはガス流構成に応じて所定の厚みとすることが望ましく、例えば実施例にあるように、燃料側電極基板厚みに対して1.5~2.5倍程度の厚みとすることが好ましい。

実 施 例

実施例1

図1に示す構造と同様のセル構成板1として、直径120mm、厚み0.5mmのNi/YSZサーメット材の燃料側電極基板の一方面に、厚み0.008mmの安定化ジルコニア(8YSZ)膜を成膜し、さらに厚み0.05mmの(La,Sr)MnO₃材の酸化剤側電極膜を成膜して、総厚み0.558mmのセル構成板を作製した。なお、ガス通路孔部のパターンは図5と同様とし、発電有効部の外径は57mmで、ガス通路孔部は内径25mmに相当するよう構成した。

図5に示す構造のガスセパレータ板として、直径120mm、厚み0.8mmのフェライト鋼基板の両面に、エッチングにて基板厚み0.2mm、通路高さ0.3mmとなるようにガス通路パターンを形成して作製した。

得られたセル構成板とガスセパレータ板を交互に積層して、中心貫通孔内にシャフトを挿通して積層体の両端部にフェライト鋼製の締結用ディスクを当接させ、これをシャフトにナット止めすることで、積層される板を各ガス通路孔部で当接させて締結して、セルが30段となるセルスタックユニットを作製し、円筒内に配置し、燃料ガスはクローズドガス流構成で再燃焼可能にし、酸化剤ガスはオープンガス流構成でセル外に排気されて円筒内で回収するように構成した燃料電池を作製した。なお、セル構成板とガスセパレータ板を交互に積層

する際のガス通路部のシールは材料同士の当接のみでシール材は使用しなかった。

なお、線膨張係数(0~1000°C、 $\alpha \times 10^{-6}$)は、Ni/YSZサーメット材が12.5、 $(\text{La},\text{Sr})\text{MnO}_3$ 材が12.5、フェライト鋼が12.7と、各材料とも同等で、また安定化ジルコニア材は10.3であるが、これを薄膜で用いるため、線膨張係数を積層方向に厚みとともに見ると近似性が良好となり、円板を積層して中央部で締結する基本構造と相まって、サーマルサイクル耐性に優れている。

酸化剤ガスに空気(1~10wt%の水蒸気を含む)、燃料ガスに水素を使用し、圧力500Ps、反応温度700~800°Cで作動させて、発電効率を測定したところ、ガスの燃焼がそれぞれ一回であり効率としては不利なオープンガス流構成ではあるが、40%の発電効率が得られた。

実施例1における測定条件は、水素流量0.44g/s、空気流量70.0g/s、空気入口温度:700°C、水素燃料利用率70%、発電効率40%、空気流量は燃料ガスの水素ガスの燃焼に必要な流量の4.4倍であった。

実施例1におけるセルの温度分布と応力分布を調査したところ、セル表面の周方向の温度差は殆ど無視できることを確認し、図8Aの温度分布図、図8Bの応力分布図の結果を得た。図に示す σ_e は主応力、 σ_r は半径方向の応力、 σ_t は周方向の応力を示す。周方向応力は中心側で引っ張り、外周部で圧縮応力を示し、半径方向の応力は半径方向の中心と外周部で0、中間部で引っ張り応力を示している。中心側に高い主応力が認められる。

実施例2

実施例1と同じセルが30段となるセルスタックユニットを用いて、セル1枚当たりに水素流量0.44g/s、空気流量140.0g/s、空気入口温度:700°C、水素燃料利用率70%、発電効率40%、空気流量は燃料ガスの水素ガスの燃焼に必要な流量の8.8倍の条件で発電を行い、セルの温度分布と応力分布を調査した。

空気流量が2倍の条件で発電した場合、図9Aの温度分布図、図9Bの応力分布図に示すように、セルの内外の温度差が160°C(880°C/720°C)と、実施例1の基本条件250°C(1050°C/800°C)の約0.6倍に低下、熱応力も約0.6倍に低下している。温度分布パターンは基本条件の場合と同様であった。

実施例3

実施例1のガスセパレータ板を2mm相当までの厚みに換える以外は全く同じ条件で実施例1の発電を行ったところ、図10Aの温度分布図、図10Bの応力分布図に示すように、実施例1と比較するとセルの外側温度はあまり変化ないが、内側が高く(880°C)なり、内外の温度差が実施例2の場合とほぼ同程度である、実施例1の約0.6倍に低下、熱応力も約0.6倍に低下している。温度分布パターンは実施例1、2の場合と同様であった。

実施例4

実施例2と実施例3の条件、すなわち実施例1と同じセルが30段となるセルスタッツクユニットを用いて、空気流量が2倍、ガスセパレータ板を約2倍にする条件で発電を行ったところ、図11Aの温度分布図、図11Bの応力分布図に示すように、実施例2と実施例3の効果の和となり、セルの外側温度は空気流量が同じ実施例2とほぼ同じ温度(約870°C)になるが、内側の温度は実施例2の場合より約35°C高くなり、内外側の温度差は実施例3の場合より少なく、実施例1の約0.46倍に低下、熱応力も実施例1の約0.5倍に低下している。温度分布パターンはいずれの実施例とも同様であった。

実施例1~4の空気が中心部より外側に流れる構造では、冷却空気が流れに沿って温度上昇するため、中心(内)側の方が温度が低く、外側が温度が高くなることが分かる。この温度分布の影響で、セル内側で周方向に引っ張り方向の熱応力、セル外側で圧縮方向の熱応力を受ける。従って、空気流量の増加はセル外側の温度を低下させ、またガスセパレータ板厚の増加は熱量の拡散性が良

くなり、内外の温度差を低下させることができ、熱応力を小さくすることができる。

実施例5

実施例1と同様材料、寸法で図5の構成のガスセパレータ板及びこれと同様のガス通路部を形成したセル構成板とを作製して、セルが30段となるセルスタックユニットを作製して円筒内に配置し、燃料ガスはクローズドガス流構成で再燃焼可能にし、酸化剤ガスはセル外の円筒内に供給された空気がセル内に侵入するようにフローインガス流となるように構成した燃料電池を作製した。この例も、セル構成板とガスセパレータ板を交互に積層する際のガス通路部のシールは材料同士の当接のみでシール材は使用しなかった。

実施例1と同じセル1枚当たりに水素流量0.44g/s、空気流量70.0g/s、空気入口温度:700°C、水素燃料利用率70%、発電効率40%、空気流量は燃料ガスの水素ガスの燃焼に必要な流量の4.4倍の条件で発電を行い、セルの温度分布と応力分布を調査したところ、図12Aの温度分布図、図12Bの応力分布図を得た。

実施例1の空気の流れ方向のみを外側より中心部へと変更した実施例5の場合、実施例1とは異なり周方向応力は中心側で圧縮、外周部で引っ張り応力を示し、半径方向の応力は半径方向の中心と外周部で0、中間部で圧縮応力を示している。中心と外側に高い主応力が認められる。但し中心側は圧縮応力であった。

実施例6

実施例5において、空気流量を増大させて、空気流量(モル)は水素流量(モル)の20倍の条件で発電を行い、セルの温度分布と応力分布を調査した。図13Aの温度分布図、図13Bの応力分布図に示すように、これも実施例2と同様に、セルの内外の温度差が870°C/720°Cと、実施例5の場合(1035°C/740°C)に比べて約0.5倍に低下、熱応力も約0.5倍に低下している。温度分布パターンは実施例5の場合と同様であった。

実施例7

実施例1と同様材料、寸法で図8の構成のガスセパレータ板及びこれと同様のガス通路部を形成したセル構成板とを作製して、セルが30段となるセルスタックユニットを作製して円筒内に配置し、酸化剤ガスは図8に示すごとく中央から外周部へ流れるオープンガス流構成で、燃料ガスは図8と同様に細いクラシク状凸部を形成しあつ外周部にはリターン用連続通路を設けて周囲貫通孔から出た燃料ガスがヘリーンボーン模様の通路を往復して又隣接の周囲貫通孔へ戻るクローズドガス流構成で再燃焼可能となるように構成した燃料電池を作製した。この例も、セル構成板とガスセパレータ板を交互に積層する際のガス通路部のシールは材料同士の当接のみでシール材は使用しなかった。

実施例1と同じセル1枚当たりに水素流量0.44g/s、空気流量70.0g/s、空気入口温度:700°C、水素燃料利用率70%、発電効率40%、空気流量は燃料ガスの水素ガスの燃焼に必要な流量の4.4倍の条件で発電を行い、出力電圧、電流を測定したところ、図15の性能曲線図を得た。

産業上の利用可能性

この発明による燃料電池は、実施例に明らかなように、ガス通路孔部を基板の中心部に設ける構成によって、セル構成板と金属製ガスセパレータ板を極めて薄く形成でき、例えば積層したセル構成板のピッチを2mm以下となし、燃料電池を著しく小型、軽量化することができ、前述のごとく部品点数が基本的に2種の基板2点と少なく、安価に提供できる。また、この発明により積層したスタックユニット全体を各基板の中央部のガス通路孔部で締結する構造から、高温作動時に生じるサーマルサイクル耐性を高めることが可能となった。

また、この発明による金属製ガスセパレータ板は、エッティングで精密にガス通路パターンや集電突起を形成できるため、オープン系、クローズド系のガス

流れ、ガス圧力などを考慮してガス種に応じた最適のガス通路を設定でき、ガス圧損の低減、発電効率の向上が可能である。

特に、金属製ガスセパレータ板は、その両面に燃料ガス通路と酸化剤ガス通路パターンをそれぞれに形成できるもので、実施例に示すごとく、板厚みが1mm以下の金属板に溝深さと溝幅がそれぞれ0.5mm以下の溝を2mm以下のピッチで、各ガス流れに最適の通路パターンを各主面に形成するため、該板の軽量化が顕著であり、またガスセパレータ板の両面使用にて積層枚数の低減も可能であるから、積層したセルスタックユニットの軽量化が達成できる。

さらに、金属製ガスセパレータ板に実施例のフェライト鋼などを用いた場合、他電極材料と線膨張係数を近似させることができることで、セルスタックユニット自体が中央部のガス通路孔部で締結支持されることと相まってサーマルサイクル耐性を高めることができる。

この発明による燃料電池は、酸化剤ガス流量を増大させることで、セル内外の温度差を低下させて熱応力の発生を防止でき、さらに、燃料ガスをクローズドガス流構成で再燃焼可能にし、酸化剤ガスをフローインガス流構成でセル外側から中心部に流入させるガス流構成とすることで、スタッツする円板の外周部に引っ張り応力、中心部に圧縮応力が生じる形態となすことができ、積層体の強度やサーマルサイクル耐性を著しく高めることができる。

請求の範囲

1. 中心軸と同心配置の中心貫通孔とその周囲に設ける複数個の周囲貫通孔とから形成される通路孔部を円板中心部に有したセル構成板と、前記と同様構成の通路孔部を円板中心部に有してその外周側主面に反応用ガス通路を有するガスセパレータ板とを積層した積層体であり、各貫通孔のいずれか又は全てを燃料又は酸化剤ガスのガス通路となし、かつ通路孔部に形成するガス通路パターンにより積層板間の反応用ガス通路とを接続又は遮断した構成において、燃料及び酸化剤ガスのガス流れ方向の選定により増減する発生熱量に応じて、燃料ガス流量に対する酸化剤ガス流量比とガスセパレータ板厚みを選定し、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化した燃料電池。
2. 積層体の中心側より外周側へ燃料及び酸化剤ガスを流す構成となし、酸化剤ガス流量比を燃料ガスの燃焼に必要な流量の4倍以上とし、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化した請求項1に記載の燃料電池。
3. 積層体の中心側より外周側へ燃料及び酸化剤ガスを流す構成となし、ガスセパレータ板厚みを発生する熱量に応じて厚くし、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しつつ半径方向の応力分布を均等化する請求項1に記載の燃料電池。

4. 積層体の中心側より外周側へ燃料及び酸化剤ガスを流す構成となし、酸化剤ガス流量比を燃料ガスの燃焼に必要な流量の4倍以上とし、かつガスセパレータ板厚みを発生する熱量に応じて厚くし、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しあつ半径方向の応力分布を均等化する請求項1に記載の燃料電池。
5. 積層体の中心側より外周側へ燃料ガスを流し、酸化剤ガスを外周側から中心側へと流す構成となして積層体の中心側に圧縮応力を発生させ、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しあつ半径方向の応力分布を均等化する請求項1に記載の燃料電池。
6. 積層体の中心側より外周側へ燃料ガスを流し、酸化剤ガスを外周側から中心側へと流す構成となして積層体の中心側に圧縮応力を発生させ、かつ酸化剤ガス流量比を燃料ガスの燃焼に必要な流量の4倍以上とし、積層体の外周部と中心部間の温度差を低減しあつ半径方向の応力分布を均等化する請求項1に記載の燃料電池。
7. 中心貫通孔と周囲貫通孔のうち少なくとも1孔を積層体の締結用シャフトの挿通用孔として専用使用またはガス通路と兼用使用する請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
8. 中心貫通孔と周囲貫通孔のうち少なくとも1孔に熱交換手段を配置する請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
9. 燃料ガス及び酸化剤ガスが、中央の通路孔部から積層板間の反応用ガス通路を経て積層体外周部へ放出されるオープンガス流構成の請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。

10. 燃料ガス及び酸化剤ガスが、中央の通路孔部から積層板間の放射方向の反応用ガス通路を経て積層体外周側から再度中央の通路孔部へ戻るクローズドガス流構成の請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
11. 燃料ガスと酸化剤ガスのいずれか一方が、中央の通路孔部から積層板間の反応用ガス通路を経て積層体外周部へ放出されるオープンガス流構成であり、前記の残る他方が、中央の通路孔部から積層板間の放射方向の反応用ガス通路を経て積層体外周側から再度中央の通路孔部へ戻るクローズドガス流構成である請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
12. 燃料ガスと酸化剤ガスのいずれか一方が、積層体外周部から積層板間の反応用ガス通路を経て中央の通路孔部へ導入されるフローインガス流構成であり、前記の残る他方が、中央の通路孔部から積層板間の放射方向の反応用ガス通路を経て積層体外周側から再度中央の通路孔部へ戻るクローズドガス流構成である請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
13. セル構成板が、燃料側電極基板、固体電解質基板、酸化剤側電極基板の順に積層した積層基板からなり、該基板の軸中心部に通路孔部を形成した請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
14. セル構成板が、燃料側電極層、固体電解質層、酸化剤側電極層の順に、前記のいずれかの材料基板の両面又は片面に各材料層を成膜して積層基板とした請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。

15. ガスセパレータ板は、通路孔部の外周側の各片方主面に反応用の燃料ガス通路又は酸化剤ガス通路パターンのいずれかを配置形成するか、あるいは両主面に反応用の燃料ガス通路と酸化剤ガス通路パターンをそれぞれ配置形成した請求項1から請求項6のいずれかに記載の燃料電池。
16. ガスセパレータ板が金属又は合金材からなり、反応用ガス通路パターンが主面にエッチングで形成された請求項15に記載の燃料電池。
17. ガスセパレータ板が金属又は合金材からなり、反応用ガス通路パターンが両主面にエッチングで形成され、板厚みが1mm以下である請求項15に記載の燃料電池。
18. ガスセパレータ板が金属又は合金材からなり、反応用ガス通路パターンを、金属又は合金材のメッシュ部材を配置して形成した請求項15に記載の燃料電池。
19. ガスセパレータ板が金属又は合金材からなり、反応用ガス通路パターンを、金属又は合金材の打ち抜き又はエッチング部材を配置して形成した請求項15に記載の燃料電池。

1 / 14

図1A

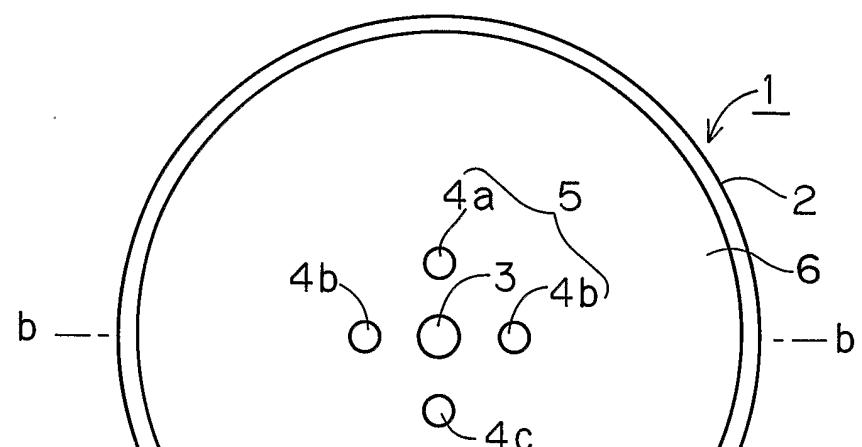
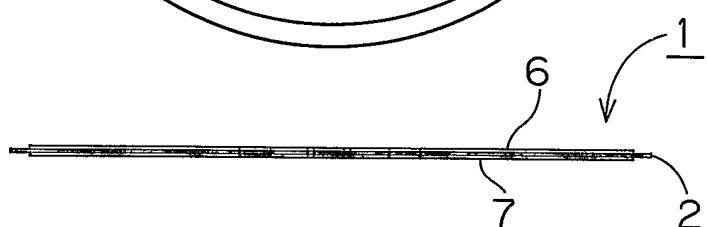


図1B



2 / 14

図2A

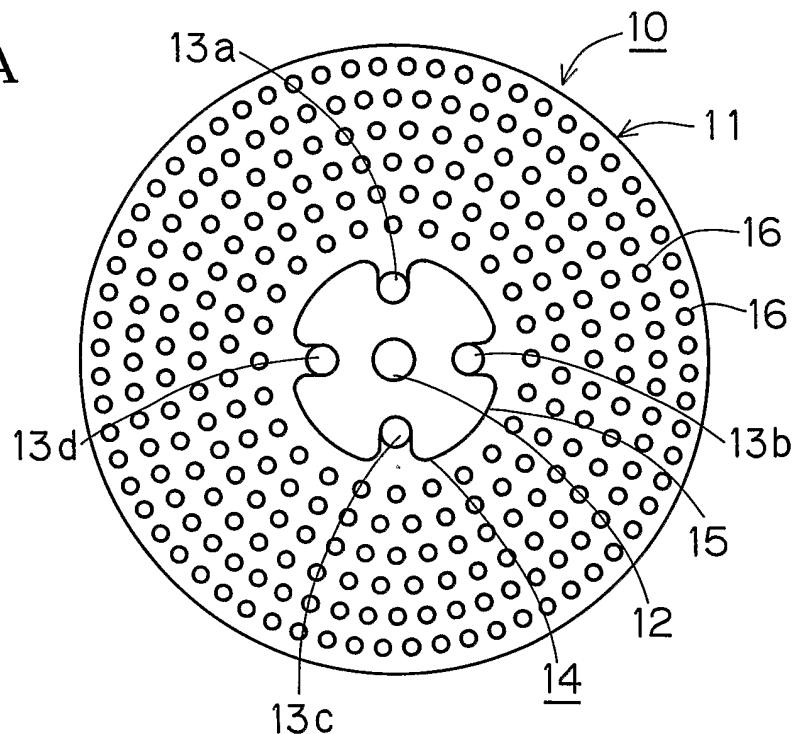
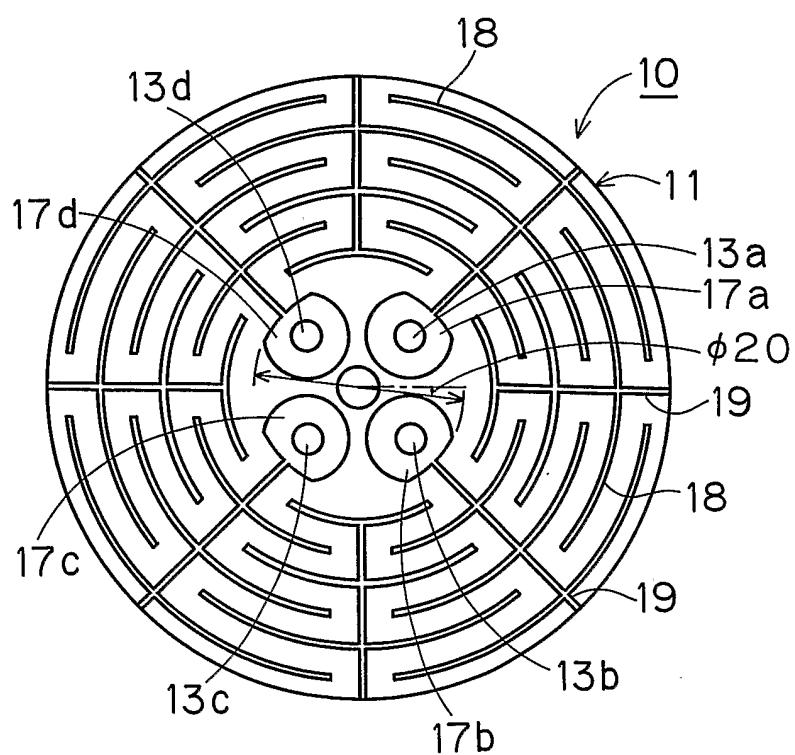
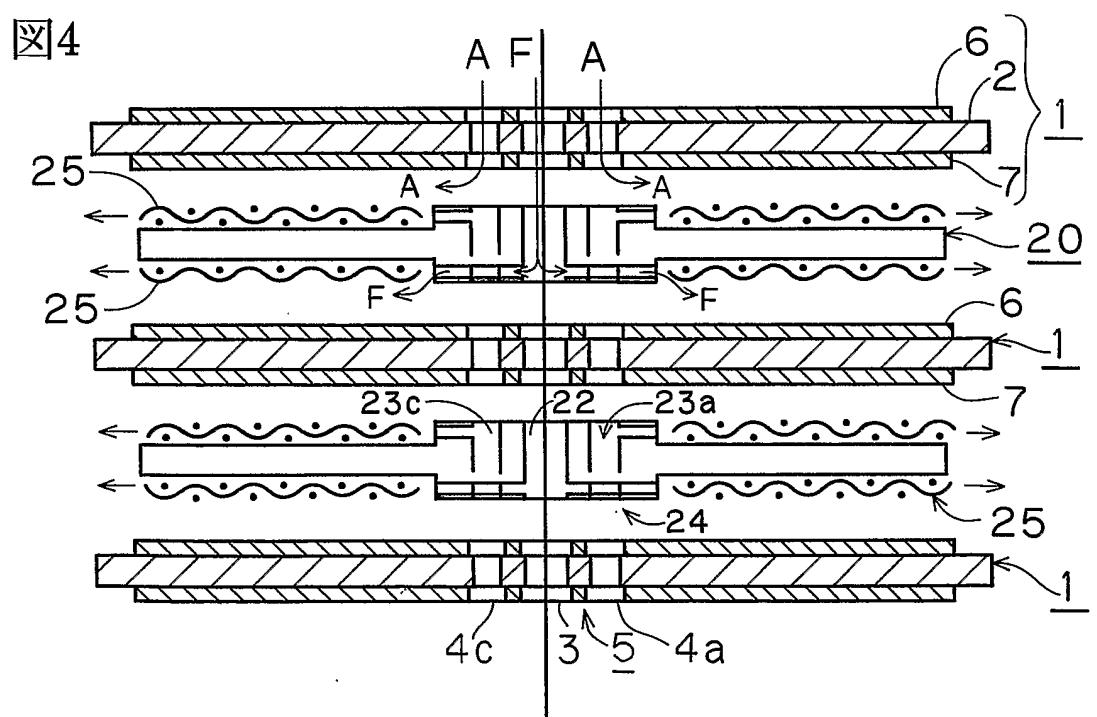
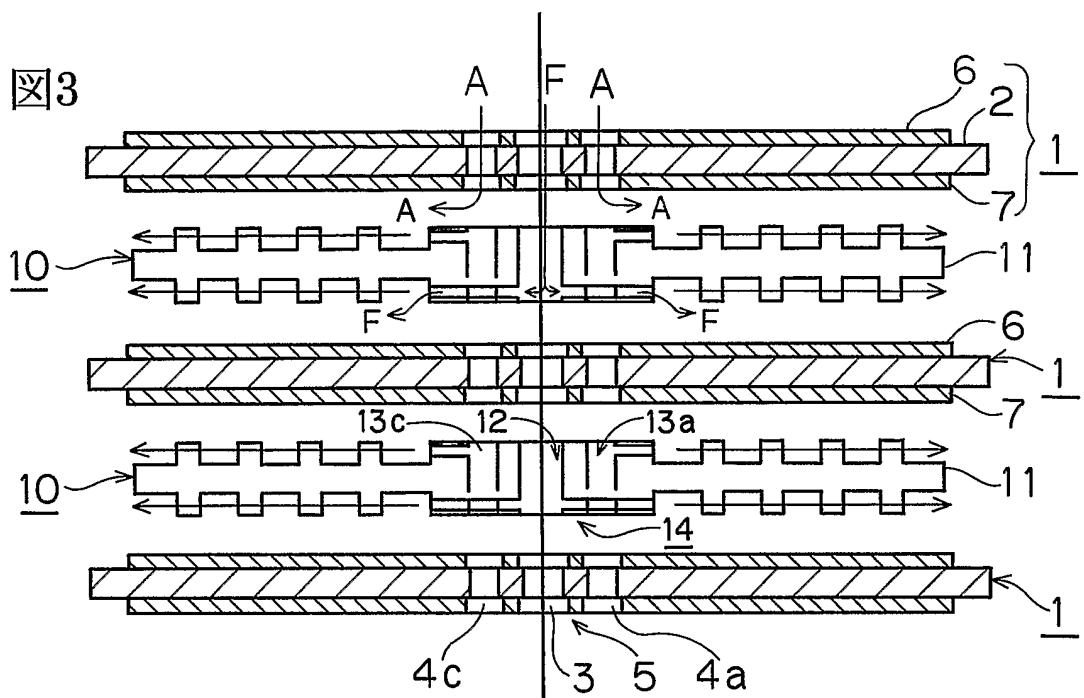


図2B



3 / 14



4 / 14

図5A

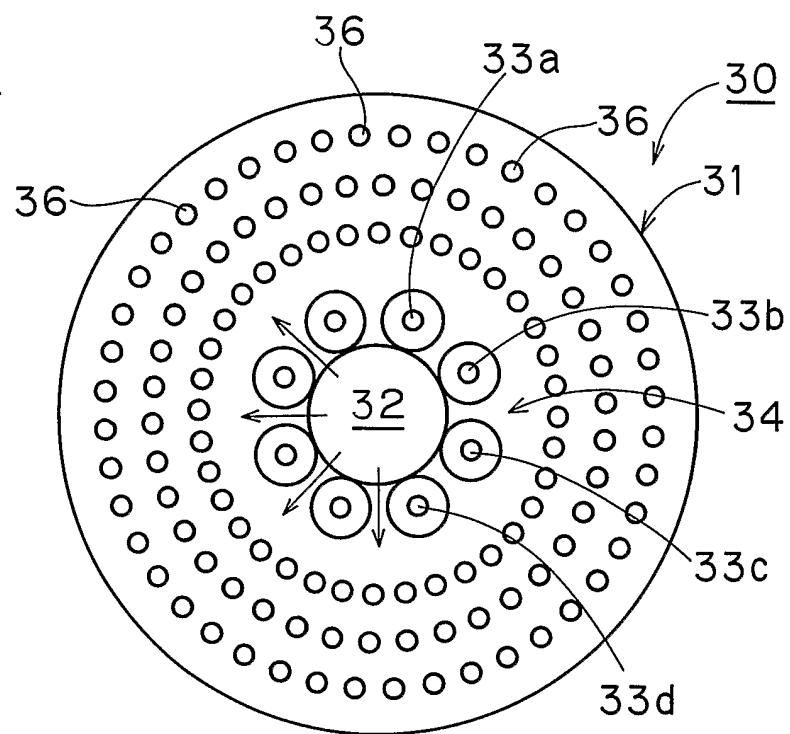
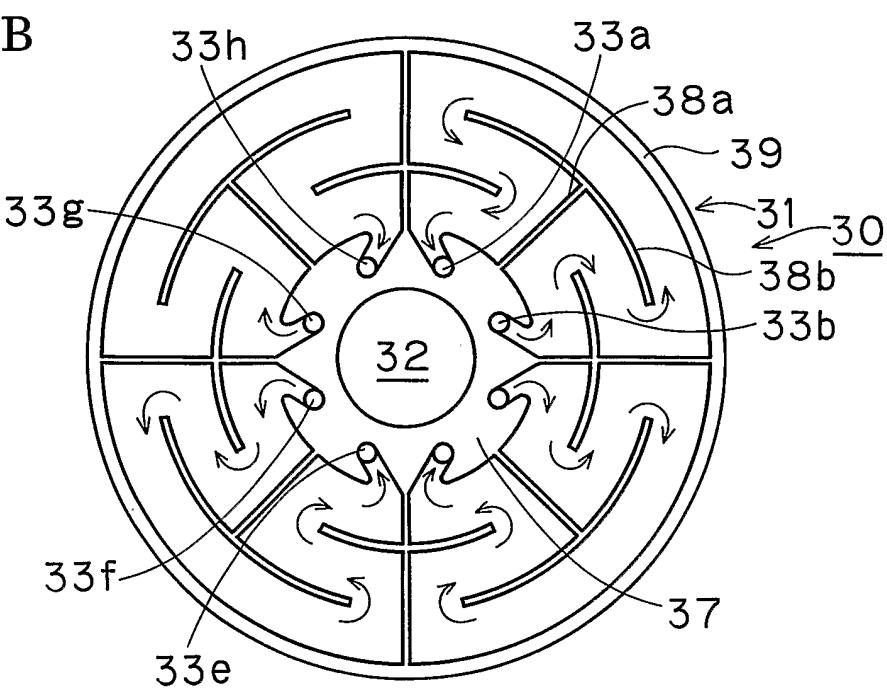


図5B



5 / 14

図6A

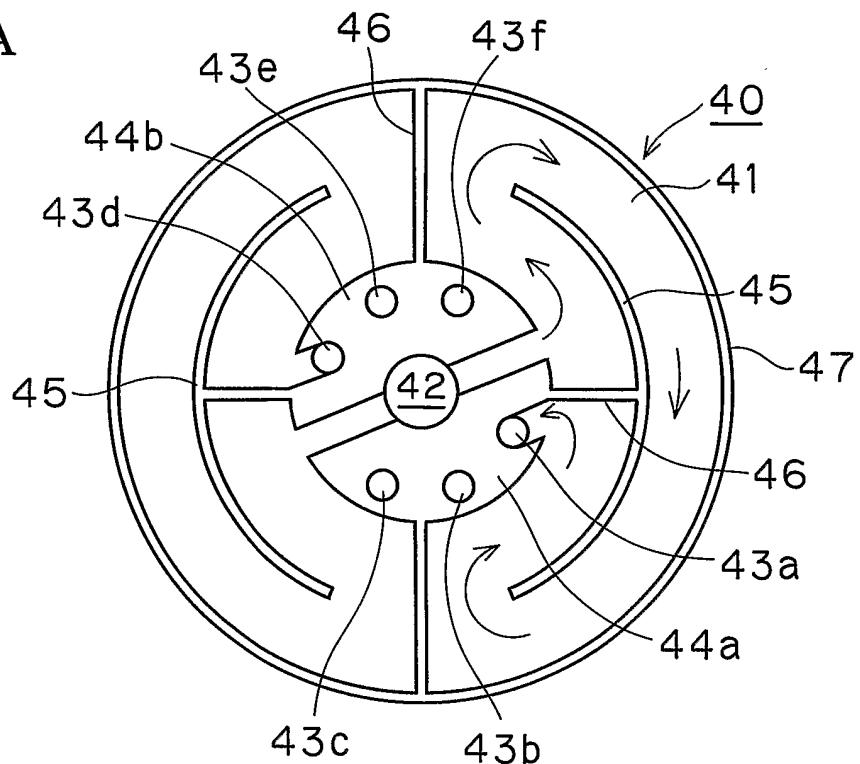
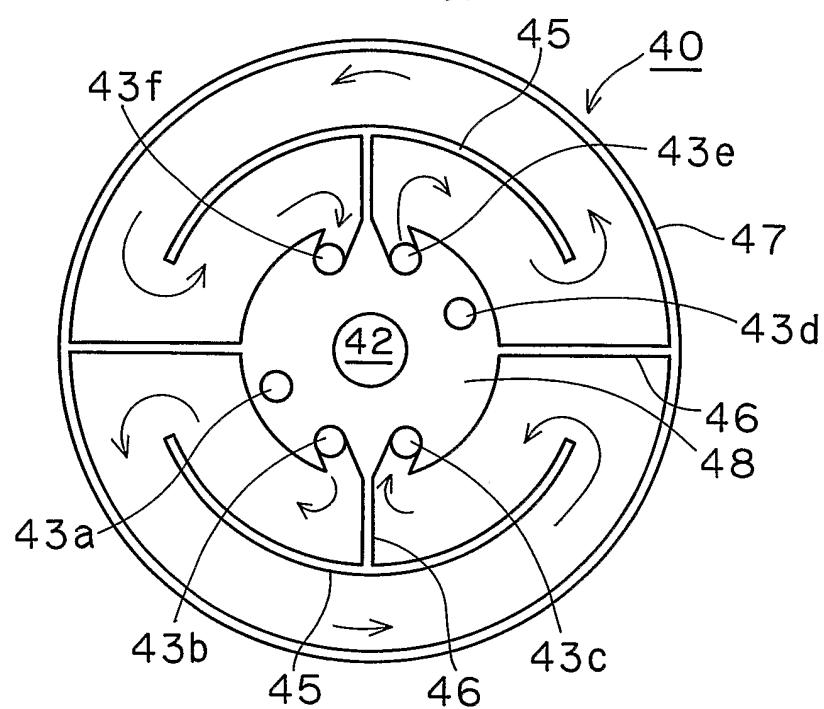


図6B



6 / 14

図7A

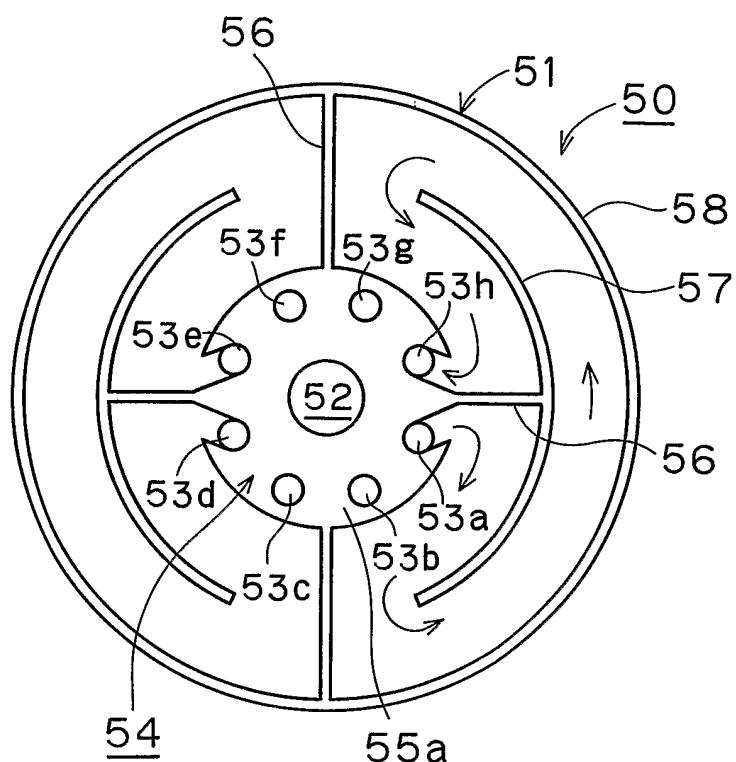
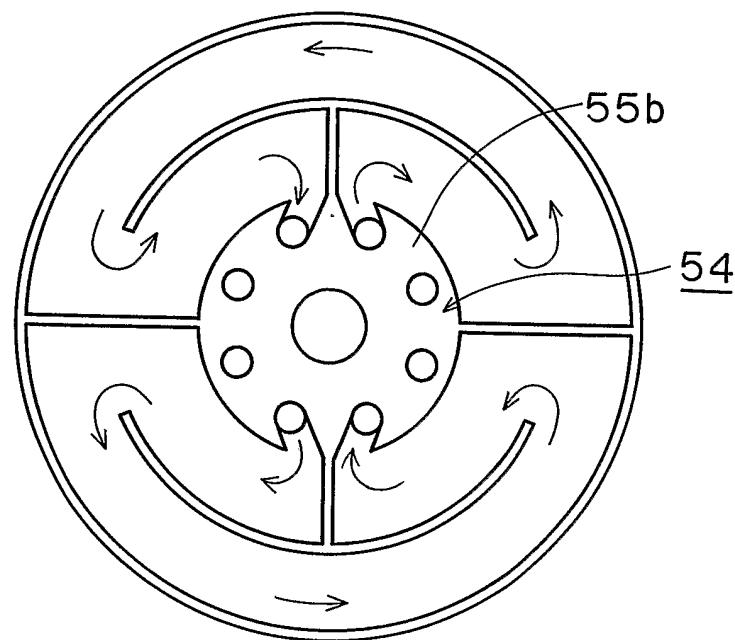
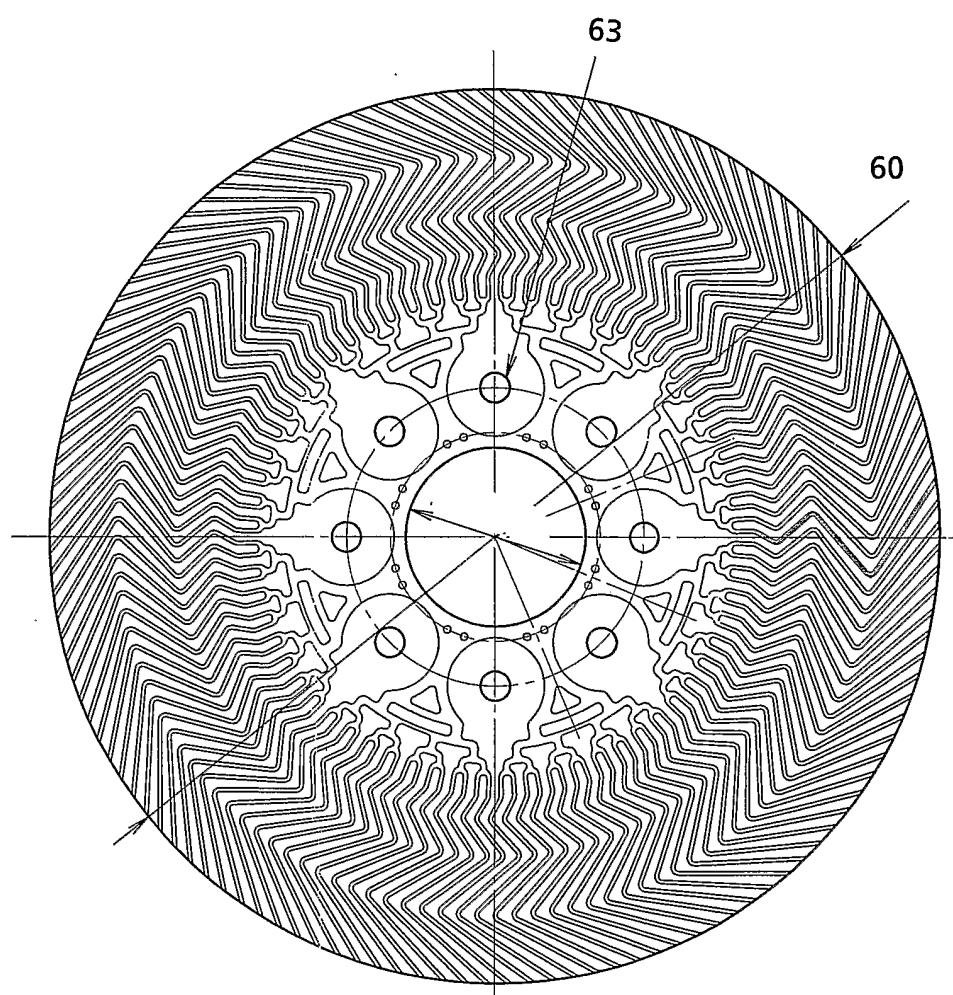


図7B



7 / 14

図8



8 / 14

図9A

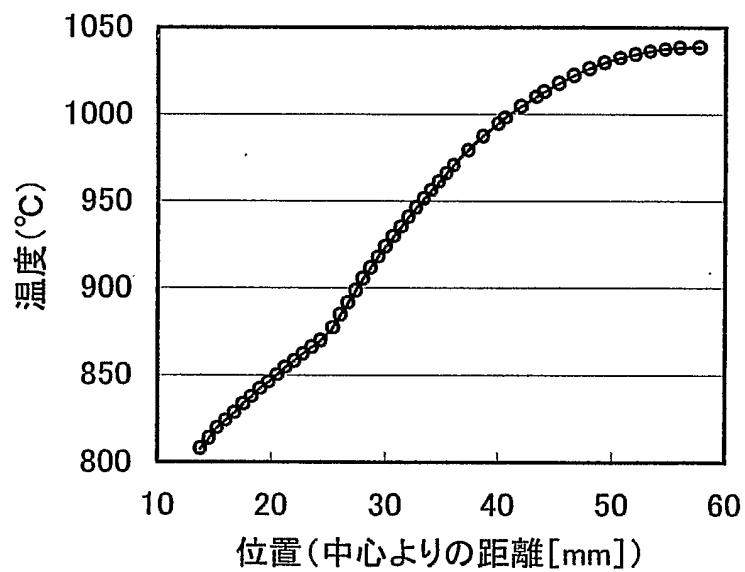
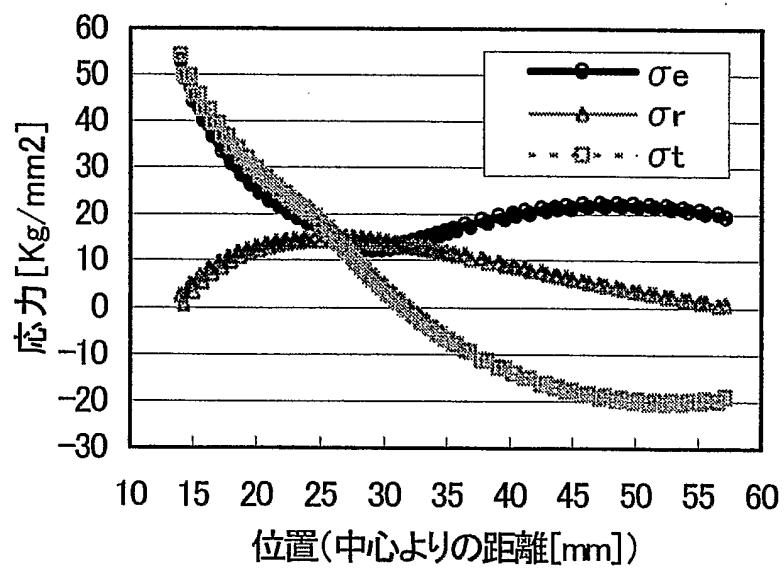


図9B



9 / 14

図10A

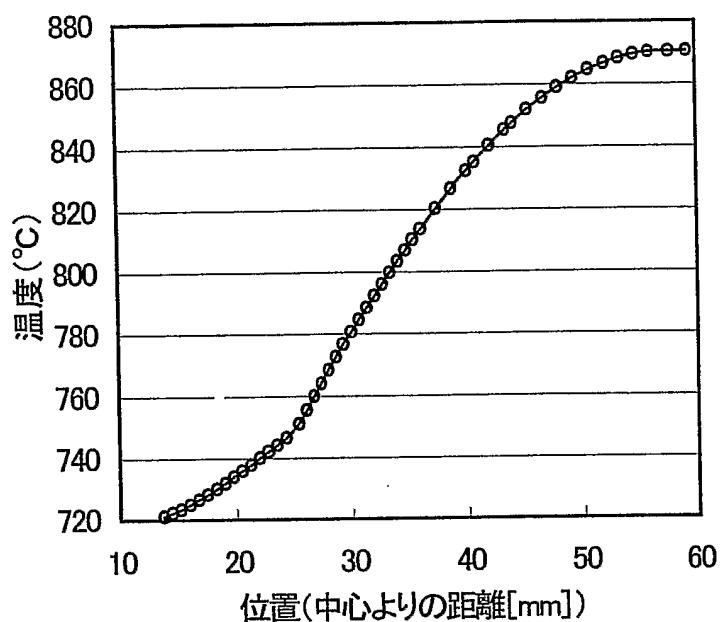
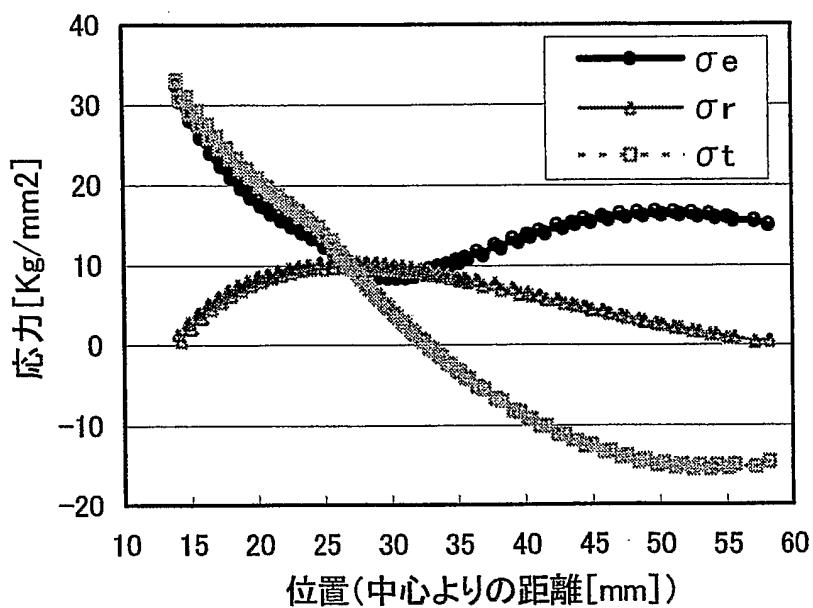


図10B



10 / 14

図11A

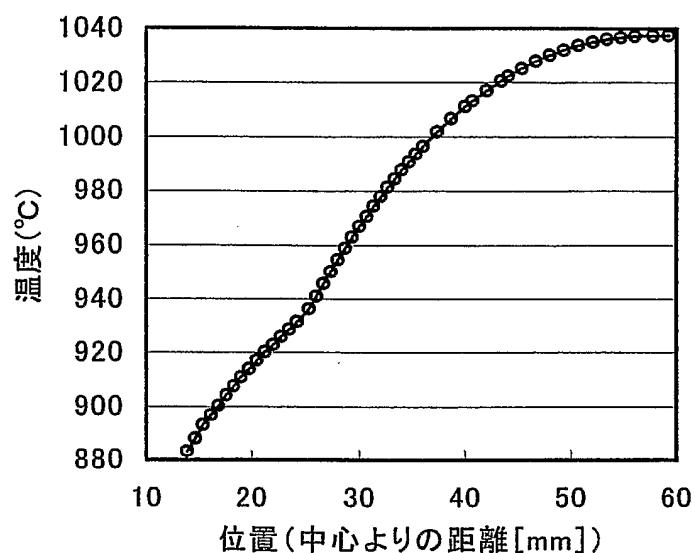
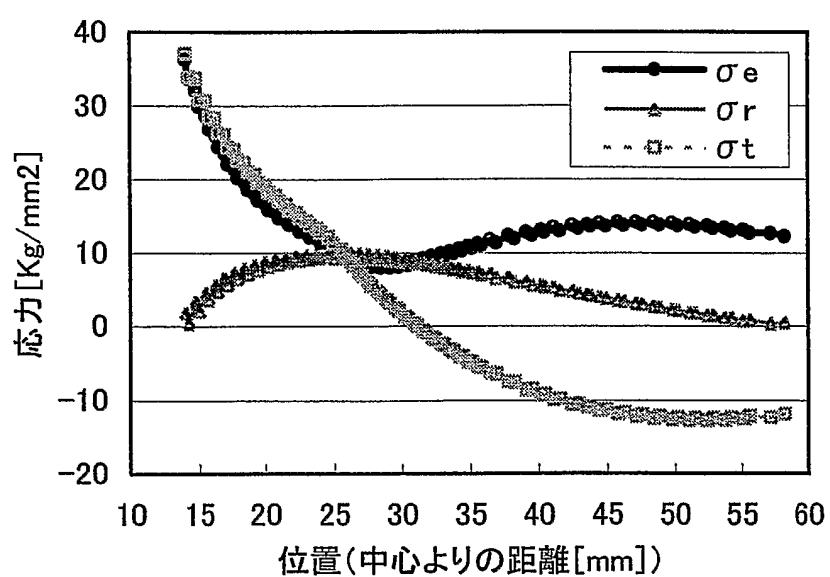


図11B



11 / 14

図12A

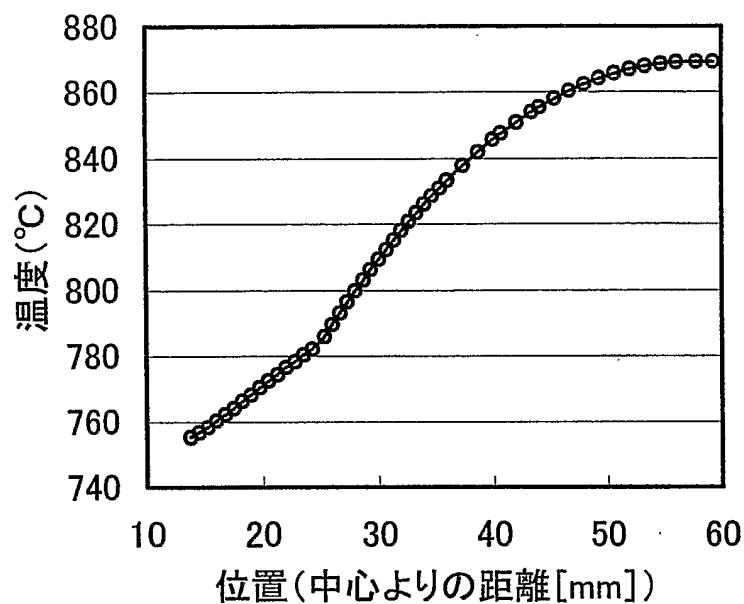
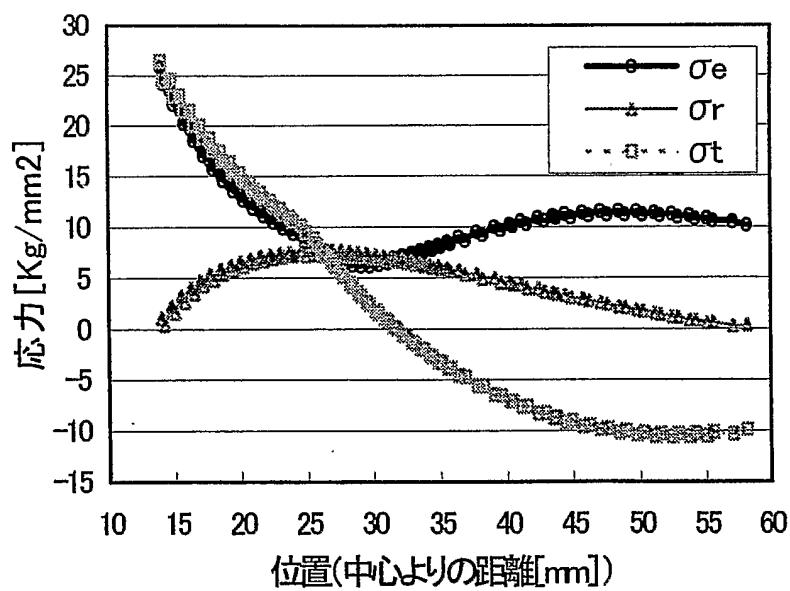


図12B



12 / 14

図13A

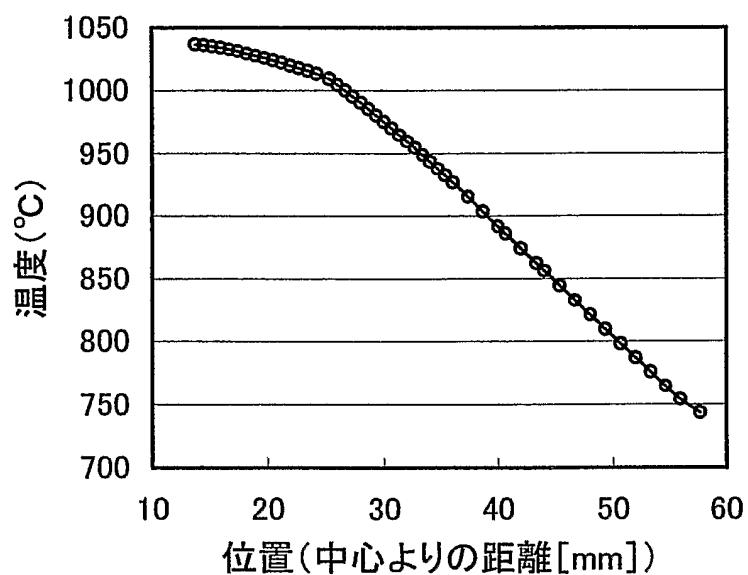
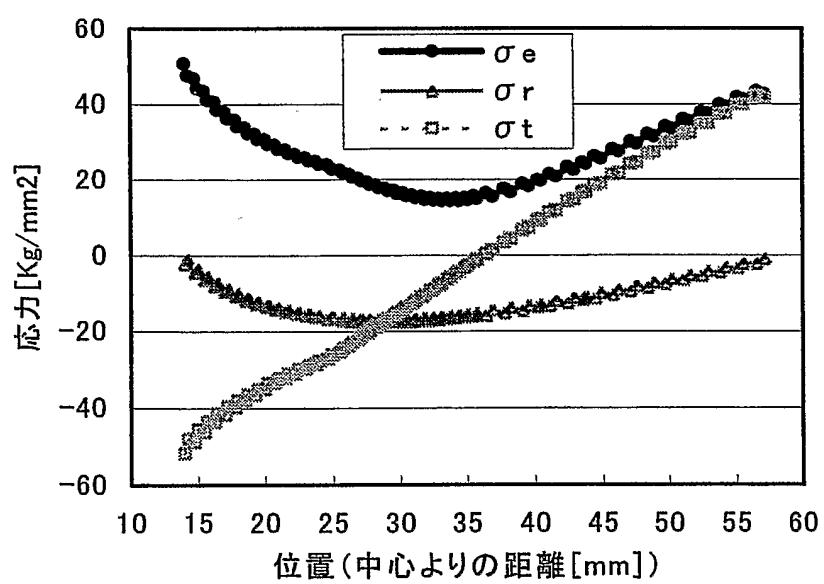


図13B



13 / 14

図14A

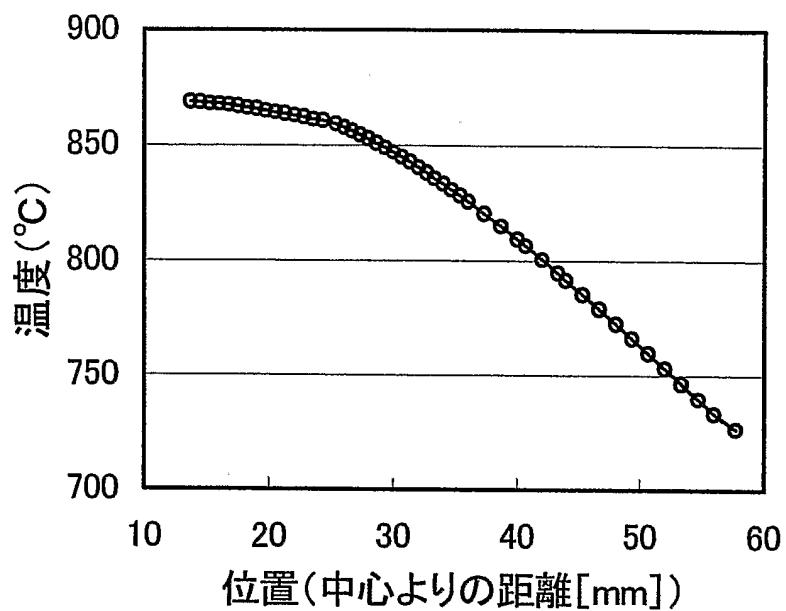
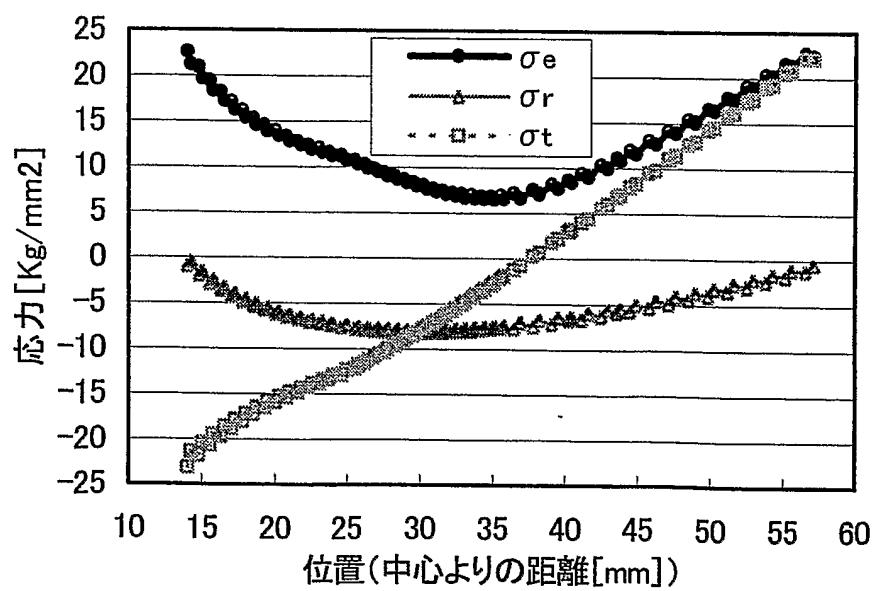
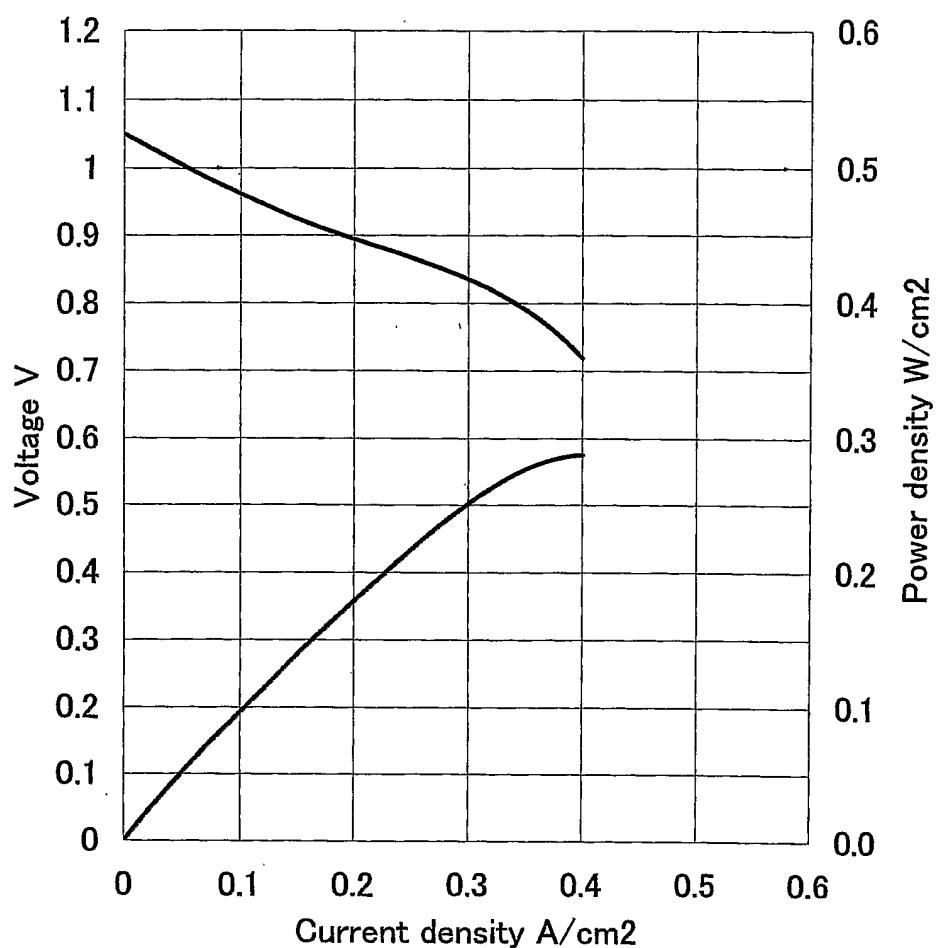


図14B



14 / 14

図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.C1⁷ 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)

Int.C1⁷ H01M8/02, H01M8/04, H01M8/12, H01M8/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1926-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI/L

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | JP 8-148178 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 07 June, 1996 (07.06.96), Claims; Par. Nos. [0021] to [0032], Figs. 1 to 5 (Family: none) | 1-19 |
| Y | US 5212023 A (Sulzer Brothers Ltd.), 18 May, 1993 (18.05.93), Page 2, left column, lines 26 to 37 & JP 4-306568 A Par. No. [0003] & EP 0473540 A2 | 1-19 |
| Y | WO 00/26983 A1 (ZTEK CORP.), 11 May, 2000 (11.05.00), Full text & EP 1127382 A1 | 1-19 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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
10 January, 2003 (10.01.03)

Date of mailing of the international search report
28 January, 2003 (28.01.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11124

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 2001-126743 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 May, 2001 (11.05.01), Claims; Par. Nos. [0013] to [0021] (Family: none) | 1-19 |
| Y | JP 11-162479 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 18 June, 1999 (18.06.99), Claims; Par. No. [0027] (Family: none) | 1-19 |
| Y | JP 2000-357531 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 26 December, 2000 (26.12.00), Claims; Fig. 3 (Family: none) | 7 |
| Y | JP 2001-6714 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 January, 2001 (12.01.01), Claims; Fig. 1 (Family: none) | 8 |
| Y | JP 2-304870 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 18 December, 1990 (18.12.90), Claims; Figs. 5 to 9 (Family: none) | 9,11 |
| Y | JP 8-45520 A (Mazda Motor Corp.), 16 February, 1996 (16.02.96), Claims; Fig. 15 (Family: none) | 10-12 |
| Y | JP 2001-68132 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 16 March, 2001 (16.03.01), Claims; Fig. 13 (Family: none) | 18 |
| Y | JP 2000-164229 A (Toshiba Corp.), 16 June, 2000 (16.06.00), Claims; Fig. 4 (Family: none) | 18 |
| Y | WO 99/13522 A1 (CERAMIC FUEL CELLS LTD.), 18 March, 1999 (18.03.99), Claims & US 6444340 B1 | 18 |

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 H01M8/02, H01M8/04, H01M8/12, H01M8/24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 H01M8/02, H01M8/04, H01M8/12, H01M8/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| Y | JP 8-148178 A (石川島播磨重工業株式会社) 1996. 06. 07 【特許請求の範囲】、【0021】-【0032】、【図1】-【図5】 (ファミリーなし) | 1-19 |
| Y | US 5212023 A (Sulzer Brothers Limited) 1993. 05. 18 page 2 left-column line 26-37 & JP 4-306568 A【0003】 & EP 0473540 A2 | 1-19 |

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

| | |
|---|--|
| 国際調査を完了した日 10.01.03 | 国際調査報告の発送日 04.02.03 |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官(権限のある職員) 高木 康晴 印 電話番号 03-3581-1101 内線 3475 4 X 2930 |

| C(続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| Y | WO 00/26983 A1 (Z TEK CORP.) 2000. 05. 11 全文 & EP 1127382 A1 | 1-19 |
| Y | JP 2001-126743 A (松下電器産業株式会社) 2001. 05. 11 【特許請求の範囲】，【0013】-【0021】(ファミリーなし) | 1-19 |
| Y | JP 11-162479 A (旭硝子株式会社) 1999. 06. 18 【特許請求の範囲】，【0027】(ファミリーなし) | 1-19 |
| Y | JP 2000-357531 A (富士電機株式会社) 2000. 12. 26 【特許請求の範囲】，【図3】(ファミリーなし) | 7 |
| Y | JP 2001-6714 A (三菱重工業株式会社) 2001. 01. 12 【特許請求の範囲】，【図1】(ファミリーなし) | 8 |
| Y | JP 2-304870 A (工業技術院長) 1990. 12. 18 【特許請求の範囲】，【図5】-【図9】(ファミリーなし) | 9, 11 |
| Y | JP 8-45520 A (マツダ株式会社) 1996. 02. 16 【特許請求の範囲】，【図15】(ファミリーなし) | 10-12 |
| Y | JP 2001-68132 A (東京瓦斯株式会社) 2001. 03. 16 【特許請求の範囲】，【図13】(ファミリーなし) | 18 |
| Y | JP 2000-164229 A (株式会社東芝) 2000. 06. 16 【特許請求の範囲】，【図4】(ファミリーなし) | 18 |
| Y | WO 99/13522 A1 (CERAMIC FUEL CELLS LIMITED) 1999. 03. 18 Claims & US 6444340 B1 | 18 |