

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5408263号
(P5408263)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月15日(2013.11.15)

(51) Int. Cl.	F 1
HO 1 M 8/02 (2006.01)	HO 1 M 8/02 R
HO 1 M 4/86 (2006.01)	HO 1 M 8/02 B
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/02 E
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 4/86 M
	HO 1 M 8/10

請求項の数 4 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-538742 (P2011-538742)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(86) (22) 出願日	平成23年2月21日(2011.2.21)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/053694	(72) 発明者	石川 裕司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(87) 国際公開番号	W02012/114432	審査官	山内 達人
(87) 国際公開日	平成24年8月30日(2012.8.30)		
審査請求日	平成23年9月9日(2011.9.9)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固体高分子型の燃料電池であって、
 固体高分子膜からなる電解質膜を電極で挟んだ膜電極接合体と、
 アノード側ガス拡散層と、
 カソード側ガス拡散層と、
 前記アノード側ガス拡散層に接し、前記アノード側ガス拡散層に燃料ガスを供給するアノード側ガス流路と、
 前記カソード側ガス拡散層に接し、前記カソード側ガス拡散層に酸化剤ガスを供給するカソード側ガス流路と、
 を備え、
 前記アノード側ガス流路と前記カソード側ガス流路は、ガスの流れる向きが互いに逆向きの対向流路であり、
 前記アノード側ガス流路を構成する金属部材の前記アノード側ガス拡散層との接触面積又は接触率は、前記アノード側ガス流路の上流から下流に向けて小さく設定され、
 前記カソード側ガス流路を構成する金属部材の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率は、前記カソード側ガス流路の上流から下流に向けて小さく設定され、
 前記カソード側ガス流路の下流における前記カソード側ガス流路を構成する金属部材の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率を、前記アノード側ガス流路の上流における前記アノード側ガス流路を構成する金属部材の前記アノード側ガス拡散層との接触

面積又は接触率よりも相対的に小さくすることで、前記カソード側ガス流路の下流における前記カソード側ガス流路の放熱特性が、前記アノード側ガス流路の上流における前記アノード側ガス流路の放熱特性よりも相対的に小さく設定され、

前記アノード側ガス流路の下流における前記アノード側ガス流路を構成する金属部材の前記アノード側ガス拡散層との接触面積又は接触率を、前記カソード側ガス流路の上流における前記カソード側ガス流路を構成する金属部材の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率よりも相対的に小さくすることで、前記アノード側ガス流路の下流における前記アノード側ガス流路の放熱特性が、前記カソード側ガス流路の上流における前記カソード側ガス流路の放熱特性よりも相対的に小さく設定され、

前記カソード側ガス流路を構成する金属部材は、金属多孔体であり、

前記アノード側ガス流路を構成する金属部材は、リブである

ことを特徴とする燃料電池。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池において、

前記金属多孔体は、エキスパンドメタルである

ことを特徴とする燃料電池。

【請求項 3】

請求項 1、2 のいずれかに記載の燃料電池において、

前記カソード側ガス流路を構成する金属多孔体の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率は、前記カソード側ガス流路の上流、中流、下流の 3 つの部分のそれぞれにおいて一定であるとともに、下流は中流よりも小さく設定され、かつ、中流は上流よりも小さく設定される

20

ことを特徴とする燃料電池。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の燃料電池において、

カソード側で生成された水は、前記カソード側ガス流路の下流において前記カソード側ガス流路から前記アノード側ガス流路に前記膜電極接合体を通して移動し、かつ、前記アノード側ガス流路の下流において前記アノード側ガス流路から前記カソード側ガス流路に前記膜電極接合体を通して移動し、外部からの加湿がない無加湿状態で運転される

ことを特徴とする燃料電池。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は燃料電池、特にガス流路の構成に関する。

【背景技術】

【0002】

固体高分子型燃料電池は、固体高分子膜からなる電解質膜を燃料極と空気極との 2 枚の電極で挟んだ膜電極接合体 (MEA: Membrane Electrode Assembly) を、さらに 2 枚のセパレータで挟持してなるセルを最小単位とし、このセルを複数積み重ねて燃料電池スタックとして高出力を得ている。

40

【0003】

固体高分子型燃料電池の発電の仕組みは周知であるが、簡単に説明すると、燃料極 (アノード側電極) に燃料ガスとして例えば水素ガスが、空気極 (カソード側電極) に酸化剤ガスとして例えば空気が供給される。水素ガスは、燃料ガス流路を通してアノード側電極に供給され、電極の触媒の作用により電子と水素イオンに分解される。電子は外部回路を通してカソード側電極に移動する。一方、水素イオンは電解質膜を通過してカソード電極に達し、酸素および外部回路を通過してきた電子と結合し、反応水になる。水素と酸素及び電子の結合反応により発生する熱は、冷却水によって回収される。カソード電極側に生成した水 (以下「生成水」という) は、カソード側から排出される。

【0004】

50

上述した燃料電池のアノード電極及びカソード電極は、それぞれ触媒層からなり、この触媒層にはそれぞれ燃料ガス、酸化剤ガスを拡散するためのガス拡散層が積層されている。

【0005】

ところで、上述の反応により生じた生成水の排出がカソード側で滞った場合、カソード電極に閉塞現象（フラッディング）が生じる場合がある。

【0006】

そこで、ガス拡散層を、炭素繊維からなる層と撥水層から構成し、撥水層により生成水の排水を促進している。膜電極接合体（MEA）とガス拡散層とが一体となった構成を、膜電極ガス拡散層接合体（MEGA）と称することもある。

10

【0007】

特許文献1には、燃料電池セルを発電部とセパレータとで構成し、セパレータの表面にガス流路を形成し、反応ガスを燃料極と酸素極とに供給する構成において、セパレータの背面に液体通路を形成し、液体通路を流れる温度調整水により発電部の熱を奪い取る構成が開示されている。そして、流体通路の溝幅をガス流路の下流側ほど狭く上流側ほど広く設定し、発電部の熱をガス下流側ほど少なく上流側ほど多く奪い取る構成として、ガス下流側の温度を相対的に高くして発電部のフラッディングを抑制し、ガス上流側の温度を相対的に低くして発電部のドライアップ（低湿度状態）を抑制するとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0008】

【特許文献1】特開2008-140640号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ドライアップが生じると、電解質膜のプロトン伝導性が低下して発電効率が低下するため、ガス上流側におけるドライアップを抑制する必要がある。しかしながら、液体通路の溝幅をガス流路の上流側において相対的に広くした場合、セパレータ表面のガス流路とセパレータ裏面の溝とは表裏の関係にあるため、生成水を排水するための流路は逆に狭くなって排水性が低下するおそれがある。

30

【0010】

したがって、燃料電池において、排水性を確保してフラッディングを抑制すると同時に、ガス上流側におけるドライアップを確実に防止できる構造が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、固体高分子型の燃料電池であって、固体高分子膜からなる電解質膜を電極で挟んだ膜電極接合体と、アノード側ガス拡散層と、カソード側ガス拡散層と、前記アノード側ガス拡散層に接し、前記アノード側ガス拡散層に燃料ガスを供給するアノード側ガス流路と、前記カソード側ガス拡散層に接し、前記カソード側ガス拡散層に酸化剤ガスを供給するカソード側ガス流路とを備え、前記アノード側ガス流路と前記カソード側ガス流路は、ガスの流れる向きが互いに逆向きの対向流路であり、前記アノード側ガス流路を構成する金属部材の前記アノード側ガス拡散層との接触面積又は接触率は、前記アノード側ガス流路の上流から下流に向けて小さく設定され、前記カソード側ガス流路を構成する金属部材の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率は、前記カソード側ガス流路の上流から下流に向けて小さく設定され、前記カソード側ガス流路の下流における前記カソード側ガス流路を構成する金属部材の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率を、前記アノード側ガス流路の上流における前記アノード側ガス流路を構成する金属部材の前記アノード側ガス拡散層との接触面積又は接触率よりも相対的に小さくすることで、前記カソード側ガス流路の下流における前記カソード側ガス流路の放熱特性が、前記アノード側ガス流路の上流における前記アノード側ガス流路の放熱特性よりも相対的に小さく

40

50

設定され、前記アノード側ガス流路の下流における前記アノード側ガス流路を構成する金属部材の前記アノード側ガス拡散層との接触面積又は接触率を、前記カソード側ガス流路の上流における前記カソード側ガス流路を構成する金属部材の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率よりも相対的に小さくすることで、前記アノード側ガス流路の下流における前記アノード側ガス流路の放熱特性が、前記カソード側ガス流路の上流における前記カソード側ガス流路の放熱特性よりも相対的に小さく設定され、前記カソード側ガス流路を構成する金属部材は、金属多孔体であり、前記アノード側ガス流路を構成する金属部材は、リブであることを特徴とする。

【0014】

本発明の1つの実施形態では、前記金属多孔体は、エキスパンドメタルである。

10

【0015】

また、本発明の他の実施形態では、前記カソード側ガス流路を構成する金属多孔体の前記カソード側ガス拡散層との接触面積又は接触率は、前記カソード側ガス流路の上流、中流、下流の3つの部分のそれぞれにおいて一定であるとともに、下流は中流よりも小さく設定され、かつ、中流は上流よりも小さく設定される。

【0016】

また、本発明の他の実施形態では、カソード側で生成された水は、前記カソード側ガス流路の下流において前記カソード側ガス流路から前記アノード側ガス流路に前記膜電極接合体を通って移動し、かつ、前記アノード側ガス流路の下流において前記アノード側ガス流路から前記カソード側ガス流路に前記膜電極接合体を通って移動し、外部からの加湿がない無加湿状態で運転される。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、燃料電池において、排水性を確保してフラッシングが抑制されると同時にドライアップが抑制される。この結果、燃料電池の発電効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】第1実施形態の燃料電池セルの断面構成図である。

【図2】第1実施形態におけるアノード側ガス流路とカソード側ガス流路の接触面積の変化を示すグラフである。

30

【図3】エキスパンドメタルの外観斜視図である。

【図4】第1実施形態における生成水の循環を示す説明図である。

【図5】第1実施形態におけるエキスパンドメタルの流路説明図である。

【図6】セル面内方向の水分量分布を示すグラフである。

【図7】温度とセル電圧との関係を示すグラフである。

【図8】第2実施形態におけるアノード側ガス流路とカソード側ガス流路の接触面積の変化を示すグラフである。

【図9】第3実施形態の燃料電池セルの断面構成図である。

【図10】第3実施形態における生成水の循環を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0019】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。なお、以下の実施形態は単なる例示であり、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

【0020】

1. 基本原理

まず、本実施形態の基本原理について説明する。

【0021】

燃料電池においては、発電に伴って熱と生成水が発生し、カソード側において生じた生成水カソード側ガス流路内で空気等の酸化剤ガスに押し出され、ガス流路の上流側から下流側に流れる。したがって、ガス上流側ではドライアップとなり易く、ガス下流側ではフ

50

ラッディングとなり易い。

【 0 0 2 2 】

ガス上流側でのドライアップを防止するためには、酸化剤ガスを加湿器等で外部から加湿した上で燃料電池セルに供給することも考えられるが、別途、加湿器が必要となるのでコスト増加を招く。したがって、加湿することなくドライアップを抑制でき、かつフラッディングを抑制できるのが望ましい。

【 0 0 2 3 】

そこで、本実施形態では、アノード側ガス流路とカソード側ガス流路を、互いに流れの方向が逆向きとなるような対向流路に設定し、MEAを介してアノード側ガス流路の上流側とカソード側ガス流路の下流側とが対向し、かつ、アノード側ガス流路の下流側とカソード側ガス流路の上流側とが対向するように設定する。

10

【 0 0 2 4 】

そして、アノード側ガス流路の上流側とカソード側ガス流路の下流側がMEAを介して対向する領域において、カソード側ガス流路の下流側の温度を、アノード側ガス流路の上流側の温度よりも相対的に高くする。また、アノード側ガス流路の下流側とカソード側ガス流路の上流側がMEAを介して対向する領域において、アノード側ガス流路の下流側の温度を、カソード側ガス流路の上流側の温度よりも相対的に高くする。

【 0 0 2 5 】

カソード側ガス流路において、生成水は空気等の酸化剤ガスに押し出されて下流側に流れるが、カソード側ガス流路の下流側の温度は、アノード側ガス流路の上流側の温度よりも高いため、カソード側ガス流路の下流側に流された生成水は、相対的に温度が低いアノード側ガス流路の上流側にMEAを介して移動する。そして、アノード側ガス流路の上流側に移動した生成水は、アノード側ガス流路において水素ガス等の燃料ガスに押し出されてアノード側ガス流路の下流側に流れる。

20

【 0 0 2 6 】

アノード側ガス流路の下流側の温度は、カソード側ガス流路の上流側よりも高いため、アノード側ガス流路の下流側に流された生成水は、相対的に温度が低いカソード側ガス流路の上流側にMEAを介して移動する。

【 0 0 2 7 】

結果として、カソード側で生じた生成水は、

30

カソード側ガス流路の上流側 カソード側ガス流路の下流側 アノード側ガス流路の上流側 アノード側ガス流路の下流側 カソード側ガス流路の上流側
と移動し、カソード側ガス流路内とアノード側ガス流路内を循環することになるので、カソード側ガス流路の下流側におけるフラッディングが抑制されるとともに、カソード側ガス流路の上流側におけるドライアップが抑制される。

【 0 0 2 8 】

アノード側ガス流路の上流側とカソード側ガス流路の下流側が対向する領域において、カソード側ガス流路の下流側の温度をアノード側ガス流路の上流側の温度よりも相対的に高くするためには、アノード側ガス流路の上流側の冷却性能（あるいは放熱特性）をカソード側ガス流路の下流側よりも相対的に大きくすればよく、具体的には、冷却はガス流路を構成する金属部材とMEAとの接触による熱伝導で生じるから、アノード側ガス流路の上流側における金属部材とMEAとの接触面積（より特定的には、金属部材とガス拡散層との接触面積）を、カソード側ガス流路の下流側よりも相対的に大きくすればよい。

40

【 0 0 2 9 】

これにより、アノード側ガス流路の上流側においては、より多くの熱が金属部材により奪われるため、カソード側ガス流路の下流側よりも相対的に温度が低くなる。

【 0 0 3 0 】

また、アノード側ガス流路の下流側とカソード側ガス流路の上流側が対向する領域において、アノード側ガス流路の下流側の温度をカソード側ガス流路の上流側の温度よりも相対的に高くするためには、カソード側ガス流路の上流側の冷却性能（放熱特性）をアノード側ガス流路の下流側よりも相対的に高くする。

50

ド側ガス流路の下流側よりも相対的に大きくすればよく、具体的には、カソード側ガス流路の上流側における金属部材とMEAとの接触面積を、アノード側ガス流路の下流側よりも相対的に大きくすればよい。

【0031】

これにより、カソード側ガス流路の上流側においては、より多くの熱が金属部材により奪われるため、アノード側ガス流路の下流側よりも相対的に温度が低くなる。

【0032】

カソード側ガス流路に着目すると、カソード側ガス流路の上流側においては冷却性能を大きくし、カソード側ガス流路の下流側において冷却性能を小さくするので、カソード側ガス流路において、上流から下流に向けて冷却性能は小さくなる。言い換えれば、カソード側ガス流路において、上流から下流に向けてカソード側ガス流路を構成する金属部材のカソード側ガス拡散層との接触面積は小さくなる。

10

【0033】

また、アノード側ガス流路に着目すると、アノード側ガス流路の上流側においては冷却性能を大きく、アノード側ガス流路の下流側において冷却性能を小さくするので、アノード側ガス流路において、上流から下流に向けて冷却性能は小さくなる。言い換えれば、アノード側ガス流路において、上流から下流に向けてアノード側ガス流路を構成する金属部材のアノード側ガス拡散層との接触面積は小さくなる。

【0034】

以上のような原理により、生成水を反応ガス流路内で循環させ、フラッディング及びドライアップが同時に抑制される。また、本実施形態では、生成水を循環させてドライアップを抑制するので、反応ガスの加湿が不要となり、コスト低減が図られる。

20

【0035】

次に、本実施形態について、より具体的に説明する。

【0036】

2. 第1実施形態

図1に、本実施形態における燃料電池セルの断面構成図を示す。燃料電池セルは、固体高分子膜からなる電解質膜を燃料極と空気極との2枚の電極で挟んだ膜電極接合体(MEA)10と、アノード側ガス拡散層12と、カソード側ガス拡散層14と、アノード側ガス拡散層12に接して形成されるアノード側ガス流路16と、カソード側ガス拡散層14に接して形成されるカソード側ガス流路18と、セパレータ20、22とを含んで構成される。

30

【0037】

アノード側ガス流路16及びカソード側ガス流路18は、ともに金属部材としてのエキスパンドメタルで構成され、アノード側ガス流路16には燃料ガスとして水素ガスが供給され、カソード側ガス流路18には酸化剤ガスとして空気が供給される。

【0038】

アノード側ガス流路16とカソード側ガス流路18は、互いに対向する流路である。すなわち、アノード側ガス流路16における水素ガスの流路と、カソード側ガス流路18における空気の流路は、互いに逆向きである。例えば、図に示すように、アノード側ガス流路16において水素ガスは図中左から右に向けて流れる一方、カソード側ガス流路18において空気は図中右から左に向けて流れる。2つの流路が互いに対向するため、アノード側ガス流路16の上流は、MEA10を挟んでカソード側ガス流路18の下流に対向し、アノード側ガス流路16の下流は、MEA10を挟んでカソード側ガス流路18の上流に対向する。図に即して説明すると、図中A領域はアノード側ガス流路16の上流であるとともにカソード側ガス流路18の下流に相当し、図中B領域はアノード側ガス流路16の下流であるとともにカソード側ガス流路18の上流に相当する。

40

【0039】

既述したように、水素ガスは、アノード側ガス流路16を通過してアノード側電極に供給され、電極の触媒作用により電子と水素イオンに分解される。電子は外部回路を通過してカ

50

ソード側電極に移動する。一方、水素イオンはMEA10を通過してカソード電極に達し、空気に含まれる酸素および外部回路を通過してきた電子と結合し、反応水になる。生成水は空気流路によって押し出され、空気流路の上流側から下流側に流れる。したがって、カソード側流路18の上流側ではドライアップとなり易く、カソード側ガス流路18の下流側でフラッシングとなり易い。

【0040】

そこで、本実施形態では、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの、カソード側ガス拡散層14と接する接触面積に着目し、カソード側ガス流路18の下流側の接触面積を、上流側の接触面積よりも相対的に小さくする。

【0041】

また、同時に、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの、アノード側ガス拡散層12と接する接触面積に着目し、アノード側ガス流路16の下流側の接触面積を、上流側の接触面積よりも相対的に小さくする。

【0042】

図2に、本実施形態における、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルのカソード側ガス拡散層14との接触面積のセル面内方向の変化、及びアノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルのアノード側ガス拡散層12との接触面積のセル面内方向の変化を示す。図において、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積の変化を実線100で、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積の変化を一点鎖線200で示す。

【0043】

カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、セル面内方向に対し、カソード側ガス流路18の上流から下流に向けて連続的に小さくなるように変化する。図において、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、図中右(上流)から左(下流)に向けてリニアに減少している。

【0044】

また、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、アノード側ガス流路16の上流から下流に向けて連続的に小さくなるように変化する。図において、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、図中左(上流)から右(下流)に向けてリニアに減少している。

【0045】

このように、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、カソード側ガス流路18の下流側において相対的に小さく、その一方で、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、アノード側流路16の上流側において相対的に大きいため、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積よりも相対的に小さくなる。

【0046】

同様に、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、カソード側ガス流路16の上流側において相対的に大きく、その一方で、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、アノード側ガス流路16の下流側において相対的に小さいため、アノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、カソード側ガス流路18を構成するエキスパンドメタルの接触面積よりも相対的に小さくなる。

【0047】

図3に、カソード側ガス流路18及びアノード側ガス流路16を構成するエキスパンドメタルの斜視図を示す。エキスパンドメタルは、燃料電池セルのガス流路を構成する部材として一般的に用いられており、平板状の薄肉金属板に対して、順次、千鳥配置の切れ目を加工するとともに、加工した切れ目を押し曲げることにより網目状の小径の貫通孔を形成し、さらに圧延加工して略平板状としたものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

エキスパンドメタルの製造方法は公知であるが、簡単に説明すると、平板材料を下刃及び上刃を備えた金型に所定の刻み幅で送り込み、上刃の台形状の凸部と下刃の台形状の凹部とによって、平板材料を一定間隔に部分的にせん断する。そして、上刃の上昇の都度、上刃及び下刃を所定の送り方向にシフトさせることで台形状の切起こしが千鳥状に一段ずつ形成され、階段状のメッシュを有するラスカットメタルが形成される。さらに、階段状のメッシュを有するラスカットメタルを圧延ローラによって圧延することで、略平板のエキスパンドメタルが製造される。

【 0 0 4 9 】

エキスパンドメタルは、ボンド部 B O、及びボンド部 B O を相互につなぐストランド部 S T を有し、さらにガス拡散層 1 2 (あるいは 1 4) との接触面 C s が形成される。本実施形態において、エキスパンドメタルにおける接触面 C s が同一ではなく、ガス流路の上流と下流とで相対的に変化する。

【 0 0 5 0 】

再び図 2 に戻り、このようにエキスパンドメタルの接触面積が変化すると、それに伴ってガス流路の冷却性能に相対的な差が生じることになる。すなわち、カソード側ガス流路 1 8 及びアノード側ガス流路 1 6 を構成するエキスパンドメタルは、発電により生成した熱を奪い取る機能を有しているから、エキスパンドメタルの接触面積は、その冷却機能に直接影響を与え、エキスパンドメタルの接触面積が相対的に大きいと、その冷却性能も相対的に大きくなる。カソード側ガス流路の下流側 (図 1, 2 の A 領域) においては、カソード側ガス流路 1 8 を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、アノード側ガス流路 1 6 を構成するエキスパンドメタルの接触面積よりも相対的に小さいため、カソード側ガス流路 1 8 の下流は、アノード側ガス流路 1 6 の上流よりも相対的に冷却性能が小さい。したがって、カソード側ガス流路 1 8 の下流においては、カソード側ガス流路 1 8 の下流の方がアノード側ガス流路 1 6 の上流よりも相対的に温度が高くなる。

【 0 0 5 1 】

一方、カソード側ガス流路の上流 (図 1, 2 の B 領域) においては、カソード側ガス流路 1 8 を構成するエキスパンドメタルの接触面積は、アノード側ガス流路 1 6 を構成するエキスパンドメタルの接触面積よりも相対的に大きいため冷却性能が大きい。したがって、アノード側ガス流路 1 6 の下流の方がカソード側ガス流路 1 8 の上流よりも相対的に温度が高くなる。このような相対的な温度差、すなわち温度勾配が生じると、生成水の循環が生じる。

【 0 0 5 2 】

図 4 に、本実施形態における生成水の流れを模式的に示す。発電反応に伴ってカソード側で生じた生成水は、カソード側ガス流路 1 8 を流れる空気により押し出されてカソード側ガス流路 1 8 の下流側 (図における A 領域) に流れる。カソード側ガス流路 1 8 の下流側は、アノード側ガス流路 1 6 の上流側よりも相対的に温度が高いため、この温度勾配によって生成水は M E A 1 0 を介してカソード側からアノード側に移動する。図において、矢印 5 0 は生成水のカソード側からアノード側への移動を示す。アノード側に移動した生成水は、アノード側ガス流路 1 6 を流れる水素ガスに押し出されてアノード側ガス流路の下流側、すなわちカソード側ガス流路の上流側 (図における B 領域) に流れる。カソード側ガス流路 1 8 の上流側は、アノード側ガス流路 1 6 の下流側よりも相対的に温度が低いいため、この温度勾配によって生成水は M E A 1 0 を介してアノード側からカソード側に移動する。図において、矢印 6 0 は生成水のアノード側からカソード側への移動を示す。

【 0 0 5 3 】

以上のようにして、生成水は、
カソード側ガス流路 1 8 の上流側 カソード側ガス流路 1 8 の下流側 アノード側ガス流路 1 6 の上流側 アノード側ガス流路 1 6 の下流側 カソード側ガス流路 1 8 の上流側
と移動し、カソード側ガス流路 1 8 に生成水が循環供給されることになるので、カソード側ガス流路 1 8 の下流側におけるフラッディングが抑制されるとともに、カソード側ガス

10

20

30

40

50

流路 18 の上流におけるドライアップが抑制される。なお、生成水の全てが循環されるわけではなく、その一部はカソード側から外部に排出される。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、エキスパンドメタルの接触面積を変化させることでカソード側とアノード側との間で相対的な温度勾配を生成し、これにより生成水を移動させているが、エキスパンドメタルではガス流路と排水用の流路とが互いに分離されており、エキスパンドメタルとセパレータ 20, 22 との界面において水が流れる構成であるから、本実施形態のようにエキスパンドメタルとガス拡散層 12, 14 との接触面積を大きくしても、ガス流路及び水の流路は確保されるため、ガス流路や排水流路の狭窄による発電性能の低下は生じない。

10

【 0 0 5 5 】

図 5 に、エキスパンドメタルの接触面積の変化に伴うガス流路と排水流路の変化を模式的に示す。図 5 (A) に、カソード側ガス流路 18 及びアノード側ガス流路 16 のエキスパンドメタルの接触面積がある値の場合を示し、図 5 (B) に、カソード側ガス流路 18 のエキスパンドメタルの接触面積を増大させた場合を示す。エキスパンドメタルによりガス流路 70 と排水流路 80 が分離して形成され、エキスパンドメタルとセパレータ 20, 22 との親水 / 親水界面に水が溜まり排水流路 80 が形成される。エキスパンドメタルの接触面積を増大させて冷却性能を向上させても、ガス流路 70、排水流路 80 のいずれも狭窄せずに確保されることが理解される。

【 0 0 5 6 】

20

図 6 に、本実施形態におけるセル面内方向の水分量分布を示す。図において、実線 300 は本実施形態における水分量分布を示す。破線 400 は、比較のため、カソード側ガス流路 18 及びアノード側ガス流路 16 を構成するエキスパンドメタルの接触面積が一定の場合の水分量分布を示す。接触面積が一定の場合、カソード側ガス流路 18 の上流側 (図における B 領域) において水分量が急激に減少しており、ドライアップが生じている。また、相対的にカソード側ガス流路の下流側が上流側よりも相対的に水分量が多くなっている。

【 0 0 5 7 】

これに対し、本実施形態では、カソード側ガス流路 18 の下流側においてカソード側からアノード側に水分が移動するため、比較例よりも相対的に水分量は低下する。また、カソード側ガス流路 18 の上流側においてアノード側からカソード側に水分が移動するため、比較例よりも相対的に水分量が増大する。したがって、本実施形態では、カソード側ガス流路 18 の上流側と下流側の水分量のばらつきが少なくなる。この図 6 から、本実施形態ではカソード側ガス流路 18 の下流側におけるフラッシングと上流側におけるドライアップがともに抑制されることが理解されよう。

30

【 0 0 5 8 】

図 7 に、本実施形態におけるセル温度とセル電圧 (出力電圧) との関係を示す。図において、実線 500 は本実施形態におけるセル電圧の変化を示す。破線 600 は、比較のため、カソード側ガス流路 18 及びアノード側ガス流路 16 を構成するエキスパンドメタルの接触面積が一定の場合のセル電圧の変化を示す。接触面積が一定の場合、温度が 90 度近くまで増大すると、ドライアップの影響により電解質膜のプロトン伝導性が低下して発電効率が低下するのでセル電圧も低下してしまう。

40

【 0 0 5 9 】

これに対し、本実施形態では、ドライアップが抑制されるため、セル温度が高くなっても発電効率の低下が抑制され、セル電圧はほぼ一定に維持される。

【 0 0 6 0 】

3 . 第 2 実施形態

第 1 実施形態では、図 2 に示すように、カソード側ガス流路 18 及びアノード側ガス流路 16 を構成するエキスパンドメタルの接触面積をリニアに変化させているが、エキスパンドメタルの積極面積は非リニアに変化してもよく、あるいは階段状 (ステップ状) に変

50

化してもよい。

【 0 0 6 1 】

図 8 に、本実施形態における、セル面内方向のエキスパンドメタルの接触面積変化を示す。実線 1 0 0 はカソード側ガス流路 1 8 を構成するエキスパンドメタルの接触面積変化であり、カソード側ガス流路 1 8 の下流側から上流側に向けて階段状に接触面積が増大する。すなわち、カソード側ガス流路 1 8 を、下流域、中流域、上流域の 3 つに分割し、分割したそれぞれの領域においては接触面積を一定値としつつ、
下流域の接触面積 1 0 0 a < 中流域の接触面積 1 0 0 b < 上流域の接触面積 1 0 0 c となるように設定する。

【 0 0 6 2 】

また、破線 2 0 0 はアノード側ガス流路 1 6 を構成するエキスパンドメタルの接触面積変化であり、カソード側ガス流路 1 8 の下流側から上流側に向けて（つまり、アノード側流路 1 6 の上流側から下流側に向けて）階段状に接触面積が減少する。すなわち、アノード側ガス流路を、下流域、中流域、上流域の 3 つの分割し、分割したそれぞれの領域においては接触面積を一定値としつつ、

下流域の接触面積 2 0 0 a > 中流域の接触面積 2 0 0 b > 上流域の接触面積 2 0 0 c となるように設定する。

【 0 0 6 3 】

本実施形態においても、カソード側ガス流路 1 8 の下流において、アノード側ガス流路 1 6 の方がカソード側ガス流路 1 8 よりもエキスパンドメタルの接触面積が相対的に大きくなり、この接触面積の相対的な大小関係に起因して、カソード側ガス流路 1 8 の方がアノード側ガス流路 1 6 より相対的に温度が高くなる。したがって、カソード側ガス流路 1 8 の下流側に押し出された生成水は、この温度勾配により M E A 1 0 を介してアノード側に移動する。

【 0 0 6 4 】

また、カソード側ガス流路 1 8 の上流において、カソード側ガス流路 1 8 の方がアノード側ガス流路 1 6 よりもエキスパンドメタルの接触面積が相対的に大きくなり、この接触面積の相対的な大小関係に起因して、アノード側ガス流路 1 6 の方がカソード側ガス流路 1 8 より相対的に温度が高くなる。したがって、アノード側ガス流路 1 6 の下流側に押し出された生成水は、この温度勾配により M E A 1 0 を介してカソード側に移動する。

【 0 0 6 5 】

以上のようにして、生成水はカソード側ガス流路 1 8 の上流に循環し、カソード側ガス流路 1 8 の下流におけるフラッシングが抑制されるとともに、カソード側ガス流路 1 6 の上流におけるドライアップが抑制される。

【 0 0 6 6 】

4 . 第 3 実施形態

上記の第 1 実施形態では、カソード側ガス流路 1 8 及びアノード側ガス流路 1 6 をともにエキスパンドメタルで構成しているが、排水性が問題となるのはカソード側であることを考慮し、カソード側ガス流路 1 8 をエキスパンドメタルで構成する一方、アノード側をエキスパンドメタル以外、例えばセパレータ 2 0 の表面に形成された凹凸または溝で構成してもよい。

【 0 0 6 7 】

図 9 に、本実施形態における燃料電池セルの断面構成を示す。燃料電池セルは、固体高分子膜からなる電解質膜を燃料極と空気極との 2 枚の電極で挟んだ膜電極接合体 (M E A) 1 0 と、アノード側ガス拡散層 1 2 と、カソード側ガス拡散層 1 4 と、アノード側ガス流路 1 7 と、カソード側ガス流路 1 8 と、セパレータ 2 0 、 2 2 とを含んで構成される。

【 0 0 6 8 】

カソード側ガス流路 1 8 は、エキスパンドメタルで構成される。また、アノード側ガス流路 1 7 は、セパレータ 2 0 の表面に形成された凹凸または溝で構成される。溝の凸部は

10

20

30

40

50

、アノード側ガス拡散層 12 に当接し、MEA 10 あるいはアノード側ガス拡散層 12 にとってリブとして機能する。したがって、以下では適宜、アノード側ガス流路 17 を構成する部材をリブと称する。

【0069】

カソード側ガス流路 18 には酸化剤ガスとして空気が供給される。また、アノード側ガス流路 17 には燃料ガスとして水素ガスが供給される。カソード側ガス流路 18 (空気流路) とアノード側ガス流路 17 (水素ガス流路) は互いに対向する。すなわち、空気流路と水素ガス流路は互いに逆向きであり、空気流路の上流は水素ガス流路の下流に対応し、空気流路の下流は水素ガス流路の上流に対応する。

【0070】

カソード側ガス流路 18 を構成するエキスパンドメタルの、カソード側ガス拡散層 14 との接触面積は、上流側の方が下流側よりも相対的に大きい。一方、アノード側ガス流路 17 を構成するリブの接触面積も、上流側の方が下流側よりも相対的に大きい。アノード側ガス流路 17 の上流はカソード側ガス流路 18 の下流に対応し、アノード側ガス流路 17 の下流はカソード側ガス流路 18 の上流に対応するから、カソード側ガス流路 18 の流れを基準とすると、リブの接触面積は下流側の方が上流側よりも相対的に大きい。

【0071】

アノード側ガス流路 17 を構成するリブは、冷却面として機能するから、その接触面積が大きいほど冷却性能が大きくなる。したがって、図中 A 領域で示すカソード側ガス流路 18 の下流側では、アノード側ガス流路 17 のリブの接触面積がカソード側ガス流路 18 のエキスパンドメタルの接触面積よりも相対的に大きくなり、カソード側ガス流路 18 がアノード側ガス流路 17 よりも相対的に温度が高くなる。また、図中 B 領域で示すカソード側ガス流路 17 の上流側では、カソード側ガス流路 18 のエキスパンドメタルの接触面積の方がアノード側ガス流路 17 のリブの接触面積よりも相対的に大きくなり、アノード側ガス流路 17 の方がカソード側ガス流路 18 よりも相対的に温度が高くなる。

【0072】

このように、カソード側ガス流路 18 とアノード側ガス流路 17 との間に温度勾配が生じるため、図 10 に示すように、図中 A 領域で示すカソード側ガス流路 18 の下流側では、カソード側ガス流路 18 の下流側から MEA 10 を介してアノード側ガス流路 17 の上流側に生成水が移動する (矢印 50)。また、図中 B 領域で示すカソード側ガス流路 18 の上流側では、アノード側ガス流路 17 の下流側から MEA 10 を介してカソード側ガス流路 18 の上流側に生成水が移動する (矢印 60)。

【0073】

したがって、本実施形態によっても、発電反応に伴いカソード側で生じた生成水は、カソード側ガス流路 18 の上流側 カソード側ガス流路 18 の下流側 アノード側ガス流路 17 の上流側 アノード側ガス流路 17 の下流側 カソード側ガス流路 18 の上流側 と移動し、カソード側ガス流路 18 に生成水が循環供給されることになるので、カソード側ガス流路 18 の下流側におけるフラッシングが抑制されるとともに、カソード側ガス流路 18 の上流におけるドライアップが抑制される。

【0074】

なお、アノード側ガス流路 17 を構成するリブの接触面積を大きくすると、その分だけリブ幅が広くなり、排水性能が低下するおそれがあるが、アノード側であるため問題とならない。

【0075】

5. 変形例

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれら以外にも種々の変形が可能である。

【0076】

例えば、第 1 及び第 2 実施形態では、カソード側ガス流路 18 とアノード側ガス流路 16 をともにエキスパンドメタルで構成し、第 3 実施形態ではカソード側ガス流路 18 をエ

10

20

30

40

50

キスバンドメタルで構成し、アノード側ガス流路 17 を凹凸あるいは溝で構成しているが、カソード側ガス流路とアノード側ガス流路を対向流路とするとともに、カソード側ガス流路とアノード側ガス流路をともに凹凸または溝で構成することもできる。この場合においても、それぞれの流路におけるリブの接触面積を変化させて温度勾配を形成することはいうまでもない。

【 0 0 7 7 】

また、本実施形態では、エキスパンドメタルの接触面積あるいはリブの接触面積を変化させているが、接触面積ではなく接触率（コンタクト率）を変化させてもよい。ここで、接触率とは、ガス流路を構成するエキスパンドメタルまたは凹凸のガス拡散層との界面における表面積のうち、ガス拡散層に接触している面積の割合である。本実施形態では、カソード側ガス流路 18 とアノード側ガス流路 16（あるいは 17）との間の接触率の差を用いて温度勾配を形成し、生成水を移動させるものといえる。カソード側ガス流路 18 とアノード側ガス流路 16（あるいは 17）との間の接触率は、例えば図 1 の A 領域において、

カソード側ガス流路 18 : 8 - 10 %

アノード側ガス流路 16 : 15 - 20 %

程度あればよい。接触率の差は 7 % 以上あるのが好適であるが、必ずしもこれに限定されるわけではない。本願出願人は、アノード側ガス流路 18 とカソード側ガス流路 16（あるいは 17）との間に少なくとも 1 % の接触率の差があれば、生成水が M E A 10 を介して対向流路に移動することを確認している。

【 0 0 7 8 】

また、本実施形態において、カソード側ガス流路 18 を構成する部材としてエキスパンドメタルを例示したが、これに限定されるものではなく、エキスパンドメタルその他の金属部材、より特定的には金属多孔体を用いることができる。

【 0 0 7 9 】

また、本実施形態では、生成水を対向流路内で循環させてカソード側ガス流路の上流に供給するので高温無加湿運転が可能であるが、必要に応じて加湿運転を行ってもよいのはいうまでもなく、加湿運転を排除するものではない。但し、無加湿運転することで加湿設備が不要となるので、その分だけコストが低減され、量産化に特に好適である。

【 0 0 8 0 】

さらに、本実施形態の燃料電池は、電気自動車や燃料電池自動車等の車両に搭載することが可能であるが、必ずしも車両用に限定されるものではない。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

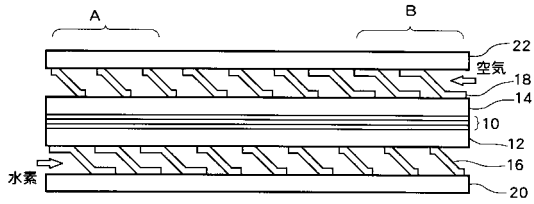
10 M E A、12 アノード側ガス拡散層、14 カソード側ガス拡散層、16、17 アノード側ガス流路、18 カソード側ガス流路、20、22 セパレータ。

10

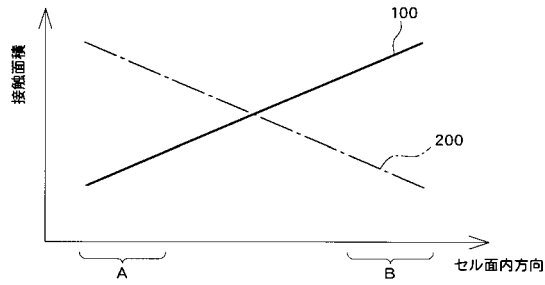
20

30

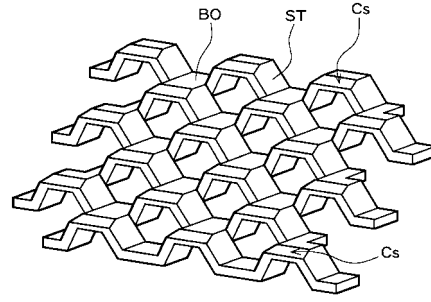
【図1】



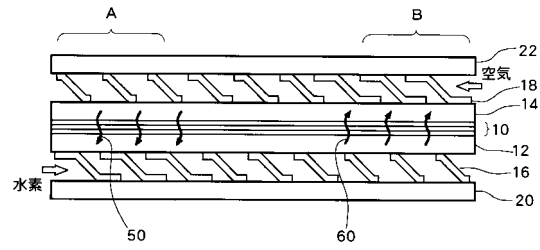
【図2】



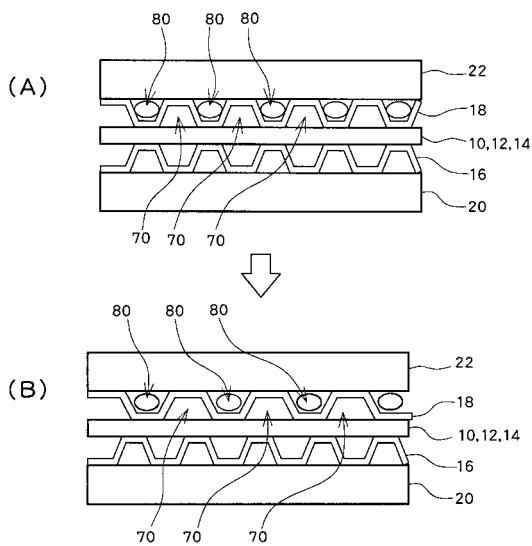
【図3】



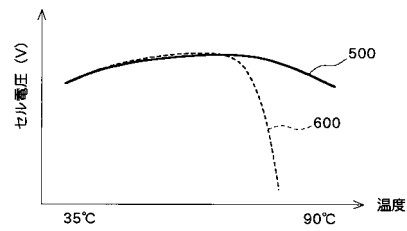
【図4】



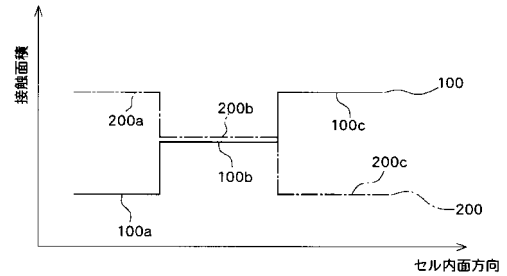
【図5】



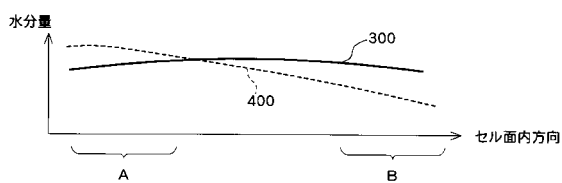
【図7】



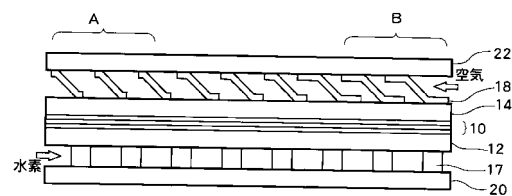
【図8】



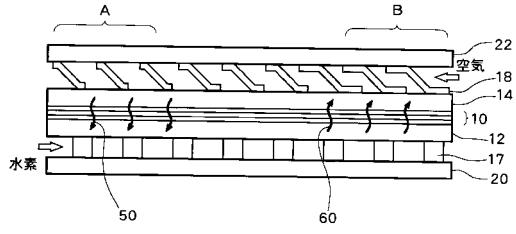
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 8/04 K

(56)参考文献 特開平05 - 251097 (JP, A)
特開2004 - 079245 (JP, A)
特開2007 - 305532 (JP, A)
特開2007 - 035527 (JP, A)
特開2009 - 026476 (JP, A)
特開2001 - 006698 (JP, A)
特開2008 - 140640 (JP, A)
特開2006 - 253038 (JP, A)
特開2011 - 018525 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4
H 0 1 M 4 / 8 6 - 4 / 9 6