

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2010-80379
(P2010-80379A)

(43) 公開日 平成22年4月8日(2010.4.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/02 (2006.01)	HO 1 M 8/02 E	5 H O 1 8
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/10	5 H O 2 6
HO 1 M 4/86 (2006.01)	HO 1 M 8/02 Y	5 H O 2 7
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 4/86 M	
	HO 1 M 8/04 K	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-250019 (P2008-250019)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成20年9月29日 (2008. 9. 29)		トヨタ自動車株式会社
			愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100087480
			弁理士 片山 修平
		(74) 代理人	100134511
			弁理士 八田 俊之
		(74) 代理人	100128565
			弁理士 ▲高▼林 芳孝
		(72) 発明者	壺阪 健二
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	5H018 AA06 AS01 DD01 HH03 HH04 HH09 5H026 AA06 CX01 HH03 HH04 HH09 5H027 AA06 KK31 KK46 MM02

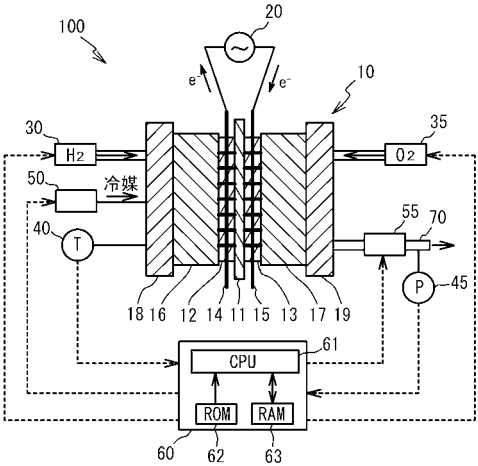
(54) 【発明の名称】 燃料電池および燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 触媒層のドライアップを抑制することができる燃料電池および燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池（10）は、電解質膜（11）と、電解質膜の少なくとも一方の面に配置された触媒層（12，13）と、触媒層の少なくとも一部に埋設された多孔質状の集電体（14，15）と、を備え、触媒層および集電体の少なくとも一部は、水の表面張力を γ （N/m）とし、触媒層の平均孔径を D_1 （ μm ）とし、集電体の平均孔径を D_2 （ μm ）とし、触媒層の接触角を θ_1 （rad）とし、集電体の接触角を θ_2 （rad）とした場合に、 $0 > 4\gamma \sin(\theta_1 - \pi/2)/D_1 - 4\gamma \sin(\theta_2 - \pi/2)/D_2$ の関係式を満たすことを特徴とするものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電解質膜と、
前記電解質膜の少なくとも一方の面に配置された触媒層と、
前記触媒層の少なくとも一部に埋設された多孔質状の集電体と、を備え、
前記触媒層および前記集電体の少なくとも一部は、水の表面張力を γ (N/m) とし、
前記触媒層の平均孔径を D_1 (μm) とし、前記集電体の平均孔径を D_2 (μm) とし、
前記触媒層の接触角を θ_1 (rad) とし、前記集電体の接触角を θ_2 (rad) とした場合に、
 $0 > 4\gamma \sin(\theta_1 - \pi/2) / D_1 - 4\gamma \sin(\theta_2 - \pi/2) / D_2$ の関係式を満たすことを特徴とする燃料電池。

10

【請求項 2】

前記触媒層は、カソード触媒層であることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池。

【請求項 3】

前記触媒層は、アノード触媒層であることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池。

【請求項 4】

前記触媒層および前記集電体は、前記電解質膜の両面に配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池。

【請求項 5】

前記電解質膜は、固体高分子型電解質からなることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の燃料電池。

20

【請求項 6】

請求項 1～5 のいずれかに記載の燃料電池と、
前記燃料電池のカソードオフガスの相対湿度が 100% 未満になるように前記燃料電池の発電条件を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 7】

前記制御手段は、前記燃料電池に供給される反応ガスのストイキ比、前記反応ガスの背圧、および、前記燃料電池の温度の少なくともいずれかを制御することを特徴とする請求項 6 記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、燃料電池および燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、一般的には水素および酸素を燃料として電気エネルギーを得る装置である。この燃料電池は、環境面において優れており、また高いエネルギー効率を実現できることから、今後のエネルギー供給システムとして広く開発が進められてきている。

【0003】

燃料電池は、例えば、プロトン伝導性を有する電解質膜と、電解質膜に沿って配置されたカソード触媒層およびアノード触媒層と、それぞれの触媒層の電解質膜と反対側に配置されたセパレータと、を備える。このような燃料電池においては、カソード触媒層にカソードガスが供給され、アノード触媒層にアノードガスが供給される。それにより、発電が行われる。

40

【0004】

特許文献 1 には、カソード触媒層およびアノード触媒層の内部に集電体が埋設された燃料電池が開示されている。この燃料電池によれば、ガス拡散層、セパレータ等が集電機能を有する必要がなくなる。

【0005】

【特許文献 1】特開 2005-174872 号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の技術では、高温運転時に触媒層にドライアップが生じるおそれがある。

【0007】

本発明は、内部に集電体を備える触媒層のドライアップを抑制することができる燃料電池および燃料電池システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る燃料電池は、電解質膜と、電解質膜の少なくとも一方の面に配置された触媒層と、触媒層の少なくとも一部に埋設された多孔質状の集電体と、を備え、触媒層および集電体の少なくとも一部は、水の表面張力を γ (N/m)とし、触媒層の平均孔径を D_1 (μm)とし、集電体の平均孔径を D_2 (μm)とし、触媒層の接触角を θ_1 (rad)とし、集電体の接触角を θ_2 (rad)とした場合に、 $0 > 4\gamma \sin(\theta_1 - \pi/2) / D_1 - 4\gamma \sin(\theta_2 - \pi/2) / D_2$ の関係式を満たすことを特徴とするものである。

10

【0009】

本発明に係る燃料電池によれば、触媒層および集電体の少なくとも一部が上記関係式を満たすことから、触媒層および集電体が水を保持し易くなる。それにより、触媒層のドライアップが抑制される。

20

【0010】

上記構成において、触媒層は、カソード触媒層であってもよい。この場合、カソード触媒層で生成される水がカソード触媒層に保持される。それにより、ドライアップ抑制効果が高まる。上記構成において、触媒層は、アノード触媒層であってもよい。上記構成において、触媒層および集電体は、電解質膜の両面に配置されていてもよい。上記構成において、電解質膜は、固体高分子型電解質からなるものであってもよい。

【0011】

本発明に係る燃料電池システムは、請求項1～5のいずれかに記載の燃料電池と、燃料電池のカソードオフガスの相対湿度が100%未満になるように燃料電池の発電条件を制御する制御手段と、を備えることを特徴とするものである。本発明に係る燃料電池システムによれば、カソードオフガスの相対湿度が100%未満の場合であっても、触媒層のドライアップを抑制することができる。

30

【0012】

上記構成において、制御手段は、燃料電池に供給される反応ガスのストイキ比、反応ガスの背圧、および、燃料電池の温度の少なくともいずれかを制御してもよい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、内部に集電体を備える触媒層のドライアップを抑制することができる燃料電池および燃料電池システムを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0014】

以下、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【実施例1】

【0015】

本発明の実施例1に係る燃料電池システム100について説明する。図1は、実施例1に係る燃料電池システム100の模式図である。燃料電池システム100は、燃料電池10と、負荷20と、反応ガス供給手段（アノードガス供給手段30およびカソードガス供給手段35）と、検出手段（温度検出手段40および圧力検出手段45）と、調整手段（温度調整手段50および圧力調整手段55）と、制御装置60と、を備える。

【0016】

50

燃料電池 10 は、電解質膜 11 と、触媒層（アノード触媒層 12 およびカソード触媒層 13）と、集電体（アノード集電体 14 およびカソード集電体 15）と、ガス拡散層（ガス拡散層 16 およびガス拡散層 17）と、セパレータ（セパレータ 18 およびセパレータ 19）と、を備える。電解質膜 11 としては、例えばプロトン伝導性を有する固体高分子電解質を用いることができる。

【0017】

アノード触媒層 12 は、電解質膜 11 の一面に配置されている。カソード触媒層 13 は、電解質膜 11 のアノード触媒層 12 と反対側の面に配置されている。アノード触媒層 12 およびカソード触媒層 13 は、触媒を含有する導電性材料からなる。アノード触媒層 12 の触媒は、水素のプロトン化を促進させる。カソード触媒層 13 の触媒は、プロトンと酸素との反応を促進させる。

10

【0018】

アノード集電体 14 は、アノード触媒層 12 の内部に電解質膜 11 の面方向に沿って埋設されている。カソード集電体 15 は、カソード触媒層 13 の内部に電解質膜 11 の面方向に沿って埋設されている。なお、アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 はそれぞれ、アノード触媒層 12 およびカソード触媒層 13 の内部に少なくとも一部が埋設されていればよく、全体が埋設されている必要はない。

【0019】

アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 は、電子伝導物質からなる。また、アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 は、多孔質状の物質である。それにより、アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 は、ガス透過性を有している。アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 として、例えば、金属メッシュ、金属発泡焼結体、エキスパンドメタル、カーボンファイバー、カーボン焼結体等が用いられる。本実施例においては、アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 は、一例として金属メッシュからなる。この場合、ガスは、金属メッシュを構成する金属線のうち隣接する金属線で囲まれた領域を透過することができる。なお、アノード触媒層 12 およびアノード集電体 14 並びにカソード触媒層 13 およびアノード集電体 15 の少なくとも一部は、所定の関係式を満たしているが、それについては後述する。

20

【0020】

ガス拡散層 16 は、アノード触媒層 12 の電解質膜 11 と反対側に配置されている。ガス拡散層 17 は、カソード触媒層 13 の電解質膜 11 と反対側に配置されている。ガス拡散層 16 は、ガス拡散層 16 に供給された水素を含むアノードガスを拡散させて、アノード触媒層 12 に供給する機能を有する。ガス拡散層 17 は、ガス拡散層 17 に供給された酸素を含むカソードガスを拡散させて、カソード触媒層 13 に供給する機能を有する。

30

【0021】

セパレータ 18 は、ガス拡散層 16 のアノード触媒層 12 と反対側に配置されている。セパレータ 19 は、ガス拡散層 17 のカソード触媒層 13 と反対側に配置されている。セパレータ 18 およびセパレータ 19 は、溝によって構成されたガス流路（図示せず）が形成された板部材である。セパレータ 18 のガス流路においてはアノードガスが流動し、セパレータ 19 のガス流路においてはカソードガスが流動する。

40

【0022】

負荷 20 は、モータ、補機等である。負荷 20 とアノード集電体 14 とカソード集電体 15 とは、電氣的に接続されて電気回路を形成している。アノードガス供給手段 30 は、制御装置 60 の指示を受けて水素を含むアノードガスを燃料電池 10 に供給する。カソードガス供給手段 35 は、制御装置 60 の指示を受けて酸素を含むカソードガスを燃料電池 10 に供給する。

【0023】

温度検出手段 40 は、燃料電池 10 の温度を検出して、検出結果を制御装置 60 に伝える。本実施例においては、温度検出手段 40 は、燃料電池 10 の内部を流動する冷媒の温度を検出する。圧力検出手段 45 は、反応ガスの背圧を検出して、検出結果を制御装置 6

50

0に伝える。本実施例においては、圧力検出手段45は、燃料電池10のカソード出口からの排気ガス（以下、カソードオフガスと称する）が通過する排気管70に接続されている。この場合、圧力検出手段45はカソードオフガスの圧力を検出する。

【0024】

温度調整手段50は、制御装置60の指示を受けて燃料電池10の温度を調整する。温度調整手段50として、例えば、燃料電池10内部の冷媒流路に冷媒を供給する冷媒ポンプ等が用いられる。圧力調整手段55は、制御装置60の指示を受けて反応ガスの背圧を調整する。本実施例において、圧力調整手段55は、燃料電池10の排気管70に接続されている。この場合、圧力調整手段55は、制御装置60の指示を受けてカソードオフガスの圧力を調整する。圧力調整手段55として、例えば圧力調整弁等が用いられる。

10

【0025】

制御装置60は、CPU（central processing unit）61、ROM（read only memory）62、RAM（random access memory）63等を有するマイクロコンピュータである。制御装置60は、反応ガスのストイキ比が所定の値になるようにアノードガス供給手段30およびカソードガス供給手段35を制御する。また、制御装置60は、圧力検出手段45の検出結果を受けて、反応ガスの背圧（本実施例においてはカソードオフガスの圧力）が所定の値になるように圧力調整手段55を制御する。さらに、制御装置60は、温度検出手段40の検出結果を受けて、燃料電池10の温度が所定の値になるように温度調整手段50を制御する。

【0026】

燃料電池システム100は、以下のように動作する。制御装置60がアノードガス供給手段30を制御することによって、アノードガスが燃料電池10に供給される。燃料電池10に供給されたアノードガスは、セパレータ18のガス流路を流動してガス拡散層16に拡散する。ガス拡散層16を拡散したアノードガスは、アノード触媒層12に到達する。アノード触媒層12において、アノードガス中の水素はプロトンと電子とに分離する。プロトンは、電解質膜11を伝導して、カソード触媒層13に到達する。電子は、アノード集電体14によって集電されて負荷20に供給された後に、カソード集電体15に到達する。

20

【0027】

また、制御装置60がカソードガス供給手段35を制御することによって、カソードガスが燃料電池10に供給される。燃料電池10に供給されたカソードガスは、セパレータ19のガス流路を流動してガス拡散層17に拡散する。ガス拡散層17を拡散したカソードガスは、カソード触媒層13に到達する。カソード触媒層13においては、カソードガス中の酸素と電解質膜11を伝導したプロトンと負荷20からの電子とから水が生成される。生成された水（生成水）は、カソード触媒層13、ガス拡散層17およびセパレータ19のガス流路を流動して、排気管70から外部へ排出される。カソードオフガスも排気管70から外部へ排出される。以上のように、燃料電池システム100は動作する。

30

【0028】

本実施例に係る燃料電池10によれば、触媒層の内部に配置された集電体から集電可能であることから、ガス拡散層16、ガス拡散層17、セパレータ18およびセパレータ19が導電性を有していなくてもよい。その結果、ガス拡散層16、ガス拡散層17、セパレータ18およびセパレータ19に用いる材料に対する制約が抑制される。それにより、これらの部材に安価かつ軽量な材料を用いることができる。

40

【0029】

なお、燃料電池10に対する要求負荷が大きくなると、制御装置60は、燃料電池10の発電量が多くなるように各部を制御する。例えば、制御装置60は、アノードガス供給手段30、カソードガス供給手段35および圧力調整手段55を制御することによって、反応ガスのストイキ比、反応ガスの背圧等を制御する。また、制御装置60は、燃料電池10の温度が所定の温度範囲になるように温度調整手段50を制御する。

【0030】

50

燃料電池 10 の発電量が多くなると、燃料電池 10 の温度が高くなる。この場合、燃料電池 10 が高温無加湿条件で発電することがある。本実施例において、高温無加湿条件とは、カソードオフガスの相対湿度が 100 % 未満となる条件をいう。一例として、ストイキ比が 1.5、背圧が 170 kPa、燃料電池 10 の温度が 80 °C 以上になる場合に、燃料電池 10 が高温無加湿条件で発電を行うことがある。この場合、ドライアップが生じることがある。

【0031】

また、触媒層の内部に集電体を埋設する場合、触媒層を厚くすることが好ましい。それにより、触媒層の熱伝導率が悪化する結果、発電に伴って触媒層近傍の温度が上昇する。この場合、反応ガスによる触媒層の水分の持ち去りによって触媒層にドライアップが生じるおそれがある。そこで、このドライアップを抑制する手段について考察する。

【0032】

図 2 (a) は、カソード触媒層 13 の上に金属メッシュからなるカソード集電体 15 が配置された様子を示している。図 2 (b) は、図 2 (a) の A-A 線断面図である。また、図 2 (b) には、水 120 が図示されている。図 2 (a) および図 2 (b) に示すように、カソード集電体 15 の孔 110 (カソード集電体 15 の構成金属線間の空間) に溜まった水 120 をカソード触媒層 13 およびカソード集電体 15 が保持するためには、水 120 にマイナス方向の毛管力 (図 2 (b) において、下側方向の毛管力) が働く必要がある。すなわち、水 120 にマイナス方向の毛管力が働くことによって、触媒層および集電体からの水分の持ち去りが抑制されて、触媒層のドライアップが抑制される。

【0033】

図 2 (c) は、集電体の平均孔径と上記マイナス方向の毛管力と集電体の接触角との関係を示す図である。図 2 (c) に示すように、集電体の孔径を小さくすることによって毛管力が大きくなり、集電体の接触角を小さくすることによって毛管力が大きくなる。したがって、集電体の孔径を小さくするとともに集電体の接触角を小さくすることによって、触媒層のドライアップを抑制することができる。しかしながら、集電体の孔径を小さくすると集電体のガス透過性が低下してしまう。そこで、集電体の孔径を所定の大きさに維持しつつ、集電体の接触角を小さくすることが効果的である。

【0034】

そこで、本実施例においては、毛細管現象における水の移動を支配する駆動差圧に着目する。図 3 は、水の駆動差圧を説明するためのモデル図である。図 3 は、一方端の径が D_1 (μm) で他方端の径が D_2 (μm) である孔 115 に水 120 が滞留する状態を示している。図 3 において、水 120 を一方端から他方端に移動させるための駆動差圧 P (N/m^2) は下記式 (1) によって表される。なお、 γ (N/m) は水 120 の表面張力である。

$$P = 4\gamma \sin(\theta_1 - \pi/2) / D_1 - 4\gamma \sin(\theta_2 - \pi/2) / D_2 \cdots (1)$$

【0035】

式 (1) を燃料電池 10 に適用するには、アノード触媒層 12 およびカソード触媒層 13 の平均孔径を D_1 (μm) とし、アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 の平均孔径を D_2 (μm) とし、アノード触媒層 12 およびカソード触媒層 13 の接触角を θ_1 (rad) とし、アノード集電体 14 およびカソード集電体 15 の接触角を θ_2 (rad) とすればよい。

【0036】

ここで、触媒層および集電体が水 120 を保持するためには、駆動差圧 P が負の値を有することが必要である。よって、下記式 (2) が成立することによって、触媒層および集電体は水 120 を保持することができる。

$$0 > 4\gamma \sin(\theta_1 - \pi/2) / D_1 - 4\gamma \sin(\theta_2 - \pi/2) / D_2 \cdots (2)$$

【0037】

そこで、本実施例においては、アノード触媒層 12 およびアノード集電体 14 並びにカソード触媒層 13 およびカソード集電体 15 の少なくとも一部がそれぞれ式 (2) の関係

を満たしている。それにより、これらの触媒層および集電体が水 120 を保持し易くなることから、触媒層のドライアップを抑制することができる。また、カソードオフガスの相対湿度が 100 % 未満となる発電条件においては触媒層にドライアップが生じ易いが、燃料電池システム 100 によれば、このような発電条件下においても触媒層のドライアップを抑制することができる。それにより、カソードオフガスの相対湿度が 100 % 未満となる条件下において発電を安定して行うことができる。さらに、式 (2) によれば、集電体の平均孔径を所定の大きさに維持することができる。それにより、集電体のガス透過性を確保することができる。

【0038】

なお、触媒層および集電体が式 (2) を満たすためには、例えば、触媒層の平均孔径および接触角に対応するように集電体の平均孔径および接触角を調整すればよい。集電体の接触角は、集電体の表面に親水処理を施すことによって、調整することができる。親水処理としては、例えば、シリコンコート、プラズマ処理等を用いることができる。

【0039】

なお、燃料電池 10 においてアノード触媒層 12 およびアノード集電体 14 並びにカソード触媒層 13 およびカソード集電体 15 の両者とも、式 (2) の関係を満たしているが、これに限られない。例えば、アノード側およびカソード側のいずれか一方が式 (2) の関係を有していてもよい。この場合、式 (2) の関係を有する触媒層のドライアップが抑制されることから、燃料電池 10 の発電性能低下が抑制されるからである。ただし、生成水は主としてカソード触媒層 13 で発生することから、少なくともカソード触媒層 13 およびカソード集電体 15 が式 (2) の関係を有していることがより好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】図 1 は、実施例 1 に係る燃料電池システム 100 の模式図である。

【図 2】図 2 (a) は、カソード触媒層 13 の上に金属メッシュからなるカソード集電体 15 が配置された様子を示している。図 2 (b) は、図 2 (a) の A-A 線断面図である。図 2 (c) は、集電体の平均孔径とマイナス方向の毛管力と集電体の接触角との関係を示す図である。

【図 3】図 3 は、水の駆動差圧を説明するためのモデル図である。

【符号の説明】

【0041】

- 10 燃料電池
- 11 電解質膜
- 12 アノード触媒層
- 13 カソード触媒層
- 14 アノード集電体
- 15 カソード集電体
- 16, 17 ガス拡散層
- 18, 19 セパレータ
- 20 負荷
- 30 アノードガス供給手段
- 35 カソードガス供給手段
- 40 温度検出手段
- 45 圧力検出手段
- 50 温度調整手段
- 55 圧力調整手段
- 60 制御装置
- 61 CPU
- 62 ROM
- 63 RAM

10

20

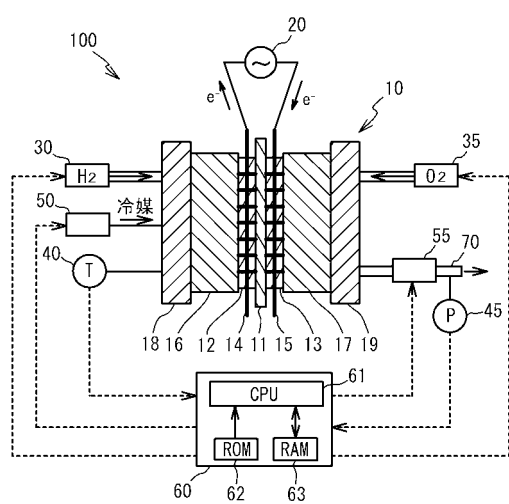
30

40

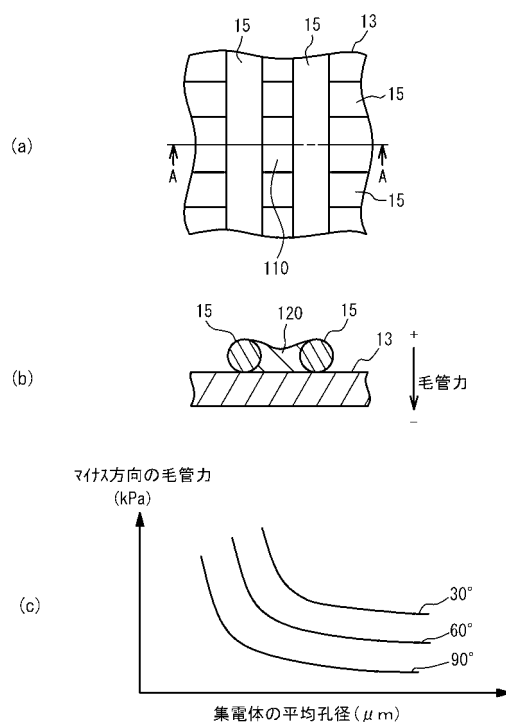
50

70 排気管
 100 燃料電池システム
 110, 115 孔
 120 水

【図 1】



【図 2】



【図 3】

