

(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2018-90899

(P2018-90899A)

(43) 公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 5 B 9/10 (2006.01)	C 2 5 B 9/10	4 K O 2 1
C 2 5 B 9/00 (2006.01)	C 2 5 B 9/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2017-174209 (P2017-174209)	(71) 出願人	314012076
(22) 出願日	平成29年9月11日 (2017.9.11)		パナソニック I P マネジメント株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2016-236379 (P2016-236379)	(74) 代理人	大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
(32) 優先日	平成28年12月6日 (2016.12.6)		110000556
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		特許業務法人 有古特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2016-236380 (P2016-236380)	(72) 発明者	酒井 修
(32) 優先日	平成28年12月6日 (2016.12.6)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		ソニック株式会社内
		(72) 発明者	鶴飼 邦弘
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
			ソニック株式会社内
		(72) 発明者	脇田 英延
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
			ソニック株式会社内

最終頁に続く

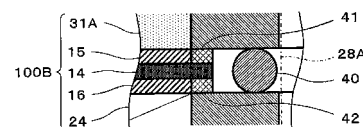
(54) 【発明の名称】電気化学式水素ポンプ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】簡易かつ適切に電解質膜とカソード給電体との間の接触抵抗の増加を抑制する方法の提供。

【解決手段】電気化学式水素ポンプ、一対の主面を備える電解質膜14と、主面に設けたカソード触媒層15と、アノード触媒層16と、電解質膜の反対側のカソード触媒層面上に設けたカソードガス拡散層31Aと、カソードガス拡散層からのカソードガスが流れる凹部を備えるセパレータと、電解質膜の反対側のアノード触媒層の主面に設けたアノードガス拡散層24と、カソード触媒層とアノード触媒層の間に電圧を印加する電圧印加器と、電解質膜、カソード触媒層、アノード触媒層、カソードガス拡散層及びアノードガス拡散層の積層体100Bを締結する締結器と、を備え、カソードガス拡散層は、凹部に収納され、積層体の締結前に、凹部からその厚み方向にはみ出して配設され、カソードガス拡散層の側面と凹部の側面との間に弾性部材を備える。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の主面を備える電解質膜と、
前記電解質膜の一方の主面に設けられたカソード触媒層と、
前記電解質膜の他方の主面に設けられたアノード触媒層と、
前記電解質膜と対向していない前記カソード触媒層の主面上に設けられたカソードガス拡散層と、
前記カソードガス拡散層から導出されたカソードガスが流れる凹部を備えるセパレータと、
前記電解質膜と対向していない前記アノード触媒層の主面上に設けられたアノードガス拡散層と、
前記カソード触媒層および前記アノード触媒層の間に電圧を印加する電圧印加器と、
前記電解質膜、前記カソード触媒層、前記アノード触媒層、前記カソードガス拡散層、および前記アノードガス拡散層の積層体を締結する締結器とを備え、
前記カソードガス拡散層は、前記凹部に収納され、前記積層体の締結前に、前記凹部からその厚み方向にはみ出して配設されており、前記カソードガス拡散層の側面と前記凹部の側面との間に弾性部材を備える、電気化学式水素ポンプ。

10

【請求項 2】

前記積層体が締結前の前記カソードガス拡散層の厚みは、前記積層体の締結時において、前記カソードガス拡散層の圧縮された厚みの大きさが、動作時において、前記アノードガス拡散層、前記アノード触媒層および前記電解質膜のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値以上となるように、設定されている、請求項 1 記載の電気化学式水素ポンプ。

20

【請求項 3】

前記カソードガス拡散層は、前記セパレータに対向する側が前記カソード触媒層に対向する側よりも剛性が高い、請求項 1 記載の電気化学式水素ポンプ。

【請求項 4】

前記カソードガス拡散層は、前記カソード触媒層に対向する側が前記セパレータに対向する側よりも多孔度が高い、請求項 1 記載の電気化学式水素ポンプ。

【請求項 5】

前記セパレータは、カソードガスが流れるマニホールド孔と、前記凹部内のカソードガスを前記マニホールド孔に導出するガス流路とを備える、請求項 1 記載の電気化学式水素ポンプ。

30

【請求項 6】

前記カソードガス拡散層は、金属繊維の焼結体で構成される、請求項 1 - 5 のいずれか 1 項に記載の電気化学式水素ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は電気化学式水素ポンプに関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、地球の温暖化などの環境問題、石油資源の枯渇などのエネルギー問題から、化石燃料に代わるクリーンな代替エネルギー源として、水素が注目されている。水素は燃焼しても基本的に水しか放出せず、地球温暖化の原因となる二酸化炭素が排出されずかつ窒素化合物などもほとんど排出されないの、クリーンエネルギーとして期待されている。また、水素を燃料として高効率に利用する装置として、例えば、燃料電池があり、自動車用電源向け、家庭用自家発電向けに、燃料電池の開発および普及が進んでいる。

【0003】

来るべき水素社会では、水素を製造することに加えて、水素ガスを高密度で貯蔵し、小

50

容量かつ低コストで輸送または利用し得る技術開発が求められている。特に、分散型のエネルギー源となる燃料電池の普及の促進には、燃料供給インフラを整備する必要がある。また、燃料供給インフラに水素を安定的に供給するために、高純度の水素ガスを精製および昇圧する様々な提案が行われている。

【0004】

例えば、電解質膜、給電体（ガス拡散層）および触媒層などからなるMEAを用い、MEAのアノードとカソードの間に電圧をかけて、MEAのカソード側で高圧の水素ガス（カソードガス）を発生させる方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。このとき、高圧状態のカソードガスの押圧により、電解質膜およびアノード給電体などが変形すると、電解質膜とカソード給電体との間の接触抵抗が増加することが指摘されている（例えば、特許文献2、3参照）。

10

【0005】

そこで、特許文献2では、カソードガスが高圧状態になっても、電解質膜とカソード給電体との接触抵抗が増加しにくくなるように、カソード給電体を電解質膜に押圧して密着させ得る押圧手段が提案されている。

【0006】

また、特許文献3では、カソードガスが高圧状態になっても、電解質膜とカソード給電体との接触抵抗が増加しにくくなるように、予め弾性材料からなるカソード給電体を圧縮させることが提案されている（例えば、特許文献3参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2001-342587号公報

【特許文献2】特開2006-70322号公報

【特許文献3】特開2006-111924号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、従来例は、簡易かつ適切に電解質膜とカソード給電体との間の接触抵抗の増加を抑制することについて十分に検討されていない。詳細は実施形態で説明する。

30

【0009】

本開示の一態様(aspect)は、このような事情に鑑みてなされたものであり、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を抑制し得る電気化学式水素ポンプを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本開示の一態様の電気化学式水素ポンプは、一対の主面を備える電解質膜と、電解質膜の一方の主面に設けられたカソード触媒層と、電解質膜の他方の主面に設けられたアノード触媒層と、電解質膜と対向していないカソード触媒層の主面上に設けられたカソードガス拡散層と、カソードガス拡散層から導出されたカソードガスが流れる凹部を備えるセパレータと、電解質膜と対向していないアノード触媒層の主面上に設けられたアノードガス拡散層と、カソード触媒層およびアノード触媒層の間に電圧を印加する電圧印加器と、電解質膜、カソード触媒層、アノード触媒層、カソードガス拡散層、およびアノードガス拡散層の積層体を締結する締結器と、を備え、カソードガス拡散層は、凹部に収納され、積層体の締結前に、凹部からその厚み方向にはみ出して配設されており、カソードガス拡散層の側面と凹部の側面との間に弾性部材を備える。

40

【発明の効果】

【0011】

本開示の一態様の電気化学式水素ポンプは、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

50

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、第1実施形態の電気化学式水素ポンプの一例を示す図である。

【図2】図2は、第1実施形態の電気化学式水素ポンプの一例を示す図である。

【図3】図3は、第1実施形態の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【図4】図4は、第1実施形態の電気化学式水素ポンプのアノードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【図5】図5は、第1実施形態の電気化学式水素ポンプの積層体の締結動作の一例を示す図である。

10

【図6】図6は、第1実施形態の第1変形例の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【図7】図7は、第1実施形態の第2変形例の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【図8】図8は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプの一例を示す図である。

【図9】図9は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプの一例を示す図である。

【図10】図10は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【図11】図11は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプのアノードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

20

【図12】図12は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプの積層体の締結動作の一例を示す図である。

【図13】図13は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプの昇圧動作における電解質膜、アノード触媒層およびアノードガス拡散層の変形の一例を示す図である。

【図14】図14は、第2実施形態の第7実施例の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

特許文献2および特許文献3でも、上記のとおり、電解質膜とカソード給電体との接触抵抗の増加を抑制する構成の検討が行われているが、未だ改善の余地がある。

30

【0014】

例えば、特許文献2では、カソード給電体を電解質膜に押圧して密着させるための押圧手段を設ける必要があるので、部品点数が増え、これにより、装置の複雑化およびコストアップにつながる。

【0015】

そこで、本開示の第1の態様の電気化学式水素ポンプは、一对の主面を備える電解質膜と、電解質膜の一方の主面に設けられたカソード触媒層と、電解質膜の他方の主面に設けられたアノード触媒層と、電解質膜と対向していないカソード触媒層の主面上に設けられたカソードガス拡散層と、カソードガス拡散層から導出されたカソードガスが流れる凹部を備えるセパレータと、電解質膜と対向していないアノード触媒層の主面上に設けられたアノードガス拡散層と、カソード触媒層およびアノード触媒層の間に電圧を印加する電圧印加器と、電解質膜、カソード触媒層、アノード触媒層、カソードガス拡散層、およびアノードガス拡散層の積層体を締結する締結器と、を備え、カソードガス拡散層は、凹部に収納され、積層体の締結前に、凹部からその厚み方向にはみ出して配設されており、カソードガス拡散層の側面と凹部の側面との間に弾性部材を備える。

40

【0016】

かかる構成によると、第1の態様の電気化学式水素ポンプは、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【0017】

具体的には、電気化学式水素ポンプの動作時に、電気化学式水素ポンプのカソードガス

50

が高圧状態になると、電解質膜がカソードガスを通さないで、アノードガス拡散層、アノード触媒層および電解質膜に高圧がかかる。すると、アノードガス拡散層、アノード触媒層および電解質膜のそれぞれが圧縮変形する。しかし、このとき、本態様の電気化学式水素ポンプは、カソードガス拡散層が、締結器による圧縮後の厚みから圧縮前の厚みに戻る方向に弾性変形することにより、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触を適切に維持できる。よって、カソードガス拡散層をカソード触媒層に押圧するための専用の部材が不要であるので、特許文献 2 に記載された発明よりも簡易な構成で上記の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【 0 0 1 8 】

ここで、締結前に凹部からカソードガス拡散層がはみ出していると、締結の際に、カソードガス拡散層は主面と垂直な方向においては締結圧により圧縮される一方、この主面と平行な方向に伸張する。すると、仮に、カソードガス拡散層の側面と凹部の側面との間に弾性部材を設けない場合は、カソードガス拡散層は凹部周縁において凹部からはみ出し、このはみ出した部分がカソード触媒層または電解質膜にダメージを与えてしまう可能性がある。しかし、本態様の電気化学式水素ポンプでは、上記の構成の如く、カソードガス拡散層の側面と凹部の側面との間に弾性部材を設けることで、カソードガス拡散層の主面と平行な方向へのカソードガス拡散層の伸張を吸収し、カソードガス拡散層が凹部周縁において凹部からはみ出す可能性を低減できる。

【 0 0 1 9 】

また、本開示の第 2 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 1 の態様の電気化学式水素ポンプにおいて、積層体が締結前のカソードガス拡散層の厚みは、積層体の締結時において、カソードガス拡散層の圧縮された厚みの大きさが、動作時において、アノードガス拡散層、アノード触媒層および電解質膜のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値以上となるように、設定されていてもよい。

【 0 0 2 0 】

特許文献 3 では、アノード給電体とカソード給電体の締結時に、予めカソード給電体をどの程度、圧縮変形させるかについて適切に知ることができない。例えば、特許文献 3 は、高圧水素製造装置の動作時に、カソードガスが高圧状態になることで生じるアノード給電体の圧縮量について検討されていない。しかし、本態様の電気化学式水素ポンプでは、上記の構成の如く、電気化学式水素ポンプの動作時におけるアノードガス拡散層、アノード触媒層および電解質膜のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値を考慮して、積層体の締結時におけるカソードガス拡散層の圧縮された厚みの大きさを決定しているので、特許文献 3 に記載された発明よりも適切に上記の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【 0 0 2 1 】

また、本開示の第 3 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 1 の態様の電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層は、セパレータに対向する側がカソード触媒層に対向する側よりも剛性が高くてもよい。

【 0 0 2 2 】

積層体の締結力は、上記のカソードセパレータを通してカソードガス拡散層にかかる。よって、カソードセパレータに対向する側のカソードガス拡散層の剛性を、カソード触媒層に対向する側の剛性よりも高くすることで、逆の場合に比べ、締結力をカソードガス拡散層に均一にかけることが可能である。すると、カソードガス拡散層とカソード触媒層とを均一な圧力で接触させることができるので、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を更に効果的に抑制できる。

【 0 0 2 3 】

また、本開示の第 4 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 1 の態様の電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層は、カソード触媒層に対向する側がセパレータに対向する側よりも多孔度が高くてもよい。

【 0 0 2 4 】

カソードガス拡散層の多孔度が高いほど、カソードガス拡散層のガス通気性が優れてい

10

20

30

40

50

る。よって、カソード触媒層に対向する側のカソードガス拡散層の多孔度が高い方が、逆の場合に比べ、カソード触媒層からカソードガス拡散層にカソードガスを引き込むことが容易になる。また、カソードガス拡散層の多孔度が高いほど、カソードガス拡散層は押しつぶれやすい。よって、カソード触媒層に対向する側のカソードガス拡散層の多孔度が高い方が、逆の場合に比べ、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の密着性を向上できる。

【0025】

また、本開示の第5の態様の電気化学式水素ポンプは、第1の態様の電気化学式水素ポンプにおいて、セパレータは、カソードガスが流れるマニホールド孔と、凹部内のカソードガスをマニホールド孔に導出するガス流路とを備えていてもよい。

10

【0026】

かかる構成によると、高圧状態のカソードガス拡散層からガス流路を通じてカソードガスを取り出すことができる。

【0027】

また、本開示の第6の態様の電気化学式水素ポンプは、第1の態様 - 第5の態様のいずれかの電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層は、金属繊維の焼結体で構成されていてもよい。

【0028】

かかる構成によると、カソードガス拡散層を金属繊維の焼結体で構成することで、複数の通気孔が設けられた金属鋼板により構成される場合に比べ、カソードガス拡散層に必要な弾性およびガス通気性が確保しやすくなる。

20

【0029】

上記のとおり、特許文献2では、カソード給電体を電解質膜に押圧して密着させるための押圧手段を設ける必要があるので、部品点数が増え、これにより、装置の複雑化およびコストアップにつながる。

【0030】

また、特許文献3では、アノード給電体とカソード給電体の締結時に、予めカソード給電体をどのように圧縮変形させるかについて適切に知ることができない。例えば、特許文献3は、高圧水素製造装置の動作時に、高圧水素製造装置のカソードガスが高圧状態になることで電解質膜およびアノード給電体などの変形が面内で均一にならない問題について検討されていない。

30

【0031】

そこで、本開示の第7の態様の電気化学式水素ポンプは、一対の主面を備える電解質膜と、電解質膜の一方の主面に設けられたカソード触媒層と、電解質膜の他方の主面に設けられたアノード触媒層と、電解質膜と対向していないカソード触媒層の主面上に設けられたカソードガス拡散層と、電解質膜と対向していないアノード触媒層の主面上に設けられたアノードガス拡散層と、カソードガス拡散層から導出されたカソードガスが流れる凹部を備えるセパレータと、カソード触媒層およびアノード触媒層の間に電圧を印加する電圧印加器と、電解質膜、カソード触媒層、アノード触媒層、カソードガス拡散層、アノードガス拡散層およびセパレータの積層体を締結する締結器と、を備え、セパレータの凹部の底面は、カソードガスの流れを仕切らない凸部を備え、カソードガス拡散層は、凹部に収納されるとともに、積層体の締結前に、凹部からその厚み方向にはみ出して配設されている。

40

【0032】

かかる構成によると、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【0033】

具体的には、電気化学式水素ポンプの動作時に、電気化学式水素ポンプのカソードガスが高圧状態になると、アノードガス拡散層、アノード触媒層および電解質膜に高圧がかかる。すると、アノードガス拡散層、アノード触媒層および電解質膜のそれぞれが圧縮変形

50

する。しかし、このとき、本態様の電気化学式水素ポンプでは、カソードガス拡散層は、締結器による圧縮後の厚みから圧縮前の厚みに戻る方向に弾性変形することにより、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触を適切に維持できる。よって、カソードガス拡散層をカソード触媒層に押圧するための専用の部材が不要であるので、特許文献 2 に記載された発明よりも簡易な構成で上記の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【0034】

また、電気化学式水素ポンプの動作時に、電気化学式水素ポンプのカソードガスの高圧状態で発生する電解質膜、アノード触媒層およびアノードガス拡散層の変形は、これらの面内で均一にならない。例えば、アノードガス拡散層をアノード本体（アノードセパレータ）に収納する場合、アノード本体の剛性により、アノード本体の近傍のアノードガス拡散層の周縁部の圧縮量（厚み）は、中央部の圧縮量（厚み）よりも小さい。また、例えば、平面視において、アノード触媒層の周囲を囲むようにシール部材（例えば、ガスケットなど）を設ける場合、シール部材の剛性により、シール部材の近傍のアノード触媒層および電解質膜の周縁部の圧縮量（厚み）は、中央部の圧縮量（厚み）よりも小さい。ここで、仮に、セパレータの凹部の底面が、凸部が設けられていないフラットな面である場合、締結器による圧縮後の厚みから圧縮前の厚みに戻る方向に弾性変形した後のカソードガス拡散層の厚みは、中央部が周縁部に比べ厚くなる。すると、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触圧は、中央部が周縁部に比べ低くなるので、両者間の接触抵抗が面内で不均一になる可能性がある。しかし、本態様の電気化学式水素ポンプでは、セパレータの凹部の底面が凸部を備えることにより、上記の弾性変形した後のカソードガス拡散層の厚みを面内で均一化し得ることで、このような可能性を低減できる。つまり、特許文献 3 に記載された発明よりも適切にカソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【0035】

また、本開示の第 8 の態様の電気化学式水素ポンプは、上記第 7 の態様の電気化学式水素ポンプにおいて、凸部は、凹部の底面の重心を含む領域に設けられていてもよい。

【0036】

凹部の底面の重心において、アノード触媒層およびアノードガス拡散層の圧縮量が最も大きいと推測されるので、これにより、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触をより適切に維持できる。

【0037】

また、本開示の第 9 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 7 の態様または第 8 の態様の電気化学式水素ポンプにおいて、凸部は、凹部の周縁を除く領域に設けられていてもよい。

【0038】

カソードセパレータの凹部にカソードガス拡散層を収納する場合、カソードセパレータの凹部の周縁を除く領域では、電気化学式水素ポンプの動作時に、電気化学式水素ポンプのカソードガスの高圧化によって必然的に電解質膜、アノード触媒層およびアノードガス拡散層が押圧される。よって、この領域に凸部を設けることで、カソード触媒層およびカソードガス拡散層間の接触抵抗が面内で不均一になる可能性を効果的に低減できる。

【0039】

また、本開示の第 10 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 7 の態様 - 第 9 の態様のいずれかの電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層の厚みの大きさは、セパレータの凹部周縁部の深さの大きさ以上であってもよい。

【0040】

カソードセパレータの凹部の周縁部であっても、カソードセパレータの凹部にカソードガス拡散層を収納する場合、電気化学式水素ポンプの動作時に、電気化学式水素ポンプのカソードガスの高圧化によって電解質膜、アノード触媒層およびアノードガス拡散層が押圧される。そこで、本態様の電気化学式水素ポンプは、以上の構成により、上記の周縁部も含めカソード触媒層およびカソードガス拡散層間の接触を適切に維持し得る。

【 0 0 4 1 】

また、本開示の第 1 1 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 7 の態様 - 第 1 0 の態様のいずれかの電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層は、セパレータに対向する側がカソード触媒層に対向する側よりも剛性が高くてもよい。

【 0 0 4 2 】

積層体の締結力は、上記のカソードセパレータを通してカソードガス拡散層にかかる。よって、カソードセパレータに対向する側のカソードガス拡散層の剛性を、カソード触媒層に対向する側よりも高くすることで、逆の場合に比べ、締結力をカソードガス拡散層に均一にかけることが可能である。すると、カソードガス拡散層とカソード触媒層とを均一な圧力で接触させることができるので、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を更に効果的に抑制できる。

10

【 0 0 4 3 】

また、本開示の第 1 2 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 7 の態様 - 第 1 1 の態様のいずれかの電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層は、カソード触媒層に対向する側がセパレータに対向する側よりも多孔度が高くてもよい。

【 0 0 4 4 】

カソードガス拡散層の多孔度が高いほど、カソードガス拡散層のガス通気性が優れている。よって、カソード触媒層に対向する側のカソードガス拡散層の多孔度が高い方が、逆の場合に比べ、カソード触媒層からカソードガス拡散層にカソードガスを引き込むことが容易になる。また、カソードガス拡散層の多孔度が高いほど、カソードガス拡散層は押しつぶれやすい。よって、カソード触媒層に対向する側のカソードガス拡散層の多孔度が高い方が、逆の場合に比べ、カソード触媒層とカソードガス拡散層との間の密着性を向上できる。

20

【 0 0 4 5 】

また、本開示の第 1 3 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 7 の態様 - 第 1 2 の態様のいずれかの電気化学式水素ポンプにおいて、カソードガス拡散層は、金属繊維の焼結体で構成されていてもよい。

【 0 0 4 6 】

かかる構成によると、カソードガス拡散層を金属繊維の焼結体で構成することで、複数の通気孔が設けられた金属鋼板により構成される場合に比べカソードガス拡散層に必要な弾性およびガス通気性が確保しやすくなる。

30

【 0 0 4 7 】

また、本開示の第 1 4 の態様の電気化学式水素ポンプは、第 7 の態様 - 第 1 3 の態様のいずれかの電気化学式水素ポンプにおいて、セパレータは、カソードガスが流れるマニホールド孔と、凹部内のカソードガスをマニホールド孔に導出するガス流路とを備えてもよい。

【 0 0 4 8 】

かかる構成によると、高圧状態のカソードガス拡散層からガス流路を通じてカソードガスを取り出すことができる。

【 0 0 4 9 】

以下、添付図面を参照しつつ、上記の本開示の各態様の実施形態について説明する。

40

【 0 0 5 0 】

以下で説明する実施形態は、本開示の各態様の一例を示すものである。よって、以下で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態などは、請求項に記載されていない限り、本開示の各態様を限定するものではない。また、以下の構成要素のうち、本態様の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、図面において、同じ符号が付いたものは、説明を省略する場合がある。また、図面は理解しやすくするために、それぞれの構成要素を模式的に示したもので、形状および寸法比などについては正確な表示ではない場合がある。

【 0 0 5 1 】

50

(第1実施形態)

[装置の全体構成]

図1および図2は、第1実施形態の電気化学式水素ポンプの一例を示す図である。図2は、図1のA部の拡大図である。

【0052】

図1および図2に示すように、本実施形態の電気化学式水素ポンプ100は、電解質膜14と、カソード触媒層15と、アノード触媒層16と、カソードガス拡散デバイス31と、アノードガス拡散デバイス9と、電圧印加器19と、締結器27と、を備える。

【0053】

カソードガス拡散デバイス31は、カソードガス拡散層31Aと、カソードセパレータ31Bと、を備える。アノードガス拡散デバイス9は、アノードガス拡散層24を備えるアノード本体1と、アノードガス流路板5と、アノード端板10と、を備える。カソードガス拡散デバイス31およびアノードガス拡散デバイス9の詳細な構成は後で説明する。

【0054】

電気化学式水素ポンプ100の単セル100Aは、電解質膜14と、カソード触媒層15と、アノード触媒層16と、カソードガス拡散デバイス31と、アノードガス拡散デバイス9と、を備える。よって、図1の電気化学式水素ポンプ100は、3段の単セル100Aが積層されたスタックを構成しているが、単セル100Aの段数はこれに限定されない。つまり、単セル100Aの段数は、電気化学式水素ポンプ100の水素量などの運転条件をもとに適宜の数に設定することができる。

【0055】

締結器27は、電解質膜14、カソード触媒層15、アノード触媒層16、カソードガス拡散層31A、およびアノードガス拡散層24の積層体100Bを締結する。

【0056】

つまり、上記の積層体100Bを備える単セル100Aを複数個、積層状態で適切に保持するには、単セル100Aの最上層のカソードガス拡散デバイス31の端面および最下層のアノードガス拡散デバイス9の端面をそれぞれ、図示しない絶縁板などを介して端板26Uおよび端板26Dで挟み、単セル100Aに所望の締結圧をかける必要がある。そこで、端板26Uおよび端板26Dの適所に、単セル100Aに締結圧をかけるための皿ばねなどを備える複数の締結器27が設けられている。

【0057】

締結器27は、上記の積層体100Bを締結できれば、どのような構成であってもよい。締結器27として、例えば、端板26Uおよび端板26Dの間を貫通するボルト、および皿ばね付きナットなどを例示できる。

【0058】

端板26Uには、カソードガス拡散デバイス31からのカソードガスが流通するカソードガス導出配管30が設けられている。つまり、カソードガス導出配管30は、積層状態の単セル100Aに設けられた筒状のカソードガス導出マニホルド(図示せず)に連通している。なお、カソードガス拡散デバイス31およびアノードガス拡散デバイス9の間には、平面視において、カソードガス導出マニホルドを囲むように図示しないOリングなどのシール部材が設けられ、カソードガス導出マニホルドが、このシール部材で適切にシールされている。

【0059】

また、端板26Uには、アノードガス拡散デバイス9からの余剰のアノードガスが流通するアノードガス導出配管29も設けられている。つまり、アノードガス導出配管29は、積層状態の単セル100Aに設けられた筒状のアノードガス導出マニホルド29Aに連通している。なお、カソードガス拡散デバイス31およびアノードガス拡散デバイス9の間には、平面視において、アノードガス導出マニホルド29Aを囲むようにOリングなどのシール部材40が設けられ、アノードガス導出マニホルド29Aが、シール部材40で適切にシールされている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

端板 2 6 D には、アノードガス拡散デバイス 9 に供給されるアノードガスが流通するアノードガス導入配管 2 8 が設けられている。つまり、アノードガス導入配管 2 8 は、積層状態の単セル 1 0 0 A に設けられた筒状のアノードガス導入マニホールド 2 8 A に連通している。なお、カソードガス拡散デバイス 3 1 およびアノードガス拡散デバイス 9 の間には、平面視において、アノードガス導入マニホールド 2 8 A を囲むように O リングなどのシール部材 4 0 が設けられ、アノードガス導入マニホールド 2 8 A が、シール部材 4 0 で適切にシールされている。

【 0 0 6 1 】

電解質膜 1 4 は、一对の主面を備える。電解質膜 1 4 は、プロトン (H^+) を透過可能なプロトン伝導性高分子膜である。電解質膜 1 4 はプロトン伝導性高分子膜であれば、どのような膜であってもよい。例えば、電解質膜 1 4 として、フッ素系高分子電解質膜などを挙げることができる。具体的には、例えば、N a f i o n (登録商標、デュポン社製)、A c i p l e x (商標、旭化成株式会社製) などを用いることができる。

10

【 0 0 6 2 】

カソード触媒層 1 5 は、電解質膜 1 4 の一方の主面 (例えば、おもて面) に設けられている。なお、平面視において、カソード触媒層 1 5 の周囲を囲むようにガスケットなどのシール部材 4 1 が設けられ、カソード触媒層 1 5 が、シール部材 4 1 で適切にシールされている。カソード触媒層 1 5 は、例えば、触媒金属として白金を含むが、これに限定されない。

20

【 0 0 6 3 】

アノード触媒層 1 6 は、電解質膜 1 4 の他方の主面 (例えば、うら面) に設けられている。なお、平面視において、アノード触媒層 1 6 の周囲を囲むようにガスケットなどのシール部材 4 2 が設けられ、アノード触媒層 1 6 が、シール部材 4 2 で適切にシールされている。アノード触媒層 1 6 は、例えば、触媒金属として R u I r F e O x を含むが、これに限定されない。

【 0 0 6 4 】

カソード触媒層 1 5 もアノード触媒層 1 6 も、触媒の調製方法としては、種々の方法を挙げることができるので、特に限定されない。例えば、触媒の担体としては、導電性多孔質物質粉末、炭素系粉末などを挙げることができる。炭素系粉末としては、例えば、黒鉛、カーボンブラック、電気導電性を有する活性炭などの粉末を挙げることができる。カーボンなどの担体に、白金若しくは他の触媒金属を担持する方法は、特に限定されない。例えば、粉末混合または液相混合などの方法を用いてもよい。後者の液相混合としては、例えば、触媒成分コロイド液にカーボンなどの担体を分散させ、吸着させる方法などが挙げられる。また、必要に応じて活性酸素除去材を担体として、白金若しくは他の触媒金属を上記と同様の方法で担持することができる。白金などの触媒金属の担体への担持状態は、特に限定されない。例えば、触媒金属を微粒子化し、高分散で担体に担持してもよい。

30

【 0 0 6 5 】

電圧印加器 1 9 は、カソード触媒層 1 5 およびアノード触媒層 1 6 の間に電圧を印加する。電圧印加器 1 9 は、カソード触媒層 1 5 およびアノード触媒層 1 6 の間に電圧を印加できれば、どのような構成であってもよい。電圧印加器 1 9 は、カソード触媒層 1 5 およびアノード触媒層 1 6 の間に印加する電圧を調整する機器でも良く、電圧印加器 1 9 として、例えば、D C / D C コンバータ、A C / D C コンバータなどを挙げることができる。この場合、D C / D C コンバータは、電圧印加器 1 9 が、バッテリーなどの直流電源と接続された場合に用いられ、A C / D C コンバータは、電圧印加器 1 9 が、商用電源などの交流電源と接続された場合に用いられる。また、電圧印加器 1 9 の低電位側端子が、導電性のカソードガス拡散デバイス 3 1 に接続され、電圧印加器 1 9 の高電位側端子が、導電性のアノードガス拡散デバイス 9 に接続されている。

40

【 0 0 6 6 】

[カソードガス拡散デバイスの構成]

50

図 3 は、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【 0 0 6 7 】

カソードガス拡散デバイス 3 1 は、上記のとおり、カソードガス拡散層 3 1 A と、カソードセパレータ 3 1 B と、を備える。

【 0 0 6 8 】

カソードガス拡散層 3 1 A は、電解質膜 1 4 と対向していないカソード触媒層 1 5 の主面上に設けられている。また、カソードガス拡散層 3 1 A は、所望の弾性、所望の電気伝導性および所望のガス通気性を備えていれば、どのような構成であってもよい。カソードガス拡散層 3 1 A の具体例は第 3 実施例で説明する。

10

【 0 0 6 9 】

本実施形態の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 では、カソードセパレータ 3 1 B は、カソードガス拡散層 3 1 A から導出されたカソードガスが流れる凹部 3 5 を備える。

【 0 0 7 0 】

また、カソードガス拡散層 3 1 A は、凹部 3 5 に収納されるとともに、締結器 2 7 による積層体 1 0 0 B の締結前に、凹部 3 5 からその厚み方向に、はみ出して配設されている。凹部 3 5 からカソードガス拡散層 3 1 A の厚み方向のはみ出し量 E c d は、電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の動作時に、アノードガス拡散層 2 4 、アノード触媒層 1 6 および電解質膜 1 4 のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値以上の大きさである。

【 0 0 7 1 】

20

なお、このはみ出し量 E c d は、後述のとおり、積層体 1 0 0 B の締結力により圧縮されるカソードガス拡散層 3 1 A の圧縮量 E c d (厚み) と等しくてもよい。

【 0 0 7 2 】

カソードセパレータ 3 1 B は、カソードガスが流れるマニホールド孔 3 2 C と、凹部 3 5 内のカソードガスをマニホールド孔 3 2 C に導出するカソードガス流路 3 3 とを備える。

【 0 0 7 3 】

本実施形態のカソードガス拡散デバイス 3 1 では、カソードガス流路 3 3 は、マニホールド孔 3 2 C とカソードガス拡散層 3 1 A とを連通する連通孔で構成されている。この連通孔は、例えば、図 3 に示す如く、凹部 3 5 の底面から、カソードセパレータ 3 1 B の厚み方向に形成されたマニホールド孔 3 2 C にまで延伸していてもよい。また、単セル 1 0 0 A が積層された場合、筒状のカソードガス導出マニホールドが、アノードガス拡散デバイス 9 に設けられたマニホールド孔 3 2 A (図 4 参照) と、マニホールド孔 3 2 C とによって形成される。

30

【 0 0 7 4 】

以上により、高圧状態のカソードガス拡散層 3 1 A からカソードガス流路 3 3 を通じてカソードガスを取り出すことができる。カソードガス流路 3 3 を通過したカソードガスは、カソードガス導出マニホールドおよびカソードガス導出配管 3 0 をこの順に流通する。

【 0 0 7 5 】

[アノードガス拡散デバイスの構成]

図 4 は、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプのアノードガス拡散デバイスの一例を示す図である。図 4 (a) は、アノードガス拡散デバイス 9 のアノード本体 1 を平面視した図である。図 4 (b) は、アノードガス拡散デバイス 9 のアノードガス流路板 5 を平面視した図である。図 4 (c) は、アノードガス拡散デバイス 9 のアノード端板 1 0 を平面視した図である。

40

【 0 0 7 6 】

図 4 (d) は、アノードガス拡散デバイス 9 の断面図である。つまり、図 4 (d) では、図 4 (a) 、図 4 (b) および図 4 (c) に平面視で示された部材が積層された場合の D - D 部に対応するアノードガス拡散デバイス 9 の断面が示されている。

【 0 0 7 7 】

図 4 (d) に示すように、アノードガス拡散デバイス 9 は、アノード本体 1 と、アノード

50

ドガス流路板 5 と、アノード端板 10 を備える。

【0078】

アノード本体 1 は、アノードガスを拡散させる金属性部材である。アノード本体 1 は、アノードガスを拡散させる金属性部材であれば、どのような構成であっても構わない。アノード本体 1 は、例えば、ステンレススチール、チタン、チタン合金、アルミニウム合金などの金属で構成されていてもよい。アノード本体 1 の厚みは、数百 μm 程度（例えば、約 400 μm 程度）であってもよい。これらの材質および数値は例示であって、本例に限定されない。

【0079】

図 4 (a) および図 4 (d) に示すように、アノード本体 1 は、アノードガス拡散層 2 4 と、アノードガス導入用のマニホールド孔 3 およびアノードガス導出用のマニホールド孔 4 と、を備える。なお、アノードガス拡散層 2 4 は、貫通孔を備える金属板の積層体、多孔構造の金属粉の焼結体などを用いて、アノードガスを拡散し得るように構成されている。

【0080】

アノードガス流路板 5 は、アノード本体 1 の主面上に設けられている。本実施形態のアノードガス拡散デバイス 9 では、アノードガス流路板 5 は、アノード本体 1 の主面と面接触するように設けられている。

【0081】

アノードガス流路板 5 の材質として、例えば、ステンレススチール、チタン、チタン合金、アルミニウム合金などを用いることができる。アノードガス流路板 5 の厚みは、数十 μm 程度（例えば、約 50 μm 程度）であってもよい。これらの材質および数値は例示であって、本例に限定されない。

【0082】

図 4 (b) および図 4 (d) に示すように、アノードガス流路板 5 は、アノードガス導入用のマニホールド孔 7 およびアノードガス導出用のマニホールド孔 8 と、アノードガス流路 6 と、を備える。

【0083】

マニホールド孔 7 およびマニホールド孔 8 はそれぞれ、アノード本体 1 のマニホールド孔 3 およびマニホールド孔 4 のそれぞれと対置するように配されている。

【0084】

本実施形態のアノードガス拡散デバイス 9 では、アノードガス流路板 5 のアノードガス流路 6 は、マニホールド孔 7 と連通し、マニホールド孔 8 に向けて直線状に延伸するとともにマニホールド孔 8 とは連通しない複数のスリット孔 36D と、マニホールド孔 8 と連通し、マニホールド孔 7 に向けて直線状に延伸するとともにマニホールド孔 7 とは連通しない複数のスリット孔 36U と、で構成されている。つまり、アノードガス流路板 5 は、スリット孔 36D を備える第 1 金属層 5D とスリット孔 36U を備える第 2 金属層 5U とを、これらのスリット孔 36D およびスリット孔 36U 同士が重なり合うように一体的に接合することにより形成されている。そして、スリット孔 36D およびスリット孔 36U 同士の重なり合う部分が、アノードガス流路板 5 を貫通するアノードガス流路 6 のスリット孔 36 を構成している。この場合、マニホールド孔 7 は、複数のアノードガス流路 6 の一端と連通することで、アノードガス拡散層 2 4 へのアノードガス導入に用いられる。つまり、アノードガス流路 6 のスリット孔 36 とアノードガス拡散層 2 4 との接触部分を通じたアノードガスが、アノードガス拡散層 2 4 へ送られる。また、マニホールド孔 8 は、複数のアノードガス流路 6 の他端と連通することで、アノードガス拡散層 2 4 からのアノードガス導出に用いられる。

【0085】

アノード端板 10 は、アノードガス流路板 5 の主面のうち、アノード本体 1 と対向していない主面（以下、反対面）上に設けられている。具体的には、アノードガス流路板 5 の複数のスリット孔 36 が、アノード端板 10 によって反対面から覆われている。

【0086】

10

20

30

40

50

アノード端板 10 の材質としては、例えば、ステンレススチール、チタン、チタン合金、アルミニウム合金などを用いることができる。アノード端板 10 の厚みは、数十 μm 程度（例えば、約 50 μm 程度）であってもよい。これらの材質および数値は例示であって、本例に限定されない。

【0087】

また、アノード端板 10 は、アノードガス導入用のマニホールド孔 11 およびアノードガス導出用のマニホールド孔 12 を備える。アノード端板 10 のマニホールド孔 11 およびマニホールド孔 12 はそれぞれ、アノードガス流路板 5 のマニホールド孔 7 およびマニホールド孔 8 のそれぞれと対置するように配されている。

【0088】

以上により、単セル 100 A が積層される場合、アノードガス導入マニホールド 28 A が、マニホールド孔 11 とマニホールド孔 7 とマニホールド孔 3 とカソードガス拡散デバイス 31 のマニホールド孔とによって形成されている。アノードガス導出マニホールド 29 A が、マニホールド孔 12 とマニホールド孔 8 とマニホールド孔 4 とカソードガス拡散デバイス 31 のマニホールド孔とによって形成されている。

【0089】

本実施形態のアノードガス拡散デバイス 9 では、アノード端板 10 とアノードガス流路板 5 とアノード本体 1 とが、溶接、ろう付け、溶着などで金属接合させて一体的に結合されていてもよい。例えば、アノード端板 10 の主面とアノードガス流路板 5 の主面とアノード本体 1 の主面とが、拡散接合などにより面接合が行われていてもよい。これにより、アノード端板 10 とアノードガス流路板 5 とアノード本体 1 とを機械的な締結部材で固定して積層する場合に比べ、互いの接合部の空隙が消失するのでアノードガス拡散デバイス 9 の接触抵抗（電気抵抗）を低減できる。すると、アノードガス拡散デバイス 9 に所望の電圧を印加する場合、電気化学式水素ポンプ 100 に必要な消費電力の増加を抑制できる。

【0090】

[締結器による単セルの締結動作]

図 5 は、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプの単セルの締結動作の一例を示す図である。

【0091】

なお、図 5 には、カソードセパレータ 31 B、カソードガス拡散層 31 A、電解質膜 14 の主面のそれぞれにカソード触媒層 15 およびアノード触媒層 16 がそれぞれ塗布された部材（以下、電解質膜（触媒層付）14 A）、アノードガス拡散層 24 およびアノード本体 1 の断面、が示されている。

【0092】

まず、図 5（a）に示すように、カソードガス拡散層 31 A と、電解質膜（触媒層付）14 A と、アノードガス拡散層 24 とが対向するように、これらが位置合わせされる。

【0093】

次に、図 5（b）に示すように、カソードガス拡散層 31 A、電解質膜（触媒層付）14 A およびアノードガス拡散層 24 が積層される。このとき、カソードガス拡散層 31 A と電解質膜（触媒層付）14 A とアノードガス拡散層 24 とは接触するが、締結器 27 による締結力は付与されていないので、カソードセパレータ 31 B の主面と電解質膜（触媒層付）14 A との間には、カソードガス拡散層 31 A の厚み方向のはみ出し量 E c d 相当の隙間が形成されている。

【0094】

次に、図 5（c）に示すように、締結器 27 による積層体 100 B の締結が行われる。すると、締結器 27 の締結力により、カソードガス拡散層 31 A が圧縮されるとともに、カソードガス拡散層 31 A と電解質膜（触媒層付）14 A とアノードガス拡散層 24 とが密着する。この場合、カソードガス拡散層 31 A の圧縮量（厚み）は、上記のはみ出し量 E c d と等しい。つまり、カソードセパレータ 31 B の主面と電解質膜（触媒層付）14

10

20

30

40

50

A との間の隙間が消失するので、カソードガス拡散層 31A の圧縮前の元の厚み T1 から圧縮後の厚み T2 を引いた値が、上記のはみ出し量 Ecd と等しい。

【0095】

以上により、電気化学式水素ポンプ 100 の運転前の電気化学式水素ポンプ 100 の単セル 100A の締結が完了する。

【0096】

[電気化学式水素ポンプの動作]

以下、図面を参照しながら、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 の動作（運転）の一例を説明する。

【0097】

なお、以下の動作の一部または全部は、図示しない制御器の制御プログラムにより行われても構わない。制御器は、制御機能を有するものであれば、どのような構成であっても構わない。制御器は、例えば、演算回路と、制御プログラムを記憶する記憶回路と、を備える。演算回路として、例えば、MPU、CPU などが例示される。記憶回路として、例えば、メモリが例示される。制御器は、集中制御を行う単独の制御器で構成されていてもよいし、互いに協働して分散制御を行う複数の制御器で構成されていてもよい。

【0098】

まず、電圧印加器 19 により、カソードガス拡散デバイス 31 とアノードガス拡散デバイス 9 との間に電圧を印加する。

【0099】

次に、アノードガス導入配管 28 を通じて、アノードガスがアノードガス拡散デバイス 9 に供給される。具体的には、図 4 のマニホールド孔 7 にアノードガス導入配管 28 からアノードガスが供給される。すると、マニホールド孔 7 は、アノードガス流路板 5 のアノードガス流路 6 の一端と連通しているので、マニホールド孔 7 からアノードガス流路 6 にガスが送られる。

【0100】

このとき、アノードガス流路 6 を流通するアノードガスの一部は、アノード本体 1 のアノードガス拡散層 24 へ送られる。アノードガス拡散層 24 はガス拡散作用を備えるので、アノードガス流路 6 からアノードガス流路板 5 と対向していないアノードガス拡散層 24 の主面（以下、反対面）へと向かうアノードガスが、アノードガス拡散層 24 で均一に拡散されながら、この反対面を通過できる。これにより、アノードガス拡散層 24 の反対面に配されたアノード触媒層 16 に均一にアノードガスが供給される。なお、上記の反対面を通過しなかった余剰のアノードガスは、アノードガス流路板 5 のアノードガス流路 6 の他端と連通したマニホールド孔 8 に送られ、アノードガス導出配管 29 へ排出される。なお、アノードガスとして、例えば、水素含有の改質ガス、水電解法で生成される水素含有ガスなどを挙げることができる。

【0101】

以上により、アノードガス中の水素は、アノード触媒層 16 上で電子を遊離してプロトン（ H^+ ）となる（式（1））。遊離した電子は、電圧印加器 19 を介してカソード触媒層 15 へと移動する。

【0102】

一方、プロトンは、水分子を同伴しながら電解質膜 14 内を透過し、カソード触媒層 15 に移動する。カソード触媒層 15 では、電解質膜 14 を透過したプロトンと、電子とによる還元反応が行われ、カソードガス（水素ガス）が発生する（式（2））。

【0103】

これにより、 CO_2 ガスなどの不純物を含む水素ガス（アノードガス）から高効率に水素ガスの純化が行われる。なお、アノードガスには、不純物として CO ガスを含有する場合がある。この場合、CO ガスは、アノード触媒層 16 などの触媒活性を低下させるので、CO ガスは、図示しない CO 除去器（例えば、変成器、CO 選択酸化器など）で除去する方がよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 4 】

そして、カソードガス導出配管 3 0 の圧損を増やし、電圧印加器 1 9 の電圧 E を上げることで、カソードのガス圧 P 2 が高圧になる。具体的には、アノードのガス圧 P 1、カソードのガス圧 P 2 および電圧印加器 1 9 の電圧 E の関係は、以下の式 (3) で定式化される。

【 0 1 0 5 】

アノード : H_2 (低圧) $\rightarrow 2 H^+ + 2 e^- \dots (1)$

カソード : $2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2$ (高圧) $\dots (2)$

$E = (R T / 2 F) \ln (P 2 / P 1) + i r \dots (3)$

式 (3) において、R は気体定数 ($8.3145 J / K \cdot mol$)、T は温度 (K)、F はファラデー定数 ($96485 C / mol$)、P 2 はカソードのガス圧、P 1 はアノードのガス圧、i は電流密度 (A / cm^2)、r はセル抵抗 ($\Omega \cdot cm^2$) である。

10

【 0 1 0 6 】

式 (3) から、電圧印加器 1 9 の電圧 E を上げることで、カソードのガス圧 P 2 を上昇させ得ることが容易に理解できる。なお、カソードガス導出配管 3 0 の圧損は、例えば、カソードガス導出配管 3 0 に設けられた開閉弁の開度により増減させることができる。

【 0 1 0 7 】

そして、カソードガス拡散デバイス 3 1 のガス圧が所定値以上になると、カソードガス導出配管 3 0 の圧損を減らすことで (例えば、開閉弁の開度を大きくすることで)、カソードガス拡散デバイス 3 1 のカソードガスが、カソードガス導出配管 3 0 を通じて図示しない高圧水素タンクへ充填される。一方、カソードガス拡散デバイス 3 1 のガス圧が所定圧力未満になると、カソードガス導出配管 3 0 の圧損を増やすことで (例えば、開閉弁の開度を小さくすることで)、カソードガス拡散デバイス 3 1 と高圧水素タンクとが遮断される。これにより、高圧水素タンクのカソードガスが、カソードガス拡散デバイス 3 1 に逆流することが抑制される。

20

【 0 1 0 8 】

このようにして、電気化学式水素ポンプ 1 0 0 により、高純度のカソードガス (水素ガス) が、所望の目標圧力に昇圧され、高圧水素タンクへ充填される。

【 0 1 0 9 】

以上のカソードガスの昇圧動作では、カソードのガス圧 P 2 が高圧になることで、電解質膜 1 4、アノード触媒層 1 6 およびアノードガス拡散層 2 4 が押圧される。すると、この押圧によって、電解質膜 1 4、アノード触媒層 1 6 およびアノードガス拡散層 2 4 はそれぞれ圧縮される。そこで、電解質膜 1 4 の圧縮された厚みを E m、アノード触媒層 1 6 の圧縮された厚みを E a c およびアノードガス拡散層 2 4 の圧縮された厚みを E a d とすると、これらのそれぞれが圧縮された厚みの合計値 E a t は、以下の式 (4) で表される。

30

【 0 1 1 0 】

$E m + E a c + E a d = E a t \dots (4)$

ここで、式 (4) の合計値 E a t が増えても、例えば、カソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 3 1 A との間の密着性が高いと、両者間で隙間が生じにくい。一方、カソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 3 1 A との間の密着性が低いと、両者間で隙間が生じやすい。仮に、カソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 3 1 A との間に隙間が生じる場合、両者間の接触抵抗が増加する。すると、電圧印加器 1 9 で印加する電圧 E が増加することにより、電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の運転効率を低下させる恐れがある。

40

【 0 1 1 1 】

そこで、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 では、カソードガス拡散層 3 1 A は、締結器 2 7 による積層体 1 0 0 B の締結前は、図 3 に示すように、カソードセパレータ 3 1 B の凹部 3 5 からその厚み方向に、はみ出し量 E c d 分、はみ出すように構成されている。また、カソードガス拡散層 3 1 A は、積層体 1 0 0 B の締結では、図 5 (c) に示すように、締結器 2 7 によって、はみ出し量 E c d 分だけ圧縮される。

50

【 0 1 1 2 】

そして、上記のはみ出し量 E_{cd} (カソードガス拡散層 31A の圧縮された厚み) は、式 (4) の合計値 E_{at} との間で、以下の式 (5) で表される関係になるように、設定されている。

【 0 1 1 3 】

つまり、積層体 100B が締結前のカソードガス拡散層 31A の厚み T_1 は、積層体 100B の締結時において、カソードガス拡散層 31A の圧縮された厚み (本例では、はみ出し量 E_{cd}) の大きさが、電気化学式水素ポンプ 100 の動作時において、アノードガス拡散層 24、アノード触媒層 16 および電解質膜 14 のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値 E_{at} 以上となるように、設定されている。

10

【 0 1 1 4 】

$$E_{cd} = E_m + E_{ac} + E_{ad} = E_{at} \cdots (5)$$

以上により、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 では、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層 15 とカソードガス拡散層 31A との間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【 0 1 1 5 】

具体的には、電気化学式水素ポンプ 100 の動作時に、電気化学式水素ポンプ 100 のカソードガスが高圧状態になると、電解質膜 14 がカソードガスを通さないで、電解質膜 14、アノード触媒層 16 およびアノードガス拡散層 24 に高圧がかかる。すると、電解質膜 14、アノード触媒層 16 およびアノードガス拡散層 24 のそれぞれが圧縮変形する。しかし、このとき、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 では、カソードガス拡散層 31A は、締結器 27 による圧縮後の厚み T_2 から圧縮前の元の厚み T_1 に戻る方向に弾性変形することにより、カソード触媒層 15 とカソードガス拡散層 31A との間の接触を適切に維持できる。よって、カソードガス拡散層 31A をカソード触媒層 15 に押圧するための専用の部材が不要であるので、特許文献 2 に記載された発明よりも簡易な構成で上記の接触抵抗の増加を抑制し得る。

20

【 0 1 1 6 】

また、電気化学式水素ポンプ 100 の動作時におけるアノードガス拡散層 24、アノード触媒層 16 および電解質膜 14 のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値 E_{at} を考慮して、積層体 100B の締結時におけるカソードガス拡散層 31A の圧縮された厚みの大きさを決定しているので、特許文献 3 に記載された発明よりも適切に上記の接触抵抗の増加を抑制し得る。

30

【 0 1 1 7 】

このようにして、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 は、電圧印加器 19 で印加する電圧 E の増加、ひいては、電気化学式水素ポンプ 100 の運転効率の低下を抑制できる。よって、電気化学式水素ポンプ 100 の安定的な運転を行うことができる。

【 0 1 1 8 】

なお、電解質膜 14 の圧縮量 E_m (厚み)、アノード触媒層 16 の圧縮量 E_{ac} (厚み) およびアノードガス拡散層 24 の圧縮量 E_{ad} (厚み) は、これらの構成材料および圧縮変形前の初期の厚みなどによって変化する。よって、電解質膜 14、アノード触媒層 16 およびアノードガス拡散層 24 の構成材料および初期の厚み毎に、カソードガス拡散層 31A のはみ出し量 E_{cd} を事前に見積もる方がよい。

40

【 0 1 1 9 】

また、上記の値は、電気化学式水素ポンプ 100 の運転時のカソードのガス圧 P_2 の大きさでも変化する。よって、電気化学式水素ポンプ 100 の運転時のカソードのガス圧 P_2 の最大値を目安に、はみ出し量 E_{cd} を設定する方がよい。

【 0 1 2 0 】

また、積層体 100B の締結力は、少なくとも、カソードガス拡散層 31A をはみ出し量 E_{cd} 分、圧縮するための圧縮力を発揮する必要があるが、これは、アノードガス導入マニホールド 28A、アノードガス導出マニホールド 29A およびカソードガス導出マニホル

50

ドのガスシール、電解質膜（触媒層付）１４Ａに対するガスシールを保つのに必要な圧力も考慮して設定する方がよい。

【０１２１】

（第１実施例）

第１実施形態の第１実施例の電気化学式水素ポンプ１００は、第１実施形態の電気化学式水素ポンプ１００において、カソードガス拡散層３１Ａは、カソードセパレータ３１Ｂに対向する側がカソード触媒層１５に対向する側よりも剛性が高い。

【０１２２】

積層体１００Ｂの締結力は、上記のカソードセパレータ３１Ｂを通してカソードガス拡散層３１Ａにかかる。よって、カソードセパレータ３１Ｂに対向する側のカソードガス拡散層３１Ａの剛性を、カソード触媒層１５に対向する側の剛性よりも高くすることで、逆の場合に比べ、締結力をカソードガス拡散層３１Ａに均一にかけることが可能である。よって、カソードガス拡散層３１Ａとカソード触媒層１５とを均一な圧力で接触させることができるので、カソード触媒層１５とカソードガス拡散層３１Ａとの間の接触抵抗の増加を更に効果的に抑制できる。

【０１２３】

なお、カソードガス拡散層３１Ａを、例えば、不織布状の金属繊維焼結体で構成する場合、カソードガス拡散層３１Ａの剛性の増減は、金属繊維焼結体の密度により調整できる。つまり、本実施例の電気化学式水素ポンプ１００では、カソードセパレータ３１Ｂに対向する側の金属繊維焼結体の密度が、カソード触媒層１５に対向する側の金属繊維焼結体の密度よりも高い。

【０１２４】

ここでの剛性は、カソードガス拡散層３１Ａの曲げ剛性に相当する。この曲げ剛性は、静的試験法（曲げ試験）、横振動法、超音波法などでカソードガス拡散層３１Ａのヤング率を測定することで知ることができる。

【０１２５】

本実施例の電気化学式水素ポンプ１００は、上記の特徴以外は、第１実施形態の電気化学式水素ポンプ１００と同様に構成してもよい。

【０１２６】

（第２実施例）

第１実施形態の第２実施例の電気化学式水素ポンプは、第１実施形態の電気化学式水素ポンプ１００において、カソードガス拡散層３１Ａは、カソード触媒層１５に対向する側がカソードセパレータ３１Ｂに対向する側よりも多孔度が高い。

【０１２７】

カソードガス拡散層３１Ａの多孔度が高いほど、カソードガス拡散層３１Ａのガス通気性が優れている。よって、カソード触媒層１５に対向する側のカソードガス拡散層３１Ａの多孔度が高い方が、逆の場合に比べ、カソード触媒層１５からカソードガス拡散層３１Ａにカソードガスを引き込むことが容易になる。

【０１２８】

また、カソードガス拡散層３１Ａの多孔度が高いほど、カソードガス拡散層３１Ａは押しつぶれやすい。よって、カソード触媒層１５に対向する側のカソードガス拡散層３１Ａの多孔度が高い方が、逆の場合に比べ、カソード触媒層１５とカソードガス拡散層３１Ａとの間の密着性を向上できる。

【０１２９】

なお、カソードガス拡散層３１Ａを、例えば、不織布状の金属繊維焼結体で構成する場合、カソードガス拡散層３１Ａの多孔度の増減は、金属繊維焼結体の密度により調整できる。つまり、本実施例の電気化学式水素ポンプ１００では、カソード触媒層１５に対向する側の金属繊維焼結体の密度が、カソードセパレータ３１Ｂに対向する側の金属繊維焼結体の密度よりも低い。

【０１３０】

カソードガス拡散層 31A の多孔度は、例えば、ガーレー試験機法などで測定できる透気度で表すことができる。

【0131】

本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、上記の特徴以外は、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 と同様に構成してもよい。

【0132】

(第 3 実施例)

第 1 実施形態の第 3 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、第 1 実施形態および第 1 実施形態の第 1 実施例 - 第 2 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 において、カソードガス拡散層 31A は、金属繊維の焼結体で構成される。カソードガス拡散層 31A を金属繊維の焼結体で構成することで、複数の通気孔が設けられた金属鋼板により構成される場合に比べカソードガス拡散層 31A に必要な弾性およびガス通気性が確保しやすくなる。

10

【0133】

例えば、カソードガス拡散層 31A は、締結器 27 の締結力による圧縮後の厚み T2 から圧縮前の元の厚み T1 に戻るような弾性体である必要がある。また、カソード触媒層 15 とカソードガス拡散層 31A との間の接触抵抗低減の必要性も含め、カソードガス拡散層 31A の電気伝導性は高い方がよい。

【0134】

そこで、本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 では、カソードガス拡散層 31A が、例えば、チタン繊維の焼結体を不織布状にしてその表面に白金メッキを施した、金属繊維の焼結体で構成されていてもよい。

20

【0135】

不織布状の金属繊維焼結体は、金属繊維が 3 次元状に構成されて互いの接点が焼結されていることで、本金属繊維焼結体の電気伝導性が高い。また、金属繊維が 3 次元状に構成されているので、本金属繊維焼結体のガス分散性にも優れている。

【0136】

なお、例えば、黒鉛化炭素繊維で構成され、カーボン粒子をイオン伝導性樹脂でコーティングしてゴム状に混練しシート状に加工したもので、上記の不織布状の金属繊維焼結体の如く、弾性を備え、かつ電気伝導性の優れた材料であれば、カソードガス拡散層として用いることができる。

30

【0137】

また、カソードガス拡散層 31A は、その圧縮量（厚み）に対して、カソードガス拡散層 31A の電気伝導性の変化が小さい材料を用いる方がよい。例えば、カソードガス拡散層 31A の圧縮量（厚み）が大きくなるほど、カソードガス拡散層 31A の構成部材間の間隔が小さくなる。また、カソードガス拡散層 31A の構成部材間の接触面積が増加する。よって、カソードガス拡散層 31A の圧縮量（厚み）が大きくなるほど、カソードガス拡散層 31A の電気抵抗が低くなる傾向がある。

【0138】

ここで、電気化学式水素ポンプ 100 の運転時と運転停止時とでは、カソードガス拡散層 31A の圧縮量（厚み）は異なる。また、電気化学式水素ポンプ 100 の運転では、電気化学式水素ポンプ 100 のカソードのガス圧 P2 が低圧から高圧に変化する。すると、カソードガス拡散層 31A の圧縮量（厚み）も変化する。よって、上記のとおり、電気化学式水素ポンプ 100 の安定的な運転には、カソードガス拡散層 31A は、その圧縮量（厚み）の変化に対して、カソードガス拡散層 31A の電気抵抗（電気伝導性）の変化が小さい材料を用いる方がよい。

40

【0139】

本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、上記の特徴以外は、第 1 実施形態および第 1 実施形態の第 1 実施例 - 第 2 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 と同様に構成してもよい。

50

【 0 1 4 0 】

(第1変形例)

図6は、第1実施形態の第1変形例の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【 0 1 4 1 】

図6に示すように、カソードガス拡散デバイス131は、カソードガス拡散層131Aと、カソードセパレータ131Bと、を備える。カソードガス拡散層131Aは、第1実施形態のカソードガス拡散層31Aと同様であるので説明を省略する。

【 0 1 4 2 】

第1実施形態の電気化学式水素ポンプ100では、カソードセパレータ31Bは、カソードガス拡散層31Aから導出されたカソードガスが流れる凹部35を備える例を説明したが、カソードセパレータの構成はこれに限定されない。

【 0 1 4 3 】

本変形例の電気化学式水素ポンプ100では、カソードセパレータ131Bは、図示しないマニホールド孔と、本マニホールド孔に連通するカソードガス流路133と、を備える。

【 0 1 4 4 】

カソードガス流路133は、カソードセパレータ131Bの主面に形成された溝部133Aとリブ133Bとで構成されている。なお、単セル100Aが積層された場合、筒状のカソードガス導出マニホールドが、アノードガス拡散デバイス9に設けられたマニホールド孔32A(図4参照)と、カソードセパレータ131Bの図示しないマニホールド孔とによって形成される。

【 0 1 4 5 】

これにより、高圧状態のカソードガス拡散層131Aからカソードガス流路133の溝部133Aを通じてカソードガスを取り出すことができる。溝部133Aを通過したカソードガスは、カソードガス導出マニホールドおよびカソードガス導出配管30をこの順に流通する。

【 0 1 4 6 】

本変形例の電気化学式水素ポンプ100は、上記の特徴以外は、第1実施形態および第1実施形態の第1実施例 - 第3実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ100と同様に構成してもよい。

【 0 1 4 7 】

(第2変形例)

図7は、第1実施形態の第2変形例の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

【 0 1 4 8 】

図7に示すように、カソードガス拡散デバイス231は、カソードガス拡散層231Aと、カソードセパレータ231Bと、弾性部材37と、を備える。カソードセパレータ231Bは、カソードガス拡散層231Aから導出されたカソードガスが流れる凹部235を備える。なお、カソードガス拡散層231Aは、第1実施形態のカソードガス拡散層31Aと同様であるので説明を省略する。

【 0 1 4 9 】

弾性部材37は、カソードガス拡散層231Aの側面とカソードセパレータ231Bの凹部235の側面との間に設けられている。

【 0 1 5 0 】

弾性部材37は、例えば、カソードガス拡散デバイス231の平面視においては、カソードガス拡散層231Aの環状(例えば、矩形環状または円環状)の側面に沿うように環状(例えば、矩形環状または円環状)に形成されていてもよい。また、弾性部材37の中心軸方向における寸法は、カソードガス拡散層231Aの厚みよりも短くてもよい。例えば、弾性部材37の中心軸方向における寸法が、図7に示す如く、カソードセパレータ231Bの凹部235の深さとほぼ同じであってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 1 】

カソードセパレータ 2 3 1 B は、カソードガスが流れるマニホールド孔 2 3 2 C と、凹部 2 3 5 内のカソードガスをマニホールド孔 2 3 2 C に導出するカソードガス流路 2 3 3 とを備える。

【 0 1 5 2 】

本変形例のカソードガス拡散デバイス 2 3 1 では、カソードガス流路 2 3 3 は、マニホールド孔 2 3 2 C とカソードガス拡散層 2 3 1 A とを連通する連通孔で構成されている。この連通孔は、例えば、図 7 に示す如く、弾性部材 3 7 が設けられていない凹部 2 3 5 の底面から、カソードセパレータ 2 3 1 B の厚み方向に形成されたマニホールド孔 2 3 2 C にまで延伸していてもよい。また、単セル 1 0 0 A が積層された場合、筒状のカソードガス導出マニホールドが、アノードガス拡散デバイス 9 に設けられたマニホールド孔 3 2 A (図 4 参照) と、マニホールド孔 2 3 2 C とによって形成される。

10

【 0 1 5 3 】

以上により、高圧状態のカソードガス拡散層 2 3 1 A から、カソードセパレータ 2 3 1 B のカソードガス流路 2 3 3 を通じて、カソードガスを取り出すことができる。カソードガス流路 2 3 3 を通過したカソードガスは、カソードガス導出マニホールドおよびカソードガス導出配管 3 0 をこの順に流通する。

【 0 1 5 4 】

このようにして、本変形例の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 では、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 2 3 1 A との間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

20

【 0 1 5 5 】

具体的には、締結前に凹部 2 3 5 からカソードガス拡散層 2 3 1 A がはみ出していると、締結の際に、カソードガス拡散層 2 3 1 A の主面が、カソード触媒層 1 5 の主面と密着することで、カソードガス拡散層 2 3 1 A は、その主面と垂直な方向 (厚み方向) においては締結圧により圧縮される一方、本主面と平行な方向に伸張する。すると、仮に、カソードガス拡散層 2 3 1 A の側面と凹部 2 3 5 の側面との間に弾性部材 3 7 を設けない場合は、カソードガス拡散層 2 3 1 A は、カソードセパレータ 2 3 1 B の凹部 2 3 5 の周縁において凹部 2 3 5 からはみ出し、このはみ出した部分がカソード触媒層 1 5 または電解質膜 1 4 にダメージを与えてしまう可能性がある。

30

【 0 1 5 6 】

しかしながら、本変形例の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 では、図 7 に示す如く、カソードガス拡散層 2 3 1 A の側面と凹部 2 3 5 の側面との間に弾性部材 3 7 を設けることで、カソードガス拡散層 2 3 1 A の主面と平行な方向へのカソードガス拡散層 2 3 1 A の伸張を吸収し、カソードガス拡散層 2 3 1 A が凹部 2 3 5 の周縁において凹部 2 3 5 からはみ出す可能性を低減できる。

【 0 1 5 7 】

弾性部材 3 7 は、カソードガス拡散層 2 3 1 A の主面と平行な方向へのカソードガス拡散層 2 3 1 A の伸張を吸収し得る部材であれば、どのようなものであっても構わない。例えば、弾性部材 3 7 は、カソードガス拡散層 2 3 1 A よりも剛性が低い材料により構成されている。弾性部材 3 7 の材料として、例えば、ゴム、多孔性の樹脂などを用いることができるが、これらに限定されない。

40

【 0 1 5 8 】

なお、第 1 実施形態、第 1 実施形態の第 1 実施例 - 第 3 実施例および第 1 実施形態の第 1 変形例のいずれの電気化学式水素ポンプ 1 0 0 であっても、上記の弾性部材 3 7 を設けることができる。つまり、本変形例の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 は、上記の特徴以外は、第 1 実施形態、第 1 実施形態の第 1 実施例 - 第 3 実施例および第 1 実施形態の第 1 変形例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 1 0 0 と同様に構成してもよい。

【 0 1 5 9 】

(第 2 実施形態)

50

〔装置の全体構成〕

図 8 および図 9 は、第 2 実施形態の電気化学式水素ポンプの一例を示す図である。図 9 は、図 8 の A 部の拡大図である。

【0160】

図 8 および図 9 に示すように、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 は、電解質膜 14 と、カソード触媒層 15 と、アノード触媒層 16 と、カソードガス拡散デバイス 31 と、アノードガス拡散デバイス 9 と、電圧印加器 19 と、締結器 27 と、を備える。

【0161】

カソードガス拡散デバイス 31 は、カソードガス拡散層 31A と、カソードセパレータ 31B と、を備える。アノードガス拡散デバイス 9 は、アノードガス拡散層 24 を備える
10
アノード本体 1 と、アノードガス流路板 5 と、アノード端板 10 と、を備える。

【0162】

電気化学式水素ポンプ 100 の単セル 100A は、電解質膜 14 と、カソード触媒層 15 と、アノード触媒層 16 と、カソードガス拡散デバイス 31 と、アノードガス拡散デバイス 9 と、を備える。よって、図 8 の電気化学式水素ポンプ 100 は、3 段の単セル 100A が積層されたスタックを構成しているが、単セル 100A の段数はこれに限定されない。つまり、単セル 100A の段数は、電気化学式水素ポンプ 100 の水素量などの運転条件をもとに適宜の数に設定することができる。

【0163】

締結器 27 は、電解質膜 14、カソード触媒層 15、アノード触媒層 16、カソードガス拡散層 31A、およびアノードガス拡散層 24 の積層体 100B を締結する。
20

【0164】

なお、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 の積層体 100B の詳細な構成、単セル 100A の締結構成、アノードガスおよびカソードガスの配管構成、および、電圧印加器 19 などは、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 の構成と同様であるので詳細な説明を省略する。

【0165】

〔カソードガス拡散デバイスの構成〕

図 10 は、第 2 実施形態の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。
30

【0166】

カソードガス拡散デバイス 31 は、上記のとおり、カソードガス拡散層 31A と、カソードセパレータ 31B と、を備える。

【0167】

カソードガス拡散層 31A は、電解質膜 14 と対向していないカソード触媒層 15 の主面上に設けられている。また、カソードガス拡散層 31A は、所望の弾性、所望の電気伝導性および所望のガス通気性を備えていれば、どのような構成であってもよい。カソードガス拡散層 31A の具体例は第 5 実施例で説明する。

【0168】

本実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 では、カソードセパレータ 31B は、カソードガス拡散層 31A から導出されたカソードガスが流れる凹部 35 を備える。
40

【0169】

また、凹部 35 には、凹部 35 内のカソードガスの流れを仕切るための仕切り部（リブ）は設けられておらず、カソードガス拡散層 31A が凹部 35 に収納された場合、カソードガス拡散層 31A の主面のほぼ全域が凹部 35 の底面に接触する。

【0170】

ここで、カソードセパレータ 31B の凹部 35 の底面は、カソードガスの流れを仕切らない凸部 35T を備える。凹部 35 の底面は、カソードガスの流れを仕切らない凸部 35T を備えていれば、どのような構成であっても構わない。例えば、凹部 35 の底面の中心が最も高くなるように、凸部 35T が設けられていてもよい。この場合、凸部 35T は、
50

凹部 35 の底面の周縁部から鉛直方向に距離 Tcd まで、湾曲面状（椀状）に盛り上がる構成であってもよい。このような凸部 35 T の湾曲面の加工は、例えば、カソードセパレータ 31 B の凹部 35 の底面切削により行い得る。なお、凸部 35 T の湾曲面の加工に代えて、面積が徐々に小さくなる金属薄膜を複数、積層することで凸部を形成してもよい。この場合、金属薄膜の厚み分の段差が発生するが、金属薄膜の厚みによって、凸部の距離 Tcd を容易に調整することができる。また、カソードセパレータ 31 B の凹部 35 の微細な切削加工に比べ、金属薄膜を積層するだけで凸部を簡易に形成し得る。

【0171】

カソードガス拡散層 31 A は、凹部 35 に収納されるとともに、締結器 27 による積層体 100 B の締結前に、凹部 35 からその厚み方向に、はみ出して配設されている。このとき、カソードガス拡散層 31 A が弾性材料で構成されているので、凸部 35 T と対向しているカソードガス拡散層 31 A の主面は、フラットな面から凸部 35 T の形状に沿うように弾性変形する。すると、凸部 35 T と対向していない反対側のカソードガス拡散層 31 A の主面も、フラットな面から凸部 35 T と同様の形状に弾性変形して、鉛直方向に突出する。

【0172】

このとき、凹部 35 からのカソードガス拡散層 31 A の厚み方向のはみ出し量 Ecd は、カソードガス拡散層 31 A の中央部においては、電気化学式水素ポンプ 100 の動作時に、アノードガス拡散層 24、アノード触媒層 16 および電解質膜 14 のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値以上の大きさである。

【0173】

なお、このはみ出し量 Ecd は、後述のとおり、積層体 100 B の締結力により圧縮されるカソードガス拡散層 31 A の中央部の圧縮量 Ecd （厚み）と等しくてもよい。

【0174】

[アノードガス拡散デバイスの構成]

図 11 は、第 2 実施形態の電気化学式水素ポンプのアノードガス拡散デバイスの一例を示す図である。図 11 (a) は、アノードガス拡散デバイス 9 のアノード本体 1 を平面視した図である。図 11 (b) は、アノードガス拡散デバイス 9 のアノードガス流路板 5 を平面視した図である。図 11 (c) は、アノードガス拡散デバイス 9 のアノード端板 10 を平面視した図である。

【0175】

図 11 (d) は、アノードガス拡散デバイス 9 の断面図である。つまり、図 11 (d) では、図 11 (a)、図 11 (b) および図 11 (c) に平面視で示された部材が積層された場合の D-D 部に対応するアノードガス拡散デバイス 9 の断面が示されている。

【0176】

第 2 実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 のアノードガス拡散デバイス 9 の構成は、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプ 100 のアノードガス拡散デバイス 9 の構成と同様であるので詳細な説明を省略する。

【0177】

[締結器による単セルの締結動作]

図 12 は、第 2 実施形態の電気化学式水素ポンプの単セルの締結動作の一例を示す図である。

【0178】

なお、図 12 には、カソードセパレータ 31 B、カソードガス拡散層 31 A、電解質膜 14 の主面のそれぞれにカソード触媒層 15 およびアノード触媒層 16 がそれぞれ塗布された部材（以下、電解質膜（触媒層付）14 A）、アノードガス拡散層 24 およびアノード本体 1 の断面が示されている。

【0179】

まず、図 12 (a) に示すように、カソードガス拡散層 31 A と、電解質膜（触媒層付）14 A と、アノードガス拡散層 24 とが対向するように、これらが位置合わせされる。

【 0 1 8 0 】

次に、図 1 2 (b) に示すように、カソードガス拡散層 3 1 A、電解質膜 (触媒層付) 1 4 A およびアノードガス拡散層 2 4 が積層される。このとき、カソードガス拡散層 3 1 A の中央部と電解質膜 (触媒層付) 1 4 A とアノードガス拡散層 2 4 とは接触するが、締結器 2 7 による締結力は付与されていない。よって、カソードガス拡散層 3 1 A の周縁部と電解質膜 (触媒層付) 1 4 A とは離間するとともに、カソードセパレータ 3 1 B の主面と電解質膜 (触媒層付) 1 4 A との間には、カソードガス拡散層 3 1 A の厚み方向のはみ出し量 Ecd 相当の隙間が形成されている。

【 0 1 8 1 】

次に、図 1 2 (c) に示すように、締結器 2 7 による積層体 1 0 0 B の締結が行われる。すると、締結器 2 7 の締結力により、カソードガス拡散層 3 1 A が圧縮されるとともに、カソードガス拡散層 3 1 A と電解質膜 (触媒層付) 1 4 A とアノードガス拡散層 2 4 とが密着する。この場合、カソードガス拡散層 3 1 A の圧縮量 (厚み) は、中央部では上記のはみ出し量 Ecd と等しく、周縁部では、中央部よりもおよそ距離 Tcd (図 1 0 参照) だけ小さい。つまり、カソードセパレータ 3 1 B の主面と電解質膜 (触媒層付) 1 4 A との間の隙間が消失するので、カソードガス拡散層 3 1 A の中央部の圧縮前の元の厚み $T1$ から中央部の圧縮後の厚み $T2$ を引いた値が、上記のはみ出し量 Ecd と等しい。

【 0 1 8 2 】

以上により、電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の運転前の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の単セル 1 0 0 A の締結が完了する。

【 0 1 8 3 】

[電気化学式水素ポンプの動作]

第 2 実施形態の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の動作 (運転) は、以下のカソードガスの昇圧動作以外は、第 1 実施形態の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の動作 (運転) と同様であるので説明を省略する。

【 0 1 8 4 】

本実施形態の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 のカソードガスの昇圧動作では、カソードのガス圧 $P2$ が高圧になることで、電解質膜 1 4、アノード触媒層 1 6 およびアノードガス拡散層 2 4 が押圧される。すると、この押圧によって、電解質膜 1 4、アノード触媒層 1 6 およびアノードガス拡散層 2 4 はそれぞれ圧縮される。そこで、電解質膜 1 4 の圧縮された厚みを Em 、アノード触媒層 1 6 の圧縮された厚みを Eac およびアノードガス拡散層 2 4 の圧縮された厚みを Ead とすると、これらのそれぞれが圧縮された厚みの合計値 Eat は、以下の式 (4) で表される。

【 0 1 8 5 】

$$Em + Eac + Ead = Eat \cdots (4)$$

ここで、式 (4) の合計値 Eat が増えても、例えば、カソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 3 1 A との間の密着性が高いと、両者間で隙間が生じにくい。一方、カソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 3 1 A との間の密着性が低いと、両者間で隙間が生じやすい。仮に、カソード触媒層 1 5 とカソードガス拡散層 3 1 A との間に隙間が生じる場合、両者間の接触抵抗が増加する。すると、電圧印加器 1 9 で印加する電圧 E が増加することにより、電気化学式水素ポンプ 1 0 0 の運転効率を低下させる恐れがある。

【 0 1 8 6 】

そこで、本実施形態の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 では、カソードガス拡散層 3 1 A の中央部は、締結器 2 7 による積層体 1 0 0 B の締結前は、図 1 0 に示すように、カソードセパレータ 3 1 B の凹部 3 5 からその厚み方向に、はみ出し量 Ecd 分、はみ出すように構成されている。また、カソードガス拡散層 3 1 A の中央部は、積層体 1 0 0 B の締結では、図 1 2 (c) に示すように、締結器 2 7 によって、はみ出し量 Ecd 分だけ圧縮される。

【 0 1 8 7 】

そして、上記のはみ出し量 Ecd (カソードガス拡散層 3 1 A の中央部の圧縮された厚

10

20

30

40

50

み)は、式(4)の合計値 E_{at} との間で、以下の式(5)で表される関係になるように、設定されている。

【0188】

つまり、積層体100Bが締結前のカソードガス拡散層31Aの厚み T_1 は、積層体100Bの締結時において、カソードガス拡散層31Aの圧縮された厚み(本例では、はみ出し量 E_{cd})の大きさが、電気化学式水素ポンプ100の動作時において、アノードガス拡散層24、アノード触媒層16および電解質膜14のそれぞれの圧縮された厚みの大きさの合計値 E_{at} 以上となるように、設定されている。

【0189】

$$E_{cd} + E_m + E_{ac} + E_{ad} = E_{at} \cdots (5)$$

以上により、本実施形態の電気化学式水素ポンプ100では、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層15とカソードガス拡散層31Aとの間の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【0190】

具体的には、電気化学式水素ポンプ100の動作時に、電気化学式水素ポンプ100のカソードガスが高圧状態になると、アノードガス拡散層24、アノード触媒層16および電解質膜14に高圧がかかる。すると、アノードガス拡散層24、アノード触媒層16および電解質膜14のそれぞれが圧縮変形する。しかし、このとき、本実施形態の電気化学式水素ポンプ100では、カソードガス拡散層31Aは、締結器27による圧縮後の厚み T_2 から圧縮前の元の厚み T_1 に戻る方向に弾性変形することにより、カソード触媒層15とカソードガス拡散層31Aとの間の接触を適切に維持できる。よって、カソードガス拡散層31Aをカソード触媒層15に押圧するための専用の部材が不要であるので、特許文献2に記載された発明よりも簡易な構成で上記の接触抵抗の増加を抑制し得る。

【0191】

また、図13に示すように、電気化学式水素ポンプ100の動作時に、電気化学式水素ポンプ100のカソードガスの高圧状態で発生する電解質膜14、アノード触媒層16およびアノードガス拡散層24の変形は、これらの面内で均一にならない。なお、図13(a)には、図5(c)と同様に、電気化学式水素ポンプ100のカソードガス昇圧動作前の積層体100Bの断面が示されている。図13(b)には、電気化学式水素ポンプ100のカソードガス昇圧動作時の積層体100Bの断面が示されている。

【0192】

図13(b)に示すように、アノードガス拡散層24をアノード本体1(アノードセパレータ)に収納する場合、アノード本体1の剛性により、アノード本体1の近傍のアノードガス拡散層24の周縁部の圧縮量(厚み)は、中央部の圧縮量(厚み)よりも小さい。また、平面視において、アノード触媒層16の周囲を囲むようにシール部材42(例えば、ガスケットなど)を設ける場合、シール部材42の剛性により、シール部材42の近傍のアノード触媒層16および電解質膜14の周縁部の圧縮量(厚み)は、中央部の圧縮量(厚み)よりも小さい。

【0193】

ここで、仮に、カソードセパレータの凹部の底面が、凸部が設けられていないフラットな面である場合、締結器27による圧縮後の厚みから圧縮前の厚みに戻る方向に弾性変形した後のカソードガス拡散層31Aの厚みは、中央部が周縁部に比べ厚くなる。すると、カソード触媒層15とカソードガス拡散層31Aとの間の接触圧は、中央部が周縁部に比べ低くなるので、両者間の接触抵抗が面内で不均一になる可能性がある。しかし、本実施形態の電気化学式水素ポンプ100では、カソードセパレータ31Bの凹部35の底面が凸部35Tを備えることにより、上記の弾性変形した後のカソードガス拡散層31Aの厚みを面内で均一化し得ることで、このような可能性を低減できる。つまり、特許文献3に記載された発明よりも適切にカソード触媒層15とカソードガス拡散層31Aとの間の接触抵抗の増加を抑制し得る。これにより、電解質膜(触媒層付)14Aにかかる電圧が面内で均一になるので、電解質膜(触媒層付)14Aの面内における水素から電子が遊離す

10

20

30

40

50

る酸化反応、プロトンと電子とによる還元反応（水素化反応）を均一に進行させ得る。

【0194】

このようにして、本実施形態の電気化学式水素ポンプ100は、電気化学式水素ポンプ100の運転効率の低下を適切に抑制できる。

【0195】

なお、電解質膜14の圧縮量 E_m （厚み）、アノード触媒層16の圧縮量 E_{ac} （厚み）およびアノードガス拡散層24の圧縮量 E_{ad} （厚み）は、これらの構成材料および圧縮変形前の初期の厚みなどによって変化する。よって、電解質膜14、アノード触媒層16およびアノードガス拡散層24の構成材料および初期の厚み毎に、カソードガス拡散層31Aのはみ出し量 E_{cd} を事前に見積もる方がよい。

10

【0196】

また、上記の値は、電気化学式水素ポンプ100の運転時のカソードのガス圧 P_2 の大きさでも変化する。よって、電気化学式水素ポンプ100の運転時のカソードのガス圧 P_2 の最大値を目安に、はみ出し量 E_{cd} を設定する方がよい。

【0197】

また、積層体100Bの締結力は、少なくとも、カソードガス拡散層31Aをはみ出し量 E_{cd} 分、圧縮するための圧縮力を発揮する必要があるが、これは、アノードガス導入マニホルド28A、アノードガス導出マニホルド29Aおよびカソードガス導出マニホルドのガスシール、電解質膜（触媒層付）14Aに対するガスシールを保つのに必要な圧力も考慮して設定する方がよい。

20

【0198】

（第1実施例）

第2実施形態の第1実施例の電気化学式水素ポンプ100は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプ100において、上記の凸部35Tは、カソードセパレータ31Bの凹部35の底面の重心を含む領域に設けられている。

【0199】

凹部35の底面の重心において、アノード触媒層16およびアノードガス拡散層24の圧縮量が最も大きいと推測されるので、これにより、カソード触媒層15とカソードガス拡散層31Aとの間の接触をより適切に維持できる。

【0200】

30

本実施例の電気化学式水素ポンプ100は、上記の特徴以外は、第2実施形態の電気化学式水素ポンプ100と同様に構成してもよい。

【0201】

（第2実施例）

第2実施形態の第2実施例の電気化学式水素ポンプ100は、第2実施形態または第2実施形態の第1実施例の電気化学式水素ポンプ100において、上記の凸部は、カソードセパレータ31Bの凹部35の周縁を除く領域に設けられている。

【0202】

カソードセパレータ31Bの凹部35にカソードガス拡散層31Aを収納する場合、カソードセパレータ31Bの凹部35の周縁を除く領域では、電気化学式水素ポンプ100の動作時に、電気化学式水素ポンプ100のカソードガスの高圧化によって必然的に電解質膜14、アノード触媒層16およびアノードガス拡散層24が押圧される。よって、この領域に凸部35Tを設けることで、カソード触媒層15およびカソードガス拡散層31A間の接触抵抗が面内で不均一になる可能性を効果的に低減できる。

40

【0203】

本実施例の電気化学式水素ポンプ100は、上記の特徴以外は、第2実施形態または第2実施形態の第1実施例の電気化学式水素ポンプ100と同様に構成してもよい。

【0204】

（第3実施例）

第2実施形態の第3実施例の電気化学式水素ポンプ100は、第2実施形態および第2

50

実施形態の第 1 実施例 - 第 2 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 において、カソードガス拡散層 31A の厚み T1 の大きさは、カソードセパレータ 31B の凹部 35 の周縁部の深さの大きさ以上である。

【0205】

カソードセパレータ 31B の凹部 35 の周縁部であっても、カソードセパレータ 31B の凹部 35 にカソードガス拡散層 31A を収納する場合、電気化学式水素ポンプ 100 の動作時に、電気化学式水素ポンプ 100 のカソードガスの高圧化によって電解質膜 14、アノード触媒層 16 およびアノードガス拡散層 24 が押圧される。そこで、本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、以上の構成により、上記の周縁部を含めカソード触媒層 15 およびカソードガス拡散層 31A 間の接触を適切に維持し得る。

10

【0206】

本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、上記の特徴以外は、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 実施例 - 第 2 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 と同様に構成してもよい。

【0207】

(第 4 実施例)

第 2 実施形態の第 4 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 実施例 - 第 3 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 において、カソードガス拡散層 31A は、カソードセパレータ 31B に対向する側がカソード触媒層 15 に対向する側よりも剛性が高い。

20

【0208】

なお、本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 のカソードガス拡散層 31A が奏する作用および効果、カソードガス拡散層 31A の剛性の調整方法、カソードガス拡散層 31A の剛性の測定方法などは、第 1 実施形態の第 1 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 と同様であるので説明を省略する。

【0209】

(第 5 実施例)

第 2 実施形態の第 5 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 実施例 - 第 4 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 において、カソードガス拡散層 31A は、カソード触媒層 15 に対向する側がカソードセパレータ 31B に対向する側よりも多孔度が高い。

30

【0210】

なお、本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 のカソードガス拡散層 31A が奏する作用および効果、カソードガス拡散層 31A の多孔度の調整方法、カソードガス拡散層 31A の多孔度の測定方法などは、第 1 実施形態の第 2 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 と同様であるので説明を省略する。

【0211】

(第 6 実施例)

第 2 実施形態の第 6 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 は、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 実施例 - 第 5 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 100 において、カソードガス拡散層 31A は、金属繊維の焼結体で構成される。

40

【0212】

なお、本実施例の電気化学式水素ポンプ 100 のカソードガス拡散層 31A が奏する作用および効果、カソードガス拡散層 31A を構成する金属繊維焼結体の具体例などは、第 1 実施形態の第 3 実施例の電気化学式水素ポンプ 100 と同様であるので説明を省略する。

【0213】

(第 7 実施例)

図 14 は、第 2 実施形態の第 7 実施例の電気化学式水素ポンプのカソードガス拡散デバイスの一例を示す図である。

50

【 0 2 1 4 】

本実施形態の第 7 実施例の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 は、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 実施例 - 第 6 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 1 0 0 において、カソードセパレータ 3 1 B は、カソードガスが流れるマニホールド孔 3 2 C と、カソードセパレータ 3 1 B の凹部 3 5 内のカソードガスをマニホールド孔に導出するカソードガス流路 3 3 とを備える。なお、カソードガス流路 3 3 の詳細な構成およびカソードガス導出マニホールドの構成は、第 1 実施形態のカソードガス拡散デバイス 3 1 と同様であるので説明を省略する。

【 0 2 1 5 】

以上により、高圧状態のカソードガス拡散層 3 1 A からカソードガス流路 3 3 を通じてカソードガスを取り出すことができる。カソードガス流路 3 3 を通過したカソードガスは、カソードガス導出マニホールドおよびカソードガス導出配管 3 0 をこの順に流通する。

10

【 0 2 1 6 】

本実施例の電気化学式水素ポンプ 1 0 0 は、上記の特徴以外は、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 実施例 - 第 6 実施例のいずれかの電気化学式水素ポンプ 1 0 0 と同様に構成してもよい。

【 0 2 1 7 】

なお、第 1 実施形態、第 1 実施形態の第 1 - 第 3 実施例、第 1 実施形態の第 1 - 第 2 変形例、第 2 実施形態および第 2 実施形態の第 1 - 第 7 実施例は、互いに相手を排除しない限り、互いに組み合わせても構わない。

20

【 0 2 1 8 】

また、上記説明から、当業者にとっては、本開示の多くの改良および他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本開示を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本開示の精神を逸脱することなく、その構造および / または機能の詳細を実質的に変更できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 2 1 9 】

本開示の一態様は、従来に比べ、簡易かつ適切にカソード触媒層とカソードガス拡散層との間の接触抵抗の増加を抑制し得る電気化学式水素ポンプに利用できる。

【 符号の説明 】

30

【 0 2 2 0 】

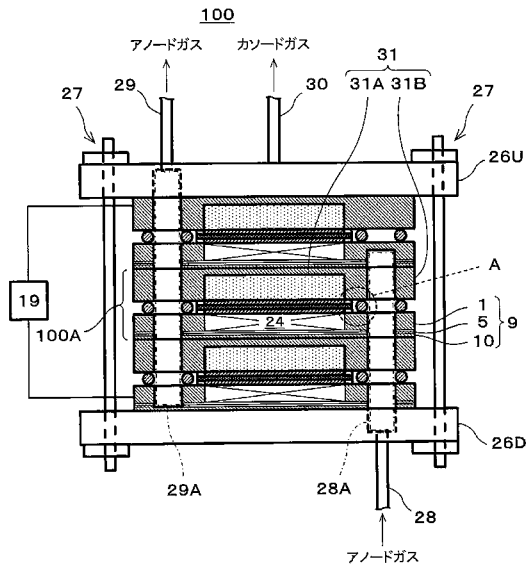
- 1 : アノード本体
- 3 : マニホールド孔
- 4 : マニホールド孔
- 5 : アノードガス流路板
- 5 D : 第 1 金属層
- 5 U : 第 2 金属層
- 6 : アノードガス流路
- 7 : マニホールド孔
- 8 : マニホールド孔
- 9 : アノードガス拡散デバイス
- 1 0 : アノード端板
- 1 1 : マニホールド孔
- 1 2 : マニホールド孔
- 1 4 : 電解質膜
- 1 4 A : 電解質膜 (触媒層付)
- 1 5 : カソード触媒層
- 1 6 : アノード触媒層
- 1 9 : 電圧印加器
- 2 4 : アノードガス拡散層

40

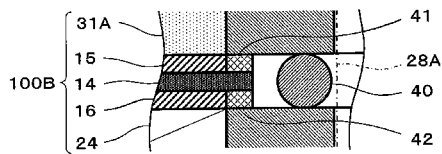
50

2 6 D	: 端板	
2 6 U	: 端板	
2 7	: 締結器	
2 8	: アノードガス導入配管	
2 8 A	: アノードガス導入マニホルド	
2 9	: アノードガス導出配管	
2 9 A	: アノードガス導出マニホルド	
3 0	: カソードガス導出配管	
3 1	: カソードガス拡散デバイス	
3 1 A	: カソードガス拡散層	10
3 1 B	: カソードセパレータ	
3 2 A	: マニホルド孔	
3 2 C	: マニホルド孔	
3 3	: カソードガス流路	
3 5	: 凹部	
3 5 T	: 凸部	
3 6	: スリット孔	
3 6 D	: スリット孔	
3 6 U	: スリット孔	
3 7	: 弾性部材	20
4 0	: シール部材	
4 1	: シール部材	
4 2	: シール部材	
1 0 0	: 電気化学式水素ポンプ	
1 0 0 A	: 単セル	
1 0 0 B	: 積層体	
1 3 1	: カソードガス拡散デバイス	
1 3 1 A	: カソードガス拡散層	
1 3 1 B	: カソードセパレータ	
1 3 3	: カソードガス流路	30
1 3 3 A	: 溝部	
1 3 3 B	: リブ	
2 3 1	: カソードガス拡散デバイス	
2 3 1 A	: カソードガス拡散層	
2 3 1 B	: カソードセパレータ	
2 3 2 C	: マニホルド孔	
2 3 3	: カソードガス流路	
2 3 5	: 凹部	

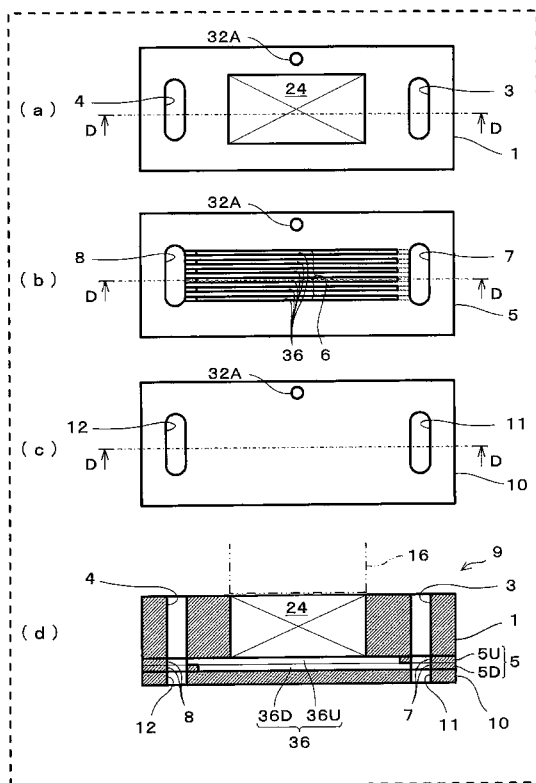
【図 1】



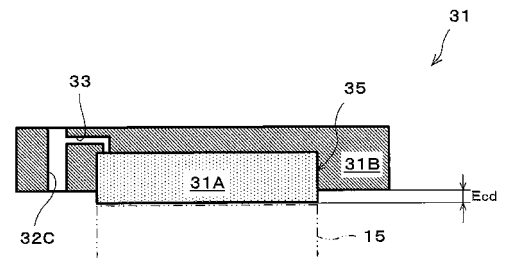
【図 2】



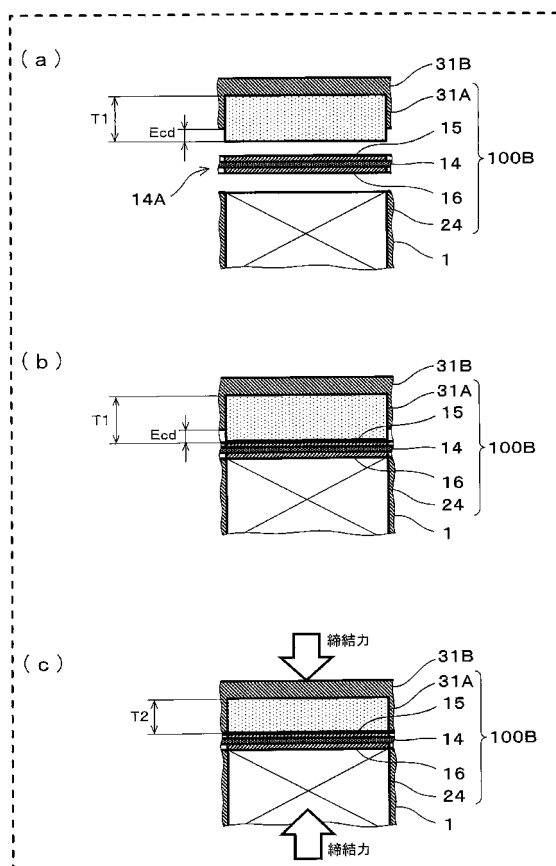
【図 4】



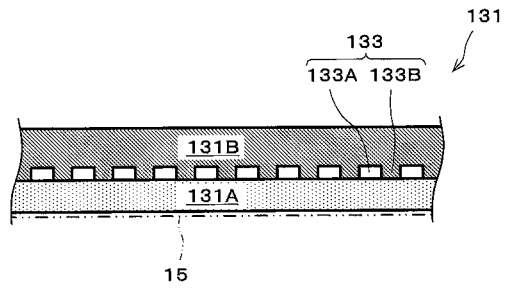
【図 3】



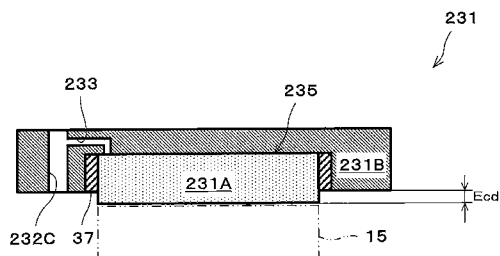
【図 5】



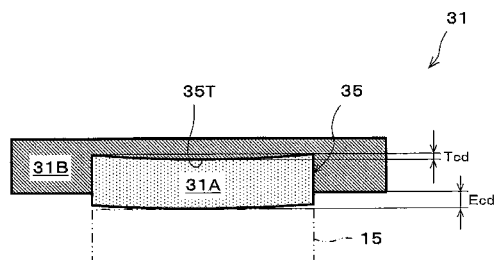
【図 6】



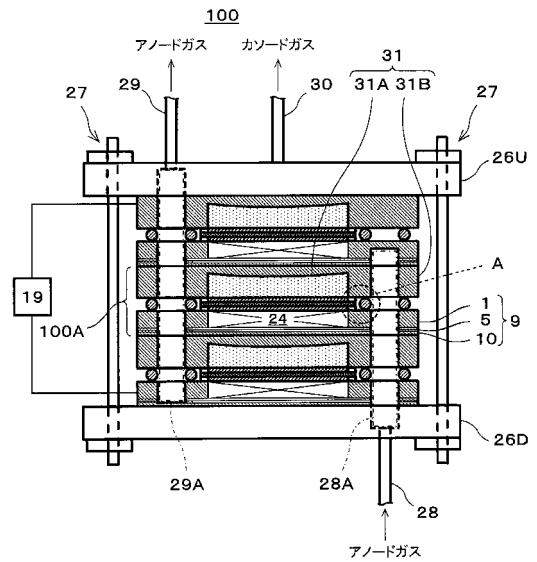
【図 7】



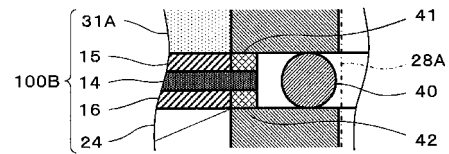
【図 10】



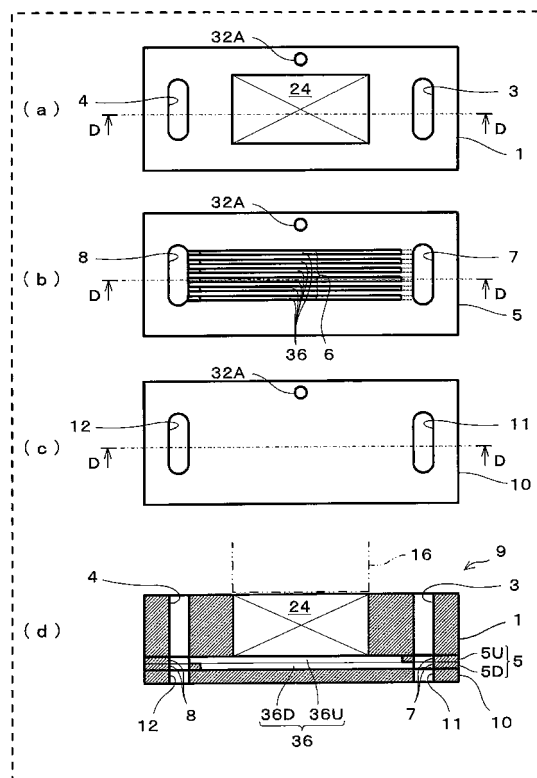
【図 8】



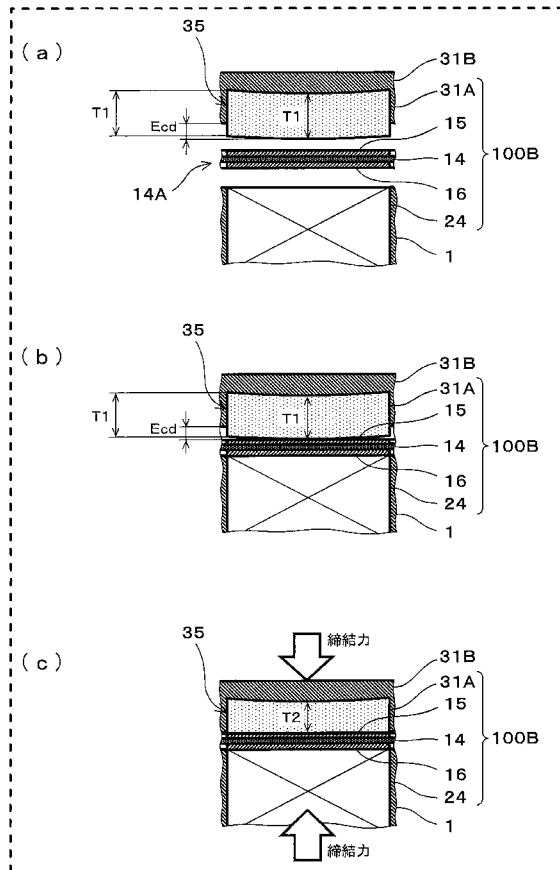
【図 9】



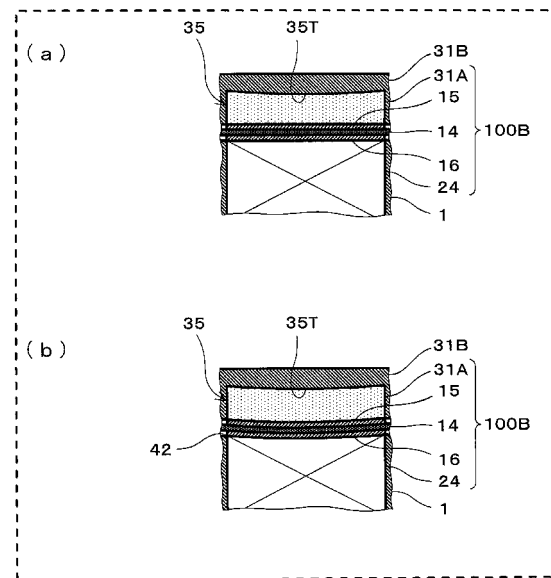
【図 11】



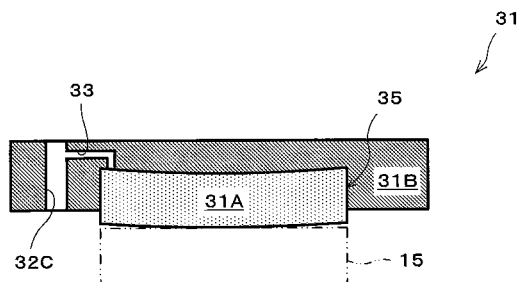
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 可児 幸宗
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 薬丸 雄一
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 宗徳 隆資
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
- F ターム(参考) 4K021 AA01 BA02 DB06 DB31 DB49 DB53 DC03