

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6241803号  
(P6241803)

(45) 発行日 平成29年12月6日(2017.12.6)

(24) 登録日 平成29年11月17日(2017.11.17)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>CO1B</b>	<b>3/04</b>	<b>(2006.01)</b>	CO1B 3/04 B
<b>CO1B</b>	<b>3/56</b>	<b>(2006.01)</b>	CO1B 3/56 Z
<b>HO1M</b>	<b>8/06</b>	<b>(2016.01)</b>	HO1M 8/06 Z
<b>HO1M</b>	<b>8/0606</b>	<b>(2016.01)</b>	HO1M 8/06 R
<b>BO1D</b>	<b>53/22</b>	<b>(2006.01)</b>	BO1D 53/22

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2017-13841 (P2017-13841)  
 (22) 出願日 平成29年1月30日(2017.1.30)  
 審査請求日 平成29年7月10日(2017.7.10)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 304019399  
 国立大学法人岐阜大学  
 岐阜県岐阜市柳戸1番1  
 (73) 特許権者 000253075  
 澤藤電機株式会社  
 群馬県太田市新田早川町3番地  
 (74) 代理人 110000659  
 特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所  
 (72) 発明者 神原 信志  
 岐阜県岐阜市柳戸1番1 国立大学法人岐阜大学内  
 (72) 発明者 三浦 友規  
 群馬県太田市新田早川町3番地 澤藤電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水素生成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原料ガス流路が凹部として形成された第一の面と、前記第一の面に対して略平行な第二の面とを有する板状の誘電体と、

前記誘電体の前記第二の面に対向する接地電極と、

水素流路と水素導出口とを備えており、前記誘電体の第一の面側に配置される水素流路板と、

前記誘電体の前記原料ガス流路と前記水素流路板の前記水素流路との間に配置されており、前記原料ガス流路と前記水素流路とを区画する水素分離膜と、

前記水素分離膜と前記接地電極との間の前記原料ガス流路内で放電を発生させる電源であって、前記水素分離膜に接続されている高電圧電源と、  
 を備えており、

前記水素分離膜は、放電によって前記原料ガス流路内の原料ガスから生成した水素を、前記水素流路板の前記水素流路に通過させることを特徴とする水素生成装置。

【請求項2】

原料ガスがアンモニアであることを特徴とする請求項1記載の水素生成装置。

【請求項3】

前記原料ガス流路は、直線状又は曲線状に延びる往路部分と前記往路部分から折り返して延びる復路部分とが交互に接続してなる溝であり、

前記水素分離膜は、前記誘電体の前記第一の面に対向して前記原料ガス流路の開口部を

閉鎖するように配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の水素生成装置。

【請求項 4】

原料ガス流路が凹部として形成された第一の面と、前記第一の面に対して略平行な第二の面とを有する板状の誘電体と、

前記誘電体の前記第二の面に対向する高電圧電極と、

水素流路と水素導出口とを備えており、前記誘電体の第一の面側に配置される水素流路板と、

前記誘電体の前記原料ガス流路と前記水素流路板の前記水素流路との間に配置されており、前記原料ガス流路と前記水素流路とを区画する水素分離膜と、

前記水素分離膜と前記高電圧電極との間の前記原料ガス流路内で放電を発生させる電源であって、前記高電圧電極に接続されている高電圧電源と、  
を備えており、

前記水素分離膜は、放電によって前記原料ガス流路内の原料ガスから生成した水素を、前記水素流路板の前記水素流路に通過させることを特徴とする水素生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水素源の物質から高純度の水素を高収率で生成することが可能な水素生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

エネルギーとしての水素の利用を促進するために、供給量の変化に柔軟に対応できる、低コストな水素の供給方法が求められている。そのような水素の供給方法の一つとして、アンモニアなどの水素を多く含む物質を水素キャリアとして輸送し、貯蔵し、消費の時期と消費量に合わせて水素を生成するエネルギーキャリアシステムが検討されている。

【0003】

水素を燃料とする代表的な装置の一つに、燃料電池がある。燃料電池を稼働させるためには高純度の水素を供給する必要があり、現在、燃料電池のための水素純度の規格は、ISO 14687-2 で 99.97% と定められている。エネルギーキャリアシステムで、高純度の水素を効率よく供給することができれば、燃料電池の一層の普及が期待できる。

【0004】

水素を生成する従来の方法として、メタン等の炭化水素ガスを原料として水蒸気改質を行う方法が知られている。しかしながら、水蒸気改質はニッケル等の高価な触媒を用いた高温の処理が必要であり、製造装置全体が高価なものになっていた。また、原料の炭化水素に含まれる炭素に対して水蒸気のモル比が低くなった場合、炭素が析出して触媒が失活するため、水素の製造量に対応して製造条件を厳しく管理する必要があった。また、水素を製造する他の方法として、アンモニアを原料としてルテニウムなどの貴金属触媒を用い、400 以上の温度で熱分解する触媒分解法が知られている。しかしながら、触媒分解法は、アンモニアの分解率が低く、燃料電池に使用可能な高純度水素を高収率で生成するには至っていない。

【0005】

さらに、原料ガスをプラズマとすることで水素を生成し分離する検討が進められている。特許文献 1 には、原料ガスが導入されるプラズマ反応器と、このプラズマ反応器内で水素を分離して反応器外へ搬送する略筒状の水素分離搬送部を備える水素製造装置が開示されている。プラズマ反応器の外壁は外部電極を兼ねている。外部電極と同軸的に配置される水素分離搬送部は、多孔質の内部電極と、内部電極の内側面に沿ってコーティングされた膜厚が数十  $\mu\text{m}$  ~ 数百  $\mu\text{m}$  の水素分離膜とで構成される。外部電極と水素分離搬送部との間には  $\text{BaTiO}_3$  を充填した強誘電体ペレットが配置されている。

【0006】

特許文献 2 には、プラズマ反応器と、高電圧電極と、接地電極とを備えている水素生成

10

20

30

40

50

装置が開示されている。特許文献2の水素生成装置は、水素分離膜が高電圧電極として機能しており、常温大気圧の条件下で、水素分離膜が接地電極との間で誘電体バリア放電し、供給されたガスに含まれるアンモニアをプラズマとすることによって水素を生成する。

【0007】

特許文献1および特許文献2のプラズマ放電を利用した水素生成装置では、円筒形の反応容器内の原料を均一にプラズマ化するために必要な電力が、反応容器の容量の増加に伴って増加するという特性があった。大型の反応容器では、小型の反応容器よりもむしろエネルギー効率が悪くなることがあり、水素の大量生産が必要となったときに、水素の収率が低くなるおそれがあった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2004-359508号公報

【特許文献2】特開2014-70012号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明はかかる実情に鑑みてなされものであって、水素の供給量の変化に柔軟に対応することができ、特に、水素の大量生産に容易に対応可能であって、しかも高純度の水素を高収率で生成可能な水素生成装置を提供することを解決すべき課題としてなされたものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の水素生成装置は、誘電体と、接地電極と、水素流路板と、水素分離膜と、高電圧電源とを備えている。本発明の誘電体は、原料ガス流路が凹部として形成された第一の面と、第一の面に対して略平行な第二の面とを有する平板状の誘電体である。本発明の接地電極は、誘電体の前記第二の面に対向している。本発明の水素流路板は、水素流路と水素導出口とを備えており、誘電体の第一の面側に配置されている。本発明の水素分離膜は、誘電体の原料ガス流路と水素流路板の水素流路との間に配置されており、原料ガス流路と水素流路とを区画している。本発明の高電圧電源は、水素分離膜と接地電極との間の前記原料ガス流路内で放電を発生させる電源であって、水素分離膜に接続されている。本発明の水素分離膜は、放電によって原料ガス流路内の原料ガスから生成した水素を、水素流路板の水素流路に通過させることを特徴とする。

【0011】

本発明の水素生成装置は、原料ガスがアンモニアであることが好ましい。

【0012】

原料ガス流路が、直線状又は曲線状に延びる往路部分と、往路から折り返して延びる復路部分とが交互に接続した形状を有する溝であり、且つ水素分離膜が、誘電体の第一の面に対向して原料ガス流路の溝の開口部を閉鎖するように配置されていることが好ましい。

【0013】

本発明の他の水素生成装置は、誘電体と、高電圧電極と、水素流路板と、水素分離膜と、高電圧電源とを備えている。本発明の誘電体は、原料ガス流路が凹部として形成された第一の面と、前記第一の面に対して略平行な第二の面とを有する板状の誘電体である。本発明の高電圧電極は、誘電体の第二の面に対向している。本発明の水素流路板は、水素流路と水素導出口とを備えており、誘電体の第一の面側に配置されている。本発明の水素分離膜は、誘電体の原料ガス流路と水素流路板の水素流路との間に配置されており、原料ガス流路と水素流路とを区画している。本発明の高電圧電源は、水素分離膜と高電圧電極との間の原料ガス流路内で放電を発生させる電源であって、高電圧電極に接続されている。本発明の水素分離膜は、放電によって原料ガス流路内の原料ガスから生成した水素を、水素流路板の水素流路に通過させることを特徴とする。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0014】

本発明の水素生成装置は、原料ガス流路と水素流路との間に水素分離膜が配置されることで、水素分離膜と電極との間に位置する原料ガス流路内の放電によって原料ガスを均一にプラズマとすることができる。しかも、プラズマ化によって原料ガス流路で生成した水素は、水素分離膜を透過して直ちに水素流路に導入される。このため、原料ガスの水素への分解と、生成した水素の原料ガスからの分離を、いずれも効率よく行うことができ、高収率で水素を生成することができる。

## 【0015】

本発明の水素生成装置は、原料ガス流路が、直線状又は曲線状に延びる往路部分と、往路から折り返して延びる復路部分とが交互に接続した形状を有する溝であり、且つ水素分離膜が、誘電体の第一の面に対向して原料ガス流路の溝の開口部を閉鎖するように配置されていることによって、水素分離膜と電極との間の放電は、原料ガスが通過する方向を横断するように発生する。この結果、水素流路内の原料ガスに対して長時間電力を供給することができ、原料ガスを一層効率よく均一にプラズマ化することができる。

10

## 【0016】

本発明の水素生成装置は、板状の誘電体と、電極と、水素流路板と、水素分離膜とを一体化して1つのモジュールとすることができる。本発明の水素生成装置を複数並列に組み合わせることで、水素の供給量の変化に柔軟に対応することができる。また、設置箇所の条件を緩和することができる。

20

## 【0017】

本発明の水素生成装置の誘電体は、要求される水素の生成量に対応して、原料ガスの流路である凹部の断面形状、原料ガス流路の全長、水素分離膜との接触面積、原料ガスの供給速度等を容易に変更することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】図1は、本発明の実施例に従った水素生成装置を模式的に示す斜視図である。

【図2】図2は、本発明の実施例に従った水素生成装置の分解斜視図である。

【図3】図3は、本発明の実施例に従った水素生成装置の分解斜視図である。

【図4】図4は、本発明の水素生成装置を複数並列に組み合わせた状態を模式的に示す斜視図である。

30

【図5】図5は、本発明の水素生成装置と従来例とのアンモニアガスの流量に対する水素生成量の違いを示す図である。

【図6】図6は、本発明の水素生成装置の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図7】図7は、本発明の水素生成装置の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図8】図8は、従来の円筒形水素生成装置の鉛直方向断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0019】

以下に、本発明の好適な実施形態を列記する。

(1) 水素生成装置で好適に用いられる原料ガスは、アンモニア、尿素、またはメタン等の炭化水素系ガスである。

40

(2) 水素分離膜は、高電圧電源に接続された場合、高電圧電極として機能する。また、アースされている場合、接地電極として機能する。

(3) 水素分離膜が高電圧電極として機能しているとき、誘電体の第二の面に対向するように配置された電極は接地電極として機能する。このとき、絶縁スペーサが水素分離膜と水素流路板との間に配置される。

(4) 水素分離膜が接地電極として機能しているとき、誘電体の第二の面に対向するように配置された電極が高電圧電極として機能する。このとき、絶縁スペーサが、高電圧電極の外側に配置される。

(5) 高電圧電極と接地電極とは誘電体を隔てて対向しており、誘電体バリア放電によ

50

て、原料ガス流路の中の原料ガスを大気圧非平衡プラズマとする。高電圧電源は、高電圧電極に対して、両極性パルス波形を印加する。

(6) 誘電体は、石英ガラスなどのガラス、アルミナなどのセラミックス、チタン酸バリウム、ポリカーボネート、アクリルなどの絶縁性の高い樹脂で形成される。

(7) 原料ガス流路は、誘電体の第一の面において、上面又は側面と平行な直線状に延びる往路部分と、往路から折り返して往路と平行に延びる復路部分とが交互に複数回接続して形成される。

(8) 原料ガス流路は、誘電体の第一の面に、上面または側面に対して角度をなして延びる往路部分と、往路から折り返して往路に対して角度をなした状態でつづら折り状に延びる復路部分とを交互に複数回接続して形成される。

(9) 原料ガス流路は、誘電体の第一の面に、円弧状または曲線状に延びる往路部分と、往路から折り返して延びる復路部分とを交互に接続して、全体として蛇行するように形成される。

(10) 原料ガス流路は、第一の面側が開口した形状を有する溝であり、この開口部を覆って閉鎖するように水素分離膜が配置される。水素分離膜は、誘電体の第一の面以上の有効面積を有しており、誘電体の第一の面に対向している。

【実施例】

【0020】

(実施例1)

以下、本発明にかかる水素生成装置の好適な実施例について、図面を参照しつつ説明する。図1は、本発明の実施例に従った水素生成装置1を模式的に示す斜視図である。図2は、水素生成装置1の各構成要素の正面と上面と右側面とを示した分解斜視図である。図3は、水素生成装置1の各構成要素の正面と上面と左側面とを示した分解斜視図である。水素生成装置1は、誘電体2と、電極3と、水素流路板4と、水素分離膜5と、高電圧電源6と、絶縁スペーサ7とを備えている。尚、以下の記載においては、図1から図4において右側に表示している水素生成装置1の各構成要素の面を右側面と称する。誘電体2の右側面は、誘電体2の第一の面11に対応している。同様に、図1から図4において左側に表示している水素生成装置1の各構成要素の面を左側面と称しており、誘電体2の左側面は、誘電体2の第二の面12に対応している。

【0021】

誘電体2は、原料ガス流路13が形成された第一の面11と、この第一の面11に対して略平行な第二の面12とを有した石英ガラスである。誘電体2の第一の面11に、右側面側が開口した凹部として、原料ガス流路13が形成されている。原料ガス流路13の形成されるパターンは、原料ガスの流量と原料ガスに加わる電圧とを考慮して適宜設定することができる。図2には、一例として、原料ガス入口14に連通して、誘電体2の上面と平行な直線状に延びる往路部分16と、往路部分16から折り返して往路部分16と平行に延びる復路部分17と、が交互に均一な間隔で複数回接続した原料ガス流路13を示している。

【0022】

電極3は、誘電体2の前記第二の面12に対向するように配置された、平板状の電極である。本実施例において、電極3は接地されており、接地電極として機能する。

【0023】

水素流路板4は、左側面側が開口している水素流路18と、正面に開口する水素導出口19とを備えた板状の部材である。水素流路板4の水素流路18は、誘電体2の第一の面11側に配置された時に、誘電体2の原料ガス流路13と対向する位置に必ず開口しているように配置されている。図3に、水素流路18の一つの形態を示す。水素流路板4を、周縁部を除く左側面が全て開口している矩形の箱型形状としたことによって、原料ガス流路13に対向する位置に必ず開口が存在する水素流路18が形成されている。

【0024】

水素分離膜5は、誘電体2の原料ガス流路13の開口部とを水素流路板4の水素流路1

10

20

30

40

50

8 との間に配置されて、原料ガス流路 13 と水素流路 18 とを区画している。本実施例では、水素分離膜 5 は、原料ガス流路 13 内の原料ガスの進行方向と平行に配置されて原料ガス流路 13 の右側面側の開口を覆っており、誘電体 2 と水素分離膜 5 とによって原料ガス流路 13 の閉断面を有する壁面が規定される。同時に、水素分離膜 5 は水素流路 18 の開口を覆っており、水素流路板 4 と水素分離膜 5 とによって、水素流路 18 の閉断面を有する壁面が規定される。水素分離膜 5 は、原料ガス流路 13 の原料ガスから生成された水素のみを透過して、水素流路 18 に導入する。

【0025】

水素分離膜 5 は、パラジウム合金薄膜、ジルコニウム - ニッケル (Zr - Ni) 系合金薄膜、バナジウム - ニッケル (V - Ni) 系合金薄膜、ニオブ - ニッケル (Nb - Ni) 系合金薄膜、および、ニオブ (Nb) と、ニッケル (Ni)、コバルト (Co) およびモリブデン (Mo) よりなる群から選ばれる 1 種以上の金属と、バナジウム (V)、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr)、タンタル (Ta) およびハフニウム (Hf) よりなる群から選ばれる 1 種以上の金属との合金よりなる薄膜などで形成することができる。本実施例の水素分離膜 5 は、パラジウム合金薄膜を特に好適に使用することができる。水素分離膜 5 は、これらの金属からなる単層の膜、またはこれらの金属から選択される 2 以上の金属の積層によって形成することができる。また、シリカ系分離膜や、ゼオライト系分離膜、ポリイミド分離膜、ポリスルホン分離膜などの非金属を水素分離膜として用いることも可能であるが、その場合は、より強度の高い支持体を水素分離膜 5 と接合し、支持体を誘電体 2 と水素流路板 4 とが挟持することにより、原料ガス流路 13 と水素流路 18 とが確実に区画される。

【0026】

高電圧電源 6 は、水素分離膜 5 と電極 3 との間の原料ガス流路 13 内で放電を発生させるための電源である。本実施例では、高電圧電源 6 は水素分離膜 5 に接続されており、水素分離膜 5 に高電圧を印加して、水素分離膜 5 を高電圧電極として機能させる。絶縁スペーサ 7 は、水素分離膜 5 と水素流路板 4 との間に配置される。高電圧電源 6 は、波形保持時間  $T_0$  が  $10 \mu s$  と極めて短い両極性パルス波形を印加することで、電子エネルギー密度を高くすることができる。

【0027】

水素生成装置 1 を構成する、誘電体 2 と、電極 3 と、水素流路板 4 と、水素分離膜 5 とを、高さ及び奥行き寸法がほぼ同一の矩形形状で構成することができる。これにより、水素生成装置 1 は、全体として略直方体の形状となる。このような水素生成装置 1 は、各部材を重ね合わせた状態で、ボルトとナットを用いて、強固に結合することができる。原料ガス流路 13 と水素流路 18 を確実に封止して気密性を確保する必要がある場合には、ガスケットの配置若しくは、シール材の塗布が追加的に行われる。

【0028】

本実施例の水素生成装置 1 は、原料としてアンモニア又は最も好適に使用される。アンモニアを原料として水素を生成する場合の反応式を、以下の式 1 に示す。



【0029】

水素生成装置 1 でアンモニアを原料ガスとして水素を生成する方法を説明する。図示しない原料供給手段は、原料ガスの流速を制御する流速制御手段を備えており、誘電体 2 の原料ガス流路入口 14 を経て、所定の速度で原料ガス流路 13 に供給される。高電圧電源 6 が水素分離膜 5 に電圧を印加することで、水素分離膜 5 と電極 3 との間で誘電体バリア放電が発生する。放電によって、原料ガス流路 13 内のアンモニアが、大気圧非平衡プラズマとなる。アンモニアの大気圧非平衡プラズマから発生した水素は、水素原子の形態で水素分離膜 5 に吸着し、水素分離膜 5 の中を拡散しながら通過して水素流路板 4 の水素流路 18 に到達し、再結合して水素分子となる。このようにして、水素分離膜 5 は水素流路 18 側に水素のみを通過させ、水素が分離される。

## 【0030】

原料ガス流路13を通過するアンモニアは、流速を充分制御することで放電に曝される時間を確保することができ、アンモニアに含まれる水素のほぼ100%を水素として分離して水素流路18に導入することが可能である。得られる水素含有ガスは99.99%以上の高純度であるので、そのまま燃料電池に使用することができる。

## 【0031】

しかも、本実施例の水素生成装置1は、常温で動作する。生成されて水素導出口19から導出される高純度の水素含有ガスもまた常温である。水素含有ガスは、特段の冷却処理を施さずに、燃料電池にそのまま導入することができる。そのため本実施例の水素生成装置は、たとえば低温で動作する燃料電池に直接接続して水素を生成させることができる。

10

## 【0032】

図4に、本実施例の水素生成装置1を、並列に5個組み合わせて配置した状態を示す。それぞれの水素生成装置1に同時に原料ガスを供給することで、個々の水素生成装置1が、高収率で高純度の水素を生成することができる。また、原料を供給する水素生成装置1の数を制御することで、水素の生成量を容易に制御することができる。さらに、個々の水素生成装置1が略立方体の形状を有しているため、積み重ねや並列配置などの配置の自由度が高く全体の形状を変更することも容易である。

## 【0033】

図5に、水素生成装置1の、アンモニア供給量に対する水素生成量の変化をグラフで示す。水素生成量は、水素流路板4の水素導出口19の流量である。水素生成装置1の水素の生成量の変化を、実線Aで示す。比較例として、円筒形水素生成装置31に同一条件でアンモニアを供給した場合の水素生成量を破線Bで示している。いずれの水素生成装置も、生成された水素の純度は、99.999%と非常に高純度であった。一方で、図5から明らかであるように、アンモニアの流量に関わらず、本発明の水素生成装置1は、従来よりも高い収量で水素を生成することができ、アンモニアの供給量を増加させるにつれて、水素の生成量を増加させることができた。

20

## 【0034】

なお、従来例としてあげた図8の円筒形水素生成装置31は、プラズマ反応器33と、このプラズマ反応器33の中に収容された高電圧電極35と、プラズマ反応器33の外側に接して配置された接地電極37とを備えたプラズマ改質器である。円筒形水素生成装置31は、高電圧電極35を水素分離膜で構成することで、装置内部の空間に生成した水素を分離して導入する。

30

## 【0035】

(実施例2)

図6に、本実施例の水素生成装置41を示す。水素生成装置41は、水素分離膜5がアースされており、接地電極として機能する。一方、電極3が高電圧電源6に接続されて、高電圧電極として機能する。絶縁スペーサ9は、電極3の外側に配置される。本実施例においても、高電圧電源6が電極3に電圧を印加することで、水素分離膜5と電極3との間の原料ガス流路13で、誘電体バリア放電が発生する。放電によって、原料ガス流路13内のアンモニアが、大気圧非平衡プラズマとなり、高収率で水素を生成し、水素分離膜5によって高純度の水素を分離して供給することができる。

40

## 【0036】

(実施例3)

図7に、本実施例の水素生成装置51を示す。水素生成装置51は、誘電体2'と電極3'の両方を通過するように原料ガス流路13が形成されていることを特徴とする。その他の構成は、水素生成装置1と同一である。誘電体2'側の原料ガス流路13は、その始点と終点が誘電体2'を貫通し、第二の面上に開口している。電極3'側の原料ガス流路13は、誘電体2'側の原料ガス流路13の始点と終点にそれぞれ連通しており、原料ガス流路入口14'とガス流路出口15'は、電極3'の正面に設けられている。本実施例の水素生成装置51は、特に板厚の薄い誘電体2'に好適に適用される。

50

## 【 0 0 3 7 】

本実施例で説明した水素生成装置 1、4 1、5 1 の構成は、適宜変更が可能である。誘電体上に形成する原料ガス流路 1 3 のパターンは、原料ガス流路 1 3 内で放電を発生させる範囲で、その位置および形状を変更することができる。たとえば、誘電体 2 の第一の面 1 1 に、上面または側面に対して角度をなして延びる往路部分と、往路から折り返して往路に対して角度をなした状態をつづら折り状に延びる復路部分と、を交互に複数回接続して形成することができる。また原料ガス流路 1 3 は、誘電体の第一の面に、円弧状または曲線状に延びる往路部分と、往路から折り返して延びる復路部分とを交互に接続して、全体として蛇行するように形成することができる。水素流路板の水素流路もまた、たとえば原料ガス流路のパターンに対応して溝状のものとすることができる。

10

## 【符号の説明】

## 【 0 0 3 8 】

- 1、4 1、5 1 水素生成装置
- 2、2 ' 誘電体
- 3、3 ' 電極
- 4 水素流路板
- 5 水素分離膜
- 6 高電圧電源
- 7、9 絶縁スペーサ
- 1 1 第一の面
- 1 2 第二の面
- 1 3 原料ガス流路
- 1 4、1 4 ' 原料ガス流路入口
- 1 5、1 5 ' 原料ガス流路出口
- 1 6 原料ガス流路の往路部分
- 1 7 原料ガス流路の復路部分
- 1 8 水素流路
- 1 9 水素導出口
- 3 1 円筒形水素生成装置
- 3 3 プラズマ反応器
- 3 5 高電圧電極
- 3 7 接地電極

20

30

## 【要約】

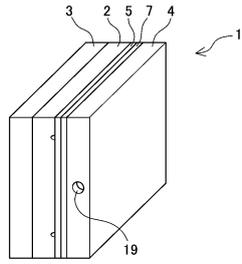
【課題】水素の供給量の変化に柔軟に対応することができ、特に、水素の大量生産に容易に対応可能であって、しかも高純度の水素を高収率で生成可能な水素生成装置を提供する。

【解決手段】水素生成装置 1 は、原料ガス流路 1 3 が凹部として形成された第一の面 1 1 と、第一の面 1 1 に対して略平行な第二の面 1 2 とを有する板状の誘電体 2 と、接地電極 3 と、水素流路 1 8 と水素導出口 1 9 とを備えており誘電体 2 の第一の面 1 1 側に配置される水素流路板 4 と、誘電体 2 の原料ガス流路 1 3 と水素流路板 4 の水素流路 1 8 との間に配置されており、原料ガス流路 1 3 と水素流路 1 8 とを区画する水素分離膜 5 と、水素分離膜 5 と接地電極 3 との間の原料ガス流路 1 3 内で放電を発生させる高電圧電源 6 と、を備えている。水素分離膜 5 は、放電によって原料ガス流路 1 3 内の原料ガスから生成した水素を、水素流路板 4 の水素流路 1 8 に通過させる。

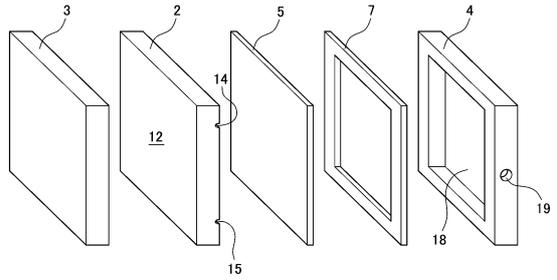
40

## 【選択図】図 2

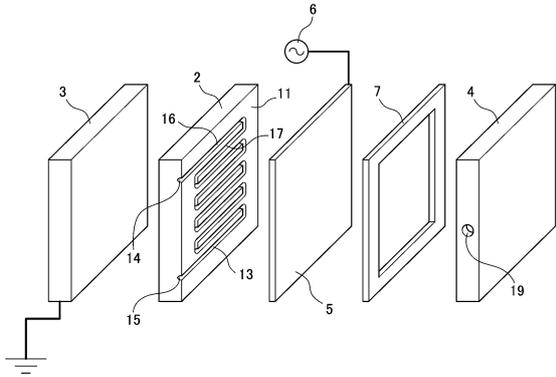
【図1】



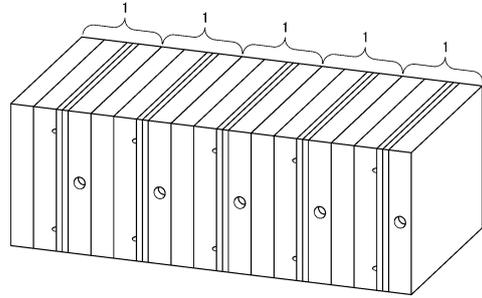
【図3】



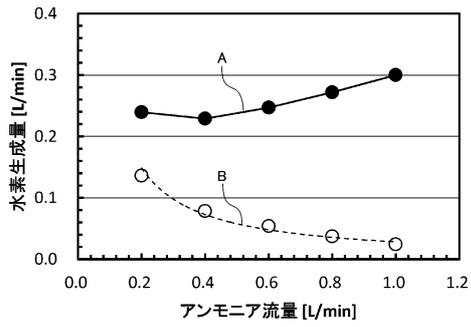
【図2】



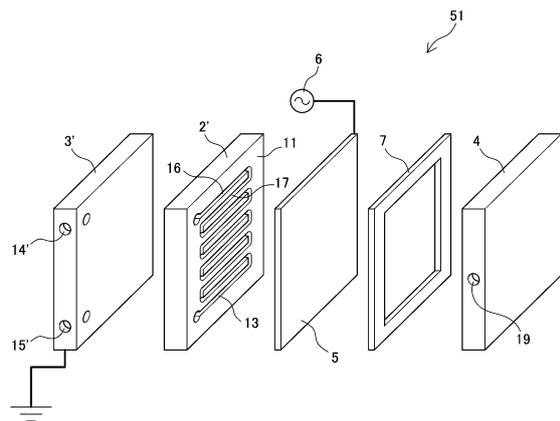
【図4】



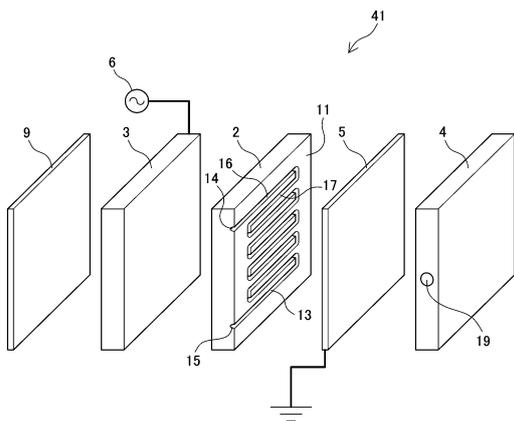
【図5】



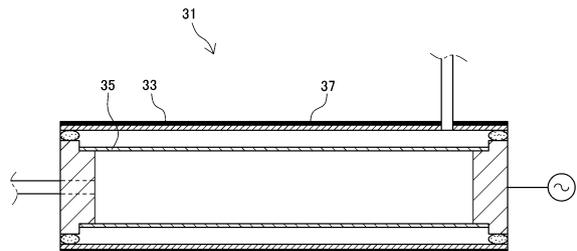
【図7】



【図6】



【図8】



---

フロントページの続き

審査官 岡田 隆介

(56)参考文献 特開2004-359508(JP,A)  
特開2014-70012(JP,A)  
特表2008-536796(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C01B 3/00-3/58

H01M 8/06

DWPI(Derwent Innovation)