

(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2009-30152  
(P2009-30152A)

(43) 公開日 平成21年2月12日(2009.2.12)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード(参考)  
C 2 5 B 9/00 (2006.01) C 2 5 B 9/00 A 4 K 0 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-301673 (P2007-301673)                  (22) 出願日 平成19年11月21日(2007.11.21)                  (31) 優先権主張番号 特願2007-166137 (P2007-166137)                  (32) 優先日 平成19年6月25日(2007.6.25)                  (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(71) 出願人 505214249                  有限会社ターナープロセス                  大阪府大阪市阿倍野区北畠1-11-20                  (74) 代理人 100107641                  弁理士 鎌田 耕一                  (74) 代理人 100115152                  弁理士 黒田 茂                  (72) 発明者 棚橋 正和                  大阪府大阪市阿倍野区北畠1-11-20                  有限会社ターナープロセス内                  (72) 発明者 棚橋 正治                  大阪府大阪市阿倍野区北畠1-11-20                  有限会社ターナープロセス内</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

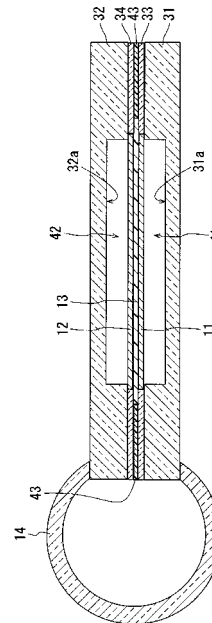
(54) 【発明の名称】 水の電気分解の実験装置およびガス発生装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】安全且つ簡単に水の電気分解の実験ができる実験装置を提供する。

【解決手段】セパレータ13と、セパレータ13を介してつながっている第1および第2の槽41および42とを備え、第1および第2の槽41および42に入れられた水性液体中の水の電気分解を行うための実験装置であり、第1の槽41に配置された第1の電極11と、第2の槽42に配置された第2の電極12と、第1の電極11の表面で発生する第1のガスを捕集する第1の捕集部と、第2の電極12の表面で発生する第2のガスを捕集する第2の捕集部とをさらに含み、第1の電極11と第2の電極12とが、セパレータ13を挟むように配置されている。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

セパレータと、前記セパレータを介してつながっている第 1 および第 2 の槽とを備え、前記第 1 および第 2 の槽に入れられた水性液体中の水の電気分解を行うための実験装置であって、

前記第 1 の槽に配置された第 1 の電極と、

前記第 2 の槽に配置された第 2 の電極と、

前記第 1 の電極の表面で発生する第 1 のガスを捕集する第 1 の捕集部と、

前記第 2 の電極の表面で発生する第 2 のガスを捕集する第 2 の捕集部とをさらに含み、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とが、前記セパレータを挟むように配置されている実験装置。

10

## 【請求項 2】

前記セパレータが親水性である請求項 1 に記載の実験装置。

## 【請求項 3】

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極のそれぞれが、鉛直方向に沿ってストライプ状に配置された複数の線状の電極を含む請求項 1 または 2 に記載の実験装置。

## 【請求項 4】

隣接する 2 つの前記線状の電極間の距離が、1.5 mm 以下である請求項 3 に記載の実験装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 の電極と前記セパレータとの距離が 1 mm 以下であり、

前記第 2 の電極と前記セパレータとの距離が 1 mm 以下である請求項 3 または 4 に記載の実験装置。

20

## 【請求項 6】

前記第 1 および第 2 の槽の内面が親水性である請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の実験装置。

## 【請求項 7】

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とが互いに平行に配置されており、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との距離が 10 mm 以下である請求項 3 または 4 に記載の実験装置。

30

## 【請求項 8】

前記第 1 の捕集部が、第 1 の筒状部を含み、

前記第 2 の捕集部が、第 2 の筒状部を含み、

前記第 1 の筒状部の内側の断面積と前記第 2 の筒状部の内側の断面積とが等しい請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の実験装置。

## 【請求項 9】

前記水性液体の伝導度が、 $100 \mu\text{S}/\text{cm} \sim 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$  の範囲にある請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の実験装置。

## 【請求項 10】

セパレータと、前記セパレータを介してつながっている第 1 および第 2 の槽とを備え、前記第 1 および第 2 の槽に入れられた水性液体中の水の電気分解を行って水素ガスおよび酸素ガスを発生させるガス発生装置であって、

40

前記第 1 の槽に配置された第 1 の電極と、

前記第 2 の槽に配置された第 2 の電極と、

前記第 1 の電極の表面で発生する第 1 のガスを捕集する第 1 の捕集部と、

前記第 2 の電極の表面で発生する第 2 のガスを捕集する第 2 の捕集部とをさらに含み、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とが、前記セパレータを挟むように配置されており、

前記セパレータが親水性であるガス発生装置。

## 【請求項 11】

前記第 1 の電極と前記セパレータとの距離が 1 mm 以下であり、

50

前記第2の電極と前記セパレータとの距離が1mm以下である請求項10に記載のガス発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水の電気分解に係る実験装置、およびガス発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

水の電気分解の実験は、電気化学の反応が目に見える形で表される実験であるため、ポピュラーな実験となっている。そのため、従来から、小学校の理科の時間などにおいて、水の電気分解の実験が行われてきた。工業的な水の電気分解については、従来から、さまざまな提案がなされている（たとえば特許文献1）。

10

【0003】

学校の教室などで実験を行う場合には、実験を容易かつ安全に行う必要がある。水の電気分解の実験装置の一般的な構造を図10に示す。従来の実験装置は、H字状の電解槽1と、電解槽1内に配置された電極2および3とを備える。電解槽1の上部には、2つの開口部が形成されており、それぞれ、ゴム栓4で栓がされている。電解槽1内は、電気分解される水酸化ナトリウム水溶液5で満たされる。

【0004】

電解槽1内に水酸化ナトリウム水溶液5を配置し、電極2と電極3との間に電圧を印加することによって、電極2および電極3から水素ガスおよび酸素ガスが発生する。発生したガスは、それぞれ、電解槽1の上部に蓄積される。上部に蓄積された水素ガスおよび酸素ガスは、ゴム栓4をとって火がついた線香などを差し込むことによって、その存在を確認できる。

20

【0005】

上記従来装置では、電極2と電極3との間隔が離れているため、電極2と電極3との間における電圧降下の影響が大きくなる。そのため、電解槽1内に配置する水溶液の伝導度が低いと、電極2と電極3との間に高い電圧を印加しなければならない。しかし、児童用の実験教材で高い電圧を印加することは好ましくない。

【0006】

そのため、従来の実験装置では、電気分解する水溶液として、伝導度が比較的高く、電気分解したときに水素ガスと酸素ガスが優先的に発生する強アルカリ性水酸化ナトリウム水溶液（pH13程度）を用いていた。

30

【特許文献1】特開2005-330514号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、強アルカリの水酸化ナトリウム水溶液は、皮膚についたり目に入ったりすると危険であり、取り扱いに注意が必要であるという問題があった。また、強アルカリ性の水酸化ナトリウム水溶液は、実験後に処分する際にも注意が必要である。

40

【0008】

また、従来から、実験において少量の水素ガスや酸素ガスが必要になる場合があったが、そのような場合にガスポンプを用意するのは手間およびコストが大きいという問題があった。そのため、簡易に水素ガスや酸素ガスを得ることができるガス発生装置が求められていた。

【0009】

このような状況において、本発明の目的の1つは、従来の実験装置に比べて安全且つ簡単に水の電気分解の実験ができる実験装置を提供することである。また、本発明の目的の1つは、安全且つ簡単に水素ガスや酸素ガスを生成することができるガス発生装置を提供することである。

50

**【課題を解決するための手段】****【0010】**

上記目的を達成するため、本発明の実験装置は、セパレータと、前記セパレータを介してつながっている第1および第2の槽とを備え、前記第1および第2の槽に入れられた水性液体中の水の電気分解を行うための実験装置であって、前記第1の槽に配置された第1の電極と、前記第2の槽に配置された第2の電極と、前記第1の電極の表面で発生する第1のガスを捕集する第1の捕集部と、前記第2の電極の表面で発生する第2のガスを捕集する第2の捕集部とをさらに含み、前記第1の電極と前記第2の電極とが、前記セパレータを挟むように配置されている。なお、「水性液体」とは、水を含む液体の意味であり、水道水などの水や、水溶液を含む。

10

**【0011】**

また、本発明のガス発生装置は、セパレータと、前記セパレータを介してつながっている第1および第2の槽とを備え、前記第1および第2の槽に入れられた水性液体中の水の電気分解を行って水素ガスおよび酸素ガスを発生させるガス発生装置であって、前記第1の槽に配置された第1の電極と、前記第2の槽に配置された第2の電極と、前記第1の電極の表面で発生する第1のガスを捕集する第1の捕集部と、前記第2の電極の表面で発生する第2のガスを捕集する第2の捕集部とをさらに含み、前記第1の電極と前記第2の電極とが、前記セパレータを挟むように配置されており、前記セパレータが親水性である。

**【発明の効果】****【0012】**

本発明の実験装置によれば、強アルカリ性の水酸化ナトリウム水溶液を用いることなく、安全且つ簡単に水の電気分解の実験を行うことができる。また、本発明のガス発生装置によれば、安全且つ簡単に、水素ガスおよび酸素ガスを発生させることができる。

20

**【発明を実施するための最良の形態】****【0013】**

以下、本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明では、本発明の実施形態について例を挙げて説明するが、本発明は以下で説明する例に限定されない。以下の説明では、具体的な数値や材料を例示する場合があるが、本発明の効果が得られる限り、他の数値や材料を適用してもよい。また、図面を用いた説明では、同様の部分に同一の符号を付して重複する説明を省略する場合がある。

30

**【0014】****[実験装置]**

本発明の実験装置は、セパレータと、セパレータを介してつながっている第1および第2の槽とを備える。この実験装置は、第1および第2の槽に入れられた水性液体中の水の電気分解を行うための実験装置である。なお、第1および第2の槽に入れられる水性液体は、水を含んでいればよく、一般的な水道水であってもよいし、何らかの溶質が溶解された水溶液であってもよい。また、水性液体は、pHが5～9程度の弱酸性または弱アルカリ性の水溶液であってもよい。

**【0015】**

第1および第2の槽に入れられる液体の典型的な一例は、伝導度が $100\mu\text{S}/\text{cm} \sim 1000\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲（たとえば $100\mu\text{S}/\text{cm} \sim 300\mu\text{S}/\text{cm}$ ）にある水性液体（水または水溶液）であり、たとえば水道水である。この程度の伝導度を有する水性液体を電気分解する場合、適切な電極を適切に配置することによって、15ボルト以下の電圧で水を電気分解することが可能である。

40

**【0016】**

本発明の実験装置は、第1の槽に配置された第1の電極と、第2の槽に配置された第2の電極と、第1の電極の表面で発生する第1のガスを捕集する第1の捕集部と、第2の電極の表面で発生する第2のガスを捕集する第2の捕集部とをさらに含む。通常、第1および第2の捕集部は、それぞれ、開放可能な封止手段（たとえばゴム、合成樹脂、および金属のいずれかまたはそれらの複合体からなる栓）で封止される。

50

## 【0017】

第1の電極と第2の電極とは、セパレータを挟むように配置されている。第1の電極と第2の電極との最短距離は、10mm以下であることが好ましい。たとえば、第1の電極と第2の電極が平行に配置されている場合、第1の電極と第2の電極との距離は、10mm以下（たとえば0.1mm～5mm）であることが好ましい。第1の電極と第2の電極との距離を10mm以下とすることによって、電極間の水性液体による電圧降下を小さくすることができる。その結果、伝導度が100 $\mu$ S/cm～300 $\mu$ S/cmの水性液体を、15ボルト以下の電圧で電気分解することが可能である。第1の電極と第2の電極との最短距離は、0.01mm以上（たとえば0.1mm以上）であってもよい。また、第1の電極と第2の電極との最短距離は、8mm以下であってもよく、5mm以下であつてもよい。

10

## 【0018】

低い伝導度の水性液体を比較的低い電圧で電気分解するには、第1の電極と第2の電極との間の距離を短くすればよい。しかし、単に電極間距離を短くするだけでは、一方の電極から発生した水素ガスと、他方の電極から発生した酸素ガスが混合されてしまうという問題がある。また、第1の電極と第2の電極とが短絡する危険性がある。そのため、本発明では、第1の電極と第2の電極との間にセパレータを配置し、ガスの混合と短絡とを防止している。

## 【0019】

第1および第2の電極には、たとえば金属電極を用いることができる。電極の好ましい一例は、表面が白金でコートされた金属電極である。白金は、水素過電圧および酸素過電圧が低く、安定であるため好ましい。白金で被覆される金属としては、たとえば、ニオブ、チタン、およびタンタルが挙げられる。酸素ガスが発生する電極（アノード）の槽では、液体のpHが低くなる。そのため、アノードの表面は白金でコートされていることが好ましい。一方、水素ガスが発生する電極（カソード）の表面は、白金でコートされていてもよいし、白金でコートされていなくてもよい。カソードは、たとえば、ニッケルやステンレスなどの、一般的に腐食が少ない金属からなる電極であってもよい。また、アノードおよびカソードは、導電性炭素材料からなる電極であってもよい。

20

## 【0020】

第1の電極と第2の電極との間には、通常、直流電圧が印加される。印加する電圧の大きさに限定はないが、児童用の実験の場合、たとえば2ボルト～15ボルトの範囲（一例では2ボルト～12ボルトの範囲）の電圧が印加される。しかし、本発明の効果が得られる限り、それよりも高い電圧を印加してもよい。本発明の実験装置は、電圧を印加するための電源（通常、直流電源）を備えてもよい。本発明の効果が得られる限り、電圧の印加方法に限定はない。たとえば、電流が一定となるように電圧を印加してもよいし、一定の電圧を印加してもよい。

30

## 【0021】

第1および第2の電極は、それぞれ、2次元状に広がる形状を有してもよい。たとえば、第1および第2の電極は、平板状の電極であってもよい。この平板状の電極には、貫通孔が形成されていてもよい。また、第1および第2の電極は、それぞれ、仮想の平面上に配置された複数の線状の電極で構成されていてもよい。これらの場合、第1の電極と第2の電極とが、セパレータを挟んで互いに平行に対向することが好ましい。

40

## 【0022】

第1の電極および第2の電極のそれぞれは、鉛直方向に沿ってストライプ状に配置された複数の線状の電極を含んでもよい。このような電極を用いることによって、電極の表面で発生したガスは、鉛直方向に上昇しやすくなり、電極の表面に付着しにくくなる。その結果、電極の表面で発生したガスが、電極上方の捕集部に速やかに移動する。第1および第2の電極は、それぞれ、櫛歯状の電極であってもよい。

## 【0023】

電極の表面で発生したガス（気泡）が電極表面に接触する面積が小さい程、気泡は電極

50

表面に付着・滞留しにくい。そのため、線状の電極の表面は、平らであるよりも湾曲している方が好ましい。従って、線状の電極の断面は、四角形であるよりも円形である方が好ましい。

#### 【0024】

隣接する2つの線状の電極間の距離Lは、1.5mm以下であってもよい。距離Lは、たとえば、0.1mm～1.5mmの範囲であってもよい。距離Lが小さいほど、電圧降下の影響を小さくできる。また、距離Lを1.5mm以下とすることによって、電極表面で発生したガスが電極表面に滞留することを抑制できる。

#### 【0025】

第1および第2の電極が上記線状の電極を含んでいる場合、上記第1の電極とセパレータとの距離が1mm以下であり、上記第2の電極とセパレータとの距離が1mm以下であってもよい。たとえば、第1および第2の電極は、セパレータと接触していてもよい。第1および第2の電極が線状の電極を含んでおり隙間を有する場合、電極表面で発生したガスは、その隙間をつたって上へ上昇していく。そのため、電極とセパレータとの距離が接近していても、ガスを捕集部に速やかに移動させることが可能である。

10

#### 【0026】

電極の表面では、酸素ガスと水素ガスとが1対2の体積比で発生する。理科の実験では、酸素ガスと水素ガスとがその体積比で発生していることを目視で確認できることが重要である。しかし、電極の表面に付着するガスの量が多いと、捕集部に捕集されるガスが、上記体積比を反映しなくなるという問題が生じる。発明者らが検討した結果、鉛直方向に沿ってストライプ状に配置された複数の線状の電極を含む電極を用いることによって、電極の表面に付着するガスを減少できることを見出した。そのような電極を用いることによって、捕集部に捕集される酸素ガスと水素ガスとの比を、1対2に近づけることができる。

20

#### 【0027】

セパレータは、第1および第2の槽内の液体が通過可能なセパレータである。セパレータは、多孔性であることが好ましい。一方、電極の表面で発生した酸素ガスおよび水素ガスがセパレータを通過する場合、捕集部で捕集されるガスが混合ガスになってしまうという問題が生じる。そのような問題を回避するために、セパレータは、電極の表面で発生した酸素ガスおよび水素ガスを、できるだけ透過させないことが好ましい。そのため、セパレータは、親水性であることが好ましい。親水性のセパレータは、表面に液体が吸着しやすく気体は吸着しにくいため、ガスを透過させにくい。そのため、第1および第2の電極がセパレータに接触するほど両者を接近させても、水素ガスと酸素ガスが混合することを抑制できる。そのため、親水性のセパレータを用いることによって、第1および第2の電極をより接近させることが可能である。また、親水性のセパレータを用いることによって、電圧降下を小さくできる多孔性のセパレータを使用することも可能となる。

30

#### 【0028】

親水性のセパレータとしては、たとえば、綿、麻、レーヨン、毛、絹などで形成された布や膜を用いることができる。また、親水性の合成樹脂からなるセパレータや、親水化処理をされた合成樹脂からなるセパレータを用いてもよい。

40

#### 【0029】

第1および第2の槽は、水性液体を保持する槽である。第1および第2の槽の材料に特に限定はないが、通常、透明な材料（たとえば、ガラスや透明な合成樹脂）で形成される。第1および第2の槽は、1つの槽をセパレータで分離することによって形成されてもよい。

#### 【0030】

本発明の実験装置では、第1および第2の槽の内面が親水性であってもよい。槽の内面を親水性とすることによって、発生したガスが槽の内面に付着することを抑制できる。槽の内面を親水性にする方法としては、たとえば、親水性の膜を槽の内面に貼り付ける方法や、樹脂槽の内面を親水化する方法が挙げられる。親水性の膜としては、たとえば、メン

50

ブレンフィルタ（マイクロポア社製、品番：JCWP14225）が挙げられる。樹脂槽の内面を親水化する方法としては、たとえば、過マンガン酸カリウムなどの酸化剤で処理する方法や、コロナ放電処理、プラズマ放電処理などが挙げられる。

#### 【0031】

本発明の実験装置では、第1の捕集部が、第1の筒状部を含み、第2の捕集部が、第2の筒状部を含んでもよい。そして、第1の筒状部の内側の断面積と第2の筒状部の内側の断面積とが等しくてもよい。ここで、断面積は、筒状部の中心軸に垂直な方向の断面積を意味する。この構成によれば、発生した水素ガスの体積と、発生した酸素ガスの体積との比を、一目で判別できる。なお、それぞれの筒状部には目盛りを入れておいてもよい。筒状部の形状は、円筒状であってもよいし、角筒状であってもよい。

10

#### 【0032】

本発明の実験装置において、第1および第2の槽の内容積が大きすぎると、電極の表面で発生した酸素ガスおよび水素ガスが槽内の水性液体に溶解する量が多くなる。そのため、第1および第2の槽の内容積は、適度な大きさであることが好ましい。一般的な理科の実験に用いる装置である場合であって、電極のサイズがたとえば縦5cmで横7cm（片面の見かけ上の面積： $35\text{cm}^2$ ）である場合、第1および第2の槽の内容積は、それぞれ、 $4.2\text{cm}^3 \sim 42\text{cm}^3$ の範囲にあってもよい。

#### 【0033】

##### [ 実験装置の一例 ]

本発明の実験装置の一例の正面図を図1に示す。また、図1の実験装置10の斜視図を図2に示す。また、図1の実験装置10の電解槽部分の分解斜視図を図3に示す。また、実験装置10の水平方向の断面図を図4に示す。

20

#### 【0034】

実験装置10は、第1の電極11、第2の電極12、セパレータ13、液体貯留部14、第1の捕集部21および第2の捕集部22を備える。第1および第2の捕集部21および22は、それぞれ円筒状の形状を有する。第1および第2の捕集部21および22の内側の断面の円の面積は、同じである。なお、図3および図4において第1および第2の電極11および12をシート状に示しているが、実際には、図6に示すように、線状の電極の集合体である。

#### 【0035】

図3および図4を参照して、電解槽40は、第1の電極11、第2の電極12、セパレータ13、第1の板31、第2の板32、中板33および34を含む。第1の板31および第2の板32には、水性液体が配置される凹部が形成されている。中板33および34は、セパレータを挟んで固定するための、フレーム状の板である。中板33と中板34との間の隙間は、接着剤43で封止されている。第1の電極11には、リード23が接続されている。第2の電極12には、リード24が接続されている。

30

#### 【0036】

実験装置10では、第1の電極11と第2の電極12とは、平行に配置される。第1の電極11と第2の電極12との距離は、約0.2mmである。また、第1の電極11と第1の板31の凹部の内面31aとの距離は、約2.0mmである。また、第2の電極12と第2の板32の凹部の内面32aとの距離は、約2.0mmである。

40

#### 【0037】

実験装置10では、水性液体および発生したガスが目視できるように、液体貯留部14、第1の板31、第2の板32、第1の捕集部21、および第2の捕集部22は透明な材料で形成される。これらは、たとえば、アクリル樹脂などの透明な樹脂で形成してもよい。また、中板33および34は、透明な材料で形成してもよいし、発生したガスを目視しやすくするために、不透明な樹脂や半透明で色の付いた樹脂で形成してもよい。

#### 【0038】

セパレータには、綿、麻、レーヨン、毛、または絹などからなるセパレータが用いられる。一例として、厚さや編み方が異なる数種類の綿布をセパレータに用いて、220mA

50

の定電流で電気分解を行った。その結果、セパレータがないときと比較して、1.5倍～2倍程度、印加電圧が上昇した。これは、セパレータによって電圧降下が生じたためである。なお、この印加電圧の上昇は、電極を大きくしたり、電極間距離を短くしたりすることによって抑制することが可能である。

【0039】

第1の板31の凹部とセパレータ13との間が、第1の槽41となる。第1の槽41の内容積は、たとえば $16\text{ cm}^3$ である。第1の槽41は、第1の捕集部21につながっている。第2の板32の凹部とセパレータ13との間が、第2の槽42となる。第2の槽42の内容積は、たとえば $16\text{ cm}^3$ である。第2の槽42は、第2の捕集部22につながっている。第1の槽41および第2の槽42には、電気分解される水性液体が配置される。水性液体が槽から漏れないように、必要に応じて、電解槽40はシールされる。

10

【0040】

第1の板31の凹部31cの形状を図5の断面図に示す。凹部31cの上方は、傾斜している。この傾斜によって、第1の電極11で発生したガスが、第1の捕集部21に速やかに集められる。同様に、第2の板32の凹部の上方も傾斜している。その傾斜によって、第2の電極12で発生したガスが、第2の捕集部22に速やかに集められる。傾斜部の面と水平方向とがなす角度は、たとえば $50^\circ$ よりも大きい。この角度が大きい方が、ガスが速やかに捕集部に集められる。

【0041】

凹部31cの内面、および第2の板32の凹部の内面には、親水性のシートであるメンブレンフィルタ（ミクロポア社製、品番：JCWP14225）が貼り付けられている。凹部の内面を親水性とすることによって、凹部の内面にガスが付着することを抑制できる。なお、第1の捕集部21の内面および第2の捕集部22の内面も親水性とすることが好ましい。

20

【0042】

第1の電極11の拡大図を図6に示す。第1の電極11は、ストライプ状に配置された複数の線状の電極11aを含む。電極11aの直径は、たとえば、 $0.25\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ の範囲にある。複数の電極11aは、電極11bによって接続されている。隣接する電極11a間の距離は、たとえば $0.1\text{ mm} \sim 1.5\text{ mm}$ の範囲にある。電極間距離をこの範囲とすることによって、電極の表面で発生したガスが速やかに上昇する。典型的な一例では、隣接する電極11a間の距離は、第1の電極11と第2の電極12との距離よりも短い。この構成によれば、電圧降下の影響を最小限に抑えることができる。

30

【0043】

電極11aは、実験装置10内において、鉛直方向に沿って配置される。電極11aを鉛直方向に配置することによって、電極11aの表面で発生したガスが、速やかに上昇し、第1の捕集部21に移動する。第2の電極12も、第1の電極11と同様に、ストライプ状に配置された複数の線状の電極を含む。この線状の電極も、実験装置10内において、鉛直方向に沿って配置される。第1および第2の電極11および12のそれぞれのサイズは、たとえば、縦が $5\text{ cm}$ で横が $7\text{ cm}$ である。

【0044】

なお、第1および第2の電極は、ネット状の電極であってもよい。電極の開口率を高めることによって、電極の表面で発生したガスを、板31および32の凹部に速やかに移動させることができる。

40

【0045】

実験装置10を用いた実際の実験の一例について説明する。まず、第1の捕集部21および第2の捕集部22が満たされるまで、液体貯留部14に水道水を入れる。液体貯留部14は、第1の槽41とつながっている。そのため、液体貯留部14に水道水を入れることによって、第1の槽41、第2の槽42、第1の捕集部21および第2の捕集部22を、水道水で満たすことができる。

【0046】

50

次に、第1の捕集部21の開口部、および第2の捕集部22の開口部にゴム栓をする。次に、リード23に電源のプラス極を接続し、リード24に電源のマイナス極を接続する。そして、リード23とリード24との間に、第1の電極11がアノード（陽極）となり、第2の電極12がカソード（陰極）となるように12～14ボルト程度の電圧を印加する。電圧印加によって、第1の電極11の表面では酸素ガスが発生し、第2の電極12の表面では水素ガスが発生する。水素ガスが発生する第2の電極12は、Niや、ステンレスからなる。一方、酸素ガスが発生する第1の電極11は、白金や白金パラジウムなどの貴金属または貴金属合金でコートされチタンからなる。なお、第2の電極12に、第1の電極11と同じ電極を用いてもよい。

【0047】

第1の電極11の表面で発生した酸素ガスは、第1の捕集部21に蓄積される。第2の電極12の表面で発生した水素ガスは、第2の捕集部22に蓄積される。水の電気分解で発生する酸素ガスと水素ガスの体積比は1対2であるため、第2の捕集部22に蓄積されるガスは、第1の捕集部21に蓄積されるガスの2倍となる。第1の捕集部21の断面積と第2の捕集部22の断面積とは等しいため、両者に蓄積されるガスの体積比は、目視で簡単に理解できる。

【0048】

第1の捕集部21および第2の捕集部22に蓄積されたガスを後述する説明する方法で確認する前に、液体貯留部14の開口部を封止することが好ましい。液体貯留部14の開口部を封止する手段としては、たとえばゴム栓を用いることができる。酸素ガスまたは水素ガスの存在を確認する場合、その前に、開放可能な封止手段（たとえばゴム栓）を用いて液体貯留部14の開口部に栓をしておく。これによって、第1または第2の捕集部のゴム栓をはずしたときに、水位が変化してガスが捕集部から排出されることを抑制できる。

【0049】

第1の捕集部21に蓄積された酸素ガスの存在を確認する場合、たとえば、第1の捕集部21のゴム栓をはずして第1の捕集部21の中に火のついた線香を差し込めばよい。そうすると、火のついた線香が酸素ガスによって激しく燃え上がるため、酸素ガスの存在を確認できる。同様に、第2の捕集部22のゴム栓をはずしてその中に火のついたマッチを近づけると、かすかな爆発音がして水素ガスの存在を確認できる。

【0050】

電極の表面で発生したガスが、電極の表面やセパレータ13や板31および32に付着したり、セパレータ13を通過したりすると、捕集部に蓄積するガスの体積比が、発生したガスの体積比を反映しなくなる。そのため、発生したガスが速やかに捕集部に移動すること、および発生したガスがセパレータを透過しないことは非常に重要である。

【0051】

また、印加する電圧は、用いる水性液体の伝導度に応じて変化させればよい。水性液体の伝導度が高ければ、より低い電圧で水を電気分解できる。

【0052】

また、本発明の実験装置では、第1の電極/セパレータ/第2の電極という積層構造を、複数配置してもよい。たとえば、第1の電極/セパレータ/第2の電極/セパレータ/第1の電極/セパレータ/第2のセパレータといった積層構造としてもよい。

【0053】

水の電気分解をしている際には、第1の槽41内の水道水は酸性となり、第2の槽42内の水はアルカリ性となる。しかし、水の電気分解を停止すると、第1の槽41内と第2の槽42内の水とは、セパレータ13を介して速やかに混合されるため、両者は速やかに中和される。そのため、本発明の実験装置では、実験後の廃液処理も非常に容易である。

【0054】

また、本発明の実験装置は、電界槽40の上部と液体貯留部14とを結ぶ流路を備えてもよい。電界槽40の下部と液体貯留部14とを結ぶ流路、および電界槽40の上部と液体貯留部14とを結ぶ流路を形成することによって、図7の矢印に示すように、電界槽4

10

20

30

40

50

0と液体貯留部14とを循環する液体の流れを形成できる。この場合、電極の表面で発生したガスが、液体の流れに沿って槽内を上昇しやすくなるため、電極近傍にガスが滞留することを抑制できる。

【0055】

[ガス発生装置]

本発明の実験装置は、別の観点では、水素ガスおよび/または酸素ガスを発生させるガス発生装置(ガス生成装置)である。たとえば、本発明のガス発生装置は、上記実験装置において、セパレータが親水性である。上述した実験装置について説明した事項は、そのまま本発明のガス発生装置に適用できるため、重複する説明を省略する場合がある。本発明のガス発生装置によれば、水道水などの水を用いて低い電圧(たとえば20ボルト以下)を印加することによって、すぐに水素ガスおよび酸素ガスを得ることが可能である。また、塩素イオンを含まない塩水などの伝導度が高い水溶液を用いる場合、より低い電圧で水素ガスおよび酸素ガスを得ることができる。このようなガス発生装置は、実験室レベルで水素ガスや酸素ガスが必要な場合に非常に便利である。

10

【0056】

本発明のガス発生装置では、第1の電極と前記セパレータとの距離が1mm以下であり、第2の電極と前記セパレータとの距離が1mm以下であってもよい。

【0057】

なお、本発明のガス発生装置では、多量のガスを発生させるために、電気分解の実験装置として用いる場合よりも装置のサイズを大きくしてもよい。たとえば、第1および第2の電極のサイズ(電極の片面の見かけ上の面積であり、外形が矩形状の電極の場合には、[縦の長さ]×[横の長さ])は、それぞれ、 $40\text{ cm}^2 \sim 900\text{ cm}^2$ の範囲にあってもよい。

20

【0058】

本発明のガス発生装置でガス発生させる場合、第1の電極と第2の電極との間に一定の電流が流れるように、電極間に電圧を印加してもよい。この場合、水性液体の伝導度や印加電圧を気にすることなく、一定量のガスを再現性よく発生させることができる。そのため、水性液体の種類に関係なく一定量のガスを再現性よく発生させることが可能である。

【0059】

[ガス生成方法の一例]

上述した実験装置10を用いて酸素ガスおよび水素ガスを生成させる一例について、説明する。

30

【0060】

まず、液体貯留部14の上方から水性液体81(たとえば水道水)を注ぐ。図8に示すように、水性液体81は、第1および第2の捕集部21および22にゴム栓82および83をしたときに、内部に空間が充分に残るように注ぐ。その後、第1および第2の捕集部21および22の開口部にゴム栓82および83をし、液体貯留部14の開口部にゴム栓84をする。ゴム栓82および83には、それぞれ、発生したガスが通過するチューブ85および86が接続されている。それらのチューブ85および86は、ガスの用途に応じて他の機器に接続される。

40

【0061】

液体貯留部14の開口部を密閉することによって、発生したガスがチューブ85および86側に流れやすくなる。また、第1および第2の捕集部21および22の内部に空間を残すことによって、水性液体81がガスとともにチューブ側に移動することを防止できる。燃料電池の実験などに本発明のガス発生装置を用いる場合、ガスとともに水性液体が燃料電池側に移動すると、水性液体に含まれる不純物によって燃料電池内の固体高分子膜が劣化する場合がある。そのような問題を避けるために、第1および第2の捕集部21および22の内部に空間が残るように、水性液体81を注入することが重要である。なお、水性液体として不純物を含まない蒸留水や純水を用いる場合には、そのような問題は発生し

50

ない。

【 0 0 6 2 】

次に、リード 2 3 とリード 2 4 との間に電圧を印加し、ガスを発生させる。このようにして、水素ガスと酸素ガスとを得ることができる。

【 0 0 6 3 】

なお、第 1 および第 2 の捕集部 2 1 および 2 2 の上部に必ず空間が生じるようなゴム栓を用いてもよい。そのようなゴム栓の一例の上面図および断面図を、図 9 ( a ) および ( b ) に示す。図 9 ( b ) の断面図は、図 9 ( a ) の線 I X b - I X b における断面図である。図 9 ( a ) および ( b ) に示すゴム栓 9 1 は、内部に空間 9 1 a を含む。また、ゴム栓 9 1 の内部には段差が設けられており、捕集部 2 1 ( または捕集部 2 2 ) が、段差部分以上には入り込まないようにしている。

10

【 0 0 6 4 】

また、図 9 ( c ) に示すように、第 1 および第 2 の捕集部 2 1 および 2 2 に接続されたチューブ 8 5 および 8 6 の途中に、水性液体をトラップするトラップ 9 2 を設けてもよい。トラップは、図 9 ( d ) に示すトラップ 9 3 のようなものであってもよい。このようなトラップを設けることによって、水性液体がガスと共にチューブに流れた場合でも、トラップの先のチューブに水性液体が流れることを防止できる。

【 0 0 6 5 】

以上、本発明の実施形態について例を挙げて説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されず本発明の技術的思想に基づき他の実施形態に適用することができる。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 6 】

本発明は、水の電気分解の実験装置、およびガス発生装置に適用できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 7 】

【 図 1 】 本発明の実験装置の一例を示す正面図である。

【 図 2 】 図 1 に示した実験装置の斜視図である。

【 図 3 】 図 1 に示した実験装置の一部の分解透視図である。

【 図 4 】 図 1 に示した実験装置の断面図である。

【 図 5 】 図 1 に示した実験装置の部材の断面図である。

30

【 図 6 】 図 1 に示した実験装置の電極の拡大図である。

【 図 7 】 本発明の実験装置の一例における液体の流れを模式的に示す図である。

【 図 8 】 本発明のガス発生装置の使用状態の一例を示す図である。

【 図 9 】 本発明のガス発生装置に用いられるゴム栓の例およびトラップの例を示す図である。

【 図 1 0 】 従来の実験装置の一例を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 8 】

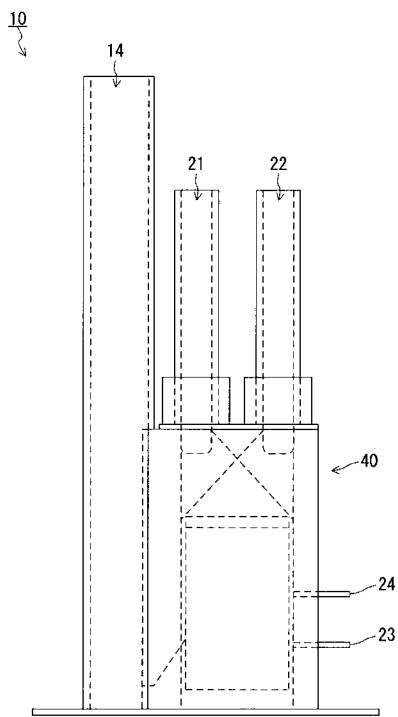
- 1 0 実験装置
- 1 1 第 1 の電極
- 1 2 第 2 の電極
- 1 3 セパレータ
- 1 4 液体貯留部
- 2 1 第 1 の捕集部
- 2 2 第 2 の捕集部
- 2 3、2 4 リード
- 4 0 電解槽
- 4 1 第 1 の槽
- 4 2 第 2 の槽
- 8 1 水性液体

40

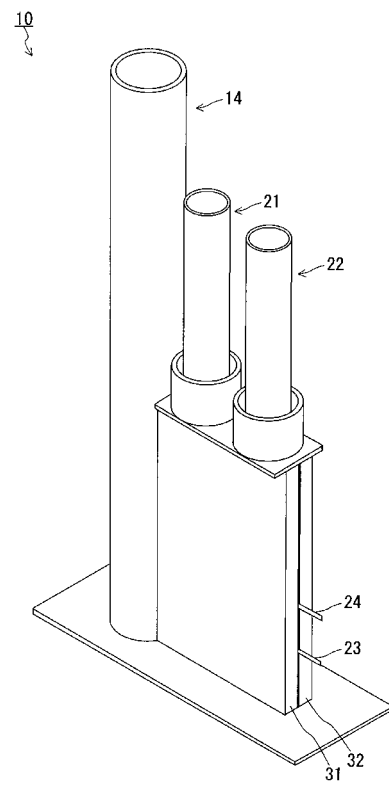
50

- 8 2、8 3、8 4、9 1 ゴム栓
- 9 2、9 3 トラップ
- 8 5、8 6 チューブ

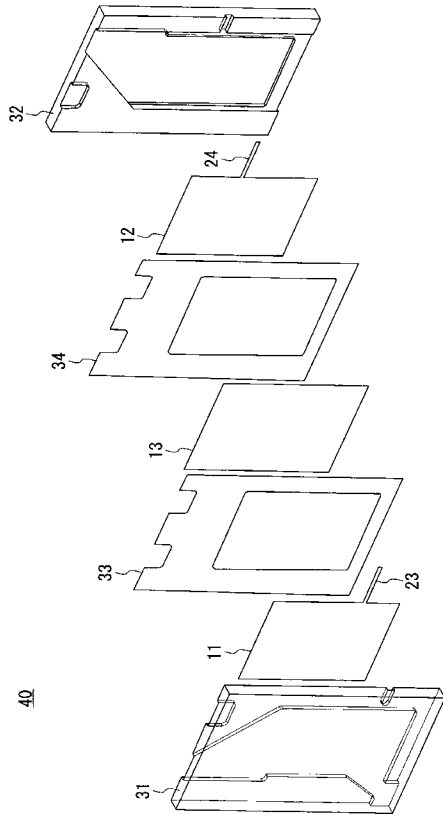
【 図 1 】



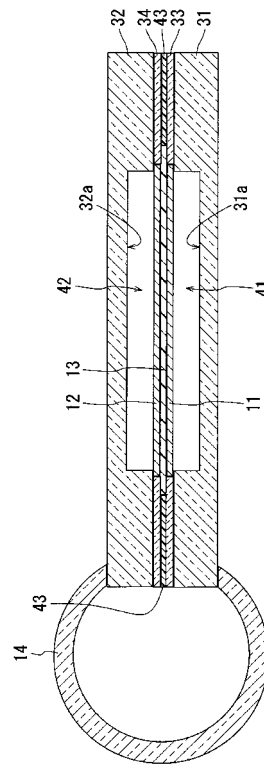
【 図 2 】



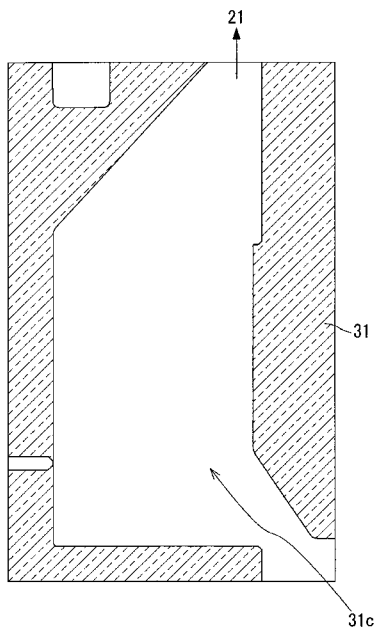
【 図 3 】



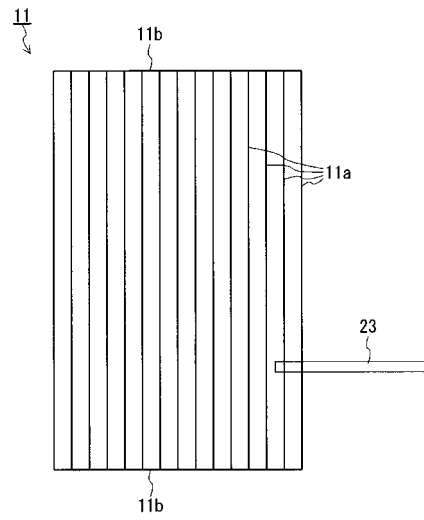
【 図 4 】



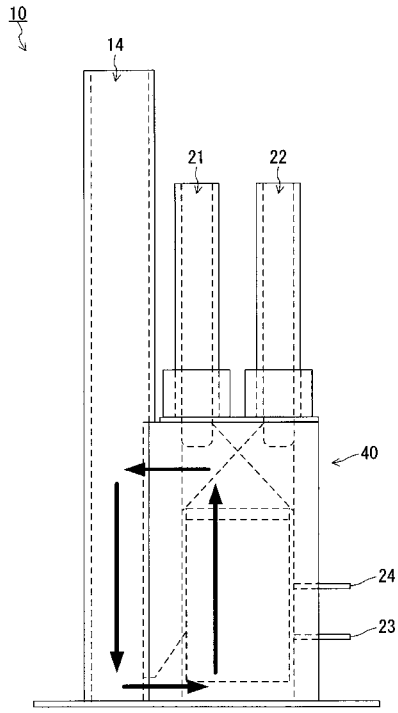
【 図 5 】



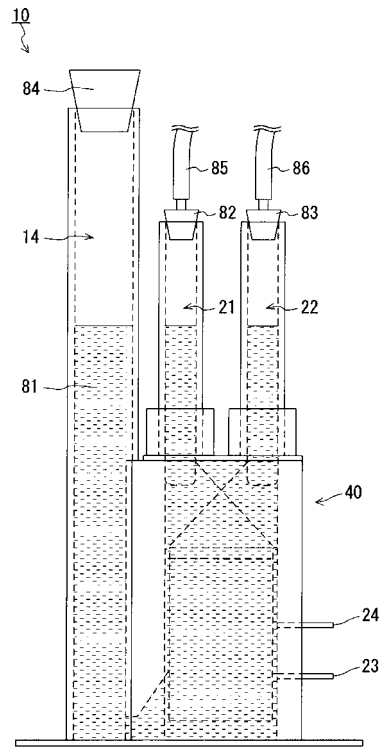
【 図 6 】



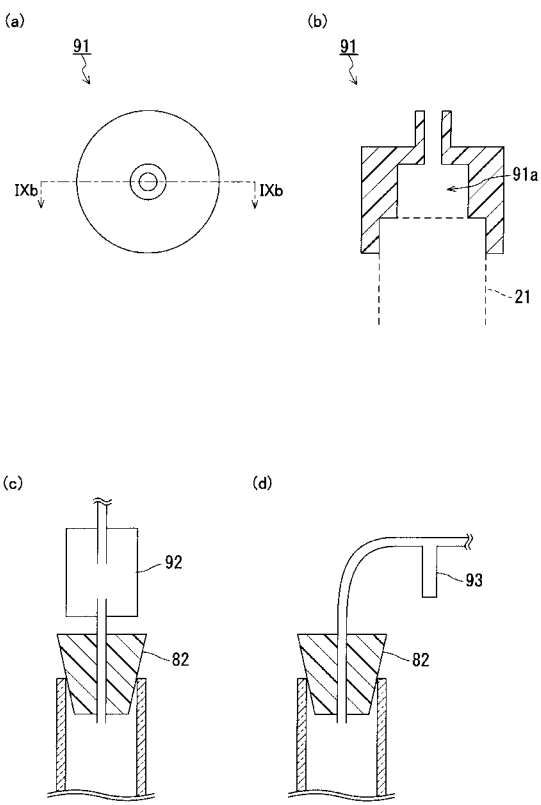
【 図 7 】



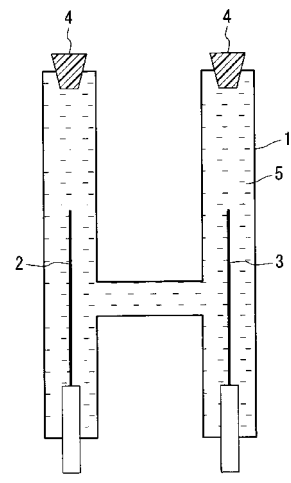
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 中野 貴徳

大阪府大阪市阿倍野区北畠 1 - 1 1 - 2 0 有限会社ターナープロセス内

Fターム(参考) 4K021 AA01 BA02 CA01 CA09 DB12 DB28 DB53