

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6952246号
(P6952246)

(45) 発行日 令和3年10月20日 (2021. 10. 20)

(24) 登録日 令和3年9月30日 (2021. 9. 30)

(51) Int. Cl.

F 1

C 2 5 B 15/08 (2006. 01)
 C 2 5 B 1/04 (2021. 01)
 C 2 5 B 9/00 (2021. 01)
 C 2 5 B 9/19 (2021. 01)
 C 2 5 B 9/50 (2021. 01)

C 2 5 B 15/08 3 0 2
 C 2 5 B 1/04
 C 2 5 B 9/00 A
 C 2 5 B 9/19
 C 2 5 B 9/50

請求項の数 17 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-254761 (P2016-254761)
 (22) 出願日 平成28年12月28日 (2016. 12. 28)
 (65) 公開番号 特開2018-104791 (P2018-104791A)
 (43) 公開日 平成30年7月5日 (2018. 7. 5)
 審査請求日 令和1年8月28日 (2019. 8. 28)

(73) 特許権者 314012076
 パナソニック I P マネジメント株式会社
 大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
 (74) 代理人 100107641
 弁理士 鎌田 耕一
 (74) 代理人 100163463
 弁理士 西尾 光彦
 (72) 発明者 高橋 康文
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内

審査官 酒井 英夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体生成装置及び気体生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気化学反応により水溶液から気体を生成する気体生成装置であって、
 前記水溶液を収容可能な筐体と、
 前記筐体の内部空間を第一室と第二室とに隔てている隔壁と、
 前記第一室に配置された第一電極と、
 前記第二室に配置され、前記第一電極と電氣的に接続されている第二電極と、
 前記第一室に配置された第一気液分離膜と、
 前記第一室と前記筐体の外部空間とを連通させる第一連通路であって、前記第一気液分
 離膜よりも上方において前記第一室の上部に接している第一排出口を有する第一連通路と

10

前記水溶液の液面が前記第一気液分離膜に接触するように前記内部空間に前記水溶液を
 圧送するポンプと、を備えた、
 気体生成装置。

【請求項 2】

前記第一室で発生した前記気体の気泡が前記第一気液分離膜に接触するように、前記第
 一気液分離膜が配置されている、請求項 1 に記載の気体生成装置。

【請求項 3】

前記第一気液分離膜は、当該気体生成装置の運転中に、前記筐体に収容された前記水溶
 液の液面に接している、請求項 1 又は 2 に記載の気体生成装置。

20

【請求項 4】

前記第一気液分離膜は、前記第一排出口の断面積よりも大きい面積を有する、請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の気体生成装置。

【請求項 5】

前記第二室と前記筐体の外部空間とを連通させる第二連通路であって、前記第二室の上部に接している第二排出口を有する第二連通路と、

前記第二室において前記第二排出口よりも下方に配置された第二気液分離膜と、をさらに備え、

前記気体生成装置の運転中、前記水溶液は、前記水溶液の液面が前記第二気液分離膜に接触するように前記内部空間に圧送される、

請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の気体生成装置。

【請求項 6】

前記第二気液分離膜は、前記第二排出口の断面積よりも大きい面積を有する、請求項 5 に記載の気体生成装置。

【請求項 7】

前記第一気液分離膜の面積は、前記第二気液分離膜の面積よりも小さい、請求項 5 又は 6 に記載の気体生成装置。

【請求項 8】

前記筐体は、前記第一電極と対向しているとともに斜め下方を向いている第一内面を有し、

前記第一気液分離膜の下面を含む平面と前記第一内面を含む平面とのなす角 β が 90° より大きく、かつ、 180° より小さい特定の角度である、請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の気体生成装置。

【請求項 9】

電気化学反応により水溶液から気体を生成する気体生成装置であって、

前記水溶液を収容可能な筐体と、

前記筐体の内部空間を第一室と第二室とに隔てている隔壁と、

前記第一室に配置された第一電極と、

前記第二室に配置され、前記第一電極と電氣的に接続されている第二電極と、

前記第一室に配置された第一気液分離膜と、

前記第一室と前記筐体の外部空間とを連通させる第一連通路であって、前記第一気液分離膜よりも上方において前記第一室の上部に接している第一排出口を有する第一連通路と、

前記第二室と前記筐体の外部空間とを連通させる第二連通路であって、前記第二室の上部に接している第二排出口を有する第二連通路と、を備え、

前記第一気液分離膜は、前記第一排出口の断面積よりも大きい面積を有し、

前記第一気液分離膜は、水平に延びており、

前記筐体は、前記第一電極と対向しているとともに斜め下方を向いている第一内面を有し、

前記第一気液分離膜の下面を含む平面と前記第一内面を含む平面とのなす角 β が 90° より大きく、かつ、 180° より小さい特定の角度であり、

前記気体生成装置の運転中に、前記水溶液の液面を前記第一気液分離膜に接触させる、気体生成装置。

【請求項 10】

前記筐体は、前記第一内面を定めるとともに透光性を有する側壁を含み、

前記第一電極は、光触媒を含む、請求項 8 又は 9 に記載の気体生成装置。

【請求項 11】

前記筐体は、前記第一内面を含む平面に対して下方に傾き、かつ、水平面に対して上方に傾いている下側外面をさらに含み、

複数の当該気体生成装置を上下に並べたときに、隣り合う 2 つの気体生成装置のうち上

10

20

30

40

50

方に位置する気体生成装置の前記下側外面の一部は、前記２つの気体生成装置のうち下方に位置する気体生成装置の前記上側外面の一部と鉛直方向に沿って重なり合うことが可能である、請求項 8 ～ 10 のいずれか１項に記載の気体生成装置。

【請求項 12】

前記上側外面と水平面とがなす角は、前記下側外面と水平面とがなす角よりも小さい、請求項 11 に記載の気体生成装置。

【請求項 13】

前記筐体の内面は、前記第一気液分離膜よりも下方に位置する前記第一室の特定の位置から前記第一気液分離膜に向かって斜め上方に延びている第一ガイド面を含む、請求項 1 ～ 12 のいずれか１項に記載の気体生成装置。

10

【請求項 14】

前記第一気液分離膜は、多孔性の膜である、請求項 1 ～ 13 のいずれか１項に記載の気体生成装置。

【請求項 15】

前記第一気液分離膜は、フッ素樹脂を含む、請求項 1 ～ 14 のいずれか１項に記載の気体生成装置。

【請求項 16】

前記第一気液分離膜は、撥水性の膜である、請求項 1 ～ 15 のいずれか１項に記載の気体生成装置。

【請求項 17】

20

請求項 1 ～ 16 のいずれか１項に記載の気体生成装置を提供し、

前記筐体に収容された前記水溶液を加圧して前記水溶液の液面を前記第一気液分離膜に接触させた状態で、前記第一電極及び前記第二電極において電気化学反応を生じさせることにより、前記筐体に収容された前記水溶液から気体を生成する、気体生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、気体生成装置及び気体生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

従来、水性液体を電気分解することによって水素ガスを生成する装置が知られている。例えば、特許文献 1 には、図 8 に示す通り、ガス生成装置 200 が記載されている。ガス生成装置 200 は、水性液体 225 を電気分解することによって水素ガス及び酸素ガスを生成する。

【0003】

ガス生成装置 200 は、槽 210、第 1 の電極 221、第 2 の電極 222、セパレータ 223、直流電源 224、気液分離膜 291、気液分離膜 292、接続部材 254a、及び接続部材 254b を備えている。槽 210 は、隔壁 210a 及びセパレータ 223 によって第 1 の槽 211 と第 2 の槽 212 とに分けられている。槽 210 の中には、水性液体 225 が配置されている。第 1 の電極 221 は、第 1 の槽 211 内に配置されている。第 2 の電極 222 は、第 2 の槽 212 内に配置されている。第 1 の槽 211 の上方には、筒状部 211a が存在し、筒状部 211a には気液分離膜 291 が配置されている。第 2 の槽 212 の上方には筒状部 212a が存在し、筒状部 212a には、気液分離膜 292 が配置されている。第 1 の電極 221 がアノードとなるように第 1 の電極 221 と第 2 の電極 222 との間に電圧を印加すると、第 1 の電極 221 の表面では酸素ガス 226 が生成され、第 2 の電極 222 の表面では水素ガス 227 が生成される。

40

【0004】

第 2 の槽 212 において、セパレータ 223 と水性液体 225 とが接触している位置よりも上には、体積 V2 の水性液体 225a が存在している。また、第 1 の槽 211 の水性液体 225 と気液分離膜 291 との間には、体積 V1 の空間が存在している。ガス生成装

50

置 2 0 0 は、体積 V_1 よりも体積 V_2 が大きい状態で使用される。ガス生成装置 2 0 0 では、第 1 の槽 2 1 1 内の水性液体 2 2 5 の液面が気液分離膜 2 9 1 に到達しても、第 2 の槽 2 1 2 内の水性液体 2 2 5 の液面がセパレータ 2 2 3 に到達しない。このため、ガス生成装置 2 0 0 によれば、第 2 の槽 2 1 2 内の第 2 のガス 2 2 7（水素ガス）の圧力が高まっても、第 1 のガス 2 2 6（酸素ガス）と第 2 のガス 2 2 7（水素ガス）とが混ざることがない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 9 5 1 1 5 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

特許文献 1 に記載のガス生成装置は、気体の生成効率を高める観点から改良の余地を有する。そこで、本開示は、気体の生成効率を高めるために有利である新規な気体生成装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

本開示は、
電気化学反応により水溶液から気体を生成する気体生成装置であって、
前記水溶液を収容可能な筐体と、
前記筐体の内部空間を第一室と第二室とに隔てている隔壁と、
前記第一室に配置された第一電極と、
前記第二室に配置され、前記第一電極と電気的に接続されている第二電極と、
前記第一室に配置された第一気液分離膜と、
前記第一室と前記筐体の外部空間とを連通させる第一連通路であって、前記第一気液分離膜よりも上方において前記第一室の上部に接している第一排出口を有する第一連通路と、
、

20

前記第二室と前記筐体の外部空間とを連通させる第二連通路であって、前記第二室の上部に接している第二排出口を有する第二連通路と、を備え、
前記第一気液分離膜は、前記第一排出口の断面積よりも大きい面積を有する、
気体生成装置を提供する。

30

【発明の効果】

【0 0 0 8】

上記の気体生成装置は、気体の生成効率を高めるうえで有利である。

【図面の簡単な説明】

【0 0 0 9】

【図 1】図 1 は、本開示の気体生成装置の一例を示す断面図である。

【図 2 A】図 2 A は、気泡に対する第一気液分離膜の作用を示す図である。

【図 2 B】図 2 B は、気泡に対する第一気液分離膜の作用を示す図である。

40

【図 3】図 3 は、本開示の気体生成装置の別の一例を示す断面図である。

【図 4】図 4 は、図 3 の気体生成装置の配置の一例を示す図である。

【図 5】図 5 は、本開示の気体生成装置のさらに別の一例を示す断面図である。

【図 6】図 6 は、図 5 の VI-VI 線に沿った気体生成装置の断面図である。

【図 7】図 7 は、図 5 の VII-VII 線に沿った気体生成装置の断面図である。

【図 8】図 8 は、従来のガス生成装置を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 0】

<本発明者の検討に基づく知見>

ガス生成装置 2 0 0 において、水性液体 2 2 5 の電気分解によって発生したガスが気泡

50

を形成する。この気泡は、水性液体 2 2 5 を上昇し、場合によっては第 1 の槽 2 1 1 の上部に溜まる。この場合、気泡が筒状部 2 1 2 a の内部の狭い流路を通らなければならない。気泡が次々と発生して第 1 の槽 2 1 1 の上部に溜まってしまうと、気泡の一部が第 1 の電極 2 2 1 を覆う可能性がある。気泡が第 1 の電極 2 2 1 を覆うと、水性液体 2 2 5 が第 1 の電極に 2 2 1 に十分に供給されない。これにより、第 1 の電極 2 2 1 において水性液体 2 2 5 の電気分解反応が行われる部分の面積（反応面積）が減少し、水性液体 2 2 5 の電気分解反応の効率が低下する可能性がある。その結果、気体の生成効率が低下する。また、光触媒を含む電極に光を照射して電気化学反応を生じさせて水溶液から気体を生成する場合に、その電極が配置された空間を定める側壁の一部を透光性の材料で形成することが考えられる。この場合、その電極が配置された空間の上部に気泡が溜まると、気泡が電極又は透光性の側壁の表面を覆い、電極への光照射による電気化学反応の効率が低下し、気体の生成効率が低下する可能性がある。

10

【0011】

そこで、本発明者は、電気化学反応により水溶液から気体を生成する場合に水溶液中で発生した気泡が電気化学反応のための電極が配置されている空間に溜まることを防止できれば気体の生成効率が格段に高めることができると考えた。そこで、電気化学反応のための電極が配置されている空間に気泡が溜まることを防止できる技術について日夜検討を重ね、本開示の気体生成装置を案出した。なお、上記の知見は、本発明者の検討に基づく知見であり、先行技術として自認するものではない。

20

【0012】

本開示の第 1 態様は、
電気化学反応により水溶液から気体を生成する気体生成装置であって、
前記水溶液を収容可能な筐体と、
前記筐体の内部空間を第一室と第二室とに隔てている隔壁と、
前記第一室に配置された第一電極と、
前記第二室に配置され、前記第一電極と電氣的に接続されている第二電極と、
前記第一室に配置された第一気液分離膜と、
前記第一室と前記筐体の外部空間とを連通させる第一連通路であって、前記第一気液分離膜よりも上方において前記第一室の上部に接している第一排出口を有する第一連通路と、
前記第二室と前記筐体の外部空間とを連通させる第二連通路であって、前記第二室の上部に接している第二排出口を有する第二連通路と、を備え、
前記第一気液分離膜は、前記第一排出口の断面積よりも大きい面積を有する、
気体生成装置を提供する。

30

【0013】

第 1 態様によれば、第一気液分離膜は、第一排出口よりも下方において第一室に配置されている。電気化学反応により第一室の水溶液中で発生した気泡は第一排出口に到達する前に第一気液分離膜に接触して消失する。しかも、第一気液分離膜は第一排出口の断面積よりも大きい面積を有するので、次々と気泡が発生しても多数の気泡が所定期間に第一気液分離膜に接触して消失する。このため、電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が第一室の上部に溜まりにくい。その結果、第一電極が気泡によって覆われにくく、気体生成装置における電気化学反応の効率（気体の生成効率）が高くなりやすい。このように、第 1 態様に係る気体生成装置は、気体の生成効率を高めるうえで有利である。

40

【0014】

本開示の第 2 態様は、第 1 態様に加えて、前記第一気液分離膜は、当該気体生成装置の運転中に、前記筐体に収容された前記水溶液の液面に接する、気体生成装置を提供する。第 2 態様によれば、水溶液中で発生した気泡が水溶液の液面に到達してすぐに第一気液分離膜と接触して消失しやすい。このため、第一室の上部に気泡が溜まりにくく、気体生成装置における電気化学反応の効率が高くなりやすい。

【0015】

50

本開示の第3態様は、第1態様又は第2態様に加えて、前記第二室において前記第二排出口よりも下方に配置された第二気液分離膜であって、前記第二排出口の断面積よりも大きい面積を有する第二気液分離膜をさらに備えた、気体生成装置を提供する。第3態様によれば、電気化学反応により第二室の水溶液中で発生した気泡は第二気液分離膜に接触して消失する。また、次々と気泡が発生しても多数の気泡が所定期間に第二気液分離膜に接触して消失する。このため、電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が第二室の上部に溜まりにくい。その結果、第二電極が気泡によって覆われにくく、気体生成装置における電気化学反応の効率（気体の生成効率）が高くなりやすい。

【0016】

本開示の第4態様は、第3態様に加えて、前記第一気液分離膜の面積は、前記第二気液分離膜の面積よりも小さい、気体生成装置を提供する。例えば、電気化学反応により第一室で生成される気体の体積が第二室で生成される気体の体積よりも小さい場合、第一室の水溶液中で発生する気泡は、第二室の水溶液中で発生する気泡よりも少ないことが多い。第4態様によれば、第一室において第二室で発生する気泡よりも少ない気泡が発生する場合に、このことを利用して第一気液分離膜を小さくできる。

【0017】

本開示の第5態様は、第1態様～第4態様のいずれか1つの態様に加えて、前記筐体は、前記第一電極と対向しているとともに斜め下方を向いている第一内面を有し、前記第一気液分離膜の下面を含む平面と前記第一内面を含む平面とのなす角 β が 90° より大きく、かつ、 180° より小さい特定の角度である、気体生成装置を提供する。本開示の第5態様によれば、第一室の水溶液中で発生した気泡が溜まる空間が小さくなりやすい。このため、第一室の上部には電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が溜まりにくい。その結果、気体生成装置における気体の生成効率が高くなりやすい。

【0018】

本開示の第6態様は、第5態様に加えて、前記筐体は、前記第一内面を含む平面に対して下方に傾いている上側外面を含み、前記上側外面と前記第一内面を含む平面とのなす角 γ が 90° より大きい、気体生成装置を提供する。第6態様によれば、第一気液分離膜の下面を含む平面と第一内面を含む平面とのなす角 β を 90° より大きい角度に調整しやすい。

【0019】

本開示の第7態様は、第6態様に加えて、前記第一気液分離膜の下面を含む平面と前記第一内面を含む平面とのなす角 β が前記上側外面と前記第一内面を含む平面とのなす角 γ 以下である、気体生成装置を提供する。第7態様によれば、第一室の水溶液中で発生した気泡が溜まる空間が小さくなりやすい。このため、第一室の上部には電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が溜まりにくい。その結果、気体生成装置における気体の生成効率が高くなりやすい。

【0020】

本開示の第8態様は、第5態様に加えて、第一気液分離膜は、水平に延びている、気体生成装置を提供する。第6態様によれば、第一室の水溶液中で発生した気泡が溜まる空間が小さくなりやすい。加えて、第一気液分離膜の全体が第一室の水溶液の液面に接しやすい。これにより、第一室の上部に気泡が溜まりにくく、気体生成装置における気体の生成効率が高くなりやすい。

【0021】

本開示の第9態様は、第5態様～第8態様のいずれか1つの態様に加えて、前記筐体は、前記第一内面を定めるとともに透光性を有する側壁を含み、前記第一電極は、光触媒を含む、気体生成装置を提供する。第9態様によれば、光源からの光を、側壁を透過させて第一電極に照射することによって、電気化学反応により水溶液から気体を生成できる。加えて、気体生成装置に対して光源が斜め上方に位置する場合に、第一電極に照射される光量が多くなりやすい。これにより、電気化学反応の効率、ひいては気体の生成効率を高めることができる。

【0022】

本開示の第10態様は、第6態様～第9態様のいずれか1つの態様に加えて、前記筐体は、前記第一内面を含む平面に対して下方に傾き、かつ、水平面に対して上方に傾いている下側外面をさらに含み、複数の当該気体生成装置を上下に並べたときに、隣り合う2つの気体生成装置のうち上方に位置する気体生成装置の前記下側外面の一部は、前記2つの気体生成装置のうち下方に位置する気体生成装置の前記上側外面の一部と鉛直方向に沿って重なり合うことが可能である、気体生成装置を提供する。第10態様によれば、複数の気体生成装置を上下に並べたときに、複数の気体生成装置の設置面積を小さくできる。

【0023】

本開示の第11態様は、第10態様に加えて、前記上側外面と水平面とがなす角は、前記下側外面と水平面とがなす角よりも小さい、気体生成装置を提供する。第11態様によれば、複数の気体生成装置を上下に並べたときに、上下に隣り合う気体生成装置同士の間

10

に空間を生じさせることができる。例えば、この空間を気体生成装置によって生成された気体を取り出すために利用できる。

【0024】

本開示の第12態様は、第1態様～第11態様のいずれか1つの態様に加えて、前記筐体の内面は、前記第一気液分離膜よりも下方に位置する前記第一室の特定の位置から前記第一気液分離膜に向かって斜め上方に延びている第一ガイド面を含む、気体生成装置を提供する。第12態様によれば、第一室の水溶液中で発生した気泡は第一ガイド面に沿って第一気液分離膜に向かって上昇する。このように、第一ガイド面によって、気泡が第一気液分離膜へ導かれる。これにより、気泡が第一室の特定の箇所に留まりにくく、気体生成装置における気体の生成効率が高くなりやすい。

20

【0025】

本開示の第13態様は、第1態様～第12態様のいずれか1つの態様に加えて、前記第一気液分離膜は、多孔性の膜である、気体生成装置を提供する。第13態様によれば、第一気液分離膜の多孔性を利用して液体の透過を阻止しつつ気体を透過させることができる。

【0026】

本開示の第14態様は、第1態様～第13態様のいずれか1つの態様に加えて、前記第一気液分離膜は、フッ素樹脂を含む、気体生成装置を提供する。第14態様によれば、フッ素樹脂が有する撥水性により、気泡が第一気液分離膜に接触すると気泡が消失しやすい。加えて、第一気液分離膜が高い耐久性を有する。

30

【0027】

本開示の第15態様は、第1態様～第14態様のいずれか1つの態様に加えて、前記第一気液分離膜は、撥水性の膜である、気体生成装置を提供する。第15態様によれば、第一気液分離膜が有する撥水性により、気泡が第一気液分離膜に接触すると気泡が消失しやすい。

【0028】

本開示の第16態様は、
第1態様～第15態様のいずれか1つの態様の気体生成装置を提供し、
前記筐体に収容された前記水溶液を加圧して前記水溶液の液面を前記第一気液分離膜に接触させた状態で、前記第一電極及び前記第二電極において電気化学反応を生じさせることにより、前記筐体に収容された前記水溶液から気体を生成する、気体生成方法を提供する。

40

【0029】

第16態様によれば、電気化学反応により第1室の水溶液中で発生した気泡は、水溶液の液面まで上昇するとすぐに第一気液分離膜に接触して消失しやすい。このため、電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が第一室の上部に溜まりにくい。その結果、気体生成装置における気体の生成効率が高くなりやすい。

【0030】

50

以下、本開示の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明は本発明の一例に関するものであり、本発明はこれらに限定されるものではない。なお、添付の図面において、X Y平面が水平であり、Z軸の正方向が鉛直上向きである。

【0031】

＜第1実施形態＞

図1に示す通り、第1実施形態に係る気体生成装置1aは、筐体10と、隔壁20と、第一電極31と、第二電極32と、第一気液分離膜41と、第一連通路50と、第二連通路51と、を備えている。気体生成装置1aは、電気化学反応により水溶液から気体を生成する。筐体10は、水溶液を収容可能である。隔壁20は、筐体10の内部空間を第一室11と第二室12とに隔てている。第一電極31は第一室11に配置されている。第二電極32は、第二室12に配置され、第一電極31と電氣的に接続されている。第一気液分離膜41は、第一室11に配置されている。第一連通路50は、第一室11と筐体10の外部空間とを連通させる通路である。第一連通路50は、第一気液分離膜41よりも上方において第一室11の上部に接している第一排出口52を有する。第一連通路50は、例えば筐体10に接続された配管によって形成されている。第二連通路51は、第二室12と筐体10の外部空間とを連通させる第二連通路51である。第二連通路51は、第二室12の上部に接している第二排出口53を有する。第二連通路51は、例えば筐体10に接続された配管によって形成されている。第一気液分離膜41は、第一排出口52の断面積よりも大きい面積を有する。

【0032】

図1に示す通り、気体生成装置1aは電源35をさらに備えている。電源35は、第一電極31と第二電極32との間に配置され、第一電極31及び第二電極32に電氣的に接続されている。気体生成装置1aは、例えば、第一電極31及び第二電極32が浸るように筐体10に水溶液が収容された状態で運転される。例えば、第一電極31がアノードとして機能するとともに第二電極32がカソードとして機能するように、電源35によって第一電極31と第二電極32との間に所定の電圧差が付与される。この場合、水の電気分解により、アノードである第一電極31では酸素ガスが発生し、カソードである第二電極32では水素ガスが発生する。発生した酸素ガス及び水素ガスは水溶液中を気泡として上昇する。隔壁20は、水溶液中のイオンを透過させ、かつ、水溶液中の酸素ガス及び酸素ガスの透過を阻止する機能を有する。隔壁20は、例えば、高分子固体電解質等の固体電解質によって形成されている。隔壁20である固体電解質としては、例えば、ナフィオン（登録商標）等のイオン交換膜を用いることができる。例えば、第一室11における水溶液中のプロトンが隔壁20を透過して第二室12に配置された第二電極32に導かれ、水素ガスが発生する。

【0033】

第一電極31及び第二電極32としては、水の電気分解に利用されている公知の電極を使用できる。

【0034】

図2A及び図2Bに示す通り、第一室11で発生した酸素ガスの気泡Obは、水溶液中を上昇し、第一気液分離膜41に接触する。これにより、酸素ガスの気泡Obにおける酸素ガスと水溶液との界面Oiの一部が第一気液分離膜41と酸素ガスとの界面に置き換わり、酸素ガスが第一気液分離膜41を透過する。このように、酸素ガスの気泡Obが第一気液分離膜41に接触すると、気泡Obは消失する。しかも、第一気液分離膜41は第一排出口52の断面積よりも大きい面積を有するので、次々と気泡が発生しても多数の気泡が所定期間に第一気液分離膜41に接触して消失する。このため、水の電気分解反応により水溶液中で発生した気泡が第一室11の上部に溜まりにくい。その結果、第一電極31が気泡によって覆われにくく、気体生成装置1aにおける気体の生成効率が高くなりやすい。

【0035】

第一気液分離膜41は、典型的には、気体生成装置1aの運転中に、筐体10に収容さ

れた水溶液の液面に接する。例えば、気体生成装置 1 a を用いて以下のステップを含む気体生成方法を実行できる。

(i) 気体生成装置 1 a を提供する。

(ii) 筐体 1 0 に収容された水溶液を加圧して水溶液の液面を第一気液分離膜 4 1 に接触させた状態で、第一電極 3 1 及び第二電極 3 2 において電気化学反応を生じさせることにより、筐体 1 0 に収容された水溶液から気体を生成する。

【0036】

第一気液分離膜 4 1 が筐体 1 0 に収容された水溶液の液面に接触するように気体生成装置 1 a が運転されることにより、水溶液中で発生した酸素ガスの気泡 O b が水溶液の液面に到達してすぐに第一気液分離膜 4 1 と接触し、消失しやすい。このため、第一室 1 1 の上部に酸素ガスの気泡 O b が溜まりにくく、気体生成装置 1 a における気体の生成効率が

10

【0037】

図 1 に示す通り、気体生成装置 1 a は、例えばポンプ 6 0 をさらに備えている。ポンプ 6 0 は、配管によって筐体 1 0 に接続されており、水溶液タンク（図示省略）から筐体 1 0 の内部空間に水溶液を圧送する。これにより、気体生成装置 1 a の運転中に、第一気液分離膜 4 1 が筐体 1 0 に収容された水溶液の液面に接触する。水溶液タンクの内部空間と筐体 1 0 の内部空間とを配管によって連通させ、かつ、水溶液タンクにおける水溶液の液位が第一気液分離膜 4 1 の下面よりも高くなるように水溶液タンクが配置されてもよい。この場合、水溶液タンクにおける水溶液が有する位置エネルギーによって筐体 1 0 に収容された水溶液を加圧して水溶液の液面を第一気液分離膜 4 1 に接触させることができる。この場合には、ポンプ 6 0 は省略されてもよい。

20

【0038】

第一気液分離膜 4 1 は、例えば、多孔性の膜である。この場合、第一気液分離膜 4 1 の多孔性を利用して液体の透過を阻止しつつ気体を透過させることができる。

【0039】

第一気液分離膜 4 1 が多孔性の膜である場合、水溶液の表面張力を T [N/m] と表し、第一気液分離膜 4 1 の表面に対する水溶液の接触角を θ [°] と表し、定数を K [-] と表すとき、第一気液分離膜 4 1 の孔径 D [m] と第一気液分離膜 4 1 の上面と下面における差圧 P [Pa] との間には以下の関係が成立する。

30

$$P = K (T \times \cos \theta / D)$$

【0040】

定数 K は、第一気液分離膜 4 1 の種類によって変動しうるが、定数 K の値が同一である異なる膜を使用する場合、圧力 P が孔径 D に反比例する上記の関係に基づいて、第一気液分離膜 4 1 の孔径 D を決定することが望ましい。例えば、常圧で多孔性の膜である第一気液分離膜 4 1 を使用する場合、第一気液分離膜 4 1 は、望ましくは $1 \mu\text{m}$ 以下の孔径を有する。圧力 P が 2 倍になれば、第一気液分離膜 4 1 の孔径は $1/2$ となるように決定されることが望ましい。

【0041】

第一気液分離膜 4 1 は、例えば、フッ素樹脂を含む。この場合、フッ素樹脂が有する撥水性により、酸素ガスの気泡 O b が第一気液分離膜 4 1 に接触すると気泡 O b が消失しやすい。加えて、第一気液分離膜 4 1 が高い耐久性を有する。

40

【0042】

第一気液分離膜 4 1 は、例えば、撥水性の膜である。この場合、第一気液分離膜 4 1 が有する撥水性により、酸素ガスの気泡 O b が第一気液分離膜 4 1 に接触すると気泡 O b が消失しやすい。撥水性の膜としては、例えば、日本工業規格 (JIS) R 3257:1999 に準拠して決定される接触角が 50° 以上である膜を利用できる。

【0043】

第一気液分離膜 4 1 としては、典型的には、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素樹脂の多孔質膜を使用できる。

50

【0044】

図1に示す通り、気体生成装置1aは、第二気液分離膜42をさらに備えている。第二気液分離膜42は、第二室12において第二排出口53よりも下方に配置され、第二排出口53の断面積よりも大きい面積を有する。この場合、第二室12において電気化学反応により生成された気体によって水溶液中で気泡が発生する場合に、気泡は、第二排出口53に到達する前に第二気液分離膜42に接触して消失する。しかも、第二気液分離膜42は第二排出口53の断面積よりも大きい面積を有するので、次々と気泡が発生しても多数の気泡が所定期間に第二気液分離膜42に接触して消失する。これにより、気体生成装置1aにおいて、より確実に、気体の生成効率を高めることができる。

【0045】

10

例えば、第一気液分離膜41の面積は、第二気液分離膜42の面積よりも小さい。例えば、第一電極31をアノードとして機能させるとともに第二電極32をカソードとして機能させて、水の電気分解反応を生じさせる場合を考える。この反応によって発生する水素ガスの体積は、この反応によって発生する酸素ガスの体積の2倍である。この場合、第一室の水溶液中で発生する酸素ガスの気泡Obは、第二室の水溶液中で発生する水素ガスの気泡Hbよりも少ない。このため、第一室において第二室で発生する気泡よりも少ない気泡が発生する場合に、このことを利用して第一気液分離膜41を小さくできる。

【0046】

第二気液分離膜42の面積は、例えば、第一気液分離膜41の面積の約2倍である。また、水素分子は、酸素分子よりも小さいので、第二気液分離膜42を透過しやすい。このため、水の電気分解により、酸素ガスよりも多くの水素ガスが生成される場合でも、水素ガスが第一気液分離膜41を滞りなく透過しやすい。

20

【0047】

第二気液分離膜42は、例えば、第一気液分離膜41と同様に、多孔性の膜、フッ素樹脂を含む膜、又は撥水性の膜である。第二気液分離膜42としては、典型的には、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素樹脂の多孔質膜を使用できる。

【0048】

第一気液分離膜41及び第二気液分離膜42は、例えば、水平に配置されている。このため、第一気液分離膜41の全体が水溶液の液面に接触しやすく、かつ、第二気液分離膜42の全体が水溶液の液面に接触しやすい。これにより、第一室11及び第二室12において水溶液中で上昇した気泡が液面において第一気液分離膜41又は第二気液分離膜42に直接接触しやすい。その結果、より一層、第一室11及び第二室12の上部に気泡が溜まりにくい。

30

【0049】

<第2実施形態>

次に、第2実施形態に係る気体生成装置1bについて説明する。気体生成装置1bは、特に説明する場合を除き、気体生成装置1aと同一の構成を有する。気体生成装置1aの構成要素と同一又は対応する気体生成装置1bの構成要素には、同一の符号を付し詳細な説明を省略する。気体生成装置1aに関する説明は、技術的に矛盾しない限り気体生成装置1bにもあてはまる。

40

【0050】

図3に示す通り、気体生成装置1bの筐体10は、第一電極31と対向しているとともに斜め下方を向いている第一内面14を有する。第一気液分離膜41の下面を含む平面と第一内面14を含む平面とのなす角 β は、 90° より大きく、かつ、 180° より小さい特定の角度である。この場合、筐体10の第一内面14が斜め下方を向いている場合に、第一室11の水溶液中で発生した気泡が溜まる空間を小さくしやすい。このため、第一室11の上部には電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が溜まりにくい。その結果、気体生成装置1bにおける気体の生成効率が高くなりやすい。

【0051】

第一気液分離膜41は、水平面より下方に傾いていてもよいし、水平面より上方に傾い

50

ていてもよいし、水平に延びていてもよい。第一内面 14 と水平面とがなす鋭角 α が 45° より大きい場合、第一気液分離膜 41 の下面を含む平面と第一内面 14 を含む平面とのなす角 β は、例えば $225^\circ - \alpha$ を含むうる。

【0052】

図 3 に示す通り、筐体 10 は、第一内面 14 を含む平面に対して下方に傾いている上側外面 17 を含む。加えて、上側外面 17 と第一内面 14 を含む平面とのなす角 γ が 90° より大きい。この場合、第一気液分離膜 41 の下面を含む平面と第一内面 14 を含む平面とのなす角 β を 90° より大きい角度に調整しやすい。

【0053】

第一気液分離膜 41 の下面を含む平面と第一内面 14 を含む平面とのなす角 β は、例えば、上側外面 17 と第一内面 14 を含む平面とのなす角 γ 以下である。これにより、筐体 10 の第一内面 14 が斜め下方を向いている場合に、第一室 11 の水溶液中で発生した気泡が溜まる空間を小さくしやすい。このため、第一室 11 の上部には電気化学反応により水溶液中で発生した気泡が溜まりにくい。その結果、気体生成装置 1b における気体の生成効率が高くなりやすい。

10

【0054】

第一気液分離膜 41 は、例えば、水平に延びている。この場合、より確実に、第一室 11 の水溶液中で発生した気泡が溜まる空間が小さくなりやすい。加えて、第一気液分離膜 41 の全体が第一室 11 の水溶液の液面に接しやすい。これにより、第一室 11 の上部に気泡が溜まりにくく、気体生成装置 1b における気体の生成効率が高くなりやすい。

20

【0055】

図 3 に示す通り、筐体 10 は、例えば透光性を有する側壁 16 を含み、側壁 16 が第一内面 14 を定めている。加えて、第一電極 31 は光触媒を含む。例えば、光源からの光が側壁 16 を透過して第一電極 31 に照射されると、第一電極 31 に含まれる光触媒の作用により、第一電極 31 の表面において正孔及び電子が生成される。第一電極 31 において水溶液中の酸素イオンが正孔によって酸化され酸素ガスが発生する。一方、第二電極 32 において水溶液中のプロトンが還元され水素ガスが発生する。このように、気体生成装置 1b は、第一電極 31 への光の照射に伴う電気化学反応により水溶液から気体を生成できる。このため、気体生成装置 1b において第一電極 31 と第二電極 32 との間に電源が不要である。第一室 11 で発生した酸素ガスは水溶液中で気泡として上昇し、酸素ガスの気泡が第一気液分離膜 41 に接触して酸素ガスのみが第一気液分離膜 41 を透過する。

30

【0056】

側壁 16 によって定まる第一内面 14 は斜め下方を向いているので、気体生成装置に対して光源が側壁 16 の斜め上方に位置する場合に、第一電極 31 に照射される光量が多くなりやすい。これにより、電気化学反応の効率、ひいては気体の生成効率を高めることができる。

【0057】

第一電極 31 に照射される光の光源としては、例えば、太陽光を利用できる。この場合、望ましくは、第一内面 14 と水平面とがなす鋭角 α と太陽高度との和が、例えば、 $45^\circ \sim 135^\circ$ となるように、側壁 16 が配置されている。これにより、第一電極 31 に照射される太陽光の光量が多い。

40

【0058】

図 3 に示す通り、筐体 10 は、下側側面 18 をさらに含む。下側側面 18 は、第一内面 14 を含む平面に対して下方に傾き、かつ、水平面に対して上方に傾いている。上側側面 17 の一部は、例えば筐体 10 の上面に配置された上面パネル 17a によって形成されている。下側側面 18 の一部は、例えば筐体 10 の下面に配置された下面パネル 18a によって形成されている。図 4 に示す通り、気体生成装置 1b は、例えば、複数の気体生成装置 1b を上下に並べた状態で使用される。この場合に、隣り合う 2 つの気体生成装置 1b のうち上方に位置する気体生成装置 1b の下側外面 18 の一部は、2 つの気体生成装置 1b のうち下方に位置する気体生成装置 1b の上側外面 17 の一部と鉛直方向に沿って重な

50

り合うことが可能である。このため、複数の気体生成装置 1 b を上下に並べたときに、複数の気体生成装置 1 b の設置面積を小さくできる。加えて、複数の気体生成装置 1 b において光源からの光を有効に利用できる。

【0059】

図 3 に示す通り、上側外面 1 7 と水平面とがなす角 θ_1 は、下側外面 1 8 と水平面とがなす角 θ_2 よりも小さい。このため、上側外面 1 7 及び下側外面 1 8 は、側壁 1 6 から第二室 1 2 に向かって筐体 1 0 の外面が窄まるように形成されている。これにより、図 4 に示すように、複数の気体生成装置 1 b の側壁 1 6 が水平面に対して特定の傾斜角で同一平面（仮想的な平面）において連なるように複数の気体生成装置 1 b を配置する場合に、上下に隣り合う気体生成装置 1 b 同士の間空間を生じさせることができる。これにより、気体生成装置 1 b を、上下方向に隣接する気体生成装置 1 b によって妨げられることなく配置できる。この空間は、例えば、気体生成装置 1 b によって生成された気体を取り出すために利用されてもよい。

【0060】

図 3 に示す通り、気体生成装置 1 b は、第二気液分離膜 4 2 を備えている。第一気液分離膜 4 1 の面積は、第二気液分離膜 4 2 の面積よりも小さい。第二気液分離膜 4 2 の面積は、例えば、第一気液分離膜 4 1 の面積の約 2 倍である。例えば、第二気液分離膜 4 2 の下面を含む平面と第一内面 1 4 を含む平面とのなす角が 90° より大きく、かつ、 180° より小さい特定の角度であるように、第二気液分離膜 4 2 が配置されている。第二気液分離膜 4 2 は、例えば、水平に延びている。第二気液分離膜 4 2 は、水平面より下方に傾いていてもよいし、水平面より上方に傾いていてもよい。第一内面 1 4 と水平面とがなす鋭角 α が 45° より大きい場合、第二気液分離膜 4 1 の下面を含む平面と第一内面 1 4 を含む平面とのなす角は、例えば $225^\circ - \alpha$ を含むうる。第二気液分離膜 4 2 の下面を含む平面と第一内面 1 4 を含む平面とのなす角は、例えば、上側外面 1 7 と第一内面 1 4 を含む平面とのなす角 γ 以下である。

【0061】

<第 3 実施形態>

次に、第 3 実施形態に係る気体生成装置 1 c について説明する。気体生成装置 1 c は、特に説明する場合を除き、気体生成装置 1 a と同一の構成を有する。気体生成装置 1 a の構成要素と同一又は対応する気体生成装置 1 c の構成要素には、同一の符号を付し詳細な説明を省略する。気体生成装置 1 a に関する説明は、技術的に矛盾しない限り気体生成装置 1 c にもあてはまる。

【0062】

図 5～図 7 に示す通り、気体生成装置 1 c の筐体 1 0 の内面は、第一ガイド面 1 9 a を含む。第一ガイド面 1 9 a は、第一気液分離膜 4 1 よりも下方に位置する第一室 1 1 の特定の位置から第一気液分離膜 4 1 に向かって斜め上方に延びている。この場合、第一室 1 1 の水溶液中で発生した気泡は第一ガイド面 1 9 a に沿って第一気液分離膜 4 1 に向かって上昇する。このように、第一ガイド面 1 9 a によって、気泡が第一気液分離膜 4 1 へ導かれる。これにより、気泡が第一室 1 1 の特定の箇所に留まりにくく、気体生成装置 1 c における気体の生成効率が高くなりやすい。

【0063】

図 6 に示す通り、第一室 1 1 は、例えば、隔壁 2 0 の上方において、隔壁 2 0 に垂直な方向に互いに向かい合う筐体 1 0 の一対の内面によって定められた空間を含む。第一気液分離膜 4 1 は、この空間においてその一対の内面に固定されている。

【0064】

図 5 及び図 7 に示す通り、気体生成装置 1 c は、第二気液分離膜 4 2 を備えている。第一気液分離膜 4 1 の面積は、例えば、第二気液分離膜 4 2 の面積よりも小さい。第二気液分離膜 4 2 の面積は、例えば、第一気液分離膜 4 1 の面積の約 2 倍である。図 5 及び図 6 に示す通り、気体生成装置 1 c の筐体 1 0 の内面は、第二ガイド面 1 9 b を含む。第二ガイド面 1 9 b は、第二気液分離膜 4 2 よりも下方に位置する第二室 1 2 の特定の位置から

第二気液分離膜 4 2 に向かって斜め上方に延びている。これにより、第二室 1 2 の水溶液中で発生した気泡は第二ガイド面 1 9 b に沿って第二気液分離膜 4 2 に向かって上昇する。このように、第二ガイド面 1 9 b によって、気泡が第二気液分離膜 4 2 へ導かれる。これにより、気泡が第二室 1 2 の特定の箇所に留まりにくく、気体生成装置 1 c における気体の生成効率が高くなりやすい。

【0065】

図 7 に示す通り、第二室 1 1 は、例えば、隔壁 2 0 の上方において、隔壁 2 0 に垂直な方向に互いに向かい合う筐体 1 0 の一对の内面によって定められた空間を含む。第二気液分離膜 4 2 は、この空間においてその一对の内面に固定されている。また、第一気液分離膜 4 1 及び第二気液分離膜 4 2 は、隔壁 2 0 の上方において、隔壁 2 0 の主面に沿った水

10

【産業上の利用可能性】

【0066】

本開示の気体生成装置は、水を電気分解して水素を生成でき、小規模な家庭用の水素生成又は大規模な水素生成プラントに応用できる。

【符号の説明】

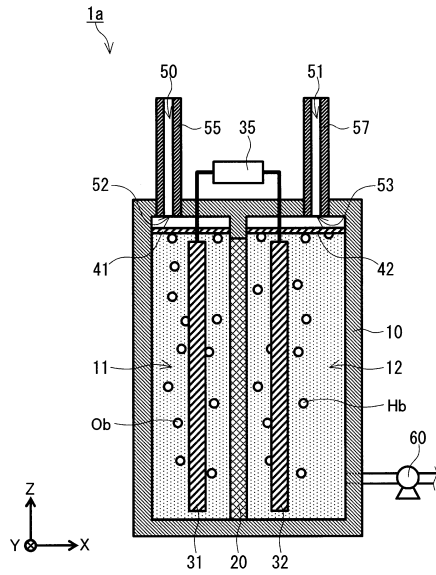
20

【0067】

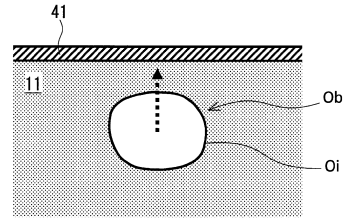
1 0	筐体
1 1	第一室
1 2	第二室
1 4	第一内面
1 6	側壁
1 7	上側外面
1 8	下側外面
1 9 a	第一ガイド面
2 0	隔壁
3 1	第一電極
3 2	第二電極
4 1	第一気液分離膜
4 2	第二気液分離膜
5 0	第一連通路
5 1	第二連通路
5 2	第一排出口
5 3	第二排出口
1 a ~ 1 c	気体生成装置

30

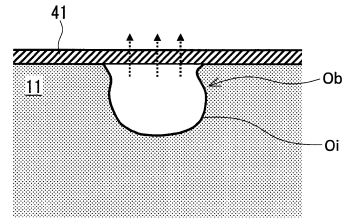
【図 1】



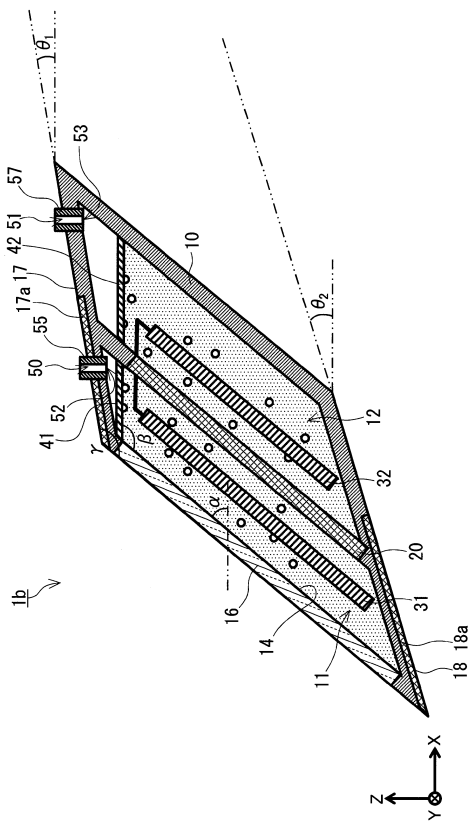
【図 2 A】



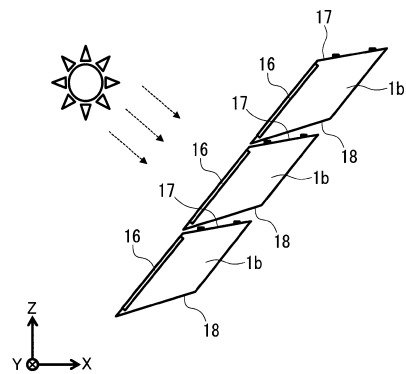
【図 2 B】



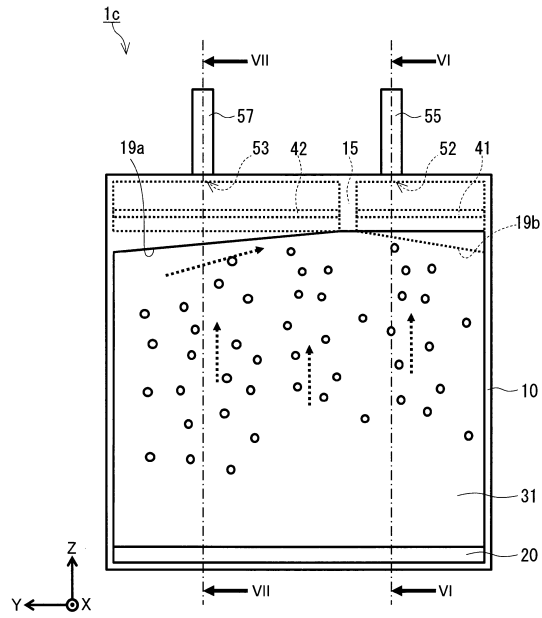
【図 3】



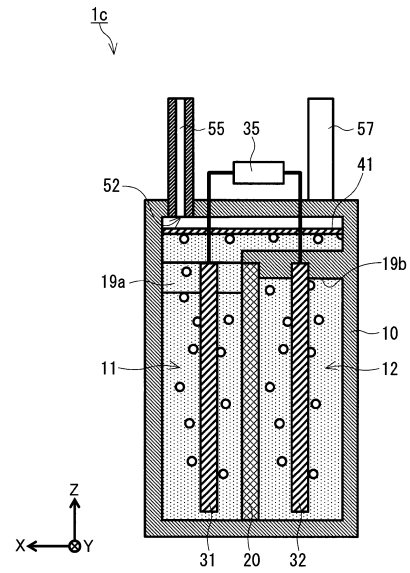
【図 4】



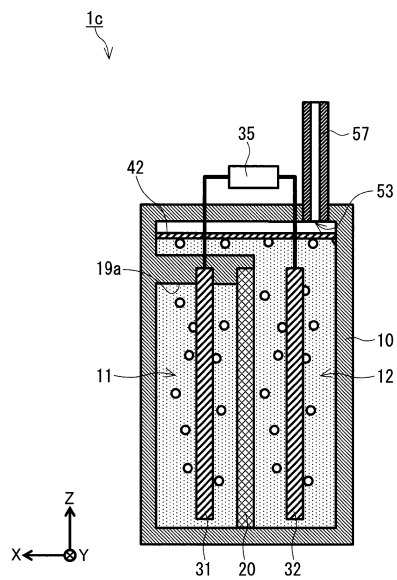
【図 5】



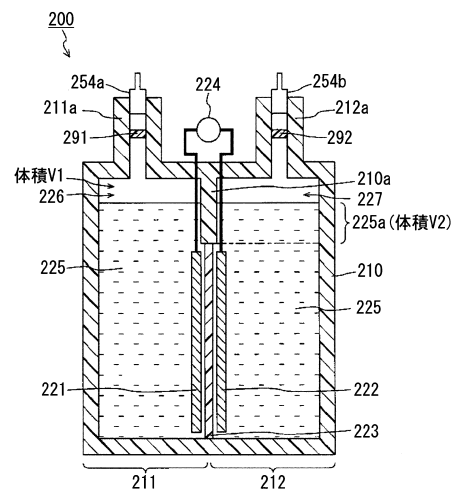
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 5 B 11/049 (2021.01) C 2 5 B 11/049

(56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 1 7 2 8 8 4 (J P, A)
特開 2 0 1 4 - 0 9 5 1 1 5 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
C 2 5 B 1 / 0 0 - 1 5 / 0 8