(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年3月10日(10.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/050397 A1

(51) 国際特許分類:
C25B 11/03 (2021.01) *C25B 9/00* (2021.01)
C25B 1/04 (2021.01) *C25B 15/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/032539

(22) 国際出願日： 2021年9月3日(03.09.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2020-149397 2020年9月4日(04.09.2020) JP

(71) 出願人: 国立大学法人九州大学 **(KYUSHU UNIVERSITY,NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION)** [JP/JP]; 〒8190395 福岡県福岡市西区元岡７４４ Fukuoka (JP).

(72) 発明者: 森 昌司 **(MORI,Shoji)**; 〒8190395 福岡県福岡市西区元岡７４４国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP). ウェイ シュエソン **(WEI,Xuesong)**; 〒8190395 福岡県福岡市西区元岡７４４国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP). 伊藤 衡平 **(ITO,Kohei)**; 〒8190395 福岡県福岡市西区元岡７４４国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP).

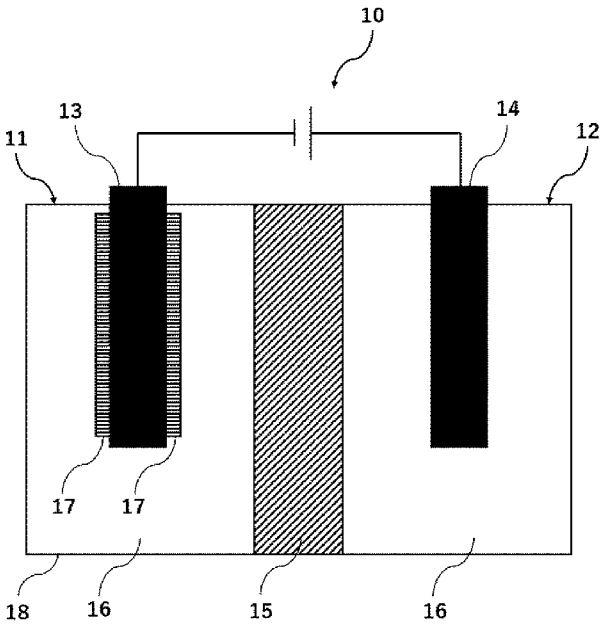
(74) 代理人: アクシス国際特許業務法人 **(AXIS PATENT INTERNATIONAL)**; 〒1050004 東京都港区新橋二丁目６番２号 新橋アイマークビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) **Title:** WATER ELECTROLYSIS DEVICE AND WATER ELECTROLYSIS METHOD USING SAME

(54) 発明の名称： 水の電解装置及びそれを用いた水の電解方法



(57) **Abstract:** Provided are: a water electrolysis device capable of efficiently performing electrolysis of water; and a water electrolysis method using the same. This water electrolysis device comprises an electrolysis tank: that has an anode chamber provided with an anode electrode, a cathode chamber provided with a cathode electrode, and a diaphragm for segmenting the anode chamber and the cathode chamber; and that is for performing electrolysis of water to produce hydrogen. The cathode electrode has a porous honeycomb structure formed on the surface thereof.

(57) 要約：水の電気分解を効率良く行うことが可能な水の電解装置及びそれを用いた水の電解方法を提供する。アノード電極を設けたアノード室と、カソード電極を設けたカソード室と、アノード室及びカソード室を区画する隔膜とを有し、水を電気分解して水素を製造する電解槽を備えた水の電解装置であって、カソード電極の表面に、多孔質のハニカム構造体が設けられている、水の電解装置。

WO 2022/050397 A1

[続葉有]

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 水の電解装置及びそれを用いた水の電解方法

技術分野

[0001] 本発明は、水の電解装置及びそれを用いた水の電解方法に関するものである。

背景技術

[0002] 水素社会到来のためには、安価で環境に優しい水素生成プロセスが必要である。そのためには、水の電解技術のブレークスルー、すなわち低い電圧で効率よく大量の水素を生成できる技術が待ち望まれている。

[0003] 一般に、水の電解装置においては、酸性の電解液またはアルカリ性の電解液を用いて水を電気分解することにより、カソード電極から水素ガスを発生させる。このような水の電解装置において、従来、効率良く水素ガスを発生させるための技術開発がなされている。

[0004] 特許文献１に開示された水の電解装置は、当該装置を構成する単位セルが、電解質膜・電極構造体をアノード側セパレータ及びカソード側セパレータにより挟持された構成を有している。電解質膜・電極構造体は、カソード側セパレータに接するカソード側給電体と、アノード側セパレータに接するアノード側給電体とを備えるとともに、アノード側給電体と固体高分子電解質膜との間には、多数の貫通孔が形成された保護シート部材が介装される。そして、このような構成により、貫通孔内に水が円滑に導入され、電解質膜に対して水を良好に供給するとともに、発生ガスの離脱が容易に遂行可能になると記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１０－１８９７０８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献１には、水の電解装置が、電極に多数の貫通孔が形成された保護シートを備えるため、貫通孔から電解質膜への水の供給力が高まり、それによって効率良く水素ガスを発生させることができると記載されている。しかしながら、水の電気分解によって、電極と保護シートとの間の接触部に生じる電流密度が増大すると以下の問題が生じる。

[0007] すなわち、電流密度が増大するにつれて、水素生成量が増加し、接触部が水素ガスに覆われ始める。接触部が完全に水素ガスに覆われて乾燥状態となり、接触部へ水が供給されなくなると、水の電解装置の電解能力は著しく劣化する。従来の水の電解装置では、電解性能の向上を求めると、このような問題に直面してしまい、水の電気分解を効率良く行うことが困難となる。

[0008] 本発明は、このような問題を解決すべく、水の電気分解を効率良く行うことが可能な水の電解装置及びそれを用いた水の電解方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは研究を重ねたところ、熱と物質の移動のアナロジーに着目し、これを利用することで上記課題を解決することができることを見出した。すなわち、本発明では、水素を発生させる電極（カソード電極）の表面に、多孔質のハニカム構造体を設けることにより、多孔質性を利用した毛管力で水を強制的に反応電極面に供給しつつ、生成する水素（水素気泡）をハニカム構造体の開口部から排出して電極が気相で覆われることを抑制する。これらの効果によって、水の電気分解における水素生成の限界電流密度が向上し、水の電気分解を効率良く行うことができることを見出した。

[0010] 上記課題は、以下のように特定される本発明によって解決される。

（１）アノード電極を設けたアノード室と、カソード電極を設けたカソード室と、前記アノード室及び前記カソード室を区画する隔膜とを有し、水を電気分解して水素を製造する電解槽を備えた水の電解装置であって、

前記カソード電極の表面に、多孔質のハニカム構造体が設けられている、水の電解装置。

（２）前記多孔質のハニカム構造体は、前記カソード電極側の第１の多孔質のハニカム構造体と、前記カソード電極と反対側の第２の多孔質のハニカム構造体とを備えた積層構造体であり、

前記第２の多孔質のハニカム構造体は、前記第１の多孔質のハニカム構造体よりも、水の透過率が大きい、（１）の水の電解装置。

（３）前記第２の多孔質のハニカム構造体は、開口部半径を前記第１の多孔質のハニカム構造体の開口部半径より大きくすることで、前記第１の多孔質のハニカム構造体よりも水の透過率を大きくした、（２）の水の電解装置。

（４）前記水がアルカリ水である（１）～（３）のいずれかの水の電解装置。

（５）（１）～（４）のいずれかの水の電解装置を用いて、水を電気分解して水素を製造する、水の電解方法。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、水の電気分解を効率良く行うことが可能な水の電解装置及びそれを用いた水の電解方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施形態に係る水の電解装置の模式図である。

[図2]本発明の実施形態に係るハニカム構造体の平面模式図である。

[図3]本発明の実施形態に係るハニカム構造体の平面模式図である。

[図4]本発明の実施形態に係る水の電解装置のカソード電極の表面近傍の拡大模式図である。

[図5]本発明の実施形態に係る水の電解装置の模式図である。

[図6]本発明の実施形態に係るハニカム構造体の断面観察写真である。

[図7]試験例１で得られたアルカリ水電解特性曲線である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

＜水の電解装置＞

図１は、本発明の実施形態に係る水の電解装置１０の模式図である。水の

電解装置１０は、アノード電極１４を設けたアノード室１２と、カソード電極１３を設けたカソード室１１と、アノード室１２及びカソード室１１を区画する隔膜１５とを有している。また、水の電解装置１０は、水１６を電気分解して水素を製造する電解槽１８を備えている。

[0014] 本発明の実施形態に係る水の電解装置１０のカソード電極１３、アノード電極１４、及び、隔膜１５は、水の電解装置に係る技術分野において、それぞれ公知の構成のものを用いることができる。具体的には、カソード電極１３は、鉄、鉄－希土類、鉄－ニッケル合金、ニッケル等で構成することができる。アノード電極１４は、ニッケル、ニッケル系合金、鉄、ニッケル被覆鉄、イオンプレートニッケル（Ag^+、Li^+、He^+、Kr^+）、ニッケルコバルト酸化物、酸化コバルト、ランタンドープ酸化コバルト、ランタンストロンチウムコバルト酸化物、亜鉛コバルト酸化物、貴金属酸化物等で構成することができる。隔膜１５は、アスベスト、高分子補強アスベスト、ＰＴＦＥ結着チタン酸カリウム、ＰＴＦＥ結着ジルコニア、ポリスルホン結着ポリアンチモン酸／酸化アンチモン、焼結ニッケル、セラミックス／酸化ニッケル被覆ニッケル、ポリスルホン等で構成することができる。

[0015] 本発明の実施形態に係る水の電解装置１０において、電気分解の対象となる水（電解液）としては、アルカリ水、酸性水等が挙げられる。アルカリ水としては、水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液等を用いることができ、より具体的には、２０～３０質量％水酸化カリウム水溶液を用いることができる。酸性水としては、塩酸、硫酸、過塩素酸等を用いることができ、特に、１Ｎ過塩素酸を用いると、装置の耐食性等が良好となるため好ましい。

[0016] 水の電解装置１０は、カソード電極１３の表面に、多孔質のハニカム構造体１７が設けられている。ハニカム構造体１７は、特に限定されないが、針金などで物理的に押しつけて固定したり、強アルカリに耐えうる接着剤によってカソード電極１３の表面に貼り付けられていてもよい。ハニカム構造体１７の構造は、水素生成の所望の限界電流密度によって適宜設計することが

できる。

[0017] 図２に、ハニカム構造体１７の平面模式図を示す。ハニカム構造体１７は、複数の開口部２８を区画する隔壁２７を有している。ハニカム構造体１７の材質は、多孔質であれば特に限定されないが、例えば、金属またはセラミックスで形成することができる。ハニカム構造体１７を構成する多孔質の金属としては、例えば、鉄、鉄－希土類、鉄－ニッケル合金、ニッケル等が挙げられる。ハニカム構造体１７を構成するセラミックスとしては、アルミナ、ムライト、ジルコニア及びコージェライト等の酸化物系セラミックス、炭化珪素、窒化珪素及び窒化アルミ等の非酸化物系セラミックス等を挙げることができる。

[0018] ハニカム構造体１７の平面形状は特に限定されないが、図２に示すように全体として矩形の平面を有していてもよく、図３に示すように全体として円形の平面を有していてもよく、その他の多角形または楕円形の平面を有していてもよい。

[0019] ハニカム構造体１７の開口部２８の、ハニカム構造体１７の厚さ方向に垂直な断面の形状については特に限定されないが、円形、楕円形、三角形、四角形、またはそれ以上の多角形、又はこれらの組み合わせが挙げられる。

[0020] ハニカム構造体１７の厚さは、０．１ｍｍ以上であることが好ましい。ハニカム構造体１７の厚さが０．１ｍｍ以上であると、合体大気泡がハニカム構造体上に滞留する間にハニカム構造体内部に含浸されている液体が水電解され、液枯れしにくくすることができる。ハニカム構造体１７の厚さの上限についても特に限定されず、装置の所望する省スペース化に合わせて適宜設計することができる。

[0021] ハニカム構造体１７の開口部２８の半径は、５００～２０００μｍであることが好ましい。ハニカム構造体１７の開口部２８の半径が５００μｍ未満であると、発生した気相が通過する際の圧力損失が増大する。ハニカム構造体１７の開口部２８の半径が２０００μｍ超であると、壁の厚さを一定とするとハニカム構造体が電極に接触する面積が小さくなる。本発明の「開口部

の半径（または開口部半径ともいう）」は、種々の開口部形状における外接円の半径を示す。

[0022] ハニカム構造体１７の隔壁２７の気孔率は、１０～８０％であることが好ましい。隔壁２７の気孔率が１０％未満であると、透過率が小さくなり、毛管力で供給できる水量が小さくなる。隔壁２７の気孔率が８０％超であると、ハニカム構造体の強度が弱くなる。隔壁２７の気孔率は、水銀ポロシメータにより測定した値である。

[0023] ハニカム構造体１７の隔壁２７の平均細孔径は、０．１～１００μｍであることが好ましい。隔壁２７の平均細孔径が０．１μｍ未満であると、空隙率も小さくなり一般的に透過率が小さくなる。隔壁２７の平均細孔径が１００μｍ超であると、毛管力が極めて小さくなってしまう。隔壁２７の平均細孔径は、水銀ポロシメータにより測定した値である。

[0024] ハニカム構造体１７は、カソード電極１３の表面に設けられていれば特に限定されないが、図１に示す例では、ハニカム構造体１７が、直方体のカソード電極１３の２つの表面に設けられている。ハニカム構造体１７は、直方体のカソード電極１３の１つの表面、３つの表面または４つの表面全てに設けられていてもよい。また、カソード電極１３が直方体でない場合でも、所望の表面領域にハニカム構造体１７を設けることができる。

[0025] カソード電極１３の表面のハニカム構造体１７の被覆率は、５０％以上であるのが好ましい。カソード電極１３の表面のハニカム構造体１７の被覆率が５０％以上であると、水の電気分解における水素生成の限界電流密度がより向上する。カソード電極１３の表面のハニカム構造体１７の被覆率は、５０％以上であるのがより好ましい。カソード電極１３の表面のハニカム構造体１７の被覆率は、カソード電極１３の表面の大きさに対する、ハニカム構造体１７の大きさ、形状、設置個数などで適宜制御することができる。

[0026] ハニカム構造体１７は、カソード電極１３の表面だけでなく、カソード電極１３の表面を含む全体を構成していてもよい。このような構成によれば、ハニカム構造体の設置法を考慮する必要が無い。

[0027] 次に、本発明の実施形態に係る水の電解装置１０の作用について詳述する。図４は、水の電解装置１０のカソード電極１３の表面近傍の拡大模式図である。一般に、水の電解装置において、カソード電極の表面上で水素ガス塊が形成されることがある。この水素ガス塊の体積は時間と共に増大し、やがてカソード電極の表面から切断離脱する。このとき、水素ガス塊とカソード電極の表面との間（すなわち水素ガス塊の底部）には、有限厚さの液膜（一般に、マクロ液膜と呼ばれる）が存在する。このような状況下においては、水素ガス塊がマクロ液膜上に滞留している間に水素ガス塊底部のマクロ液膜が水電解され消耗し尽くすときに液枯れ現象が発生する。このときの電流密度が「限界電流密度」と呼ばれる。これに対し、本発明の実施形態に係る水の電解装置１０では、カソード電極１３の表面に設けられたハニカム構造体１７は、カソード電極１３の表面で水素ガスが発生すれば、多孔質の隔壁２７による毛細管現象により、カソード電極１３の表面との接触部２３に水を供給する（水供給方向２２）。一方、カソード電極１３の表面で生成した水素ガスは、接触部２３から、ハニカム構造体１７の開口部２８を通って排出される（水素ガス排出方向２１）。すなわち、ハニカム構造体１７の多孔質の隔壁２７が、カソード電極１３の表面との接触部２３に水を供給する水供給部として機能するとともに、ハニカム構造体１７の開口部２８がカソード電極１３の表面との接触部２３で生成する水素ガスを排出する水素ガス排出部として機能する。このように、水の供給と水素ガスの排出を別個の経路を用いて行うことにより、水素ガスがカソード電極１３の表面の接触部２３を覆ってしまい限界電流密度が制限されるという問題の発生を抑制することができる。

[0028] このように、本発明の実施形態に係る水の電解装置１０では、水素を発生させる電極（カソード電極１３）の表面に、多孔質のハニカム構造体１７を設けることにより、多孔質性を利用した毛管力で水を強制的に反応電極面に供給しつつ、生成する水素（水素気泡）をハニカム構造体１７の開口部２８から排出して電極（カソード電極１３）が気相で覆われることを抑制する。

これらの効果によって、水の電気分解における水素生成の限界電流密度が向上し、水の電気分解を効率良く行うことができる。また、このような構成によれば、水の電気分解において、低い電圧で電流密度を上げることができ、また、電極の面積を小さくすることができるという効果も有する。

[0029] また、ハニカム構造体１７と、カソード電極１３の表面との接触部に隙間領域が形成されているのが好ましい。ハニカム構造体１７の多孔質の隔壁２７の底面で生じた水素ガスは、隔壁２７の底面に沿って進むことでハニカム構造体１７の開口部２８へ出て、開口部２８から排出される。ここで、ハニカム構造体１７と、カソード電極１３の表面との接触部に隙間領域が形成されていると、当該隙間領域がハニカム構造体１７の多孔質の隔壁２７の底面で生じた水素ガスの通路となり、水素ガスの排出が促進され、限界電流密度が向上する。当該隙間領域は、ハニカム構造体１７と、カソード電極１３の表面との接触部表面をあえて粗面に加工してもよい。このような水素ガスの排出に必要な隙間領域は厚さ５～５０μｍである。

[0030] また、本発明の別の実施形態として、図５に示す水の電解装置２０は、カソード電極１３側の第１の多孔質のハニカム構造体１７と、カソード電極１３と反対側の第２の多孔質のハニカム構造体３７とを備えた積層構造体であり、第２のハニカム構造体３７は、第１のハニカム構造体１７よりも、水の透過率が大きい。第２のハニカム構造体３７は、第１のハニカム構造体１７に対し、透過率が大きい以外は、同様の構成とすることができる。

[0031] 第２のハニカム構造体３７は、第１のハニカム構造体１７と同じ形状、大きさに形成されていてもよく、異なる形状、大きさに形成されていてもよい。また、第２のハニカム構造体３７は、第１のハニカム構造体１７と同じ材料により形成されていてもよく、異なる材料により形成されていてもよい。

[0032] 第２のハニカム構造体３７は、開口部半径を第１のハニカム構造体１７の開口部半径より大きくすることで、作動流体を通しやすくして、第１のハニカム構造体１７よりも水の透過率を大きくしてもよい。

[0033] このようなハニカム構造体の積層構造では、第２のハニカム構造体３７は

、開口部が第１のハニカム構造体１７からの水素ガスを排出する水素ガス排出部として機能するとともに、多孔質の隔壁が、毛細管現象により強制的に第１のハニカム構造体１７に水を供給する水供給部として機能する。そして、第２のハニカム構造体３７は、第１のハニカム構造体１７に比べて透過率が大きく、液を保持する機能を有し、第２のハニカム構造体３７表面で合体気泡が滞留する間にも、速やかに第１のハニカム構造体１７への液の供給が行われるように機能する。これらの効果によって、水の電気分解における水素生成の限界電流密度がより向上し、水の電気分解をより効率良く行うことができる。

[0034] 以下、より詳細に上述のハニカム構造体の積層構造の作用について説明する。第１のハニカム構造体１７は、隔壁２７において、水素ガスが発生すれば毛細管現象により接触部に水を供給するが、毛管力による水供給の限界メカニズムを考慮すれば、毛細管の長さ（すなわち、第１のハニカム構造体１７の厚さ）は薄いほうがよりその限界、すなわち「限界電流密度」を高くすることができる。第１のハニカム構造体１７の厚さは、上述の通り毛管力による液体供給の限界メカニズム（毛管限界メカニズム）から薄いほうがよいが、薄過ぎてマクロ液膜の厚さと同程度であると、第１のハニカム構造体１７の接触部近傍で液枯れが生じやすく、限界電流密度が小さくなる。

[0035] このように、カソード電極１３との接触部２３に設ける第１のハニカム構造体１７の厚さは、毛管限界メカニズムの観点からは薄いほうがよいが、マクロ液膜の厚さより薄いと第１のハニカム構造体１７内部で液枯れが生じやすく、限界電流密度が小さくなるという問題が生じるおそれがある。そこで、カソード電極１３との接触部２３に設ける第１のハニカム構造体１７の、カソード電極１３と反対側に、第１のハニカム構造体１７よりも透過率が大きい第２のハニカム構造体３７を設ける積層構造によれば、第１のハニカム構造体１７とその表面の水素ガス塊との間に、第１のハニカム構造体１７に向かって液を潤沢に供給する第２のハニカム構造体３７が存在するため、第１のハニカム構造体１７の厚さを薄くしても、液枯れの発生が抑制され、限

界電流密度が小さくなることを防ぐことができる。また、第２のハニカム構造体３７の液供給量は多いほど好ましいため、第２のハニカム構造体３７の厚さも大きくするのが好ましい。具体的には、例えば、第１のハニカム構造体１７の厚さを１００μｍ程度と薄くする場合、第２のハニカム構造体３７の厚さは１～２ｍｍ以上程度とするのが好ましい。また、多孔質のハニカム構造体は、上述のように完全に二層に別れていなくてもよく、図６に示すように、多孔質のハニカム構造体の内部の細孔分布を傾斜化したものであってもよい。このように、多孔質のハニカム構造体の内部の細孔分布を傾斜化することで、液の受け渡しがより容易となり、水の電解装置の電解能力がより向上する。当該細孔分布の傾斜化とは、多孔質のハニカム構造体の内部の細孔２９が、カソード電極１３との接触部２３に近づくにつれて少なくなっている状態を示す。

[0036] また、ハニカム構造体の積層構造は、第１のハニカム構造体１７と第２のハニカム構造体３７とで構成されたものに限定されず、第２のハニカム構造体３７のカソード電極１３とは反対側に、さらに第３のハニカム構造体を設けて、全体で三層の積層構造としてもよい。同様に、ハニカム構造体の積層構造は、第２のハニカム構造体３７のカソード電極１３とは反対側に、複数のハニカム構造体を積層させて全体で四層以上の構成としてもよい。

[0037] ＜水の電解方法＞

本発明の実施形態に係る水の電解方法は、上述の水の電解装置１０または水の電解装置２０を用いて、水（電解液）を電気分解することにより、水素を発生させる電極（カソード電極）の表面に、多孔質のハニカム構造体を設けることにより、多孔質性を利用した毛管力で水を強制的に反応電極面に供給しつつ、生成する水素（水素気泡）をハニカム構造体の開口部から排出して電極（カソード電極）が気相で覆われることを抑制する。これらの効果によって、水の電気分解における水素生成の限界電流密度が向上し、水の電気分解を効率良く行うことができる。

実施例

[0038] 以下に本発明を実施例でさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0039] （試験例１）

アルカリ水を投入した電解槽中に、それぞれステンレス板であるアノード電極とカソード電極とを設けた。このとき、カソード電極のアルカリ水への浸漬部の電極面積は、Ｈ（高さ）１７ｍｍ×Ｗ（幅）１０ｍｍ＝１７０ｍｍ^{2}とした。アルカリ水は、水酸化カリウム水溶液であり、濃度１０ｗ／ｖ％（約１．７８５ｍｏｌ／Ｌ）、ＰＨ理論計算値：１４．２５であった。

次に、カソード電極の表面に、カソード電極のアルカリ水への浸漬部の電極面積に対し、被覆率５０％で多孔質のハニカム構造体を、直径０．３ｍｍのステンレス製の針金によって物理的に押しつけ固定した。当該ハニカム構造体は、ＣａＯ・Ａｌ$_2$Ｏ$_3$、石英ガラス（ＳｉＯ$_2$）及びＴｉＯ$_2$の複合材料で構成され、図３に示す形状を有する。当該ハニカム構造体は、３０ｍｍ径の円形の外径を有し、縦×横＝１．３ｍｍ×１．３ｍｍの略正方形の複数の開口部と、当該開口部を区画する厚さ０．４ｍｍの隔壁を有する。隔壁の気孔率は２５％、隔壁の平均細孔径は、０．１３μｍ、ハニカム構造体の開口率は４５％であった。

[0040] 次に、カソード電極及びアノード電極間に電圧をかけ、定常になるまで約３０秒間待機した後、電圧を上昇させながら、電流密度を測定していった。

当該測定結果からアルカリ水電解特性曲線を作成し、図７に示す。なお、上記試験は３回行われ、図７の「ＨＰＰ１」～「ＨＰＰ３」は、これら３回の、多孔質のハニカム構造体をカソード電極の表面に設けて実施した試験の結果をそれぞれ示す。

[0041] また、上述の試験において、カソード電極の表面に何も設けず（多孔質のハニカム構造体を設けず）裸面とした以外は、全て同様の条件で水の電気分解を行い、同様の条件にて電圧を上昇させながら、電流密度を測定し、当該測定結果からアルカリ水電解特性曲線を作成した。当該試験は４回行った。図７の「Ｂａｒｅ　ｓｕｒｆａｃｅ１」～「Ｂａｒｅ　ｓｕｒｆａｃｅ４」

は、これら４回の、カソード電極の表面を裸面として実施した試験の結果をそれぞれ示す。

[0042] （評価結果）

図７に示すアルカリ水電解特性曲線によれば、カソード電極の表面を裸面とした試験例（比較例）である「Ｂａｒｅ　ｓｕｒｆａｃｅ１」～「Ｂａｒｅ　ｓｕｒｆａｃｅ４」は、いずれも電圧上昇につれて、電流密度が初めは上昇するが、途中で頭打ちになる（電流密度の最大値がある）ことがわかる。

これに対し、カソード電極の表面に多孔質のハニカム構造体を設けた試験例（発明例）である「ＨＰＰ１」～「ＨＰＰ３」は、電圧上昇と共に電流密度が、途中で頭打ちにならず上昇していくことがわかる。すなわち、カソード電極の表面に多孔質のハニカム構造体を設けた試験例（発明例）は、当該試験においては限界状態になっておらず、水の電気分解における水素生成の限界電流密度が向上し、水の電気分解を効率良く行うことができることがわかる。

符号の説明

[0043] １０、２０　水の電解装置

１１　カソード室

１２　アノード室

１３　カソード電極

１４　アノード電極

１５　隔膜

１６　水

１７、３７、４７　ハニカム構造体

２１　水素ガス排出方向

２２　水供給方向

２３　接触部

２７　隔壁

２８　開口部

２９　細孔

請求の範囲

[請求項1] アノード電極を設けたアノード室と、カソード電極を設けたカソード室と、前記アノード室及び前記カソード室を区画する隔膜とを有し、水を電気分解して水素を製造する電解槽を備えた水の電解装置であって、

前記カソード電極の表面に、多孔質のハニカム構造体が設けられている、水の電解装置。

[請求項2] 前記多孔質のハニカム構造体は、前記カソード電極側の第１の多孔質のハニカム構造体と、前記カソード電極と反対側の第２の多孔質のハニカム構造体とを備えた積層構造体であり、

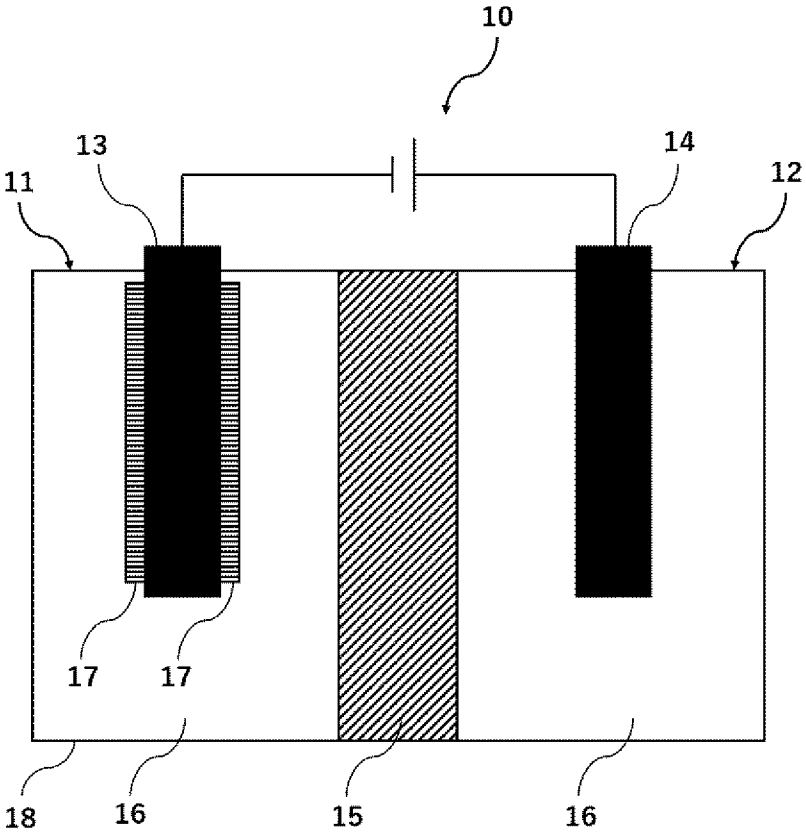
前記第２の多孔質のハニカム構造体は、前記第１の多孔質のハニカム構造体よりも、水の透過率が大きい、請求項１に記載の水の電解装置。

[請求項3] 前記第２の多孔質のハニカム構造体は、開口部半径を前記第１の多孔質のハニカム構造体の開口部半径より大きくすることで、前記第１の多孔質のハニカム構造体よりも水の透過率を大きくした、請求項２に記載の水の電解装置。

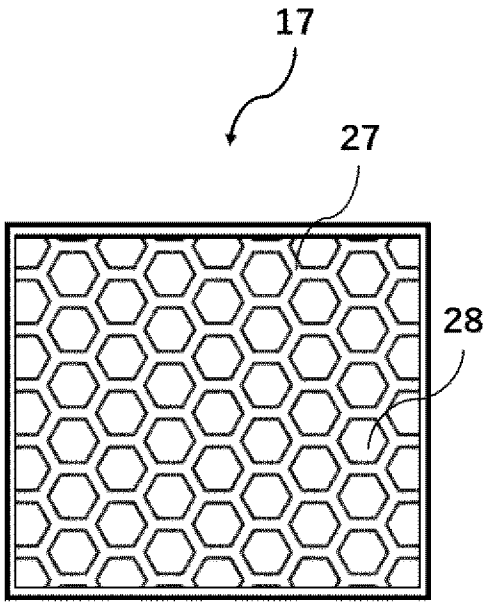
[請求項4] 前記水がアルカリ水である請求項１～３のいずれか一項に記載の水の電解装置。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか一項に記載の水の電解装置を用いて、水を電気分解して水素を製造する、水の電解方法。

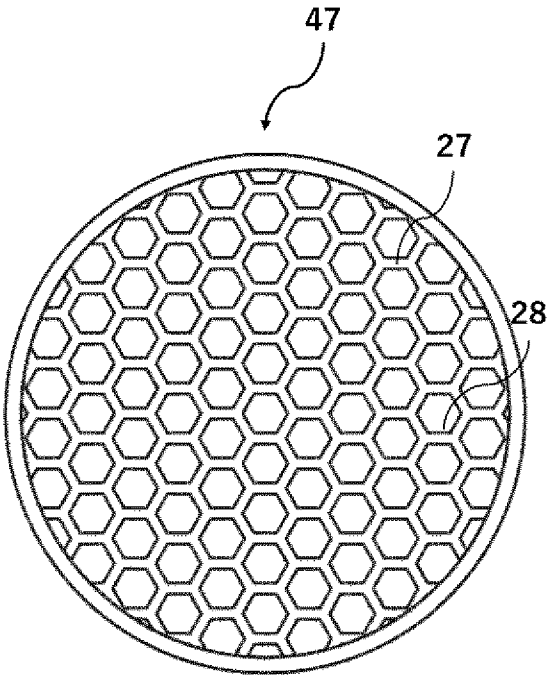
[図1]



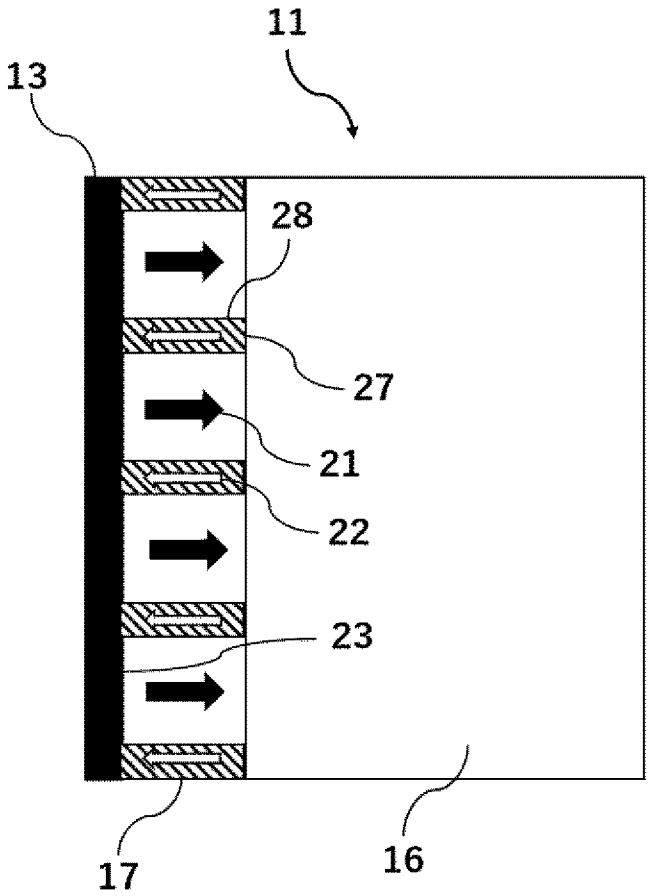
[図2]



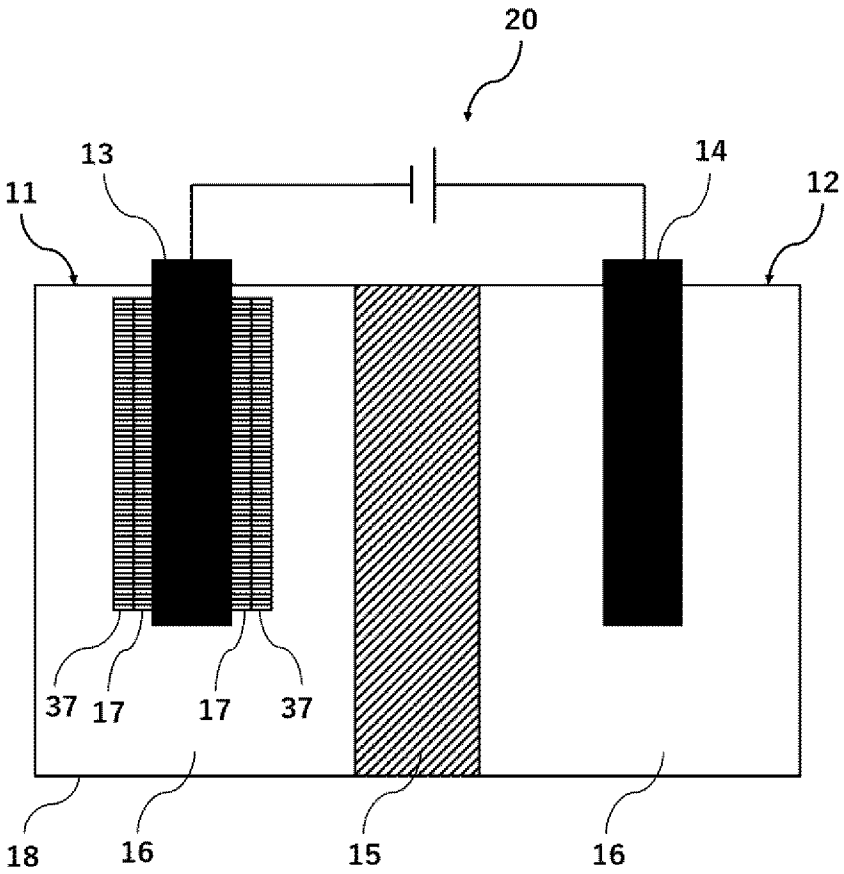
[図3]



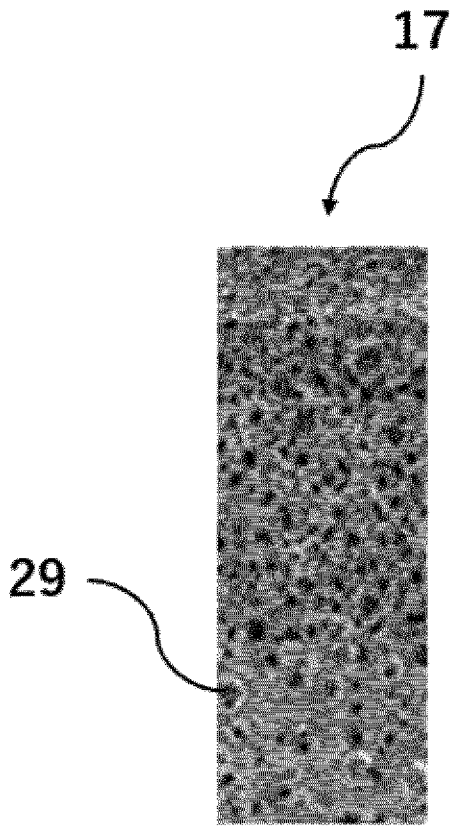
[図4]



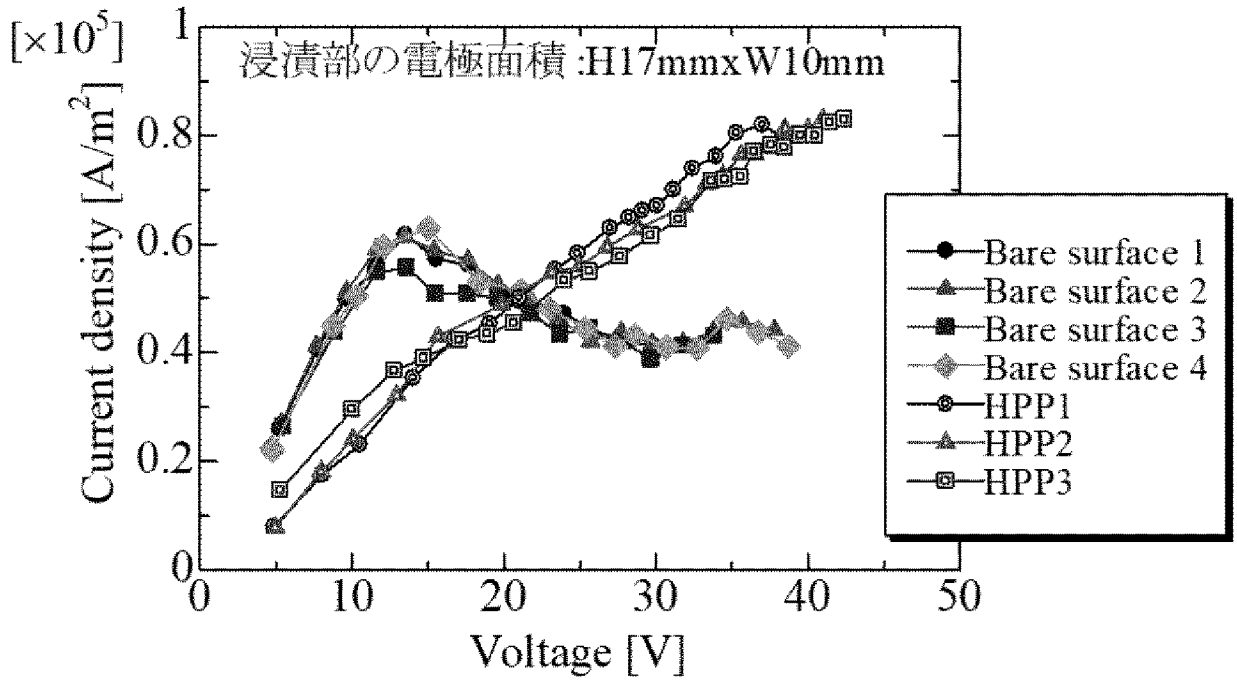
[図5]



[図6]



[図7]


[×10^5]
浸漬部の電極面積 :H17mmxW10mm
Current density [A/m^2]
Voltage [V]
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
0
10
20
30
40
50
Bare surface 1
Bare surface 2
Bare surface 3
Bare surface 4
HPP1
HPP2
HPP3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/032539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C25B 11/03(2021.01)i; ***C25B 1/04***(2021.01)i; ***C25B 9/00***(2021.01)i; ***C25B 15/08***(2006.01)i
FI: C25B11/03; C25B1/04; C25B9/00 A; C25B15/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C25B1/00-C25B15/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-19621 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 21 January 1997 (1997-01-21) paragraphs [0008]-[0012], fig. 1	1, 4-5
A		2-3
X	JP 10-36988 A (FURUYA, Choichi) 10 February 1998 (1998-02-10) paragraphs [0010]-[0027], fig. 1-4	1, 4-5
A		2-3
X	CN 108085715 A (ZHENGZHOU SUN & MOON INFORMATION TECH. CO., LTD.) 29 May 2018 (2018-05-29) paragraphs [0003]-[0010], fig. 1	1, 4-5
A		2-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 October 2021	**26 October 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/032539

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 9-19621 A	21 January 1997	(Family: none)	
JP 10-36988 A	10 February 1998	(Family: none)	
CN 108085715 A	29 May 2018	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/032539

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C25B 11/03(2021.01)i; C25B 1/04(2021.01)i; C25B 9/00(2021.01)i; C25B 15/08(2006.01)i
FI: C25B11/03; C25B1/04; C25B9/00 A; C25B15/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

C25B1/00-C25B15/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 9-19621 A (松下電器産業株式会社) 21.01.1997 (1997-01-21) [0008]-[0012], 図1	1, 4-5
A		2-3
X	JP 10-36988 A (古屋 長一) 10.02.1998 (1998-02-10) [0010]-[0027], 図1-4	1, 4-5
A		2-3
X	CN 108085715 A (ZHENGZHOU SUN & MOON INFORMATION TECH. CO., LTD.) 29.05.2018 (2018-05-29) [0003]-[0010], 図1	1, 4-5
A		2-3

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
13.10.2021	26.10.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
酒井　英夫 4E 9631
電話番号 03-3581-1101 内線 3425

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/032539

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-19621 A	21.01.1997	（ファミリーなし）	
JP 10-36988 A	10.02.1998	（ファミリーなし）	
CN 108085715 A	29.05.2018	（ファミリーなし）	