



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I473913 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：099130559

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 09 日

(51)Int. Cl. : C25B1/06 (2006.01)

(30)優先權：2009/09/09 日本

2009-207777

2009/09/16 日本

2009-214484

(71)申請人：三井化學股份有限公司 (日本) MITSUI CHEMICALS, INC. (JP)

日本

(72)發明人：上野惠司 UENO, KEIJI (JP)；貞本滿 SADAMOTO, MITSURU (JP)；和知浩子

WACHI, HIROKO (JP)；前川弘志 MAEKAWA, HIROSHI (JP)

(74)代理人：詹銘文；葉璟宗

(56)參考文獻：

JP 2006-176835A

WO 2008/132818A1

審查人員：李南漳

申請專利範圍項數：48 項 圖式數：48 共 148 頁

(54)名稱

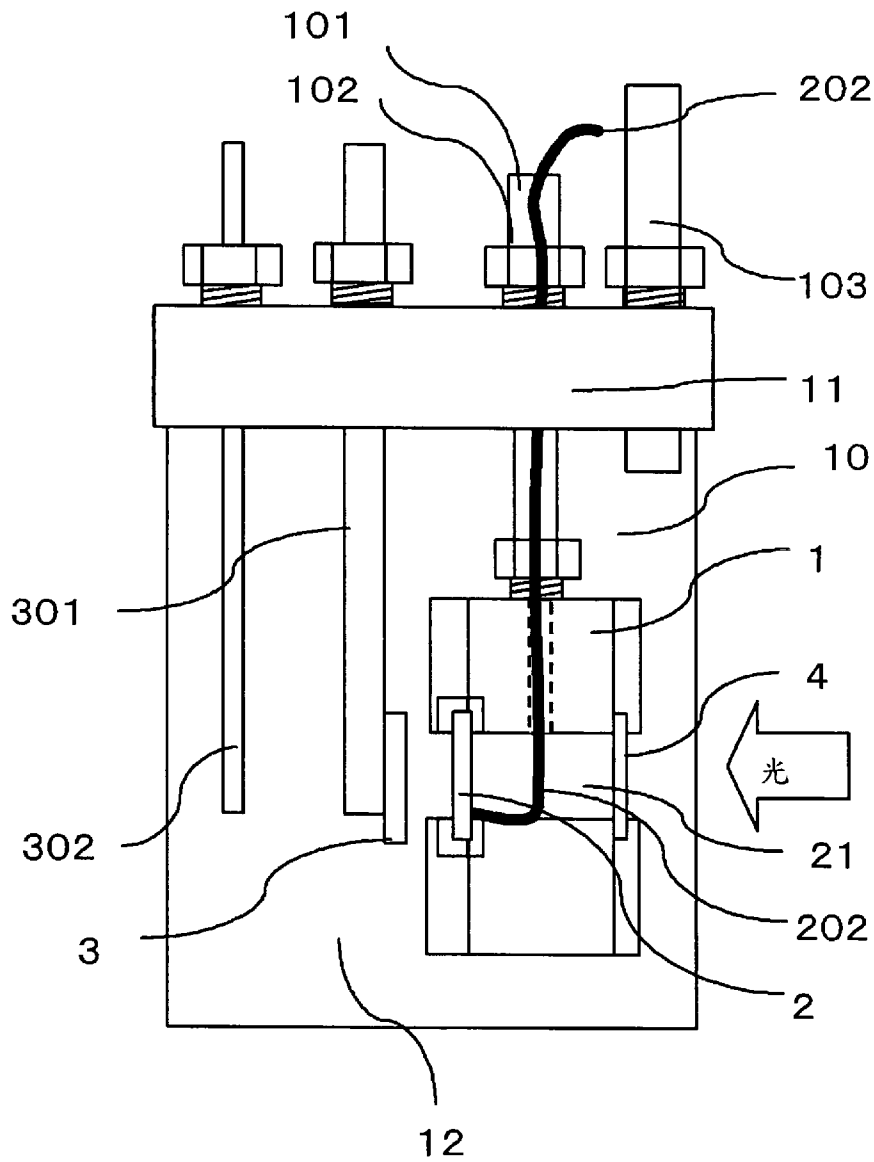
氣體生產裝置及氣體生產方法

APPARATUS FOR PRODUCING GAS AND METHOD FOR PRODUCING GAS

(57)摘要

一種氣體生產裝置，自含有水的電解液來產生氧氣及/或氫氣，其包括陽極電極、陰極電極、多個貫通孔、以及氣體收容部。陽極電極(光觸媒承載電極)包括光觸媒含有層，該光觸媒含有層含有因光觸媒反應而自電解液產生氧氣的光觸媒。陰極電極藉由光觸媒含有層中的光觸媒反應而自電解液中產生的氫離子及電子產生氫氣。貫通孔設置於陽極電極或陰極電極中的至少一個電極上，不使電解液通過而使產生的氧氣或氫氣通過。而且，氣體收容部將通過貫通孔的氧氣或氫氣予以收容。

An apparatus for producing gas for generating oxygen and/or hydrogen from electrolyte having water includes: an anode, a cathode, pluralities of through holes and a gas receive portion. The anode (light catalyst carrying electrode) includes a light catalyst containing layer. The light catalyst containing layer includes a light catalyst that can generate oxygen from the electrolyte by light catalyst reaction. The cathode generates hydrogen by electrons and hydrogen ions generated from the electrolyte by the reaction of the light catalyst in the light catalyst layer. The through holes are disposed on at least one of anode and cathode, prevent the electrolyte from passing through and let the generated oxygen pass through. The gas receive portion receives the oxygen or hydrogen passing through the through holes.



- 1 . . . 光觸媒單元
- 2 . . . 陽極電極
- 3 . . . 陰極電極
- 4 . . . 受光窗
- 10 . . . 電解液槽
- 11 . . . 蓋構件
- 12 . . . 電解液
- 21 . . . 第一氣體收容部
- 101 . . . 氧氣排出管
- 102 . . . 惰性氣體供給管
- 103 . . . 氫氣排出管
- 202 . . . 通電用電線
- 301 . . . 支持棒

圖 15

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99170559

C25B 1/06 (2006.01)

※申請日期：99. 9. 19

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

氣體生產裝置及氣體生產方法

APPARATUS FOR PRODUCING GAS AND METHOD
FOR PRODUCING GAS

二、中文發明摘要：

一種氣體生產裝置，自含有水的電解液來產生氧氣及/或氫氣，其包括陽極電極、陰極電極、多個貫通孔、以及氣體收容部。陽極電極（光觸媒承載電極）包括光觸媒含有層，該光觸媒含有層含有因光觸媒反應而自電解液產生氧氣的光觸媒。陰極電極藉由光觸媒含有層中的光觸媒反應而自電解液中產生的氫離子及電子產生氫氣。貫通孔設置於陽極電極或陰極電極中的至少一個電極上，不使電解液通過而使產生的氧氣或氫氣通過。而且，氣體收容部將通過貫通孔的氧氣或氫氣予以收容。

三、英文發明摘要：

An apparatus for producing gas for generating oxygen and/or hydrogen from electrolyte having water includes: an anode, a cathode, pluralities of through holes and a gas receive portion. The anode (light catalyst carrying electrode) includes a light catalyst containing layer. The light catalyst containing layer includes a light catalyst that can generate oxygen from the electrolyte by light catalyst reaction. The cathode generates hydrogen by electrons and hydrogen ions generated from the electrolyte by the reaction of the light catalyst in the light catalyst layer. The through holes are disposed on at least one of anode and cathode, prevent the electrolyte from passing through and let the generated oxygen pass through. The gas receive portion receives the oxygen or hydrogen passing through the through holes.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 15。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1：光觸媒單元

2：陽極電極

3：陰極電極

4：受光窗

10：電解液槽

11：蓋構件

12：電解液

21：第一氣體收容部

101：氧氣排出管

102：惰性氣體供給管

103：氫氣排出管

202：通電用電線

301：支持棒

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種使用有光觸媒的氣體 (gas) 生產裝置及氣體生產方法。

【先前技術】

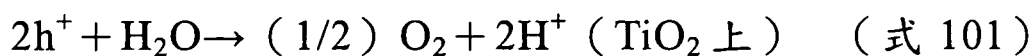
於化石燃料 (fossil fuel) 有可能枯竭，且呼籲環境保護的重要性的過程中，氫作為有希望的主要能源 (energy) 而受到期待。其中，使用光觸媒且藉由太陽光來直接產生氫的技術作為環境方面的影響極小的技術而受到期待。

例如，於專利文獻 1 中揭示有使用光觸媒來產生氫的裝置及方法。該文獻的特徵在於：將光觸媒層承載於積層體的電氣導電層的表面，且將鉑及/或過渡金屬氧化物配設於背面。

又，專利文獻 2 所揭示的電解裝置具有如下的構造，即，相對於設置於上方的陽極 (anode) 電極，於下方設置有陰極 (cathode) 電極。該電解裝置並無將氫與氯予以分離的功能，該該電解裝置的構成為於陰極電極的下表面側設置有凹部，利用該凹部來捕獲產生的氫。

圖 1 是先前的具有包括光觸媒電極的構造且藉由照射光來進行水電解的一般的裝置圖。作為此種裝置，於非專利文獻 1 中揭示有如下的裝置，該裝置利用通電用電線 (wire)，將浸泡於電解液貯器中的電解液且由離子 (ion) 交換膜的鹽橋 (salt bridge) 隔開的 n 型氧化鈦 (TiO_2) 電極與鉑 (Pt) 電極予以連接。將比 410 nm 更短的短波長的

光照射至 TiO_2 的表面之後，光電流於電線中流動，於 TiO_2 的表面產生氧，且於 Pt 的表面產生氫。氧成為氧氣的氣泡，且被氧氣收容部收集。氫成為氫氣的氣泡，且被氫氣收容部收集。該光觸媒的反應式將 e^- 與 h^+ 分別作為由光激發所產生的電子與電洞，且由以下的式 101～式 103 來表示。式 103 為式 101 與式 102 的和。



關於專利文獻 3 及非專利文獻 2，於後文中加以敘述。

[先行技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本專利特開 2006-256901 號公報

[專利文獻 2]日本專利特開 2007-51318 號公報

[專利文獻 3]國際專利公開 2007/049559 號小冊子

[非專利文獻]

[非專利文獻 1]A.Fujishima, K.Honda Nature, vol.238, P37-38 (1972)

[非專利文獻 2]「水分解光觸媒技術」佐藤真理著，荒川裕則監修，CMC 出版，第 2 章「藉由紫外光響應性一段

光觸媒來實現水分解」，p11

此處，專利文獻 1 所揭示的裝置使用質子（proton）傳導性的昂貴的納菲膜（Nafion film）來將光觸媒層所產生的質子輸送至積層體的背面，存在產生氫的成本變高的問題。

又，專利文獻 2 所揭示的電解裝置存在如下的問題：於光觸媒層中產生的氫離子的移動距離長，效率不佳，並且由於該移動距離而導致電流損失變大。

此外，對於上述公知文獻所揭示的裝置而言，光觸媒的氣體產生過程的本質上所固有的以下的問題尚未被解決。亦即，當光觸媒的激發光照射至光觸媒表面時產生電子與電洞，與光觸媒接觸的水分子被電洞氧化，從而產生氧分子與氫離子（質子）。於光觸媒表面，氧分子彼此彙集並成長為氣泡，不久該氣泡脫離光觸媒表面。又，同時於光觸媒表面產生的氫離子（質子）溶入至水中並逐步朝陰極電極移動，但當該氫離子與殘存的氧分子彙集時，會發生再次恢復為水的逆反應。

例如，當進行如下的實驗時，即，當於玻璃光槽（glass cell）中，使承載有鉑的氧化鈦粉末分散於含有水的電解水中，照射紫外光並對氫產生量進行測定時，已確認根據紫外光的照射方向的不同，氫氣的產生量會大不相同。又，已知：如圖 2（a）所示，若自下方，將光 7（紫外光）照射至作為光觸媒的鉑承載氧化鈦粉體 42 所分散的電解液 12，則氫氣 33 的產生量少，但相反地如圖 2（b）所示，

若自電解液 12 的表面側照射光 7，則氫氣 33 的產生量增加。作為光觸媒 42，例示了使氧化鈦粉體 40 承載著鉑微粒子 41 的光觸媒。原因在於：如圖 3 所示，照射光 7 之後形成於承載鉑上的氫氣 33 的氣泡，與形成於鉑承載光觸媒 42 上的氧氣 23 的氣泡在鉑上彙集，藉此，會產生恢復為水的逆反應。

因此，必須儘早地將由光觸媒分解的水分子所產生的氧分子與氫離子予以分離。例如，於非專利文獻 2 中提出有如下的技術：如圖 4 所示，使將光觸媒 42 的表面予以覆蓋的液膜層的厚度，比藉由光 7 的照射而形成的氣泡（氧氣 23 及氫氣 33）的尺寸（size）更小。藉此，由於氫與氧的彙集而恢復為水的逆反應被阻止，從而可迅速地進行光觸媒反應。

然而，如上所述的方法於產業利用上，在進行水分解時浸泡於水中的電極方面，極難以設法使將電極予以覆蓋的液膜比氣泡的尺寸更薄。因此，為了進行更迅速的光觸媒反應，必須以某種方法來儘早地自光觸媒表面除去產生的氧氣。然而，目前如上所述的方法尚未公開。

又，陽極電極若未被光照射則不作動，因此，若用以進行電氣分解的陰極電極設置於與光觸媒層相對向的位置，則陰極電極會妨礙照射光。因此，如專利文獻 2 所示，必須將陰極電極設置於陽極電極的設置有光觸媒層的面之背面側。因此，結果導致隨著質子的移動損失而使電流密度減小。

又，當氧或氫等的氣泡附著於電極時，該氣泡的附著面會妨礙與電解液的接觸，因此，至少於附著面上不會產生水的電解反應。此導致實質性的電極面積減少，從而使產生氣體量減少。

於專利文獻 3 中揭示了如下的內容：使用微反應器（micro reactor）來對 1 wt% 的硫酸水溶液進行電氣分解，對氣泡的產生進行確認。而且，由於水的電氣分解而於水中產生的氣泡經由氣液界面，迅速地移動至氣體流路，確認了氣液分離。

然而，過去並未嘗試以上述形式來利用氣液界面，從而完全阻止光觸媒所產生的氫與氧的逆向反應。

【發明內容】

本發明是鑒於如上所述的內容而成的發明，提供一種藉由光照射的光觸媒作用來效果良好地產生所需的氣體的技術。

（1）根據本發明，提供一種氣體生產裝置，由含有水的電解液來產生氧氣及/或氫氣，其包括：陽極電極，包括光觸媒含有層，該光觸媒含有層含有藉由光觸媒反應而自上述電解液產生氧氣的光觸媒；陰極電極，藉由上述光觸媒含有層中的光觸媒反應而自上述電解液中產生的氫離子及電子產生氫氣；多個貫通孔，設置於上述陽極電極或上述陰極電極的至少一個電極，不使上述電解液通過而使產生的上述氧氣或上述氫氣通過；以及氣體收容部，將通過上述貫通孔的上述氧氣或上述氫氣予以收容。

根據上述發明，經由貫通孔，自該電極的相反面側將陽極電極所產生的氧氣或陰極電極所產生的氫氣予以回收。因此，不會產生因氧與氫彙集而引起的恢復為水分子的逆反應，可有效果地對電解液進行分解。

(2) 於本發明中，上述光觸媒含有層亦可為包含多個空孔的多孔質材料，且上述光觸媒露出至上述空孔。

(3) 於本發明中，上述空孔亦可露出至上述貫通孔的內壁面。

(4) 於本發明中，露出至上述貫通孔的內壁面的上述空孔亦可與其他空孔彼此連通著。

(5) 於本發明中，多個上述貫通孔亦可規則地設置於上述陽極電極或上述陰極電極。

(6) 於本發明中，相鄰接的上述貫通孔的重心之間的距離亦可為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $800\ \mu\text{m}$ 以下。

(7) 於本發明中，全部的上述貫通孔與相鄰接的其他上述貫通孔的重心之間的距離亦可為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $800\ \mu\text{m}$ 以下。

(8) 於本發明中，上述重心之間的距離亦可為上述貫通孔的開口直徑的 1.5 倍以上且為 5 倍以下。

(9) 於本發明中，相鄰接的上述貫通孔的接近邊緣之間的距離亦可為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $400\ \mu\text{m}$ 以下。

(10) 於本發明中，上述光觸媒含有層的層厚亦可為 $0.25\ \mu\text{m}$ 以上且為 $100\ \mu\text{m}$ 以下。

(11) 於本發明中，亦可更包括受光窗，該受光窗使

上述光觸媒的激發光透過，並且將該激發光照射至上述光觸媒含有層。

(12) 於本發明中，上述陽極電極亦可包括對上述光觸媒含有層進行支持的基材，上述基材由使上述激發光透過的材料構成。

(13) 於本發明中，上述受光窗亦可隔著上述基材而配置於上述光觸媒含有層的相反側，透過上述受光窗的上述激發光進一步透過上述基材，接著照射至上述光觸媒含有層。

(14) 於本發明中，上述陰極電極亦可由使上述激發光透過的材料構成，且上述受光窗與上述陰極電極相對向地配置，透過上述受光窗的上述激發光進一步透過上述陰極電極，接著照射至上述光觸媒含有層。

(15) 於本發明中，上述陰極電極與上述陽極電極的上述光觸媒含有層亦可彼此相對向地配置著。

(16) 於本發明中，亦可於與設置於上述陰極電極的上述貫通孔相對向的位置，形成有上述陽極電極的上述光觸媒含有層。

(17) 於本發明中，上述陰極電極亦可包含因接收上述光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，於與設置於上述陽極電極的上述貫通孔相對向的位置，形成有上述陰極電極的上述助觸媒含有層。

(18) 於本發明中，設置於上述陰極電極或上述陽極電極的上述貫通孔亦可為狹縫形狀。

(19) 於本發明中，上述陰極電極及上述陽極電極亦可均包括狹縫形狀的貫通孔，且以上述陰極電極與上述陽極電極相對向地配置的狀態，上述狹縫形狀的貫通孔彼此錯開。

(20) 於本發明中，由隔開規定的間隔而彼此平行地配置的上述陰極電極及上述陽極電極所構成的電極對，亦可具有可朝與面垂直的方向彎曲或撓曲的可撓性。

(21) 於本發明中，上述陰極電極亦可包含因接收上述光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，於上述陽極電極的上述光觸媒含有層與上述陰極電極的上述助觸媒含有層之間，設置有包含導電性的材料且可使上述電解液透過的電子移動層。

(22) 於本發明中，上述陰極電極與上述陽極電極亦可支持於共用的基材且橫向排列地配置著。

(23) 於本發明中，多個上述陰極電極與多個上述陽極電極亦可彼此相鄰接地配置著。

(24) 於本發明中，亦可包括：第一貫通孔，設置於上述陽極電極，不使上述電解液通過而使上述氧氣通過；以及第二貫通孔，設置於上述陰極電極，不使上述電解液通過而使上述氫氣通過。

(25) 於本發明中，亦可包括：第一上述氣體收容部，設置於上述第一貫通孔的開口且收容上述氧氣；以及第二上述氣體收容部，設置於上述第二貫通孔的開口且收容上述氫氣。

(26) 於本發明中，上述陰極電極亦可包含因接收上述光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，上述光觸媒含有層配置於上述第一貫通孔的附近，上述助觸媒含有層配置於上述第二貫通孔的附近。

(27) 於本發明中，上述光觸媒含有層亦可呈環(ring)狀地設置於上述第一貫通孔的開口部的周緣部，上述助觸媒含有層呈環狀地設置於上述第二貫通孔的開口部的周緣部。

(28) 於本發明中，上述陰極電極與上述陽極電極亦可經由電氣絕緣性的材料而橫向排列且相鄰接地設置，上述陰極電極與上述陽極電極的鄰接間隔為 $0.01\ \mu\text{m}$ 以上。

(29) 於本發明中，亦可包括受光窗，該受光窗使上述光觸媒的激發光透過，並且將該激發光照射至上述光觸媒含有層，上述受光窗配置於與上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層均相對向的位置，透過上述受光窗的上述激發光照射至上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層。

(30) 於本發明中，上述陽極電極及上述陰極電極亦可分別由使上述光觸媒的激發光透過的材料構成，使上述激發光透過並且將該激發光照射至上述光觸媒含有層的受光窗與上述陽極電極及上述陰極電極相對向，且配置於上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層的相反側，透過上述受光窗的上述激發光進一步透過上述陽極電極及上述陰極電極，接著照射至上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層。

(31) 於本發明中，上述光觸媒含有層或上述助觸媒

含有層中的至少一個層亦可相對於上述基材而傾斜地配置著。

(32) 於本發明中，上述光觸媒含有層或上述助觸媒含有層亦可包括自上述基材突出的凸面部。

(33) 於本發明中，上述凸面部亦可呈包括彼此相對向的一對立面的箱狀。

(34) 於本發明中，上述氣體收容部亦可形成於上述凸面部的內部。

(35) 於本發明中，亦可對上述貫通孔的內壁面實施有疏水化處理。

(36) 於本發明中，上述光觸媒含有層及上述陰極電極亦可相對於上述電解液而言為親液性。

(37) 於本發明中，上述陽極電極或上述陰極電極中的設置有上述氣體收容部的背面側亦可相對於上述電解液而言為疏液性。

(38) 於本發明中，亦可更包括：蓄積有上述電解液且使上述陽極電極及上述陰極電極浸漬於上述電解液的電解液槽；將上述電解液供給至上述電解液槽的電解液供給管；以及自上述電解液槽將用於觸媒反應的上述電解液予以排出的電解液排出管。

(39) 於本發明中，上述光觸媒含有層中所含的光觸媒亦可為選自包含氧化鈦、氧化釩、氧化鎳、氧化鋅、氧化鉀、氧化鋇、氧化鈮、氧化鉬、氧化鉭、氧化鎢、氧化鎂、氧化鋁、氧化錫、氧化銻、氧化鉛及氧化鉍

等的氧化物、以及這些物質的氮化物、硫化物的群中的至少一種物質。

(40) 於本發明中，上述助觸媒含有層中所含的助觸媒亦可為選自包含鉑、鎳、釷 (ruthenium)、氧化鎳及氧化釷的群中的至少一種物質。

(41) 於本發明中，亦可更包括照射上述激發光的光源。

(42) 又，根據本發明，提供一種氣體生產方法，由含有水的電解液來產生氧氣及/或氫氣，其包括如下的步驟：使包括光觸媒含有層的陽極電極及陰極電極與上述電解液接觸，上述光觸媒含有層含有藉由光觸媒反應而自上述電解液產生氧氣的光觸媒，上述陰極電極自藉由上述光觸媒含有層中的光觸媒反應而產生的上述電解液中的氫離子與電子來產生氫氣；將光觸媒的激發光照射至上述光觸媒含有層；以及經由設置於上述陽極電極或上述陰極電極的多個貫通孔，將上述陽極電極所產生的上述氧氣或上述陰極電極所產生的上述氫氣中的至少一種氣體予以捕獲。

(43) 於本發明中，上述光觸媒含有層亦可為包含使上述光觸媒露出的多個空孔的多孔質材料，上述光觸媒含有層經由上述貫通孔來將上述空孔的內部所產生的上述氧氣或上述氫氣予以捕獲。

(44) 於本發明中，亦可經由露出至上述貫通孔的內壁面的其他上述空孔，經上述貫通孔來將上述空孔的內部所產生的上述氧氣或上述氫氣予以捕獲。

(45) 於本發明中，上述陽極電極亦可包括對上述光觸媒含有層進行支持的基材，上述基材由使上述激發光透過的材料構成，將透過上述基材的上述激發光照射至上述光觸媒含有層。

(46) 於本發明中，上述陰極電極亦可由使上述激發光透過的材料構成，將透過上述陰極電極的上述激發光照射至上述光觸媒含有層。

(47) 於本發明中，上述陰極電極亦可包含因接收上述激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，將上述陽極電極或上述陰極電極所反射的上述激發光照射至其他上述陽極電極的上述光觸媒含有層或上述陰極電極的上述助觸媒含有層。

(48) 於本發明中，上述陰極電極亦可包含因接收上述激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，將通過設置於上述陽極電極或上述陰極電極的上述貫通孔的上述激發光照射至其他上述陰極電極的上述助觸媒含有層或上述陽極電極的上述光觸媒含有層。

根據本發明，可提供一種氣體生產裝置及氣體生產方法，該氣體生產裝置可藉由使用太陽光等的光觸媒分解來效果良好地產生氫氣、氧氣、以及這些氣體的混成氣體等。而且，無需將昂貴的材料用作本發明中所使用的電極，因此，可使氣體生產裝置或該氣體的製造成本減少。

為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說

明如下。

【實施方式】

以下，使用圖式來對本發明的實施形態進行說明。再者，於全部的圖式中，對相同的構成要素附上相同的符號，並適當地省略說明。

本實施形態的氣體生產裝置是自含有水的電解液產生氧氣及/或氫氣的裝置。本實施形態的氣體生產裝置包括陽極電極、陰極電極、多個貫通孔、以及氣體收容部。

陽極電極（光觸媒承載電極）包括光觸媒含有層，該光觸媒含有層含有藉由光觸媒反應而自電解液產生氧氣的光觸媒。陰極電極藉由光觸媒含有層中的光觸媒反應而自電解液中產生的氫離子及電子產生氫氣。貫通孔（第一貫通孔及/或第二貫通孔）設置於陽極電極或陰極電極中的至少一個電極，該貫通孔不使電解液通過，而使所產生的氧氣或氫氣通過。接著，氣體收容部（第一氣體收容部及/或第二氣體收容部）將通過貫通孔的氧氣或氫氣予以收容。

圖 5 (a) ～圖 5 (d) 是表示本實施形態的氣體生產裝置 100 的基本概念的模式圖。氣體生產裝置 100 包括陽極電極 2 與陰極電極 3。陽極電極 2 包括基材 25、與積層地設置於該基材 25 的其中一個主面的光觸媒含有層 27。該光觸媒含有層 27 包含藉由光觸媒反應來自電解液槽 10 中的電解液 12 產生氧氣的光觸媒。

陰極電極 3 於電解液 12 中，由氫離子與電子來產生氫氣，該氫離子與電子於光觸媒含有層 27 中，由光 7 引發的

光觸媒反應所產生。

陽極電極 2 及陰極電極 3 中的至少一個電極包括多個貫通孔（第一貫通孔 111 及/或第二貫通孔 113）。該貫通孔不使電解液 12 通過，而選擇性地使氣體（氧氣或氫氣）通過至背面側，該氣體是藉由將激發光照射至光觸媒而於電極的表面側產生的氣體。

本實施形態的陰極電極 3 包括藉由接收光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層 43。光觸媒含有層 27 配置於第一貫通孔 111 的附近，助觸媒含有層 43 配置於第二貫通孔 113 的附近。

氣體生產裝置 100 包括圍繞開口形成有貫通孔的背面的氣體收容部（第一氣體收容部 21 及/或第二氣體收容部 31）。

亦即，氣體生產裝置 100 包括：第一貫通孔（第一貫通孔 111），設置於陽極電極 2，且不使電解液 12 通過而使氧氣通過；以及第二貫通孔（第二貫通孔 113），設置於陰極電極 3，且不使電解液 12 通過而使氫氣通過。

而且，氣體生產裝置 100 包括：第一氣體收容部 21，設置於第一貫通孔 111 的開口且收容氧氣；以及第二氣體收容部 31，設置於第二貫通孔 113 的開口且收容氫氣。

又，氣體生產裝置 100 更包括受光窗，該受光窗使光觸媒的激發光透過，並且將該激發光照射至光觸媒含有層。

使用圖 5（a）來詳細地進行說明。該圖 5（a）為氣體生產裝置 100 的側視圖。

光 7 (紫外光或可見光) 通過受光窗 4 及電解液槽 10 而照射至光觸媒含有層 27, 藉此來產生光觸媒反應, 於電解液中形成氧與質子。此處, 形成的質子直至到達助觸媒含有層 43 的表面才會變化為氫。

當自該質子變化為氫時亦需要電子, 但關於該電子的供給途徑 (route), 存在若干方法, 其代表性的例子將後述於圖 10 (a)、圖 10 (b) 中。質子於電解液中遊動, 藉此, 自光觸媒含有層 27 到達助觸媒含有層 43。因此, 該質子的遊動距離較佳為短距離。然而, 圖 5 (a) 所示的重要之處在於: 光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43 所產生的氧與氫彼此並不相遇, 換言之, 於氧與氫因彙集而發生恢復為水的逆向反應之前, 藉由以氣液分離為目的之貫通孔 111、113 來將氫與氧予以分離, 使氫與氧失去彙集的機會, 藉此來效果良好地捕獲氫氣。再者, 任選是否將光 7 照射至包括助觸媒含有層 43 的陰極電極 3。

圖 5 (a) 所示的受光窗 4 相對於基材 25, 配置於與光觸媒含有層 27 相同側。換言之, 光 7 不透過基材 25 而照射至光觸媒含有層 27。因此, 基材 25 可使用透光性的材料或不透光性的材料中的任一種材料。於該圖 5 (a) 中例示有不透光性的基材 29。

圖 5 (b) 與圖 5 (a) 大致相同, 但光 7 的照射方向相反。陽極電極 2 包括對光觸媒含有層 27 進行支持的基材 25。該基材 25 由使激發光 7 透過的透光性的材料 (透光性基材 28) 構成。又, 構成第一氣體收容部 21 的材料亦具

有透光性。

又，設置於助觸媒含有層 43 與受光窗 4 之間的第二氣體收容部 31 亦同樣地包含透光性的材料。

藉此，通過受光窗 4 的激發光 7 經由第一氣體收容部 21 或第二氣體收容部 31 而入射至基材 25（透光性基材 28），然後經由基材 25 而到達光觸媒含有層 27 或助觸媒含有層 43，對蓄積於電解液槽 10 的電解液 12 產生電解作用。

圖 5（c）為圖 5（a）所示的包括光觸媒含有層 27 的陽極電極 2 單獨的光觸媒單元（陽極單元）。例如，將形成將陽極電極 2 安裝於該光觸媒單元且將鉑板代用作陰極電極的構造，該構造與後述的圖 15 所示的構造相同。

又，圖 5（d）為圖 5（a）所示的包括助觸媒含有層 43 的陰極電極 3 單獨的助觸媒單元（陰極單元）。例如，可形成將陰極電極 3 安裝於該助觸媒單元的構造，該構造與後述的圖 17 所示的構造相同。

此處，對作用於與電解液 12 接觸的貫通孔的楊-拉普拉斯壓力（Young-Laplace pressure）進行說明。

圖 6（a）是對楊-拉普拉斯方程式進行說明的圖，且是與貫通孔 111 中的氣體相及電解液 12 的氣液界面 52 的形成機制相關的說明。圖 6（b）表示貫通孔 111 的開口部 51 為矩形的形狀的情形，圖 6（c）表示貫通孔 111 的開口部 51 為大致圓形的情形。

楊-拉普拉斯方程式是按照以下的式（1）的方式來定義。

$$\Delta P (=P_1-P_2) \leq -4\gamma\cos\theta/W = \Delta p \quad (1)$$

於上述式 (1) 中， Δp 表示楊-拉普拉斯壓力， γ 表示電解液 12 的表面張力， θ 表示電解液 12 與貫通孔 111 (或貫通孔 113) 的壁面的接觸角， W 表示貫通孔 111 的開口部 51 的直徑。 P_1 與 P_2 分別為液相側壓力與氣相側壓力。

如圖 6 (a) 所示，以接觸角 θ 來發生接觸的電解液 12 朝貫通孔 111 的深度方向擴散時所需的力為 $-\gamma\cos\theta$ 。此處，如圖 6 (b) 所示，於貫通孔 111 的開口部 51 為 $W \times W$ 的矩形的形狀的情形時，表面張力施加於與電解液 12 接觸的面。亦即，此時將電解液 12 壓入至貫通孔 111 時所需的力為 $-4W\gamma\cos\theta$ 。將該力除以貫通孔 111 的面積 (W^2) 而換算為壓力之後，楊-拉普拉斯方程式如上式 (1) 所示。

同樣地如圖 6 (c) 所示，於貫通孔 111 的開口部 51 為直徑 W 的圓形狀的情形時，將電解液 12 朝貫通孔 111 的深度方向予以壓入時所需的力為 $-\pi W\gamma\cos\theta$ 。將該力除以貫通孔 111 的面積 ($\pi \cdot W^2/4$) 而換算為壓力之後，於該情形時，楊-拉普拉斯方程式亦如上式 (1) 所示。

再者，當如狹縫狀的貫通孔般，一邊 L 遠比另一邊 W 更長時 ($L \gg W$)，楊-拉普拉斯壓力 Δp 可藉由與式 (1) 類似的以下的式 (2) 來表示。

$$\Delta p = -2\gamma\cos\theta/W \quad (2)$$

此處，於將貫通孔設為狹縫狀的情形時，該貫通孔的開口寬度（相當於 W ）為 $1000\ \mu\text{m}$ 以下，較佳為 $500\ \mu\text{m}$ 以下，更佳為 $100\ \mu\text{m}$ 以下，最佳為 $50\ \mu\text{m}$ 以下。貫通孔的開口寬度只要可使產生的氣體通過，則越小越好。如式（1）所示，若寬度 W 小，則楊-拉普拉斯壓力有變得更大的傾向，由於楊-拉普拉斯壓力變得更大，因此，對電解液 12 的侵入進行抑制的力變得更強。

當將以水為主成分的電解液的表面張力設為 $70[\text{mN/m}]$ ，且將電解液 12 與貫通孔 111 的內壁面的接觸角設為 110° 時，相對於假定的開口寬度 W 的楊-拉普拉斯壓力 Δp 的大小表示如下。

$W = 1000\ \mu\text{m}$ 時的 $\Delta p = 96\ \text{Pa} = 0.9\ \text{cm-水柱}$

$W = 500\ \mu\text{m}$ 時的 $\Delta p = 193\ \text{Pa} = 1.9\ \text{cm-水柱}$

$W = 100\ \mu\text{m}$ 時的 $\Delta p = 957\ \text{Pa} = 9.6\ \text{cm-水柱}$

$W = 50\ \mu\text{m}$ 時的 $\Delta p = 1914\ \text{Pa} = 19.2\ \text{cm-水柱}$

於沿著鉛垂方向設置陽極電極 2 的縱型的氣體生產裝置 100 的情形時，上述結果表示可擴張的陽極電極 2 的開口寬度 W 的極限。另一方面，於沿著水平方向設置陽極電極 2 的橫型的氣體生產裝置 100 的情形時，上述結果表示自設置於陰極電極 3 的上方的陽極電極 2 的上表面至電解液面為止的限制高度。使貫通孔 111 的開口寬度 W 變得更小，藉此，可實現陽極電極 2 的設計的自由度與操作穩定性的提高。

圖 7 是對形成有貫通孔 111、113 的狀況進行觀察時所見的平面圖，該圖 7 表示貫通孔的孔徑與間距（pitch）的關係。此處，所謂貫通孔的間距，是指相鄰接的孔的中心（重心）彼此的距離。

於本實施形態中，多個貫通孔 111、113 規則地配置於陽極電極 2 或陰極電極 3。於圖 7 所揭示的內容中，將貫通孔配置為千鳥格子狀，記載有孔徑的貫通孔、與該貫通孔相鄰接的橫向的貫通孔、及位於傾斜 60° 的位置的貫通孔之間的間距為相同距離。再者，代替千鳥格子狀，亦可將貫通孔 111、113 配置為正方格子狀或斜方格子狀。

相鄰接的貫通孔 111、113 的重心之間的距離較佳為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $800\ \mu\text{m}$ 以下。由於包括與相鄰接的其他貫通孔之間的距離處於上述範圍的貫通孔 111、113，因此，能夠以高產率來將光觸媒反應所產生的氣體（氧氣或氫氣）予以捕獲。

而且，於本實施形態的氣體生產裝置 100 中，全部的貫通孔 111、113 與相鄰接的其他貫通孔之間的重心之間的距離較佳為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $800\ \mu\text{m}$ 以下。藉此，無論陽極電極 2 或陰極電極 3 的部位如何，氣體的產率均良好。

相鄰接的貫通孔 111、113 彼此的重心之間的距離較佳為貫通孔 111、113 的開口直徑的 1.5 倍以上且為 5 倍以下。如下所述，由於產生的電洞及電子的移動距離較佳為儘可能短，因此，若孔間距間隔處於上述範圍，則會效率良好地產生氣體。

又，貫通孔 111、113 的開口直徑較佳為 300 μm 以下，更佳為 100 μm 以下。如上所述，若孔徑小，則可藉由楊-拉普拉斯壓力來更容易地阻止電解液的洩漏，因此，若孔徑處於上述範圍，則可不使電解液通過而選擇性地僅使氣體通過。

因此，藉由滿足全部的上述條件（孔徑、孔間距間隔），可於觸媒層（光觸媒含有層 27、助觸媒含有層 43）的表面效率良好地產生氣體，而且產生氣體經由貫通孔 111、113 而效率良好地移動至背面側。亦即，由於產生氣體不會附著於觸媒層表面且不會抑制後續的氣體產生，因此，可自電解液效率良好地產生所需的氣體，而且產生氣體的分離回收性亦優異。

圖 8(a) 是對由光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43、以及各自的貫通孔（第一貫通孔 111 與第二貫通孔 113）的構造所產生的特徵進行說明的模式圖。圖 8(b) 是圖 8(a) 的放大圖。

光觸媒含有層 27（助觸媒含有層 43）為包含多個空孔的多孔質材料，光觸媒（助觸媒）露出至空孔。光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43 實質上僅包含光觸媒及助觸媒。

光觸媒含有層 27（助觸媒含有層 43）的空孔露出且存在於貫通孔 111、113 的內壁面。亦即，於陽極電極 2 及陰極電極 3 的貫通孔 111、113 的內壁面，形成有包含光觸媒或助觸媒的多個空孔的開口。

又，露出至貫通孔 111、113 的內壁面的光觸媒含有層

27（助觸媒含有層 43）的空孔與其他空孔彼此連通著。換言之，光觸媒含有層 27、助觸媒含有層 43 包含連續氣泡類型（type）的多孔質材料。藉此，於沿著厚度方向含浸於光觸媒含有層 27（助觸媒含有層 43）的電解液 12 中產生的氣體，經由空孔而到達接近的貫通孔 111、113。由於楊-拉普拉斯壓力以下的電解液 12 不會侵入至貫通孔 111、113，因此，貫通孔 111、113 的開口附近成為電解液 12 與氣體的氣液界面。因此，於光觸媒含有層 27（助觸媒含有層 43）的內部產生的氣體到達貫通孔 111、113，藉此，自電解液 12 脫離且成為氣泡，該氣泡於陽極電極 2（陰極電極 3）的相反面側被捕獲。

亦即，於圖 8（a）、圖 8（b）的點（point）X 所示的位置，在滲入有電解液 12 的光觸媒含有層 27 中，或者在處於與電解液 12 接觸的狀態的光觸媒含有層 27 中，藉由光照射而產生光激發反應，從而產生電子與電洞，接著如上述（式 101）所示，產生氧分子與質子。氧分子集合之後才會形成氣泡，但於產生初期的階段，分子處於溶解於電解液的狀態。於點 X 處產生的氧分子藉由擴散而於光觸媒含有層 27 中及電解液 12 中漂遊，但不久到達貫通孔 111 與電解液 12 所形成的氣液界面 52，進入至氣體，從而成為構成氧氣的分子。如此，氧分子作為氧氣而逐步被捕獲。

另一方面，質子於存在電子之後才可變化為氫分子。為了使質子變化為氫分子，除了需要存在電子之外，如上述（式 102）所示，亦需要存在助觸媒。因此，質子於光

觸媒含有層 27 中擴散，且溶出至電解液 12 之後，到達助觸媒含有層 43 才可成為氫分子。

然而，若光觸媒含有層 27 中無貫通孔 111，則對於形成於光觸媒含有層 27 中的氧分子而言，藉由與質子相同的擴散所引起的運動而未能夠實現氣泡化的氧分子到達助觸媒含有層 43，於此處，該氧分子藉由恢復為水的逆向反應而與質子一併消失。

因此，如本實施形態般，由於貫通孔 111 所形成的氣液界面 52 存在於光觸媒含有層 27 的附近，故而產生的氧分子溶入至電解液 12，藉由擴散而到達貫通孔所形成的氣液界面，藉此，可使該氧分子氣體化，或者可於產生的氧分子成為氧氣泡之後進行分離回收。因此，可阻止恢復為水的逆向反應，結果，使氫的捕獲效果提高。

又，藉由形成於助觸媒含有層 43 的貫通孔 113，促進利用氣液界面來對氫進行分離捕獲。藉此，可與氧的分離捕獲的過程（process）同樣地使氫的捕獲效果提高。

較佳為，氣液界面 52 與氧分子及質子的產生點、或氫分子的產生點的距離近，該氣液界面由形成於光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43 的貫通孔 111、113 所形成。以下，將該距離稱為界面-反應點距離。該界面-反應點距離是使氣液分離的過程有效所必需的距離。以貫通孔的直徑及間距不同的系統來進行反覆實驗之後，已知界面-反應點距離較佳為 400 μm 以內。

因此，相鄰接的貫通孔 111、113 的接近邊緣之間的距

離較佳為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $400\ \mu\text{m}$ 以下。藉此，即便當最遠離貫通孔 111、113 的位置成為質子的產生點時，即，即便當貫通孔 111、113 彼此的中間位置成為質子的產生點時，亦可將界面-反應點距離設為 $400\ \mu\text{m}$ 以下。

又，相鄰接的貫通孔 111、113 的重心之間的距離更佳為 $100\ \mu\text{m}$ 以下。使相鄰接的貫通孔彼此的距離處於上述範圍，藉此，可良好地減小界面-反應點距離。

此處，較佳為對貫通孔 111、113 的內壁面實施疏水化處理。

同樣地，較佳為陽極電極 2 或陰極電極 3 中的設置有氣體收容部 21、31 的背面側相對於電解液 12 而言為疏液性。

藉此，電解液 12 對於貫通孔 111、113 的侵入受到抑制，貫通孔 111、113 的內部的大致整體成為氣相，氣液界面 52 形成於貫通孔 111、113 的開口附近。因此，於陽極電極 2 或陰極電極 3 的內部及表面附近產生的氣體均到達貫通孔 111、113，藉此，立即氣體（氣相）化並被捕獲。

較佳為光觸媒含有層 27 及陰極電極 3 相對於電解液 12 而言為親液性。藉此，電解液 12 與光觸媒含有層 27 及陰極電極 3（助觸媒含有層 43）良好地接觸而進行光觸媒反應。

此處，對本實施形態的氣體生產方法（以下，有時稱為本方法）進行說明。

本方法為自含有水的電解液產生氧氣及/或氫氣的方

法。

本方法包括液體接觸步驟、照射步驟、以及捕獲步驟。

於液體接觸步驟中，使包括光觸媒含有層 27 的陽極電極 2 及陰極電極 3 與電解液接觸，該光觸媒含有層 27 含有藉由光觸媒反應而自電解液產生氧氣的光觸媒，上述陰極電極 3 自光觸媒含有層 27 中的光觸媒反應所產生的電解液中的氫離子與電子產生氫氣。

於照射步驟中，將光觸媒的激發光照射至光觸媒含有層 27。

此外，於捕獲步驟中，經由設置於陽極電極 2 或陰極電極 3 的多個貫通孔 111、113，來將該陽極電極 2 所產生的氧氣或陰極電極 3 所產生的氫氣中的至少一種氣體予以捕獲。

如上所述，光觸媒含有層 27 為包含使光觸媒露出的多個空孔的多孔質材料，該光觸媒含有層 27 經由貫通孔 111、113 來將空孔的內部所產生的氧氣或氫氣予以捕獲。

接著，經由露出至貫通孔 111、113 的內壁面的其他空孔，自貫通孔來將空孔的內部所產生的氧氣或氫氣予以捕獲。

圖 9 (a) ~ 圖 9 (d) 是表示相對向地設置有陽極電極 2 與陰極電極 3 的對向配置型的氣體生產裝置的基本構成的模式圖。陰極電極 3 與陽極電極 2 的光觸媒含有層 27 彼此相對向地配置著。

圖 9 (a) 是立體圖，圖 9 (b) 是側視剖面圖。這些圖

表示自光觸媒含有層 27 的背面照射光 7 的情形。光 7 通過受光窗 4、第一氣體收容部 21、以及透光性基材 28 而照射至光觸媒含有層 27。

另一方面，圖 9 (c)、圖 9 (d) 同樣是表示對向配置型的氣體生產裝置的基本構成的圖。這些圖分別為立體圖及側視剖面圖。光 7 的照射方向與圖 9 (a)、圖 9 (b) 的情形相反，自助觸媒含有層 43 的背面照射出光 7。

上述陰極電極 3 由使激發光 7 透過的材料構成。而且，受光窗 4 與陰極電極 3 相對向地配置，透過受光窗 4 的激發光 7 進一步透過陰極電極 3 而照射至光觸媒含有層 27。於該情形時，助觸媒含有層 43 必須為透光性，該助觸媒含有層 43 的層厚較佳為 10 nm 以上且為 200 nm 以下，更佳為 30 nm 以上且為 150 nm 以下。又，構成陰極電極 3 的基材亦較佳為透光性，可使用透光性基材 28。

圖 9 (a)、圖 9 (b) 所示的受光窗 4 隔著透光性基材 28 而配置於光觸媒含有層 27 的相反側。透過受光窗 4 的激發光進一步透過透光性基材 28 而照射至光觸媒含有層 27。

圖 9 (a) ~ 圖 9 (d) 所示的對向配置型的氣體生產裝置的優點在於：構造簡單，而且可儘可能地使陽極電極 2 與陰極電極 3 之間的距離減小。藉此，質子的移動距離減小，從而氫的捕獲效果提高。

陽極電極 2 包括對光觸媒含有層 27 進行支持的基材（透光性基材 28）。該透光性基材 28 由使激發光 7 透過的

材料構成。而且，於圖 9 (a)、圖 9 (b) 所示的照射步驟中，將透過透光性基材 28 的激發光 7 照射至光觸媒含有層 27。

陰極電極 3 由使激發光 7 透過的材料構成。而且，於圖 9 (c)、圖 9 (d) 所示的照射步驟中，將透過陰極電極 3 的激發光 7 照射至光觸媒含有層 27。

圖 10 (a)、圖 10 (b) 是表示於光觸媒含有層 27 中產生的質子及電子的移動的說明圖。具體而言，圖 10 (a) 表示由通過陰極電極 3 與陽極電極 2 的外部的導線 202 來將該陰極電極 3 與陽極電極 2 予以結合的狀態。可效果良好地將於光觸媒含有層 27 (氧化鈦層 19) 中產生的電子 8 (e^-) 經由導線 202 而輸送至陰極電極 3。質子 34 (H^+) 於電解液 12 內移動，接著到達陰極電極 3 的助觸媒含有層 43。以同樣方式產生的氧氣 23 穿過陽極電極 2 而被捕獲，氫氣 33 穿過陰極電極 3 而被捕獲。

再者，對光觸媒反應的機制進行研究之後，發現不一定需要此種通過外部的導線 202。例如，亦可使如圖 10(b) 所示的多孔質鈦 (titanium) 206 般的導電性及物質輸送性 (擴散性) 良好的構造的材料介於陽極電極 2 與陰極電極 3 之間。藉此，可不對氫氣及氧氣的產生造成影響而將電子輸送至陰極電極 3，該電子是藉由光 7 的照射而由陽極電極 2 產生的電子。

亦即，陰極電極 3 包括藉由接收光觸媒的激發光 7 而產生氫氣的助觸媒含有層 43，並且於陽極電極 2 的光觸媒

含有層 27 與陰極電極 3 的助觸媒含有層 43 之間，設置有包含導電性的材料且可使電解液透過的電子移動層（多孔質鈦 206）。

< 光觸媒單元 >

圖 11 (a)、圖 11 (b) 是表示本實施形態的光觸媒單元（陽極單元）1 的構成的模式圖。圖 11 (a) 是光觸媒單元 1 的側視剖面圖，圖 11 (b) 是光觸媒單元 1 的正面圖。光觸媒單元 1 是如下的構件，其包括陽極電極 2，且藉由與助觸媒單元（陰極單元）一併使用而構成氣體生產裝置 100。

如圖 11 (a)、圖 11 (b) 所示，光觸媒單元 1 包括藉由通電用金屬框 201 而固定於光觸媒單元 1 的陽極電極 2、受光窗 4、收容氧氣的第一氣體收容部 21、氧氣排出管 101、惰性氣體供給管 102、以及通電用電線 202。陽極電極 2 安裝於電極固持器（holder）120。

陽極電極 2 包括基材 25、及形成於基材 25 的其中一個面的光觸媒含有層 27。又，雖於下文中敘述，但亦可於基材 25 上形成透明導電膜 24。包括光觸媒含有層 27 的光觸媒承載面 20 位於陽極電極 2 中的自受光窗 4 接收光的面的背面側。形成於與電解液接觸的面的光觸媒含有層 27 相對於電解液而言為親液性。電解液含有水，光觸媒含有層 27 較佳為親水性。

於本實施形態中，作為構成陽極電極 2 的基材 25 的形狀，可列舉薄片（sheet）狀、基板狀、以及薄膜狀等。

基材 25 亦可使用透光性基材 28，該透光性基材 28 對於將光觸媒含有層 27 中所含的觸媒予以激發的激發光而言透明。藉此，光觸媒可發揮氣體產生功能。自受光窗 4 入射的激發光透過陽極電極 2，接著自背面側照射至光觸媒承載面 20 的光觸媒含有層 27，從而發揮光觸媒功能。

亦可使用玻璃等的鹼 (alkali) 玻璃來作為透光性基材 25，但若相對於紫外線必須具有透明性，則較佳為石英板。除了石英之外，亦可使用氟化鎂 (magnesium fluoride) 或氟化鈣 (calcium fluoride) 等的陶瓷 (ceramics) 材料。又，亦可使用塑膠薄膜 (plastic film)，但較佳為相對於紫外線亦具有透明性的材料。若為塑膠薄膜，則易於形成多個微細的孔，且可實現氣體生產裝置及產生氣體的低成本化。又，可使用聚對苯二甲酸乙二醇酯 (polyethylene terephthalate)、聚對苯二甲酸丁二醇酯 (polybutylene terephthalate)、聚萘二甲酸乙二醇酯 (polyethylene naphthalate) 等的聚酯 (polyester) 系樹脂薄膜、聚乙烯 (polyethylene)、聚丙烯 (polypropylene)、聚甲基戊烯 (polymethylpentene)、環狀聚烯烴共聚物 (cyclic polyolefin copolymer) 等的聚烯烴樹脂薄膜、甲基丙烯酸 (methacrylate) 樹脂薄膜、聚碳酸酯 (polycarbonate) 樹脂薄膜、聚苯乙烯 (polystyrene) 樹脂薄膜、醋酸纖維素 (cellulose acetate) 樹脂薄膜、透明性聚醯亞胺 (polyimide) 樹脂薄膜、透明性氟樹脂薄膜、聚矽氧 (silicone) 樹脂薄膜、以及一部分的生物降解聚合物 (biodegradable polymer)

等來作為透明的塑膠薄膜。

再者，於本實施形態中，例示了積層有基材 25 與光觸媒含有層 27 的陽極電極 2，但本發明不限於此。亦可僅由光觸媒含有層 27 來構成陽極電極 2，基材 25 的使用為任意。再者，當將本實施形態的氣體生產裝置 100 搭載於地面或設置台（未圖示）時，亦可將用以載置陽極電極 2（光觸媒含有層 27）或其他構件的基材（基台）用作底座。

又，基材 25 較佳為具有導電性，但一般而言，該基材 25 具有絕緣性。於該情形時，如後述的圖 12（c）所示，亦可藉由於基材 25 與光觸媒含有層 27 之間形成透明導電膜 24，來使基材 25 的表面具有導電性。

於本實施形態中，根據自受光窗 4 照射出激發光的例子來進行說明，該受光窗 4 設置於與光觸媒承載面 20 的背面對向的位置。再者，當自光觸媒承載面 20 側直接照射激發光時，基材 25 無需對於激發光而言透明。於該情形時，用於陽極電極 2 的基材 25 可由金屬基板或石墨板等構成。又，於將網孔（mesh）狀或簾狀的材料用於陽極電極 2 的情形時，亦可使用金屬製或石墨製的纖維（fiber）等。包含這些材料的基材 25 具有導電性，因此，無需設置透明導電膜 24。

再者，當陽極電極 2 的基材 25 對於激發光而言不透明時，較佳為，由相對於激發光而言透明的材料來形成與陽極電極 2 相對向的陰極電極 3，從而可將激發光照射至光觸媒含有層 27。

光觸媒效果。最近，對於可見光亦可發揮光觸媒功能的觸媒的開發正在進行。作為代表性的可見光型光觸媒，承載有氧化銻的氧化鈦、或鉬酸鈉複合氧化物、鉍氧化物系、以及摻雜有銨（rhodium）的鋇（strontium）系氧化鈦等的研究已進行，亦可使用這些光觸媒。

作為包含上述光觸媒的光觸媒含有層 27 的形成方法，可列舉離子電鍍法、化學蒸鍍法、真空蒸鍍法、以及濺鍍法等。

又，當光觸媒溶解於不會腐蝕薄片基板的溶劑時，可較佳地採用旋塗（spin coat）法、網版（screen）印刷法、以及噴霧（spray）法等形成方法。形成上述光觸媒含有層 27 之後，這些光觸媒為非晶（amorphous）狀態，因此，光激發所產生的電子、電洞於到達反應表面之前被缺陷或障礙（disorder）所捕捉，無法實現觸媒功能。因此，為了使結晶化進行而進行加熱處理。加熱溫度較佳為 $200^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的範圍。又，使用經結晶化的光觸媒，藉由進行用以將所含的作為觸媒分散溶液的樹脂組成物（黏合劑（binder））予以除去的加熱處理，可對無需加熱處理或加熱處理的溫度不足 200°C 的光觸媒進行處理。

此外，亦可使用澆鑄（casting）法作為光觸媒含有層 27 的形成方法，該澆鑄法是使分散光觸媒的觸媒分散溶液流入至模具，對該模具進行加熱煅燒或溶劑處理，從而將觸媒分散溶液予以除去。具體而言，將樹脂組成物（黏合

劑) 用作觸媒分散溶液且對其進行加熱煅燒，藉此，可製造實質上僅包含光觸媒的多孔質材料。使用與貫通孔相對應的部位突出的光觸媒含有層 27 的反轉模具來作為流入有觸媒分散溶液的模具。助觸媒含有層 43 的製造亦相同。

光觸媒含有層 27 的層厚較佳為 $0.01\ \mu\text{m}$ 以上且為 $100\ \mu\text{m}$ 以下， $1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $10\ \mu\text{m}$ 以下的範圍則更佳。為了使光激發所產生的電洞或電子與電解液效果良好地發生反應，必須使光觸媒的微粒子與電解液的接觸面積變大。因此，不僅於表面上而且於膜的深度方向上，距離越長，則與微粒子接觸的機會越多。當層厚過小時，觸媒活性有時會降低，另一方面，當層厚過大時，電極膜有時會剝離，存在電解中斷的可能性。

氧氣排出管 101 與第一氣體收容部 21 連通，可將回收至該第一氣體收容部 21 內的氧氣予以排出。通電用電線 202 連接於通電用金屬框 201，可將光觸媒含有層 27 所產生的電子經由通電用電線 202 而供給至陰極電極（於同圖中未圖示）。

圖 11(b) 是光觸媒電解單元 1 的正面圖。於圖 11(b) 中，進行電解的光觸媒承載面 20 側為正面，激發光所照射的面為背面。如圖 11(b) 所示，光觸媒單元 1 包括氧氣排出管 101 與惰性氣體供給管 102，這些管與第一氣體收容部 21 連通著。將氮氣等的惰性氣體自惰性氣體供給管 102 供給至氣體收容部 21，藉此，亦可促進氧氣的回收。

圖 12(a) ~ 圖 12(c) 是表示包括選擇性地使氧氣通

過的多個貫通孔 111 的陽極電極 2 的一例的模式圖。再者，於圖 12 (a) ~ 圖 12 (c) 中，基材 25 亦可由對於激發光而言透明的材料構成。

圖 12 (a) 是陽極電極 2 的正面圖，圖 12 (b) 是陽極電極 2 的側視剖面圖。此外，圖 12 (c) 是將陽極電極 2 的中心部分予以放大的圖。放大部分為正方形的虛線所包圍的部分。陽極電極 2 具有依序積層有基材 25、透明導電膜 24、以及光觸媒含有層 27 的構造。

陽極電極 2 安裝於電極固持器 120，該電極固持器 120 為用以將陽極電極 2 固定於光觸媒單元 1 的支持件。再者，於圖 11 (a)、圖 11 (b) 及圖 12 (a) ~ 圖 12 (c) 以外的圖式中，省略電極固持器 120 的記載。於陽極電極 2 上形成有多個貫通孔 111。於滿足楊-拉普拉斯方程式的範圍，可自由地設計貫通孔 111 的形狀。又，陽極電極 2 本身除了為包括多個貫通孔 111 的多孔構造之外，亦可為網孔狀的構造或簾狀的構造。亦即，陽極電極 2 形成有貫通孔即可，該貫通孔不使電解液 12 通過而選擇性地使產生的氧氣通過至背面側。

圖 13 是表示形成於陽極電極 2 的孔加工部的一例的平面圖。於本實施形態中，將貫通孔 111 的孔徑設為 $100\ \mu\text{m}$ ，將孔的間距間隔（重心之間的距離）設為 $150\ \mu\text{m}$ 。可適當地決定該孔徑及間距間隔，但如上所述，若孔徑小，則可基於楊-拉普拉斯壓力來進一步抑制電解液的洩漏。

作為於基材 25 上形成貫通孔 111 的方法，可使用鑽孔

(drill) 加工、雷射 (laser) 加工、以及噴砂 (sand blast) 加工等。再者，可於形成貫通孔 111 之後形成透明導電膜 24 及光觸媒含有層 27，亦可於將透明導電膜 24 及光觸媒含有層 27 形成於基材 25 之後穿設貫通孔 111。

較佳為貫通孔 111 的內壁面相對於電解液而言為疏液性。而且，較佳亦為陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 的背面相對於電解液而言為疏液性。藉此，可更有效果地抑制電解液對於貫通孔 111 內的侵入。較佳為電解液含有水作為主成分，且貫通孔 111 的內壁面與陽極電極 2 的背面為疏水性。

作為將貫通孔 111 的內壁面予以疏水化的方法，除了預先使用疏水性的基板的方法之外，可使用塗佈疏水性的塗佈劑 (coating agent) 的方法。例如，可使用 CYTOP (旭硝子製) 等的鐵氟龍 (teflon) 製樹脂塗佈劑等。又，亦可藉由使用有氟系的氣體的電漿 (plasma) 處理來實現疏水化。

使陽極電極 2 的光觸媒含有層 27 與電解液 12 接觸，接著使透過受光窗 4 的光觸媒的激發光進一步透過基材 25 而照射至光觸媒含有層 27，藉此，利用光觸媒含有層 27 中的光觸媒反應來產生氧氣。再者，於貫通孔 111 中的與基材 25 的厚度部分相對應的內壁面未承載有光觸媒，不於該部位產生氧氣。基於楊-拉普拉斯方程式來形成貫通孔 111，電解液對於貫通孔 111 的深度方向上的侵入受到抑制。於貫通孔 111 的開口部形成有電解液面與氣體相的邊

界面即氣液界面。該氣液界面 52 由於上述楊-拉普拉斯壓力而形成。再者，於貫通孔 111 的內壁面為疏水性的情形時，可更有效果地抑制電解液對於貫通孔 111 內的侵入。

<助觸媒單元（陰極單元）>

圖 14 (a)、圖 14 (b) 是助觸媒單元（氫氣產生用電解單元）6 的模式圖。圖 14 (a) 是助觸媒單元的側視剖面圖。圖 14 (b) 是助觸媒單元的正面圖。

圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6 包括：藉由通電用金屬框 201 而固定於助觸媒單元 6 的陰極電極 3、受光窗 4、收容氫氣的氣體收容部 31、氫氣排出管 103、以及通電用電線 202。而且，陰極電極 3 包括形成於基材 25 上的助觸媒含有層 43。助觸媒含有層 43 中所含的助觸媒較佳為選自包含鉑、鎳、鈦、氧化鎳及氧化鈦的群中至少一種物質。

陰極電極 3 由透光性基材 28(參照圖 9(a)~圖 9(d)) 構成，藉此，來自受光窗 4 的激發光會透過該陰極電極 3，自受光窗 4 觀察，當陽極電極 2 設置於陰極電極 3 的背面時，可將激發光照射至光觸媒含有層 27。

於使光自陽極電極 2 側照射至陰極電極 3 的情形時，助觸媒單元 6 不一定需要受光窗 4，而且陰極電極 3 亦可相對於激發光而言不透明。於該情形時，陰極電極 3 可由鉑、鎳等構成。

陰極電極 3 的基材 25 具有薄片狀、基板狀、以及薄膜狀等的形狀，且設置有與圖 12 (c)、圖 13 所示的貫通孔

相同的貫通孔。亦可將如下的基材 25 用作陰極電極 3，該基材 25 包括網孔狀、簾狀等的隔著貫通孔而離散地配置的多個電極部分。陰極電極 3 中的貫通孔（第二貫通孔）不使電解液通過，而選擇性地使陰極電極 3 的與陽極電極 2 相對向的面所產生的氫氣通過至背面側。

通電用電線 202 連接於通電用金屬框 201。於陰極電極 3 表面，藉由經由通電用電線 202 而供給至陰極電極 3 的電子、與光觸媒反應所產生的電解液中的氫離子來產生氫氣。將助觸媒單元 6 的通電用電線 202 與光觸媒單元 1（參照圖 11（a）、圖 11（b））的通電用電線 202 予以電性連接，藉此，可將光觸媒含有層 27 所產生的電子供給至陰極電極 3，從而連續地產生氣體。如圖 14（a）所示，通電用電線 202 與通電用金屬框 201 形成電性連接，該通電用電線 202 可經過惰性氣體供給管 102 來供給來自陽極電極 2 的電子。

圖 14（b）是助觸媒單元 6 的正面圖。於圖 14（b）中，進行電解的面為正面，激發光所照射的面為背面。如圖 14（b）所示，氫氣產生用電解單元 6 包括氫氣排出管 103 與惰性氣體供給管 102，這些管與第二氣體收容部 31 連通著。將氫氣等的惰性氣體自惰性氣體供給管 102 供給至第二氣體收容部 31，藉此，亦可促進氧氣的回收。

以下，使用圖式來對使用有上述光觸媒單元及/或上述助觸媒單元的氣體生產裝置的實施形態進行說明。

[第 1 實施形態]

本實施形態的氣體生產裝置 100 使用了將陰極電極 3 配置於圖 11(a)、圖 11(b)所示的光觸媒單元 1 的裝置。現更詳細地進行說明，圖 15 是將圖 11(a)、圖 11(b)所示的光觸媒單元 1 安裝於電解液槽 10 內的氣體生產裝置 100 的側視剖面圖，圖 16 是氣體生產裝置 100 的正面圖。本實施形態的氣體生產裝置 100 是將具有陽極電極 2 的光觸媒單元 1 安裝於電解液槽 10 內，該電解液槽 10 具有鉑電極作為固定於支持棒的陰極電極 3。

藉由蓋構件 11 來將電解液槽 10 予以密閉，使得氫氣不會洩漏。光觸媒單元 1 的氧氣排出管 101 及惰性氣體供給管 102 貫通於蓋構件 11，藉此，光觸媒單元 1 受到固定。惰性氣體供給管 102 於蓋構件 11 的上表面設置有通電用電線插入口 203。通電用電線 202 經由通電用電線插入口 203 而通入至惰性氣體供給管 102 內。而且，通電用電線 202 經由支持棒 301 內而與陰極電極 3 形成電性連接。

支持棒 301 貫通於蓋構件 11。陰極電極 3 固定於支持棒 301，該陰極電極 3 與陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 相對向。於蓋構件 11 中設置有將惰性氣體供給至電解液槽 10 內的空間的惰性氣體供給管 102 與氫氣排出管 103。

經由受光窗 4，自陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 的背面側照射觸媒的激發光。於本實施形態中，電解液槽 10 本身亦由對於激發光而言透明的材料構成。激發光透過電解液槽 10 及基材 25，照射至基材 25 上的光觸媒含有層 27。接著，於與電解液 12 接觸的光觸媒含有層 27 的表面

產生氧氣與氫離子。氧氣經由陽極電極 2 的貫通孔而自光觸媒承載面 20 朝背面側移動並蓄積於氣體收容部 21，經由氧氣排出管 101 來回收該氧氣（參照圖 11 (a)、圖 11 (b)）。

另一方面，於光觸媒含有層 27 產生氫離子之後，該氫離子溶入至電解液 12，接著到達陰極電極 3。又，光觸媒含有層 27 所產生的電子經由通電用電線 202 而同樣地到達陰極電極 3。於該陰極電極 3 的表面，由電子與氫離子來產生氫氣。產生的氫氣藉由浮力而脫離陰極電極 3，接著經由氫氣排出管 103 而被回收。

於本實施形態中，電解液 12 含有水作為主成分，且可使用包含鹽酸、硫酸、硝酸、乙酸、及草酸等的弱酸水溶液；過氧化鈉、過氧化鉀、碳酸鈉、及碳酸鉀等的弱鹼性水溶液；甲醇(methanol)或乙醇(ethanol)、丙醇(propanol)等的醇(alcohol)類的水溶液；以及丙烯酸(acrylic acid)、鄰苯二甲酸(phthalic acid)等的羧酸(carboxylic acid)類等的水溶液。

[第 2 實施形態]

本實施形態的氣體生產裝置 100 使用了如下的裝置，該裝置使用圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6 且插入有陽極電極 2。圖 17 是將圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6 安裝於電解液槽 10 內的氣體生產裝置 100 的側視剖面圖。於本實施形態的氣體生產裝置 100 中，具有陰極電極 3 的光觸媒單元 1 安裝於具有陽極電極 2 的電

解液槽 10 內。

與第 1 實施形態不同地，於陰極電極 3 上形成有第二貫通孔，於陽極電極 2 上未形成有貫通孔。氫氣產生用電解單元 6 的氫氣排出管 103 及惰性氣體供給管 102 貫通於蓋構件 11，藉此，氫氣產生用電解單元 6 受到固定。惰性氣體供給管 102 於蓋構件 11 的上表面設置有通電用電線插入口。通電用電線 202 經由通電用電線插入口而通入至惰性氣體供給管 102 內。而且，通電用電線 202 經由支持棒 301 內而與陽極電極 2 形成電性連接（未圖示）。

支持棒 301 貫通於蓋構件 11。陽極電極 2 固定於支持棒 301，陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 配置為與陰極電極 3 相對向。於蓋構件 11 中設置有將惰性氣體供給至電解液槽 10 內的空間的惰性氣體供給管 102 與氧氣排出管 101。

觸媒的激發光透過受光窗 4 及陰極電極 3 而照射至陽極電極 2 的光觸媒含有層 27。於本實施形態中，電解液槽 10 本身亦由對於激發光而言透明的材料構成。於本實施形態中，可由對於激發光而言不透明的材料來構成陽極電極 2。而且，於與電解液 12 接觸的光觸媒含有層 27 的表面產生氧氣與氫離子。光觸媒含有層 27 所產生的氧氣藉由浮力而脫離陽極電極 2，接著經由氧氣排出管 101 而被回收。

另一方面，於光觸媒含有層 27 產生氫離子之後，該氫離子溶入至電解液 12，接著到達陰極電極 3。又，光觸媒含有層 27 所產生的電子經由通電用電線 202 而同樣地到達陰極電極 3。於陰極電極 3 的表面，由電子與氫離子來產

生氫氣。產生的氫氣經由陰極電極 3 的第二貫通孔而自氣體產生面朝背面側移動並蓄積於氣體收容部 31，經由氫氣排出管 103 來回收該氫氣。

[第 3 實施形態]

使用圖 11 (a)、圖 11 (b) 所示的光觸媒單元 1、與圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6 來構成本實施形態的氣體生產裝置 100。

圖 18 是本實施形態的氣體生產裝置的側視剖面圖，圖 19 是自陰極電極 3 側所見的正面圖，圖 20 是俯視圖。

如圖 18 所示，光觸媒單元 1 與助觸媒單元 6 的構成為隔著電極間的時間件 (spacer) 61，且平行地設置。由於電極間的時間件，陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 與陰極電極 3 相對向地設置著。藉由陽極電極 2 與陰極電極 3 來形成空間 (電極間隙部)，該電極間隙部處於充滿著電解液 12 的狀態。

如圖 19 的正面圖所示，於氣體生產裝置 100 的一邊配置有電解液供給細管 133 與電解液供給管 131，可將電解液自外部供給至上述空間。而且，於氣體生產裝置 100 的另一邊配置有電解液排出細管 134 與電解液排出管 132，可於上述空間 (電極間隙部) 中，將用於光觸媒反應的電解液 12 排出至外部。亦即，陽極電極 2 與陰極電極 3 所形成的電極間隙部構成電解液流路的一部分。

換言之，氣體生產裝置 100 更包括：蓄積有電解液 12 且使陽極電極 2 及陰極電極 3 與該電解液 12 接觸的電解液

蓄積部（電極間隙部）、將電解液 12 供給至該電解液蓄積部的電解液供給管 131、以及自電解液蓄積部將用於觸媒反應的電解液 12 予以排出的電解液排出管 132。

經由受光窗 4，自陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 的背面側照射觸媒的激發光。該激發光進一步透過基材 25，照射至基材 25 上的光觸媒含有層 27。接著，於與電解液 12 接觸的光觸媒含有層 27 的表面產生氧氣與氫離子。氧氣經由陽極電極 2 的貫通孔而自光觸媒承載面 20 朝背面側移動並蓄積於第一氣體收容部 21，經由氧氣排出管 101 來回收該氧氣。

另一方面，於光觸媒含有層 27 產生氫離子之後，該氫離子溶入至電解液 12，接著到達陰極電極 3。又，如圖 20 所示，光觸媒含有層 27 所產生的電子經由通電用電線 202 而同樣地到達陰極電極 3。於陰極電極 3 的表面，由電子與氫離子來產生氫氣。產生的氫氣經由陰極電極 3 的第二貫通孔而自氣體產生面朝背面側移動並蓄積於第二氣體收容部 31，經由氫氣排出管 103 來回收該氫氣。

如此，陽極電極 2 所產生的氧氣、與陰極電極 3 所產生的氫氣彼此並不混合而分別蓄積於第一氣體收容部 21 與第二氣體收容部 31。藉此，可將陽極電極 2 與陰極電極 3 的間隔配置得接近於先前的電極構造所未能夠實現的間隔。

又，如下所述，藉由不依賴於重力的表面張力來使氧氣、氫氣移動，因此，可不在意上下左右的配置而自由地

進行電極配置。例如，亦可以上下相向的方式來水平地配置陽極電極 2 與陰極電極 3。

圖 21 與圖 18 同樣地連結有兩個電解單元，但光的照射與圖 17 相反，自陰極電極 3 側的受光窗 4 來照射光。於該情形時，陰極電極 3 對於激發光而言透明，所照射的光照射至陽極電極 2 的光觸媒含有層 27。於該情形時，亦與圖 18 所示的氣體生產裝置 100 同樣地，氧氣與氫氣蓄積於各自的氣體收容部之後，藉由各自的氣體排出管而排出至外部。

於圖 18 所示的氣體生產裝置 100 中，可由對於激發光而言不透明的構件來構成陰極電極 3，於圖 21 所示的氣體生產裝置 100 中，可由對於激發光而言不透明的構件來構成陽極電極 2。於本實施形態中，根據效果良好地照射激發光的觀點，亦較佳為由對於激發光而言透明的構件來構成陽極電極 2 及陰極電極 3。

[第 4 實施形態] (太陽光對應氣體生產裝置)

本實施形態的氣體生產裝置 100 為如下的氣體生產裝置 100 (太陽光對應氣體生產裝置)，將陽極電極 2 平行地配置於水平地配置的陰極電極 3 的上方，且以與太陽光等的自上方向照射的激發光大致成直角的方式來設置陽極電極 2。本實施形態的氣體生產裝置 100 包括水平地設置的陽極電極 2、以及平行地設置於該陽極電極 2 的下方的陰極電極 3。

圖 22 是本實施形態的太陽光對應的氣體生產裝置 100

的俯視圖，圖 23 是側視剖面圖，圖 24 是仰視圖。

如圖 23 所示，於陰極電極 3 的上方，以與該陰極電極 3 平行的方式而配置有陽極電極 2。陽極電極 2 的光觸媒承載面 20 與陰極電極 3 相對向。如圖 22、圖 23 所示，於陽極電極 2 的上方配置有受光窗 4，從而成為可大面積地將太陽光等接收至陽極電極 2 的構造。

可將電解液 12 填充於陽極電極 2 與陰極電極 3 之間的空間。電解液 12 自電解液供給管 131 供給至電解液槽 10，接著經由電解液供給細管 133 而供給至電極間的空間。然後，用於光觸媒反應的電解液 12 經由電解液排出細管 134 而移動至電解液槽 10，藉由電解液排出管 132 來將該電解液 12 放出至外部。如此，可藉由電解液 12 的供給與太陽光的照射來持續地產生氫與氧。

於陽極電極 2 的上方，以圍繞光觸媒承載面 20 的背面的方式而配置有第一氣體收容部 21。於陽極電極 2 上形成有第一貫通孔 111，氧氣經由第一貫通孔 111 而自光觸媒承載面 20 朝背面側移動並蓄積於第一氣體收容部 21。接著，經由氧氣排出管 101 來回收上述氧氣。

另一方面，於陰極電極 3 的下方配置有第二氣體收容部 31。於陰極電極 3 上形成有第二貫通孔，氫氣經由第二貫通孔而自氣體產生面朝背面側移動並蓄積於第二氣體收容部 31。接著，經由氫氣排出管 103 來回收上述氫氣。

再者，可改變斜度來使用上述太陽光對應氣體生產裝置。然而，必須將供給側配置得較高，以使電解液自供給

側流向排出側。

可將鉑電極用作陰極電極 3，但亦可使用其他碳電極、以及藉由對鉑薄膜進行濺鍍等而形成的薄膜電極。圖 24 是自下表面對太陽光對應氣體生產裝置進行觀察所見的圖。

[第 5 實施形態]

圖 25 所示的第 5 實施形態是與第 4 實施形態相反地，將陰極電極 3 設置於陽極電極 2 上時的對應於太陽光的氣體生產裝置 100 的側視剖面圖。本實施形態的氣體生產裝置 100 包括水平地設置的陰極電極 3、以及平行地設置於該陰極電極 3 的下方的陽極電極 2。

太陽光自設置於上方的受光窗 4 透過陰極電極 3 而入射至陽極電極 2 的光觸媒含有層 27。陽極電極 2 的光觸媒含有層 27 朝上地配置著。處於電解液 12 填充於相互的電極之間的狀態。

於陰極電極 3 的上方配置有第二氣體收容部 31。於陰極電極 3 上形成有第二貫通孔，氫氣經由第二貫通孔而自氣體產生面朝背面側移動並蓄積於第二氣體收容部 31。接著，經由氫氣排出管 103 來回收該氫氣。

另一方面，於陽極電極 2 的下方，以圍繞光觸媒承載面 20 的背面的方式而配置有第一氣體收容部 21。於陽極電極 2 上形成有第一貫通孔 111，氧氣經由第一貫通孔 111 而自光觸媒承載面 20 朝背面側移動並蓄積於第一氣體收容部 21。接著，經由氧氣排出管 101 來回收該氧氣。

[第 6 實施形態] (陽極陰極一體型電極)

圖 26 (a)、圖 26 (b) 是第 6 實施形態的陽極陰極一體型電極 50 的立體圖。

於本實施形態的陽極陰極一體型電極 50 中，陰極電極 3 與陽極電極 2 支持於共用的基材 25 且橫向排列地配置著。

此處，所謂陽極電極 2 與陰極電極 3 橫向排列，是指位於平面方向上彼此錯開的位置，兩個電極不一定必須位於完全相同的平面內。

多個陰極電極 3 與多個陽極電極 2 彼此相鄰接地配置著。

本實施形態的陰極電極 3 及陽極電極 2 分別呈帶狀。於陽極電極 2 上分別形成有多個第一貫通孔 111，且於陰極電極 3 上分別形成有多個第二貫通孔 113。第一貫通孔 111 與第二貫通孔 113 規則地配置為千鳥格子狀等。

帶狀的陽極電極 2 及陰極電極 3 可如圖 26 (a) 般，逐行地分別具有貫通孔 (第一貫通孔 111、第二貫通孔 113)，或亦可如圖 26 (b) 般，多行地分別具有貫通孔。

又，較佳為第一貫通孔 111 及第二貫通孔 113 的內壁面相對於電解液而言為疏水性。而且，包含陽極電極 2 的光觸媒含有層 27 及陰極電極 3 的助觸媒含有層 43 的受光面的背面較佳為疏水性。藉此，可有效果地抑制電解液經由第一貫通孔 111 及第二貫通孔 113 朝背面側的移動。

[第 7 實施形態] (陽極陰極一體型電極)

本實施形態的陽極陰極一體型電極 50 如圖 27 的概略俯視圖所示，光觸媒含有層 27 沿著第一貫通孔 111 的周緣部而形成為環狀。形成為環狀的光觸媒含有層 27 的寬度為 $1\ \mu\text{m}$ 以上。

亦即，本實施形態的光觸媒含有層 27（光觸媒承載面 20）呈環狀地設置於第一貫通孔 111 的開口部的周緣部。又，助觸媒含有層 43 呈環狀地設置於第二貫通孔 113 的開口部的周緣部。

又，助觸媒含有層 43 沿著第二貫通孔 113 的周緣部而形成於環狀。形成於環狀的助觸媒含有層 43 的寬度為 $1\ \mu\text{m}$ 以上。然而，光觸媒含有層 27 與助觸媒含有層 43 於基材 25 的厚度範圍內，並未形成於貫通孔 111、113 的內壁。光觸媒含有層 27 的寬度為 $1\ \mu\text{m}$ 以上，助觸媒含有層 43 的寬度為 $1\ \mu\text{m}$ 以上，因此，氣體產生性優異。

亦即，藉由環狀的光觸媒含有層 27 來構成陽極電極 2，藉由環狀的助觸媒含有層 43 來構成陰極電極 3。而且，陰極電極 3 與陽極電極 2 經由電氣絕緣性的材料（基材 25）而橫向排列且相鄰接地設置，陰極電極 3 與陽極電極 2 的鄰接間隔為 $0.01\ \mu\text{m}$ 以上。

參照圖 28 來對光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43 中的氣體產生、及產生氣體的收集方法進行說明。首先，對光觸媒含有層 27 中的氧氣的產生及收集方法進行說明。再者，圖 28 是圖 27 中所示的虛線處的剖面圖。

光觸媒含有層 27 接收自受光窗 4 照射的激發光之後，

於與電解液 12 (此處，將水表示為 H_2O) 接觸的光觸媒含有層 27 上，藉由光激發來產生電子 e^- 與電洞 h^+ 。

兩個電洞 h^+ 將 H_2O 予以氧化，產生兩個 H^+ (質子) 與二分之一個 O_2 (氧分子) (已作為背景技術加以說明的式 101)。該 O_2 保持氣體狀態而立即通過第一貫通孔 111 並朝背面側移動。由於上述楊-拉普拉斯壓力而形成氣液界面 52，水不會侵入至第一貫通孔 111 內部 (參照上式 (2))。

另一方面，光觸媒含有層 27 所產生的兩個 H^+ 於水中擴散，該兩個 H^+ 與兩個電子 e^- 於助觸媒含有層 43 上發生反應，從而產生一個 H_2 (氫分子) (【先前技術】中的式 102)。該 H_2 保持氣體狀態而立即通過第二貫通孔 113 並朝背面側移動。由於上述楊-拉普拉斯壓力而形成氣液界面 52，水不會侵入至第二貫通孔 113 內部 (參照上式 (2))。

使氧通過的第一貫通孔 111 與使氫通過的第二貫通孔 113 於空間上隔開，氧與氫恢復為水的逆反應的概率非常小。於產生氫的助觸媒上會發生氫與氧因逆反應而恢復為水的情況，因此，以助觸媒上不存在氧為條件，藉此，可抑制恢復為水的逆反應。

於本實施形態的陽極陰極一體型電極 50 中，光觸媒含有層 27 設置於第一貫通孔 111 的開口部的周緣部，助觸媒含有層 43 設置於第二貫通孔 113 的開口部的周緣部。因此，對於本實施形態的氣體生產裝置而言，氧氣及氫氣的生產效果提高，並且這些氣體的分離性優異。

於本實施形態中，於第一貫通孔 111 的內壁未承載有

光觸媒，內壁不產生氧氣。而且，由於第一貫通孔 111 的內壁為疏水性，因此，電解液 14 無法侵入，從而於第一貫通孔 111 的開口部形成電解液 12 面與氣體相的面即氣液界面 52。該氣液界面 52 的形成機制為依據上述楊-拉普拉斯壓力的機制。

因此，光觸媒含有層 27 所產生的氧分子溶入至電解液 12，藉由擴散而到達氣液界面 52，或成長為氣泡，同時與氣液界面 52 接觸，接著藉由消泡現象而被第一貫通孔 111 內部的氣體相吸收。結果持續地產生如下的現象，即，於產生氧氣的同時，該氧氣被吸入至第一貫通孔 111，接著朝背面側移動。氣體生產裝置 100 所產生的氧氣自設置於該氣體生產裝置 100 的背面的第 1 氣體收容部經由氧氣排出管 101 而被送出。如此，可經由氧氣排出管 101（參照後述的圖 30（a）及圖 30（b））來回收氧氣。

接著，對助觸媒含有層 43 中的氫氣的產生及收集方法進行說明。

光觸媒含有層 27 接收來自受光窗 4 的激發光之後，該光觸媒含有層 27 藉由光觸媒反應來產生 H^+ 與電子 e^- 。接著，於助觸媒含有層 43 中，由電解液中的 H^+ 與電子 e^- 來產生氫氣。於本實施形態中，於第二貫通孔 113 的內壁並未承載有助觸媒，內壁不產生氫氣。而且，由於第二貫通孔 113 的內壁為疏水性，因此，電解液 12 無法侵入，於貫通孔的開口部形成電解液 14 面與氣體相的面即氣液界面 52（參照圖 28）。該氣液界面 52 的形成機制為依據上述楊

-拉普拉斯壓力的機制。

因此，助觸媒含有層 43 所產生的氫氣成長為氣泡，同時與氣液界面 52 接觸，接著藉由消泡現象而被第二貫通孔 113 內部的氣體相吸收。結果持續地產生如下的現象，即，於產生氫氣的同時，該氫氣被吸入至第二貫通孔 113，接著朝背面側移動。如此，可自設置於氣體生產裝置 100 的背面的第 2 氣體收容部，經由氫氣排出管 103（參照圖 30（b））而將該氣體生產裝置 100 所產生的氫氣予以回收。

[第 8 實施形態]（陽極陰極一體型電極）

參照圖 29 來對本實施形態的氣體生產裝置進行說明。再者，於本實施形態中，省略了將氣體生產裝置安裝於光觸媒單元的例子，但可用於本說明書所揭示的任一個光觸媒單元。

本實施形態的氣體生產裝置 100 如圖 29 的概略俯視圖所示，於包含光觸媒含有層 27 的區域中開口形成有多個第一貫通孔 111。另一方面，助觸媒含有層 43 沿著第二貫通孔 113 的周緣部而形成為環狀。助觸媒含有層 43 可積層於光觸媒含有層 27 上，根據對氧與氫發生反應而恢復為水的逆反應進行抑制的觀點，亦可僅助觸媒含有層 43 沿著第二貫通孔 113 的周緣部而形成為環狀。

再者，光觸媒含有層 27 與助觸媒含有層 43 並未形成於貫通孔的內壁，內壁不產生氧氣及氫氣。而且，由於第二貫通孔 113 的內壁為疏水性，因此，可對電解液 14 的侵入進行抑制。

[第 9 實施形態] (包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置)

圖 30 (a)、圖 30 (b) 是表示本實施形態的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 的構成的模式圖，圖 30 (a) 是包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 的側視剖面圖。圖 30 (b) 是自進行電解的面側 (接收光的面側) 所見的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 的正面圖。

圖 30 (a) 及圖 30 (b) 所示的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 包括：與包括觸媒含有層 81 (光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43) 的氣體生產裝置 100 的光觸媒承載面 20 相對向地設置的受光窗 4、設置於氣體生產裝置 100 的光觸媒承載面 20 的背面側的第一氣體收容部、以及設置於氣體生產裝置 100 的光觸媒承載面 20 的背面側的第二氣體收容部。於本實施形態中，包括圍繞光觸媒承載面 20 的電解液槽 10。

亦即，本實施形態的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 包括受光窗 4，該受光窗 4 使光觸媒的激發光透過，並且將該激發光照射至光觸媒含有層 27。而且，受光窗 4 配置於與光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43 均相對向的位置，透過受光窗 4 的激發光照射至光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43。

又，亦可針對受光窗 4 而另外設置照射出光觸媒含有層 27 中所含的光觸媒的激發光的照射光源。可使用高壓水

銀燈或氙燈 (xenon lamp) 等作為照射光源。可使用波長為 250 nm 以上的光作為光觸媒的激發光。

氣體生產裝置 100 於基材 25 的其中一個面設置有觸媒層。氣體生產裝置 100 安裝於電極固持器 120，且固定於光觸媒單元 1。受光窗 4 由可使激發光透過的材料構成，具體而言，可使用玻璃等的無機材料、聚醯亞胺樹脂、丙烯酸樹脂、聚乙烯樹脂、聚碳酸酯樹脂、聚烯烴樹脂、以及環氧 (epoxy) 樹脂等的高分子材料等。

於本實施形態中，表示了由受光窗 4 來構成電解液收容部 12 的側壁的一部分的例子，但亦可於受光窗 4 與氣體生產裝置 100 之間，另外設置可使激發光透過且構成電解液槽 10 的側壁的間隔壁。

光觸媒單元 1 包括底壁 26，且構成圍繞氣體生產裝置 100 的光觸媒承載面 20 的背面側的氣體收容部 41。氣體收容部 30 由間隔壁所劃分，且設置有第一氣體收容部 21 (未圖示) 與第二氣體收容部 31 (未圖示)。

電解液供給管 131 及電解液排出管 132 連接於電解液槽 10，可藉由未圖示的循環泵 (pump) 等來使電解液循環。於圖 30 (a) 中，於電解液槽 10 中填充有電解液 12。

圖 31 以透視圖來立體地表示圖 30 (a)、圖 30 (b) 所示的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 的內部構造。經由受光窗 4 而侵入的光 7 照射至圖 29 所示的陽極陰極一體型電極，將氧氣與氫氣收集至背後的氣體收容部 30。圖 30 (a)、圖 30 (b) 表示氣體收容部 30 交替地並排

配置有第一氣體收容部 21 與第二氣體收容部 31 的情形。氧氣、氫氣收容至各個收容部，可利用氧氣排出管 101 與氫氣排出管 103 來將上述氧氣與氫氣排出至外部。

於本實施形態中，電解液 12 含有水作為主成分，且可使用包含鹽酸、硫酸、硝酸、乙酸、及草酸等的弱酸水溶液；過氧化鈉、過氧化鉀、碳酸鈉、及碳酸鉀等的弱鹼性水溶液；甲醇或乙醇、丙醇等的醇類的水溶液；以及丙烯酸、鄰苯二甲酸等的羧酸類等的水溶液。

第一氣體收容部與氣體生產裝置 100 的第一貫通孔連通。光觸媒含有層 27 所產生的氧氣經由第一貫通孔而移動並收容於第一氣體收容部。氧氣排出管 101 連接於第一氣體收容部，可經由氧氣排出管 101 來回收氧氣。

第二氣體收容部與氣體生產裝置 100 的第二貫通孔連通。助觸媒含有層 43 所產生的氫氣經由第二貫通孔而移動並收容於第二氣體收容部。氫氣排出管 103 連接於第二氣體收容部，可經由氫氣排出管 103 來回收氫氣。

於本實施形態中，設置有氧氣排出管 101 與氫氣排出管 103，但亦可併用上述排出管。又，可根據需要而將氮氣或氫氣等的惰性氣體 (inert gas) 自氧氣排出管 101 及氫氣排出管 103 導入，從而可容易地排出產生氣體。

於本實施形態中，與陽極電極 2 及陰極電極 3 的光觸媒承載面 20 (光觸媒含有層 27、助觸媒含有層 43) 相對向地設置受光窗 4，但本發明不限於此。亦可由激發光 7 的透射性材料來構成安裝有陽極電極 2 及陰極電極 3 的基

材 5，且自陽極電極 2 及陰極電極 3 的背面照射激發光 7。

亦即，亦可由使激發光 7 透過的材料來分別構成陽極電極 2 及陰極電極 3，且將使激發光 7 透過並且使該激發光 7 照射至光觸媒含有層 27 的受光窗 4，與陽極電極 2 及陰極電極 3 相對向地配置於光觸媒承載面 20 的相反側。而且，亦可使透過受光窗 4 的激發光 7 進一步透過陽極電極 2 及陰極電極 3 而照射至光觸媒含有層 27 及助觸媒含有層 43。

[第 10 實施形態](包括陽極陰極一體型電極的太陽光對應氣體生產裝置)

本實施形態的氣體生產裝置 100 如圖 32 (a) 的光觸媒單元 1 的概略俯視圖所示，於包含光觸媒含有層 27 的區域開口形成有多個第一貫通孔 111，於包含助觸媒含有層 43 的區域開口形成有多個第二貫通孔 113。圖 32 (b) 表示了表示第一貫通孔 111 及第二貫通孔 113 的位置關係的光觸媒單元 1 的短邊側的側視剖面圖，圖 32 (c) 表示長邊側的側視剖面圖。

如圖 32 (a) ~ 圖 32 (c) 所示，於氣體生產裝置 100 的背面側設置有氧氣排出管 101 與氫氣排出管 103。而且，於設置於氣體生產裝置 100 的光觸媒承載面 20 側的電解液收容部 12 中設置有電解液供給管 131、電解液排出管 132。

如圖 32 (b)、圖 32 (c) 所示，氣體生產裝置 100 固定於由光照射側的透明玻璃板 (受光窗) 71、側壁板 72、以及底板 73 所包圍且受到支持的光觸媒單元框體內部。於

氣體生產裝置 100 的背面側設置有第一氣體收容部 21 與第二氣體收容部 31。圖 32 (b) 所示的第一氣體收容部 21 連通，經由第一貫通孔 111 而收容於第一氣體收容部 21 內的氧氣通過氧氣排出管 101 排出至外部。同樣地，第二氣體收容部 31 連通，經由第二貫通孔 113 而收容於第二氣體收容部 31 內的氫氣通過氫氣排出管 103 排出至外部。

電解液自電解液供給管 131 供給至電解液槽 12 內，接著通過氣體生產裝置 100 與玻璃板 71 之間，自電解液排出管 132 排出。

圖 32 (d) 的光觸媒單元與圖 32 (c) 不同，電解液供給管 131 與電解液排出管 132 連接於循環泵，從而可使電解液收容部 12 內的電解液循環。

首先，將新的電解液保管於未圖示的蓄積槽，通過打開的保給水閥門 (valve) 137，藉由電解液泵 135 來將上述電解液輸送至電解液過濾 (filter) 槽 136，將異物等予以除去。

接著，若電解液過濾槽 136 的液面達到固定值為止，則藉由該壓力來將上述電解液經由電解液供給管 131 而輸送至電解液收容部 12 內部。於氣體生產裝置 100 上完成了反應的電解液被朝電解液排出管 132 輸送並返回至泵 135。空的電解液過濾槽 136 的液面達到固定值之後，再次重複上述週期 (cycle)。

電解液被消耗之後，通過閥門 137 來排出電解液，接著再次供給新的電解液。

再者，於圖 32 (b)、圖 32 (c)、以及圖 32 (d) 中，氧氣排出管 101 及氫氣排出管 103 的連接位置不同，但可根據裝置的構成來適當地變更上述連接位置。

[第 11 實施形態]

本實施形態的氣體生產裝置 100 與第 10 實施形態的氣體生產裝置 100 相比較，僅第一氣體收容部 21 及第二氣體收容部 31 的配置不同，因此，僅對不同點進行說明。

圖 33 (a) 是對於本實施形態的光觸媒單元 1 而言，以與氣體生產裝置 100 的面平行的方式來將氣體生產裝置 100 予以切斷時的概略俯視圖，且其表示氫氣與氧氣的流路的位置關係。圖 33 (b) 是表示第一貫通孔 111 及第二貫通孔 113 的位置關係的光觸媒單元 1 的短邊側的側視剖面圖。圖 34 是表示氫氣與氧氣的流路的位置關係的圖 33 (a)、圖 33 (b) 所示的氣體生產裝置 100 的透視俯視圖。

於氣體生產裝置 100 的背面側，第一氣體收容部 21 呈梳齒狀地設置於第一貫通孔 111 的下方，第二氣體收容部 31 呈梳齒狀地設置於第二貫通孔 113 的下方。第一氣體收容部 21 與第二氣體收容部 31 彼此交織地配置著。第一氣體收容部 21 與全部的第一貫通孔 111 連通。第一氣體收容部 21 連接於氧氣排出管 101，從而可回收氧氣。第二氣體收容部 31 與全部的第二貫通孔 113 連通。第二氣體收容部 31 連接於氫氣排出管 103，從而可回收氫氣。

< 包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置的製造方法 >

接著，對包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100 的製作方法進行說明。

首先，於基材 5 上設置貫通孔。加工方法可使用如下的方法，該方法可於基材的一個面上週期性地形成均一的孔形狀。例如較佳以利用旋轉鑽孔的切削或蝕刻 (etching) 法等來形成上述孔形狀。

貫通孔的開口部的形狀並無特別規定，但為了使電子、質子自周圍的孔起，無論自何方向均可等向性地彼此移動，貫通孔的開口部的形狀較佳為圓形。較佳為，該貫通孔的開口部的直徑為 300 μm 以下，開口部的間距間隔為直徑的 1.5 倍以上且為 5 倍以下。

對於助觸媒的要求是於該助觸媒的表面，質子與電子效果良好地結合而產生氫，且不易引起恢復為水的逆反應。

陰極電極 3 所具有的助觸媒含有層 43 中所含的助觸媒較佳為選自包含鉑、鎳、鈦、氧化鎳及氧化鈦的群中的至少一種物質。包含這些助觸媒的助觸媒含有層 43 較佳為以 1 μm 以上的寬度而形成於第二貫通孔 113 的周圍。

對於助觸媒含有層 43 的形成方法而言，例如將正 (positive) 型光阻劑 (photoresist) 塗佈於薄片的整個面，使設置有直徑比孔直徑大 1 μm 以上的圓形開口的光罩 (photo mask) 與助觸媒電極的位置相一致並加以固定。接著，以使光阻劑感光的波長的光來進行曝光，藉此，僅第二貫通孔 113 周圍的光阻劑變得可溶，於顯影時將該光阻劑予以除去。

接著，與光觸媒含有層 27 同樣地，以離子電鍍法、化學蒸鍍法、真空蒸鍍法、濺鍍法、旋塗法、網版印刷法、噴霧法、以及澆鑄法等來使助觸媒含有層 43 成膜，將最後殘留的光阻劑與附著於光阻劑部分的助觸媒一併予以剝離，藉此，可選擇性地將助觸媒含有層 43 予以圖案化（patterning）。

又，即便使用濺鍍膜用的光罩來進行濺鍍，亦可實現同樣的圖案化。該助觸媒含有層 43 的膜厚較佳處於 20 nm ~ 200 nm 的範圍，使得於實現圖案化時，該助觸媒含有層 43 不會因光阻劑剝離時的應力而被剝離。又，亦可自外部將電壓施加至光觸媒含有層 27 與助觸媒含有層 43 之間以促進電解。

接著，對貫通孔的內壁與基材 25 背面的疏水化的方法進行敘述。

作為用以對固體表面的分散性或潤濕性、接著性、以及吸附性等的界面化學性質進行控制的代表性的表面修飾方法，可列舉（1）偶合劑（coupling agent）修飾法、（2）高分子的接枝（graft）共聚法、（3）膠囊（capsule）化法、以及（4）溶膠-凝膠法等。

於偶合劑修飾法中，矽烷（silane）系或鈦系偶合劑被廣泛使用，這些偶合劑的分子的末端與固體表面的羥基發生化學反應，藉此，形成另一端朝向表面側的配向單分子膜，利用該性質，可根據目的來將各種官能基導入至固體表面。尤其，六甲基二矽氮烷（Hexamethyldisilazane，

HMDS) 可較佳地將樹脂表面予以疏水化。

高分子的接枝修飾法是藉由固體表面的官能基與單體 (monomer) 的化學反應來使高分子於固體表面成長的方法。有時亦利用由偶合劑所導入的官能基來對高分子進行接枝，或利用電解聚合反應或機械化學 (mechanochemical) 反應、放射線、以及電漿來引發聚合反應。

膠囊化法是以高分子膜來包覆固體粒子的方法，一般而言，與接枝聚合化法相比較，該膠囊化法的特徵在於形成更厚的膜，且無需於膜與固體表面之間形成化學鍵結。

於溶膠-凝膠法中，以烷氧化物 (alkoxide) 為原料，藉由無機玻璃來包覆固體表面。

[第 12 實施形態] (山脊型氣體生產裝置)

圖 35 (a)、圖 35 (b) 是本實施形態的氣體生產裝置 100 的側視圖。圖 36 (a)、圖 36 (b) 是該氣體生產裝置 100 的平面圖。

光觸媒含有層 (陽極電極 2) 或助觸媒含有層 (陰極電極 3) 中的至少一個層相對於基材而傾斜地配置著。

而且，光觸媒含有層 (陽極電極 2) 或助觸媒含有層 (陰極電極 3) 包括自基材突出的凸面部。

本實施形態的氣體生產裝置 100 呈立體配置型 (山脊型)，即，交替地配置陽極電極 2 及陰極電極 3，並且各個電極彼此產生角度，且陽極電極 2 與陰極電極 3 配置為於相向的位置處摺疊。

又，於本實施形態的氣體生產裝置 100 中，氣體收容

部 21、31 設置於各個電極。藉此，可有效果地將經由受光窗 4 而入射的光 7 予以捕捉，並且可效果良好地對產生的氧與氫進行分離回收。

圖 35 (a)、圖 35 (b) 是自側面對本實施形態的氣體生產裝置 100 的剖面構造進行觀察所見的圖，圖 36 (a)、圖 36 (b) 為了表示陽極電極 2 及陰極電極 3 的配置，僅表示了電極部分的上表面的配置。又，圖 35 (b) 及圖 36 (b) 是將各圖 (a) 的虛線所包圍的部分予以放大來進行圖示的圖。

陽極電極 2 及陰極電極 3 以分別包圍氣體收容部 21、31 的方式而形成山脊，於各個電極上配置有電解液 12。於陽極電極 2 及陰極電極 3 上分別形成有貫通孔 111、113。對貫通孔 111、113 的內壁實施斥水化（疏液化）處理，電解液不會滲入並洩漏至貫通孔 111、113。可自陽極電極 2 起，將氧氣經由貫通孔 111 並通過氣體收容部 21 而予以抽出。另一方面，可自陰極電極 3 起，將氫氣經由貫通孔 113 並通過氣體收容部 31 而予以抽出。

陽極電極 2 是以兩個為一組而形成一個山脊。陽極電極 2 與相鄰接的同樣以兩個為一組而形成一個山脊的陰極電極 3 傾斜地配置著。陽極電極 2 與陰極電極 3 相對向。圖 35 (b) 表示該情況。陽極電極 2 與陰極電極 3 隔著電解液 12 而傾斜且相對向。此於兩個意義上有助於促進氧及氫的產生。第一個意義是陽極電極 2 與陰極電極 3 的距離變近，藉此，可使陰極電極 3 所產生的質子的移動距離減

小。因此，質子的捕獲效果提高。第二個意義是對入射而來的光進行反射，藉此來將該光照射至相對向的電極，接著進行反射，由此，可有效地利用入射光。圖 37 表示對上述光進行反射的情況。如上所述的構造尤其對於聚光類型的情形有效，可最大限度地有效利用入射光。又，於聚光型的情形時，存在電極被加熱的問題，但由於總是浸泡於電解液中，因此，亦有易於抑制溫度上升的特徵。

亦即，陰極電極 3 包括藉由接收激發光 7 而產生氫氣的助觸媒含有層 43。而且，於本方法的照射步驟中，將陽極電極 2 或陰極電極 3 所反射的激發光 7 照射至其他陽極電極 2 的光觸媒含有層 27 或陰極電極 3 的助觸媒含有層 43。

圖 38 所示的構成為電解液位於下方，且於上側捕獲產生的氧或氫氣。於該情形時，陽極電極 2 與陰極電極 3 亦為採用傾斜的配置且相對向的構成。然而，雖未圖示，但由於陽極電極 2 所具有的光觸媒含有層及陰極電極所具有的助觸媒層分別朝下，故而光必須通過基材而照射至光觸媒含有層，因此，重要條件在於至少構成陰極電極 3 的基材為透光性。

陽極電極 2 的光觸媒含有層的面、與陰極電極 3 的具有助觸媒含有層的面所成的角度，較佳以大於 0° 且不足 180° 的角度來配置。當兩者所成的角度為 0° 時，意味著以彼此平行地相向的形態來配置陽極電極 2 與陰極電極 3。同樣地，當兩者所成的角度為 180° 時，意味著陽極電極 2

與陰極電極 3 構成平面。再者，於本實施形態中，陽極電極 2 的光觸媒含有層與陰極電極 3 的助觸媒含有層所成的更佳的角度為大於 20° 且不足 90° 。

[第 13 實施形態] (弓 (arch) 型氣體生產裝置)

圖 39 是本實施形態的氣體生產裝置 100 的側視圖。圖 40 是該氣體生產裝置 100 的平面圖。

本實施形態的光觸媒含有層 (陽極電極 2) 與助觸媒含有層 (陰極電極 3) 包括自基材突出的凸面部，且呈立體配置型 (弓型)。

上述凸面部呈包括彼此相對向的一對立面的箱狀。而且，氣體收容部 21、31 形成於該凸面部的內部。

本實施形態的弓型氣體生產裝置 100 是陽極電極 2 及陰極電極 3 分別具有弓形狀，且可謂為圖 35 (a)、圖 35 (b) 至圖 38 所示的山脊型氣體生產裝置的構成的變形的氣體生產裝置。本實施形態的構造更緻密。如圖 39 所示，包括貫通孔 111 的陽極電極 2 具有一片已打開的矩形的構造。打開的一片與氣體收容部 21 連通，且於矩形中構成氣體收容部 21 的一部分。電解液 12 配置於具有弓形狀的陽極電極 2 的上部。已對貫通孔 111 的內壁面實施有疏水化處理。因此，位於上部的電解液 12 不會洩漏至氣體收容部 21。又，陰極電極 3 亦同樣具有弓形狀，且具有與陽極電極 2 相同的箱狀構造。圖 40 是自上方對陽極電極 2 及陰極電極 3 的配置進行觀察所見的圖。

陽極電極 2 及陰極電極 3 具有彼此相鄰接的箱狀 (矩

形)構造,因此,存在相對向的面與朝向相同方向的面。然而,藉由使弓形狀的高度方向的高度變高,可使相對向的面變大,且陽極-陰極之間的距離相對地變短。因此,本實施形態的弓型氣體生產裝置 100 有如下的大優點,即,可使陽極電極 2 所產生的質子的移動距離變短。

此外,本實施形態的弓型氣體生產裝置 100 對於光的封閉效果優異。入射至各個電極所構成的弓形的垛口的光被弓形側面反射,接著再次照射至相對向的面。陰極電極 3 所具有的助觸媒含有層 43 無需吸收光而僅對光進行反射即可,因此,可使反射光再次照射至陽極電極所具有的光觸媒含有層 27 (於圖 39 中未圖示)。又,於構成陽極電極 2 的基材(未圖示)為透光性的情形時,光同樣亦可自背側通過電解液 12 而入射至存在於背側的陽極電極 2 的光觸媒含有層 27,從而可有效地利用光。

圖 41 的構成為電解液位於下方,且於上側捕獲產生的氧或氫氣。

[第 14 實施形態](狹縫 (slit) 型氣體生產裝置)

圖 42 (a) ~ 圖 42 (c) 的各圖是本實施形態的氣體生產裝置 100 的說明圖。本實施形態的氣體生產裝置 100 為狹縫型氣體生產裝置,於陽極電極 2 上形成有縱向比橫向更長的貫通狹縫 115,該貫通狹縫 115 具有氣液分離功能。

亦即,本實施形態的設置於陰極電極 3 或陽極電極 2 的貫通孔(貫通狹縫 115、117)為狹縫形狀。

陰極電極 3 及陽極電極 2 均包括狹縫形狀的貫通孔(貫

通狹縫 117、115)。而且，以陰極電極 3 與陽極電極 2 相對向地配置的狀態，狹縫形狀的貫通孔彼此錯開。

本實施形態的狹縫型氣體生產裝置 100 藉由貫通狹縫 115、117 來更有效果地將光觸媒功能所產生的氣體（氧）予以捕獲。如圖 42（b）所示，光 7 經由氣體收集部 21 而入射至具有透光性基材 28 的陽極電極 2。藉此，藉由自光觸媒含有層 27 的背面入射的光 7 來於電解液 12 中產生氧與質子。產生的氧經由第一貫通狹縫 115 而回收至氣體收集部 21。另一方面，產生的質子於電解液 12 中遊動並到達助觸媒含有層 43，成為氫氣之後，接著經由形成於基材 29 的第二貫通狹縫 117 而被氣體收容部 31 捕獲。圖 42（a）是圖 42（b）的左側面，且表示自光觸媒含有層 27 側所見的光照射面。又，圖 42（c）是圖 42（b）的右側面，且表示自助觸媒含有層 43 側所見的光照射背面。

亦即，本實施形態的陰極電極 3 包括藉由接收激發光 7 而產生氫氣的助觸媒含有層 43。而且，於本方法的照射步驟中，將通過設置於陽極電極 2 或陰極電極 3 的貫通孔（貫通狹縫 115、117）的激發光 7 照射至其他陰極電極 3 的助觸媒含有層 43 或陽極電極 2 的光觸媒含有層 27。

藉此，光 7 的一部分照射至光觸媒含有層 27，其他部分通過貫通狹縫 115 而被助觸媒含有層 43 反射，再次照射至光觸媒含有層 27 的與電解液接觸的面。如此，光 7 被有效利用。

圖 43（a）、圖 43（b）是圖 42（a）～圖 42（c）所示

的氣體生產裝置的立體圖。圖 43 (a) 保持了圖 42 (a) ~ 圖 42 (c) 所示的構造，自陽極電極 2 (光觸媒含有層 27) 側照射光 7。另一方面，圖 43 (b) 相反地自陰極電極 3 (助觸媒含有層 43) 側照射上述光 7。於同圖的情形時，穿過貫通狹縫 117 的光照射至光觸媒含有層 27，藉此來發揮產生氧與氫的光觸媒功能。

亦即，本實施形態的氣體生產裝置 100 在與設置於陰極電極 3 的貫通孔 (貫通狹縫 117) 相對向的位置，形成有陽極電極 2 的光觸媒含有層 27。陰極電極 3 包括藉由接收光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層 43。而且，在與設置於陽極電極 2 的貫通孔 (貫通狹縫 115) 相對向的位置，形成有陰極電極 3 的助觸媒含有層 43。

[第 15 實施形態] (可撓 (flexible) 型氣體生產裝置)

圖 44 是本實施形態的氣體生產裝置 100 的側視圖。本實施形態的氣體生產裝置 100 是形成為圓弧狀且具有可撓性的可撓型氣體生產裝置。

可撓型氣體生產裝置 100 包括電極對，該電極對由隔開規定的間隔而彼此平行地配置的陰極電極 3 及陽極電極 2 所構成。而且，該電極對具有可朝與面垂直的方向彎曲或撓曲的可撓性。

可撓型氣體生產裝置 100 的陽極電極 2 配置於圓弧的外周側，陰極電極 3 配置於內周側。原因在於：將氧放出至外周側，使應捕獲的氫集中於內周側，於內周側設置有用以捕獲氫的氣體收容部 31。然而，當使外周側具有捕獲

氫的功能時，亦可將陽極電極 2 配置於圓弧的內周側，將陰極電極 3 配置於外周側。

圖 45 是將圖 44 所示的氣體生產裝置的虛線所包圍的一部分予以放大的圖。陽極電極 2 為如下的構造：該陽極電極 2 由透光性基材 28 與光觸媒含有層 27 形成，對由助觸媒含有層 43 與不透光性基材 29 形成的陰極電極 3 所夾著的電解液即水進行光分解而產生氧與氫。產生的氧經由第一貫通孔 111 而放出至外部，但同樣產生的氫通過第二貫通孔 113 而被氣體收容部 31 捕獲。

圖 46 是表示本實施形態的可撓型氣體生產裝置 100 的使用狀態的圖。圖 47 是本實施形態的可撓型氣體生產裝置 100 的立體圖。於圖 46 中表示如下的情況，即，將氣體生產裝置 100 配置於室外，以利用太陽光來產生氫氣。以儘可能垂直地被照射著太陽光的方式，傾斜地配置可撓型氣體生產裝置 100。該裝置包括電解液的蓄水槽 138、將水送出的循環泵 135、以及用以使水維持潔淨度的過濾槽 136。

本實施形態的氣體生產裝置可利用於燃料電池、或成為燃料電池的原料的氫的製造裝置等。

以上，參照圖式來對本發明的實施形態進行了敘述，但上述為本發明的例示，亦可採用上述以外的各種構成。

例如，本實施形態的氣體生產裝置不僅可配置並使用陽極電極 2 與陰極電極 3 的一組電極對，而且亦可並聯地配置並使用多組電極對。而且，若陽極電極 2、陰極電極 3

均對於照射光而言透明，則亦可串聯地配置並使用該陽極電極 2、陰極電極 3。

又，於本實施形態中，亦可另外設置照射激發光的光源。亦即，氣體生產裝置 100 亦可更包括照射激發光的光源。

又，於本實施形態中，表示了如下的例子，即，平行地配置相同尺寸的陽極電極 2 與陰極電極 3，且光觸媒承載面 20 與陰極電極 3 的氣體產生面相對向，但可將陽極電極 2 及陰極電極 3 的尺寸予以變更，且設置多個陰極電極 3，亦可與陽極電極 2 垂直地配置多個陰極電極 3。再者，於該情形時，不於陰極電極 3 形成第二貫通孔。

本實施形態的氣體生產裝置對氧氣與氫氣進行分離回收，但亦可構成為回收混成氣體。又，本實施形態的氣體生產裝置回收氧氣與氫氣中的任一種氣體，但亦可構成為僅回收其中一種產生氣體。

（產生氣體的定量方法）

以第 9 實施形態所示的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置 100（參照圖 30（a）、圖 30（b）及圖 31）為例，可以如下的方式來對產生的氣體的產生量進行測定。再者，使用如圖 48 所示的簡易地構成的氣體生產裝置來進行說明。

如圖 48 所示，氣體生產裝置設置有氣體收集單元（氣相側氣袋（gas bag）307、液相側氣袋 308）與光源 310。較佳採用高壓水銀燈或氙燈作為光源 310。氣相側氣袋

307、液相側氣袋 308 只要為將氧、氫等的無機氣體予以阻斷的氣體阻障 (barrier) 性高的材質即可，但較佳採用鋁袋。

光觸媒單元兼具有對本實施形態的氣體生產裝置 100 進行固定、支持及收集氧氣與氫氣的功能，將該光觸媒單元浸泡於放入有電解液 12 的燒杯 (beaker) 309 中，氣體生產裝置 100 的光觸媒承載面 20 的表面與電解液 12 接觸。

於基材 25 上設置有貫通孔 (第一貫通孔 111、第二貫通孔 113)。第一貫通孔 111、第二貫通孔 113 藉由上述拉普拉斯壓力來抑制電解液 12 朝基材 25 背面側的侵入。氣體生產裝置 100 的觸媒含有層 81 接收來自光源 310 的激發光而產生的氧氣、氫氣的大部分，經由第一貫通孔 111、第二貫通孔 113 而聚集至背面側的氣體收容部 30，接著通過氣相側單元內排出口 303 以及氣相側排出管 305，收集並蓄積於氣相側氣袋 307。

另一方面，未通過第一貫通孔 111、第二貫通孔 113 的氣體於液相側成長為氣泡，通過液相側單元內排出口 304 以及液相側排出管 306，收集並蓄積於液相側氣袋 308。

對於上述氣體生產裝置 100，自光源 310 照射紫外 (Ultra Violet, UV) 光固定時間。將氣相側氣袋 307、液相側氣袋 308 自氣體生產裝置 100 拆下並連接於氣體層析儀 (Gas Chromatography)，對產生氣體的滯留時間 (retention time) 與峰值 (peak) 面積進行測定。再者，為了進行校正，預先對純氫與純氧各自的滯留時間與峰值

面積進行測定。

例如於將氫產生量予以定量化的情形時，若將因光分解而產生的氫的濃度設為 X ，將峰值面積設為 A ，則純氫（100%的濃度）的峰值面積為 A_p ， $X=100 * A/A_p$ 。

若將容器的體積設為 V_0 ，則產生的氫的體積 V 為 $V = V_0 * X$ 。因此，該產生的氫的氣體產生量（分子數）可由氣體的狀態方程式： $P * V = n * R * T$ （ P ：壓力， V ：體積， n ：分子數， R ：氣體常數， T ：絕對溫度）求出。

【實例】

以下，藉由實例來具體地對本發明進行說明，但本發明完全不限定於這些實例。

（實例 1）

實例 1 是使無貫通孔且包括光觸媒含有層的陽極電極、與包括貫通孔且包括助觸媒層的陰極電極相對向地配置的實例。

準備聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）薄膜作為透光性基材 28，將該透光性基材 28 的外形切割為 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的正方形，上述聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）薄膜以濺鍍法而形成有作為透明導電膜的 ITO（銦錫氧化物）膜且厚度為 $50\text{ }\mu\text{m}$ 。

於上述薄膜片的內側的 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的正方形的區域，以厚度達到 $20\text{ }\mu\text{m}$ 的方式，藉由噴霧法來塗佈銳鈦礦型光觸媒氧化鈦塗佈用漿料（paste）（Peccell Technologies 公司製造），從而形成光觸媒含有層 27。接著，以 140°C 來使塗

佈形成的光觸媒含有層乾燥 1 小時，使殘存有機物或溶媒蒸發。如此，形成具有光觸媒承載面 20 的光觸媒陽極電極。接著，藉由使用有四氟化碳氣體的真空電漿處理，來對包含光觸媒的陽極電極 2 的背面進行斥水處理，從而完成未形成有貫通孔的陽極電極 2。

接著，對於聚醯亞胺薄膜，以 NC 加工機來於 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的區域中形成孔開口徑為 $100\text{ }\mu\text{m}$ 、孔間距為 $300\text{ }\mu\text{m}$ 的貫通孔，形成多孔薄膜之後，以 10 nm 的厚度來濺鍍鉑，然後將外形切割為 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的正方形，從而完成陰極電極 3。

使用已完成的陰極電極 3 來製作如圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6。使用丙烯酸作為基本的材料。然而，無需對材料進行限定，只要對於電解液而言無溶解性，則可使用所有的材料。而且，使用石英作為受光窗。使用鈦線作為通電用電線 202，且使用鈦作為通電用金屬框。

以與包括貫通孔的陰極電極相對向的方式，將之前已製作的未形成有貫通孔的陽極電極 2 安裝至上述助觸媒單元 6，從而完成圖 17 所示的氣體生產裝置 100。

將無貫通孔的陽極電極 2 與包括貫通孔的陰極電極 3 的對向間隔設定為 0.5 mm 。自電解液供給管 131 供給電解液 12，該電解液 12 為使 30 g 的碳酸鈉溶解於 100 cc 的蒸餾水而成的電解液。再者，於安裝之後，使氫氣流入至氫氣供給管 102，充分地將第一氣體收容部 21 及第二氣體收

容部 31 的內部予以密封，將系統內的多餘的氣體驅除之後進行使用。

接著，藉由高壓水銀燈而自受光窗來照射紫外線。光的照射強度為 10 mW/cm^2 ，進行 1 小時的照射，以 0.17 cc/min 的抽吸速度來將產生的氫氣自氫氣排出管 103 採集至 10 cc 的氣密式注射器（gas tight syringe），以氣體層析儀（島津製作所製造，型號 GC-8A）來對氫濃度進行分析，該氫濃度為 980 ppm 。

若將上述氫濃度換算為每單位時間的氫產生量，則達到 $0.44 \text{ } \mu\text{mol/hr}$ ，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量相當於 $112 \text{ } \mu\text{mol/g/hr}$ 。

同樣地，使用氣體層析儀來對氧氣排出管 101 中所含的氣體進行分析，已確認含有氧。

（實例 2）

與實例 1 同樣地，實例 2 是使無貫通孔的陽極電極、與包括貫通孔的陰極電極相對向地配置的實例。

於陰極電極 3 的製法中，使用化學蝕刻法來形成設置有孔徑為 $30 \text{ } \mu\text{m}$ 、孔間距為 $50 \text{ } \mu\text{m}$ 的貫通孔的陰極電極 3。與實例 1 同樣地，製作如圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6，並同樣地以與實例 1 相同的方式來形成無貫通孔的陽極電極 2，從而完成圖 17 所示的氣體生產裝置 100。使用此種相對向地配置有無貫通孔的陽極電極、與包括貫通孔的陰極電極的氣體生產裝置 100 來對氫氣進行測定，氫濃度為 1436 ppm ，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫

產生量為 $164\ \mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 3)

與實例 1 及實例 2 同樣地，實例 3 是使無貫通孔的陽極電極、與包括貫通孔的陰極電極相對向地配置的實例。

於陰極電極 3 的製法中，使用雷射加工法來形成設置有孔徑為 $10\ \mu\text{m}$ 、孔間距為 $40\ \mu\text{m}$ 的貫通孔的陰極電極 3。與實例 1 同樣地，製作如圖 14 (a)、圖 14 (b) 所示的助觸媒單元 6，並同樣地以與實例 1 相同的方式來形成無貫通孔的陽極電極 2，從而完成圖 17 所示的氣體生產裝置 100。使用此種相對向地配置有無貫通孔的陽極電極、與包括貫通孔的陰極電極的氣體生產裝置 100，以與實例 1 及實例 2 相同的方式來對氫氣進行測定，氫濃度為 $1310\ \text{ppm}$ ，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 $150\ \mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 4)

實例 4 是使包括貫通孔的陽極電極、與同樣地包括貫通孔的陰極電極相對向地配置的實例。

於包含光觸媒的陽極電極 2 的製法中，對於附帶 ITO 的 PET 薄膜，使用 NC 加工機來於 $1\ \text{cm}\times 1\ \text{cm}$ 的區域中形成孔徑為 $80\ \mu\text{m}$ 、孔間距為 $160\ \mu\text{m}$ 的貫通孔之後，將外形切割為 $2\ \text{cm}\times 2\ \text{cm}$ 的正方形，形成多孔薄膜之後，考慮一面自下側噴射氫氣，一面自上方對氧化鈦漿料進行噴霧塗佈，藉此，使孔不會被氧化鈦掩埋，從而形成光觸媒塗佈層。將塗佈厚度調整為約 $20\ \mu\text{m}$ 。

關於陰極電極 3，與實例 2 同樣地形成孔徑為 30 μm 、孔間距為 50 μm 的多孔薄膜。

同樣地將紫外線照射 1 小時，對氫氣進行測定，氫濃度為 212 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 24 $\mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 5)

實例 5 是如下的構成的實例，即，使包括貫通孔的陽極電極、與同樣地包括貫通孔的陰極電極相對向地配置，且代替導線而將電子輸送材料配置於電極之間。

拆除通電用電線 202，作為該通電用電線 202 的代替功能，將作為電子輸送材料的金屬多孔質鈦 (OSAKA Titanium Technologies 製造的多孔質鈦，型號: Tiporous-45) 插入至陽極電極 2 與陰極電極 3 之間，除此以外，與實例 4 同樣地對氫氣進行測定，氫濃度為 359 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 41 $\mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 6)

實例 6 是使包括貫通孔的陽極電極、與同樣地包括貫通孔的陰極電極相對向地配置，且使陽極電極的形狀發生變化的實例。

於陽極電極 2 的製法中，利用雷射加工法來形成設置有孔徑為 30 μm 、孔間距為 60 μm 的貫通孔的多孔薄膜，除此以外，與實例 4 同樣地對氫氣進行測定，氫濃度為 2226 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 255 $\mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 7)

實例 7 是使包括貫通孔的陽極電極、與同樣地包括貫通孔的陰極電極相對向地配置，且使陽極電極的形狀發生變化的實例。

於陽極電極 2 的製法中，利用雷射加工法來形成設置有孔徑為 10 μm 、孔間距為 40 μm 的貫通孔的多孔薄膜，除此以外，與實例 4 同樣地對氫氣進行測定，氫濃度為 1303 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 149 $\mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 8)

實例 8 是使用有陽極陰極一體型電極的實例。

將聚醯亞胺（宇部興產製造，型號 UPILEX，厚度為 0.5 mm）的薄膜薄片作為基材 25，切出邊長為 15.4 mm 的正方形的試驗片，對於該試驗片，利用 NC 加工機（FANUC 製造，型號 Series 21i-MB）以 200 μm 的間距來貫通形成 100 μm 的直徑的孔，製作包括第一貫通孔 111 及第二貫通孔 113 的基材。使用濺鍍裝置（Shibaura Mechatronics 製造，型號 CFS-4ES），以 250 nm 的厚度來將二氧化鈦濺鍍至基材的其中一個表面，形成光觸媒含有層 27。以一比一的流量比例來將氫氣與氧氣用作濺鍍氣體。

濺鍍條件如下：將薄片加熱至 300°C，利用射頻（Radio Frequency，RF）電源，以 300 W 的濺鍍功率（power）、2.0 Pa（ 1.5×10^{-2} Torr）的氣體壓力來進行濺鍍。以 X 射線繞射法來對該二氧化鈦膜試料進行分析，於 $2\theta = 25.4^\circ$ 時檢

測出銳鈦礦單結晶的(101)面的繞射峰值，已確認該二氧化鈦的濺鍍膜為銳鈦礦結晶形。

接著，以 3500 rpm 的旋轉數來對波長 436 nm 用 g 線正型光阻劑 (JSR 製造，型號 PFR9005D18G) 進行旋塗，並以 90°C 來預加熱 10 分鐘，從而形成光阻膜。利用以橫方向間距為 200 μm 、縱方向間距為 346.4 μm (橫間距 $\times\sqrt{3}$) 的間隔而設置有多個直徑為 180 μm 的圓形開口的光罩來覆蓋基材，並利用光罩對準曝光機 (mask aligner) (共和理研製造，型號 K-400PS100) 來使薄片的孔與光罩的圓形開口的中心重合，以曝光用的 UV-可見光源 (USHIO 電機製造，型號 UIV-5100) 進行 10 秒曝光。以 110°C 來將上述基材加熱 10 分鐘，使光阻膜中的單體穩定化之後，以氫氧化四甲基銨 2.4% 水溶液來浸泡 1 分鐘，接著以離子交換水進行 20 秒水洗，從而進行顯影。至此成為如下的狀態，即，僅於對 UV-可見光源感光的直徑為 180 μm 的圓形開口部處，光阻劑溶解於顯影液而被除去，該圓形開口部露出。

接著，以室溫來使上述基材自然乾燥 30 分鐘之後，藉由濺鍍裝置 (SHIMADZU EMIT 公司製造，型號 HSM-521) 以 50 nm 的厚度來濺鍍鉑。使用氬氣作為濺鍍氣體。濺鍍條件如下：利用直流 (Direct Current, DC) 電源，以 600 V 的電壓、0.4 A 的電流，並以 0.074 Pa (5.6×10^{-4} Torr) 的氣體壓力來進行濺鍍。

然後，利用丙酮 (acetone) 來將剩餘的光阻劑與鉑予以剝離，藉此，於包含二氧化鈦的光觸媒含有層 27 上，僅

180 μm 的圓形開口部形成為包含鉑濺鍍膜的助觸媒含有層 43。

接著，選擇性地對第一貫通孔 111 及第二貫通孔 113 的內壁與背面進行疏水化處理。首先，作為預處理，利用濺鍍裝置（Shibaura Mechatronics 製造，型號 CFS-4ES）以 10 nm 的厚度來將 SiO_2 濺鍍至薄片背面側。使用氫氣作為濺鍍氣體。濺鍍條件如下：利用 RF 電源，以 200 W 的濺鍍功率、1.0 Pa (7.5×10^{-3} Torr) 的氣體壓力來進行濺鍍。接著，將薄片封入至已形成為六甲基二矽氮烷的蒸氣環境的密閉容器中，進行約 10 小時的氣相反應。對基材背面的水接觸角進行測定，於處理之前，該水接觸角為 60 度，於處理之後，該水接觸角變為 100 度，確認已疏水化，從而完成陽極陰極一體型電極。

接著，將上述陽極陰極一體型電極裝入至如圖 48 所示的氣體生產裝置 100，將作為氣體捕獲用線路（line）的矽管（silicon tube）（內徑為 2.0 mm，長度為 15 cm）連接至設置於陽極電極 2 的背面側的氣體收容部 30，於該氣體收容部 30 的上方，將上述矽管連接於作為氣相側氣袋 307 的填充有氫氣的氣體收集用的鋁袋（GL Sciences 製造，型號 AAK-1，容量為 500 ml）。將該氣體生產裝置 100 浸泡於放入有已調整為兩個當量濃度的硫酸水溶液（電解液 14）的燒杯 309 中，並配置為與作為光源 310 的 UV 光源（USHIO 電機製造，UI-501C 型號）隔開 1 cm 的距離，接著照射約 7 小時。該照射面上的光強度為 70 mW/cm^2 。

將該收集有氣體的鋁袋自氣體生產裝置 100 拆下，並連接於安裝有無機氣體分析用管柱 (column) (信和化工製造，型號：SHINCARBON ST) 的氣體層析儀 (島津製作所製造，型號 GC-8AIT) 的氣體採樣器 (gas sampler)，以烘箱 (oven)、檢測器溫度為 50°C 以及電流為 70 mA 的分析條件來對產生氣體的滯留時間與峰值面積進行測定，滯留時間為 4.2 分鐘時檢測出氫峰值，氫濃度為 880 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 $101\text{ }\mu\text{mol/g/hr}$ 。

(實例 9)

實例 9 是使用有陽極陰極一體型電極的實例。

於陽極陰極一體型電極的製造方法中，以膜厚達到 20 μm 的方式，藉由網版印刷法來使 Peccell Technologies 公司 (股) 製造的二氧化鈦漿料形成膜，以 140°C 來使塗佈形成的光觸媒含有層乾燥 1 小時，使殘存有機物或溶媒蒸發，從而形成多孔質膜，除此以外，以與實例 8 相同的條件來對氫的氣體產生量進行測定，氫濃度為 3040 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 $348\text{ }\mu\text{mol/g/hr}$ 。

(比較例 1)

使用圖 1 所示的先前型的光觸媒電解裝置來進行實驗。將相當於 0.1 N 的硫酸作為電解質加入至自來水中，進行紫外線照射量為 1600 mW/cm^2 的照射實驗，已確認：包括光觸媒含有層 27 的陽極電極 2 及包括助觸媒含有層 43 的陰極電極 3 附著有極少的氣泡。然而，由於產生的氣泡極少，因此，未使用氧氣偵測管、氫氣偵測管來進行確

認。接著，替換為 1 N 的稀硫酸液來進行實驗，但僅可確認於氣泡附著於各個電極之後，時常會脫離電極，未能夠確認明確的氣體的產生。此外，使用自來水來進行實驗之後，完全未能夠確認氣泡的產生。

（比較例 2）

比較例 2 是使用有無貫通孔的陽極陰極一體型電極的比較例。

於陽極陰極一體型電極的製造方法中，不將貫通孔設置於光觸媒電極或助觸媒電極中的任一個電極上，且將氣體收集口設置於接液面側，除此以外，以與實例 8 相同的條件來對氫的氣體產生量進行測定，氫濃度為 30 ppm，每單位重量的氧化鈦光觸媒的氫產生量為 3 $\mu\text{mol/g/hr}$ 。又，氣泡大量地附著於電極表面。

上述實例 1～實例 9 及比較例 1～比較例 2 的結果表示於下表 1 中。

【表 1】

實驗	電極構成	光觸媒陽極 (TiO ₂)				助觸媒陰極 (Pt)			電極 GAP (mm)	氫氣	
		孔徑 (μm)	間距 (μm)	孔/間 距比	製膜 法	TiO ₂ 厚 度 (μm)	孔徑 (μm)	間距 (μm)		濃度 (ppm)	產生量 ($\mu\text{mol/g/hr}$)
實例 1	對向配置	無孔		-	塗佈	20	100	300	0.5	960	112
實例 2	對向配置	無孔		-	塗佈	20	30	50	0.5	1436	164
實例 3	對向配置	無孔		-	塗佈	20	10	40	0.5	1310	150
實例 4	對向配置	80	160	2.0	塗佈	20	30	50	0.5	212	24
實例 5	對向配置	80	160	2.0	塗佈	20	30	50	0.5	359	41
實例 6	對向配置	30	60	2.0	塗佈	20	30	50	0.5	2226	255
實例 7	對向配置	10	40	4.0	塗佈	20	30	50	0.5	1303	149
實例 8	單面照射	100	200	2.0	濺鍍	0.25	100	200	-	880	101
實例 9	單面照射	100	200	2.0	塗佈	20	100	200	-	3040	348
比較例 1	對向配置	先前型光觸媒電解裝置 (圖 1)									未產生氫
比較例 2	單面照射	無孔		-	濺鍍	0.25	無孔		-	30	3

本申請案主張以 2009 年 9 月 9 日提出申請的日本專利申請特願 2009-207777 及 2009 年 9 月 16 日提出申請的日本專利申請特願 2009-214484 作為基礎的優先權，並將該兩個申請案的全部內容併入本申請案。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是先前的藉由將光照射至陽極電極來進行水電解的一般的裝置圖的模式圖。

圖 2 (a)、圖 2 (b) 是表示將紫外線光照射至電解液時的狀態的說明圖。

圖 3 是表示氫氣的氣泡與氧氣的氣泡彙集的狀態的說明圖。

圖 4 是表示以液膜層來覆蓋光觸媒表面的狀態的說明圖。

圖 5 (a) ~ 圖 5 (d) 是表示本實施形態的氣體生產裝置的基本概念的模式圖。

圖 6 (a) ~ 圖 6 (c) 是對楊-拉普拉斯方程式進行說明的圖。

圖 7 是表示形成於陽極電極的孔加工部的例子的平面圖。

圖 8 (a) 是對光觸媒含有層及助觸媒層、與各自的貫

通孔的構造所產生的特徵進行說明的模式圖，圖 8 (b) 是放大圖。記號 X 表示氧分子的產生部位，箭頭表示產生部位 X 至貫通孔為止的最短距離，即，表示界面-反應點距離。

圖 9 (a) ~ 圖 9 (d) 是表示對向配置型的氣體生產裝置的基本構成的模式圖。

圖 10 (a)、圖 10 (b) 是表示對向配置型的氣體生產裝置中的質子與電子的移動的說明圖。圖 10 (a) 表示電子經由導線而自陽極電極朝陰極電極移動的情況。圖 10 (b) 表示電子經由設置於陽極電極與陰極電極間的網孔狀的導電材料而自陽極電極朝陰極電極移動的情況。

圖 11 (a) 是光觸媒單元 (陽極單元) 的側視剖面圖，圖 11 (b) 是正面圖。

圖 12 (a) 是陽極電極本身的正面圖，圖 12 (b) 是側視剖面圖，圖 12 (c) 是圖 12 (b) 的放大圖。

圖 13 是表示形成於陽極電極的孔加工部的一例的平面圖。

圖 14 (a) 是助觸媒單元 (陰極單元) 的側視剖面圖，圖 14 (b) 是正面圖。

圖 15 是第 1 實施形態的氣體生產裝置的側視剖面圖。

圖 16 是圖 15 所示的第 1 實施形態的氣體生產裝置的正面圖。

圖 17 是第 2 實施形態的氣體生產裝置的側視剖面圖。

圖 18 是第 3 實施形態的氣體生產裝置的側視剖面圖。

圖 19 是圖 18 所示的第 3 實施形態的氣體生產裝置的正面圖。

圖 20 是圖 18、圖 19 所示的第 3 實施形態的氣體生產裝置的俯視圖。

圖 21 是將第 3 實施形態的氣體生產裝置中的光的照射方向設為陰極電極側的例子。

圖 22 是第 4 實施形態的太陽光對應氣體生產裝置的俯視圖。

圖 23 是第 4 實施形態的太陽光對應氣體生產裝置的側視剖面圖，且其表示自上表面照射著光的情況。

圖 24 是第 4 實施形態的太陽光對應氣體生產裝置的仰視圖。

圖 25 是第 5 實施形態的太陽光對應氣體生產裝置的側視剖面圖，且其表示自上表面照射著光的情況。

圖 26 (a)、圖 26 (b) 是第 6 實施形態的陽極陰極一體型電極的立體圖。

圖 27 是表示光觸媒含有層與助觸媒含有層的位置關係的一例的第 7 實施形態的陽極陰極一體型電極的概略正面圖。

圖 28 是圖 27 所示的陽極陰極一體型電極的剖面圖，且其圖示了氫與氧的產生及分離的情況。

圖 29 是表示光觸媒含有層與助觸媒含有層的位置關係的一例的第 8 實施形態的陽極陰極一體型電極的概略正面圖。

圖 30 (a) 是第 9 實施形態的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置的側視剖面圖，圖 30 (b) 是圖 30 (a) 的正面圖。

圖 31 是第 9 實施形態的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置的透視立體圖。

圖 32 (a) 是第 10 實施形態的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置的俯視圖，圖 32 (b) 是短邊側的側視剖面圖，圖 32 (c) 是長邊側的側視剖面圖，圖 32 (d) 是連接有循環泵的氣體生產裝置的側視剖面圖。

圖 33 (a) 是對於第 11 實施形態中所使用的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置而言，沿著水平方向將氣體生產裝置予以切斷的俯視圖，圖 33 (b) 是自側面對氫與氧的氣體的流路進行觀察所見的剖面圖。

圖 34 是圖 33 (a) ~ 圖 33 (b) 所示的氣體生產裝置 100 的透視俯視圖，且表示了氫氣與氧氣的流路的位置關係。

圖 35 (a) 是第 12 實施形態的山脊型氣體生產裝置的側視圖，圖 35 (b) 是放大圖。

圖 36 (a) 是第 12 實施形態的山脊型氣體生產裝置的平面圖，圖 36 (b) 是放大圖。

圖 37 是表示於第 12 實施形態的山脊型氣體生產裝置中使光反射的情況的圖。

圖 38 是表示於第 12 實施形態的山脊型氣體生產裝置中使電解液位於下方的狀態的圖。

圖 39 是第 13 實施形態的弓型氣體生產裝置的側視圖。

圖 40 是第 13 實施形態的弓型氣體生產裝置的平面圖。

圖 41 是表示於第 13 實施形態的弓型氣體生產裝置中使電解液位於下方的狀態的圖。

圖 42 (a) ~ 圖 42 (c) 是第 14 實施形態的狹縫型氣體生產裝置的說明圖。

圖 43 (a)、圖 43 (b) 是第 14 實施形態的狹縫型氣體生產裝置的立體圖。

圖 44 第 15 實施形態的可撓型氣體生產裝置的側視圖。

圖 45 是圖 44 的放大圖。

圖 46 是表示第 15 實施形態的可撓型氣體生產裝置的使用狀態的圖。

圖 47 是第 15 實施形態的可撓型氣體生產裝置的立體圖。

圖 48 是使用第 9 實施形態的包括陽極陰極一體型電極的氣體生產裝置來產生氣體的產生實驗的說明圖。

【主要元件符號說明】

1：光觸媒單元

2：陽極電極

3：陰極電極

4：受光窗

5、25、29：基材

6：助觸媒單元

7：光

- 8：電子
- 10：電解液槽
- 11：蓋構件
- 12、14：電解液
- 19：氧化鈦層
- 20：光觸媒承載面
- 21：第一氣體收容部
- 23：氧氣
- 24：透明導電膜
- 27：光觸媒含有層
- 28：透光性基材
- 30：氣體收容部
- 31：第二氣體收容部
- 33：氫氣
- 34：質子
- 40：氧化鈦粉體
- 41：鉑微粒子
- 42：光觸媒
- 43：助觸媒含有層
- 50：陽極陰極一體型電極
- 51：開口部
- 52：氣液界面
- 61：電極間的間隔件
- 71：透明玻璃板

- 72：側壁板
- 73：底板
- 81：觸媒含有層
- 100：氣體生產裝置
- 101：氧氣排出管
- 102：惰性氣體供給管
- 103：氫氣排出管
- 111：第一貫通孔
- 113：第二貫通孔
- 115、117：貫通狹縫
- 120：電極固持器
- 131：電解液供給管
- 132：電解液排出管
- 133：電解液供給細管
- 134：電解液排出細管
- 135：電解液泵
- 136：電解液過濾槽
- 137：閥門
- 138：蓄水槽
- 201：通電用金屬框
- 202：通電用電線
- 203：通電用電線插入口
- 206：多孔質鈦
- 301：支持棒

303：氣相側單元內排出口

305：氣相側排出管

306：液相側排出管

307：氣相側氣袋

308：液相側氣袋

309：燒杯

310：光源

e^- ：電子

h^+ ：電洞

H^+ ：質子

H_2 ：氫分子

H_2O ：水

O_2 ：氧分子

Pt：鉑

TiO_2 ：氧化鈦

W：開口寬度

X：點

θ ：接觸角

γ ：表面張力

七、申請專利範圍：

1. 一種氣體生產裝置，由含有水的電解液來產生氧氣及/或氫氣，其包括：

陽極電極，包括光觸媒含有層，該光觸媒含有層含有藉由光觸媒反應而自上述電解液產生氧氣的光觸媒；

陰極電極，藉由上述光觸媒含有層中的光觸媒反應而自上述電解液中產生的氫離子及電子產生氫氣；

多個貫通孔，設置於上述陽極電極或上述陰極電極的至少一個電極，不使上述電解液通過而使產生的上述氧氣或上述氫氣通過；以及

氣體收容部，將通過上述貫通孔的上述氧氣或上述氫氣予以收容。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的氣體生產裝置，其中上述光觸媒含有層為包含多個空孔的多孔質材料，且上述光觸媒露出至上述空孔。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述的氣體生產裝置，其中上述空孔露出至上述貫通孔的內壁面。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述的氣體生產裝置，其中露出至上述貫通孔的內壁面的上述空孔與其他空孔彼此連通著。

5. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

多個上述貫通孔規則地設置於上述陽極電極或上述陰極電極。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述的氣體生產裝置，其中相鄰接的上述貫通孔的重心之間的距離為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $800\ \mu\text{m}$ 以下。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述的氣體生產裝置，其中全部的上述貫通孔與相鄰接的其他上述貫通孔的重心之間的距離為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $800\ \mu\text{m}$ 以下。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述的氣體生產裝置，其中上述重心之間的距離為上述貫通孔的開口直徑的 1.5 倍以上且為 5 倍以下。

9. 如申請專利範圍第 5 項所述的氣體生產裝置，其中相鄰接的上述貫通孔的接近邊緣之間的距離為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且為 $400\ \mu\text{m}$ 以下。

10. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

上述光觸媒含有層的層厚為 $0.25\ \mu\text{m}$ 以上且為 $100\ \mu\text{m}$ 以下。

11. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，更包括

受光窗，該受光窗使上述光觸媒的激發光透過，並且將該激發光照射至上述光觸媒含有層。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陽極電極包括對上述光觸媒含有層進行支持的基材，

上述基材由使上述激發光透過的材料構成。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述的氣體生產裝置，其中

上述受光窗隔著上述基材而配置於上述光觸媒含有層的相反側，

透過上述受光窗的上述激發光進一步透過上述基材，接著照射至上述光觸媒含有層。

14. 如申請專利範圍第 11 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極由使上述激發光透過的材料構成，且

上述受光窗與上述陰極電極相對向地配置，透過上述受光窗的上述激發光進一步透過上述陰極電極，接著照射至上述光觸媒含有層。

15. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極與上述陽極電極的上述光觸媒含有層彼此相對向地配置著。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述的氣體生產裝置，其中

於與設置於上述陰極電極的上述貫通孔相對向的位置，形成有上述陽極電極的上述光觸媒含有層。

17. 如申請專利範圍第 15 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極包含因接收上述光觸媒的激發光而產生

氫氣的助觸媒含有層，

於與設置於上述陽極電極的上述貫通孔相對向的位置，形成有上述陰極電極的上述助觸媒含有層。

18. 如申請專利範圍第 16 項所述的氣體生產裝置，其中

設置於上述陰極電極或上述陽極電極的上述貫通孔為狹縫形狀。

19. 如申請專利範圍第 18 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極及上述陽極電極均包括狹縫形狀的貫通孔，且以上述陰極電極與上述陽極電極相對向地配置的狀態，上述狹縫形狀的貫通孔彼此錯開。

20. 如申請專利範圍第 15 項所述的氣體生產裝置，其中

由隔開規定的間隔而彼此平行地配置的上述陰極電極及上述陽極電極所構成的電極對，具有可朝與面垂直的方向彎曲或撓曲的可撓性。

21. 如申請專利範圍第 15 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極包含因接收上述光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，

於上述陽極電極的上述光觸媒含有層與上述陰極電極的上述助觸媒含有層之間，設置有包含導電性的材料且可使上述電解液透過的電子移動層。

22. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極與上述陽極電極支持於共用的基材且橫向排列地配置著。

23. 如申請專利範圍第 22 項所述的氣體生產裝置，其中

多個上述陰極電極與多個上述陽極電極彼此相鄰接地配置著。

24. 如申請專利範圍第 23 項所述的氣體生產裝置，包括：

第一貫通孔，設置於上述陽極電極，不使上述電解液通過而使上述氧氣通過；以及

第二貫通孔，設置於上述陰極電極，不使上述電解液通過而使上述氫氣通過。

25. 如申請專利範圍第 24 項所述的氣體生產裝置，包括：

第一上述氣體收容部，設置於上述第一貫通孔的開口且收容上述氧氣；以及第二上述氣體收容部，設置於上述第二貫通孔的開口且收容上述氫氣。

26. 如申請專利範圍第 24 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極包含因接收上述光觸媒的激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，

上述光觸媒含有層配置於上述第一貫通孔的附近，上

述助觸媒含有層配置於上述第二貫通孔的附近。

27. 如申請專利範圍第 26 項所述的氣體生產裝置，其中

上述光觸媒含有層呈環狀地設置於上述第一貫通孔的開口部的周緣部，上述助觸媒含有層呈環狀地設置於上述第二貫通孔的開口部的周緣部。

28. 如申請專利範圍第 26 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陰極電極與上述陽極電極經由電氣絕緣性的材料而橫向排列且相鄰接地設置，上述陰極電極與上述陽極電極的鄰接間隔為 $0.01\ \mu\text{m}$ 以上。

29. 如申請專利範圍第 26 項所述的氣體生產裝置，更包括

受光窗，該受光窗使上述光觸媒的激發光透過，並且將該激發光照射至上述光觸媒含有層，

上述受光窗配置於與上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層均相對向的位置，透過上述受光窗的上述激發光照射至上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層。

30. 如申請專利範圍第 26 項所述的氣體生產裝置，其中

上述陽極電極及上述陰極電極分別由使上述光觸媒的激發光透過的材料構成，

使上述激發光透過並且將該激發光照射至上述光觸媒含有層的受光窗與上述陽極電極及上述陰極電極相對向，

且配置於上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層的相反側，

透過上述受光窗的上述激發光進一步透過上述陽極電極及上述陰極電極，接著照射至上述光觸媒含有層及上述助觸媒含有層。

31. 如申請專利範圍第 26 項所述的氣體生產裝置，其中

上述光觸媒含有層或上述助觸媒含有層中的至少一個層相對於上述基材而傾斜地配置著。

32. 如申請專利範圍第 31 項所述的氣體生產裝置，其中

上述光觸媒含有層或上述助觸媒含有層包括自上述基材突出的凸面部。

33. 如申請專利範圍第 32 項所述的氣體生產裝置，其中

上述凸面部呈包括彼此相對向的一對立面的箱狀。

34. 如申請專利範圍第 32 項所述的氣體生產裝置，其中

上述氣體收容部形成於上述凸面部的內部。

35. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

對上述貫通孔的內壁面實施有疏水化處理。

36. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

上述光觸媒含有層及上述陰極電極相對於上述電解液而言為親液性。

37. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

上述陽極電極或上述陰極電極中的設置有上述氣體收容部的背面側相對於上述電解液而言為疏液性。

38. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，更包括：

蓄積有上述電解液且使上述陽極電極及上述陰極電極與上述電解液接觸的電解液蓄積部；

將上述電解液供給至上述電解液蓄積部的電解液供給管；以及

自上述電解液蓄積部將用於觸媒反應的上述電解液予以排出的電解液排出管。

39. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，其中

上述光觸媒含有層中所含的光觸媒為選自包含氧化鈦、氧化鈮、氧化鎳、氧化鋅、氧化鉀、氧化鋁、氧化鈮、氧化鉬、氧化鉭、氧化鎢、氧化鎳、氧化鋳、氧化鋳、氧化錫、氧化銻、氧化鉛及氧化鉍等的氧化物、以及這些物質的氮化物、硫化物的群中的至少一種物質。

40. 如申請專利範圍第 17 項所述的氣體生產裝置，其中

上述助觸媒含有層中所含的助觸媒為選自包含鉑、

鎳、鈦、氧化鎳及氧化鈦的群中的至少一種物質。

41. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所述的氣體生產裝置，更包括

照射上述激發光的光源。

42. 一種氣體生產方法，由含有水的電解液來產生氧氣及/或氫氣，其包括如下的步驟：

使包括光觸媒含有層的陽極電極及陰極電極與上述電解液接觸，上述光觸媒含有層含有藉由光觸媒反應而自上述電解液產生氧氣的光觸媒，上述陰極電極自藉由上述光觸媒含有層中的光觸媒反應而產生的上述電解液中的氫離子與電子來產生氫氣；

將光觸媒的激發光照射至上述光觸媒含有層；以及

經由設置於上述陽極電極或上述陰極電極的多個貫通孔，將上述陽極電極所產生的上述氧氣或上述陰極電極所產生的上述氫氣中的至少一種氣體予以捕獲。

43. 如申請專利範圍第 42 項所述的氣體生產方法，其中

上述光觸媒含有層為包含使上述光觸媒露出的多個空孔的多孔質材料，上述光觸媒含有層經由上述貫通孔來將上述空孔的內部所產生的上述氧氣或上述氫氣予以捕獲。

44. 如申請專利範圍第 43 項所述的氣體生產方法，其中

經由露出至上述貫通孔的內壁面的其他上述空孔，自上述貫通孔來將上述空孔的內部所產生的上述氧氣或上述

氫氣予以捕獲。

45. 如申請專利範圍第 42 項至第 44 項中任一項所述的氣體生產方法，其中

上述陽極電極包括對上述光觸媒含有層進行支持的基材，

上述基材由使上述激發光透過的材料構成，

將透過上述基材的上述激發光照射至上述光觸媒含有層。

46. 如申請專利範圍第 42 項至第 44 項中任一項所述的氣體生產方法，其中

上述陰極電極由使上述激發光透過的材料構成，

將透過上述陰極電極的上述激發光照射至上述光觸媒含有層。

47. 如申請專利範圍第 42 項至第 44 項中任一項所述的氣體生產方法，其中

上述陰極電極包含因接收上述激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，

將上述陽極電極或上述陰極電極所反射的上述激發光照射至其他上述陽極電極的上述光觸媒含有層或上述陰極電極的上述助觸媒含有層。

48. 如申請專利範圍第 42 項至第 44 項中任一項所述的氣體生產方法，其中

上述陰極電極包含因接收上述激發光而產生氫氣的助觸媒含有層，

將通過設置於上述陽極電極或上述陰極電極的上述貫通孔的上述激發光照射至其他上述陰極電極的上述助觸媒含有層或上述陽極電極的上述光觸媒含有層。

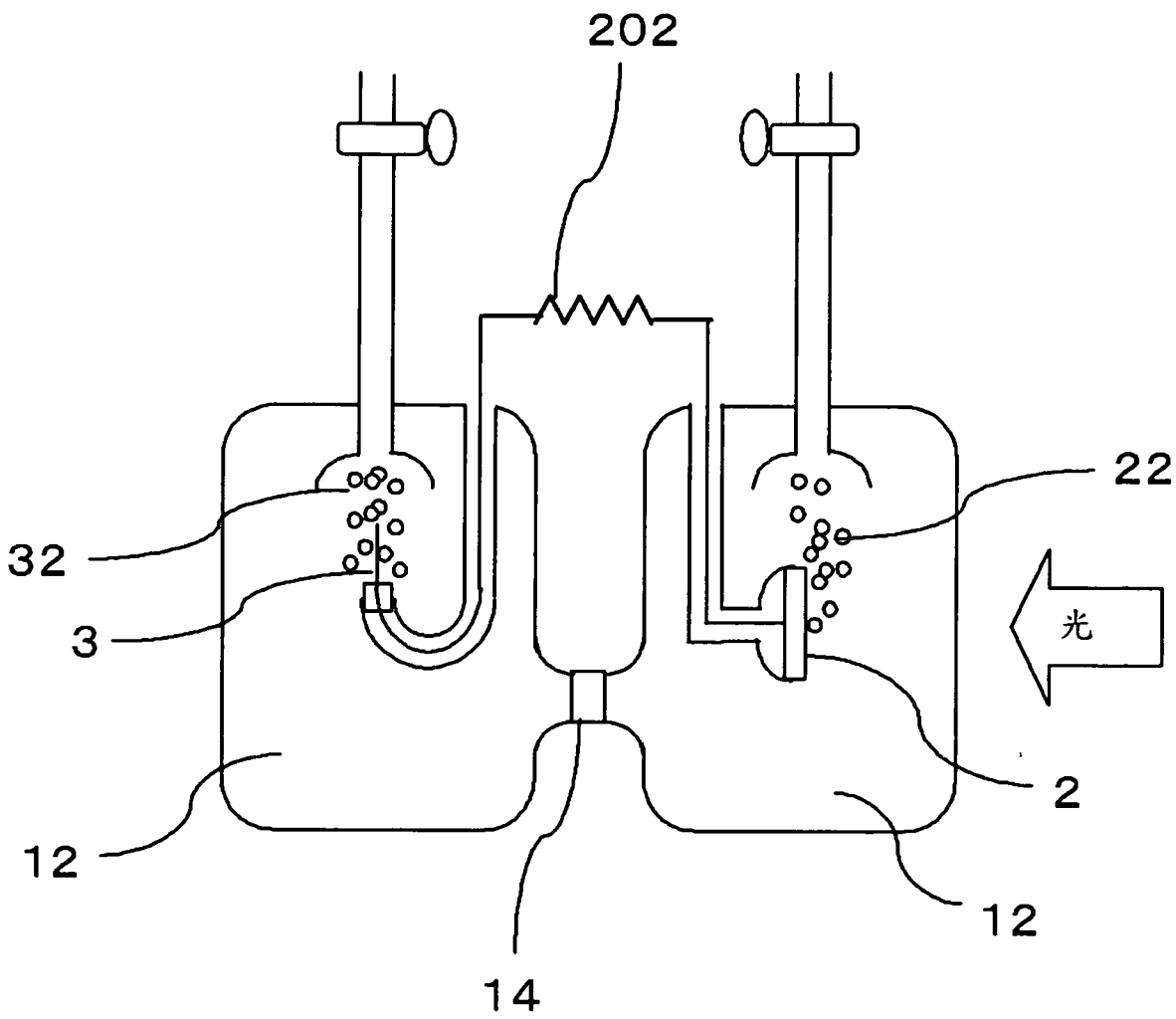


圖 1

圖 2(a)

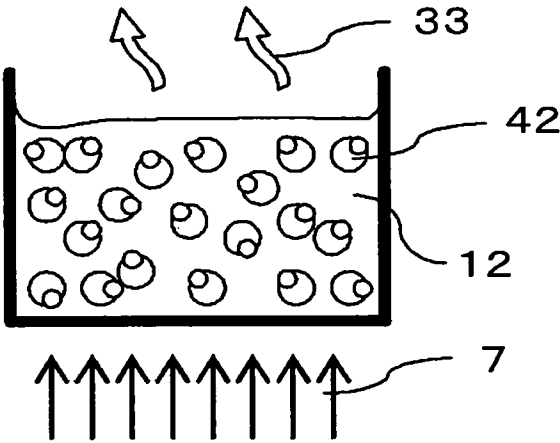
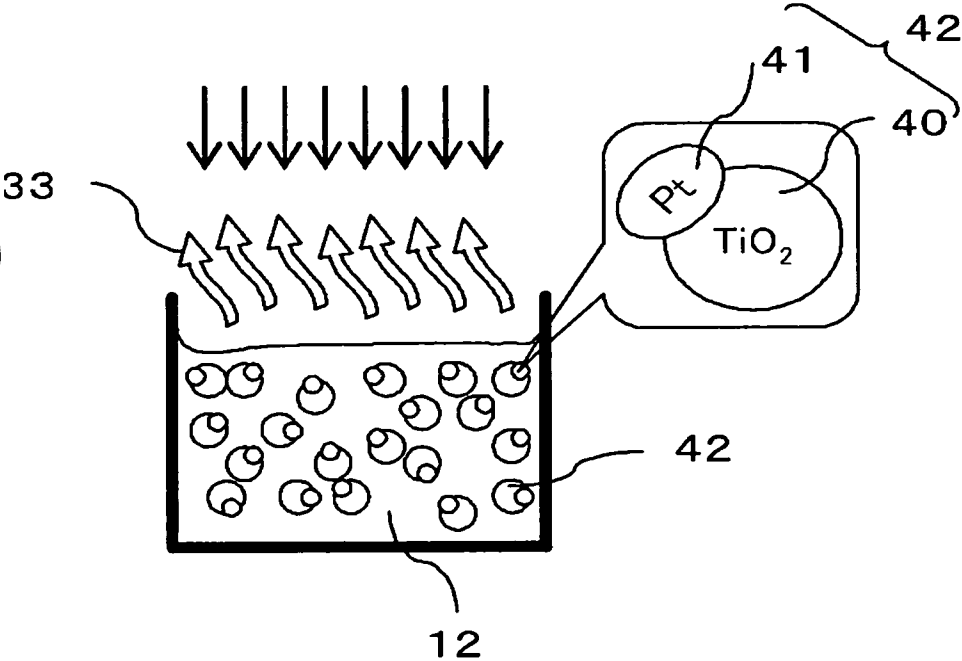


圖 2(b)



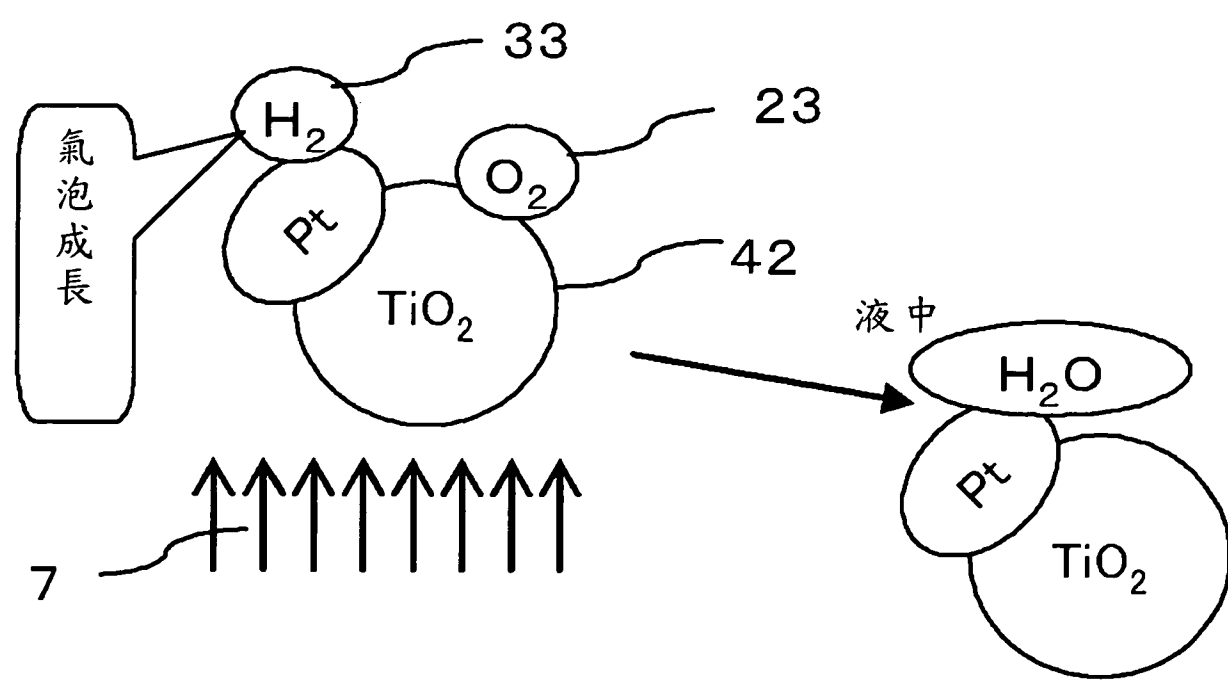


圖 3

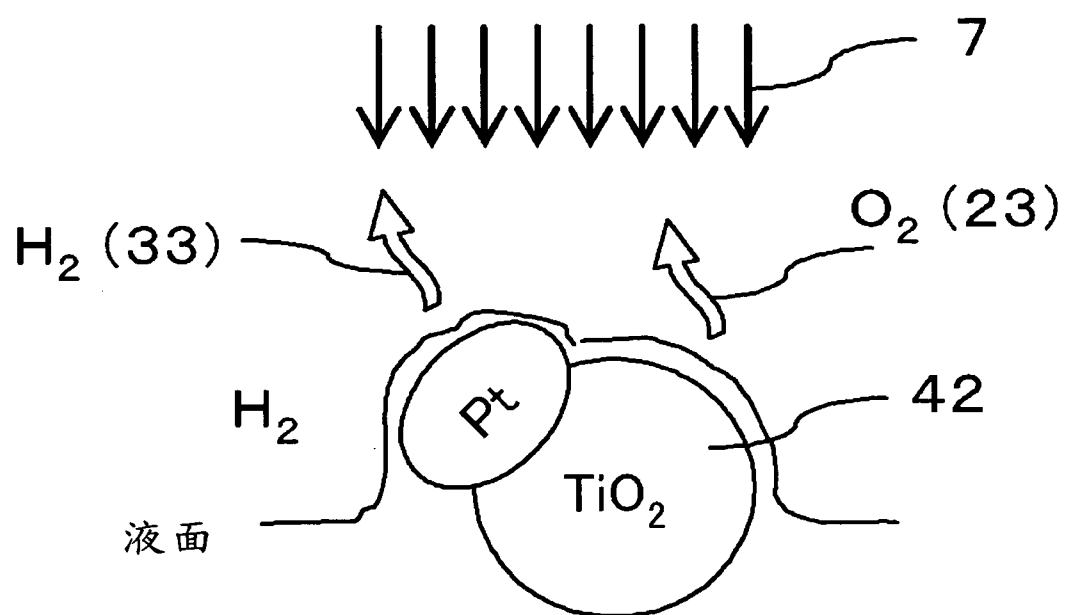


圖 4

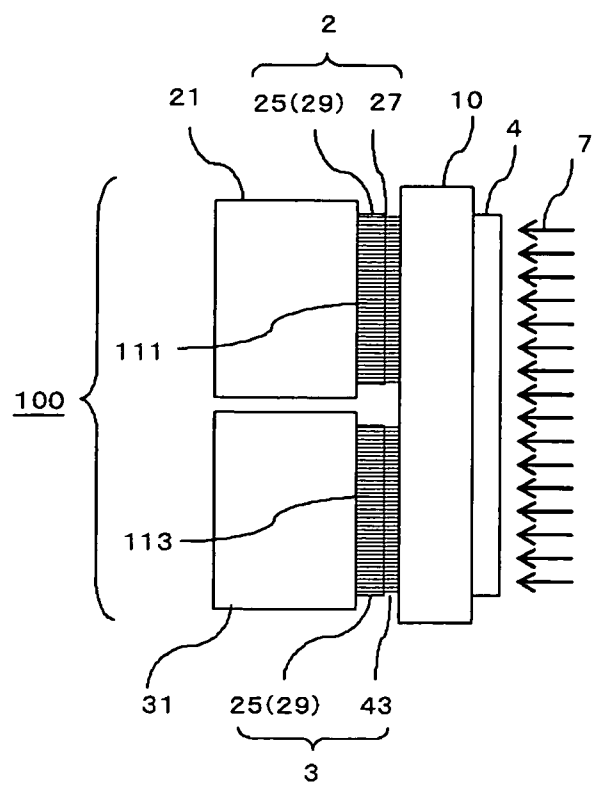


圖 5(a)

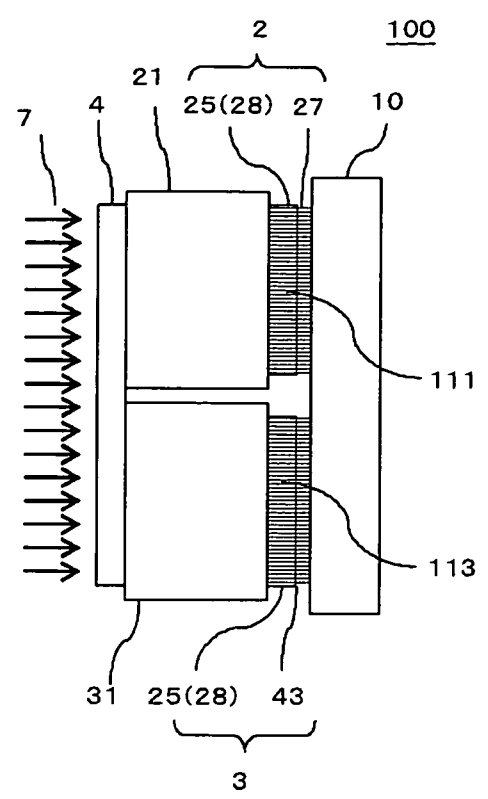


圖 5(b)

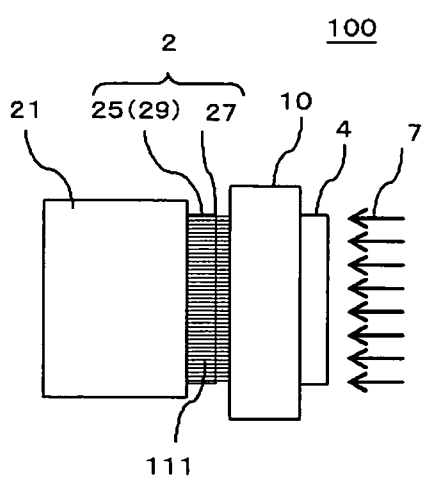


圖 5(c)

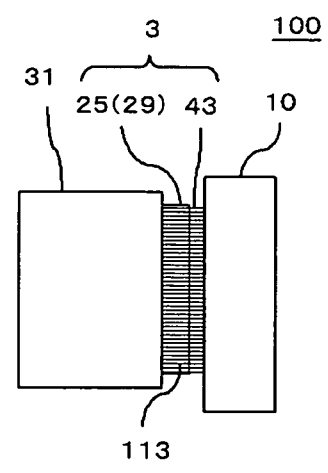
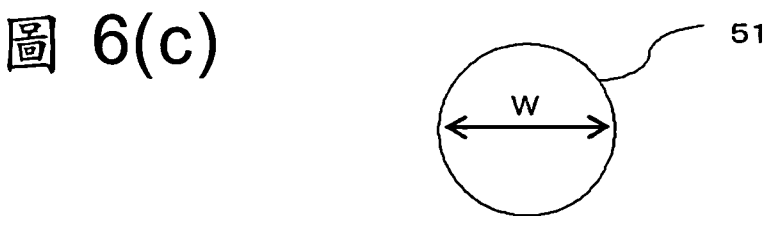
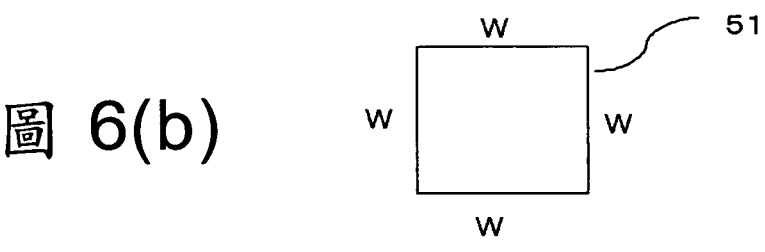
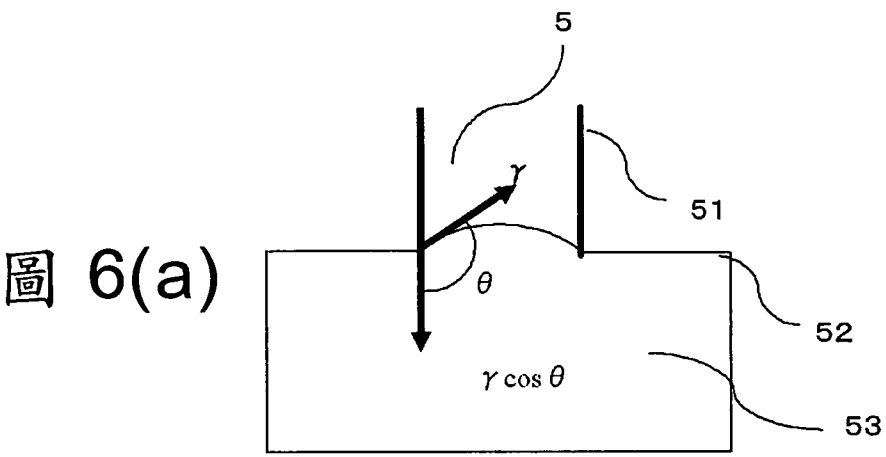


圖 5(d)



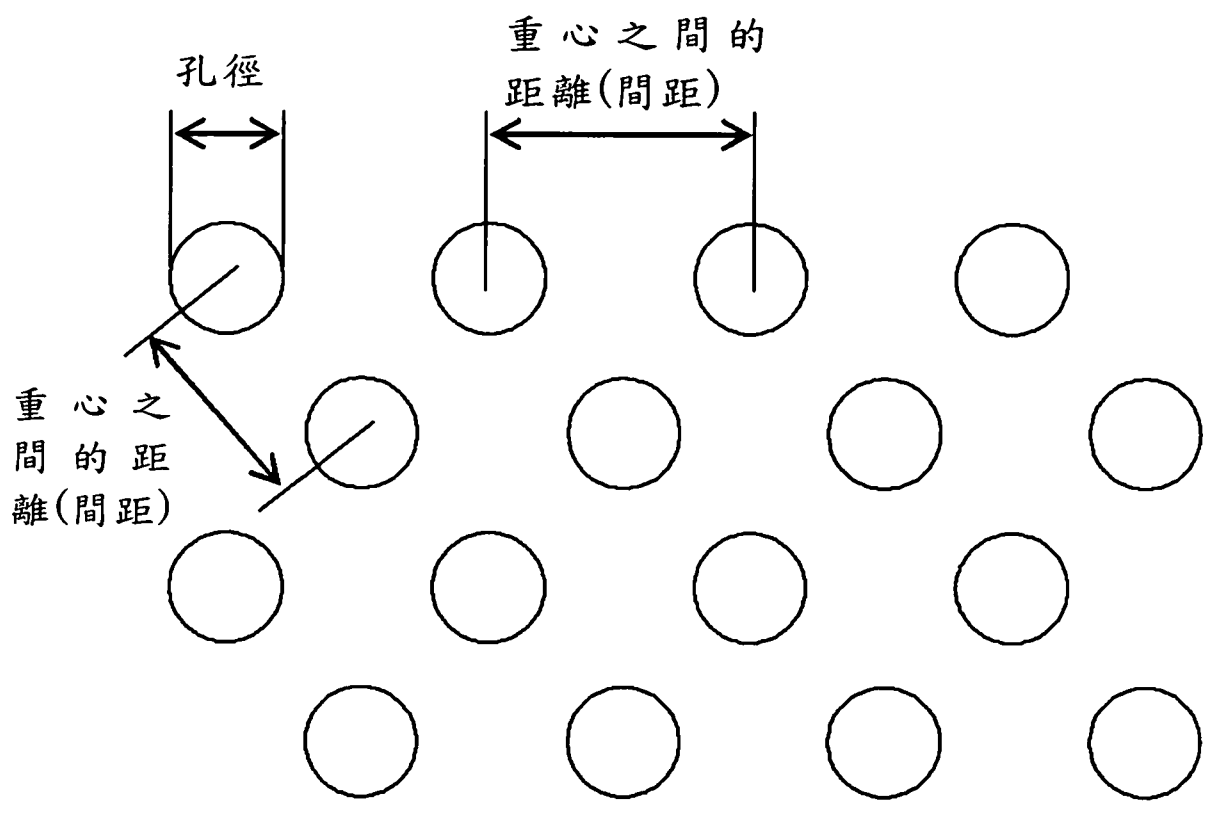


圖 7

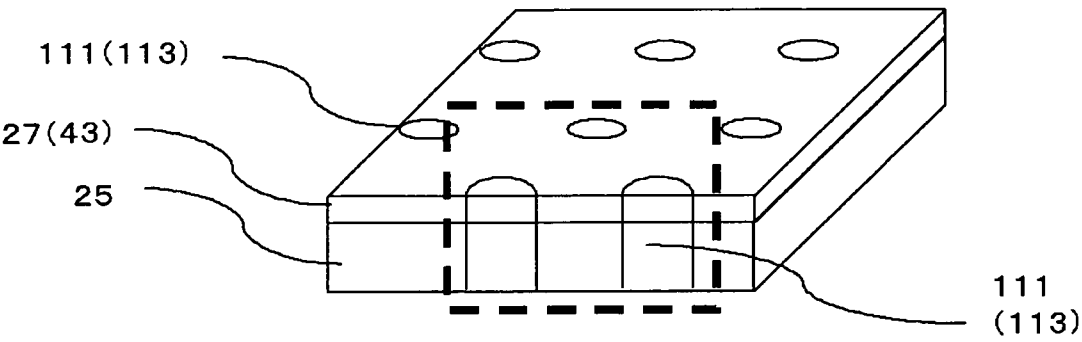


圖 8(a)

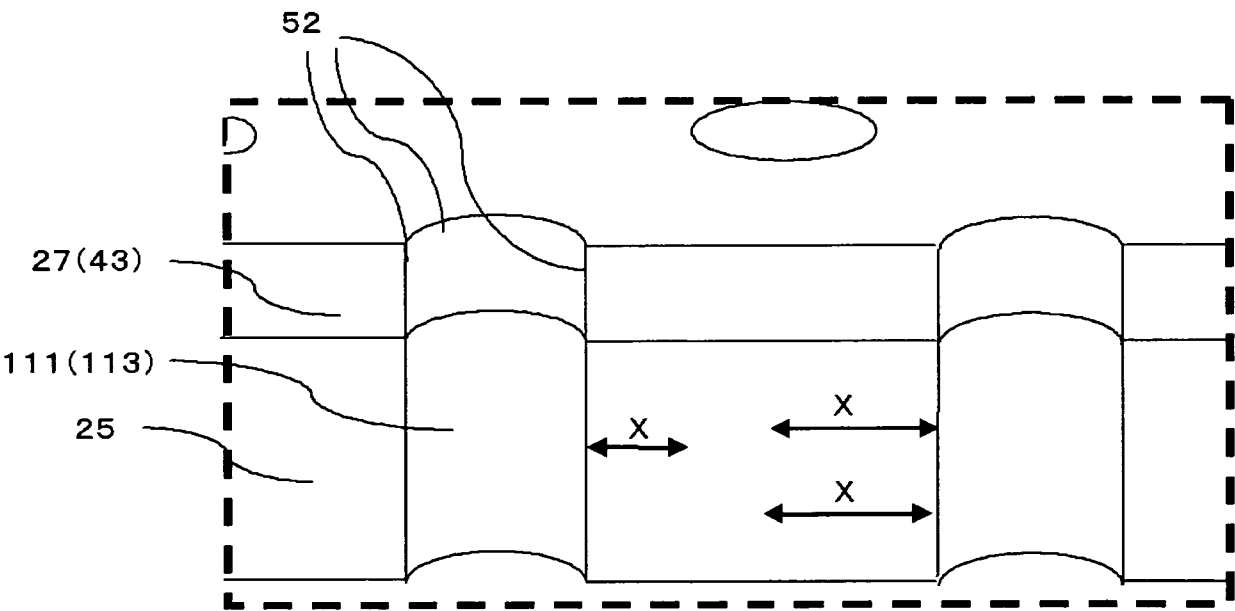


圖 8(b)

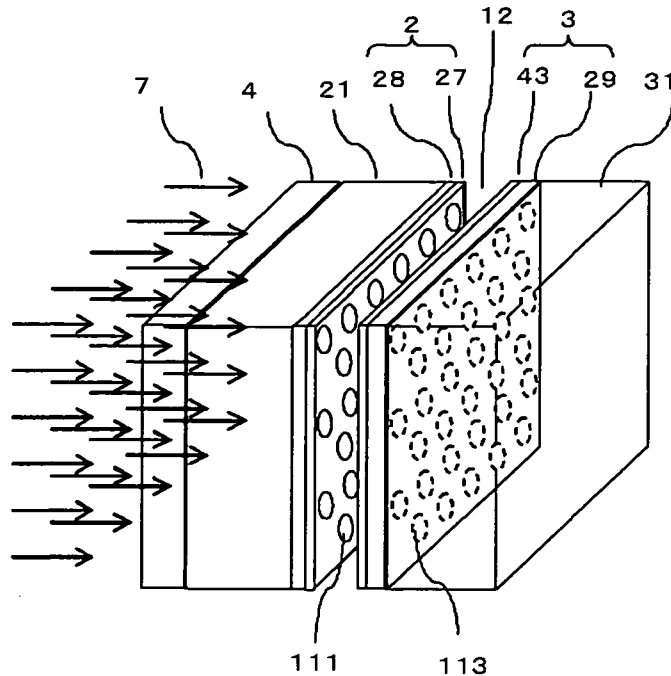


圖 9(a)

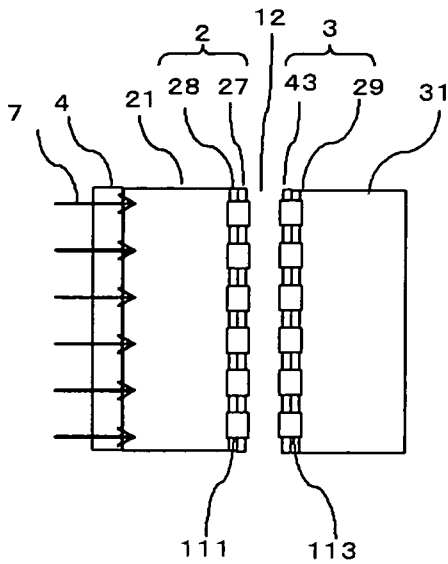


圖 9(b)

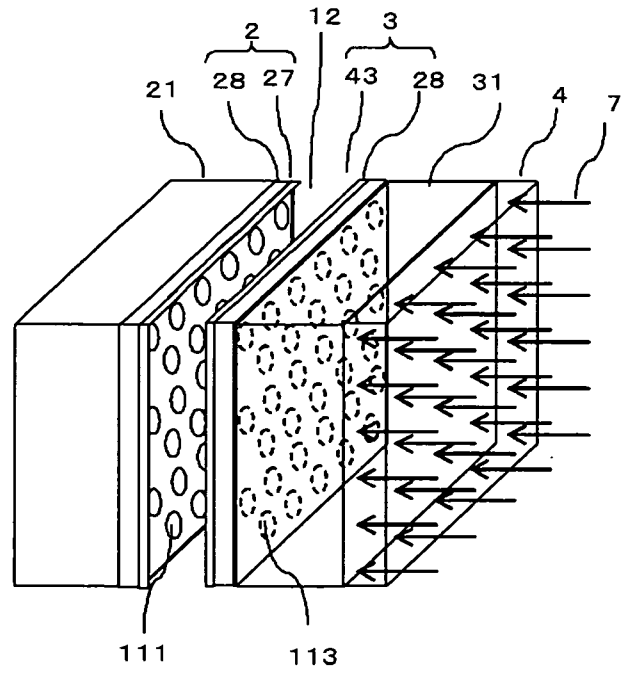


圖 9(c)

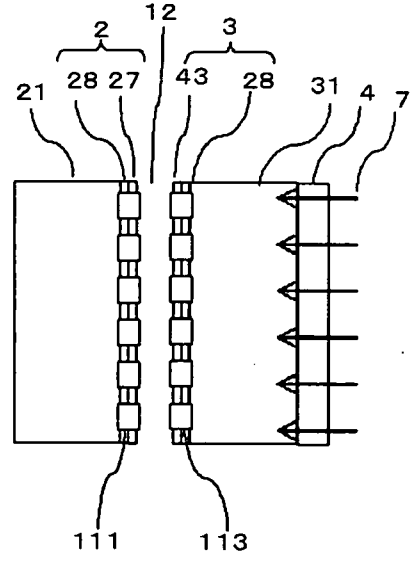


圖 9(d)

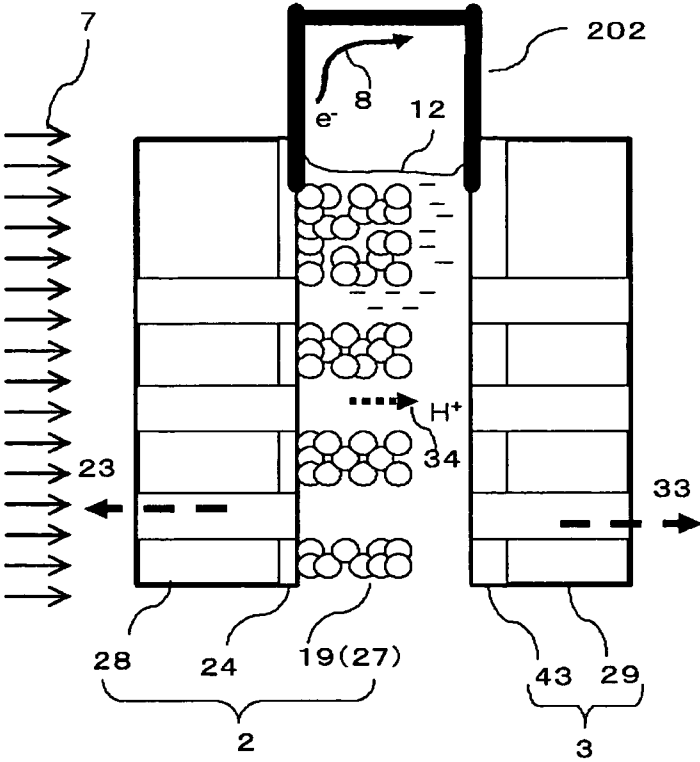


圖 10(a)

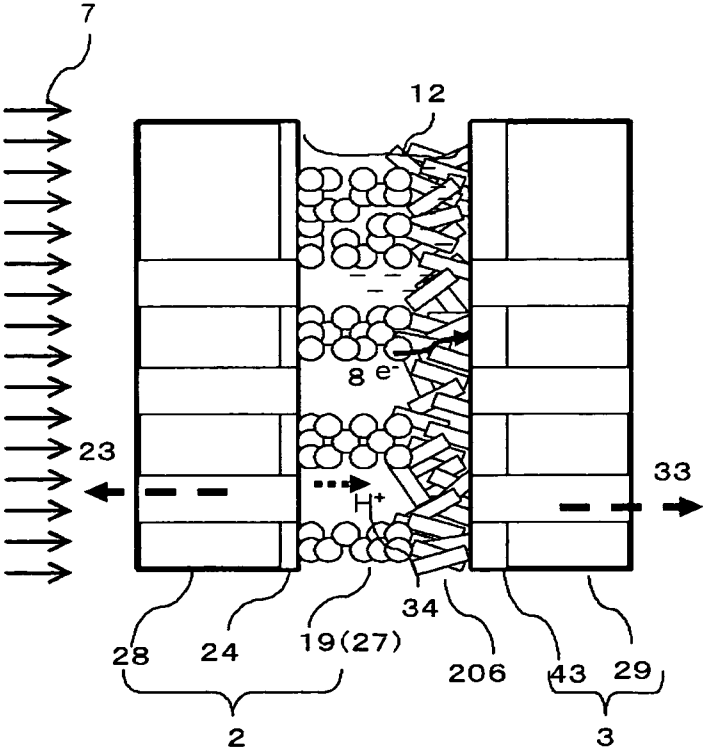


圖 10(b)

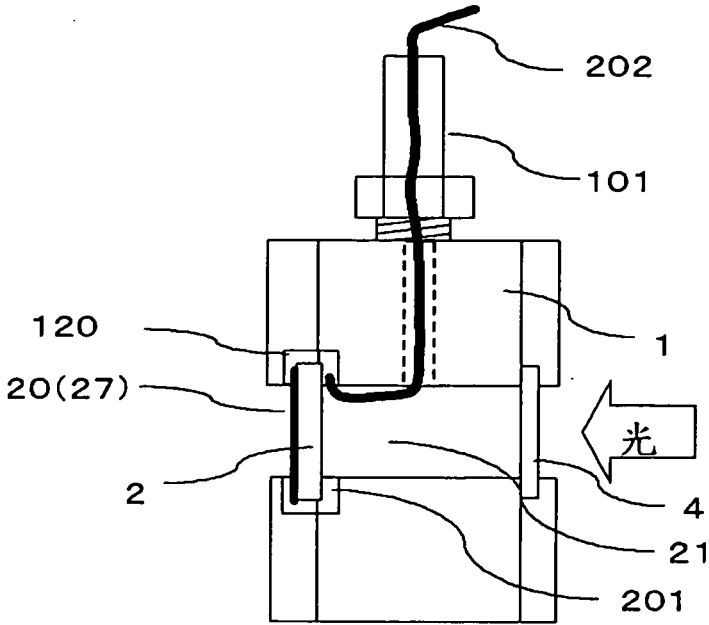


圖 11(a)

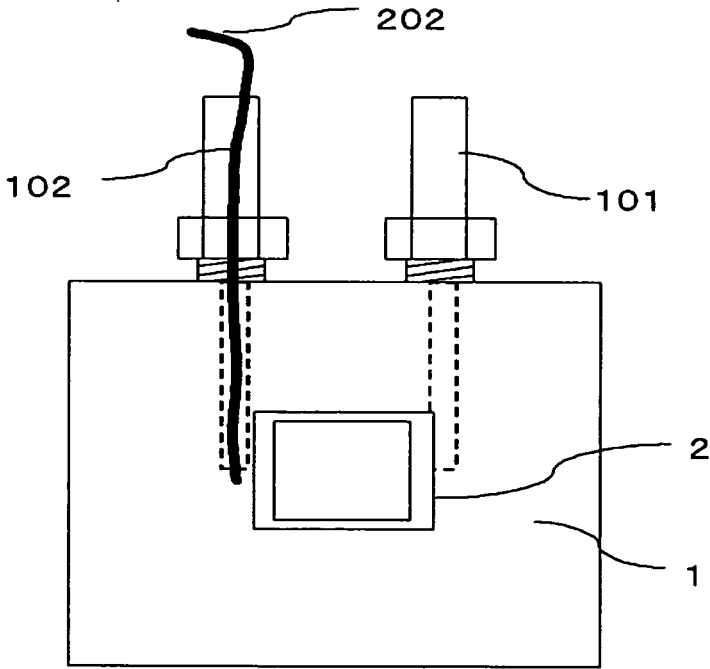


圖 11(b)

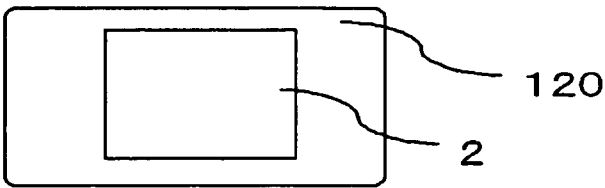


圖 12(a)

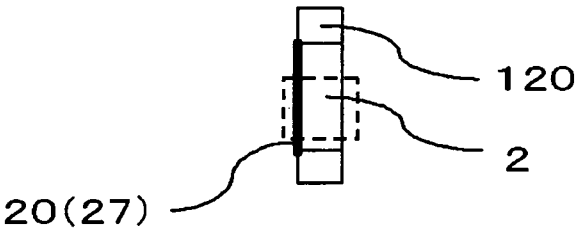


圖 12(b)

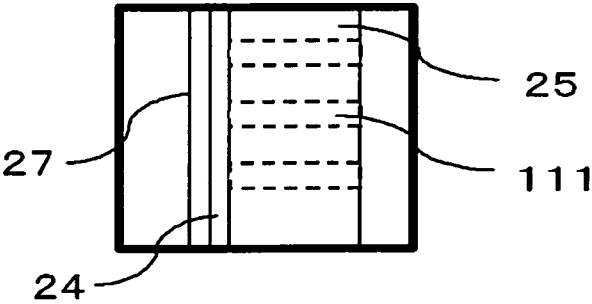


圖 12(c)

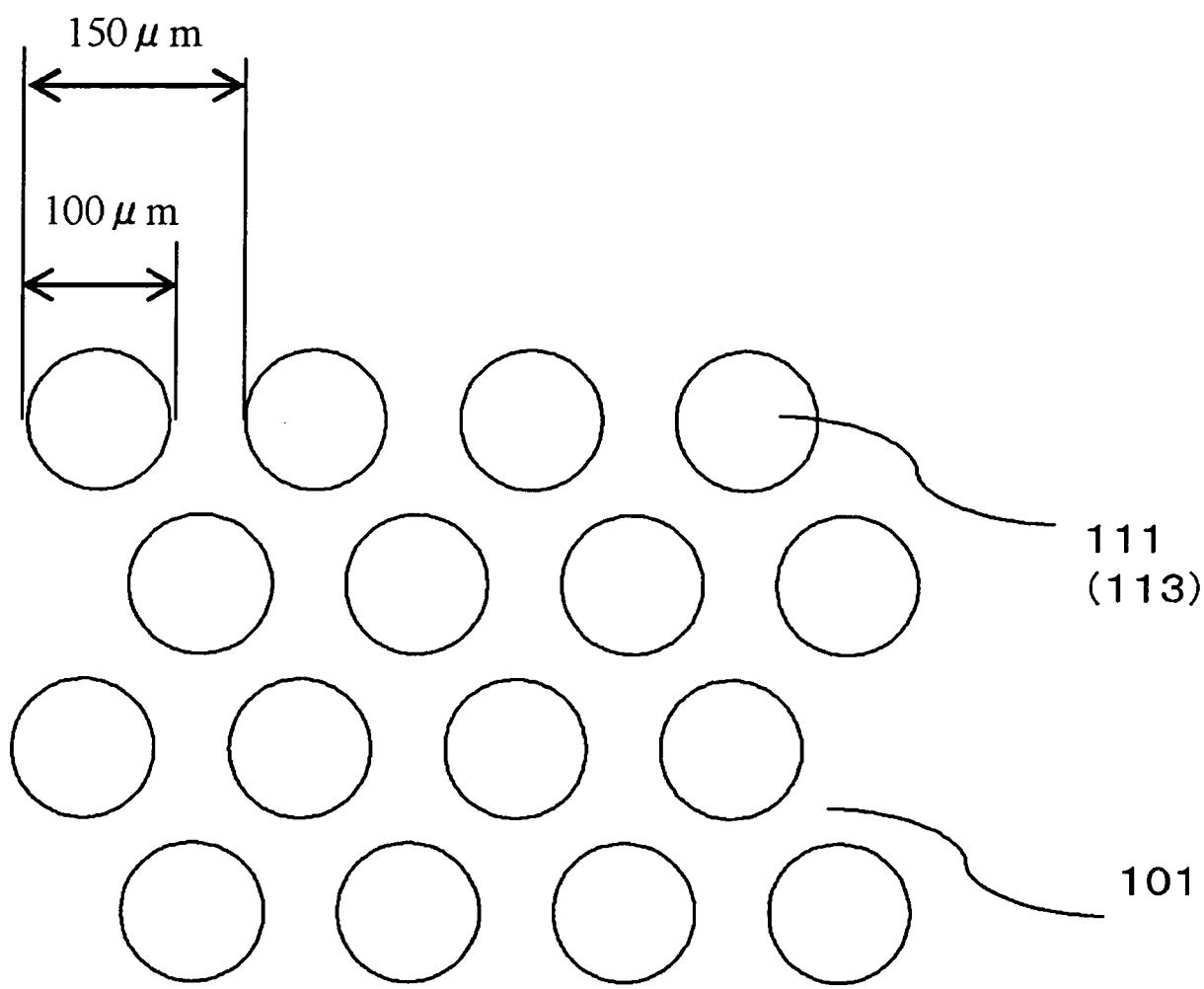


圖 13

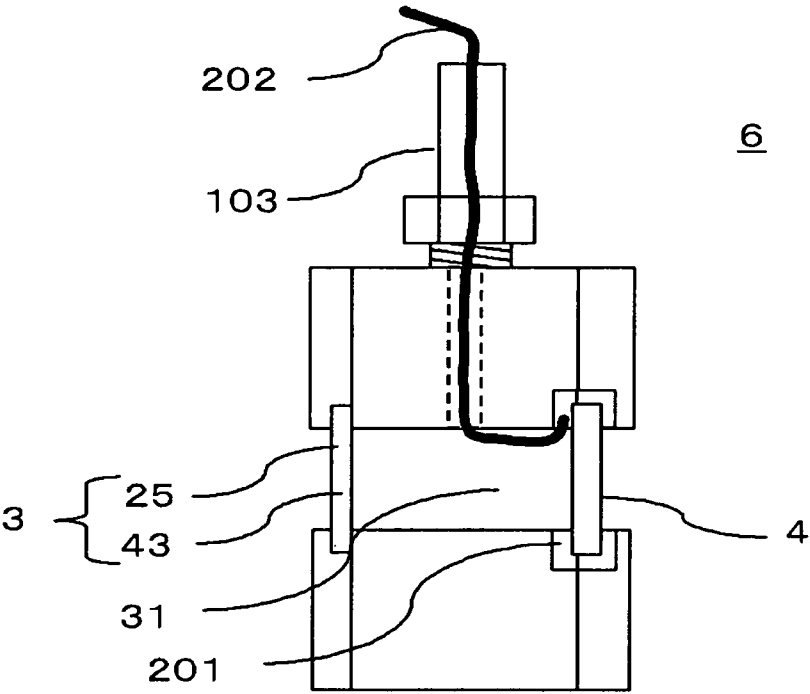


圖 14(a)

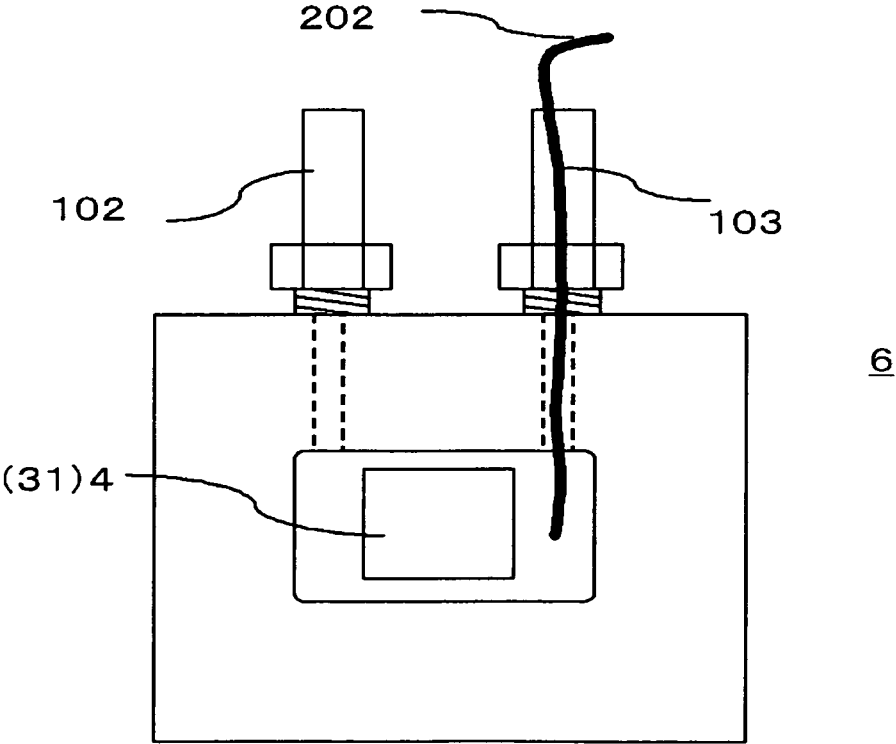


圖 14(b)

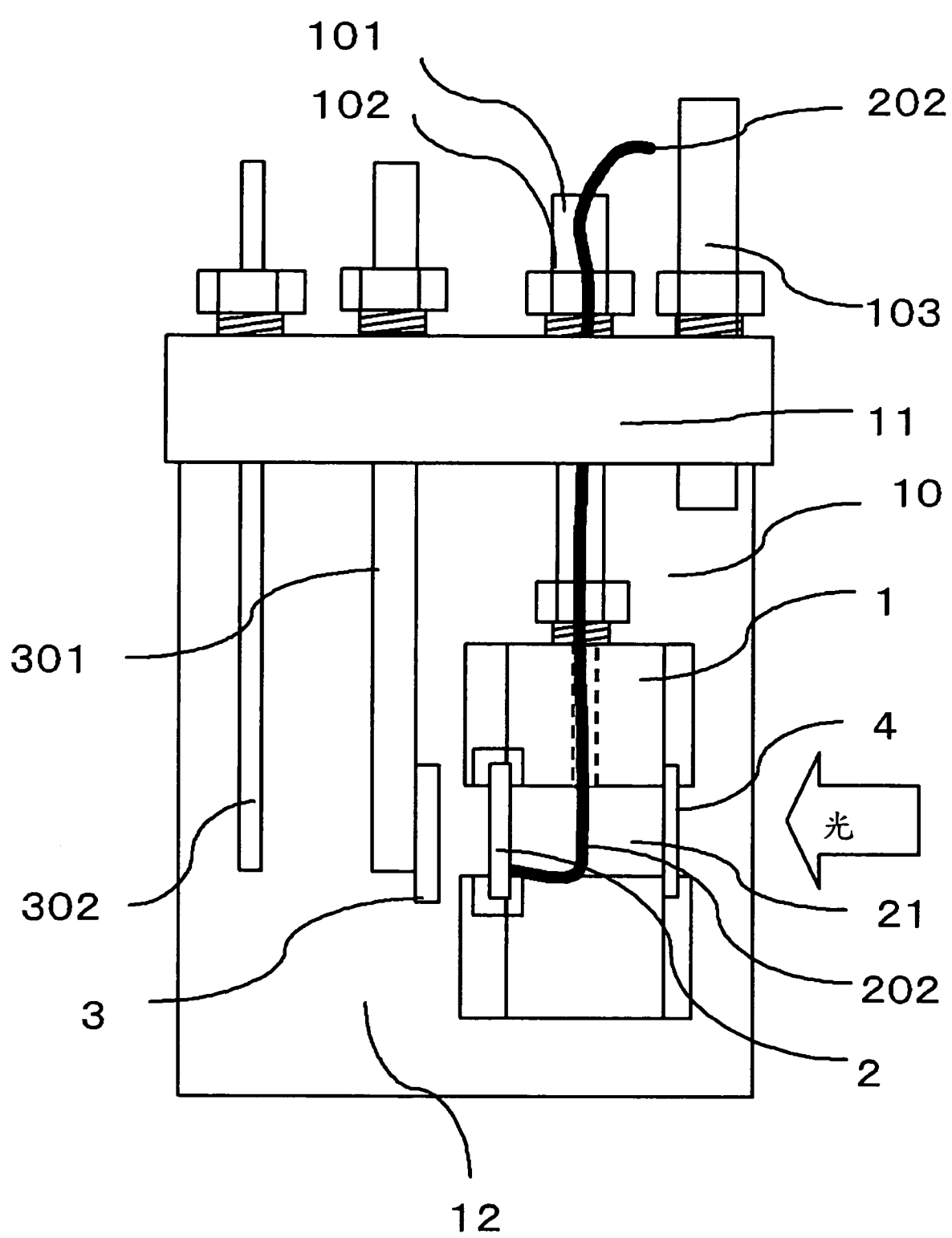


圖 15

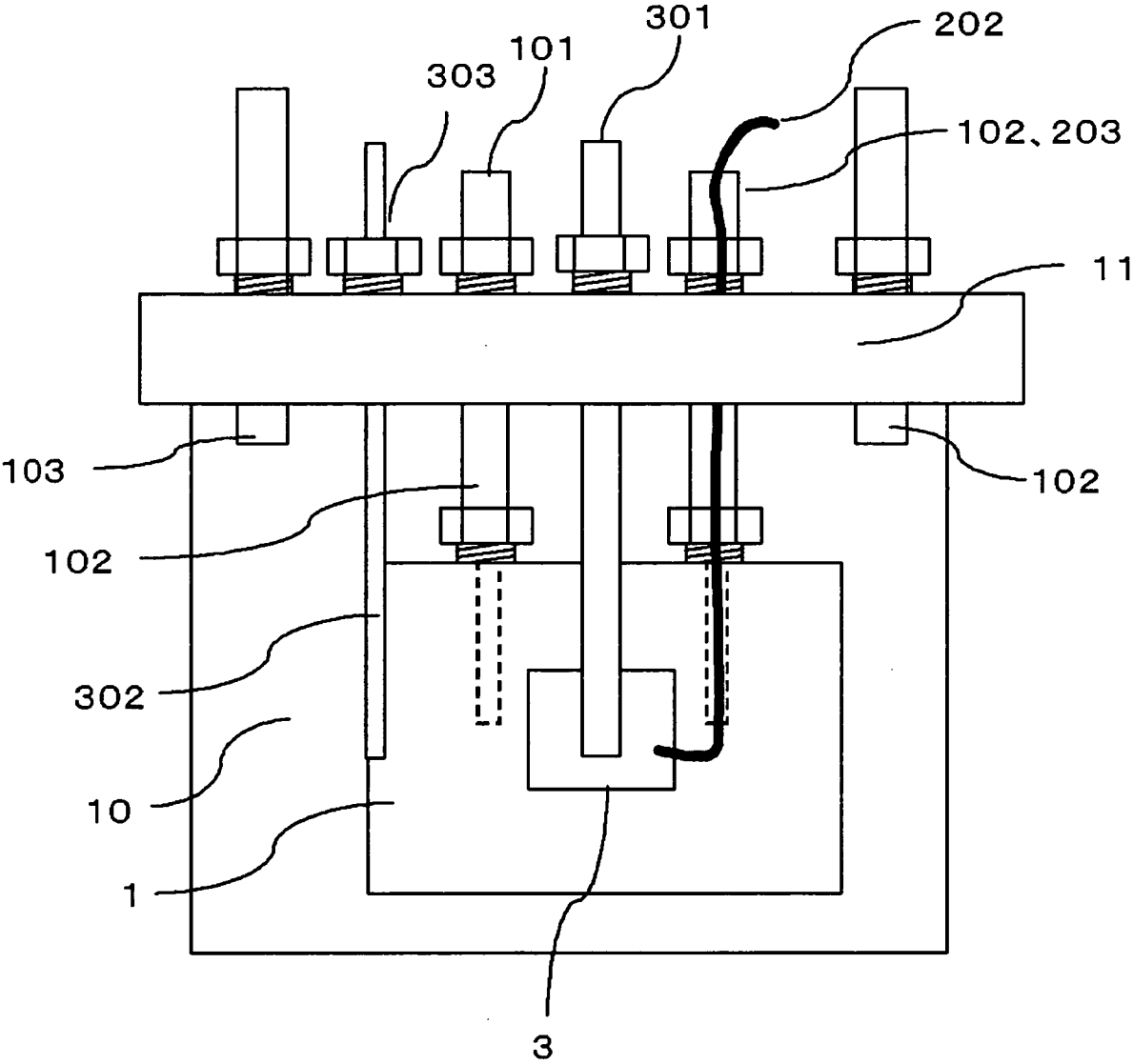


圖 16

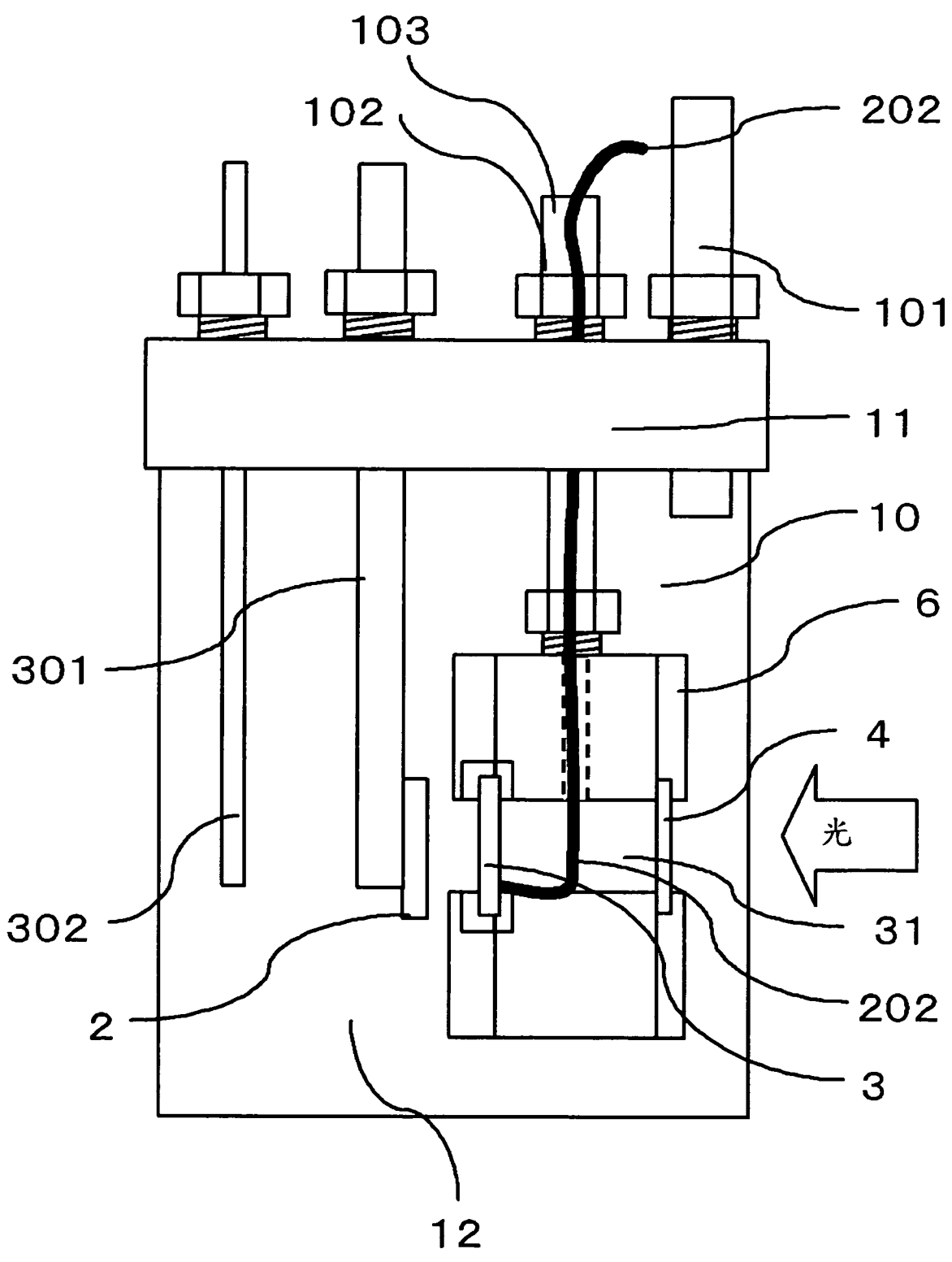


圖 17

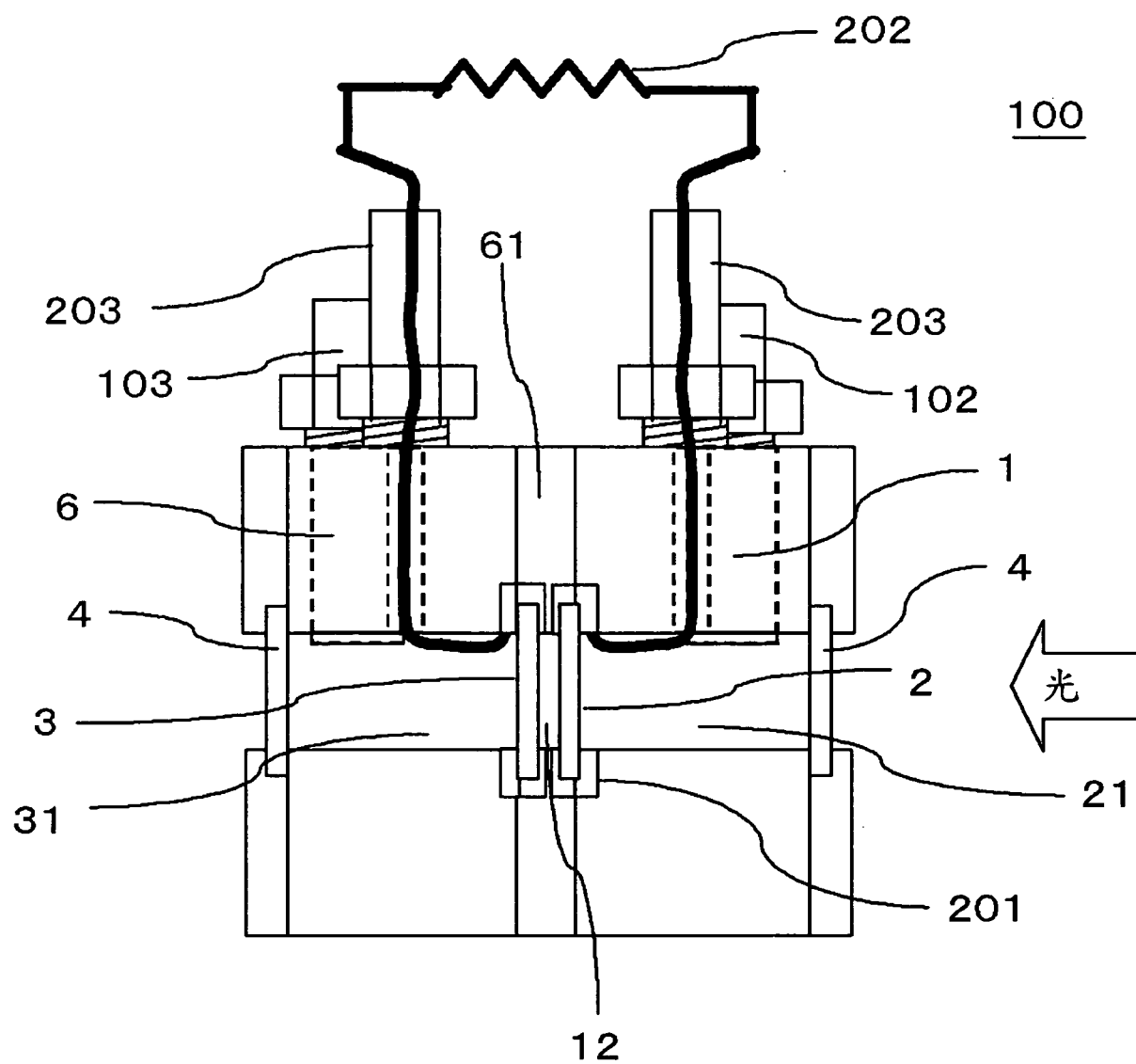


圖 18

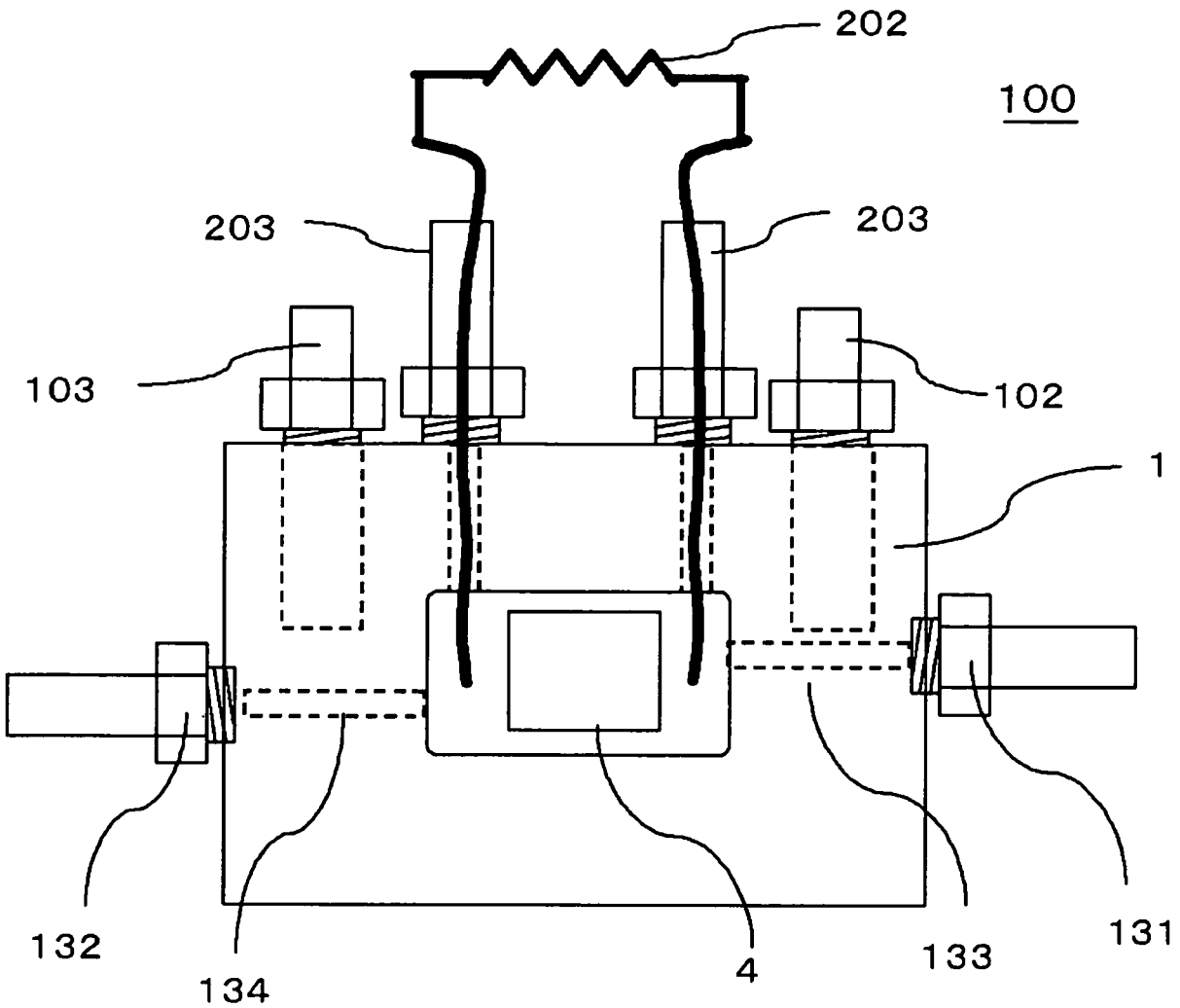


圖 19

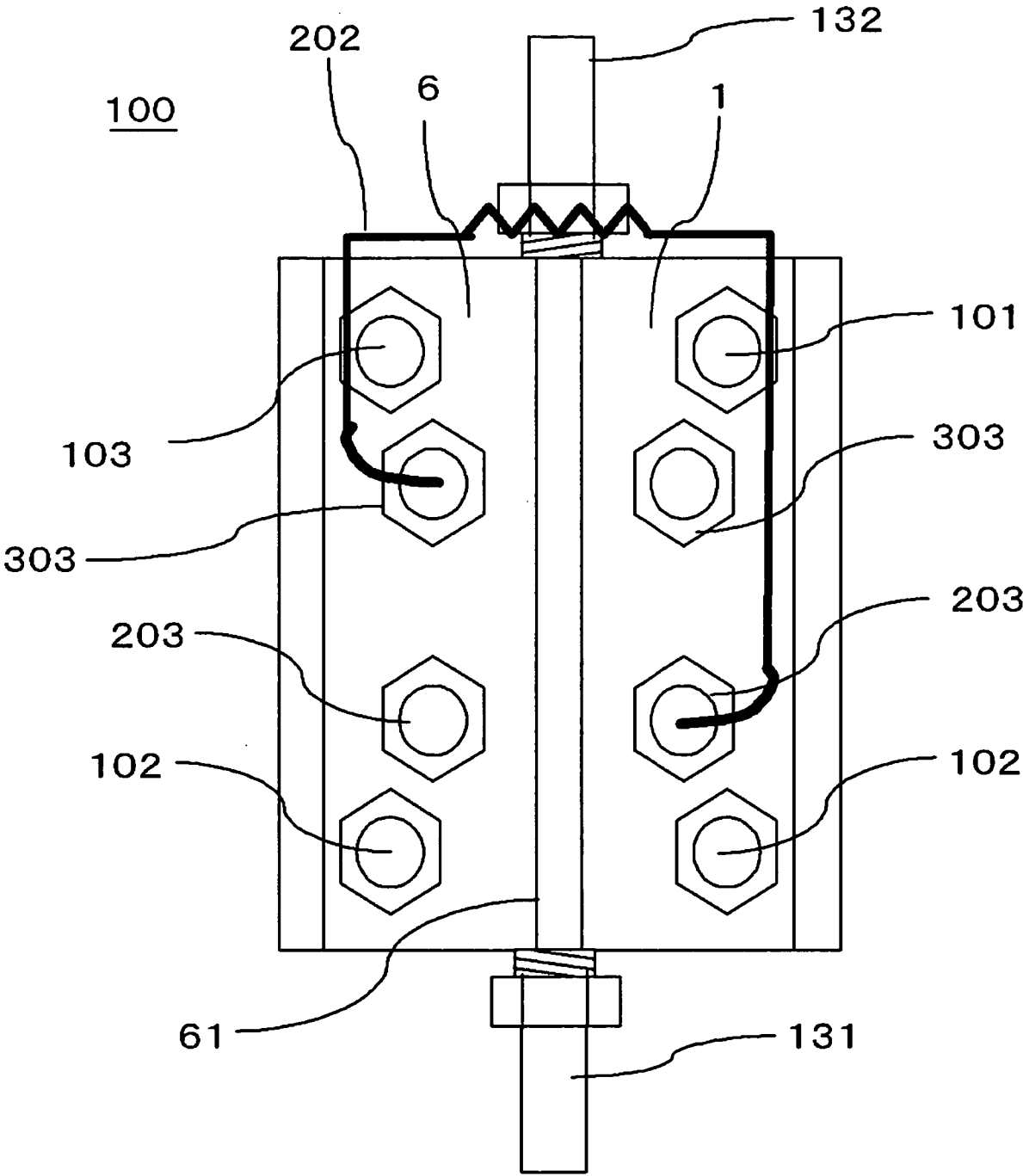


圖 20

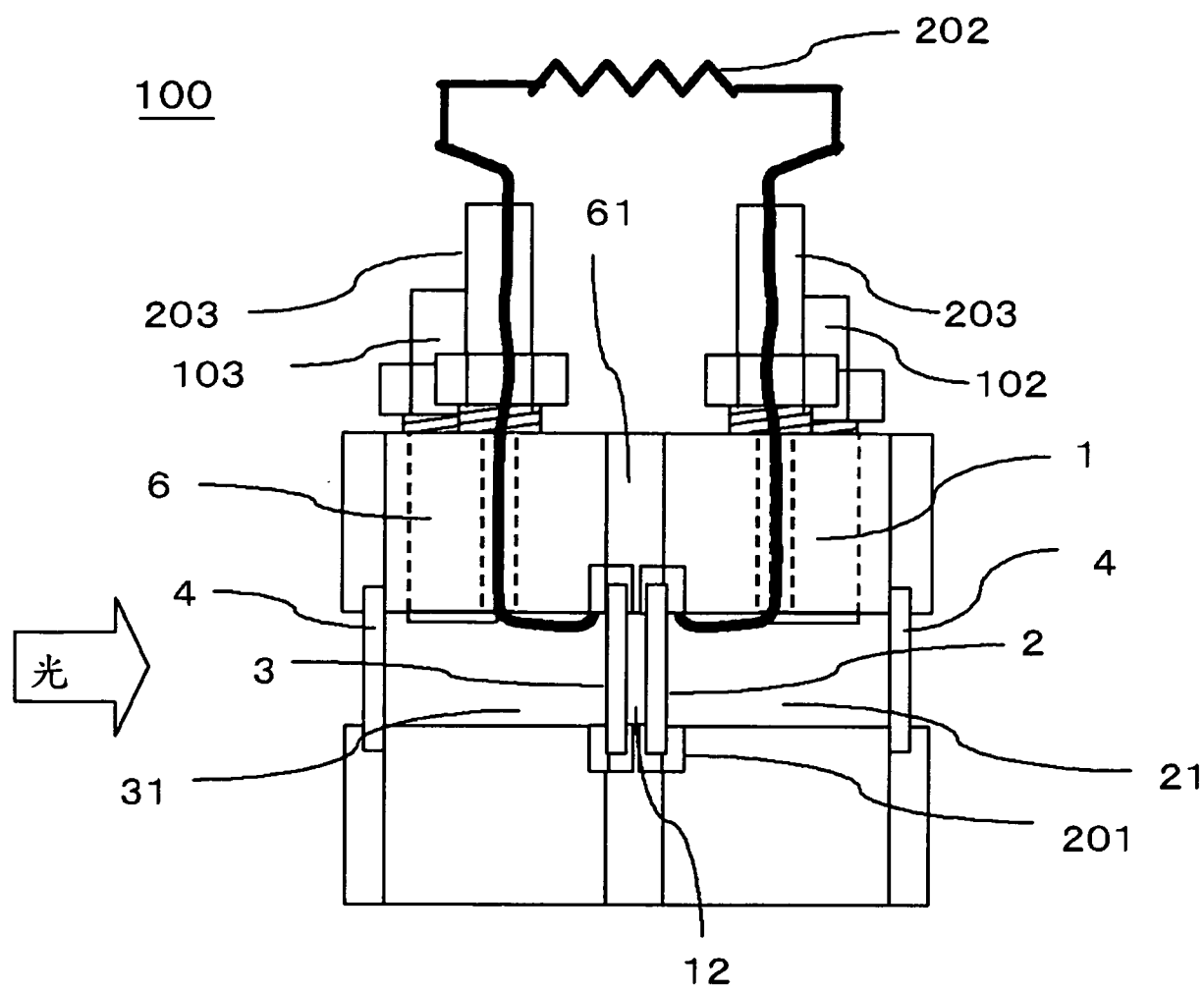


圖 21

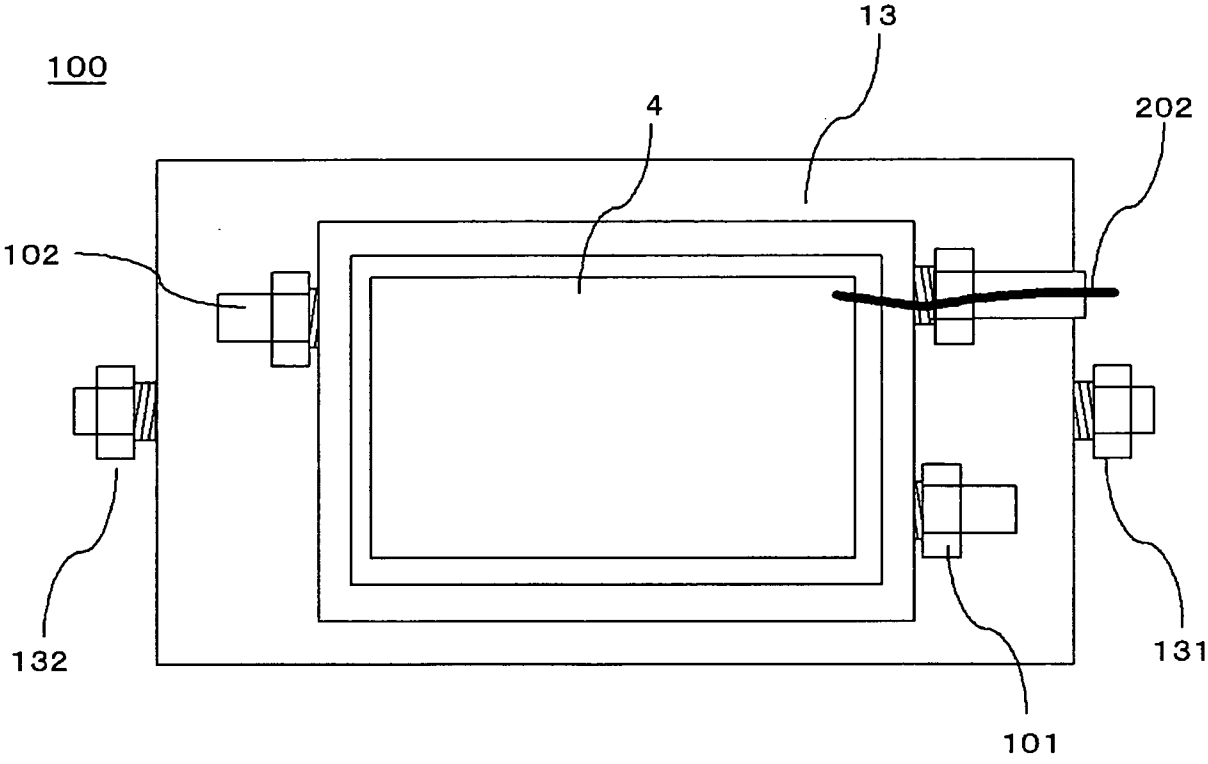


圖 22

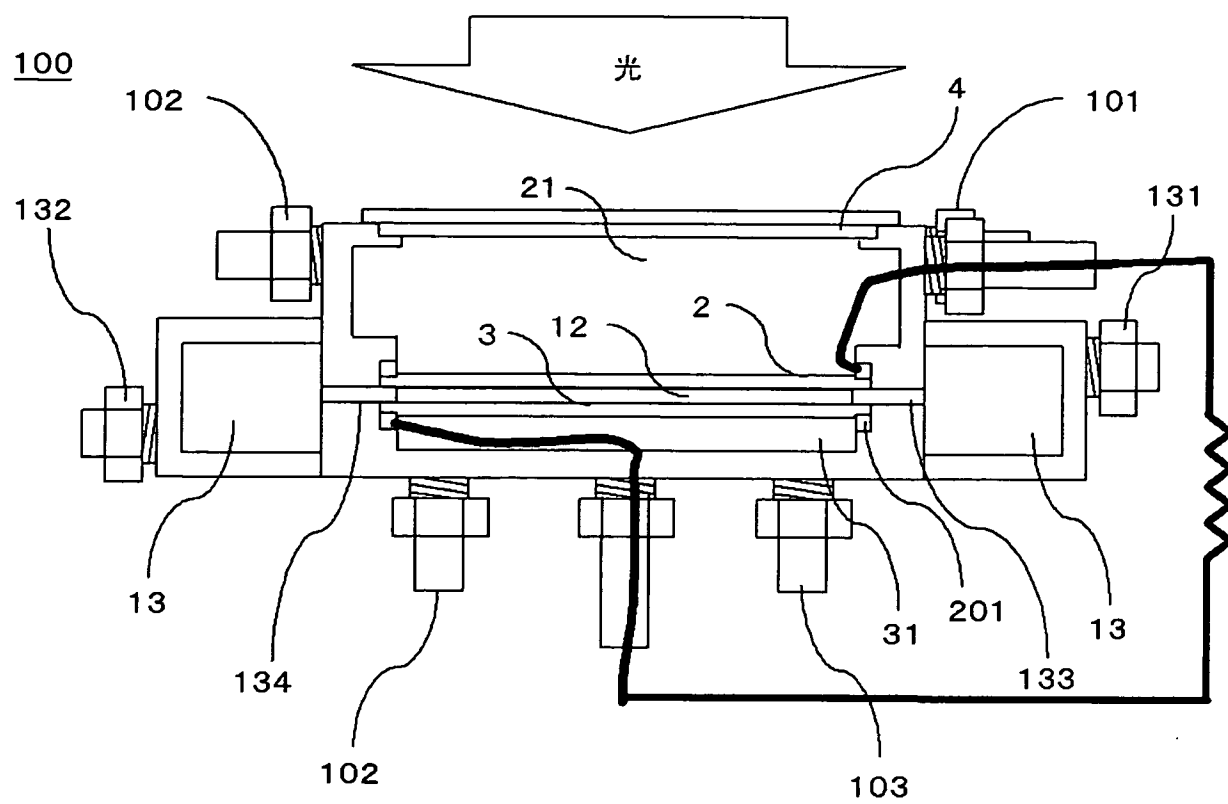


圖 23

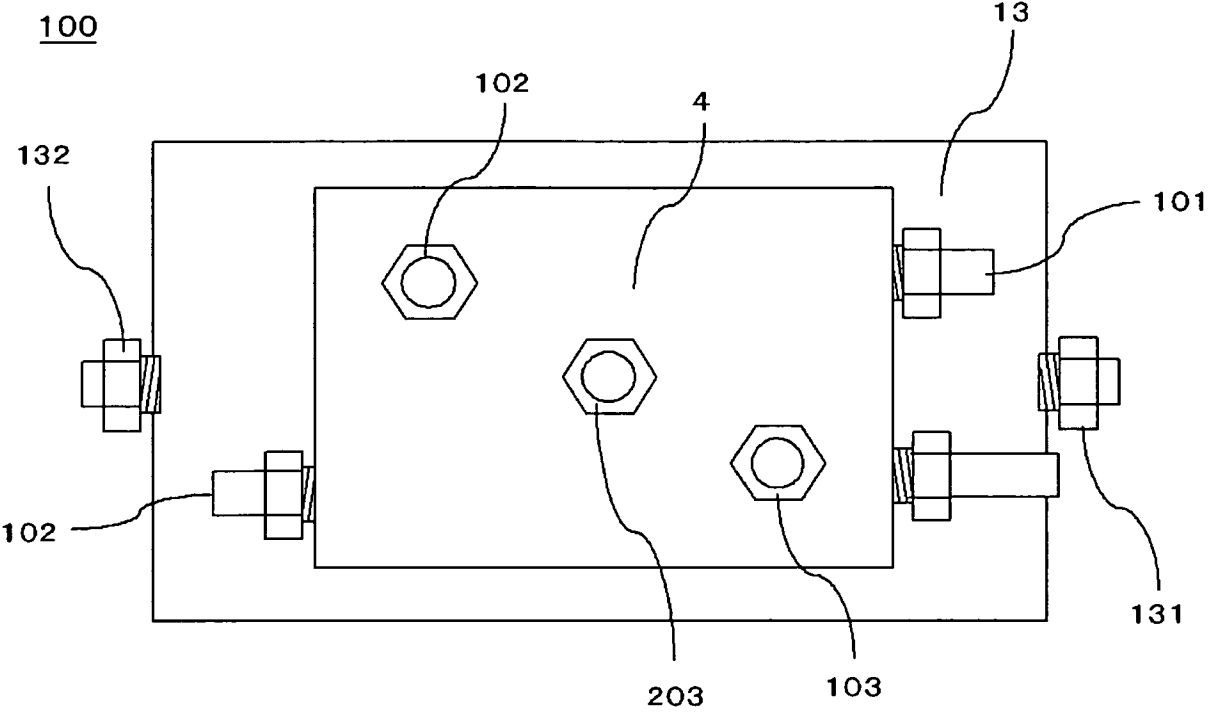


圖 24

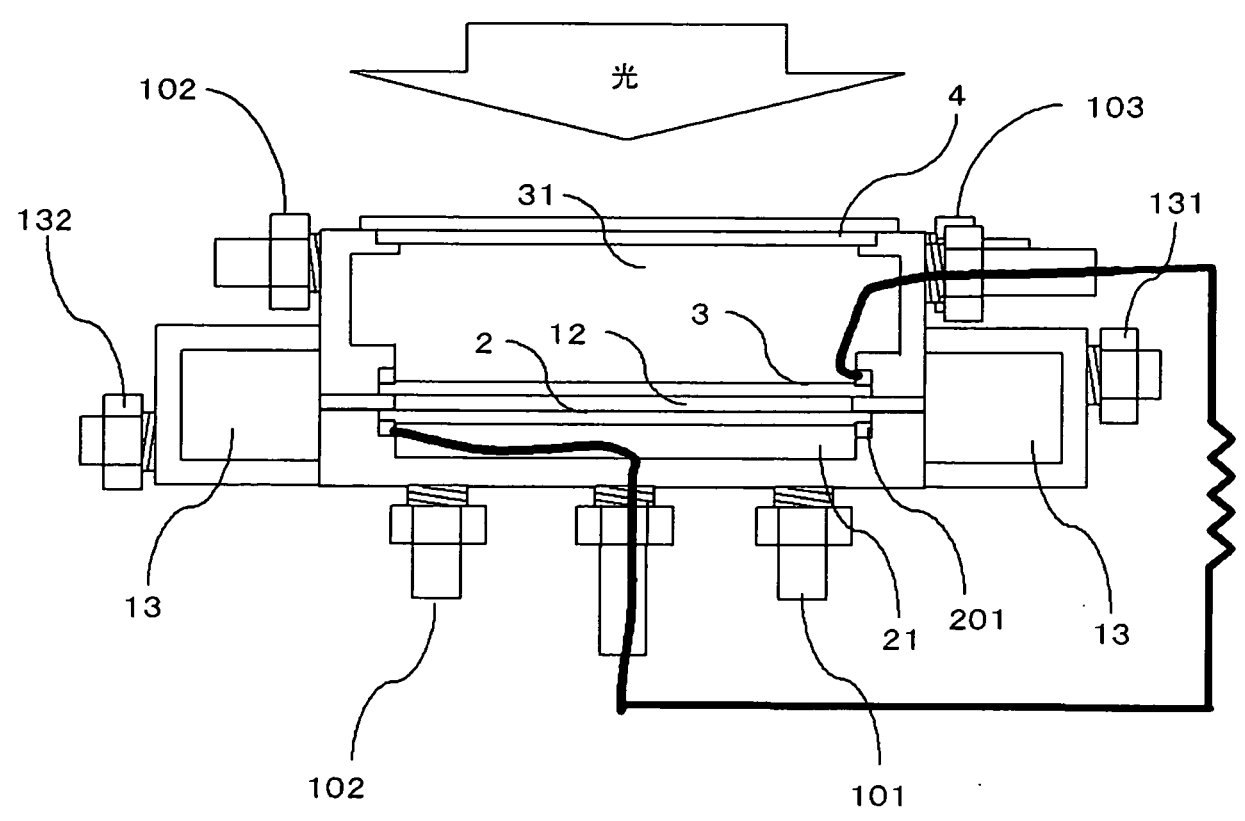


圖 25

50

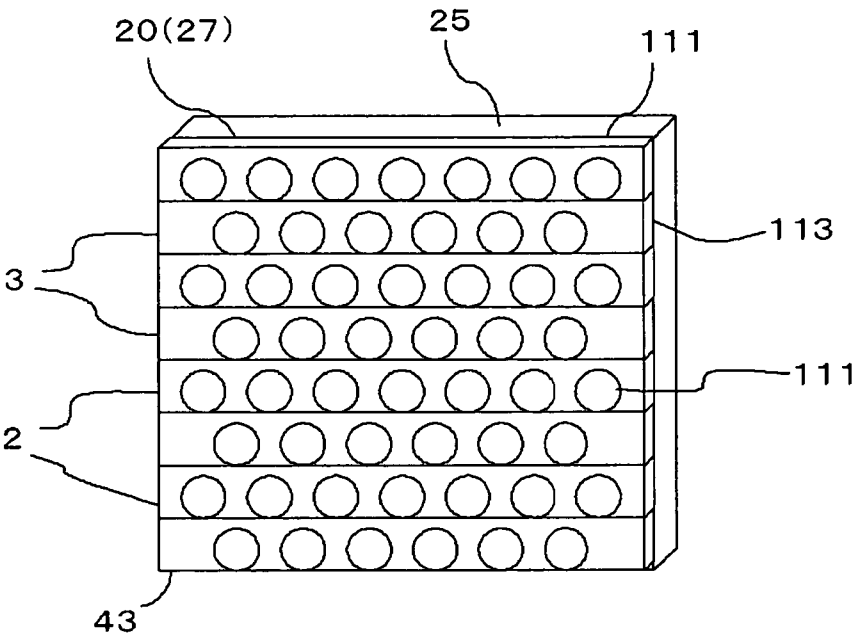


圖 26(a)

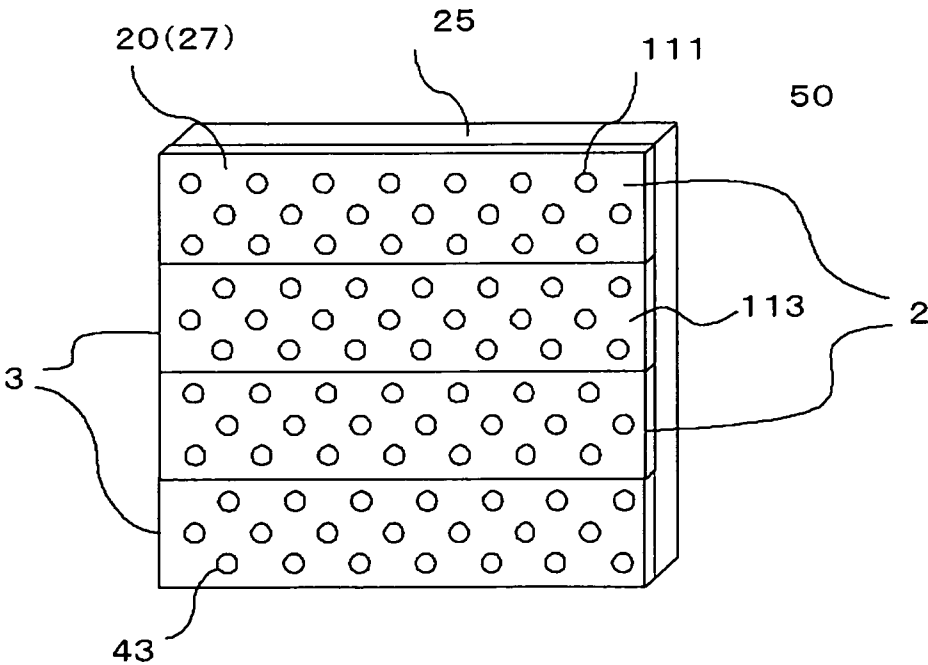


圖 26(b)

50

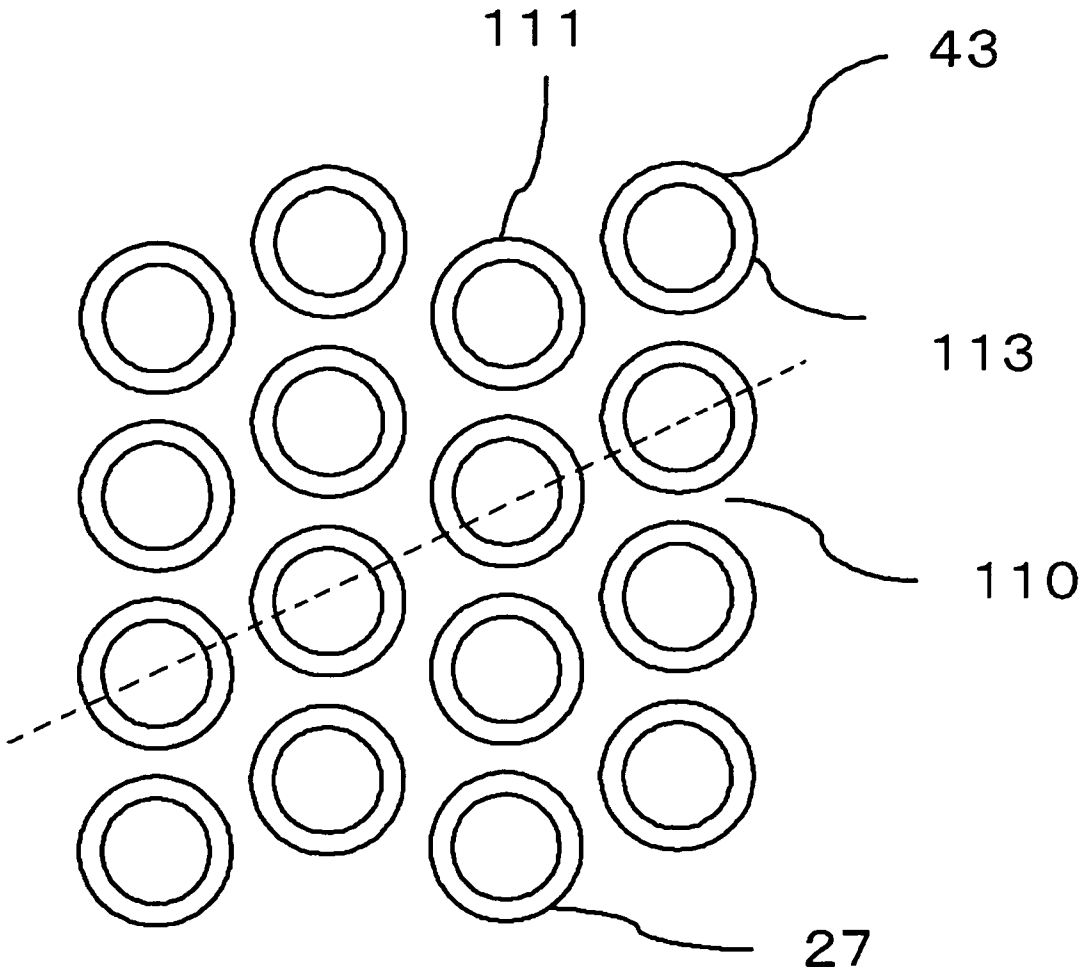


圖 27

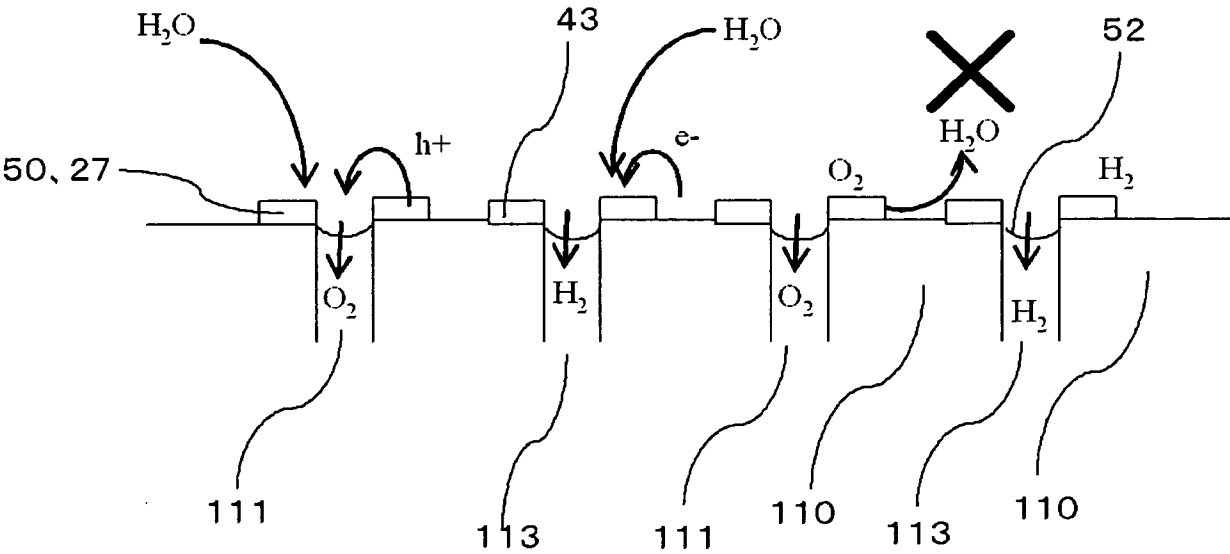


圖 28

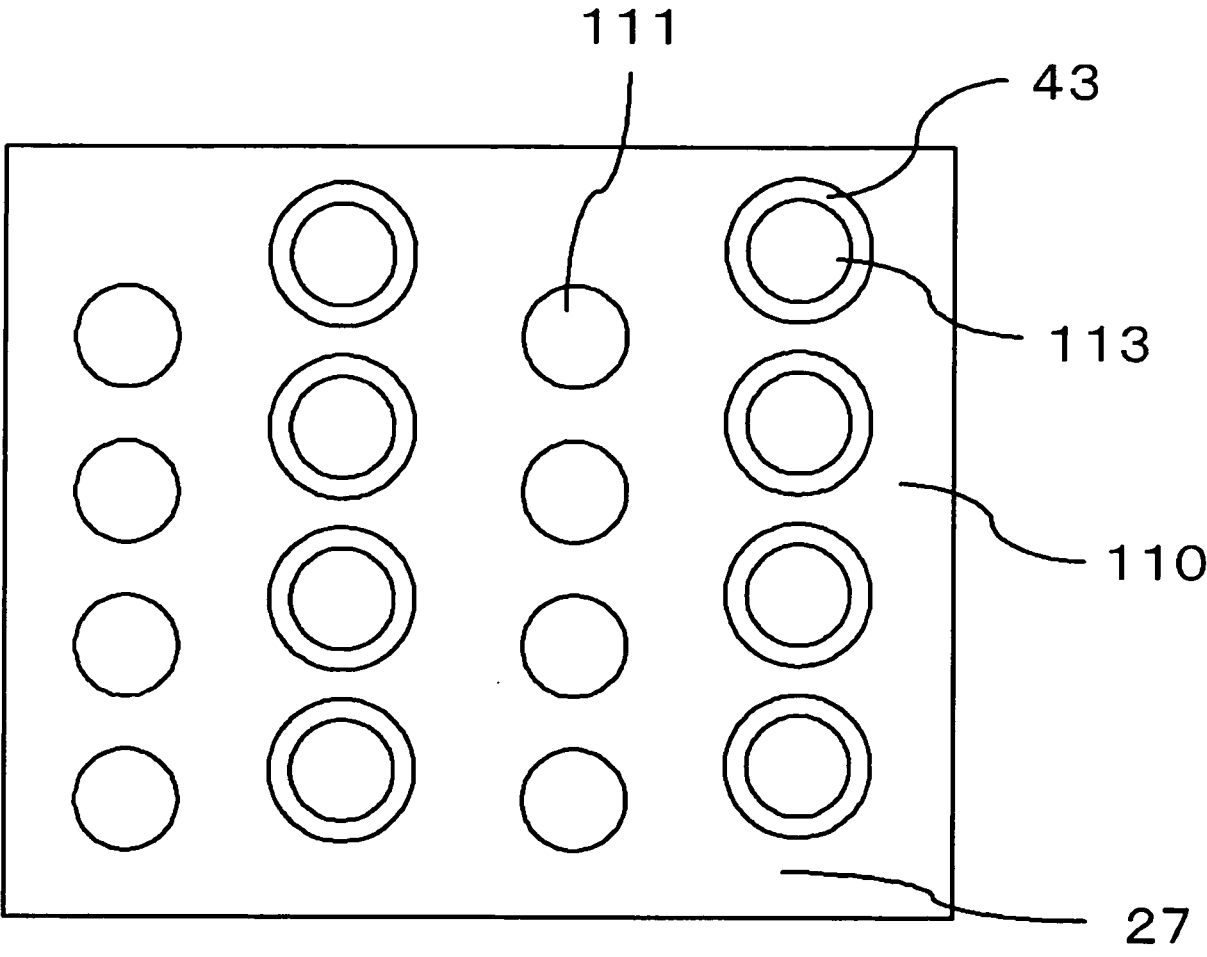


圖 29

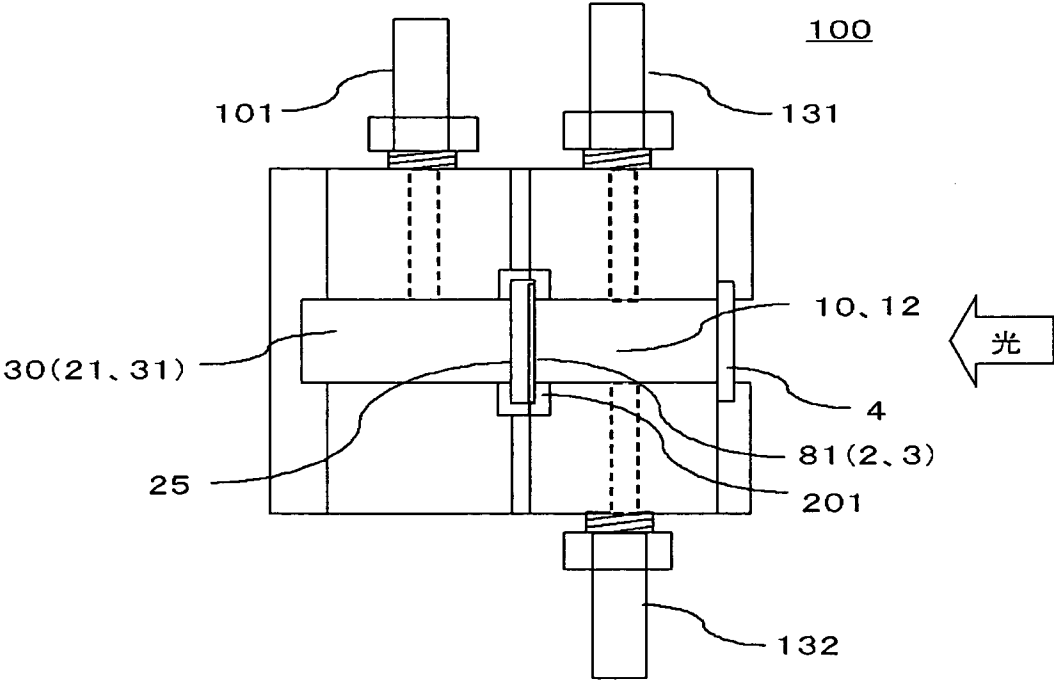


圖 30(a)

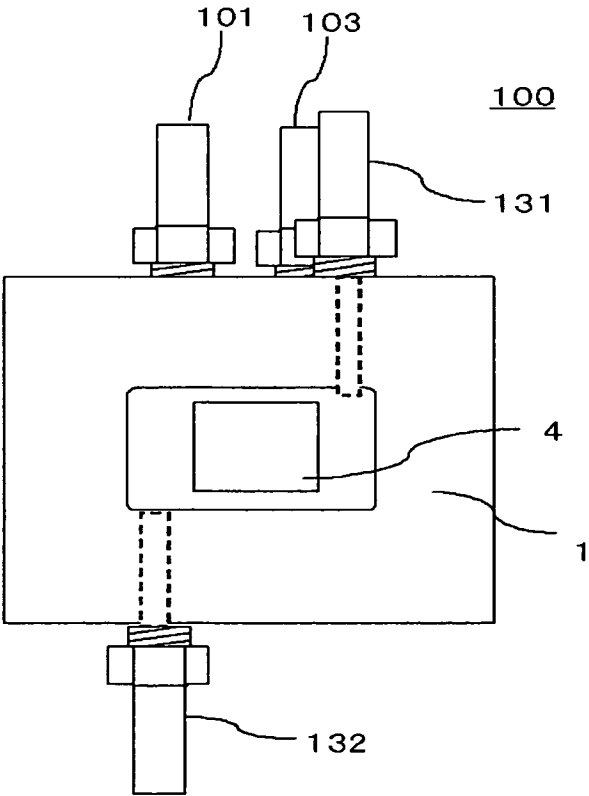


圖 30(b)

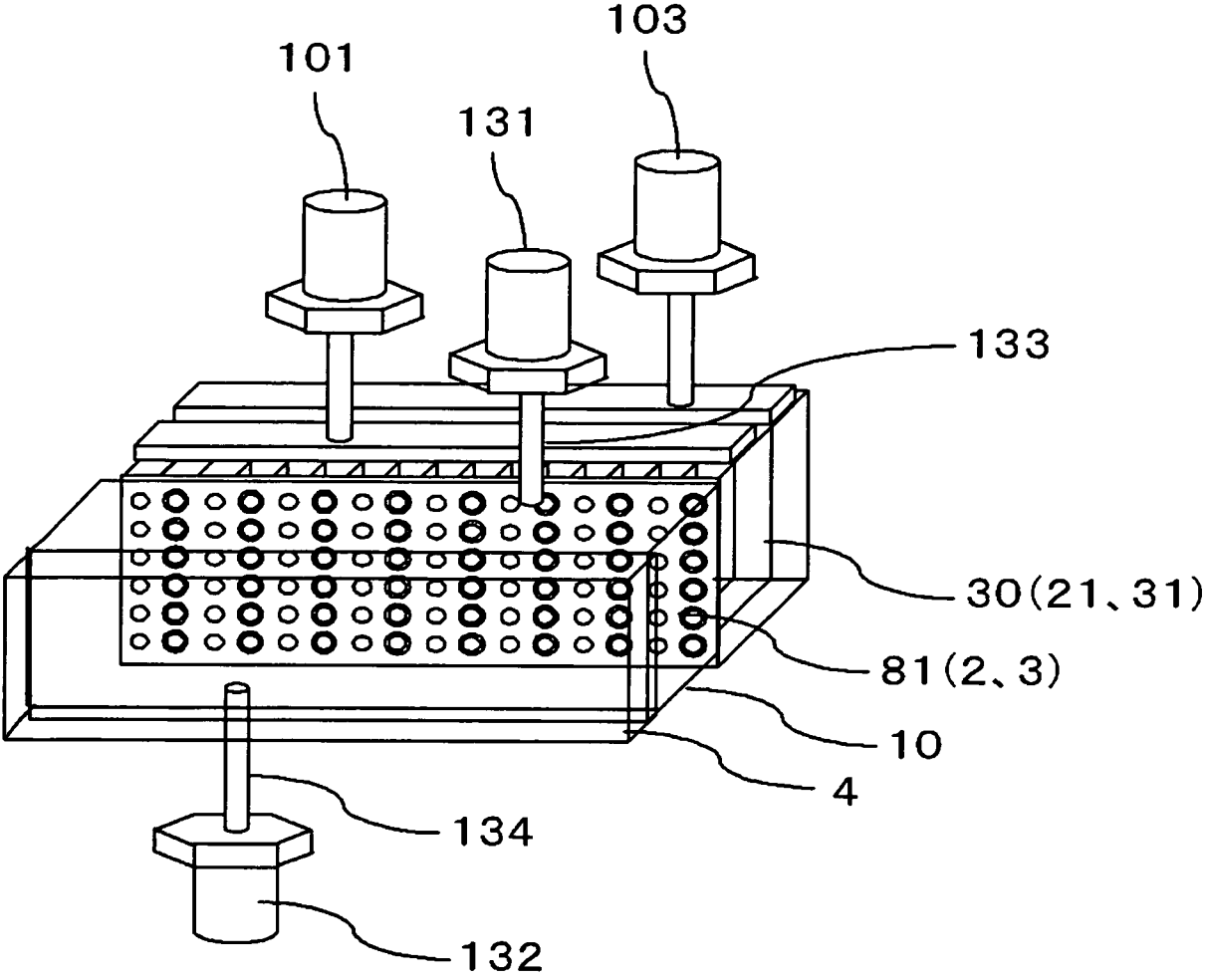


圖 31

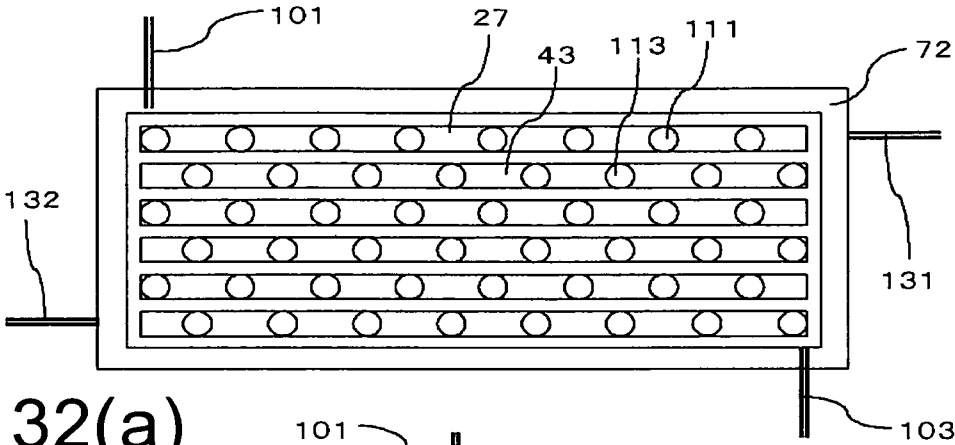


圖 32(a)

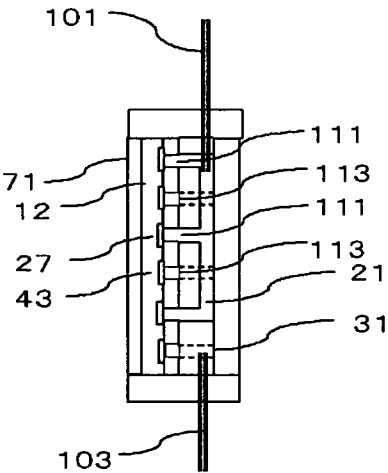


圖 32(b)

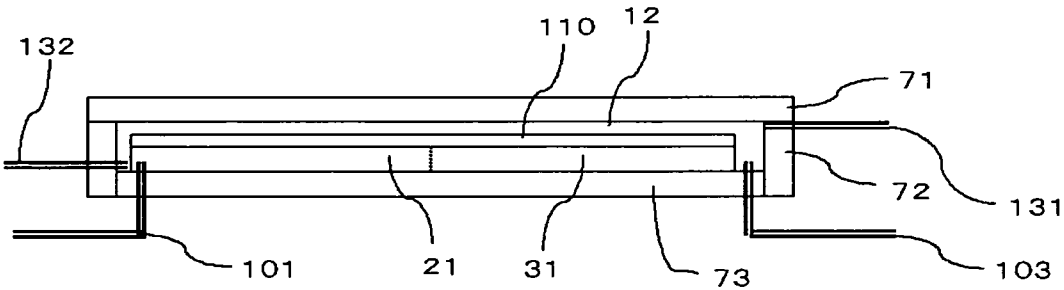


圖 32(c)

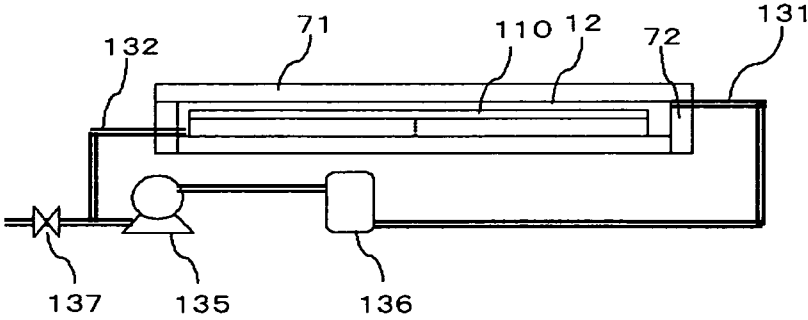


圖 32(d)

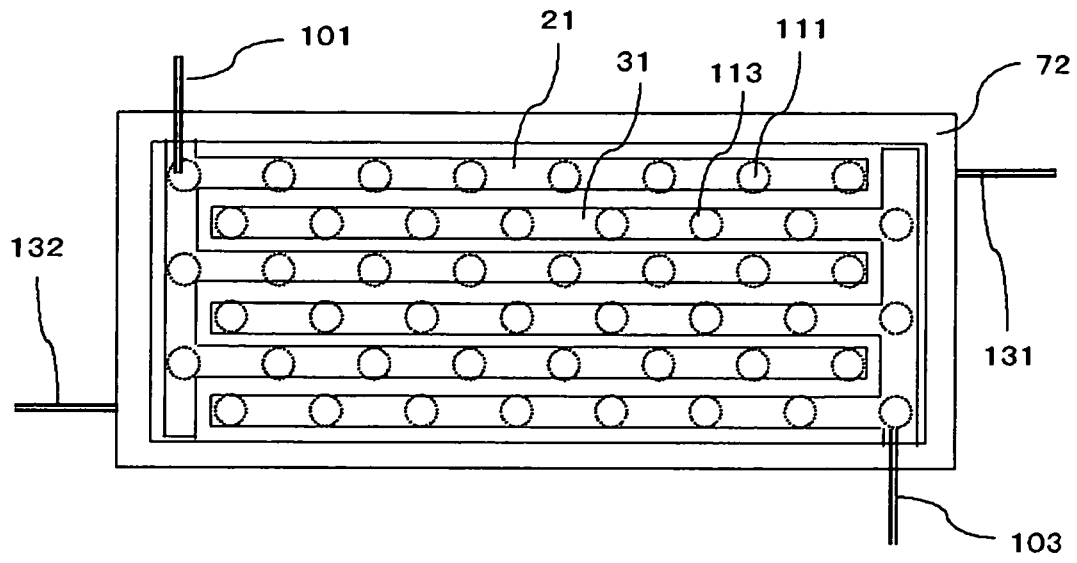


圖 33(a)

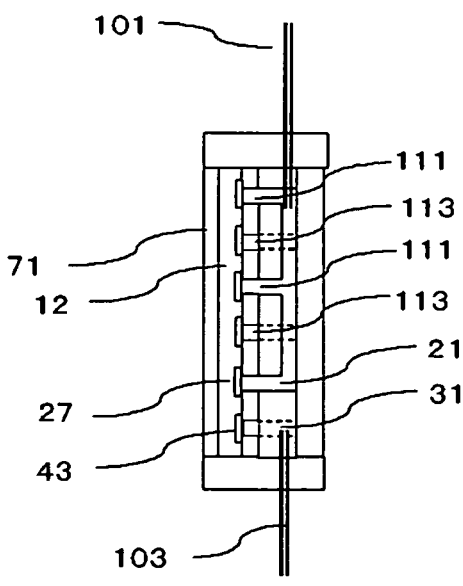


圖 33(b)

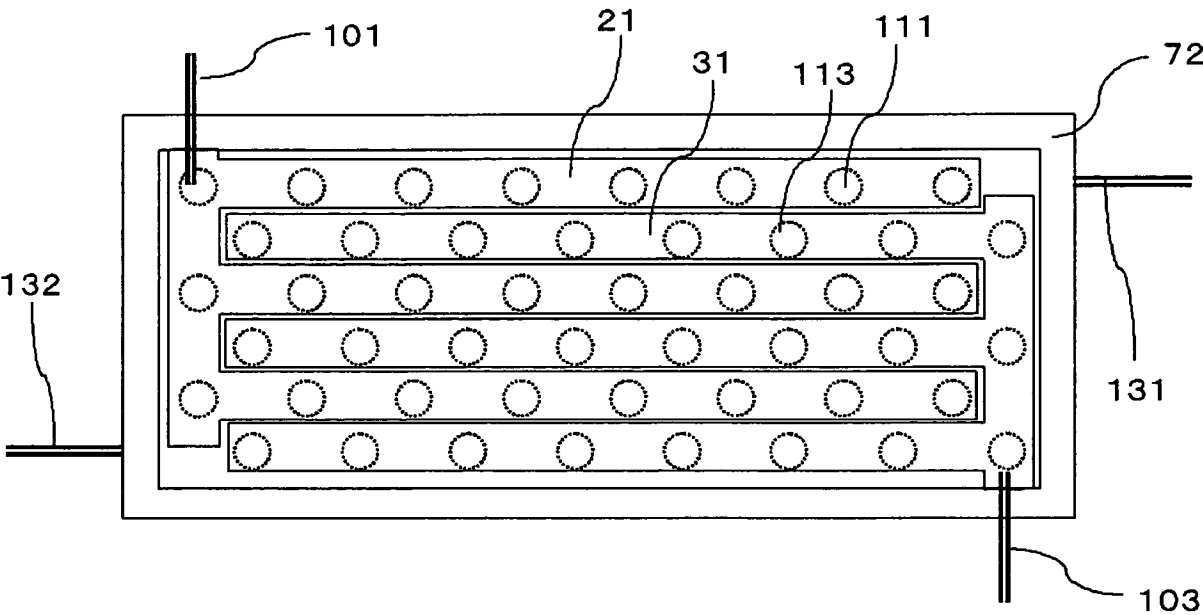


圖 34

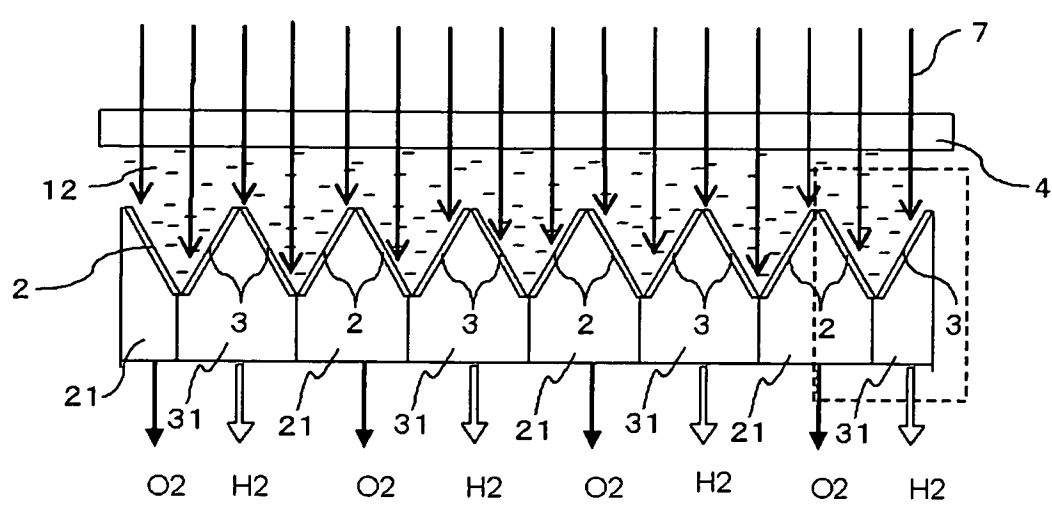


圖 35(a)

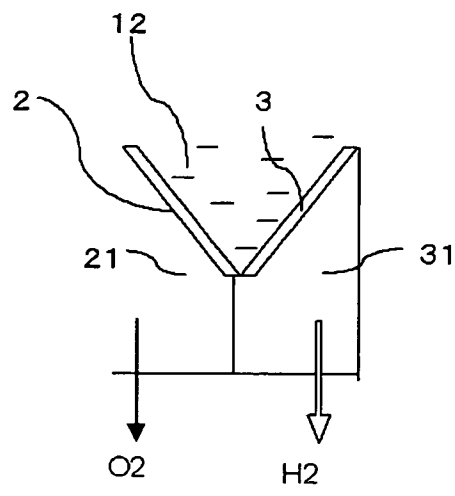


圖 35(b)

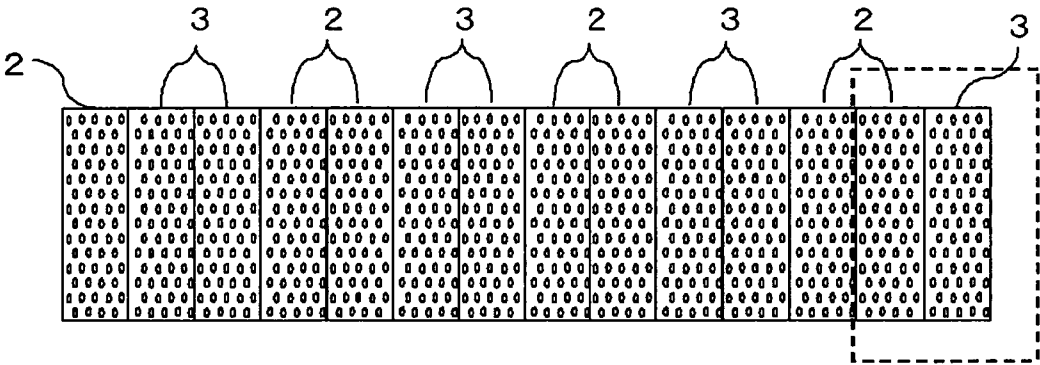


圖 36(a)

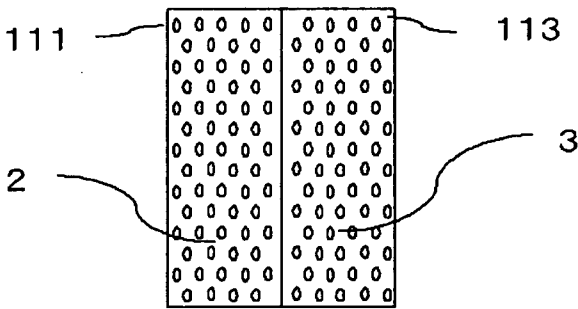


圖 36(b)

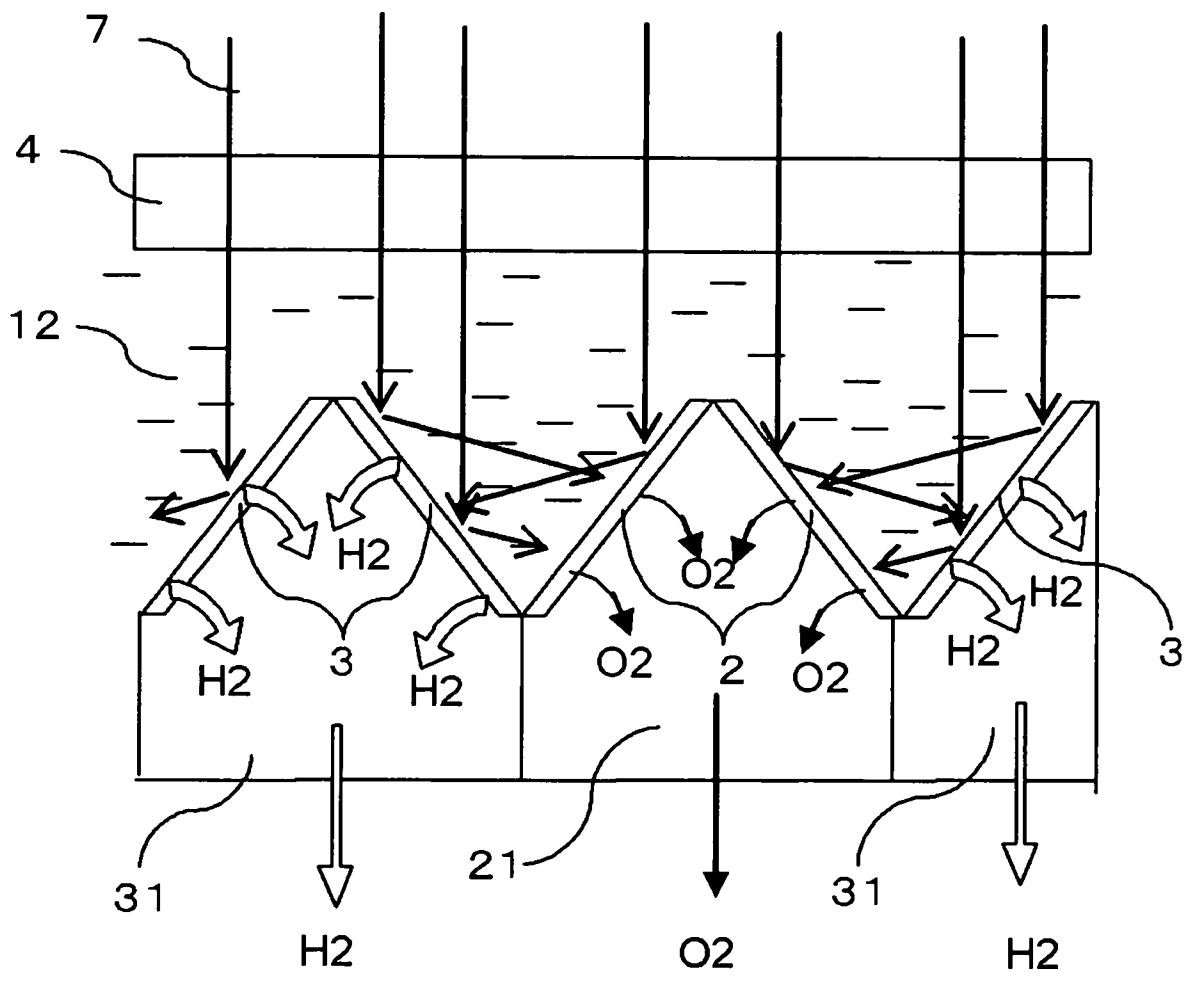


圖 37

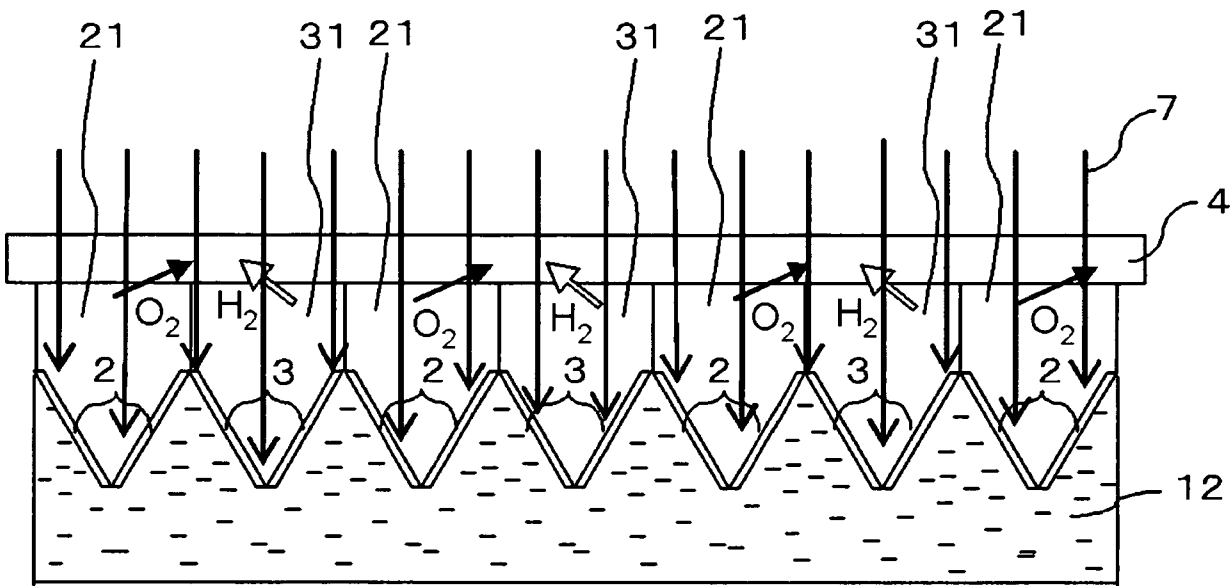


圖 38

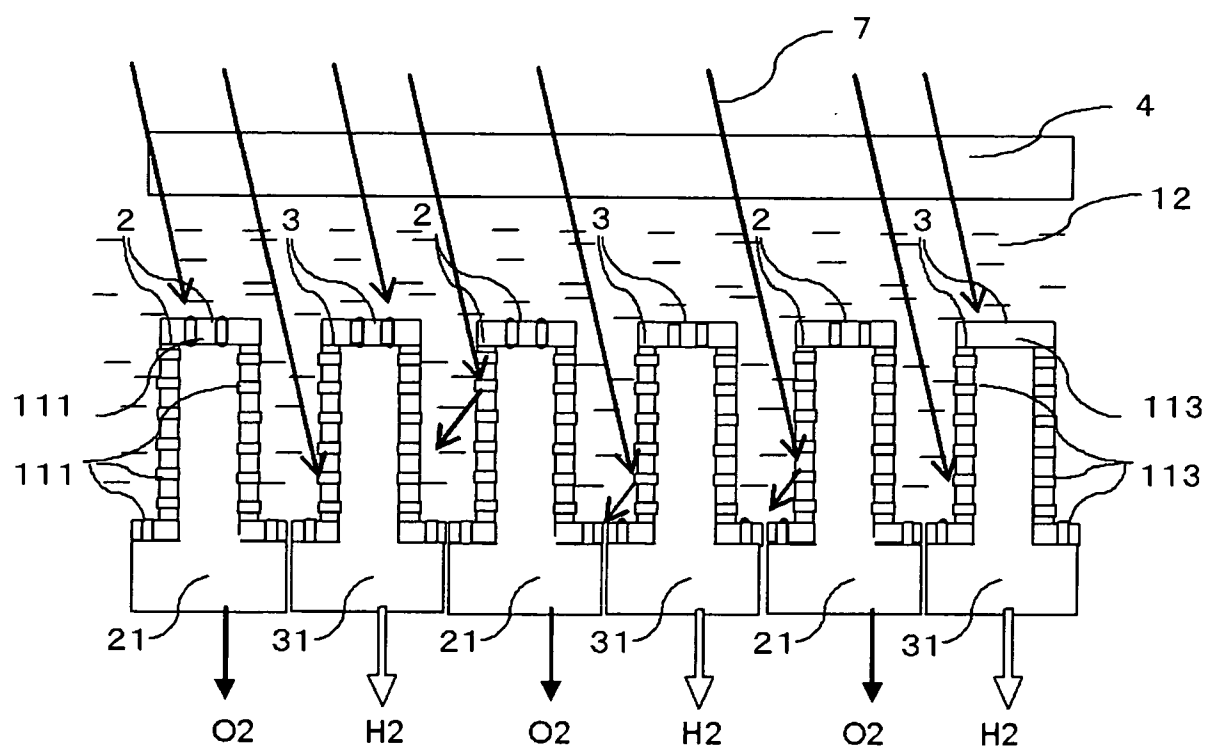


圖 39

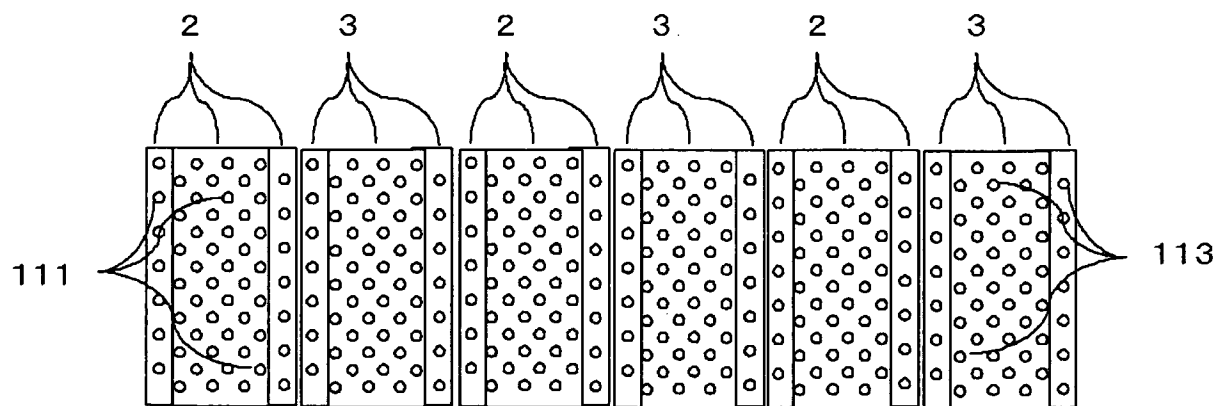


圖 40

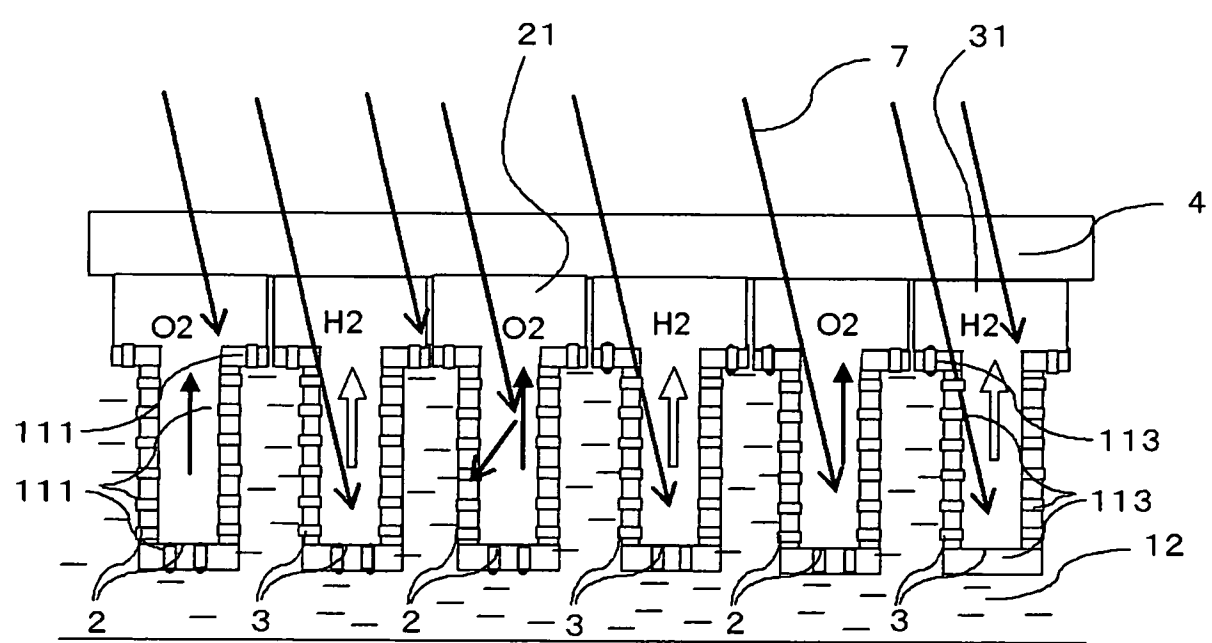


圖 41

圖 42(a)

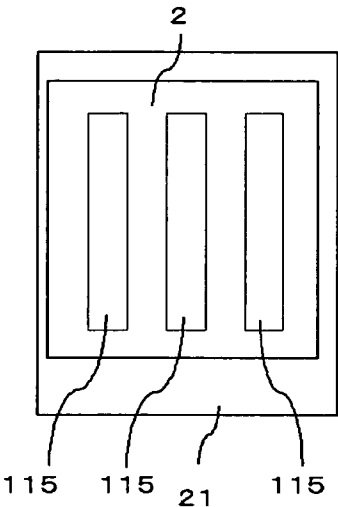


圖 42(b)

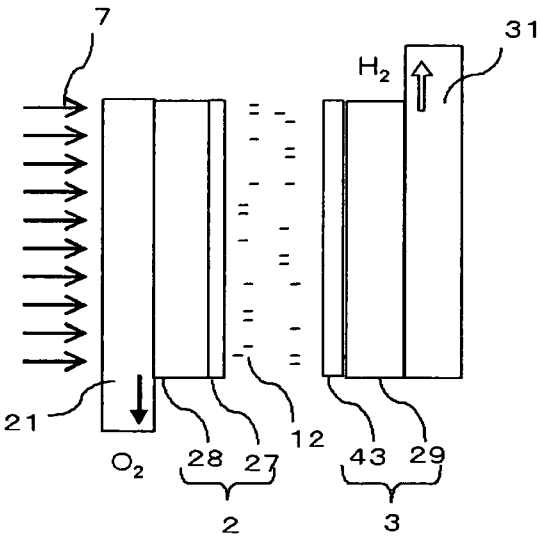


圖 42(c)

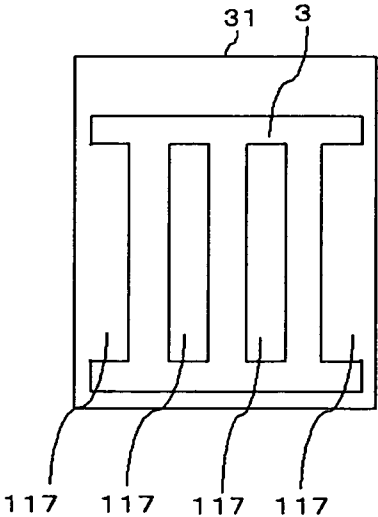


圖 43(a)

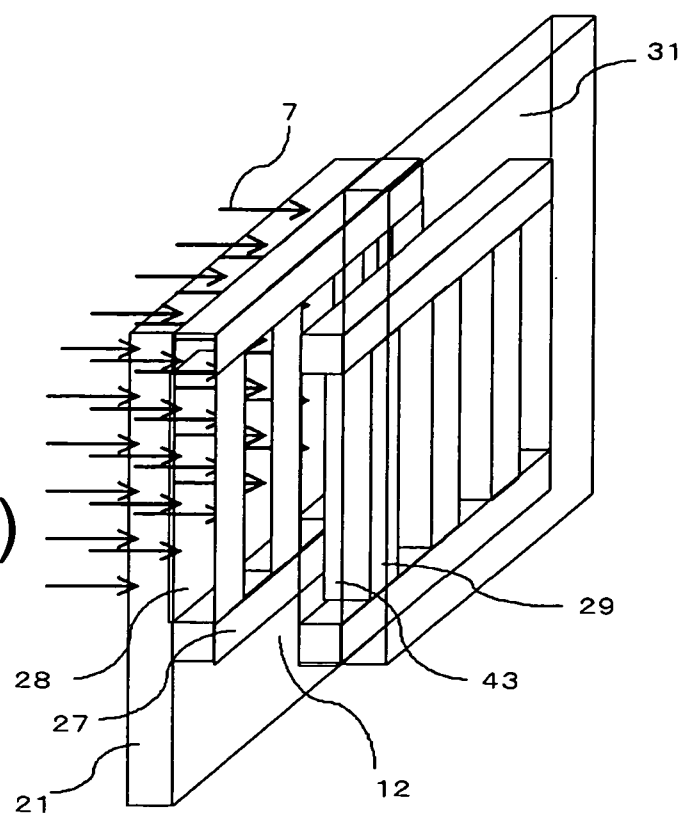
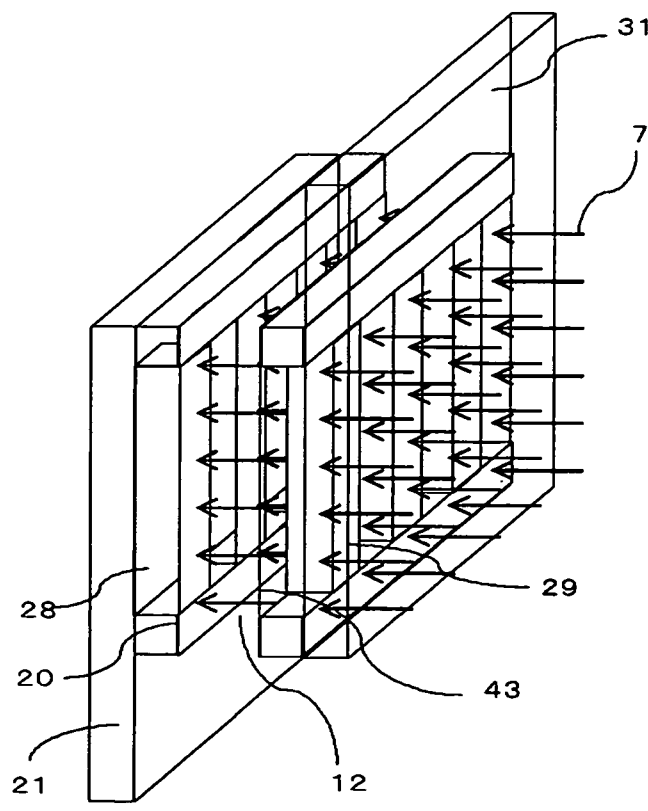


圖 43(b)



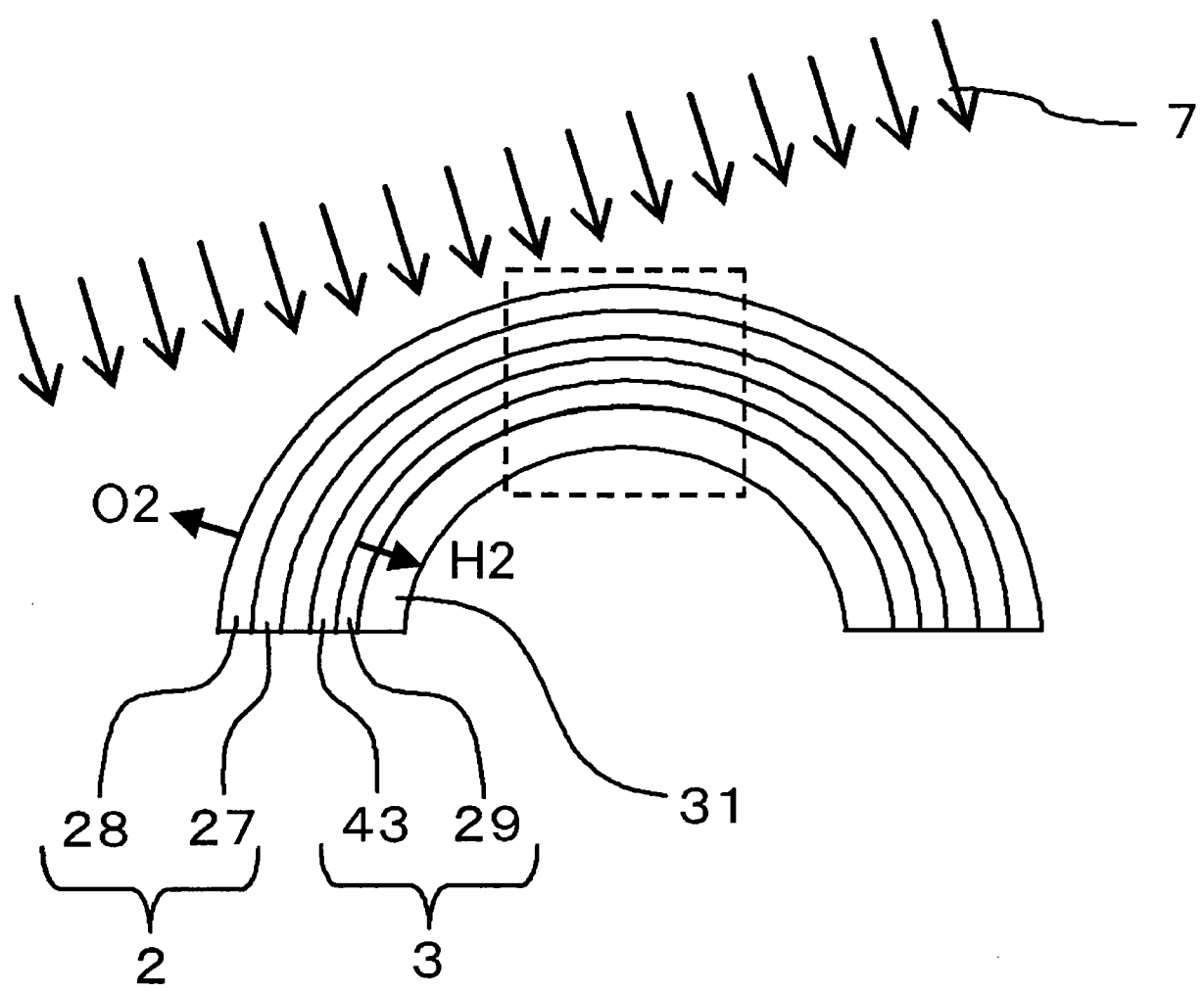


圖 44

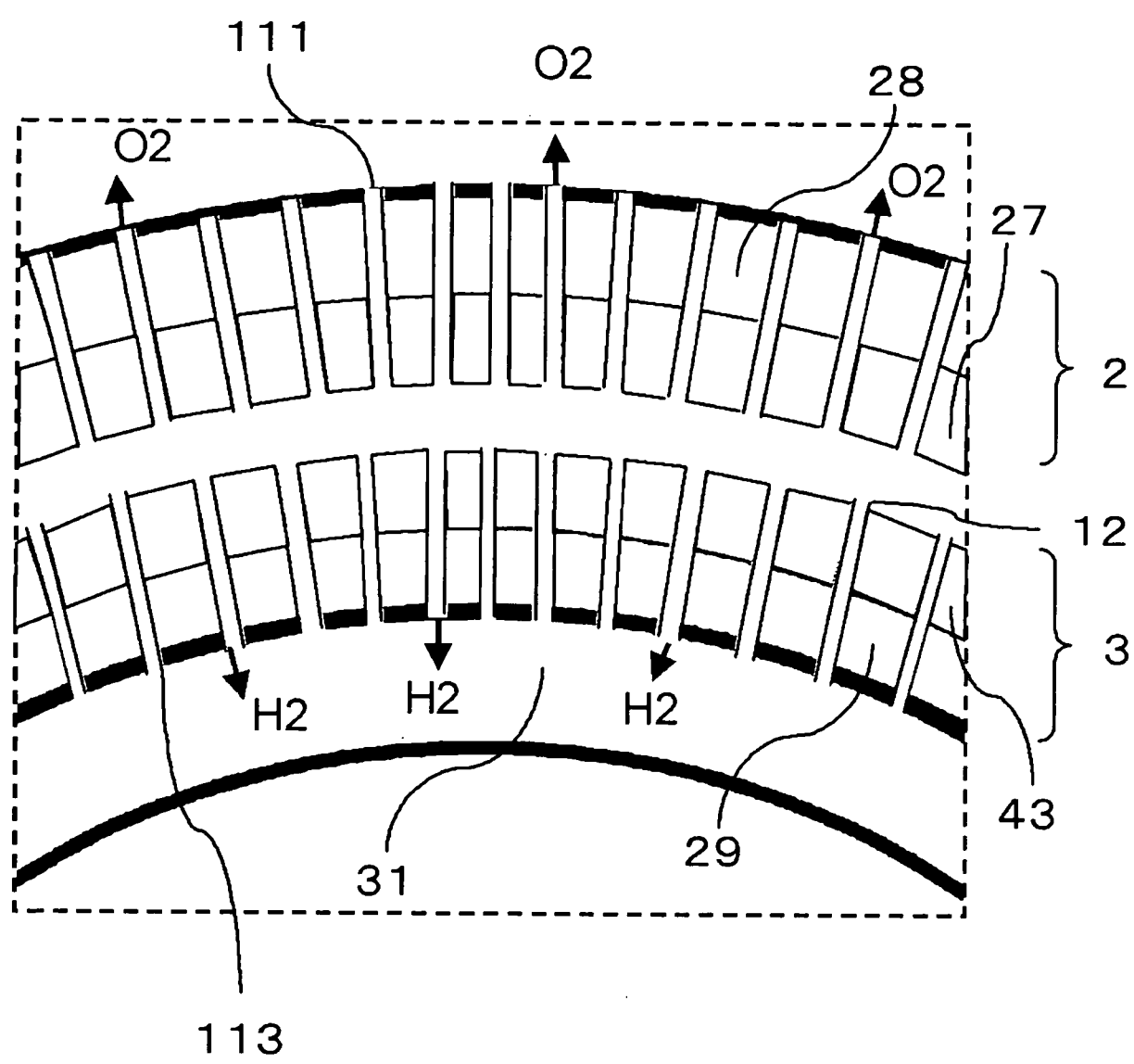


圖 45

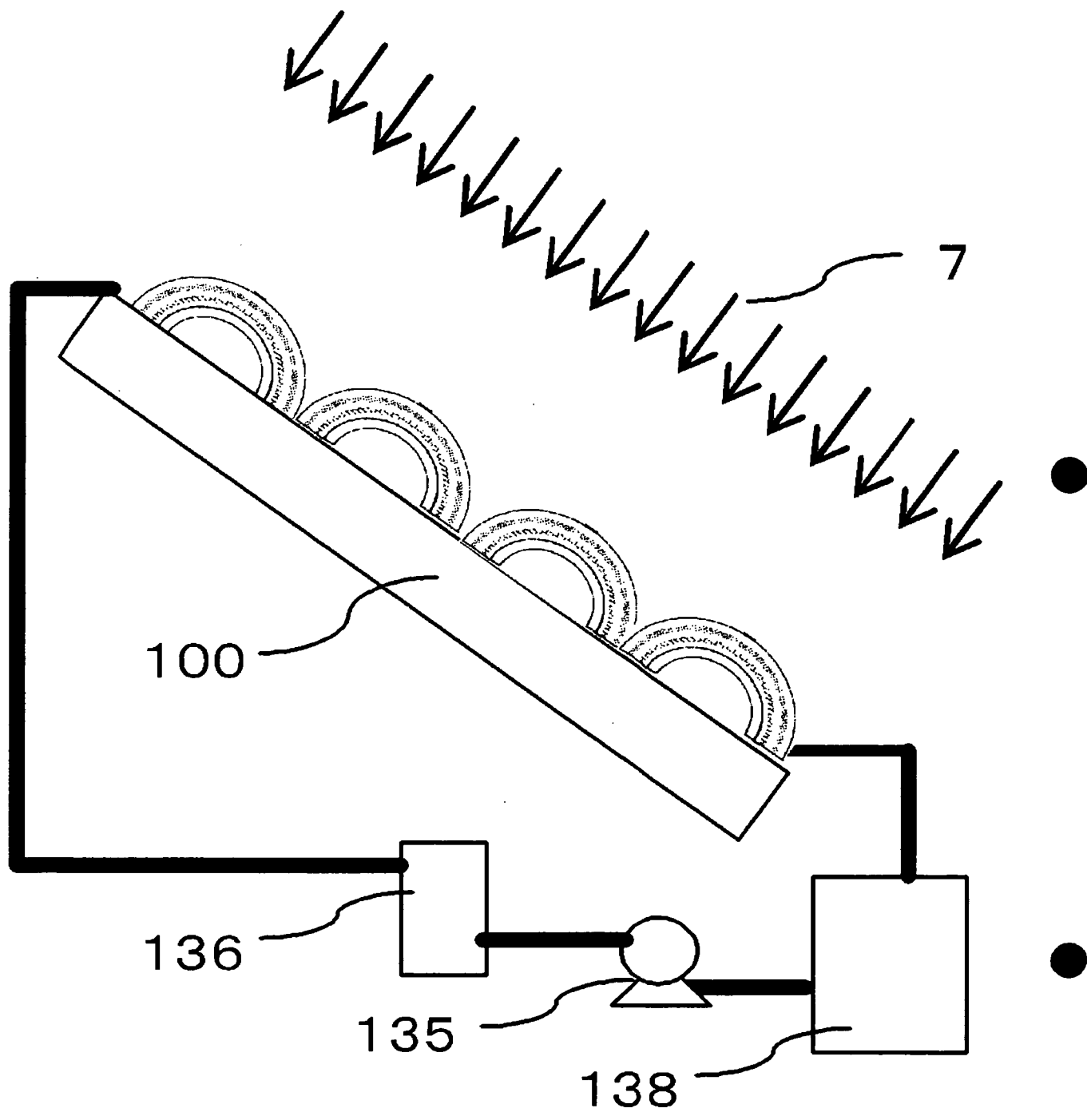


圖 46

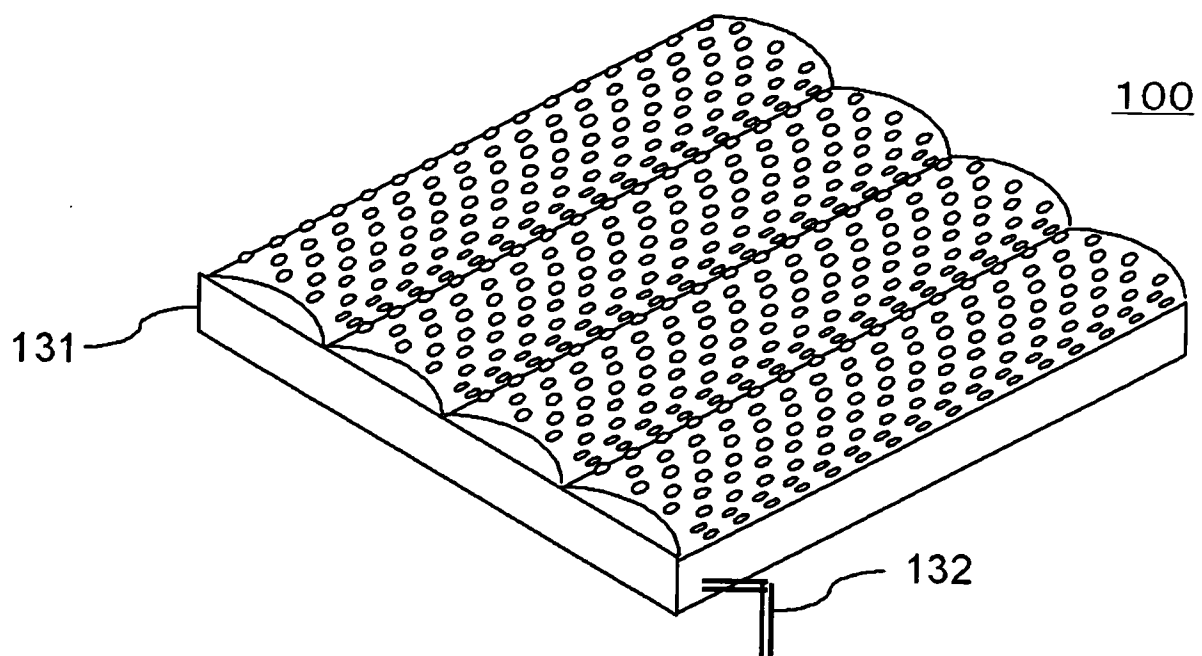


圖 47

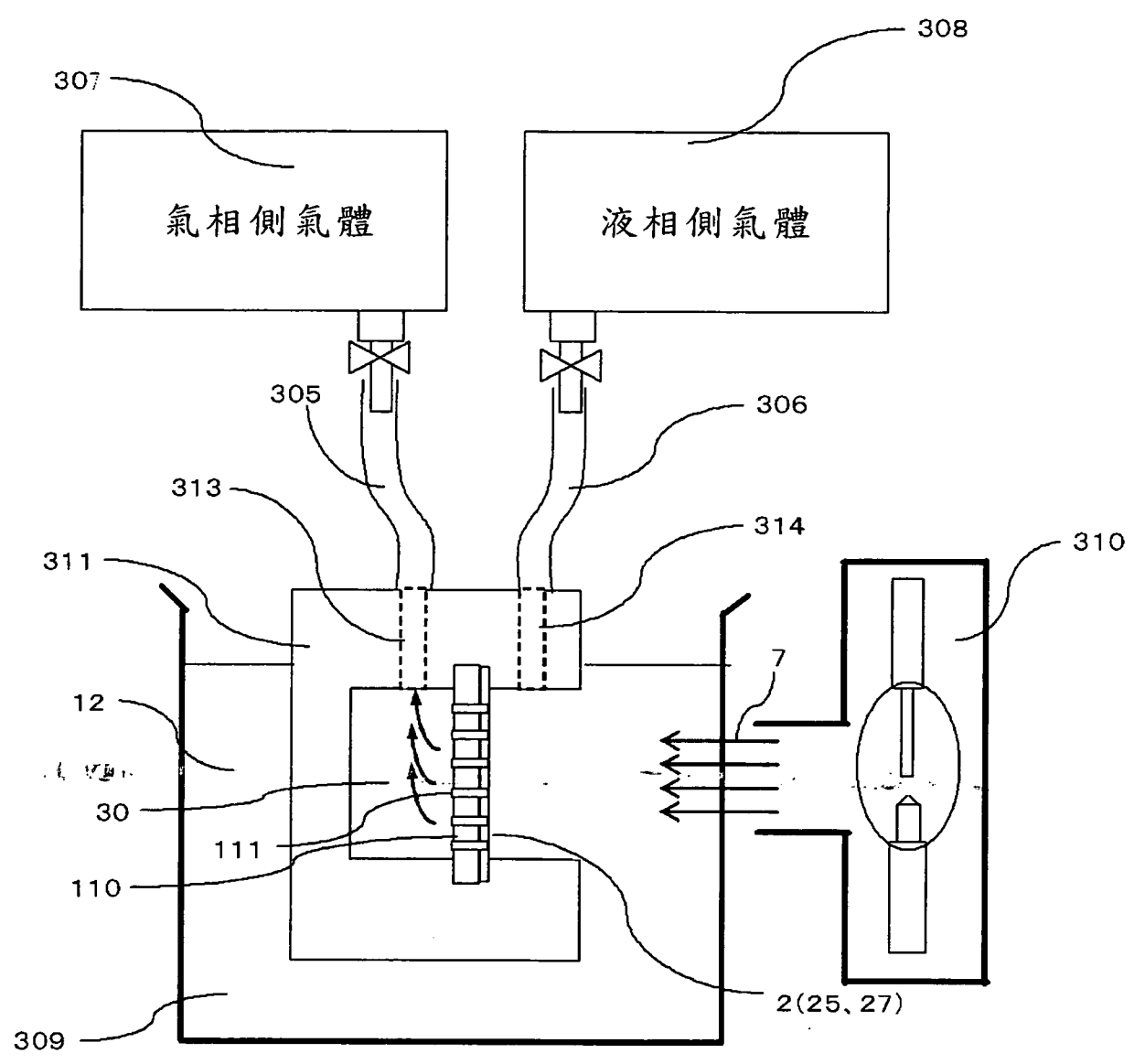


圖 48