



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202230457 A

(43)公開日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：110134185

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 14 日

(51)Int. Cl. : H01L21/02 (2006.01)

(30)優先權：2020/09/30 日本

2020-164962

2021/09/10 日本

PCT/JP2021/033291

(71)申請人：日商邦德科技股份有限公司 (日本) BONDTECH CO., LTD. (JP)

日本

須賀唯知 (日本) SUGA, TADATOMO (JP)

日本

(72)發明人：山內朗 YAMAUCHI, AKIRA (JP) ; 須賀唯知 SUGA, TADATOMO (JP)

(74)代理人：洪澄文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：18 共 80 頁

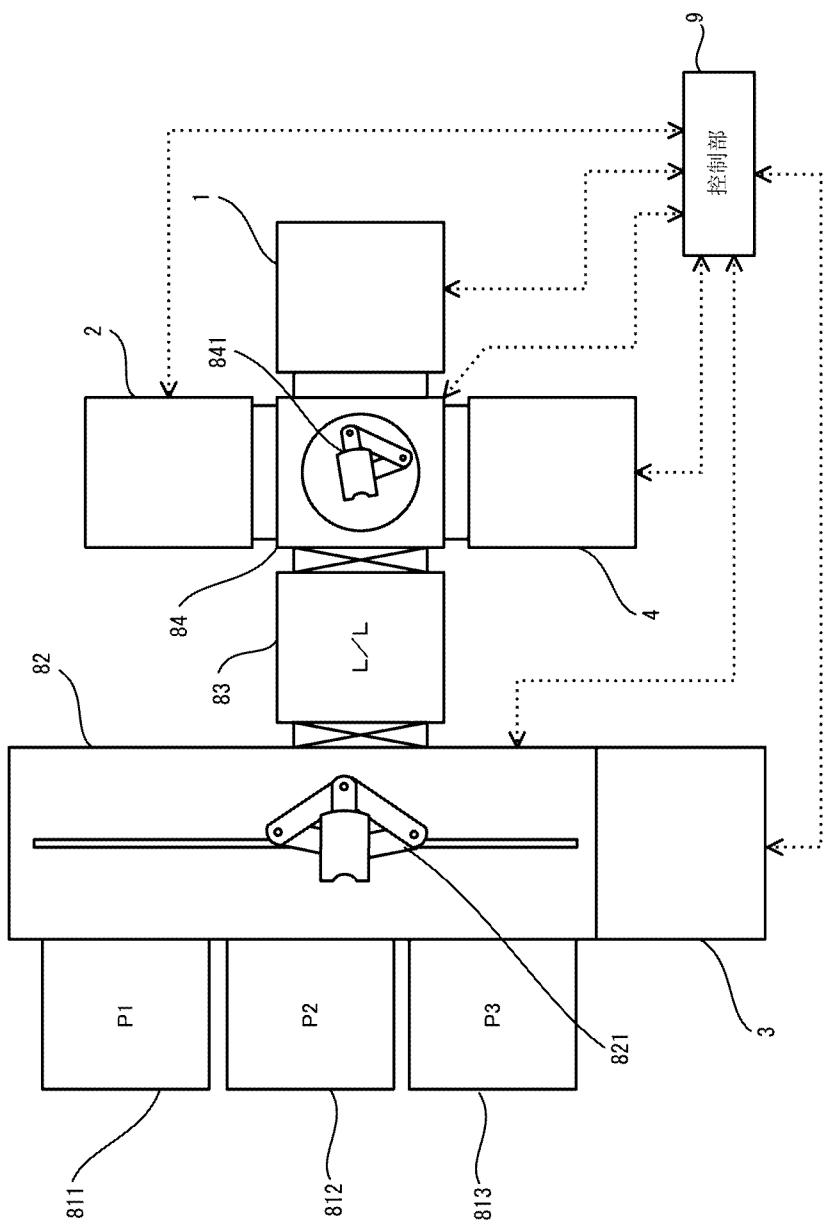
(54)名稱

基板接合方法及基板接合系統

(57)摘要

本發明的基板接合方法，係將 2 個基板予以接合的基板接合方法，包括有：活化處理步驟、氣體曝露步驟及接合步驟。該活化處理步驟係對 2 個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而將接合面予以活化。該氣體曝露步驟係經活化處理步驟後，在預設基準時間內，將 2 個基板的接合面曝露於含水分氣體中。該接合步驟係將在活化處理步驟中，接合面被活化的 2 個基板予以接合。

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 1:基板接合裝置
 - 2:活化處理裝置
 - 3:洗淨裝置
 - 4:翻轉裝置
 - 9:控制部
 - 811,812:導入口
 - 813:取出口
 - 821,841:搬送機器人
 - 82:第 1 搬送裝置
 - 83:裝載鎖定室
 - 84:第 2 搬送裝置

【圖1】

【發明摘要】

【中文發明名稱】 基板接合方法及基板接合系統

【中文】

本發明的基板接合方法，係將2個基板予以接合的基板接合方法，包括有：活化處理步驟、氣體曝露步驟及接合步驟。該活化處理步驟係對2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而將接合面予以活化。該氣體曝露步驟係經活化處理步驟後，在預設基準時間內，將2個基板的接合面曝露於含水分氣體中。該接合步驟係將在活化處理步驟中，接合面被活化的2個基板予以接合。

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1:基板接合裝置

2:活化處理裝置

3:洗淨裝置

4:翻轉裝置

9:控制部

811,812:導入口

813:取出口

821,841:搬送機器人

82:第1搬送裝置

83:裝載鎖定室

84:第2搬送裝置

第 1 頁，共 1 頁(發明摘要)

2143C-19173PF-TW

【發明說明書】

【中文發明名稱】 基板接合方法及基板接合系統

【技術領域】

【0001】 本發明係關於基板接合方法及基板接合系統。

【先前技術】

【0002】 習知基板間的親水性鏈結係藉由在大氣中介存水分子狀態下使基板間貼合，即使原本基板接合面無法生成充分的OH基，仍可利用在基板接合面介存的水分子變為OH基，再利用加熱轉變為牢固的共價鍵。但是，若在大氣中進行接合，會因捲入空氣導致生成較大孔隙，因而必需採取在將基板中央部曲撓狀態下，使基板間貼合等接合方法。但，該接合方法的情況，會有基板發生歪曲、或基板間的對準精度惡化等課題。又，因為使水分子介存於基板界面進行接合，因而亦會有因對基板加熱而生成微孔隙等問題。所以，藉由將基板間在真空中進行接合，而防止基板間捲入空氣，便可抑制孔隙生成。又，藉由將基板間在真空中進行接合，因為係在基板間存在的水分子分散後才進行接合，因而亦不會生成微孔隙。依此，基板間在真空中進行接合的方法，係屬於獲得基板間良好接合的有效方法。但是，在將基板間接合前的基板接合面施行活化時，必需在基板接合面製作足夠的OH基。而，如習知，在施行RIE處理後，若僅曝露於大氣中將基板接合面施行活化的處理，並無法在基板接合面生成足夠OH基，導致所接合基板的接合強度不足。有鑑於上述，針對基板接合面的活化處理，期待能生成可承受在真空中進行接合時足夠OH基的方法。

【0003】 相對於此，有提案：對進行接合的2個基板接合面，藉由併用反應性離子蝕刻、與自由基照射，而將2個基板接合的基板接合方法(例如參照專利

文獻1)。該基板接合方法係使2個基板的接合面生成羥基(OH基)，再使2個基板接合面間接觸並加壓，俾在接合面間形成氫鍵，便將2個基板間進行接合的方法。又，該基板接合方法係使進行接合的2個基板接合面曝露於氧電漿中經施行反應性離子蝕刻後，再對2個基板的接合面照射氮自由基。然後，藉由使2個基板接合面間相接觸並加壓，而將2個基板予以接合。

[先行技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

[專利文獻1] 日本特開2005-79353號公報

【發明內容】

(發明所欲解決之問題)

【0005】 然而，專利文獻1所記載的基板接合方法，在2個基板接合面所生成的OH基量不足，會有進行接合的2個基板接合強度嫌不足的情況。所以，渴求藉由在2個基板的接合面生成足夠量的OH基，俾能將2個基板間更牢固接合的基板接合方法。

【0006】 本發明係有鑑於上述實情而完成，目的在於提供：能將2個基板牢固接合的基板接合方法及基板接合系統。

(解決問題之手段)

【0007】 為達成上述目的，本發明的基板接合方法，係將2個基板予以接合的基板接合方法，包括有：

對上述2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而將上述接合面予以活化的活化處理步驟；

經上述活化處理步驟後，在預設基準時間內，將上述2個基板的上述接合面曝露於含水分氣體中的氣體曝露步驟；以及

將在上述活化處理步驟中，上述接合面被活化的上述2個基板予以接合之接合步驟。

【0008】 從另一觀點之本發明的基板接合系統，係

將2個基板予以接合的基板接合系統，具備有：

活化處理裝置，其係對上述2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而施行將上述接合面予以活化的活化處理，然後，在預設基準時間內，將上述2個基板的上述接合面曝露於含水分氣體中；以及

基板接合裝置，其係將經利用上述活化處理裝置，對上述接合面施行活化處理過的上述2個基板予以接合。

[發明效果]

【0009】 根據本發明，對2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，藉由施行使用氮氣的反應性離子蝕刻、與氮自由基照射中至少其中一項，而將基板的接合面予以活化。此時，藉由氮電漿、氮自由基處理，而在表面上吸附氮、或在基板表面上形成氮氧化物狀態。將此稱為「N活性狀態」。該N活性狀態有助於與水反應形成OH基而增加接合強度。但是，在基板接合面上形成的N活性狀態不穩定，若在此狀態下，活性狀態會去活化。結果，無法維持接合強度。所以，將基板的接合面活化後，必需在預設基準時間內接觸水分子。所以，本發明在將基板的接合面活化後，於預設基準時間內，將基板的接合面曝露於含水分氣體中。藉此，因為基板的接合面可依N活性的狀態與水分子接觸，因而可在基板的接合面上形成較多的氮氧化物。然後，使2個基板的接合面間相接觸而將2個基板初步接合後，當施行熱處理時，在2個基板的接合面間存在的較多

氮氧化物會被置換為OH基，便可形成較多的氫鍵。所以，若在相互經初步接合的2個基板接合面間形成的氫鍵，利用熱處理而轉變為共價鍵，2個基板便經由較多的共價鍵進行接合，故能提高2個基板間的接合強度。

【圖式簡單說明】

【0010】

圖1係本發明實施形態的基板接合系統概略構成圖；

圖2係實施形態的活化處理裝置概略正視圖；

圖3係實施形態的基板接合裝置概略正視圖；

圖4A係實施形態的基板接合系統，利用第1搬送單元搬送基板的樣子圖；

圖4B係實施形態的基板接合系統，將基板從第1搬送單元讓渡給裝載鎖定室的樣子圖；

圖5A係實施形態的基板接合系統，將基板從裝載鎖定室讓渡給第2搬送單元的樣子圖；

圖5B係實施形態的基板接合系統，將基板從第2搬送單元讓渡給活化處理裝置的樣子圖；

圖6A係實施形態的基板接合系統，將基板從第2搬送單元讓渡給裝載鎖定室的樣子圖；

圖6B係實施形態的基板接合系統，將基板從裝載鎖定室讓渡給第1搬送單元的樣子圖；

圖7A係實施形態的基板接合系統，將基板從第1搬送單元讓渡給洗淨裝置的樣子圖；

圖7B係實施形態的基板接合系統，將基板從洗淨裝置讓渡給第1搬送單元的樣子圖；

圖8A係實施形態的基板接合系統，將基板從第1搬送單元讓渡給裝載鎖定室的樣子圖；

圖8B係實施形態的基板接合系統，將基板從裝載鎖定室讓渡給第2搬送單元的樣子圖；

圖9A係實施形態的基板接合系統，將基板從第2搬送單元讓渡給翻轉裝置的樣子圖；

圖9B係實施形態的基板接合系統，利用第2搬送單元將基板搬送入接合裝置的樣子圖；

圖10A係利用刀片插入法進行基板接合強度(表面能量換算)的測定方法說明圖；

圖10B係實施形態的接合強度評價方法說明圖；

圖11A係搬送時，氣壓1000Pa時的基板外觀照片；

圖11B係搬送時，氣壓10000Pa時的基板外觀照片；

圖12A係試料21、22的各自接合強度圖；

圖12B係針對試料22施行活化處理前的基板接合面、剛完成活化處理後的基板接合面、及經熱處理後的基板接合面之XPS光譜圖；

圖13中，(A-1)係基板上附著水分子的樣子示意圖；(A-2)係在大氣壓下使基板間相接觸狀態的示意圖；(A-3)係在大氣壓下施行熱處理時，基板的狀態推移示意圖；(B-1)係基板上附著水分子的樣子示意圖；(B-2)係在減壓下使基板間相互靠近時，基板的狀態推移示意圖；(B-3)係在減壓下使基板間相接觸狀態的示意圖；(C-1)係本實施形態經活化處理步驟後的基板狀態示意圖；(C-2)係本實施形態的接合步驟中，基板的狀態推移示意圖；(C-3)係本實施形態的接合步驟中，使基板間相接觸狀態的示意圖；

圖14係變化例的活化處理裝置概略正視圖；

圖15A係變化例的活化處理裝置動作說明圖；

圖15B係變化例的活化處理裝置其中一部分平面圖；

圖16A係變化例的活化處理裝置之平台動作說明圖；

圖16B係變化例的活化處理裝置中，自由基處理的說明圖；

圖17係變化例的活化處理裝置概略正視圖；以及

圖18係變化例的活化處理裝置概略正視圖。

【實施方式】

【0011】 以下，針對本發明實施形態的基板接合系統，參照圖式進行說明。本實施形態的基板接合系統係在減壓下的處理室內，對2個基板的接合面施行活化處理後，藉由使基板間相接觸並施行加壓與加熱，而將2個基板予以接合的系統。活化處理係藉由對2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的反應性離子蝕刻、與氮自由基照射中至少其中一項，而將基板的接合面活化。

【0012】 本實施形態的基板接合系統係如圖1所示，具備有：導入口811、812、取出口813、第1搬送裝置82、洗淨裝置3、翻轉裝置4、活化處理裝置2、基板接合裝置1、第2搬送裝置84、控制部9、以及裝載鎖定室83。控制部9係對第1搬送裝置82、洗淨裝置3、翻轉裝置4、活化處理裝置2、基板接合裝置1及第2搬送裝置84進行控制。在第1搬送裝置82、第2搬送裝置84、及洗淨裝置3中設有HEPA(High Efficiency Particulate Air，高效率微粒空氣)濾波器(未圖示)。藉此，第1搬送裝置82、第2搬送裝置84、及洗淨裝置3內成為極少微粒的大氣壓環境。

【0013】 第1搬送裝置82係具備設有機械臂(其係前端部設有保持基板之保持部)的搬送機器人821。搬送機器人821係可沿導入口811、812及取出口813的排列方向移動，且藉由迴轉可變更機械臂前端部的朝向。又，第2搬送裝置84亦係具備設有機械臂(其係前端部設有保持基板之保持部)的搬送機器人841。搬

送機器人841係藉由迴轉可變更機械臂前端部的朝向。又，保持部係設有真空吸盤、靜電吸盤等，俾保持著基板雙面中屬於接合面的另一面。

【0014】 裝載鎖定室83係設有將支撐著基板W1、W2的平台(未圖示)予以冷卻的冷卻裝置(未圖示)。所以，例如當設定為裝載鎖定室83內的溫度25°C時濕度成為50%之情況，藉由冷卻裝置將平台冷卻至18°C，便可將平台上所載置基板W1、W2附近的濕度形成80%左右。

【0015】 洗淨裝置3係朝搬送來的基板吐出水、洗淨液等液體而施行洗淨。洗淨裝置係具備有：支撐著基板的平台(未圖示)、將平台朝正交於鉛直方向且相互正交的2方向(XY方向)驅動之XY方向驅動部(未圖示)、以及吐出經賦予超音波或超高頻振動的水或洗淨液之洗淨頭(未圖示)。又，洗淨裝置3係設有：使平台在鉛直方向的正交面內旋轉之旋轉驅動部(未圖示)。所以，洗淨裝置3將經利用洗淨頭施加超音波的水吹抵於基板的接合面，並使平台朝XY方向掃描而洗淨基板的整面接合面。然後，洗淨裝置3係停止由洗淨頭吐出水之後，使平台進行旋轉而將基板施行旋轉乾燥。

【0016】 翻轉裝置4係具備有：從搬送機器人841的機械臂前端部收取基板並保持的基板保持部(未圖示)、以及在基板保持部保持著基板狀態下使基板保持部進行翻轉的驅動部(未圖示)。基板保持部係設有例如保持著基板雙面中屬於接合面之另一面的真空吸盤、靜電吸盤等。翻轉裝置4係若由基板保持部依基板接合面朝鉛直上方姿勢，從搬送機器人841的機械臂前端部收取基板，便使基板保持部翻轉，依基板接合面朝鉛直下方姿勢保持著基板。然後，翻轉裝置4依基板接合面朝鉛直下方姿勢，將基板讓渡給搬送機器人841的機械臂前端部。

【0017】 活化處理裝置2係藉由對基板的接合面，施行使用氮氣的反應性離子蝕刻、與氮自由基照射中至少其中一項，而施行將接合面予以活化的活化處理。施行將基板接合面予以活化的活化處理。活化處理裝置2係使產生電感耦

合電漿(ICP：Inductively Coupled Plasma)的裝置，如圖2所示，具備有：平台210、處理室212、電漿處理室213、捲繞於電漿處理室213外側的感應線圈215、以及對感應線圈215供應高頻率電流的高頻率電源216。電漿處理室213係由例如石英玻璃形成。又，活化處理裝置2係具備有：氮氣供應部220A、與氧氣供應部220B。氮氣供應部220A係具備有：氮氣滯留部221A、供應閥222A、供應管223A、及偏壓施加部217。氧氣供應部220B係具備有：氧氣滯留部221B、供應閥222B、及供應管223B。在平台210上載置著基板W1、W2。處理室212係連通於電漿處理室213內。處理室212係經由排氣管202A與排氣閥203A連接於真空泵201。若將排氣閥203A呈打開狀態並使真空泵201產生動作，則處理室212內的氣體通過排氣管202A被排出於處理室212外，而降低(減壓)處理室212內的氣壓。

【0018】 高頻率電源216係可採用對感應線圈215供應例如27MHz高頻率電流者。所以，在朝電漿處理室213內導入N₂氣體的狀態下，若將高頻率電流供應給感應線圈215，便在電漿處理室213內形成電漿PLM。此處，因為利用感應線圈215在電漿處理室213內捕捉電漿中所含的離子，因而亦可構成在電漿處理室213與處理室212間的部分處沒有設置捕捉板。由感應線圈215、高頻率電源216及氮氣供應部220A，構成使電漿處理室213內產生電漿PLM，並將電漿中的N₂自由基供應給由平台210所支撐基板W1、W2之接合面的電漿產生源。另外，此處活化處理裝置2係針對具備有感應線圈215與高頻率電源216，使產生ICP的裝置例進行說明，惟並不僅侷限於此，亦可取而代之，改為具備有：平板電極(其係配置於電漿處理室213外側)、高頻率電源(其係電氣式藕接於平板電極)、以及捕捉板(其係配置於電漿處理室213與處理室212間之其中一部分，且捕捉電漿中之離子)，並使產生容耦合電漿(CCP：Capacitively Coupled Plasma)的裝置。此情況，高頻率電源係可採用施加例如27MHz高頻率偏壓者。而，從高頻率電源供應給電漿處理室內的電力係可設定為例如250W。

【0019】 偏壓施加部217係對由平台210支撐的基板W1、W2施加高頻率偏壓的高頻率電源。該偏壓施加部217係可採用使產生例如13.56MHz高頻率偏壓者。依此，藉由利用偏壓施加部217對基板W1、W2施加高頻率偏壓，便在基板W1、W2的接合面附近產生由具有動能的離子重複碰撞基板W1、W2的鞘區域。然後，利用在該鞘區域中所存在具有動能的離子，蝕刻基板W1、W2的接合面。又，活化處理裝置2係在施行前述活化處理後，在預設基準時間內，使基板W1、W2的接合面曝露於含水分氣體中。此處，含水分氣體係可舉例如：大氣、水氣。處理室212連接於供將空氣或水氣導入於處理室212內的導入管(未圖示)，在該導入管中介插入導入閥(未圖示)。然後，活化處理裝置2藉由在排氣閥203A呈關閉狀態且將導入閥呈打開狀態下，朝處理室212內導入大氣或水氣，便使基板W1、W2的接合面曝露於大氣或水氣中。導入水氣時，導入管連接於供應水氣的水氣供應部(未圖示)。水氣供應部係只要藉由將氬(Ar)、氮(N₂)、氦(He)、氧(O₂)等載氣，與經氣化的水進行混合，而生成水氣後再供應便可。本實施形態，將氦使用為載氣，並將混合50%氣化水者採用為「水氣」。

【0020】 基板接合裝置1係將經活化處理裝置2施行活化處理過的基板W1、W2間予以接合。基板接合裝置1係如圖3所示，具備有：處理室120、平台141、頭142、平台驅動部143、頭驅動部144、基板加熱部1411、1421、以及位置偏移量測定部150。另外，以下說明中，適當地將圖3中的±Z方向設為上下方向，將XY方向設為水平方向進行說明。處理室120係經由排氣管122B與排氣閥123B連接於真空泵121。若將排氣閥123B呈打開狀態並使真空泵121產生動作，則處理室120內的氣體便通過排氣管122B被排出於處理室120外，而降低(減壓)處理室120內的氣壓。又，藉由使排氣閥123B的開閉量變動而調節排氣量，便可調節處理室120內的氣壓(真空度)。又，處理室120連接於空氣導入管(未圖示)，在空氣導入管中介插著空氣導入閥(未圖示)。所以，基板接合裝置1係藉由將排

氣閥123B呈關閉狀態並將空氣導入閥呈打開狀態，便使處理室120內的氣壓成為大氣壓。

【0021】 平台141與頭142係在處理室120內，在Z方向上配置呈相對向狀態。平台141係由上面支撐著基板W1，頭142係由下面支撐著基板W2。另外，平台141上面與頭142下面係若考慮使基板W1、W2與平台141、頭142的接觸面，不易因鏡面而從平台141、頭142上剝落的情況，亦可施行粗面加工。平台141及頭142分別具有保持基板W1、W2的保持機構(未圖示)。保持機構係設有靜電吸盤、真空吸盤等。

【0022】 平台驅動部143係可使平台141朝XY方向移動、或圍繞Z軸旋轉。頭驅動部144係使頭142在上下方向(參照圖3中的箭頭AR1)升降。頭驅動部144係藉由使頭142朝下方向移動，而使頭142靠近平台141。又，頭驅動部144係藉由使頭142朝上方向移動，便使頭142遠離平台141。所以，在基板W1、W2間相接觸狀態下，若頭驅動部144對頭142作用朝靠近平台141方向的驅動力，便使基板W2押抵於基板W1。又，在頭驅動部144中設有：對使頭驅動部144對頭142作用朝靠近平台141方向作用的驅動力，進行測定之壓力感測器148。壓力感測器148係例如測力器，由該測定值便可檢測當利用頭驅動部144使基板W2押抵於基板W1時，作用於基板W1、W2接合面的壓力。

【0023】 基板加熱部1411、1421係由例如電加熱器構成。基板加熱部1411、1421係藉由對由平台141、頭142所支撐基板W1、W2傳導熱，而加熱基板W1、W2。又，藉由調節基板加熱部1411、1421的發熱量，便可調節基板W1、W2或該等接合面的溫度。位置偏移量測定部150係藉由辨識分別在基板W1、W2中所設置對位用標記(對準標記)的位置，而測定基板W1在水平方向上相對於基板W2的位置偏移量。位置偏移量測定部150係使用例如穿透基板W1、W2的光(例如紅外光)，辨識基板W1、W2的對準標記。平台驅動部143便根據由位置偏移量

測定部150測定的位置偏移量，使平台141朝水平方向移動或旋轉，而執行基板W1、W2間的對位動作(對準動作)。由該位置偏移量測定部150進行的位置偏移量測定及平台驅動部143的對準動作，均在控制部9控制下執行實行。

【0024】 控制部9係例如可程式邏輯控制器。控制部9係根據由壓力感測器、位置偏移量測定部150等輸入的測定訊號，計算壓接基板W1、W2間時的壓力，或計算出基板W1、W2的相對位置偏移量。又，控制部9係根據所計算出的壓力或位置偏移量，藉由對平台驅動部143、頭驅動部144輸出控制訊號，便對平台驅動部143、頭驅動部144的動作進行控制。又，控制部9係藉由對基板加熱部1411、1421、高頻率電源216、偏壓施加部217、供應閥222A、222B、搬送機器人821、841輸出控制訊號，而對該等的動作進行控制。

【0025】 其次，針對本實施形態的基板接合系統，從基板W1、W2投入基板接合系統起，直到基板W1、W2被接合並從基板接合系統中取出為止的動作流程，參照圖4A至圖9進行說明。基板W1、W2係首先配置於圖4A所示導入口811、812中。基板W1、W2係由例如：Si基板、玻璃基板、氧化物基板(例如：氧化矽(SiO_2)基板、氧化鋁基板(Al_2O_3)等)、氮化物基板(例如：氮化矽(SiN)、氮化鋁(AlN))中之任一種構成。另外，基板W1、W2中至少其中一者亦可在接合面露出金屬部分與絕緣膜。或者，基板W1、W2中至少其中一者，亦可接合面露出由氧化物或氮化物沉積形成的絕緣膜。此處，針對基板W1係玻璃基板或氧化物基板，基板W2係Si基板或氮化物基板的例子進行說明。又，在導入口811中配置著例如基板接合裝置1中由頭142保持的基板W2，在導入口812中配置著例如基板接合裝置1中載置於平台141上的基板W1。所以，當基板W2配置於導入口811時，搬送機器人821便如圖4A中的箭頭AR11所示，從導入口811中取出基板W2。然後，搬送機器人821如圖4A中箭頭AR12所示，在保持基板W2狀態下，移動至將基板W2搬入於第1搬送裝置82的裝載鎖定室83位置。另外，當基板W1配置於導入口812

時，搬送機器人821在基板W1從導入口812中取出後，在保持基板W1狀態下，移動至將基板W1搬入於第1搬送裝置82的裝載鎖定室83位置。

【0026】 其次，開放裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側的門，且搬送機器人821如圖4A中的箭頭AR13所示，使機械臂前端部迴轉呈朝裝載鎖定室83側的狀態。接著，搬送機器人821如圖4B中的箭頭AR14所示，藉由使機械臂張開便將機械臂前端部插入於裝載鎖定室83內。然後，基板W1、W2被從機械臂前端部移載於裝載鎖定室83內的平台。然後，搬送機器人821係若完成基板W1、W2移載於裝載鎖定室83內的平台，便如圖5A中的箭頭AR15所示，使機械臂收縮。然後，關閉裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側之門。

【0027】 接著，在代裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側的門開放後，搬送機器人841便在使機械臂前端部朝裝載鎖定室83側的狀態下張開機械臂。然後，在裝載鎖定室83內，若基板W1、W2從平台移載於機械臂前端部，搬送機器人841係如圖5A中的箭頭AR16所示，藉由使機械臂收縮，而從裝載鎖定室83中取出基板W1、W2。然後，關閉裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側之門。接著，搬送機器人841如圖5B中的箭頭AR17所示，使機械臂前端部迴轉呈朝活化處理裝置2側的狀態，且活化處理裝置2開放基板W1、W2的搬出入口。接著，搬送機器人841張開機械臂，使機械臂前端部插入於活化處理裝置2內。然後，如圖5B中的箭頭AR18所示，將基板W1、W2從搬送機器人841的機械臂前端部移載於活化處理裝置2的平台210(參照圖2)。然後，搬送機器人841使機械臂收縮後，再由活化處理裝置2關閉基板W1、W2的搬出入口。

【0028】 其次，活化處理裝置2對基板W1、W2相互接合的接合面中至少其中一面，藉由施行使用氮氣的反應性離子蝕刻、與氮自由基照射中至少其中一項，而施行將接合面予以活化的活化處理步驟。具體而言，活化處理裝置2係依照接合面成為活化處理對象的基板種類而有不同的處理序列。活化處理裝置2

係當將基板W1(即，玻璃基板或氧化物基板)的接合面施行活化處理時，首先藉由打開圖2所示供應閥222A，便從氮氣滯留部221A通過供應管223A朝處理室212內導入N₂氣體。接著，活化處理裝置2係在停止從高頻率電源216朝感應線圈215供應高頻率電流狀態下，利用偏壓施加部217對載置於平台210上的基板W1、W2施加高頻率偏壓。藉此，對基板W1的接合面施行使用N₂氣體的反應性離子蝕刻(RIE)。接著，活化處理裝置2開始從高頻率電源216朝感應線圈215供應高頻率電流，利用N₂氣體使產生電漿。此時，活化處理裝置2停止由偏壓施加部217朝基板W1施加高頻率偏壓。依此，對基板W1的接合面照射N₂自由基。

【0029】 另一方面，活化處理裝置2係當對基板W2(即，Si或氮化物基板)的接合面施行活化處理時，首先藉由打開供應閥222B，而從氧氣滯留部221B經由供應管223B朝處理室212內導入O₂氣體。其次，活化處理裝置2在停止從高頻率電源216朝感應線圈215供應高頻率電流狀態下，由偏壓施加部217朝載置於平台210上的基板W2施加高頻率偏壓。藉此，對基板W2的接合面施行使用O₂氣體的反應性離子蝕刻(RIE)。接著，活化處理裝置2藉由關閉供應閥222B而停止從O₂氣體滯留部221B朝處理室212內供應O₂氣體，而將處理室212內的O₂氣體予以排氣。然後，活化處理裝置2藉由打開供應閥222A，從氮氣滯留部221A經由供應管223A朝處理室212內導入N₂氣體。然後，活化處理裝置2開始從高頻率電源216朝感應線圈215供應高頻率電流，而利用N₂氣體產生電漿。此時，活化處理裝置2停止由偏壓施加部217朝基板W2施加高頻率偏壓。依此，對基板W2的接合面照射N₂自由基。活化處理裝置2係若完成該等一連串活化處理，便在預設基準時間內，施行將基板W1、W2的接合面曝露於大氣或水氣中的氣體曝露步驟。然後，活化處理裝置2開放基板W1、W2的搬出入口。

【0030】 然後，搬送機器人841張開機械臂使機械臂前端部插入於活化處理裝置2內，將基板W1、W2從平台210移載於機械臂前端部。接著，搬送機器人

841使機械臂收縮，便如圖6A中的箭頭AR19所示，將基板W1、W2從活化處理裝置2中取出。接著，搬送機器人841如圖6A中的箭頭AR20所示，若使機械臂前端部迴轉呈朝向裝載鎖定室83狀態，裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側的門便開放。然後，搬送機器人841張開機械臂，使機械臂前端部插入於裝載鎖定室83內，將基板W1、W2從機械臂前端部移載於裝載鎖定室83內的平台。接著，搬送機器人841如圖6B中的箭頭AR21所示，使機械臂收縮，且關閉裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側的門。

【0031】 接著，經開放裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側之門後，由搬送機器人821依機械臂前端部朝裝載鎖定室83側的狀態使機械臂張開，而將機械臂前端部插入於裝載鎖定室83內。然後，基板W1、W2被從裝載鎖定室83內的平台移載於搬送機器人821的機械臂前端部。然後，搬送機器人821如圖6B中的箭頭AR22所示，藉由使機械臂收縮而將基板W1、W2從裝載鎖定室83中取出後，關閉裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側之門。接著，搬送機器人821如圖6B中的箭頭AR23所示，使機械臂前端部迴轉呈朝洗淨裝置3側的狀態。接著，搬送機器人821如圖7A中的箭頭AR24所示，在保持著基板W1、W2狀態下，將第1搬送裝置82中的基板W1、W2移動至搬入洗淨裝置3的位置。然後，若洗淨裝置3開放基板W1、W2的搬出入口，搬送機器人821便張開機械臂，將機械臂前端部插入於洗淨裝置3內。然後，如圖7A中的箭頭AR25所示，基板W1、W2被從搬送機器人821的機械臂前端部移載至洗淨裝置3的平台。

【0032】 其次，洗淨裝置3一邊從洗淨頭將經施加超音波的水吹抵於基板W1、W2的接合面，一邊對已載置基板W1、W2的平台朝XY方向掃描而洗淨基板W1、W2的整面接合面。藉此，在基板W1、W2的接合面上所附著異物便被除去。接著，洗淨裝置3在停止由洗淨頭進行的吐出水後，藉由使平台旋轉而將基板旋轉乾燥便完成洗淨處理。然後，洗淨裝置3若完成該等一連串的洗淨處理，

便開放基板W1、W2的搬出入口。

【0033】 然後，搬送機器人821張開機械臂，將機械臂前端部插入洗淨裝置3內，使基板W1、W2從平台移載於機械臂前端部。其次，搬送機器人821藉由使機械臂收縮，便如圖7B中的箭頭AR26所示，將基板W1、W2從洗淨裝置3中取出。接著，搬送機器人821如圖7B中的箭頭AR27所示，在保持基板W1、W2狀態下，移動至將基板W1、W2搬入於第1搬送裝置82的裝載鎖定室83位置。然後，開放裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側的門，且搬送機器人821如圖7B中的箭頭AR28所示，使機械臂前端部迴轉呈朝裝載鎖定室83側的狀態。

【0034】 其次，搬送機器人821如圖8A中的箭頭AR29所示，藉由使機械臂張開，而將機械臂前端部插入於裝載鎖定室83內。然後，基板W1、W2被從機械臂前端部移載於裝載鎖定室83內的平台。接著，搬送機器人821係若完成基板W1、W2朝裝載鎖定室83內之平台的移載，便如圖8B中的箭頭AR30所示，使機械臂收縮。然後，關閉裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側的門。

【0035】 然後，開放裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側的門之後，由搬送機器人841使機械臂張開呈機械臂前端部朝裝載鎖定室83側的狀態。然後，在裝載鎖定室83內，若基板W1、W2從平台移載於機械臂前端部，搬送機器人841便如圖8B中的箭頭AR31所示，藉由使機械臂收縮，而將基板W1、W2從裝載鎖定室83中取出。然後，關閉裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側的門。此處，搬送機器人841係當從裝載鎖定室83中取出在基板接合裝置1中由頭142支撐的基板W2時，如圖9A中的箭頭AR32所示，使機械臂前端部迴轉呈朝翻轉裝置4側的狀態。接著，搬送機器人841使機械臂張開而將機械臂前端部插入於翻轉裝置4內。然後，如圖9A中的箭頭AR33所示，基板W2被從搬送機器人841的機械臂前端部移載於翻轉裝置4的基板保持部。然後，搬送機器人841使機械臂收縮。接著，翻轉裝置4藉由使基板保持部翻轉，而依基板W2接合面朝鉛直下方姿勢保持。接

著，搬送機器人841使機械臂張開，而將機械臂前端部插入於翻轉裝置4內，依保持著基板W2接合面背後側的狀態從翻轉裝置4中取出。然後，搬送機器人841如圖9B中的箭頭AR34所示，使機械臂前端部迴轉呈朝基板接合裝置1側的狀態。又，搬送機器人841係當從裝載鎖定室83取出基板接合裝置1中載置於平台141上的基板W1時，便在保持此狀態下，使機械臂前端部迴轉呈朝基板接合裝置1側的狀態。

【0036】 其次，若基板接合裝置1開放基板W1、W2的搬出入口，搬送機器人841便使機械臂張開而將機械臂前端部插入於基板接合裝置1內。然後，如圖9B中的箭頭AR35所示，基板W2被從搬送機器人841的機械臂前端部移載於基板接合裝置1的頭142(參照圖3)，或者基板W1被從搬送機器人841的機械臂前端部移載於基板接合裝置1的平台141(參照圖3)。接著，若搬送機器人841使機械臂收縮，基板接合裝置1便關閉基板W1、W2的搬出入口。然後，藉由基板接合裝置1將排氣閥123B呈打開狀態，便減壓處理室120內的氣壓。另外，如前述，在第1搬送裝置82、第2搬送裝置84及裝載鎖定室83中進行的基板W1、W2搬送步驟，係相當於搬送步驟。

【0037】 其次，由基板接合裝置1施行將在活化處理步驟中已對接合面施行活化處理過的2個基板，予以接合之接合步驟。此處，基板接合裝置1係若基板W1、W2分別由平台141及頭142支撐，便使基板W2從基板W1、W2間相遠離狀態，朝基板W1、W2間相靠近方向移動，而使基板W1、W2的接合面間接觸。此處，基板接合裝置1首先將支撐著基板W2的頭142，靠近支撐著基板W1的平台141，而使二基板W1、W2接近。接著，基板接合裝置1在二基板W1、W2相靠近狀態下，根據由位置偏移量測定部150所測定的位置偏移量，執行二基板W1、W2的對準動作。接著，由基板接合裝置1使頭142再度靠近平台141，便使2個基板W1、W2相接觸。

【0038】 然後，基板接合裝置1在使基板W1、W2的接合面間相接觸狀態下，藉由施加使2個基板W1、W2相密接方向的壓力，便將2個基板W1、W2予以接合。此時，基板W1、W2的接合面間被OH基或水分子覆蓋。藉此，藉由使基板W1、W2的接合面間相接觸，基板W1、W2間便利用OH基間或水分子間的氫鍵初步接合。接著，基板接合裝置1利用基板加熱部1411、1421，將基板W1、W2在加熱至例如120至200°C狀態下維持2至7小時。藉此，在基板W1、W2的接合面所存在OH基，從氫鍵轉為共價鍵時生成的水分子與氫，或者即使真空中但基板W1、W2接合面仍殘留較多的水分子與氫，會脫出於基板W1、W2的接合界面外部，判斷可在接合面間形成牢固的共價鍵。此時，在從初步接合的基板W1、W2接合界面脫出水分子與氫的過程中，即使在初步接合時沒有接觸的部分，基板W1、W2的接合面間仍會接觸，判斷實質接合界面擴大，而擴大接合面積。基板接合裝置1係若將基板W1、W2間接合，便在將排氣閥123B呈關閉狀態且空氣導入閥呈打開狀態下，朝處理室120內導入空氣，藉此將處理室120內的氣壓形成大氣壓。接著，基板接合裝置1再度開放基板W1、W2的搬出入口。

【0039】 然後，圖9B所示搬送機器人841使機械臂張開，而將機械臂前端部插入於基板接合裝置1內。然後，已相接合的基板W1、W2被從基板接合裝置1的平台141或頭142，移載於搬送機器人841的機械臂前端部。接著，藉由搬送機器人841使機械臂收縮，從基板接合裝置1中取出相接合的基板W1、W2。然後，基板接合裝置1再度關閉基板W1、W2的搬出入口。接著，搬送機器人841使機械臂前端部迴轉呈朝裝載鎖定室83側的狀態。然後，若開放裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側之門，搬送機器人841便使機械臂張開呈機械臂前端部朝裝載鎖定室83側的狀態。然後，在裝載鎖定室83內，若相接合基板W1、W2被從機械臂前端部移載於平台，搬送機器人841便使機械臂收縮。然後，關閉裝載鎖定室83靠第2搬送裝置84側之門。

【0040】 其次，在開放裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側之門後，搬送機器人821使機械臂張開呈機械臂前端部朝裝載鎖定室83側的狀態，而將機械臂前端部插入於裝載鎖定室83內。然後，相接合基板W1、W2被從裝載鎖定室83內的平台移載於搬送機器人821的機械臂前端部。然後，搬送機器人821藉由使機械臂收縮，而將相接合基板W1、W2從裝載鎖定室83中取出後，關閉裝載鎖定室83靠第1搬送裝置82側之門。接著，搬送機器人821迴轉呈機械臂前端部朝向裝載鎖定室83對向側的狀態。然後，搬送機器人821在保持著相接合基板W1、W2狀態下，移動至搬入於第1搬送裝置82的取出口813位置。接著，由搬送機器人821使機械臂張開，將機械臂前端部插入於取出口813內，而將相接合基板W1、W2配置於取出口813內。

【0041】 接著，針對利用本實施形態的基板接合系統，將2個基板W1、W2予以接合的22種試料之接合強度評價結果進行說明。相關試料1至14，在活化處理裝置2中對SiO₂基板的基板W1使用N₂氣體施行的RIE處理，係將導入於處理室212內的N₂氣體流量設為50sccm，將朝基板W1所施加高頻率偏壓的偏壓電力設定為100W，處理時間設為30sec。又，在活化處理裝置2中對Si基板之基板W2使用O₂氣體施行的RIE處理，係將導入於處理室212內的O₂氣體流量設為50sccm，將朝基板W2所施加高頻率偏壓的偏壓電力設定為110W，處理時間設為30sec。又，對基板W1、W2施行的N₂自由基處理，係將導入於處理室212內的N₂氣體流量設為200sccm，將供應給感應線圈215的電力設為2500W，處理時間設為15sec。又，相關試料1至22，將基板W1、W2從洗淨裝置3搬送於基板接合裝置1時，第1搬送裝置82、裝載鎖定室83及第2搬送裝置84的氣壓均設為1000Pa。又，相關試料1至20，在基板接合裝置1中對基板W1、W2施行的接合處理，任一試料均係在將處理室120內的氣壓設為1000Pa狀態下，藉由對基板W1、W2施加1000N壓力而初步接合後，再依處理溫度150℃、處理時間7小時施行熱處理。

【0042】 相關20種試料中的試料1至試料4，分別將基板W1、W2接合面的曝露對象，以及完成對基板W1、W2施行活化處理後最先所曝露的曝露對象場所，整理如下表1所示。試料1至試料4，基板W1係設為SiO₂基板，基板W2係設為Si基板。此處，SiO₂基板係採用已在Si基板表面上形成SiO₂膜的熱氧化膜基板。另外，表1的「曝露對象」欄位中，「水氣」係表示將基板W1、W2的接合面曝露於水氣中；而「大氣」係表示將基板W1、W2的接合面曝露於大氣中。又，表1的「活化處理後之曝露場所」欄位中，「活化處理裝置」係在活化處理裝置2中完成活化處理後，直接在活化處理裝置2內曝露於曝露對象；而「第2搬送裝置」係表示在活化處理裝置2中完成活化處理後，由搬送機器人841將基板W1、W2從活化處理裝置2取出於第2搬送裝置84後，才將基板W1、W2曝露於曝露對象中。又，「裝載鎖定室」係表示在活化處理裝置2中完成活化處理後，由搬送機器人841將基板W1、W2從活化處理裝置2中取出，然後搬入於裝載鎖定室83後，才將基板W1、W2曝露於曝露對象中。又，相關試料1至4均係在活化處理裝置2中，對基板W1使用N₂氣體施行RIE處理後，才施行N₂自由基處理，經對基板W2施行使用O₂氣體的RIE處理後，才施行N₂自由基處理。

【0043】 [表1]

	曝露對象	活化處理後之曝露場所
試料1	水氣	活化處理裝置
試料2	大氣	活化處理裝置
試料3	大氣	第2搬送裝置
試料4	大氣	裝載鎖定室

【0044】 再者，相關20種試料中的試料5至試料7，分別係從完成對基板W1、W2施行的活化處理後起，直到曝露於大氣中的時間，整理如下表2所示。另外，相關試料5至7亦均係在活化處理裝置2中，對基板W1使用N₂氣體施行RIE處理後，才施行N₂自由基處理，且經對基板W2使用O₂氣體施行RIE處理後，才施行N₂自由基處理。

【0045】 [表2]

	從活化處理後起迄曝露大氣為止的時間 [min]
試料5	1
試料6	5
試料7	10

【0046】 再者，相關20種試料中的試料2、以及試料8至試料9，分別將基板W1、W2施行的活化處理內容、以及從完成活化處理後起迄曝露大氣中為止的時間，整理如下表3所示。另外，表3中的「基板W1」、「基板W2」分別表示對基板W1施行的活化處理內容、對基板W2施行的活化處理內容。又，「N₂ RIE處理」、「N₂自由基處理」及「O₂ RIE處理」欄位中，「有」係表示有施行該處理，「無」係表示省略該處理。此處，「N₂ RIE處理」係表示使用N₂氣體的RIE處理，「O₂ RIE處理」係表示使用O₂氣體的RIE處理。

【0047】 [表3]

	基板W1			基板W2		從活化處理後起迄曝露大氣為止的時間 [min]
	O ₂ RIE處理	N ₂ RIE處理	N ₂ 自由基處理	O ₂ RIE處理	N ₂ 自由基處理	
試料2	無	有	有	有	有	0
試料8	無	有	無	有	無	0
試料9	有	無	無	有	無	0
試料10	有	無	無	有	無	10

【0048】 再者，相關20種試料中的試料2、以及試料11至試料14，分別係將基板W1、W2從活化處理裝置2搬送至洗淨裝置3時，第2搬送裝置84、裝載鎖定室83及第1搬送裝置82內的氣壓條件，整理如下表4所示。

【0049】 [表4]

	搬送時氣壓[Pa]
試料11	10000
試料2	1000
試料12	100
試料13	10
試料14	1

【0050】 再者，相關20種試料中的試料15至試料18，分別將對基板W1、W2施行的活化處理內容，整理如下表5所示。另外，試料15至18係基板W1、W2二者均為玻璃基板。又，表5中的「N₂ RIE處理」、「N₂自由基處理」及「O₂ RIE處理」，係同表3所示情況。此處，使用N₂氣體的RIE處理時，將導入於處理室212內的N₂氣體流量設為50sccm，對基板W1所施加高頻率偏壓的偏壓電力設為250W，處理時間設為60sec。使用O₂氣體施行的RIE處理時，將導入於處理室212內的O₂氣體流量設為50sccm，對基板W1、W2所施加高頻率偏壓的偏壓電力設為250W，處理時間設為60sec。又，對基板W1、W2施行的N₂自由基處理時，係使用具備有：配置於電漿處理室213外側的平板電極、與電氣式藕接於平板電極的高頻率電源者，將導入於電漿處理室213內的N₂氣體流量設為200sccm，對平板電極間所供應高頻率電力設為27MHz、250W，處理時間設為15sec。

【0051】 [表5]

	O ₂ RIE處理	N ₂ RIE處理	N ₂ 自由基處理
試料15	有	無	無
試料16	有	有	有
試料17	有	無	有
試料18	無	有	有

【0052】 再者，相關20種試料中的試料19及試料20，分別對基板W1、W2施行的活化處理內容，整理如下表6所示。又，試料19係在活化處理後才曝露於水氣。另外，試料19、試料20的基板W1、W2雙方均係藉由在Si基板上沉積SiO₂而形成絕緣膜的基板。此處，使用N₂氣體施行的RIE處理時，將導入於處理室212內的N₂氣體流量設為50sccm，將對基板W1所施加高頻率偏壓的偏壓電力設為500W，處理時間設為60sec。使用O₂氣體施行的RIE處理時，將導入於處理室212內的O₂氣體流量設為50sccm，對基板W1、W2所施加高頻率偏壓的偏壓電力設為500W，處理時間設為60sec。另外，對基板W1、W2施行的N₂自由基處理等其

他條件，係依照與試料1至試料14相同條件實施。又，試料19係將接合時的氣壓設為1000Pa，試料20係將接合時的氣壓設為大氣壓，熱處理時的處理溫度設為350℃，處理時間設為7小時。

【0053】 [表6]

	O ₂ RIE處理	N ₂ RIE處理	N ₂ 自由基處理
試料19	有	有	有
試料20	有	無	無

【0054】 再者，相關22種試料中的試料21、22，分別將對基板W1、W2施行的活化處理內容，整理如下表7所示。另外，試料21、22的基板W1、W2雙方均係接合面的表面粗糙度RMS為0.49nm的玻璃基板。又，表7中的「N₂ RIE處理」、「N₂自由基處理」及「O₂ RIE處理」係同表3的情況。此處，使用N₂氣體施行RIE處理時，將導入於處理室212內的N₂氣體流量設為50sccm，對基板W1所施加高頻率偏壓的偏壓電力設為250W，處理時間設為120sec。使用O₂氣體施行RIE處理時，將導入於處理室212內的O₂氣體流量設為50sccm，對基板W1、W2所施加高頻率偏壓的偏壓電力設為250W，處理時間設為120sec。又，對基板W1、W2施行N₂自由基處理時，係使用具備有：配置於電漿處理室213外側的平板電極、與電氣式藕接於平板電極的高頻率電源者，將導入於電漿處理室213內的N₂氣體流量設為200sccm，對平板電極間所供應高頻率電力設為27MHz、250W，處理時間設為15sec。又，在基板接合裝置1中施行基板W1、W2的接合處理時，任一試料均係在將處理室120內的氣壓設為1000Pa狀態下，藉由對基板W1、W2施加1000N壓力而初步接合後，再依處理溫度200℃、處理時間2小時施行熱處理。

【0055】 [表7]

	O ₂ RIE處理	N ₂ RIE處理	N ₂ 自由基處理
試料21	有	無	無
試料22	有	有	有

【0056】 再者，相關試料1至試料22的基板W1、W2之接合強度評價，係採行使用插入刀片的裂縫開口法測定接合強度(表面能量換算)實施。該裂縫開口法中，首先如圖10A中的箭頭所示，從相互接合的2個基板W1、W2周緣，在接合部分處插入如剃頭刀刀片之類的刀片BL時，測定基板W1、W2的剝離長度L。刀片BL係使用例如厚度100 μ m的刀片。又，如圖10B所示，在已相接合2個基板W1、W2的周緣部6個地方(Pos1、Pos2、Pos3、Pos4、Pos5、Pos6)插入刀片BL(參照圖10B中的箭頭)時，測定距刀片接點的剝離長度L。然後，分別針對基板W1、W2周緣部的6個地方，藉由從剝離長度L依每單位面積的表面能量換算，計算出基板W1、W2的接合界面強度，施行基板W1、W2的接合強度評價。另外，從剝離長度L計算接合強度(表面能量換算)Eb時，使用下式(1)關係式。

【0057】 [數1]

$$Eb = \frac{3 \times Y \times Ts^3 \times Tb^2}{32 \times L^4} \quad \dots \text{式(1)}$$

【0058】 此處，Y係表示楊氏模數，Ts係表示基板W1、W2的厚度，Tb係表示刀片BL的厚度。相關試料1至14的基板W1、W2之接合強度評價，將楊氏模數Y設為 6.5×10^{10} [N/m²]，基板W1、W2的厚度Ts設為0.0011m(1.1mm)，刀片BL的厚度Tb設為0.0001m(0.1mm)。從計算式得知剝離長度越短則接合強度越大。基板W1、W2周緣部的6個地方之剝離長度及接合強度(表面能量換算)平均值、以及發生基材破壞的測定地方數，如表5所示。另外，所計算出的接合強度(表面能量換算)越大，表示基板W1、W2的接合強度越大。又，該接合強度若未滿1J/m²則設為強度不足，必需達1J/m²以上，若達1.5J/m²以上則屬於判定為普通良品的大小，較佳係超過2J/m²，又更佳係基材破壞。又，基材破壞中，因為可假設剝離長度越短則接合強度越高，故併記為剝離長度。

【0059】 相關試料1至試料20的基板W1、W2之接合強度評價結果，如下

表8所示。另外，表8中，「試料名」欄位分別對應於前述表1中的試料1至試料14。「剝離長度」欄位的數值，係表示圖10B所示2個基板W1、W2周緣部6個地方(「Pos1」至「Pos6」)的剝離長度平均值。又，「接合強度(表面能量換算)」欄位的數值，係表示圖10B所示2個基板W1、W2周緣部6個地方(「Pos1」至「Pos6」)的接合強度(表面能量換算)平均值，相關2個基板W1、W2周緣部6個地方全部均有發生基材破壞者，係記載推定的接合強度。又，「基材破壞地方數」欄的數值，係表示2個基板W1、W2周緣部6個地方中有發生基材破壞地方的數量。針對達基材破壞強度(2.5J/m²)的試料，由剝離長度與基材破壞地方數進行比較。但，基板W1、W2的組合係採用SiO₂基板與Si基板、玻璃基板間、以及具氧化膜之Si基板間等3種組合，所以達基材破壞強度以上時並無法單純由剝離長度進行比較，故記載推定的接合強度。

【0060】 [表8]

試料名	剝離長度(mm)	接合強度 (表面能量換算) (J/m ²)	基材破壞地方數
試料1	11.17	3.65	5
試料2	11.83	2.89	5
試料3	12.33	2.45	3
試料4	14.17	1.41	0
試料5	12.25	2.52	4
試料6	12.58	2.26	4
試料7	14.00	1.48	0
試料8	14.08	1.44	0
試料9	19.17	0.42	0
試料10	19.00	0.44	0
試料11	11.75	2.98	5
試料12	12.75	2.15	2
試料13	13.83	1.55	2
試料14	16.25	0.81	0
試料15	19.3	0.59	0
試料16	5.1	3.5	6
試料17	17.3	0.9	0
試料18	12.3	2.5	3
試料19	11.83	2.89	4
試料20	17.58	0.49	0

【0061】 例如試料1、2的接合強度(表面能量換算)均達 2.5J/m^2 以上，達基材破壞強度的地方有存在5處。但，由Si基板構成的基板W2，因為接合面並未形成自然氧化膜，因而藉由施行 O_2 RIE處理在接合面上形成氧化膜。所以，針對基板W2，可認為即使省略 N_2 RIE處理，但因為會對接合面施行 N_2 自由基處理，因而接合面成為前述N活化狀態。實際上，試料1、2係針對屬於Si基板的基板W1，對接合面施行形成親水性鏈用氧化膜的 O_2 RIE處理，但省略 N_2 RIE處理。不管何種情況，均可獲得充分的接合強度，因而基板W1的接合面可認為即使未施行 N_2 RIE處理，但利用 N_2 自由基處理仍可形成前述N活化狀態。即，得知在實現基板W1、W2接合面的N活化狀態時， N_2 自由基處理具有較大貢獻。又，由試料1、2的接合強度(表面能量換算)結果，得知基板W1、W2曝露於水氣中的接合強度提升，較大於該等曝露於大氣中的情況。由此得知，大氣中所含的水分子有助於基板W1、W2間的親水性鏈結。又，因為大氣中含有水以外的物質，因而在N活性狀態基板W1、W2的接合面會吸附大氣中的水以外之物質，而此部分會導致在接合面所形成的OH基數減少。相對於此，供應水氣的情況，在N活性狀態基板W1、W2的接合面會形成較多的OH基。所以，可認為曝露於水氣時，基板W1、W2間的接合強度較獲提升。

【0062】 由試料2至7的接合強度(表面能量換算)及基材破壞地方數之結果，得知從活化處理裝置2完成活化處理後起，迄將基板W1、W2接合面曝露於大氣中為止所需要的時間，會影響基板W1、W2的接合強度。本實施形態的基板接合系統，從活化處理裝置2完成活化處理後起，直到在第2搬送裝置84中將基板W1、W2曝露於大氣中為止所需要的時間約5min，待活化處理完成後，直到在裝載鎖定室83中將基板W1、W2曝露於大氣中為止所需要的時間約10min，由此得知從活化處理完成後起，直到將基板W1、W2曝露於大氣中為止的時間越長，則基板W1、W2的接合強度越降低。

【0063】 由試料2、8的接合強度(表面能量換算)及基材破壞地方數的結果，得知相較於N₂ RIE處理之下，N₂自由基處理能大幅有助於基板W1、W2間的接合強度。由此得知，在N活化狀態基板W1、W2的接合面上所形成OH基，可認為N₂自由基處理時較N₂ RIE處理時形成更多。又，由試料8、9的接合強度(表面能量換算)結果得知，即使不對基板W2施行N₂自由基處理的情況，仍可藉由施行N₂ RIE處理獲得較大的接合強度。由此得知，對基板W2施行N₂自由基處理或N₂ RIE處理，將大幅影響基板W1、W2的接合強度提升。另外，從試料9、10的比較，當對基板W2均不施行N₂自由基處理與N₂ RIE處理的情況，即使在活化處理後，使減壓下待機的時間變化，但接合強度仍不會有大變化。由此得知僅利用氮施行的N活化狀態，會影響直到曝露於含水分氣體為止的時間。又，強度差亦是一目了然，不安定的N活化狀態可認為藉由與水接觸，有助於接合的OH基會形成較尋常更多的非N活化狀態。

【0064】 由試料2、以及試料11至14的接合強度(表面能量換算)及基材破壞地方數之結果得知，在活化處理裝置2中完成活化處理後，搬送於洗淨裝置3時的氣壓越高，則基板W1、W2的接合強度越獲提升。具體而言，搬送時的氣壓1Pa的情況為0.81J/m²的較低值，10Pa的情況為1.55J/m²，100Pa的情況為2.15J/m²，1000Pa的情況為2.89J/m²，10000Pa的情況為2.98J/m²，隨氣壓的增加，接合強度亦隨之提升。但，試料2以及試料11至13，基板W1、W2的接合部分並沒有出現孔隙，而試料14則在基板W1、W2的接合部分有發生孔隙。例如圖11A所示，試料2沒有確認到孔隙，但如圖11B所示，試料11則有確認到孔隙發生。此現象可認為當基板W1、W2搬送中的氣壓較高之情況，會因空氣捲入於基板W1、W2間，導致容易發生孔隙的緣故所致。或者，當基板W1、W2搬送中的氣壓較高之情況，因基板W1、W2間之接合部分殘存的水分，在基板接合裝置1中施行熱處理時氣化的水分會造成孔隙發生。另外，省略洗淨裝置3的洗淨步驟進

行處理時，雖會發生潤濕性降低、及因微粒附著導致發生孔隙，但確認到搬送時的氣壓越低，會有孔隙越減少的傾向。

【0065】 由試料15至18的接合強度(表面能量換算)及基材破壞地方數之結果得知，僅施行O₂ RIE處理的情況，接合強度係0.48J/m²的偏低值，相對的，在施行O₂ RIE處理後更施行N₂自由基處理的情況係0.9J/m²，在施行N₂ RIE處理後更施行N₂自由基處理的情況係2.5J/m²，使用氮的情況，接合強度較獲提升。另外，藉由在施行N₂ RIE處理前便施行O₂ RIE處理，將提升基板W1、W2間的潤濕性，基板W1、W2間的接合強度獲提升，且可降低基板W1、W2間發生的孔隙。此現象可認為藉由利用O₂ RIE處理除去基板W1、W2接合面所附著的有機物等附著物，俾在後續的N₂ RIE處理、N₂自由基處理時，能在N活化狀態基板W1、W2的接合面上形成更多的OH基之緣故所致。又，藉由將基板W1、W2接合面附著的有機物利用O₂ RIE處理除去，判斷基板W1、W2的接合面潤濕性亦獲提升。

【0066】 從試料15至18、以及試料19、20的接合強度(表面能量換算)及基材破壞地方數的結果得知，不僅Si基板與SiO₂基板間的接合，就連SiO₂基板間的接合、玻璃基板及具氧化膜之Si基板，亦係藉由施行N₂自由基照射或施行N₂ RIE處理，仍可出現和Si基板與SiO₂基板的接合同樣傾向，其他的處理條件亦會出現同樣的傾向。又，從試料19、20的接合強度(表面能量換算)、及基材破壞地方數的結果得知，在Si基板上利用CVD(Chemical Vapor Deposition，化學氣相沉積)法而在基板上沉積形成氧化膜的情況，習知基板接合方法的基板間之接合強度係0.59J/m²，但藉由採用本實施形態的基板接合方法，基板間的接合強度將獲大幅提升至基材破壞強度以上(2.89J/m²)。又，在未施行O₂ RIE處理情況下，即使施行N₂ RIE處理、N₂自由基處理的情況，藉由在預設時間內將基板W1、W2曝露於大氣中，便可獲得超過習知以上之1J/m²水準，能迴避強度不足的接合強度。

【0067】 再者，如圖12A所示，試料21的接合強度(表面能量換算)係

0.31J/m²，而試料22的接合強度係相當於基材破壞強度的2.0J/m²，得知試料22的接合強度較試料21獲大幅提升。又，針對試料22的基板W1、W2之接合面，經測定XPS(X光光電子能譜分析法)光譜，如圖12B的曲線SL1、SL2所示，若活化處理後會檢測到活化處理前所沒有，在396eV至399eV附近源自氮氧化物的N1s尖峰。由此現象得知，利用活化處理，在基板W1、W2的接合面形成屬於氮氧化物的SiON。又，針對經活化處理後的基板W1、W2，依照與試料21、22的熱處理條件之相同條件施行熱處理，結果如圖12B的曲線SL2、SL3所示，確認到N1s尖峰的消失。由此現象可認為如圖12A所示，因為試料22的接合強度較試料21的接合強度獲大幅提升，因而試料22在基板W1、W2的接合部分處，氮氧化物(SiON)被置換為有助於氫鍵的OH基。

【0068】 如上所說明，本實施形態的基板接合系統，分別針對2個基板W1、W2相互接合的接合面，藉由施行使用氮氣的反應性離子蝕刻、與氮自由基照射，而將基板W1、W2的接合面活化。藉此所形成基板W1、W2的接合面之N活性狀態呈不安定，若在此狀態下，會導致活性狀態去活化，因而降低強度。為迴避此現象，在將基板W1、W2接合面活化後，必需於預設基準時間內便接觸水分子。此處，本實施形態的基板接合系統，在將基板W1、W2的接合面活化後，於預設基準時間內，將基板W1、W2的接合面曝露於大氣或水氣中。藉此，因為可使基板W1、W2的接合面依N活性狀態接觸水分子，因而可在基板W1、W2的接合面形成較多的氮氧化物。然後，使基板W1、W2的接合面間接觸，而將基板W1、W2進行初步接合後，再施行熱處理時，藉由基板W1、W2接合面間存在的多數氮氧化物被置換為OH基，便可形成較多的氫鍵。所以，若相互初步接合的基板W1、W2接合面間所形成的氫鍵，利用熱處理轉變為共價鍵，基板W1、W2便會經由較多的共價鍵進行接合，故能提高基板W1、W2間的接合強度。

【0069】 但是，習知在基板W1、W2間初步接合後，藉由施行熱處理才首

度生成OH基而提升基板W1、W2間的接合強度。相對於此，本實施形態的基板接合方法，藉由對基板W1、W2的接合面施行活化處理，在接合面生成多數氮氧化物(N基)狀態下接觸水分子，便將基板W1、W2接合面的多數氮氧化物(N基)分別置換為OH基。所以，在基板W1、W2的接合面生成多數OH基。即，本實施形態係相關在對基板W1、W2的接合面施行活化處理後，於施行熱處理前的階段，便在基板W1、W2的接合面生成多數OH基的方法發明。所以，若對基板W1、W2的接合面施行活化處理後，使基板W1、W2的接合面間在較高真空度的環境進行接觸情況，即使基板W1、W2接合面上所附著的水分被除去，但因為接合面已生成多數的OH基，因而基板W1、W2間可被牢固地初步接合。

【0070】 再者，習知基板間的接合方法，藉由對基板接合面施行RIE處理而提升接合面潤濕性後，再藉由對接合面吹抵水而洗淨接合面，然後，在大氣壓下於基板接合面間介存水分子狀態下，使2個基板接合面間接觸而初步接合。然後，一般係藉由對已相互初步接合的2個基板施行熱處理，而將2個基板予以接合。此處，為提高2個基板間的接合強度，必需將熱處理時的處理溫度設為350°C程度。此情況，為抑制2個基板接合部分發生孔隙，大多採取便在按壓2個基板中之至少其中一者的中央處而使曲撓狀態下，使2個基板相接觸，俾抑制空氣捲入於2個基板間的技術。但，當在基板上形成導體圖案時，因導體圖案導致基板潤濕速度出現地方依存性，會有無法降低因空氣捲入於2個基板間而造成的孔隙發生情況。又，因為藉由將水吹抵於基板接合面而施行洗淨，因而若在基板接合面有殘存水的狀態下施行熱處理，該殘存的水會成為孔隙的發生原因。特別係當Si基板的情況，吸收水分子的氧化膜較薄，因接合面殘存的水所造成孔隙發生較為明顯。所以，提供藉由將2個基板間在減壓下進行接合，在2個基板間沒有捲入空氣情況下，除去接合面殘存水的接合方法。習知在大氣壓下將2個基板進行接合的基板接合方法，係藉由施行O₂ RIE處理而提高基板接合面的潤濕

性後，如圖13(A-1)所示，使接合面附著水分子。然後，如圖13(A-2)所示，若在2個基板各自接合面間介存水分子狀態下加熱基板，便如圖13(A-3)所示，基板上附著的水分子轉變為OH基，變化為牢固的共價鍵。但是，在減壓下將基板進行接合的基板接合方法，如圖13(A-1)所示，在使水分子附著於接合面後，將基板放置於減壓下，則如圖13(B-2)所示，基板上附著的水分子會蒸發，使基板上的水分子減少。結果，基板接合面上形成的OH基減少，如圖13(B-3)所示，在基板接合面上幾乎沒有形成OH基的狀態下將基板間予以接合。此情況，頗難將基板間牢固地接合。特別在基板上形成導體圖案後，利用CVD法在基板上形成氧化膜，然後利用CMP(Chemical Mechanical Polishing，化學機械研磨)法施行研磨的情況，因為氧化膜的緻密性偏低，因而接合強度無法達 $1\text{J}/\text{m}^2$ 以上。

【0071】 相對於此，根據本實施形態的基板接合系統，如圖13(C-1)所示，在活化處理時，於基板W1、W2的接合面上形成OH基。所以，之後即使在減壓下使基板W1、W2上附著的水分子蒸發，如圖13(C-2)所示，基板W1、W2的接合面仍維持形成較多OH基的狀態。所以，2個基板經由OH基形成氫鍵而初步接合後，藉由施行熱處理，便如圖13(C-3)所示，2個基板間經由牢固共價鍵進行接合。所以，基板W1、W2間可在減壓下牢固地接合。所以，能在抑制空氣捲入於基板W1、W2間、或抑制因基板W1、W2接合面的殘存水所導致孔隙發生情況下，將基板W1、W2間堅固地接合。

【0072】 再者，為抑制基板W1、W2接合部分在熱處理後發生孔隙，亦需求降低熱處理時的處理溫度。又，為抑制因基板W1、W2熱膨脹導致位置精度降低，或在將由不同熱膨脹係數材料形成的基板W1、W2間接合時能抑制基板W1、W2發生翹曲或龜裂，必需將熱處理溫度設為未滿 200°C 、較佳係 150°C 程度。相對於此，若根據本實施形態的基板接合系統，如前述接合強度的評價結果所示，在將基板W1、W2初步接合後，藉由熱處理係在處理溫度 150°C 、處理時間7小時

的條件實施，便可獲得高接合強度。即，即使將熱處理的處理溫度設在150°C以下，仍可確保高接合強度。

【0073】 習知係基板W1、W2在活化處理裝置2中完成活化處理後，當在減壓下從第2搬送裝置84搬送至裝載鎖定室83之後才曝露於大氣中。此情況，截至基板W1、W2曝露於大氣中為止的時間耗費約10min，但並無法獲得充分的接合強度。相對於此，本實施形態的基板接合系統，在活化處理裝置2中完成活化處理後，藉由在活化處理裝置2或第2搬送裝置84中曝露於大氣中，便可縮短從活化處理完成後起至曝露大氣中的時間，俾能提高基板W1、W2間的接合強度。又，在活化處理裝置2中完成活化處理後，藉由在活化處理裝置2或第2搬送裝置84中曝露於水氣，便可更加提高基板W1、W2間的接合強度。又，在活化處理裝置2中曝露於水氣後，先將處理室212內設為減壓狀態，在減壓下搬送至裝載鎖定室83後，才投入於洗淨裝置3中，因而即便曝露於大氣中，但能不會發生基材破壞、基板W1、W2間的接合強度出現大差異。由此現象得知，在N活化狀態基板W1、W2的接合面上所形成OH基，即使放置於減壓下仍不會消失。又，得知將基板W1、W2的接合面曝露於水氣的情況，即使未將與大氣壓同程度的水氣供應給處理室212內，但若處理室212內充滿數%的水分子，在基板W1、W2的接合面上仍會形成較多的OH基。此情況，在活化處理裝置2內僅施行短時間的水氣曝露，只要未回復大氣壓狀態下直接進行真空搬送便可，故能縮短裝置時間節奏。

【0074】 再者，習知係將基板W1、W2從洗淨裝置3搬送至基板接合裝置1時，在1Pa程度的減壓下搬送基板W1、W2，並在基板接合裝置1中，於1Pa程度氣壓下施行基板W1、W2的接合。相對於此，本實施形態的基板接合系統，從洗淨裝置3至基板接合裝置1係在10Pa以上且1000Pa以下的氣壓下進行搬送。藉此，可抑制基板W1、W2上所附著的水分子蒸發，俾能提高基板W1、W2間的接

合強度。即，在基板接合裝置1的接合步驟中，除在基板W1、W2的接合面上可殘留水分子，利用活化處理裝置2的活化處理可將基板W1、W2的接合面形成N活化狀態，且藉由接合面上殘存的水分子，便可在接合面上形成更多的OH基。故，能更加提高基板W1、W2間的接合強度。又，活化處理時，即使未施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射，僅施行使用氧氣的處理，仍可獲得同樣的結果。

【0075】 以上，針對本發明實施形態進行說明，惟，本發明並不僅侷限於前述實施形態構成。例如亦可具備：朝裝載鎖定室83內或第2搬送裝置84內供應水氣的水氣供應部(未圖示)。水氣供應部係藉由將氬(Ar)、氮(N₂)、氦(He)、氧(O₂)等載氣，與氣化的水進行混合，經生成水氣後才供應。水氣供應部係經由供應閥及供應管連接於裝載鎖定室83。導入於裝載鎖定室83內的水氣與載氣之流量，係藉由控制供應閥的開度而調整。另外，水氣供應部亦可構成加速水(H₂O)的分子或團簇等，在朝基板W1、W2的接合面照射。此處，水氣供應部係由放射經加速水(H₂O)粒子的粒子束源構成。此情況，粒子束源亦可例如利用超音波產生元件使產生水氣的構成。或者，將前述利用發泡或超音波振動等生成的載氣與水(H₂O)之混合氣體，導入於前述粒子束源中，使生成水的粒子束後，再照射於基板W1、W2的接合面照射。又，在裝載鎖定室83中亦可在未將裝載鎖定室83開放大氣狀態下，將基板W1、W2的接合面曝露於水氣後，才將裝載鎖定室83開放大氣。又，亦可取代水氣，改為對基板W1、W2的接合面供應含有H、OH基的氣體。

【0076】 實施形態中，活化處理裝置亦可具有：藉由對基板W1、W2照射粒子束，而使基板W1、W2的接合面活化之粒子束源。本變化例的活化處理裝置3002係例如圖14所示，具備有：處理室3212、保持基板W1、W2的平台3210、粒子束源3061、以及束源搬送部3063。另外，圖14中，相關與實施形態同樣的構

成便賦予與圖2相同的元件符號。又，活化處理裝置3002係具備有：電漿處理室3213、感應線圈215、及高頻率電源216。又，活化處理裝置3002係如圖14中的箭頭AR303所示，具有使平台3210圍繞厚度方向正交的1個軸進行旋轉驅動的平台驅動部3623。又，平台3210係具有例如真空吸盤，當投入基板W1、W2時，便吸附保持著基板W1、W2。

【0077】 粒子束源3061係例如快速原子束(FAB、Fast Atom Beam)源，具備有：放電室3612、配置於放電室3612內的電極3611、束源驅動部3613、以及將氮氣供應給放電室3612內的氣體供應部3614。在放電室3612的周壁設有釋放中性原子的FAB放射口3612a。放電室3612係由碳材料形成。此處，放電室3612係呈長條箱狀，沿長邊方向在一直線上並設複數FAB放射口3612a。束源驅動部3613係具備有：使放電室3612內生成氮氣電漿的電漿產生部(未圖示)、以及對電極3611與放電室3612周壁間施加直流電壓的直流電源(未圖示)。束源驅動部3613係在使放電室3612內生成氮氣電漿狀態下，對放電室3612周壁與電極3611間施加直流電壓。此時，電漿中的氮離子會被拉近於放電室3612的周壁。此時，當朝FAB放射口3612a的氮離子穿過FAB放射口3612a時，會在FAB放射口3612a的外周部，從由碳材料所形成放電室3612的周壁收取電子。然後，該氮離子被電氣式中性化形成氮原子後，再被釋放於放電室3612外。但，氮離子其中一部分並無法從放電室3612的周壁收取電子，仍保持氮離子狀態被釋放於放電室3612外。又，FAB框體內的其中一部分或全部亦可由Si形成。依此因為與Ar束同時亦釋放出Si粒子，因而Si會被植入界面，而植入的Si亦會有附著OH基，所以能生成更多的OH基，便可提升接合強度。

【0078】 束源搬送部3063係具備有：長條且插通於處理室3212中所設置的孔3212a中並由一端支撐著粒子束源3061的支撐棒3631、由支撐棒3631另一端支撐著支撐棒3631的支撐體3632、以及驅動支撐體3632的支撐體驅動部3633。又，

束源搬送部3063係具備有：為維持處理室3212內真空度而介存於處理室3212之孔3212a外周部與支撐體3632間的蛇腹管3634。支撐體驅動部3633係如圖14中的箭頭AR301所示，藉由支撐體3632使支撐棒3631朝處理室3212內進行插脫方向驅動，便如圖14中的箭頭AR302所示，使粒子束源3061在處理室3212內的位置變化。此處，束源搬送部3063係使粒子束源3061朝複數FAB放射口3612a排列方向的正交方向移動。

【0079】 活化處理裝置3002係具備有：經由供應管223A朝處理室3212內供應氮氣的氮氣供應部220A。然後，若在N₂氣體導入於電漿處理室213內的狀態下，朝感應線圈215供應高頻率電流，便在電漿處理室213內形成電漿PLM2。此時，僅有在電漿處理室213內生成電漿PLM2中含有的自由基會在處理室3212內朝電漿處理室213下方降流。當照射粒子束時，處理室64內的壓力係使用例如渦輪分子泵進行抽真空至10⁻³Pa程度，但在自由基處理時，便使處理室64內的壓力上升至數10Pa程度。

【0080】 本變化例的活化處理裝置3002係如圖15A與圖15B中的箭頭AR304所示，粒子束源3061係一邊朝基板W1、W2的接合面照射粒子束，一邊朝X軸方向移動。此處，活化處理裝置3002係例如一邊使粒子束源3061朝+X方向移動，一邊朝基板W1、W2的接合面照射粒子束後，在一邊使粒子束源3061朝-X方向移動，一邊朝基板W1、W2的接合面照射粒子束。又，粒子束源3061的移動速度係設定為例如1.2至14.0mm/sec。又，對粒子束源3061的供應電力係設定為例如1kV、100mA。又，粒子束源3061導入於放電室3612內的氮氣或氧氣流量，係設定為例如100sccm。

【0081】 其次，活化處理裝置3002係如圖16A中的箭頭AR306所示，藉由翻轉平台3210，便使基板W1、W2的接合面形成朝向鉛直上方的姿勢。然後，活化處理裝置3002便如圖16B中的箭頭AR307所示，朝基板W1、W2的接合面照射

氮自由基。

【0082】 但是，當基板W1、W2的接合面係例如由：成為電極之Cu形成的區域、與由成為絕緣層之氧化膜形成的區域構成，所謂「混成接合面」之情況，若採行習知利用電漿施行的RIE處理，在基板W1、W2的接合面附近會形成鞘區域，所有被離子化物均將被引進，並攻擊基板W1、W2的接合面。此時，因由Cu構成的區域遭蝕刻而生成的Cu離子或粒子，若附著於基板W1、W2接合面中由氧化膜形成的區域，便會導致氧化膜處的接合強度降低。又，因氧化膜遭蝕刻所生成由氧化膜材料構成的粒子，若附著於由成為電極的Cu所構成區域，便會導致電極的電阻上升。相對於此，根據本構成，因為採行使用粒子束之所謂「FAB處理」，因而在處理室3212內生成的電漿進行束照射，因由Cu所形成區域、或由氧化膜所形成區域遭蝕刻，而生成的Cu離子、Cu粒子或由絕緣膜材料形成的粒子，並不會重返於基板W1、W2的接合面而是會被彈飛。所以，即使粒子束照射於基板W1、W2的接合面，但仍可抑制基板W1、W2的接合面上附著雜質，因而可提高基板W1、W2間的接合強度。所以，頗適用於具有所謂「混成接合面」的基板W1、W2之活化處理。

【0083】 再者，取代基板W1、W2，改為例如將由基板施行晶割而獲得的晶片，黏貼於黏貼片者施行處理的情況，在利用電漿施行RIE處理時，構成該黏貼片的樹脂會附著於晶片的接合面上。相對於此，根據本構成，仍可在構成黏貼片的樹脂不會附著於晶片接合面情況下進行良好的活化處理。

【0084】 實施形態係針對活化處理裝置2為由電漿產生源產生ICP的例子進行說明，惟並不僅侷限於此，電漿產生源亦可利用微波生成電漿。例如圖17所示，本變化例的活化處理裝置4002係具備有：平台210、處理室4212、捕捉板4214、導波管4215、磁控器4216、及偏壓施加部217。另外，圖17中，相關與實施形態的活化處理裝置2為同樣構成便賦予與圖2相同的元件符號。又，活化處

理裝置4002係具備有：氮氣供應部220A、及氧氣供應部220B。氮氣供應部220A係具備有：氮氣滯留部221A、供應閥222A、及供應管223A。氧氣供應部220B係具備有：氧氣滯留部221B、供應閥222B、及供應管223B。在平台210上載置著基板W1、W2。處理室4212係經由玻璃窗4213連接於導波管4215。處理室4212係經由排氣管202A與排氣閥203A連接於真空泵201。在排氣閥203A呈打開狀態下，若使真空泵201產生動作，處理室4212內的氣體便通過排氣管202A被排出於處理室4212外，而使處理室4212內的氣壓降低(減壓)。捕捉板4214係由例如金屬、石墨等形成，維持於接地電位。

【0085】 由磁控器4216生成的微波通過導波管4215被導入於處理室4212內。磁控器4216係可採用例如會生成頻率數2.45GHz微波者。然後，在N₂氣體被導入於處理室4212內的狀態下，若從導波管4215導入微波，便利用微波在處理室4212內的玻璃窗4213附近形成電漿PLM。捕捉板4214係捕捉電漿PLM中所含的離子，僅使自由基降流於平台210。由磁控器4216、氮氣供應部220A、以及捕捉板4214，構成在處理室4212內生成電漿PLM，並朝由平台210支撐的基板W1、W2接合面供應電漿中之N₂自由基的電漿產生源。

【0086】 該活化處理裝置4002係一邊利用偏壓施加部217朝平台210施加偏壓，一邊從處理室4212上部導入氮氣、氧氣，便可對基板W1、W2施行物理性蝕刻處理(RIE處理)。又，該活化處理裝置4002係利用導入於處理室4212上部的微波，在處理室4212上部高密度生成離子或自由基，當通過維持接地電位的捕捉板4214時會捕捉離子，僅使含中子的自由基降流於處理室4212的平台210，對平台210上的基板W1、W2施行化學處理。

【0087】 再者，實施形態針對活化處理裝置2係在RIE處理時，於從處理室212上部導入氮氣、氧氣狀態下，利用偏壓施加部217朝平台210施加偏壓電壓，在自由基處理時，則停止朝平台210施加偏壓得構成進行說明。惟並不僅侷

限於此，亦可例如在平台210與電漿處理室213內側區域之間配置捕捉板(未圖示)。此處，捕捉板係例如維持於接地電位。

【0088】 但是，實施形態的活化處理裝置2，在自由基處理時，利用由感應線圈215在電漿處理室213內形成的電場，離子會被捕捉於ICP電漿中，因而即便沒有捕捉板，仍可僅使自由基朝平台210端降流。但，自由基處理時，離子並不會完全被捕捉於ICP電漿中，亦會有某程度數量的離子朝平台210端降落。相對於此，本變化例的活化處理裝置，在自由基處理時，因為利用捕捉板捕捉離子，因而可抑制離子照射於平台210端。又，實施形態所說明的活化處理裝置2，若設有捕捉板，因為在RIE處理時與自由基處理時均持續朝感應線圈215供應電流，因而從RIE處理切換為自由基處理時，不需要大幅切換對感應線圈215的電流供應。所以，可縮短基板W1、W2進行RIE處理與自由基處理所需要的時間節奏，且能生成更多的離子或自由基。

【0089】 再者，前述變化例針對捕捉板係維持接地電位的例子進行說明，惟並不僅侷限於此，例如在RIE處理時，亦可未使捕捉板維持於接地電位而呈浮電位狀態，僅在自由基處理時才將捕捉板維持接地電位。此情況，在電漿處理室213內所生成電漿PLM中的離子，在RIE處理時不會被捕捉板捕捉而掉落於平台210端，僅在自由基處理時才會被捕捉板捕捉。

【0090】 但是，沒有捕捉板的情況，在自由基處理時，自由基會順著氮氣、氧氣的流動照射於平台210。相對於此，本變化例在自由基處理時，在電漿處理室213內所生成電漿PLM中的離子會被引進於捕捉板並被加速，當通過捕捉板的孔時，從捕捉板供應電子並被中和後，才照射於平台210所載置的基板W1、W2。所以，可對基板W1、W2照射含有更多中子的自由基。

【0091】 再者，前述變化例亦可例如未對平台210施加偏壓而維持接地電位，且將捕捉板維持浮電位狀態。此情況，在電漿處理室213內所生成電漿PLM

中的離子會直接通過捕捉板的孔，依被朝平台210端加速的狀態照射於平台210所載置的基板W1、W2。所以，形成施行類似RIE處理的處理。然後，若將捕捉板維持接地電位，則離子會被捕捉板捕捉，僅有自由基會穿過捕捉板，再照射於平台210所載置的基板W1、W2。所以，可在省略對平台210施加偏壓的偏壓施加部217情況下，施行類似RIE處理的處理與自由基處理。又，類似RIE處理的處理時，可對基板W1、W2施行所謂的弱蝕刻處理。

【0092】 另外，相關前述RIE處理時未將捕捉板維持接地電位而呈浮電位狀態，僅在自由基處理時才將捕捉板維持於接地電位的構成，或者未對平台210施加偏壓而維持接地電位，且將捕捉板維持浮電位狀態的構成，並不僅侷限於利用所謂ICP電漿的活化處理裝置，亦可適用於圖17所說明使用微波的活化處理裝置、或平行平板型活化處理裝置用。此情況，可成為更廉價的構成。另外，平行平板型活化處理裝置係可例如圖18所示，具備有：配置於電漿處理室213內的電極6215、對電極6215施加偏壓的偏壓施加部6216、以及捕捉板5214之活化處理裝置6002。即便此構成，亦係與ICP電漿同樣，電漿會在鞘區域的電場中被捕捉離子。又，RIE處理時的偏壓頻率數係13.56MHz，但如平行平板型或ICP電漿使用頻率數27MHz偏壓、或使用2GHz微波時較能生成更多的自由基，故較為有效。

【0093】 前述活化處理裝置，電漿PLM中的離子會被捕捉於電漿處理室213內所形成鞘區域、或由感應線圈215所形成電場，並不會掉落於平台210端。所以，若將捕捉板維持接地電位，電漿PLM中的正離子會被拉近於捕捉板並加速，當通過捕捉板的孔時會從捕捉板收取電子形成中子，在被加速狀態下照射於平台210所載置的基板W1、W2。所以，可減輕因離子的補充提升導致基板W1、W2遭損傷情形。又，藉由將捕捉板設為浮電位狀態，電漿PLM中的離子會維持被捕捉於電漿處理室213內所形成鞘區域、或由感應線圈215所形成電場的狀

態，因而僅電漿PLM中的自由基會通過捕捉板，並掉落於平台210端便可施行化學處理。

【0094】 即，如前述，可階段性分開依序施行下述處理：(1)將捕捉板設為浮電位狀態，且對平台210施加偏壓進行所謂「強物理處理」；(2)將捕捉板設為浮電位狀態，且將平台210維持接地電位，施行所謂「弱物理處理」；(3)將捕捉板4214維持接地電位，並將中性自由基照射基板W1、W2進行損傷少的「弱物理處理」。又，亦可施行：(4)藉由將捕捉板維持接地電位而使自由基降流的化學處理；(5)將捕捉板設為浮電位狀態，對自由基施行處理的化學處理。而，考慮下述3種方法：(1)在最強的物理處理後接著施行(4)化學處理的方法；(2)在弱物理處理後接著施行(4)化學處理的方法；或者(5)在對基板W1、W2損傷較少的弱物理處理後接著施行(4)化學處理的方法，可從該等中選擇任一種實施。

【0095】 再者，前述各變化例，捕捉板或平台210不僅侷限於維持接地電位，亦可施加偏壓電壓。藉此，通過捕捉板的離子會被更加速便可提高能量。

【0096】 實施形態針對2個基板W1、W2均施行N₂ RIE處理與N₂自由基處理的例子進行說明，但，在對2個基板W1、W2的接合面均有施行活化處理前提下，就活化處理的方法並無限定。例如亦可2個基板W1、W2中僅對其中一者施行N₂ RIE處理與N₂自由基處理，但對另一者施行N₂ RIE處理或N₂自由基處理中至少其中一項不施行的活化處理的構成。

【0097】 實施形態針對基板接合裝置1係在基板W1、W2接合面全體相互接觸狀態下，朝基板W1、W2施加壓力，且施行熱處理的例子進行說明。惟，並不僅侷限於此，例如基板接合裝置1亦可在基板W1、W2接合面全體相互接觸狀態下，僅對基板W1、W2施加壓力而未施行熱處理的構成。或者，基板接合裝置1亦可在基板W1、W2接合面全體相互接觸狀態下，僅施行基板W1、W2的熱處理，但未施加壓力的構成。又，不同於基板接合裝置1的裝置，亦可對基板W1、

W2施行加壓、熱處理。例如亦可由基板接合裝置1執行至基板W1、W2初步接合為止，然後再由另一加熱裝置(未圖示)施行熱處理。

【0098】 實施形態針對基板W1、W2間在真空中接合的構成進行說明，惟並不僅侷限於此，亦可構成基板W1、W2間在大氣壓下進行接合，或者亦可構成在填充任意氣體的環境下進行接合。

【0099】 實施形態針對在裝載鎖定室83中設置將支撐著基板W1、W2的平台予以冷卻的冷卻裝置的構成進行說明，惟並不僅侷限於此，亦可構成在裝載鎖定室83中未設置冷卻裝置。

【0100】 前述變化例針對活化處理裝置3002具備有粒子束源3061的例子進行說明，惟並不僅侷限於此，例如翻轉裝置4亦可具備粒子束源。

【0101】 本發明係在不脫逸本發明廣義精神與範圍前提下，可進行各種實施形態與變化。又，上述實施形態僅供說明本發明而已，並非限定本發明範圍。即，本發明範圍並非實施形態所示，而是由申請專利範圍所示。而，舉凡在申請專利範圍內、以及與其具同等發明涵義範圍內施行的各種變化，均視為本發明範圍內。

【0102】 本申請案係以2020年9月30日所提出申請的日本專利申請案特願2020-164962號為基礎。本說明書中參照日本專利申請案特願2020-164962號的全體說明書、申請專利範圍、及圖式，並融入於本案中。

[產業上之可利用性]

【0103】 本發明係頗適用於例如CMOS(Complementary MOS)圖像感測器、記憶體、運算元件、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems，微機電系統)的製造。

【符號說明】

【0104】

1:基板接合裝置

2,3002,4002,5002,6002:活化處理裝置

3:洗淨裝置

4:翻轉裝置

9:控制部

82:第1搬送裝置

83:裝載鎖定室

84:第2搬送裝置

120,212,3212,4212:處理室

121,201:真空泵

122B,202A:排氣管

123B,203A:排氣閥

141,210,3210:平台

142:頭

143,3623:平台驅動部

144:頭驅動部

148:壓力感測器

150:位置偏移量測定部

213,3213:電漿處理室

215:感應線圈

216:高頻率電源

217,6216:偏壓施加部

220A:氮氣供應部

220B:氧氣供應部

221A:氮氣滯留部

221B:氧氣滯留部

222A,222B:供應閥

223A,223B:供應管

811,812:導入口

813:取出口

821,841:搬送機器人

1411,1421:基板加熱部

3061:粒子束源

3063:束源搬送部

3212a:孔

3611,6215:電極

3612:放電室

3612a:FAB放射口

3613:束源驅動部

3614:氣體供應部

3631:支撐棒

3632:支撐體

3633:支撐體驅動部

3634:蛇腹管

4213:玻璃窗

4214,5214:捕捉板

4215:導波管

4216:磁控器

BL1:刀片

W1,W2:基板

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種基板接合方法，係將2個基板予以接合的基板接合方法，包括有：

活化處理步驟，其係對上述2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而將上述接合面予以活化；

氣體曝露步驟，其係經上述活化處理步驟後，在預設基準時間內，將上述2個基板的上述接合面曝露於含水分氣體中；以及

接合步驟，其係將在上述活化處理步驟中，上述接合面被活化的上述2個基板予以接合。

【請求項2】 如請求項1之基板接合方法，其中，上述基準時間係未滿10min。

【請求項3】 如請求項1或2之基板接合方法，其中，上述接合步驟中，在氣壓大於1Pa且未滿10000Pa狀態下，將上述2個基板予以接合。

【請求項4】 如請求項1之基板接合方法，其中，更進一步包括有：在上述氣體曝露步驟後，直到施行上述接合步驟為止的期間，在維持氣壓大於1Pa且未滿10000Pa狀態下，搬送上述2個基板的搬送步驟。

【請求項5】 如請求項1之基板接合方法，其中，更進一步包括有：對上述2個基板中，上述接合面已被親水化的至少其中一上述接合面，吹抵含水液體而施行洗淨的洗淨步驟。

【請求項6】 如請求項1之基板接合方法，其中，在上述活化處理步驟後且搬送上述2個基板的搬送步驟前，或上述搬送步驟中至少其中一步驟時，朝上述

2個基板的上述接合面供應水氣。

【請求項7】 如請求項1之基板接合方法，其中，上述活化處理步驟中，對上述2個基板的接合面，施行使用氮氣的反應性離子蝕刻後，再對上述2個基板的接合面施行照射氮自由基的自由基處理。

【請求項8】 如請求項7之基板接合方法，其中，上述活化處理步驟中，在對上述2個基板的接合面，施行上述使用氮氣進行反應性離子蝕刻前，便對上述2個基板的接合面施行使用氧氣的反應性離子蝕刻。

【請求項9】 如請求項1之基板接合方法，其中，上述活化處理步驟中，對上述2個基板的接合面，照射使用氮氣的粒子束而施行蝕刻處理後，再對上述2個基板的接合面施行照射氮自由基的自由基處理。

【請求項10】 如請求項7之基板接合方法，其中，上述自由基處理中，貫設至少1個孔且維持接地電位的捕捉板，使在其厚度方向其中一面所生成電漿中的離子及自由基，通過上述捕捉板的孔，再照射於在上述捕捉板厚度方向另一面所配置上述2個基板至少其中一接合面。

【請求項11】 如請求項7之基板接合方法，其中，上述蝕刻處理中，將貫設至少1個孔的捕捉板維持浮電位狀態，使上述捕捉板厚度方向其中一面生成電漿，且在上述捕捉板厚度方向另一面上配置上述2個基板至少其中一者；

上述自由基處理時，將上述捕捉板維持接地電位。

【請求項12】 如請求項9之基板接合方法，其中，上述2個基板至少其中一接合面係裸露出金屬部分與絕緣膜。

【請求項13】 如請求項1之基板接合方法，其中，在上述2個基板至少其中一接合面上，裸露出利用沉積氧化物或氮化物形成的絕緣膜。

【請求項14】一種基板接合方法，係將2個基板予以接合的基板接合方法，包括有：

活化處理步驟，其係分別將上述2個基板相互接合的接合面予以活化；

接合步驟，其係在上述活化處理步驟中，將上述接合面已被活化的上述2個基板施行接合；以及

搬送步驟，其係在上述活化處理步驟後，直到施行上述接合步驟為止期間，在維持氣壓大於1Pa且未滿10000Pa狀態下，搬送上述2個基板；

其中，上述接合步驟中，在氣壓大於1Pa且未滿10000Pa狀態下，將上述2個基板予以接合。

【請求項15】一種基板接合方法，係將2個基板予以接合的基板接合方法，包括有：

活化處理步驟，其係對上述2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而在上述接合面上形成N基；

氣體曝露步驟，其係在上述活化處理步驟後，藉由將上述2個基板的上述接合面曝露於含水分氣體中，而將上述接合面上形成的N基置換為OH基；以及

接合步驟，其係在上述接合面上存在OH基的狀態下，將上述2個基板予以接合。

【請求項16】一種基板接合系統，係將2個基板予以接合的基板接合系統，具備有：

活化處理裝置，其係對上述2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而施行將上述接

合面予以活化的活化處理，然後，在預設基準時間內，將上述2個基板的上述接合面曝露於含水分氣體中；以及

基板接合裝置，其係將經利用上述活化處理裝置，對上述接合面施行活化處理過的上述2個基板予以接合。

【請求項17】一種基板接合系統，係將2個基板予以接合的基板接合系統，具備有：

活化處理裝置，其係對上述2個基板各自相互接合的接合面至少其中一面，施行使用氮氣的蝕刻處理、與氮自由基照射中至少其中一項，而施行將上述接合面予以活化的活化處理；

基板接合裝置，其係將經利用上述活化處理裝置，對上述接合面施行活化處理過的上述2個基板予以接合；以及

搬送裝置，其係在利用上述活化處理裝置施行上述活化處理後，在預設基準時間內，依上述2個基板的上述接合面曝露於含水分氣體中的方式，將上述2個基板從上述活化處理裝置朝上述基板接合裝置搬送。

【請求項18】如請求項16或17之基板接合系統，其中，上述基準時間係未滿10min。

【請求項19】如請求項16之基板接合系統，其中，上述基板接合裝置係在氣壓大於1Pa且未滿10000Pa狀態下，將上述2個基板予以接合。

【請求項20】如請求項16之基板接合系統，其中，更進一步包括有：將上述2個基板在含水分氣體中維持氣壓大於1Pa且未滿10000Pa狀態下，將上述2個基板從上述活化處理裝置朝上述基板接合裝置進行搬送的搬送裝置。

【請求項21】如請求項17之基板接合系統，其中，更具備有：對上述2個基

板中上述接合面被親水化的至少其中一上述接合面，藉由吹抵含水液體而施行洗淨的洗淨裝置；

上述搬送裝置係將上述2個基板從上述活化處理裝置朝上述洗淨裝置搬送，在上述洗淨裝置中洗淨上述2個基板後，再將上述2個基板從上述洗淨裝置搬送於上述基板接合裝置。

【請求項22】如請求項17之基板接合系統，其中，上述活化處理裝置、與上述搬送裝置中之至少其中一者，係設有朝上述2個基板的上述接合面供應水氣的水氣供應部。

【請求項23】如請求項16之基板接合系統，其中，更進一步具備有：對上述活化處理裝置進行控制的控制部；

上述活化處理裝置係具備有：

處理室；

平台，其係在上述處理室內支撐著上述基板；

氮氣供應部，其係朝上述處理室內供應氮氣；

電漿產生源，其係使生成電漿，朝由上述平台支撐的上述基板之接合面，供應上述電漿中的自由基；以及

偏壓施加部，其係對由上述平台支撐的上述基板施加高頻率偏壓；

上述控制部係

控制上述氮氣供應部在朝上述處理室內導入氮氣後，控制上述偏壓施加部，藉由朝上述2個基板中施行上述活化處理的其中一基板，施加高頻率偏壓，而對上述接合面施行使用氮氣的反應性離子蝕刻後，控制上述電漿產生源與上述偏壓施加部，利用上述氮氣使生成電漿，且停止朝上述其中一基板施加高頻

率偏壓，而對上述接合面施行照射氮自由基的自由基處理。

【請求項24】如請求項23之基板接合系統，其中，上述活化處理裝置係更進一步具備有：朝上述處理室內供應氧氣的氧氣供應部；

上述控制部係

在對上述接合面使用氮氣施行反應性離子蝕刻前，便控制上述氧氣供應部，朝上述處理室內導入氧氣後，控制上述偏壓施加部，藉由對上述2個基板中施行上述活化處理的其中一基板施加高頻率偏壓，而對上述接合面施行使用氧氣的反應性離子蝕刻。

【請求項25】如請求項16之基板接合系統，其中，更進一步具備有：控制上述活化處理裝置的控制部；

上述活化處理裝置係具備有：

處理室；

平台，其係在上述處理室內支撐著上述基板；

氮氣供應部，其係朝上述處理室內供應氮氣；

電漿產生源，其係使生成電漿，朝由上述平台支撐的上述基板接合面，供應上述電漿中之自由基；以及

粒子束源，其係朝由上述平台支撐的上述基板，照射粒子束；

上述控制部係

控制上述粒子束源，對上述2個基板中經施行上述活化處理的其中一基板之上述接合面，照射使用氮氣的粒子束而施行蝕刻處理後，控制上述電漿產生源，利用上述氮氣生成電漿，而對上述接合面施行照射氮自由基的自由基處理。

【請求項26】如請求項16之基板接合系統，其中，更進一步具備有：控制

上述活化處理裝置的控制部；

上述活化處理裝置係具備有：

處理室；

平台，其係在上述處理室內支撐著上述基板；

氮氣供應部，其係朝上述處理室內供應氮氣；

電漿產生源，其係使生成電漿，朝由上述平台支撐的上述基板接合面，供應上述電漿中之自由基；以及

捕捉板，其係配置於上述處理室內，貫設至少1個孔，且維持接地電位；

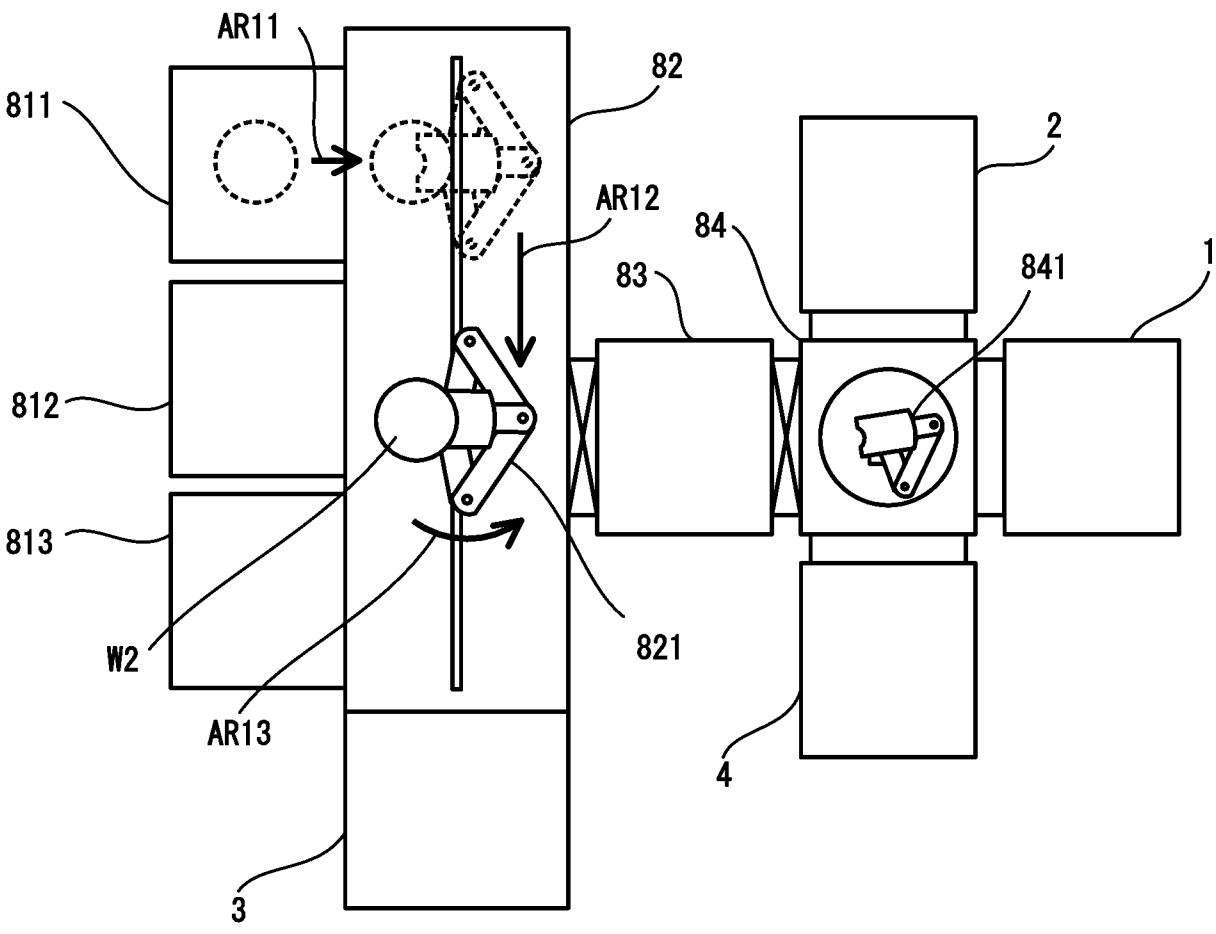
其中，上述電漿產生源係使上述捕捉板厚度方向其中一面側生成上述電漿；

上述平台係在上述處理室內的上述捕捉板厚度方向另一面側，支撐著上述基板；

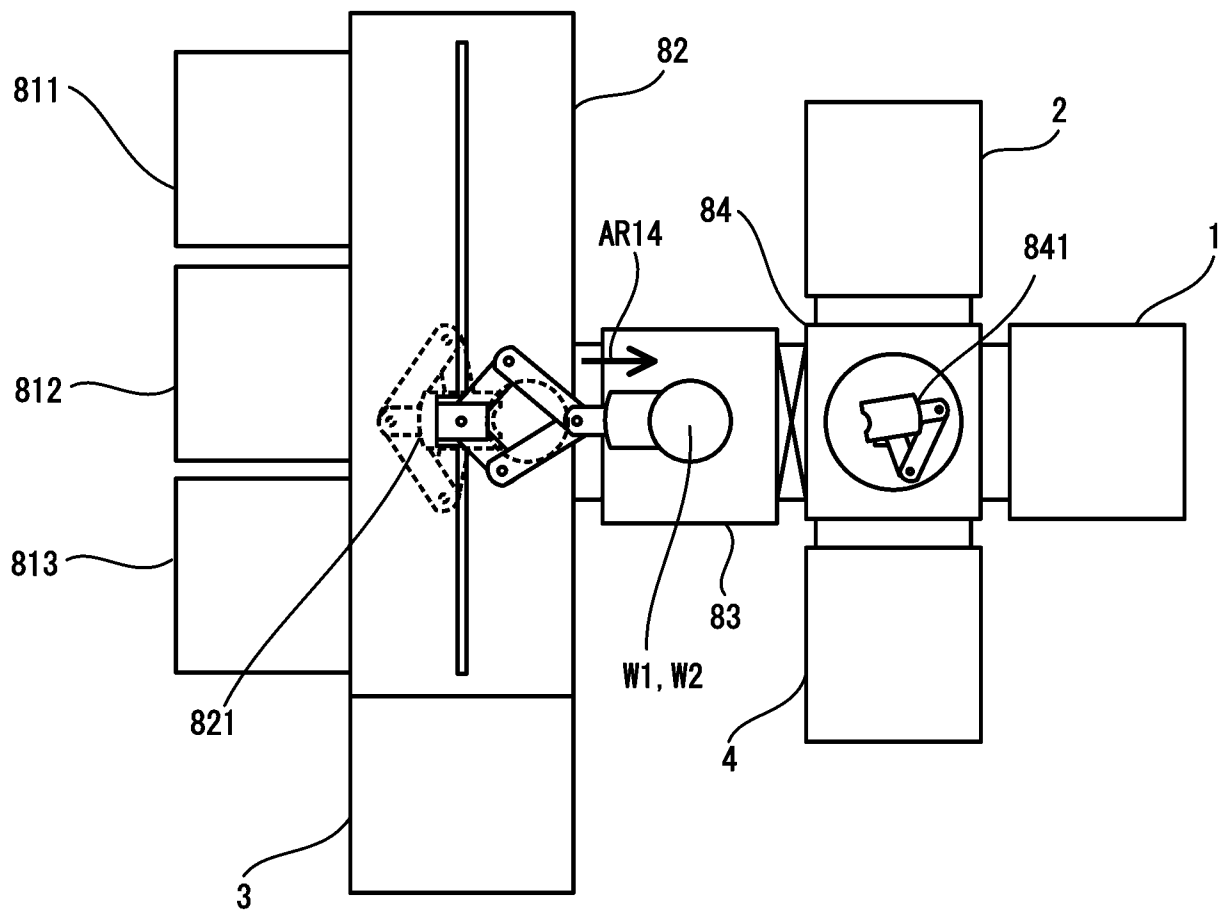
上述控制部係

控制上述氮氣供應部，朝上述處理室內導入氮氣後，對上述接合面使用氮氣施行反應性離子蝕刻後，控制上述電漿產生源，利用上述氮氣生成電漿，使上述電漿中的離子及自由基通過上述捕捉板的上述至少1個孔，再照射於上述基板的上述接合面而施行自由基處理。

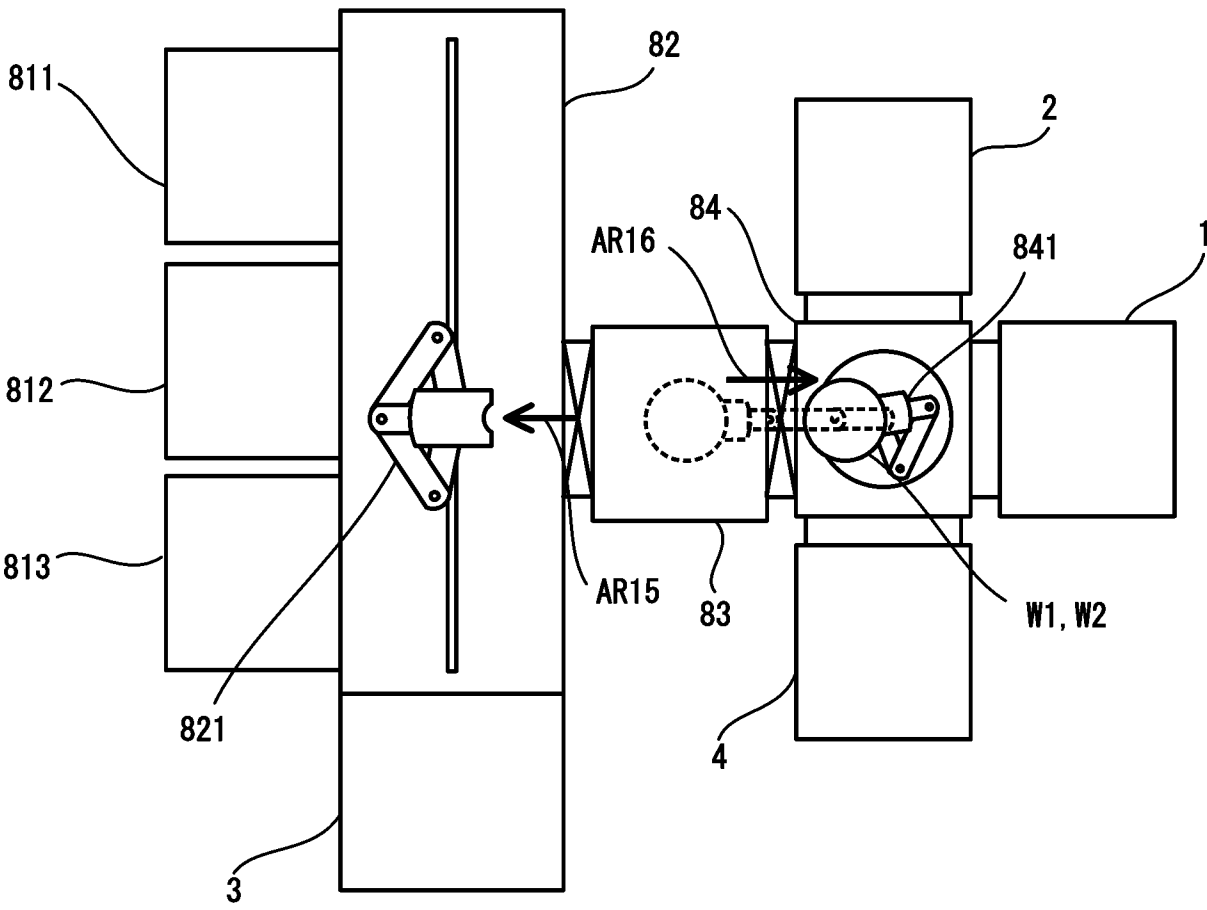
【請求項27】如請求項26之基板接合系統，其中，上述控制部係
在上述反應性離子蝕刻時，將上述捕捉板維持浮電位狀態，
在上述自由基處理時，將上述捕捉板維持接地電位。



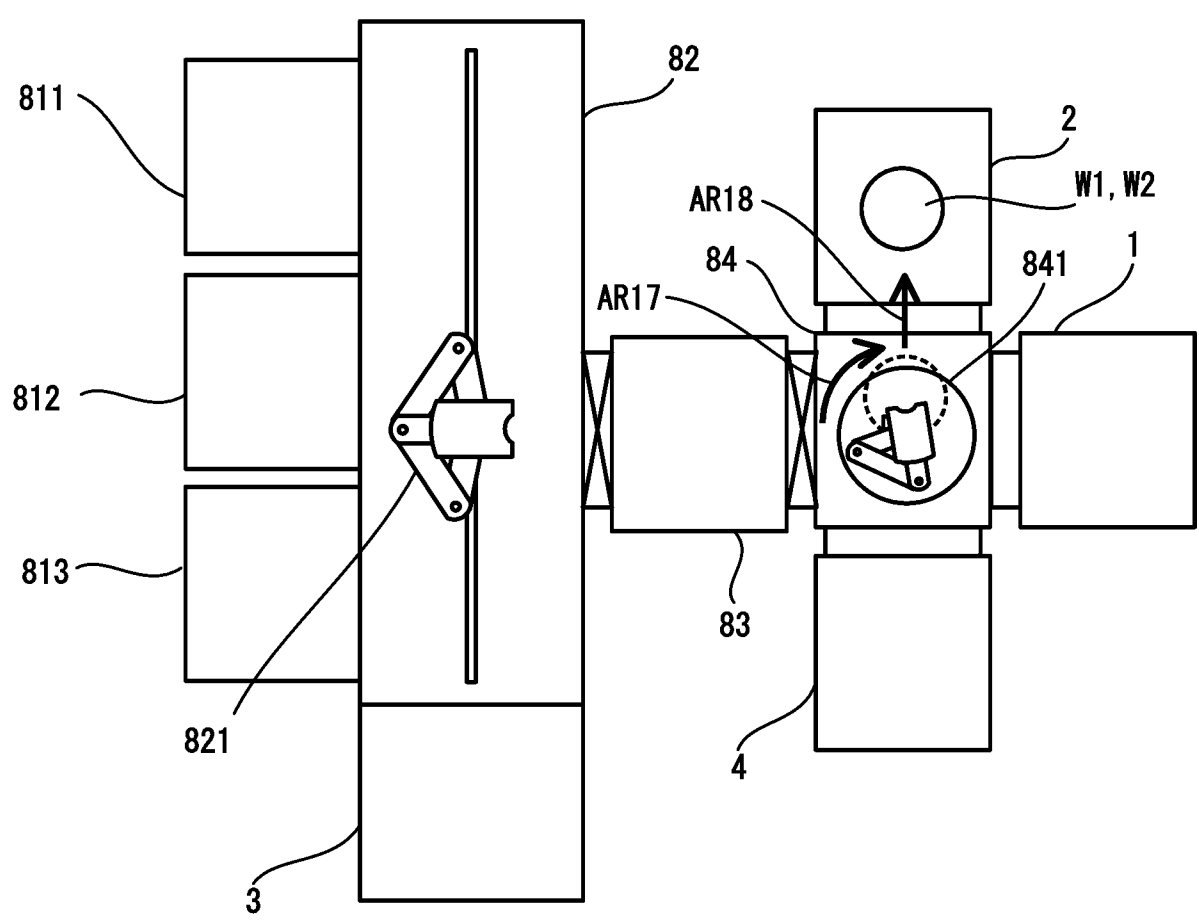
【圖4A】



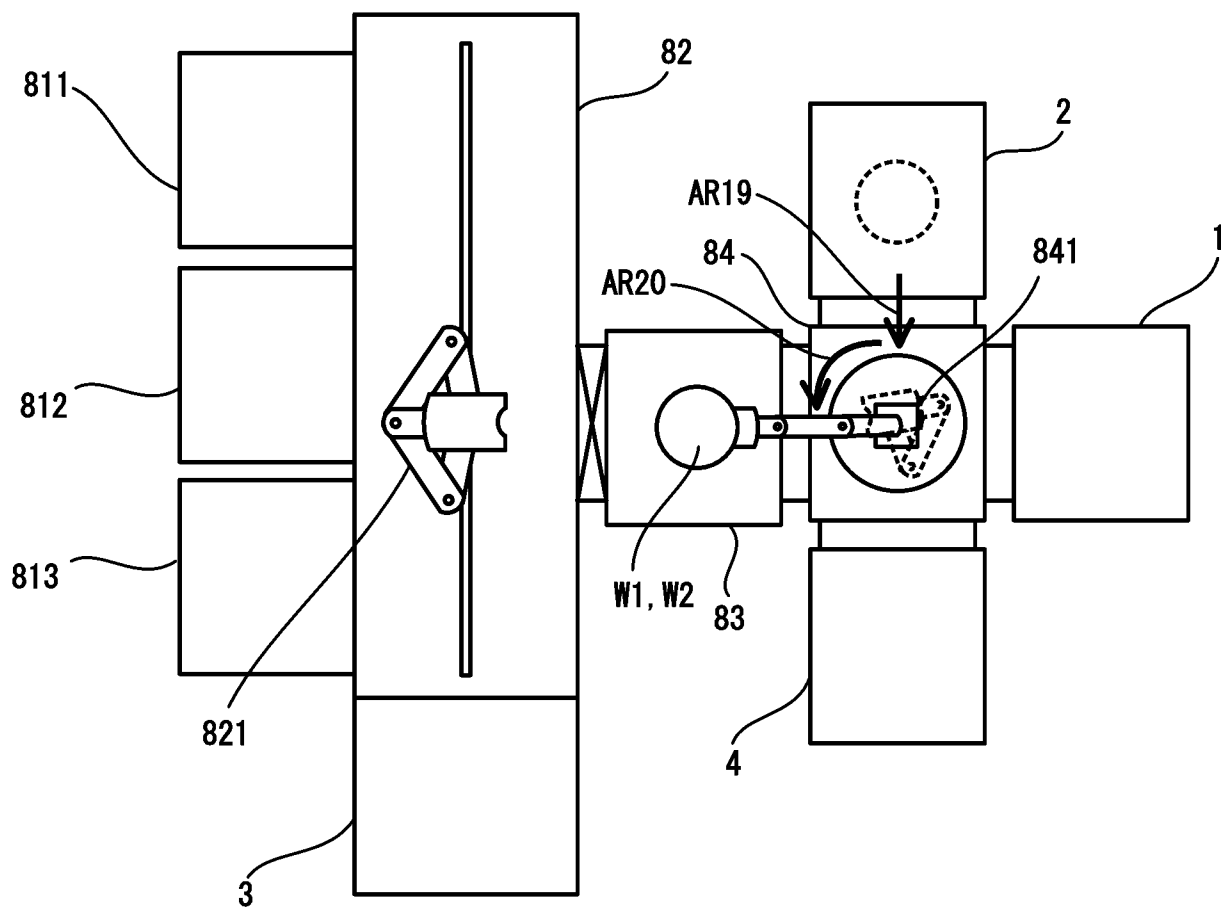
【圖4B】



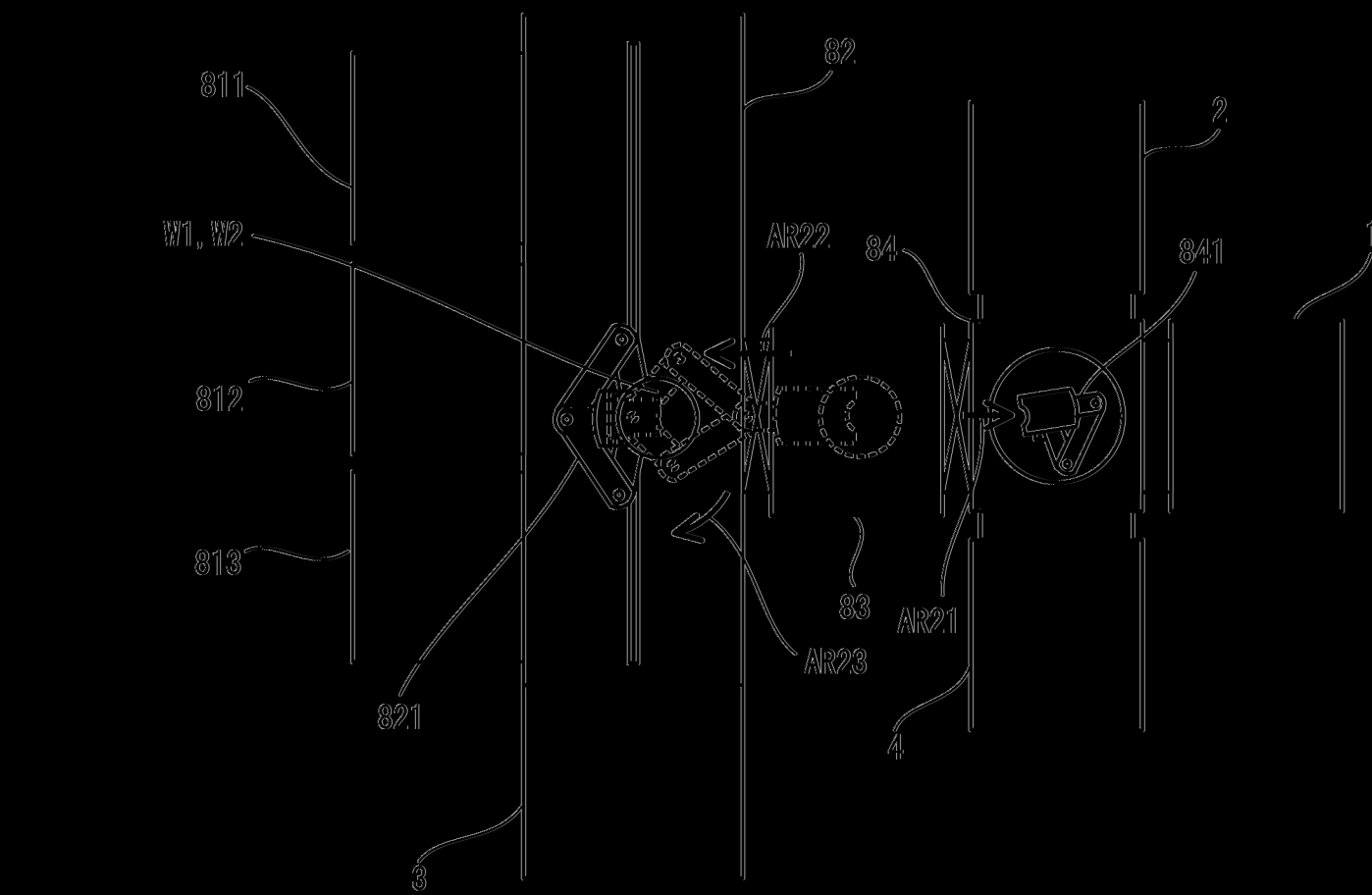
【圖5A】



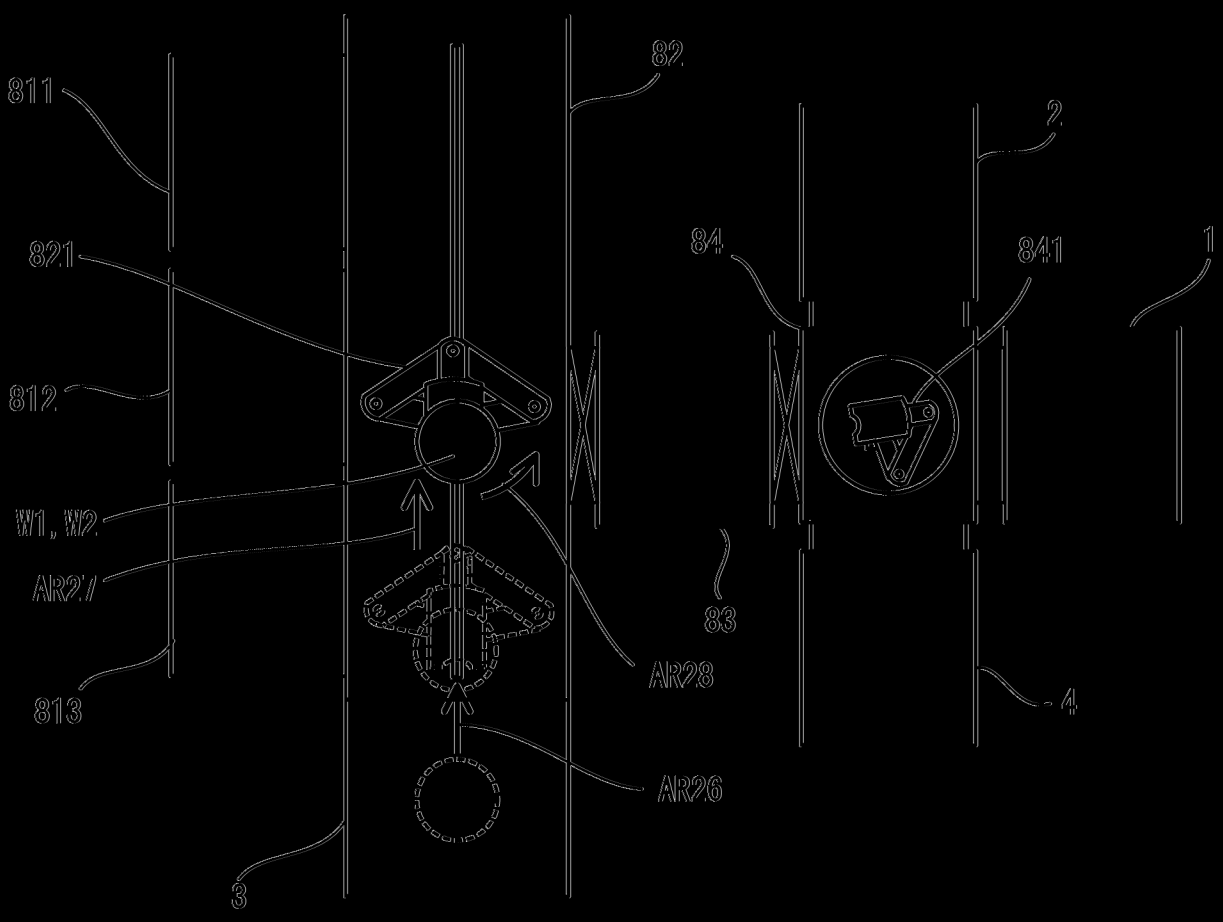
【圖5B】



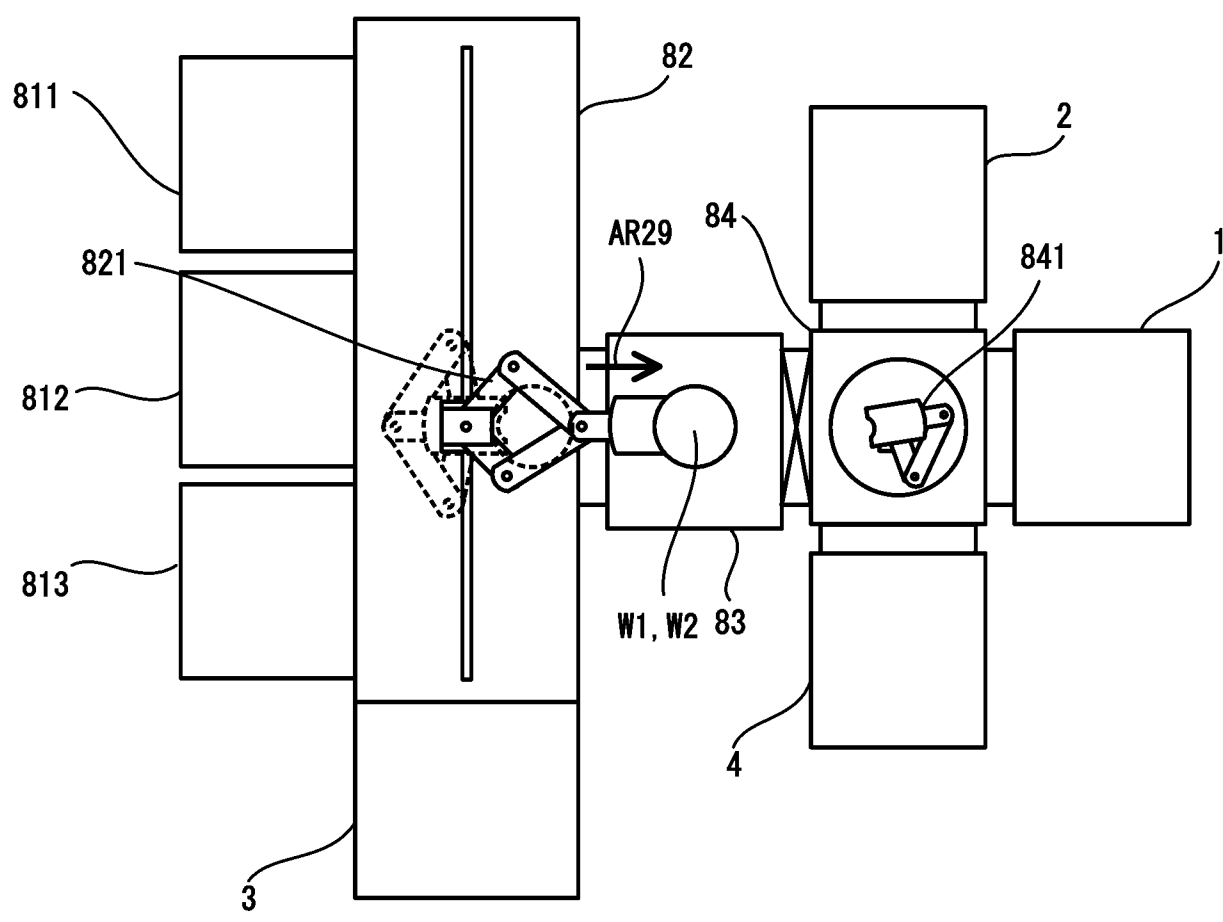
【圖6A】



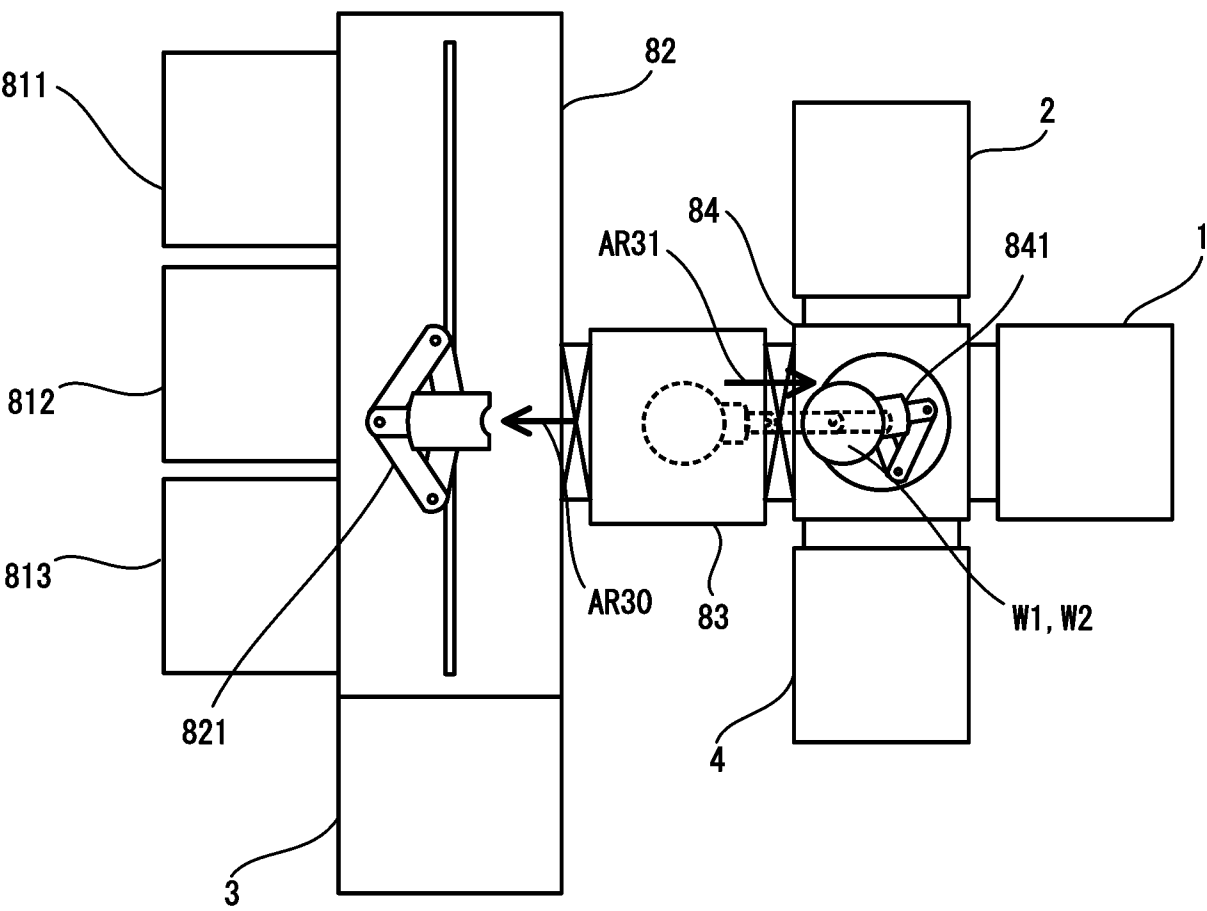
(圖6B)



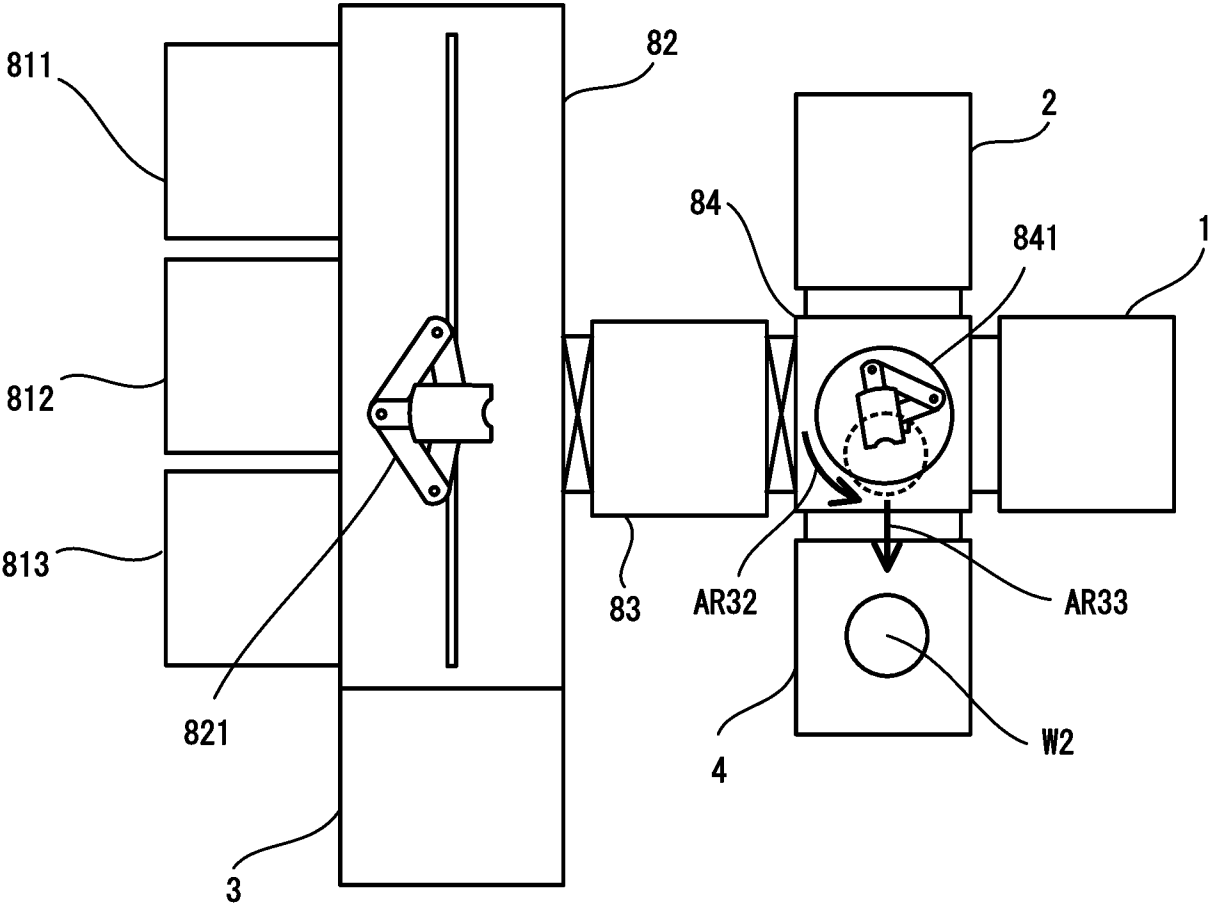
(Fig. 13)



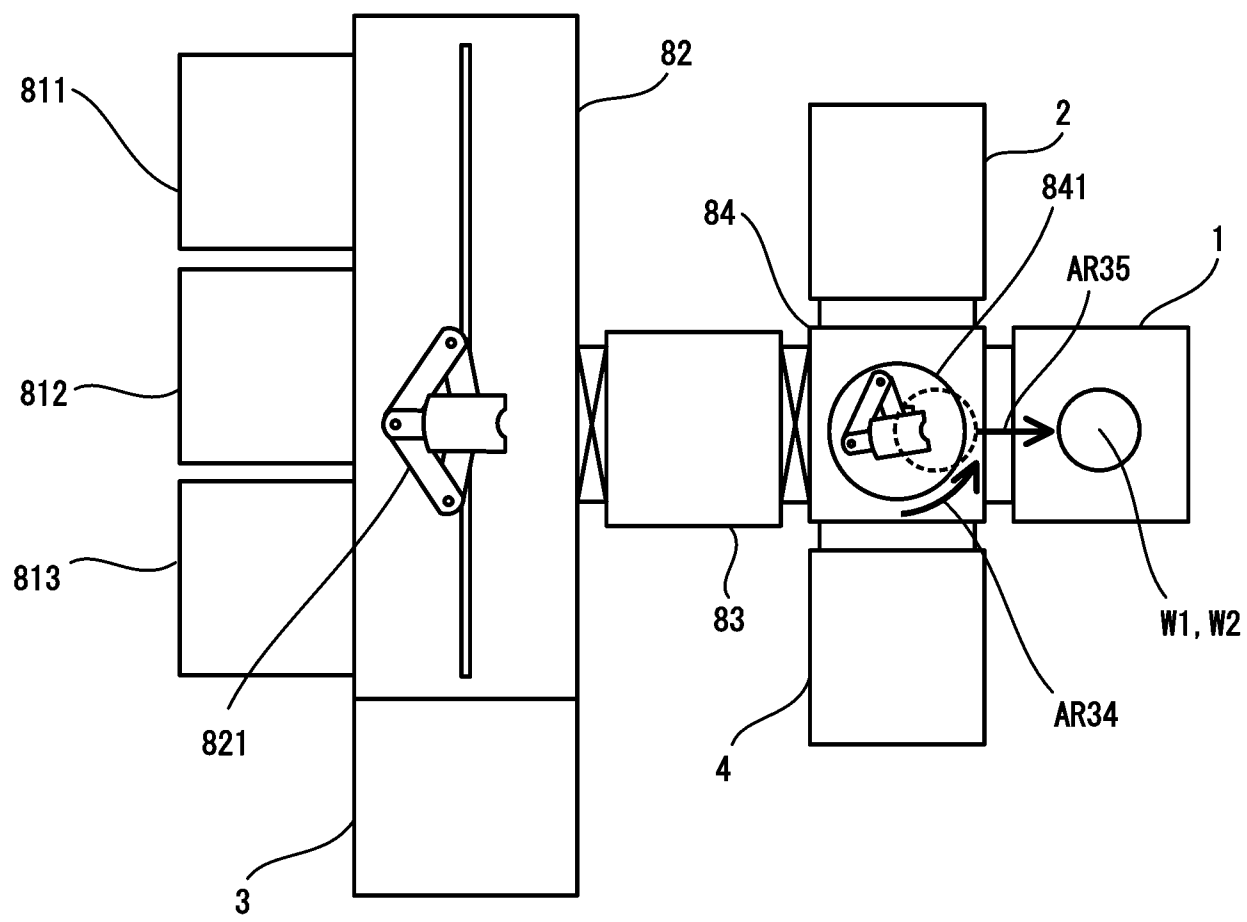
【圖8A】



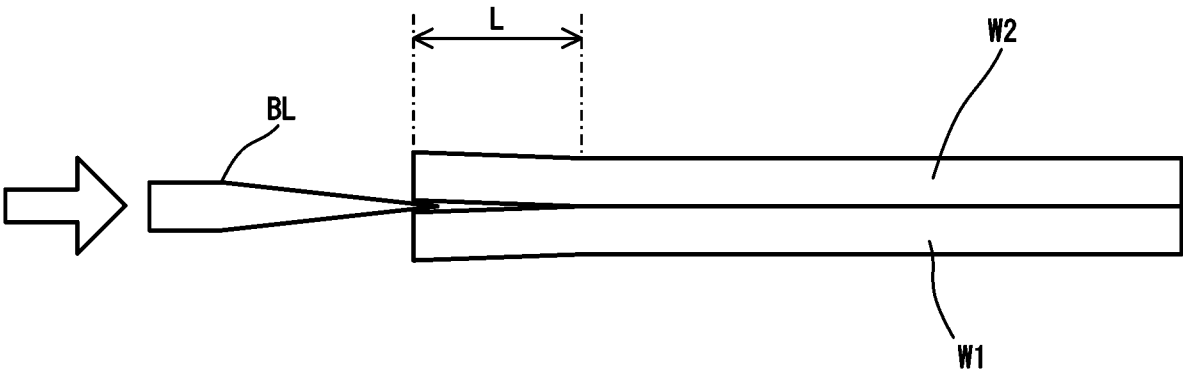
【圖8B】



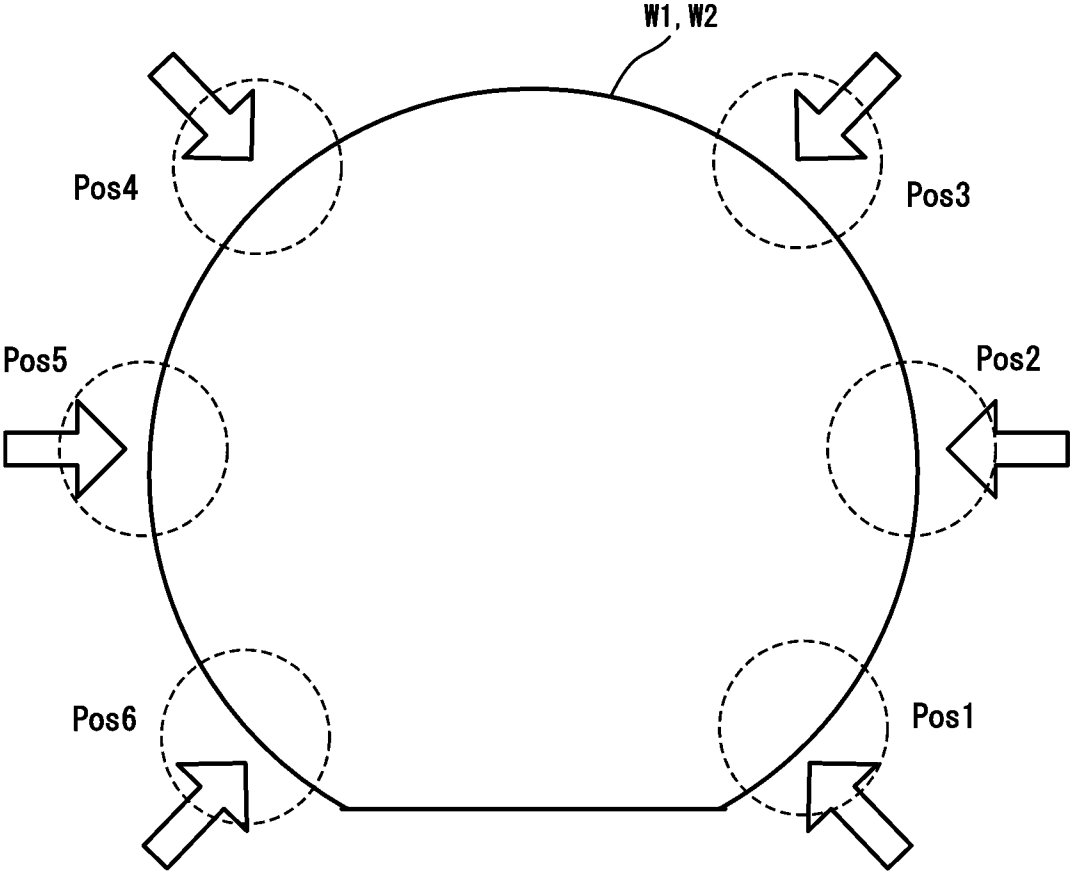
【圖9A】



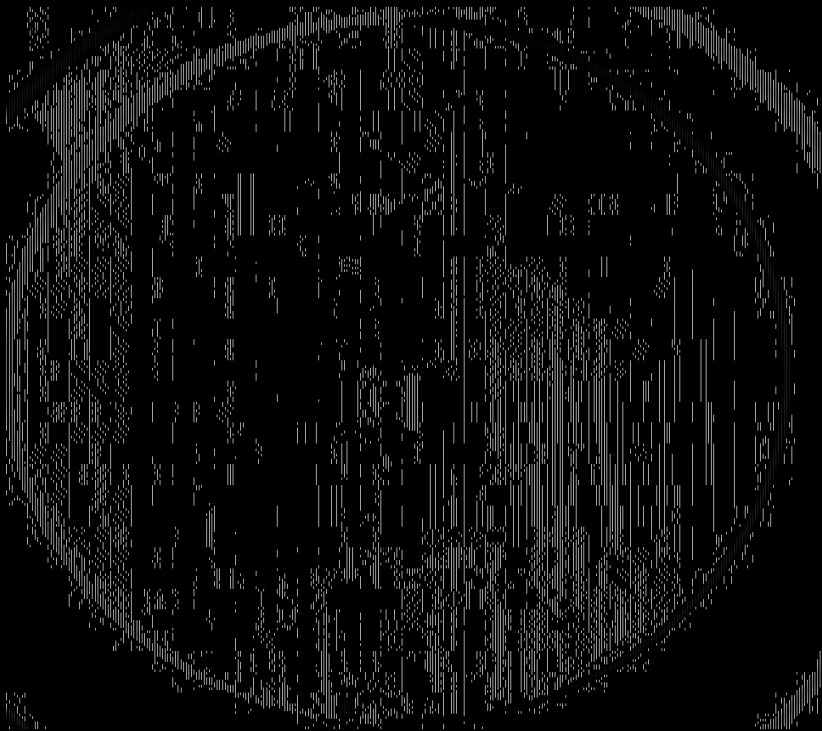
【圖9B】



【圖10A】



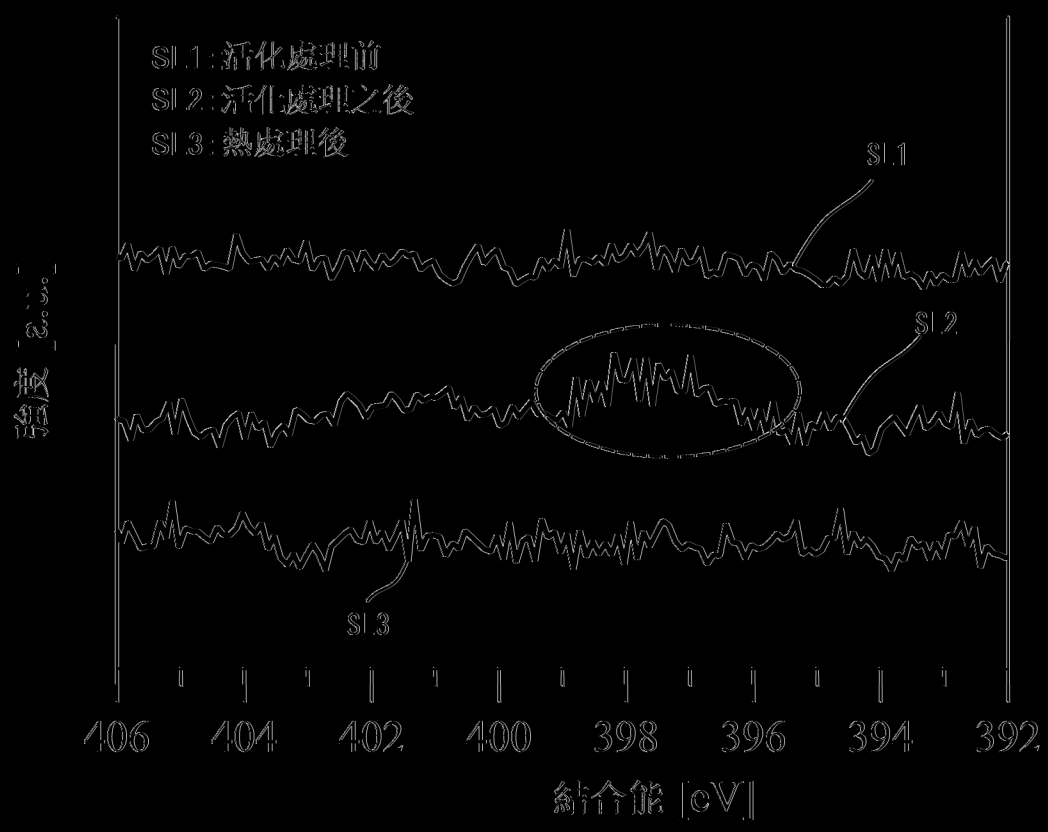
【圖10B】



(B)11A)

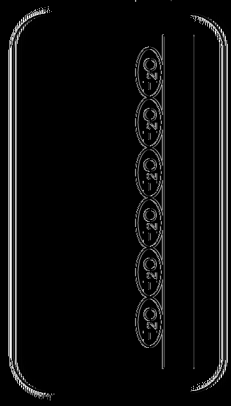


|(111B)|



(圖12B)

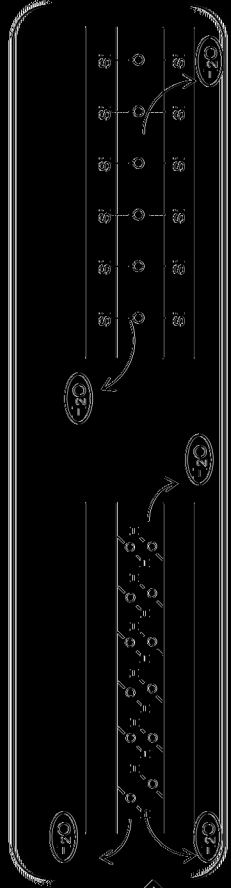
(A-1)



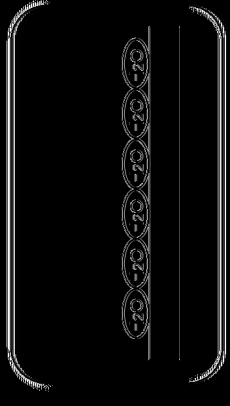
(A-2)



(A-3)

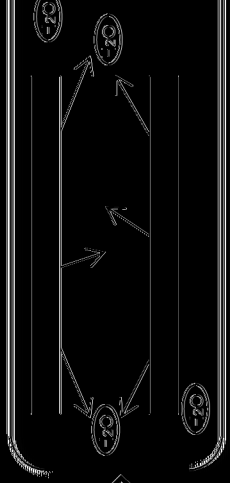


(B-1)

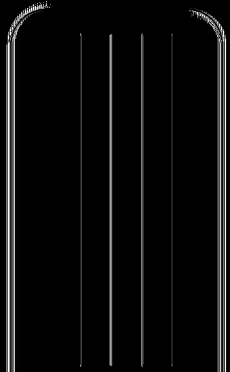


[(13)]

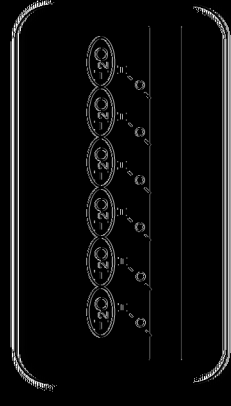
(B-2)



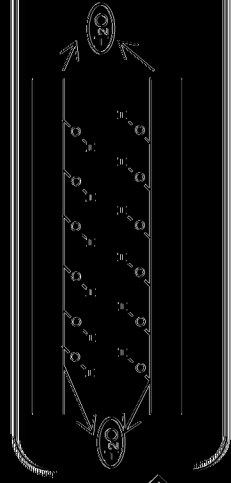
(B-3)



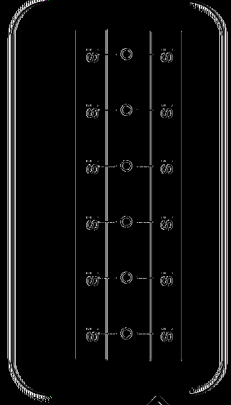
(C-1)

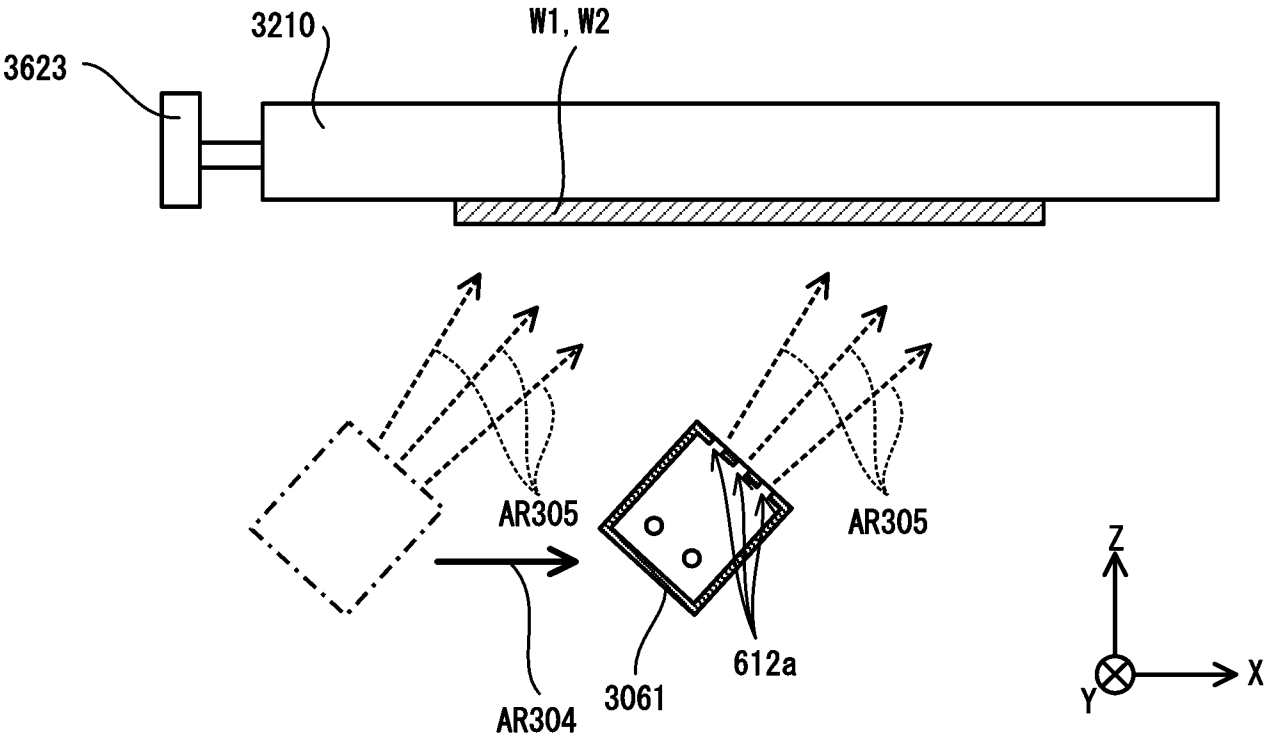


(C-2)

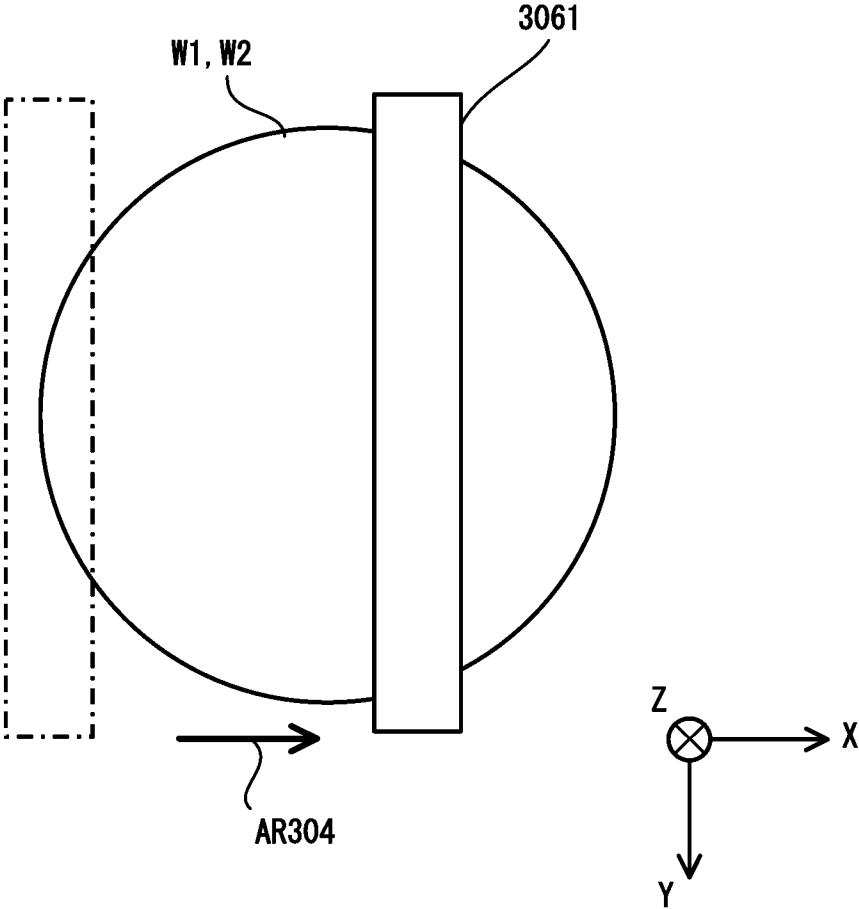


(C-3)

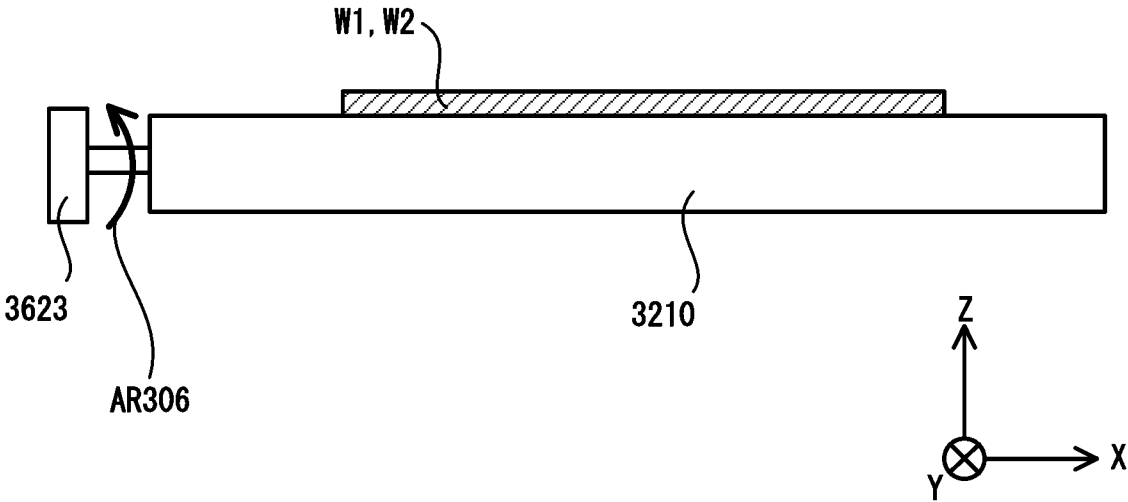




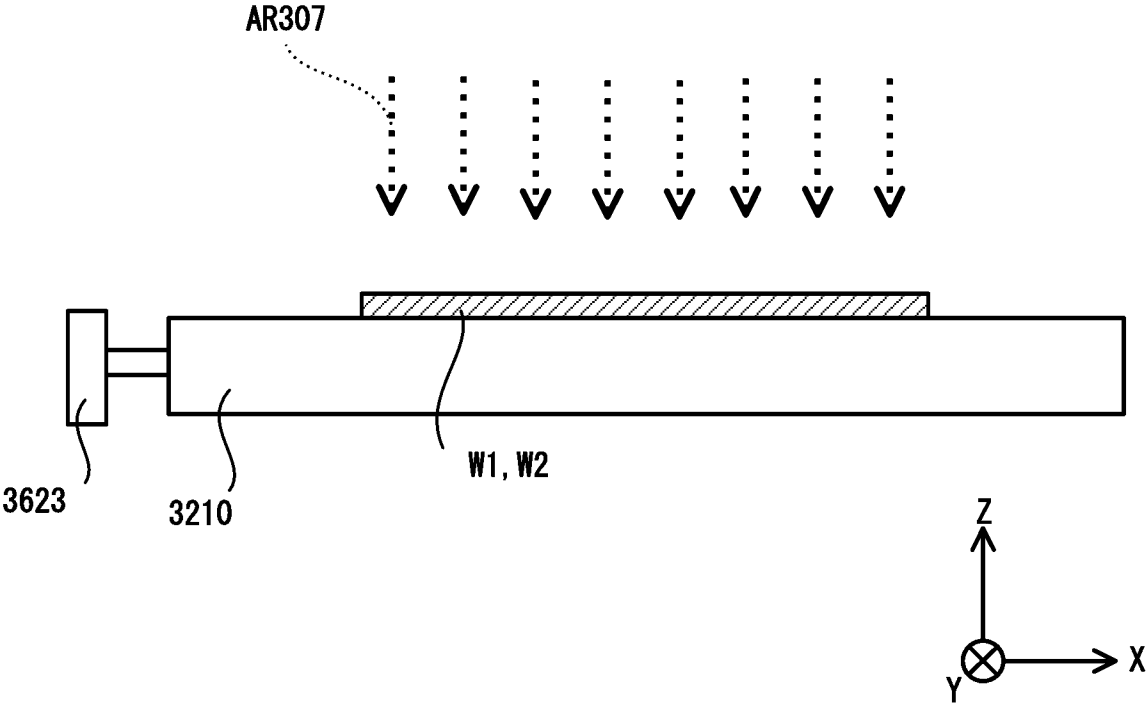
【圖15A】



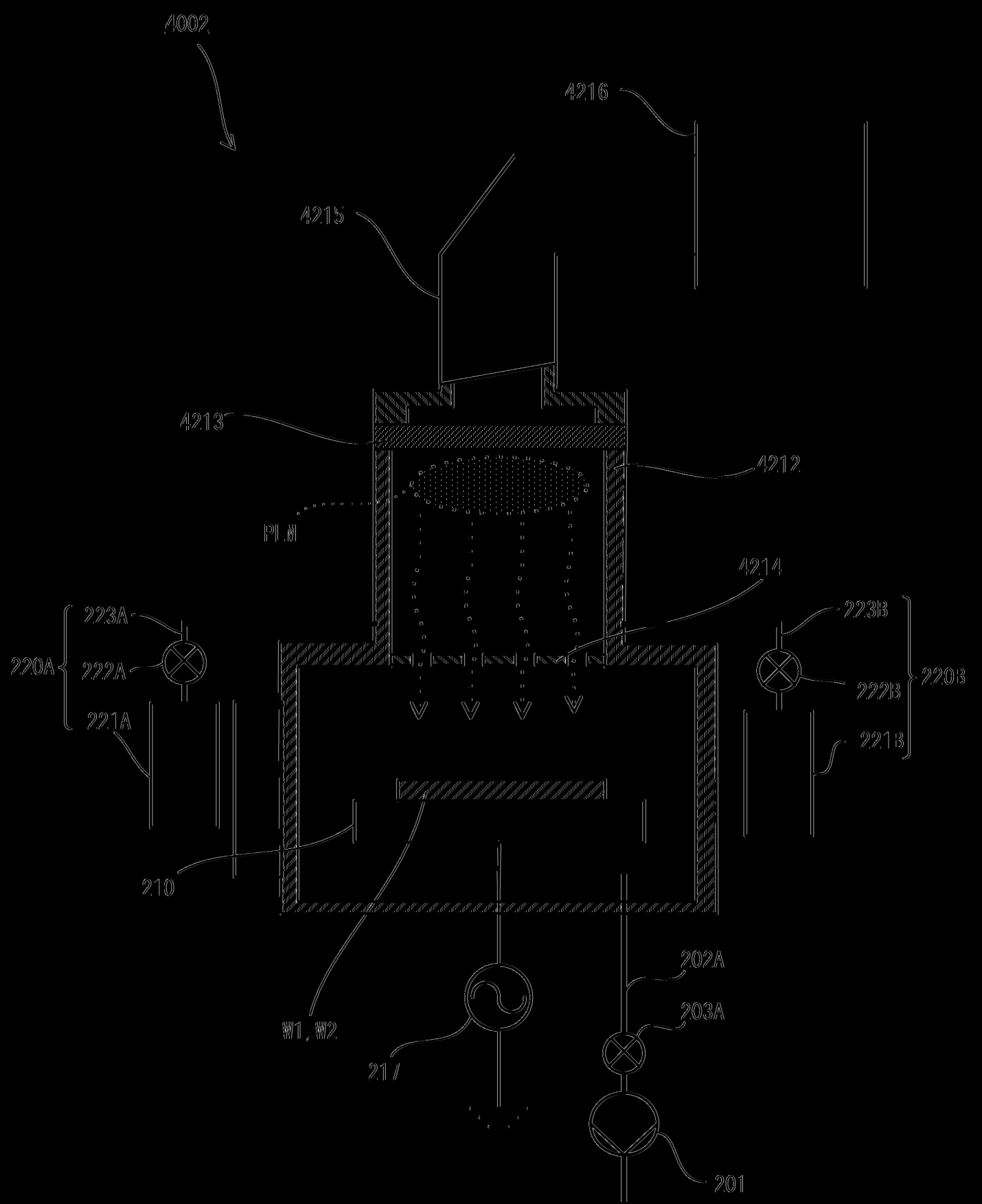
【圖15B】



【圖16A】



【圖16B】



(圖 1')

$$|(\hat{H}_{11}^{(1)}18)|$$