



(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 I591201 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：104109125

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 23 日

(51)Int. Cl. : C23C16/455 (2006.01)

C23C16/52 (2006.01)

H01L21/02 (2006.01)

(30)優先權：2014/03/27 日本

2014-066669

(71)申請人：東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)

日本

(72)發明人：福島講平 FUKUSHIMA, KOHEI (JP)

(74)代理人：周良謀；周良吉

(56)參考文獻：

TW 201120235A1

US 2005/0126483A1

US 2006/0032444A1

審查人員：黃敬皓

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：10 共 35 頁

(54)名稱

成膜裝置、成膜方法及記憶媒體

FILM FORMING APPARATUS, FILM FORMING METHOD, AND NON-TRANSITORY
COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

(57)摘要

本發明旨在提供一種成膜裝置、成膜方法及記憶媒體。其中，該成膜裝置，對呈真空氛圍之反應容器內，交互供給「原料氣體，和與該原料氣體反應而產生反應生成物之反應氣體」，在該反應容器內的基板上使薄膜成膜，其特徵在於包含：原料氣體供給部，為對該反應容器內供給該原料氣體，設於該原料氣體之供給路徑之端部；壓力調整用閥，設於用來使該反應容器內真空排氣之真空排氣路；壓力限制用閥及開閉閥，分別設於繞過該壓力調整用閥之旁通路，限制該反應容器內之壓力為預先設定之壓力；緩衝槽，設於該原料氣體之供給路徑之中途，以在昇壓之狀態下儲存該原料氣體；流量調整用閥，設於該原料氣體之供給路徑中該緩衝槽之下游側；及控制部，控制成：在對該反應容器內供給儲存於該緩衝槽內之該原料氣體時，開啟該開閉閥。

An apparatus for forming a thin film on a substrate in a reaction container by alternately supplying a raw material gas and a reaction gas into the reaction container under a vacuum atmosphere is provided. The apparatus includes: a raw material gas supply unit installed in an end portion of a supply path of the raw material gas; a pressure adjusting valve installed in an vacuum exhaust path; a pressure regulating valve and an opening and closing valve which are respectively installed in a bypass path detouring the pressure adjusting valve; a tank installed in the middle of the supply path of the raw material gas; a flow rate adjusting valve installed in a downstream side of the tank; and a control unit configured to control the opening and closing valve to be opened when the raw material gas stored in the tank is supplied into the reaction container.

指定代表圖：

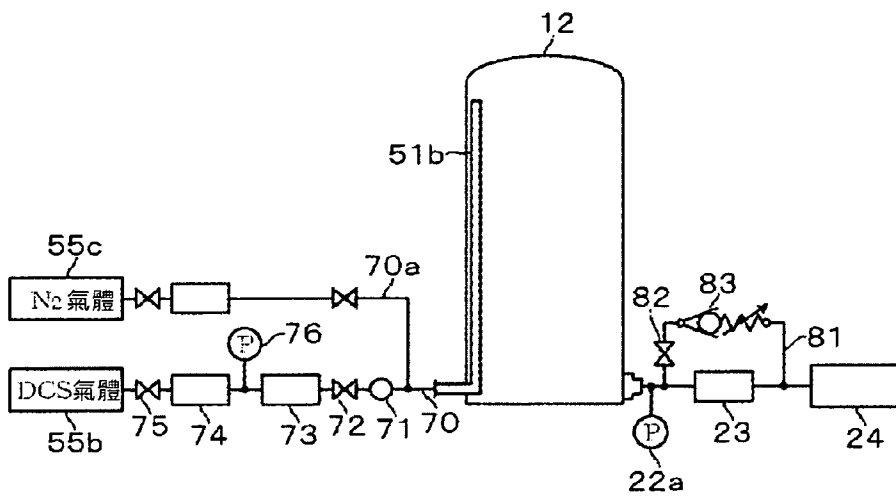


圖 1

符號簡單說明：

12 . . . 反應管

22a . . . 壓力計

23 . . . 壓力調整部

24 . . . 真空泵

51b . . . 原料氣體噴嘴

55c . . . 供給源

55b . . . 供給源

70 . . . 供給路徑

70a . . . 供給路徑

71 . . . 流量調整部
(調節閥)

72 . . . 開閉閥

73 . . . 緩衝槽

74 . . . 流量調整部
(質量流量控制器)

75 . . . 開閉閥

76 . . . 壓力計

81 . . . 旁通線

82 . . . 開閉閥

83 . . . 洩壓閥

**公告本**

申請日: 104.3.23

【發明摘要】IPC分類: C23C 16/455 (2006.1)
C23C 16/52 (2006.1)
H01L 21/02 (2006.1)**【中文發明名稱】** 成膜裝置、成膜方法及記憶媒體**【英文發明名稱】** FILM FORMING APPARATUS, FILM FORMING METHOD,
AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM**【中文】**

本發明旨在提供一種成膜裝置、成膜方法及記憶媒體。

其中，該成膜裝置，對呈真空氛圍之反應容器內，交互供給「原料氣體，和與該原料氣體反應而產生反應生成物之反應氣體」，在該反應容器內的基板上使薄膜成膜，其特徵在於包含：原料氣體供給部，為對該反應容器內供給該原料氣體，設於該原料氣體之供給路徑之端部；壓力調整用閥，設於用來使該反應容器內真空排氣之真空排氣路；壓力限制用閥及開閉閥，分別設於繞過該壓力調整用閥之旁通路，限制該反應容器內之壓力為預先設定之壓力；緩衝槽，設於該原料氣體之供給路徑之中途，以在昇壓之狀態下儲存該原料氣體；流量調整用閥，設於該原料氣體之供給路徑中該緩衝槽之下游側；及控制部，控制成：在對該反應容器內供給儲存於該緩衝槽內之該原料氣體時，開啓該開閉閥。

【英文】

An apparatus for forming a thin film on a substrate in a reaction container by alternately supplying a raw material gas and a reaction gas into the reaction container under a vacuum atmosphere is provided. The apparatus includes: a raw material gas supply unit installed in an end portion of a supply path of the raw material gas; a pressure adjusting valve installed in an vacuum exhaust path; a pressure regulating valve and an opening and closing valve which are respectively installed in a bypass

path detouring the pressure adjusting valve; a tank installed in the middle of the supply path of the raw material gas; a flow rate adjusting valve installed in a downstream side of the tank; and a control unit configured to control the opening and closing valve to be opened when the raw material gas stored in the tank is supplied into the reaction container.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 12 反應管
- 22a 壓力計
- 23 壓力調整部
- 24 真空泵
- 51b 原料氣體噴嘴
- 55c 供給源
- 55b 供給源
- 70 供給路徑
- 70a 供給路徑
- 71 流量調整部（調節閥）
- 72 開閉閥
- 73 緩衝槽
- 74 流量調整部（質量流量控制器）
- 75 開閉閥
- 76 壓力計
- 81 旁通線

82 開閉閥

83 洩壓閥

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 成膜裝置、成膜方法及記憶媒體

【英文發明名稱】 FILM FORMING APPARATUS, FILM FORMING METHOD,
AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

〔相關申請文獻〕

【0001】

本發明，係根據依2014年3月27日申請之日本專利申請案第2014-066669號之優先權之利益，將該日本申請案之所有內容，作為參照文獻導入於此。

【技術領域】

【0002】

本發明，係關於一種成膜裝置、成膜方法及記錄有此成膜方法之非暫時性之電腦可讀取記憶媒體，在真空氛圍下，對收納於反應容器內之基板供給成膜用原料氣體，使薄膜成膜。

【先前技術】

【0003】

作為例如使氮化矽（Si-N）膜等薄膜成膜之裝置，已知一種成膜裝置，將「呈棚架狀疊載半導體晶圓（以下稱「晶圓」）等基板之晶圓舟（基板固持具）」，自下方側氣密地送入縱型反應管內，進行成膜處理。於反應管內，設置：用來分別對各晶圓供給矽類之原料氣體（例如二氯矽烷（DCS）氣體），與氮類之反應氣體（例如氨（NH₃）氣體）之氣體注射器。且於反應管之外側，設置用來使氨氣電漿化之一對平行電極。

第 1 頁，共 20 頁(發明說明書)

【0004】

如此之成膜裝置中使已述之氮化矽膜成膜時，使用：進行複數次交互對各晶圓供給原料氣體與反應氣體之電漿之成膜週期之手法，即所謂ALD法。因此，在各晶圓上，原料氣體與反應氣體之電漿反應而產生之反應生成物，恰堆疊該成膜週期之次數分，形成薄膜。因此，ALD法中，成膜週期之重複次數與薄膜之膜厚尺寸相互相關，依如此之原理，其具有易於控制該膜厚尺寸之特徵。

【0005】

然而，各成膜週期中，若欲設置待命時間至晶圓之表面吸附原料氣體結束止，換言之，若欲使吸附反應進展至原料氣體之吸附量飽和止，以進行理想的ALD反應，處理時間即會膨脹，導致處理能力降低。亦即，暫且不談想像中的反應機構，使用實際的裝置在現實中使薄膜成膜時，考慮到生產力、處理之成膜溫度及使用之原料氣體之類別，難以取得原料氣體之吸附反應所謂自限成長地停止為止，相當長的吸附時間。

【0006】

因此，在原料氣體之吸附不飽和之處理條件下使薄膜成膜時，薄膜之膜厚尺寸之控制極為困難。在此，對晶圓進行成膜處理時，就膜厚測定用擋片晶圓（裸晶圓），將其與產品晶圓一齊在相同批次內進行薄膜之成膜測試，確認薄膜之膜厚尺寸。

【0007】

又，於表面形成圖案之產品晶圓中，相較於未形成圖案之擋片晶圓，表面積較大，故原料氣體之消耗量較多。因此，即使使用擋片晶圓確認膜厚尺寸，實際之產品晶圓中，相較於擋片晶圓，薄膜之膜厚尺寸仍易於較薄。且晶圓舟中產品晶圓之疊載片數愈增加，原料氣體之消耗量即愈增加，故受到每1批次之產品晶圓之投入片數的影響，薄膜之膜厚尺寸變得更難以控制。

【0008】

自以往，已知關於使氧化鋁膜成膜時，保持緩衝槽內之壓力於一定之技術，但未知關於已述之課題。

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

【0009】

本發明提供一種技術，在真空氛圍下，對收納於反應容器內之基板供給成膜用原料氣體，使薄膜成膜時，可輕易地調整該薄膜之膜厚尺寸。

〔解決課題之手段〕

【0010】

本發明之成膜裝置，

對呈真空氛圍之反應容器內，交互供給「原料氣體，和與該原料氣體反應而產生反應生成物之反應氣體」，在該反應容器內的基板上使薄膜成膜，其特徵在於包含：

原料氣體供給部，為對該反應容器內供給該原料氣體，設於該原料氣體之供給路徑之端部；

壓力調整用閥，設於用來使該反應容器內真空排氣之真空排氣路；

壓力限制用閥及開閉閥，分別設於繞過該壓力調整用閥之旁通路，限制該反應容器內之壓力為預先設定之壓力；

緩衝槽，設於該原料氣體之供給路徑之中途，以在昇壓之狀態下儲存該原料氣體；

流量調整用閥，設於該原料氣體之供給路徑中該緩衝槽之下游側；及

控制部，控制成：在對該反應容器內供給儲存於該緩衝槽內之該原料氣體時，開啓該開閉閥。

【0011】

本發明之成膜方法，

對呈真空氛圍之反應容器內，交互供給「原料氣體，和與該原料氣體反應而產生反應生成物之反應氣體」，在該反應容器內的基板上使薄膜成膜，其特徵在於包含下列程序：

使用「為將該反應容器內之壓力限制於P1而設於真空排氣路之壓力限制用閥，與原料氣體供給部」，在設於朝該原料氣體供給部之該原料氣體之供給路徑之中途之緩衝槽內，以昇壓之狀態儲存原料氣體；及

在藉由設於該緩衝槽之下游側之流量調整用閥，調整氣體流量為設定流量之狀態下，自該緩衝槽經由該原料氣體供給部對該反應容器內供給該原料氣體時間 Δt ，且藉由該壓力限制用閥之作用，橫跨「自該原料氣體之供給開始時點t1起經過 $\Delta t \times (1/3)$ 前之時點，與自該原料氣體之供給開始時點t1起經過 $\Delta t \times (2/3)$ 後之時點之間」，將該反應容器內之壓力限制為P1。

【0012】

本發明之非暫時性之電腦可讀取記憶媒體，

儲存有在電腦上動作之電腦程式，其特徵在於：

該電腦程式裝有步驟，以實施已述之成膜方法。

【圖式簡單說明】

【0013】

作為本說明書之一部分導入附圖，揭示本發明之實施形態，該附圖與上述之一般說明及後述之實施形態之詳細內容一齊，說明本發明之概念。

【0014】

〔圖1〕係示意顯示本發明之成膜裝置之一例之示意圖。

【0015】

〔圖2〕係顯示該成膜裝置中供給原料氣體時反應管內之壓力之變遷之概略圖。

【0016】

〔圖3〕係顯示該成膜裝置之縱剖面圖。

【0017】

〔圖4〕係顯示該成膜處理之橫剖面圖。

【0018】

〔圖5〕(a) ~ (b) 係顯示該成膜裝置中供給原料氣體時排氣側之動作之程序圖。

【0019】

〔圖6〕係顯示該成膜裝置中排氣側之動作之示意圖。

【0020】

〔圖7〕係顯示該成膜裝置中排氣側之動作之示意圖。

【0021】

〔圖8〕(a) ~ (c) 係顯示該成膜裝置中供給原料氣體時供給側之動作之程序圖。

【0022】

〔圖9〕係顯示本發明之實施例中獲得之實驗結果之特性圖。

【0023】

〔圖10〕係顯示一般的ALD法中氣體壓力之變遷之特性圖。

【實施方式】**【0024】**

以下，參照附圖詳細記載關於本發明之各種實施形態。下述之詳細說明中，為可充分理解本發明，賦予大量具體的詳細內容。然而，孰悉該技藝者即使無如此之詳細說明，當然亦可達成本發明。其他例中，為避免各種實施形態難以理解，關於公知之方法、順序、系統或構成要素不詳細揭示。

【0025】

參照圖1～圖4說明關於依本發明之成膜裝置之實施形態之一例。此成膜裝置，係一批式縱型熱處理裝置，藉由對晶圓W交互供給「相互反應之原料氣體與反應氣體」，堆疊反應生成物之ALD法，使薄膜成膜，於縱型反應管（反應容器）12內對複數片晶圓W一併進行成膜處理。又，此裝置中，如圖1所示，於反應管12之排氣側設置後述之旁通線81，藉此，如圖2示意所示，橫跨至對各晶圓W供給原料氣體之時刻 $t_1 \sim t_2$ 止，該反應管12內概略呈一定之處理壓力 P_1 。接著，說明關於裝置各部之詳細內容。又，圖1中，簡化描繪成膜裝置，且圖2中，亦一併描繪關於以往供給原料氣體時反應管12內之壓力。

【0026】

反應管12，如圖3及圖4所示，呈下端側開口之概略圓筒型形成，可將「呈棚架狀疊載多數片例如150片晶圓W之晶圓舟11」任意收納於內部，且此例中，為石英製。於反應管12之下端側開口部，設置氣密地使該開口部開閉之蓋體25，此蓋體25可與晶圓舟11一齊，藉由未圖示之舟升降部任意昇降。於反應管12之外側，設置概略圓筒型之加熱爐本體14，於加熱爐本體14之內壁面，橫跨周方向配置作為加熱機構之加熱器13。圖3中，16係基板，26係隔熱體，27係旋轉軸，28係馬達等驅動部。又，圖3中，以部分切開之方式描繪加熱爐本體14、加熱器13及基板16。

【0027】

如圖3及圖4所示，反應管12，呈外管12a與收納於該外管12a之內部之內管12b之雙重管構造，由上下表面開口之概略圓筒形狀之岐管18自下方側氣密地支持。亦如圖4所示，俯視觀察時內管12b之一端側（前側）之部位，橫跨該內管12b之長度方向朝外側突出，成為電漿產生區域12c，此電漿產生區域12c中外周側之部位，較外管12a更朝外側突出。換言之，使外管12a及內管12b中壁面之一部分橫跨上下方向呈狹縫狀開口，將晶圓舟11側開口之概略箱型之石英構件之開口端及外壁面，分別焊接於內管12b及外管12a之側面側之開口部，藉此構成此電漿產生區域12c。

【0028】

於該電漿產生區域12c，收納：沿晶圓舟11之長度方向延伸之處理氣體供給部（氣體注射器），即氨氣噴嘴51a。此氨氣噴嘴51a之下端部，氣密地貫通構成該電漿產生區域12c之反應管12之內壁面，連接氨氣之供給源55a。此氨氣噴嘴51a中該氨氣之供給源55a側之端部，如圖3所示，於中途部位分支，連接氮（ N_2 ）氣等沖洗氣體之供給源55c。又，圖4中，關於對反應管12內供給各氣體之構成，省略其一部分。

【0029】

如圖4所示，於電漿產生區域12c之外側（反應管12之外側），以自左右包夾該電漿產生區域12c之方式，設置：用來使自氨氣噴嘴51a供給之氨氣電漿化之一對電漿產生用電極61、61。電漿產生用電極61、61，分別橫跨晶圓舟11之長度方向延伸而形成，且配置於接近電漿產生區域12c之位置。電漿產生用電極61，經由開關部62及匹配器63，連接頻率及輸出電力分別為例如13.56MHz及1kW之高頻波電源64。亦即，一對電漿產生用電極61、61中一方之電漿產生用電極61連接高頻波電源64，另一方之電漿產生用電極61接地。

第7頁，共20頁(發明說明書)

【0030】

又，如圖4所示，接近晶圓舟11之位置中自電漿產生區域12c觀察於其左右兩側，作為原料氣體供給部配置有：用來供給含矽之原料氣體，此例中係二氯矽烷（DCS）氣體之2根原料氣體噴嘴51b、51b。此等原料氣體噴嘴51b、51b，橫跨晶圓舟11之長度方向延伸，且於下端位置相互匯流，經由反應管12之內壁面朝原料氣體之供給源55b伸出。

【0031】

於原料氣體噴嘴51b、51b與原料氣體之供給源55b之間之供給路徑70，如圖1、圖3及圖4所示，自原料氣體噴嘴51b側依序配置：流量調整部（調節閥）71、開閉閥72、作為氣體之儲存部之緩衝槽73、流量調整部（質量流量控制器）74及開閉閥75。緩衝槽73，可儲存 $3 \times 10^{-7} \text{Nm}^3$ （0.3L） $\sim 3 \times 10^{-6} \text{Nm}^3$ （3L）之體積之原料氣體，該體積若以反應管12內之容積限定的話即為該容積之0.15%~1.5%。於緩衝槽73與流量調整部74之間之供給路徑70，設置用來測定該供給路徑70內之氣體壓力之壓力計76。

【0032】

亦即，此例中，將原料氣體之供給源55b中之原料氣體以昇壓狀態一度積存於緩衝槽73，自該緩衝槽73對各晶圓W以大流量（0.5m/s以上）供給原料氣體。因此，原料氣體之供給源55b與緩衝槽73之間之流量調整部74及開閉閥75，分別用來進行：自該原料氣體之供給源55b對緩衝槽73供給之原料氣體之流量調整及原料氣體之供給或停止。

【0033】

且已述之壓力計76，用來測定（偵測）儲存於緩衝槽73之原料氣體之壓力。又，較緩衝槽73更下游側之流量調整部71及開閉閥72，用來進行對各晶圓W供給之原料氣體之流量之調整及供給或停止，如後述，由控制部100控制，俾對各

晶圓W盡量以一定之流量供給大流量之原料氣體。供給路徑70中較流量調整部71更靠原料氣體噴嘴51b側之部位，連接：自沖洗氣體之供給源55c延伸之供給路徑70a之下游側之端部。圖3中，52係氣體噴吐口，形成於各晶圓W之每一載置位置。又，圖4中，省略該供給路徑70a。

【0034】

於反應管12之內壁面中氣體噴嘴51a、51b之貫通位置之附近位置，如圖3所示，氣密地插入有：自氟化氫（HF）氣體或氟（F₂）氣等清洗氣體之供給源55d延伸之清洗氣體噴嘴51c。此清洗氣體噴嘴51c之前端部，於晶圓舟11之下方位置開口。圖3中，53係閥，54係流量調整部。又，圖4中，省略清洗氣體噴嘴51c之記載。

【0035】

在內管12b中與電漿產生區域12c對向之部位，如圖3及圖4所示，形成概略呈圓形之排氣口17，此排氣口17，橫跨上下方向例如以等間隔之方式排列於複數處。且在外管12a中自電漿產生區域12c觀察朝側方側脫離之位置，如圖3所示，形成前端部呈凸緣狀伸出之排氣埠21，此排氣埠21，氣密地連接真空排氣路22之基端側。於真空排氣路22，設置：用來偵測該真空排氣路22內之壓力之壓力計22a。

【0036】

如圖1、圖3及圖4所示，此真空排氣路22之另一端側，經由蝶形閥等之壓力調整部（APC：自動壓力控制器）23，連接作為真空排氣機構之真空泵24，可依該壓力調整部23之開度任意調整反應管12內之壓力。亦即，壓力調整部23，可依來自控制部100之控制信號，調整真空排氣路22中氣體流路之開度，俾反應管12內之壓力（由壓力計22a偵測之偵測值）維持於設定壓力。

【0037】

於此真空排氣路22中排氣埠21與壓力調整部23之間，連接自該真空排氣路22分支而延伸之旁通線81之一端側，此旁通線81之另一端側，連接於真空排氣路22中壓力調整部23與真空泵24之間。於此旁通線81，自反應管12側朝真空泵24側依序設置開閉閥82，與壓力限制用閥，即洩壓閥83。

【0038】

洩壓閥83，對應自該洩壓閥83觀察真空泵24側（下游側）之壓力，與反應管12側（上游側）之壓力之差壓，使旁通線81中之氣體流路自動開閉。具體而言，洩壓閥83，在該差壓升高至某程度以上（詳細而言係已述之處理壓力P1以上）時，開放旁通線81中之氣體流路，另一方面，在該差壓低於處理壓力P1時，關閉（隔斷）該氣體流路。

【0039】

因此，於較洩壓閥83更靠真空泵24側，經常以該真空泵24設定為真空氛圍，故洩壓閥83，可以說是在反應管12內之壓力升高至某程度以上時開放。旁通線81中已述之開閉閥82，係用來決定是否使用該旁通線81之選擇部。關於設置旁通線81之理由，與後述之作用之說明一併詳述。

【0040】

於此成膜裝置，如圖3所示，設置用來控制裝置整體之動作之電腦所構成之控制部100，於此控制部100之記憶體內，儲存用來進行後述之成膜處理之程式。此程式，自硬碟、光碟、磁光碟、記憶卡、軟碟等記憶媒體，即記憶部101，安裝至控制部100內。

【0041】

其次，參照圖2、圖5～圖8說明關於上述實施形態之作用。首先，將「疊載有於表面形成圖案之產品晶圓，與擋片晶圓（裸晶圓）之晶圓舟11」，氣密地送入加熱至成膜溫度之反應管12內（t0）。接著，設定壓力調整部23（蝶形閥之

開度)，並開放開閉閥82（使氣體可於旁通線81流通），俾反應管12內呈進行成膜處理時之處理壓力P1。裸晶圓，用來確認薄膜之膜厚尺寸。

【0042】

且於緩衝槽73預先導入 $3 \times 10^{-7} \text{Nm}^3$ (0.3L) $\sim 3 \times 10^{-6} \text{Nm}^3$ (3L) 之原料氣體，接著於時刻t1，開放開閉閥72，並以流量調整部71調整原料氣體之供給量，同時開始對反應管12內供給原料氣體。具體而言，與原料氣體一齊對反應管12內供給沖洗氣體，俾以沖洗氣體推出原料氣體。如此開放開閉閥72後，即使以流量調整部71調整原料氣體之供給量（具體而言，盡量限制流量調整部71之開度），儲存於緩衝槽73之大流量之原料氣體仍會在瞬間朝反應管12內流動。另一方面，壓力調整部23之回應速度沒那麼快，故該反應管12內之壓力昇壓。

【0043】

亦即，如圖5（a）所示，原料氣體之供給開始之時刻t1至該原料氣體之供給停止之時刻t2止之吸附時間 Δt ，係較原料氣體之吸附飽和之飽和時間短之時間。此吸附時間 Δt ，具體而言為2秒 \sim 10秒（此例中係3秒），較壓力調整部23之可回應（調整開度）之時間短。因此，供給原料氣體之時刻t1 \sim t2之期間中，壓力調整部23，呈所謂一定之開度。因此，未設置旁通線81時，如已述之圖2作為習知者以虛線所示，反應管12內之壓力概略為山型之曲線。

【0044】

然而，本發明中，設置插設有洩壓閥83之旁通線81，開放此洩壓閥83之壓力設定為已述之處理壓力P1。因此，如圖5（b）及圖6所示，橫跨自反應管12內之壓力欲超越處理壓力P1之時刻t11起，至其後伴隨著緩衝槽73中原料氣體之儲存量減少，反應管12內之壓力低於處理壓力P1之時刻t21止之時間，洩壓閥83開放。

【0045】

如此於反應管12內，如已述之圖2所示，橫跨時刻 $t_{11} \sim t_{21}$ ，維持（限制）於處理壓力 P_1 。此處理壓力 P_1 ，如以下說明，設定為使反應管12內產品晶圓與裸晶圓之間原料氣體之吸附量盡量一致，且不導致處理能力降低之程度，具體而言，為1Torr（133Pa）～5Torr（666Pa）。反應管12內之壓力不超越處理壓力 P_1 時，如圖7所示，洩壓閥83維持關閉，因此反應管12內之原料氣體經由真空排氣路22被排氣。又，圖2中，示意顯示反應管12內之壓力。

【0046】

在此，上述所謂「維持（限制）於處理壓力 P_1 」，意指反應管12內之壓力在例如原料氣體之供給開始初期過衝後，大致收斂為處理壓力 P_1 之狀態，非橫跨時刻 $t_1 \sim t_2$ 為處理壓力 P_1 之狀態。亦即，時刻 t_1 與時刻 t_{11} 之差分，及時刻 t_2 與時刻 t_{21} 之差分，各在吸附時間 Δt 之 $1/3$ 以下，具體而言分別為0.2秒～1秒，故顯示反應管12內之壓力變動之曲線（直線），如已述之圖2所示，概略為矩形或是梯形。

【0047】

亦即，如已述之先前技術之章節所說明，裸晶圓，相較於圖案於表面形成之晶圓 W （產品晶圓），表面積較小，故原料氣體之吸附量較少。又，本發明中，使用此裸晶圓確認產品晶圓中之膜厚尺寸，且採用在原料氣體之吸附量飽和前，停止該原料氣體之供給之處理。因此，吸附時間 Δt 中，無論於裸晶圓亦或產品晶圓，原料氣體之吸附皆持續進展（未飽和）。因此，於反應管12內橫跨吸附時間 Δt 充滿充分的量的原料氣體時，換言之，反應管12內之處理壓力 P_1 高至某程度時，裸晶圓中薄膜之膜厚尺寸較產品晶圓厚。

【0048】

另一方面，反應管12內之處理壓力 P_1 沒那麼高時，就裸晶圓及產品晶圓中任一者，皆呈原料氣體傾向不足之狀態，呈所謂受供給拖累之狀態。亦即，裸

晶圓及產品晶圓中，相較於處理壓力 $P1$ 高時，薄膜之膜厚尺寸之差小。又，反應管12內之處理壓力 $P1$ 愈低，該差愈小。在此，本發明中，如已述設定反應管12內之處理壓力 $P1$ ，俾在裸晶圓與產品晶圓之間薄膜之膜厚尺寸盡量一致，且可抑制處理能力之降低（使該吸附時間 Δt 不太長）。

【0049】

又，如以上說明，維持反應管12內之壓力為處理壓力 $P1$ 時，原料氣體，一旦接觸裸晶圓或產品晶圓之表面即迅速地吸附而被消耗。因此，即使反應管12內之處理壓力 $P1$ 一定，滯留於該反應管12內之原料氣體之濃度隨時間變化後，薄膜之膜厚尺寸即有在每一成膜週期，或是在橫跨複數次進行之批次處理中一批次處理與後續之其他處理之間，發生差異之虞。在此，本發明中，調整反應管12內之壓力，並如以下說明，就原料氣體之濃度亦橫跨吸附時間 Δt 使其一致。

【0050】

具體而言，已述之緩衝槽73，用來暫時積存原料氣體之供給源55b中之原料氣體，因此該緩衝槽73之壓力，如圖8（a）所示，一旦過了時刻 $t1$ （開始對反應管12內供給原料氣體）即逐漸降低。因此，本發明中，如圖8（b）所示，就流量調整部71之開度，逐漸增大。因此，如圖8（c）所示，對反應管12內供給之原料氣體之供給量 $V1$ ，橫跨時刻 $t1 \sim t2$ 一致。又，圖8（b），示意顯示流量調整部71之開度。

【0051】

又，如此調整原料氣體之供給量 $V1$ 時，如已詳述，使用緩衝槽73。亦即，原料氣體之供給量 $V1$ ，為達2,000sccm \sim 40,000sccm之大流量。在載置於晶圓舟11之晶圓 W （裸晶圓或是產品晶圓），和與該晶圓 W 之上方側對向之別的晶圓 W 之間流通之原料氣體之流速，在0.5m/s以上。因此，於反應管12內，原料氣體以「原料氣體雖因吸附反應被消耗，但此原料氣體之消耗未於各晶圓 W 間作為

薄膜之膜厚尺寸之差表面化，或是即使該差表面化亦不是問題之大流量」，且以一定之供給量 V_1 流通。亦即，就原料氣體之供給量 V_1 ，其為：在已述之處理壓力 P_1 下無論是裸晶圓亦或產品晶圓吸附量皆飽和之條件以上的速度。因此，吸附該晶圓 W 之原料氣體之吸附量，不受晶圓 W 之類別（裸晶圓或是產品晶圓）之影響，更不受反應管12內晶圓 W 之收納片數之影響，而為一定。

【0052】

接著，停止原料氣體之供給，並使壓力調整部23之開度全開，將原料氣體自反應管12內迅速排出。亦即，原料氣體之吸附程序結束後，迅速降低反應管12內之壓力，藉此，使其後多餘的吸附層不會因殘留於反應管12內之原料氣體形成。接著，關閉開閉閥82後，取代反應管12內之氛圍。具體而言，將反應管12抽真空後，對反應管12內供給沖洗氣體。接著，停止沖洗氣體之供給，設定反應管12內為處理壓力。又，對電漿產生用電極61供給高頻波電力，並自氨氣噴嘴51a對電漿產生區域12c供給氨氣。

【0053】

氨氣，因對電漿產生用電極61、61間供給之高頻波電力被電漿化，成為離子或自由基等之活性種。此活性種一旦接觸晶圓 W 之表面中之已述之吸附層，該吸附層即被氮化，形成氮化矽所構成之反應層。

【0054】

然後，停止對電漿產生用電極61、61之供電及氨氣之供給，並依序進行反應管12內之真空排氣與沖洗氣體之供給，取代反應管12內之氛圍。如此取代反應管12內之氛圍，同時橫跨多數次重複「以上說明之原料氣體之供給程序，與氨氣之電漿之供給程序」後，即可堆疊原料氣體與氨氣之反應生成物，形成氮化矽所構成之薄膜。

【0055】

其後，反應管12內回到大氣氛圍後，晶圓舟11下降至反應管12內之下位置，更換處理結束之晶圓W與未處理之晶圓W。此時，開閉閥82已關閉，故大氣氛圍不進入旁通線81。

【0056】

依上述之實施形態，於使反應管12內真空排氣之真空排氣路22設置旁通線81，並於此旁通線81配置洩壓閥83。因此，對反應管12內供給原料氣體時，可維持該反應管12內之壓力為處理壓力P1。且於以昇壓之狀態儲存原料氣體之緩衝槽73之下游側設置流量調整部71，故以大流量供給原料氣體時，該原料氣體之供給量V1可橫跨吸附時間 Δt 一致。因此，於反應管12內，原料氣體呈稀薄之狀態，且在此狀態下以大流量供給新的原料氣體，故薄膜之膜厚尺寸可於各晶圓W間一致。且無論反應管12內晶圓W之疊載片數多還是少，滯留於氛圍中之原料氣體之濃度皆一致，故可不受該疊載片數之影響形成膜厚尺寸均一的薄膜。

【0057】

且堆疊於反應管12內之各多數晶圓W中，原料氣體，自一方側（原料氣體噴嘴51b側）朝另一方側（排氣口17側）流通，而如已述，以較處理壓力P1下之飽和條件大的流量之供給量V1供給。因此，於該一方側與該另一方側，難以產生伴隨著原料氣體之消耗之濃度差，故各晶圓W中，面內薄膜之膜厚尺寸可均一化。因此，不那麼嚴密地設定例如成膜溫度等處理條件即可，故可提高處理之自由度，且就薄膜可獲得高良率。

【0058】

在此，探討關於不採用本發明之手法而欲橫跨吸附時間 Δt 維持於處理壓力P1之情形。亦即，供給例如原料氣體時，壓力調整部23全開之際，說不定會獲得接近已述之圖2之壓力變動。然而，不以流量調整部71調整原料氣體之流量時，原料氣體之消耗量於裸晶圓與產品晶圓會發生差異，故就薄膜之膜厚尺寸

亦會發生差異。且將原料氣體導入反應管12內後，關閉（密封）原料氣體之供給側時，同樣地原料氣體之消耗量於裸晶圓與產品晶圓之間會發生差異。且不使用緩衝槽73時，無法以大流量供給原料氣體，故就反應管12內之壓力，雖然說不定可維持於處理壓力P1，但會導致處理能力降低。因此，本發明之手法，係以大流量供給原料氣體為前提時，可控制薄膜之膜厚尺寸之有效手法。

【0059】

又，設置洩壓閥83時，於旁通線81與此洩壓閥83一齊設置開閉閥82。因此，即使在對反應管12內供給原料氣體以外之氣體（氮氣或沖洗氣體）之程序，或反應管12內回到大氣氛圍時，亦可防止非預期之氣體進入旁通線81。

【0060】

在此，說明關於用來使原料氣體之供給量V1橫跨吸附時間一致之具體手法。亦即，使用氮氣等預先進行實驗，確認流量調整部71於其前後壓力梯度之經時變化或氣體流量之經時變化，根據此實驗結果，調整已述之流量調整部71之開度。且關於供給量V1及處理壓力P1之具體值，因受氣體種類或成膜溫度之影響而不同，故於每一各處理中預先進行實驗設定之。

【0061】

關於以上說明之流量調整部71，亦可不使用已述之調節閥，代之以可高速回應之質量流量控制器。且作為流量調整部71，亦可使用孔口。亦即，亦可根據較流量調整部71更靠下游側之反應管12之內容積，設計緩衝槽73之內容積，無歧義地以一定流量供給大流量之原料氣體。且關於洩壓閥83，亦可使用可高速回應（控制）之自動壓力控制器。並且，亦可不設置洩壓閥83，就開閉閥82，與壓力計22a偵測之壓力之偵測結果連動，而高速開閉。此時，開閉閥82，係申請專利範圍中之壓力限制用閥。

【0062】

且本發明，亦可不適用於批式縱型熱處理裝置，代之以逐一進行成膜處理之單片式成膜裝置。如此之單片式成膜裝置中，就裸晶圓預先進行確認薄膜之膜厚尺寸之測試後，根據此測試結果，於針對接著的產品晶圓之成膜處理中設定（調整）處理條件。

【0063】

且旁通線81中反應管12側之上游端雖連接真空排氣路22，但該上游端亦可連接反應管12。亦即，反應管12連接2根真空排氣路22，一方之真空排氣路22作為主要（插設有壓力調整部23之）流路使用，且另一方之真空排氣路22作為附屬（設置洩壓閥83之）流路使用。此時，此等一方之真空排氣路22及另一方之真空排氣路22之下游端，可分別連接共通之真空泵24，亦可連接相互不同之真空泵24。

【0064】

作為適用本發明之處理，有交互供給原料氣體與反應氣體之ALD處理，具體的成膜種除已述之氮化矽膜外，尚有氧化矽（Si-O）膜或high-k膜。使high-k膜成膜時使用之原料氣體，有例如TEMAZ（四乙基甲基氨基鋅）氣體、TEMHF（四乙基甲基氨基鉛）氣體、Sr(THD)₂（銻雙四甲基庚二酮酸）氣體、TMA（三甲基鋁）氣體、Ti(MPD)(THD)（鈦甲基戊二酮雙四甲基庚二酮酸）氣體。

〔實施例〕

【0065】

接著，說明關於依本發明進行之實施例。

【0066】

具體而言，確認不設置旁通線81或洩壓閥83時，增加原料氣體之供給時間之際薄膜之膜厚尺寸如何變化。亦即，對表面平滑之裸晶圓，與圖案形成於表

面之產品晶圓，以共通之處理條件（原料氣體之吸附量不飽和之條件）進行成膜處理。其結果，如圖9所示，裸晶圓中膜厚尺寸較產品晶圓厚。

【0067】

又，就此等裸晶圓及產品晶圓，在原料氣體之吸附量不飽和之範圍內，增加該原料氣體之供給量時，就任一晶圓膜厚尺寸皆增加，裸晶圓及產品晶圓中，膜厚尺寸之增加量為同程度。亦即，如已述，在原料氣體之吸附量不飽和之條件下，就裸晶圓及產品晶圓中任一者，原料氣體之吸附量皆持續增加。因此可知，僅增加原料氣體之供給時間，無法在此等晶圓間消除膜厚尺寸之差分。圖9中，作為「膜厚減少率」，分別顯示就原料氣體之供給量少時及多時，將「自裸晶圓之膜厚尺寸扣除產品晶圓之膜厚尺寸之值」以該裸晶圓之膜厚尺寸除之值。即使比較此膜厚減少率，亦可以說，即使僅增加原料氣體之供給時間，亦難以改善晶圓間膜厚尺寸之差。

【0068】

圖10，顯示就不設置旁通線81或洩壓閥83時，於供給各氣體（原料氣體、沖洗氣體及氨氣）之一連串成膜週期中，測定反應管12內之壓力之結果。如由圖10可知，經由緩衝槽73以大流量且在短時間內供給原料氣體，故僅以壓力調整部23無法完全維持於處理壓力 P_1 ，反應管12內之壓力呈山型之曲線。因此，本發明之手法，在如此以大流量且在短時間內供給原料氣體時，可以說係極為有效之手法。

【0069】

本發明，於用來使反應容器內真空排氣之真空排氣路（旁通路）設置壓力限制用閥，且於用來以昇壓之狀態儲存原料氣體之槽之下游側配置流量調整用閥。因此，對反應容器內供給原料氣體時，可藉由壓力限制用閥維持該反應容器內之壓力為處理壓力，且可以大而均一的流量對反應容器內供給原料氣體。

因此，即使對表面積相互不同之基板進行成膜處理，亦可使薄膜之膜厚尺寸在各基板間一致。且對複數片基板一併進行成膜處理時，可不受收納於反應容器內之基板之片數之影響，使薄膜之膜厚尺寸一致。

【0070】

吾人應理解，本次揭示之實施形態就所有點而言皆係例示，而非限制者。實際上，上述之實施形態可以多種多樣之形態實現。且上述之實施形態，只要不逸脫添附之申請範圍及其主旨，亦可以各種形態省略、取代、變更。本發明之範圍，企圖包含添附之專利申請範圍與其均等之意義及範圍內之所有變更。

【符號說明】

【0071】

- 12 反應管
- 22a 壓力計
- 23 壓力調整部
- 24 真空泵
- 51b 原料氣體噴嘴
- 55c 供給源
- 55b 供給源
- 70 供給路徑
- 70a 供給路徑
- 71 流量調整部（調節閥）
- 72 開閉閥
- 73 緩衝槽
- 74 流量調整部（質量流量控制器）

第 19 頁，共 20 頁(發明說明書)

- 75 開閉閥
- 76 壓力計
- 81 旁通線
- 82 開閉閥
- 83 洩壓閥

C

C

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種成膜裝置，對於呈真空氛圍之反應容器內，交互供給「原料氣體、及與該原料氣體反應而產生反應生成物之反應氣體」，在該反應容器內的基板上使薄膜成膜，其特徵在於包含：

原料氣體供給部，為對該反應容器內供給該原料氣體，設於該原料氣體之供給路徑之端部，該原料氣體供給部供給該原料氣體的時間為 Δt ；

壓力調整用閥，設於用來使該反應容器內真空排氣之真空排氣路；

壓力限制用閥及開閉閥，分別設於繞過該壓力調整用閥之旁通路，限制該反應容器內之壓力為預先設定之壓力 $P1$ ，其中該壓力限制閥在「自該原料氣體之供給開始時點 $t1$ 起經過 $\Delta t \times (1/3)$ 前的時點，與自該原料氣體之供給開始時點 $t1$ 起經過 $\Delta t \times (2/3)$ 後的時點之間」，將該反應容器內之壓力限制為 $P1$ ；

緩衝槽，設於該原料氣體之供給路徑之中途，以在昇壓之狀態下儲存該原料氣體；

流量調整用閥，設於該原料氣體之供給路徑中之該緩衝槽的下游側；及

控制部，進行控制以在對該反應容器內供給儲存於該緩衝槽內之該原料氣體時，開啟該開閉閥。

【第2項】

如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中

該控制部進行控制，以在該反應容器內恢復為常壓時，關閉該開閉閥。

【第3項】

如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中

Δt 係設定為2秒~10秒之間的時間。

【第4項】

第1頁，共3頁(發明申請專利範圍)

如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中
供給該原料氣體時該反應容器內之壓力，為133Pa~666Pa。

【第5項】

如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中
於該反應容器內，通過該基板之表面時該原料氣體之流速，在0.5m/s以上。

【第6項】

如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中
包含呈棚架狀疊載基板之基板固持具，
該反應容器呈縱型構成，俾氣密地收納該基板固持具，
該原料氣體供給部，係為沿該基板固持具中該基板之排列方向延伸設置，
且沿其長度方向形成複數之氣體噴吐孔的原料氣體噴嘴。

【第7項】

如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中
該壓力限制用閥係洩壓閥。

【第8項】

一種成膜方法，對呈真空氛圍之反應容器內，交互供給「原料氣體，及與該原料氣體反應而產生反應生成物之反應氣體」，在該反應容器內的基板上使薄膜成膜，其特徵在於包含下列程序：

使用「為將該反應容器內之壓力限制於P1而設於真空排氣路之壓力限制用閥，與原料氣體供給部」，在設於朝該原料氣體供給部之該原料氣體之供給路徑之中途之緩衝槽內，以昇壓之狀態儲存原料氣體；及

在藉由設於該緩衝槽之下游側之流量調整用閥，來調整氣體流量為設定流量之狀態下，自該緩衝槽經由該原料氣體供給部對該反應容器內供給該原料氣體一段時間 Δt ，且藉由該壓力限制用閥之作用，在「自該原料氣體之供給開始時

第 2 頁，共 3 頁(發明申請專利範圍)

點 t_1 起經過 $\Delta t \times (1/3)$ 前的時點，與自該原料氣體之供給開始時點 t_1 起經過 $\Delta t \times (2/3)$ 後的時點之間」，將該反應容器內之壓力限制為 P_1 。

【第9項】

如申請專利範圍第8項之成膜方法，其中該時間 Δt ，係設定於2秒~10秒之間的時間。

【第10項】

如申請專利範圍第8項之成膜方法，其中供給該原料氣體時該反應容器內之壓力，為133Pa~666Pa。

【第11項】

如申請專利範圍第8項之成膜方法，其中於該反應容器內通過該基板之表面時該原料氣體之流速，在0.5m/s以上。

【第12項】

如申請專利範圍第8項之成膜方法，其中於該真空排氣路，設置壓力調整用閥，該壓力限制用閥，設於繞過該壓力調整用閥之旁通路。

【第13項】

一種非暫時性之電腦可讀取記憶媒體，儲存有在電腦上動作之電腦程式，其特徵在於：

該電腦程式包含用以實施如申請專利範圍第8項之成膜方法的步驟。

【發明圖式】

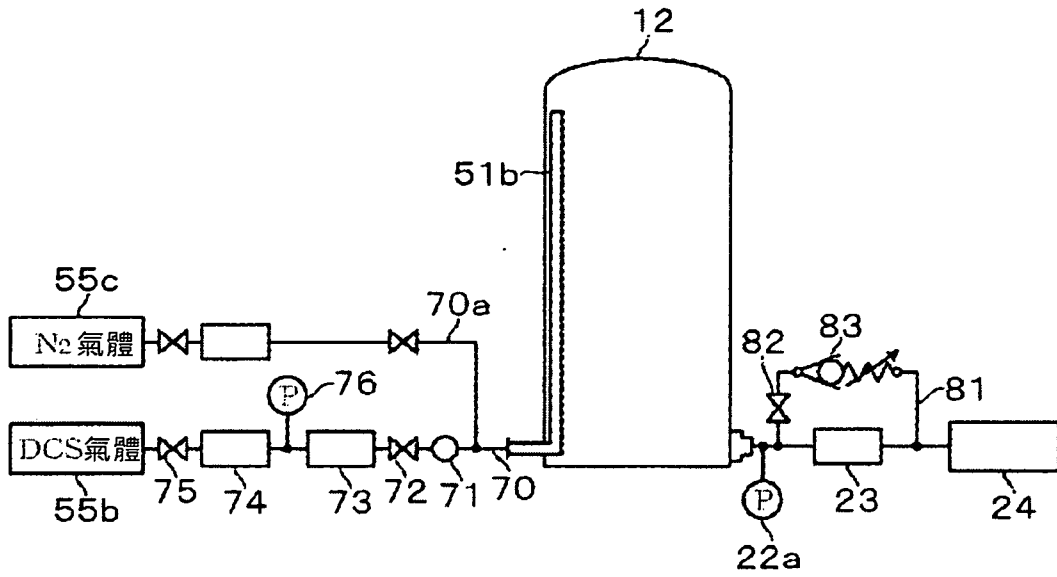


圖 1

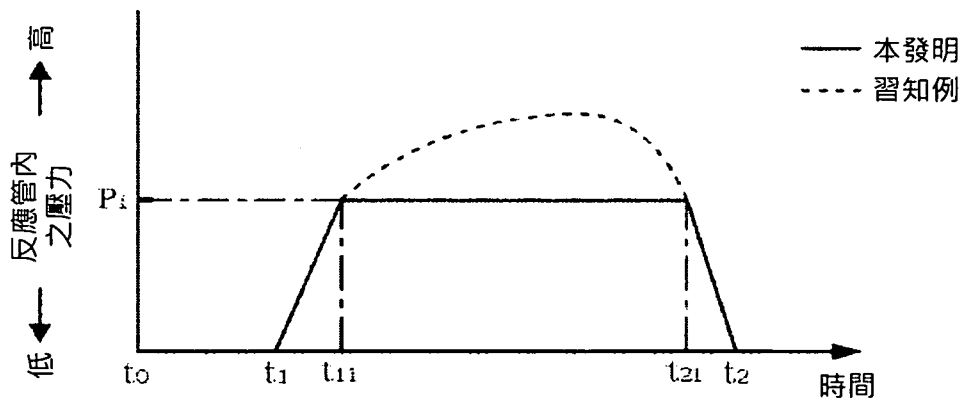


圖 2

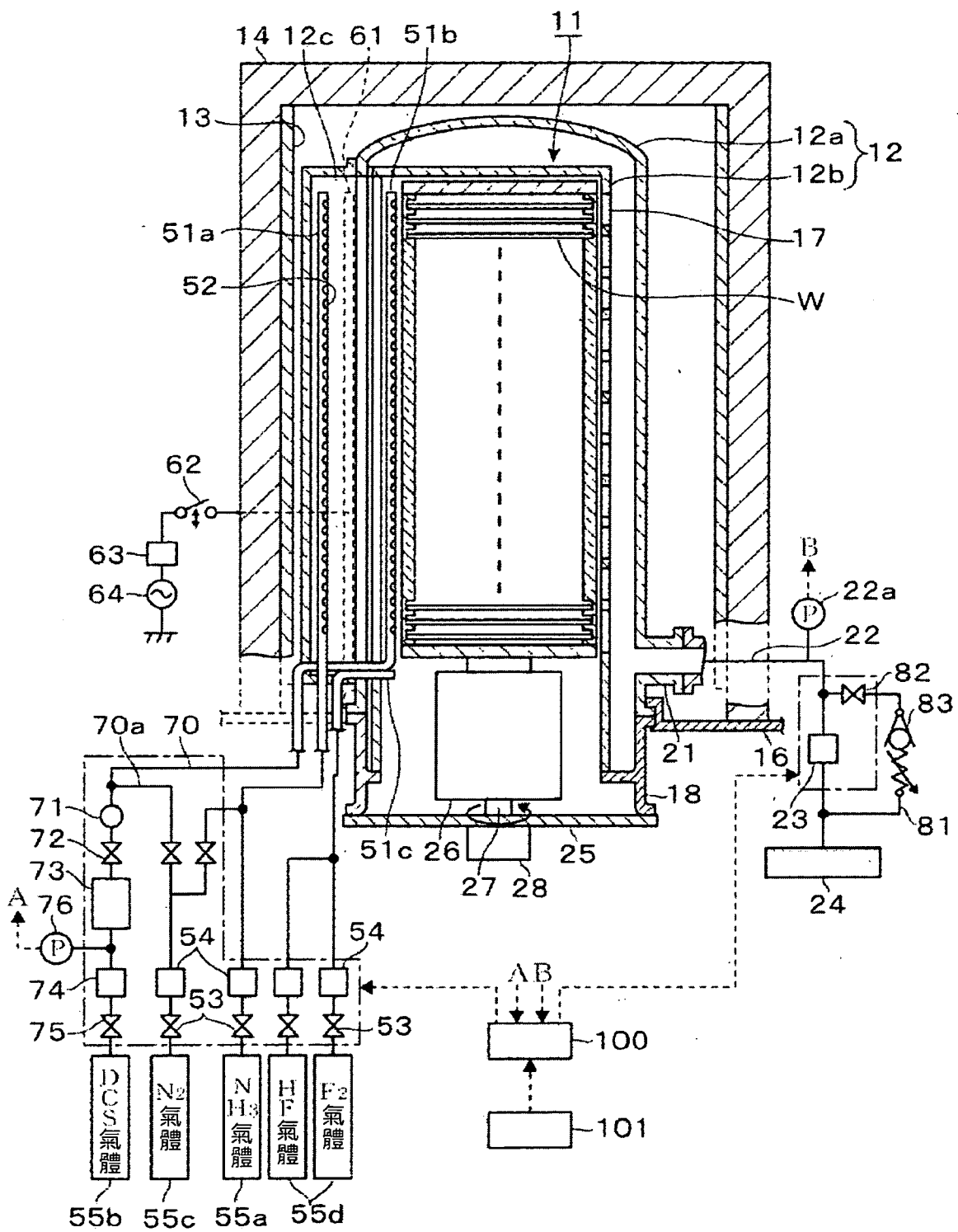


圖 3

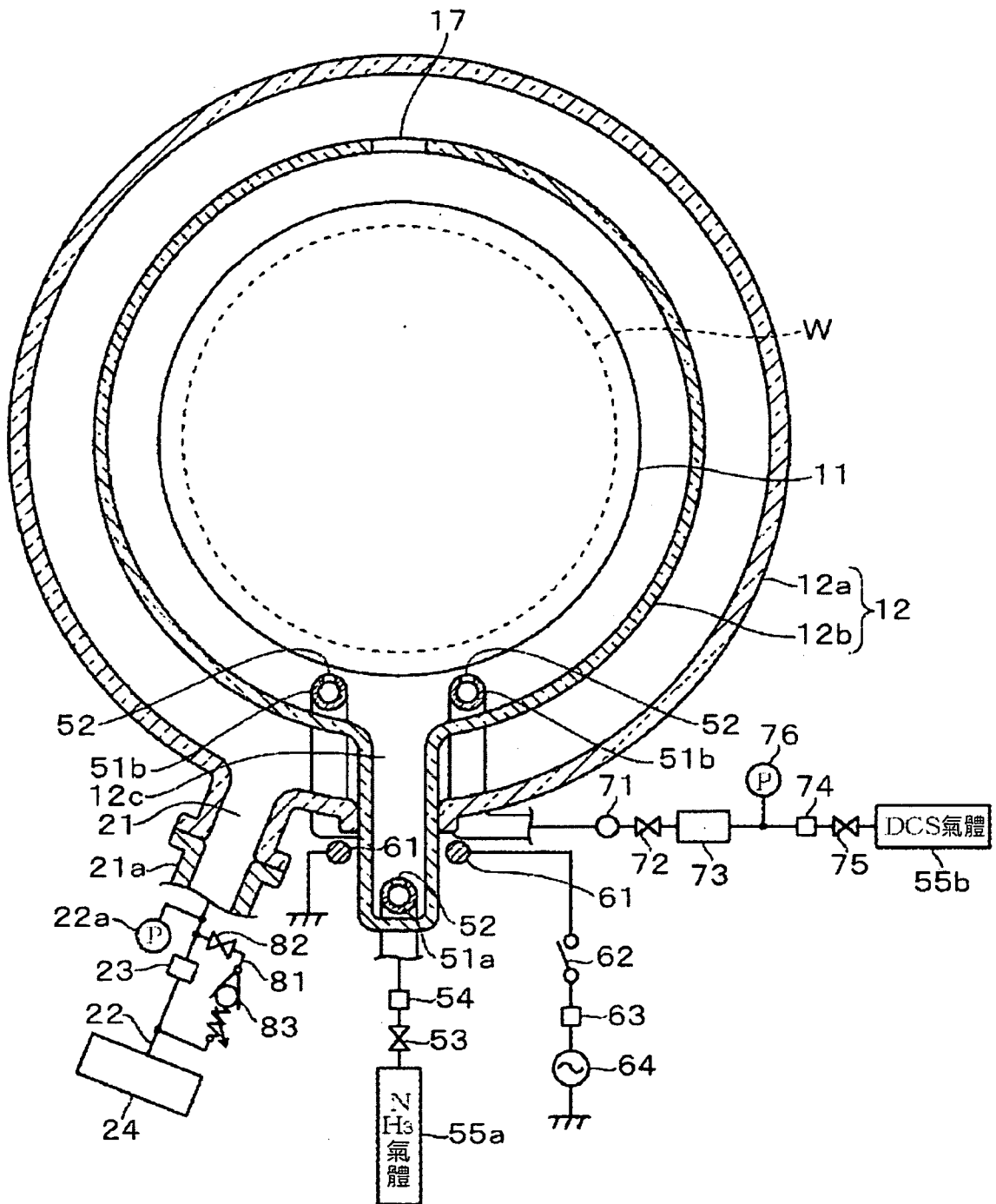


圖 4

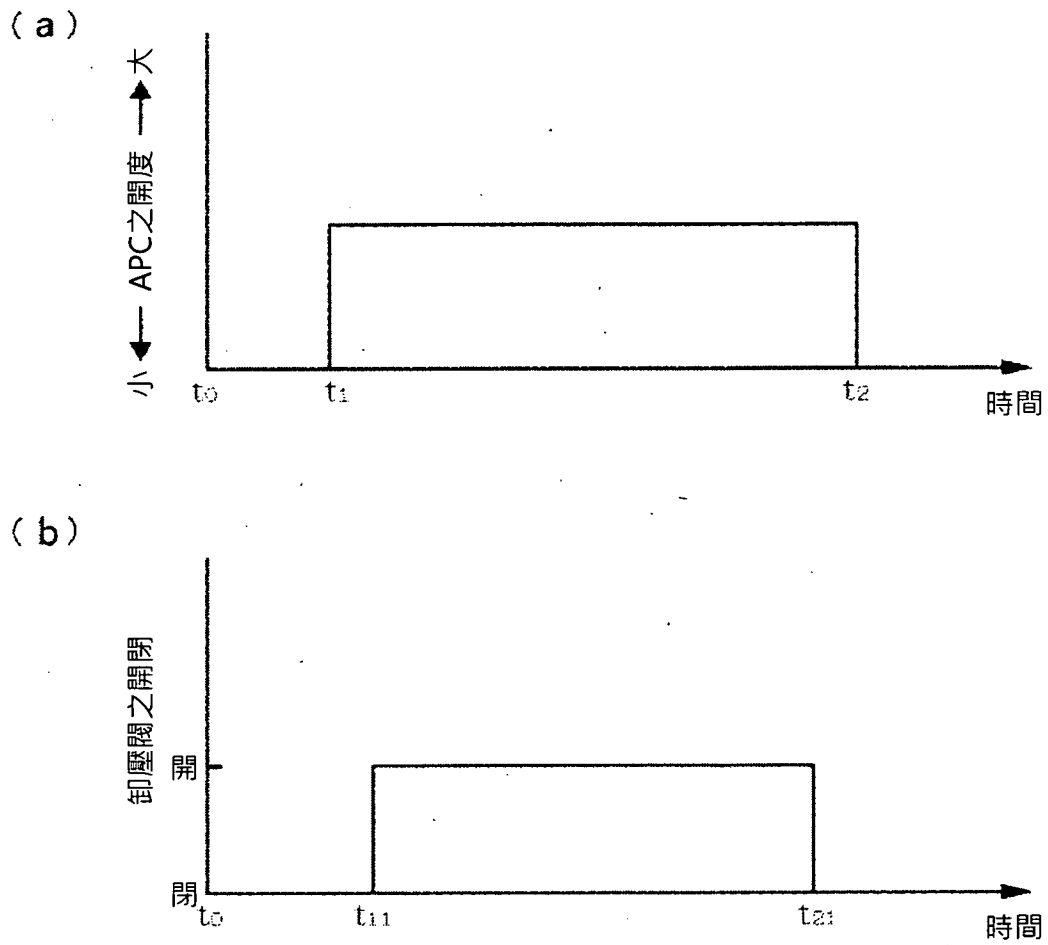


圖 5

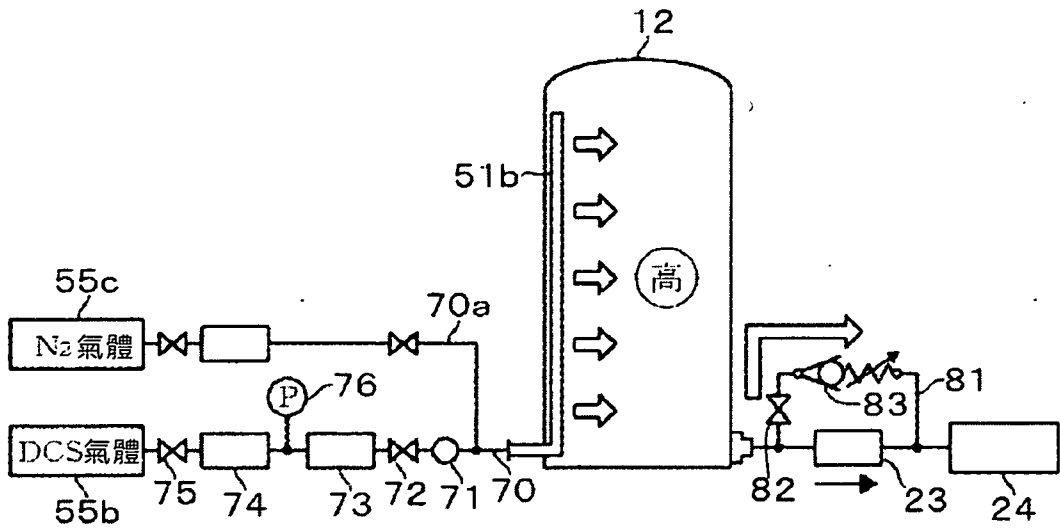


圖 6

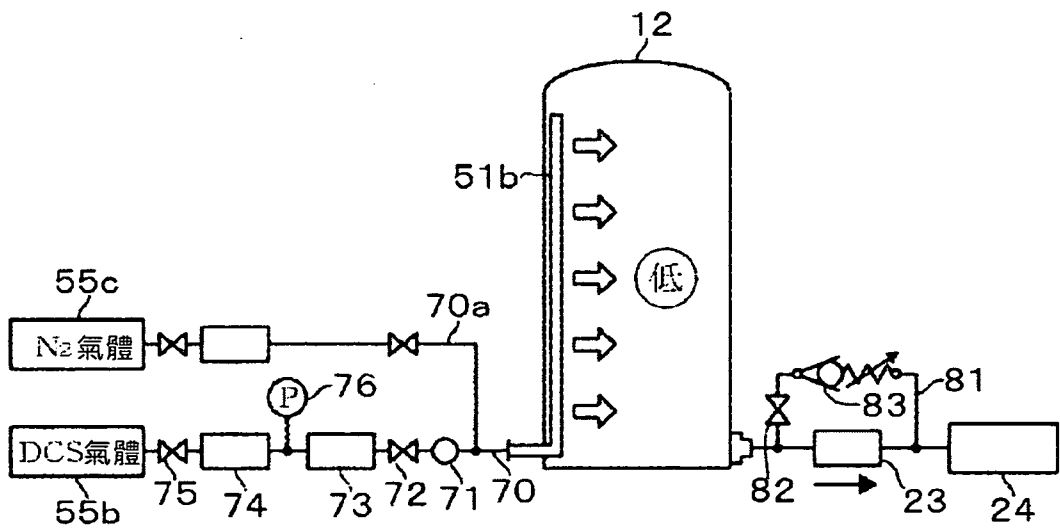


圖 7

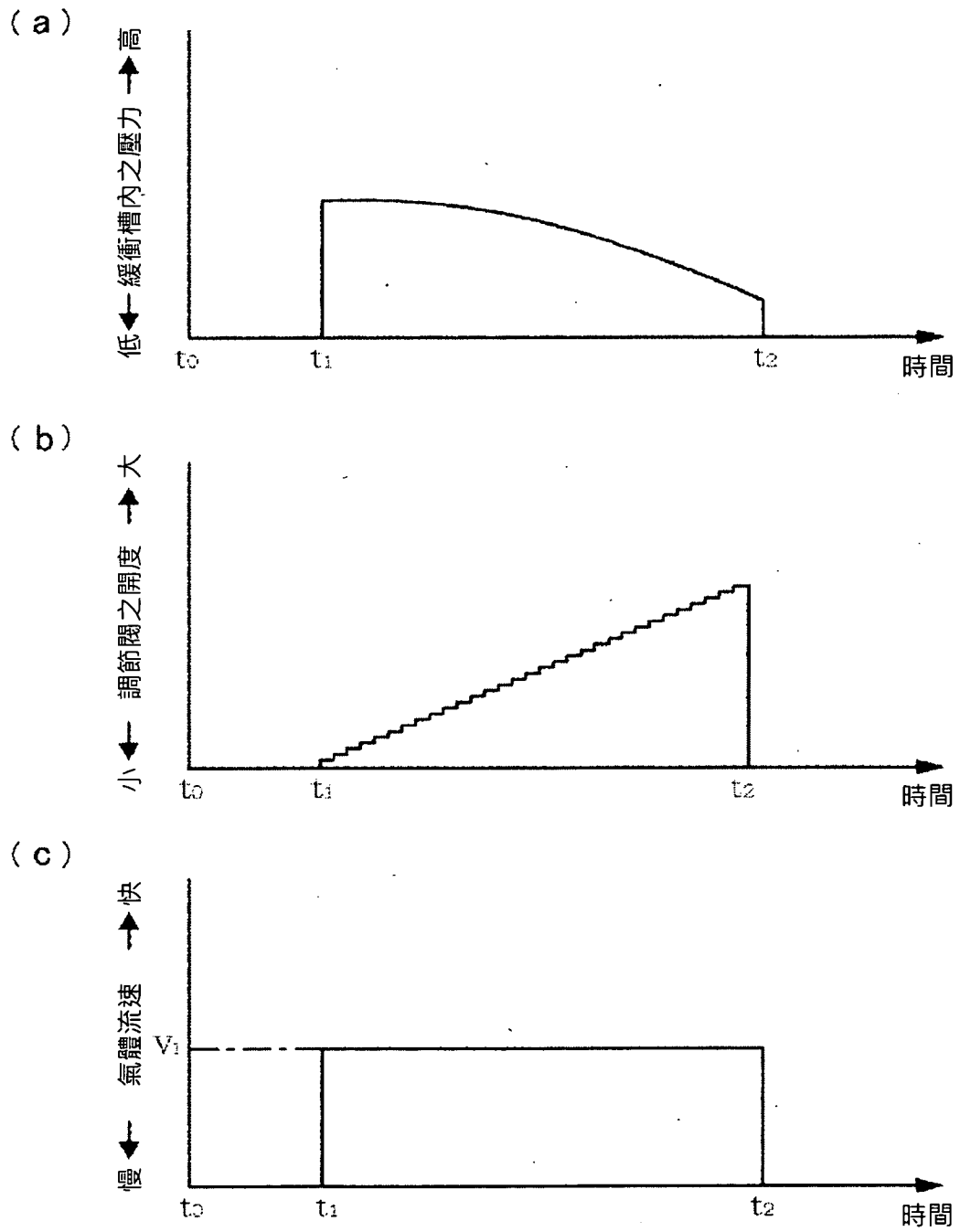


圖 8

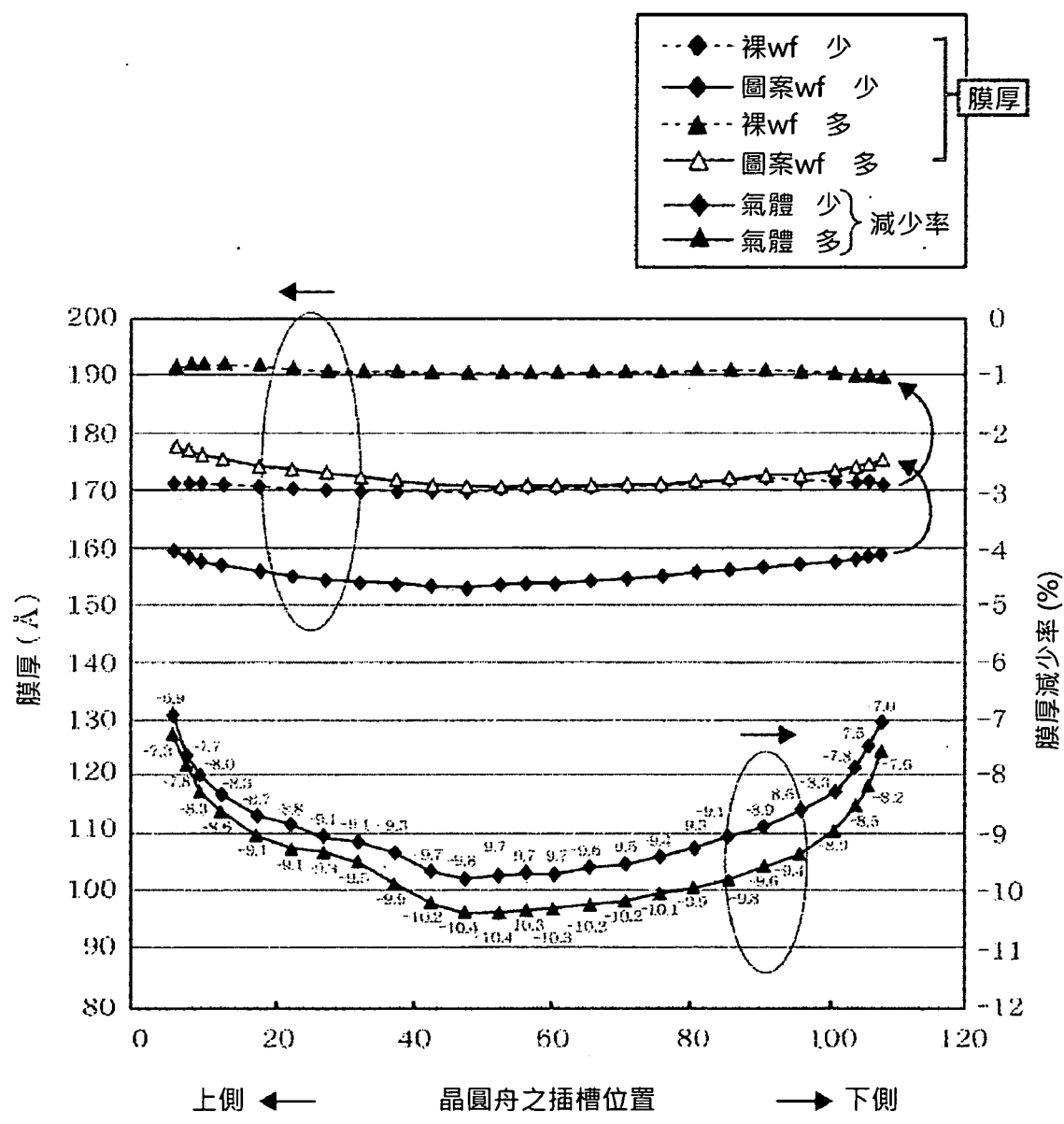


圖 9

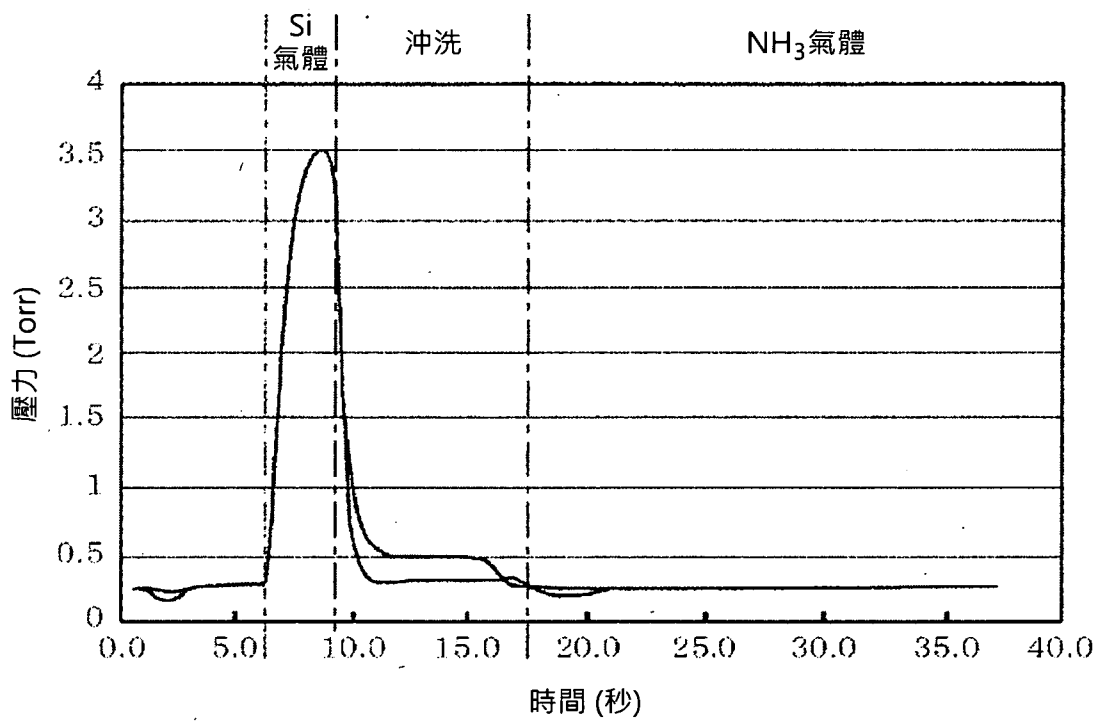


圖 10