

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5036172号  
(P5036172)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/02	(2006.01) HO 1 L 21/02 Z
HO 1 L 21/26	(2006.01) HO 1 L 21/26 G
HO 1 L 21/205	(2006.01) HO 1 L 21/205
HO 1 L 21/324	(2006.01) HO 1 L 21/324 R
C23C 16/455	(2006.01) C23C 16/455

請求項の数 9 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-335316 (P2005-335316)  
 (22) 出願日 平成17年11月21日 (2005.11.21)  
 (65) 公開番号 特開2007-142237 (P2007-142237A)  
 (43) 公開日 平成19年6月7日 (2007.6.7)  
 審査請求日 平成20年10月30日 (2008.10.30)

(73) 特許権者 000001122  
 株式会社日立国際電気  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (74) 代理人 100085637  
 弁理士 梶原 辰也  
 (72) 発明者 林田 晃  
 東京都中野区東中野三丁目14番20号  
 株式会社日立国際電気内  
 (72) 発明者 島田 真一  
 東京都中野区東中野三丁目14番20号  
 株式会社日立国際電気内  
 (72) 発明者 上野 正昭  
 東京都中野区東中野三丁目14番20号  
 株式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板処理装置、基板処理方法および半導体装置の製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

基板を処理する処理室と、  
 前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、  
 前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、  
 前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、  
 前記不活性ガス供給部の供給ガス流量を制御する不活性ガス流量制御部と、  
処理ガス除去装置または排気ポンプが設けられており前記処理室を排気する第一の排気ラインと、  
前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず、前記処理室を排気する第二の排気ラインと、を備えており、

前記不活性ガス流量制御部は、前記基板を前記処理室にて処理した後に、前記処理室に第一供給ガス流量にて不活性ガスを供給し、前記不活性ガスを前記第一の排気ラインにて排気し、

前記処理ガス濃度検出部が検出する前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定の処理ガスの濃度以下であることを検出した後に、前記処理室への不活性ガスの供給ガス流量を前記第一供給ガス流量よりも多い第二供給ガス流量となるように制御し、前記不活性ガスを前記第二の排気ラインによって排気することを特徴とする基板処理装置。

## 【請求項2】

前記不活性ガス流量制御部は、前記処理室の処理ガスの濃度を希釈するために前記処理

10

20

室に前記第一供給ガス流量にて前記不活性ガスを供給するように制御することを特徴とする請求項1に記載の基板処理装置。

**【請求項3】**

前記第二供給ガス流量で供給される前記不活性ガスは前記基板を冷却するためのガスであり、少なくとも前記基板よりも温度の低い状態で前記処理室に供給されることを特徴とする請求項1または2に記載の基板処理装置。

**【請求項4】**

前記不活性ガス供給部は、上下方向に細長いスリット形状の噴出孔を有するガス供給ノズルを備えることを特徴とする請求項1、2または3に記載の基板処理装置。

**【請求項5】**

前記第一の排気ラインは前記排気ポンプと前記処理ガス除去装置の両方を備えることを特徴とする請求項1、2、3または4に記載の基板処理装置。

**【請求項6】**

前記基板を処理するときの前記処理室内の圧力を減圧状態または常圧状態のいずれか一方を選択し、前記減圧状態で処理するときには、前記処理ガス除去装置を停止させた状態で処理することを特徴とする請求項5に記載の基板処理装置。

**【請求項7】**

基板を処理する処理室と、  
前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、  
前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、  
前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、  
排気ポンプが設けられており、前記処理室を排気する第一の排気ラインと、  
処理ガス除去装置が設けられており、前記処理室を排気する第二の排気ラインと、  
前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず、前記処理室を排気する第三の排気ラインと、を備えていることを特徴とする基板処理装置。

**【請求項8】**

基板を処理する処理室と、  
前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、  
前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、  
前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、  
前記不活性ガス供給部の供給ガス流量を制御する不活性ガス流量制御部と、  
処理ガス除去装置または排気ポンプが設けられており前記処理室を排気する第一の排気ラインと、  
前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず、前記処理室を排気する第二の排気ラインとを備えている基板処理装置を用いる基板処理方法であって、  
前記処理ガス供給部から前記処理室に前記処理ガスを供給し前記基板を処理するステップと、

前記不活性ガス供給部から前記処理室に第一供給ガス流量で前記不活性ガスを供給し、  
前記処理ガス除去装置または前記排気ポンプが設けられている前記第一の排気ラインから  
前記処理室を排気するステップと、

前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定濃度以下であることを前記処理ガス濃度検出部が検出した後に、前記処理室への前記不活性ガスの供給ガス流量を前記第一供給ガス流量よりも多い第二供給ガス流量にて供給し、前記処理ガス除去装置及び前記排気ポンプが設けられていない前記第二の排気ラインから前記処理室を排気するステップと、  
を有することを特徴とする基板処理方法。

**【請求項9】**

基板を処理する処理室と、  
前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、  
前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、  
前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、

10

20

30

40

50

前記不活性ガス供給部の供給ガス流量を制御する不活性ガス流量制御部と、  
処理ガス除去装置または排気ポンプが設けられており前記処理室を排気する第一の排気  
ラインと、

前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず、前記処理室を排気す  
る第二の排気ラインとを備えている基板処理装置を用いる半導体装置の製造方法であって  
、

前記処理ガス供給部から前記処理室に前記処理ガスを供給するステップと、

前記不活性ガス供給部から前記処理室に第一供給ガス流量で前記不活性ガスを供給し、  
前記処理ガス除去装置または前記排気ポンプが設けられている前記第一の排気ラインから  
前記処理室を排気するステップと、

前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定濃度以下であることを前記処理ガス濃度検出部  
が検出した後に、前記処理室への前記不活性ガスの供給ガス流量を前記第一供給ガス流量  
よりも多い第二供給ガス流量にて供給し、前記処理ガス除去装置及び前記排気ポンプが設  
けられていない前記第二の排気ラインから前記処理室を排気するステップと、

を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板処理装置および半導体装置の製造方法に関し、例えば、半導体集積回路  
装置（以下、ICという。）の製造方法に使用されるアニール装置や拡散装置、酸化装置  
およびCVD装置等の熱処理装置（furnace）を利用して有効なものに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、ICの電気配線には安価で加工性が良好な点からアルミニウム（Al）線が使  
用されている。ところが、アルミニウム自体は電気抵抗が大きい。

そこで、ICの高集積化および微細化をより一層進展させるためには、電気配線は電気  
抵抗が小さい銅（Cu）または銅合金（以下、銅系材料という。）によって形成することが望ましい。

ところが、銅は酸化し易いために、銅系材料によって形成した後の成膜に酸素が残存し  
ていると、その成膜によって形成した微細な電気配線は経時劣化を起こして断線するとい  
う問題点がある。

したがって、酸化し易い銅系材料をICの電気配線に使用する場合には、銅系材料によ  
って形成した後の成膜に酸素が残存するのを防止するために実施される水素アニール処理  
方法が、重要になる。

【0003】

この水素アニール処理方法を実施する従来の水素アニール装置としては、反応室（処理  
室）と、反応室に水素ガスを導入する水素ガス導入ラインと、反応室に接続された常圧排  
気ラインと減圧排気ラインとを具備し、排気ラインを切り換えることにより、減圧水素ア  
ニールと常圧水素アニールとを選択して実施することができるようになしたものがある。例  
えば、特許文献1参照。

【特許文献1】特開2001-203211号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

銅系材料に対する水素アニール処理方法において、アニール処理後に降温速度を向上さ  
せることにより、銅結晶の欠陥（void）を減少させることができるということが、最近にな  
って究明された。

そこで、前述した水素アニール装置において、アニール処理後の排気ラインによる急冷  
に加えて、反応炉の処理室（反応室）内に多量の不活性ガスを供給することにより、アニ  
ール処理後に降温速度を向上させる方法が、一般的に考えられる。

10

20

30

40

50

しかしながら、従来のこの種の水素アニール装置においては、排気ラインは多量のガスを流すことができないために、処理室内に多量のガスを供給することができない。

すなわち、排気ラインに多量の不活性ガスを流すと、ポンプの排気能力を超えるために、ポンプがダウンしてしまうという問題点がある。

また、排気ラインに多量の不活性ガスを流すと、燃焼方式または抵抗加熱方式で水素を燃焼させて除害する除害装置がダウンしてしまったり、所望の除害処理ができなくなってしまうたりする問題点がある。

つまり、従来のこの種の水素アニール装置においては、処理室内に多量の不活性ガスを流すことができないために、アニール処理後の降温速度を向上させることができない。

#### 【0005】

10

本発明の目的は、降温速度を向上させることができる基板処理装置および半導体装置の製造方法を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

本願において開示される発明のうち代表的なものは、次の通りである。

(1) 基板を処理する処理室と、

前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、

前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、

前記不活性ガス供給部の供給ガス流量を制御する不活性ガス流量制御部とを備えており

20

、前記基板を前記処理室にて処理した後に、前記不活性ガス流量制御部は前記処理室に第一供給ガス流量にて不活性ガスを供給し続け、

前記処理ガス濃度検出部が検出する前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定の処理ガスの濃度以下であることを検出した後に、前記不活性ガス流量制御部は前記処理室への不活性ガスの供給ガス流量を前記第一供給ガス流量よりも多い第二供給ガス流量となるように制御することを特徴とする基板処理装置。

(2) 前記処理ガスは水素ガスであることを特徴とする(1)に記載の基板処理装置。

(3) 前記基板の前記処理室での処理は、前記処理室が略大気圧の状態にて処理することを特徴とする(1)(2)に記載の基板処理装置。

30

(4) 前記不活性ガスは前記基板を冷却するためのガスであり、少なくとも前記基板よりも温度の低い状態で前記処理室に供給されることを特徴とする(1)~(3)に記載の基板処理装置。

(5) 前記不活性ガス流量制御部は前記処理室の処理ガスの濃度を希釈するように前記処理室に前記第一供給ガス流量にて前記不活性ガスを供給し、前記基板を冷却するように前記処理室に前記第一供給ガス流量よりも多い前記第二供給ガス流量となるように制御することを特徴とする(1)~(4)に記載の基板処理装置。

(6) 基板を処理する処理室と、

前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、

40

前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、

処理ガス除去装置または排気ポンプが設けられており、前記処理室を排気する第一の排気ラインと、

前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず、前記処理室を排気する第二の排気ラインとを備えており、

前記基板を前記処理室にて処理した後に、前記処理ガス濃度検出部が前記処理室の前記処理ガスの濃度を所定の処理ガスの濃度よりも高い濃度であると検出しているときには、前記処理室を前記第一の排気ラインにて排気し、前記処理ガス濃度検出部が前記処理室の前記処理ガスの濃度を所定の濃度以下であることを検出したときには、前記第二の排気ラインにて排気するように構成されていることを特徴とする基板処理装置。

50

( 7 ) 前記処理ガスは水素ガスであることを特徴とする( 6 )に記載の基板処理装置。  
 ( 8 ) 前記不活性ガスは前記基板を冷却するためのガスであり、少なくとも前記基板よりも温度の低い状態で前記処理室に供給されることを特徴とする( 6 )( 7 )に記載の基板処理装置。

( 9 ) 前記処理室の周りには前記処理室を加熱する加熱部が設けられており、

前記加熱部は前記処理室に前記基板を搬入する際には、搬入するのに先立って前記処理室の温度を前記基板を処理する温度と略同じ温度に維持しておき、前記基板を前記処理室に搬入し処理した後に前記基板を前記処理室から搬出する際には、搬出するのに先立って前記処理室内にて前記基板の温度を降温させることを特徴とする( 1 ) ~ ( 8 )に記載の基板処理装置。

10

( 10 ) 基板を処理する処理室と、

前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、

前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、

前記不活性ガス供給部の供給ガス流量を制御する不活性ガス流量制御部と、

処理ガス除去装置または排気ポンプが設けられており、前記処理室を排気する第一の排気ラインと、

前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず、前記処理室を排気する第二の排気ラインとを備えており、

前記基板を前記処理室にて処理した後に、前記不活性ガス流量制御部は前記処理室に第一供給ガス流量にて不活性ガスを供給し続け、かつ、前記第一の排気ラインによって排気し、

20

前記処理ガス濃度検出部が検出する前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定の処理ガスの濃度以下であることを検出した後に、前記不活性ガス流量制御部は前記処理室への不活性ガスの供給ガス流量を第一供給ガス流量よりも多い第二供給ガス流量となるように制御し、前記第二の排気ラインによって排気することを特徴とする基板処理装置。

( 11 ) 基板を処理する処理室と、前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、前記処理室の前記処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部と、前記不活性ガス供給部の供給ガス流量を制御する不活性ガス流量制御部とを備えた基板処理装置を用いる半導体装置の製造方法であって、

30

前記不活性ガス流量制御部が前記処理室に第一供給ガス流量にて不活性ガスを供給し続けるステップと、

前記処理ガス濃度検出部が検出する前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定の処理ガスの濃度以下であることを検出した後に、前記不活性ガス流量制御部が前記処理室への不活性ガスの供給ガス流量を前記第一供給ガス流量よりも多い第二供給ガス流量にて供給するステップと、

を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

( 12 ) 基板を処理する処理室と、前記処理室に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、処理ガス除去装置または排気ポンプが設けられており前記処理室を排気する第一の排気ラインと、前記処理ガス除去装置および前記排気ポンプが設けられておらず前記処理室を排気する第二の排気ラインとを備えた基板処理装置を用いる半導体装置の製造方法であって、

40

前記不活性ガス供給部から前記処理室に不活性ガスを供給している間で、前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定の処理ガスの濃度よりも高い濃度であるときには、前記処理室を前記第一の排気ラインにて排気するステップと、

前記処理室の前記処理ガスの濃度が所定の濃度以下であるときには、前記処理室を前記第二の排気ラインにて排気するステップと、

を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

#### 【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

50

前記(1)、(6)、(11)および(12)によれば、基板を処理室にて処理した後に、処理室に不活性ガスを供給することにより、処理済みの基板を急速かつ均一に降温させることができる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0008】**

以下、本発明の一実施の形態を図面に即して説明する。

**【0009】**

本実施の形態において、図1、図2および図3に示されているように、本発明に係る基板処理装置は、構造による分類によれば、バッチ式縦形ホットウォール形熱処理装置に分類されるものとして構成されており、用途による分類によれば、ICの製造方法における水素アニール工程を実施するアニール装置に分類されるものとして構成されている。10

**【0010】**

図1および図2に示されているように、本実施の形態に係る基板処理装置(以下、アニール装置という。)10においては、被処理基板であるウエハ1を搬送するウエハキャリアとしては、FOUP(front opening unified pod。以下、ポッドという。)2が使用されている。

図1～図3に示されているように、アニール装置10は型鋼や鋼板等によって直方体の箱形状に構築された筐体11を備えている。筐体11の正面壁にはポッド搬入搬出口12が筐体11の内外を連通するように開設されており、ポッド搬入搬出口12はフロントシャッタ13によって開閉されるようになっている。20

ポッド搬入搬出口12の手前にはポッドステージ14が設置されており、ポッドステージ14はポッド2を載置させて位置合わせを実行するように構成されている。

ポッド2はポッドステージ14の上に工程内搬送装置(図示せず)によって搬入され、かつまた、ポッドステージ14の上から搬出されるようになっている。

**【0011】**

筐体11内の前後方向の略中央部における上部には、回転式ポッド棚15が設置されており、回転式ポッド棚15は複数個のポッド2を保管するように構成されている。

すなわち、回転式ポッド棚15は垂直に立設されて水平面内で間欠回転される支柱16と、支柱16に上中下段の各位置において放射状に支持された複数枚の棚板17とを備えており、複数枚の棚板17はポッド2を複数個宛それぞれ載置した状態で保持するように構成されている。30

筐体11内におけるポッドステージ14と回転式ポッド棚15との間には、ポッド搬送装置18が設置されており、ポッド搬送装置18はポッドステージ14と回転式ポッド棚15との間および回転式ポッド棚15とポッドオープナ21との間で、ポッド2を搬送するように構成されている。

**【0012】**

筐体11内の前後方向の略中央部における下部には、サブ筐体19が後端にわたって構築されている。

サブ筐体19の正面壁にはウエハ1をサブ筐体19内に対して搬入搬出するためのウエハ搬入搬出口20が一対、垂直方向に上下2段に並べられて開設されており、上下段のウエハ搬入搬出口20、20には一対のポッドオープナ21、21がそれぞれ設置されている。40

ポッドオープナ21はポッド2を載置する載置台22と、ポッド2のキャップを着脱するキャップ着脱機構23とを備えている。ポッドオープナ21は載置台22に載置されたポッド2のキャップをキャップ着脱機構23によって着脱することにより、ポッド2のウエハ出し入れ口を開閉するように構成されている。

ポッドオープナ21の載置台22に対してはポッド2がポッド搬送装置18によって搬入および搬出されるようになっている。

**【0013】**

サブ筐体19内の前側領域には移載室24が形成されており、移載室24にはウエハ移50

載装置 25 が設置されている。ウエハ移載装置 25 はポート 30 に対してウエハ 1 を装填(チャージング)および脱装(ディスチャージング)するように構成されている。

サブ筐体 19 内の後側領域には、ポートを収容して待機させる待機室 26 が形成されている。

なお、移載室 24 と待機室 26 とは、説明の便宜上分けて説明するが、移載室 24 と待機室 26 とは一体となって形成させてもよいし、それぞれ独立して形成させてもよい。

待機室 26 にはポートを昇降させるポートエレベータ 27 が設置されている。ポートエレベータ 27 はモータ駆動の送りねじ軸装置やベルローズ等によって構成されている。

ポートエレベータ 27 の昇降台に連結されたアーム 28 にはシールキャップ 29 が水平に据え付けられており、シールキャップ 29 はポート 30 を垂直に支持するように構成されている。10

ポート 30 は複数本の保持部材を備えており、複数枚(例えば、50枚程度~150枚程度)のウエハ 1 をその中心を揃えて垂直方向に整列させた状態で、それぞれ水平に保持するように構成されている。

#### 【0014】

図3に示されているように、アニール装置 10 は中心線が垂直になるように縦に配されて支持された縦形のプロセスチューブ 31 を備えている。

プロセスチューブ 31 は後記する加熱ランプの熱線(赤外線や遠赤外線等)を透過する材料の一例である石英(SiO<sub>2</sub>)が使用されて、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に一体成形されている。20

プロセスチューブ 31 の筒中空部は、ポート 30 によって長く整列した状態に保持された複数枚のウエハが搬入される処理室 32 を形成している。プロセスチューブ 31 の内径は取り扱うウエハの最大外径(例えば、直径 300mm)よりも大きくなるように設定されている。

#### 【0015】

プロセスチューブ 31 の下端は略円筒形状に構築されたマニホールド 33 に支持されており、マニホールド 33 の下端開口は炉口 34 を構成している。マニホールド 33 にはプロセスチューブ 31 の交換等のために、プロセスチューブ 31 がそれぞれ着脱自在に取り付けられている。マニホールド 33 がサブ筐体 19 に支持されることにより、プロセスチューブ 31 は垂直に据え付けられた状態になっている。30

#### 【0016】

マニホールド 33 の下端面にはシールキャップ 29 が垂直方向下側から当接するようになっており、シールキャップ 29 はマニホールド 33 の外径と略等しい円盤形状に形成されている。

シールキャップ 29 の中心線上には、回転軸 35 が挿通されて回転自在に支承されており、回転軸 35 は駆動コントローラ(図示せず)によって制御されるモータ 36 によって回転駆動されるように構成されている。

回転軸 35 の上端にはポート 30 が垂直に立脚されて支持されており、シールキャップ 29 とポート 30 との間には断熱キャップ部 30A が配置されている。ポート 30 はその下端が炉口 34 の位置から適当な距離だけ離間するように、シールキャップ 29 の上面から持ち上げられた状態で回転軸 35 に支持されている。つまり、断熱キャップ部 30A はそのポート 30 の下端とシールキャップ 29 との間を断熱するように構成されている。40

#### 【0017】

マニホールド 33 にはガスを供給するポートとしてのガス供給管 37 が半径方向かつ水平に挿通されて固定されている。ガス供給管 37 の外側端には処理室 32 に処理ガスを供給するガス供給部としてのガス供給ライン 38 の一端が接続されており、ガス供給ライン 38 の他端には処理ガスとしての水素ガスまたは重水素ガス(以下、水素ガスという。)を供給する水素ガス供給装置 39 と、不活性ガスとしての窒素ガスを供給する窒素ガス供給装置 40 とが接続されている。

水素ガス供給装置 39 および窒素ガス供給装置 40 はガス流量制御用コントローラ C1

10

20

30

40

50

によって制御されるように構成されている。

#### 【0018】

図3に示されているように、マニホールド33には処理室32を排気するメイン排気ライン91の一端が接続されている。また、メイン排気ライン91には第一排気ライン41と第二排気ライン47と第三排気ライン49とが接続されている。第一排気ライン41はメイン排気ライン91を経由して処理室32を排気可能なように構成されている。第一排気ライン41には排気ポンプ42が設けられており、排気ポンプ42の入口側（排気ポンプ42より上流側）には第一バルブV1が設けられている。

便宜上、経路は省略されているが、第一バルブV1は排気用コントローラC2に電気的に接続されており、図7および図8に示されたシーケンスを実行させる排気用コントローラC2によって制御されるように構成されている。10

なお、以下のバルブについても同様である。

第一排気ライン41には第一排気ライン41より流路が狭くなるように形成されたスロー排気ライン43が第一バルブV1を迂回するように第一バルブV1に対して並列に接続されており、スロー排気ライン43には第二バルブV2が介設されている。第二バルブV2も排気用コントローラC2によって制御されるように構成されている。

第一排気ライン41の排気ポンプ42の吐出側（排気ポンプ42より下流側）には、窒素ガス供給ライン44の一端が接続されており、窒素ガス供給ライン44の他端は第三バルブV3を介して窒素ガス供給装置45に接続されている。第三バルブV3も排気用コントローラC2によって制御されるように構成されている。20

メイン排気ライン91には処理室32の処理ガスの濃度を検出する処理ガス濃度検出部としての水素ガス濃度計46が、第四バルブV4を介して接続されている。水素ガス濃度計46は検出データを排気用コントローラC2に送信するように構成されている。

また、第二排気ライン47はメイン排気ライン91を経由して処理室32を排気可能なように構成されている。第二排気ライン47には処理ガス除去部としての除害装置48が設けられている。除害装置48は燃焼方式または抵抗加熱方式で水素ガスを燃焼することにより、水素ガスの爆発等の障害を除去するように構成されている。

第二排気ライン47における除害装置48の入口側（除害装置48より上流側）と出口側（除害装置48より下流側）には、第五バルブV5および第六バルブV6がそれぞれ設けられており、第五バルブV5および第六バルブV6も排気用コントローラC2によって制御されるように構成されている。30

なお、除害装置48と第五バルブV5との間には、第五バルブV5側から除害装置48側への流通だけを許容するチェックバルブVcが設けられている。

さらに、第三排気ライン49は、メイン排気ライン91を経由して処理室32を排気可能なように構成されている。第三排気ライン49は排気ポンプ42および除害装置48を設けずに、第一排気ライン41および第二排気ライン47と並列に接続されており、第三排気ライン49には第七バルブV7が設けられている。第七バルブV7も排気用コントローラC2によって制御されるように構成されている。

#### 【0019】

プロセスチューブ31の外側にはヒータユニット50が設置されている。40

ヒータユニット50はプロセスチューブ31を全体的に被覆する熱容量の小さい断熱槽51を備えており、断熱槽51はサブ筐体19に垂直に支持されている。

断熱槽51の内側には加熱手段としてのL管形ハロゲンランプ（以下、加熱ランプという。）52が複数本、周方向に等間隔に配置されて同心円に設備されている。加熱ランプ52群は長さが異なる複数規格のものが組み合わされて同心円上に配置されており、熱の逃げ易いプロセスチューブ31の上部および下部の発熱量が増加するように構成されている。

#### 【0020】

図3に示されているように、断熱槽51の天井面の下側における中央部にはL管形ハロゲンランプ（以下、天井加熱ランプという。）53が複数本、互いに平行で両端を揃えら50

れて設けられている。天井加熱ランプ 53 群はポート 30 に保持されたウエハ 1 群をプロセスチューブ 31 の上方から加熱するように構成されている。

なお、ポート 30 と断熱キャップ部 30A との間にはキャップ加熱ランプ 53A 群が、ウエハ 1 群をプロセスチューブ 31 の下方から加熱するように構成されている。

#### 【0021】

図 3 に示されているように、加熱ランプ 52 群や天井加熱ランプ 53 群およびキャップ加熱ランプ 53A 群は、加熱ランプ駆動装置 54 に接続されており、加熱ランプ駆動装置 54 は温度コントローラ 55 によって制御されるように構成されている。

プロセスチューブ 31 の内側にはカスケード熱電対 56 が垂直方向に設けられており、カスケード熱電対 56 は計測結果を温度コントローラ 55 に送信するようになっている。  
10 温度コントローラ 55 はカスケード熱電対 56 からの計測温度に基づいて加熱ランプ駆動装置 54 をフィードバック制御するように構成されている。

すなわち、温度コントローラ 55 は加熱ランプ駆動装置 54 の目標温度とカスケード熱電対 56 の計測温度との誤差を求めて、誤差がある場合には誤差を解消させるフィードバック制御を実行するようになっている。

さらに、温度コントローラ 55 は加熱ランプ 52 群をゾーン制御するように構成されている。

ここで、ゾーン制御とは、加熱ランプを上下に複数の範囲毎に分割して配置し、それぞれのゾーン（範囲）にカスケード熱電対の計測点を配置し、それぞれのゾーン毎にカスケード熱電対の計測する温度に基づくフィードバック制御を独立ないし相関させて制御する方法、である。  
20

#### 【0022】

図 3 および図 4 に示されているように、加熱ランプ 52 群の外側には円筒形状に形成されたリフレクタ（反射板）57 が、プロセスチューブ 31 と同心円に設置されており、リフレクタ 57 は加熱ランプ 52 群からの熱線をプロセスチューブ 31 の方向に全て反射させるように構成されている。

リフレクタ 57 の外周面には冷却水が流通する冷却水配管 58 が螺旋状に設けられている。

#### 【0023】

図 3 に示されているように、断熱槽 51 の天井面には円板形状に形成された天井リフレクタ 59 がプロセスチューブ 31 と同心円に設置されている。  
30

天井リフレクタ 59 の上面には冷却水配管 60 が蛇行状に設けられている。

#### 【0024】

図 3 および図 4 に示されているように、断熱槽 51 とプロセスチューブ 31 との間には冷却ガスとしての冷却エアを流通させる冷却エア通路 61 が、プロセスチューブ 31 を全体的に包囲するように形成されている。断熱槽 51 の下端部には冷却エアを冷却エア通路 61 に供給する給気管 62 が接続されており、給気管 62 に供給された冷却エアは冷却エア通路 61 の全周に拡散するようになっている。

#### 【0025】

断熱槽 51 の天井壁における中央部には、冷却エアを冷却エア通路 61 から排出する排気口 63 が設けられており、排気口 63 には排気ダクト 66 の一端が接続されている。排気ダクト 66 の他端は排気装置であるプロワ 67 にダクト用バルブ 68 およびラジエタ 69 を介して接続されている。ダクト用バルブ 68 は排気用コントローラ C2 によって制御されるように構成されている。  
40

断熱槽 51 の天井壁における排気口 63 の下側には、排気口 63 と連通するバッファ部 64 が大きく形成されており、バッファ部 64 の底面における周辺部にはサブ排気口 65 が複数、バッファ部 64 と冷却エア通路 61 とを連絡するように設けられている。

#### 【0026】

図 3 ~ 図 6 に示されているように、ガス供給管 37 の内側端には、例えば、石英からなる L 形形状のノズル（以下、ガス供給ノズルという。）74 の一端が、下端部に屈曲成形  
50

された連結部をガス供給管 3 7 に嵌入されて連結されており、ガス供給ノズル 7 4 は処理室 3 2 の内周面に沿うように垂直に設けられている。

ガス供給ノズル 7 4 の上端に形成された噴出口 7 4 a は、処理室 3 2 内に収容されたポート 3 0 におけるウエハ 1 の保持領域よりも高い位置であるポート 3 0 の天板よりも高い位置に配置されているとともに、処理室 3 2 の天井壁の下面に向けて冷却ガスを流すように構成されている。

#### 【0027】

図 4 および図 6 に示されているように、マニホールド 3 3 におけるガス供給ノズル 7 4 とポート 3 0 を挟んで対向する位置には、ウエハを直接的に冷却するための不活性ガスである窒素ガスを処理室 3 2 内に供給する 3 本の冷却ガス供給ノズル（以下、冷却ガス供給ノズルということがある。）8 0 A、8 0 B、8 0 C が同一円形線上に並べられて設置されている。10

冷却ガス供給ノズル 8 0 A、8 0 B、8 0 C は、処理室 3 2 の下方から冷却ガスを導入する導入部 8 1 A、8 1 B、8 1 C と、処理室 3 2 内に収容されたポート 3 0 に保持されているウエハ 1 の正面に対して鉛直方向に延びる管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C と、管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C に隣合うウエハ 1 、1 間に跨がって冷却ガスを噴出するように設けられた噴出孔 8 3 A、8 3 B、8 3 C とを備えている。

管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C はいずれもが、処理室 3 2 の内周面に沿うように垂直にそれぞれ設けられている。そして、処理室 3 2 とポート 3 0 との間の限られた空間で、流路断面積を大きくするために、管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C は断面が長円形（小判形）の管形状に形成されている。20

管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C の長さは大中小に相異されており、本実施の形態においては、大中小の順番に配置されている。

噴出孔 8 3 A、8 3 B、8 3 C はいずれも上下方向に細長いスリット形状に形成されており、長さの相異する管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C の上端部にそれぞれ設けられている。また、噴出孔 8 3 A、8 3 B、8 3 C は管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C における長円形の直線部分であって、処理室 3 2 の内側を向いた正面に設けられている。

冷却ガス導入時に管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C それぞれの内部の圧力が処理室 3 2 の圧力よりも大きくすることにより、噴出孔の全長に渡っての圧力差が発生するのを防止するために、管部 8 2 A、8 2 B、8 2 C における噴出孔 8 3 A、8 3 B、8 3 C が形成された領域の断面積は、噴出孔 8 3 A、8 3 B、8 3 C の開口面積よりも大きくなるように設定されている。30

噴出孔 8 3 A と噴出孔 8 3 B との間、噴出孔 8 3 B と噴出孔 8 3 C との間において、5 mm のオーバラップ部 OR<sub>1</sub>、OR<sub>2</sub> がそれぞれ介設されている。

#### 【0028】

図 4 に示されているように、3 本の冷却ガス供給ノズル 8 0 A、8 0 B、8 0 C の導入部 8 1 A、8 1 B、8 1 C には、3 本の冷却ガス供給ライン 8 4 A、8 4 B、8 4 C の一端がそれぞれ接続されており、3 本の冷却ガス供給ライン 8 4 A、8 4 B、8 4 C の他端には、処理室に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部としての 3 台の窒素ガス供給装置 8 5 A、8 5 B、8 5 C がそれぞれ接続されている。40

各窒素ガス供給装置 8 5 A、8 5 B、8 5 C は冷却ガスである不活性ガスとしての窒素ガスをそれぞれ供給するように構成されており、不活性ガス供給部の供給流量を制御する不活性ガス流量制御部としての流量調整コントローラ 8 6 A、8 6 B、8 6 C によって制御されるように構成されている。

#### 【0029】

以下、前記構成に係るアニール装置による IC の製造方法におけるアニール工程を、まず、第一実施の形態である常圧水素アニール工程の場合について、ポートローディングステップ以降を主体にして図 7 に示されたシーケンスフローに沿って説明する。

#### 【0030】

その前に、ポートローディングステップ前のスタンバイステップ S 1 0 （後述する）の50

うち、ウエハディスチャージングステップの後ステップとなるウエハをポートに装填するウエハチャージングステップを簡単に説明すると、次の通りである。

図1および図2に示されているように、ポッド2がポッドステージ14に供給されると、ポッド搬入搬出口12がフロントシャッタ13によって開放され、ポッドステージ14の上のポッド2はポッド搬送装置18によって筐体11の内部へポッド搬入搬出口12から搬入される。

搬入されたポッド2は回転式ポッド棚15の指定された棚板17へポッド搬送装置18によって自動的に搬送されて受け渡され、その棚板17に一時的に保管される。

保管されたポッド2はポッド搬送装置18によって一方のポッドオープナ21に搬送されて載置台22に移載される。  
10

載置台22に載置されたポッド2はその開口側端面がサブ筐体19の正面におけるウエハ搬入搬出口20の開口縁辺部に押し付けられるとともに、そのキャップがキャップ着脱機構23によって取り外され、ウエハ出し入れ口を開放される。

ポッド2に収納された複数枚のウエハ1はウエハ移載装置25によって掬い取られ、ウエハ搬入搬出口20から移載室24を通じて待機室26へ搬入され、ポート30に装填(チャージング)される。

ポート30にウエハ1を受け渡したウエハ移載装置25はポッド2に戻り、次のウエハ1をポート30に装填する。

以上のウエハ移載装置25の作動が繰り返されて、一方のポッドオープナ21の載置台22の上のポッド2の全てのウエハ1がポート30に順次装填されて行く。  
20

この一方(上段または下段)のポッドオープナ21におけるウエハ移載装置25によるウエハのポート30への装填作業中に、他方(下段または上段)のポッドオープナ21には回転式ポッド棚15から別のポッド2がポッド搬送装置18によって搬送されて移載され、ポッドオープナ21によるポッド2の開放作業が同時進行され、前述の一方のポッド2内のウエハ1をポート30に装填した後に、他方のポッド2内のウエハ1をポート30に装填する作業が行なわれる。

他方、予め設定されたポートアンローディング時の温度である50℃に維持されていた処理室32内の温度をウエハをディスチャージするのと並行して昇温する。

処理室32内の温度が所定の処理温度である150℃に達すると、温度は略一定に維持される。  
30

この際、加熱ランプ52群や天井加熱ランプ53群およびキャップ加熱ランプ53A群の加熱による処理室32内の実際の上昇温度と、加熱ランプ52群や天井加熱ランプ53群およびキャップ加熱ランプ53A群のシーケンス制御の目標温度との誤差は、カスクード熱電対56の計測結果に基づくフィードバック制御によって補正される。

#### 【0031】

以上のウエハチャージングステップにおいて、指定された枚数のウエハ1がポート30に図3に示されているように装填されると、図7にS1で示されたポートローディングステップに移行し、ウエハ1を保持したポート30はシールキャップ29がポートエレベータ27によって上昇されることにより、プロセスチューブ31の処理室32に搬入(ポートローディング)されて行く。  
40

この際、ポートローディングステップS1においては、排気ポンプ42が運転され、排気用コントローラC2の制御によって(以下、各バルブについて同じ。)、第五バルブV5および第六バルブV6が開かれる。これにより、処理室32内の雰囲気は炉口34ないし第二排気ライン47から排気される。

なお、図7に示されているように、排気ポンプ42は常時運転している。

また、ポートローディングステップS1においては、窒素ガス供給装置40のバルブ(図示せず)がガス流量制御用コントローラC1の制御によって開かれることにより(図7の窒素ガス供給装置40のグラフ参照)、バージガスとしての窒素ガスが窒素ガス供給装置40から処理室32内に、ガス供給ライン38、ガス供給管37およびガス供給ノズル74を経由して供給される。  
50

これにより、図 7 に示されているように、処理室 3 2 内の圧力は常圧（略大気圧）に維持される。

ここで、常圧すなわち略大気圧とは、大気圧（1013 hpa）～[大気圧 - 1000 Pa] 程度をいう。

#### 【0032】

図 5 で参照されるように、上限に達すると、シールキャップ 2 9 はマニホールド 3 3 に押接することにより、プロセスチューブ 3 1 の内部をシールした状態になる。

ポート 3 0 はシールキャップ 2 9 に支持された状態で、処理室 3 2 に存置される。

図 7 に S 2 で示された真空排気・リークチェックステップにおいては、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を停止し、第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 は閉じる。 10

また、第二バルブ V 2 が開くことにより、第一排気ライン 4 1 による排気より排気速度が遅いスロー排気ライン 4 3 によるスロー排気が実施され、続いて、第一バルブ V 1 が開くことにより、スロー排気ライン 4 3 による排気より排気速度が速い第一排気ライン 4 1 によるメイン排気が実施される。

これにより、図 7 に示されているように、処理室 3 2 内の圧力は、例えば 5 Pa 程度の真空状態になる。

例えば 5 分間程度の所定の時間経過後に、リークチェックされる。

#### 【0033】

ここで、リークチェックとは密閉された空間内を真空に保ち、所定の時間経過後に、真空から圧力が上昇しないか確認する工程のことをいう。圧力が上昇していた場合には密閉空間を構成する構成品のいずれかにリークを生じさせる欠陥（亀裂やすき間等）が存在することとなる。 20

#### 【0034】

図 7 に S 3 で示された前パージステップにおいては、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を再開し、第一バルブ V 1 および第二バルブ V 2 を閉じる。

その後、処理室 3 2 内が大気圧復帰後に第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 を再び開き、窒素ガスが第二排気ライン 4 7 から排気される。

また、ポート 3 0 がモータ 3 6 によって回転される。

#### 【0035】

図 7 に示されているように、アニールステップ S 4、S 5 の開始とともに、流量制御用コントローラ C 1 の制御によって水素ガス供給装置 3 9 のバルブ（図示せず）が開かれることにより（図 7 の水素ガス供給装置 3 9 のグラフ参照）、アニールガスとしての水素ガスが処理室 3 2 内に、水素ガス供給装置 3 9 からガス供給ライン 3 8、ガス供給管 3 7 およびガス供給ノズル 7 4 を経由して供給される。 30

また、排気用コントローラ C 2 によって除害装置 4 8 が運転を開始される。

この際、第一バルブ V 1 および第二バルブ V 2 は閉じ、第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 は開いているので、処理室 3 2 内に供給された水素ガスは第二排気ライン 4 7 を通って除害装置 4 8 に流れて燃焼されることになる。

#### 【0036】

アニールステップ S 4、S 5 においては、処理室 3 2 内の温度が所定の処理温度である 150 に略一定に維持されている。 40

ガス供給ノズル 7 4 の噴出口 7 4 a から処理室 3 2 内に供給された水素ガスは、処理室 3 2 内をウエハ 1 に接触しながら流下して、第二排気ライン 4 7 によって排気され、除害装置 4 8 によって除害される。

水素用ガスが 150 に加熱されたウエハ 1 に接触することによる熱反応により、ウエハ 1 にはアニール処理が施される。

#### 【0037】

次に、図 7 に示された後パージステップ S 6、S 7 においては、水素ガス供給装置 3 9 のバルブ（図示せず）が閉じ、流量制御用コントローラ C 1 の制御によってダクト用バルブ 6 8 が開かれて、プロア 6 7 による排気が排気ダクト 6 6 を経由して冷却エア通路 6 1 50

に対して実施されることにより、冷却エアが給気管 6 2 から冷却エア通路 6 1 に供給される。

この冷却エアの冷却エア通路 6 1 での流通により、ヒータユニット 5 0 の内部は全体的に冷却される。

これにより、処理室 3 2 の温度は徐々に（例えば  $2 / \text{min}$ ）冷却され降温されいく。

#### 【0038】

また、流量制御用コントローラ C 1 の制御によって水素ガス供給装置 3 9 のバルブ（図示せず）が閉じ、代わりに、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を再開する（例えば  $30 \text{ リットル/min}$ ）。

10

この際、第一バルブ V 1 および第二バルブ V 2 が閉じ、第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 が開いているので、第二排気ライン 4 7 および処理室 3 2 内に、万一、残留水素ガスがあったとしても窒素ガスにより希釈されて、排気されることになる。

#### 【0039】

図 7 に示されたように、後ページステップ S 6、S 7 においては、アニール処理が終了し、窒素ガス供給装置 4 0 にて窒素ガスの供給を再開した後で所望の時間が経過した後に、第四バルブ V 4 が排気用コントローラ C 2 の制御によって開かれることにより、処理室 3 2 内に残留した水素ガスの濃度が水素ガス濃度計 4 6 によって測定される。

水素ガス濃度計 4 6 が検出する水素ガスの濃度値が予め設定された濃度値以下（例えば水素濃度 4 %未満）になると、図 7 に S 8 で示された処理室内急冷ステップにおいて、排気用コントローラ C 2 は第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 を閉じ、第七バルブ V 7 を開く。

20

また、処理室内急冷ステップ S 8 においては、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を停止し、3 台の窒素ガス供給装置 8 5 A、8 5 B、8 5 C は冷却ガスとしての不活性ガスである窒素ガスの供給を実施する。

3 台の窒素ガス供給装置 8 5 A、8 5 B、8 5 C からの窒素ガスは、冷却ガス供給ライン 8 4 A、8 4 B、8 4 C を経由して冷却ガス供給ノズル 8 0 A、8 0 B、8 0 C に供給される。

#### 【0040】

図 4、図 5 および図 6 に示されているように、各冷却ガス供給ノズル 8 0 A、8 0 B、8 0 C にそれぞれ供給された窒素ガス 9 0 は冷却ガス供給ノズル 8 0 A、8 0 B、8 0 C の噴出孔 8 3 A、8 3 B、8 3 C からそれぞれ噴出し（例えば、それぞれ  $130 \text{ リットル/min}$ ）、処理室 3 2 にポート 3 0 によって存置されたウエハ 1 群に均等に接触した後に、処理室 3 2 の下端部における第三排気ライン 4 9 によって処理室 3 2 外へ排出する。

30

この際、3 台の窒素ガス供給装置 8 5 A、8 5 B、8 5 C からの窒素ガスはアニール後のウエハ 1 の温度よりも低い温度である常温（ $25$  度）であり、かつ、その流量はガス供給ノズル 7 4 への窒素ガス供給装置 4 0 からの窒素ガスの流量よりも大きいので、ウエハ 1 等はきわめて効果的かつ迅速に冷却される（例えば  $5 / \text{min}$ ）。

#### 【0041】

以上のようにして、窒素ガス 9 0 はウエハ 1 に直接的に接触して熱を奪い、かつ、ウエハ 1 群の全長にわたって均等に接触するので、ウエハ 1 群の温度は大きいレート（速度）をもって急速に降下するとともに、ウエハ 1 群の全長およびウエハ 1 の面内において均一に降下する。

40

#### 【0042】

処理室 3 2 内の温度が所定のスタンバイ温度である  $50$  になると、図 7 に S 9 で示されたポートアンローディングステップ S 9 に際しては、図 7 に示されているように、ダクト用バルブ 6 8 が閉じ、冷却エアの給気管 6 2 から冷却エア通路 6 1 への供給を停止する。

また、3 台の窒素ガス供給装置 8 5 A、8 5 B、8 5 C は冷却ガスとしての不活性ガスである窒素ガスの供給を停止し、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を再開する。

50

また、第五バルブV5および第六バルブV6は開き、第七バルブV7が閉じられる。このポートアンローディングステップS9においては、シールキャップ29に支持されたポート30がポートエレベータ27によって降下されることにより、処理室32から搬出(ポートアンローディング)される。

#### 【0043】

図7にS10で示されたスタンバイステップにおいては、予め設定されたポートアンローディング時の温度である50に維持されていた処理室32内の温度をウエハをディスチャージするとの並行して処理室32内の温度が所定の処理温度である150に達するまで昇温し、150に達すると温度は一定に維持される。

また、待機室26に搬出されたポート30の処理済みウエハ1は、ポート30からウエハ移載装置25によって脱装(ディスチャージング)され、ポッドオープナ21において開放されているポッド2に挿入されて収納される。

所定枚数の処理済みのウエハ1が収納されると、ポッド2はポッドオープナ21によってキャップを装着されて閉じられる。

続いて、処理済みのウエハ1が収納されたポッド2はポッドオープナ21の載置台22から回転式ポッド棚15の指定された棚板17にポッド搬送装置18によって搬送されて一時的に保管される。

その後、処理済みのウエハ1を収納したポッド2は回転式ポッド棚15からポッド搬入搬出口12へポッド搬送装置18により搬送され、ポッド搬入搬出口12から筐体11の外部に搬出されてポッドステージ14の上に載置される。ポッドステージ14の上に載置されたポッド2は次工程へ工程内搬送装置によって搬送される。

#### 【0044】

以降、前記作用が繰り返されることにより、アニール装置10によってウエハ1に対する常圧水素アニール工程が実施されて行く。

#### 【0045】

次に、前記構成に係るアニール装置による運用方法の第二実施の形態である減圧水素アニール工程について、図8に示されたシーケンスフローに沿って説明する。

なお、減圧水素アニール工程を実施するアニール装置においては、第一バルブV1が弁体の開度が調整可能に構成されており、弁体の開度を調整することにより、処理室内の圧力を調整するよう構成されている点で、前記した常圧水素アニール工程を実施するアニール装置の構成とは異なっている。

#### 【0046】

図8にS1で示されたポートローディングステップにおいては、ウエハ1を保持したポート30はシールキャップ29がポートエレベータ27によって上昇されることにより、プロセスチューブ31の処理室32に搬入(ポートローディング)されて行く。

この際、図8に示されているように、排気ポンプ42が運転され、排気用コントローラC2の制御によって(以下、各バルブについて同じ。)、第五バルブV5および第六バルブV6が開かれる。これにより、処理室32内の雰囲気は炉口34ないし第二排気ライン47から排気される。

なお、図8に示されているように、排気ポンプ42は常時運転している。

また、ポートローディングステップS1においては、窒素ガス供給装置40のバルブ(図示せず)がガス流量制御用コントローラC1の制御によって開かれることにより、パージガスとしての窒素ガスが窒素ガス供給装置40から処理室32内に、ガス供給ライン38、ガス供給管37およびガス供給ノズル74を経由して供給される。

これにより、図8に示されているように、処理室32内の圧力は常圧(略大気圧)に維持される。

#### 【0047】

図5で参照されるように、上限に達すると、シールキャップ29はマニホールド33に押接することにより、プロセスチューブ31の内部をシールした状態になる。

ポート30はシールキャップ29に支持された状態で、処理室32に存置される。

10

20

30

40

50

図 8 に S 2 で示された真空排気・リークチェックステップにおいては、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を停止し、第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 は閉じる。

また、第二バルブ V 2 が開くことにより、スロー排気ライン 4 3 によるスロー排気が実施され、続いて、第一バルブ V 1 が開くことにより、第一排気ライン 4 1 によるメイン排気が実施される。

これにより、図 8 に示されているように、処理室 3 2 内の圧力は例えば 5 Pa 程度の真空状態になる。

例えば 5 分間程度の所定の時間経過後に、リークチェックされる。

#### 【 0 0 4 8 】

図 8 に S 3 で示された前バージステップにおいては、窒素ガス供給装置 4 0 は窒素ガスの供給を再開し、第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 は閉じた状態を維持し、第一バルブ V 1 は処理室 3 2 内の圧力が所望の減圧状態となるよう弁体の開度を調整し、第二バルブ V 2 は開いた状態を維持する。  
10

これにより、図 8 に示されているように、処理室 3 2 内の圧力は減圧と常圧との間の微減圧状態に調整される。

#### 【 0 0 4 9 】

他方、図 8 に S 4 で示された昇温ステップが開始するまでは、処理室 3 2 内の温度は予め設定されたスタンバイ温度である 50 に維持されており、前バージステップ S 3 の終了した後に、昇温ステップ S 4 が開始される。

処理室 3 2 内の温度が所定の処理温度である 150 に達すると、温度は略一定に維持される。  
20

また、ポート 3 0 がモータ 3 6 によって回転される。

#### 【 0 0 5 0 】

図 8 に示されているように、昇温ステップ S 4 の開始とともに、流量制御用コントローラ C 1 の制御によって水素ガス供給装置 3 9 のバルブ（図示せず）が開かれることにより、アニールガスとしての水素ガスが処理室 3 2 内に、水素ガス供給装置 3 9 からガス供給ライン 3 8 、ガス供給管 3 7 およびガス供給ノズル 7 4 を経由して供給される。

なお、本実施の形態の場合においては、除害装置 4 8 は停止のままである。

この際、第一バルブ V 1 および第二バルブ V 2 が開いた状態を維持し、第五バルブ V 5 および第六バルブ V 6 が閉じているので、処理室 3 2 内に供給された水素ガスは第一排気ライン 4 1 を通って排気ポンプ 4 2 によって排気されることになる。  
30

さらに、第三バルブ V 3 が開くことにより、希釈ガスとしての窒素ガスが窒素ガス供給装置 4 5 から第一排気ライン 4 1 の排気ポンプ 4 2 の吐き出し側に供給される。

この窒素ガスの供給により、第一排気ライン 4 1 の排気ポンプ 4 2 の吐き出し口から吐き出される残留水素ガスが希釈されるために、第一排気ライン 4 1 からの排気による水素ガスの爆発等の障害の発生は防止することができる。

#### 【 0 0 5 1 】

図 8 に S 5 で示されたアニールステップにおいては、処理室 3 2 内の温度が所定の処理温度である 150 に略一定に維持されている。

ガス供給ノズル 7 4 の噴出口 7 4 a から処理室 3 2 内に供給された水素ガスは、処理室 3 2 内をウエハ 1 に接触しながら流下して、第一排気ライン 4 1 を通じて排気ポンプ 4 2 によって排気される。  
40

水素用ガスが 150 に加熱されたウエハ 1 に接触することによる熱反応により、ウエハ 1 にはアニール処理が施される。

#### 【 0 0 5 2 】

次に、図 8 に S 6 で示された真空排気ステップにおいては、水素ガス供給装置 3 9 は水素ガスの供給を停止する。

この真空排気ステップ S 6 により、図 8 に示されているように、処理室 3 2 内の圧力は真空状態になり、処理室 3 2 内およびメイン排気ライン 9 1 、第一排気ライン 4 1 に残留していた水素ガスが除去される。  
50

**【0053】**

また、図8に示されているように、ダクト用バルブ68が開かれて、プロア67による排気が排気ダクト66を経由して冷却エア通路61に対して実施されることにより、冷却エアが給気管62から冷却エア通路61に供給される。

この冷却エアの冷却エア通路61での流通により、ヒータユニット50の内部は全体的に冷却される。この真空排気ステップS6により処理室32の温度は、徐々に（例えば2 / min）冷却され降温されていく。

**【0054】**

図8にS7で示された後バージステップにおいては、窒素ガス供給装置40は窒素ガスの供給を再開し、第一バルブV1、第二バルブV2および第三バルブV3は閉じる。10

その後、処理室32内が大気圧復帰後に第五バルブV5および第六バルブV6を再び開き、第二排気ライン47から排気される。

この際、第一バルブV1および第二バルブV2が閉じ、第五バルブV5および第六バルブV6が開いているので、第二排気ライン47および処理室32内に、万一、残留水素ガスがあったとしても窒素ガスにより希釈されて第二排気ライン47を通って排気されることになる。

この後、処理室32内の圧力は、常圧に維持される。

**【0055】**

図8に示されたように、後バージステップS7においては、第五バルブV5および第六バルブV6が開き、所望の時間経過した後に、第四バルブV4が排気用コントローラC2の制御によって開かれることにより、処理室32内に残留した水素ガスの濃度が水素ガス濃度計46によって測定される。20

水素ガス濃度計46が検出する水素ガスの濃度値が予め設定された濃度値以下になると、図8にS8で示された処理室内急冷ステップにおいて、排気用コントローラC2は第五バルブV5および第六バルブV6を閉じ、第七バルブV7を開く。

また、処理室内急冷ステップS8においては、窒素ガス供給装置40は窒素ガスの供給を停止し、3台の窒素ガス供給装置85A、85B、85Cは冷却ガスとしての不活性ガスである窒素ガスの供給を実施する。

3台の窒素ガス供給装置85A、85B、85Cからの窒素ガスは、冷却ガス供給ライン84A、84B、84Cを経由して冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cに供給される。30

この際、3台の窒素ガス供給装置85A、85B、85Cからの窒素ガスはアニール後のウエハ1の温度よりも低い常温であり、かつ、その流量はガス供給ノズル74への窒素ガス供給装置40からの窒素ガスの流量よりも大きいので、ウエハ1等はきわめて効果的かつ迅速に冷却される（例えば5 / min）。

**【0056】**

以上のようにして、窒素ガス90はウエハ1に直接的に接触して熱を奪い、かつ、ウエハ1群の全長にわたって均等に接触するので、ウエハ1群の温度は大きいレート（速度）をもって急速に降下するとともに、ウエハ1群の全長およびウエハ1の面内において均一に降下する。40

**【0057】**

処理室32内の温度が所定のスタンバイ温度になると、図8にS9で示されたポートアンローディングステップに際しては、図8に示されているように、ダクト用バルブ68が閉じ、冷却エアの給気管62から冷却エア通路61への供給を停止する。

3台の窒素ガス供給装置85A、85B、85Cは冷却ガスとしての不活性ガスである窒素ガスの供給を停止し、窒素ガス供給装置40は窒素ガスの供給を再開する。

また、第五バルブV5および第六バルブV6は開き、第七バルブV7が閉じられる。

ポートアンローディングステップS9においては、シールキャップ29に支持されたポート30がポートエレベータ27によって降下されることにより、処理室32から搬出（ポートアンローディング）される。50

**【0058】**

図8にS10で示されたスタンバイステップにおいては、ポートアンローディングステップS9の状態が維持される。

スタンバイステップS10の運用方法は、処理室内の温度を50のままでし、処理温度である150に昇温させる工程は、S4の昇温ステップとすることを除き、第一実施の形態の場合と同様である。

**【0059】**

以降、前記作用が繰り返されることにより、アニール装置10によってウエハ1に対する減圧水素アニール工程が実施されて行く。

**【0060】**

前記実施の形態によれば、次の効果が得られる。

10

**【0061】**

1) アニール処理後に、冷却ガスとしての窒素ガスを上下方向に細長いスリット形状の噴出孔を有する冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cによってウエハ群に吹き付けることにより、ウエハ群を直接かつ全長にわたって均等に冷却することができるので、ウエハ群の降温速度を高めることができるとともに、ウエハ相互間およびウエハの面内温度の均一性を高めることができる。

**【0062】**

2) また、処理室内の真空置換工程（真空排気ステップ）において、処理室内が真空状態である際に急激に大量のガスを処理室内に導入すると、ウエハのびびり等が発生し問題となるが、後バージステップを設け、その後に大量のガスを処理室内に導入するようにしているので、ウエハのびびり等の問題を抑止することができる。

20

**【0063】**

3) 冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cによってウエハ群におけるウエハ相互間の温度差およびウエハ面内の温度差の発生を防止することにより、ICの特性に及ぼす悪影響を回避することができ、また、ウエハ群の温度を充分に降温させることができるので、熱を帯びたウエハが酸素を多く含んだ雰囲気に晒されることによる自然酸化膜の生成を防止することができ、また、膜質を向上させることができる。

特に、銅(Cu)配線等のパターンが形成されているウエハ群を処理室内で水素ガスや見做し水素ガスを含んだ状態でアニール処理した後に、処理室内でウエハを強制的に冷却することができるので、銅結晶の欠陥(VOID)を減少させることができる。

30

**【0064】**

4) アニール処理後およびポートアンローディング時にウエハ群を充分に降温させることにより、ポートアンローディング後の降温待機時間を省略ないしは短縮することができるので、アニール装置のスループットを向上させることができる。

**【0065】**

5) さらに、ポートローディング時には、予め処理室内の温度を処理温度まで昇げておき、ポートローディング後に昇温ステップを設けずにアニール処理するようにすれば、アニール処理前ではポートの上方に配置されているウエハとポートの下方に配置されているウエハとでポートの上方から処理室内へ搬入される際に熱せられる総熱量に差が生じても、処理ガス雰囲気下でないので、ウエハに悪影響を及ぼすことなくスループットを向上させることができる。

40

**【0066】**

6) アニール処理後に処理室内外の温度差が大きい状態でポートアンローディングすると、ポートの下方から引き出されるので、ポートの下方に配置されているウエハから冷やされ、ポートの上方に配置されているウエハは下方に比べて遅く引き出されるので、ポートの上方と下方のウエハとでは熱せられた総熱量に差が生じてしまう。

前記した実施の形態によればアニール処理後にポート上のウエハ群を急冷することにより、この総熱量差がICの特性に及ぼす悪影響を抑制することができる。

**【0067】**

50

7) 常圧水素アニール工程および減圧水素アニール工程のいずれであっても、水素ガスを適切に除害処理することができるとともに、処理室内に多量の冷却ガスを供給することができるので、ウエハの降温速度を向上させることができる。

**【0068】**

8) 除害装置に大量のガスを流せるようにしたり、排気ポンプの処理容量を向上させたりすると、設備費用が高くなったり設置スペースを余計に設ける等のデッドスペースが必要となるが、前記した実施の形態によれば、これらを必要としない。

**【0069】**

9) ウエハに対し直接噴射して接触させる冷却ガスの流量が多い場合（例えば400リットル/m<sup>2</sup> min）には、処理室内に充満されていた水素ガスが急激に排気されることになり、100%に近い水素濃度状態で排気ラインに排気されるために、水素ガス濃度計で監視し希釈ガスで4%以下に下げようとしても、排気ラインで希釈混合するのには時間的にも希釈量的にも限界があり、爆発条件の水素濃度4~70%で流れてしまう危険が伴う。また、排気ポンプより下流側（排出口側）での希釈ガスの流量を多くすると、排気ライン内で4%未満にすることも可能であるが、その場合には処理室からの水素ガスが排気ポンプより下流側（排出口側）での希釈ガスの供給ラインより上流側では流れにくくなり、詰まった状態となることにより、過加圧状態となるために、排気管の継手部からのリークやプロセスチューブの割れ等の被害のリスクが生じてしまう。

前記した実施の形態によれば、処理室内の水素濃度が爆発下限界より低い4%未満となつことを水素ガス濃度計にて検知確認された後に、多量の冷却ガスをウエハに対し直接噴射し接触させてるので、これらの弊害の発生を防止することができる。

**【0070】**

なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更が可能であることはいうまでもない。

**【0071】**

例えば、冷却ガスとしては、窒素ガスを使用するに限らず、他の不活性ガスを使用してもよい。

**【0072】**

冷却ガス供給ノズルは3本を配設するに限らず、1本もしくは2本または4本以上配設してもよい。

また、冷却ガスとしての窒素ガスの噴出エリアは、上中下三つに設定するに限らず、一つもしくは二つまたは四つ以上に設定してもよい。

**【0073】**

窒素ガス供給源はガス供給ノズルや冷却ガス供給ノズルとの間ににおいて、兼用するように構成してもよい。

**【0074】**

急冷ステップS8では、冷却ガス供給ノズル80A、80B、80Cから冷却ガスを供給するのに加えて、ガス供給ノズル74からも冷却ガス（不活性ガス）を供給するようにしてもよい。

**【0075】**

加熱手段としては、加熱ランプを使用するに限らず、誘導加熱ヒータ、珪化モリブデンやFe-Cr-Al合金等の金属発熱体を使用してもよい。

**【0076】**

前記第一の実施の形態において後バージステップS6、S7を前記第二の実施の形態と同様に、真空排気ステップS6、後バージステップS7として処理室内を希釈するようにしてもよいし、同様に、前記第二の実施の形態において真空排気ステップS6と後バージステップS7を前記第一の実施の形態と同様に後バージステップS6、S7としてもよい。

**【0077】**

前記第一の実施の形態において処理室内の温度を昇温させるタイミングをスタンバイス

10

20

30

40

50

ステップS10としたが、アニールステップS4を昇温ステップS4とし、スタンバイステップS10では処理室内の温度を昇温させずに昇温ステップS4にて処理室内の温度を昇温させるようにしてもよい。

#### 【0078】

また、前記第二の実施の形態において処理室内の温度を昇温させるタイミングを昇温ステップS4としたが、前記第一の実施の形態と同様に昇温ステップS4では昇温させずにスタンバイステップS10にて処理室内の温度を昇温させるようにしてもよい。

#### 【0079】

前記実施の形態においては、アニール装置について説明したが、酸化・拡散装置やCVD装置等の基板処理装置全般に適用することができる。

10

#### 【0080】

被処理基板はウエハに限らず、ホトマスクやプリント配線基板、液晶パネル、コンパクトディスクおよび磁気ディスク等であってもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0081】

【図1】本発明の一実施の形態であるアニール装置を示す一部省略斜視図である。

【図2】その側面断面図である。

【図3】その背面断面図である。

【図4】冷却ステップを示す主要部の平面断面図である。

【図5】同じく一部省略背面断面図である。

20

【図6】同じく一部省略斜視図である。

【図7】本発明に係るアニール装置の運用方法の第一実施の形態である常圧水素アニール工程の主なシーケンスを示すタイムチャートである。

【図8】同じく第二実施の形態である減圧水素アニール工程の主なシーケンスを示すタイムチャートである。

#### 【符号の説明】

#### 【0082】

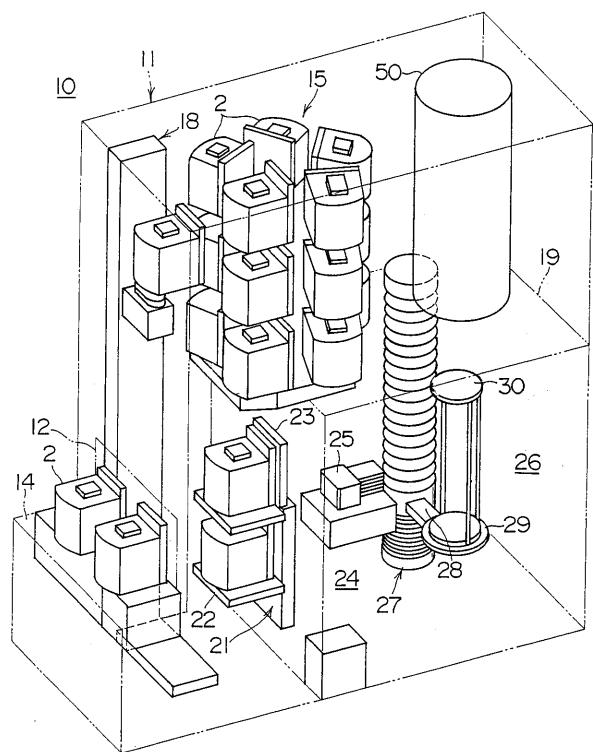
1...ウエハ(基板)、2...ポッド、10...アニール装置(基板処理装置)、11...筐体、12...ポッド搬入搬出口、13...フロントシャッタ、14...ポッドステージ、15...回転式ポッド棚、16...支柱、17...棚板、18...ポッド搬送装置、19...サブ筐体、20...ウエハ搬入搬出口、21...ポッドオープナ、22...載置台、23...キャップ着脱機構、24...移載室、25...ウエハ移載装置、26...待機室、27...ポートエレベータ、28...アーム、29...シールキャップ、30...ポート(基板保持体)、30A...断熱キャップ部、31...プロセスチューブ、32...処理室、33...マニホールド、34...炉口、35...回転軸、36...モータ、37...ガス供給管(ガス供給ポート)、38...ガス供給ライン、39...水素ガス供給装置(処理ガス供給部)、40...窒素ガス供給装置、41...第一排気ライン、42...排気ポンプ、43...スロー排気ライン、44...窒素ガス供給ライン、45...窒素ガス供給装置、46...水素ガス濃度計(処理ガス濃度検出部)、47...第二排気ライン、48...除害装置(処理ガス除去装置)、49...第三排気ライン、C1...ガス流量制御用コントローラ、C2...排気用コントローラ(不活性ガス流量制御部)、V1~V7...バルブ、50...ヒータユニット、51...断熱槽、52...加熱ランプ(加熱手段)、53...天井加熱ランプ、53A...キャップ加熱ランプ、54...加熱ランプ駆動装置、55...温度コントローラ、56...カスケード熱電対、57...リフレクタ、58...冷却水配管、59...天井リフレクタ、60...冷却水配管、61...冷却エア通路、62...給気管、63...排気口、64...バッファ部、65...サブ排気口、66...排気ダクト、67...プロワ、68...ダクト用バルブ、69...ラジエタ、74...ガス供給ノズル、74a...噴出口、80A、80B、80C...冷却ガス供給ノズル、81A、81B、81C...導入部、82A、82B、82C...管部、83A、83B、83C...噴出孔、84A、84B、84C...冷却ガス供給ライン、85A、85B、85C...窒素ガス供給装置、86A、86B、86C...流量調整コントローラ、90...窒素ガス(不活性ガス)、91...メイン排気ライン。

30

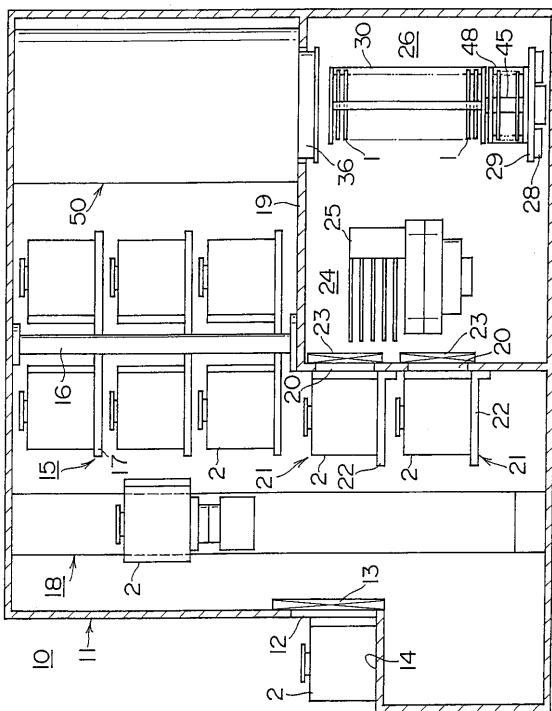
40

50

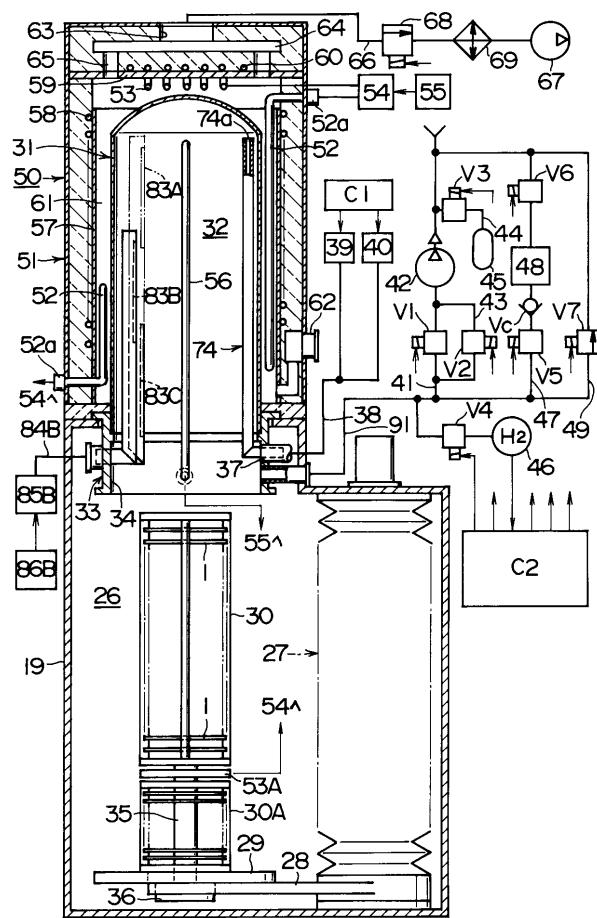
【図1】



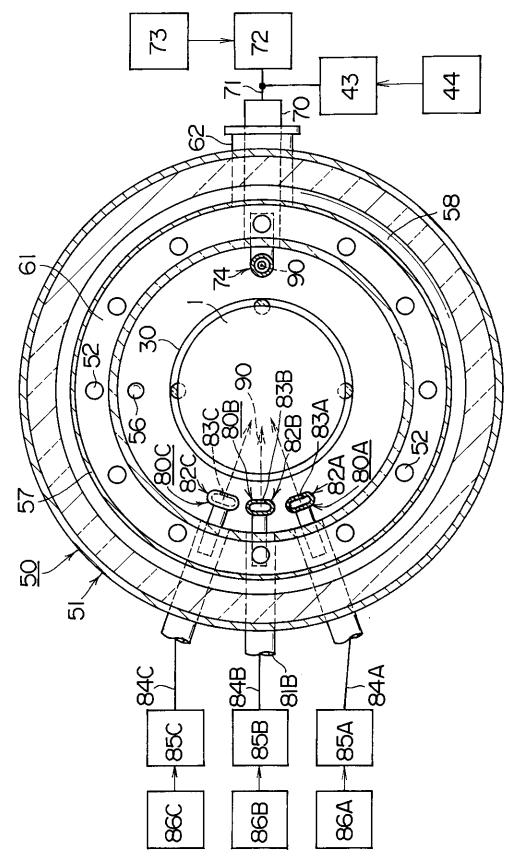
【 四 2 】



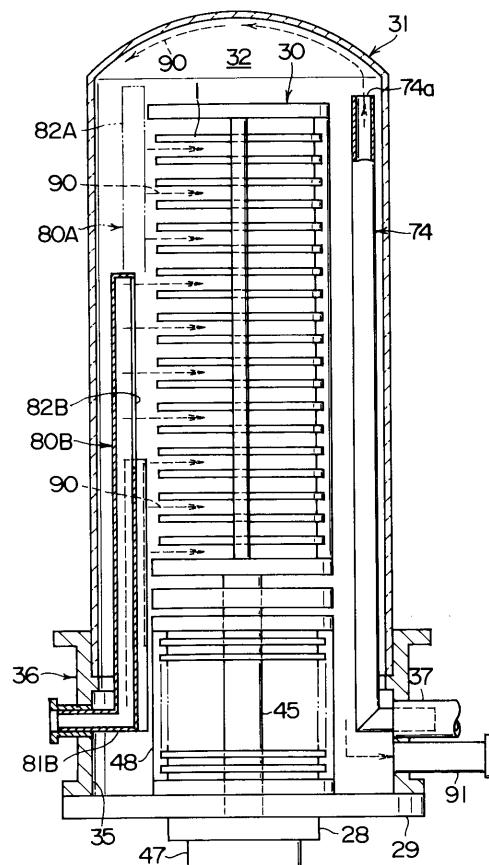
【図3】



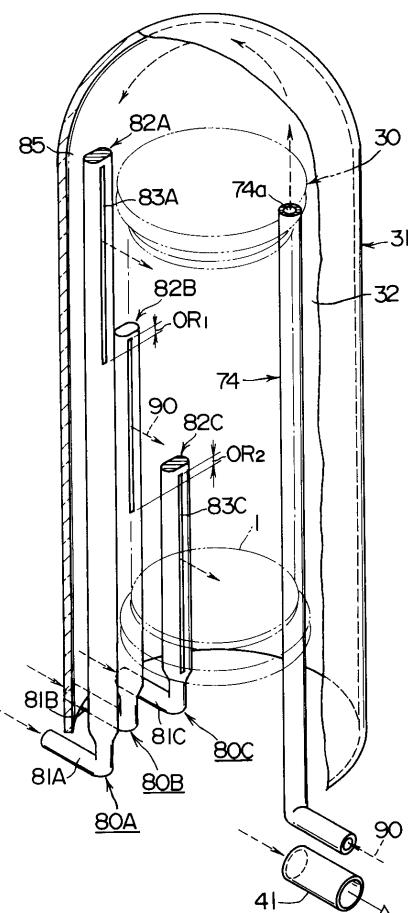
【 四 4 】



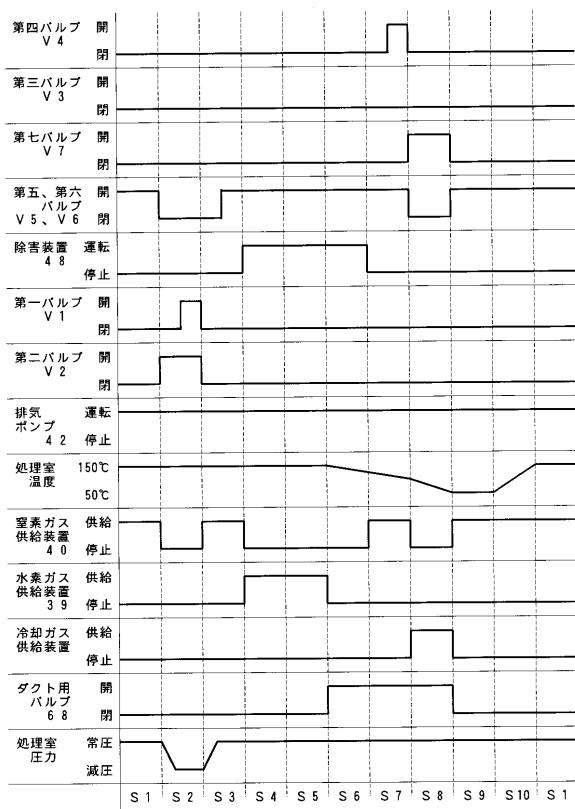
【 図 5 】



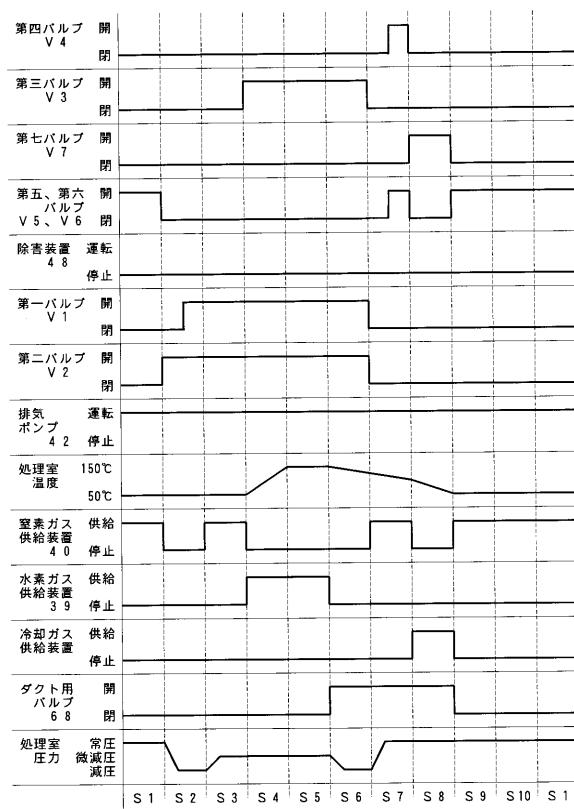
【 四 6 】



【図7】



【 四 8 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	
H 01 L 21/28 (2006.01)	H 01 L 21/28	B
H 01 L 21/3205 (2006.01)	H 01 L 21/88	M
H 01 L 23/532 (2006.01)		
H 01 L 21/768 (2006.01)		

(72)発明者 岡 威憲  
東京都中野区東中野三丁目14番20号 株式会社日立国際電気内

審査官 田代 吉成

(56)参考文献 特開平6-232140(JP,A)  
特開2005-142577(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L	21 / 02
C 23 C	16 / 455
H 01 L	21 / 205
H 01 L	21 / 26
H 01 L	21 / 28
H 01 L	21 / 3205
H 01 L	21 / 324
H 01 L	21 / 768
H 01 L	23 / 532