

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6415215号
(P6415215)

(45) 発行日 平成30年10月31日 (2018. 10. 31)

(24) 登録日 平成30年10月12日 (2018. 10. 12)

(51) Int. Cl.		F I	
H O 1 L 21/31	(2006. 01)	H O 1 L 21/31	C
C 2 3 C 16/509	(2006. 01)	C 2 3 C 16/509	
H O 1 L 21/318	(2006. 01)	H O 1 L 21/318	B

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-196414 (P2014-196414)	(73) 特許権者	318009126
(22) 出願日	平成26年9月26日 (2014. 9. 26)		株式会社 K O K U S A I E L E C T R I C
(65) 公開番号	特開2016-72260 (P2016-72260A)		東京都千代田区神田鍛冶町 3 丁目 4 番地
(43) 公開日	平成28年5月9日 (2016. 5. 9)	(72) 発明者	豊田 一行
審査請求日	平成29年5月10日 (2017. 5. 10)		富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株
			式会社日立国際電気内
		(72) 発明者	梅川 純史
			富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株
			式会社日立国際電気内
		(72) 発明者	河島 誠
			富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 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、半導体装置の製造方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理する処理室と、
 前記処理室内に活性化された処理ガスを供給する放電室と、
 前記放電室内に供給された前記処理ガスを活性化させるプラズマ源と、
 前記処理室内を排気する排気系と、
 前記処理ガスを一時的に貯溜する貯溜部と、前記処理ガスの供給源と前記貯溜部との間に設けられる第 1 バルブと、前記貯溜部と前記放電室との間に設けられる第 2 バルブとを備え、前記放電室に前記処理ガスを供給する処理ガス供給系と、
 前記第 1 バルブを開け、前記第 2 バルブを閉じた状態で前記貯溜部に前記処理ガスを充填させる処理と、前記第 1 バルブを閉じ、前記第 2 バルブを開けた状態で前記貯溜部に貯溜された前記処理ガスを前記放電室内に供給すると共に、前記プラズマ源により前記処理ガスを前記放電室内で活性化し、活性化された前記処理ガスを、前記放電室から前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給させる処理と、を交互に繰返す様前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される制御部と、
 を有する基板処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の基板処理装置であって、
 前記放電室は前記処理室の内壁に設けられ、前記処理室と前記放電室とを隔離する隔離壁を有し、前記隔離壁には複数のガス供給孔が設けられている。

10

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の基板処理装置であって、
前記プラズマ源は容量結合型であり、前記放電室内に設置されている。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置であって、
前記制御部は、前記貯留部に前記処理ガスを充填させる処理に於いて、前記貯留部の圧力が所定の圧力になる迄前記処理ガスを充填した後、前記第 1 バルブを閉じる様に前記処理ガス供給系を制御する様に構成される。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の基板処理装置であって、
前記所定の圧力は、活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給させる処理に於ける前記放電室内の圧力がパッシェンの法則を満たす様な圧力になる量の前記処理ガスが前記貯留部に充填された時の圧力である。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置であって、
前記制御部は、前記貯留部に前記処理ガスを充填させる処理に於いて、活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給させる処理に於ける前記放電室内の圧力が、パッシェンの法則を満たす様な圧力となる量以上の所定の量の前記処理ガスが前記貯留部に充填される様に、前記処理ガス供給系を制御する様構成される。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置であって、
前記制御部は、前記排気系による前記処理室内の排気を継続しながら、前記貯留部に前記処理ガスを充填させる処理と、活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給させる処理とを交互に繰返す様に、前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される。

【請求項 8】

基板を収納する処理室内に基板を収容する収容工程と、
前記処理室内を排気する排気工程と、
処理ガスの供給源と前記処理ガスを一時的に貯留する貯留部との間に設けられる第 1 バルブを開け、前記貯留部と放電室との間に設けられる第 2 バルブを閉じた状態で、前記貯留部に前記処理ガスを充填する工程と、
前記第 1 バルブを閉じ、前記第 2 バルブを開けた状態で、前記貯留部に貯留された前記処理ガスを前記放電室内に供給すると共に、前記処理ガスを前記放電室内でプラズマ励起することにより活性化し、活性化された前記処理ガスを前記放電室から前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給する工程と、を有し、
前記貯留部に前記処理ガスを充填する工程と、活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給する工程とは交互に繰返される半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

基板処理装置の処理室内に基板を収容する収容手順と、
前記処理室内を排気する排気手順と、
処理ガスの供給源と前記処理ガスを一時的に貯留する貯留部との間に設けられる第 1 バルブを開け、前記貯留部と放電室との間に設けられる第 2 バルブを閉じた状態で、前記貯留部に前記処理ガスを充填する手順と、
前記第 1 バルブを閉じ、前記第 2 バルブを開けた状態で、前記貯留部に貯留された前記処理ガスを前記放電室内に供給すると共に、前記処理ガスを前記放電室内でプラズマ励起することにより活性化し、活性化された前記処理ガスを前記放電室から前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給する手順と、を有し、
前記貯留部に前記処理ガスを充填する手順と、活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給する手順とが交互に繰返される手順を、コンピュータにより前記基板処理装置に実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、基板処理装置、半導体装置の製造方法及びプログラムに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

D R A M等の半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、プラズマを用いて基板上に成膜を行う基板処理工程が行われる場合がある。

【0003】

基板処理装置により基板処理が行われる際には、プラズマにて励起された処理ガスの活性種が処理室内に供給され、基板に供給されることで基板上に成膜が行われる。

10

【0004】

然し乍ら、従来の基板処理装置の場合、プラズマ励起された処理ガスを供給する際、処理室内の圧力が高くなることで、相当の割合の活性種が基板の周辺の空間を通して排気される為、基板の表面に十分な量の活性種を供給できず、基板表面を効率よく処理することができない。

【0005】

又、基板表面に形成される集積回路上の深溝内に活性種を供給することができないという問題があった。

20

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】****【特許文献1】特開2009-188143号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

本発明は斯かる実情に鑑み、基板の表面に十分な量の活性種を供給し、短時間で均一に基板を処理可能な技術を提供するものである。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

30

本発明の一態様によれば、基板を処理する処理室と、前記処理室内に活性化された処理ガスを供給する放電室と、前記放電室内に供給された前記処理ガスを活性化させるプラズマ源と、前記処理室内を排気する排気系と、前記処理ガスを一時的に貯溜する貯溜部を備え、前記放電室内に前記処理ガスを供給する処理ガス供給系と、前記貯溜部に貯溜された前記処理ガスを前記放電室内に間欠的に供給し、前記放電室内で活性化された前記処理ガスを、前記放電室から前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給させる様前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

【発明の効果】**【0009】**

40

本発明によれば、基板の表面に十分な量の活性種を供給し、短時間で均一に基板を処理できる。

【図面の簡単な説明】**【0010】**

【図1】本発明の実施例で好適に用いられる基板処理装置の処理炉を示す概略立断面図である。

【図2】本発明の実施例で好適に用いられる基板処理装置の処理炉の一部の概略構成図であり、処理炉の一部を図1のA-A矢視図で示す図である。

【図3】本発明の実施例の成膜処理のシーケンス図である。

【図4】N H 3 ガスを供給する際の放電室内の圧力変化を示す図である。

50

【図 5】本発明の実施例で好適に用いられる基板処理装置の処理炉の第 1 の変形例を示す概略平断面図である。

【図 6】本発明の実施例で好適に用いられる基板処理装置の処理炉の第 2 の変形例を示す概略平断面図である。

【図 7】本発明の実施例で好適に用いられる基板処理装置のコントローラの概略構成図であり、コントローラの制御系をブロック図で示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

【0012】

先ず、図 1、図 2 に於いて、本発明の基板処理装置に使用される処理炉について説明する。

【0013】

処理炉 1 は、加熱手段（加熱機構）としてのヒータ 2 を有している。ヒータ 2 は円筒形状であり、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されることにより垂直に据付けられている。尚、ヒータ 2 は、後述する処理ガスを熱で活性化させる為の活性化機構としても機能する。

【0014】

ヒータ 2 の内側には、ヒータ 2 と同心円状に反応容器（処理容器）を構成する反応管 3 が配設されている。反応管 3 は、例えば石英（ SiO_2 ）又は炭化シリコン（ SiC ）等の耐熱性材料によって、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。反応管 3 の内部には処理室 4 が画成され、処理室 4 はウェーハ（基板）5 をポート 6（後述）によって水平姿勢で垂直方向に整列した状態で収容可能に構成されている。

【0015】

処理室 4 内に於ける反応管 3 の下部には、第 1 ノズル 7、第 2 ノズル 8 が反応管 3 の側壁を貫通する様に設けられている。第 1 ノズル 7、第 2 ノズル 8 には、第 1 ガス供給管 9、第 2 ガス供給管 11 がそれぞれ接続されている。この様に、反応管 3 には 2 本のノズル 7、8 が設けられており、処理室 4 内へ複数種類の処理ガスを供給でき、本実施例では 2 種類の処理ガス（原料ガス、反応ガス）を供給することができる様に構成されている。

【0016】

第 1 ガス供給管 9 には上流方向から順に流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（MFC）12 及び開閉弁であるバルブ 13 が設けられている。又、第 1 ガス供給管 9 のバルブ 13 よりも下流側には、第 1 不活性ガス供給管 14 が接続されている。第 1 不活性ガス供給管 14 には、上流方向から順に MFC 15、及びバルブ 16 が設けられている。又、第 1 ガス供給管 9 の先端部には、第 1 ノズル 7 が接続されている。

【0017】

第 1 ノズル 7 は、L 字型のロングノズルとして構成され、反応管 3 の内壁と基板 5 との間の円管状の空間に、反応管 3 の内壁の下部より上部に沿って、基板 5 の配列方向上方に向って立ち上がる様に設けられている。第 1 ノズル 7 の側面には、ガスを供給するガス供給孔 17 が設けられ、ガス供給孔 17 は反応管 3 の中心を向く様に開口している。ガス供給孔 17 は、反応管 3 の下部から上部に亘って複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、更に同一の開口ピッチで設けられている。

【0018】

主に、第 1 ガス供給管 9、MFC 12、バルブ 13、第 1 ノズル 7 により第 1 処理ガス供給系が構成される。又、主に第 1 不活性ガス供給管 14、MFC 15、バルブ 16 により、第 1 不活性ガス供給系が構成される。

【0019】

第 2 ガス供給管 11 には、上流方向から順に MFC 18、第 1 バルブ 19、処理ガスを一時的に貯溜する為のガスタンク 21、及び第 2 バルブ 22 が設けられ、ガスタンク 21 にはガスタンク 21 内の圧力を検知する圧力センサ 20 が設けられている。尚、第 1 バル

10

20

30

40

50

ブ 1 9、圧力センサ 2 0、ガスタンク 2 1、第 2 バルブ 2 2 により、処理ガスを一時的に貯溜する為の貯溜部が構成される。本実施例に於いては、圧力センサ 2 0、ガスタンク 2 1 も貯溜部の構成としたが、圧力センサ 2 0、ガスタンク 2 1 を備えていなくても、少なくとも第 1 バルブ 1 9 および第 2 バルブ 2 2 を備えていれば貯溜部としての構成が成立する。即ち、第 1 バルブ 1 9 と第 2 バルブ 2 2 との間の配管内に処理ガスを一時的に貯溜することができる為、第 1 バルブ 1 9 と第 2 バルブ 2 2 を備えていれば当該部分を貯溜部として機能させることができる。

【 0 0 2 0 】

又、第 2 ガス供給管 1 1 の第 2 バルブ 2 2 よりも下流側には、第 2 不活性ガス供給管 2 3 が接続されている。第 2 不活性ガス供給管 2 3 には、上流方向から順に、M F C 2 4、及びバルブ 2 5 が設けられている。又、第 2 ガス供給管 1 1 の先端部には、第 2 ノズル 8 が接続され、第 2 ノズル 8 はガス分散空間である放電室 2 6 に設けられている。

10

【 0 0 2 1 】

放電室 2 6 は、反応管 3 の内壁と基板 5 との間に於ける円筒状の空間の、反応管 3 内壁の下部より上部に亘る部分に、基板 5 の配列方向に沿って設けられている。放電室 2 6 の、基板 5 に隣接する壁の端部には、処理室 4 内に反応ガスを供給するガス供給孔 2 7 が設けられ、ガス供給孔 2 7 は反応管 3 の中心を向く様に開口している。ガス供給孔 2 7 は、反応管 3 の下部から上部に亘って複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、更に同一の開口ピッチで設けられている。尚、放電室 2 6 を構成する壁部は、処理室 4 内と放電室 2 6 内とを隔離する隔離壁となっている。

20

【 0 0 2 2 】

第 2 ノズル 8 は、L 字型のロングノズルとして構成され、放電室 2 6 のガス供給孔 2 7 が設けられた端部と反対側の端部に、反応管 3 の内壁の下部より上部に沿って、基板 5 の配列方向上方に向かって立ち上がる様に設けられている。第 2 ノズル 8 の側面には、放電室 2 6 内に処理ガスを供給するガス供給孔 2 8 (図 2 参照) が設けられ、ガス供給孔 2 8 は放電室 2 6 の中心を向く様に開口している。ガス供給孔 2 8 は、放電室 2 6 のガス供給孔 2 7 と同様に、反応管 3 の下部から上部に亘って複数設けられている。複数のガス供給孔 2 8 のそれぞれの開口面積は、放電室 2 6 内と処理室 4 内の差圧が大きい場合には、上流側 (下部) から下流側 (上部) 迄、それぞれ同一の開口面積で同一の開口ピッチとするのがよい。差圧が小さい場合には、上流側から下流側に向って漸次開口面積を大きくするか、或は開口数を減らして放電室 2 6 内と処理室 4 内の差圧を大きくするのがよい。

30

【 0 0 2 3 】

本実施例では、第 2 ノズル 8 のガス供給孔 2 8 のそれぞれの開口面積や開口ピッチを、上流側から下流側にかけて上述の様に調節することで、各ガス供給孔 2 8 から、流速の差はあるものの、流量が略同量である処理ガスを噴出させることができる。又、各ガス供給孔 2 8 から噴出する処理ガスを、一旦放電室 2 6 内に導入することで、放電室 2 6 内に於いてガス供給孔 2 7 から噴出する処理ガスの流速差を均一化させることができる。

【 0 0 2 4 】

即ち、第 2 ノズル 8 の各ガス供給孔 2 8 より放電室 2 6 内に噴出した処理ガスは、放電室 2 6 内で処理ガスの粒子速度が緩和された後、放電室 2 6 のガス供給孔 2 7 より処理室 4 内に噴出する。これにより、第 2 ノズル 8 の各ガス供給孔 2 8 より放電室 2 6 内に噴出した処理ガスは、放電室 2 6 の各ガス供給孔 2 7 より処理室 4 内に噴出される際には、均一な流量と流速とを有する処理ガスとなる。

40

【 0 0 2 5 】

又、第 2 ガス供給管 1 1 にガスタンク 2 1 を設け、ガスタンク 2 1 に一時的に処理ガスを貯溜することができるので、ガス供給孔 2 8 から放電室 2 6 内に高圧の処理ガスを一気に噴出させることができる。

【 0 0 2 6 】

主に、第 2 ガス供給管 1 1、M F C 1 8、第 1 バルブ 1 9、ガスタンク 2 1、第 2 バルブ 2 2、第 2 ノズル 8、放電室 2 6 により第 2 処理ガス供給系が構成される。又、主に第

50

2 不活性ガス供給管 23、MFC 24、バルブ 25 により第 2 不活性ガス供給系が構成される。

【0027】

第 1 ガス供給管 9 からは、第 1 の処理ガス（原料ガス）として例えばシリコン原料ガス、即ちシリコン（Si）を含むガス（シリコン含有ガス）が、MFC 12、バルブ 13、第 1 ノズル 7 を介して処理室 4 内に供給される。シリコン含有ガスとしては、例えばジクロロシラン（SiH₂Cl₂、略称：DCS）ガスを用いることができる。

【0028】

第 2 ガス供給管 11 からは、例えば窒素（N）を含む第 2 の処理ガス（反応ガス）として例えば窒素含有ガスが、MFC 18、第 1 バルブ 19、ガスタンク 21、第 2 バルブ 22、第 2 ノズル 8、放電室 26 を介して処理室 4 内に供給される。窒素含有ガスとしては、例えばアンモニア（NH₃）ガスを用いることができる。

10

【0029】

不活性ガス供給管 14、23 からは、例えば窒素（N₂）ガスが、それぞれ MFC 15、24、バルブ 16、25、ガス供給管 9、11、ノズル 7、8、放電室 26 を介して処理室 4 内に供給される。

【0030】

尚、例えば各ガス供給管から上述の様な各ガスを流す場合、第 1 処理ガス供給系によりシリコン含有ガス供給系（シラン系ガス供給系）が構成される。又、第 2 処理ガス供給系により窒素含有ガス供給系が構成される。更に、第 1 処理ガス供給系、第 2 処理ガス供給系により処理ガス供給系が構成される。第 1 処理ガスを原料ガスと称する場合、第 1 処理ガス供給系を原料ガス供給系と称することもできる。又、第 2 処理ガスを反応ガスと称する場合、第 2 処理ガス供給系を反応ガス供給系と称することもできる。尚、本明細書に於いて、処理ガスという言葉を用いた場合は、第 1 処理ガス（原料ガス）のみを含む場合、第 2 処理ガス（反応ガス）のみを含む場合、若しくはその両方を含む場合がある。

20

【0031】

放電室 26 内には、図 2 に示される様に、細長い構造を有する第 1 の電極である第 1 の棒状電極 29、及び第 2 の電極である第 2 の棒状電極 31 が、反応管 3 の下部より上部に亘り基板 5 の積層方向に沿って配設されている。第 1 の棒状電極 29 及び第 2 の棒状電極 31 は、それぞれ第 2 ノズル 8 と平行に設けられている。又、第 1 の棒状電極 29 及び第 2 の棒状電極 31 は、それぞれ上部より下部に亘って各電極を保護する保護管である電極保護管 32 により覆われることで保護されている。第 1 の棒状電極 29 と第 2 の棒状電極 31 のいずれか一方は、整合器 33 を介して高周波電源 34 に接続され、他方は基準電位であるアースに接続されている。

30

【0032】

上記構成により、第 1 の棒状電極 29 と第 2 の棒状電極 31 との間のプラズマ生成領域 35 にプラズマが生成される。主に、第 1 の棒状電極 29、第 2 の棒状電極 31、電極保護管 32、整合器 33、高周波電源 34 によりプラズマ発生器（プラズマ発生部）としてのプラズマ源が構成される。尚、プラズマ源は、後述する様に、処理ガスをプラズマで活性化させる活性化機構として機能するものであり、放電室 26 内に設けられた棒状電極 29、31 で構成された容量結合型となっている。

40

【0033】

電極保護管 32 は、第 1 の棒状電極 29 及び第 2 の棒状電極 31 を、それぞれ放電室 26 の雰囲気と隔離した状態で放電室 26 内に挿入できる構造となっている。ここで、電極保護管 32 の内部は外気（大気）と同一雰囲気であると、電極保護管 32 にそれぞれ挿入された第 1 の棒状電極 29 及び第 2 の棒状電極 31 は、ヒータ 2 の熱により酸化されてしまう。そこで、電極保護管 32 の内部には窒素等の不活性ガスを充填或はパージし、酸素濃度を充分低く抑えて第 1 の棒状電極 29 又は第 2 の棒状電極 31 の酸化を防止する為の不活性ガスパージ機構が設けられている。

【0034】

50

反応管 3 には、処理室 4 内の雰囲気気を排気する排気管 3 6 が設けられている。排気管 3 6 には、処理室 4 内の圧力を検出する圧力検出器（圧力検出部）としての圧力センサ 3 7、及び圧力調整器（圧力調整部）としての APC（Auto Pressure Controller）バルブ 3 8 を介して真空排気装置としての真空ポンプ 3 9 が接続され、処理室 4 内の圧力が所望の圧力（真空度）となる様真空排気し得る様に構成されている。尚、APC バルブ 3 8 は弁を開閉して処理室 4 内の真空排気及び真空排気停止ができ、更に弁開度を調節して圧力調整可能となっている開閉弁である。主に、排気管 3 6、圧力センサ 3 7、APC バルブ 3 8 による排気系が構成される。尚、真空ポンプ 3 9 を排気系に含めて考えても良い。

【0035】

反応管 3 の下方には、反応管 3 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 4 1 が設けられている。シールキャップ 4 1 は、反応管 3 の下端に垂直方向下側から当接される様になっている。シールキャップ 4 1 は、例えばステンレス等の金属からなり、円盤状に形成されている。シールキャップ 4 1 の上面には、反応管 3 の下端と当接するシール部材としてのリング 4 2 が設けられている。又、シールキャップ 4 1 の処理室 4 と反対側には、ポート 6 を回転させる回転機構 4 3 が設置されている。回転機構 4 3 の回転軸 4 4 は、シールキャップ 4 1 を貫通してポート 6 に接続されており、ポート 6 を回転させることで基板 5 を回転させる様に構成されている。シールキャップ 4 1 は、反応管 3 の外部に垂直に設置された昇降機構としてのポートエレベータ 4 5 によって垂直方向に昇降される様に構成されており、ポートエレベータ 4 5 によりポート 6 を処理室 4 内に

【0036】

基板支持具としてのポート 6 は、例えば石英や炭化珪素等の耐熱材料から形成され、複数枚の基板 5 を水平姿勢で且つ中心を揃えた状態で整列させて多段に支持する様に構成されている。尚、ポート 6 の下部には、例えば石英や炭化珪素等の耐熱材料からなる断熱部材 4 6 が設けられており、ヒータ 2 からの熱がシールキャップ 4 1 側に伝わり難くなる様に構成されている。尚、断熱部材 4 6 は、石英や炭化珪素等の耐熱材料から形成される複数枚の断熱板と、断熱板を水平姿勢で多段に支持する断熱板ホルダとにより構成してもよい。

【0037】

反応管 3 内には、温度検出器としての温度センサ 4 7 が設置されている。温度センサ 4 7 により検出された温度情報に基づきヒータ 2 への通電具合を調整することで、処理室 4 内の温度が所望の温度分布となる様に構成されている。温度センサ 4 7 は、第 1 ノズル 7、第 2 ノズル 8 と同様に L 字型に構成されており、反応管 3 の内壁に沿って設けられている。

【0038】

図 7 を参照すれば、制御部（制御手段）であるコントローラ 4 8 は、CPU（Central Processing Unit）70、RAM（Random Access Memory）71、記憶装置 72、I/O ポート 73 を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 71、記憶装置 72、I/O ポート 73 は、内部バス 74 を介して、CPU 70 とデータ交換可能な様に構成されている。コントローラ 4 8 には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置 75 が接続されている。

【0039】

記憶装置 72 は、例えばフラッシュメモリ、HDD（Hard Disk Drive）等から構成されている。記憶装置 72 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述の一連の基板処理の手順や条件等が記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。尚、プロセスレシピは、後述の一連の基板処理に於ける各手順（各ステップ）をコントローラ 4 8 に実行させ、所定の結果を得ることが出来る様に組み合わせられたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単にプログラムともいう。尚、本明細書に於いてプログラムと

いう言葉を用いた場合は、プロセスレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、又は、その両方を含む場合がある。又、RAM 71は、CPU 70によって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

【0040】

I/Oポート73は、バス77を介して、上述のMFC12, 15, 18, 24、バルブ13, 16, 25、第1バルブ19、第2バルブ22、圧力センサ20、37、APCバルブ38、真空ポンプ39、ヒータ2、温度センサ47、回転機構43、ポートエレベータ45、高周波電源34、整合器33等に接続されている。

【0041】

CPU 70は、記憶装置72から制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置75からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置72からプロセスレシピを読み出す様に構成されている。CPU 70は、読み出したプロセスレシピの内容に沿う様に、MFC12, 15, 18, 24による各種ガスの流量調整動作、バルブ13, 16, 25の開閉動作、圧力センサ20に基づく第1バルブ19及び第2バルブ22の開閉動作、APCバルブ38の開閉及び圧力センサ37に基づく圧力調整動作、温度センサ47に基づくヒータ2の温度調整動作、真空ポンプ39の起動及び停止、回転機構43の回転速度調節動作、ポートエレベータ45の昇降動作等の制御や、高周波電源34の電力供給制御、整合器33によるインピーダンス制御する様構成されている。

【0042】

コントローラ48は、専用のコンピュータとして構成されている場合に限らず、汎用のコンピュータとして構成されていてもよい。例えば、上述のプログラムを格納した外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CDやDVD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリやメモリカード等の半導体メモリ）76を用意し、この外部記憶装置76を用いて汎用のコンピュータにプログラムをインストールすること等により、本実施形態のコントローラ48を構成することができる。但し、コンピュータにプログラムを供給する為の手段は、外部記憶装置76を介して供給する場合に限らない。例えば、インターネットや専用回線等の通信手段を用い、外部記憶装置76を介さずにプログラムを供給する様にしてもよい。記憶装置72や外部記憶装置76は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成される。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書に於いて記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置72単体のみを含む場合、外部記憶装置76単体のみを含む場合、又は、その両方を含む場合がある。

【0043】

次に、図3に於いて、処理炉1を用いた半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、基板5上に窒化膜を成膜する処理のシーケンス例について説明する。尚、以下の説明に於いて、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ48により制御されるものとする。

【0044】

本実施例では、第1の処理ガス（原料ガス）として、シリコン含有ガスであるDCSガスを、第2の処理ガス（反応ガス）として、窒素含有ガスであるNH₃ガスを、基板5上にシリコン窒化膜（SiN膜）を形成する場合について説明する。尚、本実施例では、第1処理ガス供給系によりシリコン含有ガス供給系が構成され、第2処理ガス供給系により窒素含有ガス供給系が構成される。

【0045】

複数枚の基板5がポート6に装填（チャージ）されると、図1に示される様に、複数枚の基板5を支持したポート6は、ポートエレベータ45によって持上げられ、処理室4内に搬入（ポートロード）される。この状態では、シールキャップ41はOリング42を介して反応管3の下端をシールした状態となる。

【0046】

次に、処理室 4 内が所望の圧力（真空度）となる様に真空ポンプ 39 によって真空排気される。この時、処理室 4 内の圧力は圧力センサ 37 で測定され、測定された圧力に基づき APC バルブ 38 がフィードバック制御される（圧力調整）。又、処理室 4 内が所望の温度となる様にヒータ 2 によって加熱される。この時、処理室 4 内が所望の温度分布となる様に、温度センサ 47 が検出した温度情報に基づきヒータ 2 への通電具合がフィードバック制御される（温度調整）。続いて、回転機構 43 により、ポート 6 が回転されることで、基板 5 が回転される（基板回転）。その後、後述する 7 つの STEP を順次実行する。

【0047】

STEP: 01 では、DCS ガスを処理室 4 内に供給し、基板 5 上にシリコン含有層を形成する。処理室 4 内が所望の圧力、温度となった後、APC バルブ 38 の開口度を 0 % (全閉)にし、処理室 4 内の排気を停止した状態で、第 1 ガス供給管 9 のバルブ 13 を開き、第 1 ガス供給管 9 内に DCS ガスを流す。第 1 ガス供給管 9 内を流れる DCS ガスは、MFC 12 により流量調整され、第 1 ノズル 7 のガス供給孔 17 から時間 s1 迄処理室 4 内に供給される。

10

【0048】

DCS ガスの供給と並行して、バルブ 25 を開き、第 2 不活性ガス供給管 23 内に N2 等の不活性ガスを流す。第 2 不活性ガス供給管 23 内を流れる N2 ガスは、MFC 24 により流量調整された後、第 2 ノズル 8 のガス供給孔 28 から放電室 26 内に供給され、ガス供給孔 27 を介して処理室 4 内に供給される。ガス供給孔 27 から処理室 4 内に N2 ガスが供給されることで、放電室 26 内に DCS ガスが流入しない様になっており、DCS ガス及び N2 ガスは、排気管 36 より排気される。

20

【0049】

この時、シリコン含有層を基板 5 の表面上に短時間で形成する必要がある為、処理室 4 の排気は停止した状態で DCS を供給するのが良い。即ち、APC バルブ 38 は全閉の状態であるので、DCS の供給開始点の s0 以降処理室 4 の圧力は上昇し続ける。処理室 4 の圧力が上昇し続ける状態を 1 ~ 3 秒程度維持する。この維持時間の間に上昇させる圧力は 200 Pa ~ 2000 Pa の範囲が良い。このときの DCS ガスの供給流量は、例えば 1 ~ 2000 sccm、好ましくは 10 ~ 1000 sccm の範囲内の流量とする。又、この時のヒータ 2 の温度は、処理室 4 内の基板 5 上で CVD 反応が生じる程度の温度、即ち基板 5 の温度が、例えば 300 ~ 600 の範囲内となる様設定する。尚、基板 5 の温度が 300 未満となると、基板 5 上に DCS が吸着しにくくなり、基板 5 の温度が 650 を超えると気相反応が強くなり、均一性が悪化し易くなる。従って、基板 5 の温度は 300 ~ 600 の範囲内とするのが好ましい。

30

【0050】

上述の条件下で基板 5 に対して DCS ガスを供給することにより、基板 5 表面の集積回路上に 1 原子層未満から数原子層程度の厚さのシリコン含有層としてのシリコン層 (Si 層) が形成される。シリコン含有層は DCS の吸着層であってもよい。ここで、シリコン層とはシリコンにより構成される連続的な層の他、不連続な層やこれらが重なってできる薄膜も含む。又、DCS の吸着層とは DCS 分子で構成される連続的な化学吸着層の他、不連続な化学吸着層をも含む。尚、基板 5 上に形成されるシリコン含有層の厚さが数原子層を超えると、後述する窒化の作用がシリコン含有層の全体に届かなくなる。又、基板 5 上に形成可能なシリコン含有層の最小値は 1 原子層未満である。よって、シリコン含有層の厚さは 1 原子層未満から数原子層程度とするのが好ましい。尚、DCS ガスが自己分解する条件下では、基板 5 上にシリコンが堆積することでシリコン含有層が形成され、DCS ガスが自己分解しない条件下では、基板 5 上に DCS が化学吸着することで DCS の吸着層が形成される。尚、基板 5 上に DCS の吸着層を形成するよりも、基板 5 上にシリコン含有層を形成する方が、成膜レートを高くすることができて好ましい。

40

【0051】

STEP: 02 では、処理室 4 内のパージを行う。基板 5 上にシリコン含有層が形成さ

50

れた後、時間 s_1 の時点でバルブ 13 を閉じ、DCS ガスの供給を停止すると共に、第 1 不活性ガス供給管 14 のバルブ 16 を開き、第 1 ノズル 7 のガス供給孔 17 を介して処理室 4 内に N_2 ガスを供給する。この時、第 2 不活性ガス供給管 23 のバルブ 25 は開いたままとし、第 2 ノズル 8 から処理室 4 内への N_2 ガスの供給を維持する。又、排気管 36 の APC バルブ 38 を開き、真空ポンプ 39 を介して処理室 4 内を排気する。従って、処理室 4 内が N_2 ガスによりパージされると共に、処理室 4 内が真空排気され、処理室 4 内に残留する未反応若しくはシリコン含有層形成に寄与した後の DCS ガスを処理室 4 内から排除することができる。尚、第 1 ノズル 7、第 2 ノズル 8 からの N_2 ガスの供給時間は、1 ~ 5 秒の範囲内とするのが望ましい。

【0052】

10

シリコン含有ガスとしては、DCS ガスの他、テトラクロロシラン ($SiCl_4$ 、略称：TCS) ガス、ヘキサクロロジシラン (Si_2Cl_6 、略称：HCDS) ガス、モノシラン (SiH_4) ガス等の無機原料だけでなく、アミノシラン系のテトラキスジメチルアミノシラン ($Si(N(CH_3)_2)_4$ 、略称：4DMAS) ガス、トリスジメチルアミノシラン ($Si(N(CH_3)_2)_3H$ 、略称：3DMAS) ガス、ビスジエチルアミノシラン ($Si(N(C_2H_5)_2)_2H_2$ 、略称：2DEAS) ガス、ビスターシャリーブチルアミノシラン ($SiH_2(NH(C_4H_9))_2$ 、略称：BTBAS) ガス等の有機原料を用いてもよい。不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他、Ar ガス、He ガス、Ne ガス、Xe ガス等の希ガスを用いてもよい。

【0053】

20

STEP : 03 では、処理室 4 内を真空引きする。第 1 ノズル 7、第 2 ノズル 8 から、 N_2 ガスを所定時間 ($s_1 \sim s_2$ 迄) 処理室 4 内に供給した後、時間 s_2 に於いて第 1 不活性ガス供給管 14 のバルブ 16、第 2 不活性ガス供給管 23 のバルブ 25 を閉じ、処理室 4 内へのガスの供給を全て停止すると共に APC バルブ 38 を全開にする。処理室 4 内へのガス供給の停止後も、真空ポンプ 39 による真空排気が継続されており、処理室 4 内の圧力を低圧にする。この時の圧力は、 NH_3 ガスの活性種を生成し始めた時点の放電室 26 の圧力よりも低い圧力、即ち、後述するパッシェンの法則を満たす圧力よりも低い圧力迄減圧する。例えば、10 Pa 以下、好適には 1 Pa 以下の範囲内の圧力である高真空状態迄減圧する。

【0054】

30

STEP : 04 ~ STEP : 06 では、処理室 4 内へ NH_3 ガスの活性種を供給し、シリコン含有層を改質してシリコン窒化層を形成する。STEP : 05 ~ STEP : 06 (時間 $t_2 \sim$ 時間 t_4) は所定回数繰返され、処理室 4 内にパルス状に複数回 NH_3 ガスの活性種を供給する (フラッシュフロー)。

【0055】

図 4 は、縦軸に圧力、横軸に時間を取った放電室 26 内の圧力変化を示した図であり、図 3、図 4 を参照して STEP : 04 に於ける NH_3 ガスの放電室 26 内への供給について説明する。

【0056】

40

STEP : 04 では、棒状電極に高周波電力を印加する。処理室 4 内の真空排気を所定時間継続し、処理室 4 内を減圧した後、時間 t_1 (時間 s_3) に於いて、高周波電源 34 が整合器 33 を介して第 1 の棒状電極 29 及び第 2 の棒状電極 31 に高周波電力を印加する。

【0057】

STEP : 05 では、放電室 26 内に NH_3 ガスを供給する。高周波電力の印加後、時間 t_2 に於いて第 2 バルブ 22 を開くことで、予めガスタンク 21 内に充填された高圧の NH_3 ガスが一気に放電室 26 内に供給され、放電室 26 内の圧力が急激に上昇する。この時、バルブ 19 は閉じた状態とする。

【0058】

50

ここで、ガスタンク 21 内への NH_3 ガスの充填は STEP : 01 ~ STEP : 04 の

任意のタイミングで行われても良いし、STEP: 01以前に行われても良い。バルブ22を閉じた状態でバルブ19を開けることにより、ガスタンク21内へNH₃ガスが充填される。ガスタンク21内が後述する所定の圧力になったことを圧力センサ20が検知すると、バルブ19を閉じNH₃ガスの充填を完了させる。

【0059】

放電室26内へのNH₃ガスの供給を開始した後、時間t3の時点で放電室26内の圧力がパッシェンの法則を満たす圧力になる。放電室26内の圧力がパッシェンの法則を満たすと、放電室26内で放電が発生しプラズマ生成領域35にプラズマが生成される。プラズマが生成されることにより、NH₃ガスの活性種が生成される。

【0060】

放電室26内の圧力が急激に上昇し、NH₃ガスの活性種を生成し始めた時点(時間t3時点)では、処理室4内の圧力は低圧である為、プラズマ生成領域35で生成された高密度のNH₃ガスの活性種はガス供給孔27より処理室4内に一気に供給される。この時、積層された基板5の間の圧力も放電室26内の圧力よりも低圧となっている為、活性種は積層された基板5の間にも充分供給される。

【0061】

従って、基板5の表面のシリコン含有層がNH₃ガスの活性種により窒化されて、シリコン及び窒素を含むシリコン窒化層(SiN層)へと改質される。又、基板5表面の集積回路の奥深い溝の中も放電室26内の圧力よりも低圧となっている為、溝の中にも活性種が十分に供給され、カバレッジの良好なシリコン窒化層が形成される。尚、NH₃ガスの供給工程(時間s3~時間s4)に於いても、真空ポンプ39による真空排気が継続されており、未反応の活性種、シリコン含有層を窒化させた後の活性種や反応副生成物は、排気管36より排気される。

【0062】

プラズマが生成された後も、放電室26内の圧力は更に上昇する様になっており、プラズマは放電室26の圧力の変動に伴って状態を変化させつつ生成されるが、ガスタンク21内のNH₃ガスの減少、即ち放電室26内に供給されるNH₃ガス流量減少に伴って放電室26内の圧力が低下する。

【0063】

第2バルブ22は、時間t4の時点で閉じられ、放電室26内へのNH₃ガスの供給が停止される。放電室26内へのNH₃ガスの供給が停止された後も、時間t6の時点でプラズマが消失する迄プラズマ生成領域35でNH₃ガスの活性種が生成され続ける。

【0064】

STEP: 06では、ガスタンク21へのNH₃ガスの充填を行う。NH₃ガスの供給停止後、時間t5の時点で第2ガス供給管11の第1バルブ19を開き、MFC18に流量調整されたNH₃ガスをガスタンク21内に流入させる。この時、第2バルブ22は閉じられているので、流入するNH₃ガスによりガスタンク21内の圧力が上昇する。ガスタンク21内の圧力は、圧力センサ20により測定されており、ガスタンク21内の圧力が所望の圧力、例えば0.05~0.1MPaの範囲内の圧力となる様、MFC18、第1バルブ19がフィードバック制御される。ガスタンク21内が所定の圧力迄昇圧されると、第1バルブ19が閉じられる。

【0065】

尚、ガスタンク21へのNH₃ガスの充填は放電室26内へのNH₃ガスの供給停止と同時に開始してもよい。即ち、第2バルブ22を閉じるのと同時に第1バルブ19を開けても良く、つまり、時刻t4とt5を同じ時刻としても良い。ガスタンク21へのNH₃ガスの充填は放電室26内へのNH₃ガスの供給停止と同時にすることにより、NH₃ガスの充填に要する時間を短縮することができ、フラッシュフローの間隔を短くすることが可能となる。

【0066】

ガスタンク21内へ充填するNH₃ガスの量は、ガスタンク21内に充填されたNH₃

10

20

30

40

50

ガスを放電室 2 6 内に供給した時に、放電室 2 6 内の圧力がパッシェンの法則を満たす様な圧力になる量以上である。即ち、放電室 2 6 内で放電が発生しプラズマ生成領域 3 5 にプラズマが生成される圧力になる量以上である。つまり、所定の圧力とは、ガスタンク 2 1 内に充填された N H 3 ガスを放電室 2 6 内に供給した時に、放電室 2 6 内の圧力がパッシェンの法則を満たす様な圧力になる量以上の N H 3 ガスが、ガスタンク 2 1 内に充填された時の圧力である。

【 0 0 6 7 】

ガスタンク 2 1 内に所定の圧力の N H 3 ガスを充填した後は、再度 S T E P : 0 5 (時間 t 2) に戻り、再度第 2 パルプ 2 2 を開き、放電室 2 6 内に N H 3 ガスを供給する。

【 0 0 6 8 】

上記した S T E P : 0 5 ~ S T E P : 0 6 (時間 t 2 ~ 時間 t 4) を所定回数、例えば 7 回繰返し、処理室 4 内にパルス状に複数回 N H 3 ガスの活性種を供給することで、基板 5 の表面に良好な窒化膜を形成することができる。

【 0 0 6 9 】

尚、1 回当たりのガスタンク 2 1 内への N H 3 ガスの充填、ガスタンク 2 1 から放電室 2 6 内への N H 3 ガスの供給は、共に短時間で終了する為、ガスタンク 2 1 から放電室 2 6 内への N H 3 ガスの供給は、供給と停止を間欠的に繰返すフラッシュフロー (フラッシュ分割供給) となる。

【 0 0 7 0 】

本実施例では、放電室 2 6 内の圧力の急激な変動に伴ってプラズマのインピーダンスも急激に変動する為、整合器 3 3 の整合定数を所要の状態に固定し、自動でインピーダンスの調整を行わない等、高周波電源 3 4 側の整合条件が設定されている。具体的には、放電室 2 6 内の最大圧力、又は、最大圧力よりも若干低い圧力がパッシェンの法則を満たす圧力となる様に放電圧力を設定し、高周波電源の整合条件を設定している。

【 0 0 7 1 】

尚、窒素含有ガスとしては、N H 3 ガスをプラズマで励起したガス以外に、ジアゼン (N 2 H 2) ガス、ヒドラジン (N 2 H 4) ガス、N 3 H 8 ガス等の窒化水素系ガスや N 2 ガスをプラズマで励起したガスを用いてもよく、これらのガスを A r ガス、H e ガス、N e ガス、X e ガス等の希ガスで希釈したガスをプラズマで励起して用いてもよい。

【 0 0 7 2 】

S T E P : 0 7 では、N H 3 ガスのフラッシュフロー後の処理室 4 内をパージする (時間 s 4 ~ 時間 s 5) 。N H 3 ガスのフラッシュフローを所定回数行った後、時間 s 4 に於いて高周波電源 3 4 からの高周波電力の印加を停止し、バルブ 1 6 , 2 5 を開き、第 1 ノズル 7 のガス供給孔 1 7 、第 2 ノズル 8 のガス供給孔 2 8 から N 2 ガスを供給する。第 1 ノズル 7 、第 2 ノズル 8 からの N 2 ガスの供給時間は、0 ~ 1 秒の範囲内とするのが望ましい。

【 0 0 7 3 】

処理室 4 内のパージ時に於いても、真空ポンプ 3 9 による真空排気が継続されており、供給された N 2 ガスにより、放電室 2 6 内、処理室 4 内に残留する未反応若しくは窒化に寄与した後の N H 3 ガスや反応副生成物がパージされ、処理室 4 内から排除される。

【 0 0 7 4 】

上述した S T E P : 0 1 ~ S T E P : 0 7 (時間 s 0 ~ 時間 s 5) を 1 サイクルとして、サイクルを少なくとも 1 回以上行うことで、基板 5 上に所望の膜厚のシリコン及び窒素を含む薄膜、即ちシリコン窒化膜 (S i N 膜) を成膜することができる。尚、上述のサイクルは、複数回繰返すのが好ましい。尚、S T E P : 0 7 は省略されても良い。S T E P : 0 7 を省略することで、その分の成膜に要する時間を短縮することができる為、スループットを向上させることが可能となる。

【 0 0 7 5 】

所望の膜厚のシリコン窒化膜を形成する成膜処理が終了すると、N 2 等の不活性ガスが処理室 4 内へ供給されつつ排気されることで、処理室 4 内が不活性ガスでパージされる (

10

20

30

40

50

ガスパージ)。その後、処理室 4 内の雰囲気 gas が不活性ガスに置換され (不活性ガス置換)、処理室 4 内の圧力が常圧に復帰される (大気圧復帰)。

【0076】

その後、ポートエレベータ 45 によりシールキャップ 41 が降下され、反応管 3 の下端が開口されると共に、処理済みの基板 5 がポート 6 に支持された状態で反応管 3 の下端から反応管 3 の外部に搬出される (ポートアンロード)。その後、処理済みの基板 5 がポート 6 より取出される (ディスチャージ)。

【0077】

本実施形態によれば、以下に示す 1 つ又は複数の効果が得られる。

【0078】

(1) 放電室内へ処理ガスをフラッシュフローすることにより、反応室内に高密度の処理ガスの活性種を 1 サイクルで大量に供給することができ、生産性を向上させることができる。

(2) 放電室内に処理ガスが供給された時の圧力よりも反応室内の圧力を低くすることにより、基板間や基板上の集積回路の深い溝にも処理ガスの活性種が供給され、カバレッジを向上させることができる。

(3) 放電室に供給した処理ガスが全て処理室内に供給される前にガスタンクの下流側のバルブを閉めて処理ガスの放電室への供給を停止し、ガスタンク内への処理ガスの充填を開始することで、フラッシュフローの間隔を短くすることができ、成膜に要する時間を短縮することができる。又、フラッシュフローの回数を増やすこともできる為、生産性を向上させることができる。

(4) 放電室内の最大圧力、又は、最大圧力よりも若干低い圧力がパッシェンの法則を満たす圧力となる様に、高周波電源の整合条件を設定することで、処理ガスのフラッシュフローに対応した高速なプラズマの生成及び消失を繰返すことができる。

【0079】

尚、本実施例では、シリコン含有ガス、窒素含有ガスを用いて SiN 膜を形成する例について説明したが、本発明は、上述の実施例に限定されるものではない。

【0080】

例えば、アルミニウム含有ガスと窒素含有ガスを用いてアルミニウム窒化膜 (AlN 膜) を形成する場合や、チタン含有ガスと窒素含有ガスを用いてチタン窒化膜 (TiN 膜) を形成する場合や、ボロン含有ガスと窒素含有ガスを用いてボロン窒化膜 (BN 膜) を形成する場合等にも適用することができる。又、シリコン含有ガスと酸素含有ガスを用いてシリコン酸化膜 (SiO₂ 膜) を形成する場合や、アルミニウム含有ガスと酸素含有ガスを用いてアルミニウム酸化膜 (Al₂O₃ 膜) を形成する場合や、チタン含有ガスと酸素含有ガスを用いてチタン酸化膜 (TiO₂ 膜) を形成する場合や、シリコン含有ガスと炭素含有ガスを用いてシリコン炭化膜 (SiC 膜) を形成する場合等にも適用することができる。

【0081】

図 5 は、本実施例の処理炉 1 の第 1 の変形例を示している。

【0082】

第 1 の変形例では、第 2 ガス供給管 11 の第 1 バルブ 19 の上流側と、第 2 バルブ 22 の下流側に、第 1 分岐管 51 が第 2 ガス供給管 11 と並列に接続され、第 1 分岐管 51 には上流側から順に第 3 バルブ 52、ガスタンク 53、第 4 バルブ 54 が設けられている。

【0083】

又、第 1 分岐管 51 の第 3 バルブ 52 の上流側と、第 4 バルブ 54 の下流側に、第 2 分岐管 55 が第 1 分岐管 51 と並列に接続され、第 2 分岐管 55 には上流側から順に第 5 バルブ 56、ガスタンク 57、第 6 バルブ 58 が設けられている。

【0084】

従って、第 2 ガス供給管 11 と第 1 分岐管 51 と第 2 分岐管 55 とがそれぞれ並列に接続されており、ガスタンク 21、ガスタンク 53、ガスタンク 57 がそれぞれ並列に接続されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

上記第 1 の変形例に於いては、ガスタンク 2 1 から放電室 2 6 内に N H 3 ガスを供給した後、ガスタンク 2 1 に新たな N H 3 ガスを充填している間に、既に充填が完了しているガスタンク 5 3、ガスタンク 5 7 から N H 3 ガスを放電室 2 6 内に供給することができるので、充填から供給迄の待機時間を短縮し、より小刻みなフラッシュフローを行うことができ、処理能力を向上させることができる。

【 0 0 8 6 】

又、複数のガスタンクを同時に開とすることにより、より大量の N H 3 ガスを放電室 2 6 内に供給することも可能となる。

【 0 0 8 7 】

又、図 6 は本発明の処理炉 1 の第 2 の変形例を示している。

【 0 0 8 8 】

本実施例及び変形例では、反応管 3 の内壁に沿って放電室 2 6 を設ける場合について説明したが、図 6 に示される第 2 の変形例の様に、反応管 3 の外部に突出する様に放電室 2 6 を設ける場合に於いても、本発明の実施例及び第 1 の変形例と同等の効果が得られるのは言う迄もない。

【 0 0 8 9 】

(付記)

又、本発明は以下の好ましい実施の態様を含む。

【 0 0 9 0 】

(付記 1)

本発明の好ましい一態様によれば、
基板を処理する処理室と、
前記処理室内に活性化された処理ガスを供給する放電室と、
前記放電室内に供給された前記処理ガスを活性化させるプラズマ源と、
前記処理室内を排気する排気系と、
前記処理ガスを一時的に貯溜する貯溜部を備え、前記放電室に前記処理ガスを供給する処理ガス供給系と、

前記貯溜部に貯溜された前記処理ガスを前記放電室内に間欠的に供給し、前記放電室内で活性化された前記処理ガスを、前記放電室から前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給させる様前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される制御部と、

を有する基板処理装置が提供される。

【 0 0 9 1 】

(付記 2)

付記 1 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記貯溜部は、上流側から順に第 1 のバルブと、ガスタンクと、第 2 のバルブとを含む。

【 0 0 9 2 】

(付記 3)

付記 1 又は付記 2 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記放電室は前記処理室の内壁に設けられ、前記処理室と前記放電室とを隔離する隔離壁を有し、前記隔離壁には複数のガス供給孔が設けられている。

【 0 0 9 3 】

(付記 4)

付記 1 ~ 付記 3 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記プラズマ源は容量結合型であり、前記放電室内に設置されている。

【 0 0 9 4 】

(付記 5)

付記 1 ~ 付記 4 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記処理ガスを前記放電室内に導入されるよりも前に、前記プラズマ源の電源が投入される様前記プラズマ源と前記処理ガス供給系を制御する様構成される。

【 0 0 9 5 】

(付 記 6)

付記 5 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記制御部は、前記処理室内の圧力を低圧にした後に前記処理ガスを前記放電室内に導入する様に前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される。

【 0 0 9 6 】

(付 記 7)

付記 6 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記制御部は、前記ガスタンクに溜めた前記処理ガスを一気に前記放電室内に導入し、前記放電室内の圧力を急激に上昇させて前記処理ガスをプラズマ化する様に前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される。

【 0 0 9 7 】

(付 記 8)

付記 7 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記制御部は、前記放電室内の圧力をパッシェンの法則を満たす様な圧力となる迄上昇させる様に前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される。

【 0 0 9 8 】

(付 記 9)

付記 1 ～ 8 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記制御部は、前記ガスタンクが所定の圧力になる迄前記処理ガスを貯溜する様に前記処理ガス供給系を制御する様構成される。

【 0 0 9 9 】

(付 記 1 0)

付記 9 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記所定の圧力は、前記放電室内の圧力がパッシェンの法則を満たす様な圧力になる量の前記処理ガスが前記ガスタンク内に充填された時の圧力である。

【 0 1 0 0 】

(付 記 1 1)

付記 1 ～ 付記 1 0 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記制御部は、前記プラズマ源の電源が投入された状態で、前記処理ガスを間欠的に前記放電室内に供給する様に前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される。

【 0 1 0 1 】

(付 記 1 2)

付記 1 ～ 付記 1 1 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記プラズマ源は高周波電源が印加する高周波電源を供給するラインの途中に、前記放電室内が前記処理ガスの供給により放電圧力迄上昇した後にプラズマを生じさせる様に整合定数を調整された整合器を有する。

【 0 1 0 2 】

(付 記 1 3)

付記 1 2 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記制御部は、前記放電室内でのプラズマ発生後、前記整合器によるインピーダンス制御を停止する様に前記プラズマ源と前記排気系と前記処理ガス供給系とを制御する様構成される。

【 0 1 0 3 】

(付 記 1 4)

10

20

30

40

50

本発明の他の態様によれば、
 基板を収納する処理室内に基板を収容する収容工程と、
 前記処理室内を排気する排気工程と、
 処理ガス供給系に備えられた一時的に前記処理ガスを貯溜する貯溜部から処理ガスを放電室内に間欠的に供給し、前記処理ガスを活性化させる活性化工程と、
 前記放電室内で活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給する供給工程と、を有し、

前記供給工程では、前記放電室内で活性化された前記処理ガスを、前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給させる半導体装置の製造方法、又は、基板処理方法が提供される。

10

【 0 1 0 4 】

(付記 1 5)

本発明の更に他の態様によれば、
 基板を収納する処理室内に基板を収納する収容手順と、
 前記処理室内を排気する排気手順と、
 処理ガス供給系に備えられた一時的に前記処理ガスを貯溜する貯溜部から処理ガスを放電室内に間欠的に供給し、前記処理ガスを活性化させる活性化手順と、
 前記放電室内で活性化された前記処理ガスを前記処理室内に供給する供給手順と、を有し、

前記供給手順では、前記放電室内で活性化された前記処理ガスを、前記放電室内の圧力よりも低圧の前記処理室内に供給させるプログラム、又は、該プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

20

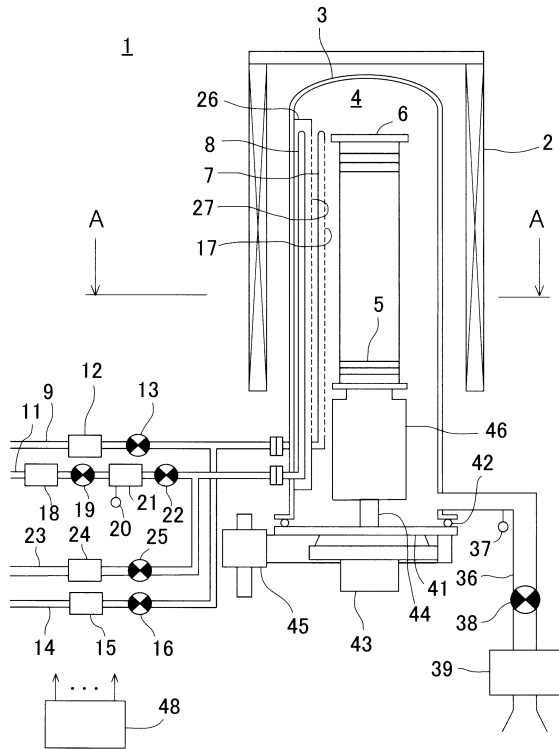
【 符号の説明 】

【 0 1 0 5 】

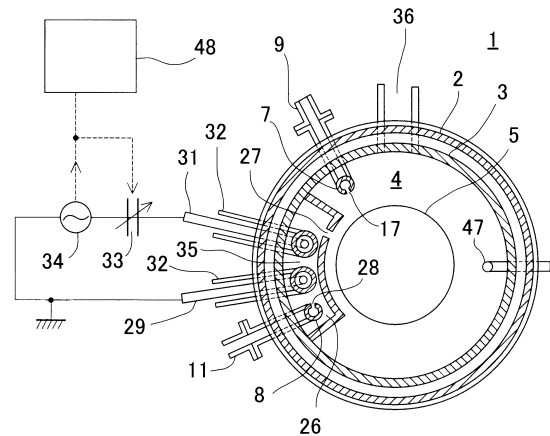
1	処理炉
3	反応管
4	処理室
7	第 1 ノズル
8	第 2 ノズル
1 7	ガス供給孔
1 9	第 1 バルブ
2 1	ガスタンク
2 2	第 2 バルブ
2 6	放電室
3 4	高周波電源
3 6	排気管

30

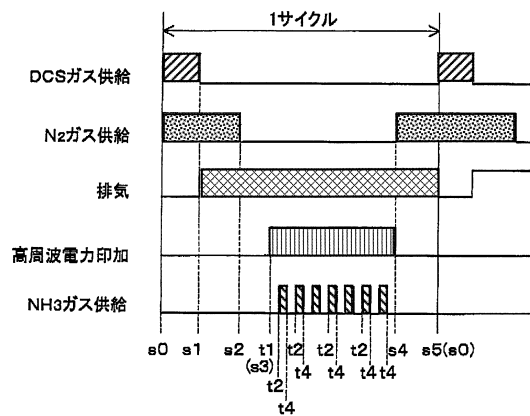
【図 1】



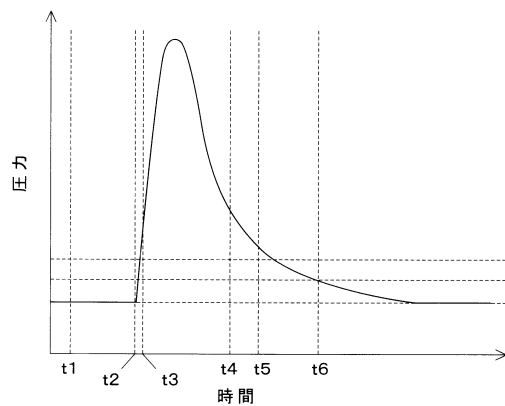
【図 2】



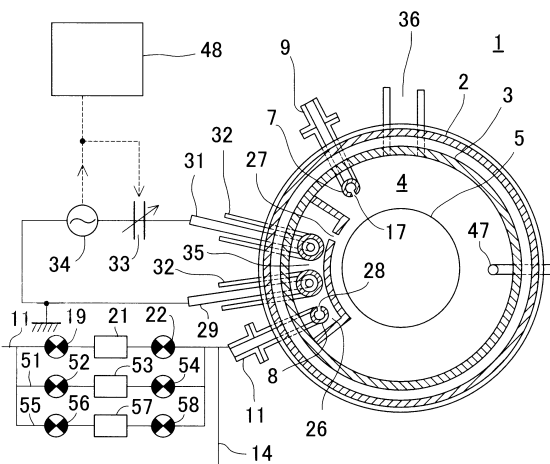
【図 3】



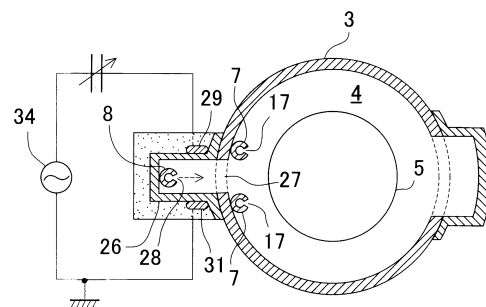
【図 4】



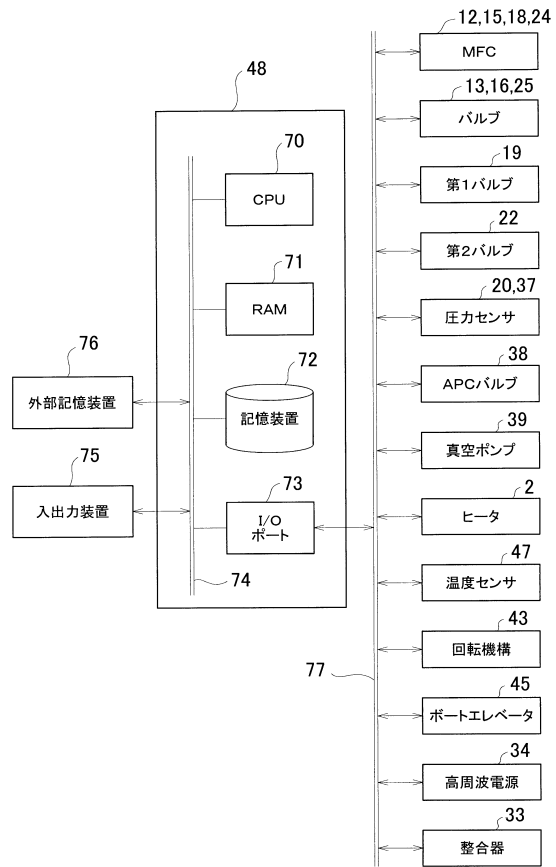
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 柴田 剛吏

富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

審査官 桑原 清

(56)参考文献 特開2009-188143(JP,A)

特開平07-263353(JP,A)

特開2013-145788(JP,A)

特開平06-124910(JP,A)

特開2013-196822(JP,A)

特開平10-312899(JP,A)

特開2011-058067(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

H01L 21/318

C23C 16/509