

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6245643号  
(P6245643)

(45) 発行日 平成29年12月13日(2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.	F 1
C 23 C 16/455 (2006.01)	C 23 C 16/455
H 01 L 21/316 (2006.01)	H 01 L 21/316 X
H 01 L 21/318 (2006.01)	H 01 L 21/318 B
H 01 L 21/31 (2006.01)	H 01 L 21/31 B

請求項の数 8 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2014-46364 (P2014-46364)
(22) 出願日	平成26年3月10日 (2014.3.10)
(65) 公開番号	特開2014-208883 (P2014-208883A)
(43) 公開日	平成26年11月6日 (2014.11.6)
審査請求日	平成28年9月23日 (2016.9.23)
(31) 優先権主張番号	特願2013-69116 (P2013-69116)
(32) 優先日	平成25年3月28日 (2013.3.28)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(73) 特許権者	000001122 株式会社日立国際電気 東京都港区西新橋二丁目15番12号
(72) 発明者	加我 友紀直 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	小川 有人 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	清野 篤郎 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	足谷 篤彦 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】半導体装置の製造方法、基板処理装置およびプログラム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

- (a) 処理室内の基板に対して、原料ガスを供給する工程と、
- (b) 前記処理室内を排気する工程と、
- (c) 前記基板に対して、反応ガスを供給する工程と、
- (d) 前記処理室内を排気する工程と、

を順に行い、前記基板上に第1の膜を形成した後、

- (e) 前記基板に対して、前記原料ガスを供給する工程と、
- (f) 前記処理室内を排気するとともに、原料ガスを(e)より少ない流量で供給する工程と、

を交互に複数回行う工程 A と、

- (g) 前記基板に対して、前記反応ガスを供給する工程と、
- (h) 前記処理室内を排気する工程と、

を交互に複数回行う工程 B と、

を有し、工程 A と工程 B を交互に複数回行い、前記第1の膜の上に第2の膜を形成する半導体装置の製造方法。

## 【請求項 2】

1回の工程 A の中で、最後に行う(f)の前記原料ガスの供給流量を、最初に行う(f)の前記原料ガスの供給流量より多くする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 3】

- (a) 処理室内の基板に対して、原料ガスを供給する工程と、
  - (b) 前記処理室内を排気する工程と、
  - (c) 前記基板に対して、反応ガスを供給する工程と、
  - (d) 前記処理室内を排気する工程と、
- を順に行い、前記基板上に第1の膜を形成した後、
- (e) 前記基板に対して、前記原料ガスを供給する工程と、
  - (f) 前記処理室内を排気する工程と、
- を交互に複数回行う工程Aと、
- (g) 前記基板に対して、前記反応ガスを供給する工程と、
  - (h) 前記処理室内を排気するとともに、反応ガスを(g)より少ない流量で供給する工程と、
- を交互に複数回行う工程Bと、
- を有し、工程Aと工程Bとを交互に複数回行い、前記第1の膜の上に第2の膜を形成する半導体装置の製造方法。10
- 【請求項4】**
- 1回の工程Bの中で、最後に行う(h)の前記反応ガスの供給流量を、最初に行う(h)の前記反応ガスの供給流量より多くする請求項3に記載の半導体装置の製造方法。
- 【請求項5】**
- 基板を収容する処理室と、20  
 前記処理室内に原料ガスを供給する原料ガス供給系と、  
 前記処理室内に反応ガスを供給する反応ガス供給系と、  
 前記処理室内を排気する排気系と、  
 (a) 処理室内に収容した基板に対して、原料ガスを供給する処理と、(b) 前記処理室内を排気する処理と、(c) 前記基板に対して、反応ガスを供給する処理と、(d) 前記処理室内を排気する処理と、を順に行い、前記基板上に第1の膜を形成した後、(e) 前記基板に対して、前記原料ガスを供給する処理と、(f) 前記処理室内を排気するとともに、原料ガスを(e)より少ない流量で供給する処理と、を交互に複数回行う工程Aと、(g) 前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、(h) 前記処理室内を排気する処理と、を交互に複数回行う工程Bと、を有し、工程Aと工程Bとを交互に複数回行い、前記第1の膜の上に第2の膜を形成するよう前記原料ガス供給系、前記反応ガス供給系および排気系を制御するよう構成される制御部と、30  
 を備える基板処理装置。
- 【請求項6】**
- 基板を収容する処理室と、  
 前記処理室内に原料ガスを供給する原料ガス供給系と、  
 前記処理室内に反応ガスを供給する反応ガス供給系と、  
 前記処理室内を排気する排気系と、  
 (a) 処理室内に収容した基板に対して、原料ガスを供給する処理と、(b) 前記処理室内を排気する処理と、(c) 前記基板に対して、反応ガスを供給する処理と、(d) 前記処理室内を排気する処理と、を順に行い、前記基板上に第1の膜を形成した後、(e) 前記基板に対して、前記原料ガスを供給する処理と、(f) 前記処理室内を排気する処理と、を交互に複数回行う工程Aと、(g) 前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、(h) 前記処理室内を排気するとともに、反応ガスを(g)より少ない流量で供給する処理と、を交互に複数回行う工程Bと、を有し、工程Aと工程Bとを交互に複数回行い、前記第1の膜の上に第2の膜を形成するよう前記原料ガス供給系、前記反応ガス供給系および排気系を制御するよう構成される制御部と、40  
 を備える基板処理装置。
- 【請求項7】**
- (a) 基板処理装置の処理室内の基板に対して、原料ガスを供給する手順と、  
 (b) 前記処理室内を排気する手順と、50

(c) 前記基板に対して、反応ガスを供給する手順と、  
 (d) 前記処理室内を排気する手順と、  
 を順に行い、前記基板上に第1の膜を形成した後、  
 (e) 前記基板に対して、前記原料ガスを供給する手順と、  
 (f) 前記処理室内を排気するとともに、原料ガスを(e)より少ない流量で供給する手順と、  
 を交互に複数回行う手順Aと、  
 (g) 前記基板に対して、前記反応ガスを供給する手順と、  
 (h) 前記処理室内を排気する手順と、  
 を交互に複数回行う手順Bと、  
 を有し、手順Aと手順Bとを交互に複数回行い、前記第1の膜の上に第2の膜を形成する手順をコンピュータにより基板処理装置に実行させるプログラム。

**【請求項8】**

(a) 基板処理装置の処理室内の基板に対して、原料ガスを供給する手順と、  
 (b) 前記処理室内を排気する手順と、  
 (c) 前記基板に対して、反応ガスを供給する手順と、  
 (d) 前記処理室内を排気する手順と、  
 を順に行い、前記基板上に第1の膜を形成した後、  
 (e) 前記基板に対して、前記原料ガスを供給する手順と、  
 (f) 前記処理室内を排気する手順と、  
 を交互に複数回行う手順Aと、  
 (g) 前記基板に対して、前記反応ガスを供給する手順と、  
 (h) 前記処理室内を排気するとともに、反応ガスを(g)より少ない流量で供給する手順と、  
 を交互に複数回行う手順Bと、  
 を有し、手順Aと手順Bとを交互に複数回行い、前記第1の膜の上に第2の膜を形成する手順をコンピュータにより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、半導体装置の製造方法、基板処理装置およびプログラムに関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

近年の半導体装置( Integrated Circuits : IC )、特にDRAMの高集積化、および高性能化に伴い、基板上面内、およびそのパターン面上に、均一膜厚を形成する技術が望まれている。その要求に応える手法の1つとして、複数の原料を用いて基板に膜を形成する方法が有る。この手法では、特にアスペクトレシオの高い、例えばDRAMキャパシタ電極等の形成において、ステップカバレッジの高いコンフォーマルな成膜を可能にする。例えば、特許文献1, 2, 3などに記載されている。

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0003】**

【特許文献1】特開2012-231123  
 【特許文献2】特開2012-104719  
 【特許文献3】特開2012-69998

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0004】**

昨今の高アスペクトレシオのパターン、立体構造パターンおよび高パターン密度を持つ

10

20

30

40

50

基板上には、前述の手法を用いたとしても、基板面内のローディングエフェクトが顕著に発生してしまい、所望のコンフォーマルな成膜が困難になり、半導体装置の品質や製造スループットが低下してしまう場合がある。本発明は、複数の原料を用いて基板に膜を形成する際に、半導体装置の品質や製造スループットを向上させることが可能な技術を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】**

**【0005】**

本発明の一態様によれば、  
処理室内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

を有し、前記原料ガスを供給する工程および／または前記反応ガスを供給する工程では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給して膜を形成する技術が提供される。

**【発明の効果】**

**【0006】**

本発明によれば、半導体装置の品質や製造スループットを向上させることが可能となる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0007】**

【図1】本発明の第1実施形態で好適に用いられる基板処理装置の処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を部分垂直断面図である。

【図2】本発明の第1実施形態で好適に用いられる基板処理装置の処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を図1のX-X線平面断面図である。

**【図3】第1実施形態で好適に用いられるコントローラの概略構成図である。**

【図4】本発明の第1実施形態にかかる成膜シーケンスを説明するためのフローチャートである。

【図5】本発明の第1実施形態にかかる成膜シーケンスを説明するためのガス供給タイミングチャートである。

【図6】本発明の第1実施形態にかかる成膜シーケンスを説明するためのガス供給タイミングチャートの第1の別形態である。

【図7】本発明の第1実施形態にかかる成膜シーケンスを説明するためのガス供給タイミングチャートの第2の別形態である。

【図8】本発明の第1実施形態にかかる成膜シーケンスを説明するためのガス供給タイミングチャートの第3の別形態である。

【図9】本発明の第1実施形態にかかる成膜シーケンス中のガス供給タイミングの他の形態である。

**【図10】NH<sub>3</sub>ガスの供給時間とウエハ上の副生成物濃度との関係を示す図である。**

【図11】TiCl<sub>4</sub>ガスおよびNH<sub>3</sub>ガスを連続供給にて供給して成膜した場合におけるウエハ中心からの距離と膜厚との関係を示す図である。

【図12】TiCl<sub>4</sub>ガスを連続供給し、NH<sub>3</sub>ガスを分割供給にて供給して成膜した場合におけるウエハ中心からの距離と膜厚との関係を示す図である。

**【図13】ウエハ上のホールパターンの例を示す図である。**

【図14】図13に示すホールパターンにおけるステップカバレッジを計算する際に参考とする図である。

**【図15】図12～図14から得られたステップカバレッジの結果を示す図である。**

**【図16】本発明の第2実施形態で好適に用いられる基板処理装置の概略の平面断面図で**

10

20

30

40

50

ある。

【図17】本発明の第2実施形態で好適に用いられる基板処理装置の概略の垂直断面図である。

【図18】本発明の第2実施形態で好適に用いられる処理容器の部分垂直断面図である。

【図19】本発明の第3実施形態で好適に用いられる処理容器の部分平面断面図である。

【図20】本発明の第3実施形態で好適に用いられる処理容器の部分垂直断面図である。

【図21】本発明の第4実施形態で好適に用いられる処理容器の部分垂直断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

次に、本発明の好ましい実施の形態について説明する。

10

【0009】

発明者等は、後述の処理ガスとしての原料ガスと、反応ガスとを交互に供給する際に、原料ガスを流すステップと反応ガスを流すステップのいずれか又は両方で、ガスを供給する際に副生成物が生成され、副生成物によって、反応が妨害され、アスペクトレシオの高い構造が形成された基板や、パターン密度の高い基板への処理均一性が低下する、つまりローディングエフェクトが起きてしまうという課題を見出した。また、このアスペクトレシオの高い構造が形成された基板や、立体構造パターンが形成された基板、パターン密度の高い基板を後述の処理室に複数枚収納して処理する際には、基板の表面上や基板毎への処理均一性が低下する課題を見出した。発明者等は、以下に記す基板処理装置や半導体装置の製造方法などにより、これらの課題を解決できることを見出した。

20

【0010】

(第1実施形態)

以下に、本発明の好ましい実施の形態について説明する。

【0011】

まず、基板処理装置100について説明する。下記の説明では、基板処理装置100の一例として、一度に複数枚の基板に対し成膜処理等を行うバッチ式の縦型装置である基板処理装置を使用した場合について述べる。この基板処理装置100は、半導体装置の製造工程の一工程で使用される半導体装置の製造装置の一例として構成されているものである。

【0012】

30

<処理炉の構成>

次に、図1および図2を参照して、前述した基板処理装置100に適用される処理炉202について説明する。

【0013】

処理炉202にはウエハ200を加熱するための加熱手段(加熱機構、加熱系)であるヒータ207が設けられている。ヒータ207は上方が閉塞された円筒形状の断熱部材と複数本のヒータ素線とを備えており、断熱部材に対しヒータ素線が設けられたユニット構成を有している。ヒータ207の内側には、ヒータ207と同心円状に反応容器(処理容器)を構成する反応管203が配設されている。反応管203は例えば石英(SiO<sub>2</sub>)または炭化シリコン(SiC)等の耐熱性材料からなり、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203の下端には、例えばステンレス等によりマニホールド209が気密部材であるOリング220を介して設けられている。マニホールド209の下端開口は蓋体であるシールキャップ219によりOリング220を介して気密に閉塞されている。少なくとも、反応管203、マニホールド209およびシールキャップ219により処理室201を形成している。シールキャップ219にはポート支持台218を介して基板支持手段(基板支持具)としての基板支持部材であるポート217が立設され、ポート支持台218はポートを支持した状態で保持する保持体となっている。ポート217にはバッチ処理される複数のウエハ200が水平姿勢で管軸方向に多段に積載される。そして、ポート217は、ポートエレベータ115により反応管203に対し昇降(出入り)することができるようになっている。ポート支持台218の下端部には、処理の

40

50

均一性を向上するためにポート217を回転させるポート回転機構267が設けられている。ポート回転機構267を駆動させることにより、ポート支持台218に支持されたポート217を回転させることができるようにになっている。ヒータ207は処理室201に挿入されたウエハ200を所定の温度に加熱する。

#### 【0014】

処理室201内には、ノズル410、ノズル420が反応管203の下部を貫通するよう設けられている。ノズル410、ノズル420には、ガス供給ラインとしてのガス供給管310、320が、それぞれ接続されている。このように、反応管203には2本のノズル410、420と、2本のガス供給管310、320とが設けられており、処理室201内へ複数種類、ここでは2種類のガス（処理ガス）を供給することができる。

10

#### 【0015】

ガス供給管310には上流側から順に流量制御装置（流量制御部）であるマスフローコントローラ（MFC）312および開閉弁であるバルブ314が設けられている。ガス供給管310の先端部にはノズル410が連結されている。ノズル410は、L字型のロングノズルとして構成されており、その水平部はマニホールド209の側壁を貫通するよう設けられている。その垂直部は、反応管203の内壁とウエハ200との間における円弧状の空間に、反応管203の内壁の下部より上部に沿って、ウエハ200の積載方向上方に向かって立ち上がるよう（つまりウエハ配列領域の一端側から他端側に向かって立ち上がるよう）に設けられている。すなわち、ノズル410は、ウエハ200が配列されるウエハ配列領域の側方の、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域に、ウエハ配列領域に沿うように設けられている。ノズル410の側面にはガスを供給するガス供給孔410aが設けられている。ガス供給孔410aは反応管203の中心を向くように開口している。このガス供給孔410aは、反応管203の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれ同一または、大きさに傾斜をつけた開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。

20

#### 【0016】

また、ガス供給管310にはキャリアガスを供給するためのキャリアガス供給管510が接続されている。キャリアガス供給管510にはMFC512およびバルブ514が設けられている。

#### 【0017】

30

ガス供給管320には上流側から順に流量制御装置（流量制御部）であるMFC322および開閉弁であるバルブ324が設けられている。ガス供給管320の先端部にはノズル420が連結されている。ノズル420は、L字型のロングノズルとして構成されており、その水平部はマニホールド209の側壁を貫通するよう設けられている。その垂直部は、反応管203の内壁とウエハ200との間における円弧状の空間に、反応管203の内壁の下部より上部に沿って、ウエハ200の積載方向上方に向かって立ち上がるよう（つまりウエハ配列領域の一端側から他端側に向かって立ち上がるよう）に設けられている。すなわち、ノズル420は、ウエハ200が配列されるウエハ配列領域の側方の、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域に、ウエハ配列領域に沿うように設けられている。ノズル420の側面にはガスを供給するガス供給孔420aが設けられている。ガス供給孔420aは反応管203の中心を向くように開口している。このガス供給孔420aは、反応管203の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれ同一または、大きさに傾斜をつけた開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。

40

#### 【0018】

更にガス供給管320にはキャリアガスを供給するためのキャリアガス供給管520が連結されている。キャリアガス供給管520にはMFC522およびバルブ524が設けられている。

#### 【0019】

このように、本実施の形態におけるガス供給の方法は、反応管203の内壁と、積載された複数枚のウエハ200の端部とで定義される円弧状の縦長の空間内に配置したノズル

50

410、420を経由してガスを搬送し、ノズル410、420にそれぞれ開口されたガス供給孔410a、420aからウエハ200の近傍で初めて反応管203内にガスを噴出させており、反応管203内におけるガスの主たる流れをウエハ200の表面と平行な方向、すなわち水平方向としている。このような構成とすることで、各ウエハ200に均一にガスを供給でき、各ウエハ200に形成される薄膜の膜厚を均一にできる効果がある。なお、反応後の残ガスは、排気口、すなわち、後述する排気管231の方向に向かって流れるが、この残ガスの流れの方向は、排気口の位置によって適宜特定され、垂直方向に限ったものではない。

#### 【0020】

上記構成に係る一例として、ガス供給管310からは、例えば原料ガスとして金属含有ガス（金属化合物）であって遷移金属であるチタン元素（Ti）を含むTi含有ガスである四塩化チタニウム（TiCl<sub>4</sub>）等が処理室201内に供給される。なお、なお、TiCl<sub>4</sub>のように常温常圧下で液体状態である液体原料を用いる場合は、液体原料を気化器やバブラー等の気化システム（図示せず）により気化して、ガスとして供給することとなる。ガス供給管310から上述のような原料ガスが供給される場合、主に、ガス供給管310、MFC312、バルブ314、ノズル410により原料ガス供給系（原料ガス供給手段）が構成される。原料ガス供給系を原料供給系（原料供給手段）と称することもできる。ガス供給管310から金属含有ガスが供給される場合、原料ガス供給系を金属含有ガス供給系（金属含有ガス供給手段）と称することもできる。あるいは金属含有ガス供給系を金属原料供給系（金属原料供給手段）と称することもできる。ガス供給管310からチタン含有ガスが供給される場合、原料ガス供給系をチタン含有ガス供給系（チタン含有ガス供給手段）と称することもできる。

10

20

#### 【0021】

ガス供給管320からは、原料ガスと反応する反応ガスとして、例えば窒素元素（N）を含む窒素含有ガスであるアンモニア（NH<sub>3</sub>）等が処理室201内に供給される。ガス供給管320から反応ガスが供給される場合、主に、ガス供給管320、MFC322、バルブ324、ノズル420により反応ガス供給系（反応ガス供給手段）が構成される。ガス供給管320から窒素含有ガスが供給される場合、反応ガス供給系を窒素含有ガス供給系（窒素含有ガス供給手段）と称することもできる。

30

#### 【0022】

キャリアガス供給管510、520からは、不活性ガスとして例えば窒素（N<sub>2</sub>）ガスが、それぞれMFC512、522、バルブ514、524、ガス供給管510、520、ノズル410、420を介して処理室201内に供給される。主に、キャリアガス供給管510、520、MFC512、522、バルブ514、524により不活性ガス供給系（不活性ガス供給手段）が構成される。不活性ガス供給系を、ページガス供給系（ページガス供給手段）、あるいはキャリアガス供給系（キャリアガス供給手段）と称することもできる。

#### 【0023】

反応管203には、処理室201内の雰囲気を排気する排気管231が設けられている。図2に示すように、横断面視において、排気管231は、反応管203のノズル410のガス供給孔410a、およびノズル420のガス供給孔420aが設けられる側と対向する側、すなわちウエハ200を挟んでガス供給孔410a、420aとは反対側に設けられている。また、図1に示すように縦断面視において、排気管231は、ガス供給孔410a、420aが設けられる箇所よりも下方に設けられている。この構成により、ガス供給孔410a、420aから処理室201内のウエハ200の近傍に供給されたガスは、水平方向、すなわちウエハ200の表面と平行な方向に向かって流れた後、下方に向かって流れ、排気管231より排気されることとなる。処理室201内におけるガスの主たる流れが水平方向へ向かう流れとなるのは上述の通りである。

40

#### 【0024】

排気管231には、上流側から順に、処理室201内の圧力を検出する圧力検出器（圧

50

力検出部)としての圧力センサ245、圧力調整器(圧力調整部)として構成された排気バルブとしてのA P C(A u t o P r e s s u r e C o n t r o l l e r)バルブ243、真空排気装置としての真空ポンプ246が接続されている。また、排気管231には、排気ガス中の反応副生成物や未反応の原料ガス等を捕捉するトラップ装置や排気ガス中に含まれる腐食性成分や有毒成分等を除害する除害装置が接続されている場合がある。主に、排気管231、A P Cバルブ243、圧力センサ245により、排気系(排気手段)、すなわち排気ラインが構成される。なお、真空ポンプ246を排気系に含めて考えてよい。さらには、トラップ装置や除害装置を排気系に含めて考えてよい。

#### 【0025】

なお、A P Cバルブ243は、真空ポンプ246を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室201内の真空排気および真空排気停止を行うことができ、更に、真空ポンプ246を作動させた状態で弁開度を調節することで、処理室201内の圧力を調整することができるよう構成されているバルブである。すなわち、排気系は、真空ポンプ246を作動させつつ、圧力センサ245により検出された圧力情報に基づいてA P Cバルブ243の弁の開度を調節することにより、処理室201内の「実際の圧力」を、所定の「設定圧力」に近づけることが出来るように構成されている。例えば、処理室201内に供給されるガスの流量に変化が無い場合や、処理室201内へのガス供給を停止している場合等において、処理室201内の実際の圧力を変更するには、処理室201内の設定圧力を変更し、A P Cバルブ243の弁の開度を上述の設定圧力に応じた開度に変更する。その結果、排気ラインの排気能力が変更され、処理室201内の実際の圧力が、上述の設定圧力に次第に(曲線的に)近づいて行くこととなる。このように、処理室201内の「設定圧力」とは、処理室201内の圧力制御を行う際の「目標圧力」と同義と考えることができ、その値に、処理室201内の「実際の圧力」が追随することとなる。また、「処理室201内の設定圧力を変更すること」とは、実質的に、「排気ラインの排気能力を変更するためにA P Cバルブ243の開度を変更すること」と同義であり、「A P Cバルブ243の開度を変更するための指令」と考えることが出来る。

#### 【0026】

反応管203内には温度検出器としての温度センサ263が設置されており、温度センサ263により検出された温度情報に基づきヒータ207への通電具合を調整することで、処理室201内の温度が所望の温度分布となる。温度センサ263は、ノズル410、420および430と同様にL字型に構成されており、反応管203の内壁に沿って設けられている。

#### 【0027】

(制御部)

図3に本実施形態に係る制御部と各構成の接続例を示す。制御部(制御手段)であるコントローラ280は、C P U(C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t)280a、R A M(R a n d o m A c c e s s M e m o r y)280b、記憶装置280c、I / Oポート280dを備えたコンピュータとして構成されている。R A M280b、記憶装置280c、I / Oポート280dは、内部バス280eを介して、C P U280aとデータ交換可能のように構成されている。コントローラ280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282が接続されている。

#### 【0028】

記憶装置280cは、例えばフラッシュメモリ、H D D(H a r d D i s k D r i v e)等で構成されている。記憶装置280c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、後述する基板処理の手順や条件など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。なお、プロセスレシピは、後述する基板処理工程における各手順をコントローラ280に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わされたものであり、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。なお、本明細書にお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

10

20

30

40

50

含む場合、または、その両方を含む場合がある。また、RAM 280bは、CPU 280a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。

#### 【0029】

I/Oポート280dは、MFC 312, 322, 522, 532、バルブ314, 324, 514, 524, 614、圧力センサ245、圧力調整器（APCバルブ）243、真空ポンプ246、ヒータユニット207、温度センサ269、回転機構267、ポートエレベータ115、ウェハ移載装置125a、カセット搬送装置118、クリーンユニット134b、炉口シャッタ147、等に接続されている。なお、図3に示す括弧書きで記した構成は、後述の第2実施形態や第3実施形態の装置構造で用いられる構造であって、第1実施形態の装置では接続されなくても良い。10

#### 【0030】

CPU 280aは、記憶装置280c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282からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置280cからプロセスレシピを読み出す。そして、CPU 280aは、読み出したプロセスレシピの内容に沿うように、MFC 312, 322, 512, 522による各種ガスの流量調整動作、バルブ314, 324, 514, 524, 614の開閉動作、APCバルブ243の開閉動作およびAPCバルブ243による圧力センサ245に基づく圧力調整動作、温度センサ269に基づくヒータユニット207の温度調整動作、真空ポンプ246の起動および停止、回転機構267によるポート217の回転および回転速度調節動作、ポートエレベータ115によるポート217の昇降動作、等を制御する。20

#### 【0031】

なお、コントローラ280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（USB Flash Drive）やメモリカード等の半導体メモリ）283を用意し、外部記憶装置283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、本実施形態に係るコントローラ280を構成することができる。なお、コンピュータにプログラムを供給するための手段は、外部記憶装置283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283を介さずにプログラムを供給するようにしてもよい。なお、記憶装置280cや外部記憶装置283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。なお、本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置280c単体のみを含む場合、外部記憶装置283単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。30

#### 【0032】

##### （基板処理工程）

次に、上述の基板処理装置の処理炉を用いて半導体装置（半導体デバイス）の製造工程の一工程として、基板上に導電膜であって、例えば金属含有膜である遷移金属窒化膜としてのチタニウム窒化（TiN）膜を成膜するシーケンス例について図4、図5を参照して説明する。なお、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ280により制御される。40

#### 【0033】

なお、本明細書において、「ウェハ」という言葉を用いた場合には、「ウェハそのもの」を意味する場合や、「ウェハとその表面に形成された所定の層や膜等とその積層体（集合体）」を意味する場合（すなわち、表面に形成された所定の層や膜等を含めてウェハと称する場合）がある。また、本明細書において「ウェハの表面」という言葉を用いた場合は、「ウェハそのものの表面（露出面）」を意味する場合や、「ウェハ上に形成された所定の層や膜等の表面、すなわち、積層体としてのウェハの最表面」を意味する場合がある50

。

#### 【0034】

従って、本明細書において「ウェハに対して所定のガスを供給する」と記載した場合は、「ウェハそのものの表面（露出面）に対して所定のガスを直接供給する」ことを意味する場合や、「ウェハ上に形成されている層や膜等に対して、すなわち、積層体としてのウェハの最表面に対して所定のガスを供給する」ことを意味する場合が有る。また、本明細書において「ウェハ上に形成されている層や膜等の上、すなわち、積層体としてのウェハ最表面の上に所定の層（又は膜）を形成する」ことを意味する場合が有る。

#### 【0035】

なお、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も「ウェハ」という言葉を用いた場合と同様であり、その場合、上記説明において、「ウェハ」を「基板に」置き換えて考えればよい。10

#### 【0036】

以下に、基板処理工程について説明する。

#### 【0037】

##### (基板搬入搬出工程 S101)

まず、複数枚のウェハ200がポート217に装填（ウェハチャージ）されると（図4、ステップS101参照）、図1に示されているように、複数枚のウェハ200を支持したポート217は、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201内に搬入（ポートロード）される（図4、ステップS102参照）。この状態で、シールキャップ219はマニホールド209の下端をシールした状態となる。20

#### 【0038】

##### (圧力調整工程 S102)

処理室201内が所望の圧力（真空度）となるように真空ポンプ231cによって真空排気される。この際、処理室201内の圧力は、圧力センサ245で測定され、この測定された圧力に基づきバルブ243が、フィードバック制御される（圧力調整）（図4、ステップS102参照）。

#### 【0039】

##### (温度調整工程 S103)

また、処理室201内が所望の温度となるようにヒータユニット207によって加熱される。この際、処理室201内が所望の温度分布となるように、温度センサ269が検出した温度情報に基づきヒータユニット207への通電具合がフィードバック制御される（温度調整）（図4、ステップS103参照）。続いて、回転機構267により、ポート217が回転されることで、ウェハ200が回転される。30

#### 【0040】

なお、真空ポンプ246は、少なくともウェハ200に対する処理が終了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。また、処理室201内が所望の温度となるようにヒータユニット207によって加熱される。この際、処理室201内が所望の温度分布となるように、温度センサ269が検出した温度情報に基づきヒータユニット207への通電具合がフィードバック制御される（温度調整）。なお、ヒータユニット207による処理室201内の加熱は、少なくとも、ウェハ200に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。続いて、回転機構267によりポート217およびウェハ200の回転を開始する。なお、回転機構267によるポート217およびウェハ200の回転は、少なくとも、ウェハ200に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。40

#### 【0041】

##### (TiN膜形成工程)

###### <ステップS104>

ステップS104（図4、図5参照、第1の工程、遷移金属原料供給工程、TiC14供給工程）では、まずTiC14ガスを流す。ガス供給管310のバルブ314を開き、気化ユニットとしてのバブラー（図示せず）からガス供給管310内にTiC14ガスを流50

す。ガス供給管 310 内を流れる TiCl<sub>4</sub> ガスは、MFC312 からバブラーに N<sub>2</sub> ガスを供給し、バブラーで TiCl<sub>4</sub> をバブリングすることにより発生する。ガス供給管 310 に供給される TiCl<sub>4</sub> ガスの流量は、MFC312 の流量と、バブラーの温度のいずれか又は両方により調整される。また、バブラーには、基板処理工程毎に、液体 MFC ( 図示せず ) により流量調整された TiCl<sub>4</sub> 液が供給される。流量調整された TiCl<sub>4</sub> ガスはガス供給管 310 からノズル 420 を通って処理室 201 内のウェハ 200 に供給され、排気管 231 から排気される。このとき、同時にバルブ 514 を開き、キャリアガス供給管 510 内に N<sub>2</sub> ガス等の不活性ガスを流す。キャリアガス供給管 510 内を流れる N<sub>2</sub> ガスは、MFC512 により流量調整される。流量調整された N<sub>2</sub> ガスは TiCl<sub>4</sub> ガスと一緒に処理室 201 内に供給され、排気管 231 から排気される。

10

#### 【 0042 】

このとき、上述の課題を解決するために、少なくとも 2 サイクル目から、処理室 201 内への TiCl<sub>4</sub> ガスの供給を分割 ( 断続 ) して供給する。すなわち、原料ガスの供給を複数のステップに分けて行う。ガス供給 t<sub>1</sub> のステップを複数回行い、ガス供給 t<sub>1</sub> の間で、ガス停止 t<sub>2</sub> を行う。言い換えると、原料ガスの供給の際に、一時的に原料ガス供給を停止 ( 中断 ) するガス停止 t<sub>2</sub> を行う。さらに言い換えると、反応ガスの供給を間欠的に行う。なお、このガス停止 t<sub>2</sub> の間は、真空排気のみとしても良いし、ページのみとしても良いし、真空排気およびページを併用しても良い。この様に、ガス供給 t<sub>1</sub> とガス停止 t<sub>2</sub> を行うことによって、ガス供給 t<sub>1</sub> で発生した副生成物をガス停止 t<sub>2</sub> で除去することができる。副生成物は、原料ガスと反応ガスとの反応 ( 主反応 ) を物理的に妨害または、化学的に妨害し、主反応の発生確率を低下させる。主反応の妨害は、副生成物の分圧が増加することにより、原料ガスまたは反応ガスの分圧が低下することや、副生成物が基板表面の吸着サイトへ付着することによって発生する。主な副生成物としては塩化水素 ( HCl ) が挙げられる。化学的な妨害は、塩化水素とアンモニアの二次反応に、塩化アンモニウム ( NH<sub>4</sub>Cl ) が形成され、原料ガスや反応ガスの分圧が低下することによって発生する。

20

#### 【 0043 】

このとき、バルブ 243 を適正に調整して処理室 201 内の圧力を、例えば 10 ~ 1330 Pa の範囲内の圧力とする。バルブ 243 は基本的に常時開いておくが、常時開くことによりガス濃度が下がってしまい、所定時間内にウェハ 200 への所定の暴露量を達成しようとした場合、TiCl<sub>4</sub> ガスの供給回数を増やさなければいけなくなるため、トレードオフの関係にある。TiCl<sub>4</sub> ガスの供給流量は、例えば 10 cm<sup>3</sup> ~ 1000 cm<sup>3</sup> の範囲内の流量とする。ウェハ 200 を TiCl<sub>4</sub> ガスに曝す時間、すなわちガス供給 t<sub>1</sub> の時間 ( 照射時間 ) は、例えば 0.01 秒 ~ 300 秒、好ましくは、0.01 秒から 5 秒間の範囲内の時間とし、ガスの停止 t<sub>2</sub> の時間は、TiCl<sub>4</sub> ガスを処理室 201 内から排気するのに十分な時間があればよく、例えば、0.01 秒 ~ 300 秒、好ましくは、0.01 秒 ~ 30 秒間の範囲内の時間とする。このときヒータ 207 の温度は、ウェハ 200 の温度が、例えば 100 ~ 400 好ましくは 200 ~ 400 の範囲内の温度となるような温度に設定する。TiCl<sub>4</sub> ガスの供給により、ウェハ 200 上に Ti 含有層が形成される。

30

#### 【 0044 】

原料ガスの分割供給は、少なくとも 2 サイクル目から行う。図 5 に示すように、1 サイクル目の原料ガスの供給前には、反応ガスを供給しておらず、副生成物の発生が無い場合がある。このように副生成物の発生が起こらない場合には、1 サイクル目を破線で記すように分割せずに供給しても良い。

40

#### 【 0045 】

また、ステップ S104 で、バルブ 524 を開いて、ガス供給管 320 から N<sub>2</sub> ガス等の不活性ガスを流しても良い。また、ガス停止 t<sub>2</sub> 時に不活性ガスを流すようにしても良い。このようにすることで、TiCl<sub>4</sub> ガスがノズル 420 へ逆流することを防止する効果を得ることができる。

50

## 【0046】

&lt;ステップS105&gt;

ステップS105(図4、図5参照、第2の工程、ページ工程)では、バルブ314を閉じ、処理室201内へのTiCl<sub>4</sub>ガスの供給を停止する。このとき、APCバルブ243は開いたままとして、真空ポンプ246により処理室201内を真空排気し、処理室201内に残留する未反応もしくはTi含有層形成に寄与した後のTiCl<sub>4</sub>ガスを処理室201内から排除する。

## 【0047】

なお、このとき、バルブ514、524は開いたまま、もしくは新たに開き、不活性ガスとしてのN<sub>2</sub>ガスの処理室201内への供給を維持又は開始する。N<sub>2</sub>ガスはページガスとして作用し、これにより、処理室201内に残留する未反応もしくはTi含有層形成に寄与した後のTiCl<sub>4</sub>ガスを処理室201内から排除する効果を更に高めることができる。ページは、N<sub>2</sub>ガスが、例えば500ccm～50000ccmの流量で、例えば1秒～90秒供給されることによって行われる。

10

## 【0048】

また、このとき、処理室201内に残留するガスを完全に排除しなくてもよく、処理室201内を完全にページしなくてもよい。処理室201内に残留するガスが微量であれば、その後に行われるステップS106において悪影響が生じることはない。このとき処理室201内に供給するN<sub>2</sub>ガスの流量も大流量とする必要はなく、例えば、処理容器203(処理室201)の容積と同程度の量を供給することで、ステップS106において悪影響が生じない程度のページを行うことができる。このように、処理室201内を完全にページしないことで、ページ時間を短縮し、スループットを向上させることができる。また、N<sub>2</sub>ガスの消費も必要最小限に抑えることが可能となる。

20

## 【0049】

&lt;ステップS106&gt;

ステップS106(図4、図5参照、第3の工程、反応ガス供給工程、NH<sub>3</sub>供給工程)では、まずNH<sub>3</sub>ガスを流す。ガス供給管320のバルブ324を開き、ガス供給管320内にNH<sub>3</sub>ガスを流す。ガス供給管320内を流れるNH<sub>3</sub>ガスは、MFC322により流量調整される。流量調整されたNH<sub>3</sub>ガスはガス供給管320からノズル420を通って処理室201内のウェハ200に供給され、排気管231から排気される。

30

## 【0050】

このとき、上述の課題を解決するために、NH<sub>3</sub>の供給を分割(断続)して供給する。すなわち、反応ガスの供給を複数のステップに分けて行う。ガス供給t3のステップを複数回行い、ガス供給t3の間でガス停止t4を行う。言い換えると、反応ガスの供給の際に、一時的に反応ガスの供給を停止(中断)するガス停止t4を行う。さらに言い換えると、反応ガスの供給を間欠的に行う。なお、このガス停止t4の間は、真空排気のみとしても良いし、ページのみとしても良いし、真空排気およびページを併用しても良い。この様に、ガス供給t3とガス停止t4を行うことによって、ガス供給t3で発生した副生成物をガス停止t4で除去することができる。

## 【0051】

40

このとき、バルブ243を適正に調整等して処理室201内の圧力を、例えば10～1330Paの範囲内の圧力とする。バルブ243は基本的に常時開いておくが、常時開くことによりガス濃度が下がってしまい、所定時間内にウェハ200への所定の暴露量を達成しようとした場合、NH<sub>3</sub>ガスの供給回数を増やさなければいけなくなるため、トレードオフの関係にある。MFC322で制御するNH<sub>3</sub>ガスの供給流量は、例えば10ccm～15000ccm好ましくは500ccm～15000ccm、更に好ましくは10000ccm～13500ccmの範囲内の流量とする。ウェハ200をNH<sub>3</sub>ガスに曝す時間、すなわちガス供給t3の時間(照射時間)は例えば、0.01秒～600秒、好ましくは0.01秒～5秒間の範囲内の時間とし、ガス停止t4の時間は、NH<sub>3</sub>ガスを処理室201内から排気するのに十分な時間があればよく、0.01秒～600秒、好ましく

50

は0.01秒～30秒間の範囲内の時間とする。なお、反応ガスの供給時には、基板の表面にチタニウム(Ti)と塩素(Cl)を含有する層が存在し、ステップS104と比べて、副生成物が多く生成されることが考えられる。副生成物としては、塩化水素(HCl)、塩化アンモニウム(NH<sub>4</sub>Cl)が挙げられる。副生成物の発生量が多いときは、ガス供給t3の時間をガス供給t1の時間よりも短くすることが好ましい。また、ガス供給t4の時間をガス供給t2の時間よりも長くしても良い。また、ガス供給t3の時間を短くした場合は、ステップS106の時間を延ばしても良い。このときヒータ207の温度は、ウェハ200の温度が、例えば100～400好ましくは200～400の範囲内の温度となるような温度に設定する。NH<sub>3</sub>ガスの供給により、ウェハ200上に窒素含有層が形成される。

10

#### 【0052】

また、ステップS106で、バルブ514を開いて、ガス供給管320からN<sub>2</sub>ガス等の不活性ガスを流しても良い。また、ガス停止t4で不活性ガスを供給するようにしても良い。このように不活性ガスを供給することにより、ノズル410へNH<sub>3</sub>ガスが逆流することを防止する効果が得られる。

#### 【0053】

##### <ステップS107>

ステップS107(図4、図5参照、第4の工程、ページ工程)では、バルブ324を閉じ、処理室201内へのNH<sub>3</sub>ガスの供給を停止する。このとき、バルブ243は開いたままとして、真空ポンプ246により処理室201内を真空排気し、処理室201内に残留する未反応もしくは窒素含有層形成に寄与した後のNH<sub>3</sub>ガスを処理室201内から排除する。

20

#### 【0054】

なお、このとき、バルブ514、524は開いたまま、もしくは新たに開き、不活性ガスとしてのN<sub>2</sub>ガスの処理室201内への供給を維持又は開始する。N<sub>2</sub>ガスはページガスとして作用し、これにより、処理室201内に残留する未反応もしくは窒素含有層形成に寄与した後のNH<sub>3</sub>ガスを処理室201内から排除する効果を更に高めることができる。ページは、N<sub>2</sub>ガスが、例えば500ccm～50000ccmの範囲の流量で、例えば、1秒～90秒供給されることによって行われる。

#### 【0055】

30

また、このとき、処理室201内に残留するガスを完全に排除しなくてもよく、処理室201内を完全にページしなくても良い。処理室201内に残留するガスが微量であれば、その後に行われるステップにおいて悪影響が生じることはない。このとき処理容器203(処理室201)の容積と同程度の量を供給することで、後のステップにおいて悪影響が生じない程度のページを行うことができる。このように、処理室201内を完全にページしないことで、ページ時間を短縮し、スループットを向上させることができる。また、N<sub>2</sub>ガスの消費量も必要最小限に抑えることが可能となる。

#### 【0056】

##### <ステップS108>

上述したステップS104～S107を1サイクルとして、このサイクルを少なくとも1回以上行う(ステップS108)ことにより、ウェハ200上に所定膜厚のチタニウムおよび窒素を含む導電膜、すなわち、TiN膜を成膜することができる。なお、上述のサイクルは、複数回繰返すことが好ましい。これにより、ウェハ200上に所定膜厚のTiN膜が形成される。なお、上述では、ステップS104、ステップS105、ステップS106、ステップS107の順で行ったが、ステップS104とステップS106の順を逆にしても良いし、ステップS105又はステップS106から始まるようにしてもよい。

40

#### 【0057】

また、図5に示すように、ステップS104、ステップS105、ステップS106、ステップS107において、バルブ243の開度は一定に保つようにしてもよいが、ステ

50

ステップ S 104 でガス停止 t 2 時にバルブ開度を大きくして排気量を増加させても良い。また、ステップ S 106 のガス停止 t 4 でバルブ開度を大きくして排気量を増加させても良い。また、バージ工程(ステップ S 105 やステップ S 107)でバルブ開度を大きくしてもよい。これにより、副生成物の除去効率を向上させることができる。

#### 【0058】

TiN 膜を形成後、ガス供給管 310、320 のバルブ 512、522 を開いて、処理室 201 内に N<sub>2</sub> ガスを流す。N<sub>2</sub> ガスはバージガスとして作用し、これにより、処理室 201 内が不活性ガスでバージされ、処理室 201 内に残留するガスが処理室 201 内から除去される。その後、処理室 201 内の雰囲気が不活性ガスに置換され、処理室 201 内を所定の圧力に調圧される。

10

#### 【0059】

(基板搬出工程)

<ステップ S 109>

処理室 201 内が所定の圧力に調圧された後、バルブ 534 を閉じ、ポート 217 がポートエレベータ 115 によって、処理室 201 から搬出(ポートアンロード)される。その後、ウェハ 201 はポート 217 からディスクチャージされる。

#### 【0060】

以上の様な工程により、基板上に導電膜が形成される。

#### 【0061】

なお、上述の実施形態では、原料ガスと反応ガスの両方で分割する形態を説明したが、これに限るものではない。例えば、図 6 と図 7 に示すように、原料ガスの供給と反応ガスの供給のいずれかで分割供給するようにしても良い。また、分割供給せずに、連続で供給する際には、図 8 に示すように連続供給ステップの時間を分割供給ステップの時間よりも短くしてもよい。

20

#### 【0062】

また、上述では、原料ガスの供給を停止したがこれに限るものでは無い。例えば、副生成物の発生量が少ない場合は、図 9 に示すように、原料ガスのガス停止 t 2 で、原料ガスの供給を完全に停止せずに、原料ガスの流量を減らすように構成しても良い。また、ステップ S 104 中に、ガス停止 t 2 を複数回行う場合には、最初のガス停止 t 2 で原料ガスの流量を減らし、後のガス停止 t 2' で原料ガスの流量を最初のガス停止 t 2 よりも多くしても良い。また、最初のガス停止時間を長くして、後のガス停止 t 2' 時間を短くするようにしても良い。このように構成することにより、半導体装置の製造スループットを向上させることができる。

30

#### 【0063】

また、上述では、反応ガスの供給を停止したが、これに限るものでは無い。例えば、副生成物の発生量が少ない場合は、図 9 に示すように、反応ガスのガス停止 t 4 で、反応ガスの供給を完全に停止せずに、反応ガスの流量を減らすように構成しても良い。また、ステップ S 106 中に、ガス停止 t 4 を複数回行う場合には、最初のガス停止 t 4 で反応ガスの流量を減らし、後のガス停止 t 4' で反応ガスの流量を最初のガス停止 t 4 よりも多くしても良い。また、最初のガス停止 t 4 の時間を長くして、後のガス停止 t 4' を短くするようにしても良い。このように構成することにより、半導体装置の製造スループットを向上させることができる。

40

#### 【0064】

図 10 に、反応ガスとしての NH<sub>3</sub> ガスの供給時間とウェハ上の副生成物濃度との関係を示す。NH<sub>3</sub> ガスの供給時間が(A)の時は、ガス流れの上流側(U p - s t r e a m o f g a s f l o w) とガス流れの下流側(Down - s t r e a m o f g a s f l o w) とで副生成物濃度は変わらないが、NH<sub>3</sub> ガスの供給時間が(B)の時は、上流側より下流側の方が顕著に副生成物濃度が高くなることがわかる。TiCl<sub>4</sub> ガスのような原料ガスの場合であっても同様の傾向がみられると考えられる。したがって、(A)のようなウェハ間でほぼ等しい副生成物濃度分布となるガスの供給時間をガス供給 t

50

1、t<sub>3</sub>とすることが望ましい。すなわち、好ましくは、原料ガスおよび／または反応ガスの種類に応じて、適宜ウエハ間でほぼ等しい副生成物濃度分布となるようガスの供給時間を制御して分割供給を行う。

#### 【0065】

また、図11にTiCl<sub>4</sub>ガスおよびNH<sub>3</sub>ガスを連続供給にて供給して成膜した場合におけるウエハ中心からの距離と膜厚との関係を示す。それぞれ、ウエハ上にパターンが形成されていないフラットウエハ(300mm blanket wafer)と、ウエハ上にパターンが形成されたパターンウエハ(300mm patterned wafer)の関係を比較している。図11から、ウエハ外縁部からウエハ中心部へ近づくにつれて、フラットウエハでは膜厚にほぼ差がないのに対して、パターンウエハでは徐々に膜厚が薄くなっていくことがわかる。これはパターンウエハでは、副生成物によって成膜が阻害され、ウエハ中心部では置換効率が低くなってしまうからであると考えられる。10

#### 【0066】

一方、図12にTiCl<sub>4</sub>ガスを連続供給し、NH<sub>3</sub>ガスを分割供給にて供給して成膜した場合におけるウエハ中心からの距離と膜厚との関係を示す。図12では、フラットウエハの場合とほぼ同じように、パターンウエハのウエハ外縁部からウエハ中心部における膜厚均一性が改善したことがわかる。この傾向はTiCl<sub>4</sub>ガスのような原料ガスの場合においても同様にみられると考えられる。なお、NH<sub>3</sub>ガスのような反応ガスの供給時には、基板の表面にチタニウム(Ti)と塩素(Cl)等の原料ガスに含まれる元素を含有する層が存在するため副生成物が多く生成されることが考えられることから、原料ガスの場合より、反応ガスの場合の方がより本発明は効果的であり、反応ガスのみ分割供給を行い、原料ガスは連続供給を行ったとしても本発明の効果を得ることが可能であると考えられる。20

#### 【0067】

また、図13、図14、図15に、TiCl<sub>4</sub>ガスとNH<sub>3</sub>ガスと共に連続供給した場合(Normal Flow、Continuous flow)と、TiCl<sub>4</sub>ガスを連続供給し、NH<sub>3</sub>ガスを分割供給にて供給して成膜した場合(Divided Flow)のホールパターンにおけるステップカバレッジを比較した図を示す。それぞれTop(a)とBottom(b)に製膜された膜厚を測定し、 $b/a \times 100\% (b/a \times 100\%)$ としてステップカバレッジを計算した。その結果、Normal Flowではステップカバレッジが84.5%だったが、Divided Flowではステップカバレッジが100%と改善されることがわかった。また、TiCl<sub>4</sub>ガスもNH<sub>3</sub>ガスと同様に分割供給した場合には、NH<sub>3</sub>ガスのみを分割供給した場合と比較してより高い効果が得られると考えられる。30

#### 【0068】

##### (第2実施形態)

以下に第2の実施形態について、図16、図17、図18を用いて説明する。図16は本実施形態に係る基板処理装置の構成を説明する図である。上述の第1実施形態では、処理容器203内でウェハ200を上下方向に載置した状態で基板処理を施す例を示したがこれに限らず、図16に示すように搬送容器972に複数の処理容器901a、901b、901c、901dを接続し、処理容器1つにウェハ200を一枚搬入した状態で処理を行ってもよい。この形態について以下に詳細に説明する。40

#### 【0069】

##### (搬送室)

図16、図17に示すように、搬送容器972は、平面視が多角形状に形成され、後述の予備室922、923、および第1プロセスモジュール(PM)901a、第2PM901b、第3PM901c、第4PM901dがゲートバルブ951、951b、951c、951dを介してそれぞれ連結されている。搬送室971の中央部には、負圧下でウェハ200を移載(搬送)する搬送口ボット973がフランジ915を基部として設置されている。搬送口ボット973には、ロボット回転部916が接続され、回転可能に構成50

されている。

**【0070】**

(予備室)

搬送容器972のPMが接続されない壁側には、搬入用の予備室(ロードロックモジュール)922と、搬出用の予備室(ロードロックモジュール)923とがそれぞれゲートバルブ951f、951eを介して連結されており、それぞれ負圧に耐えられる構造に構成されている。

**【0071】**

さらに、予備室922内には、搬入用の基板載置台950が設置され、予備室923内には、搬出用の基板載置台951が設置され、搬入出されるウェハ200を予備室内で保持できるように構成されている。10

**【0072】**

(大気搬送室・I/Oステージ)

予備室922および予備室923の前側には、大気搬送室(フロントエンドモジュール)921がゲートバルブ928、929を介して連結されている。大気搬送室921は、大気圧下で用いられる。

**【0073】**

大気搬送室921内には、ウェハ200を移載する大気搬送口ボット924が設置されている。図17に示すように、大気搬送口ボット924は大気搬送室921に設置されたエレベータ926によって昇降可能に構成されるとともに、リニアアクチュエータ932によって、X1X2方向に往復移動可能に構成されている。20

**【0074】**

図17に示すように、大気搬送室921の上部にはクリーンエアを供給するクリーンユニット918が設けられている。また、図16に示すように、大気搬送室921のX2方向には、ウェハ200に形成されているノッチまたはオリエンテーションフラットの方向を合わせる装置(以下、ブリアライナという)906が設置されている。

**【0075】**

図16、図17に示されているように、大気搬送室921の筐体925のY1方向側には、ウェハ200を大気搬送室921に対して搬入搬出するための基板搬入搬出口934と、ポッドオーブナ908が設けられている。基板搬入搬出口934を挟んでポッドオーブナ908と反対側、即ち筐体925の外側にはI/Oステージ(ロードポート)905が設けられる。30

**【0076】**

ポッドオーブナ908は、ポッド900のキャップ900aを開閉するとともに、基板搬入搬出口934を閉塞可能なクロージャ942とクロージャ942を駆動する駆動機構909を備えている。ポッドオーブナ908は、I/Oステージ905に載置されたポッド900のキャップ900aを開閉し、基板の出し入れ口を開放・閉鎖することにより、ポッド900に対するウェハ200の出し入れを可能とする。

**【0077】**

(プロセスマジュール(PM))

プロセスマジュールは、図18に示すような構造となっている。40  
プロセスマジュールは処理容器1102を備えている。処理容器1102は、例えば横断面が円形であり扁平な密閉容器として構成されている。また、処理容器1102は、例えばアルミニウム(A1)やステンレス(SUS)などの金属材料または石英(SiO<sub>2</sub>)により構成されている。処理容器1102内には、基板としてのシリコンウェハ等のウェハ200を処理する処理室1101が形成されている。

**【0078】**

<支持台>

処理室1101内には、ウェハ200を支持する支持台1103が設けられている。支持台1103は、例えば、石英(SiO<sub>2</sub>)、カーボン、セラミックス、炭化ケイ素(SiC)等の耐熱性材料で構成されている。

50

iC)、酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、又は窒化アルミニウム(AlN)のいずれかで構成される。ウェハ200が直接触れる支持台1103の上面には、例えば、石英(SiO<sub>2</sub>)、カーボン、セラミックス、炭化ケイ素(SiC)、酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、又は窒化アルミニウム(AlN)のいずれかで構成された支持板としてのサセプタ1117が設けられても良い。なお、支持台1103には、ウェハ200を加熱する加熱手段(加熱源)としてのヒータ1106が内蔵されていても良い。また、支持台1103の下端部は、処理容器1102の底部を貫通している。

#### 【0079】

##### <昇降機構>

処理室1101の外部には、支持台1103を昇降させる昇降機構1107bが設けられている。この昇降機構1107bを作動させて支持台1103を昇降させることにより、サセプタ1117上に支持されるウェハ200を昇降させることが可能となっている。支持台1103は、ウェハ200の搬送時には後述のウェハ搬送口1150の高さまで下降し、ウェハ200の処理時にはウェハ処理位置まで上昇する。なお、支持台1103下端部の周囲は、ベローズ1103aにより覆われており、処理室1101内は気密に保持されている。

10

#### 【0080】

##### <リフトピン>

また、処理室1101の底面(床面)には、例えば3本のリフトピン1108bが鉛直方向に立ち上がるよう設けられている。また、支持台1103(サセプタ1117も含む)には、かかるリフトピン1108bを貫通させる貫通孔1108aが、リフトピン1108bに対応する位置にそれぞれ設けられている。そして、支持台1103をウェハ搬送位置まで下降させた時には、リフトピン1108bの上端部がサセプタ1117の上面から突出して、リフトピン1108bがウェハ200を下方から支持するようになっている。また、支持台1103をウェハ処理位置まで上昇させたときには、リフトピン1108bはサセプタ1117の上面から埋没して、サセプタ1117がウェハ1100を下方から支持するようになっている。なお、リフトピン1108bは、ウェハ200と直接触れるため、例えば、石英やアルミナなどの材質で形成することが望ましい。

20

#### 【0081】

##### <ウェハ搬送口>

30

処理室1101(処理容器1102)の内壁側面には、処理室1101の内外にウェハ200を搬送するウェハ搬送口950が設けられている。ウェハ搬送口950にはゲートバルブ951が設けられており、ゲートバルブ951を開くことにより、処理室1101内と搬送室(予備室)971内とが連通するようになっている。

#### 【0082】

##### <排気系>

処理室1101(処理容器1102)の内壁側面であって、ウェハ搬送口950の反対側には、処理室1101内の雰囲気を排気する排気口1160が設けられている。排気口1160には排気チャンバ1160aを介して排気管1161が接続されており、排気管1161には、処理室1101内を所定の圧力に制御する圧力制御装置としてのAPC(Auto Pressure Controller)等の圧力調整器1162、原料回収トラップ1163、および真空ポンプ1164が順に直列に接続されている。主に、排気口1160、排気管1161、圧力調整器1162によって、排気系(排気ライン)が構成される。なお、原料回収トラップ1163、真空ポンプ1164は、基板処理装置が設置される半導体製造工場側に設けられるが、基板処理装置に設けても良い。

40

#### 【0083】

##### <ガス導入口>

処理室1101の上部に設けられる後述のシャワーヘッド1140の上面(天井壁)には、処理室1101内に各種ガスを供給するガス導入口1110が設けられている。なお、ガス導入口1110に接続されるガス供給系の構成については後述する。

50

**【0084】**

## &lt;シャワーヘッド&gt;

ガス導入口1110と処理室1101との間には、ガス分散機構としてのシャワーヘッド1140が設けられている。シャワーヘッド1140は、ガス導入口1110から導入されるガスを分散させる分散板1140aと、分散板1140aを通過したガスをさらに均一に分散させて支持台1103上のウェハ200の表面に供給するシャワー板1140bと、を備えている。分散板1140aおよびシャワー板1140bには、複数の通気孔が設けられている。分散板1140aは、シャワーヘッド1140の上面およびシャワー板1140bと対向するように配置されており、シャワー板1140bは、支持台1103上のウェハ200と対向するように配置されている。なお、シャワーヘッド1140の上面と分散板1140aとの間、および分散板1140aとシャワー板1140bとの間には、それぞれ空間が設けられており、かかる空間は、ガス導入口1110から供給されるガスを分散させる第1バッファ空間(分散室)1140c、および分散板1140aを通過したガスを拡散させる第2バッファ空間1140dとしてそれぞれ機能する。10

**【0085】**

## &lt;排気ダクト&gt;

処理室1101(処理容器1102)の内壁側面には、段差部1101aが設けられている。そして、この段差部1101aは、コンダクタンスプレート1104をウェハ処理位置近傍に保持するように構成されている。コンダクタンスプレート1104は、内周部にウェハ200を収容する穴が設けられた1枚のドーナツ状(リング状)をした円板として構成されている。コンダクタンスプレート1104の外周部には、所定間隔を開けて周方向に配列された複数の排出口1104aが設けられている。排出口1104aは、コンダクタンスプレート1104の外周部がコンダクタンスプレート1104の内周部を支えることができるよう、不連続に形成されている。20

**【0086】**

一方、支持台1103の外周部には、ロワープレート1105が係止している。ロワープレート1105は、リング状の凹部1105bと、凹部1105bの内側上部に一体的に設けられたフランジ部1105aとを備えている。凹部1105bは、支持台1103の外周部と、処理室1101の内壁側面との隙間を塞ぐように設けられている。凹部1105bの底部のうち排気口1160付近の一部には、凹部1105b内から排気口1160側へガスを排出(流通)させるプレート排気口1105cが設けられている。フランジ部1105aは、支持台1103の上部外周縁上に係止する係止部として機能する。フランジ部1105aが支持台1103の上部外周縁上に係止することにより、ロワープレート1105が、支持台1103の昇降に伴い、支持台1103と共に昇降されるようになっている。30

**【0087】**

支持台1103がウェハ処理位置まで上昇したとき、ロワープレート1105もウェハ処理位置まで上昇する。その結果、ウェハ処理位置近傍に保持されているコンダクタンスプレート1104が、ロワープレート1105の凹部1105bの上面部分を塞ぎ、凹部1105bの内部をガス流路領域とする排気ダクト1159が形成されることとなる。なお、このとき、排気ダクト1159(コンダクタンスプレート1104およびロワープレート1105)および支持台1103によって、処理室1101内が、排気ダクト1159よりも上方の処理室上部と、排気ダクト1159よりも下方の処理室下部と、に仕切られることとなる。なお、コンダクタンスプレート1104およびロワープレート1105は、排気ダクト1159の内壁に堆積する反応生成物をエッチングする場合(セルフクリーニングする場合)を考慮して、高温保持が可能な材料、例えば、耐高温高負荷用石英で構成することが好ましい。40

**【0088】**

ここで、ウェハ処理時における処理室1101内のガスの流れについて説明する。まず、ガス導入口1110からシャワーヘッド1140の上部へと供給されたガスは、第1バ50

ツファ空間(分散室)1140cを経て分散板1140aの多数の孔から第2バッファ空間1140dへと入り、さらにシャワー板1140bの多数の孔を通過して処理室1101内に供給され、ウェハ200上に均一に供給される。そして、ウェハ200上に供給されたガスは、ウェハ200の径方向外側に向かって放射状に流れる。そして、ウェハ200に接触した後の余剰なガスは、ウェハ200外周部に位置する排気ダクト1159上、すなわち、コンダクタンスプレート1104上を、ウェハ200の径方向外側に向かって放射状に流れ、コンダクタンスプレート1104に設けられた排出口1104aから、排気ダクト1159内のガス流路領域内(凹部1105b内)へと排出される。その後、ガスは排気ダクト1159内を流れ、プレート排気口1105cを経由して排気口1160へと排気される。このようにガスを流すことで、処理室下部、すなわち、支持台1103の裏面や処理室1101の底面側へのガスの回り込みが抑制される。  
10

なお、第1PM、第2PM、第3PM、第4PMには、上述のガス供給部が接続され、ウェハ200に上述の基板処理工程を施すことができるよう構成されている。

#### 【0089】

なお、ここでは、処理室を4つ設けた例について記したが、これに限らず、多角形状の搬送容器の角数を増やし、処理室を5つ以上設けても良いし、多角形状の搬送容器の一辺に複数の処理室を設けても良い。

#### 【0090】

##### (第3実施形態)

以下に第3の実施形態について図19、図20を用いて説明する。本実施形態は、図1  
20  
9に示すように、複数のセクションに区切られた処理室に複数のウェハ200を略同じ平面上に収容し処理する形態である。本実施形態に係る処理炉としてのプロセスチャンバ1202の構成について、主に図19、図20を用いて説明する。図19は、本実施形態に係る反応容器の概略斜視図である。図19は、本実施形態に係る処理炉の横断面概略図である。図20は、本実施形態に係る処理炉の縦断面概略図であり、図19に示す処理炉のA-A'線断面図である。  
20

#### 【0091】

##### (反応容器)

図19、図20に示すように、処理炉としてのプロセスチャンバ1202は、円筒状の気密容器である反応容器1203を備えている。反応容器1203内には、基板100の処理空間1207が形成されている。反応容器1203内の処理空間1207の上側には、中心部から放射状に延びる4枚の仕切板1205が設けられている。4枚の仕切板1205は、処理空間1207を、第一の処理領域1201a、第一のページ領域1204a、第二の処理領域1201b、第二のページ領域1204bに仕切るように構成されている。なお、第一の処理領域1201a、第一のページ領域1204a、第二の処理領域1201b、第二のページ領域1204bは、後述するサセプタ(基板載置台)1217の回転方向に沿って、この順番に配列するように構成されている。  
30

#### 【0092】

サセプタ1217を回転させることで、サセプタ1217上に載置された基板1200は、第一の処理領域1201a、第一のページ領域1204a、第二の処理領域1201b、第二のページ領域1204bの順に移動することとなる。また、第一の処理領域1201a内には第1処理ガス(原料ガス)が供給され、第二の処理領域1201b内には第2処理ガス(反応ガス)が供給され、第一のページ領域1204a内および第二のページ領域1204b内には、不活性ガスが供給されるように構成されている。そのため、サセプタ1217を回転させることで、基板100上には、第1処理ガス(原料ガス)、不活性ガス、第2処理ガス(反応ガス)、不活性ガスが、この順に供給されることとなる。  
40

#### 【0093】

仕切板1205の端部と反応容器1203の側壁との間には、所定の幅の隙間が設けられており、この隙間をガスが通過できるように構成されている。この隙間を介し、第一のページ領域1204a内および第二のページ領域1204b内から第一の処理領域120  
50

1 a 内および第二の処理領域 1201 b 内に向けて不活性ガスを噴出させるようにすることで、第一のページ領域 1204 a 内および第二のページ領域 1204 b 内への処理ガスの侵入を抑制することができ、処理ガスの反応を防止することができるよう構成されている。

**【0094】**

なお、本実施形態では、各仕切板 1205 の間の角度をそれぞれ 90 度としたが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、基板 100 への各種ガスの供給時間等を考慮して、例えば第二の処理領域 1201 b を形成する 2 枚の仕切板 1205 の間の角度を大きくしたりする等、適宜変更してもよい。

**【0095】**

また、各処理領域を仕切板 1205 で仕切ったが、それに限るものではなく、処理領域 1201 a と 1201 b それぞれに供給されるガスを混合させないようにできる構成であればよい。

10

**【0096】**

(サセプタ)

図 19 および図 20 に示すように、仕切板 1205 の下側、すなわち反応容器 1203 内の底側中央には、反応容器 1203 の中心に回転軸の中心を有し、回転自在に構成された基板支持部としてのサセプタ 1217 が設けられている。サセプタ 1217 は、基板 100 の金属汚染を低減することができるよう、例えば、窒化アルミニウム (AIN) 、セラミックス、石英等の非金属材料で形成されている。なお、サセプタ 1217 は、反応容器 1203 とは電気的に絶縁されている。

20

**【0097】**

サセプタ 1217 は、反応容器 1203 内にて、複数枚（本実施形態では例えば 5 枚）の基板 100 を同一面上に、かつ同一円周上に並べて支持するように構成されている。ここで、同一面上とは、完全な同一面に限られるものではなく、サセプタ 1217 を上面から見たときに、図 19 および図 20 に示すように、複数枚の基板 100 が互いに重ならないように並べられていればよい。

**【0098】**

なお、サセプタ 1217 表面における基板 100 の支持位置には、基板載置部 1217 b が、処理する基板 100 の枚数に対応して同心円状に設けられている。それぞれの基板載置部 1217 b は、例えば上面から見て円形状であり、側面から見て凹形状としてもよい。この場合、基板載置部の直径は基板 100 の直径よりもわずかに大きくなるように構成することが好ましい。この基板載置部内に基板 100 を載置することにより、基板 100 の位置決めを容易に行うことができ、また、サセプタ 1217 の回転に伴う遠心力により基板 100 がサセプタ 1217 から飛び出してしまう場合等で発生する位置ズレを防止できるようになる。

30

**【0099】**

図 20 に示すように、サセプタ 1217 には、サセプタ 1217 を昇降させる昇降機構 1268 が設けられている。サセプタ 1217 には、貫通孔 1217 a が複数設けられている。上述の反応容器 1203 の底面には、反応容器 1203 内への基板 100 の搬入・搬出時に、基板 100 を突き上げて、基板 100 の裏面を支持する基板突き上げピン 1266 が複数設けられている。貫通孔 1217 a および基板突き上げピン 1266 は、基板突き上げピン 1266 が上昇させられた時、又は昇降機構 1268 によりサセプタ 1217 が下降させられた時に、基板突き上げピン 1266 がサセプタ 1217 とは非接触な状態で貫通孔 1217 a を突き抜けるように、互いに配置されている。

40

**【0100】**

昇降機構 1268 には、サセプタ 1217 を回転させる回転機構 1267 が設けられている。回転機構 1267 の図示しない回転軸は、サセプタ 1217 に接続されており、回転機構 1267 を作動させることでサセプタ 1217 を回転させることができるように構成されている。回転機構 1267 には、制御部 300 が、カップリング部 1267 a を介

50

して接続されている。カップリング部 1267a は、回転側と固定側との間を金属プラシ等により電気的に接続するスリップリング機構として構成されている。これにより、サセプタ 1217 の回転が妨げられないようになっている。制御部 300 は、サセプタ 1217 を所定の速度で所定時間回転させるように、回転機構 1267 への通電具合を制御するように構成されている。上述したように、サセプタ 1217 を回転させることにより、サセプタ 1217 上に載置された基板 100 は、第一の処理領域 1201a、第一のページ領域 1204a、第二の処理領域 1201b および第二のページ領域 1204b をこの順番に移動することとなる。

#### 【0101】

(加熱部)

10

サセプタ 1217 の内部には、加熱部としてのヒータ 1218 が一体的に埋め込まれており、基板 100 を加熱できるように構成されている。ヒータ 1218 に電力が供給されると、基板 100 表面が所定温度（例えば室温～1000 度）にまで加熱されるようになっている。なお、ヒータ 1218 は、サセプタ 1217 に載置されたそれぞれの基板 100 を個別に加熱するように、同一面上に複数（例えば 5 つ）設けてもよい。

#### 【0102】

サセプタ 1217 には温度センサ 1274 が設けられている。ヒータ 1218 および温度センサ 1274 には、電力供給線 1222 を介して、温度調整器 1223、電力調整器 1224 およびヒータ電源 1225 が電気的に接続されている。温度センサ 1274 により検出された温度情報に基づいて、ヒータ 1218 への通電具合が制御されるように構成されている。

20

#### 【0103】

(ガス供給部)

反応容器 1203 の上側には、第一の処理ガス導入部 1251 と、第二の処理ガス導入部 1252 と、不活性ガス導入部 1253、クリーニングガス導入部 1258 と、を備えるガス供給部 1250 が設けられている。ガス供給部 1250 は、反応容器 1203 の上側に開設された開口に気密に設けられている。第一の処理ガス導入部 1251 の側壁には、第一のガス噴出口 1254 が設けられている。第二の処理ガス導入部 1252 の側壁には、第二のガス噴出口 1255 が設けられている。不活性ガス導入部 1253 の側壁には、第一の不活性ガス噴出口 1256 および第二の不活性ガス噴出口 1257 がそれぞれ対向するように設けられている。ガス供給部 1250 の底には、クリーニングガス導入部 1258 の端部であるクリーニングガス供給孔 1259 が設けられている。即ち、クリーニングガス供給孔 1259 は、第一のガス噴出口 1254、第二のガス噴出口 1255、不活性ガス噴出口 1256、1257 より低い位置に設けられている。

30

#### 【0104】

ガス供給部 1250 は、第一の処理ガス導入部 1251 から第一の処理領域 1201a 内に第一の処理ガスを供給し、第二の処理ガス導入部 1252 から第二の処理領域 1201b 内に第二の処理ガスを供給し、不活性ガス導入部 1253 から第一のページ領域 1204a 内および第二のページ領域 1204b 内に不活性ガスを供給するように構成されている。ガス供給部 1250 は、各処理ガスおよび不活性ガスを混合させずに個別に各領域に供給することができ、また、各処理ガスおよび不活性ガスを併行して各領域に供給することができるよう構成されている。

40

#### 【0105】

ここで、第 1 処理ガスは、第 1 実施例で記した遷移金属含有ガスとしての TiCl<sub>4</sub> が用いられ、第 2 処理ガスは、第 1 実施例で記した反応ガスとしての NH<sub>3</sub> ガスが用いられる。サセプタ 1217 を回転させることにより、基板が、ステップ S104 (TiCl<sub>4</sub> ガスの供給)、ステップ S105 (不活性ガスの供給)、ステップ S106 (NH<sub>3</sub> ガスの供給)、ステップ S107 (不活性ガスの供給) の順で曝されることになり、第 1 実施例における TiN 膜形成工程を施すことができる。このサセプタの回転を所定回数を行うことにより所定の膜厚の遷移金属窒化膜 (TiN 膜) を形成することができる。なお、サ

50

セプタ 1 2 1 7 を回転させるタイミングは、それぞれのセクションで、第 1 実施形態のステップ S 1 0 4 , S 1 0 5 , ステップ S 1 0 6 , ステップ S 1 0 7 が終えた後に回転されるように制御される。このように構成することにより、処理室 2 0 1 内の雰囲気の切替が不要となり、処理スループットを向上させることができる。

#### 【 0 1 0 6 】

また、第 1 処理ガスと第 2 処理ガスを原料ガスにして、所定回数回転させてステップ S 1 0 4 を行い、第 1 処理ガスと第 2 処理ガスをバージガスに切替て所定回数回転させてステップ S 1 0 5 を行い、第 1 処理ガスと第 2 処理ガスを反応ガスに切替て所定回数回転させてステップ S 1 0 6 を行い、第 1 処理ガスと第 2 処理ガスをバージガスに切替えて所定回数回転させてステップ S 1 0 7 を行うように制御しても良い。このように処理することにより、第 1 実施形態と同様の処理を行うことができる。10

#### 【 0 1 0 7 】

##### ( 第 4 実施形態 )

以下に第 4 実施形態について図 2 1 を用いて第 1 実施形態と異なる箇所のみ説明する。本実施形態は、図 2 1 に示すように、反応容器 2 0 3 をアウターチューブとして、反応容器 2 0 3 の内側に、インナーチューブ 2 0 4 が設けられている。各ノズルは、インナーチューブ 2 0 4 内にガスを供給するように構成されている。ガスは、ウェハ 2 0 0 に供給された後、各ノズルと対向した位置に設けられた排気口 2 0 4 a を介して排気管 2 3 1 から排気される。このような構成の処理装置で処理することにより、図 2 1 の矢印で記す様にガスが基板に対して並行に流れることを維持することができ、ローディングエフェクトを低減し、ウェハ 2 0 0 面内への処理均一性を向上させることができ。また、ウェハ 2 0 0 が複数枚、上下方向に多段に載置されたとしても、各ウェハ 2 0 0 に均一にガスを供給することができ、ウェハ 2 0 0 毎のローディングエフェクトを低減することができる。20

#### 【 0 1 0 8 】

##### ( 第 5 実施形態 )

以下に第 5 実施形態について第 1 実施形態～第 4 実施形態と異なる箇所のみ説明する。本実施形態では、原料ガスおよび／または反応ガスを供給するガス供給管に所定量のガスを貯留可能なガス溜め部（ガスタンク）を設ける点で、第 1 実施形態～第 4 実施形態とは異なる。ガス溜め部を設けるガス供給管は、第 1 実施形態～第 4 実施形態のいずれのものでも適用可能である。ガス溜め部を設けるガス供給管は、原料ガスもしくは反応ガスを供給するガス供給管のどちらか一方飲みであっても良いし、原料ガスもしくは反応ガスを供給するガス供給管の両方であっても良い。ガス溜め部に所定量の原料ガスおよび／または反応ガスを溜めておき、処理室 2 0 1 内へ原料ガスおよび／または反応ガスを供給する際に、ガス溜め部から供給（フラッシュ供給）することにより、瞬時により多くの原料ガスおよび／または反応ガスをウエハ 2 0 0 へ供給することができる。これにより、各ガスを分割して供給する時間を短縮することが可能となる。なお、T i C l<sub>4</sub> ガスを貯留するガス溜め部は 1 5 0 程度に加熱しておく。また、1 種のガスに対して、ガス供給管を複数設け、各ガス供給管ごとに独立したガス溜め部を設けることにより、ガス溜め部を並列に設けることにより、各ガスを分割して供給する時間を短縮する効果がより高められる。30

#### 【 0 1 0 9 】

##### ( 第 6 実施形態 )

以下に第 6 実施形態について第 5 実施形態と異なる箇所のみ説明する。第 5 実施形態では、原料ガスおよび／または反応ガスを供給するガス供給管に所定量のガスを貯留可能なガス溜め部を設けたが、本実施形態では、ガス溜め部を設ける代わりに、ガス供給管に設かれている M F C により各ガスをフラッシュ供給するように調整する。これにより、各ガスを分割して供給する時間を短縮する効果が得られる。

#### 【 0 1 1 0 】

##### ( 他の実施形態 )

以下に他の実施形態について説明する。

上述の実施形態では、原料ガスとして、T i C l<sub>4</sub> を用いる例を示したが、これに限る40

50

ものでは無い。例えば、テトラキスエチルメチルアミノチタニウム ( $Ti[N(C_2H_5)_4]$  )、略称 : TEMAT)、テトラキスジメチルアミノチタニウム ( $Ti[N(CH_3)_2]_4$ )、略称 : TDMAT)、テトラキスジエチルアミノチタニウム ( $Ti[N(C_2H_5)_2]_4$ )、略称 : TDEAT)などを用いることができる。また反応ガスとして  $NH_3$  を用いる例を示したがこれに限るものではない。例えば、ジアジン ( $N_2H_2$ ) ガス、ヒドラジン ( $N_2H_4$ ) ガス、 $N_3H_8$  ガス等の窒化性ガス(窒素含有ガス)を用いることができる。

#### 【0111】

また、ここに記載したガスに限らず、原料ガスとしてハロゲン元素(フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I))のいずれかを含むガスを用い、反応ガスとして、水素と酸素のいずれかもしくは両方を含むガスを供給するようにしてもよい。また、反応ガスとして、水素と炭素のいずれかもしくは両方を含むガスを供給するようにしてもよい。このような原料ガスと反応ガスを用いることによって、上述の主反応を妨害させる副生成物が生成される。

#### 【0112】

また、上述の実施形態では、導電膜である  $TiN$  膜を形成する工程を記したが、実施例はこれに限るものでは無い。例えば、 $TaN$ 、 $WN$ 、 $TiAlC$ 、 $TaAlC$ 、 $WC$ 、 $TiC$ 、 $TaC$ 、 $WALC$ 、 $WSiN$ 、 $WBC$ 、 $WSiBN$ 、 $WBCN$ 、 $Ni$ 、 $Ru$ 、 $Co$ 、 $SiC$  の何れか、又は 2 つ以上を形成するようにしてもよい。

#### 【0113】

また、上記の実施形態では、不活性ガスとして  $N_2$  ガスを用いたが、これに限らず、アルゴン(Ar)ガス、ヘリウム(He)ガス、ネオン(Ne)ガス、キセノン(Xe)ガス等の希ガスでも良い。また、水素( $H_2$ )ガスが膜反応しない場合には、水素ガスを用いても良い。

#### 【0114】

また、本発明は、導電膜の成膜に限らず、絶縁膜の成膜であってもよい、例えば、酸化シリコン(SiO)、窒化シリコン(SiN)、酸化アルミニウム(AlO)、酸化ハフニウム(HfO)、酸化ジルコニウム(ZrO)などが有る。

#### 【0115】

また、本発明では、気化ユニットとして、 $TiCl_4$  をバーリングして  $TiCl_4$  ガスを発生させる方式について説明したが、これに限らず、噴霧した液体原料を加熱体に供給して液体原料を蒸発させる気化器でも良いし、減圧雰囲気に噴霧することによって気化させる方式の気化器でも良い。

#### 【0116】

また、本発明では、 $TiCl_4$  ガスと  $NH_3$  ガスの両方について分割供給を行う例について説明したが、 $NH_3$  ガスの方がより本発明の課題であるローディングエフェクトに対する寄与が大きいため、分割供給は  $NH_3$  ガスの供給時のみ行うこととしても良い。

#### 【0117】

また、本発明は、例えば、半導体装置の製造工場に存在する既存の基板処理装置のガス供給系を改造し、プロセスレシピを変更することでも実現できる。プロセスレシピを変更する場合は、本発明に係るプロセスレシピを電気通信回線や当該プロセスレシピを記録した記録媒体を介して既存の基板処理装置にインストールしたり、また、既存の基板処理装置の入出力装置を操作し、そのプロセスレシピ自体を本発明に係るプロセスレシピに変更したりすることも可能である。

#### 【0118】

以上、本発明の種々の典型的な実施の形態として成膜技術について説明してきたが、本発明はそれらの実施の形態に限定されない。例えば、酸化膜や窒化膜、金属膜等の種々の膜を形成する成膜処理や、拡散処理、酸化処理、窒化処理等の他の基板処理を行う場合にも適用できる。また、本発明は、薄膜形成装置、エッチング装置、酸化処理装置、窒化処理装置等の他の基板処理装置にも適用できる。また、本発明は、これらの装置が混在して

10

20

30

40

50

いてもよい。

【0119】

(本発明の好ましい態様)

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

【0120】

(付記1)

本発明の一態様によれば、

処理室内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

を有し、前記原料ガスを供給する工程および／または前記反応ガスを供給する工程では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給して膜を形成する半導体装置の製造方法が提供される。

【0121】

(付記2)

好ましくは、前記原料ガスを供給する工程および／または前記反応ガスを供給する工程では、前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度が所定濃度となる時間内でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給する。

【0122】

(付記3)

好ましくは、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給する際、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスの供給と前記処理室の排気を交互に所定回数繰り返す。

【0123】

(付記4)

好ましくは、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給する際、少なくとも副生成物の除去に有する時間で前記処理室の排気を行う。

【0124】

(付記5)

好ましくは、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給する際、前記処理室の排気は、真空排気と不活性ガスの供給によるガスバージのいずれか一方もしくはその両方により行う。

【0125】

(付記6)

好ましくは、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給する際、前記処理室の排気は、順に少なくとも1回ずつ行う。

【0126】

(付記7)

好ましくは、前記原料ガスはハロゲン化物である。

【0127】

(付記8)

好ましくは、前記原料ガスは塩化物である。

【0128】

(付記9)

好ましくは、前記原料ガスは金属含有ガスである。

【0129】

(付記10)

10

20

30

40

50

好ましくは、前記反応ガスは窒素、酸素、炭素のいずれかもしくはその組合せと、水素を含むガスである。

【0130】

(付記11)

好ましくは、前記金属含有ガスはチタン含有ガスであり、前記反応ガスはアンモニアガスである。

【0131】

(付記12)

本発明の一態様によれば、

処理室内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

を有し、前記原料ガスを供給する工程および／または前記反応ガスを供給する工程では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを交互に所定回数繰り返し供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを供給して膜を形成する半導体装置の製造方法が提供される。

【0132】

(付記13)

本発明の他の態様によれば、

処理室内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、

前記処理室内を排気する工程と、

を有し、前記原料ガスを供給する工程および／または前記反応ガスを供給する工程では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを間欠的に供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを間欠的に供給して膜を形成する半導体装置の製造方法が提供される。

【0133】

(付記14)

本発明の他の態様によれば、

処理室に収容された基板に対して原料ガスを供給する原料ガス供給工程と、

前記基板に対して反応ガスを供給する反応ガス供給工程と、

を有し、

さらに、前記原料ガス供給工程において、前記基板への原料ガス供給を一時中断し副生成物を除去するステップと、前記反応ガス供給工程において、前記基板への反応ガス供給を一時中断し副生成物を除去するステップと、のいずれか、又は両方のステップと、

を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【0134】

(付記15)

本発明の他の態様によれば、

基板を収容する処理室と、

前記基板に対して原料ガスを供給する原料ガス供給系と、

前記基板に対して反応ガスを供給する反応ガス供給系と、

前記処理室内を排気する排気系と、

前記処理室内に収容した基板に対して前記原料ガスを供給する処理と、前記処理室内を排気する処理と、前記基板に対して前記反応ガスを供給する処理と、前記処理室内を排気する処理と、を有し、前記原料ガスを供給する処理および／または前記反応ガスを供給

10

20

30

40

50

する処理では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給して膜を形成するよう前記原料ガス供給系、前記反応ガス供給系および排気系を制御するよう構成される制御部と、

を備える基板処理装置が提供される。

**【0135】**

(付記16)

本発明の他の態様によれば、

処理室内の基板に対して原料ガスを供給する手順と、

前記処理室内を排気する手順と、

前記基板に対して反応ガスを供給する手順と、

前記処理室内を排気する手順と、

をコンピュータに実行させるプログラムであって、前記原料ガスを供給する手順および／または前記反応ガスを供給する手順では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給するプログラムが提供される。

**【0136】**

(付記17)

本発明の他の態様によれば、

処理室内の基板に対して原料ガスを供給する手順と、

前記処理室内を排気する手順と、

前記基板に対して反応ガスを供給する手順と、

前記処理室内を排気する手順と、

をコンピュータに実行させるプログラムが記録された記録媒体であって、前記原料ガスを供給する手順および／または前記反応ガスを供給する手順では、前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給し、その際は前記基板上に形成される副生成物の前記基板面内における濃度分布に応じた供給時間でそれぞれ前記原料ガスおよび／または前記反応ガスを時分割して供給する記録媒体が提供される。

**【符号の説明】**

**【0137】**

ヒータ・・・207

圧力調整器（A P C バルブ）・・・243

真空ポンプ・・・264

M F C ( M F C ) ・・・312, 322, 522, 532

バルブ・・・314, 324, 514, 524, 614

コントローラ・・・280

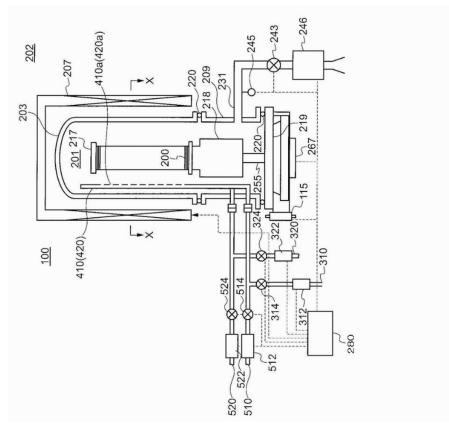
10

20

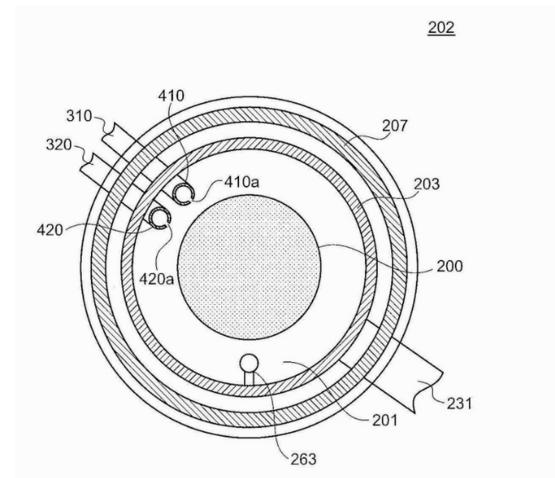
30

40

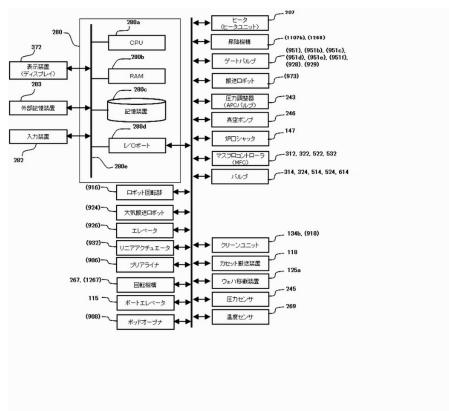
【図1】



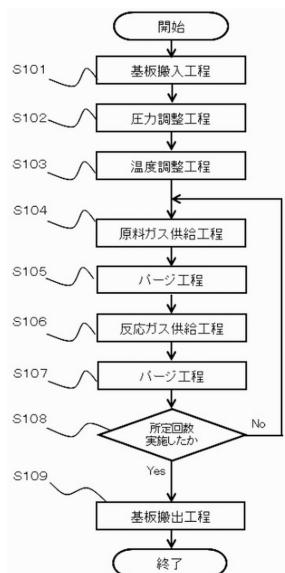
【図2】



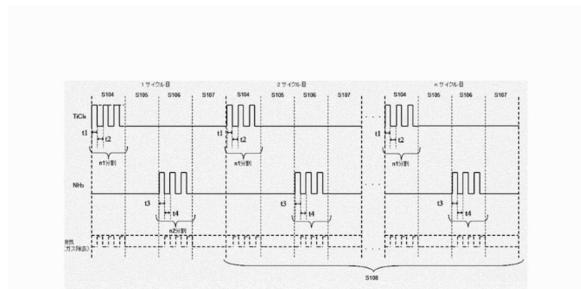
【図3】



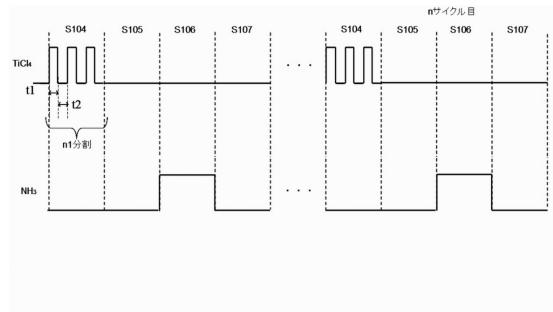
【図4】



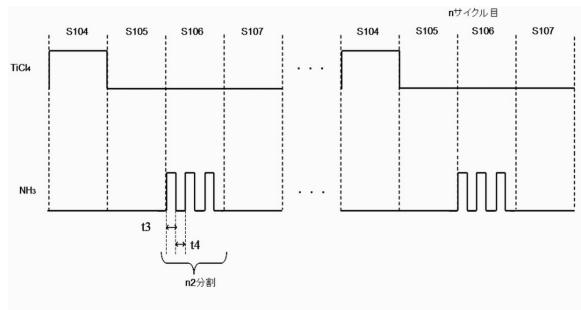
【図5】



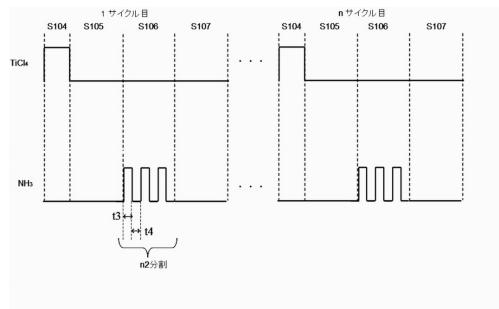
【図7】



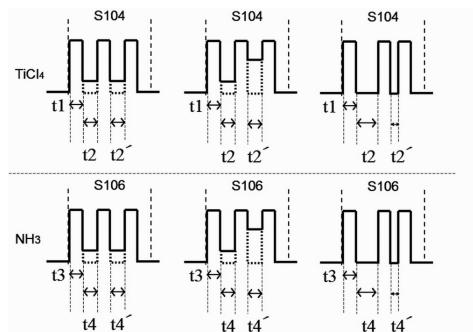
【図6】



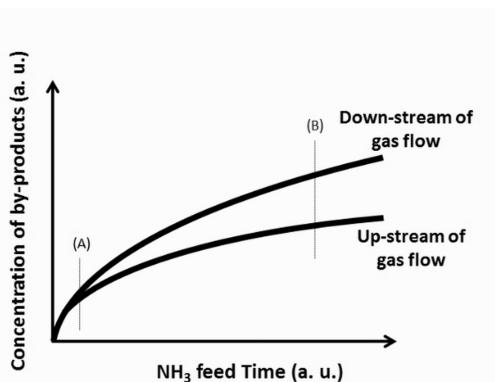
【図8】



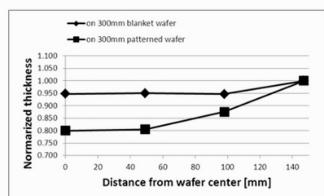
【図9】



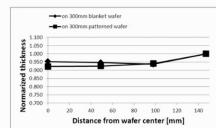
【図10】



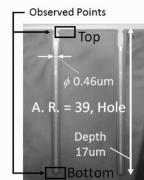
【 図 1 1 】



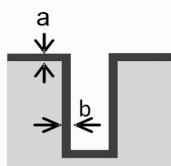
【 図 1 2 】



【図13】



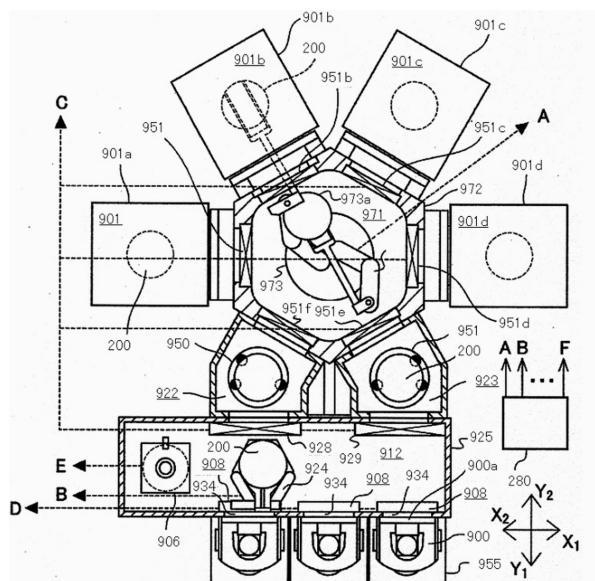
【図14】



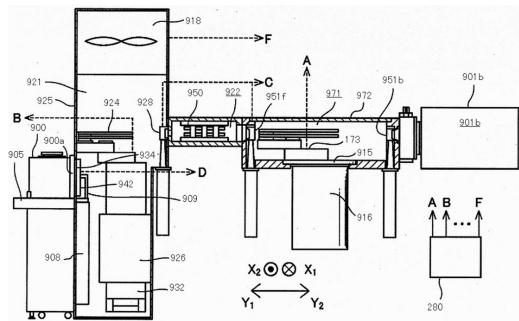
【図15】

<b>NH<sub>3</sub> Flow</b>	<b>Normal Flow (Continuous flow)</b>	<b>Divided Flow</b>
Top		
Bottom		
Step Coverage (c/a)	84.5%	<b>100%</b>

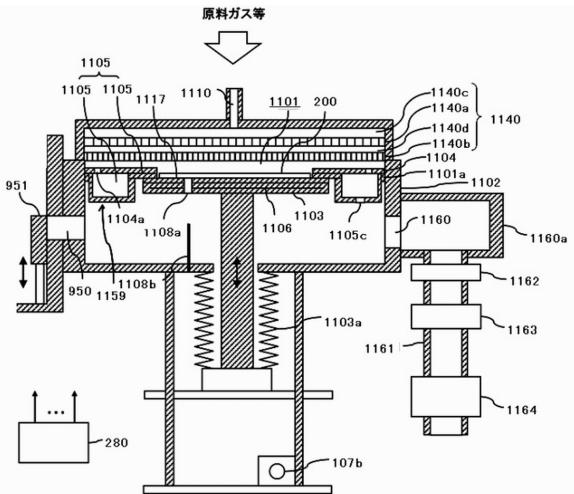
【図16】



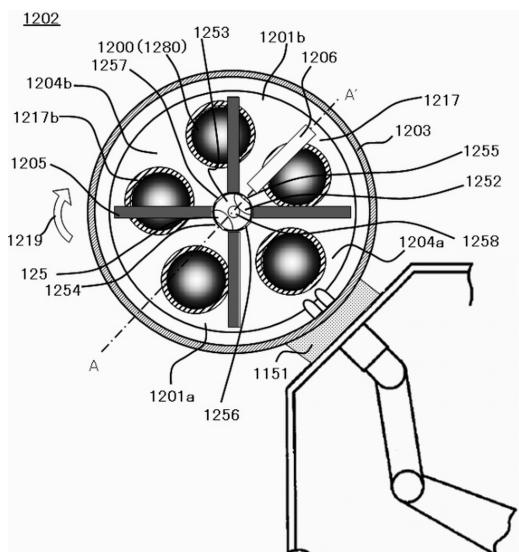
【図17】



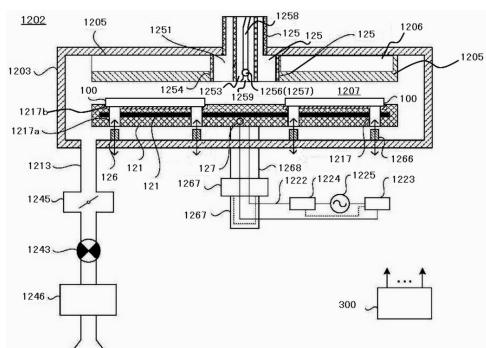
【図18】



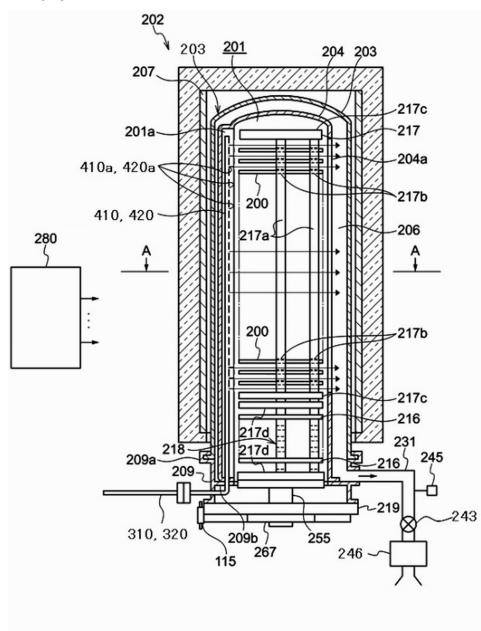
【図19】



【図20】



【図21】



---

フロントページの続き

(72)発明者 前野 亮平  
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 境 正憲  
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 塩谷 領大

(56)参考文献 特開2008-053326(JP,A)  
特開2010-090413(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 23 C 16 / 00 - 16 / 56  
H 01 L 21 / 31  
H 01 L 21 / 316  
H 01 L 21 / 318