

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6460874号
(P6460874)

(45) 発行日 平成31年1月30日(2019.1.30)

(24) 登録日 平成31年1月11日(2019.1.11)

(51) Int.Cl.			F I		
HO 1 L	21/316	(2006.01)	HO 1 L	21/316	X
HO 1 L	21/31	(2006.01)	HO 1 L	21/31	B
C 2 3 C	16/455	(2006.01)	C 2 3 C	16/455	
C 2 3 C	16/44	(2006.01)	C 2 3 C	16/44	J

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2015-64639 (P2015-64639)	(73) 特許権者	318009126 株式会社KOKUSAI ELECTRIC
(22) 出願日	平成27年3月26日(2015.3.26)		東京都千代田区神田鍛冶町3丁目4番地
(65) 公開番号	特開2016-184685 (P2016-184685A)	(74) 代理人	100145872 弁理士 福岡 昌浩
(43) 公開日	平成28年10月20日(2016.10.20)	(74) 代理人	100091362 弁理士 阿仁屋 節雄
審査請求日	平成29年9月19日(2017.9.19)	(72) 発明者	堀田 英樹 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	山腰 莉早 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】

処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、
前記処理容器内の前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、を有し、
前記処理容器が有する開口部には、内部に環状空間を有し、前記開口部の内壁と同心円状に形成された環状部材が設けられ、

前記原料ガスを供給する工程では、前記環状部材に開設された不活性ガス供給口を介して、前記環状空間内に供給された不活性ガスを第1流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して供給し、前記反応ガスを供給する工程では、前記不活性ガス供給口を介して、前記環状空間内に供給された前記不活性ガスを前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して供給する半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記不活性ガス供給口は、前記環状部材の前記開口部の内壁と対向する面に開設されている、請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

前記反応ガスを供給する工程では、前記不活性ガス供給口を介した前記開口部の内壁に対する前記不活性ガスの供給を停止する請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】

前記処理容器内に前記基板を搬入する工程と、前記処理容器内から前記基板を搬出する工程とをさらに含み、

10

20

前記基板を搬入する工程と、前記基板を搬出する工程のうち少なくとも1つでは、前記第1の流量よりも大きい第3流量で前記不活性ガス供給口を介して前記開口部の内壁に対して前記不活性ガスを供給する請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】

前記環状部材に複数開設された前記不活性ガス供給口を介して前記開口部の内壁に向かって直接前記不活性ガスを噴出させるように供給することにより、前記開口部の内壁に対する前記不活性ガスの供給を行う請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】

前記環状部材に複数開設された前記不活性ガス供給口は、前記開口部の内壁の内周方向に沿って等間隔に設けられている請求項5に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項7】

前記不活性ガス供給口から、前記開口部の内壁に向かって水平方向に前記不活性ガスを噴出させるように供給することにより、前記開口部の内壁に対する前記不活性ガスの供給を行う請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】

前記不活性ガス供給口から、前記開口部の内壁に向かって斜め上方向に前記不活性ガスを噴出させるように供給することにより、前記開口部の内壁に対する前記不活性ガスの供給を行う請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】

前記反応ガスを供給する工程では、前記開口部の内壁に対して前記反応ガスを供給する請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

20

【請求項10】

基板を収容する処理容器と、
前記処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する原料ガス供給系と、
前記処理容器内の基板に対して反応ガスを供給する反応ガス供給系と、
前記処理容器が有する開口部に設けられ、内部に環状空間を有し、前記開口部の内壁と同心円状に形成された環状部材を備え、前記環状部材に開設された不活性ガス供給口を介して、前記環状空間内に供給された不活性ガスを前記処理容器の前記開口部の内壁に対して供給する不活性ガス供給系と、

前記処理容器内の前記基板に対して前記原料ガスを供給する処理と、前記処理容器内の前記基板に対して前記反応ガスを供給する処理と、を行わせ、前記原料ガスを供給する処理では、第1流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して前記環状空間内に供給された前記不活性ガスを供給し、前記反応ガスを供給する処理では、前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して前記環状空間内に供給された前記不活性ガスを供給するように、前記原料ガス供給系、前記反応ガス供給系および前記不活性ガス供給系を制御するよう構成される制御部と、
を有する基板処理装置。

30

【請求項11】

前記不活性ガス供給口は、前記環状部材の前記開口部の内壁と対向する面に開設されている、請求項10に記載の基板処理装置。

40

【請求項12】

前記環状部材に複数開設された前記不活性ガス供給口は、前記開口部の内壁の内周方向に沿って等間隔に設けられている請求項11に記載の基板処理装置。

【請求項13】

基板処理装置の処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する手順と、
前記処理容器内の前記基板に対して反応ガスを供給する手順と、をコンピュータにより前記基板処理装置に実行させ、
前記処理容器が有する開口部には、内部に環状空間を有し、前記開口部の内壁と同心円状に形成された環状部材が設けられ、

前記原料ガスを供給する手順では、前記環状部材に開設された不活性ガス供給口を介し

50

て、前記環状空間内に供給された不活性ガスを第1流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して供給し、前記反応ガスを供給する手順では、前記不活性ガス供給口を介して、前記環状空間内に供給された前記不活性ガスを前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して供給するプログラム。

【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】

10

【0002】

半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、処理容器内に收容された基板に対して原料ガスや反応ガスを供給し、基板上に膜を形成する処理が行われる。この際、処理容器内に付着した反応副生成物に起因して異物（パーティクル）が発生し、成膜処理の品質が低下してしまうことがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、処理容器内における異物の発生を抑制することが可能な技術を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の一態様によれば、

処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、

前記処理容器内の前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、を有し、

前記原料ガスを供給する工程では、第1流量で前記処理容器の開口部の内壁に対して不活性ガスを供給し、前記反応ガスを供給する工程では、前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して不活性ガスを供給する技術が提供される。

【発明の効果】

【0005】

30

本発明によれば、処理容器内におけるパーティクルの量を低減させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】本発明の一実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を縦断面図で示す図である。

【図2】本発明の一実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を図1のA-A線断面図で示す図である。

【図3】本発明の一実施形態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。

40

【図4】本発明の一実施形態の成膜シーケンスを示す図である。

【図5】本発明の一実施形態の基板処理シーケンスを示す図である。

【図6】処理容器内におけるパーティクルの数の評価結果を示す図である。

【図7】(a)は開口部パージ処理で第1流量を0.5s/lmとした場合における膜厚の評価結果を示す図であり、(b)は開口部パージ処理で第1流量を1s/lmとした場合における膜厚の評価結果を示す図であり、(c)は開口部パージ処理で第1流量を2s/lmとした場合における膜厚の評価結果を示す図である。

【図8】本発明の他の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、処理炉部分を縦断面図で示す図である。

【図9】(a)は処理容器内に原料の吸着層が形成される様子を、(b)は処理容器内に

50

形成された原料の吸着層に酸化種が供給される様子を、(c)は処理容器内の低温領域に形成された原料の吸着層が酸化されずに残留する様子を、(d)は処理容器内の低温領域に形成された原料の吸着層に大気中の水分が供給される様子を、(e)は、処理容器内の低温領域に反応副生成物が堆積してなる堆積膜が形成される様子を、(f)は堆積膜から異物が発生する様子をそれぞれ示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

<本発明の一実施形態>

以下、本発明の一実施形態について、図1～図3を用いて説明する。

【0008】

10

(1)基板処理装置の構成

図1に示すように、処理炉202は加熱手段(加熱機構)としてのヒータ207を有する。ヒータ207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え付けられている。ヒータ207は、後述するようにガスを熱で活性化(励起)させる活性化機構(励起部)としても機能する。

【0009】

ヒータ207の内側には、ヒータ207と同心円状に反応管203が配設されている。反応管203は、例えば石英(SiO_2)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の下方には、反応管203と同心円状に、マニホールド(インレットフランジ)209が配設されている。マニホールド209は、例えばステンレス(SUS)等の金属からなり、上端および下端が開口した円筒形状に形成されている。マニホールド209の上端部は、反応管203の下端部に係合しており、反応管203を支持するように構成されている。マニホールド209と反応管203との間には、シール部材としてのリング220aが設けられている。マニホールド209がヒータベースに支持されることにより、反応管203は垂直に据え付けられた状態となる。主に、反応管203とマニホールド209とにより処理容器(反応容器)が構成されている。処理容器の筒中空部には処理室201が形成されている。処理室201は、複数枚の基板としてのウエハ200を、後述するポート217によって水平姿勢で垂直方向に多段に配列した状態で収容可能に構成されている。

20

【0010】

30

処理室201内には、第1ノズルとしてのノズル249a、第2ノズルとしてのノズル249b、炉口ノズルとしてのノズル249e、249fが、マニホールド209を貫通するように設けられている。ノズル249a、249b、249e、249fは、それぞれ、例えば石英または SiC 等の耐熱性材料からなる。ノズル249a、249b、249e、249fには、それぞれ、ガス供給管232a、232b、232e、232fが接続されている。このように、処理容器には、4本のノズル249a、249b、249e、249fと、4本のガス供給管232a、232b、232e、232fとが設けられており、処理室201内へ複数種類のガスを供給することができるように構成されている。

【0011】

40

ガス供給管232a、232b、232e、232f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)241a、241b、241e、241fおよび開閉弁であるバルブ243a、243b、243e、243fがそれぞれ設けられている。ガス供給管232a、232bのバルブ243a、243bよりも下流側には、不活性ガスを供給するガス供給管232c、232dがそれぞれ接続されている。ガス供給管232c、232dには、上流方向から順に、流量制御器(流量制御部)であるMFC241c、241dおよび開閉弁であるバルブ243c、243dがそれぞれ設けられている。

【0012】

ガス供給管232a、232bの先端部には、ノズル249a、249bがそれぞれ接

50

続されている。ノズル249a, 249bは、図2に示すように、反応管203の内壁とウエハ200との間における平面視において円環状の空間に、反応管203の内壁の下部より上部に沿って、ウエハ200の配列方向上方に向かって立ち上がるようにそれぞれ設けられている。すなわち、ノズル249a, 249b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それぞれ設けられている。すなわち、ノズル249a, 249bは、処理室201内へ搬入された各ウエハ200の端部(周縁部)の側方にウエハ200の表面(平坦面)と垂直にそれぞれ設けられている。ノズル249a, 249bは、L字型のロングノズルとしてそれぞれ構成されており、それらの各水平部はマニホールド209の側壁を貫通するように設けられており、それらの各垂直部は少なくとも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。ノズル249a, 249bの側面には、ガスを供給するガス供給孔250a, 250bがそれぞれ設けられている。ガス供給孔250a, 250bは、反応管203の中心を向くようにそれぞれ開口しており、ウエハ200に向けてガスを供給することが可能となっている。ガス供給孔250a, 250bは、反応管203の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。

10

【0013】

このように、本実施形態では、反応管203の側壁の内壁と、反応管203内に配列された複数枚のウエハ200の端部(周縁部)と、で定義される平面視において円環状の縦長の空間内、すなわち、円筒状の空間内に配置したノズル249a, 249bを經由してガスを搬送している。そして、ノズル249a, 249bにそれぞれ開口されたガス供給孔250a, 250bから、ウエハ200の近傍で初めて反応管203内へガスを噴出させている。そして、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均一性を向上させることが可能となる。ウエハ200の表面上を流れたガス、すなわち、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。但し、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。

20

【0014】

ガス供給管232e, 232fの先端部には、ノズル249e, 249fが接続されている。ノズル249e, 249fは、マニホールド209の内周方向に沿って、等間隔で設けられている。ノズル249e, 249fは、図1に示すように、マニホールド209の内壁と後述するカバー209aとの隙間に形成された平面視において円環状の空間、すなわち、円筒状の空間(以下、パージ空間ともいう)201a内、すなわち、マニホールド209の内壁に対してガスを噴出させるように構成されている。ノズル249e, 249fの先端部には、ガス供給孔が設けられている。このガス供給孔はノズル249e, 249fの側面に設けられていてもよい。

30

【0015】

ガス供給管232aからは、所定元素を含む原料ガスとして、例えば、所定元素としてのシリコン(Si)およびハロゲン元素を含むハロシラン原料ガスが、MFC241a、バルブ243a、ノズル249aを介して処理室201内へ供給される。

40

【0016】

ハロシラン原料ガスとは、気体状態のハロシラン原料、例えば、常温常圧下で液体状態であるハロシラン原料を気化することで得られるガスや、常温常圧下で気体状態であるハロシラン原料等のことである。ハロシラン原料とは、ハロゲン基を有するシラン原料のことである。ハロゲン基には、クロロ基、フルオロ基、ブロモ基、ヨード基等が含まれる。すなわち、ハロゲン基には、塩素(Cl)、フッ素(F)、臭素(Br)、ヨウ素(I)等のハロゲン元素が含まれる。ハロシラン原料は、ハロゲン化合物の一種ともいえる。本明細書において「原料」という言葉を用いた場合は、「液体状態である液体原料」を意味する場合、「気体状態である原料ガス」を意味する場合、または、その両方を意味する場合

50

がある。

【0017】

ハロシラン原料ガスとしては、例えば、SiおよびClを含む原料ガス、すなわち、クロロシラン原料ガスを用いることができる。クロロシラン原料ガスとしては、例えば、ヘキサクロロジシラン(Si_2Cl_6 、略称：HCDS)ガスを用いることができる。HCDS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等の気化システムにより気化して、原料ガス(HCDSガス)として供給することとなる。

【0018】

ガス供給管232bからは、原料ガスとは化学構造(分子構造)が異なる反応ガスとして、例えば、酸素(O)含有ガスが、MFC241b、バルブ243b、ノズル249bを介して処理室201内へ供給される。O含有ガスは、後述する成膜処理において、酸化ガス、すなわち、Oソースとして作用する。O含有ガスとしては、例えば、酸素(O_2)ガスを用いることができる。

10

【0019】

ガス供給管232aからは、原料ガスとは化学構造が異なる反応ガスとして、例えば、水素(H)含有ガスが、MFC241a、バルブ243a、ノズル249aを介して処理室201内へ供給される。H含有ガスは、それ単体では酸化作用は得られないが、後述する成膜処理において、特定の条件下でO含有ガスと反応することで原子状酸素(atomic oxygen, O)等の酸化種を生成し、酸化処理の効率を向上させるように作用する。そのため、H含有ガスは、O含有ガスと同様に酸化ガスに含めて考えることができる。H含有ガスとしては、例えば、水素(H_2)ガスを用いることができる。

20

【0020】

ガス供給管232c, 232dからは、不活性ガスとして、例えば、窒素(N_2)ガスが、それぞれMFC241c, 241d、バルブ243c, 243d、ガス供給管232a, 232b、ノズル249a, 249bを介して処理室201内へ供給される。

【0021】

ガス供給管232e, 232fからは、不活性ガスとして、例えば、窒素(N_2)ガスが、それぞれMFC241e, 241f、バルブ243e, 243f、ノズル249e, 249fを介して、後述するカバー209aよりも内側のパージ空間201a内へ供給される。

30

【0022】

ガス供給管232aから原料ガスを供給する場合、主に、ガス供給管232a、MFC241a、バルブ243aにより、原料ガス供給系が構成される。ノズル249aを原料ガス供給系に含めて考えてもよい。原料ガス供給系を原料供給系と称することもできる。ガス供給管232aからハロシラン原料ガスを供給する場合、原料ガス供給系を、ハロシラン原料ガス供給系、或いは、ハロシラン原料供給系と称することもできる。

【0023】

ガス供給管232bからO含有ガスを供給する場合、主に、ガス供給管232b、MFC241b、バルブ243bにより、O含有ガス供給系が構成される。ノズル249bをO含有ガス供給系に含めて考えてもよい。O含有ガス供給系を、酸化ガス供給系、或いは、酸化剤供給系と称することもできる。

40

【0024】

ガス供給管232aからH含有ガスを供給する場合、主に、ガス供給管232a、MFC241a、バルブ243aにより、H含有ガス供給系が構成される。ノズル249aをH含有ガス供給系に含めて考えてもよい。H含有ガス供給系を、上述の酸化ガス供給系(酸化剤供給系)に含めて考えることもできる。

【0025】

上述の原料ガス供給系、O含有ガス供給系、H含有ガス供給系のうち、いずれか、或いは、全てのガス供給系を、成膜ガス供給系と称することもできる。また、O含有ガス供給

50

系、H含有ガス供給系のうち、いずれか、或いは、両方のガス供給系を、反応ガス供給系と称することもできる。

【0026】

また、主に、ガス供給管232c~232f、MFC241c~241f、バルブ243c~243fにより、不活性ガス供給系が構成される。ガス供給管232aにおけるガス供給管232cとの接続部よりも下流側、ガス供給管232bにおけるガス供給管232dとの接続部よりも下流側、ノズル249a, 249b, 249e, 249fを不活性ガス供給系に含めて考えてもよい。不活性ガス供給系を、パージガス供給系、希釈ガス供給系、或いは、キャリアガス供給系と称することもできる。また、ガス供給管232e, 232f、MFC241e, 241f、バルブ243e, 243fにより構成されるガス供給系を、開口部パージガス供給系、バリアガス供給系、或いは、拡散防止ガス供給系と称することもできる。カバー209aを開口部パージガス供給系に含めて考えてもよい。

10

【0027】

反応管203には、処理室201内の雰囲気気を排気する排気管231が設けられている。排気管231には、処理室201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245および排気バルブ(圧力調整部)としてのAPC(Auto Pressure Controller)バルブ244を介して、真空排気装置としての真空ポンプ246が接続されている。APCバルブ244は、真空ポンプ246を作動させた状態で弁を開閉することにより、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、圧力センサ245により検出された圧力情報に基づいて弁開度を調節することにより、処理室201内の圧力を調整することができるように構成されているバルブである。主に、排気管231、APCバルブ244、圧力センサ245により、排気系が構成される。真空ポンプ246を排気系に含めて考えてもよい。排気管231は、反応管203に設ける場合に限らず、ノズル249a, 249b, 249e, 249fと同様に、マニホールド209に設けてもよい。

20

【0028】

マニホールド209の下方には、マニホールド209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219が設けられている。シールキャップ219は、マニホールド209の下端に垂直方向下側から当接されるように構成されている。シールキャップ219は、例えばSUS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219の上面には、マニホールド209の下端と当接するシール部材としてのリング220bが設けられている。シールキャップ219の処理室201と反対側には、後述するポート217を回転させる回転機構267が設置されている。回転機構267の回転軸255は、シールキャップ219を貫通してポート217に接続されている。回転機構267は、ポート217を回転させることでウエハ200を回転させるように構成されている。シールキャップ219は、反応管203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115によって垂直方向に昇降されるように構成されている。ポートエレベータ115は、シールキャップ219を昇降させることで、ポート217を処理室201内外に搬入および搬出することが可能なように構成されている。すなわち、ポートエレベータ115は、ポート217およびポート217に支持されるウエハ200を、処理室201内外に搬送する搬送装置(搬送機構)として構成されている。マニホールド209の下方には、ポートエレベータ115によりシールキャップ219を降下させている間、マニホールド209の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシャッタ219sが設けられている。シャッタ219sは、例えばSUS等の金属により構成され、円盤状に形成されている。シャッタ219sの上面には、マニホールド209の下端と当接するシール部材としてのリング220cが設けられている。シャッタ219sの開閉動作(昇降動作や回動動作等)は、シャッタ開閉機構115sにより制御される。

30

40

【0029】

基板支持具としてのポート217は、複数枚、例えば25~200枚のウエハ200を、水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で垂直方向に整列させて多段に支持するよ

50

うに、すなわち、間隔を空けて配列させるように構成されている。ポート217は、例えば石英やSiC等の耐熱性材料からなる。ポート217の下部には、例えば石英やSiC等の耐熱性材料からなる断熱板218が水平姿勢で多段に支持されている。この構成により、ヒータ207からの熱がシールキャップ219側に伝わりにくくなっている。但し、本実施形態は上述の形態に限定されない。例えば、ポート217の下部に断熱板218を設けずに、石英やSiC等の耐熱性材料からなる筒状の部材として構成された断熱筒を設けてもよい。

【0030】

マニホールド209の内周には、カバー209aが設けられている。カバー209aは、石英やSiC等の耐熱性材料により構成され、マニホールド209の内壁に沿ってマニホールド209の内壁を覆うように設けられている。上述したように、カバー209aとマニホールド209との隙間には、円筒状のパージ空間201aが形成されている。マニホールド209の下端開口がシールキャップ219によって封止された状態で、シールキャップ219とカバー209aとの間には、所定の幅の隙間(ガス流通スリット)209sが形成される。ガス流通スリット209sは、カバー209aの周方向に沿って環状に形成される。カバー209aは、マニホールド209の内周ではなく、反応管203の内壁下部や、シールキャップ219の上面等に設けてもよい。

【0031】

ガス流通スリット209sは、処理室201内とパージ空間201aとの間のガスの流通を実現するように構成されている。例えば、ガス流通スリット209sは、後述する成膜処理のステップ1において、ノズル249e, 249fから供給された不活性ガスを、パージ空間201a内から処理室201内へ噴出させるように機能する。また例えば、ガス流通スリット209sは、後述する成膜処理のステップ2において処理室201内へ供給された反応ガスを、処理室201内だけでなくパージ空間201a内へも侵入させるように機能する。

【0032】

反応管203内には、温度検出器としての温度センサ263が設置されている。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249a, 249b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。

【0033】

図3に示すように、制御部(制御手段)であるコントローラ121は、CPU(Central Processing Unit)121a、RAM(Random Access Memory)121b、記憶装置121c、I/Oポート121dを備えたコンピュータとして構成されている。RAM121b、記憶装置121c、I/Oポート121dは、内部バス121eを介して、CPU121aとデータ交換可能なように構成されている。コントローラ121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122が接続されている。

【0034】

記憶装置121cは、例えばフラッシュメモリ、HDD(Hard Disk Drive)等で構成されている。記憶装置121c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。プロセスレシピは、後述する成膜処理における各手順をコントローラ121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。また、プロセスレシピを単にレシピともいう。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含む場合、または、これらの両方を含む場合がある。RAM121bは、CPU121a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

10

20

30

40

50

されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

【0035】

I/Oポート121dは、上述のMFC241a～241f、バルブ243a～243f、圧力センサ245、APCバルブ244、真空ポンプ246、ヒータ207、温度センサ263、回転機構267、ポートエレベータ115、シャッタ開閉機構115s等に接続されている。

【0036】

CPU121aは、記憶装置121c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122からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置121cからレシピを読み出すように構成されている。CPU121aは、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC241a～241fによる各種ガスの流量調整動作、バルブ243a～243fの開閉動作、APCバルブ244の開閉動作および圧力センサ245に基づくAPCバルブ244による圧力調整動作、真空ポンプ246の起動および停止、温度センサ263に基づくヒータ207の温度調整動作、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、シャッタ開閉機構115sによるシャッタ219sの開閉動作等を制御するように構成されている。

【0037】

コントローラ121は、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리카ード等の半導体メモリ）123に格納された上述のプログラムを、コンピュータにインストールすることにより構成することができる。記憶装置121cや外部記憶装置123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ている。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置121c単体のみを含む場合、外部記憶装置123単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。なお、コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置123を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いて行ってもよい。

【0038】

(2) 基板処理

上述の基板処理装置を用い、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、基板上に膜を形成するシーケンス例について、図4を用いて説明する。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121により制御される。

【0039】

図4に示す成膜シーケンスでは、

処理容器内（処理室201内）に収容された基板としてのウエハ200に対して原料ガスとしてHCDSガスを供給するステップ1と、

加熱された大気圧未満の圧力下にある処理容器内へO含有ガスとしてのO₂ガスとH含有ガスとしてのH₂ガスを供給するステップ2と、

を非同時に、すなわち、同期させることなく行うサイクルを所定回数（n回以上）行うことで、ウエハ200上に、O含有膜としてシリコン酸化膜（SiO₂膜、以下、単にSiO膜ともいう）を形成する。

【0040】

本明細書では、上述の成膜処理を、便宜上、以下のように示すこともある。なお、以下の他の実施形態の説明においても同様の表記を用いることとする。

【0041】

{ HCDS (O₂ + H₂) } × n SiO

【0042】

本明細書において「ウエハ」という言葉を用いた場合は、「ウエハそのもの」を意味する場合や、「ウエハとその表面に形成された所定の層や膜等との積層体（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エハと称する場合が

10

20

30

40

50

ある。また、本明細書において「ウエハの表面」という言葉を用いた場合は、「ウエハそのものの表面（露出面）」を意味する場合や、「ウエハ上に形成された所定の層や膜等の表面、すなわち、積層体としてのウエハの最表面」を意味する場合がある。

【0043】

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

10

【0044】

また、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」という言葉を用いた場合と同義である。

【0045】

（ウエハチャージおよびポートロード）

複数枚のウエハ200がポート217に装填（ウエハチャージ）される。その後、図1に示すように、複数枚のウエハ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内へ搬入（ポートロード）される。この状態で、シールキャップ219は、リング220bを介してマニホールド209の下端をシールした状態となる。

20

【0046】

（圧力および温度調整）

処理室201内、すなわち、ウエハ200が存在する空間が所望の圧力（真空度）となるように、真空ポンプ246によって真空排気（減圧排気）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情報に基づきAPCバルブ244がフィードバック制御される。真空ポンプ246は、少なくとも、ウエハ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内のウエハ200が所望の温度となるようにヒータ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263が検出した温度情報に基づきヒータ207への通電具合がフィードバック制御される。ヒータ207による処理室201内の加熱は、少なくともウエハ200に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。また、回転機構267によるポート217およびウエハ200の回転を開始する。回転機構267によるポート217およびウエハ200の回転は、少なくとも、ウエハ200に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

30

【0047】

（成膜処理）

その後、以下のステップ1, 2を順次実行する。なお、成膜処理を実施する際におけるノズル249e, 249fを介したN₂ガスの供給制御については後述する。

40

【0048】

[ステップ1]

このステップでは、処理室201内のウエハ200に対してHCDSガスを供給する。

【0049】

バルブ243aを開き、ガス供給管232a内へHCDSガスを流す。HCDSガスは、MFC241aにより流量調整され、ノズル249aを介して処理室201内へ供給され、排気管231から排気される。このとき、ウエハ200に対してHCDSガスが供給されることとなる。このとき同時にバルブ243cを開き、ガス供給管232c内へN₂ガスを流す。N₂ガスは、MFC241cにより流量調整され、HCDSガスと一緒に処理室201内へ供給され、排気管231から排気される。

50

【 0 0 5 0 】

また、ノズル 2 4 9 b 内への H C D S ガスの侵入を防止するため、バルブ 2 4 3 d を開き、ガス供給管 2 3 2 d 内へ N₂ ガスを流す。N₂ ガスは、ガス供給管 2 3 2 b、ノズル 2 4 9 b を介して処理室 2 0 1 内へ供給され、排気管 2 3 1 から排気される。

【 0 0 5 1 】

このとき、A P C バルブ 2 4 4 を適正に調整し、処理室 2 0 1 内の圧力を、例えば 1 ~ 4 0 0 0 P a、好ましくは 6 7 ~ 2 6 6 6 P a、より好ましくは 1 3 3 ~ 1 3 3 3 P a の範囲内の圧力とする。

【 0 0 5 2 】

M F C 2 4 1 a で制御する H C D S ガスの供給流量は、例えば 1 ~ 2 0 0 0 s c c m、好ましくは 1 0 ~ 1 0 0 0 s c c m の範囲内の流量とする。M F C 2 4 1 c、2 4 1 d で制御する N₂ ガスの供給流量は、それぞれ例えば 1 0 0 ~ 1 0 0 0 0 s c c m の範囲内の流量とする。H C D S ガスをウエハ 2 0 0 に対して供給する時間、すなわち、ガス供給時間（照射時間）は、例えば 1 ~ 1 2 0 秒、好ましくは 1 ~ 6 0 秒の範囲内の時間とする。

10

【 0 0 5 3 】

ヒータ 2 0 7 の温度は、ウエハ 2 0 0 の温度が、例えば 2 5 0 ~ 7 0 0、好ましくは 3 5 0 ~ 6 5 0、より好ましくは 4 5 0 ~ 6 0 0 の範囲内の温度となるような温度に設定する。

【 0 0 5 4 】

上述の条件下でウエハ 2 0 0 に対して H C D S ガスを供給することにより、ウエハ 2 0 0 の最表面上に、第 1 の層として、例えば 1 原子層未満から数原子層程度の厚さの C l を含む S i 含有層が形成される。C l を含む S i 含有層は、C l を含む S i 層であってもよいし、H C D S の吸着層であってもよいし、その両方を含んでもよい。H C D S の吸着層は、H C D S の物理吸着層であってもよいし、H C D S の化学吸着層であってもよいし、その両方を含んでもよい。

20

【 0 0 5 5 】

ここで、1 原子層未満の厚さの層とは不連続に形成される原子層のことを意味しており、1 原子層の厚さの層とは連続的に形成される原子層のことを意味している。1 分子層未満の厚さの層とは不連続に形成される分子層のことを意味しており、1 分子層の厚さの層とは連続的に形成される分子層のことを意味している。C l を含む S i 含有層は、C l を含む S i 層と H C D S の吸着層との両方を含み得る。但し、上述の通り、C l を含む S i 含有層については「1 原子層」、「数原子層」等の表現を用いて表すこととする。

30

【 0 0 5 6 】

H C D S ガスが自己分解（熱分解）する条件下、すなわち、H C D S ガスの熱分解反応が生じる条件下では、ウエハ 2 0 0 上に S i が堆積することで C l を含む S i 層が形成される。H C D S ガスが自己分解（熱分解）しない条件下、すなわち、H C D S ガスの熱分解反応が生じない条件下では、ウエハ 2 0 0 上に H C D S が吸着することで H C D S の吸着層が形成される。ウエハ 2 0 0 上に H C D S の吸着層を形成するよりも、ウエハ 2 0 0 上に C l を含む S i 層を形成する方が、成膜レートを高くすることができる点では、好ましい。以下、C l を含む S i 含有層を、便宜上、単に、S i 含有層とも称することとする。

40

【 0 0 5 7 】

第 1 の層の厚さが数原子層を超えると、後述するステップ 2 での改質の作用が第 1 の層の全体に届かなくなる。また、第 1 の層の厚さの最小値は 1 原子層未満である。よって、第 1 の層の厚さは 1 原子層未満から数原子層程度とするのが好ましい。第 1 の層の厚さを 1 原子層以下、すなわち、1 原子層または 1 原子層未満とすることで、後述するステップ 2 での改質の作用を相対的に高めることができ、ステップ 2 での改質に要する時間を短縮することができる。ステップ 1 での第 1 の層の形成に要する時間を短縮することもできる。結果として、1 サイクルあたりの処理時間を短縮することができ、トータルでの処理時間を短縮することも可能となる。すなわち、成膜レートを高くすることも可能となる。ま

50

た、第1の層の厚さを1原子層以下とすることで、膜厚均一性の制御性を高めることも可能となる。

【0058】

なお、処理室201内へ供給されたHCD Sガスは、ウエハ200に対して供給されるだけでなく、処理室201内の部材の表面、すなわち、反応管203の内壁、ノズル249a, 249b, 249e, 249fの表面、ポート217の表面、マニホールド209の内壁、カバー209aの表面、シールキャップ219の上面、回転軸255の側面、断熱板218の表面、排気管231の内壁等に対しても供給されることとなる。処理室201内へ供給されたHCD Sガスが、処理室201内の部材の表面に接触することで、上述のSi含有層は、ウエハ200上だけでなく、処理室201内の部材の表面にも形成されることとなる。処理室201内の部材の表面に形成されるSi含有層も、ウエハ200上に形成されるSi含有層と同様に、HCD Sの吸着層を含む場合や、Si層(Clを含むSi層)を含む場合や、その両方を含む場合がある。

10

【0059】

但し、処理室201内における比較的温度の低い領域(以下、単に低温領域ともいう)では、処理室201内における比較的温度の高い領域(以下、単に高温領域ともいう)に比べ、HCD Sガスが熱分解し難く、HCD Sの吸着層が形成されやすくなる。ここで、低温領域とは、例えば、ヒータ207により取り囲まれていない処理容器の開口部周辺の領域であって、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域以外の領域をいう。また、高温領域とは、ヒータ207により取り囲まれる領域であって、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域をいう。したがって、処理室201内の部材のうち、特に、低温領域に設けられた部材の表面、例えば、反応管203内壁の下方部分、マニホールド209の内壁、カバー209aの表面、ノズル249a, 249bの下部、ノズル249e, 249fの表面、シールキャップ219の上面、回転軸255の側面、断熱板218の表面、排気管231の内壁等では、HCD Sの吸着層が形成されやすくなる。また、低温領域では、高温領域に比べ、HCD Sの吸着が起こりやすく、HCD Sの吸着層が厚く形成されやすくなる。また、マニホールド209、シールキャップ219、回転軸255等の金属部材では、他の非金属部材に比べ、HCD Sの吸着が起こりやすく、HCD Sの吸着層が厚く形成されやすくなる。

20

【0060】

第1の層が形成された後、バルブ243aを閉じ、HCD Sガスの供給を停止する。このとき、APCバルブ244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第1の層形成に寄与した後のHCD Sガスを処理室201内から排除する。このとき、バルブ243c, 243dは開いたままとして、N₂ガスの処理室201内への供給を維持する。N₂ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室201内に残留するガスを処理室201内から排除する効果を高めることができる。

30

【0061】

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内を完全にパ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2において悪影響が生じることはない。処理室201内へ供給するN₂ガスの流量も大流量とする必要はなく、例えば、反応管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2において悪影響が生じない程度のパージを行うことができる。このように、処理室201内を完全にパージしないことで、パージ時間を短縮し、スループットを向上させることができる。N₂ガスの消費も必要最小限に抑えることが可能となる。

40

【0062】

原料ガスとしては、HCD Sガスの他、例えば、ジクロロシラン(SiH₂Cl₂、略称:DCS)ガス、モノクロロシラン(SiH₃Cl、略称:MCS)ガス、テトラクロロシランすなわちシリコンテトラクロライド(SiCl₄、略称:STC)ガス、トリク

50

ロロシラン (SiHCl_3 、略称：TCS) ガス、トリシラン (Si_3H_8 、略称：TS) ガス、ジシラン (Si_2H_6 、略称：DS) ガス、モノシラン (SiH_4 、略称：MS) ガス等の無機原料ガスや、テトラキスジメチルアミノシラン ($\text{Si}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4$ 、略称：4DMAS) ガス、トリスジメチルアミノシラン ($\text{Si}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_3\text{H}$ 、略称：3DMAS) ガス、ビスジエチルアミノシラン ($\text{Si}[\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2]_2\text{H}_2$ 、略称：BDEAS) ガス、ビスターシャリブチルアミノシラン ($\text{SiH}_2[\text{NH}(\text{C}_4\text{H}_9)]_2$ 、略称：BTBAS) ガス等の有機原料ガスを用いることができる。

【0063】

不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他、例えば、Ar ガス、He ガス、Ne ガス、Xe ガス等の希ガスを用いることができる。

10

【0064】

[ステップ2]

ステップ1が終了した後、処理室201内へ O_2 ガスと H_2 ガスとを別々に供給し、これらのガスを処理室201内で混合させて反応させる。

【0065】

このステップでは、バルブ243b, 243aを開き、ガス供給管232b内へ O_2 ガスを、ガス供給管232a内へ H_2 ガスをそれぞれ流す。ガス供給管232b内を流れた O_2 ガスは、MFC241bにより流量調整され、ノズル249bを介して処理室201内へ供給される。ガス供給管232a内を流れた H_2 ガスは、MFC241aにより流量調整され、ノズル249aを介して処理室201内へ供給される。 O_2 ガスと H_2 ガスとは、処理室201内で初めて混合して反応し、その後、排気管231から排気される。バルブ243c, 243dの開閉制御は、ステップ1におけるバルブ243c, 243dの開閉制御と同様の手順で行う。

20

【0066】

このとき、APCバルブ244を適正に調整し、処理室201内の圧力を、大気圧未満、例えば1~1333Paの範囲内の圧力とする。

【0067】

MFC241bで制御する O_2 ガスの供給流量は、例えば1000~10000sccmの範囲内の流量とする。MFC241aで制御する H_2 ガスの供給流量は、例えば1000~10000sccmの範囲内の流量とする。 O_2 ガスおよび H_2 ガスをウエハ200に対して供給する時間、すなわち、ガス供給時間(照射時間)は、例えば1~120秒の範囲内の時間とする。

30

【0068】

その他の処理条件は、ステップ1における処理条件と同様の条件とする。

【0069】

上述の条件下で O_2 ガスおよび H_2 ガスを処理室201内へ供給することで、 O_2 ガスおよび H_2 ガスは、加熱された減圧雰囲気下においてノンプラズマで熱的に活性化(励起)されて反応し、それにより原子状酸素(O)等の酸素を含む水分(H_2O)非含有の酸化種が生成される。そして、主にこの酸化種により、ステップ1でウエハ200上に形成された第1の層(Si含有層)に対して酸化処理が行われる。この酸化種の持つエネルギーは、Si含有層中に含まれるSi-Cl、Si-H等の結合エネルギーよりも高いため、この酸化種のエネルギーをSi含有層に与えることで、Si含有層中に含まれるSi-Cl、Si-H結合等は切り離される。Siとの結合を切り離されたH、Cl等は膜中から除去され、 Cl_2 、HCl等として排出される。また、H、Cl等との結合が切られることで余ったSiの結合手は、酸化種に含まれるOと結びつき、Si-O結合が形成される。

40

【0070】

このようにして、Si含有層は、第2の層、すなわち、Cl等の不純物の含有量が少ないSiO層へと変化させられる(改質される)。この酸化処理によれば、 O_2 ガスを単独で供給する場合や水蒸気(H_2O ガス)を供給する場合に比べ、酸化力を大幅に向上させ

50

ることができる。すなわち、減圧雰囲気下において O_2 ガスに H_2 ガスを添加することで、 O_2 ガス単独供給の場合や H_2O ガスを供給する場合に比べ、大幅な酸化力向上効果が得られる。

【0071】

なお、処理室201内で生成される酸化種は、ウエハ200に対して供給されるだけでなく、処理室201内の部材の表面にも供給されることとなる。処理室201内で生成された酸化種が、処理室201内の部材の表面に形成されたSi含有層と接触することで、Si含有層の一部は、ウエハ200上に形成されたSi含有層と同様、SiO層へと変化させられる(改質される)。

【0072】

但し、処理室201内における低温領域では、高温領域に比べて酸化種の供給量が少なくなる。また、上述したように、低温領域では、高温領域に比べてHCDSの吸着層が厚く形成されやすくなる。その結果、低温領域に形成されたSi含有層(HCDSの吸着層を多く含む層)は、未反応、または一部が反応するだけで、酸化不十分のまま残留しやすくなる。

【0073】

第1の層(Si含有層)を第2の層(SiO層)へと変化させた後、バルブ243b, 243aを閉じ、 O_2 ガスおよび H_2 ガスの供給をそれぞれ停止する。そして、ステップ1と同様の処理手順、処理条件により、処理室201内に残留する O_2 ガスや H_2 ガスや反応副生成物を処理室201内から排除する。このとき、処理室201内に残留するガス等を完全に排除しなくてもよい点は、ステップ1と同様である。

【0074】

O含有ガスとしては、 O_2 ガスの他、オゾン(O_3)ガス等を用いることができる。H含有ガスとしては、 H_2 ガスの他、重水素(D_2)ガス等を用いることができる。なお、原料ガスとして、4DMASガスや3DMASガス等のアミノシラン原料ガスを用いる場合は、O含有ガスとして O_3 ガスを用いるようにすれば、H含有ガスを用いることなく十分な(同様な)成膜レートで成膜することもできる。

【0075】

不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他、例えば、ステップ1で例示した各種希ガスを用いることができる。

【0076】

(所定回数実施)

上述したステップ1, 2を非同時に、すなわち、同期させることなく行うサイクルを所定回数(n回)行うことにより、ウエハ200上に、所定膜厚のSiO膜を形成することができる。上述のサイクルは複数回繰り返すのが好ましい。すなわち、上述のサイクルを1回行う際に形成されるSiO層の厚さを所望の膜厚よりも小さくし、SiO層を積層することで形成されるSiO膜の膜厚が所望の膜厚になるまで、上述のサイクルを複数回繰り返すのが好ましい。

【0077】

(パーズおよび大気圧復帰)

SiO膜の形成が完了した後、バルブ243c, 243dを開き、ガス供給管232c, 232dのそれぞれから N_2 ガスを処理室201内へ供給し、排気管231から排気する。 N_2 ガスはパーズガスとして作用する。これにより、処理室201内がパーズされ、処理室201内に残留するガスや反応副生成物が処理室201内から除去される(パーズ)。その後、処理室201内の雰囲気が不活性ガスに置換され(不活性ガス置換)、処理室201内の圧力が常圧に復帰される(大気圧復帰)。

【0078】

(ポートアンロードおよびウエハディスチャージ)

ポートエレベータ115によりシールキャップ219が下降され、マニホール209の下端が開口される。そして、処理済のウエハ200が、ポート217に支持された状態

10

20

30

40

50

で、マニホールド209の下端から反応管203の外部に搬出される（ポートアンロード）。処理済のウエハ200は、ポート217より取出される（ウエハディスチャージ）。

【0079】

なお、ポートアンロードを実施すると、処理容器内の圧力が外気圧（大気圧）を超える圧力（陽圧）であったとしても、水分を含む外気（大気）が、マニホールド209の下端開口、すなわち、処理容器の開口部（炉口部）を介して処理室201内へ侵入することがある。また、シールキャップ219の上面、回転軸255の側面、断熱板218の表面は、水分を含む大気に晒されることとなる。上述したように、処理室201内の部材のうち、低温領域に設けられた部材（開口部周辺の部材）の表面には、HCDSの吸着層が形成され、酸化不十分のまま残留していることがある。この状態でポートアンロードを実施すると、HCDSの吸着層が、大気中の水分によって酸化され、Clを含む反応副生成物に変化することがある。この反応副生成物が堆積してなる膜（堆積膜）は、比較的脆く、容易に剥離する傾向があり、異物（パーティクル）を発生させやすい。

10

【0080】

以下、処理室201内の部材の表面に形成されたHCDSの吸着層が、大気中の水分と反応してClを含む反応副生成物に変化し、その反応副生成物が堆積してなる堆積膜の一部が剥離して異物を発生させる様子を、図9(a)～図9(f)を用いて説明する。

【0081】

上述のステップ1（HCDSガス供給）を実施すると、図9(a)に示すように、処理室201内の部材の表面、例えば、反応管203の内壁やマニホールド209の内壁等に、Si含有層が形成される。上述したように、高温領域では、HCDSの吸着層や、Si層や、その両方が形成される場合がある。また、低温領域では、HCDSガスが熱分解し難く、HCDSの吸着層が形成されやすくなる。図9(a)では、一例として、高温領域および低温領域の両方で、HCDSの吸着層が形成された様子を示している。

20

【0082】

その後、上述のステップ2（O₂ガス+H₂ガス供給）を実施すると、図9(b)に示すように、高温領域に形成されたHCDSの吸着層に対し、原子状酸素等の酸素を含む水分非含有の酸化種が供給される。処理室201内の高温領域に形成されたHCDSの吸着層は、酸化種によって酸化されてSiO層に変化する。このSiO層は、上述したウエハ200の温度と同程度の高温条件下で、かつ、酸化力の強い酸化種によってHCDSの吸着層が酸化されることで形成された層であり、Cl等の不純物が少なく、安定であり、その構造中の結合力（組成物質間の結合力）が強く、緻密な層である。

30

【0083】

その後、上述のサイクルを所定回数実施すると、図9(c)に示すように、高温領域に、SiO層が積層されてなる剥離しにくい強固なSiO膜100aが形成される。この強固なSiO膜100aは、低温領域には形成され難い。低温領域に形成されたHCDSの吸着層は、図9(c)に示すように、未反応、または一部が反応するだけで、酸化不十分のまま残留しやすくなる。これは、この領域の温度が低温であることに加え、酸化種の供給量が高温領域に比べて少なく、また、低温領域では、高温領域に比べてHCDSの吸着層が厚く形成されやすいためである。

40

【0084】

成膜処理を実施した後、ポートアンロードを実施すると、処理室201内（特に開口部付近）へ常温の大気が侵入することがある。そして、図9(d)に示すように、酸化不十分のまま残留しているHCDSの吸着層に対し、大気中の水分が供給されることがある。HCDSの吸着層は、大気中に含まれる水分によって酸化され、反応副生成物に変化する。この反応副生成物は、常温の大気中に含まれる酸化力の弱い水分によって酸化されて生成されることから、Cl等の不純物を多く含んでおり、活性（酸化性）の性質を有する不安定な物質である。

【0085】

その後、上述のウエハチャージからウエハディスチャージまでの一連の処理（以下、パ

50

ッチ処理ともいう)が所定回数実施されることにより、図9(e)に示すように、低温領域には、反応副生成物が堆積してなる堆積膜100bが形成される。堆積膜100bは、不安定な物質が堆積してなる膜であり、その構造中の結合力は弱く、密度が低い膜である。したがって、堆積膜100bは、高温領域に形成されたSiO膜100aよりも、脆く、剥離しやすい性質を有する。堆積膜100bは、カバー209aの表面、ノズル249a, 249bの下部、ノズル249e, 249fの表面、シールキャップ219の上面、回転軸255の側面、断熱板218の表面、排気管231の内壁等にも生成される。

【0086】

図9(f)は、堆積膜100bが剥離することで処理室201内に異物100pが発生する様子を示している。異物100pは、処理室201内を浮遊し、ウエハ200上に形成するSiO膜中に取り込まれ、SiO膜の膜質を低下させることがある。そして、ウエハ200上に作製する半導体装置(デバイス)の品質を低下させることがある。異物100pの発生を抑制するため、処理室201内のクリーニングを高頻度で行うことも考えられる。しかしながら、この場合、基板処理装置のメンテナンス時間、すなわち、ダウンタイムが増加し、生産性が低下してしまうことがある。

【0087】

また、堆積膜100bを構成する反応副生成物は、Clを多く含んでいることから、有害ガスを発生させやすいという性質を有する。また、反応副生成物に含まれるClは、マニホールド209、シールキャップ219、回転軸255等の金属部材に対して腐食等のダメージを与えることがある。その結果、基板処理装置のメンテナンス頻度が増加して生産性が低下したり、ダメージを受けた金属部材からの異物の発生によってデバイスの品質が低下したりすることがある。

【0088】

(3) 開口部に対するパージ処理

上述の課題を解決するため、本実施形態では、処理容器の開口部に対して不活性ガスとしてN₂ガスを直接的に供給するパージ処理を実施する。以下、この処理(開口部パージ処理ともいう)の詳細について説明する。

【0089】

(成膜処理の実施中)

図4に示すように、処理容器内のウエハ200に対してHCDSガスを供給するステップ1では、所定の第1流量で、マニホールド209の内壁、すなわち、処理容器の開口部の内壁に対してN₂ガスを直接的に供給する。

【0090】

このステップでは、バルブ243e, 243fを開き、ガス供給管232e, 232f内へN₂ガスを流す。N₂ガスは、MFC241e, 241fにより流量調整され、ノズル249e, 249f、パージ空間201aを介してマニホールド209の内壁に対して供給され、その後、ガス流通スリット209sを介して処理室201内へ供給され、排気管231から排気される。処理容器の開口部の内壁に対してN₂ガスを供給することで、開口部の内壁に対してHCDSガスが供給されることを抑制し、開口部の内壁におけるHCDSの吸着層の形成を抑制することができる。また、ノズル249e, 249fから供給するN₂ガスの流量を所定の第1流量まで高めることで、開口部の近傍に例えばガスカーテン(侵入障壁)を形成することができ、開口部周辺へのHCDSガスの侵入(拡散)を抑制することが可能となる。また、開口部周辺に侵入したHCDSガスの濃度を十分に低下させることも可能となる。結果として、開口部周辺の低温領域におけるHCDSの吸着層の形成を抑制することが可能となる。

【0091】

第1流量は、成膜処理のステップ1で処理室201内へ供給するHCDSガスの流量(以下、原料ガス流量ともいう)よりも大きな流量とするのが好ましい。具体的には、第1流量は、原料ガス流量の例えば2.5~10倍、好ましくは2.5~7.5倍、2.5~5倍の範囲内の流量とするのが好ましい。原料ガス流量を上述の処理条件範囲内の流量と

10

20

30

40

50

する場合、第1流量は、例えば0.5~2slm、好ましくは0.5~1.5slm、より好ましくは0.5~1slmの範囲内の流量とする。

【0092】

第1流量が原料ガス流量の2.5倍未満、例えば0.5slm未満の流量となると、処理容器の開口部の内壁に対してN₂ガスを供給することによる上述の作用が得られ難くなり、開口部周辺の低温領域にHCDSの吸着層が形成されやすくなる。第1流量を原料ガス流量の2.5倍以上、例えば0.5slm以上の流量とすることで、開口部の内壁に対してN₂ガスを供給することによる上述の作用が十分に得られるようになり、開口部周辺の低温領域におけるHCDSの吸着層の形成を十分に抑制することが可能となる。

【0093】

第1流量が原料ガス流量の10倍以上、例えば2slmを超える流量となると、成膜処理の均一性が低下する場合がある。例えば、開口部の内壁に対して供給されたN₂ガスが処理室201内へ多量に拡散することにより、特に、ポート217の下部に保持されたウエハ200に対して供給されるHCDSガスが希釈され、その濃度が、ポート217の中央部や上部に保持されたウエハ200に対して供給されるHCDSガスの濃度よりも低くなる場合がある。これにより、SiO膜のウエハ間膜厚均一性が低下する場合がある。また、ポート217の下部に保持されたウエハ200に対して供給されるHCDSガスの濃度が低くなり（供給量が不足し）、このウエハ200上に形成されるSiO膜のウエハ面内膜厚均一性が低下する場合もある。第1流量を原料ガス流量の10倍以下、例えば2slm以下の流量とすることで、これを解決することが可能となる。第1流量を原料ガス流量の7.5倍以下、例えば1.5slm以下の流量とすることで、成膜処理の均一性をさらに向上させることが可能となる。第1流量を原料ガス流量の5倍以下、例えば1slm以下の流量とすることで、成膜処理の均一性をより確実に向上させることが可能となる。

【0094】

但し、ステップ1において、開口部パージ処理を上述の処理条件で実施しても、処理容器の開口部周辺へHCDSガスが僅かに侵入し、開口部の内壁に接触することがある。そして、開口部の内壁にHCDSの吸着層が僅かに形成されてしまう場合がある。開口部の内壁に形成されたHCDSの吸着層は、上述したように、異物100pの発生要因となる。

【0095】

そこで、図4に示すように、処理容器内のウエハ200に対してO₂およびH₂ガスを供給するステップ2では、上述の第1流量よりも小さい第2流量で、処理容器の開口部の内壁に対してN₂ガスを供給する。

【0096】

図4は、第2流量をゼロとした例、すなわち、バルブ243e, 243fを閉じ、開口部の内壁に対するN₂ガスの供給を停止した例を示している。N₂ガスの供給流量をこのような流量に設定することで、処理室201内へ供給されたO₂ガスおよびH₂ガス、すなわち、これらのガスが反応することで生じた強い酸化力を有する原子状酸素を含む酸化種を、開口部周辺へ供給する（拡散させる）ことが可能となる。そして、開口部の内壁にHCDSの吸着層が僅かに形成されてしまった場合であっても、この層を、強い酸化力を有する酸化種により積極的に酸化させ、Cl等の不純物が少なく、安定で緻密なSiO層へと変化させることが可能となる。

【0097】

なお、第2流量は、第1流量よりも小さい流量であって、例えば0.5slm未満、好ましくは0.2slm以下の流量とすることができる。第2流量を第1流量よりも小さな流量とすることで、上述の効果が得られることとなる。但し、酸化種を開口部周辺へ効率よく拡散させるには、第2流量をできるだけ小さく、例えば0.1slm以下とするのが好ましく、図4に示すようにゼロとするのがより好ましい。

【0098】

ステップ1, 2のいずれにおいても、開口部の内壁に対して供給する不活性ガスとして

10

20

30

40

50

、 N_2 ガスの他、例えば、上述の成膜処理で例示した各種希ガスを用いることができる。

【0099】

(他の処理の実施中)

ポートロード処理やポートアンロード処理の実施中は、処理容器の開口部が開放された状態、すなわち、水分を含む大気が開口部を介して処理容器内へ侵入しやすい状態となる。

【0100】

そこで、本実施形態では、ポートロード処理およびポートアンロード処理のうち少なくとも1つの処理の実施中に、上述の第1流量よりも大きい第3流量で、処理容器の開口部の内壁に対して N_2 ガスを供給する。図5は、ポートロード処理およびポートアンロード処理の両方の処理の実施中に、開口部パージ処理をそれぞれ実施する例を示している。図5の縦軸は開口部の内壁に対して供給する N_2 ガスの流量(a.u.)を、横軸は経過時間をそれぞれ示している。

10

【0101】

開口部パージ処理を上述のように実施することで、開放された開口部周辺にガスカーテンを形成することができ、開口部周辺への水分を含む大気の侵入、すなわち、開口部の内壁への水分を含む大気の接触を抑制することが可能となる。結果として、開口部の内壁にHCDsの吸着層が僅かに形成されてしまった場合であっても、この層が、大気中に含まれる水分によって酸化されてしまうこと、すなわち、Cl等の不純物を多く含む不安定な物質に変化してしまうことを抑制できるようになる。

20

【0102】

第3流量は、第1流量よりも大きい流量であって、例えば2~10slm、好ましくは3~5slmの範囲内の流量とする。

【0103】

第3流量が2slm未満となると、開放された開口部の内壁に対して N_2 ガスを供給することによる上述の作用が得られ難くなり、開口部の内壁へ水分を含む大気が接触しやすくなる。第3流量を2slm以上とすることで、開放された開口部の内壁に対して N_2 ガスを供給することによる上述の作用が十分に得られ、開口部の内壁への水分を含む大気の接触を抑制できるようになる。第3流量を3slm以上とすることで、上述の作用がより確実に得られ、開口部の内壁への水分を含む大気の接触をより確実に抑制できるようになる。

30

【0104】

第3流量が10slmを超えると、開口部周辺に存在する異物が処理室201の内部へ巻き上げられたり、ポート217に支持されているウエハ200が搬送中に位置ずれを起こしたりすることがある。第3流量を10slm以下とすることで、これらを解決することが可能となる。第3流量を5slm以下とすることで、上述の課題をより確実に解消することが可能となる。

【0105】

開口部パージ処理は、ポートロード処理の実施中にのみ行うようにしてもよく、ポートアンロード処理の実施中にのみ行うようにしてもよい。但し、開口部パージ処理を、ポートロード処理およびポートアンロード処理の両方の処理の実施中に行う方が、上述の効果を確実に得ることが可能となる点で好ましい。

40

【0106】

その他の処理、すなわち、ウエハチャージ処理、圧力および温度調整処理、パージおよび大気圧復帰処理、ウエハディスチャージ処理は、いずれも、処理容器の開口部がシャッタ219sやシールキャップ219によって封止された状態で実施される。そのため、これらの処理の実施中は、図5に示すように、処理容器の開口部の内壁に対して、不活性ガスとしての N_2 ガスを上述の第3流量以下の流量で供給すればよい。

【0107】

例えば、ウエハチャージ処理やウエハディスチャージ処理を実施する際には、処理容器

50

の開口部の内壁に対して N_2 ガスを上述の第3流量未満の第4流量で供給すればよい。第4流量は、例えば $0.1 \sim 0.5 \text{ s l m}$ の範囲内の流量とすることができる。また、第4流量をゼロとし、開口部の内壁に対する N_2 ガスの供給を停止することもできる。

【0108】

また例えば、圧力および温度調整処理では、処理容器の開口部の内壁に対して N_2 ガスを上述の第3流量以下の第5流量で供給すればよい。第5流量は、 $0.5 \sim 10 \text{ s l m}$ の範囲内の流量であって、例えば 3 s l m とすることができる。このようにすることで、処理容器の開口部の内壁にHCDSの吸着層が残留している場合であっても、この残留したHCDSの吸着層と大気中に含まれる水分との接触を防止することができる。

【0109】

また、パージおよび大気圧復帰処理では、処理容器の開口部の内壁に対して N_2 ガスを上述の第3流量以下の第6流量で供給すればよい。第6流量は、 $0.5 \sim 10 \text{ s l m}$ の範囲内の流量であって、例えば 3 s l m とすることができる。このようにすることで、成膜処理の実施中に処理容器の開口部に付着した未反応のHCDS等の一部を開口部の内壁から脱離させ、処理容器内から排出することが可能となる。

【0110】

図5に示すいずれの処理においても、開口部の内壁に対して供給する不活性ガスとして、 N_2 ガスの他、例えば、上述の成膜処理で例示した各種希ガスを用いることができる。

【0111】

(4) 本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す一つ又は複数の効果が得られる。

【0112】

HCDSガスを供給するステップ1を実施する際に、処理容器の開口部の内壁に対して N_2 ガスを第1流量で供給することで、開口部周辺へのHCDSガスの拡散を抑制することが可能となる。結果として、開口部周辺の低温領域におけるHCDSの吸着層の形成を抑制することが可能となる。

【0113】

O_2 ガスおよび H_2 ガスを供給するステップ2を実施する際に、処理容器の開口部の内壁に対して N_2 ガスを第1流量よりも小さい第2流量で供給することで、開口部周辺への酸化種の拡散を促進させる(許容する)ことが可能となる。結果として、開口部周辺の低温領域にHCDSの吸着層が僅かに形成されてしまった場合であっても、このHCDSの吸着層を酸化させ、Cl等の不純物が少なく、安定で緻密な SiO 層へと変化させることが可能となる。

【0114】

ポートロード処理およびポートアンロード処理のうち少なくとも1つの処理を実施する際に、上述の第1流量よりも大きい第3流量で、処理容器の開口部の内壁に対して N_2 ガスを供給することで、開口部周辺への水分を含む大気への侵入を抑制することが可能となる。結果として、開口部の内壁にHCDSの吸着層が僅かに形成されてしまった場合であっても、この層が不安定な物質に変化してしまうことを抑制することが可能となる。

【0115】

これらにより、処理容器内における異物 100 p の発生を抑制することができ、成膜処理の品質を向上させ、歩留まりを改善することが可能となる。また、処理室201内のクリーニング頻度を低減させ、基板処理装置の生産性を高めることが可能となる。また、マニホール209等の金属部材の腐食等を抑制することができ、基板処理装置のメンテナンス頻度を低減させ、生産性を向上させることが可能となる。また、金属部材からの異物の発生を抑制することができ、成膜処理の品質を向上させることが可能となる。また、開口部周辺における有害ガスの発生を抑制することが可能となる。

【0116】

これらの効果は、原料ガスとしてHCDSガス以外のガスを用いる場合や、 O 含有ガスとして O_2 ガスおよび H_2 ガス以外のガスを用いる場合や、 H 含有ガスとして H_2 ガス以

10

20

30

40

50

外のガスを用いる場合においても、同様に得ることができる。また、不活性ガスとして N_2 ガス以外のガスを用いる場合においても、同様に得ることができる。

【0117】

<本発明の他の実施形態>

以上、本発明の実施形態を具体的に説明した。しかしながら、本発明は上述の実施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変更可能である。

【0118】

例えば、開口部の内壁に対する N_2 ガスの供給を、ノズル249e、249fではなく、図8に示すパージリング(リングノズル)249rを用いて行ってもよい。パージリング249rは、例えば、石英やSiC等からなり、内部に環状空間(バッファ空間)を有する環状部材として構成されている。パージリング249rは、マニホールド209の内壁に対面する位置に配置されており、マニホールド209と同心円状に設けられている。パージリング249rの外周面、すなわち、マニホールド209の内壁と対向する面には、ガス供給孔250rが複数開設されている。ガス供給孔250rは、マニホールド209の内壁に向かって水平方向に、或いは、マニホールド209の内壁に向かって斜め上方向(マニホールド209の内壁の下方内側から斜め上方外側の方向)に、ガスを噴出させるように構成されている。ガス供給孔250rを、マニホールド209の内壁と対向する面だけでなく、シールキャップ219と対向する面にも設けるようにしてもよい。複数のガス供給孔250rは、マニホールド209の内周方向に沿って、等間隔で設けられている。パージリング249r内の環状空間へは、上述の実施形態の不活性ガス供給系や開口部パージガス供給系と同様のガス供給系から、 N_2 ガス等の不活性ガスが供給される。開口部パージ処理をパージリング249rを用いて実施する場合、処理容器の開口部の内壁に対して、その対面側から、不活性ガスをより直接的に供給することが可能となる。開口部の内壁に対して不活性ガスをより直接供給することで、開口部の内壁におけるHCDSの吸着層の形成を、より効果的に抑制することが可能となる。また、マニホールド209の内壁の下方内側から斜め上方外側の方向に N_2 ガスを噴出することで、開口部周辺へのHCDSガスの拡散を、より効果的に抑制することが可能となる。

【0119】

また例えば、処理容器内のウエハ200に対して O_2 ガスおよび H_2 ガスを供給するステップ2では、処理容器の開口部の内壁に対して O_2 ガスおよび H_2 ガス等の酸化ガスを直接的に供給するようにしてもよい。この場合、例えば、開口部パージガス供給系よりノズル249e、249fを介してパージ空間201a内へ酸化ガスを供給するようにしてもよい。また、例えば、開口部パージガス供給系よりパージリング249rを介してマニホールド209の内壁に対して酸化ガスを供給するようにしてもよい。開口部の内壁に対して酸化ガスを直接供給することで、開口部の内壁に僅かに形成されたHCDSの吸着層を、より確実に酸化させ、安定で緻密なSiO膜に変化させることが容易となる。

【0120】

また例えば、上述の実施形態では、原料ガスを供給した後に反応ガスを供給する例について説明した。本発明はこのような態様に限定されず、原料ガスと反応ガスの供給順序は逆でもよい。すなわち、反応ガスを供給した後に原料ガスを供給するようにしてもよい。供給順序を変えることにより、形成される膜の膜質や組成比を変化させることが可能となる。

【0121】

また例えば、上述の実施形態では、原料ガスとしてクロロシラン原料ガスを用いる例について説明した。本発明はこの態様に限定されず、クロロシラン原料ガス以外のハロシラン原料ガス、例えば、フルオロシラン原料ガス、プロモシラン原料ガス、ヨードシラン原料ガスを用いてもよい。また、原料ガスとして、ゲルマニウム(Ge)等のSi以外の半導体元素を含むガスを用いてもよい。また、原料ガスとして、チタニウム(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、アルミニウム(Al)等の金属元素を含むガスを用い

10

20

30

40

50

てもよい。このときの処理条件は、例えば上述の実施形態と同様な処理条件とすることができる。

【0122】

成膜処理に用いられるレシピ（処理手順や処理条件等が記載されたプログラム）は、処理内容（形成する薄膜の膜種、組成比、膜質、膜厚、処理手順、処理条件等）に応じて個別に用意し、電気通信回線や外部記憶装置123を介して記憶装置121c内に格納しておくことが好ましい。そして、各種処理を開始する際、CPU121aが、記憶装置121c内に格納された複数のレシピの中から、処理内容に応じて適正なレシピを適宜選択することが好ましい。これにより、1台の基板処理装置で様々な膜種、組成比、膜質、膜厚の薄膜を汎用的に、かつ、再現性よく形成することができるようになる。また、オペレータの負担（処理手順や処理条件等の入力負担等）を低減でき、操作ミス回避しつつ、各種処理を迅速に開始できるようになる。

10

【0123】

上述のレシピは、新たに作成する場合に限らず、例えば、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを変更することで用意してもよい。レシピを変更する場合は、変更後のレシピを、電気通信回線や当該レシピを記録した記録媒体を介して、基板処理装置にインストールしてもよい。また、既存の基板処理装置が備える入出力装置122を操作し、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを直接変更するようにしてもよい。

【0124】

また、上述した各種の実施形態は、適宜組み合わせ用いることができる。また、このときの処理条件は、例えば上述の実施形態と同様な処理条件とすることができる。

20

【実施例】

【0125】

以下、上述の実施形態で得られる効果を裏付ける実験結果について説明する。

【0126】

（パーティクル数に関する評価）

第1の評価として、図1に示す基板処理装置を用い、図4に示す成膜シーケンスにより、複数枚のウエハ上に800の膜厚のSiO膜を形成する処理を複数回行った。原料ガスとしてはHCDガス、反応ガスとしてはO₂ガスおよびH₂ガスを用いた。成膜処理の処理条件は、上述の実施形態に記載の処理条件範囲内の条件とした。成膜処理を実施する際には、上述の実施形態と同様の処理手順で開口部パージ処理を実施した。開口部パージ処理の処理条件は、上述の実施形態に記載の処理条件範囲内の条件とした。そして、成膜処理を行う度に、成膜処理後のウエハ上に付着した異物（直径0.08μm以上）の数を測定した。

30

【0127】

第2の評価として、図1に示す基板処理装置を用い、第1の評価と同様の処理手順、処理条件により、複数枚のウエハ上に800の膜厚のSiO膜を形成する処理を複数回行った。成膜処理を実施する際には、上述の開口部パージ処理を不実施とした。すなわち、ウエハに対してHCDガスを供給するステップにおいても、また、ウエハに対してO₂ガスおよびH₂ガスを供給するステップにおいても、開口部の内壁に対するN₂ガスの供給を不実施とした。そして、成膜処理を行う度に、成膜処理後のウエハ上に付着した異物（直径0.08μm以上）の数を測定した。

40

【0128】

図6は、パーティクル数の評価結果を説明する図である。図6の横軸は成膜処理の実施回数を、縦軸はウエハ上で検出された異物の個数を示している。図6によれば、開口部パージ処理を不実施とした第2の評価（印）では、成膜処理を繰り返すことでウエハに付着するパーティクルの個数が増加していることが分かる。これに対し、開口部パージ処理を実施した第1の評価（印）では、成膜処理を繰り返してもウエハへのパーティクルの付着を抑制できていることが分かる。すなわち、処理容器内におけるパーティクルの発生

50

を抑制できていることが分かる。

【0129】

(面内膜厚均一性等に関する評価)

図1に示す基板処理装置を用い、図4に示す成膜シーケンスにより複数枚のウエハ上にSiO膜を形成し、サンプル1~3を作製した。いずれのサンプルも、原料ガスとしてはHCDGガスを、反応ガスとしてはO₂ガスおよびH₂ガスを用いた。成膜処理の処理条件は、上述の実施形態に記載の処理条件範囲内の条件とした。いずれのサンプルを作製する際にも、上述の実施形態と同様の処理手順で開口部パージ処理を実施した。不活性ガスとしてはN₂ガスを用いた。サンプル1~3を作製する際における開口部パージ処理の処理条件としては、第1流量をそれぞれ0.5slm、1slm、2slmとし、第2流量をそれぞれ0slm(N₂ガスの供給を不実施)とした。

10

【0130】

そして、サンプル1~3におけるSiO膜の平均膜厚およびウエハ面内膜厚均一性(以下、WiWともいう)を評価した。WiW(±%)とは、{(ウエハ面内における膜厚最大値 - ウエハ面内における膜厚最小値) / (2 × ウエハ面内における膜厚平均値)} × 100で定義される値であり、その値が小さいほど、ウエハ面内における膜厚が均一であることを示している。この評価では、SiO膜の膜厚をウエハ面内の49箇所測定し、その測定値を元に平均膜厚とWiWとを算出した。

【0131】

図7(a)~図7(c)に、サンプル1~3におけるSiO膜の膜厚マップ、平均膜厚()、WiW(±%)の評価結果をそれぞれ示す。図中における「TOP」とは、ポートの上部に配置されたウエハにおける測定結果を、「CEN」とは、ポートの中央部に配置されたウエハにおける測定結果を、「BTM」とは、ポートの下部に配置されたウエハにおける測定結果をそれぞれ示している。これらの図によれば、いずれのサンプル1~3においても、平均膜厚()は同程度であり、WiW(±%)は良好であることが分かる。すなわち、第1の流量を0.5~2slmの範囲内の流量に設定すれば、成膜レートの低下を防ぐことができ、また、面内膜厚均一性の悪化を回避することが可能であることが分かる。

20

【0132】

<本発明の好ましい態様>

以下、本発明の好ましい態様について付記する。

30

【0133】

(付記1)

本発明の一態様によれば、
処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、
前記処理容器内の前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、を有し、
前記原料ガスを供給する工程では、第1流量で前記処理容器の開口部の内壁に対して(直接)不活性ガスを供給し、前記反応ガスを供給する工程では、前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して(直接)不活性ガスを供給する半導体装置の製造方法、または、基板処理方法が提供される。

40

【0134】

(付記2)

付記1に記載の方法であって、好ましくは、
前記反応ガスを供給する工程では、前記開口部の内壁に対する前記不活性ガスの供給を停止する。すなわち、前記第2流量をゼロとする。

【0135】

(付記3)

付記1または2に記載の方法であって、好ましくは、
前記処理容器内へ前記基板を搬入する工程と、
前記処理容器内から前記基板を搬出する工程と、をさらに有し、

50

前記基板を搬入する工程および前記基板を搬出する工程のうち少なくとも1つでは、前記第1流量よりも大きい第3流量で前記開口部の内壁に対して不活性ガスを供給する。

【0136】

(付記4)

付記1乃至3のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記処理容器は、反応管と、前記反応管を支持するマニホールドとにより構成される。

【0137】

(付記5)

付記4に記載の方法であって、好ましくは、前記開口部は前記マニホールドにより構成される。

10

【0138】

(付記6)

付記1乃至5のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記開口部の内壁を覆うように設けられたカバーと、前記開口部の内壁と、の間隙に不活性ガスを供給することで、前記開口部の内壁に対する不活性ガスの供給を行う。前記カバーは、例えば石英により構成される。

【0139】

(付記7)

付記1乃至5のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記開口部の内壁に対面する方向から前記開口部の内壁に向けて直接不活性ガスを供給することで、前記開口部の内壁に対する不活性ガスの供給を行う。

20

【0140】

(付記8)

付記1乃至7のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記原料ガスは所定元素とハロゲン元素とを含む。前記所定元素はシリコンやゲルマニウム等の半導体元素または金属元素を含む。前記ハロゲン元素は、塩素、フッ素、臭素またはヨウ素を含む。

【0141】

(付記9)

付記1乃至8のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記原料ガスはハロシランを含む。前記ハロシランはクロロシラン、フルオロシラン、ブロモシランまたはヨードシランを含む。

30

【0142】

(付記10)

付記1乃至9のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記反応ガスは酸素含有ガスを含む。

【0143】

(付記11)

付記10に記載の方法であって、好ましくは、前記反応ガスは水素含有ガスを含む。

40

【0144】

(付記12)

付記1乃至11のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記開口部(前記マニホールド)は金属部材により構成される。

【0145】

(付記13)

付記1乃至12のいずれかに記載の方法であって、好ましくは、前記反応ガスを供給する工程では、前記開口部の内壁に対して前記反応ガスを(直接)供給する。これにより、前記開口部の内壁に前記反応ガスを接触させる。

【0146】

50

(付記 14)

本発明の他の態様によれば、
処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する工程と、
前記処理容器内の前記基板に対して反応ガスを供給する工程と、を有し、
前記原料ガスを供給する工程と前記反応ガスを供給する工程とで、前記処理容器の開口部の内壁に対して(直接)供給する不活性ガスの流量を変化させる半導体装置の製造方法、または、基板処理方法が提供される。

【0147】

(付記 15)

付記 14 に記載の方法であって、好ましくは、
前記基板に対して原料ガスを供給する工程では、前記開口部の内壁に対して不活性ガスを供給し、前記反応ガスを供給する工程では、前記開口部の内壁に対する不活性ガスの供給を停止する。

10

【0148】

(付記 16)

本発明のさらに他の態様によれば、
処理容器内へ基板を搬入する工程と、
前記処理容器内へ処理ガス(原料ガス、反応ガス)を供給し、前記基板を処理する工程と、

前記処理容器内から前記基板を搬出する工程と、を有し、
前記基板を搬入する工程および前記基板を搬出する工程のうち少なくとも1つでは、前記基板を処理する工程で前記処理容器の開口部の内壁に対して(直接)供給する不活性ガスの供給流量よりも大きい供給流量で、前記開口部の内壁に対して不活性ガスを(直接)供給する半導体装置の製造方法、または、基板処理方法が提供される。

20

【0149】

(付記 17)

本発明のさらに他の態様によれば、
基板を収容する処理容器と、
前記処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する原料ガス供給系と、
前記処理容器内の基板に対して反応ガスを供給する反応ガス供給系と、
前記処理容器の開口部の内壁に対して不活性ガスを供給する不活性ガス供給系と、
前記処理容器内の前記基板に対して前記原料ガスを供給する処理と、前記処理容器内の前記基板に対して前記反応ガスを供給する処理と、を行わせ、前記原料ガスを供給する処理では、第1流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して不活性ガスを供給し、前記反応ガスを供給する処理では、前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して不活性ガスを供給するように、前記原料ガス供給系、前記反応ガス供給系および前記不活性ガス供給系を制御するよう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。

30

【0150】

(付記 18)

本発明のさらに他の態様によれば、
処理容器内の基板に対して原料ガスを供給する手順と、
前記処理容器内の前記基板に対して反応ガスを供給する手順と、をコンピュータに実行させ、
前記原料ガスを供給する手順では、第1流量で前記処理容器の開口部の内壁に対して不活性ガスを供給し、前記反応ガスを供給する手順では、前記第1流量よりも小さい第2流量で前記処理容器の前記開口部の内壁に対して不活性ガスを供給するプログラム、または、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。

40

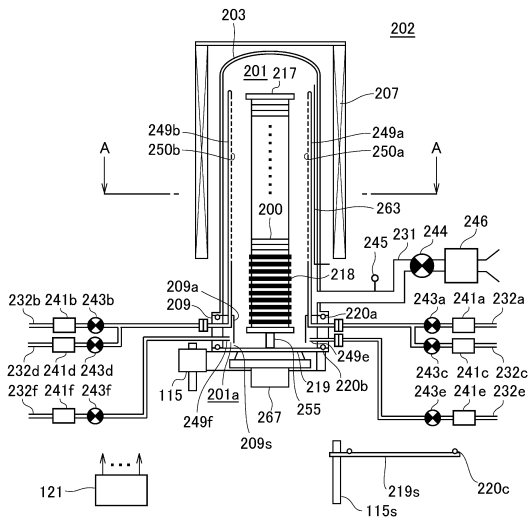
【符号の説明】

【0151】

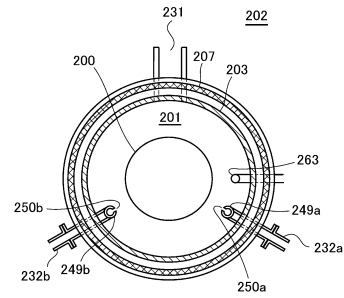
50

- 2 0 0 ウエハ（基板）
- 2 0 1 処理室
- 2 0 3 反応管
- 2 0 6 ヒータ
- 2 0 9 マニホールド
- 2 3 2 a ~ 2 3 2 f ガス供給管
- 2 4 9 a , 2 4 9 b , 2 4 9 e , 2 4 9 f ノズル
- 1 2 1 コントローラ

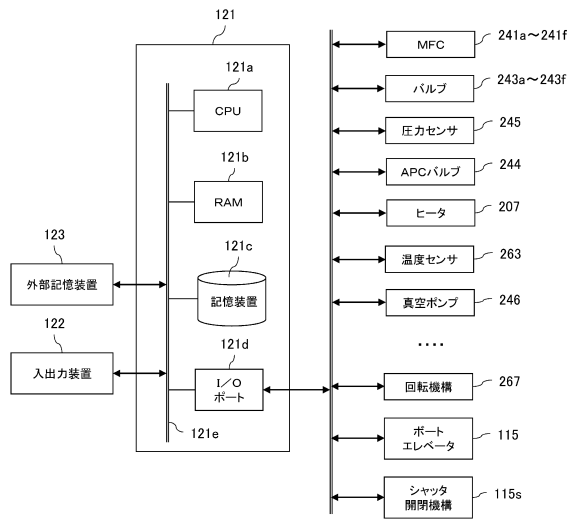
【 図 1 】



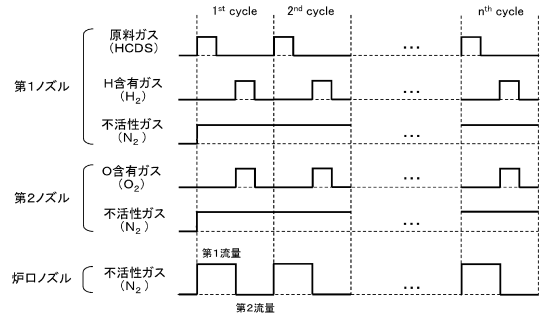
【 図 2 】



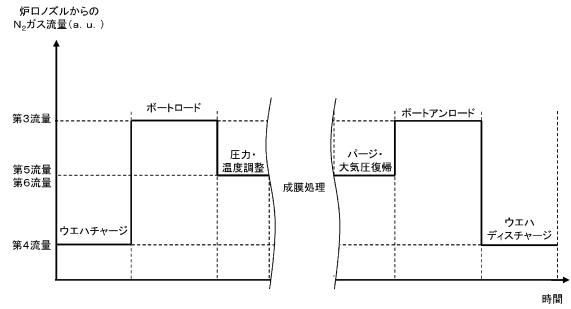
【図3】



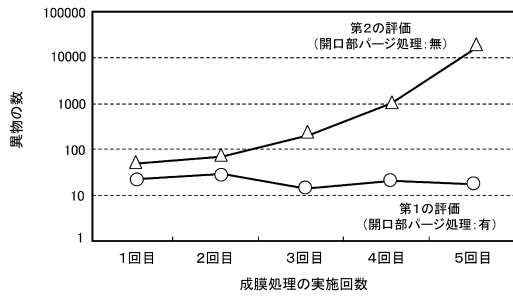
【図4】



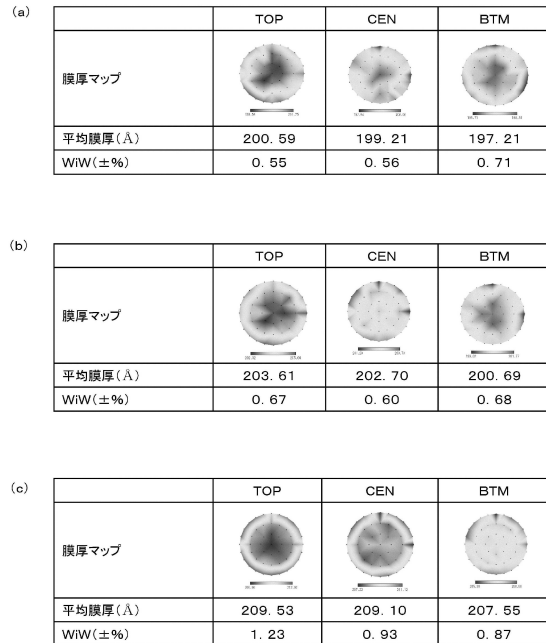
【図5】



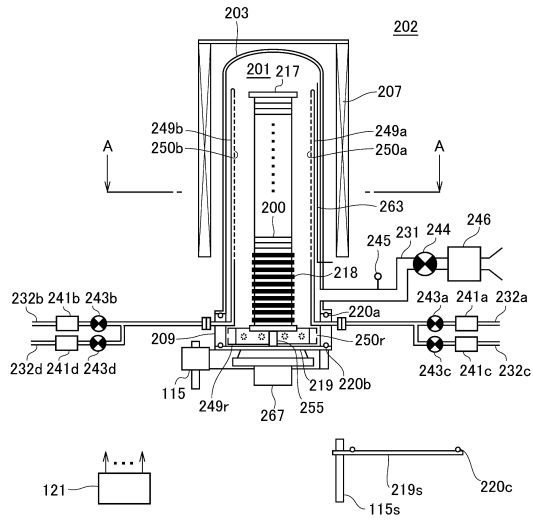
【図6】



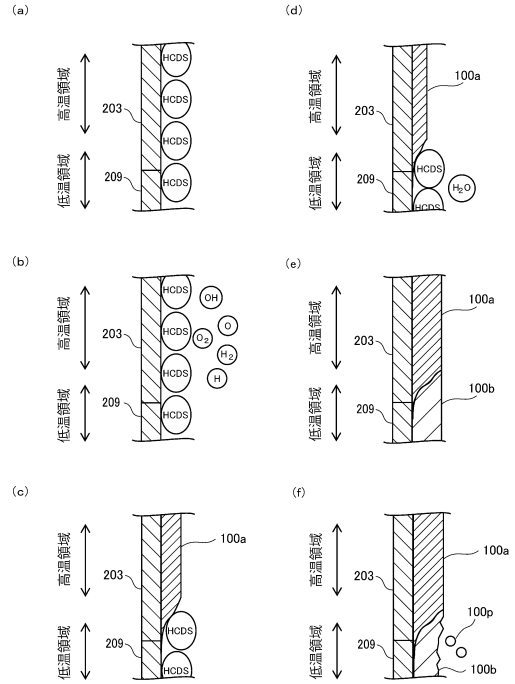
【図7】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 寺崎 昌人

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

審査官 山本 一郎

(56)参考文献 特開2010-226092(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/316

C23C 16/44

C23C 16/455

H01L 21/31