

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6164775号
(P6164775)

(45) 発行日 平成29年7月19日(2017.7.19)

(24) 登録日 平成29年6月30日(2017.6.30)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 1 L 21/285	(2006.01)	H O 1 L	21/285	C	
C 2 3 C 16/455	(2006.01)	C 2 3 C	16/455		
H O 1 L 21/31	(2006.01)	H O 1 L	21/31	C	

請求項の数 6 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2014-168233 (P2014-168233)	(73) 特許権者	000001122
(22) 出願日	平成26年8月21日(2014.8.21)		株式会社日立国際電気
(65) 公開番号	特開2016-46339 (P2016-46339A)		東京都港区西新橋二丁目15番12号
(43) 公開日	平成28年4月4日(2016.4.4)	(72) 発明者	原田 和宏
審査請求日	平成28年3月24日(2016.3.24)		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	出貝 求
			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	北村 匡史
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体デバイスの製造方法、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】

基板に対して、金属元素を含むハロゲン系金属原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、窒素元素を含み、前記金属元素と反応する反応ガスを供給する工程と、
を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第1の層を形成する工程と、
前記基板に対して、前記金属元素を含む有機系金属原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、前記反応ガスを供給する工程と、
を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第2の層を形成する工程と、
を時分割して所定回数行うことにより、前記基板上に前記金属元素および前記窒素元素を含む金属膜を形成する工程を有し、前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記金属膜の仕事関数を制御する半導体デバイスの製造方法。

【請求項2】

前記金属元素はチタンである請求項1に記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項3】

基板に対して、金属元素を含む有機系金属原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、前記金属元素を含むハロゲン系金属原料ガスを供給する工程と、

10

20

を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素を含む第1の層を形成する工程と、前記基板に対して、窒素元素を含み、前記金属元素と反応する反応ガスを供給する工程を所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第2の層を形成する工程と、

を時分割して所定回数行うことにより、前記基板上に前記金属元素および前記窒素元素を含む金属膜を形成する工程を有し、前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記金属膜の仕事関数を制御する半導体デバイスの製造方法。

【請求項4】

基板に対して、金属元素を含むハロゲン系金属原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、前記金属元素を含む有機系金属原料ガスを供給する工程と、
を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素を含む第1の層を形成する工程と、
前記基板に対して、窒素元素を含み、前記金属元素と反応する反応ガスを供給する工程を所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第2の層を形成する工程と、

を時分割して所定回数行うことにより、前記基板上に前記金属元素および前記窒素元素を含む金属膜を形成する工程を有し、前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記金属膜の仕事関数を制御する半導体デバイスの製造方法。

【請求項5】

基板を収容する処理室と、
前記基板に対して、金属元素を含むハロゲン系金属原料ガス、前記金属元素を含む有機系金属原料ガス、および窒素元素を含み前記金属元素と反応する反応ガスを供給するガス供給系と、

前記ガス供給系を制御して、前記処理室に収容された基板に対して、前記ハロゲン系金属原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第1の層を形成する処理と、前記基板に対して、前記有機系金属原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第2の層を形成する処理と、
を時分割して所定回数行うことにより、前記基板上に前記金属元素および前記窒素元素を含む金属膜を形成し、前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記金属膜の仕事関数を制御する構成される制御部と、
を有する基板処理装置。

【請求項6】

基板に対して、金属元素を含むハロゲン系金属原料ガスを供給する手順と、
前記基板に対して、窒素元素を含み、前記窒素元素と反応する反応ガスを供給する手順と、

を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第1の層を形成する手順と、

前記基板に対して、前記金属元素を含む有機系金属原料ガスを供給する手順と、

前記基板に対して、前記反応ガスを供給する手順と、

を時分割して所定回数行うことにより、前記金属元素および前記窒素元素を含む第2の層を形成する手順と、

を時分割して所定回数行うことにより、前記基板上に前記金属元素および前記窒素元素を含む金属膜を形成し、前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記金属膜の仕事関数を制御する手順をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、半導体デバイスの製造方法、基板処理装置およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

MOSFET (Metal - Oxide - Semiconductor Field Effect Transistor) 等の半導体装置の高集積化及び高性能化に伴い、電極や配線等として、様々な種類の金属膜が用いられている。その中でも、ゲート電極やDRAM (Dynamic Random Access Memory) のキャパシタ電極では、耐酸化性、電気抵抗率、仕事関数等の観点から金属炭化物系や金属窒化物系の金属膜が用いられることが多い(特許文献1)。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-6783号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

MOSFETの特性を示す重要なパラメータとして、閾値電圧(スレッショールド電圧、 V_{th})がある。この閾値電圧は、電極の仕事関数で決定されるが、近年では用途によって様々な値に仕事関数を調整することができる金属膜を有する電極が要求される場合がある。

20

【0005】

本発明の目的は、金属膜の仕事関数を調整することができる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様によれば、基板に対して、第1の元素を含むハロゲン系原料ガスを供給する工程と、前記基板に対して、第2の元素を含み、前記第1の元素と反応する反応ガスを供給する工程と、を時分割して所定回数行うことにより、前記第1の元素および前記第2の元素を含む第1の層を形成する工程と、前記基板に対して、前記第1の元素を含む有機系原料ガスを供給する工程と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する工程と、を時分割して所定回数行うことにより、前記第1の元素および前記第2の元素を含む第2の層を形成する工程と、を時分割して所定回数行うことにより、前記基板上に前記第1の元素および前記第2の元素を含む薄膜を形成する工程を有する半導体デバイスの製造方法が提供される。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、金属膜の仕事関数を調整することができる技術を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明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2】図1のA-A線断面図である。

【図3】図1に示す基板処理装置が有するコントローラの構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施形態におけるシーケンスを示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態におけるシーケンスを示す図である。

50

【図6】本発明の第3の実施形態におけるシーケンスを示す図である。

【図7】本発明の第4の実施形態におけるシーケンスを示す図である。

【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】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。

【発明を実施するための形態】

【0009】

トランジスタでは、P型トランジスタとN型トランジスタとで必要とされる仕事関数の値が異なり、主に、P型トランジスタでは 5.0 eV 以上、N型トランジスタでは 4.3 eV 以下が要求される。また、用途に応じてはその他の値が要求される場合もある。このような場合、同じ元素組成を有する1つの膜で仕事関数を調整（制御、変調、チューニング）できることが望ましい。電極の仕事関数は、電極を構成する金属膜によって調整することができる。例えば金属膜としてチタン窒化膜（TiN膜）を基板上に形成する際、TiN膜に含まれる炭素（C）や窒素（N）の濃度を調整（制御、変調、チューニング）することで結晶性を変えてバリア性を高めることができ、TiN膜に含まれるCやNの濃度を制御することで仕事関数を調整して、所望の仕事関数を有する金属膜で構成される電極を形成することが可能となる。

【0010】

<本発明の第1の実施形態>

以下、本発明の好適な第1の実施形態について図1および図2を用いて説明する。基板処理装置10は、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程である基板処理工程において使用される装置の一例として構成されている。

【0011】

(1) 処理炉の構成

処理炉202には加熱手段（加熱機構、加熱系）としてのヒータ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に構成されている。

【0012】

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は耐熱性材料等（例えば石英（ SiO_2 ）または炭化シリコン（ SiC ））からなり、上端が閉塞し下端が開いた円筒形状に形成されている。

【0013】

反応管203の下端には、ステンレス等の金属材料からなるマニホールド209が取り付けられている。マニホールド209は筒状に形成され、その下端開口は蓋体としてのシールキャップ219により気密に閉塞される。反応管203とマニホールド209との間、および、マニホールド209とシールキャップ219との間には、それぞれリング220が設けられている。主に、反応管203、マニホールド209およびシールキャップ219により処理容器が構成され、この処理容器の内部に処理室201が形成される。処理室201は、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整列した状態で収容可能に構成されている。

【0014】

シールキャップ219の処理室201と反対側には、ポート217を回転させる回転機構267が設けられている。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。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すなわちウエハ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。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

基板保持具としてのポート 2 1 7 は、複数、例えば 2 5 ~ 2 0 0 枚のウエハ 2 0 0 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 2 1 7 は、耐熱性材料等（例えば石英や S i C）からなる。ポート 2 1 7 の下部には、耐熱性材料等（例えば石英や S i C）からなる断熱板 2 1 8 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 2 0 7 からの熱がシールキャップ 2 1 9 側に伝わりにくくなっている。ただし、本実施形態は上述の形態に限定されない。例えば、ポート 2 1 7 の下部に断熱板 2 1 8 を設けずに、石英や S i C 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。ヒータ 2 0 7 は処理室 2 0 1 内に収容されたウエハ 2 0 0 を所定の温度

10

【 0 0 1 6 】

処理室 2 0 1 内には、ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 がマニホールド 2 0 9 の側壁を貫通するように設けられている。ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 には、ガス供給ラインとしてのガス供給管 3 1 0 , 3 2 0 , 3 3 0 が、それぞれ接続されている。このように、反応管 2 0 3 には 3 本のノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 と、3 本のガス供給管 3 1 0 , 3 2 0 , 3 3 0 とが設けられており、処理室 2 0 1 内へ複数種類、ここでは 3 種類のガス（処理ガス、原料）をそれぞれ専用ラインで供給することができるように構成されている。

【 0 0 1 7 】

ガス供給管 3 1 0 , 3 2 0 , 3 3 0 には上流側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）3 1 2 , 3 2 2 , 3 3 2 および開閉弁であるバルブ 3 1 4 , 3 2 4 , 3 3 4 が設けられている。ガス供給管 3 1 0 , 3 2 0 , 3 3 0 の先端部にはノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 が連結接続されている。ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 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 2 0 9 の側壁を貫通するように設けられている。ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 の垂直部は、反応管 2 0 3 の内壁とウエハ 2 0 0 との間に形成される円環状の空間に、反応管 2 0 3 の内壁に沿って上方（ウエハ 2 0 0 の積載方向上方）に向かって立ち上がるように（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 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 は、ウエハ 2 0 0 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

20

30

【 0 0 1 8 】

ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 の側面にはガスを供給する（噴出させる）ガス供給孔 4 1 0 a , 4 2 0 a , 4 3 0 a が設けられている。ガス供給孔 4 1 0 a , 4 2 0 a , 4 3 0 a は反応管 2 0 3 の中心を向くように開口している。このガス供給孔 4 1 0 a , 4 2 0 a , 4 3 0 a は、反応管 2 0 3 の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれ同一の開口面積を有し、さらに同じ開口ピッチで設けられている。

【 0 0 1 9 】

このように、本実施形態におけるガス供給の方法は、反応管 2 0 3 の内壁と、積載された複数枚のウエハ 2 0 0 の端部とで定義される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 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 を経由してガスを搬送し、ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 にそれぞれ開口されたガス供給孔 4 1 0 a , 4 2 0 a , 4 3 0 a からウエハ 2 0 0 の近傍で初めて反応管 2 0 3 内にガスを噴出させており、反応管 2 0 3 内におけるガスの主たる流れをウエハ 2 0 0 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 2 0 0 に均一にガスを供給でき、各ウエハ 2 0 0 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、各ウエハ 2 0 0 の表面上を流れたガス、すなわち、反応後に残留するガス（残ガス）は、排気口、すなわち、後述する排気管 2 3 1 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。

40

【 0 0 2 0 】

50

また、ガス供給管 310, 320, 330 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, 520, 530 が接続されている。キャリアガス供給管 510, 520, 530 には MFC 512, 522, 523 およびバルブ 514, 524, 534 が設けられている。

【0021】

上記構成における一例として、ガス供給管 310 からは、処理ガスとして、金属元素を含む第 1 の原料ガス（第 1 の金属含有ガス）が、MFC 312, バルブ 314, ノズル 410 を介して処理室 201 内に供給される。第 1 の原料としては、例えば、金属元素としてのチタン (Ti) を含み、かつ炭素 (C) 非含有の金属原料、すなわち、無機金属系原料（無機金属化合物）であって、ハロゲン系原料（ハロゲン化物、ハロゲン系チタン原料とも称する）としての四塩化チタン ($TiCl_4$) が用いられる。なお、Ti は遷移金属元素に分類される。また、ハロゲン系原料とはハロゲン基を含む原料である。ハロゲン基には、クロロ基、フルオロ基、プロモ基、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。

10

【0022】

ガス供給管 320 からは、処理ガスとして、金属元素を含む第 2 の原料ガス（第 2 の金属含有ガス）が、MFC 322, バルブ 324, ノズル 420 を介して処理室 201 内に供給される。第 2 の原料としては、例えば、金属元素としての Ti を含み、かつ C を含む（C 含有）金属原料、すなわち、有機系原料（有機金属化合物、有機系チタン原料）としてのテトラキスジエチルアミノチタン (TDEAT, $Ti[(C_2H_5)_2N]_4$) が用いられる。

20

【0023】

ガス供給管 330 からは、処理ガスとして、窒素 (N) を含む反応ガスとしての N 含有ガスが、MFC 332, バルブ 334, ノズル 430 を介して処理室 201 内に供給される。N 含有ガスとしては、金属元素非含有の N 含有ガス、例えば、アンモニア (NH_3) ガスを用いることができる。

【0024】

キャリアガス供給管 510, 520, 530 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 MFC 512, 522, 532, バルブ 514, 524, 534, ノズル 410, 420, 430 を介して処理室 201 内に供給される。

30

【0025】

ここで、本明細書において、原料ガスとは、気体状態の原料、例えば、常温常圧下で液体状態もしくは固体状態である原料を気化もしくは昇華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原料等のことである。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」、「固体状態である固体原料」、「気体状態である原料ガス」、または、その複合を意味する場合がある。 $TiCl_4$ 等のように、常温常圧下で液体状態である液体原料や $AlCl_3$ 等のように常温常圧下で固体状態である固体原料を用いる場合は、液体原料や固体原料を気化器、バブラもしくは昇華器等のシステムにより気化もしくは昇華して、原料ガス ($TiCl_4$ ガス、 $AlCl_3$ ガス等) として供給することとなる。

40

【0026】

ガス供給管 310, 320, 330 から上述のような処理ガスを流す場合、主に、ガス供給管 310, 320, 330, MFC 312, 322, 332, バルブ 314, 324, 334 により処理ガス供給系が構成される。ノズル 410, 420, 430 を処理ガス供給系に含めて考えてもよい。処理ガス供給系を、単にガス供給系と称することもできる。

【0027】

ガス供給管 310, 320 から上述のような原料ガスとしての金属含有ガスを流す場合、主に、ガス供給管 310, 320, MFC 312, 322, バルブ 314, 324 により

50

原料ガス供給系としての金属含有ガス供給系が構成される。ノズル410, 420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。

【0028】

ガス供給管310から原料ガスとしてハロゲン系原料ガスを流す場合、主に、ガス供給管310, MFC312, バルブ314によりハロゲン系原料ガス供給系が構成される。ノズル410をハロゲン系原料ガス供給系に含めて考えてもよい。ハロゲン系原料ガス供給系をハロゲン系原料供給系と称することもできる。ガス供給管310からTiCl₄ガスを流す場合、ハロゲン系原料ガス供給系をTiCl₄ガス供給系と称することもできる。TiCl₄ガス供給系をTiCl₄供給系と称することもできる。

【0029】

ガス供給管320から原料ガスとして有機系原料ガスを流す場合、主に、ガス供給管320, MFC322, バルブ324により有機系原料ガス供給系が構成される。ノズル420を有機系原料ガス供給系に含めて考えてもよい。有機系原料ガス供給系を有機系原料供給系と称することもできる。ガス供給管320からTDEATガスを流す場合、有機系原料ガス供給系をTDEATガス供給系と称することもできる。TDEATガス供給系をTDEAT供給系と称することもできる。

【0030】

ガス供給管330から反応ガスとしてN含有ガスを流す場合、主に、ガス供給管330, MFC332, バルブ334によりN含有ガス供給系が構成される。ノズル430をN含有ガス供給系に含めて考えてもよい。ガス供給管330からNH₃ガスを流す場合、反応ガス供給系をNH₃ガス供給系と称することもできる。反応ガス供給系をNH₃供給系と称することもできる。

【0031】

また、主に、キャリアガス供給管510, 520, 530, MFC512, 522, 523, バルブ514, 524, 534によりキャリアガス供給系が構成される。キャリアガスとして不活性ガスを流す場合、キャリアガス供給系を不活性ガス供給系と称することもできる。この不活性ガスは、ページガスとしても作用することから不活性ガス供給系をページガス供給系と称することもできる。

【0032】

マニホールド209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。排気管231は、ノズル410, 420, 430と同様に、マニホールド209の側壁を貫通するように設けられている。排気管231は、図2に示すように、平面視において、ウエハ200を挟んでノズル410, 420, 430と対向する位置に設けられている。この構成により、ガス供給孔410a, 420a, 430a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。

【0033】

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(圧力検出部)としての圧力センサ245, APC(Auto Pressure Controller)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。APCバルブ243は、排気バルブであり、圧力調整部として機能する。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, APCバルブ243, 圧力センサ245により、排気系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もよい。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もよい。

【0034】

なお、APC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

10

20

30

40

50

で、処理室201内の真空排気および真空排気停止を行なうことができ、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に構成されている。APCバルブ243は、排気系の排気流路の一部を構成しており、圧力調整部として機能するだけでなく、排気系の排気流路を閉塞したり、さらには、密閉したりすることが可能な排気流路開閉部、すなわち、排気バルブとしても機能する。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APC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」に近づけることができ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ない場合や、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、APC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内の圧力制御を行なう際の「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」が追従することとなる。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APCバルブ243の開度を変更すること」と同義であり、「APCバルブ243の開度を変更するための指令」と考えることができる。

10

【0035】

20

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への通電量を調整することで、処理室201内の温度が所望の温度分布となるように構成されている。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。

【0036】

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。

30

【0037】

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。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121に実行させ、所定の結果を得ることができ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。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、その両方を含む場合がある。また、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されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

40

【0038】

I/Oポート121dは、上述のMFC312、322、332、512、522、532、バルブ314、324、334、514、524、534、APCバルブ243、圧力センサ245、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等に接続されている。

50

【0039】

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からプロセスレシピを読み出すように構成されている。CPU121aは、読み出したプロセスレシピに従って、MFC312, 322, 332, 512, 522, 532による各種ガスの流量調整動作、バルブ314, 324, 334, 514, 524, 534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263に基づくヒータ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ように構成されている。

10

【0040】

コントローラ121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（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等）123を用意し、係る外部記憶装置123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121を構成することができる。ただし、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123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123を介さずにプログラムを供給するようにしてもよい。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。

20

【0041】

(2) 基板処理工程（成膜工程）

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、例えばゲート電極を構成する金属膜を形成する工程の一例について図4を用いて説明する。金属膜を形成する工程は、上述した基板処理装置10の処理炉202を用いて実行される。以下の説明において、基板処理装置10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。

30

【0042】

(本発明の第1の実施形態)

本実施形態の好適な成膜シーケンス（単にシーケンスとも称する）は、ウエハ200に対して、第1の元素である金属元素（例えばTi）を含むハロゲン系原料ガス（例えばTiCl₄ガス）を供給する工程と、上記ウエハ200に対して、第2の元素（例えば窒素（N））を含み、上記第1の元素と反応する反応ガス（例えばNH₃ガス）を供給する工程と、を時分割して所定回数行うことにより、上記ウエハ200上に、上記第1の元素および上記第2の元素を含む第1の層（例えばTiN層）を形成する工程と、上記ウエハ200に対して、上記第1の元素を含む有機系原料ガス（例えばTDEATガス）を供給する工程と、上記ウエハ200に対して、上記反応ガスを供給する工程と、を時分割して所定回数行うことで、上記ウエハ200上に、上記第1の元素および上記第2の元素を含む第2の層を形成する工程と、を時分割して所定回数行うことにより、上記基板上に上記第1の元素および上記第2の元素を含む薄膜を形成する工程を有する。

40

【0043】

なお、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）」

50

」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。

【0044】

従って、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（又は膜）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（又は膜）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（又は膜）を形成する」ことを意味する場合がある。

10

【0045】

なお、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」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、「ウエハ」を「基板」に置き換えて考えればよい。

【0046】

また、本明細書において金属膜という用語は、金属原子を含む導電性の物質で構成される膜を意味し、これには、導電性の金属窒化膜（メタルナイトライド膜）、導電性の金属酸化膜（メタルオキシライド膜）、導電性の金属酸窒化膜（メタルオキシナイトライド膜）、導電性の金属複合膜、導電性の金属合金膜、導電性の金属シリサイド膜（メタルシリサイド膜）、導電性の金属炭化膜（メタルカーバイド膜）、導電性の金属炭窒化膜（メタルカーボナイトライド膜）等が含まれる。なお、TiAlC膜（チタンアルミニウム炭化膜）は導電性の金属炭窒化膜である。

20

【0047】

（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）されると、図1に示されているように、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内に搬入（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220を介して反応管203の下端開口を閉塞した状態となる。

30

【0048】

（圧力調整および温度調整）

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246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情報に基づき、APCバルブ243がフィードバック制御される（圧力調整）。真空ポンプ246は、少なくともウエハ200に対する処理が完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への通電量がフィードバック制御される（温度調整）。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に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。

40

【0049】

（第1のTiN膜形成ステップ）

続いて、第1のTiN膜を形成するステップを実行する。第1のTiN膜形成ステップは、以下に説明するハロゲン系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガ

50

ス供給ステップ、残留ガス除去ステップを含む。

【0050】

(ハロゲン系原料ガス供給ステップ)

バルブ314を開き、ガス供給管310内にハロゲン系原料である $TiCl_4$ ガスを流す。ガス供給管310内を流れた $TiCl_4$ ガスは、MFC312により流量調整される。流量調整された $TiCl_4$ ガスは、ノズル410のガス供給孔410aから処理室201内に供給され、排気管231から排気される。このとき、ウエハ200に対して $TiCl_4$ ガスが供給されることとなる。すなわちウエハ200の表面は $TiCl_4$ ガスに暴露されることとなる。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_2 ガス等の不活性ガスを流す。キャリアガス供給管510内を流れた N_2 ガスは、MFC512により流量調整される。流量調整された N_2 ガスは $TiCl_4$ 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。なお、このとき、ノズル420、ノズル430内への $TiCl_4$ ガスの侵入を防止するために、バルブ524、534を開き、キャリアガス供給管520、キャリアガス供給管530内に N_2 ガスを流す。 N_2 ガスは、ガス供給管320、ガス供給管330、ノズル420、ノズル430を介して処理室201内に供給され、排気管231から排気される。

10

【0051】

このときAPCバルブ243を適正に調整して、処理室201内の圧力を、例えば1~10000Paの範囲内の圧力とする。MFC312で制御する $TiCl_4$ ガスの供給流量は、例えば10~10000sccmの範囲内の流量とする。MFC512, 522, 532で制御する N_2 ガスの供給流量は、それぞれ例えば10~10000sccmの範囲内の流量とする。 $TiCl_4$ 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0.1~120秒の範囲内の時間とする。このときヒータ207の温度は、ウエハ200の温度が、例えば200~500の範囲内の温度となるような温度に設定する。処理室201内に流しているガスは $TiCl_4$ ガスと N_2 ガスのみであり、 $TiCl_4$ ガスの供給により、ウエハ200(表面の下地膜)上に、例えば1原子層未満から数原子層程度の厚さのTi含有層が形成される。

20

【0052】

Ti含有層はTi単一原子のみを含むTi層となることは少なく、実際には、各原料由来のその他の原子を含むことが多いため、ハロゲン系原料ガス供給ステップではハロゲン系元素であるClを含むことが多い。すなわち、Ti含有層はほぼ $TiCl_4$ の吸着層である $TiCl_4$ 層であるといえる。 $TiCl_4$ 層は、 $TiCl_4$ 分子の連続的な吸着層の他、不連続な吸着層も含む。すなわち、 $TiCl_4$ 層は、 $TiCl_4$ 分子で構成される1分子層もしくは1分子層未満の厚さの吸着層を含む。 $TiCl_4$ 層を構成する $TiCl_4$ 分子は、TiとClとの結合が一部切れたものも含む。すなわち、 $TiCl_4$ 層は、 $TiCl_4$ の物理吸着層や化学吸着層を含む。ただし、上述の処理条件下では、ウエハ200上への $TiCl_4$ の物理吸着よりも化学吸着の方が優勢となる。

30

【0053】

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。この点は後述の例についても同様である。

40

【0054】

(残留ガス除去ステップ)

Ti含有膜が形成された後、バルブ314を閉じ、 $TiCl_4$ ガスの供給を停止する。このとき、排気管231の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含有膜形成に寄与した後の $TiCl_4$ ガスを処理室201内から排除する。すなわち、Ti含有層が形成されたウエハ200が存在する空間に残留する未反応もしくはTi含有層の形成

50

に寄与した後のTiCl₄ガスを除去する。このときバルブ514, 524, 534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、処理室201内に残留する未反応もしくはTi含有膜形成に寄与した後のTiCl₄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。

【0055】

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において悪影響が生じることはない。処理室201内に供給する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、その後のステップにおいて悪影響が生じない程度のパージを行なうことができる。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。また、N₂ガスの消費も必要最小限に抑えることが可能となる。

10

【0056】

(N含有ガス供給ステップ)

処理室201内の残留ガスを除去した後、バルブ334を開き、ガス供給管330内にN含有ガスであるNH₃ガスを流す。ガス供給管330内を流れたNH₃ガスは、MFC332により流量調整される。流量調整されたNH₃ガスは、ノズル430のガス供給孔430aから処理室201内に供給される。処理室201内に供給されたNH₃ガスは熱で活性化された後、排気管231から排気される。このときウエハ200に対して、熱で活性化されたNH₃ガスが供給されることとなる。すなわちウエハ200の表面は熱で活性化されたNH₃ガスに暴露されることとなる。このとき同時にバルブ534を開き、キャリアガス供給管530内にN₂ガスを流す。キャリアガス供給管530内を流れたN₂ガスは、MFC532により流量調整される。N₂ガスはNH₃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。このとき、ノズル410, 420内へのNH₃ガスの侵入を防止するために、バルブ514, 524を開き、キャリアガス供給管510, 520内にN₂ガスを流す。N₂ガスは、ガス供給管310, 320, ノズル410, ノズル420を介して処理室201内に供給され、排気管231から排気される。

20

【0057】

NH₃ガスを流すときは、APCバルブ243を適正に調整して、処理室201内の圧力を、例えば1~10000Paの範囲内の圧力とする。MFC332で制御するNH₃ガスの供給流量は、例えば10~50000sccmの範囲内の流量とする。MFC512, 522, 532で制御するN₂ガスの供給流量は、それぞれ例えば10~10000sccmの範囲内の流量とする。熱で活性化させたNH₃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0.1~120秒の範囲内の時間とする。このときのヒータ207の温度は、ステップ11と同様、ウエハ200の温度が、例えば200~500の範囲内の温度となるような温度に設定する。

30

【0058】

このとき処理室201内に流しているガスは、NH₃ガスとN₂ガスのみである。NH₃ガスは、ハロゲン系原料ガス供給ステップでウエハ200上に形成されたTi含有層の少なくとも一部と置換反応する。置換反応の際には、Ti含有層に含まれるTiとNH₃ガスに含まれるNとが結合して、ウエハ200上にTiとNとを含むTiN層が形成される。

40

【0059】

(残留ガス除去ステップ)

TiN層を形成した後、バルブ334を閉じて、NH₃ガスの供給を停止する。このとき、排気管231の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TiN層の形成に寄与した後のNH₃ガスや反応副生成物を処理室201内から排除する。このときバルブ514, 524, 534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

50

する。N₂ガスはパージガスとして作用し、処理室201内に残留する未反応もしくはTiN層の形成に寄与した後のNH₃ガスや反応副生成物を処理室201内から排除する効果を高めることができる。

【0060】

このとき、ハロゲン系原料ガス供給ステップ後の残留ガス除去ステップと同様に、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。

【0061】

(所定回数実施)

上記したハロゲン系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガス供給ステップ、残留ガス供給ステップを順に時分割して行うサイクルを1回以上(所定回数)行うことにより、すなわち、ハロゲン系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガス供給ステップ、残留ガス供給ステップの処理を1サイクルとして、これらの処理をn₁サイクル(n₁は1以上の整数)だけ実行することにより、ウエハ200上に、所定の厚さ(例えば0.1~10nm)のTiN膜(第1のTiN膜)を形成する。上述のサイクルは、複数回繰り返すのが好ましい。

【0062】

サイクルを複数回行う場合、少なくとも2サイクル目以降の各ステップにおいて、「ウエハ200に対してガスを供給する」と記載した部分は、「ウエハ200上に形成されている層に対して、すなわち、積層体としてのウエハ200の最表面に対して所定のガスを供給する」ことを意味し、「ウエハ200上に所定の層を形成する」と記載した部分は、「ウエハ200上に形成されている層の上、すなわち、積層体としてのウエハ200の最表面の上に所定の層を形成する」ことを意味している。この点は、後述する例においても同様である。

【0063】

(第2のTiN膜形成ステップ)

続いて、第2のTiN膜を形成するステップを実行する。第2のTiN膜形成ステップは、以下に説明する有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップを含む。

【0064】

(有機系原料ガス供給ステップ)

バルブ324を開き、ガス供給管320内に有機系原料ガスであるTDEATガスを流す。ガス供給管320内を流れたTDEATガスは、MFC322により流量調整される。流量調整されたTDEATガスは、ノズル420のガス供給孔420aから処理室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TDEATガスが供給されることとなる。すなわちウエハ200の表面はTDEATガスに暴露されることとなる。このとき同時にバルブ524を開き、キャリアガス供給管520内にN₂ガスを流す。キャリアガス供給管520内を流れたN₂ガスは、MFC522により流量調整される。流量調整されたN₂ガスはTDEAT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。なお、このとき、ノズル410, ノズル430内へのTDEATガスの侵入を防止するために、バルブ514, 534を開き、キャリアガス供給管510, キャリアガス供給管530内にN₂ガスを流す。N₂ガスは、ガス供給管310, ガス供給管330, ノズル410, ノズル430を介して処理室201内に供給され、排気管231から排気される。

【0065】

このときAPCバルブ243を適正に調整して、処理室201内の圧力を、ステップ1と同様、例えば1~1000Paの範囲内の圧力とする。MFC322で制御するTDEATガスの供給流量は、例えば10~1000sccmの範囲内の流量とする。MFC512, 522, 532で制御するN₂ガスの供給流量は、それぞれ例えば10~1000sccmの範囲内の流量とする。TDEATガスをウエハ200に対して供給す

10

20

30

40

50

る時間、すなわちガス供給時間（照射時間）は、例えば0.1～120秒の範囲内の時間とする。このときのヒータ207の温度は、ハロゲン系原料ガス供給ステップと同様、温度に設定する。処理室201内に流れているガスは、TDEATガスとN₂ガスのみであり、TDEATガスの供給により、ウエハ200（表面の下地膜、ここでは第1のTiN膜）上に、例えば、1原子層未満から数原子層程度の厚さのTi含有層が形成される。

【0066】

ハロゲン系原料ガス供給ステップで形成されたTi含有層と同様に、有機系原料形成ステップで形成されるTi含有層も、Ti単一原子のみを含むTi層となることは少なく、実際には、各原料由来のその他の原子を含むことが多いため、TDEATガスを用いる有機系原料ガス供給ステップでは、C、N等有機物およびアミンが含まれることが多い。したがって、Ti含有層はTDEATの吸着層であるTDEAT層であるといえる。TDEAT層は、TDEAT分子の連続的な吸着層の他、不連続な吸着層も含む。すなわち、TDEAT層は、TDEAT分子で構成される1分子層もしくは1分子層未満の厚さの吸着層を含む。TDEAT層を構成するTDEAT分子は、TiとC、N、Hの結合が一部切れたものも含む。すなわち、TDEAT層は、TDEATの物理吸着層や化学吸着層を含む。ただし、上述の処理条件下では、ウエハ200上へのTDEATの物理吸着よりも化学吸着の方が優勢となる。

【0067】

（残留ガス除去ステップ）

その後、バルブ324を閉じてTDEATガスの供給を停止する。このとき、排気管231の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上記したTi含有層の形成に寄与した後のTDEATガスを処理室201内から排除する。なお、このときバルブ510、520、530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内に残留する未反応もしくは上記したTi含有層の形成に寄与した後のTDEAT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。

【0068】

このとき、ハロゲン系原料ガス供給ステップ後の残留ガス除去ステップと同様に、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。

【0069】

（N含有ガス供給ステップ）

次に、前述のN含有ガス供給ステップと同様の処理手順、処理条件により、N含有ガスとしてNH₃ガスを処理室201内に供給する。このとき処理室201内に流しているガスは、NH₃ガスとN₂ガスのみである。NH₃ガスは、ハロゲン系原料ガス供給ステップでウエハ200上に形成されたTi含有層の少なくとも一部と置換反応する。置換反応の際には、Ti含有層に含まれるTiとNH₃ガスに含まれるNとが結合して、ウエハ200上にTiとNとを含むTiN層が形成される。

【0070】

（残留ガス除去ステップ）

続いて、前述のハロゲン系原料ガス供給ステップ後の残留ガス供給ステップと同様の処理により、処理室201内に残留する未反応もしくは上記したTiN層の形成に寄与した後のNH₃ガスおよび副生成物を処理室201内から排除する。

【0071】

上記した有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップを順に時分割して行うサイクルを1回以上（所定回数）行うことにより、すなわち、有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップの処理を1サイクルとして、これらの処理をn₂サイクル（n₂は1以上の整数）だけ実行することにより、ウエハ200上に、所定の厚さ

10

20

30

40

50

(例えば0.1~10nm)のTiN膜(第2のTiN膜)を形成する。上述のサイクルは、複数回繰り返すのが好ましい。

【0072】

(所定回数実施)

上述した第1のTiN膜を形成するステップと、上述した第2のTiN膜を形成するステップとを、時分割して n_3 回(n_3 は1以上の整数)だけ実行することにより、ウエハ200上に、第1のTiN膜と第2のTiN膜とが交互に積層されてなる積層膜として構成される所定の厚さ(例えば1.0~20nm)のTiN膜を形成する。上述のステップは、複数回繰り返すのが好ましい。

【0073】

ここで、第1のTiN膜を形成するステップを行う回数(上述の n_1 回)と、第2のTiN膜を形成するステップを行う回数(上述の n_2 回)により、最終的に形成されるTiN膜に含まれる各元素の割合を調整することができる。すなわち、金属元素としてチタンを含む金属含有ガスとして、ハロゲン系原料ガスである $TiCl_4$ ガスを用いる回数(上述の n_1 回)と、TDEATガスを用いる回数(上述の n_2 回)を調整することにより、最終的に形成されるTiN膜に含まれる各原料由来の元素であるTi, N, C, H, Cl等の割合を調整することができる。すなわち、各処理の回数を調整することにより、TiN膜から構成されるゲート電極の仕事関数をチューニング(調整、変調)することができる。換言すれば、 n_1 , n_2 の各値は、TiN膜に含める各元素の割合に応じて決定される。

【0074】

したがって、上述の n_1 , n_2 の各値を、TiN膜に含める各元素の割合に応じて決定することで、所望の仕事関数を有する金属膜を形成することができる。

【0075】

(パージおよび大気圧復帰)

バルブ514, 524, 534を開き、ガス供給管510, 520, 530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内が不活性ガスでパージされ、処理室201内に残留するガスや副生成物が処理室201内から除去される(パージ)。その後、処理室201内の雰囲気の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)。

【0076】

(ポートアンロードおよびウエハディスチャージ)

その後、ポートエレベータ115によりシールキャップ219が下降されて、反応管203の下端が開口される。そして、処理済ウエハ200がポート217に支持された状態で反応管203の下端から反応管203の外部に搬出(ポートアンロード)される。その後、処理済のウエハ200は、ポート217より取り出される(ウエハディスチャージ)。

【0077】

(3)本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す1つまたは複数の効果を奏する。

【0078】

本実施形態においては、第1のTiN膜と第2のTiN膜からなるラミネート膜の各々の膜の膜厚比でTi, N, C, H, Cl等の各元素の組成比を調整することができ、仕事関数を制御することができる。すなわち、本実施形態によれば、最終的に得られるTiN膜に含まれる各元素(Ti, N, C, H, Cl等)の原子濃度の制御性を高めることが可能となり、それにより、TiN膜の仕事関数の制御性を高めることが可能となる。

【0079】

また、本実施形態においては、膜を形成する際、形成される膜の主たる組成を構成する元素のうち、金属元素を含む層を基板上に形成する際、用いる金属含有原料ガスとして、

10

20

30

40

50

例えばハロゲン系原料ガスおよび有機系原料ガスのように異なる組成を有するものを選択することにより、基板上に形成する膜に含まれる各原料ガスに由来する各元素の組成比を調整することができる。

【0080】

上述の効果は、原料ガスとしてTiCl₄ガス以外のハロゲン系原料ガスを用いる場合や、TDEATガス以外の有機系原料ガスを用いる場合、反応ガスとしてNH₃ガス以外のN含有ガスを用いる場合にも、同様に奏する。

【0081】

<本発明の第2の実施形態>

第1の実施形態では、ハロゲン系原料ガスであるTiCl₄ガスとN含有ガスであるNH₃ガスを用いて第1のTiN膜を形成し、有機系原料ガスであるTDEATガスとN含有ガスであるNH₃ガスを用いて第2のTiN膜を形成して、最終的なTiN膜を形成する例について説明した。第2の実施形態について、第1の実施形態と同様の部分については詳細な説明は省略し、第1の実施形態と異なる部分について以下に説明する。

10

【0082】

本実施形態では、図5に示すように、有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、N含有ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップのサイクルを1サイクルとして順に時分割してn₁サイクル(n₁は1以上の整数)行った後、N含有ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップのサイクルを1サイクルとして順に時分割してn₂サイクル(n₂は1以上の整数)行い、これらをn₃回(n₃は1以上の整数)繰り返すことにより、ウエハ200上にTiN膜を形成する。

20

【0083】

本実施形態のように、最初にハロゲン系原料ガスではなく有機系原料ガスを流すことにより、基板の濡れ性が向上し、または、結晶核の表面エネルギーが低くなり、核密度が密になることが期待できる。これにより、膜の表面ラフネスが改善するという効果を得ることができる。

【0084】

<本発明の第3の実施形態>

第1の実施形態と同様の部分については詳細な説明は省略し、第1の実施形態と異なる部分について以下に説明する。

30

【0085】

本実施形態では、図6に示すように、ハロゲン系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップのサイクルを1サイクルとして順に時分割してn₁サイクル(n₁は1以上の整数)行った後、N含有ガス供給ステップを1サイクル行い、これらをm回(mは1以上の整数)繰り返すことにより、ウエハ200上にTiN膜を形成する。

【0086】

<本発明の第4の実施形態>

第1の実施形態と同様の部分については詳細な説明は省略し、第1の実施形態と異なる部分について以下に説明する。

40

【0087】

本実施形態では、図7に示すように、有機系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、ハロゲン系原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップのサイクルを1サイクルとして順に時分割してn₁サイクル(n₁は1以上の整数)行った後、N含有ガス供給ステップを1サイクル行い、これらをm回(mは1以上の整数)繰り返すことにより、ウエハ200上にTiN膜を形成する。

【0088】

各実施形態のように、各処理を所定回数行うことにより、TiN膜がウエハ上に形成される。このとき、各サイクルを行う回数を制御することにより、最終的に形成されるTiN

50

膜中に含まれるTi, N, C, H, Cl等の各元素の組成比を調整することができ、仕事関数を制御することができる。

【0089】

<本発明の他の実施形態>

上述の各実施形態は、適宜組み合わせ用いることができる。さらに、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。

【0090】

上述の実施形態では、金属元素としてTiを用いる例について説明した。本発明は上述の態様に限定されず、Ti以外の元素として、タンタル(Ta)、シリコン(Si)等の元素を含む膜を形成する場合にも好適に適用可能である。

10

【0091】

例えば、適用可能な膜としては、TiCN膜、Doped-TiCN膜、TaN膜、TaCN膜、Doped-TaCN膜、SiCN膜、SiOCN膜等のメタルカーボナイトライド系の膜、メタルナイトライド系の膜、シリコンカーボナイトライド系の膜、シリコンオキシカーボナイトライド系の膜等が挙げられる。

【0092】

ハロゲン系原料ガスとしては、例えば、TiCl₄の他に、四フッ化チタニウム(TiF₄)、五塩化タンタル(TaCl₅)、五フッ化タンタル(TaF₅)、四塩化ケイ素(SiCl₄)、ジクロロシラン(SiH₂Cl₂)、六塩化二ケイ素(Si₂Cl₆)等を用いることも可能である。

20

【0093】

有機系原料ガスとしては、例えば、TDEATの他に、テトラキスジメチルアミノチタン(TDMAT, Ti[N(CH₃)₂]₄)、テトラキスジエチルアミノチタン(TDEAT, Ti[N(C₂H₅)₂]₄)、ペンタエトキシタンタル(PET, Ta(OC₂H₅)₅)、トリスジメチルアミノシラン(TDMAS, Si[N(CH₃)₂]₃H)、ビスターシャルブチルアミノシラン(BTBAS)、ビスジエチルアミノシラン(BDEAS)、ビスジエチルメチルアミノシラン(BDEMAS)等を用いることも可能である。

【0094】

反応ガスとしては、例えば、NH₃の他に、トリエチルアミン(TEA)、ジエチルアミン(DEA)、ジメチルアミン(DMA)、ターシャリーブチルアミン(TBA)等を用いることも可能である。

30

【0095】

また、上述の実施形態では、不活性ガスとして、N₂ガスを用いる例について説明しているが、これに限らず、Arガス、Heガス、Neガス、Xeガス等の希ガスを用いてもよい。

【0096】

上述の実施の形態では、一度に複数枚の基板を処理するバッチ式の縦型装置である基板処理装置であって、1つの反応管内に処理ガスを供給するノズルが立設され、反応管の下部に排気口が設けられた構造を有する処理炉を用いて成膜する例について説明したが、他の構造を有する処理炉を用いて成膜する場合にも本発明を適用可能である。例えば、同心円状の断面を有する2つの反応管(外側の反応管をアウトチューブ、内側の反応管をインナチューブと称する)を有し、インナチューブ内に立設されたノズルから、アウトチューブの側壁であって基板を挟んでノズルと対向する位置(線対称の位置)に開口する排気口へ処理ガスが流れる構造を有する処理炉を用いて成膜する場合にも本発明を適用可能である。また、処理ガスはインナチューブ内に立設されたノズルから供給されるのではなく、インナチューブの側壁に開口するガス供給口から供給されるようにしてもよい。このとき、アウトチューブに開口する排気口は、処理室内に積層して収容された複数枚の基板が存在する高さに応じて開口していてもよい。また、排気口の形状は穴形状であってもよいし、スリット形状であってもよい。

40

50

【 0 0 9 7 】

また、上述の実施の形態では、一度に複数枚の基板を処理するバッチ式の縦型装置である基板処理装置を用いて成膜する例について説明したが、本発明はこれに限定されず、一度に1枚または数枚の基板を処理する枚葉式の基板処理装置を用いて成膜する場合にも、好適に適用できる。また、上述の実施形態では、ホットウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて薄膜を成膜する例について説明したが、本発明はこれに限定されず、コールドウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて薄膜を成膜する場合にも、好適に適用できる。これらの場合においても、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。

【 0 0 9 8 】

例えば、図8に示す処理炉302を備えた基板処理装置を用いて膜を形成する場合にも、本発明は好適に適用できる。処理炉302は、処理室301を形成する処理容器303と、処理室301内にガスをシャワー状に供給するシャワーヘッド303sと、1枚または数枚のウエハ200を水平姿勢で支持する支持台317と、支持台317を下方から支持する回転軸355と、支持台317に設けられたヒータ307と、を備えている。シャワーヘッド303sのインレット（ガス導入口）には、上述の原料ガスを供給するガス供給ポート332aと、上述の反応ガスを供給するガス供給ポート332bと、が接続されている。ガス供給ポート332aには、上述の実施形態の原料ガス供給系と同様の原料ガス供給系が接続されている。ガス供給ポート332bには、上述の実施形態の反応ガス供給系と同様の反応ガス供給系が接続されている。シャワーヘッド303sのアウトレット（ガス排出口）には、処理室301内にガスをシャワー状に供給するガス分散板が設けられている。処理容器303には、処理室301内を排気する排気ポート331が設けられている。排気ポート331には、上述の実施形態の排気系と同様の排気系が接続されている。

【 0 0 9 9 】

また例えば、図9に示す処理炉402を備えた基板処理装置を用いて膜を形成する場合にも、本発明は好適に適用できる。処理炉402は、処理室401を形成する処理容器403と、1枚または数枚のウエハ200を水平姿勢で支持する支持台417と、支持台417を下方から支持する回転軸455と、処理容器403のウエハ200に向けて照射を行うランプヒータ407と、ランプヒータ407の光を透過させる石英窓403wと、を備えている。処理容器403には、上述の原料ガスを供給するガス供給ポート432aと、上述の反応ガスを供給するガス供給ポート432bと、が接続されている。ガス供給ポート432aには、上述の実施形態の原料ガス供給系と同様の原料ガス供給系が接続されている。ガス供給ポート432bには、上述の実施形態の反応ガス供給系と同様の反応ガス供給系が接続されている。処理容器403には、処理室401内を排気する排気ポート431が設けられている。排気ポート431には、上述の実施形態の排気系と同様の排気系が接続されている。

【 0 1 0 0 】

これらの基板処理装置を用いる場合においても、上述の実施形態や変形例と同様なシーケンス、処理条件にて成膜を行うことができる。

【 0 1 0 1 】

これらの各種薄膜の形成に用いられるプロセスレシピ（処理手順や処理条件等が記載されたプログラム）は、基板処理の内容（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、それぞれ個別に用意する（複数用意する）ことが好ましい。そして、基板処理を開始する際、基板処理の内容に応じて、複数のプロセスレシピの中から、適正なプロセスレシピを適宜選択することが好ましい。具体的には、基板処理の内容に応じて個別に用意された複数のプロセスレシピを、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（外部記憶装置123）を介して、基板処理装置が備える記憶装置121c内に予め格納（インストール）しておくことが好ましい。そして、基板処理を開始する際、基板処理装置が備えるCPU121aが、記憶装置121c内に格納された複数

10

20

30

40

50

のプロセスレシピの中から、基板処理の内容に応じて、適正なプロセスレシピを適宜選択することが好ましい。このように構成することで、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、再現性よく形成できるようになる。また、オペレータの操作負担（処理手順や処理条件等の入力負担等）を低減でき、操作ミスを回避しつつ、基板処理を迅速に開始できるようになる。

【0102】

また、本発明は、例えば、既存の基板処理装置の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。

10

【0103】

以下、本発明の望ましい形態について付記する。

【0104】

〔付記1〕

本発明の一態様によれば、

基板に対して、第1の元素を含むハロゲン系原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、第2の元素を含み、前記第1の元素と反応する反応ガスを供給する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第1の元素および前記第2の元素を含む第1の層を形成する工程と、

20

前記基板に対して、前記第1の元素を含む有機系原料ガスを供給する工程と、

前記基板に対して、前記反応ガスを供給する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第1の元素および前記第2の元素を含む第2の層を形成する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第1の元素および前記第2の元素を含む薄膜を形成する工程を有する半導体デバイスの製造方法、および、基板処理方法が提供される。

【0105】

〔付記2〕

付記1に記載の方法であって、好ましくは、

前記第1の元素は金属元素であり、前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記薄膜の仕事関数を制御する。

30

【0106】

〔付記3〕

付記2に記載の方法であって、好ましくは、

前記第1の元素はチタンである。

【0107】

〔付記4〕

付記1に記載の方法であって、好ましくは、

前記第1の層を形成する工程を行う回数と前記第2の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記薄膜に含まれる炭素、窒素、塩素のうち少なくともいずれかの濃度を制御する。

40

【0108】

〔付記5〕

付記2から4に記載の方法のいずれかであって、好ましくは、

前記反応ガスは窒素含有ガスである。

【0109】

〔付記6〕

50

付記 4 に記載の方法であって、好ましくは、
前記反応ガスは窒素含有ガスであり、前記第 1 の層を形成する工程を行う回数と前記第 2 の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記薄膜に含まれる炭素、窒素、塩素のうち少なくともいずれかの濃度を制御する。

【 0 1 1 0 】

〔付記 7〕

付記 1 に記載の方法であって、好ましくは、
前記第 1 の元素は金属元素であり、前記第 1 の層を形成する工程を行う回数と前記第 2 の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記薄膜の結晶性を制御する。

【 0 1 1 1 】

〔付記 8〕

付記 1 に記載の方法であって、好ましくは、
前記第 1 の元素は金属元素であり、前記第 1 の層を形成する工程を行う回数と前記第 2 の層を形成する工程を行う回数とを制御することにより、前記薄膜の仕事関数および結晶性を制御する。

【 0 1 1 2 】

〔付記 9〕

本発明の他の態様によれば、

基板に対して、第 1 の元素を含む有機系原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、前記第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、第 2 の元素を含み、前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 1 の層を形成する工程と、
前記基板に対して前記ハロゲン系原料ガスを供給する工程と、

前記基板に対して前記反応ガスを供給する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成する工程を有する半導体デバイスの製造方法、および基板処理方法が提供される。

【 0 1 1 3 】

〔付記 10〕

本発明の他の態様によれば、

基板に対して、第 1 の元素を含む有機系原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、前記第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガスを供給する工程と、
を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素を含む第 1 の層を形成する工程と、

前記基板に対して、第 2 の元素を含み、前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給する工程を所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成する工程を有する半導体デバイスの製造方法、および基板処理方法が提供される。

【 0 1 1 4 】

〔付記 11〕

本発明の他の態様によれば、

基板に対して、第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガスを供給する工程と、
前記基板に対して、前記第 1 の元素を含む有機系原料ガスを供給する工程と、
を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素

10

20

30

40

50

を含む第 1 の層を形成する工程と、
前記基板に対して、第 2 の元素を含み、前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給する工程を所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する工程と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成する工程を有する半導体デバイスの製造方法、および基板処理方法が提供される。

【 0 1 1 5 】

〔付記 1 2〕

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、第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガス、前記第 1 の元素を含む有機系原料ガス、および第 2 の元素を含み前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給するガス供給系と、

前記ガス供給系を制御して、前記処理室に収容された基板に対して、前記ハロゲン系原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 1 の層を形成する処理と、前記基板に対して、前記有機系原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 2 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成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。

【 0 1 1 6 】

〔付記 1 3〕

本発明の他の態様によれば、
基板を収容する処理室と、
前記基板に対して第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガス、前記第 1 の元素を含む有機系原料ガス、および第 2 の元素を含み前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給するガス供給系と、

前記ガス供給系を制御して、前記処理室に収容された基板に対して、前記有機系原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記ハロゲン系原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 1 の層を形成する処理と、前記基板に対して前記ハロゲン系原料ガスを供給する処理と、前記基板に対して前記反応ガスを供給する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成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。

【 0 1 1 7 】

〔付記 1 4〕

本発明の他の態様によれば、
基板を収容する処理室と、
前記基板に対して第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガス、前記第 1 の元素を含む有機系原料ガス、および第 2 の元素を含み前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給するガス供給系と、

前記ガス供給系を制御して、前記処理室に収容された基板に対して、前記ハロゲン系原

10

20

30

40

50

料ガスを供給する処理と、前記基板に対して、前記有機系原料ガスを供給する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素を含む第 1 の層を形成する処理と、前記基板に対して、前記反応ガスを供給する処理を所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する処理と、を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成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。

【 0 1 1 8 】

〔付記 1 5〕

本発明の他の態様によれば、

基板に対して、第 1 の元素を含むハロゲン系原料ガスを供給する手順と、前記基板に対して、第 2 の元素を含み、前記第 1 の元素と反応する反応ガスを供給する手順と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 1 の層を形成する手順と、

前記基板に対して、前記第 1 の元素を含む有機系原料ガスを供給する手順と、

前記基板に対して、前記反応ガスを供給する手順と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む第 2 の層を形成する手順と、

を時分割して（非同期、間欠的、パルス的に）所定回数行うことにより、前記基板上に前記第 1 の元素および前記第 2 の元素を含む薄膜を形成する手順をコンピュータに実行させるプログラム、および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。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 1 9 】

以上のように、本発明は、例えば、半導体装置の製造方法、半導体ウエハやガラス基板等の基板を処理する基板処理装置等に利用することができる。

【符号の説明】

【 0 1 2 0 】

1 0 . . . 基板処理装置

2 0 0 . . . ウエハ

2 0 1 . . . 処理室

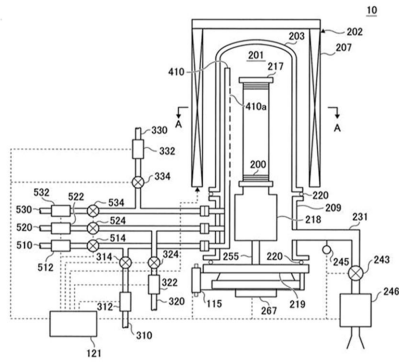
2 0 2 . . . 処理炉

10

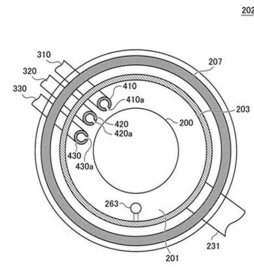
20

30

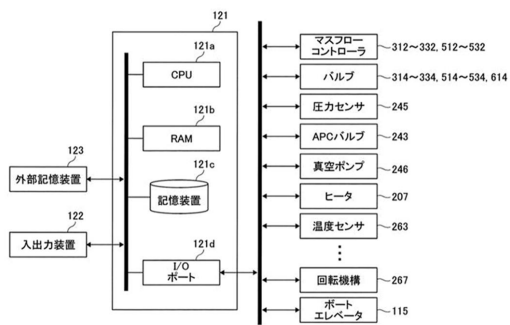
【図1】



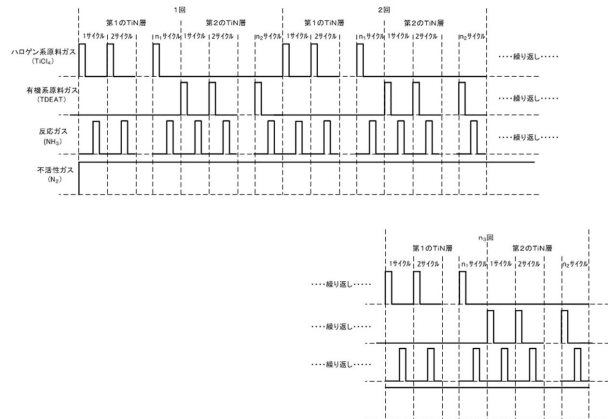
【図2】



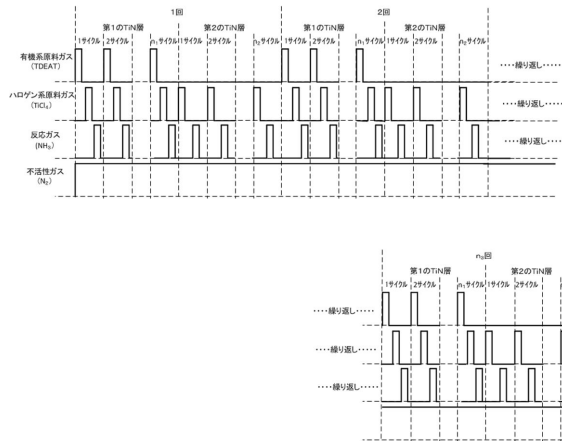
【図3】



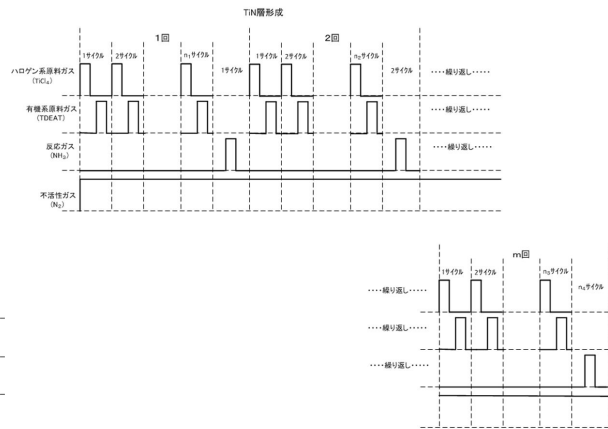
【図4】



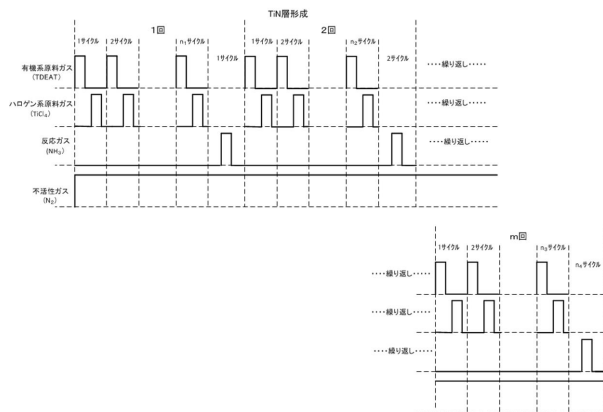
【図5】



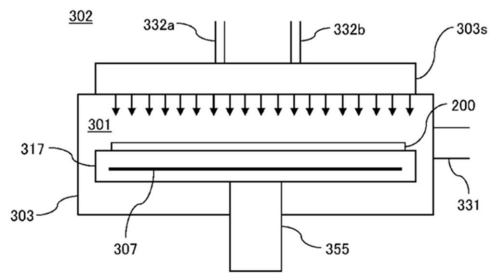
【図6】



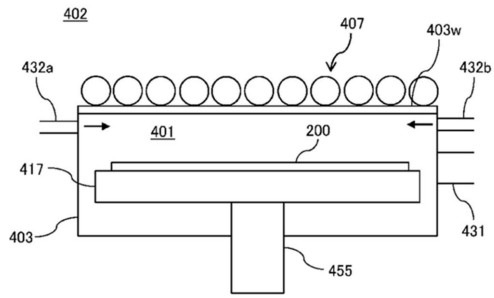
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 芦原 洋司

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 佐藤 靖史

(56)参考文献 国際公開第2013/027549(WO, A1)

特開2013-076157(JP, A)

国際公開第2004/112114(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/285

C23C 16/455

H01L 21/31