

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7313402号

(P7313402)

(45)発行日 令和5年7月24日(2023.7.24)

(24)登録日 令和5年7月13日(2023.7.13)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/302(2006.01)

H 0 1 L

21/302

2 0 1 A

請求項の数 20 (全23頁)

(21)出願番号	特願2021-107284(P2021-107284)	(73)特許権者	318009126
(22)出願日	令和3年6月29日(2021.6.29)		株式会社 K O K U S A I E L E C T R
(65)公開番号	特開2023-5410(P2023-5410A)		I C
(43)公開日	令和5年1月18日(2023.1.18)		東京都千代田区神田鍛冶町3丁目4番地
審査請求日	令和4年3月23日(2022.3.23)	(74)代理人	110001519
			弁理士法人太陽国際特許事務所
		(72)発明者	川西 真登
			富山県富山市八尾町保内二丁目1番地
			株式会社 K O K U S A I E L E C T R
			I C 内
		(72)発明者	伊藤 匠
			富山県富山市八尾町保内二丁目1番地
			株式会社 K O K U S A I E L E C T R
			I C 内
		(72)発明者	中谷 公彦
			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、プログラム及びエッチング方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 第14族元素を含む膜が形成された基板に、前記第14族元素を含む第1ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第14族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する工程と、

(b) (a)の後にハロゲンを含む第2ガスを供給する工程と、

(c) (a)と(b)を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第14族元素を含む膜をエッチングする工程と、
を有するエッチング方法。

【請求項2】

(a)では、前記第1ガスが分解する雰囲気下で、前記第1ガスを供給する請求項1記載のエッチング方法。

【請求項3】

(b)では、前記第2ガスが分解しない雰囲気下で、前記第2ガスを供給する請求項1又は2に記載のエッチング方法。

【請求項4】

(d) (c)では、(b)の後に前記基板が配置される処理容器内をパージする工程をさらに有する請求項1から3のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項5】

(d) (c)では、(b)の後に前記基板が配置される処理容器内をパージする工程を

有さない請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 6】

(a) と (b) の間でパージを行わない請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 7】

前記第 1 4 族元素は、シリコンであり、

前記第 1 ガスは、シラン系ガス又はクロロシラン系ガスである

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 8】

前記第 1 4 族元素は、シリコンであり、

前記第 1 ガスは、クロロシラン系ガスである

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

10

【請求項 9】

前記クロロシラン系ガスは、ジクロロシラン、ヘキサクロロジシラン、四塩化ケイ素の少なくとも 1 つ以上を含むガスである請求項 8 に記載のエッチング方法。

【請求項 10】

前記ハロゲンは、塩素である請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 11】

前記第 2 ガスは、塩素ガス、塩化水素ガス、三塩化ホウ素ガス、四塩化ケイ素ガス、モノシランガスと塩素ガスの混合ガスの少なくとも 1 つ以上である請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

20

【請求項 12】

前記第 1 4 族元素を含む膜は、シリコンを主成分とする膜である請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 13】

前記第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板は、所定元素がドーブされたシリコン膜と、所定元素がドーブされていないシリコン膜が表面に形成された基板であり、

(c) では、前記所定元素がドーブされていないシリコン膜をエッチングする

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 14】

前記第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板は、結晶性シリコン膜と、非結晶性シリコン膜が表面に形成された基板であり、

(c) では、前記結晶性シリコン膜と、前記非結晶性シリコン膜との両方をエッチングする

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

30

【請求項 15】

前記第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板は、酸化膜と、非酸化膜が表面に形成された基板であり、

(c) では、前記非酸化膜をエッチングする

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

40

【請求項 16】

前記第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板は、窒化膜と、非窒化膜が表面に形成された基板であり、

(c) では、前記非窒化膜をエッチングする

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 17】

(d) (c) の途中で、酸素含有ガスを供給する請求項 1 から 16 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 18】

(a) 第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスを

50

、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する工程と、
（b）（a）の後にハロゲンを含む第 2 ガスを供給する工程と、
（c）（a）と（b）を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第 1 4 族元素を含む膜をエッチングする工程と、
を有する半導体装置の製造方法。

【請求項 19】

第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスと、ハロゲンを含む第 2 ガスと、を供給するガス供給系と、

（a）前記基板に前記第 1 ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する処理と、

（b）（a）の後に前記基板に前記第 2 ガスを供給する処理と、

（c）（a）と（b）を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第 1 4 族元素を含む膜をエッチングする処理と、を行わせるように、前記ガス供給系を制御することが可能なように構成される制御部と、

を有する基板処理装置。

【請求項 20】

（a）第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する手順と、

（b）（a）の後にハロゲンを含む第 2 ガスを供給する手順と、

（c）（a）と（b）を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第 1 4 族元素を含む膜をエッチングする手順と、

をコンピュータによって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】

本開示は、半導体装置の製造方法、基板処理装置、プログラム及びエッチング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

シリコン層が露出した基板に対して、シラン系ガスを含む原料ガスと、塩素系もしくはフッ素系ガスと、水素系ガスとを順に複数回繰り返し供給して、シリコン層上に膜を成長させるようにすることがある（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2005 - 183514 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、エッチングの制御性を高め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】

本開示の一態様によれば、

（a）処理容器内に配置され、第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する工程と、

（b）（a）の後にハロゲンを含む第 2 ガスを供給する工程と、

（c）（a）と（b）を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第

10

20

30

40

50

１４族元素を含む膜をエッチングする工程と、
を有する技術が提供される。

【発明の効果】

【０００６】

本開示によれば、エッチングの制御性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】本開示の一実施形態における基板処理装置の縦型処理炉の概略を示す縦断面図である。

【図２】図１におけるＡ－Ａ線概略横断面図である。

10

【図３】本開示の一実施形態におけ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。

【図４】本開示の一実施形態における基板処理シーケンスを示す図である。

【図５】図５（Ａ）～図５（Ｄ）は、図４に示す基板処理シーケンスにおける基板表面の状態を説明するための模式図である。

【図６】本開示の一実施形態における基板処理シーケンスの変形例を示す図である。

【図７】本開示の一実施形態における基板処理シーケンスの変形例を示す図である。

【図８】図８（Ａ）及び図８（Ｂ）は、本開示の一実施形態における基板処理シーケンスの変形例を示す図である。

【図９】図９（Ａ）及び図９（Ｂ）は、本開示の他の実施形態における基板処理装置の処理炉の概略を示す縦断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【０００８】

以下、図１～５を参照しながら説明する。なお、以下の説明において用いられる図面は、いずれも模式的なものであり、図面に示される、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は、現実のものとは必ずしも一致していない。また、複数の図面の相互間においても、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は必ずしも一致していない。

【０００９】

（１）基板処理装置の構成

基板処理装置１０は、加熱手段（加熱機構、加熱系）としてのヒータ２０７が設けられた処理炉２０２を備える。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。

30

【００１０】

ヒータ２０７の内側には、ヒータ２０７と同心円状に処理容器を構成するアウトチューブ２０３が配設されている。アウトチューブ２０３は、例えば石英（ SiO_2 ）、炭化シリコン（ SiC ）などの耐熱性材料で構成され、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。アウトチューブ２０３の下方には、アウトチューブ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 ）などの金属で構成され、上端及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の上端部と、アウトチューブ２０３との間には、シール部材としてのＯ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、アウトチューブ２０３は垂直に据え付けられた状態となる。

40

【００１１】

アウトチューブ２０３の内側には、処理容器を構成するインナチューブ２０４が配設されている。インナチューブ２０４は、例えば石英（ SiO_2 ）、炭化シリコン（ SiC ）などの耐熱性材料で構成され、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。主に、アウトチューブ２０３と、インナチューブ２０４と、マニホールド２０９とにより処理容器が構成されている。処理容器の筒中空部（インナチューブ２０４の内側）には処理室２０１が形成されている。

【００１２】

50

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鉛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。

【0013】

処理室 201 内には、ノズル 410, 420, 430 がマニホールド 209 の側壁及びインナチューブ 204 を貫通するように設けられている。ノズル 410, 420, 430 には、ガス供給管 310, 320, 330 が、それぞれ接続されている。ただし、本実施形態の処理炉 202 は上述の形態に限定されない。

【0014】

ガス供給管 310, 320, 330 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）312, 322, 332 がそれぞれ設けられている。また、ガス供給管 310, 320, 330 には、開閉弁であるバルブ 314, 324, 334 がそれぞれ設けられている。ガス供給管 320 のバルブ 324 の下流側には、ガス供給管 340 が接続されている。ガス供給管 340 には、上流側から順に、MFC 342、バルブ 344 が設けられている。ガス供給管 310, 320, 330 のバルブ 314, 324, 334 の下流側（ガス供給管 320 においては、さらにガス供給管 340 との合流部の下流側）には、不活性ガスを供給するガス供給管 510, 520, 530 がそれぞれ接続されている。ガス供給管 510, 520, 530 には、上流側から順に、流量制御器（流量制御部）である MFC 512, 522, 532 及び開閉弁であるバルブ 514, 524, 534 がそれぞれ設けられている。

【0015】

ガス供給管 310, 320, 330 の先端部にはノズル 410, 420, 430 がそれぞれ連結接続されている。ノズル 410, 420, 430 は、L 字型の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 の側壁及びインナチューブ 204 を貫通するように設けられている。ノズル 410, 420, 430 の垂直部は、インナチューブ 204 の径方向外向きに突出し、かつ鉛直方向に延在するように形成されているチャンネル形状（溝形状）の予備室 201a の内部に設けられており、予備室 201a 内にてインナチューブ 204 の内壁に沿って上方（ウエハ 200 の配列方向上方）に向かって設けられている。

【0016】

ノズル 410, 420, 430 は、処理室 201 の下部領域から処理室 201 の上部領域まで延在するように設けられており、ウエハ 200 と対向する位置にそれぞれ複数のガス供給孔 410a, 420a, 430a が設けられている。これにより、ノズル 410, 420, 430 のガス供給孔 410a, 420a, 430a からそれぞれウエハ 200 に処理ガスを供給する。このガス供給孔 410a, 420a, 430a は、インナチューブ 204 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、さらに同一の開口ピッチで設けられている。ただし、ガス供給孔 410a, 420a, 430a は上述の形態に限定されない。例えば、インナチューブ 204 の下部から上部に向かって開口面積を徐々に大きくしてもよい。これにより、ガス供給孔 410a, 420a, 430a から供給されるガスの流量をより均一化することが可能となる。

【0017】

ノズル 410, 420, 430 のガス供給孔 410a, 420a, 430a は、後述するポート 217 の下部から上部までの高さの位置に複数設けられている。そのため、ノズル 410, 420, 430 のガス供給孔 410a, 420a, 430a から処理室 201 内に供給された処理ガスは、ポート 217 の下部から上部までに収容されたウエハ 200 の全域に供給される。ノズル 410, 420, 430 は、処理室 201 の下部領域から上部領域まで延在するように設けられていればよいが、ポート 217 の天井付近まで延在するように設けられていることが好ましい。

【0018】

ガス供給管 310 からは、処理ガスとして、第 14 族元素を含む第 1 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

ガス供給管 3 2 0 からは、処理ガスとして、ハロゲンを含むハロゲン含有ガスが、M F C 3 2 2、バルブ 3 2 4、ノズル 4 2 0 を介して処理室 2 0 1 内に供給される。

【 0 0 2 0 】

ガス供給管 3 3 0 からは、処理ガスとして、酸素含有ガスが、M F C 3 3 2、バルブ 3 3 4、ノズル 4 3 0 を介して処理室 2 0 1 内に供給される。

【 0 0 2 1 】

ガス供給管 3 4 0 からは、処理ガスとして、水素含有ガスが、M F C 3 4 2、バルブ 3 4 4、ガス供給管 3 2 0、ノズル 4 2 0 を介して処理室 2 0 1 内に供給される。

【 0 0 2 2 】

本開示では、ノズル 4 2 0 を介して処理室 2 0 1 内に供給されるハロゲン含有ガスと水素含有ガスとの組み合わせによるガスを、第 2 ガスとして用いる。

【 0 0 2 3 】

ガス供給管 5 1 0、5 2 0、5 3 0 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 M F C 5 1 2、5 2 2、5 3 2、バルブ 5 1 4、5 2 4、5 3 4、ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 を介して処理室 2 0 1 内に供給される。以下、不活性ガスとして N_2 ガスを用いる例について説明するが、不活性ガスとしては、 N_2 ガス以外に、例えば、アルゴン (A r) ガス、ヘリウム (H e) ガス、ネオン (N e) ガス、キセノン (X e) ガス等の希ガスを用いてもよい。

【 0 0 2 4 】

主に、ガス供給管 3 1 0、3 2 0、3 3 0、3 4 0、M F C 3 1 2、3 2 2、3 3 2、3 4 2、バルブ 3 1 4、3 2 4、3 3 4、3 4 4、ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 により処理ガス供給系が構成されるが、ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 のみを処理ガス供給系と考えてもよい。処理ガス供給系は単にガス供給系と称してもよい。ガス供給管 3 1 0 から第 1 ガスを流す場合、主に、ガス供給管 3 1 0、M F C 3 1 2、バルブ 3 1 4 により第 1 ガス供給系が構成されるが、ノズル 4 1 0 を第 1 ガス供給系に含めて考えてもよい。また、第 1 ガス供給系を、第 1 4 族元素含有ガス供給系と称することもできる。また、ガス供給管 3 2 0 からハロゲン含有ガスと水素含有ガスを流す場合、主に、ガス供給管 3 2 0、M F C 3 2 2、バルブ 3 2 4 によりハロゲン含有ガス供給系が、ガス供給管 3 4 0、M F C 3 4 2、バルブ 3 4 4、ガス供給管 3 2 0 により水素含有ガス供給系が構成され、ハロゲン含有ガス供給系と水素含有ガス供給系とにより第 2 ガス供給系が構成されるが、ノズル 4 2 0 を第 2 ガス供給系に含めて考えてもよい。また、ガス供給管 3 3 0 から酸素含有ガスを流す場合、主に、ガス供給管 3 3 0、M F C 3 3 2、バルブ 3 3 4 により酸素含有ガス供給系が構成されるが、ノズル 4 3 0 を酸素含有ガス供給系に含めて考えてもよい。また、主に、ガス供給管 5 1 0、5 2 0、5 3 0、M F C 5 1 2、5 2 2、5 3 2、バルブ 5 1 4、5 2 4、5 3 4 により不活性ガス供給系が構成される。

【 0 0 2 5 】

本開示におけるガス供給の方法は、インナチューブ 2 0 4 の内壁と、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の予備室 2 0 1 a 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ている。そして、ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 のウエハと対向する位置に設けられた複数のガス供給孔 4 1 0 a、4 2 0 a、4 3 0 a からインナチューブ 2 0 4 内にガスを噴出させている。より詳細には、ノズル 4 1 0 のガス供給孔 4 1 0 a、ノズル 4 2 0 のガス供給孔 4 2 0 a、ノズル 4 3 0 のガス供給孔 4 3 0 a により、ウエハ 2 0 0 の表面と平行方向に向かって処理ガス等を噴出させている。

【 0 0 2 6 】

排気孔 (排気口) 2 0 4 a は、インナチューブ 2 0 4 の側壁であってノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 に対向した位置に形成された貫通孔であり、例えば、鉛直方向に細長く開設されたスリット状の貫通孔である。ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 のガス供給孔 4 1 0 a、4 2 0 a、4 3 0 a から処理室 2 0 1 内に供給され、ウエハ 2 0 0 の表面上を流れたガスは、排気孔 2 0 4 a を介してインナチューブ 2 0 4 とアウトチューブ 2 0 3 との間に形

10

20

30

40

50

成された隙間で構成された排気路 2 0 6 内に流れる。そして、排気路 2 0 6 内へと流れたガスは、排気管 2 3 1 内に流れ、処理炉 2 0 2 外へと排出される。

【 0 0 2 7 】

排気孔 2 0 4 a は、複数のウエハ 2 0 0 と対向する位置に設けられており、ガス供給孔 4 1 0 a , 4 2 0 a , 4 3 0 a から処理室 2 0 1 内のウエハ 2 0 0 の近傍に供給されたガスは、水平方向に向かって流れた後、排気孔 2 0 4 a を介して排気路 2 0 6 内へと流れる。排気孔 2 0 4 a はスリット状の貫通孔として構成される場合に限らず、複数の孔により構成されていてもよい。

【 0 0 2 8 】

マニホールド 2 0 9 には、処理室 2 0 1 内の雰囲気気を排気する排気管 2 3 1 が設けられている。排気管 2 3 1 には、上流側から順に、処理室 2 0 1 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 2 4 5、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 2 4 3、真空排気装置としての真空ポンプ 2 4 6 が接続されている。A P C バルブ 2 4 3 は、真空ポンプ 2 4 6 を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室 2 0 1 内の真空排気及び真空排気停止を行うことができ、更に、真空ポンプ 2 4 6 を作動させた状態で弁開度を調節することで、処理室 2 0 1 内の圧力を調整することができる。主に、排気孔 2 0 4 a、排気路 2 0 6、排気管 2 3 1、A P C バルブ 2 4 3 及び圧力センサ 2 4 5 により、排気系が構成される。真空ポンプ 2 4 6 を排気系に含めて考えてもよい。

【 0 0 2 9 】

マニホールド 2 0 9 の下方には、マニホールド 2 0 9 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 2 1 9 が設けられている。シールキャップ 2 1 9 は、マニホールド 2 0 9 の下端に鉛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 2 1 9 は、例えば S U S 等の金属で構成され、円盤状に形成されている。シールキャップ 2 1 9 の上面には、マニホールド 2 0 9 の下端と当接するシール部材としてのリング 2 2 0 b が設けられている。シールキャップ 2 1 9 における処理室 2 0 1 の反対側には、ウエハ 2 0 0 を収容するポート 2 1 7 を回転させる回転機構 2 6 7 が設置されている。回転機構 2 6 7 の回転軸 2 5 5 は、シールキャップ 2 1 9 を貫通してポート 2 1 7 に接続されている。回転機構 2 6 7 は、ポート 2 1 7 を回転させることでウエハ 2 0 0 を回転させるように構成されている。シールキャップ 2 1 9 は、アウトチューブ 2 0 3 の外部に垂直に設置された升降機構としてのポートエレベータ 1 1 5 によって鉛直方向に升降されるように構成されている。ポートエレベータ 1 1 5 は、シールキャップ 2 1 9 を升降させることで、ポート 2 1 7 を処理室 2 0 1 内外に搬入及び搬出することが可能なように構成されている。ポートエレベータ 1 1 5 は、ポート 2 1 7 及びポート 2 1 7 に収容されたウエハ 2 0 0 を、処理室 2 0 1 内外に搬送する搬送装置（搬送系）として構成されている。

【 0 0 3 0 】

基板支持具としてのポート 2 1 7 は、複数枚、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鉛直方向に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、例えば石英や S i C 等の耐熱性材料で構成される。ポート 2 1 7 の下部には、例えば石英や S i C 等の耐熱性材料で構成される断熱板 2 1 8 が水平姿勢で多段（図示せず）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 等の耐熱性材料で構成される筒状の部材として構成された断熱筒を設けてもよい。

【 0 0 3 1 】

図 2 に示すように、インナチューブ 2 0 4 内には温度検出器としての温度センサ 2 6 3 が設置されており、温度センサ 2 6 3 により検出された温度情報に基づきヒータ 2 0 7 への通電量を調整することで、処理室 2 0 1 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 2 6 3 は、ノズル 4 1 0 , 4 2 0 , 4 3 0 と同様に L 字型に構成されており、インナチューブ 2 0 4 の内壁に沿って設けられている。

【 0 0 3 2 】

図 3 に示すように、制御部（制御手段）であるコントローラ 1 2 1 は、CPU（Central Processing Unit）1 2 1 a、RAM（Random Access Memory）1 2 1 b、記憶装置 1 2 1 c、I/Oポート 1 2 1 d を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 1 2 1 b、記憶装置 1 2 1 c、I/Oポート 1 2 1 d は、内部バスを介して、CPU 1 2 1 a 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 1 2 1 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 1 2 2 が接続されている。

【 0 0 3 3 】

記憶装置 1 2 1 c 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 1 2 1 c 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラム、後述する半導体装置の製造方法の手順や条件などが記載されたプロセスレシピなどが、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する半導体装置の製造方法における各工程（各ステップ）をコントローラ 1 2 1 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、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、プロセスレシピ及び制御プログラムの組み合わせを含む場合がある。RAM 1 2 1 b は、CPU 1 2 1 a 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。

【 0 0 3 4 】

I/Oポート 1 2 1 d は、上述のMFC 3 1 2、3 2 2、3 3 2、3 4 2、5 1 2、5 2 2、5 3 2、バルブ 3 1 4、3 2 4、3 3 4、3 4 4、5 1 4、5 2 4、5 3 4、圧力センサ 2 4 5、APCバルブ 2 4 3、真空ポンプ 2 4 6、ヒータ 2 0 7、温度センサ 2 6 3、回転機構 2 6 7、ポートエレベータ 1 1 5 等に接続されている。

【 0 0 3 5 】

CPU 1 2 1 a は、記憶装置 1 2 1 c 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 1 2 2 からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 1 2 1 c からレシピ等を読み出すように構成されている。CPU 1 2 1 a は、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC 3 1 2、3 2 2、3 3 2、3 4 2、5 1 2、5 2 2、5 3 2 による各種ガスの流量調整動作、バルブ 3 1 4、3 2 4、3 3 4、3 4 4、5 1 4、5 2 4、5 3 4 の開閉動作、APCバルブ 2 4 3 の開閉動作及びAPCバルブ 2 4 3 による圧力センサ 2 4 5 に基づく圧力調整動作、温度センサ 2 6 3 に基づくヒータ 2 0 7 の温度調整動作、真空ポンプ 2 4 6 の起動及び停止、回転機構 2 6 7 によるポート 2 1 7 の回転及び回転速度調節動作、ポートエレベータ 1 1 5 によるポート 2 1 7 の昇降動作、ポート 2 1 7 へのウエハ 2 0 0 の収容動作等を制御することが可能なように構成されている。

【 0 0 3 6 】

コントローラ 1 2 1 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メモリやメモリカード等の半導体メモリ）1 2 3 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 1 2 1 c や外部記憶装置 1 2 3 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は、記憶装置 1 2 1 c 単体のみを含む場合、外部記憶装置 1 2 3 単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置 1 2 3 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。

【 0 0 3 7 】

(2) 基板処理工程

半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、ウエハ 2 0 0 に形成されたシリコン（Si）等の第 1 4 族元素を含む第 1 4 族元素含有膜をエッチングする工程（エッチン

10

20

30

40

50

グ方法)の一例について、図4及び図5(A)～図5(D)を用いて説明する。本工程は、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により制御可能に構成される。

【0038】

本開示による基板処理工程(半導体装置の製造工程)では、

(a)処理容器内に配置され、第14族元素を含む膜が形成されたウエハ200に、第14族元素を含む第1ガスを、ウエハ200に形成された膜に含まれる第14族元素との反応により生じる反応副生成物がウエハ200に飽和吸着するように供給する工程と、

(b)(a)の後にハロゲンを含む第2ガスを供給する工程と、

(c)(a)と(b)を交互に繰り返し行うことにより、ウエハ200に形成された第14族元素を含む膜をエッチングする工程と、
を有する。

【0039】

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」を意味する場合がある。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」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」を意味する場合がある。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。

【0040】

(ウエハ搬入)

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、処理容器内に配置される。この状態で、シールキャップ219はリング220を介してアウトチューブ203の下端開口を閉塞した状態となる。

【0041】

(圧力調整および温度調整)

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。

【0042】

(第1ガス(第14族元素含有ガス)供給、第1ステップ)

バルブ314を開き、ガス供給管310内に第1ガスを流す。第1ガスは、MFC312により流量調整され、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。

【0043】

このとき、第1ガスを、ウエハ200に形成された第14族元素含有膜に含まれる第14族元素との反応により生じる反応副生成物がウエハ200上に飽和吸着するように供給する。ここで、本開示において、飽和とは、吸着可能なサイトが全部埋まってもよく、実質的に飽和していればよい。つまり、生産性向上のため、完全に飽和していない状態であってもよく、言い換えると、反応が完全に収束していない状態であってもよい。また、ガス供給時間に対する反応量の特性が、ある供給時間よりも大きい領域において飽和

10

20

30

40

50

的カーブを有するガス種と膜種の組み合わせにおいて、飽和的カーブ上の完全に飽和していない状態を用いる物も、本開示における飽和吸着と称しても良い。飽和的カーブ上の一つの供給時間であれば、本開示の少なくとも1つの効果を得ることができる。このような飽和的カーブが得られる供給時間の領域で供給時間を設定する場合は、飽和吸着特性を利用した供給と呼ぶこともできる。

【0044】

またこのとき、ウエハ200に対して第1ガスが分解する雰囲気下で供給される。第1ガスが分解する雰囲気とは、ウエハ200の温度が、例えば350 ~ 500 の範囲内の温度となるような温度である。具体的には、第1ガスとして例えばジクロロシラン (SiH_2Cl_2 、略称: DCS) ガスを用いた場合、350 ~ 500 の範囲内の温度となるような温度である。

10

【0045】

すなわち、ヒータ207の温度は、ウエハ200の温度が、例えば350 ~ 500 の範囲内の温度となるような温度に設定して行う。なお、本開示における「350 ~ 500」のような数値範囲の表記は、下限値および上限値がその範囲に含まれることを意味する。よって、例えば、「350 ~ 500」とは「350 以上500 以下」を意味する。他の数値範囲についても同様である。

【0046】

また、このときAPCバルブ243を調整して、処理室201内の圧力を、例えば20 ~ 100 Paの範囲内の圧力とする。MFC312で制御する第14族元素含有ガスの供給流量は、例えば0.1 ~ 1.0 s l mの範囲内の流量とする。第1ガスをウエハ200に対して供給する時間は、例えば15 ~ 30秒の範囲内の時間とする。

20

【0047】

第1ガスとしては、例えば第14族元素であるシリコン (Si) を含むガスであり、クロロシラン系ガスである、DCSガスを用いることができる。

【0048】

具体的には、例えば第1ガスとしてDCSガスを用い、第14族元素含有膜としてSiを主成分とする膜であるSi膜を用いた場合、図5(A)に示すように、DCSガスの供給により、表面にSi膜が形成されたウエハ200(表面の下地膜)上に、DCSガスが分解された状態で吸着する。このとき、ウエハ200表面のSiと、DCSガスから分解されたClとが反応して反応副生成物であるSiClが生成される。また、生成されたSiClはウエハ200表面から解離するとともに、解離した分子は重合する。

30

【0049】

そして、図5(B)に示すように、解離したSiClや重合した分子が、ウエハ200上に再吸着する。この再吸着は吸着可能な吸着サイトが時間と共に減るため、吸着量は飽和していく。この様に飽和することを、セルフリミットがかかるとも呼ぶ。すなわち、ウエハ200表面に、 SiCl_2 、 SiCl_4 等のSiClが主成分のSiCl層(インヒビター層)が生成される。このSiCl層は、新たに供給されるDCSガスや新たに生成される解離したSiClや重合した分子の吸着を抑制する効果を有し、この効果をインヒビター効果と呼び、このような層をインヒビター層と呼ぶ。ここで、未分解ガスでは、SiClの生成が生じ難く、インヒビター効果を得られ難い。即ち、未分解のガスでは、ガスの分子そのものの物理吸着が発生し、物理吸着量が増加し続け、飽和しない可能性や、未分解のガスとSi膜が反応して、エッチングが進み続け、エッチングが停止しない可能性がある。DCSガスを分解する雰囲気下で、ウエハ200上のSi膜に対して供給することにより、DCSガスに含まれるClと、ウエハ200上のSiとを反応させて、SiClの生成を促進させることができる。

40

【0050】

(第2ガス(ハロゲン含有ガスと水素含有ガス)供給、第2ステップ)

第1ガスの供給を開始してから所定時間経過後に、バルブ314を閉じて、第1ガスの処理室201内への供給を停止する。このときバルブ324, 344を開き、ガス供給管

50

3 2 0 内に、ハロゲン含有ガスと水素含有ガスを同時に流す。つまり、第 1 ガスの供給後にパージガスを供給しないで第 2 ガスの供給を開始する。

【 0 0 5 1 】

ハロゲン含有ガスと水素含有ガスは、それぞれ M F C 3 2 2 , 3 4 2 により流量調整され、ノズル 4 2 0 のガス供給孔 4 2 0 a から処理室 2 0 1 内に供給され、排気管 2 3 1 から排気される。このときウエハ 2 0 0 に対して、第 2 ガスが供給されることとなる。

【 0 0 5 2 】

このとき、ウエハ 2 0 0 に対してハロゲン含有ガスと水素含有ガスの組み合わせである第 2 ガスが分解しない雰囲気下で供給される。第 2 ガスが分解しない雰囲気とは、ウエハ 2 0 0 の温度が、例えば 3 5 0 ~ 5 0 0 の範囲内の温度となるような温度である。具体的には、例えば第 2 ガスとして C l ₂ ガスを用いた場合、3 5 0 ~ 5 0 0 の範囲内の温度となるような温度である。

10

【 0 0 5 3 】

このとき A P C バルブ 2 4 3 を調整して、処理室 2 0 1 内の圧力を、例えば 2 0 ~ 1 0 0 P a の範囲内の圧力とする。M F C 3 2 2 で制御するハロゲン含有ガスの供給流量は、例えば 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0 s l m の範囲内の流量とする。M F C 3 4 2 で制御する水素含有ガスの供給流量は、例えば 0 . 1 ~ 2 . 0 s l m の範囲内の流量とする。ハロゲン含有ガスと水素含有ガスを同時にウエハ 2 0 0 に対して供給する時間は、例えば 2 ~ 5 秒の範囲内の時間とする。

【 0 0 5 4 】

このとき、ウエハに対してハロゲン含有ガスと水素含有ガスの混合ガスである第 2 ガスが供給されることとなる。

20

【 0 0 5 5 】

第 2 ガスとしては、例えばハロゲン含有ガスである塩素 (C l ₂) ガスと、水素含有ガスである水素 (H ₂) ガスを用いることができる。

【 0 0 5 6 】

具体的には、例えば第 2 ガスとして C l ₂ ガスと H ₂ ガスを用いた場合、図 5 (C) に示すように、第 2 ガスの供給により、ウエハ 2 0 0 表面に生成された S i C l 層の一部が反応し、反応副生成物が生成される。すなわち、S i C l 層に含まれる S i と C l ₂ ガスに含まれる C l や H ₂ ガスに含まれる H とが結合して、ウエハ 2 0 0 上の S i 膜がエッチングされる。具体的には、ウエハ 2 0 0 上に吸着した S i や C l や H の分子が第 2 ガスとしての C l ₂ ガスや H ₂ ガスと反応することにより、S i C l 層から S i や C l や H が解離され、表面の S i 膜がエッチングされる。つまり、第 2 ガスを分解させないことにより、C l ₂ を、第 1 ステップにおいてウエハ 2 0 0 表面に生成された S i C l 層に供給することができ、S i C l 層の除去効率を向上させることができる。これにより、S i 膜のエッチング制御性を向上させることができる。

30

【 0 0 5 7 】

ここで、第 1 ガス供給と第 2 ガス供給の間でパージを行った場合、S i 膜表面に吸着した S i C l が除去され、エッチング対象である S i 膜が露出し、層毎のエッチング特性が得られ難く、エッチングレートが下がる可能性がある。第 1 ガス供給と第 2 ガス供給の間でパージを行わないことにより、エッチング対象である S i 膜表面に S i C l が覆われた状態に保たれ、層毎のエッチング効果がより得られやすくなる。すなわち、エッチングレートや、エッチングによる面内均一性を向上させることができる。

40

【 0 0 5 8 】

(パージ、第 3 ステップ)

第 2 ガスの供給を開始してから所定時間経過後であって例えば 1 ~ 3 0 秒後にバルブ 3 2 4 , 3 4 4 を閉じ、第 2 ガスの供給を停止する。このとき、排気管 2 3 1 の A P C バルブ 2 4 3 は開いたままとして、真空ポンプ 2 4 6 により処理室 2 0 1 内を真空排気し、ウエハ 2 0 0 上から残留ガスを除去して、処理室 2 0 1 内に残留する未反応の第 2 ガスや反応副生成物を処理室 2 0 1 内から排除する。このとき、バルブ 5 1 4 , 5 2 4 , 5 3 4 を

50

開き、パージガスとしての不活性ガスを処理室 201 内へ供給し、処理容器内をパージする。不活性ガスはパージガスとして作用し、ウエハ 200 上から残留ガスを除去して、処理室 201 内に残留する未反応の第 2 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。MFC 512, 522, 532 で制御する不活性ガスの供給流量は、それぞれ例えば 0.1 ~ 2.0 s l m とする。

【0059】

このように、パージを行うことにより、図 5 (D) に示すように、エッチングにより生じた反応副生成物を除去することができる。また、サイクル処理を行う場合に、パージを行うことにより、第 2 ガスと、反応副生成物と、第 1 ガスとの反応を抑制することができる。また、第 2 ガスと、反応副生成物と、第 1 ガスとの反応により第 1 ガス供給時のセルフリミット効果が薄れてしまうのを抑制することができる。すなわち、パージを行うことにより、第 1 ガス供給時のセルフリミット効果を向上させることができる。

10

【0060】

(所定回数実施)

上述した第 1 ステップ ~ 第 3 ステップを順に行うサイクルを所定回数 (N 回)、1 回以上実行することにより、ウエハ 200 に形成された第 14 族元素を含む膜がエッチングされる。すなわち、第 1 ステップ ~ 第 3 ステップを交互に繰り返し行うことにより、ウエハ 200 に形成された第 14 族元素を含む膜をエッチングすることができる。

【0061】

(アフターパージおよび大気圧復帰)

20

ガス供給管 510 ~ 530 のそれぞれから不活性ガスを処理室 201 内へ供給し、排気管 231 から排気する。不活性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反応副生成物が処理室 201 内から除去される (アフターパージ)。その後、処理室 201 内の雰囲気 gas が不活性ガスに置換され (不活性ガス置換)、処理室 201 内の圧力が常圧に復帰される (大気圧復帰)。

【0062】

(ウエハ搬出)

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、アウトチューブ 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アウトチューブ 203 の下端からアウトチューブ 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)。

30

【0063】

(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得ることができる。

(a) 第 14 族元素を含む膜のエッチングの制御性を向上させることができる。

(b) 第 14 族元素を含む膜の微細加工を行うことができる。

【0064】

(4) 他の実施形態

40

以上、本開示の実施形態を具体的に説明した。しかしながら、本開示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。

【0065】

(変形例 1)

図 6 は、本開示の一実施形態における基板処理シーケンスの変形例を示す。

本変形例では、上述した第 1 ステップと第 2 ステップを順に行うサイクルを所定回数 (N 回)、1 回以上実行することにより、ウエハ 200 に形成された第 14 族元素含有膜をエッチングする。すなわち、上述した第 3 ステップのパージを行わない。この場合であっても、第 14 族元素を含む膜をエッチングすることができる。

【0066】

50

(変形例 2)

図 7 は、本開示の一実施形態における基板処理シーケンスの変形例を示す。

本変形例では、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを順に行うサイクルを所定回数 (N 回) 行った後に、酸素含有ガス供給系から酸素含有ガスを供給する。そして、不活性ガス (パージガス) を供給した後、第 1 ステップ～第 3 ステップを順に行うサイクルを所定回数 (M 回) 行う。すなわち、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを繰り返し行う途中で、酸素含有ガスを供給して、表面を酸化させる。これにより、エッチングの途中でウエハ 200 表面が酸化され、過剰なエッチングを抑制することができる。また、エッチング量 (エッチング膜厚) を調整することができ、エッチングの制御性を高めることができる。

【0067】

酸素含有ガスとして、酸素 (O_2) ガス、オゾン (O_3) ガス、水蒸気 (H_2O) 等を用いることができる。

【0068】

(変形例 3)

図 8 (A) 及び図 8 (B) は、本開示の一実施形態における基板処理シーケンスの変形例を示す。

本変形例では、図 8 (A) に示すように、上述した第 1 ステップにおける第 1 ガスとして、第 14 族元素含有ガスに加えて水素含有ガスを供給する。すなわち、上述した第 1 ステップにおける第 14 族元素含有ガス供給と並行して、水素含有ガスを供給する。そして、第 2 ステップにおける第 2 ガスとしてハロゲン含有ガスを供給する。すなわち、第 2 ステップでは、水素含有ガスを供給しない。

【0069】

また、図 8 (B) に示すように、上述した第 1 ステップと第 2 ステップの両方において、それぞれのガスに加えて水素含有ガスを供給するようにしてもよい。すなわち、第 1 ステップにおける第 14 族元素含有ガス供給と、第 2 ステップにおけるハロゲン含有ガス供給と、それぞれ並行して水素含有ガスを供給するようにしてもよい。

【0070】

すなわち、第 1 ステップと、第 2 ステップのいずれか又は両方で、それぞれのガスの供給に加えて水素含有ガスを供給する。これにより、反応副生成物を除去しながら、各工程を行うことができ、処理品質を向上させつつ、エッチングの制御性を高めることができる。

【0071】

水素含有ガスとして、水素 (H_2) ガスや、活性化した水素ガス等を用いることができる。

【0072】

(変形例 4)

次に、エッチング対象である第 14 族元素を含む膜を、所定元素であるリン (P) がドーピングされたドーピング Si 膜と、P がドーピングされていないノンドーピング Si 膜とし、ドーピング Si 膜とノンドーピング Si 膜が表面に形成されたウエハ 200 に対して、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行った場合の、上述したエッチングの効果について説明する。

【0073】

まず、第 1 ステップにおける第 1 ガスの供給により、ドーピング Si 膜上とノンドーピング Si 膜上では、上述した第 1 ステップにおける図 5 (A) 及び図 5 (B) に示すような同じ反応が生じる。

【0074】

そして、第 2 ステップにおける第 2 ガスの供給により、ノンドーピング Si 膜上と比較してドーピング Si 膜上では反応が抑制され、ノンドーピング Si 膜上では、上述した第 2 ステップにおける図 5 (C) に示すような反応が生じ、エッチングされる。

【0075】

すなわち、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行うことにより、ノンドーピング Si 膜を選択的にエッチングすることが可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

(変形例 5)

次に、エッチング対象である第 1 4 族元素を含む膜を、単結晶 S i 膜又は多結晶 S i 膜である結晶性 S i 膜と、アモルファス S i 膜である非結晶性 S i 膜とし、結晶性 S i 膜と非結晶性 S i 膜が表面に形成されたウエハ 2 0 0 に対して、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行った場合の、上述したエッチングの効果について説明する。

【 0 0 7 7 】

通常は、結晶性 S i 膜と比較して非結晶性 S i 膜の方がエッチングし易い。つまり、結晶性 S i 膜のエッチングレートに合わせてエッチングを行った場合に、非結晶性 S i 膜が所定の膜厚よりも多くエッチングされてしまい、オーバーエッチングしてしまうことがある。これは、結晶の粒界や、原子の配列によりエッチングレートが異なるためであると考えられる。

10

【 0 0 7 8 】

上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行うことにより、結晶性 S i 膜と、非結晶性 S i 膜との両方がエッチングされる。これは、インヒビター効果により、第 1 ガスによるエッチングが自己停止（飽和停止）するため、結晶性によるエッチングレートの差を受け難いためであると考えられる。すなわち、本開示によれば、結晶性 S i 膜と非結晶性 S i 膜とのエッチングレートの差を低減することができ、オーバーエッチングを抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

20

(変形例 6)

次に、エッチング対象である第 1 4 族元素を含む膜を、酸化膜であるシリコン酸化（S i O₂）膜と、非酸化膜である S i 膜とし、S i O₂ 膜と S i 膜が表面に形成されたウエハ 2 0 0 に対して、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行った場合の、上述したエッチングの効果について説明する。

【 0 0 8 0 】

上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行うことにより、非酸化膜である S i 膜がエッチングされる。すなわち、非酸化膜を選択的にエッチングすることが可能となる。ここで、非酸化膜として、S i 膜の他、P がドーピングされたドーピング S i 膜や、シリコン窒化（S i N）膜等を用いることができる。

30

【 0 0 8 1 】

(変形例 7)

次に、エッチング対象である第 1 4 族元素を含む膜を、窒化膜である S i N 膜と、非窒化膜である S i 膜とし、S i N 膜と S i 膜が表面に形成されたウエハ 2 0 0 に対して、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行った場合の、上述したエッチングの効果について説明する。

【 0 0 8 2 】

上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行うことにより、非窒化膜である S i 膜がエッチングされる。すなわち、非窒化膜を選択的にエッチングすることが可能となる。

【 0 0 8 3 】

40

(変形例 8)

次に、エッチング対象である第 1 4 族元素を含む膜を、非酸化膜である S i 膜とし、酸化膜である S i O₂ 膜の上に非酸化膜である S i 膜が形成された積層膜が形成されたウエハ 2 0 0 に対して、上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行った場合の、上述したエッチングの効果について説明する。

【 0 0 8 4 】

上述した第 1 ステップ～第 3 ステップを行うことにより、非酸化膜である S i 膜がエッチングされる。すなわち、酸化膜である S i O₂ 膜がエッチングストップパとなり、非酸化膜を選択的にエッチングすることが可能となる。

【 0 0 8 5 】

50

なお、上記実施形態では、第1ガス供給と第2ガス供給の間でパージを行わない場合を用いて説明したが、本開示はこれに限定されるものではなく、第1ガス供給と第2ガス供給の間でパージを行っても良い。

【0086】

また、上記実施形態では、第14族元素を含む膜であるSiを主成分とするSi含有膜として、Si膜を用いる場合を用いて説明したが、本開示はこれに限定されるものではなく、Si含有膜として、単結晶Si膜、多結晶Si膜、アモルファスSi膜、SiN膜、ドーパシ膜、ノンドーパシ膜等を用いることができる。

【0087】

ドーパシ膜として、ドーパントとしてのリン(P)がドーパされたSi膜や、ドーパントとしてのホウ素(B)がドーパされたSi膜を用いることができる。

10

【0088】

また、上記実施形態では、第14族元素を含む膜として、例えばゲルマニウム(Ge)等の他の第14族元素を含む膜を用いる場合にも、好適に適用できる。

【0089】

また、上記実施形態では、第1ガスとしての第14族元素を含むガスとして、例えばシリコン(Si)を含むDCSガスを用いる場合を用いて説明したが、本開示はこれに限定されるものではなく、ゲルマニウム(Ge)等の他の第14族元素を含むガスを用いる場合にも、好適に適用できる。

【0090】

20

具体的には、第1ガスとしては、例えば、ジクロロシラン(SiH_2Cl_2 、略称：DCS)ガスや、ヘキサクロロジシラン(Si_2Cl_6 、略称：HCDS)ガスや、四塩化ケイ素(SiCl_4)ガスの少なくとも1つ以上を含むガス等のクロロシラン系ガスを用いることができる。また、モノシラン(SiH_4)ガス、ジシラン(Si_2H_6)ガス、トリシラン(Si_3H_8)ガス等のシラン系ガスを用いることができる。好ましくは、飽和反応が生じやすいSiとClを含むクロロシラン系ガスが用いられる。また、シラン系ガスの場合には、サイクル供給することにより、クロロシラン系ガスと同様の効果が得られる。即ち、Xサイクル目で供給した第2ガスのハロゲン種が、X+1サイクル目以降まで残留することにより、同種の効果を得ることができる。ここで、Xは整数である。

【0091】

30

また、Geを含む第1ガスとしては、例えば、クロロゲルマン(GeH_2Cl_2)ガスや、ヘキサクロロジゲルマン(Ge_2Cl_6 、別名ジゲルマニウムヘキサクロリド)ガスや、四塩化ゲルマニウム(GeCl_4)ガスの少なくとも1つ以上を含むガス等のクロロゲルマン系ガスを用いることができる。また、モノゲルマン(GeH_4)ガス、ジゲルマン(Ge_2H_6)ガス、トリゲルマン(Ge_3H_8)ガス等のゲルマン系ガスを用いることができる。好ましくは、飽和反応が生じやすいGeとClを含むクロロゲルマン系ガスが用いられる。また、ゲルマン系ガスの場合には、サイクル供給することにより、クロロゲルマン系ガスと同様の効果が得られる。即ち、Xサイクル目で供給した第2ガスのハロゲン種が、X+1サイクル目以降まで残留することにより、同種の効果を得ることができる。ここで、Xは整数である。

40

【0092】

また、第2ガスとしては、例えば、ハロゲン含有ガスであり、塩素を含むガスである塩素(Cl_2)ガスや、塩化水素(HCl)ガス、三塩化ホウ素(BCl_3)ガス、四塩化ケイ素(SiCl_4)ガス、モノシラン(SiH_4)ガスと Cl_2 ガスの混合ガスの、これらの少なくとも1つ以上と水素含有ガスとの組み合わせを用いることができる。また、水素含有ガスとしては、 H_2 ガス等を用いることができる。

【0093】

また、第2ガスとして、例えば、塩素(Cl_2)ガスや、塩化水素(HCl)ガス、三塩化ホウ素(BCl_3)ガス、四塩化ケイ素(SiCl_4)ガス、モノシラン(SiH_4)ガスと Cl_2 ガスの混合ガスの、これらの少なくとも1つ以上と、フッ素(F)系ガス又

50

は臭素 (Br) 系ガスとの組み合わせを用いることができる。

【0094】

また、第2ガスとして、塩素を含むCl系ガスを用いることにより、エッチングの選択性を向上させることができるが、F系ガスやBr系ガスを用いた場合であっても同様の効果が得られる。

【0095】

また、第2ガスとして、四塩化ケイ素 (SiCl₄) ガス、モノシラン (SiH₄) ガスを、四塩化ゲルマニウム (GeCl₄) ガス、モノゲルマン (GeH₄) の様なガスに置き換えて用いても良い。

【0096】

また、上記実施形態では、ハロゲン含有ガスと水素含有ガスを、同じノズル420を介して処理室201内に供給する例について説明したが、本開示はこれに限定されるものではなく、別のノズルから供給するようにしても良い。

【0097】

また、上記実施形態では、一度に複数枚の基板を処理するパ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、本開示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。

【0098】

例えば、図9(A)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、本開示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、上述の第1ガスを供給するガス供給ポート304aと、上述の第2ガスを供給するガス供給ポート304bと、上述の第3ガスを供給するガス供給ポート304cが接続されている。ガス供給ポート304aには、上述の実施形態の第1ガス供給系と同様の第1ガス供給系が接続されている。ガス供給ポート304bには、上述の実施形態の第2ガス供給系と同様の第2ガス供給系が接続されている。ガス供給ポート304cには、上述の酸素含有ガス供給系と同様の酸素含有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。

【0099】

また例えば、図9(B)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、本開示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に向けて光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、上述の第1ガスを供給するガス供給ポート432aと、上述の第2ガスを供給するガス供給ポート432bと、上述の酸素含有ガスを供給するガス供給ポート432cが接続されている。ガス供給ポート432aには、上述の実施形態の第1ガス供給系と同様の第1ガス供給系が接続されている。ガス供給ポート432bには、上述の実施形態の第2ガス供給系と同様の第2ガス供給系が接続されている。ガス供給ポート432cには、上述の実施形態の酸素含有ガス供給系と同様の酸素含有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。

【0100】

10

20

30

40

50

これらの基板処理装置を用いる場合においても、上述の実施形態と同様なシーケンス、処理条件にてエッチングを行うことができる。

【0101】

これらの基板処理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（エッチングする薄膜の膜種、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、再現性よくエッチングすることができるようになる。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、操作ミス回避しつつ、基板処理を迅速に開始できるようになる。

10

【0102】

また、本開示は、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、本開示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開示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。

20

【0103】

以上、本開示の種々の典型的な実施形態を説明してきたが、本開示はそれらの実施形態に限定されず、適宜組み合わせることもできる。

【0104】

<本開示の好ましい態様>

以下に、本開示の好ましい態様について付記する。

【0105】

30

（付記1）

本開示の一態様によれば、

（a）処理容器内に配置され、第14族元素を含む膜が形成された基板に、前記第14族元素を含む第1ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第14族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する工程と、

（b）（a）の後にハロゲンを含む第2ガスを供給する工程と、

（c）（a）と（b）を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第14族元素を含む膜をエッチングする工程と、
を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【0106】

40

（付記2）

付記1に記載の方法であって、

（a）では、前記第1ガスが分解する雰囲気下で、前記第1ガスを供給する。

【0107】

（付記3）

付記1又は2に記載の方法であって、

（b）では、前記第2ガスが分解しない雰囲気下で、前記第2ガスを供給する。

【0108】

（付記4）

付記1から3のいずれか記載の方法であって、

50

(d) (c) では、(b) の後に前記処理容器内をパージする工程をさらに有する。

【 0 1 0 9 】

(付記 5)

付記 1 から 3 のいずれか記載の方法であって、

(d) (c) では、(b) の後に前記処理容器内をパージする工程を有さない。

【 0 1 1 0 】

(付記 6)

付記 1 から 5 のいずれか記載の方法であって、

(a) と (b) の間でパージを行わない。

【 0 1 1 1 】

(付記 7)

付記 1 から 6 のいずれか記載の方法であって、

前記第 1 4 族元素は、シリコンであり、

前記第 1 ガスは、シラン系ガス又はクロロシラン系ガスである。

【 0 1 1 2 】

(付記 8)

付記 1 から 6 のいずれか記載の方法であって、

前記第 1 4 族元素は、シリコンであり、

前記第 1 ガスは、クロロシラン系ガスである。

【 0 1 1 3 】

(付記 9)

付記 8 に記載の方法であって、

前記クロロシラン系ガスは、ジクロロシラン、ヘキサクロロジシラン、四塩化ケイ素の少なくとも 1 つ以上を含むガスである。

【 0 1 1 4 】

(付記 1 0)

付記 1 から 9 のいずれか記載の方法であって、

前記ハロゲンは、塩素を含むガスである。

【 0 1 1 5 】

(付記 1 1)

付記 1 0 に記載の方法であって、

前記第 2 ガスは、塩素ガス、塩化水素ガス、三塩化ホウ素ガス、四塩化ケイ素ガス、モノシランガスと塩素ガスの混合ガスの少なくとも 1 つ以上である。

【 0 1 1 6 】

(付記 1 2)

付記 1 から 1 1 のいずれか記載の方法であって、

前記第 1 4 族元素を含む膜は、シリコンを主成分とする膜である。

【 0 1 1 7 】

(付記 1 3)

付記 1 から 1 2 のいずれか記載の方法であって、

前記基板の表面には、所定元素がドーピングされたシリコン膜と、所定元素がドーピングされていないシリコン膜が形成され、

(c) では、前記所定元素がドーピングされていないシリコン膜をエッチングする。

【 0 1 1 8 】

(付記 1 4)

付記 1 から 8 のいずれか記載の方法であって、

前記基板の表面には、結晶性シリコン膜と、非結晶性シリコン膜が形成され、

(c) では、前記結晶性シリコン膜と、前記非結晶性シリコン膜との両方をエッチングする。

【 0 1 1 9 】

10

20

30

40

50

(付記 1 5)

付記 1 から 1 4 のいずれか記載の方法であって、
前記基板の表面には、酸化膜と、非酸化膜が形成され、
(c) では、前記非酸化膜をエッチングする。

【 0 1 2 0 】

(付記 1 6)

付記 1 から 1 5 のいずれか記載の方法であって、
前記基板の表面には、窒化膜と、非窒化膜が形成され、
(c) では、前記非窒化膜をエッチングする。

【 0 1 2 1 】

(付記 1 7)

付記 1 から 1 6 のいずれか記載の方法であって、
(d) (c) の途中で、酸素含有ガスを供給する。

【 0 1 2 2 】

(付記 1 8)

本開示の他の態様によれば、

処理容器内の第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスと、ハロゲンを含む第 2 ガスと、を供給するガス供給系と、

(a) 前記基板に前記第 1 ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する処理と、

(b) (a) の後に前記基板に前記第 2 ガスを供給する処理と、

(c) (a) と (b) を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第 1 4 族元素を含む膜をエッチングする処理と、を行わせるように、前記ガス供給系を制御することが可能なように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 2 3 】

(付記 1 9)

本開示のさらに他の態様によれば、

(a) 基板処理装置の処理容器内に配置され、第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する手順と、

(b) (a) の後にハロゲンを含有する第 2 ガスを供給する手順と、

(c) (a) と (b) を交互に繰り返し行うことにより、前記基板に形成された前記第 1 4 族元素を含む膜をエッチングする手順と、
をコンピュータによって前記基板処理装置に実行させるプログラムが提供される。

【 0 1 2 4 】

(付記 2 0)

本開示のさらに他の態様によれば、

(a) 処理容器内に配置され、第 1 4 族元素を含む膜が形成された基板に、前記第 1 4 族元素を含む第 1 ガスを、前記基板に形成された膜に含まれる前記第 1 4 族元素との反応により生じる反応副生成物が前記基板に飽和吸着するように供給する工程と、

(b) (a) の後にハロゲンを含有する第 2 ガスを供給する工程と、を有し、

(a) と (b) をこの順序で所定回数行うことにより、前記基板に形成された前記第 1 4 族元素を含む膜をエッチングする

エッチング方法が提供される。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 5 】

1 0 基板処理装置

1 2 1 コントローラ

10

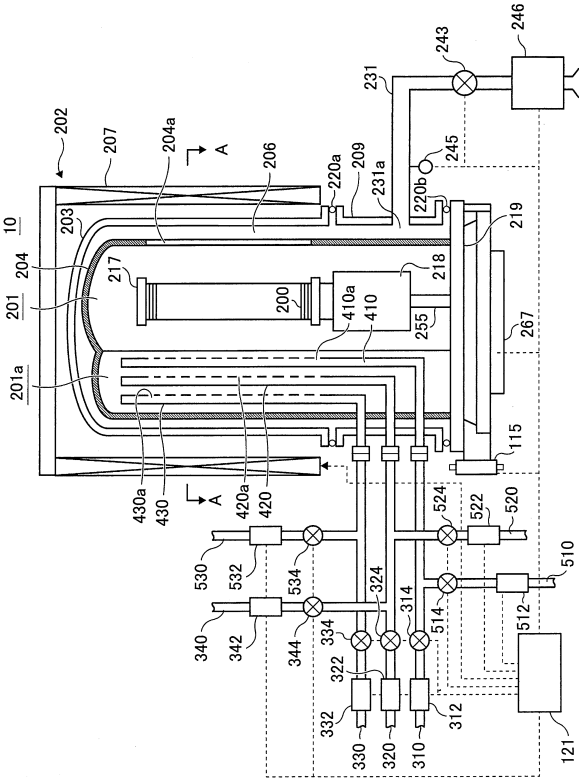
20

30

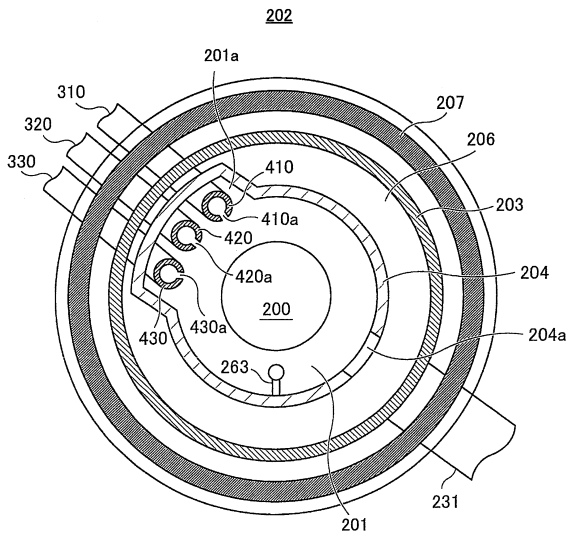
40

50

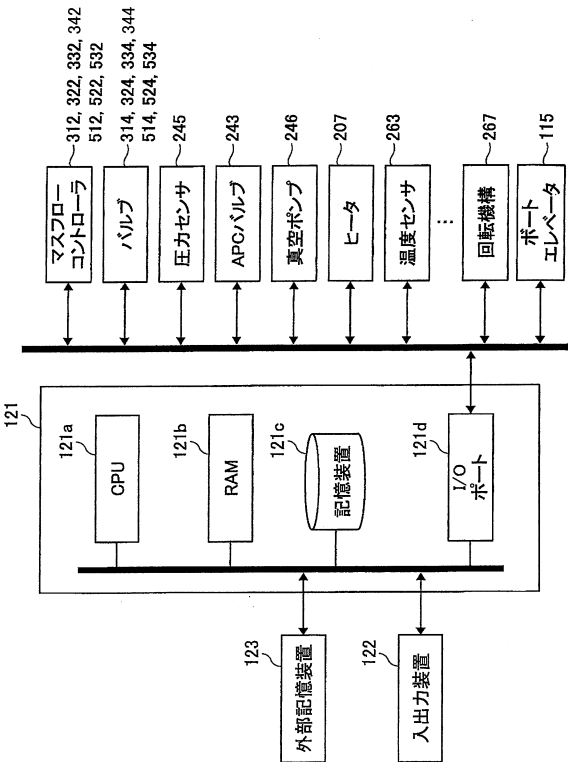
200 ウエハ（基板）
201 処理室
【図面】
【図1】



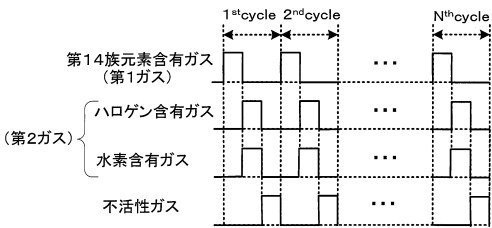
【図2】



【図3】



【図4】



10

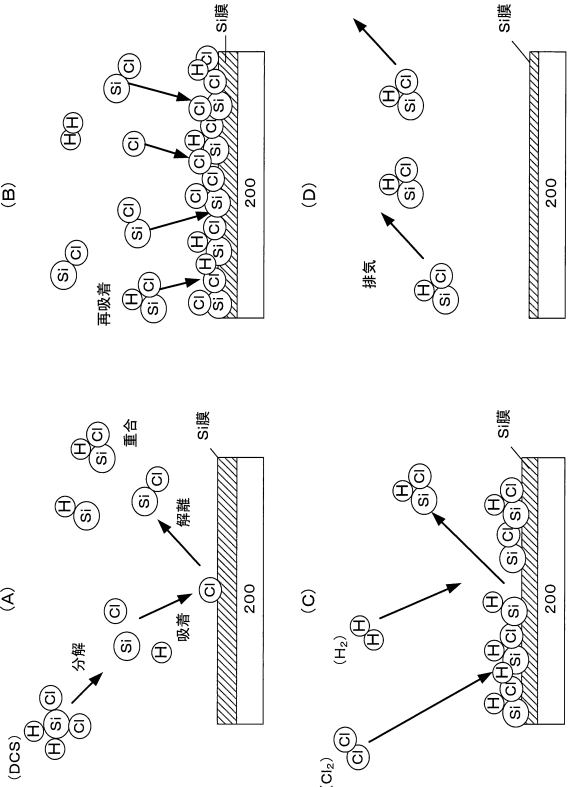
20

30

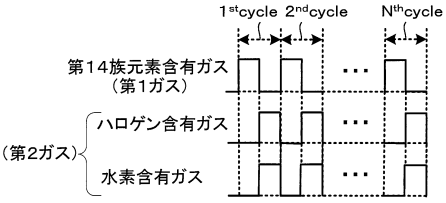
40

50

【図 5】



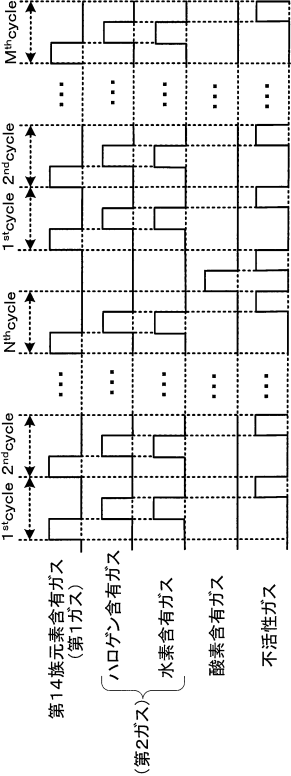
【図 6】



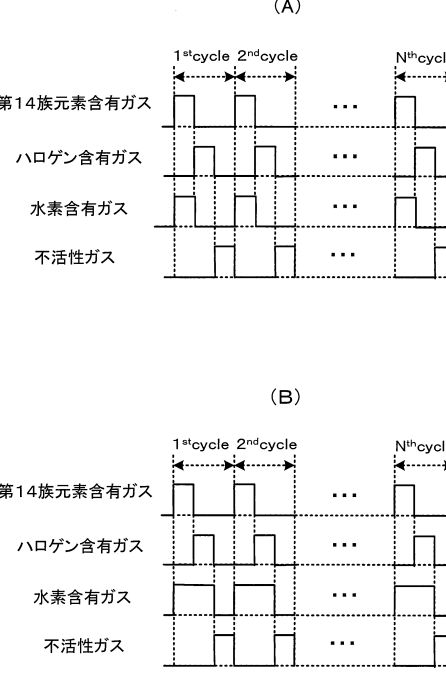
10

20

【図 7】



【図 8】

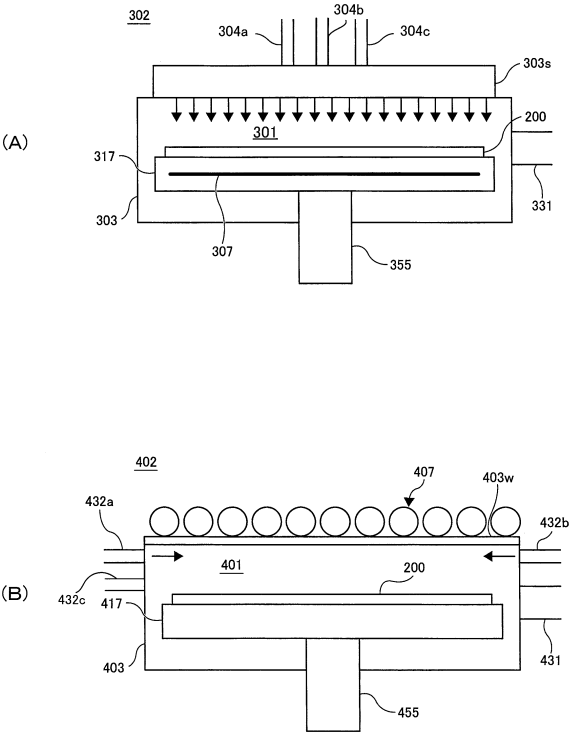


30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株式会社 K O K U S A I E L E C T R I C 内

審査官 船越 亮

(56)参考文献 特許第 7 1 7 4 0 1 6 (J P , B 2)

特開 2 0 2 1 - 8 2 7 7 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 2

H 0 1 L 2 1 / 4 6 1