

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7377892号
(P7377892)

(45)発行日 令和5年11月10日(2023.11.10)

(24)登録日 令和5年11月1日(2023.11.1)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 21/31 (2006.01)	H 0 1 L 21/31 B
H 0 1 L 21/205 (2006.01)	H 0 1 L 21/205
H 0 1 L 21/302 (2006.01)	H 0 1 L 21/302 2 0 1 A
C 2 3 C 16/44 (2006.01)	C 2 3 C 16/44 J

請求項の数 15 (全17頁)

(21)出願番号 特願2021-563974(P2021-563974)	(73)特許権者 318009126 株式会社KOKUSAI ELECTRIC 東京都千代田区神田鍛冶町3丁目4番地
(86)(22)出願日 令和2年12月8日(2020.12.8)	(74)代理人 100145872 弁理士 福岡 昌浩
(86)国際出願番号 PCT/JP2020/045698	(74)代理人 100091362 弁理士 阿仁屋 節雄
(87)国際公開番号 WO2021/117728	(72)発明者 西浦 進 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社KOKUSAI ELECTRIC内
(87)国際公開日 令和3年6月17日(2021.6.17)	(72)発明者 清水 英人 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社KOKUSAI ELECTRIC
審査請求日 令和4年4月1日(2022.4.1)	最終頁に続く
(31)優先権主張番号 特願2019-222235(P2019-222235)	
(32)優先日 令和1年12月9日(2019.12.9)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	

(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法、基板処理装置、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 処理室に配置された基板に対して処理ガスを供給して前記基板を処理する工程と、
(b) 前記処理室に前記基板がない状態で、前記処理室へクリーニングガスを供給して前記処理室内の部材に付着した堆積物を除去する工程と、を有し、
n 回目に行う前記 (a) の完了時から前記 (b) の実行開始時までの期間 T1 よりも、前記 (b) の実行完了時から n + 1 回目に行う前記 (a) の実行開始時までの期間 T2 を短くする (n は 1 以上の整数)、半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記 (b) を行うべき状態となった際に、前記 (b) を、前記 (b) を伴わずに n 回行われた前記 (a) の完了直後に開始するのではなく、n + 1 回目の前記 (a) を開始すべき事態になった時点で開始する、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

前記 (a) を n 回行った後、n + 1 回目の前記 (a) を開始すべき事態となっていない場合、前記 (b) を開始することなく、n + 1 回目の前記 (a) を開始すべき事態となるのを待つアイドル状態に遷移する工程 (c) をさらに有する、請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】

前記アイドル状態において、n + 1 回目の前記 (a) を開始すべき事態となったら、前記 (b) を行ってから前記 (a) を行う、請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記 (b) を前記 (a) の開始直前に実行させる、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記 (b) の実行完了時から $n + 1$ 回目に行う前記 (a) の実行開始時までの期間 T_2 をゼロにする、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記 (b) の処理条件を一定にする、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記 (b) の処理条件のうち、前記処理室の温度を所定の範囲内にする、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。 10

【請求項 9】

前記 (b) の実行時間を一定にする、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

前記 (b) の前記クリーニングガスの供給時間を一定にする、請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記処理ガスは、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、テトラシラン (Si_4H_{10}) ガス、ペンタシラン (Si_5H_{12}) ガス、ヘキサシラン (Si_6H_{14}) ガスよりなる群から選択される水素化ケイ素ガスである請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。 20

【請求項 12】

前記クリーニングガスは、フッ素 (F_2) ガス、フッ化水素 (HF) ガス、フッ化窒素 (NF_3) 等のフッ素系ガス、或いは、これらの混合ガスである請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 13】

前記基板を処理する工程では、シリコン膜 (Si 膜)、シリコン酸化膜 (SiO 膜)、シリコン窒化膜 (SiN 膜)、シリコン炭化膜 (SiC 膜) 等を含む Si 系膜、チタン窒化膜 (TiN 膜) 等を含む金属膜、アルミニウム酸化膜 (AlO 膜) 等を含む高誘電率絶縁膜 (High-k 膜) よりなる群から選択される膜が形成される請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。 30

【請求項 14】

基板を収容する処理室と、

前記処理室へ処理ガスを供給する処理ガス供給系と、

前記処理室へクリーニングガスを供給するクリーニングガス供給系と、

(a) 前記処理室に配置された基板に対して前記処理ガスを供給する処理と、(b) 前記処理室に前記基板がない状態で、前記処理室へ前記クリーニングガスを供給して前記処理室の部材内に付着した堆積物を除去する処理と、 n 回目に行う前記 (a) の完了時から前記 (b) の実行開始時までの期間 T_1 よりも、前記 (b) の実行完了時から $n + 1$ 回目に行う前記 (a) の実行開始時までの期間 T_2 を短くする処理と、を行うように、前記処理ガス供給系、前記クリーニングガス供給系を制御することが可能に構成される制御部と、を備える基板処理装置。 40

【請求項 15】

(a) 基板処理装置の処理室に配置された基板に対して処理ガスを供給して前記基板を処理する手順と、

(b) 前記処理室に前記基板がない状態で、前記処理室へクリーニングガスを供給して前記処理室内の部材に付着した堆積物を除去する手順と、

n 回目に行う前記 (a) の完了時から前記 (b) の実行開始時までの期間 T_1 よりも、前記 (b) の実行完了時から $n + 1$ 回目に行う前記 (a) の実行開始時までの期間 T_2 を短くする手順を、コンピュータによって前記基板処理装置に実行させることが可能なプロ 50

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、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程の一工程として、処理室に配置された基板に対して処理ガスを供給し、基板を処理する工程が行われる場合がある。この工程を複数回行うことにより、処理室内の部材等に堆積物が付着したら、所定のタイミングでクリーニングが行われること

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2011-243677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、基板処理間の基板処理の質を揃えることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0005】

本開示の一態様によれば、

(a) 処理室に配置された基板に対して処理ガスを供給して前記基板を処理する工程と、
(b) 前記処理室へクリーニングガスを供給して前記処理室内の部材に付着した堆積物を除去する工程と、を有し、

n回目に行う前記(a)の完了時から前記(b)の実行開始時までの期間T1よりも、前記(b)の実行完了時からn+1回目に行う前記(a)の実行開始時までの期間T2を短くする、技術が提供される。

【発明の効果】

【0006】

30

本開示によれば、基板処理間の基板処理の質を揃えることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本開示の一態様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】本開示の一態様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】本開示の一態様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。

【図4】本開示の一態様における処理室内での処理工程の詳細を示す図である。

40

【図5】(a)は本開示の一態様における処理室内の温度変化を示す図であり、(b)は参考例における処理室内の温度変化を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

<本開示の一態様>

以下、本開示の一態様について、主に、図1～図5(a)を用いて説明する。

【0009】

(1) 基板処理装置の構成

図1に示すように、処理炉202は加熱機構(温度調整部)としてのヒータ207を有する。ヒータ207は円筒形状であり、保持板に支持されることにより垂直に据え付けら

50

れている。ヒータ 207 は、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。

【0010】

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 ）又は炭化シリコン（ SiC ）等の耐熱性材料により構成され、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。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 209 が配設されている。マニホールド 209 は、例えばステンレス鋼（ SUS ）等の金属材料により構成され、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。反応管 203 はヒータ 207 と同様に垂直に据え付けられている。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）が構成される。処理容器の筒中空部には処理室 201 が形成される。処理室 201 は、基板としてのウエハ 200 を収容可能に構成されている。この処理室 201 内でウエハ 200 に対する処理が行われる。

10

【0011】

処理室 201 内には、第 1 供給部、第 2 供給部としてのノズル 249a, 249b が、マニホールド 209 の側壁を貫通するようにそれぞれ設けられている。ノズル 249a, 249b を、それぞれ第 1 ノズル、第 2 ノズルとも称する。ノズル 249a, 249b は、それぞれ、石英又は SiC 等の耐熱性材料である非金属材料により構成されている。ノズル 249a, 249b は、それぞれ、複数種類のガスの供給に用いられる共用ノズルとして構成されている。

20

【0012】

ノズル 249a, 249b には、第 1 配管、第 2 配管としてのガス供給管 232a, 232b がそれぞれ接続されている。ガス供給管 232a, 232b は、それぞれ、複数種類のガスの供給に用いられる共用配管として構成されている。ガス供給管 232a, 232b には、ガス流の上流側から順に、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 ）241a, 241b および開閉弁であるバルブ 243a, 243b がそれぞれ設けられている。ガス供給管 232a のバルブ 243a よりも下流側には、ガス供給管 232c, 232d が接続されている。ガス供給管 232c, 232d には、ガス流の上流側から順に、 MFC 241c, 241d、バルブ 243c, 243d がそれぞれ設けられている。ガス供給管 232b のバルブ 243b よりも下流側には、ガス供給管 232e が接続されている。ガス供給管 232e には、ガス流の上流側から順に、 MFC 241e、バルブ 243e が設けられている。ガス供給管 232a ~ 232e は、例えば SUS 等の金属材料により構成されている。

30

【0013】

図 2 に示すように、ノズル 249a, 249b は、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。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、それぞれが、平面視においてウエハ 200 の中心に向かって開口しており、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ている。

40

【0014】

ガス供給管 232a からは、処理ガス（原料ガス）として、例えば、ウエハ 200 上に形成される膜を構成する主元素としてのシリコン（ Si ）を含むシラン系ガスが、 MFC 241a、バルブ 243a、ノズル 249a を介して処理室 201 内へ供給される。原料

50

ガスとは、気体状態の原料、例えば、常温常圧下で液体状態である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原料等のことである。

【0015】

ガス供給管232bからは、クリーニングガスとして、例えば、フッ素系ガスが、MFC241b、バルブ243b、ノズル249bを介して処理室201へ供給される。

【0016】

ガス供給管232cからは、添加ガスとして、例えば、酸化窒素系ガスが、MFC241c、バルブ243c、ガス供給管232a、ノズル249aを介して処理室201へ供給される。酸化窒素系ガスは、それ単体ではクリーニング作用を奏しないが、フッ素系ガスと反応することで例えばハロゲン化ニトロシル化合物等の活性種を生成し、フッ素系ガスのクリーニング作用を向上させるように作用する。

10

【0017】

ガス供給管232d、232eからは、不活性ガスとして、例えば、窒素(N₂)ガスが、それぞれ、MFC241d、241e、バルブ243d、243e、ガス供給管232a、232b、ノズル249a、249bを介して処理室201へ供給される。N₂ガスは、パージガス、キャリアガス、希釈ガス等として作用する。

【0018】

主に、ガス供給管232a、MFC241a、バルブ243aにより、処理ガス供給系(原料ガス供給系)が構成される。主に、ガス供給管232b、MFC241b、バルブ243bにより、クリーニングガス供給系が構成される。主に、ガス供給管232c、MFC241c、バルブ243cにより、添加ガス供給系が構成される。主に、ガス供給管232d、232e、MFC241d、241e、バルブ243d、243eにより、不活性ガス供給系が構成される。

20

【0019】

上述の各種供給系のうち、いずれか、或いは、全ての供給系は、バルブ243a~243eやMFC241a~241e等が集積されてなる集積型供給システム248として構成されていてよい。集積型供給システム248は、ガス供給管232a~232eのそれぞれに対して接続され、ガス供給管232a~232e内への各種ガスの供給動作、すなわち、バルブ243a~243eの開閉動作やMFC241a~241eによる流量調整動作等が、後述するコントローラ121によって制御されるように構成されている。集積型供給システム248は、一体型、或いは、分割型の集積ユニットとして構成されており、ガス供給管232a~232e等に対して集積ユニット単位で着脱を行うことができ、集積型供給システム248のメンテナンス、交換、増設等を、集積ユニット単位で行うことが可能なように構成されている。

30

【0020】

反応管203の側壁下方には、処理室201の雰囲気気を排気する排気口231aが設けられている。排気口231aは、反応管203の側壁の下部より上部に沿って、すなわち、ウエハ配列領域に沿って設けられていてもよい。排気口231aには排気管231が接続されている。排気管231は、例えばSUS等の金属材料により構成されている。排気管231には、処理室201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および圧力調整器(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で、処理室201の真空排気および真空排気停止を行うことができ、さらに、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で、処理室201の圧力を調整することができるよう構成されている。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。

40

【0021】

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

50

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、例えばSUS等の金属材料により構成され、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の下方には、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、例えばSUS等の金属材料により構成され、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、ウエハ200を処理室201に搬入、およびウエハ200を処理室201から搬出（搬送）する搬送系（搬送機構）として構成されている。

10

【0022】

マニホールド209の下方には、シールキャップ219を降下させポート217を処理室201から搬出した状態で、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等の金属材料により構成され、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。

20

【0023】

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等の耐熱性材料により構成される。ポート217の下部には、例えば石英やSiC等の耐熱性材料により構成される断熱板218が多段に支持されている。

【0024】

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の温度が所望の温度分布となる。温度センサ263は、反応管203の内壁に沿って設けられている。

30

【0025】

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。

【0026】

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、後述する成膜の手順や条件等が記載されたプロセスレシピや、後述するクリーニングの手順や条件等が記載されたクリーニングレシピ等が、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組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。クリーニングレシピは、後述するクリーニングにおける各手順を、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組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。以下、プロセスレシピ、クリーニングレシピ、制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。また、プロセスレシピやクリーニングレ

40

50

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、レシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、又は、それらの両方を含む場合がある。RAM 121bは、CPU 121a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。

【0027】

I/Oポート121dは、上述のMFC 241a～241e、バルブ243a～243e、圧力センサ245、APCバルブ244、真空ポンプ246、温度センサ263、ヒータ207、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。

【0028】

CPU 121a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ともに、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。CPU 121aは、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC 241a～241eによる各種ガスの流量調整動作、バルブ243a～243e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。

【0029】

コントローラ121は、外部記憶装置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。外部記憶装置123は、例えば、HDD等の磁気ディスク、CD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ等を含む。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、又は、それら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。

【0030】

(2) 基板処理工程

上述の基板処理装置を用い、半導体装置の製造工程の一工程として、基板としてのウエハ200を収容した処理容器内へ処理ガスを供給しウエハ200を処理する工程を行う基板処理シーケンス例について説明する。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。

【0031】

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等の表面を意味する場合がある。本明細書において「ウエハ上に所定の層を形成する」と記載した場合は、ウエハそのものの表面上に所定の層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等の上に所定の層を形成すること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。

【0032】

〔基板処理〕

ここでは、基板処理の一例として、ウエハ200に対して処理ガスとして成膜用の原料ガスを供給してウエハ200上に膜を形成する成膜処理について説明する。

【0033】

(ウエハチャージ、ポートロード)

10

20

30

40

50

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、シャッタ開閉機構 115 s によりシャッタ 219 s が移動させられて、マニホールド 209 の下端開口が開放される（シャッタオープン）。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 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 220 b 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。

【0034】

（圧力調整および温度調整）

処理室 201 へのポート 217 の搬入が終了した後、処理室 201、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 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（圧力調整）。また、処理室 201 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 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（温度調整）。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。真空ポンプ 246 の稼働、ウエハ 200 の加熱および回転は、いずれも、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。

10

【0035】

（成膜）

処理室 201 の圧力調整および温度調整が終了した後、処理室 201 のウエハ 200 に対して原料ガスを供給する。

20

【0036】

具体的には、バルブ 243 a を開き、ガス供給管 232 a 内へ原料ガスを流す。原料ガスは、MFC 241 a により流量調整され、ノズル 249 a を介して処理室 201 へ供給され、排気口 231 a より排気される。このとき、ウエハ 200 に対して原料ガスが供給される。また、このとき、バルブ 243 d, 243 e を開き、ノズル 249 a, 249 b のそれぞれを介して処理室 201 へ N₂ ガスを供給するようにしてもよい。

【0037】

本ステップにおける処理条件としては、

原料ガス供給流量：0.1 ~ 5 s l m

原料ガス供給時間：1 ~ 180 分

N₂ ガス供給流量（ガス供給管毎）：0 ~ 5 s l m

処理室 201 温度（成膜温度）：400 ~ 650

処理室 201 圧力（成膜圧力）：1 ~ 1330 Pa

が例示される。

30

【0038】

本明細書における「400 ~ 650」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、「400 ~ 650」とは「400 以上 650 以下」を意味する。他の数値範囲についても同様である。

40

【0039】

上述の処理条件下でウエハ 200 に対して原料ガスを供給することにより、ウエハ 200 の表面上に、所定の膜を堆積させることが可能となる。

【0040】

原料ガスとしては、モノシラン（SiH₄、略称：MS）ガス、ジシラン（Si₂H₆）ガス、トリシラン（Si₃H₈）ガス、テトラシラン（Si₄H₁₀）ガス、ペンタシラン（Si₅H₁₂）ガス、ヘキサシラン（Si₆H₁₄）ガス等の水素化ケイ素ガスを用いることができる。

【0041】

不活性ガスとしては、N₂ ガスの他、Ar ガス、He ガス、Ne ガス、Xe ガス等の希

50

ガスを用いることができる。この点は、後述するクリーニング処理においても同様である。

【0042】

(アフターパージおよび大気圧復帰)

ウエハ200上への所定の膜の形成が完了した後、バルブ243aを閉じ、処理室201への原料ガスの供給を停止する。そして、処理室201を真空排気し、処理室201に残留するガス等を処理室201から排除する。このとき、バルブ243d, 243eを開き、ノズル249a, 249bのそれぞれから、パージガスとしてのN₂ガスを処理室201へ供給し、排気口231aから排気する。これにより、処理室201がパージされ、処理室201に残留するガスや反応副生成物等が処理室201から除去される(アフターパージ)。その後、処理室201の雰囲気が大気圧に置換され(大気圧置換)、処理室201の圧力が常圧に復帰される(大気圧復帰)。

10

【0043】

(ポートアンロード、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、マニホールド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)。ポートアンロードの後、シャッタ219sが移動させられ、マニホールド209の下端開口がリング220cを介してシャッタ219sによりシールされる(シャッタクローズ)。処理済のウエハ200は、反応管203の外部に搬出された後、ポート217より取り出される(ウエハディスチャージ)。

20

【0044】

(3) クリーニング処理

上述の成膜処理を行うと、処理容器の内部、例えば、反応管203の内壁、ノズル249a, 249bの表面、ポート217の表面等に、薄膜を含む堆積物が累積する。すなわち、この薄膜を含む堆積物が、成膜温度に加熱された処理室201内の部材の表面等に付着する。本態様では、処理容器内に累積した堆積物の量、すなわち、累積膜厚が、堆積物に剥離や落下が生じる前の所定の量(厚さ)に達したところで、堆積物を除去するクリーニング処理が実行される。

【0045】

このクリーニング処理では、処理容器内へクリーニングガスを供給し処理容器内の部品等に付着した堆積物を除去する。なお、この堆積物を除去する工程も上述の半導体装置の製造工程の一工程に含めてもよく、以下の説明においても、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。

30

【0046】

(空ポートロード)

シャッタ開閉機構115sによりシャッタ219sが移動させられて、マニホールド209の下端開口が開放される(シャッタオープン)。その後、空のポート217、すなわち、ウエハ200を装填していないポート217が、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201に搬入される。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。

40

【0047】

(圧力調整および温度調整)

処理室201へのポート217の搬入が終了した後、処理室201が所望の圧力となるように、真空ポンプ246によって真空排気される(圧力調整)。また、処理室201が所望の温度(第1温度)となるように、ヒータ207によって加熱される(温度調整)。このとき、処理室201内の部材、すなわち、反応管203の内壁、ノズル249a, 249bの表面、ポート217の表面等も、第1温度に加熱される。また、回転機構267によるポート217の回転を開始する。真空ポンプ246の稼働、処理室201の加熱、ポート217の回転は、少なくとも後述するクリーニングが完了するまでの間は継続して行われる。なお、ポート217は回転させなくてもよい。

50

【 0 0 4 8 】

(クリーニング)

処理室 2 0 1 の圧力調整および温度調整が終了した後、ウエハ 2 0 0 を収容していない加熱された状態の処理室 2 0 1 へクリーニングガスを供給する。具体的には、バルブ 2 4 3 b を開き、ガス供給管 2 3 2 b 内へクリーニングガスを流す。クリーニングガスは、M F C 2 4 1 b により流量調整されて、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 へ供給され、排気口 2 3 1 a より排気される。このとき同時にバルブ 2 4 3 d , 2 4 3 e を開き、ノズル 2 4 9 a , 2 4 9 b を介して処理室 2 0 1 へ N₂ ガスを供給するようにしてもよい。

【 0 0 4 9 】

本ステップにおける処理条件としては、

クリーニングガス供給流量：0 . 1 ~ 5 s l m

N₂ ガス供給流量 (ガス供給管毎)：0 ~ 5 0 s l m

各ガス供給時間：0 . 5 ~ 6 0 分、好ましくは 5 ~ 2 0 分

処理温度 (チャンバクリーニング温度)：1 0 0 ~ 6 0 0 、好ましくは 3 5 0 ~ 4 5

0

処理圧力 (チャンバクリーニング圧力)：1 ~ 3 0 0 0 0 P a、好ましくは 1 0 0 0 ~ 5 0 0 0 P a

が例示される。

【 0 0 5 0 】

上述の処理条件下でクリーニングガスを処理室 2 0 1 へ供給することにより、処理室 2 0 1 で、例えば、ラジカル等の活性種を生成することが可能となる。クリーニングガスは、処理室 2 0 1 内の部材、例えば、反応管 2 0 3 の内壁、ノズル 2 4 9 a , 2 4 9 b の表面、ポート 2 1 7 の表面等に接触する。このとき、熱化学反応 (エッチング反応) により、処理室 2 0 1 内の部材表面の付着物を除去することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

(アフターパーズおよび大気圧復帰ステップ)

所定の時間が経過し、処理室 2 0 1 のクリーニングが完了した後、バルブ 2 4 3 b を閉じ、処理室 2 0 1 へのクリーニングガスの供給を停止する。そして、成膜処理のアフターパーズと同様の処理手順により、処理室 2 0 1 をパーズする (アフターパーズ)。このとき、バルブ 2 4 3 b の開閉動作を繰り返すことで、処理室 2 0 1 のパーズを間欠的に行うようにしてもよい (サイクルパーズ)。その後、処理室 2 0 1 の雰囲気は N₂ ガスに置換され (不活性ガス置換)、処理室 2 0 1 の圧力が常圧に復帰される (大気圧復帰)。

【 0 0 5 2 】

(ポートアンロード)

その後、ポートエレベータ 1 1 5 によりシールキャップ 2 1 9 が下降され、マニホールド 2 0 9 の下端が開口されるとともに、空のポート 2 1 7 が、マニホールド 2 0 9 の下端から反応管 2 0 3 の外部へ搬出 (ポートアンロード) される。ポートアンロードの後、シャッタ 2 1 9 s が移動させられ、マニホールド 2 0 9 の下端開口が O リング 2 2 0 c を介してシャッタ 2 1 9 s により密閉される。これら一連の工程が終了すると、上述の成膜処理が再開される (図 4 参照)。

【 0 0 5 3 】

(4) クリーニング処理の開始タイミング

以下に、参考例と対比しつつ、本態様においてクリーニング処理が開始されるタイミングについて説明する。

【 0 0 5 4 】

図 5 (b) に示す参考例は、従来の基板処理装置の動作例として散見されるものであり、n 回目 (n は 1 以上の整数) の成膜処理中に処理炉内の累積膜厚が所定の厚さに達してクリーニング処理を行うべき状態となった際に、n 回目の成膜処理が完了したら、その直後に、自動的にクリーニング処理を開始する様子を示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

図 5 (b) の参考例に示すように、成膜処理直後のタイミングでクリーニング処理を行った場合、図 5 (b) に示すクリーニング処理後に開始される $n + 1$ 回目の成膜処理と、クリーニング処理を経ずに行われる $n + 1$ 回目の成膜処理との間に、大きな温度の乖離が見られる。特に、この成膜処理開始時の温度の差異が成膜処理時の温度履歴を異ならせ、成膜処理間における処理の質の差を生じさせる原因と考えられる。

【 0 0 5 6 】

n 回目の成膜処理が完了し、 $n + 1$ 回目の成膜処理を開始すべき事態とならない場合、基板処理装置は、 $n + 1$ 回目の成膜処理を開始すべき事態となるまで待機する「アイドル状態」に遷移するよう構成されている。アイドル状態では、その運転コストやメンテナンスコストを低減させる等の理由から、ヒータ 207 を非稼働（ヒータ出力ゼロ）、或いは、そのヒータ出力を少なからず大幅に低下させた状態とするのが望ましい。そのため、基板処理装置は、ヒータ 207 をそのように制御するよう構成される場合がある。

10

【 0 0 5 7 】

ここで、成膜処理の実施スケジュール（半導体装置の生産スケジュール）によっては、このアイドル状態が長時間継続する場合がある。そのため、長時間のアイドル状態を経た後に $n + 1$ 回目の成膜処理を開始する場合、長時間のアイドル状態を挟まずに成膜処理を連続して行う場合に比べて、処理室の温度が大きく低下する場合がある。このように大きく低下した処理室 201 の温度を成膜処理に適した温度へ上昇させるには、アイドル状態を挟まずに成膜処理を連続して行う場合に比べて、長い時間がかかることとなる。

20

【 0 0 5 8 】

このため、クリーニング処理を行った後、長時間のアイドル状態を経て $n + 1$ 回目の基板処理を行う場合におけるウエハ 200 の熱履歴は、クリーニング処理を経ず、すなわち、アイドル状態を挟まずに成膜処理を連続して行う場合におけるウエハ 200 の熱履歴よりも大きくなる傾向がある。

【 0 0 5 9 】

上述の新規課題を解決するため、図 5 (a) に示す本態様では、 n 回目の基板処理中に累積膜厚が所定の厚さに達した際、すなわち、クリーニング処理を行うべき状態となった際に、クリーニング処理を、 n 回目の成膜処理の直後ではなく、 $n + 1$ 回目の成膜処理の開始直前に行うようにしている。ここで、図 5 (a) では、クリーニング処理時の温度と成膜処理時の温度が同じになっているが、これは、成膜処理開始時の温度を同じ温度に安定させることを示すための一例である。つまり、クリーニング処理時の温度と成膜処理時の温度を必ずしも同じにする必要はない。あくまでも成膜処理開始時の処理炉 202 内の温度を一定にすることが重要である。

30

【 0 0 6 0 】

具体的には、本態様の基板処理装置では、成膜処理を n 回行った後、 $n + 1$ 回目の成膜処理を開始すべき事態となっていない場合、すなわち、まだ $n + 1$ 回目の成膜処理の実行命令を受けていない場合に、クリーニング処理を開始することなく、 $n + 1$ 回目の成膜処理を開始すべき事態となるのを待つ「新たなアイドル状態」へと遷移するよう構成されている。

40

【 0 0 6 1 】

本態様におけるアイドル状態は、クリーニング処理を行うべき状態となっているのにそれを開始しないという点で、すなわち、行うべき処理があるにも関わらずそれを開始せず、ヒータ 207 を非稼働、或いは、その出力を低下させた状態で $n + 1$ 回目の成膜処理の開始命令を待つという点で、図 5 (b) に示す参考例のアイドル状態とは全く異なるといえる。

【 0 0 6 2 】

また、本態様におけるアイドル状態は、その後、 $n + 1$ 回目の成膜処理の開始命令を受けた際に、命令を受けたこの成膜処理を開始するのではなく、クリーニング処理を行ってから成膜処理を行う。従い、図 5 (b) に示す参考例では、アイドル状態（もしくは成膜処

50

理間)の時間により成膜処理開始時の温度が全く異なってしまうと考えられるが、図5(a)に示す本態様では、アイドル状態の時間に関係なく成膜処理開始時の温度を安定させることができる。また、成膜処理を開始すべき事態とは、成膜処理の実行命令を受けたときとして説明しているが、例えば、次に処理される基板が全て装置内に投入された時点であってよい。

【0063】

本態様では、 n 回目に行う成膜処理の完了時からクリーニング処理の実行開始時までの期間 T_1 よりも、クリーニング処理の実行完了時から $n+1$ 回目に行う成膜処理の実行開始時までの期間 T_2 を短くするように制御される。これにより、 $n+1$ 回目の成膜処理の開始時において、クリーニング処理時の熱を効率的に利用することが可能となる。これにより、 $n+1$ 回目の成膜処理におけるウエハ200の熱履歴と、連続成膜処理におけるウエハ200の熱履歴とを揃えることが可能となる。結果として、成膜処理間の待機時間に関係なく成膜処理開始時の処理条件(例えば、温度)を安定させることができるので、ウエハ200の処理の質を均一化させることが可能となる。なお、この場合、ウエハ200の処理に影響がなければ、処理条件を必ずしも一致させる必要はなく、ある程度の所定範囲内の誤差であってよい。

10

【0064】

なお、新たなアイドル状態に遷移したときは、 $n+1$ 回目の成膜処理の実行命令を受けるまで、クリーニング処理の操作を制限する動作が、オペレータの操作によらず、コントローラ121によって自律的かつ自動的に制御されるよう構成するのが好ましい。この場合、オペレータの人為的操作によって基板処理装置へクリーニング処理の開始命令が入力されたとしても、 $n+1$ 回目の処理の実行命令を受けるまでは自動的にインターロックが作動し、クリーニング処理の開始が制限されることとなる。

20

【0065】

上述のように、本態様では、 n 回目の基板処理の実行途中でクリーニングを行うべき状態になった場合でも、 n 回目の基板処理の終了後、自動的にクリーニングを開始させずに、 n 回目の基板処理の終了後、 $n+1$ 回目の基板処理の指示があるまで待機させ、指示があってからクリーニングを開始させる。そして、クリーニング終了後、(既に $n+1$ 回目の基板処理の指示を受けているので)すぐ $n+1$ 回目の基板処理を開始させることができる。このように、 $n+1$ 回目の基板処理の直前にクリーニングを行うことにより、基板処理の開始時の処理室内の温度の低下を抑制することができる。

30

【0066】

(5)本態様による効果

本態様によれば、以下に示す一つ又は複数の効果が得られる。

【0067】

(a)クリーニング処理を $n+1$ 回目の成膜処理の開始前に行うので、 $n+1$ 回目の成膜処理の開始時において、クリーニング処理時の熱を効率的に利用することが可能となる。これにより、 $n+1$ 回目の成膜処理におけるウエハ200の熱履歴を他の成膜処理(1回目~ n 回目)におけるウエハ200の熱履歴に揃えることが可能となる。結果として、成膜処理間での処理の質を均一化させることが可能となる。

40

【0068】

(b)クリーニング処理を $n+1$ 回目の成膜処理の開始前に行うので、 $n+1$ 回目の成膜処理の開始時までの時間によらず、クリーニング処理時の熱を効率的に利用することが可能となる。これにより、待機時間の長さに関係することなく成膜処理開始時の処理条件を揃えることが可能となる。結果として、成膜処理間での処理の質を均一化させることが可能となる。

【0069】

(c)上述したクリーニング処理の操作を制限する動作が、コントローラ121によって自律的かつ自動的に制御されることから、オペレータの操作によって誤ったタイミングでクリーニング処理が開始されることを防止することができ、これにより、成膜処理間での

50

処理の質を均一化させることが可能となる。

【0070】

(d)本態様によれば、クリーニング処理をn+1回目の成膜処理の開始前に行うので、新たなアイドル状態において、ヒータ207を非稼働、或いは、その出力を低下させることにより、処理炉202を長持ちさせるよう消費電力を低減させることができ、さらに、成膜処理間での処理の質の均一化を実現することができる。

【0071】

<本開示の他の態様>

以上、本開示の態様を具体的に説明した。しかしながら、本開示は上述の態様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。

【0072】

例えば、ウエハ200上に形成される所定の膜として、シリコン膜(Si膜)、シリコン酸化膜(SiO膜)、シリコン窒化膜(SiN膜)、シリコン炭化膜(SiC膜)等のSi系膜をウエハ200上に形成する場合にも好適に適用できる。また、チタン窒化膜(TiN膜)をウエハ200上に形成する場合にも好適に適用できる。また、アルミニウム酸化膜(AlO膜)等の高誘電率絶縁膜(High-k膜)をウエハ200上に形成する場合にも好適に適用できる。

【0073】

また、クリーニングガスとして、フッ素(F₂)ガス、フッ化水素(HF)ガス、フッ化窒素(NF₃)等のフッ素系ガス、或いは、これらの混合ガスも好適に用いることができる。また、塩化水素(HCl)等の塩素系ガスも好適に用いることができる。

【0074】

上述の態様において、各処理に用いられるレシピは、処理内容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、膜厚の膜を、再現性よく形成することができるようになる。また、オペレータの負担を低減でき、操作ミスを回避しつつ、各処理を迅速に開始できるようになる。

【0075】

また、クリーニングガスを膜種に応じて適宜選択できるように、予めプロセスレシピとクリーニングレシピとを関連付けて記憶装置121c内に格納しておくことが好ましい。また、本態様ではクリーニングレシピの実行時間を固定した方がよい。要するにクリーニング処理時間(クリーニングガスの供給時間)を一定にする方がよい。これにより、プロセスレシピの直前にクリーニングレシピを実行するため、プロセスレシピ開始時の処理炉202内の状態を安定にすることができる。

【0076】

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してもよい。

【0077】

上述の態様では、クリーニング処理を行うべき状態であるか否かの判断を、処理炉202内の累積膜厚が所定の厚さに達したか否かに基づいて行う例を説明したが、本開示はこれに限定されることはない。例えば、クリーニング処理を行うべき状態であるか否かの判断を、成膜処理が所定回数行われたか否かに基づいて行ってもよい。また、これらの判断によらず、オペレータの指示の有無に基づいて、クリーニング処理を行うべき状態か否かを判断してもよい。また、クリーニング対象である部品の使用回数または使用時間に基づき判断してもよい。このように、クリーニング処理を行うべき状態か否かの判断基準(判

10

20

30

40

50

定要件)を任意に設定することが可能である。

【0078】

上述の態様では、基板処理装置は成膜処理を実施するように構成されているが、成膜処理は例えばCVD、PVD、酸化膜、窒化膜を形成する処理、金属を含む膜を形成する処理であってもよい。また、基板処理の具体的内容は不問であり、成膜処理だけでなく、アニール処理、酸化処理、窒化処理、拡散処理等の処理であってもよい。また、他の基板処理装置、例えば露光装置、リソグラフィ装置、塗布装置、プラズマを利用したCVD装置にも適用できる。また、基板処理装置の一例として半導体製造装置を示しているが、半導体製造装置に限らず、LCD装置のようなガラス基板を処理する装置であってもよい。

【0079】

上述の態様では、一度に複数枚の基板を処理するバッチ式の基板処理装置を用いて膜を形成する例について説明した。本開示は上述の態様に限定されず、例えば、一度に1枚又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膜を形成する場合にも、好適に適用できる。また、上述の態様では、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膜を形成する例について説明した。本開示は上述の態様に限定されず、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膜を形成する場合にも、好適に適用できる。

【0080】

これらの基板処理装置を用いる場合においても、上述の態様と同様な処理手順、処理条件にて各処理を行うことができ、上述の態様と同様な効果が得られる。

【0081】

また、上述の態様は、適宜組み合わせ用いることができる。このときの処理手順、処理条件は、例えば、上述の態様の処理手順、処理条件と同様とすることができる。

【符号の説明】

【0082】

- 200 ウエハ(基板)
- 201 処理室

10

20

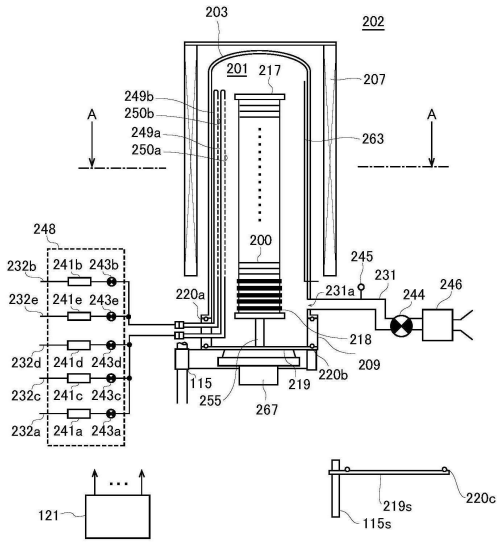
30

40

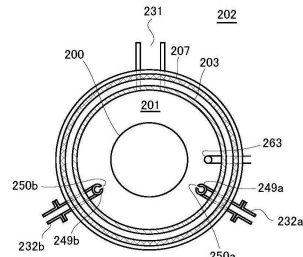
50

【図面】

【図 1】



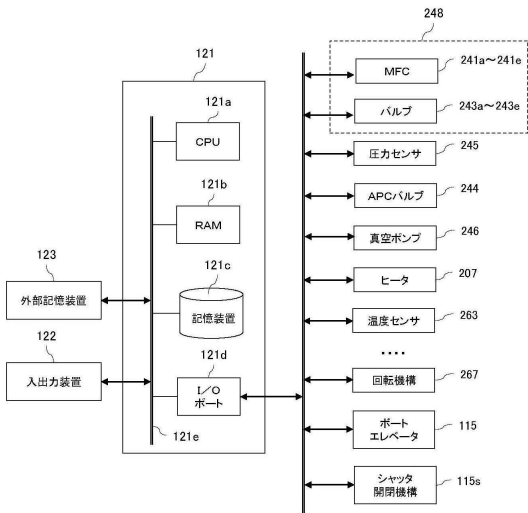
【図 2】



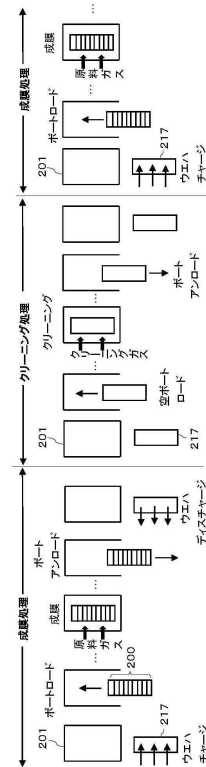
10

20

【図 3】



【図 4】

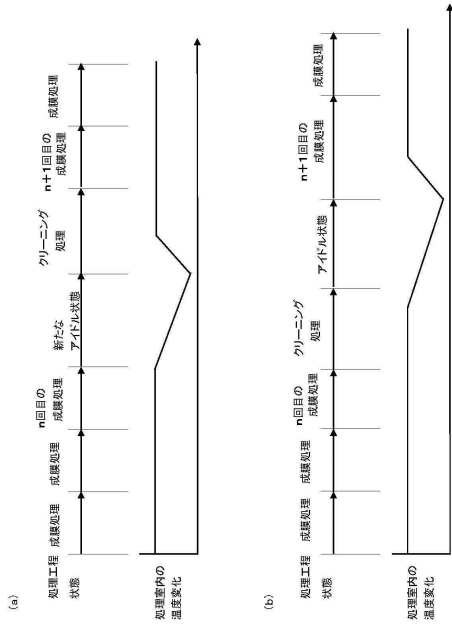


30

40

50

【 5 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

IC内

(72)発明者 猪島 かおり

富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社KOKUSAI ELECTRIC内

審査官 加藤 芳健

(56)参考文献 特開2013-187366(JP,A)

特開平08-213326(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

H01L 21/205

H01L 21/302

C23C 16/44

C23C 16/52