

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5813574号
(P5813574)

(45) 発行日 平成27年11月17日(2015.11.17)

(24) 登録日 平成27年10月2日(2015.10.2)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 1 G
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 5 H 1/46 A

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-111617 (P2012-111617)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成24年5月15日 (2012.5.15)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2013-239584 (P2013-239584A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成25年11月28日 (2013.11.28)	(74) 代理人	110000062
審査請求日	平成26年9月11日 (2014.9.11)		特許業務法人第一国際特許事務所
		(72) 発明者	安並 久夫
			山口県下松市大字東豊井794番地 株式
			会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業
			所内
		(72) 発明者	森 政士
			山口県下松市大字東豊井794番地 株式
			会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業
			所内
		審査官	溝本 安展
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部にプラズマが生成される真空処理室と、前記真空処理室の上部を気密に封止するアンテナ蓋部と、前記真空処理室内に配置され被処理体が載置される第一の電極と、前記真空処理室内にガスを供給するシャワープレートと前記アンテナ蓋部の間に配置され前記第一の電極に対向した第二の電極と、前記プラズマを生成するための高周波電力を前記第二の電極に供給する高周波電源と、前記シャワープレートにガスを供給するガス供給手段と、前記真空処理室内を排気する排気手段とを備えるプラズマ処理装置において、

前記ガス供給手段は、複数のガス供給源と前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートに供給し前記アンテナ蓋部の上方に配置されたガス供給装置を具備し、

前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートの第一の領域と前記第一の領域の外側の領域である前記シャワープレートの第二の領域のそれぞれに分配するガス分配器と、ガスを前記複数のガス供給源から前記ガス分配器に供給するための配管の内部を排気する第一の排気用配管と、ガスを前記ガス分配器から前記シャワープレートに供給するための配管の内部を排気する第二の排気用配管とを具備することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記ガス分配器は、2つであり、

プラズマ処理条件を構成するステップを継続してプラズマ処理を行うとき、前記ステップのガスを一方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、前記ステップ後のステップのガスを他方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給するような制御を行う制御装置をさらに備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】

内部にプラズマが生成される真空処理室と、前記真空処理室の上部を気密に封止するアンテナ蓋部と、前記真空処理室内に配置され被処理体が載置される第一の電極と、前記真空処理室内にガスを供給するシャワープレートと前記アンテナ蓋部の間に配置され前記第一の電極に対向した第二の電極と、前記プラズマを生成するための高周波電力を前記第二の電極に供給する高周波電源と、前記シャワープレートにガスを供給するガス供給手段と、前記真空処理室内を排気する排気手段とを備え、

10

前記ガス供給手段は、複数のガス供給源と前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートに供給し前記アンテナ蓋部の上方に配置されたガス供給装置を具備し、

前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートの第一の領域と前記第一の領域の外側の領域である前記シャワープレートの第二の領域のそれぞれに分配する2つのガス分配器と、ガスを前記複数のガス供給源から前記ガス分配器に供給するための配管の内部を排気する第一の排気用配管と、ガスを前記ガス分配器から前記シャワープレートに供給するための配管の内部を排気する第二の排気用配管とを具備するプラズマ処理装置を用いてプラズマ処理条件を構成するステップを継続してプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、

20

前記ステップのガスを一方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、前記ステップ後のステップのガスを他方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のプラズマ処理方法において、

前記他方のガス分配器によって分配される一方のガスは、前記シャワープレートを介して前記真空処理室内の中心部に供給され、前記他方のガス分配器によって分配される他方のガスは、前記シャワープレートを介して前記真空処理室内の外周部に供給され、

前記ステップから前記ステップ後のステップに移行するとき、前記他方のガス分配器のガスを分配する比率を前記一方のガス流量が前記他方のガス流量より多くなるガス流量の比率にすることを特徴とするプラズマ処理方法。

30

【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載のプラズマ処理方法において、

前記ステップ後のステップのガスを供給開始して所定の期間が経過した後、前記ステップのガスの供給を停止することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のプラズマ処理方法において、

前記所定の期間は、前記第一の電極に印加する高周波バイアス電力を 0 W にすることを特徴とするプラズマ処理方法。

40

【請求項 7】

請求項 5 または請求項 6 に記載のプラズマ処理方法において、

前記所定の期間の前記高周波電力は、前記所定の期間後の前記高周波電力より小さいことを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子の製造方法に係り、特にプラズマエッチングを行うプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

近年の半導体の高集積化に伴い、加工寸法の微細化や高アスペクト比加工が、また、シリコンウエハの大口径化に伴うウエハ面内の均一な加工がますます重要となってきた。特に、多層膜の加工や高アスペクト比加工については、単一のステップのみで構成されている条件では加工が困難となっており、それぞれの膜種や深さにあったステップを組み合わせた条件にて加工を行うことが必須となっている。ここでいうステップは、エッチングされる膜や加工形状などに合わせた最小単位のエッチング条件のことを指しており、このステップを組み合わせたものを処理条件とする。

【 0 0 0 3 】

通常、プラズマエッチングでは、前ステップが終了した後、後ステップを開始する前に前ステップの雰囲気を最小限とするように放電を一旦終了し、処理室内の残留ガスを排気した後、後ステップに使用する処理ガスを処理室に導入し、圧力調整を行った後、プラズマエッチングが開始される。このため、チャンバ内にある前ステップの残留ガスの排気、後ステップの処理ガスの導入と圧力調整のための時間など、いわゆる処理中断時間が発生する。

10

【 0 0 0 4 】

組み合わせるステップが少ない場合には、ステップ間の処理中断時間の影響は少ないものの、ステップの組み合わせが多くなり、切り替え回数が増えると実際にエッチングしている時間も長くなるが、エッチングしていない処理中断時間も長くなってしまい、エッチング時間と処理中断時間を合せた一枚あたりの処理時間はより長くなってしまふ。そうなると、生産性の低下を招くと同時に、生産コストを増大させてしまふ。

20

【 0 0 0 5 】

この解決方法として、特開 2 0 0 7 - 2 8 7 9 2 4 号公報（特許文献 1）がある。この公報には、「それぞれ異なる処理圧力条件を有する複数の処理ステップを有し、各処理ステップの間に真空処理室内に試料をエッチングせずかつプラズマ放電を継続可能なガスを導入してプラズマ放電を継続する移行ステップを設け、それぞれの移行ステップでは、真空処理室内の処理圧力を前の処理ステップにおける処理圧力に保った後、後の処理ステップの処理圧力に滑らかに変化させる。」と記載されている（要約参照）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

30

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 2 8 7 9 2 4 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

上記の方法では、放電中断による異物発生を低減することが主目的のため、ステップとステップの間にエッチングしない Ar などのガスを用いたステップを間に挟むことによりプラズマ放電を継続した状態で処理を行うことができる。但し、上記方法は終了した条件の残留ガスを真空排気しないものの、プラズマ放電を継続するために Ar 等のガスを処理室への供給と供給したガスの圧力調整の時間が発生する。上記発明においては、Ar 等のガスの流量についての記述はあるものの配管の容積についての記述はない。

40

【 0 0 0 8 】

本発明は、上述の課題を鑑みて、複数の条件を組み合わせることによって行われるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法において、ステップ間のプロセスガスを高速に切り替えることのできるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法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 】

【 0 0 0 9 】

上記の課題を解決するために、代表的な本発明のプラズマ処理装置の一つは、内部にプラズマが生成される真空処理室と、前記真空処理室の上部を気密に封止するアンテナ蓋部と、前記真空処理室内に配置され被処理体が載置される第一の電極と、前記真空処理室内

50

にガスを供給するシャワープレートと前記アンテナ蓋部の間に配置され前記第一の電極に対向した第二の電極と、前記プラズマを生成するための高周波電力を前記第二の電極に供給する高周波電源と、前記シャワープレートにガスを供給するガス供給手段と、前記真空処理室内を排気する排気手段とを備えるプラズマ処理装置において、前記ガス供給手段は、複数のガス供給源と前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートに供給し前記アンテナの蓋部の上方に配置されたガス供給装置を具備し、前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートの第一の領域と前記第一の領域の外側の領域であり、前記シャワープレートの第二の領域のそれぞれに分配するガス分配器と、ガスを前記複数のガス供給源から前記ガス分配器に供給するための配管の内部を排気する第一の排気用配管と、ガスを前記ガス分配器から前記シャワープレートに供給するための配管の内部を排気する第二の排気用配管とを具備することを特徴とする。

10

【0010】

また、上記の課題を解決するために、代表的な本発明のプラズマ処理方法の一つは、内部にプラズマが生成される真空処理室と、前記真空処理室の上部を気密に封止するアンテナ蓋部と、前記真空処理室内に配置され被処理体が載置される第一の電極と、前記真空処理室内にガスを供給するシャワープレートと前記アンテナ蓋部の間に配置され前記第一の電極に対向した第二の電極と、前記プラズマを生成するための高周波電力を前記第二の電極に供給する高周波電源と、前記シャワープレートにガスを供給するガス供給手段と、前記真空処理室内を排気する排気手段とを備え、前記ガス供給手段は、複数のガス供給源と前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートに供給し前記アンテナ蓋部の上方に配置されたガス供給装置を具備し、前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記シャワープレートの第一の領域と前記第一の領域の外側の領域であり前記シャワープレートの第二の領域のそれぞれに分配する2つのガス分配器と、ガスを前記複数のガス供給源から前記ガス分配器に供給するための配管の内部を排気する第一の排気用配管と、ガスを前記ガス分配器から前記シャワープレートに供給するための配管の内部を排気する第二の排気用配管とを具備するプラズマ処理装置を用いてプラズマ処理条件を構成するステップを継続してプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、前記ステップのガスを一方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、前記ステップ後のステップのガスを他方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給することを特徴とする。

20

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、真空処理室からガス切り替え装置までのガスが通過する部分の容積を小さくでき、ガスを切り替える際に残留するガスの置換を効率良く行うことができるため、複数のステップを必要とするプラズマ処理において、ステップ間のガスの切り替えを素早く行い、前ステップの終了から次ステップの開始までの時間を短縮し、生産性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

40

【図1】本発明の実施例1のプラズマ処理装置の真空処理室周囲の概略構造の縦断図である。

【図2】本発明の実施例1のガス切り替え装置からシャワープレートまでのガス流路を示す図である。

【図3】本発明の実施例1の配管容積50mLでのガス濃度の時間依存性を示すグラフである。

【図4】比較例の配管容積80mLでのガス濃度の時間依存性を示すグラフである。

【図5】本発明の実施例1のガス供給ユニットとガス切り替え装置の概略構成図である。

【図6】本発明の実施例1のプラズマ処理方法の複数のステップを有した条件でのガス流れの状態を示す図である。

50

【図7】本発明の実施例2のプラズマ処理方法の複数のステップを有した条件でのガス流れの状態を示す図である。

【図8】本発明の実施例3のプラズマ処理装置の真空処理室周囲の概略構造の縦断図である。

【図9】本発明の実施例3のガス切り替え装置からシャワープレートまでのガス流路を示す図である。

【図10】本発明の実施例3のガス供給ユニットとガス切り替え装置の概略構成図である。

【図11】本発明の実施例3のプラズマ処理方法の複数のステップを有した条件でのガス流れの状態を示す図である。

【図12】本発明の実施例4のプラズマ処理装置の真空処理室周囲の概略構造の縦断図である。

【図13】本発明の実施例4のガス切り替え装置からシャワープレートまでのガス流路を示す図である。

【図14】本発明の実施例4のガス供給ユニットとガス切り替え装置の概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の実施の形態によれば、内部にプラズマが生成される真空処理室と、前記真空処理室の上部を気密に封止するアンテナ蓋部と、前記真空処理室内に配置され被処理体を載置する第一の電極と、前記第一の電極に対向し前記真空処理室内にガスを供給するシャワープレートと前記アンテナ蓋部の間に配置された第二の電極と、前記第二の電極に前記プラズマ生成用の高周波電力を供給する高周波電源と、前記シャワープレートにガスを供給するガス供給手段と、前記真空処理室内を排気する排気手段とを備えるプラズマ処理装置において、前記ガス供給手段は、前記アンテナ蓋部の上部に配置され複数のガス供給源とガス供給装置とを具備し、前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記複数のガス供給源の数に対応し分配するガス流量を制御するガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から前記ガス分配器にガスを供給するための配管の内部のガスを排気する第一の排気用配管と、前記ガス分配器から前記シャワープレートにガスを供給するための配管の内部のガスを排気する第二の排気用配管とを具備することが好ましい。

【0014】

また、本発明の実施の形態によれば、更に、前記ガス分配器は、2つであり、前記ガス供給装置は、プラズマ処理条件を構成するステップを継続してプラズマ処理を行う際に当該ステップのガスを一方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、当該ステップ後のステップのガスを他方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給するような制御を行う制御装置を具備することが好ましい。

【0015】

また、本発明の実施の形態によれば、内部にプラズマが生成される真空処理室と、前記真空処理室の上部を気密に封止するアンテナ蓋部と、前記真空処理室内に配置され被処理体を載置する第一の電極と、前記第一の電極に対向し前記真空処理室内にガスを供給するシャワープレートと前記アンテナ蓋部の間に配置された第二の電極と、前記第二の電極に前記プラズマ生成用の高周波電力を供給する高周波電源と、前記シャワープレートにガスを供給するガス供給手段と、前記真空処理室内を排気する排気手段とを備え、前記ガス供給手段は、前記アンテナ蓋部の上部に配置され複数のガス供給源とガス供給装置とを具備し、前記ガス供給装置は、前記複数のガス供給源から供給されたガスを前記複数のガス供給源の数に対応し分配するガス流量を制御するガス分配器を介して前記シャワープレートに供給するプラズマ処理装置を用いてプラズマ処理条件を構成するステップを継続してプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、前記ガス分配器は、2つであり、当該ステップのガスを一方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、当該ステップ後

10

20

30

40

50

のステップのガスを他方のガス分配器を介して前記シャワープレートに供給し、前記他方のガス分配器によって分配される一方のガスは、前記シャワープレートを介して前記真空処理室内の中心部に供給され、前記他方のガス分配器によって分配される他方のガスは、前記シャワープレートを介して前記真空処理室内の外周部に供給され、前記当該ステップから前記当該ステップ後のステップに移行する時、前記他方のガス分配器のガス分配比を前記一方のガス流量が前記他方のガス流量より多くなるガス流量比にすることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の実施の形態によれば、更に、前記当該ステップ後のステップのガスを供給開始して所定の期間が経過した後に前記当該ステップのガスの供給を停止することが好ましい。

10

【 0 0 1 7 】

また、本発明の実施の形態によれば、更に、前記所定の期間は、前記被処理体に印加する高周波バイアス電力を 0 にすることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の実施の形態によれば、更に、前記所定の期間の高周波電力は、前記所定の期間後の高周波電力より小さいことが好ましい。

【 0 0 1 9 】

本発明に係るプラズマ処理装置の実施の形態を図 1 を用いて説明する。図 1 は本発明の実施の形態にプラズマ処理装置の真空処理室周囲の概略構造を示す縦断面図である。

20

【 0 0 2 0 】

本発明に係るプラズマ処理装置は、真空処理室 1 0 1 と、温調機能及び静電吸着機能を有するウエハ載置用ステージ 1 0 2 と、ウエハ載置用ステージ 1 0 2 に載置されているウエハ 1 0 3、ウエハ載置用ステージの上部のカバー及びウエハ 1 0 3 のガイドの役目を有するサセプタ 1 0 4 と、ヨーク 1 0 5 と、コイル 1 0 6 と、アンテナ 1 0 7 と、ガス分散板 1 0 8 と、シャワープレート 1 0 9 と、ガス供給源を含むガス供給ユニット 1 1 0 から配管によって接続されているガス切り替え装置 1 1 2 と、ガス供給ユニット 1 1 2 とガス切り替え装置 1 1 2 とを制御する制御ユニット 1 1 1 を備えている。

【 0 0 2 1 】

また、プラズマ処理装置は、第一の高周波電源 1 1 3 と、第一の整合器 1 1 4 と、第二の高周波電源 1 1 5 と、第二の整合器 1 1 6 と、アンテナ外周絶縁リング 1 1 7 と、シャワープレート支持リング 1 1 8 とアンテナ蓋部 1 1 9、可変バルブ 1 2 0、ターボ分子ポンプ 1 2 1、補助ポンプ 1 2 2、真空計 1 2 3 とを備えている。

30

【 0 0 2 2 】

ウエハ 1 0 3 が真空処理室 1 0 1 内に搬送され、ウエハ載置用ステージ 1 0 2 に載置される。ウエハ 1 0 3 は、図示されていない温調機能によりウエハ温度を一定に保つことができる。また、ウエハ 1 0 3 は、同じく図示されていない直流電源により供給された直流電圧をウエハ載置用ステージ 1 0 2 の上面にある絶縁膜に印加することにより発生する静電吸着力によりウエハ載置用ステージ 1 0 2 の上に吸着固定される。ウエハ 1 0 3 のエッチング処理を行う処理ガスがシャワープレート 1 0 9 より導入され、設定された圧力となるよう真空処理室 1 0 1 に取り付けられた真空計 1 2 3 にて測定された圧力を基に、可変バルブ 1 2 0 により、真空処理室 1 0 1 内の圧力が調整される。

40

【 0 0 2 3 】

一方、ウエハ載置用ステージ 1 0 2 に対向する面に、ウエハ載置用ステージ 1 0 2 に略平行に略円形の導電性部材からなる平板状のアンテナ 1 0 7 がウエハ載置用ステージ 1 0 2 と所定の間隔をあけて空間が形成されるよう配置される。このアンテナ 1 0 7 には、第一の整合器 1 1 4 を介して第一の高周波電源 1 1 3 より高周波電力が印加されアンテナ 1 0 7 から放射される電磁波と真空処理室 1 0 1 の外周に沿って配置されたコイル 1 0 6 及びヨーク 1 0 5 により、アンテナ 1 0 7 とウエハ載置用ステージ 1 0 2 との間の空間に形成される磁場との相互作用により真空処理室 1 0 1 内に導入された処理ガスをプラズマ化

50

する。

【0024】

さらに、ウエハ載置用ステージ102に接続された第二の高周波電源115と第二の整合器116により、ウエハ103に高周波バイアスを印加することにより、プラズマ中に形成された荷電粒子をウエハ103の表面に引き込むようにして、プラズマ中の励起された高いエネルギー状態の粒子をウエハ103の表面と反応させてプラズマ処理を行う構成となっている。

【0025】

なお、ガス切り替え装置112から、シャワープレート109までのガス流れを図2に示す。ガス切り替え装置112から出た処理ガスは、中心部と外周部に各々2つの配管によってガス分散板108に接続される。ガス分散板108は中心部108aと外周部108bの2つにわかれており下部には、シャワープレート109のガス噴き出し穴に対応する穴が開いている。ガス分散板108の下には、真空処理室101に接するシャワープレート109があり、シャワープレート109のガス噴き出し穴109sより真空処理室101に処理ガスが導入される。

10

【実施例1】

【0026】

上記プラズマ処理装置での実施例について説明する。下記表1はエッチングの条件で、各ステップの使用するガスと流量を示したものである。

【表1】

20

ステップ	ガス名		
	A	B	C
	(ml/min)		
1	—	50	50
2	100	50	
3	100	100	100
4	100	50	—
5	100	100	100

表1のように、異なるステップを複数処理する場合、ガス種及びガス流量が異なることが多い。したがって終了した前の条件の残留ガスの量を最小限にすることが重要である。

30

【0027】

一般的に、容積 V (L)の配管にある濃度 X_0 のガス Y が入っている場合、別のガス Z を流量 Q (L/min)で流した場合、時間 t (min)後のガスの残留濃度 X は、下記式で求められる。

【0028】

$$X = X_0 \times e^{-Qt/V}$$

この式から、後から流すガスの流量 Q が大きいほど、残留ガスの影響は小さくなる。このことは、後ステップの流量が、前ステップの流量より大きくないとガスの置換に要する時間が長くなってしまふことを示す。特許文献1は、Ar等のエッチングされないガスを用い、前ステップよりも流量の大きく設定したステップを追加することにより、前ステップの残留ガスの置換を効率良く進めている。

40

【0029】

この追加されたステップの時間内に、後ステップの流量より小さくなるよう流量を変化させ、後ステップのガス流量は追加ステップのガス流量より大きくすることで、後ステップで使用する処理ガスへの入れ替え時間を短くしている。但し、ステップを追加することからトータルのステップの数が増えてしまうため、一枚あたりの処理時間についての大幅な短縮は困難である。

【0030】

一方、上式より、配管の容積 V を小さくすることで、残留濃度 X を短い時間で低くでき

50

ることが分かる。つまり、本実施例でいうと、ガスを切り換えるバルブから真空処理室 101 導入までの容積を最小にすることで、ガスの入れ替えを素早く行うことができることになる。

【0031】

図2は、ガス切り替え装置112からシャワープレート109までのガス流路を示す図である。図2では、ガス切り替え装置112から供給されたガスは、ガス分散板108により、中心部108aと外周部108bに分配され、最後に複数のガス噴き出し穴109sをもつシャワープレート109のガス噴き出し穴109sを通じて真空処理室101に導入されていることから、このガス切り替え装置112内のバルブからシャワープレート109までの容積は上式のVに、後ステップで流す流量は上式のQに相当する。

10

【0032】

図3は、配管容積50mLでのガス濃度の時間依存性のグラフである。本実施例をもとに容積と流量による残留濃度の時間依存性について計算を行った結果について図3に示している。本実施例ではアンテナ蓋部119の上にガス切り替え装置112を設置したため、容積はアンテナ蓋部119内部にある配管及びガス分散板108及びシャワープレート109の50mLとなる。流量については表1よりステップ2の150mL/minとステップ3の200mL/minの場合について計算した。

【0033】

結果をステップ2の場合を図3-A、ステップ3の場合を図3-Bに示す。図3-Aでは、残留ガス濃度が20%を下回るには32秒必要となる。一方、図3-Bに示す比較例では、同じ残留ガス濃度を20%下回るには16秒と半分となることから、特許文献1に記載されている通りとなる。一方容積については、ガス切り替え装置112をアンテナ蓋部119の直上ではなく、厚さ1mm、配管外径6.35mm、長さ2mの配管で接続した場合は、容積は30mLほど大きくなり、全体の容積は80mLとなる。

20

【0034】

図4は、配管容積80mLでのガス濃度の時間依存性のグラフである。同じくステップ2とステップ3の流量でのガス残留濃度の時間依存性を計算した結果を、ステップ2の場合を図4-A、ステップ3の場合を図4-Bに示す。同じく残留ガス濃度20%を下回る時間をみると、ステップ2の場合には、50秒を超えており、流量の大きいステップ3についても26秒と長くなっている。容積は小さくするほどガスの置換は早く終了することが分かる。

30

【0035】

但しガス分散板108や及びシャワープレート109のガス穴部等の部分の容積は、ウエハの大口径化、強度の関係もあり容易に減らすことが困難である。またアンテナ部内の配管についてはアンテナ部の構造や強度の関係から、アンテナ107やアンテナ蓋部119を含むアンテナ部の厚さが決まってくる。このため長さを変更しにくい点を考慮すると、アンテナ部の内部の配管径はより細く、アンテナ部より上流側については配管の長さをより短くする必要がある。このため残留ガス濃度20%を下回る時間を図3の容積での時間に対し許容範囲を±10%以内とした場合、容積にして5mL、上記配管の場合、長さ330mm以下にすればよい。

40

【0036】

本発明では、アンテナ蓋部119の直上にガス切り替え装置112を設置することで、真空処理室101に最も近い位置でガス切り替えを行い、配管内の残留するガスの影響を最小限にすることを可能にしている。図4は図1のガス供給ユニット110とガス切り替え装置112を中心に処理ガスの供給系について概略を示したものである。

【0037】

図5は、実施例1のガス供給ユニットとガス切り替え装置112の概略構成図である。最初に図5を用いて真空処理室101までのガス供給方法について説明する。それぞれ異なるガスA, ガスB, ガスCの供給源124~126より供給された処理ガスは、それぞれ2つに分岐され、各々の配管に接続されるマスフローコントローラ127~132によ

50

り設定された流量に制御され、混合用ガスバルブ133～138と各々のガス配管を経てガス切り替え装置112に供給される。

【0038】

供給されたガスはガス切り替え装置112内部にあるガス分配器141, 142に供給される。ガス分配器141, 142で分配された2つのガスは、切り替え用ガスバルブ147～150を経て、図1に記載のガス分散板108、シャワープレート109を經由して真空処理室101内に供給される。また、混合用ガスバルブ133～135とガス分配器141を繋ぐ配管及び混合用ガスバルブ136～138とガス分配器142を繋ぐ配管内の残留ガスを排気する場合、それぞれの配管に排気用のバイパス配管が接続されている。

10

【0039】

配管の接続先には、ターボ分子ポンプ121と補助ポンプ122の間の配管が接続されており、混合用ガスバルブ133～135, 136～139を「閉」にし、かつ、バイパス配管に設けられている第一の排気用ガスバルブ139, 140を「開」にすることにより、配管内の残留ガスを排気することができる。同様に、ガス分配器141と切り替え用ガスバルブ147, 148の間の配管及びガス分配器142と切り替え用ガスバルブ149, 150の間の配管にも同様のバイパス配管が接続され、切り替え用ガスバルブ147, 148及び149, 150を「閉」にし、バイパス配管の第二の排気用ガスバルブ143～146を「開」とすることにより配管内の残留ガスを排気することができる。

【0040】

20

図6は、実施例1の複数のステップを有した条件でのガス流れの状態を示す図である。実際の運用方法については図6をもとに説明する。図6は、5つのステップを連続して処理する場合の、図5のガスA、ガスB、ガスCのマスフローコントローラ127～132の直後の混合用ガスバルブ133～138、ガス分配器141, 142の出口及びガス切り替え装置112の出口の切り替え用ガスバルブ147～150での各タイミングでのガス流量を図6に示している。

【0041】

まず、ステップ1で使用されるガス系統1の処理ガスBとガスCを混合用ガスバルブ134とガスバルブ135を「開」にしてガス分配器141に供給する。その次に、ガス分配器141で分配された後、切り替え用ガスバルブ147, 148を「開」にして真空処理室101に導入し、ステップ1が開始される。ステップ1の処理が開始されて10秒後、ガス系統2の処理ガスAとガスBの混合用ガスバルブ136, 137を「開」にしてガス分配器142に供給する。ステップが10秒以内の場合には、ステップ時間の半分が経過した時点で別系統のガスの準備を開始する。

30

【0042】

ステップ1が処理する1秒前に、ガス系統2のガスAとガスBの混合用ガスバルブ149, 150を「開」にする。ステップ1が終了した直後に、混合用ガスバルブ134, 135を「閉」にしてガス供給を停止する。この時ステップ1の終了前後でガス系統1とガス系統2の供給が重なるが、これはステップ間でガス中断によるガス流量の減少が生じたことによりプラズマが維持できなくなることを防ぐ目的で行っている。

40

【0043】

この場合、残留ガスの影響による余分にエッチングされる懸念が考えられるが、その場合はステップ切り替えの数秒間、ウエハ103に印加する第二の高周波電源115を0Wにすることで、余分なエッチングを防ぐことができる。第二の高周波電源115は、ウエハ103に入射するイオンを加速させるための電源で、0Wにすることで過剰なエッチングを防ぐことができる。またプラズマは維持されたとしてもガスが異なるため、プラズマインピーダンスが変化し放電が不安定となることが懸念される。これに対しては、第一の整合器114にて調整を行うことで、放電の安定を保つことが可能である。

【0044】

また、ガス流量の変動もステップ切り替えの際に発生するが、真空処理室101に設置

50

した真空計 123 により真空処理室 101 内の圧力をモニタし、流量変動による圧力変動が生ずると設定圧力に戻るよう可変バルブ 120 を調整し、圧力変動を最小とするようになっている。

【0045】

ステップ 1 の終了と同時にステップ 2 が開始した直後、ステップ 1 で使用されていたガス B とガス C は、ガスバルブ 134、135 を「閉」に、第一の排気用ガスバルブ 139、第二の排気用ガスバルブ 145、146 を「開」にして、残留ガスを真空排気する。配管には図示していない真空計が設置され、設定された圧力以下になった時点で、第一の排気用ガスバルブ 139、第二の排気用ガスバルブ 145、146 を「閉」にして配管の排気を停止する。

10

【0046】

ステップ 2 の処理時間が半分終了すると、ステップ 3 で使用するガス A とガス B とガス C の混合用ガスバルブ 133、134、135 を「開」にして、レシピにて設定した流量でガス分配器 141 に供給する。ステップ 2 が終了する 1 秒前にガス系統 1 でガス A、ガス B、ガス C の切り替え用ガスバルブ 147、148 を「開」にする。ステップ 2 の終了後、切り替え用ガスバルブ 149、150 を「閉」にしてガス系統 2 のガス A とガス B の供給を停止する。ステップ 2 の終了と同時にステップ 3 が開始される。

【0047】

表 1 の条件では、ステップ 2 とステップ 4 は同じガス種で同じ流量のため、配管内の残留ガスの排気は行わず、ステップ 4 の開始時に切り替え用ガスバルブ 149、150 を開にする。また、ステップ 3 とステップ 5 の場合も同様である。本実施例では、ガスを 2 系統に分けたが、2 系統に限定するものではなく、少なくとも 2 系統あればガスを交互に供給することでの対応が可能となる。

20

【0048】

また、本実施例では、ウエハ 103 に対するガス供給の分布を均一にすることを目的にガス分配器 141、142 を用い中心部と外周部の流量比を制御しているが、外周部のガス流量よりも中心部のガス流量を、大きくすることで、真空処理室 101 内のガスの置換が効率良く行われる。これは外周部より導入されるガスは、かなりの割合でそのまま排気されてしまうのに対し、中心部から導入されるガスは、かなりの割合でウエハに届き、ウエハ表面を通過して排気されるためウエハ上に滞留する残留ガスの排気にも効果がある。ガス流量や圧力にもよるが、中心部の流量と外周部の流量の比を 8 : 2 にすることが望ましく、ガス配管の容積の低減と合せることでより早いガスの置換が行われる。

30

【実施例 2】

【0049】

実施例 1 では、ガス切り替え装置 112 とガス分散板 108 間の配管内のガス置換の効率向上について説明したが、実際に処理を実施するとウエハ 103 上に反応生成物が堆積又は浮遊する場合があります。後ステップの処理の時に、反応生成物がエッチングを阻害することが考えられる。反応生成物は一般的にウエハ 103 の外周部には堆積しにくく、ウエハ 103 の中心部に堆積しやすい。この反応生成物の堆積を防ぐには、ステップ切り替え時に反応生成物の堆積しやすいウエハ 103 の中心部にプロセスガスを集中的に流し、ウエハ 103 の中心部にある反応生成物を排気されやすいウエハ 103 の外周部に移送し中心部への堆積を緩和することである。

40

【0050】

そこで、実施例 1 では、シャワープレート 109 の中心部にある第一の領域と第一の領域の外側の領域である第二の領域のガス流量比を 1 : 1 にしていたが、実施例 2 では、ステップ切り替え時に、シャワープレート 109 の第二の領域 109 b からはガスの供給を停止し、シャワープレート 109 の第一の領域 109 a からのみガスを供給し、反応生成物のウエハ 103 の中心部への集中を緩和させ、ウエハ 103 面内の反応生成物の分布を均一にすることができる。

【0051】

50

実施例2のガス供給ユニット110とガス切り替え装置112の構成は、実施例1の図1, 2, 5と同様であるので省略する。図7は、実施例2の複数のステップを有した条件でのガス流れの状態を示す図である。具体的に、実施例1でのガス流量設定をもとに、ガス分散板108を含むガス供給ユニットとガス切り替え装置112の概略構成図の図7とシャワープレート109の第一の領域109aと第二の領域109bの噴き出しを含んだガス流れの状態について図7を用いて説明する。

【0052】

ステップ1の処理を開始した後、ステップ1の終了の5秒前から、供給されているガスB及びガスCは、切り替え用ガスバルブ147を「閉」にして、第一の領域109aのガス供給を停止すると同時に第二の領域109bに供給されているガス流量を50ml/minから100ml/minとする。真空処理室101へのガス供給量そのものは変わらない。ステップ1終了と同時に切り替え用ガスバルブ148を「閉」にし、ステップ1で供給されたガスB、ガスCは供給を停止する。

10

【0053】

引き続き、ステップ2のガスA及びガスBの供給を開始するが、最初の5秒間は切り替え用ガスバルブ149のみ「開」にしてガスAとガスBの合せた流量200ml/minをシャワープレート109の第一の領域109aのみの供給とする。5秒経過後、シャワープレート109の第一の領域109aと第二の領域109bのガス流量比を1:1となるよう、それぞれのガス流量100ml/minとなるようにし、そのまま、ステップ終了の5秒前まで継続する。

20

【0054】

もともと、シャワープレート109の第一の領域109aのガス切り替え装置112とガス分散板108との間の配管内に残留しているガスは、ガス供給時の配管内圧力と真空処理室101内の圧力では配管内の圧力が圧倒的に高いことから、ガス供給停止とともに残留ガスが真空処理室101内に抜けていくため、切り替え用ガスバルブ147を閉にした時点の残留ガスの量が減少しているため、配管内のガス置換も早く行われる。

【0055】

ステップ2の終了5秒前になると、切り替え用ガスバルブ149を「閉」にして、切り替え用ガスバルブ150側のガス流量を200ml/minとする。ステップ2が終了すると、ガスバルブ150を「閉」にし、ガスAとBの供給を停止する。ステップ3の開始と同時に、ガスA、ガスB、ガスCは、ガスバルブ147を「開」にすることにより、供給を開始する。

30

【0056】

ステップ3の開始5秒後に、ガスバルブ148を開にし、シャワープレート109の第一の領域109aと第二の領域109bの流量比を1:1となるよう流量を調整する。ステップ4以降も同様にすることで、各ステップ処理の際に発生する反応生成物がウエハ103の中心部に集中したものを、シャワープレート109の第一の領域109aからのみガスを供給することで、反応生成物が拡散され、後ステップへの反応生成物の影響を低減することが可能となる。なお、ステップ終了前のガス切り替えのタイミングについては、使用するガス種及びガス流量により異なるため、5秒に限定されるものではない。

40

【実施例3】

【0057】

図8は、本発明の実施例3のプラズマ処理装置の真空処理室周囲の概略構造の縦断図である。実施例1のプラズマ処理装置と比較すると、ガス分散板208と、ガス切り替え装置212の構造が簡略化されている。

【0058】

実施例3のガス分散板208は、実施例1のガス分散板108と比べると、中央部108aと周辺部108bに分離されておらず、ガス切り替え装置212から配管により供給される混合ガスは、ガス分散板208内で分散され、シャワープレート109の複数のガス噴き出し穴109sから真空処理室101内に導入される。

50

【 0 0 5 9 】

図 9 は、本発明の実施例 3 のガス切り替え装置 2 1 2 からシャワープレート 1 0 9 までのガス流路を示す図である。

また、図 1 0 は、本発明の実施例 3 のガス供給ユニット 2 1 0 とガス切り替え装置 2 1 2 の概略構成図である。

【 0 0 6 0 】

実施例 1 のガス切り替え装置 1 1 2 と比較すると、本発明の実施例 3 のガス切り替え装置 2 1 2 は、切り替え用ガスバルブ 2 4 7、2 4 9 から構成される簡略化された構造を備えており、ガス供給ユニット 2 1 0 内に配置されたガス分配器 1 4 1、1 4 2 からの混合ガスを切り替え用ガスバルブ 2 4 7、2 4 9 により切り替えて真空処理室 1 0 1 内に導入可能である。

10

【 0 0 6 1 】

また、本発明の実施例 3 のガス供給ユニット 2 1 0 は、実施例 1 のガス供給ユニット 1 1 0 と比較すると、ガス分配器 1 4 1、1 4 2 と第二の排気用ガスバルブ 2 4 4、2 4 6 を備えているが、第二の排気用ガスバルブの数は 4 個から 2 個に簡略化している。

【 0 0 6 2 】

図 1 1 は、本発明の実施例 3 のプラズマ処理方法の複数のステップを有した条件でのガス流れの状態を示す図である。実施例 1 の図 6 に示すガス流れの状態を示す図と比較すると、実施例 1 では、切り替え用ガスバルブ 1 4 7、1 4 8 と、切り替え用ガスバルブ 1 4 9、1 5 0 とによる混合ガスの切り替えを、切り替え用ガスバルブ 2 4 7、2 4 9 により切り替える点が相違する。

20

【 0 0 6 3 】

実施例 3 の構成によれば、真空処理室 1 0 1 のアンテナ蓋部 1 1 9 上に配置するガス切り替え装置 2 1 2 を小型化して、真空処理室のより近傍に配置することが可能となり、また、ガス切り替え装置 2 1 2 と真空処理室 1 0 1 との間の配管の容積を更に減少させて処理ガスの切り替えを迅速に行うことができる。

【 実施例 4 】

【 0 0 6 4 】

図 1 2 は、本発明の実施例 4 のプラズマ処理装置の真空処理室周囲の概略構造の縦断図である。実施例 1 のプラズマ処理装置と比較すると、本発明の実施例 4 では、ガス供給ユニット 3 1 0 とガス切り替え装置 3 1 2 が、真空処理室 1 0 1 のアンテナ蓋部 1 1 9 上に配置され、真空処理室 1 0 1 の外部のガス源 A ~ C から異なる種類のガスがガス供給ユニット 3 1 0 に供給され、真空処理室 1 0 1 の外部の制御装置が、ガス供給ユニット 3 1 0 とガス切り替え装置 3 1 2 の双方を制御する。

30

【 0 0 6 5 】

図 1 3 は、本発明の実施例 4 のガス切り替え装置からシャワープレートまでのガス流路を示す図であり、図 1 4 は、本発明の実施例 4 のガス供給ユニットとガス切り替え装置の概略構成図である。実施例 1 のプラズマ処理装置と比較すると、ガス分散板 1 0 8 とシャワープレート 1 0 9 の構造は実施例 1、2 と同じである。ガス分散板 1 0 8 は、中心部 1 0 8 a と外周部 1 0 8 b に分離されている。

40

【 0 0 6 6 】

本発明の実施例 4 では、シャワープレート 1 0 9 の第一の領域 1 0 9 a と第二の領域 1 0 9 b のガス噴き出し穴 1 0 9 s から真空処理室 1 0 1 内に混合ガスを導入することができ、実施例 1 の図 6 に示すガス流れの状態、及び、実施例 2 の図 1 1 に示すガス流れの状態を実現することができる。

【 0 0 6 7 】

実施例 4 の構成によれば、ガス供給ユニット 3 1 0 とガス切り替え装置 3 1 2 を共に真空処理室 1 0 1 のアンテナ蓋部 1 1 9 上に配置することにより、ガス供給ユニット 3 1 0 内のマスフローコントローラ 1 2 7 ~ 1 3 2 と混合用ガスバルブ 1 3 3 ~ 1 3 8、ガス切り替え装置 3 1 2 内の第一の排気用ガスバルブ 1 3 9、1 4 0、ガス分配器 1 4 1、1 4

50

2、第二の排気用ガスバルブ143～146、切り替え用ガスバルブ147～150を結ぶ配管の容積をも減少させることができ、ガスの混合、分配、切り替え、排気も含めたガス処理の手順を迅速に行うことができる。

【0068】

以上述べたとおり、真空処理室101に近い位置にガスを切り替える装置を設置することによって、真空処理室101へのガス供給口からガスを切り替えるバルブまでの容積を最小にすることで、複数の異なるステップを有する真空処理装置において、前ステップの残留ガスの影響を最小限にし、かつ、高速にガスの切り替えを可能とするプラズマ処理装置を提供することができる。

【0069】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

【0070】

また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

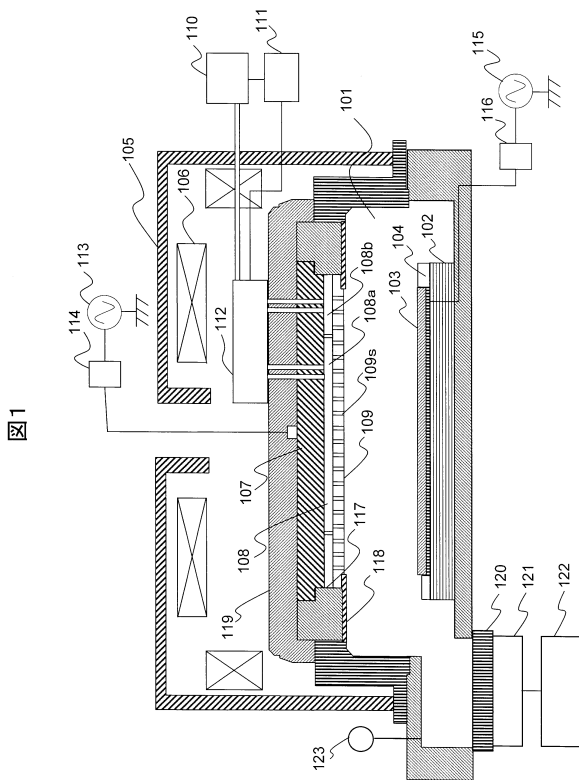
【符号の説明】

【0071】

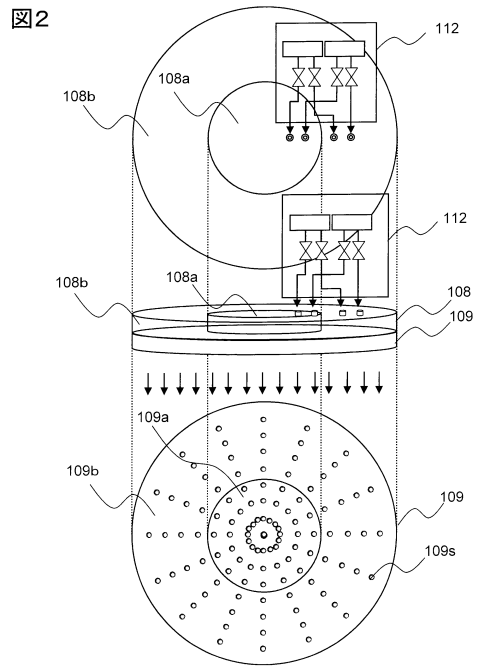
101	真空処理室	20
102	ウエハ載置用ステージ	
103	ウエハ	
104	サセプタ	
105	ヨーク	
106	コイル	
107	アンテナ	
108	ガス分散板	
108a	中心部	
108b	外周部	
109	シャワープレート	30
109a	<u>第一の領域</u>	
109b	<u>第二の領域</u>	
109s	ガス噴き出し穴	
110	ガス供給ユニット	
111	制御ユニット	
112	ガス切り替え装置	
113	第一の高周波電源	
114	第一の整合器	
115	第二の高周波電源	
116	第二の整合器	40
117	アンテナ外周絶縁リング	
118	シャワープレート支持リング	
119	アンテナ蓋部	
120	可変バルブ	
121	ターボ分子ポンプ	
122	補助ポンプ	
123	真空計	
124～126	ガス供給源	
127～132	マスフローコントローラ	
133～138	混合用ガスバルブ	50

- 1 3 9 , 1 4 0 第一の排気用ガスバルブ
- 1 4 1、1 4 2 ガス分配器
- 1 4 3 ~ 1 4 6 第二の排気用ガスバルブ
- 1 4 7 ~ 1 5 0 切り替え用ガスバルブ
- 2 0 8 ガス分散板
- 2 1 0 ガス供給ユニット
- 2 1 2 ガス切り替え装置
- 2 4 4 , 2 4 6 第二の排気用ガスバルブ
- 2 4 7 , 2 4 9 切り替え用ガスバルブ
- 3 1 0 ガス供給ユニット
- 3 1 2 ガス切り替え装置

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

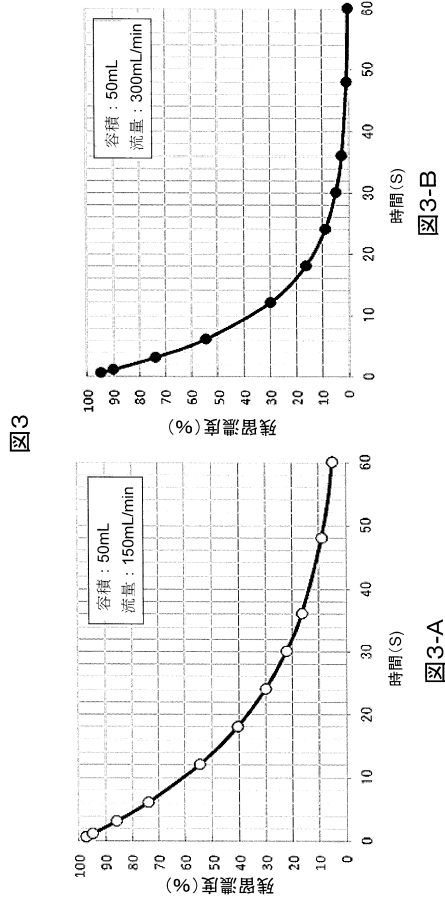


図3

【 図 4 】

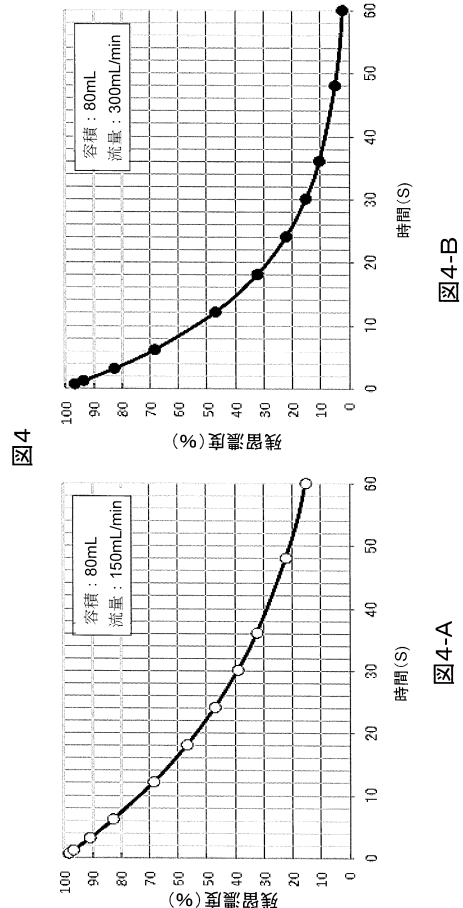


図4

【 図 5 】

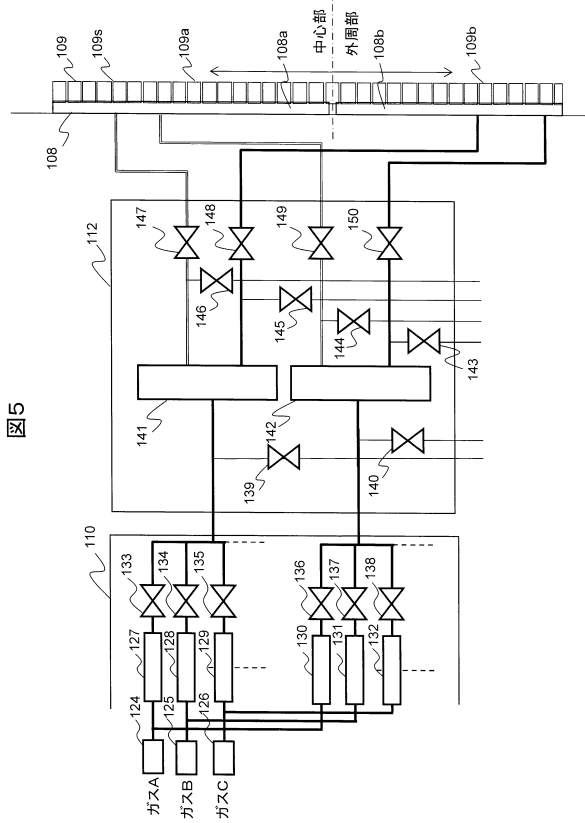


図5

【 図 6 】

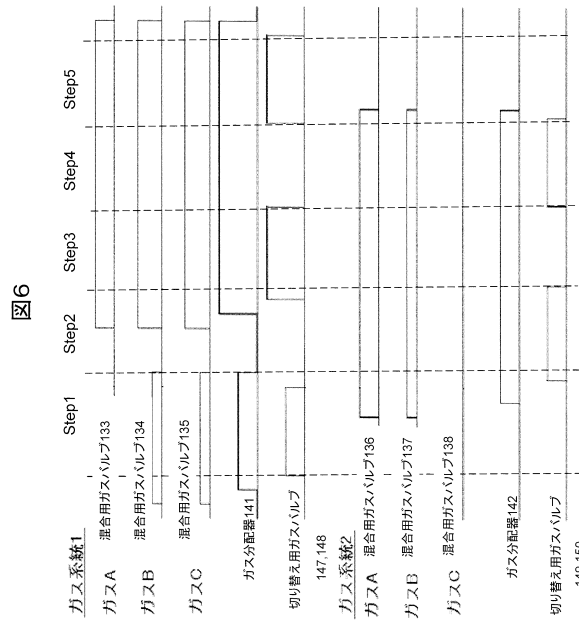
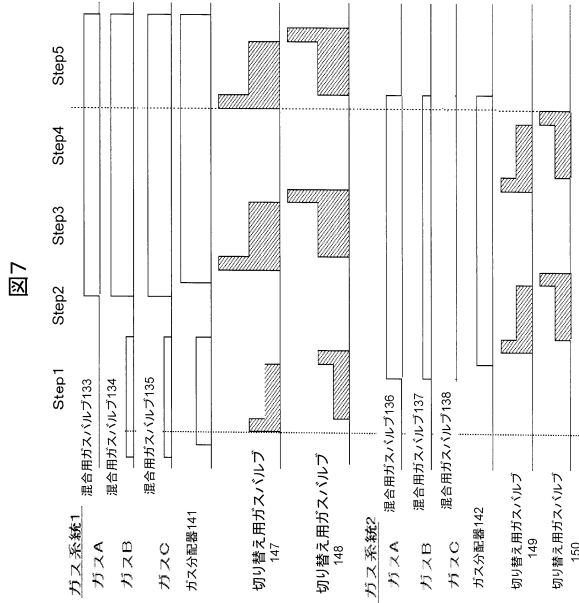
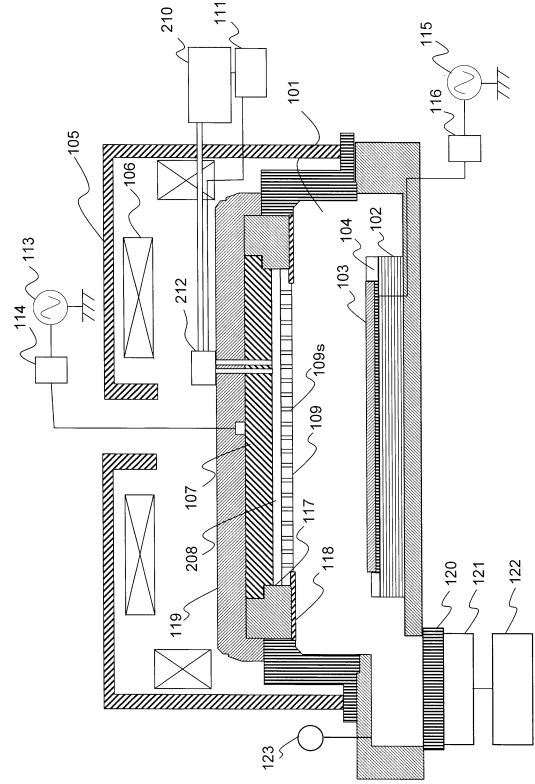


図6

【 図 7 】

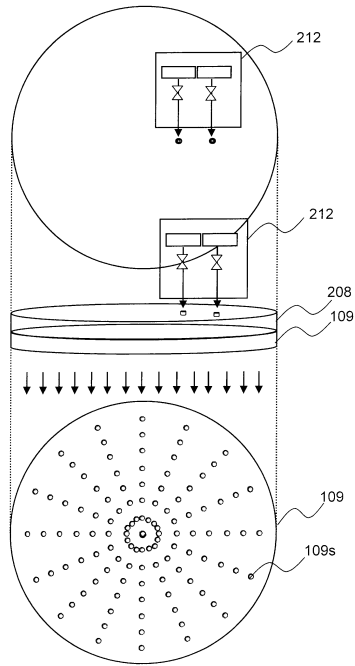


【 図 8 】

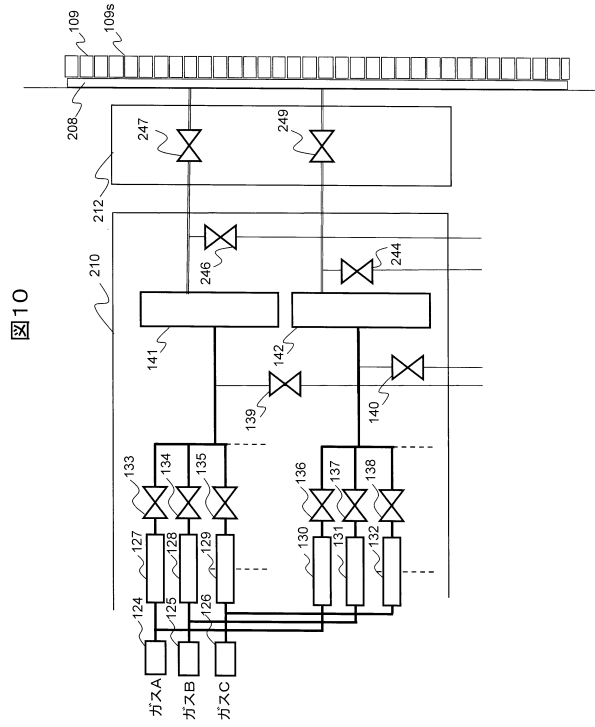


【 図 9 】

図 9

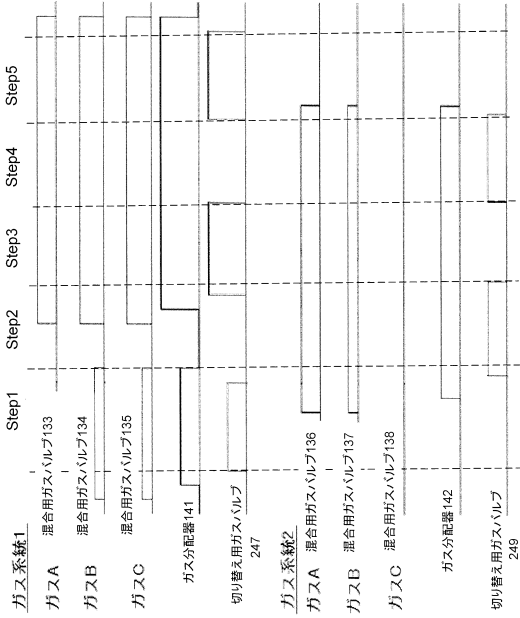


【 図 10 】



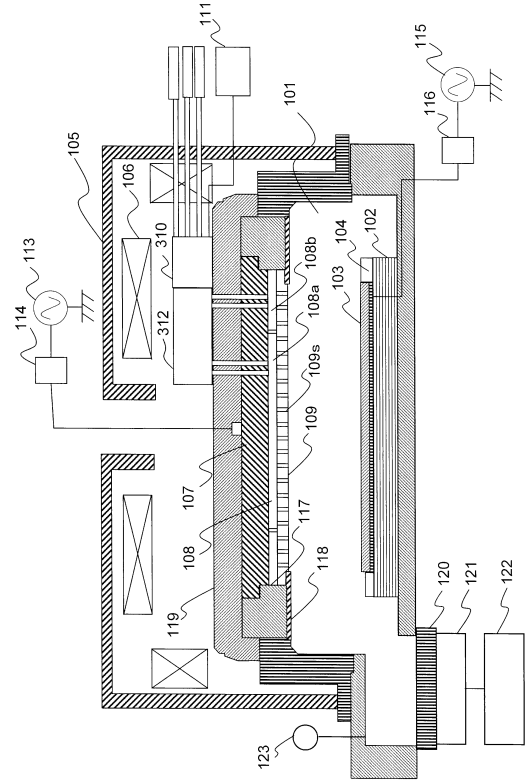
【図11】

図11



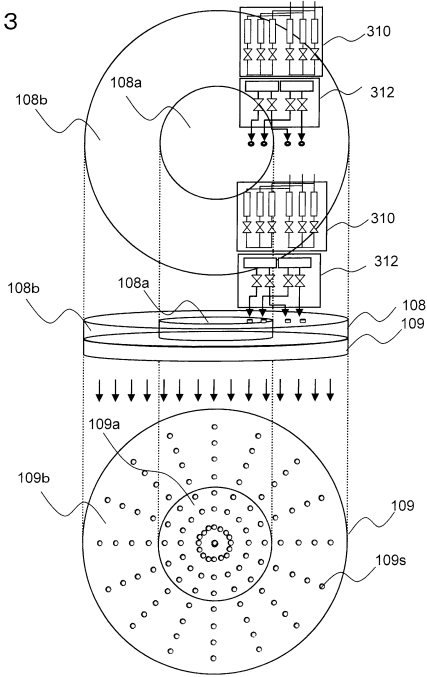
【図12】

図12



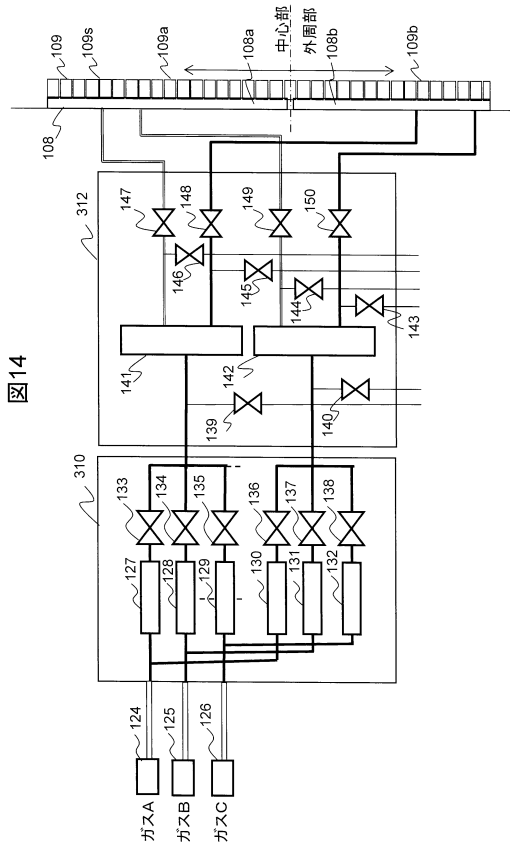
【図13】

図13



【図14】

図14



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-124295(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46