

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6438751号  
(P6438751)

(45) 発行日 平成30年12月19日 (2018.12.19)

(24) 登録日 平成30年11月22日 (2018.11.22)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 D

C 2 3 C 16/455 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 G

C 2 3 C 16/507 (2006.01)

C 2 3 C 16/455

C 2 3 C 16/507

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-242904 (P2014-242904)  
 (22) 出願日 平成26年12月1日 (2014.12.1)  
 (65) 公開番号 特開2016-105433 (P2016-105433A)  
 (43) 公開日 平成28年6月9日 (2016.6.9)  
 審査請求日 平成29年7月5日 (2017.7.5)

(73) 特許権者 501387839  
 株式会社日立ハイテクノロジーズ  
 東京都港区西新橋一丁目24番14号  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (72) 発明者 田中 一海  
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株  
 式会社日立ハイテクノロジーズ内  
 (72) 発明者 田中 基裕  
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株  
 式会社日立ハイテクノロジーズ内  
 (72) 発明者 北田 裕穂  
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株  
 式会社日立ハイテクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の上方を気密に封止する誘電体部材と、前記誘電体部材を介して前記処理室内へ電磁波を供給する電磁波供給手段と、前記誘電体部材と対向し前記試料が載置される試料台と、前記処理室へガスを供給するガス供給手段と、前記ガス供給手段から供給されたガスを前記処理室内へ導入し前記誘電体部材の下方に配置されたリング状のガス導入部とを備えるプラズマ処理装置において、前記ガス導入部は、内部にガスが流れるガス流路と前記ガス供給手段から前記ガス流路へガスを供給するガス供給口と前記ガス流路内のガスを前記処理室内へ導入するガス導入口と前記ガス流路内のガスを排気するガス排気口を具備し、前記ガス流路内の圧力を測定する圧力測定手段と、前記圧力測定手段により測定された圧力に基づいて前記ガス排気口に接続された排気用配管を介した前記ガス流路内のガスの排気量を制御する調整機構と、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 2】

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、平面図における前記ガス排気口は、前記ガス供給口と前記ガス導入部を結ぶ線に対して対称に配置されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、前記ガス排気口は、複数であるとともに円周状に等間隔で配置されていることを特徴とす

るプラズマ処理装置。

【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 に記載のプラズマ処理装置において、  
前記ガス供給口は、一つであり、  
平面図における前記ガス導入口は、前記ガス供給口と前記ガス導入部を結ぶ線に対して対称に配置されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、  
前記ガス供給手段を制御する制御部をさらに備え、  
プラズマ処理条件を構成する第一のステップから前記第一のステップ後の第二のステップへの移行がプラズマを継続して行われる場合、前記制御部は、前記第二のステップの第一の期間のガス流量を前記第一のステップのガス流量よりも大きなガス流量とし、前記第二のステップにおける前記第一の期間後の期間である第二の期間のガス流量を前記第二のステップにおける所望の流量とし、前記調整機構は、前記圧力測定手段により測定された前記第一の期間の圧力と前記第二の期間の圧力が概ね同等となるように前記排気量を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項 6】

試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の上方を気密に封止する誘電体部材と、前記誘電体部材を介して前記処理室内へ電磁波を供給する電磁波供給手段と、前記誘電体部材と対向し前記試料が載置される試料台と、前記処理室へガスを供給するガス供給手段と、前記ガス供給手段から供給されたガスを前記処理室内へ導入し前記誘電体部材の下方に配置されたリング状のガス導入部とを備え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第一のステップから前記第一のステップ後の第二のステップへの移行がプラズマを継続して行われるプラズマ処理方法において、  
前記ガス導入部は、内部にガスが流れるガス流路と前記ガス供給手段から前記ガス流路へガスを供給するガス供給口と前記ガス流路内のガスを前記処理室内へガスを導入するガス導入口と前記ガス流路内のガスを排気するガス排気口を具備し、  
前記ガス流路内の圧力を測定する圧力測定手段により測定された圧力に基づいて前記ガス排気口に接続された排気用配管を介した前記ガス流路内のガスの排気量を制御することを特徴とするプラズマ処理方法。

20

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載のプラズマ処理方法において、  
前記第二のステップの第一の期間のガス流量を前記第一のステップのガス流量よりも大きなガス流量とし、  
前記第二のステップにおける前記第一の期間後の期間である第二の期間のガス流量を前記第二のステップにおける所望の流量とし、  
前記圧力測定手段により測定された前記第一の期間の圧力と前記第二の期間の圧力が概ね同等となるように前記排気量を制御することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のプラズマ処理方法において、  
前記第一の期間のガス流量を前記第二の期間のガス流量より多くすることを特徴とするプラズマ処理方法。

40

【請求項 9】

請求項 7 に記載のプラズマ処理方法において、  
前記第一の期間のガス流量を段階的に減少させて前記第二のステップのガス流量を前記第一の期間のガス流量から前記第二の期間のガス流量へ変更することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 10】

請求項 7 に記載のプラズマ処理方法において、  
前記第一の期間は、プラズマの発光に基づいて規定されていることを特徴とするプラズマ

50

処理方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載のプラズマ処理方法において、  
前記第一の期間後、前記試料台に高周波バイアスを印加する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、プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

半導体製造工程では、一般にプラズマを用いたドライエッチングが行われており、ウェハ 1 枚毎の処理条件は複数ステップから構成されることが一般的である。

【0003】

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。

20

【0004】

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。

【0005】

また、エッチング中のプラズマには、プロセスガス、ガスとウェハ材料との反応生成物などがイオン化され、プラズマ中のイオンシースにトラップされており、プラズマ放電を中断すると、これらの物質が排気装置によって処理室外に排気されるとともに、イオンシースが消滅してイオンシースにトラップされている物質が、ウェハ上に落下し、加工不良を生じるといった問題のあることが知られている。

30

【0006】

上記異物の落下を抑制するため、異なる処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理するプラズマ処理方法が用いられている。

【0007】

前記プラズマ処理方法において、ステップ切り替え時、 $\mu$ 波やW-Bias等に比べて、プロセスガスは応答性（置換性）が悪く、前ステップのプロセスガスがチャンバ及びガスラインに残留したまま次ステップが開始してしまうため、ステップ切り替わり初期においては前ステップ雰囲気のままエッチングが進行し、所定の性能を得ることが困難であった。

40

【0008】

上記課題に対し、特許文献 1 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。

【0009】

特許文献 2 では『プラズマ処理装置のプラズマ処理チャンバ等のチャンバに、異なるガス組成を供給するガス分配システム用のガス切換えシステムが提供される。チャンバは、複数のゾーンを含むことができ、ガス切換え部が、複数のゾーンに異なるガスを供給する

50

ことができる。切換え部は、あるガスをチャンバに供給することができるとともに、別のガスをバイパス管路に供給することができるように、１つ以上のガスの流れを切換え、次いでそれらのガス流を切換えることができる。』と記載されている。

【００１０】

また、特許文献３では、『複数の処理ステップを継続するプラズマ処理方法において、真空処理室のガス供給口の近くにガスの切り替えバルブを有するガス切り替え装置を設置し、真空処理室とガス切り替え装置との間の配管の容積を小さくすることで残留ガスの影響を低減し、かつ、真空処理室の近くにバルブを設置していることから処理ガスの切り替えを高速に行うことが可能な生産性の高いプラズマ処理装置とする。』と記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１１】

【特許文献１】特開２００７－２８７９２４号公報

【特許文献２】特表２００９－５２３３２１号公報

【特許文献３】特開２０１３－２３９５８４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

上記の従来技術について、特許文献１記載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ガス置換用の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、上記方法では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が増加してしまう。

20

【００１３】

また、特許文献２記載の方法ではガス導入流路の供給と排気をバルブ切り替えにより高速制御する方法では同じガス系を連続したステップ間で且つ異なる流量で制御することが困難である。特許文献３記載の方法は、各ガス系に対して少なくとも２つ以上のガス制御系を具備する必要がある、設置スペースの確保やコストアップが懸念される。また、いずれの装置構成においても切り替えバルブから処理室までの空間のガス置換性に関する記載はないが、例えば、本実施例に示す装置構成においては、真空処理室周辺にソレノイドコイルが配置されており、切り替えバルブを真空処理室直近に設置することは困難である。

30

【００１４】

本発明は、上述の課題を鑑みてなされたものであり、プロセス条件の組み合わせで構成された複数のステップにおける各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】

【００１５】

上記目的を達成するための一実施形態として、試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の上方を気密に封止する誘電体部材と、前記誘電体部材を介して前記処理室内へ電磁波を供給する電磁波供給手段と、前記誘電体部材と対向し前記試料が載置される試料台と、前記処理室へガスを供給するガス供給手段と、前記ガス供給手段から供給されたガスを前記処理室内へ導入し前記誘電体部材の下方に配置されたリング状のガス導入部とを備えるプラズマ処理装置において、

40

前記ガス導入部は、内部にガスが流れるガス流路と前記ガス供給手段から前記ガス流路へガスを供給するガス供給口と前記ガス流路内のガスを前記処理室内へガスを導入するガス導入口と前記ガス流路内のガスを排気するガス排気口を具備し、

前記ガス流路内の圧力を測定する圧力測定手段と、前記圧力測定手段により測定された圧力に基づいて前記ガス排気口に接続された排気用配管を介した前記ガス流路内のガスの

50

排気量を制御する調整機構と、をさらに備えることを特徴とするプラズマ処理装置とする。

【 0 0 1 6 】

また、試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の上方を気密に封止する誘電体部材と、前記誘電体部材を介して前記処理室内へ電磁波を供給する電磁波供給手段と、前記誘電体部材と対向し前記試料が載置される試料台と、前記処理室へガスを供給するガス供給手段と、前記ガス供給手段から供給されたガスを前記処理室内へ導入し前記誘電体部材の下方に配置されたリング状のガス導入部とを備え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第一のステップから前記第一のステップ後の第二のステップへの移行がプラズマを継続して行われるプラズマ処理方法において、

10

前記ガス導入部は、内部にガスが流れるガス流路と前記ガス供給手段から前記ガス流路へガスを供給するガス供給口と前記ガス流路内のガスを前記処理室内へガスを導入するガス導入口と前記ガス流路内のガスを排気するガス排気口を具備し、

前記ガス流路内の圧力を測定する圧力測定手段により測定された圧力に基づいて前記ガス排気口に接続された排気用配管を介した前記ガス流路内のガスの排気量を制御することを特徴とするプラズマ処理方法とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、プロセス条件の組み合わせで構成された複数のステップにおける各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ができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の概略縦断面図である。

【図 2 A】図 1 に示すプラズマ処理装置におけるガス供給ライン及びガス排気ラインとガスリングとの接続方法を説明するための横断面図である。

【図 2 B】本発明を実施する真空処理装置におけるガス供給ライン及びガス排気ラインとガスリングとの他の接続方法を説明するための横断面図である。

【図 3】従来のプラズマ処理方法における、処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理する処理フロー図である。

30

【図 4】本発明の実施例に係るプラズマ処理方法における、処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理する処理フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

本発明は、試料処理用のガス供給流路の内圧制御を目的とした排気系、及び前記内圧測定手段、前記排気ラインと前記排気量を調整する為の調整機能を有することを特徴とする。これにより、エッチングステップ切り替えの際、前記の排気ラインからに残留した前ステップのプロセスガスを排気し、且つ次ステップのガスはある時間だけ所定の流量に対して過剰に導入することで、ガス置換性を改善することが可能となる。また、前記過剰に挿入したガスは、前記排気ラインに備えられた調整機構によって、処理室内に流入する量を制御される。

40

【 0 0 2 0 】

本発明により、プロセスガスの応答性を改善（ステップ間のプロセスガスの高速切替）することができる。また、異なる処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理するプラズマ処理方法においても所定のエッチング性能を得ることが可能となる。また、処理時間の短縮、高 T H P 化が見込まれる。

【 0 0 2 1 】

本発明の実施例について、以下、図面を用いて詳細に説明する。なお、同一符号は同一構成要素を示す。

【実施例 1】

50

## 【 0 0 2 2 】

図 1 は、本発明が適用されるプラズマ処理装置の概略構成を示す縦断面図である。本プラズマ処理装置は、大きく 3 つの部分、即ち、プラズマ形成部、真空容器、排気系統を含む。

## 【 0 0 2 3 】

プラズマ形成部はマイクロ波源 1 0 1 と、導波管 1 0 3 と、ソレノイドコイル（静磁界の発生装置）1 0 4 により構成される。マイクロ波源 1 0 1 は電源を介してアースに接続されており、隣接した自動整合器 1 0 2 により、負荷インピーダンスを調整して反射波を自動的に抑制することが出来る。導波管 1 0 3 は方形形状から円形状に断面が変化しており、マイクロ波を円筒状の空洞共振部 1 0 5 に伝達する。ソレノイドコイル 1 0 4 は真空容器を覆うように配置されており、この電磁石に通電する電流を変えることで、静磁界の分布を制御することが出来る。

10

## 【 0 0 2 4 】

真空容器内には誘電体窓（マイクロ波導入窓）1 1 1、シャワープレート 1 1 2、ガスリング（ガス導入部）1 1 3、及びプラズマ処理室 1 1 0 より構成され、プラズマ処理室 1 1 0 内には、同じく円筒状の試料台を兼ねる下部電極 1 2 0 が設置されており、下部電極 1 2 0 上面にウェハ 1 6 0 が載置され、プラズマエッチング処理が施される。また、前記下部電極 1 2 0 のウェハ載置部には R F 電源 1 2 1 から整合器 1 2 2 を介してウェハ 1 6 0 に R F 波を印加することが出来る。

## 【 0 0 2 5 】

排気系統は、可動弁 1 3 0 及び T M P（ターボ分子ポンプ）1 3 1 より構成され、処理室内のガスは T M P 1 3 1 から排気され、T M P 上流部に設けられた可動弁 1 3 0 によってその排気速度を制御し、処理室内圧力を制御する。

20

## 【 0 0 2 6 】

本プラズマ処理装置には各種ガスが供給できるようガス供給ラインが接続される。本実施例では、ガス源 1 4 0 からマスフローコントローラ 1 4 1、及びガス供給バルブ 1 4 2 により流量制御された所望の反応性ガスが、ガス供給ライン 1 4 3、ガスリング 1 1 3 を経由して真空容器内に導入され、シャワープレート 1 1 2 を介してプラズマ処理室 1 1 0 内に供給される。また、前記反応性ガスは前記ガスリング 1 1 3 の一次側に接続されたガスバルブ 1 4 4 により真空容器内への供給/遮断を切り替え可能である。

30

## 【 0 0 2 7 】

更に、前記反応性ガスは前記ガスリング 1 1 3 には前記ガス供給ライン 1 4 3 とは異なるガス排気ライン 1 4 8 が接続されており、図示しない排気機構に接続されている。また、ガス排気ライン 1 4 8 に設置されたガス排気バルブ 1 4 6 により、前記反応性ガスの排気/遮断を切り替え可能である。

## 【 0 0 2 8 】

また、ガス排気ライン 1 4 8 に設置された調整機構 1 4 5 及び圧力計 1 4 7 により、ガス供給ライン 1 4 3 及びガスリング 1 1 3 内の圧力を所望の圧力に制御可能である。

## 【 0 0 2 9 】

上記の構成は全て図示しない制御コンピュータに接続され、適切なシーケンスで動作するようにそのタイミング、動作量をコントロールされる。

40

## 【 0 0 3 0 】

本実施例における、前記ガスリング（ガス導入部）1 1 3 の構造の詳細について図 2 A、図 2 B を用いて説明する。図 2 A、図 2 B はガスリング 1 1 3 の構造の一例であり、プラズマ処理装置におけるガス供給ライン及びガス排気ラインとガスリングとの接続方法を説明するための横断面図である。

## 【 0 0 3 1 】

ガスリング（ガス導入部）1 1 3 は内部にガス溜り部（兼ガス流路）1 5 0 を有しており、ガス供給ライン 1 4 3 より導入されたプロセスガスは前記ガス溜り部（兼ガス流路）1 5 0 を介してガス導入口 1 4 9 より真空容器内の処理室に導入される。また、ガス溜り

50

部 1 5 0 には前記ガス排気ライン 1 4 8 が接続されており、前述した調整機構 1 4 5 及び圧力計 1 4 7 により、内部の圧力を制御可能であり、且つ、ガス導入口 1 4 9 より真空容器内の処理室に導入されるプロセスガス流量を制御可能である。圧力計 1 4 7 で計測した圧力はガスリングのガス溜まり部の圧力と見なすことができる。ガスリング(ガス導入部)は、ガス供給ラインが接続されるガス供給口、ガス排気ラインが接続されるガス排気口を有する。

#### 【 0 0 3 2 】

図 2 A では、1 つのガス供給ライン 1 4 3、ガス導入口 1 4 9 に対して複数のガス排気ライン 1 4 8 a ~ 1 4 8 d が接続されている。また、図 2 B では、1 つのガス供給ライン 1 4 3 に対して、複数のガス導入口 1 4 9 a ~ 1 4 9 d、及び複数のガス排気ライン 1 4 8 a ~ 1 4 8 c が接続されている。

10

#### 【 0 0 3 3 】

ガスリング 1 1 3 へのガス供給ライン 1 4 3、ガス導入口 1 4 9、及びガス排気ライン 1 4 8 の接続位置関係はガス流れの偏心を避ける為にも、図 2 A や図 2 B に示すように鉛直上方から見てガス供給ライン 1 4 3 に対して(ガス供給ラインとガス導入部とを結ぶ軸に対して)、ガス排気ライン 1 4 8 が等間隔且つ対称に、またガス導入口が対称に配置されていることが望ましい。

#### 【 0 0 3 4 】

次に、図 1 に示すプラズマ処理装置を用いたプラズマ処理方法について説明する。

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

20

#### 【 0 0 3 5 】

$$X = X_0 \times e^{(-Qt/V)} \quad (1)$$

式 ( 1 ) から、後から流すガスの流量  $Q$  が大きく、且つ配管容積  $V$  が小さいほど残留ガスの影響(置換性は向上する)は小さくなる。しかしながら、前述したとおりソレノイドコイルを備えた本プラズマ処理装置では切り替えバルブを真空処理室直近に設置することが困難であり、配管容積  $V$  を小さくすることは困難である。

#### 【 0 0 3 6 】

また、複数のステップを連続して処理する場合、常に後から流すガス流量を大きく設定することは困難であり、実際には表 1 に示すような、ステップ間で大流量 小流量(ステップ 1 2)、小流量 大流量(ステップ 2 3)、もしくは同じ流量(ステップ 3 4)の場合が混在するのが一般的である。

30

#### 【 0 0 3 7 】

#### 【表 1】

表 1

ステップ	ガス A	ガス B	処理時間
1	100		T1
2		50	T2
3	100		T3
4		100	T4

40

#### 【 0 0 3 8 】

図 3 に従来 of プラズマ処理方法において、表 1 に記載の複数ステップのプラズマ放電を継続させて処理する場合のガス A 及びガス B のマスフローコントローラ 1 4 1 のガス流量設定信号、処理室内に実際に導入する(プラズマエッチングに寄与する)ガス流量、及び

50

ウェハに印加されるウェハバイアスRFの変化を示す。

【0039】

図3に示すように、異なる処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理する従来のプラズマ処理方法において、前記処理のステップ切り替え時、 $\mu$ 波やウェハバイアスRF等に比べて、プロセスガスは応答性（置換性）が悪く、前ステップのプロセスガスがチャンバ及びガス供給ライン143やガスリング113等に残留したまま次ステップが開始してしまう。したがって、ステップ切り替わり初期においては前ステップのプロセスガスが処理室内に残留している状態でエッチングが進行する為、所定の性能を得ることが困難である。更には、図3に示すステップ1→2移行時（大流量→小流量）のガス置換時間 $t_2$ 、ステップ2→3移行時（小流量→大流量）のガス置換時間 $t_3$ 、及びステップ3→4移行時（同流量間）のガス置換時間 $t_4$ には $t_2 > t_4 > t_3$ という関係でバラつきが生じている。

10

【0040】

例えば、特許文献1に記載の方法では、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を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。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が増加してしまう。

20

【0041】

本実施例における処理方法では、上記の課題について、エッチングステップ切り替えの際、次ステップのガスはある時間だけ所定の流量に対して過剰に導入し、且つプロセスガス系統に従来のガス供給ライン143に加え、ガス排気ライン148を追加することで、前記ガス排気ライン148からガス供給ライン143やガスリング113のガス溜り部150等に残留した前ステップのプロセスガス、及び前記の過剰に導入したプロセスガスを排気するとともに、前記ガス排気ライン148に設置された調整機構145及び圧力計147により、ガスリング113のガス溜り部150の圧力を指標として処理室内に導入されるプロセスガス量と前記ガス排気ライン148に排気されるプロセスガス量を制御することで解決される。

30

【0042】

前述したとおり式(1)から、後から流すガスの流量 $Q$ が大きく、且つ配管容積 $V$ が小さいほど残留ガスの影響（置換性は向上する）は小さくなる。本実施例における処理方法により、異なる処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理するプラズマ処理方法においても、後ステップの流量を前ステップの流量に対して常に大きく維持することが可能となり、且つ配管容積 $V$ は一定まま、内部の残留ガス体積 $V_{gas}$ を排気することで擬似的に配管容積 $V$ を低減することが可能となり、結果ガス応答性（置換性）を改善することが可能となる。

【0043】

本実施例に係るプラズマ処理方法について図4を用いて詳細に説明する。図4は図1に示すプラズマ処理装置を用いて表1に記載の複数ステップのプラズマ放電を継続させて処理する場合の、ガスA及びガスBのマスフローコントローラ141のガス流量設定信号、処理室内に実際に導入する（プラズマエッチングに寄与する）ガス流量、前記ガス排気ライン148に設置されたガス排気バルブ146の開閉タイミングと圧力計147の測定値、及びウェハに印加されるウェハバイアスRF変化を示す。なお、図4においてはステップ毎にウェハバイアスを変化させているが、各ステップにおいて、ステップ2(a)、ステップ3(a)、ステップ4(a)等の所定期間（ $T_{2a}$ 、 $T_{3a}$ 、 $T_{4a}$ 等）後に、試料台に高周波バイアスを印加することもできる。

40

【0044】

ステップの切り替わりが発生するステップ2～4において、従来ステップ2～4を表2

50

記載のようにステップ（a）とステップ（b）に分割し、ステップ（a）はガス置換用ステップとして前ステップのガス流量に対して大きく設定し、ステップ（b）は従来と同条件でレシピを構築する。

【0045】

ガス置換ステップ（a）では、ガス排気バルブ146を開放し、ガス排気ライン148にガス供給ライン143やガスリング113のガス溜り部150に残留した前ステップのガス、及びガス置換ステップ（a）により過剰に導入したプロセスガスが排気される。この時、ガス排気ライン148に設置された圧力計147の指示値に基づき、調整機構145により、ガスリング113のガス溜り部150内部の圧力をステップ（a）とステップ（b）との間で一定に制御することで処理室内に導入されるガス流量をステップ（a）とステップ（b）で一定に制御する。

10

【0046】

ガス置換ステップ（a）時間 $T^*a$ （図4に示す $T2a$ 、 $T3a$ 、 $T4a$ 等）は、マスフローコントローラ141から処理室までの間のガスライン容積により異なるが、ガス排気バルブ146解放時には調整機構145により処理室内への導入流量は制御されていることから、 $T^*a$ はガスが伝達するのに十分な時間を設定することが可能であり、もしくはプラズマの発光等を指標としてガス置換ステップ（a）時間 $T^*a$ を制御することも可能である。

【0047】

ガス排気バルブ146の閉鎖タイミングは、ガス供給停止とガス排気バルブ146の閉鎖を同時に行った場合、ガス伝達の遅れから瞬間的にガス供給ライン143やガスリング113のガス溜り部150内部の圧力が上昇してしまう事からも、ガス置換ステップ（a）の終了（ガス供給バルブ142の閉鎖）に対して遅らせることが望ましい。また、前期の遅れの所要時間については、ガス供給バルブ142から処理室までの間のガスライン容積により異なるが、ガス排気バルブ146解放時には調整機構145により処理室内への導入流量は制御されていることから十分な遅れを設定することが可能であり、もしくは調整機構145の開度等を指標にガス排気バルブ146の閉鎖タイミングを決定することも可能である。

20

【0048】

【表2】

30

表2

ステップ	ガスA	ガスB	処理時間	ガスライン圧力
1	100		$T1$	$P2$
2(a)		150	$T2a$	$P1$
2(b)		50	$T2-T2a$	
3(a)	150		$T3a$	$P2$
3(b)	100		$T3-T3a$	
4(a)		150	$T4a$	$P2$
4(b)		100	$T4-T4a$	

40

【0049】

また、本実施例では、単一ガスのみステップ継続について記載しているが、複数のガスを使用するステップに切り替える際には、ガス置換ステップ（a）の流量はガス比率一定のまま総流量を増加させることが望ましい。また、ステップの分割数に関しては、例えばステップ2～4をステップ（a）（b）（c）（d）に分割し、ステップ（a）～（c

50

）をガス置換ステップとし、更にステップ（a）～（d）間で段階的に総流量を減少させていくことで、ガス供給ライン 143 やガスリング 113 内部の急激な圧力変動を抑制することも可能である。

【0050】

上記の処理方法により、異なる処理ステップ間のプラズマ放電を継続させて処理するプラズマ処理方法において、後ステップの流量を前ステップの流量に比べて常に大きく設定することが可能となり、且つ内部の残留ガスを排気することで、結果図 4 に示す通りガス置換時間  $t^*$ （ $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$  等）を改善することが可能となる。また、従来の装置構成では前述したとおり前後のステップのガス条件によりガス置換時間  $t^*$  がばらついていたのに対して、本実施例の手法を用いることで例えば、ガス置換ステップ（a）の流量やガス排気ライン 148 に設置された調整機構 145 の設定によって、バラつきを低減することが可能である。

10

【0051】

以上述べたとおり、本実施例によれば、複数ステップのプラズマ放電を継続させて処理する場合における、ステップ間のガス応答性（置換性）を改善（ステップ間のプロセスガスの高速切替）することが可能となる。また、不要な（エッチング処理に寄与しない）ステップを追加することなく、所定のエッチング性能を得ることが可能となる。また、処理時間の短縮、高スループット化が見込まれる。

【0052】

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。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。

20

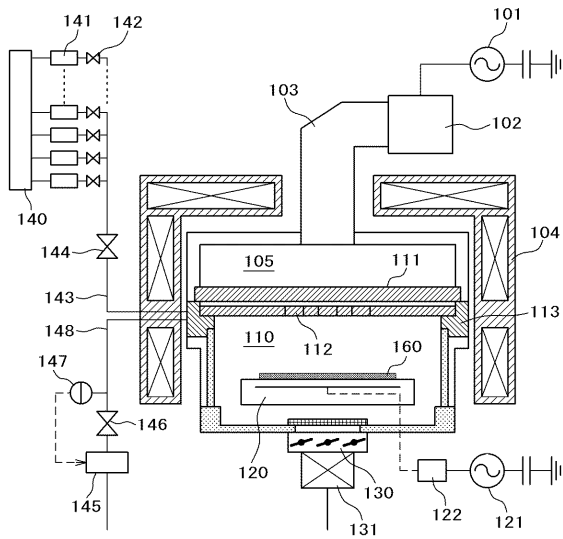
【符号の説明】

【0053】

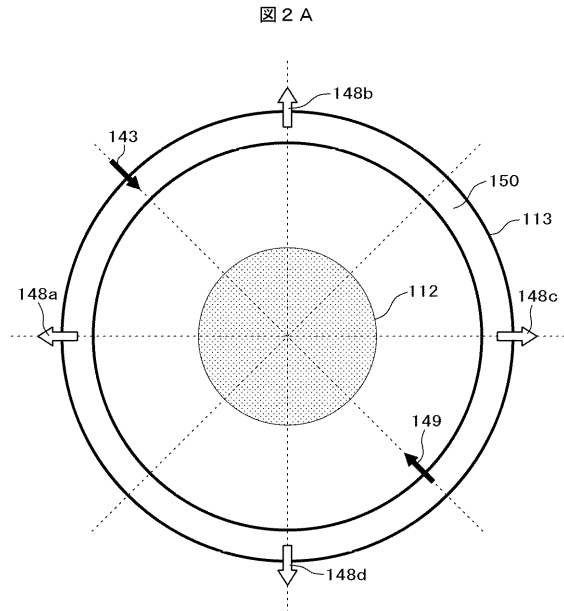
101 ... マイクロ波源、102 ... 自動整合器、103 ... 導波管、104 ... ソレノイドコイル（静磁界の発生装置）、105 ... 空洞共振部、110 ... プラズマ処理室、111 ... 誘電体窓（マイクロ波導入窓）、112 ... シャワープレート、113 ... ガスリング、120 ... 下部電極（試料台）、121 ... RF 電源、122 ... 整合器、130 ... 可動弁、131 ... TMP、140 ... ガス源、141 ... マスフローコントローラ、142 ... ガス供給バルブ、143 ... ガス供給ライン、144 ... 一次側ガスバルブ、145 ... 調整機構、146 ... ガス排気バルブ、147 ... 圧力計、148、148a、148b、148c、148d ... ガス排気ライン、149、149a、149b、149c、149d ... ガス導入口、150 ... ガス溜り部（兼ガス流路）、160 ... ウェハ（被処理物、試料）。

30

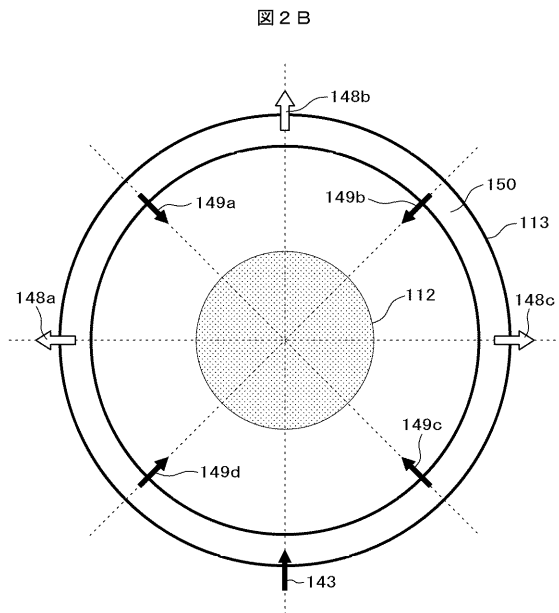
【図 1】



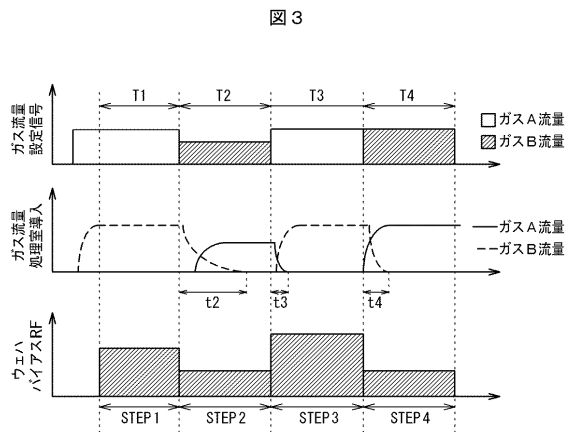
【図 2 A】



【図 2 B】

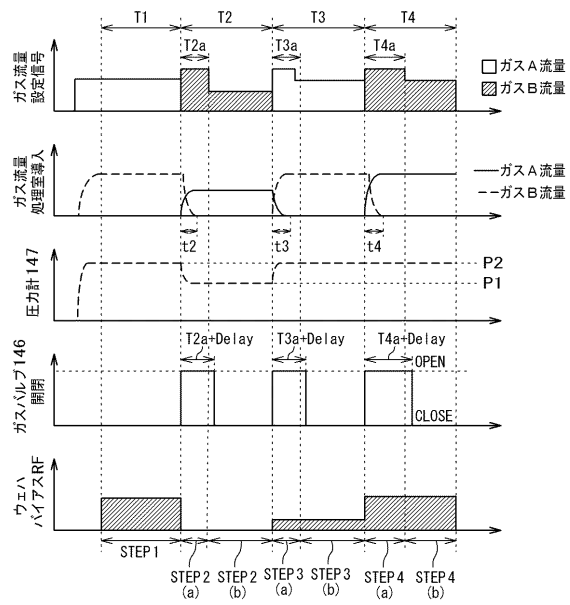


【図 3】



## 【図 4】

図 4



---

フロントページの続き

審査官 鈴木 聡一郎

- (56)参考文献 特開2011-044567(JP,A)  
特開2012-237026(JP,A)  
特開2007-035929(JP,A)  
特開2011-054764(JP,A)  
特開2008-091651(JP,A)  
特開2013-239513(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56  
H01L 21/205  
H01L 21/302  
H01L 21/3065  
H01L 21/31  
H01L 21/365  
H01L 21/461  
H01L 21/469  
H01L 21/86