

明 細 書

発明の名称：基板処理方法及び基板処理装置

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理方法及び基板処理装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、半導体基板のエッチング装置において、2種類以上のプロセスガスを切り替えて供給する方法が開示されている。かかるガスの供給方法では、ガスを基板処理空間に供給する経路と、排気システムにより排気する経路とを、バルブの開閉によって切り替えることで、ガスの供給をパルス化している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-144249号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示にかかる技術は、基板処理時のガス廃棄を低減し、基板処理装置を簡易化する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様は、基板処理装置においてガス供給部から基板処理空間にガスを供給して基板を処理する、基板処理方法であって、前記ガス供給部は、複数のガスソースと、複数の前記ガスソースから前記基板処理空間まで前記ガスを流通させる流路と、前記流路に設けられ前記ガスの流通の開放又は閉止を切り替えるバルブと、を備え、前記バルブにおいて前記ガスの流通の開放と閉止を交互に繰り返すことで前記ガスの流通をパルス化する、パルス制御を実行し、前記パルス制御において、前記パルス制御の継続時間と、前記継続時間中における前記ガスの流通の開放の回数とを制御することで、前記ガスの流量を制御する。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、基板処理時のガス廃棄を低減し、基板処理装置を簡易化することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]一実施形態にかかるプラズマ処理システムの構成例を示す説明図である。

[図2]一実施形態にかかるプラズマ処理装置の構成例を示す断面図である。

[図3]一実施形態にかかる上側バッフルプレートの構成例を示す平面図である。

。

[図4]一実施形態にかかる下側バッフルプレートの構成例を示す平面図である。

。

[図5]上側バッフルプレート及び下側バッフルプレートの配置の例を示す平面図である。

[図6]上側バッフルプレート及び下側バッフルプレートを介した排気におけるガスの流れの例を示す側面図である。

[図7]一実施形態にかかるプラズマ処理システムの構成例を示す説明図である。

[図8]一実施形態にかかる基板処理方法におけるパルス制御の概略を示す説明図である。

[図9]一実施形態にかかる基板処理方法の概略を示すフローチャートである。

[図10]他の一実施形態にかかる基板処理方法におけるパルス制御の概略を示す説明図である。

[図11]他の一実施形態にかかる基板処理方法の概略を示すフローチャートである。

[図12]従来のガス供給システムの概要を示す模式図である。

[図13]従来のガス供給システムを用いてガスを供給する際の、バルブの開閉制御の概要を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0008] 半導体デバイスの製造プロセスにおいては、半導体ウェハ（以下、「基板」という。）を収納した基板処理空間を減圧状態にし、当該基板に所定の処理を行う様々な処理工程が行われている。これらの処理工程においてはガス処理が行われる。
- [0009] 基板処理装置で行われる上記所定の処理としての半導体ドライプロセスにおいて、2種以上のプロセスガスを高速で切り替えて繰り返すことがある。例えば特許文献1には、ガスを基板処理空間に供給する経路と、排気システムによって廃棄する経路とを、バルブを排他的に制御することで切り替える手段が開示されている。具体的には、図12に例示するようなガス供給システムが採用されている。
- [0010] 図12は、特許文献1に開示の方法による2種類以上のガスの切り替えを可能とする従来のガス供給システムの概要を示す模式図である。従来のガス供給システムは、一の混合ガス（GR）を供給するガスボックスBR及び、他の混合ガス（GL）を供給するガスボックスBLを備える。ガスボックスBR、BLはそれぞれ流路CR、CLに接続する。流路CR、CLにはそれぞれ流量制御器FCR、FCLを備える。流路CRは排気システムESに接続する排気流路ERと、基板処理空間PSに接続する供給流路SRに分岐する。流路CLは排気システムに接続する排気流路ELと、基板処理空間PSに接続する供給流路SLに分岐する。排気流路ER、ELはそれぞれ排気バルブVER、VELを備え、供給流路SR、SLはそれぞれ供給バルブVSR、VSLを備える。
- [0011] 図13は、図12に示した従来のガス供給システムを用いてガスを供給する際の、バルブの開閉制御の概要を示す図である。従来のガス供給システムにおいて、一の混合ガス（GR）及び他の混合ガス（GL）を別個に交互に供給する場合、一の混合ガスGRを供給する際は排気バルブVER及び供給バルブVSLを閉止し、供給バルブVSR及び排気バルブVELを開放する。これにより、一の混合ガスGRを基板処理空間PSへ供給するとともに、他の混合ガスGLを排気システムESにより廃棄する。また、他の混合ガス

GLを供給する際は排気バルブVEL及び供給バルブVSRを閉止し、供給バルブVSL及び排気バルブVERを開放する。これにより、他の混合ガスGLを基板処理空間PSへ供給するとともに、一の混合ガスGRを排気システムESにより廃棄する。これを交互に繰り返すことで基板処理空間PSに対し一の混合ガス（GR）及び他の混合ガス（GL）を別個に交互に供給する。

[0012] ところで、流量制御器FCR、FCLによって流量を変更する場合には、流量が安定するまでに時間を要する。具体的には流量安定までに500ms程度の応答時間を要する。これは、高速化するプロセスを想定すると遅く、実用的ではない。これに鑑み、特許文献1のガス供給システムでは、流量変更を伴わない混合ガスの切り替えによって、切り替え時間を短縮している。このようなガスの切り替え機構によると、切り替え時間の短縮は可能であるものの、基板処理空間PSへ供給しないガスを定常的に廃棄しなければならず、不経済であるという課題があった。また、基板処理空間PSへ供給する方のガスの流量を所望のものとするためには、後述する理由により、ガスボックスBR、BLの下流に設ける流量制御器FCR、FCLが必須である。このため流量制御器の分だけ、ガス供給システム全体のサイズを大きくせざるを得ないという課題があった。なお、「システムのサイズ」とは、単純な占有面積（体積）に加えて、システムの構造上の複雑さをも含む。

[0013] そこで、本開示にかかる技術は、パルス制御可能なバルブを用いてガス供給を実行することで、ガス切り替え時における定常的なガスの廃棄を不要とし、ガスの廃棄を最小化する。また、従来のガス供給システムにおいてガスボックスの下流でガスごとに必要であった流量制御器を不要とすることで、ガス供給部を、ひいては基板処理装置を簡易化する。なお、ガス供給部及び基板処理装置を「簡易化する」とは、従来の技術と比較して相対的に、占有面積（容積）を低減すること、及び／又は、構造を単純化することを含む。

[0014] 以下、本実施形態にかかる基板処理システムの構成について、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書において、実質的に同一の機能構成を有

する要素においては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0015] 図1は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置1及び制御部2を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置1は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、基板支持部11及びプラズマ生成部12を含む。プラズマ処理チャンバ10は、基板処理空間10sを有する。また、プラズマ処理チャンバ10は、少なくとも1つの処理ガスを基板処理空間10sに供給するための少なくとも1つのガス供給口と、基板処理空間10sからガスを排出するための少なくとも1つのガス排出口とを有する。ガス供給口は、後述するガス供給部20に接続され、ガス排出口は、後述する排気システム40に接続される。基板支持部11は、基板処理空間10s内に配置され、基板を支持するための基板支持面を有する。

[0016] プラズマ生成部12は、基板処理空間10s内に供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。基板処理空間10sにおいて形成されるプラズマは、容量結合プラズマ(CCP:Capacitively Coupled Plasma)、誘導結合プラズマ(ICP:Inductively Coupled Plasma)、ECRプラズマ(Electron-Cyclotron-resonance plasma)、ヘリコン波励起プラズマ(HWP:Helicon Wave Plasma)、又は、表面波プラズマ(SWP:Surface Wave Plasma)等であってもよい。また、AC(Alternating Current)プラズマ生成部及びDC(Direct Current)プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ACプラズマ生成部で用いられるAC信号(AC電力)は、100kHz~10GHzの範囲内の周波数を有する。従って、AC信号は、RF(Radio Frequency)信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、RF信号は、100kHz~

150MHzの範囲内の周波数を有する。

[0017] 制御部2は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置1に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部2は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置1の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部2の一部又は全てがプラズマ処理装置1に含まれてもよい。制御部2は、処理部2a1、記憶部2a2及び通信インターフェース2a3を含んでもよい。制御部2は、例えばコンピュータ2aにより実現される。処理部2a1は、記憶部2a2からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部2a2に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部2a2に格納され、処理部2a1によって記憶部2a2から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ2aに読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース2a3に接続されている通信回線であってもよい。処理部2a1は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部2a2は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース2a3は、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介してプラズマ処理装置1との間で通信してもよい。

[0018] 以下に、基板処理装置の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置1の構成例について説明する。図2は、容量結合型のプラズマ処理装置1の構成例を説明するための図である。

[0019] 容量結合型のプラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、ガス供給部20、電源30及び排気システム40を含む。また、プラズマ処理装置1は、基板支持部11及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも1

つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ10内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド13を含む。基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10内に配置される。シャワーヘッド13は、基板支持部11の上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド13は、プラズマ処理チャンバ10の天部（ceiling）の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ10は、シャワーヘッド13、プラズマ処理チャンバ10の側壁10a及び基板支持部11により規定された基板処理空間10sを有する。プラズマ処理チャンバ10は接地される。シャワーヘッド13及び基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10の筐体とは電氣的に絶縁される。

[0020] 基板支持部11は、本体部111及びリングアセンブリ112を含む。本体部111は、基板Wを支持するための中央領域111aと、リングアセンブリ112を支持するための環状領域111bとを有する。本体部111の環状領域111bは、平面視で本体部111の中央領域111aを囲んでいる。基板Wは、本体部111の中央領域111a上に配置され、リングアセンブリ112は、本体部111の中央領域111a上の基板Wを囲むように本体部111の環状領域111b上に配置される。従って、中央領域111aは、基板Wを支持するための基板支持面とも呼ばれ、環状領域111bは、リングアセンブリ112を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0021] 一実施形態において、本体部111は、基台1110及び静電チャック1111を含む。基台1110は、導電性部材を含む。基台1110の導電性部材は下部電極として機能し得る。静電チャック1111は、基台1110の上に配置される。静電チャック1111は、セラミック部材1111aとセラミック部材1111a内に配置される静電電極1111bとを含む。セラミック部材1111aは、中央領域111aを有する。一実施形態において、セラミック部材1111aは、環状領域111bも有する。なお、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック1111を囲む他の部材が環状領域111bを有してもよい。この場合、リングアセンブリ112

は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック1111と環状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述するRF電源31及び／又はDC電源32に結合される少なくとも1つのRF／DC電極がセラミック部材1111a内に配置されてもよい。この場合、少なくとも1つのRF／DC電極が下部電極として機能する。後述するバイアスRF信号及び／又はDC信号が少なくとも1つのRF／DC電極に供給される場合、RF／DC電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台1110の導電性部材と少なくとも1つのRF／DC電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極1111bが下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部11は、少なくとも1つの下部電極を含む。

[0022] リングアセンブリ112は、1又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、1又は複数の環状部材は、1又は複数のエッジリングと少なくとも1つのカバーリングとを含む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

[0023] また、基板支持部11は、静電チャック1111、リングアセンブリ112及び基板Wのうち少なくとも1つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路1110a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路1110aには、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路1110aが基台1110内に形成され、1又は複数のヒータが静電チャック1111のセラミック部材1111a内に配置される。また、基板支持部11は、基板Wの裏面と中央領域111aとの間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

[0024] シャワーヘッド13は、ガス供給部20からの少なくとも1つの処理ガスを基板処理空間10s内に導入するように構成される。シャワーヘッド13は、少なくとも1つのガス供給口13a、少なくとも1つのガス拡散室13b、及び複数のガス導入口13cを有する。ガス供給口13aに供給された処理ガスは、ガス拡散室13bを通過して複数のガス導入口13cから基板

処理空間 10s 内に導入される。また、シャワーヘッド 13 は、少なくとも 1 つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド 13 に加えて、側壁 10a に形成された 1 又は複数の開口部に取り付けられる 1 又は複数のサイドガス注入部 (SGI: Side Gas Injector) を含んでもよい。

[0025] ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つのガスソース 21 及び少なくとも 1 つの流量制御器 22 を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つの処理ガスを、対応するガスソース 21 から対応する流量制御器 22 を介してシャワーヘッド 13 に供給するように構成される。各流量制御器 22 は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する少なくとも 1 つの流量変調デバイスを含んでもよい。本明細書において、ガスソースをガスの流通の上流側とし、基板処理空間 10s を下流側として記載する。ガス供給部 20 及び基板処理空間 10s の詳細については、後述する。

[0026] 電源 30 は、少なくとも 1 つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ 10 に結合される RF 電源 31 を含む。RF 電源 31 は、少なくとも 1 つの RF 信号 (RF 電力) を少なくとも 1 つの下部電極及び／又は少なくとも 1 つの上部電極に供給するように構成される。これにより、基板処理空間 10s に供給された少なくとも 1 つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、RF 電源 31 は、プラズマ生成部 12 の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアス RF 信号を少なくとも 1 つの下部電極に供給することにより、基板 W にバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオン成分を基板 W に引き込むことができる。

[0027] 一実施形態において、RF 電源 31 は、第 1 の RF 生成部 31a 及び第 2 の RF 生成部 31b を含む。第 1 の RF 生成部 31a は、少なくとも 1 つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも 1 つの下部電極及び／又は少なくとも 1 つの上部電極に結合され、プラズマ生成用のソース RF 信号 (ソー

スRF電力)を生成するように構成される。一実施形態において、ソースRF信号は、10MHz~150MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第1のRF生成部31aは、異なる周波数を有する複数のソースRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のソースRF信号は、少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給される。

[0028] 第2のRF生成部31bは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つの下部電極に結合され、バイアスRF信号(バイアスRF電力)を生成するように構成される。バイアスRF信号の周波数は、ソースRF信号の周波数と同じであっても異なってもよい。一実施形態において、バイアスRF信号は、ソースRF信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスRF信号は、100kHz~60MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第2のRF生成部31bは、異なる周波数を有する複数のバイアスRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のバイアスRF信号は、少なくとも1つの下部電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースRF信号及びバイアスRF信号のうち少なくとも1つがパルス化されてもよい。

[0029] また、電源30は、プラズマ処理チャンバ10に結合されるDC電源32を含んでもよい。DC電源32は、第1のDC生成部32a及び第2のDC生成部32bを含む。一実施形態において、第1のDC生成部32aは、少なくとも1つの下部電極に接続され、第1のDC信号を生成するように構成される。生成された第1のDC信号は、少なくとも1つの下部電極に印加される。一実施形態において、第2のDC生成部32bは、少なくとも1つの上部電極に接続され、第2のDC信号を生成するように構成される。生成された第2のDC信号は、少なくとも1つの上部電極に印加される。

[0030] 種々の実施形態において、第1及び第2のDC信号がパルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、

三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、DC信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部が第1のDC生成部32aと少なくとも1つの下部電極との間に接続される。従って、第1のDC生成部32a及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第2のDC生成部32b及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも1つの上部電極に接続される。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、1周期内に1又は複数の正極性電圧パルスと1又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、第1及び第2のDC生成部32a、32bは、RF電源31に加えて設けられてもよく、第1のDC生成部32aが第2のRF生成部31bに代えて設けられてもよい。

[0031] 排気システム40は、例えばプラズマ処理チャンバ10の底部に設けられたガス排出口10eに接続され得る。排気システム40は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、基板処理空間10s内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

[0032] 一実施形態において、排気システム40は、上側バッフルプレート41及び下側バッフルプレート42を含む。上側バッフルプレート41及び下側バッフルプレート42にはそれぞれ貫通孔43及び44が設けられる。上側バッフルプレート41及び下側バッフルプレート42は基板処理空間10sと排気システム40の境界を構成する。

[0033] 図3は、上側バッフルプレート41をプラズマ処理チャンバ10の天部側から見た平面図である。図示のように、上側バッフルプレート41はハッチングで示した板部分のほかに、貫通孔43を有する。貫通孔43はガスの通流が可能であり、具体的には当該貫通孔43を介して基板処理空間10sから排気システム40へガスが通流する。

[0034] 図4は、下側バッフルプレート42をプラズマ処理チャンバ10の天部側から見た平面図である。図示のように、下側バッフルプレート42はハッチ

ングで示した板部分のほかに、貫通孔 4 4 を有する。貫通孔 4 4 はガスの通流が可能であり、具体的には当該貫通孔 4 4 を介して基板処理空間 1 0 s から排気システム 4 0 へガスが通流する。

[0035] 図 5 は、上側バッフルプレート 4 1 及び下側バッフルプレート 4 2 の配置関係を示すためにこれらを天部側から見た平面図である。図示のように、上側バッフルプレート 4 1 及び下側バッフルプレート 4 2 は、それぞれの貫通孔 4 3、4 4 の位置が互いにずれるように配置されている。図の例では、上側バッフルプレート 4 1 のハッチングで示した板部分が、下側バッフルプレート 4 2 の貫通孔 4 4 と重なり、下側バッフルプレート 4 2 のハッチングで示した板部分が、上側バッフルプレート 4 1 の貫通孔 4 3 と重なる。

[0036] 図 6 は、上側バッフルプレート 4 1 及び下側バッフルプレート 4 2 をチャンバ側壁 1 0 a 側から見た側面図である。図 6 中においてガスの流れを太線矢印で示す。また、ガスの流れの相対的な大きさを、太線矢印の太さで示す。上側バッフルプレート 4 1 及び下側バッフルプレート 4 2 の少なくともいずれか一方が上下動し、これらが近付くと、貫通孔 4 3、4 4 間の距離が短くなり、貫通孔 4 3、4 4 を流通するガスの流れを抑制する。なお、上記構成以外にも、上側バッフルプレート 4 1 及び下側バッフルプレート 4 2 の少なくともいずれか一方が回転し、貫通孔 4 3、4 4 間の距離が変化することで、ガスの流れを変えることができる。当該構成によると、上側バッフルプレート 4 1 及び下側バッフルプレート 4 2 を用いることで基板処理空間 1 0 s の容積を制限することができ、排気速度を大きくした場合であっても基板処理空間 1 0 s 内の圧力を均一な状態としたまま、排気をすることができる。

[0037] 次に、本実施形態にかかるガス供給部 2 0 及び基板処理空間 1 0 s について図 7 を用いて詳細に説明する。図 7 は、本実施形態にかかるガス供給部 2 0 及び基板処理空間 1 0 s と、これらを接続する流路の概略を示す模式図である。

[0038] 図 7 で、ガス供給部 2 0 はガスボックス 2 0 0 a、2 0 0 b 及び流路を含

む。ガスボックス200aはガスソース21a、21b、21cと、これらそれぞれに対応する複数の流量制御器22a、22b、22cを含む。また、ガスボックス200bはガスソース21d、21e、21fと、これらそれぞれに対応する複数の流量制御器22d、22e、22fを含む。流路は、複数の第一の流路204a、204b及び第二の流路206を含む。複数のガスソース21a～21fの下流側は、対応する複数の流量制御器22a～22fのそれぞれの上流側に接続される。また、複数の流量制御器22a～22fのそれぞれの下流側は、第一の流路204a、204bに接続される。第一の流路204a、204bの下流は、第二の流路206に合流する。第二の流路206の下流は、基板処理空間10sに接続される。第二の流路206の下流はガス導入部に接続され、上述したシャワーヘッド13を介して基板処理空間10sに接続されることとしてもよい。なお、ガスボックス200は図示の構成に限定されない。例えば、あらかじめ所望の比率で複数のガス種を混合した混合ガスを供給するガスソースを備える一のガスボックスから、第一の流路204a、204bの内の一つに当該混合ガスを供給する構成としてもよい。また、ガスソース21、流量制御器22、及び第一の流路204a、204bの組合せ又は数量は、図示の構成に限定されない。例えば第一の流路204a、204bの内の一つに合流する複数の流量制御器22及び、それに対応するガスソース21の数は、所望の数に増減させてよい。また、例えば、複数のガスソース21のうち所望の組合せが合流するように切り替え可能な構成とし、第一の流路204a、204bの内の一つにおいて所望の比率で混合するように制御することとしてもよい。

[0039] 一実施形態において、第一の流路204a、204bのそれぞれにはバッファタンク210a、210bが設けられる。バッファタンク210a、210bのそれぞれは、その内部の圧力を計測することができる圧力センサP1、P2を有する。バッファタンク210a、210bは、ガスの流路方向に垂直な断面（以下、流路断面と称する。）の面積（以下、流路断面積と称する。）が、第一の流路204a、204bを構成する配管の流路断面積よ

りも大きくなるように構成してもよい。この場合において、バッファタンク 210 a、210 b の流路断面積は、第一の流路 204 a、204 b の流路断面積の 3 倍以上の面積としてもよい。またこの場合において、バッファタンク 210 a、210 b の流路方向の長さは、バッファタンク 210 a、210 b の流路断面の直径と同等か、それ以上の長さとしてもよい。

[0040] 一実施形態において、バッファタンク 210 a の容積は、後述する一のパルスセットにかかる工程 S T 1 2 における混合ガス $G\alpha$ の供給量の目標値（体積値）よりも十分大きく、バッファタンク 210 b の容積は、後述する一のパルスセットにかかる工程 S T 1 6 における混合ガス $G\beta$ の供給量の目標値（体積値）よりも十分大きいように構成される。この場合、バッファタンク 210 a、210 b の容積は、それぞれ混合ガス $G\alpha$ 、 $G\beta$ の供給量の目標値の 5 倍以上であることが好ましく、10 倍以上であることがより好ましい。

[0041] 他の一実施形態において、バッファタンク 210 a、210 b の容積は可変であるように構成される。一例として、バッファタンク 210 a、210 b を所望の容積に変更するよう制御可能なピストンが設けられる。

[0042] 他の一実施形態において、バッファタンク 210 a、210 b の温度は可変であるように構成される。一例として、バッファタンク 210 a、210 b の内部のガスを所望の温度に変更するよう制御可能な温調機構が接続される。この場合、温調機構は、バッファタンク 210 a、210 b の内部のガスを加熱するヒータであってもよい。

[0043] 第一の流路 204 a、204 b には、パルスバルブ 220 a、220 b が設けられる。また、パルスバルブ 220 a、220 b の下流にはオリフィス 222 a、222 b が設けられる。パルスバルブ 220 a、220 b は、開放又は閉止が瞬時に切り替え可能であるものを用いることができる。具体的には、特に限定されないが、少なくともパルス間隔が 50 ms 未満となるようにガスの流通の開放又は閉止を切り替えが可能なバルブを用いることが好ましい。上記の速度であれば、後述するパルスバルブ 220 a、220 b を

用いた流量制御において、十分な精度の流量及び切り替え速度でガスを供給することができる。なお、本明細書において、パルスバルブ220a、220bにおいて開放及び閉止を交互に繰り返す制御をパルス制御と記載する。また、パルス制御において、パルスバルブ220a、220bを閉止状態から開放し再び閉止状態とするまでの、1回のガスの通流のことを、一のパルスPLと記載する。

[0044] チャンバ側壁10aには、基板処理空間10s内のプラズマ発光又はガス組成を検知することができる検知部としてのチャンバモニタ224が設けられる。チャンバモニタ224は、例えば、チャンバ側壁10aから基板処理空間10s内のプラズマ発光を検知することができる発光分光分析装置(OES: Optical Emission Spectrometer)であってもよい。また、チャンバモニタ224は、チャンバ側壁10aから基板処理空間10sのガス組成を検知することができる公知の検知装置であってもよい。一実施形態において、チャンバモニタ224は、検知したプラズマ発光(発光量又は発光強度比を含む)又はガス組成(ガスの存在量又は存在比率を含み、ガスはガス成分の乖離による生成物を含む)の情報を、制御部2に送信する。制御部2は当該情報に基づき演算を行い、ガス供給量の目標値を更新し、当該目標値をコントローラ226に送信する。コントローラ226は、当該目標値に基づきパルスバルブ220a、220bを制御し、パルスバルブ220a、220bにおける流量を増減させる。

[0045] なお図7において、好ましい構成としてバッファタンク210a、210bを設けることとしたが、当該構成は必須ではなく、バッファタンク210a、210bは設けなくともよい。この場合、例えば第一の流路204a、204bを構成する配管の一部を、バッファタンク210a、210bと同様の寸法を有するように拡張することとしてもよい。また、第二の流路206を設けることとしたが、当該構成は必須ではない。この場合、第一の流路204a、204bの下流が直接ガス導入部、例えばシャワーヘッド13に接続されることとしてもよい。また、チャンバモニタ224を設けることと

したが、当該構成は必須ではない。

[0046] 次に、本実施形態にかかる基板処理方法について、図8～図11を用いて説明する。説明する。図8は、一実施形態にかかる基板処理方法MT1におけるパルスバルブの開閉制御の説明図である。図9は、一実施形態にかかる基板処理方法MT1の概略を示すフローチャートである。図10は、一実施形態にかかる基板処理方法MT1におけるパルス制御の他の一例の概略を示す説明図である。図11は、他の一実施形態にかかる基板処理方法MT2の概略を示すフローチャートである。本実施形態にかかる基板処理方法MT1、MT2は、例えば、上記プラズマ処理システムにおいて実行可能である。基板処理方法MT1、MT2では、パルスバルブ220a、220bのパルス制御によって、基板処理空間10sへ供給するガスの流量を制御する。

[0047] 基板処理方法MT1、MT2についての以下の説明において、図7に示すプラズマ処理システムで、ガス種a～cをそれぞれガスソース21a～21cから流量制御器22a～22cを経由して第一の流路204aへ供給し、ガス種d～fをガスソース21d～21fから流量制御器22d～22fを経由して第一の流路204bへ供給する場合について説明する。なお、ガス種a～fは、エッチング又はデポジションなどの工程に用いられる公知のガスや、これらを希釈する公知のガスであってもよい。基板処理方法MT1、MT2の実行に先立ち、ガス種a～cは第一の流路204aで混合し混合ガスG α となり、バッファタンク210aへ所望の圧力で蓄えられる。またガス種d～fは第一の流路204bで混合し混合ガスG β となり、バッファタンク210bへ所望の圧力で蓄えられる。

[0048] 以下、本実施形態にかかる基板処理方法MT1においてガス供給を開始する場合であって、混合ガスG α と混合ガスG β を別個に、交互に供給する場合について説明する。図8及び図9で、最初に第一の流路204a上に設けるパルスバルブ220aにおいてパルス制御を開始する。パルス制御では、パルスバルブ220aが閉止された状態から開放された状態となり、再び閉止された状態となる動作を繰り返し実行する。その間、パルスバルブ220

bは閉止された状態とする（工程S T 1 0）。その後、混合ガスG α の供給量が目標値に達した場合に、パルスバルブ2 2 0 aにおけるパルス制御を終了し、混合ガスG α の供給を停止する（工程S T 1 2）。続いて、同様にして第一の流路2 0 4 b上に設けるパルスバルブ2 2 0 bにおいて上記と同様のパルス制御を実行し、その間パルスバルブ2 2 0 aを閉止された状態とする（工程S T 1 4）。その後、混合ガスG β の供給量が目標値に達した場合に、パルスバルブ2 2 0 bにおけるパルス制御を終了し、混合ガスG β の供給を停止する（工程S T 1 6）。以降、パルスバルブ2 2 0 a及びパルスバルブ2 2 0 bのパルス制御を交互に繰り返し、所望のプロセスが終了するまでこれを継続する（工程S T 1 8）。

[0049] 図1 0に示すように、混合ガスG α のパルス制御を終了して混合ガスG β の制御を開始する際や、その逆の際（以下、これらを合わせて混合ガスの切り替えと称する。）には、ディレイタイムD Tを設けることとしてもよい。すなわち、例えば混合ガスG α のパルス制御を終了した後、ディレイタイムD Tの経過後、混合ガスG β の制御を開始することとしてもよい。混合ガスの切り替え時には、パルスバルブ2 2 0 a、2 2 0 bの下流側における第一の流路2 0 4 a、2 0 4 b、第二の流路2 0 6、及び、基板処理空間1 0 sのガスを排気する。このため、ディレイタイムD Tは、当該排気が完了するまでの時間として設けられる。具体的には、ディレイタイムD Tは1 0 m s ~ 1 sとして設けることが好ましい。

[0050] 混合ガスの供給量の目標値は、プロセスごとに事前に決定したものを読み込むこととしてもよい。パルス制御の開始及び終了は、当該目標値に基づいて制御部2が開始命令及び終了命令をコントローラ2 2 6に送信し、コントローラ2 2 6がパルスバルブ2 2 0 a、2 2 0 bを制御することで実行することとしてもよい。

[0051] パルス制御に関し、より詳細に説明する。パルス制御の継続時間、及び、継続時間中のパルスP Lの回数は、パルスP L当たりの流量及び混合ガスの供給量の目標値に基づいて決定してもよい。具体的には、まず、パルスP L

当たりの流量とパルスの回数との積が、供給量の目標値となるように、パルスの回数を決定する。例えば、プロセスにおける供給量の目標値が100であり、パルスPL当たりの混合ガスの流量が1であるならば、パルスの回数を100回とすれば供給量100を供給することができる。パルスの回数を決定した後、所望のパルスの間隔でパルス制御を実行できるように、パルス制御の継続時間を決定すればよい。なお、一のパルスPLにおける流量は、プロセス条件下であらかじめ測定しておくこととしてもよい。

[0052] 混合ガスの切り替えに際しては、上記のように一方の混合ガスの供給量が目標値に達した時点で他方の混合ガスの供給に切り替えること以外に、下記で説明するような方法MT2を採用できる。すなわち、チャンバモニタ224によって基板処理空間10s内の状態をモニタリングし、モニタリング結果に基づいて混合ガスの供給を開始又は終了する。具体的には、基板処理空間10s内の状態をOESなどのチャンバモニタ224で、ガスのプラズマ発光の発光波長の比や振幅、波長の相関などを検知することでモニタリングする。この場合、まずチャンバモニタ224において検知したこれらの検知結果を制御部2に送信する。続いて制御部2において、検知結果に基づき、混合ガスG α によるプロセス α が完了したかどうか、又は混合ガスG β によるプロセス β が完了したかどうか、判断する。プロセス α 又はプロセス β が完了したと判断する場合は、混合ガスの切り替えを実行するようにコントローラ226に指令を送信し、パルスバルブ220a、220bを制御する。

[0053] 図11で、上記のような基板処理空間10s内のガス状態のモニタリングの一例として、OESを用いたモニタリングと、モニタリング結果に基づくパルスバルブ220a、220bの制御について説明する。一例として、供給中の混合ガスG α がフッ素を含むエッチングガスであり、閉止中の混合ガスG β がデポジションガスである場合を考える。まず、パルスバルブ220aをパルス制御し、混合ガスG α を供給する（工程ST20）。このとき、混合ガスG α の供給により基板処理空間10s内ではエッチングガスのプラズマが形成され、被処理物としての基板Wのエッチングが進行する。エッチ

ング中には、混合ガスG α 中のフッ素がエッチングに消費されているため、フッ素のプラズマ発光量が低い。一方でエッチングが完了に近づくと、混合ガスG α 中のフッ素がエッチングに消費されなくなり、基板処理空間10s内の存在量が増加する。すると、フッ素のプラズマ発光が増加し、OESにおける検出量が増加する。すなわち、OESにおけるフッ素を起因とするプラズマ発光の検出量が増加していることが検知された場合、エッチングが完了に近づいていると判断できる（工程ST22）。本実施形態では、プラズマ発光量が閾値未満の場合は混合ガスG α の供給を継続し、プラズマ発光量が閾値以上となった場合にエッチングを完了したと判断して、混合ガスG α の供給を停止する。これにより、基板処理空間10s内への余剰な混合ガスG α の供給を抑えることができる。その後、パルスバルブ220aを閉止し、パルスバルブ220aをパルス制御して、次のプロセスを実行する（工程ST24）。混合ガスG β によるプロセス β に関しても、上記と同様にモニタリングし、プロセス β が完了したかどうかを判断する（工程ST26）。プロセス β が完了したと判断した場合には再びパルスバルブ220aのパルス制御に戻るか、あるいはプロセスを終了する（工程ST28）。プラズマ発光量についての閾値は、プロセスの進行度の指標となる波長の発光量を、プロセス条件において事前に決定して記憶部に記憶しておき、プロセス実行時に読み込むこととしてもよい。

[0054] なお上記で、検知対象としてエッチングガス中のフッ素のプラズマ発光量を検知することとしたが、これに限定されず、プロセスの進行の指標となるガスの存在量や、ガス比率などを検知することでプロセスの進行度を判断することとしてもよい。ここで検知するガスは、ガス成分そのものに加えて、ガス成分の乖離による生成物を含む。この場合、閾値は当該指標となるガスごとに、プロセス条件において事前に決定して記憶部に記憶しておき、プロセス実行時に読み込むこととしてもよい。また、上記ではプラズマ発光量をモニタリングして閾値と比較するが、これに限定されない。例えば、OESで検出する複数の波長の光の強度比をモニタリングし、閾値と比較することで

、エッチングの進行の程度を判断することができる。この場合、閾値との比較は、強度比が閾値未満の場合に混合ガス $G\alpha$ の供給を継続し、強度比が閾値以上となった場合に混合ガス $G\alpha$ の供給を停止することとしてもよい。また、閾値との比較は、強度比が閾値以上の場合に混合ガス $G\alpha$ の供給を継続し、強度比が閾値未満となった場合に混合ガス $G\alpha$ の供給を停止することとしてもよい。強度比についての閾値は、プロセスの進行度の指標となる波長の光の強度比を、プロセス条件において事前に決定して記憶部に記憶しておき、プロセス実行時に読み込むこととしてもよい。

[0055] なお上記で、混合ガス $G\alpha$ 及び混合ガス $G\beta$ の2種類についてパルス制御及び切り替えの制御を行う例について説明したが、3種類以上の混合ガスがそれぞれ3以上の第一の流路上を流通し基板処理空間10sに供給される場合も、同様の制御が可能である。この場合、一の混合ガスにかかるパルス制御を実行している間には、他の混合ガスの流通にかかるパルスバルブを閉止し、供給を停止するようにすればよい。また、それぞれの混合ガスの切り替えの間にディレイタイムDTを設けてもよい。

[0056] 次に、本開示においてプラズマ処理装置1及び基板処理方法MT1、MT2を上記のように構成する意義について詳細に説明する。

[0057] 図12で説明したように、従来の方法では2種類以上のガスを切り替える構成及び方法について、基板処理空間PSに供給する経路及び排気システムESにより排気する経路を切り替えることで切り替え時間を短縮していた。従来の構成では、基板処理空間PSに供給されないガスが廃棄され続けるというコスト上の課題に加えて、以下のような課題があった。すなわち、従来の構成では一のガスを供給しているとき、供給バルブVSR、VSLは開放された状態のまま維持される。この状態においては、供給バルブVSR、VSLを通して供給されるガスの流量は、供給バルブVSR、VSLの規格などに依存して一定の値に限定される。このため供給するガスを所望の流量とするためには、流路CR、CL上に流量制御器FCR、FCLを設けることが必須であった。これに対して、本開示にかかる技術では供給するガスをパ

ルスバルブ 220 a、220 b によってパルス制御で供給している。バルブが開放された状態でガスを供給するのではなく、パルス制御で供給することには以下のような意義がある。すなわち、パルス PL の密度、回数、間隔及び、パルス制御の継続時間などを所望の値に変更することによって、供給するガスを所望の流量値に制御することが可能である。つまり、本開示のパルス制御によると、基板処理空間 10 s に供給するガスの流量を所望の値に制御することができる。すなわち、本開示におけるガス供給部 20 では、混合ガスごとに流量制御器を設けることを要しない。これにより、従来の構成よりもガス供給部のシステムサイズを小さくすることができる。

[0058] 次に、本開示において好ましい構成として設けるバッファタンク 210 a、210 b 及びオリフィス 222 a、222 b の意義について説明する。

[0059] パルスバルブ 220 a、220 b を用いたパルス制御によると、流通するガスの流量が一定ではなく、パルス制御の条件に依存して周期的に変化する場合がある。本明細書ではこのような流量の周期的変化を、流量脈動と称する。流量脈動は、パルスバルブ 220 a、220 b の下流のみならず、上流でも生じ得る。

[0060] 流量脈動が生じた場合、構造部材への負荷や、圧力センサなどの各種センサによる計測を不安定にするといった影響が生じることが考えられる。流量脈動による当該影響の度合いは、流量脈動が生じる空間である流路の容積に依存することがわかっている。具体的には、流路の容積が小さい程、流量脈動の上記影響が大きくなり、流路の容積が大きい程、流量脈動の上記影響が小さくなる。このため、本開示の一実施形態においてはバッファタンク 210 a、210 b を設ける構成としている。すなわち、バッファタンク 210 a、210 b は流量脈動が生じる空間の容積を拡大し、流量脈動を緩衝（バッファリング）する作用を有する。また、オリフィス 222 a、222 b はその下流において流量を均一化する作用を有する。バッファタンク 210 a、210 b によると、流量脈動の大きさを低減し、上記影響を十分に抑制することができる。この作用をより発揮するために、バッファタンク 210 a

、210bの好ましい構成としては流路断面積を第一の流路204a、204bの流路断面積の3倍かそれ以上の面積とし、バッファタンク210a、210bの流路方向の長さを、バッファタンク210a、210bの流路断面の直径と同等かそれ以上の長さとする。一方で、バッファタンク210a、210bの体積が大きすぎると、ガスの充てんによってバッファタンク210a、210bを所望の圧力とするのに要する時間が長くなってしまう。また、プロセス終了時にはバッファタンク210a、210bを含む配管内は排気されるため、その分のガスが無駄になってしまう。そのため、バッファタンク210a、210bが不必要に大きいことは好ましくない。

[0061] 本発明者らが鋭意検討したところ、バッファタンクを設ける場合に、パルス制御の実行中にバッファタンク内の圧力が、混合ガスの供給を開始してから混合ガスの供給量が目標値に達して供給を終了するまでの間、変動せず略一定に保たれることが、ガス供給量のより精密な制御に重要であることを見出した。

[0062] 以下の説明において、混合ガスの供給を開始してから混合ガスの供給量が目標値に達して供給を終了するまでの継続時間における一連のパルス制御を、一のパルスセットと称する。工程ST10でパルスバルブ220aのパルス制御を開始してから、工程ST14でパルスバルブ220aを閉止するまでの一連の制御は、一のパルスセットの一例である。

[0063] 本開示において供給される混合ガスを理想気体とみなすと、バッファタンク内の圧力を P 、バッファタンクの容積を V 、一のパルスセットにおける混合ガスの供給量（物質質量）を n 、気体定数を R 、混合ガスの絶対温度を T とすると、気体の状態方程式より $P = nRT/V$ が成り立つ。

[0064] かかる観点から、上述したように、一実施形態においてバッファタンクの容積は、一のパルスセットにおける混合ガスの供給量の目標値（体積値）よりも十分大きいように構成される。パルスセットにおけるガス供給時には、バッファタンク内の混合ガスは最大で混合ガスの供給量 n だけ減少する。このときバッファタンク内から減少するガス体積（すなわち、供給量 n の関数

）に対して、バッファタンクの容積 V が十分に大きいため、バッファタンク内の圧力 P は一定とすることができる。なお、圧力 P が一定であるとは、後述するような所望の閾値を下回らないことを含む。

[0065] また、他の一実施形態においてバッファタンクの容積は可変であるように構成される。パルスセットにおけるガス供給時には、バッファタンク内の混合ガスは最大で混合ガスの供給量 n だけ減少する。このときバッファタンクから減少する混合ガスの体積の分だけ、バッファタンクの容積を減少させるように制御することで、例えば供給量 n と容積 V の比 n/V を略一定に保つことができ、バッファタンク内の圧力 P は一定とすることができる。

[0066] また、他の一実施形態においてバッファタンクの温度は可変であるように構成される。パルスセットにおけるガス供給時には、バッファタンク内の混合ガスは最大で混合ガスの供給量 n だけ減少する。しかしながら、このときバッファタンクから減少する混合ガスの分だけ、ガスの絶対温度 T を上昇させることで、例えば供給量 n と絶対温度 T の積 nT を略一定に保つことができ、バッファタンク内の圧力 P は一定とすることができる。

[0067] ここで、バッファタンク内の圧力 P は、一のパルスセットの開始時から終了時までのパルス制御の継続時間において略一定に保たれることがより好ましいが、一実施形態においては、バッファタンク内の圧力 P は、所望の閾値より大きいような値まで減少することとしてもよい。かかる閾値は、一例として、パルスセット開始時の圧力 P の値の8割である。

[0068] なお、図7においてバッファタンク210a、210bは、パルスバルブ220a、220bの上流側における第一の流路204a、204bに設けることとしたが、これに限定されない。例えば、パルスバルブ220a、220bの下流側における第一の流路204a、204bに設けることとしてもよい。この場合であっても、上記の流量脈動の影響を軽減する作用を奏する。ただし、混合ガスの切り替え時においてパルスバルブ220a、220bの下流側における第一の流路204a、204bは排気されるため、バッファタンク210a、210bが大きい場合はその分排気時間が長くなるこ

となる。このような観点から、バッファタンク 210a、210b はパルスバルブ 220a、220b の上流側における第一の流路 204a、204b 上に設けることがより好ましい。

[0069] 次に、本開示において好ましい構成として設けるチャンバモニタ 224 の意義について説明する。

[0070] デポジションやエッチングなどのプロセスにおいて、デポジションガスやエッチングガスの必要量は、プロセス対象とする基板 W の条件や装置のコンディションに依存する。基板 W の条件とは、例えば、基板 W の表面積や表面性状などが挙げられる。また、装置のコンディションとは、例えば、消耗部品の消耗度や、チャンバ内若しくは配管内部における加工残渣（デポ）の存在量などが挙げられる。したがって、ガスの供給量は、基板条件や装置のコンディションによって変更することが好ましい。基板処理方法 MT2 によると、チャンバモニタ 224 によって基板処理空間 10s 内の状態をモニタリングすることで、現実にはプロセスが完了した時点で混合ガスの切り替えを実行することができる。

[0071] 次に、本開示におけるディレイタイム DT 及び排気システム 40 を上記のように設ける意義について説明する。

[0072] 上記のように混合ガス G α 及び混合ガス G β を別個に、交互に供給するような場合において、パルスバルブ 220a 又はパルスバルブ 220b の下流における第二の流路 206 及び基板処理空間 10s では、混合ガス G α 及び混合ガス G β のいずれもが通流されるため、意に反してこれらのガスが混和してしまう場合が考えられる。これに対して本実施形態にかかるディレイタイム DT によると、混合ガス G α 又は混合ガス G β のいずれかの供給が終了し、第二の流路 206 及び基板処理空間 10s の排気が完了した時点でもう一方の混合ガスの供給を開始できるように制御することが可能である。

[0073] 上記のようなディレイタイム DT は、混合ガスの混和が生じない限りにおいてできる限り短くすることが、スループットの観点から好ましい。ディレイタイム DT を短縮するためには、基板処理空間 10s の排気速度を十分

に大きくすることが好ましい。そのような速度の大きい排気を実行する場合には、基板処理空間 10 s 及び排気システム 40 の空間内における圧力の均一性を向上させることが好ましい。そのような排気システム 40 の具体的な一例として、図 2～図 6 に示す上側バッフルプレート 41 及び下側バッフルプレート 42 を含む構成を採用することが好ましい。

[0074] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲、後述の本開示の技術的範囲に属する構成例及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。例えば、上記実施形態の構成要件は任意に組み合わせることができる。当該任意の組み合わせからは、組み合わせにかかるそれぞれの構成要件についての作用及び効果が当然に得られるとともに、本明細書の記載から当業者には明らかな他の作用及び他の効果が得られる。

[0075] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、又は、上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

[0076] 以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1) 基板処理装置においてガス供給部から基板処理空間にガスを供給して基板を処理する、基板処理方法であって、
前記ガス供給部は、複数のガスソースと、複数の前記ガスソースから前記基板処理空間まで前記ガスを流通させる流路と、前記流路に設けられ前記ガスの流通の開放又は閉止を切り替えるバルブと、を備え、
前記バルブにおいて前記ガスの流通の開放と閉止を交互に繰り返すことで前記ガスの流通をパルス化する、パルス制御を実行し、
前記パルス制御において、前記パルス制御の継続時間と、前記継続時間中における前記ガスの流通の開放の回数とを制御することで、前記ガスの流量を制御する、基板処理方法。

(2) 前記流路は、複数の前記ガスソースに対応して設けられる複数の第一の流路と、複数の前記第一の流路が合流する第二の流路と、を備え、前記バルブは、複数の前記第一の流路のそれぞれに設けられ、一の前記第一の流路上に設けられる前記バルブにおいて前記パルス制御を実行して、前記ガスを前記基板処理空間に供給し、かつ、他の前記第一の流路上に設けられる他の前記バルブを閉止する、上記(1)に記載の基板処理方法。

(3) 複数の前記ガスソースのうちの2以上の前記ガスソースが、複数の前記第一の流路のうちの1つの前記第一の流路と対応し、複数の前記ガスソースのそれぞれから複数の前記ガスを供給し、前記第一の流路で混合させる、上記(2)に記載の基板処理方法。

(4) 一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、その後、当該バルブにおける前記ガスの流通を閉止することと、10ms～1sのディレイタイムの経過後、他の一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、を含む、上記(2)又は(3)に記載の基板処理方法。

(5) 前記基板処理装置は、前記基板処理空間内のプラズマ発光を検知する検知部を備え、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスがエッチングガスである場合において、前記パルス制御の継続中に、前記プラズマ発光の発光量が閾値未満である場合は前記パルス制御を継続し、前記発光量が閾値以上となった場合は前記パルス制御を終了する、上記(1)～(4)のいずれか一つに記載の基板処理方法。

(6) 前記基板処理装置は、前記基板処理空間内のガス成分を検知する検知部を備え、前記パルス制御の継続中に、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスの成分の存在量が閾値以上である場合は前記パルス制御を継続し、前記ガスの成分の存在量が閾値未満となった場合は前記パルス制御を終

了する、上記（１）～（５）のいずれか一つに記載の基板処理方法。

（７）前記基板処理装置は、複数の前記第一の流路のそれぞれの流路上において、バッファタンクを備え、

前記バッファタンクの流路断面積は、前記バッファタンクが設けられる前記第一の流路の流路断面積の３倍以上であり、

前記バッファタンクの流路方向の長さは、前記バッファタンクの流路断面の直径以上である、上記（２）又は（３）に記載の基板処理方法。

（８）前記基板処理装置は上部電極を備え、

前記ガスを前記ガス供給部から前記上部電極の中心付近に供給し、前記上部電極内に設ける拡散室で前記基板処理空間に前記ガスを拡散して供給する、上記（１）～（７）のいずれか一つに記載の基板処理方法。

（９）基板処理装置であって、

内部に基板処理空間が形成される処理チャンバと、

前記基板処理空間にガスを供給するガス供給部と、

制御部と、を備え、

前記ガス供給部は、複数のガスソースと、複数の前記ガスソースから前記基板処理空間までガスを流通させる流路と、前記流路に設けられ前記ガスの流通の開放又は閉止を切り替えるバルブと、を備え、

前記制御部は、

前記ガス供給部から前記基板処理空間に前記ガスを供給して前記基板を処理する際に、前記バルブにおいて前記ガスの流通の開放と閉止を交互に繰り返すことで前記ガスの流通をパルス化する、パルス制御を実行し、

前記パルス制御において、前記パルス制御の継続時間と、前記継続時間中における前記ガスの流通の開放の回数を制御することで、前記ガスの流量を制御する工程を実行可能に構成される、基板処理装置。

（１０）前記流路は、複数の前記ガスソースに対応して設けられる複数の第一の流路と、複数の前記第一の流路が合流する第二の流路と、を備え、

前記バルブは、複数の前記第一の流路のそれぞれに設けられ、

前記制御部はさらに、一の前記第一の流路上に設けられる前記バルブにおいて前記パルス制御を実行して、前記ガスを前記基板処理空間に供給し、かつ、他の前記第一の流路上に設けられる他の前記バルブを閉止する工程を実行可能に構成される、上記（９）に記載の基板処理装置。

（１１）複数の前記ガスソースのうちの２以上の前記ガスソースが、複数の前記第一の流路のうちの１つの前記第一の流路と対応し、

前記制御部はさらに、複数の前記ガスソースのそれぞれから複数の前記ガスを供給し、前記第一の流路で混合させる工程を実行可能に構成される、上記（１０）に記載の基板処理装置。

（１２）前記制御部はさらに、一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、

その後、当該バルブにおける前記ガスの流通を閉止することと、

１０ｍｓ～１ｓのディレイタイムの経過後、他の一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、を含む工程を実行可能に構成される、上記（１０）又は（１１）に記載の基板処理装置。

（１３）前記基板処理空間内にプラズマ発光を検知する検知部を備え、前記制御部はさらに、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスがエッチングガスである場合において、前記パルス制御の継続中に、前記プラズマ発光の発光量が閾値未満である場合は前記パルス制御を継続し、前記発光量が閾値以上となった場合は前記パルス制御を終了する工程を実行可能に構成される、上記（９）～（１２）のいずれか一つに記載の基板処理装置。

（１４）前記基板処理空間内にガス成分を検知する検知部を備え、前記制御部はさらに、前記パルス制御の継続中に、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスの成分の存在量が閾値以上である場合は前記パルス制御を継続し、前記ガスの成分の存在量が閾値未満となった場合は前記パルス制御を終了する工程を実行可能に構成される、上記（９）～（１３）のいずれか一つに記載の基板処理装置。

(15) 複数の前記第一の流路のそれぞれの流路上において、バッファタンクを備え、
前記バッファタンクの流路断面積は、前記バッファタンクが設けられる前記第一の流路の流路断面積の3倍以上であり、
前記バッファタンクの流路方向の長さは、前記バッファタンクの流路断面の直径以上である、上記(10)又は上記(11)に記載の基板処理装置。
(16) 上部電極を備え、
前記制御部はさらに、前記ガスを前記ガス供給部から前記上部電極の中心付近に供給し、前記上部電極内に設ける拡散室で前記基板処理空間に前記ガスを拡散して導入する工程を実行可能に構成される、上記(9)～(15)のいずれか一つに記載の基板処理装置。

符号の説明

[0077]	1	基板処理装置
	10s	基板処理空間
	20	ガス供給部
	220a、220b	パルスバルブ
	W	基板
	PL	パルス

請求の範囲

- [請求項1] 基板処理装置においてガス供給部から基板処理空間にガスを供給して基板を処理する、基板処理方法であって、
前記ガス供給部は、複数のガスソースと、複数の前記ガスソースから前記基板処理空間まで前記ガスを流通させる流路と、前記流路に設けられ前記ガスの流通の開放又は閉止を切り替えるバルブと、を備え、
前記バルブにおいて前記ガスの流通の開放と閉止を交互に繰り返すことで前記ガスの流通をパルス化する、パルス制御を実行し、
前記パルス制御において、前記パルス制御の継続時間と、前記継続時間中における前記ガスの流通の開放の回数とを制御することで、前記ガスの流量を制御する、基板処理方法。
- [請求項2] 前記流路は、複数の前記ガスソースに対応して設けられる複数の第一の流路と、複数の前記第一の流路が合流する第二の流路と、を備え、
前記バルブは、複数の前記第一の流路のそれぞれに設けられ、
一の前記第一の流路上に設けられる前記バルブにおいて前記パルス制御を実行して、前記ガスを前記基板処理空間に供給し、かつ、他の前記第一の流路上に設けられる他の前記バルブを閉止する、請求項1に記載の基板処理方法。
- [請求項3] 複数の前記ガスソースのうちの2以上の前記ガスソースが、複数の前記第一の流路のうちの1つの前記第一の流路と対応し、
複数の前記ガスソースのそれぞれから複数の前記ガスを供給し、前記第一の流路で混合させる、請求項2に記載の基板処理方法。
- [請求項4] 一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、
その後、当該バルブにおける前記ガスの流通を閉止することと、
10ms～1sのディレイタイムの経過後、他の一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、を含む、請求項2又は3に記載の基板処理方法。
- [請求項5] 前記基板処理装置は、前記基板処理空間内のプラズマ発光を検知する

検知部を備え、

前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスがエッチングガスである場合において、前記パルス制御の継続中に、前記プラズマ発光の発光量が閾値未満である場合は前記パルス制御を継続し、前記発光量が閾値以上となった場合は前記パルス制御を終了する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項6] 前記基板処理装置は、前記基板処理空間内のガス成分を検知する検知部を備え、

前記パルス制御の継続中に、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスの成分の存在量が閾値以上である場合は前記パルス制御を継続し、前記ガスの成分の存在量が閾値未満となった場合は前記パルス制御を終了する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項7] 前記基板処理装置は、複数の前記第一の流路のそれぞれの流路上において、バッファタンクを備え、

前記バッファタンクの流路断面積は、前記バッファタンクが設けられる前記第一の流路の流路断面積の 3 倍以上であり、

前記バッファタンクの流路方向の長さは、前記バッファタンクの流路断面の直径以上である、請求項 2 又は 3 に記載の基板処理方法。

[請求項8] 前記バッファタンクは、前記バッファタンクの容積が一のパルスセットにおける前記ガスの供給量の目標値の 5 倍以上である、請求項 7 に記載の基板処理方法。

[請求項9] 前記バッファタンクは、前記バッファタンクの容積が一のパルスセットにおける前記ガスの供給量の目標値の 10 倍以上である、請求項 8 に記載の基板処理方法。

[請求項10] 前記バッファタンクは、前記バッファタンクの容積が可変であるように構成され、前記パルス制御の前記継続時間に、前記バッファタンクの圧力が一定であるように、前記バッファタンクの前記容積を減少さ

せる、請求項 7 に記載の基板処理方法。

[請求項11] 前記バッファタンクは、前記バッファタンク内のガス温度を調節可能に構成され、前記パルス制御の前記継続時間に、前記バッファタンクの圧力が一定であるように、前記バッファタンク内の前記ガス温度を上昇させる、請求項 7 に記載の基板処理方法。

[請求項12] 前記基板処理装置は上部電極を備え、
前記ガスを前記ガス供給部から前記上部電極の中心付近に供給し、前記上部電極内に設ける拡散室で前記基板処理空間に前記ガスを拡散して導入する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項13] 基板処理装置であって、
内部に基板処理空間が形成される処理チャンバと、
前記基板処理空間にガスを供給するガス供給部と、
制御部と、を備え、
前記ガス供給部は、複数のガスソースと、複数の前記ガスソースから前記基板処理空間までガスを流通させる流路と、前記流路に設けられ前記ガスの流通の開放又は閉止を切り替えるバルブと、を備え、
前記制御部は、
前記ガス供給部から前記基板処理空間に前記ガスを供給して前記基板を処理する際に、前記バルブにおいて前記ガスの流通の開放と閉止を交互に繰り返すことで前記ガスの流通をパルス化する、パルス制御を実行し、
前記パルス制御において、前記パルス制御の継続時間と、前記継続時間中における前記ガスの流通の開放の回数を制御することで、前記ガスの流量を制御する工程を実行可能に構成される、基板処理装置。

[請求項14] 前記流路は、複数の前記ガスソースに対応して設けられる複数の第一の流路と、複数の前記第一の流路が合流する第二の流路と、を備え、
前記バルブは、複数の前記第一の流路のそれぞれに設けられ、
前記制御部はさらに、一の前記第一の流路上に設けられる前記バルブ

において前記パルス制御を実行して、前記ガスを前記基板処理空間に供給し、かつ、他の前記第一の流路上に設けられる他の前記バルブを閉止する工程を実行可能に構成される、請求項 13 に記載の基板処理装置。

[請求項15] 複数の前記ガスソースのうちの 2 以上の前記ガスソースが、複数の前記第一の流路のうちの 1 つの前記第一の流路と対応し、前記制御部はさらに、複数の前記ガスソースのそれぞれから複数の前記ガスを供給し、前記第一の流路で混合させる工程を実行可能に構成される、請求項 14 に記載の基板処理装置。

[請求項16] 前記制御部はさらに、一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、その後、当該バルブにおける前記ガスの流通を閉止することと、 $10\text{ms} \sim 1\text{s}$ のディレイタイムの経過後、他の一の前記バルブにおいて前記パルス制御を実行することと、を含む工程を実行可能に構成される、請求項 13 又は 14 に記載の基板処理装置。

[請求項17] 前記基板処理空間内にプラズマ発光を検知する検知部を備え、前記制御部はさらに、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスがエッチングガスである場合において、前記パルス制御の継続中に、前記プラズマ発光の発光量が閾値未満である場合は前記パルス制御を継続し、前記発光量が閾値以上となった場合は前記パルス制御を終了する工程を実行可能に構成される、請求項 13 ～ 15 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

[請求項18] 前記基板処理空間内にガス成分を検知する検知部を備え、前記制御部はさらに、前記パルス制御の継続中に、前記パルス制御により前記基板処理空間に供給する前記ガスの成分の存在量が閾値以上である場合は前記パルス制御を継続し、前記ガスの成分の存在量が閾値未満となった場合は前記パルス制御を終了する工程を実行可能に構成される、請求項 13 ～ 15 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

- [請求項19] 複数の前記第一の流路のそれぞれの流路上において、バッファタンクを備え、
前記バッファタンクの流路断面積は、前記バッファタンクが設けられる前記第一の流路の流路断面積の3倍以上であり、
前記バッファタンクの流路方向の長さは、前記バッファタンクの流路断面の直径以上である、請求項14又は15に記載の基板処理装置。
- [請求項20] 前記バッファタンクは、前記バッファタンクの容積が一のパルスセットにおける前記ガスの供給量の目標値の5倍以上である、請求項19に記載の基板処理装置。
- [請求項21] 前記バッファタンクは、前記バッファタンクの容積が一のパルスセットにおける前記ガスの供給量の目標値の10倍以上である、請求項20に記載の基板処理装置。
- [請求項22] 前記バッファタンクは、前記バッファタンクの容積が可変であるように構成され、
前記制御部はさらに、前記パルス制御の前記継続時間に、前記バッファタンクの圧力が一定であるように、前記バッファタンクの前記容積を減少させる工程を実行可能に構成される、請求項19に記載の基板処理装置。
- [請求項23] 前記バッファタンクは、前記バッファタンク内のガス温度を調節可能に構成され、
前記制御部はさらに、前記パルス制御の前記継続時間に、前記バッファタンクの圧力が一定であるように、前記バッファタンク内の前記ガス温度を上昇させる工程を実行可能に構成される、請求項19に記載の基板処理装置。
- [請求項24] 上部電極を備え、
前記制御部はさらに、前記ガスを前記ガス供給部から前記上部電極の中心付近に供給し、前記上部電極内に設ける拡散室で前記基板処理空間に前記ガスを拡散して導入する工程を実行可能に構成される、請求

項 1 3 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の基板処理装置。