

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6570993号  
(P6570993)

(45) 発行日 令和1年9月4日(2019.9.4)

(24) 登録日 令和1年8月16日(2019.8.16)

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

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2015-245450 (P2015-245450)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成27年12月16日(2015.12.16)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2017-112217 (P2017-112217A)	(72) 発明者	保坂 勇貴 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
(43) 公開日	平成29年6月22日(2017.6.22)	(72) 発明者	梅澤 義弘 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成30年6月20日(2018.6.20)	(72) 発明者	中島 俊希 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理体に対してプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、  
 処理容器と、  
 前記処理容器内に設けられ、前記被処理体が載置される載置台と、  
 円筒形状であって、側壁に複数の貫通孔が形成され、前記載置台上の処理空間と、前記載置台の周囲の排気空間とを仕切るバツフル板と、  
 円筒形状であって、内周面の直径が前記バツフル板の外周面の直径よりも長く、前記バツフル板の軸方向にバツフル板の側壁に沿って移動可能に前記バツフル板の周囲に設けられたシャッタと、  
 前記シャッタを前記バツフル板の側壁に沿って移動させることにより、前記シャッタに覆われていない前記複数の貫通孔によって構成される合成コンダクタンスを変更する駆動装置と  
 を備え、  
 前記複数の貫通孔は、  
 前記シャッタが下方へ移動するほど、前記シャッタの移動量に対する、前記シャッタに覆われていない貫通孔の合成コンダクタンスの変化量が増加するように、前記バツフル板の側壁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2】

前記シャッタの位置が所定距離変化した場合に前記シャッタの上端が通過する前記バツ

フル板の側壁の領域毎に、前記シャッタが下方に移動する場合に前記シャッタの上端が通過する順にそれぞれの前記領域に昇順に割り当てられた番号を  $s$ 、それぞれの前記貫通孔のコンダクタンスを  $C_h$ 、目標となる前記シャッタの移動量に対する前記処理容器内の圧力の変化を示す直線の傾きを  $\alpha$ 、該直線の切片を  $\beta$ 、前記処理空間に供給されるガスの質量流量を  $Q$  とした場合、番号  $s$  で示される前記領域に配置されている前記貫通孔の個数  $n(s)$  は、以下の関係式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【数 1】

$$\frac{\alpha C_q}{(C_q \beta - C_q \alpha s)^2} = n(s)$$

10

$$C_q = \frac{C_h}{Q}$$

【請求項 3】

それぞれの前記領域に配置されているそれぞれの前記貫通孔は、該領域内で隣接する貫通孔同士の間隔が均等になるように該領域内の配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

大きい値の前記番号  $s$  が割り当てられた前記領域内に配置されているそれぞれ前記貫通孔の開口面積は、小さい値の前記番号  $s$  が割り当てられた前記領域内に配置されているそれぞれ前記貫通孔の開口面積よりも大きいことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 5】

それぞれの前記貫通孔は、前記バッフル板の軸方向において、他の貫通孔との重なりが少なくなるように前記バッフル板の側壁に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明の種々の側面及び実施形態は、プラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスまたは FPD (Flat Panel Display) といった電子デバイスの製造においては、被処理体の加工のために、被処理体に対してプラズマ処理が行われる。プラズマ処理に用いられるプラズマ処理装置は、例えば、処理容器、載置台、ガス供給部、および排気装置を有している。載置台は、処理容器内に設けられており、ガス供給部および排気装置は、処理容器内の空間に接続されている。

【0003】

40

近年、異なる圧力条件の二以上のプラズマ処理を一つのプラズマ処理装置において連続的に行うことが要請されている。このような圧力変化を伴うプラズマ処理では、圧力を変化させる期間、即ち遷移時間を短くすることが好ましい。圧力の遷移時間を短くするためには、被処理体を配置する空間の体積を小さくすることが好ましい。

【0004】

このような要請に応えるプラズマ処理装置として、例えば特許文献 1 に記載されたプラズマ処理装置が提案されている。特許文献 1 に記載されたプラズマ処理装置は、載置台と処理容器との間に介在する二つのバッフル板を有している。二つのバッフル板の上方の第 1 空間は被処理体が配置される領域を含んでおり、当該第 1 空間にはガス供給部が接続されている。また、二つのバッフル部材の下方の第 2 空間には排気装置が接続されている。

50

## 【 0 0 0 5 】

二つのバッフル板は、水平方向に延在する円状の板であり、これら二つのバッフル板には、複数の開口が形成されており、これら開口は周方向に配列されている。特許文献1に記載されたプラズマ処理装置では、二つのバッフル板のうち一方を周方向に回転させることにより、二つのバッフル板の開口の鉛直方向における重なりが調整される。これにより、特許文献1に記載されたプラズマ処理装置では、第1空間と第2空間との間のコンダクタンスが調整されて、第1空間の圧力が調整される。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【 0 0 0 6 】

【特許文献1】特開2001-196313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 】

ところで、特許文献1に記載されたプラズマ処理装置では、二つのバッフル板の間隔を極端に小さくしなければ、第1空間の圧力を高い圧力に設定することは難しい。即ち、二つのバッフル板の間隔を極端に小さくしなければ、第1空間と第2空間との間のコンダクタンスを小さくすることが困難である。しかしながら、二つのバッフル板の間隔が狭くなると、これらバッフル板同士が接触し、パーティクルが発生する場合がある。

## 【 0 0 0 8 】

また、二つのバッフル板同士の接触を許容するために、或いは、二つのバッフル板を両者の間の間隙が小さくなるように精度よく作成するためには、これら二つのバッフル板の厚さを大きくする必要がある。しかしながら、二つのバッフル板の厚さが大きい場合には、両者の開口が完全に重なるように二つのバッフル板を配置しても、第1空間と第2空間との間のコンダクタンスがあまり大きくなる。そのため、第1空間の圧力を低くすることが難しくなる。従って、特許文献1に記載されたプラズマ処理装置では、被処理体が配置される処理空間内の圧力の制御性を向上させることが困難である。なお、第1空間の圧力を低くするためには、二つのバッフル板の開口のサイズを大きくすることが考えられるが、開口のサイズが大きくなると第2空間にプラズマが侵入することとなる。

## 【 0 0 0 9 】

また、二つのバッフル板の厚さを大きくすると、バッフル板の重量が増大する。これにより、バッフル板の駆動装置が大型化する。従って、バッフル板の厚さを大きくすること、あるいは、バッフル板に形成される開口のサイズを大きくすることは、現実的ではない。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 0 】

本発明の一側面は、被処理体に対してプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、処理容器と、載置台と、バッフル板と、シャッタと、駆動装置とを備える。載置台は、処理容器内に設けられ、被処理体が載置される。バッフル板は、円筒形状であって、側壁に複数の貫通孔が形成され、載置台上の処理空間と、載置台の周囲の排気空間とを仕切る。シャッタは、円筒形状であって、内周面の直径がバッフル板の外周面の直径よりも長く、バッフル板の軸方向にバッフル板の側壁に沿って移動可能にバッフル板の周囲に設けられる。駆動装置は、シャッタをバッフル板の側壁に沿って移動させることにより、シャッタに覆われていない複数の貫通孔によって構成される合成コンダクタンスを変更する。また、複数の貫通孔は、シャッタが下方へ移動するほど、シャッタの移動量に対する、シャッタに覆われていない貫通孔の合成コンダクタンスの変化量が増加するように、バッフル板の側面に配置されている。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 1 】

本発明の種々の側面および実施形態によれば、被処理体が配置される処理空間内の圧力

10

20

30

40

50

の制御性を向上させることが可能なプラズマ処理装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、プラズマ処理装置の一例を概略的に示す図である。

【図2】図2は、バッフル板の第1円筒部およびシャッタの第2円筒部の一例を概略的に示す斜視図である。

【図3】図3は、バッフル板の第1円筒部およびシャッタの第2円筒部の一例を概略的に示す斜視図である。

【図4】図4は、バッフル板およびシャッタの一例を示す破断斜視図である。

【図5】図5は、実施例1におけるバッフル板の第1円筒部に形成された貫通孔の配置の一例を示す模式図である。

10

【図6】図6は、シャッタの制御に関連する制御系の一例を示すブロック図である。

【図7】図7は、比較例におけるバッフル板の第1円筒部を示す図である。

【図8】図8は、比較例における圧力制御の実験結果を示す図である。

【図9】図9は、目標となる圧力変化の一例を示す図である。

【図10】図10は、目標となるコンダクタンスの変化の一例を示す図である。

【図11】図11は、各ストロークに対応する領域内の貫通孔の合成コンダクタンスの一例を示す図である。

【図12】図12は、実施例1における貫通孔の配置の一例を示す図である。

【図13】図13は、実施例1における圧力制御のシミュレーション結果の一例を示す図である。

20

【図14】図14は、バッフル板の第1円筒部に形成された貫通孔の配置の他の例を示す図である。

【図15】図15は、実施例2におけるバッフル板の第1円筒部に形成された貫通孔の配置の一例を示す図である。

【図16】図16は、実施例2における圧力制御の評価結果の一例を示す図である。

【図17】図17は、各ストロークに対応する領域に配置される貫通孔の半径および個数の一例を示す図である。

【図18】図18は、圧力制御の他の例を示す図である。

【図19】図19は、バッフル板の第1円筒部に形成された貫通孔の配置の他の例を示す図である。

30

【図20】図20は、圧力制御の他の例を示す図である。

【図21】図21は、圧力のパルス制御の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、開示するプラズマ処理装置の実施形態について、図面に基づいて詳細に説明する。なお、本実施形態により、開示される発明が限定されるものではない。

【実施例1】

【0014】

[プラズマ処理装置10の構成]

40

図1は、プラズマ処理装置10の一例を概略的に示す図である。図1には、プラズマ処理装置10の縦断面構造が概略的に示されている。図1に示すプラズマ処理装置10は、容量結合型平行平板プラズマエッチング装置である。プラズマ処理装置10は、処理容器12を備える。処理容器12は、例えば、表面に陽極酸化処理が施されたアルミニウム等により構成されている。処理容器12は、側壁12sを有する。側壁12sは略円筒形状を有している。軸線Zは、側壁12sの中心軸線を示す。側壁12sには、被処理体の一例であるウエハWの搬入または搬出のための開口12gが設けられている。開口12gは、ゲートバルブ52により開閉可能となっている。

【0015】

処理容器12内には、載置台14が設けられている。載置台14は、支持部16によっ

50

て支持されている。支持部 16 は、略円筒形状の絶縁性の部材であり、処理容器 12 の底部から上方に延在している。本実施例において、支持部 16 は、載置台 14 の下側周縁部分に接して当該載置台 14 を支持している。

【0016】

載置台 14 は、下部電極 18 および静電チャック 20 を含む。下部電極 18 は、略円盤形状を有しており、導体で構成されている。下部電極 18 には、整合器 MU1 を介して第 1 の高周波電源 HFS が接続されている。第 1 の高周波電源 HFS は、主としてプラズマ生成用の高周波電力を発生する電源であり、例えば 27 ~ 100 MHz の高周波電力を発生する。本実施例において、第 1 の高周波電源 HFS は、例えば 40 MHz の高周波電力を発生する。整合器 MU1 は、第 1 の高周波電源 HFS の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）の入力インピーダンスを整合させる。

10

【0017】

また、下部電極 18 には、整合器 MU2 を介して第 2 の高周波電源 LFS が接続されている。第 2 の高周波電源 LFS は、主としてウエハ W へのイオン引き込み用の高周波電力（高周波バイアス電力）を発生して、当該高周波バイアス電力を下部電極 18 に供給する。高周波バイアス電力の周波数は、例えば 400 kHz ~ 13.56 MHz の範囲内の周波数である。本実施例において、第 2 の高周波電源 LFS は、例えば 3 MHz の高周波バイアス電力を下部電極 18 に供給する。整合器 MU2 は、第 2 の高周波電源 LFS の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）の入力インピーダンスを整合させる。

【0018】

20

下部電極 18 上には、静電チャック 20 が設けられている。静電チャック 20 は、導電膜である電極 20a を一对の絶縁層または絶縁シート間に配置した構造を有している。電極 20a には、直流電源 22 がスイッチ SW を介して電氣的に接続されている。静電チャック 20 の上面は、ウエハ W が載置される載置領域 20r を構成している。静電チャック 20 の電極 20a に直流電源 22 から直流電圧が印加されると、静電チャック 20 はクーロン力等の静電力によって、載置領域 20r 上に載置されたウエハ W を吸着保持する。

【0019】

また、プラズマ処理装置 10 には、ウエハ W のエッジを囲むようにフォーカスリング FR が設けられる。フォーカスリング FR は、例えば、シリコンや石英等から構成される。

【0020】

30

下部電極 18 の内部には、流路 18a が形成されている。流路 18a には、プラズマ処理装置 10 の外部に設けられたチラーユニットから配管 26a を介して、冷却水等の冷媒が供給される。流路 18a に供給された冷媒は、配管 26b を介してチラーユニットに戻される。チラーユニットによって、流路 18a 内を循環する冷媒の温度を制御することにより、静電チャック 20 上に載置されたウエハ W の温度が制御される。

【0021】

また、載置台 14 には、配管 28 が設けられている。配管 28 は、伝熱ガス供給機構から供給された He ガス等の伝熱ガスを、静電チャック 20 の上面とウエハ W の裏面との間に供給する。

【0022】

40

また、プラズマ処理装置 10 は、上部電極 30 を備える。上部電極 30 は、下部電極 18 の上方において、当該下部電極 18 と対向するように配置されている。下部電極 18 と上部電極 30 とは、互いに略平行となるように処理容器 12 内に設けられている。

【0023】

上部電極 30 は、絶縁性遮蔽部材 32 を介して、処理容器 12 の天井部に支持されている。上部電極 30 は、電極板 34 および電極支持体 36 を含む。電極板 34 は、処理容器 12 内の空間に面しており、複数のガス吐出孔 34a を有する。電極板 34 は、ジュール熱の少ない低抵抗の導電体または半導体から構成される。

【0024】

電極支持体 36 は、アルミニウム等の導電性材料で構成され、電極板 34 を着脱自在に

50

支持する。電極支持体 36 は、水冷構造を有する。電極支持体 36 の内部には、ガス拡散室 36 a が設けられている。ガス拡散室 36 a からは、ガス吐出孔 34 a に連通する複数のガス流通孔 36 b が下方に延びている。また、電極支持体 36 にはガス拡散室 36 a に処理ガスを導くガス導入口 36 c が形成されている。ガス導入口 36 c には、ガス供給管 38 が接続されている。

#### 【0025】

ガス供給管 38 には、バルブ群 42 および流量制御器群 44 を介してガスソース群 40 が接続されている。ガスソース群 40 は、複数のガスソースを有する。複数のガスソースは、異なるガス種の複数のガスのソースである。バルブ群 42 は、複数のバルブを有する。流量制御器群 44 は、複数の流量制御器を有する。それぞれの流量制御器は、例えばマスフローコントローラ等である。ガスソース群 40 が有するそれぞれのガスソースは、バルブ群 42 が有する 1 つのバルブ、および、流量制御器群 44 が有する 1 つの流量制御器を介して、ガス供給管 38 に接続されている。

10

#### 【0026】

プラズマ処理装置 10 では、ガスソース群 40 が有する複数のガスソースのうち、選択された一以上のガスソースからのガスが、対応する流量制御器およびバルブを介して、流量制御された状態で、ガス供給管 38 に供給される。ガス供給管 38 に供給されたガスは、ガス拡散室 36 a 内で拡散し、ガス流通孔 36 b およびガス吐出孔 34 a を介して処理容器 12 内の空間に供給される。なお、本実施例において、ガスソース群 40、流量制御器群 44、バルブ群 42、ガス供給管 38、および上部電極 30 は、ガス供給部 GS を構成している。該ガス供給部 GS は、後述する第 1 空間 S1 に接続されている。

20

#### 【0027】

また、図 1 に示すように、処理容器 12 の底部には排気管 48 が接続されており、当該排気管 48 には排気装置 50 が接続されている。排気装置 50 は、排気管 48 を介して、後述する第 2 空間 S2 に接続される。排気装置 50 は、ターボ分子ポンプ等の真空ポンプを有する。

#### 【0028】

また、プラズマ処理装置 10 は、制御部 Cnt を有する。制御部 Cnt は、例えば、プロセッサ、記憶部、入力装置、および表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置 10 の各部を制御する。制御部 Cnt は、入力装置を介して、オペレータがプラズマ処理装置 10 を管理するためにコマンドの入力操作等を受け付ける。また、制御部 Cnt は、表示装置により、プラズマ処理装置 10 の稼働状況等を可視化して表示する。また、制御部 Cnt の記憶部には、プラズマ処理装置 10 で実行される各種処理をプロセッサにより制御するための制御プログラムや、処理条件に応じてプラズマ処理装置 10 の各構成部に処理を実行させるためのプログラム、即ち、処理レシピ等が格納される。

30

#### 【0029】

このように構成されたプラズマ処理装置 10 では、ウエハ W を処理するために、ガスソース群 40 が有する複数のガスソースのうち選択された一以上のガスソースから処理容器 12 内にガスが供給される。そして、下部電極 18 にプラズマ生成用の高周波電力が印加されることにより、下部電極 18 と上部電極 30 との間に高周波電界が発生する。この高周波電界により、処理容器 12 内に供給されたガスのプラズマが生成される。そして、生成されたプラズマにより、静電チャック 20 上に吸着保持されたウエハ W の処理、例えば、エッチングが行われる。なお、下部電極 18 に高周波バイアス電力を印加することにより、イオンをウエハ W に対して引き込んでよい。

40

#### 【0030】

##### [バッフル構造 60]

また、プラズマ処理装置 10 は、例えば図 1 に示すように、バッフル構造 60 をさらに有する。バッフル構造 60 は、載置領域 20 r よりも下方において載置台 14 と処理容器 12 の側壁 12 s との間に配置されている。バッフル構造 60 は、処理容器 12 内において第 1 空間 S1 および第 2 空間 S2 を規定している。第 1 空間 S1 は、載置台 14 の上方

50

の空間を含む空間である。第2空間S2は、載置台14の周囲の空間である。第1空間S1には、上述したガス供給部GSが接続されており、第2空間S2には、上述した排気装置50が接続されている。第1空間S1は、処理空間の一例であり、第2空間S2は、排気空間の一例である。

【0031】

次に、図1と共に、図2～図4をさらに参照して説明を続ける。図2および図3は、バッフル板61の第1円筒部61aおよびシャッタ62の第2円筒部62aの一例を概略的に示す斜視図である。図4は、バッフル板61およびシャッタ62の一例を示す破断斜視図である。なお、図2～図4は、説明の理解のために示された図である。そのため、図2～図4に示された第1円筒部61aおよび第2円筒部62aの縦横比、ならびに、第1円筒部61aに形成された貫通孔61hのサイズおよび個数は、実際の第1円筒部61aおよび第2円筒部62aの縦横比、ならびに、第1円筒部61aに形成された貫通孔61hのサイズおよび個数とは異なっている。バッフル構造60は、例えば図1および図4に示すように、バッフル板61およびシャッタ62を含む。

10

【0032】

[バッフル板61の構造]

バッフル板61は、例えば、アルミニウムまたはステンレス等の金属の表面にY2O3といった被覆を施すことによって構成されている。バッフル板61は、第1円筒部61a、下側環状部61b、および上側環状部61cを有する。第1円筒部61aは、バッフル板61の側壁の一例である。

20

【0033】

第1円筒部61aは、例えば図1および図2～図4に示すように、略円筒形状を有しており、その中心軸線が軸線Zに略一致するように処理容器12内に設けられている。本実施例において、第1円筒部61aの板厚は、例えば5mmである。また、本実施例において、第1円筒部61aの外周面の直径は、例えば550mmである。第1円筒部61aは、例えば図1に示すように、載置台14と処理容器12の側壁12sとの間に設けられている。

【0034】

また、第1円筒部61aには、例えば図1および図2～図4に示すように、複数の貫通孔61hが形成されている。それぞれの貫通孔61hは、第1円筒部61aを、軸線Zに対して放射方向（即ち、径方向）に貫通している。本実施例において、それぞれの貫通孔61hの開口は略円状であり、その半径は例えば1mmである。本実施例において、それぞれの貫通孔61hの開口の形状および面積は略同一である。なお、他の例として、それぞれの貫通孔61hの開口の形状は、楕円、長丸、または多角形等であってもよい。

30

【0035】

下側環状部61bは、例えば図1および図4に示すように、環形状である。下側環状部61bは、第1円筒部61aの下端に連続しており、当該第1円筒部61aの下端から径方向内側に延在している。また、上側環状部61cは、環形状である。上側環状部61cは、第1円筒部61aの上端に連続しており、当該第1円筒部61aの上端から径方向外側に延在している。本実施例において、バッフル板61は、第1円筒部61a、下側環状部61b、および上側環状部61cが例えば一体に形成される。なお、他の例として、第1円筒部61a、下側環状部61b、および上側環状部61cが別々の部材で構成され、互いに組み付けられることによってバッフル板61が構成されてもよい。

40

【0036】

また、処理容器12の底部は、例えば図1に示すように、略円筒形状の支持部12mを含む。支持部12mの上方には、筒状部材64が設けられている。筒状部材64は、例えばセラミック等の絶縁体で構成される。筒状部材64は、支持部16の外周面に沿って延在している。また、筒状部材64および支持部16上には、環状部材66が設けられている。環状部材66は、例えばセラミック等の絶縁体で構成される。環状部材66は、下部電極18の上面に沿って静電チャック20のエッジの近傍まで延びている。環状部材66

50

上には、上述したフォーカスリングFRが設けられている。

【0037】

バッフル板61の下側環状部61bの内縁部は、支持部12mと筒状部材64との間に配置されている。支持部12mおよび筒状部材64は、例えばねじ等によって互いに固定される。これにより、支持部12mと筒状部材64との間に、バッフル板61の下側環状部61bの内縁部が挟持される。

【0038】

また、処理容器12の側壁12sは、例えば図1に示すように、上側部分12s1および下側部分12s2を含む。また、プラズマ処理装置10は、支持部材68を備える。支持部材68は、略環形状の上側部分68aおよび略環形状の下側部分68cを有する。上側部分68aおよび下側部分68cは、略円筒形状の中間部分を介して接続されている。支持部材68の上側部分68aは、側壁12sの上側部分12s1と下側部分12s2との間に挟持されている。また、支持部材68の下側部分68cは、処理容器12内において径方向内側に延在している。支持部材68の下側部分68cには、バッフル板61の上側環状部61cが、例えばねじ等により固定されている。本実施例において、支持部材68は、上側部分68a、中間部分、および下側部分68cが例えば一体に形成される。なお、他の例として、上側部分68a、中間部分、および下側部分68cが別々の部材で構成され、互いに組み付けられることによって支持部材68が構成されてもよい。

【0039】

[シャッタ62の構造]

シャッタ62は、例えば、アルミニウムまたはステンレス等の金属の表面にY2O3といった被覆を施すことによって構成され得る。シャッタ62は、例えば図1および図4に示すように、第2円筒部62aおよび環状部62bを有する。第2円筒部62aは、例えば図1および図2～図4に示すように、略円筒形状を有しており、その中心軸線が軸線Zに略一致するように処理容器12内に配置されている。また、第2円筒部62aの内周面の直径は、バッフル板61の第1円筒部61aの外周面の直径よりも長い。本実施例において、第2円筒部62aの内周面の直径は、例えば550.1mmであり、当該第2円筒部62aの板厚は、例えば5mmである。なお、本実施例において、第1円筒部61aの外周面の直径は、例えば550mmであり、第1円筒部61aの中心軸と第2円筒部62aの中心軸は、軸線Zに略一致する。従って、第1円筒部61aの外周と、第2円筒部62aの内周との間には、例えば図3に示すように、例えば0.1mmの間隙GPが存在する。これにより、第2円筒部62aは、第1円筒部61aに接触することなく、第1円筒部61aに沿って軸線Zの方向に移動することができる。そのため、バッフル板61の第1円筒部61aに沿ってシャッタ62が移動する際のパーティクルの発生を抑制することができる。

【0040】

また、シャッタ62の環状部62bは、例えば図1および図4に示すように、略環形状を有する。本実施例において、環状部62bは、第2円筒部62aの下端に連続して径方向外側に延在している。本実施例において、シャッタ62は、第2円筒部62aおよび環状部62bが例えば一体に形成される。なお、他の例として、第2円筒部62aおよび環状部62bが別々の部材で構成され、互いに組み付けられることによってシャッタ62が構成されてもよい。

【0041】

シャッタ62の環状部62bは、例えば図1に示すように、軸体69に連結されている。本実施例において、軸体69は例えば送りねじであり、環状部62bはナットを介して軸体69に連結されている。また、軸体69は、駆動装置70に接続されている。駆動装置70は、例えばモータである。駆動装置70は、軸体69に沿ってシャッタ62を上下に移動させる。これにより、シャッタ62の第2円筒部62aは、バッフル板61の第1円筒部61aと処理容器12の側壁12sとの間で、上下に移動する。なお、図1では一本の軸体69のみが図示されているが、周方向に配列された複数の軸体69がシャッタ6

10

20

30

40

50



2の環状部62bに連結されていてもよい。

【0042】

シャッタ62の第2円筒部62aは、駆動装置70により、例えば図2および図3に示すように、第1円筒部61aの外周面に沿って軸線Zの方向に上下に移動することができる。第2円筒部62aが下方に移動すると、第2円筒部62aによって覆われる貫通孔61hの数が減少する。これにより、第2円筒部62aに覆われていない複数の貫通孔61hによって構成されるパッフル構造60の合成コンダクタンスが増加する。

【0043】

そして、シャッタ62がシャッタ62の移動範囲内で最も下方に位置した場合、例えば図2に示すように、第1円筒部61aに形成された全ての貫通孔61hが第2円筒部62aによって覆われていない状態となる。即ち、第1円筒部61aに形成された全ての貫通孔61hが、第2空間S2に直接的に連通した状態となる。これにより、第2円筒部62aに覆われていない複数の貫通孔61hによって構成されるパッフル構造60の合成コンダクタンスが最大になる。従って、第1空間S1の圧力が第2空間S2の圧力に近くなり、第1空間S1の圧力を低圧に設定することができる。

10

【0044】

また、第2円筒部62aが上方に移動すると、第2円筒部62aによって覆われる貫通孔61hの数が増加する。これにより、第2円筒部62aに覆われていない複数の貫通孔61hによって構成されるパッフル構造60の合成コンダクタンスが減少する。そして、シャッタ62がシャッタ62の移動範囲内で最も上方に位置した場合、例えば図3に示すように、第1円筒部61aの最上段に形成された貫通孔61h以外の貫通孔61hが第2円筒部62aで覆われる。これにより、第2円筒部62aに覆われていない複数の貫通孔61hによって構成されるパッフル構造60の合成コンダクタンスが最小になる。従って、第1空間S1の圧力が第2空間S2の圧力よりも高くなり、第1空間S1の圧力を高圧に設定することができる。

20

【0045】

ここで、パッフル板61およびシャッタ62の形状は、略円筒形状であり、その構造上、円板状に形成された場合に比べて、第1空間S1の圧力の影響によるたわみが発生しにくい。そのため、パッフル板61およびシャッタ62の厚さをそれほど大きくしなくても機械的強度を確保することができる。これにより、シャッタ62が最も上方の位置に移動した場合には、パッフル構造60の合成コンダクタンスを十分に低くすることができ、シャッタ62が最も下方の位置に移動した場合には、パッフル構造60の合成コンダクタンスを十分高くすることができる。従って、本実施例のプラズマ処理装置10は、第1空間S1内の圧力の制御性を向上させることができる。

30

【0046】

なお、第1円筒部61aと第2円筒部62aとの間には、例えば図3に示したように、間隙GPが存在する。そのため、シャッタ62がシャッタ62の移動範囲内で最も上方に位置した場合のパッフル構造60の合成コンダクタンスは、第1円筒部61aの最上段に形成された各貫通孔61hのコンダクタンスと、該貫通孔61h以外の貫通孔61hと間隙GPとによって構成される流路のコンダクタンスとの合成コンダクタンスとなる。従って、シャッタ62がシャッタ62の移動範囲内で最も上方に位置した場合のパッフル構造60の合成コンダクタンスは、第1円筒部61aの最上段に形成された各貫通孔61hの合成コンダクタンスよりも大きな値となる。

40

【0047】

[貫通孔61hの配置]

ここで、第1円筒部61aに形成されている複数の貫通孔61hの配置について図5を参照しながら説明する。図5は、実施例1におけるパッフル板61の第1円筒部61aに形成された貫通孔61hの配置の一例を示す模式図である。例えば図5に示すように、第1円筒部61aには、軸線Zの方向における所定の長さ毎の領域61rに1つ以上の貫通孔61hが配置されている。それぞれの領域61rは、例えば図5に示すように、第1円

50

筒部 6 1 a において、軸線 Z の方向に交差する方向、例えば軸線 Z の方向に対して直交する方向に延在している。本実施例において、軸線 Z の方向におけるそれぞれの領域 6 1 r の幅は、例えば図 5 に示すように、該領域 6 1 r に配置されている貫通孔 6 1 h の直径と略同一である。これにより、シャッタ 6 2 の移動により第 1 空間 S 1 内の圧力を制御する際のシャッタ 6 2 の移動範囲を短くすることができる。

【 0 0 4 8 】

領域 6 1 r は、軸線 Z の方向に複数配置され、それぞれの領域 6 1 r には、1 つ以上の貫通孔 6 1 h が配置されている。そのため、シャッタ 6 2 が下方へ移動するほど、シャッタ 6 2 の第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h の数が増える。そのため、シャッタ 6 2 が下方へ移動するほど、第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h の合成コンダクタンスは大きくなる。本実施例において、それぞれの貫通孔 6 1 h の開口の形状および面積は略同一であるため、それぞれの貫通孔 6 1 h のコンダクタンスは略同一である。そのため、仮に、それぞれの領域 6 1 r に含まれる貫通孔 6 1 h が同数であるとすれば、シャッタ 6 2 の移動量に対する、第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h の合成コンダクタンスの変化量は一定となる。

【 0 0 4 9 】

これに対し、本実施例では、シャッタ 6 2 が下方へ移動するほど、シャッタ 6 2 の移動量に対する、第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h の合成コンダクタンスの変化量が増加するように、貫通孔 6 1 h がバッフル板 6 1 の第 1 円筒部 6 1 a に配置されている。例えば、第 2 円筒部 6 2 a に覆われている貫通孔 6 1 h の数が第 1 の数より多くなるシャッタ 6 2 の位置の範囲において、シャッタ 6 2 の移動量に対する、第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h による合成コンダクタンスの変化量を  $C_1$  と定義する。また、第 2 円筒部 6 2 a に覆われている貫通孔 6 1 h の数が上記第 1 の数より少ないシャッタ 6 2 の位置の範囲において、シャッタ 6 2 の移動量に対する、第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h の合成コンダクタンスの変化量を  $C_2$  と定義する。このように  $C_1$  および  $C_2$  を定義した場合、貫通孔 6 1 h は、 $C_1 < C_2$  となるように、バッフル板 6 1 の第 1 円筒部 6 1 a に配置される。

【 0 0 5 0 】

本実施例では、それぞれの貫通孔 6 1 h のコンダクタンスが略同一であるため、貫通孔 6 1 h は、例えば図 5 に示すように、上から 2 つ目以下の領域 6 1 r において、下方の領域 6 1 r ほど、領域 6 1 r に含まれる貫通孔 6 1 h の数が増えるように、バッフル板 6 1 の第 1 円筒部 6 1 a に配置されている。

【 0 0 5 1 】

なお、本実施例では、最上段の領域 6 1 r に含まれる貫通孔 6 1 h の数は、初期値として予め決められた圧力を達成するためのコンダクタンスが実現される数に設定される。従って、本実施例では、最上段の領域 6 1 r に含まれる貫通孔 6 1 h の数は、上から 2 つ目の領域 6 1 r に含まれる貫通孔 6 1 h の数よりも多くなっている。

【 0 0 5 2 】

また、第 1 円筒部 6 1 a 上の各領域 6 1 r において、該領域 6 1 r 内に配置されている貫通孔 6 1 h は、領域 6 1 r 内で隣接する貫通孔 6 1 h 同士の間隔が略均等になるように、領域 6 1 r 内に配置されている。また、それぞれの貫通孔 6 1 h は、軸線 Z の方向において、他の貫通孔 6 1 h との重なりが少なくなるように第 1 円筒部 6 1 a に配置されている。これにより、周方向において、複数の貫通孔 6 1 h を通過するガスの流れの偏りを抑制することができる。

【 0 0 5 3 】

それぞれの領域 6 1 r は、シャッタ 6 2 の移動によりストロークが 1 段階変化した場合に、第 2 円筒部 6 2 a の上端が通過する第 1 円筒部 6 1 a 上の領域である。本実施例において、ストロークとは、軸線 Z の方向におけるシャッタ 6 2 の位置である。

【 0 0 5 4 】

また、シャッタ 6 2 は、軸線 Z の方向に所定距離ずつ移動し、シャッタ 6 2 の各ストロ

10

20

30

40

50

ークには、上方から下方へ1から昇順に整数の番号 $s$ が割り当てられる。例えば、シャッタ62が、図3に示すように最も上方の位置にある場合、その位置におけるシャッタ62のストロークの番号は1となる。そして、シャッタ62が所定距離下方に移動すると、移動後の位置におけるシャッタ62のストロークの番号は2となる。以下では、値が $s$ の番号が割り当てられたストロークを、ストローク $s$ と記載する。

【0055】

また、それぞれの領域61rには、上方から下方へ1から昇順に整数の番号が割り当てられる。それぞれの領域61rに割り当てられる番号は、シャッタ62のストロークの番号と対応している。例えば、シャッタ62が、ストローク $s-1$ から、ストローク $s$ へ移動する場合、第2円筒部62aの上端は、番号が $s$ の領域61rを通過する。

10

【0056】

例えば、シャッタ62のストロークの値が1である場合、第2円筒部62aの上端は、最も上方に位置する領域61rと、その下方に隣接する領域61rとの間に位置する。最も上方に位置する領域61rに割り当てられる番号は1であるので、シャッタ62のストロークの値が1である場合、番号が1の領域61rのみがシャッタ62の第2円筒部62aに覆われていない状態となる。また、シャッタ62のストロークの値が $n$ である場合、第2円筒部62aの上端は、番号が $n$ の領域61rと、その下方に隣接する番号が $n+1$ の領域61rとの間に位置する。そのため、シャッタ62のストロークの値が $n$ である場合、番号が1の領域61rから番号が $n$ の領域61rまでがシャッタ62の第2円筒部62aに覆われていない状態となる。また、シャッタ62のストロークの値が最大値である

20

【0057】

本実施例では、ストロークの値が小さいシャッタ62の位置では、シャッタ62によって覆われている貫通孔61hの数が多く、ストロークの値が大きいシャッタ62の位置では、シャッタ62によって覆われている貫通孔61hの数が少ない。

【0058】

図6は、シャッタ62の制御に関連する制御系の一例を示すブロック図である。駆動装置70は、例えば図6に示すように、制御部Cntによって制御される。制御部Cntは、変移計90、圧力計92、および圧力計94から信号を受ける。変移計90は、軸線Zの方向におけるシャッタ62の位置または基準位置からの距離を計測し、計測結果を示す信号を制御部Cntへ送出する。圧力計92は、第1空間S1内の圧力を計測し、計測結果を示す信号を制御部Cntへ送出する。圧力計94は、第2空間S2内の圧力を計測し、計測結果を示す信号を制御部Cntへ送出する。

30

【0059】

制御部Cntは、圧力計92および圧力計94からの計測結果を示す信号に基づいて、第1空間S1内の圧力がレシピによって指定された圧力となるためのシャッタ62の軸線Zの方向における位置を算出する。そして、制御部Cntは、算出したシャッタ62の位置と、変移計90からの計測結果を示す信号とに基づいて、シャッタ62の移動量を算出する。そして、制御部Cntは、算出したシャッタ62の移動量を示す信号を駆動装置70へ送出する。駆動装置70は、制御部Cntからの信号に応じてシャッタ62を軸線Zの方向に移動させる。

40

【0060】

このような構成のプラズマ処理装置10によれば、パッフル板61の第1円筒部61aとシャッタ62の第2円筒部62aとの鉛直方向における位置関係を調整することにより、複数の貫通孔61hが第2円筒部62aによって第2空間S2に対して覆われる割合を調整することができる。これにより、第1空間S1と第2空間S2との間のコンダクタン

50

スを調整することができる。従って、第1空間S1内の圧力を任意の圧力に設定することができる。

【0061】

[比較例]

ここで、比較例におけるバッフル板61を用いた場合の処理容器12内の圧力の制御性について説明する。図7は、比較例におけるバッフル板61の第1円筒部61a'を示す図である。比較例におけるバッフル板61の第1円筒部61a'には、例えば図7に示すように、複数の貫通孔61h'が形成されている。それぞれの貫通孔61h'は、鉛直方向において長尺のスリット形状を有している。これらの貫通孔61h'は、第1円筒部61a'の全周にわたって分布するように、略均等なピッチで軸線Zに対して周方向に配列されている。

10

【0062】

[比較例における第1空間S1内の圧力変化]

図8は、比較例における圧力制御の実験結果を示す図である。図8において、縦軸は、第1空間S1内の圧力を示し、横軸は、シャッタ62のストロークを示す。シャッタ62を下方に移動させることにより、第1円筒部61a'に形成された各貫通孔61h'がシャッタ62の第2円筒部62aによって覆われる割合が減少する。そのため、シャッタ62を下方に移動させることにより、比較例のバッフル構造60における合成コンダクタンスは増加する。これにより、シャッタ62を下方に移動させることにより、第1空間S1内の圧力が下がる。

20

【0063】

しかし、図8から明らかなように、各貫通孔61h'がシャッタ62によって覆われる割合が多い範囲(ストロークの値が小さい範囲)では、シャッタ62の移動に伴って第1空間S1内の圧力が急激に低下する。一方、各貫通孔61h'がシャッタ62によって覆われる割合が少ない範囲(ストロークの値が大きい範囲)では、シャッタ62が移動しても、第1空間S1内の圧力の低下量が少ない。そのため、シャッタ62のストロークの制御により、第1空間S1内の圧力を所望の圧力に設定することは難しい。即ち、比較例におけるプラズマ処理装置10では、シャッタ62により第1空間S1内の圧力を制御する際の圧力の制御性が低い。

【0064】

30

[貫通孔61hの配置の決定方法]

ここで、本実施例におけるバッフル板61の第1円筒部61aに形成される貫通孔61hの配置について説明する。シャッタ62の移動により第1空間S1内の圧力を制御する際の圧力の制御性を高めるには、シャッタ62の移動量に対して、第1空間S1内の圧力の変化が線形に変化することが望ましい。シャッタ62のストロークに対する第1空間S1内の圧力の理想的な変化を図示すると、例えば図9のようになる。図9は、目標となる圧力変化の一例を示す図である。図9の例では、1から50までのストロークにおいて、第1空間S1内の圧力が線形に変化している。

【0065】

ストロークに対する第1空間S1内の圧力が直線状に変化する場合、ストロークsを変数として、シャッタ62がストロークsの位置にある場合の第1空間S1内の圧力P(s)は、例えば下記のように表される。

40

【数1】

$$P(s) = \frac{P_{\min} - P_{\max}}{S_{\max} - 1} s + P_{\min} - \frac{P_{\min} - P_{\max}}{S_{\max} - 1} S_{\max} \quad \dots (1)$$

ここで、 $P_{\max}$ は、ストロークsの値が1となるシャッタ62の位置における第1空間S1内の圧力を示す。本実施例では、シャッタ62が最も上方に位置した場合であっても、第1円筒部61aの最上段の貫通孔61hは、第2円筒部62aによって覆われない。また、 $P_{\min}$ は、ストロークsの値が最大値 $S_{\max}$ となるシャッタ62の位置における第1

50

空間 S 1 内の圧力を示す。

【 0 0 6 6 】

上記 ( 1 ) 式に示した  $P ( s )$  を、変数  $s$  についての 1 次関数とみなし、以下に示すように、傾きを  $\alpha$ 、切片を  $\beta$  と置く。

【 数 2 】

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_{\min} - P_{\max}}{S_{\max} - 1} &= \alpha \\ P_{\min} - \frac{P_{\min} - P_{\max}}{S_{\max} - 1} S_{\max} &= \beta \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

10

これにより、前述の ( 1 ) 式で表される直線は、下記の ( 3 ) 式のように表わされる。

【 数 3 】

$$P(s) = \alpha s + \beta \quad \dots (3)$$

【 0 0 6 7 】

図 9 に示された直線の傾きを  $-\alpha$  と置くと、上記 ( 3 ) 式で表された直線が、図 9 に示された直線となるためには、以下の関係を満たすことになる。

【 数 4 】

$$\frac{d}{ds} P(s) = -\alpha \quad \dots (4)$$

20

【 0 0 6 8 】

ここで、第 1 空間 S 1 内の圧力が  $P ( s )$  のときのバッフル構造 6 0 の合成コンダクタンス  $C$  は、処理容器 1 2 内に供給されているガスの質量流量を  $Q$  とした場合、一般的に以下の公式で求められることが知られている。

【 数 5 】

$$C = \frac{Q}{P(s)} \quad \dots (5)$$

【 0 0 6 9 】

30

シャッタ 6 2 のストローク毎に、上記 ( 5 ) 式に示される合成コンダクタンス  $C$  をプロットすると、例えば図 1 0 のようになる。図 1 0 は、目標となるコンダクタンスの変化の一例を示す図である。図 1 0 から明らかなように、ストローク  $s$  の値が小さい範囲では、ストローク  $s$  に対する合成コンダクタンス  $C$  の変化量が小さく、ストローク  $s$  の値が大きい範囲では、ストローク  $s$  に対する合成コンダクタンス  $C$  の変化量大きい。シャッタ 6 2 のストローク  $s$  を制御することにより、バッフル構造 6 0 の合成コンダクタンスが図 1 0 のように変化すれば、第 1 空間 S 1 内の圧力を図 9 のように変化させることができる。

【 0 0 7 0 】

本実施例において、シャッタ 6 2 がストローク  $s$  の位置にある場合、値が 1 のストロークに対応する領域 6 1 r から、値が  $s$  のストロークに対応する領域 6 1 r までの間に配置されている貫通孔 6 1 h が、シャッタ 6 2 によって覆われていない状態となっている。シャッタ 6 2 のストローク  $s$  に対応する 1 つの領域 6 1 r に配置されている貫通孔 6 1 h の合成コンダクタンスを  $C ( s )$  と置くと、上記 ( 5 ) 式は、例えば以下のように表すことができる。

40

【 数 6 】

$$\int_2^s C(s) ds = C = \frac{Q}{P(s)} \quad \dots (6)$$

【 0 0 7 1 】

なお、本実施例では、シャッタ 6 2 のストローク  $s$  の値が 1 の場合に、シャッタ 6 2 が

50

最も上方に位置し、第1円筒部61aの最上段の貫通孔61hのみが、シャッタ62の第2円筒部62aによって覆われていない状態となる。そして、ストロークsの値が1の場合におけるバッフル構造60の合成コンダクタンスは、初期値として予め決められた圧力を達成するためのコンダクタンスとして設定される。そして、初期値として設定されたコンダクタンスを実現するように、第1円筒部61aの最上段の貫通孔61hの数や開口の大きさが決定される。

【0072】

上記(6)式に基づいて、ストロークs毎に、第1円筒部61aの各領域61rに配置されている貫通孔61hの合成コンダクタンス $C(s)$ をプロットすると、例えば図11のようになる。図11は、各ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの合成コンダクタンス $C(s)$ の一例を示す図である。図11から明らかなように、ストロークsの値が小さい範囲では、ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの合成コンダクタンス $C(s)$ の変化量が小さく、ストロークsの値が大きい範囲では、ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの合成コンダクタンス $C(s)$ の変化量が大きい。

10

【0073】

値が2以上の各ストロークsにおいて、各貫通孔61hのコンダクタンスを $C_h$ 、該ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの個数を $n(s)$ とすると、ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの合成コンダクタンス $C(s)$ は、以下のように表される。

20

【数7】

$$C(s) = C_h \times n(s) \quad \dots(7)$$

【0074】

ここで、本実施例における各貫通孔61hは、略円筒形状である。そのため、各貫通孔61hのコンダクタンス $C_h$ は、オリフィスのコンダクタンス $C_o$ と、円形導管のコンダクタンス $C_L$ の合成コンダクタンスとなる。

【0075】

ここで、各貫通孔61hのコンダクタンス $C_h$ と、ガスの質量流量Qとの比を $C_q (= C_h / Q)$ とおくと、ストロークs毎に、ストロークsに対する領域61r内の貫通孔61hの個数 $n(s)$ は、以下のように決定することができる。

30

【数8】

$$n(s) = \frac{\alpha C_q}{(C_q \beta - C_q \alpha s)^2} \quad \dots(8)$$

【0076】

なお、上記(8)式により算出された $n(s)$ の値が整数ではない場合、小数点以下の値の四捨五入、切り上げ、または切り捨て等により、 $n(s)$ の値は、整数の値に丸め込まれる。

【0077】

(8)式により算出された個数 $n(s)$ の貫通孔61hが、バッフル板61の第1円筒部61aに配置されることにより、シャッタ62のストロークの変化に対するバッフル構造60の合成コンダクタンスの変化は、例えば図10に示したように変化することになる。即ち、各ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hが(8)式により算出された個数 $n(s)$ となるように、貫通孔61hをバッフル板61の第1円筒部61aに配置することにより、複数の貫通孔61hは、シャッタ62が下方へ移動するほど、シャッタ62の移動量に対する、第2円筒部62aに覆われていない貫通孔61hの合成コンダクタンスの変化量が増加するように、バッフル板61の第1円筒部61aに配置されることになる。

40

【0078】

50

[ シミュレーション結果 ]

図12は、実施例1における貫通孔61hの配置の一例を示す図である。図12は、上記(8)式と、各パラメータについての下記の値とを用いて、各ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの個数 $n(s)$ を算出したものである。なお、処理容器12内に供給されるガスとしては、一例としてN2ガスを想定した。

質量流量 $Q = 0.845 \text{ Pa m}^3 / \text{s}$

貫通孔61hの開口の半径 $a = 1 \text{ mm}$

平均速度 $v = 470.4 \text{ m/s}$

第1円筒部61aの厚さ $L = 5 \text{ mm}$

ストロークの最大値 $S_{\max} = 25$

圧力の最大値 $P_{\max} = 66.67 \text{ Pa} (500 \text{ mT})$

圧力の最小値 $P_{\min} = 4 \text{ Pa} (30 \text{ mT})$

10

【0079】

各ストロークsに対応する領域61r内に、図12に示した個数 $n(s)$ の貫通孔61hが配置されたバッフル板61を用いて、第1空間S1内の圧力変化のシミュレーションを行った。図13は、実施例1における圧力制御のシミュレーション結果の一例を示す図である。図13において、縦軸は第1空間S1内の圧力を示し、横軸はシャッタ62のストロークsを示す。図13から明らかなように、シャッタ62のストロークsの変化量に対して、第1空間S1内の圧力が線形に変化している。これにより、本実施例のプラズマ処理装置10は、圧力の最大値 $P_{\max}$ から最小値 $P_{\min}$ までの圧力の制御範囲において、シャッタ62のストロークsを制御することにより、第1空間S1内の圧力を任意の圧力に精度よく設定することができる。従って、本実施例のプラズマ処理装置10は、シャッタ62の移動により第1空間S1内の圧力を制御する際の圧力の制御性を高めることができる。

20

【0080】

なお、本実施例では、バッフル板61の第1円筒部61aに形成される各貫通孔61hの開口面積が略同一である。そのため、ストロークsの値が大きいシャッタ62の位置に対応するバッフル板61の領域61rには、多数の貫通孔61hが配置される。バッフル板61に形成される貫通孔61hの個数が多いと、バッフル板61の製造コストが増加したり、各領域61rに形成される貫通孔61hの直径の合計の長さが第1円筒部61aの周方向の長さを超える場合がある。そのため、貫通孔61hの個数が多い領域61rでは、例えば図14に示すように、いくつかの貫通孔61hをまとめて1つの貫通孔61h2として第1円筒部61aに形成してもよい。ただし、この場合、貫通孔61h2のコンダクタンスの値は、該貫通孔61h2にまとめられる各貫通孔61hのコンダクタンスを合成した値と略等しいことが好ましい。図14は、バッフル板61の第1円筒部61aに形成された貫通孔61hの配置の他の例を示す図である。

30

【0081】

以上、実施例1について説明した。上記説明から明らかなように、本実施例のプラズマ処理装置10によれば、第1空間S1内の圧力の制御性を向上させることができる。

【実施例2】

40

【0082】

次に、実施例2について説明する。実施例2におけるプラズマ処理装置10では、ストロークsの値が大きくなるに従い、該ストロークsに対応する領域61r内の貫通孔61hの開口面積が大きくなるように、各貫通孔61hがバッフル板61の第1円筒部61aに形成される。なお、第1円筒部61a以外のプラズマ処理装置10の構成については、以下に説明する点を除き、図1から図4を用いて説明した実施例1におけるプラズマ処理装置10と同様であるため、詳細な説明は省略する。

【0083】

[ 貫通孔61hの配置 ]

図15は、実施例2におけるバッフル板61の第1円筒部61aに形成された貫通孔6

50

1 h の配置の一例を示す図である。本実施例におけるバッフル板 6 1 の第 1 円筒部 6 1 a には、例えば図 1 5 に示すように、シャッタ 6 2 のストローク  $s$  の値が大きくなるに従い、即ち、第 1 円筒部 6 1 a の下方ほど、各領域 6 1 r に配置されている貫通孔 6 1 h の開口面積が大きくなっている。本実施例において、各貫通孔 6 1 h の開口の形状は略円状であるため、本実施例では、第 1 円筒部 6 1 a の下方ほど、各領域 6 1 r に配置される貫通孔 6 1 h の半径  $a$  が長くなっている。例えば図 1 5 に例示した第 1 円筒部 6 1 a では、値が 1 0 のストローク  $s$  に対応する領域 6 1 r に配置されている貫通孔 6 1 h の直径  $d_2$  は、値が 1 のストローク  $s$  に対応する領域 6 1 r に配置されている貫通孔 6 1 h の直径  $d_1$  よりも長くなっている。

【 0 0 8 4 】

本実施例においても、複数の貫通孔 6 1 h は、シャッタ 6 2 が下方へ移動するほど、シャッタ 6 2 の移動量に対する、第 2 円筒部 6 2 a に覆われていない貫通孔 6 1 h の合成コンダクタンスの変化量が増加するように、バッフル板 6 1 の第 1 円筒部 6 1 a に配置されている。

【 0 0 8 5 】

ここで、各貫通孔 6 1 h の開口面積が同一である場合、ストロークの値が大きいシャッタ 6 2 の位置に対応する領域 6 1 r 内の貫通孔 6 1 h の個数は、ストロークの値が小さいシャッタ 6 2 の位置に対応する領域 6 1 r 内の貫通孔 6 1 h の個数よりも多くなる。バッフル板 6 1 の第 1 円筒部 6 1 a に形成される貫通孔 6 1 h の数が増えると、バッフル板 6 1 の製造コストが増加する。そこで、本実施例では、値が大きいストロークに対応する領域 6 1 r 内の貫通孔 6 1 h ほど、開口面積を増大させることにより、第 1 円筒部 6 1 a に形成される貫通孔 6 1 h の個数を削減している。これにより、圧力の制御性を高めることができると共に、プラズマ処理装置 1 0 のコストの増加を抑制することができる。

【 0 0 8 6 】

[ 評価結果 ]

図 1 6 は、実施例 2 における圧力制御の評価結果の一例を示す図である。図 1 6 に示した評価結果では、例えば図 1 7 に示すような半径  $a$  および個数  $n(s)$  となるように各ストロークに対応する領域 6 1 r に貫通孔 6 1 h が配置されたバッフル板 6 1 が用いられた。図 1 6 の実測値で示されるように、本実施例のプラズマ処理装置 1 0 では、シャッタ 6 2 のストロークの増加に従って、第 1 空間  $S_1$  内の圧力が直線的に変化している。従って、本実施例のプラズマ処理装置 1 0 においても、圧力の制御において高い制御性を実現することができる。なお、図 1 6 に示したデータにおいて、実測値とシミュレーションの値との間にずれが生じているが、これは、シミュレーションで設定された間隙  $GP$  の値と、実際の装置における間隙  $GP$  との値とが異なっているためである。

【 0 0 8 7 】

以上、実施例 2 について説明した。上記説明から明らかなように、本実施例のプラズマ処理装置 1 0 によれば、第 1 空間  $S_1$  内の圧力の制御性を向上させることができる。さらに、本実施例のプラズマ処理装置 1 0 によれば、プラズマ処理装置 1 0 のコストの増加を抑制することができる。

【 0 0 8 8 】

[ その他 ]

なお、開示の技術は、上記した実施例に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

【 0 0 8 9 】

例えば、上記した各実施例では、シャッタ 6 2 のストロークの変化に対する第 1 空間  $S_1$  内の圧力の変化を、1 本の直線状に変化するように制御したが、開示の技術はこれに限られない。例えば図 1 8 に示すように、1 から最大値までのストロークの範囲を複数の小範囲  $s_1 \sim s_3$  に分割し、小範囲毎に異なる傾きの直線状に第 1 空間  $S_1$  内の圧力が変化するように、バッフル板 6 1 の各領域 6 1 r に貫通孔 6 1 h を配置してもよい。この場合、小領域毎に、目標となる第 1 空間  $S_1$  内の圧力変化の傾きと、前述の ( 8 ) 式とを用

10

20

30

40

50



いて、小領域内の各ストローク  $s$  に対応する領域  $61r$  に含まれる貫通孔  $61h$  の個数  $n(s)$  が決定される。なお、図 18 の例では、1 から最大値までのストロークの範囲が 3 つの小範囲  $s_1 \sim s_3$  に分割されているが、分割数は、3 つに限られず、2 つでもよく、4 つ以上であってもよい。

【0090】

また、バッフル板  $61$  の第 1 円筒部  $61a$  には、例えば図 19 に示すように、値が 1 のストロークに対応する領域  $61r$  と、値が  $s_1$  のストロークに対応する領域  $61r$  とにのみ貫通孔  $61h$  が配置されてもよい。この場合、シャッタ  $62$  が下方に移動し、ストロークが  $s_1$  に達すると、バッフル構造  $60$  のコンダクタンスが急激に増加する。これにより、例えば図 20 に示すように、第 1 空間  $S_1$  内の圧力を、ストロークの値が  $s_1$  となるシャッタ  $62$  の位置を境に、急激に変化させることができる。

10

【0091】

また、図 19 に示した第 1 円筒部  $61a$  を用いて、例えば、シャッタ  $62$  のストロークを 1 から  $s_{max}$  の範囲内で、一定のスピードで往復移動させることにより、例えば図 21 に示すように、第 1 空間  $S_1$  内の圧力をパルス状に交互に変化させることができる。図 21 に示したパルス状の圧力変化において、1 周期の期間  $T_0$  に対する高圧の期間  $T_1$  の割合をデューティ比と定義すると、該デューティ比は、図 19 に示した距離  $L_0$  に対する距離  $L_1$  の割合に相当する。図 19 に示した距離  $L_0$  は、値が 1 のストローク  $s$  に対応する領域  $61r$  の下端から、値が  $s_{max}$  のストローク  $s$  に対応する領域  $61r$  の下端までの距離である。また、図 19 に示した距離  $L_1$  は、値が 1 のストローク  $s$  に対応する領域  $61r$  の下端から、値が  $s_1$  のストローク  $s$  に対応する領域  $61r$  の下端までの距離である。

20

【0092】

また、所定のタイミングでシャッタ  $62$  のストローク  $s$  を  $s_1 - 1$  から  $s_1$  に変化させ、所定のタイミングでシャッタ  $62$  のストローク  $s$  を  $s_1$  から  $s_1 - 1$  に変化させるように、駆動装置  $70$  を制御することでも、任意のデューティ比の圧力のパルス制御を実現することができる。

【0093】

また、各領域  $61r$  の軸線  $Z$  の方向における幅は、該領域  $61r$  内に配置される貫通孔  $61h$  の直径と略同一である。そのため、実施例 2 において、半径が大きな貫通孔  $61h$  を含む領域  $61r$  の数が多くなりすぎると、シャッタ  $62$  の移動範囲が長くなり、プラズマ処理装置  $10$  の小型化が難しくなる。そこで、全ての領域  $61r$  の軸線  $Z$  の方向における幅を合計した長さが所定長を超えている場合、貫通孔  $61h$  の個数  $n(s)$  が少ない領域  $61r$  から順に、全ての領域  $61r$  の軸線  $Z$  の方向における幅を合計した長さが所定長未満となるまで、小さな半径の貫通孔  $61h$  に置き換えることが好ましい。これにより、プラズマ処理装置  $10$  の小型化が可能な範囲で、プラズマ処理装置  $10$  のコストの増加を抑制することができる。

30

【符号の説明】

【0094】

W ウエハ

10 プラズマ処理装置

40

12 処理容器

14 載置台

20 静電チャック

30 上部電極

34 電極板

36 電極支持体

48 排気管

50 排気装置

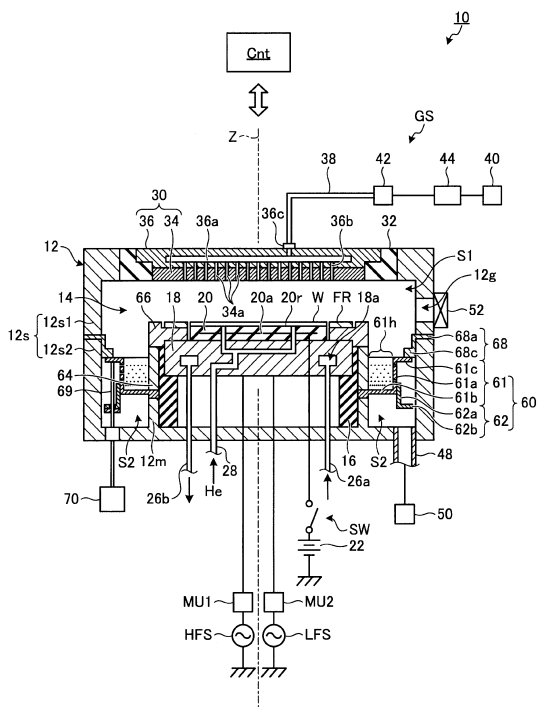
60 バッフル構造

61 バッフル板

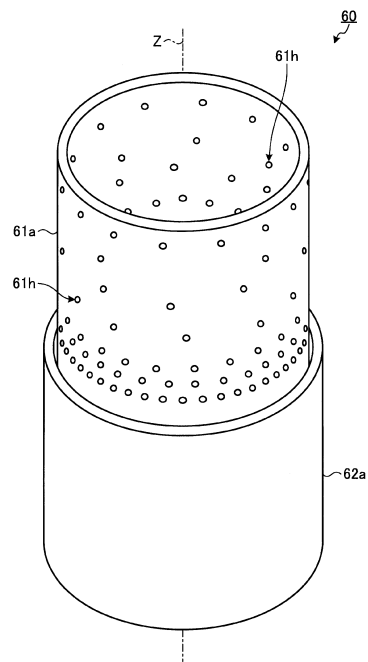
50

- 6 1 h 貫通孔
- 6 2 シャッタ
- 7 0 駆動装置

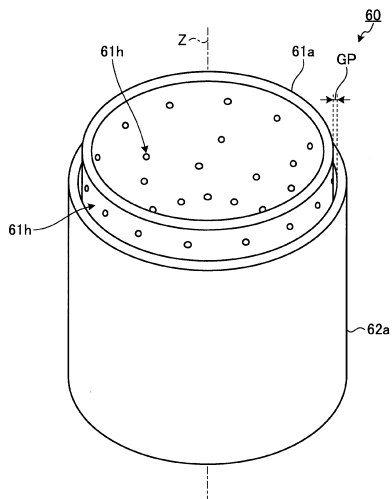
【図1】



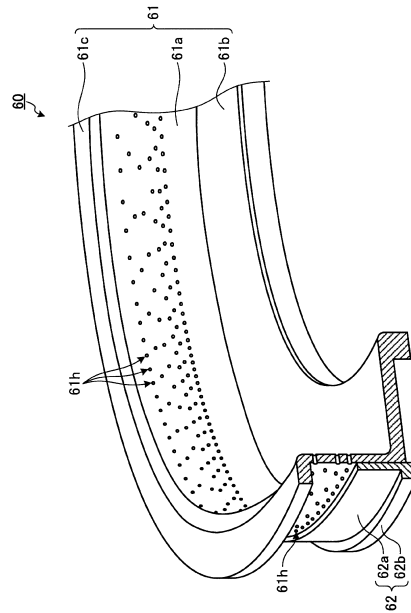
【図2】



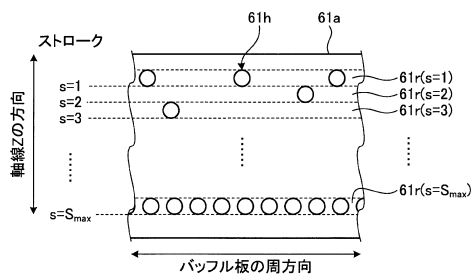
【図3】



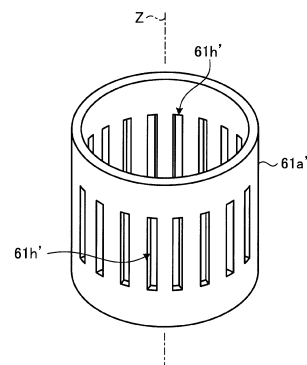
【図4】



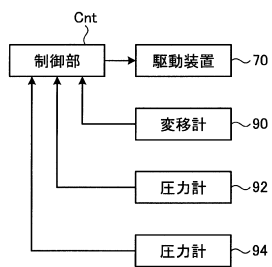
【図5】



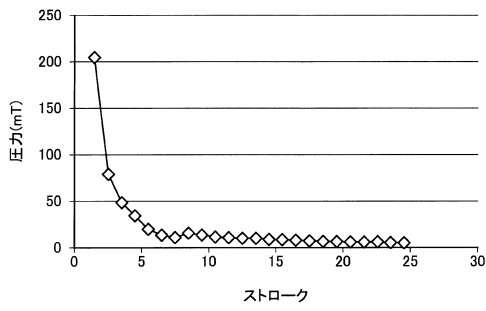
【図7】



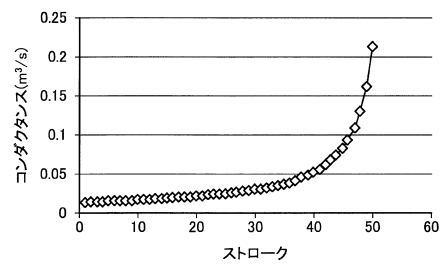
【図6】



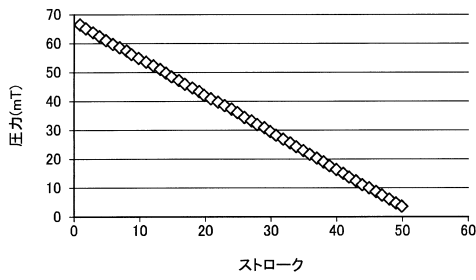
【図 8】



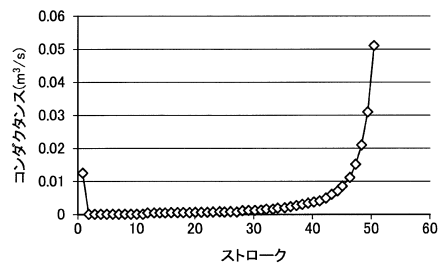
【図 10】



【図 9】



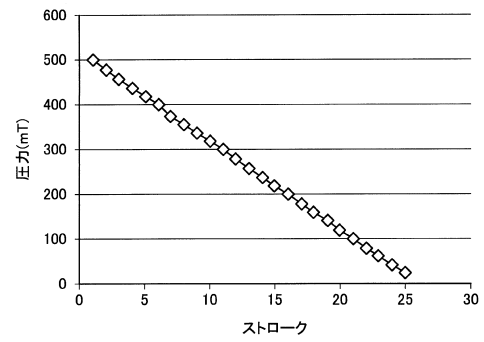
【図 11】



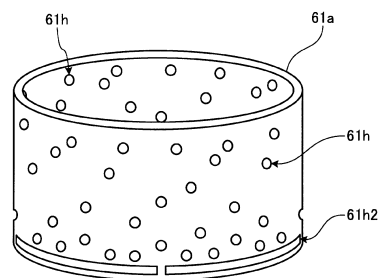
【図 12】

ストローク s	n(s)
1	99
2	4
3	5
4	5
5	5
6	6
7	7
8	7
9	8
10	9
11	10
12	12
13	14
14	16
15	19
16	23
17	28
18	35
19	44
20	59
21	82
22	123
23	202
24	393
25	1073

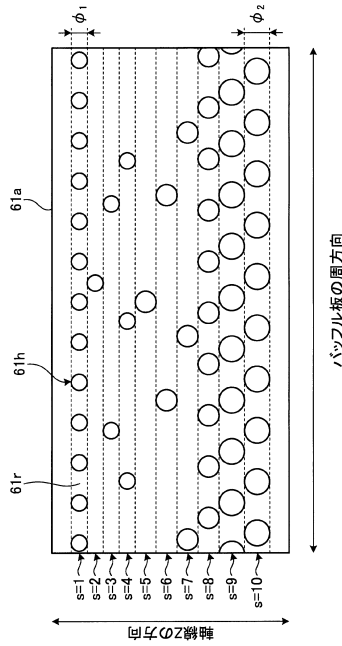
【図 13】



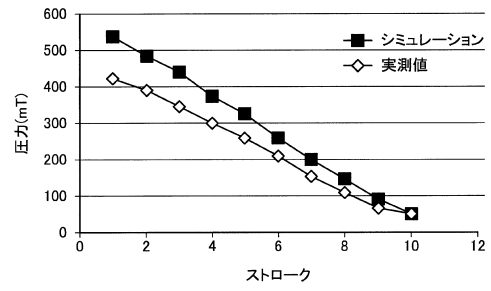
【図 14】



【図15】



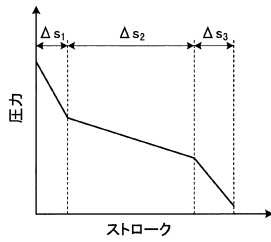
【図16】



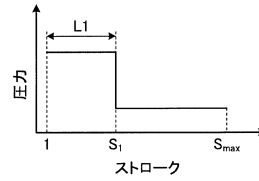
【図17】

ストローク s	a(mm)	n(s)
1	0.8	9
2	0.8	1
3	0.8	1
4	0.8	2
5	1	1
6	1	2
7	1	3
8	1	5
9	1.2	8
10	1.2	10
計	9.6	42

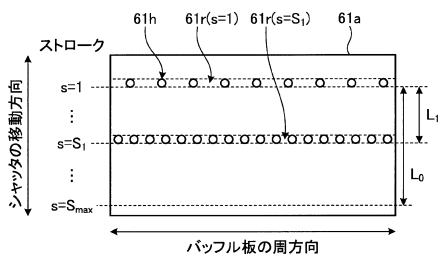
【図18】



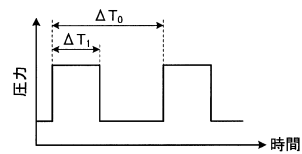
【図20】



【図19】



【図21】



---

フロントページの続き

(72)発明者 宇田 真代

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 鈴木 聡一郎

(56)参考文献 特開2014-130803(JP,A)  
特開2003-243379(JP,A)  
特開平10-321605(JP,A)  
実開昭62-045830(JP,U)  
特開2004-327767(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0042009(US,A1)  
米国特許出願公開第2015/0187545(US,A1)

(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 21/312 - 21/32  
H01L 21/365  
H01L 21/461  
H01L 21/469 - 21/475  
H01L 21/86  
H05H 1/00 - 1/54