

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-49376  
(P2012-49376A)

(43) 公開日 平成24年3月8日(2012.3.8)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)  
H05H 1/46 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 101D  
H05H 1/46 C

テーマコード(参考)

5 F O O 4

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2010-190969 (P2010-190969)  
平成22年8月27日 (2010.8.27)(71) 出願人 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 110000062  
特許業務法人第一国際特許事務所  
(72) 発明者 池田 紀彦  
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 安井 尚輝  
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 高妻 豊  
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

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

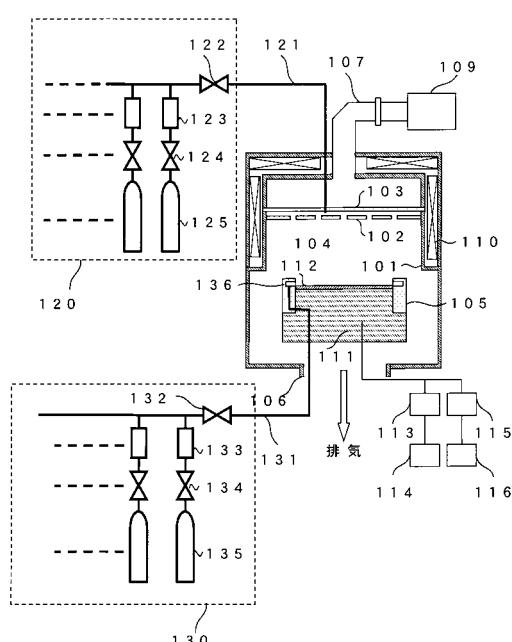
## (57) 【要約】

【課題】従来のプラズマ処理では、プラズマ条件の変化に応じて処理室内部のガス流れ分布、反応生成物分布を制御することができない、制御できるガス流れ分布、反応生成物流れ分布の範囲が狭い、ステップエッチングにおいて、各ステップ間で高精度にガス流れ分布、反応生成物流れ分布を変化できないという課題がある。

【解決手段】第一のエッチングガス供給手段と第二のエッチングガス供給手段を設け、それぞれのエッチングガス供給手段を調整し、前記第二のエッチングガス供給手段をウェハ周辺に設置し、処理室内のエッチングガス流れ、反応生成物流れを制御する。

【選択図】図5

図 5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

真空排気装置が接続され内部を減圧可能な処理室と、該処理室内へガスを供給する装置と、前記処理室内部にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、被処理材であるウエハを温度調節された電極上に静電気力により吸着して固定する手段から成るプラズマ処理装置において、

前記処理室にエッチングガスを供給する第一のエッチングガス供給手段と、該第一のエッチングガス供給手段とは別に設けられた第二のエッチングガス供給手段を設け、前記処理室のエッチングガス流れ分布、反応生成物流れ分布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 2】

真空排気装置が接続され内部を減圧可能な処理室と、該処理室内へガスを供給する装置と、前記処理室内部にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、被処理材を温度調節された電極上に静電気力により吸着して固定する手段から成るプラズマ処理装置において、

1種類以上のエッチングガスを供給するための1種類以上のガスボンベと、前記1種類以上のエッチングガスを導入するための前記1種類以上のガスボンベに対応したガス配管とガスバルブと、前記1種類以上のエッチングガスの供給量を制御するための前記1種類以上のエッチングガスに対応した1種類以上のガス流量制御器と、前記1種類以上の供給量を制御されたエッチングガスを混合し処理室に導入するためのガス配管とガスバルブからなる第一のエッチングガス供給手段が設けられ、

20

該第一のエッチングガス供給手段とは別に、1種類以上のエッチングガスを供給するための1種類以上のガスボンベと、前記1種類以上のエッチングガスを導入するための前記1種類以上のガスボンベに対応したガス配管とガスバルブと、前記1種類以上のエッチングガスの供給量を制御するための前記1種類以上のエッチングガスに対応した1種類以上のガス流量制御器と、前記1種類以上の供給量を制御されたエッチングガスを混合し処理室に導入するためのガス配管とガスバルブからなる第二のエッチングガス供給手段が設けられ、

前記処理室のエッチングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

30

## 【請求項 3】

真空排気装置が接続され内部を減圧可能な処理室と、該処理室内へガスを供給する装置と、前記処理室内部にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、被処理材を温度調節された電極上に静電気力により吸着して固定する手段から成るプラズマ処理装置において、

前記処理室内にガスを供給する装置がエッチングガスを供給する第一のエッチングガス供給手段と、該第一のエッチングガス供給手段とは別に設けられた第二のエッチングガス供給手段から構成され、該第二のエッチングガス供給手段を前記被処理材の載置用電極の周辺に設けられたサセプタに接続し、エッチングガスを前記被処理材の周辺からも導入できるようにし、

前記処理室のエッチングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

40

## 【請求項 4】

請求項1から3の何れか1項に記載のプラズマ処理装置において、

前記第二のエッチングガス供給手段から導入されたエッチングガスを被処理材に対して概略平行方向でかつ被処理材の外周から概略中心方向に導入す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から3の何れか1項に記載のプラズマ処理装置において、

前記第一のエッチングガス供給手段を前記処理室上面に設け、前記第一のエッチングガス供給手段から導入されたエッチングガスが被処理材に対向する前記処理室上面から供給されることを特徴とするプラズマ処理装置。

50

**【請求項 6】**

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のプラズマ処理装置において、

前記第一のエッティングガス供給手段と前記第二のエッティングガス供給手段においてそれぞれエッティングガス供給手段に接続されるエッティングガスボンベを前記第一のエッティングガス供給手段と前記第二のエッティング供給手段において共通のものとしたことを特徴とするプラズマ処理装置。

**【請求項 7】**

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室、前記第一のエッティングガス供給手段と前記第二のエッティングガス供給手段、前記プラズマ発生手段、被処理材載置用電極、および真空排気手段を前記処理室の中心軸に対して同軸上に配置したことを特徴とするプラズマ処理装置。

10

**【請求項 8】**

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のプラズマ処理装置において、

あらかじめ決められた順序に従い、前記被処理材にプラズマ処理の各段階を順次進める場合に、各段階で前記第一のエッティングガス供給手段と前記第二のエッティングガス供給手段を調整し、

前記処理室内のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を各段階で制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

**【請求項 9】**

請求項 3 記載のプラズマ処理装置において、

前記第二のエッティングガス供給手段から導入されたエッティングガスを前記サセプタの内径部から導入できるように該内径部の全周に 1 個以上複数の概略スリット状の開口、あるいはホール状の開口を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

20

**【請求項 10】**

請求項 3 記載のプラズマ処理装置において、

前記第二のエッティングガス供給手段から導入されたエッティングガスを前記サセプタの内径部から導入できるように前記内径部に設けた開口部の位置が、径方向において被処理材の最外周の位置よりも大きく、さらに被処理材の最外周の位置から径方向に 1 mm から 30 mm 以内の位置とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

30

**【請求項 11】**

請求項 3 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタ内部にガスだまりを設け、前期第二のエッティングガス供給手段を前記ガスだまりに接続することを特徴とするプラズマ処理装置。

**【請求項 12】**

請求項 3 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタが複数の部材からなることを特徴とするプラズマ処理装置。

**【請求項 13】**

請求項 3 記載のプラズマ処理装置において、

前記サセプタが複数の部材を貼合わせた構造であることを特徴とするプラズマ処理装置。

40

**【請求項 14】**

真空排気装置が接続され内部を減圧可能な処理室と、該処理室内へガスを供給する装置と、前記該処理室内部にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、被処理材を温度調節された電極上に静電気力により吸着して固定する手段から成るプラズマ処理装置において、

前記処理室にエッティングガスを供給する第一のエッティングガス供給手段と、該第一のエッティングガス供給手段とは別に設けられた 1 個以上の複数のエッティングガス供給手段とを設け、前記処理室内のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

**【請求項 15】**

50

真空排気装置により処理室内部を減圧し、該処理室内へガスを供給し、前記処理室内部にプラズマを発生させ、被処理材を温度調節された電極上に静電気力により吸着して前記被処理材をプラズマ処理する方法において、

前記処理室にエッティングガスを供給する第一のエッティングガス供給手段と、該第一のエッティングガス供給手段とは別に設けられた第二のエッティングガス供給手段を用い、前記第一のエッティングガス供給手段と、前記第二のエッティングガス供給手段とのそれぞれのエッティングガス種、エッティングガス流量、エッティングガスの流量比を調整し、

前記処理室のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 1 6】

真空排気装置により処理室内部を減圧し、該処理室内へガスを供給し、前記処理室内部にプラズマを発生させ、被処理材を温度調節された電極上に静電気力により吸着して前記被処理材をプラズマ処理する方法において、

前記処理室にエッティングガスを供給する第一のエッティングガス供給手段と、該第一のエッティングガス供給手段とは別に設けられた第二のエッティングガス供給手段を用い、該第二のエッティングガス供給手段から導入されるエッティングガスとして被処理材のエッティングを促進または抑制させるガス、および不活性ガスを導入し、

前記処理室のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載のプラズマ処理方法において、

あらかじめ決められた順序に従い、前記被処理材のプラズマ処理の各段階を順次進める場合に、前記第一のエッティングガス供給手段と前記第二のエッティングガス供給手段を各段階で調整することにより、前記処理室のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を各段階で制御することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 1 8】

真空排気装置が接続され内部を減圧可能な処理室と、該処理室内へガスを供給する装置と、前記処理室内部にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、被処理材を温度調節された電極上に静電気力により吸着して固定する手段から成るプラズマ処理装置において、

前記処理室のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れを制御することで、被処理材のエッティングレート分布やエッティング形状分布を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法であり、特に半導体素子基板等の被処理材を、プラズマを用いてエッティング処理を施すのに好適なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

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ティングが行われている。ドライエッティングを行うためのプラズマ処理装置は様々な方式が使用されている。

【0 0 0 3】

一般に、プラズマ処理装置は、真空処理室、これに接続されたガス供給装置、真空処理室の圧力を所望の値に維持する真空排気系、被処理材であるウエハを載置する電極、真空処理室内にプラズマを発生させるためのプラズマ発生手段などから構成されている。プラズマ発生手段によりシャワープレート等から真空処理室内に供給された処理ガスをプラズマ状態とすることで、ウエハ載置用電極に保持されたウエハのエッティング処理が行われる。

【0 0 0 4】

10

20

30

40

50

近年、半導体デバイスの集積度の向上に伴い、微細加工つまり加工精度の向上が要求されるとともに、エッチングレートの面内均一性あるいはエッチング形状における C D 値 (Critical Dimension) の面内の均一性等の向上が要求されている。また被エッチング材料も単層膜から多層膜に変化し、各層膜あるいは膜の処理中にエッチング条件を変化させる多段ステップのエッチングが多用されるようになった。これは、エッチングレートやエッチング形状の面内均一性に影響を与える要因が各層膜を構成する材料特性で異なることに起因する。被エッチング材料の面内エッチングレートの均一性は、以下の影響を受けやすい。プラズマ密度分布、ラジカル分布、ガス流れ分布、被エッチング材料のエッチング処理中の面内温度分布、エッチング反応による反応生成物分布、処理室側壁の温度設定等。これらの分布の影響は各層膜の材料特性に依存し、プラズマエッチングの場合は、エッチング処理の条件（例えば、プラズマの励起電力、使用ガスの種類、使用ガスの混合比、ガス圧力、バイアスRF電力、電極あるいはリアクタ壁等の温度設定等）を各膜層の材料によって最適化する必要がある。よって多層膜のエッチングの完了時点でエッチングレートやエッチング形状（例えば C D ）の高精度の面内均一性を得ることは難しくなっている。さらに最近の半導体加工においては微細化に伴いエッチング特性の均一性はナノメートルまたはサブナノメートルのオーダーで要求されている。このため処理室内部のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を各加工ステップにおいて最適となるように制御する必要がある。

#### 【 0 0 0 5 】

従来のプラズマ処理装置におけるエッチングガス供給手段としては、非特許文献 1 記載のように、ウエハの中心部の上方に設けられた処理室上面からのエッチングガス供給手段からのみエッチングガスを供給するものが一般的である。さらに、特許文献 1 には、プラズマ中のイオンやラジカルの面内均一性の改善を目的とした技術として、処理室上面の複数箇所からエッチングガスを導入する技術などが知られている（特開昭 62-290885 号公報）。

#### 【 先行技術文献 】

#### 【 特許文献 】

#### 【 0 0 0 6 】

#### 【 特許文献 1 】特開昭 62-290885 号公報

#### 【 非特許文献 】

#### 【 0 0 0 7 】

#### 【 非特許文献 1 】はじめての半導体製造装置（前田著、工業調査会、1999）

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 0 8 】

従来のプラズマ処理装置におけるエッチングガス供給手段では、処理室内部のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御するために、処理室上面からのエッチングガス供給手段を用いるもの、処理室上面の複数箇所からエッチングガスを導入するものなどが知られている。

#### 【 0 0 0 9 】

しかし処理室上面からエッチングガスを供給しても、処理室内部のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御できる範囲は極めて小さい。なぜなら処理室上面からのエッチングガス供給手段からのみエッチングガスを供給する場合、エッチングガスの濃度、また反応生成物濃度は、ウエハの中心部で高く、外周部で低くなることが多く、その濃度分布を変化させたり、また分布を反転させたりするようなガス流れ、反応生成物流れを形成することは難しい。さらにウエハ上に堆積させた各膜の種類によって処理ガス種、処理ガス圧力、プラズマ分布は大きく変化し、それに伴い各膜層に最適なガス流れ分布、反応生成物流れ分布も大きく変化するため、これらの制御範囲を広くしておく必要がある。処理室上面の複数箇所からエッチングガスを導入する装置でも、ウエハと処理室上面が離れているため、ウエハ近傍のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することは難しく、その制御範囲が極めて狭いという問題がある。

10

20

30

40

50

## 【0010】

さらに、ウエハ上に複数の材料を堆積させた積層膜をエッティング処理する場合には、各膜の材料に最適な条件（処理ガス種、処理ガス圧力、プラズマ分布、ウエハ処理温度など）で順次エッティング処理を行う必要がある。所望のエッティング処理を施すとき、あらかじめ決められた順序に従い、エッティング処理の各段階（以下ステップと呼ぶ）を順次、進めていくエッティング処理（以下ステップエッティングと呼ぶ）において、各膜の材料によって最適なエッティング処理条件は異なり、プラズマ処理中の各膜に最適なガス流れ分布、反応生成物流れ分布も大きく変化する。従来のように処理室上面からエッティングガスを供給する場合、処理室内部のガス流れ、反応生成物流れを制御できる範囲は極めて小さい。また処理室上面の複数箇所からエッティングガスを導入する装置でも、ウエハと処理室上面が離れているため、ウエハ近傍のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することは難しく、その制御範囲は極めて狭い。各ステップ間で各堆積膜に最適となるように、高精度にエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を変化させることができない。

10

## 【0011】

一方、ウエハ径が300mmと大きくなるとともに、ウエハ面内のプラズマ分布や反応生成物分布などが不均一になりやすくなっている。この対応として、ガス流れ分布や反応生成物流れ分布を面内で均一にするのではなく、エッティング特性が均一になるように面内でガス流れ分布や反応生成物流れを制御する方法も必要とされている。すなわち、ウエハ近傍での高精度なガス流れ制御、反応生成物流れ制御も必要となってきている。

20

## 【0012】

そこで本発明では、処理ガス種、処理圧力、プラズマ分布、ウエハ温度分布などの変化に応じてガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することができ、さらに制御できるガス流れ分布の範囲、反応生成物流れ分布の範囲を広くすることができるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を供給することを目的とする。

## 【0013】

さらに、ウエハ上の積層膜をプラズマ処理する際、あらかじめ決められた順序に従い、プラズマ処理の各ステップを順次、進めていくステップ処理において、各ステップ間で高精度にガス流れ分布、反応生成物流れ分布を変化させることを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

30

本発明では、処理ガス種、処理圧力、プラズマ分布、ウエハ温度分布などの変化に応じて処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れを制御し、さらに制御できるガス流れ分布の範囲、反応生成物流れ分布の範囲を広くするため、第一のエッティングガス供給手段と第二のエッティングガス供給手段を設け、それぞれの供給手段から導入されるエッティングガスを調整することで、処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を高精度に制御することができる。

## 【0015】

40

また第一のエッティングガス供給手段は、1種類以上のエッティングガスを供給するための1種類以上のガスボンベと、前記1種類以上のエッティングガスを導入するための前記1種類以上のガスボンベに対応したガス配管とガスバルブと、前記1種類以上のエッティングガスの供給量を制御するための前記1種類以上のエッティングガスに対応した1種類以上のガス流量制御器と、前記1種類以上の供給量を制御されたエッティングガスを混合し処理室に導入するためのガス配管とから構成され、かつ前記第一のエッティングガス供給手段とは別に、第二のエッティングガス供給手段は、1種類以上のエッティングガスを供給するための1種類以上のガスボンベと、前記1種類以上のエッティングガスを導入するための前記1種類以上のガスボンベに対応したガス配管とガスバルブと、前記1種類以上のエッティングガスの供給量を制御するための前記1種類以上のエッティングガスに対応した1種類以上のガス流量制御器と、前記1種類以上の供給量を制御されたエッティングガスを混合し処理室に導入するためのガス配管とから構成される。

## 【発明の効果】

50

## 【0016】

以上の構成により、それぞれのエッティングガス供給手段から導入されるエッティングガスの、それぞれのガス種、ガス流量、ガス混合比を制御できる。また第二のエッティングガス供給手段は、前記被処理材の載置用電極の周辺に設けられたサセプタに接続し、エッティングガスを前記被処理材の周辺からも導入できるようにしてよく、より高精度に、より広い制御範囲で、処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することができる。

## 【0017】

さらに、以上の手段により、ウエハ上の積層膜をエッティング処理する際、あらかじめ決められた順序に従い、エッティング処理の各ステップを順次、進めていくステップエッティングにおいても、各ステップ間で高精度に処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を変化させることが可能となる。

10

## 【0018】

本発明のプラズマ処理装置および処理方法では、処理ガス種、処理圧力、プラズマ分布、ウエハ温度分布などの変化に応じて処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れを制御し、さらに制御できるガス流れ分布の範囲、反応生成物流れ分布の範囲を広くできるという効果がある。本発明では、第一のエッティングガス供給手段と第二のエッティングガス供給手段を設け、それぞれの供給手段から導入されるエッティングガスを調整することができ、処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御することができるという効果がある。

## 【0019】

また第一のエッティングガス供給手段は、1種類以上のエッティングガスを供給するための1種類以上のガスボンベと、前記1種類以上のエッティングガスを導入するための前記1種類以上のガスボンベに対応したガス配管とガスバルブと、前記1種類以上のエッティングガスの供給量を制御するための前記1種類以上のエッティングガスに対応した1種類以上のガス流量制御器と、前記1種類以上の供給量を制御されたエッティングガスを混合し処理室に導入するためのガス配管とから構成され、かつ前記第一のエッティングガス供給手段とは別に、第二のエッティングガス供給手段は、1種類以上のエッティングガスを供給するための1種類以上のガスボンベと、前記1種類以上のエッティングガスを導入するための前記1種類以上のガスボンベに対応したガス配管とガスバルブと、前記1種類以上のエッティングガスの供給量を制御するための前記1種類以上のエッティングガスに対応した1種類以上のガス流量制御器と、前記1種類以上の供給量を制御されたエッティングガスを混合し処理室に導入するためのガス配管とから構成される。これによりそれぞれのエッティングガス供給手段から導入されるエッティングガスの、それぞれのガス種、ガス流量、ガス混合比を制御できるという効果がある。また第二のエッティングガス供給手段は、前記被処理材の載置用電極の周辺に設けられたサセプタに接続し、エッティングガスを前記被処理材の周辺からも導入できるようにしてよく、より高精度に、より広い制御範囲で、処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御できるという効果がある。

20

## 【0020】

上記の本発明においては、ウエハ上の積層膜をエッティング処理する際、あらかじめ決められた順序に従い、エッティング処理の各ステップを順次、進めていくステップエッティングにおいても、各ステップ間で高精度に処理室内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布を変化させることが可能となるという効果がある。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0021】

【図1】本発明の一実施例であるマイクロ波E C Rエッティング装置の縦断面図。

40

【図2】本発明の一実施例であるマイクロ波E C Rエッティング装置の縦断面図。

【図3】実施例におけるエッティングレート分布。

【図4】本発明のプラズマ処理方法の一例を説明するシーケンス図。

【図5】本発明の一実施例であるマイクロ波E C Rエッティング装置の縦断面図。

【図6】(A) (B) 本発明の一実施例に適用されるガス導入口の配置図。

【図7】(A) (B) 本発明の一実施例に適用されるガス導入口部の斜視図。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0022】

## (実施例1)

以下、本発明の一実施例であるマイクロ波E C R (Electron Cyclotron Resonance)エッティング装置を図1により説明する。上部が開放された真空容器101の上部に、真空容器101内にエッティングガスを封入するための誘電体窓103(例えば石英製)を設置することにより処理室104を形成する。また、真空容器101には真空排気口106を介し真空排気装置(図示省略)が接続されている。

## 【0023】

10 プラズマを生成するための電力を処理室104に伝送するため、誘電体窓103の上方には電磁波を放射する導波管107(またはアンテナ)が設けられる。導波管107(またはアンテナ)へ伝送される電磁波は電磁波発生用電源109から発振させる。電磁波の周波数は特に限定されないが、本実施例では2.45GHzのマイクロ波を使用する。処理室104の外周部には、磁場を形成する磁場発生コイル110が設けてあり、電磁波発生用電源109より発振された電力は、形成された磁場との相互作用により、処理室104内に高密度プラズマを生成する。

## 【0024】

また、誘電体窓103に対向して真空容器101の下部にはウエハ載置用電極111が設けられる。ウエハ載置用電極111は電極表面が溶射膜(図示省略)で被覆されており、高周波フィルター115を介して直流電源116が接続されている。さらに、ウエハ載置用電源111には、マッチング回路113を介して高周波電源114が接続される。

## 【0025】

処理室104内に搬送されたウエハ112は、直流電源116から印加される直流電圧の静電気力でウエハ載置用電極111上に吸着され、処理室104内に所望のエッティングガスを供給した後、真空容器101内を所定の圧力とし、処理室104内にプラズマを発生させる。ウエハ載置用電極111に接続された高周波電源114から高周波電力を印加することにより、プラズマからウエハヘイオンを引き込み、ウエハ112がエッティング処理される。

## 【0026】

次に、本実施例におけるエッティングガス供給手段120, 130を図1により説明する。本実施例のプラズマ処理装置に用いられる第一のエッティングガス供給手段120には、処理室104にエッティングガスを導入するためのシャワープレート102(例えば石英製)と、第一のエッティングガスを供給する配管121、第一のエッティングガスを供給するバルブ122、第一のエッティングガスにおいてそれぞれのガスの供給量を制御するガス流量制御器123、第一のエッティングガスにおいてそれぞれのガスを供給するバルブ124、各ガスボンベ125が接続される。エッティングガスを導入するためのシャワープレート102は、真空容器101の上部に設けられることが多く、本実施例では、誘電体窓103の直下に設置してある。各ガスボンベ125は、1種類以上で複数のガスボンベで構成され、被処理材料(以下、実施例の説明においては、「ウエハ」として統一する)に最適な混合ガスが配管121により処理室104内に供給される。

## 【0027】

また第二のエッティングガス供給手段130には、真空容器101下部のウエハ載置用電極111の周辺から処理室104にエッティングガスを導入するためのガス導入部136と、第二のエッティングガスを供給する配管131、第二のエッティングガスを供給するバルブ132、第二のエッティングガスにおいてそれぞれのガスの供給量を制御するガス流量制御器133、第二のエッティングガスにおいてそれぞれのガスを供給するバルブ134、各ガスボンベ135が接続される。本実施例では、ウエハ載置用電極111の周りに設置されたサセプタ105(例えば石英製)内にエッティングガスを導入するためのガス導入部136を設け、第二のエッティングガスを供給する配管が接続される。第二のエッティングガスは3系統のガスの混合ガスから構成され、1系統目はエッティングを促進させるガス(例えば

10

20

30

40

50

50

、塩素ガス)、2系統目はエッティングを抑制させるガス(例えば、四フッ化炭素ガス)、3系統目はエッティングに影響を及ぼさない不活性ガス(例えば、アルゴンガス)としている。第一のエッティングガス供給手段120から導入されたエッティングガスは、シャワープレート102付近では、シャワープレートからウエハ112への方向のガス流線を持っているが、ウエハ112近傍ではウエハ112の中心からウエハ112の外周方向のガス流線を持つ。ウエハ112のエッティング反応は、ウエハ112近傍のエッティングガス雰囲気によってエッティング速度やエッティング形状が決定される。

#### 【0028】

第一のエッティングガスのウエハ112近傍でのガス流線に影響を与えられるように、第二のエッティングガスは、第二のエッティングガスを導入するためのガス導入部136からウエハ112の中心方向へ向かう流線を持つようにする。つまり第二のエッティングガスを導入するためのガス導入部136は、図6(A)に示すように、第二のエッティングガスをウエハに対して概略平行方向にウエハ外周から概略中心方向へ吹き出すような形状が望ましい。よって本実施例では、サセプタ105の内径部の全周にスリット状の開口を設けている。また、図6(B)に示すように、スリット状の開口部から導入されるガスを中心方向から傾けて放射させる構成とすることで、開口部の内側近傍におけるガス溜まりを防止するよう構成してもよい。

10

#### 【0029】

本実施例では図1に示すように、サセプタ105内にガス導入部136を設けているが、サセプタ105とガス導入部136を独立させウエハ載置用電極111の周辺に設けても同様の効果が得られる。また第一のエッティングガス供給手段120と第二のエッティングガス供給手段130において、それぞれガスボンベ125, 135を独立に設けてあるが、各ガスボンベからの配管を分岐し、第一のエッティングガスを供給する手段120と第二のエッティングガスを供給する手段130に接続してもよい。さらに第二のエッティングガスを供給する配管は3系統に限られず、複数のガス配管を接続してもよい。

20

#### 【0030】

ガス導入部136の一例は、その斜視図を図7(A)に示すが、ウエハにおけるエッチャングレートやエッティング形状の均一性を著しく低下させない限り、スリット状の開口を全周に設ける必要はなく、1個以上複数のスリット状の開口部や1個以上複数のホール状開口部を設けてもよい。

30

#### 【0031】

さらに図2に示すように、第二のエッティングガス供給手段130を接続しているサセプタ内にコンダクタンスを与えるためのガスだまり201を設けてもよく、この場合サセプタの開口部において第二のエッティングガス供給手段130から導入されたエッティングガスが全周方向に均一に噴出すという効果がある。その一例は、その斜視図を図7(B)に示す。また第二のエッティングガス供給手段130はサセプタ105に1箇所から接続する必要はなく、1個以上複数の接続箇所を設けてもよい。この場合もサセプタの開口部から導入されるエッティングガスの均一性が向上し、処理室104内部のガス流れ分布、反応生成物流れ分布の周方向均一性が向上するという効果が得られる。

30

#### 【0032】

サセプタ105の材料は、石英材に限られるものではない。例えば、アルミナ材といったセラミックス材でも同様の効果を得られる。さらにサセプタ105はその内部に第二のエッティングガス供給手段130から導入されたエッティングガスを流す流路を形成する必要があるが、この流路を形成するため、サセプタ105の構造は、複数の部品からなる構造でも、さらには複数の部品を貼り合わせた構造でもよい。

40

#### 【0033】

サセプタ105の構造が複数の部品からなる場合は、部材のコストを下げられる効果があり、また複数の部品を貼り合わせた構造の場合には、第二のエッティングガス供給手段130から導入されたエッティングガスを流す流路からのガスの漏れを少なくし、またサセプタの開口部から導入するガスの周方向均一性を向上するという効果が得られる。

50

## 【0034】

上記の本発明の実施例では、第一のエッティングガスの供給手段120におけるシャワープレート102のエッティングガス導入穴の配置を同心円の円環状、または円形状としている。さらに第二のエッティングガスの供給手段130におけるガス導入部136の配置も同心円の円環状としている。同心円の円環状、円形状とすることで、エッティングガス流れ分布をウエハ112に対して中心軸対称とすることができます、例えばウエハ面内のエッティングレート分布、エッティング形状(CDを含む)を制御しやすいという効果がある。

## 【0035】

また第二のエッティングガス供給手段130から導入されたエッティングガスをサセプタ105の内径部から導入できるように内径部に設けた開口部の位置が、径方向においてウエハ112の最外周の位置よりも大きく、さらに径方向にウエハ112の最外周の位置から1mmから30mm以内の位置とすることで、高精度に処理室内のエッティングガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御できるという効果がある。第二のエッティングガス供給手段130のガス導入部136がウエハ112から例えば30mm以上に遠くなると、ウエハ112近傍のエッティングガス流れ、反応生成物流れを制御できない。

10

## 【0036】

プラズマ処理を行う場合は、第一のエッティングガス供給手段の各バルブ124を開け、各ガスボンベ125からエッティング用ガス(例えば、塩素ガス、臭化水素ガス、四フッ化メタンガス、三フッ化メタン、ニフッ化メタン、アルゴンガス、ヘリウムガス、酸素ガス、窒素ガス、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、アンモニア、八フッ化プロパン、三フッ化窒素、六フッ化硫黄ガス、メタンガス、四フッ化シリコンガス、四塩化シリコンガス等)を供給し、所望のエッティングガス混合比となるようそれぞれのガス流量制御器123を制御する。第二のエッティングガス供給手段130も同様に各バルブ134を開け、各ガスボンベ135からエッティング用ガス(例えば、塩素ガス、臭化水素ガス、四フッ化メタンガス、アルゴンガス、ヘリウムガス、酸素ガス、窒素ガス、六フッ化硫黄ガス、メタンガス、CHF<sub>3</sub>ガス、NF<sub>3</sub>ガス、SiF<sub>4</sub>ガス、SiCl<sub>4</sub>ガス等)を供給し、所望のエッティングガス混合比となるようにそれぞれのガス流量制御器133を制御する。

20

## 【0037】

従来のプラズマ処理装置のように第一のエッティングガス供給手段120しか設けられていない場合、処理室104内部のガス流れ、反応生成物流れを高精度に制御することは困難である。これに対して、本実施例のプラズマ処理装置のように第二のエッティングガス供給手段130を設けることで、処理室104内部のガス流れ、反応生成物流れを各加工ステップで最適に制御することができる。また処理室内部のガス流れ、反応生成物流れを高精度に制御できるため、被エッティング材料面内のエッティングレート、エッティング形状の分布を凸分布や凹分布といったように、任意に制御することが可能となる。

30

## 【0038】

また、本実施例においては、エッティングガスの供給手段を第一と第二の2系統としたが、2系統以上の複数のエッティングガス供給手段を設けることにより、さらに高精度にウエハ面内のエッティングレート、エッティング形状(CDを含む)を制御することが可能となる。

40

## 【0039】

次に、図3で実際のエッティングレート結果を示す。本実施例においては、被エッティング材料をポリシリコン膜とし、エッティングガスとして例えば、塩素ガス、四フッ化メタンガス、アルゴンガスが用いられる。曲線301は、第一のエッティングガス供給手段120のみを用いてエッティングした場合のエッティングレートのウエハ面内分布、つまり均一性を示す。曲線302は、第二のエッティングガス供給手段130より塩素ガスを導入し、それ以外のエッティングガスを第一のエッティングガス供給手段120より導入した場合のエッティングレートのウエハ面内分布を示す。曲線303は、第二のエッティングガス供給手段130より四フッ化メタンガスを導入し、それ以外のエッティングガス、塩素ガスおよび、アルゴンガスを第一のエッティングガス供給手段120より導入した場合のエッティングレートの

50

ウエハ面内分布を示す。

【0040】

曲線301が示すように、第一のエッティングガス供給手段120のみを用いてエッティングガスを供給した場合、ウエハ面内のエッティングレートはほぼ均一な分布となっている。これに対して、曲線302が示すようにエッティングレート性能においてエッティングレートを促進させる特性を持つガス（例えば塩素ガス）をウエハ外周より導入すると、ウエハ外周部のエッティングレートが増加している。さらに曲線303が示すようにエッティングレート性能においてエッティングレートを抑制させる特性を持つガス（例えば四フッ化メタンガス）をウエハ外周より導入すると、ウエハ外周部のエッティングレートが低下している。第二のエッティングガス供給手段130を用いてエッティングガスを供給することでエッティングレートのウエハ面内での均一性分布を制御できることがわかる。

10

【0041】

本実施例では、第二のエッティングガス供給手段130を用いて所望のエッティングガスを所望の流量で導入することができ、処理室104内部のガス流れを任意に制御できるという効果がある。また処理室104内部のガス流れを任意に制御することで、処理室104内部の反応生成物流れも高精度に制御することができるという効果がある。図3のエッティングレート結果では、エッティングレートを促進させる特性を持つガスまたは抑制させる特性を持つガスをそれぞれ第二のエッティングガス供給手段130のみから導入したが、それぞれのガスを第一のエッティングガス供給手段120と第二のエッティングガス供給手段130から任意のガス流量で供給しても、エッティングレートのウエハ面内での均一性分布を制御することができる。さらに直接ウエハ表面での化学反応に寄与しない不活性ガス（例えばアルゴンガス）を第二のエッティングガス供給手段130から導入してもエッティングレートのウエハ面内での均一性分布を制御できる。これは不活性ガスを第二のエッティングガス供給手段130から供給することによる第一のエッティングガス供給手段120より導入されたエッティングガスの処理室内部ガス流れ、反応生成物流れが変化するためと考えられる。

20

【0042】

実際のエッティングにおいてはプラズマ分布、ウエハ面内の温度分布や反応生成物の分布の影響により、エッティングレートの均一性を曲線301のように面内で均一にしても、エッティング形状、例えば線幅（CD）がウエハ面内で均一にならない場合がある。むしろ曲線202や曲線203のようにウエハ面内のエッティングレート分布を凹分布あるいは凸分布とした場合にウエハ面内のエッティング形状、例えば線幅（CD）が均一となる場合もある。このような場合においても、本実施例では、第二のエッティングガス供給手段130を用いて所望のエッティングガスを所望の流量で導入することでウエハ面内のエッティングレート分布を任意に制御でき、ウエハ面内のエッティング特性、特にエッティング形状や線幅（CD）をウエハ面内で高精度に均一化できるという効果がある。

30

【0043】

以上のように第一のエッティングガス供給手段120と第二のエッティングガス供給手段130を用いることで、本実施例のように構成された装置では、ウエハ面内のエッティングレート分布を任意に制御することが可能となる。これにより、所望のエッティング形状を得るとき、あらかじめ決められた順序に従い、エッティング処理の各ステップを順次進めていくステップエッティングにおいて、各ステップでのウエハ面内のエッティングレート分布を最適化することが可能となる。これにより、高精度のエッティング処理が可能となり、装置稼働率向上、デバイスの歩留まりを向上できるという効果がある。

40

【0044】

本実施例では、被エッティング材料をポリシリコン膜とし、エッティングガスとして例えば、塩素ガス、四フッ化メタンガス、アルゴンガスを用いたが、被エッティング材料としては、ポリシリコン膜だけでなく、フォトレジスト膜、反射防止有機膜、反射防止無機膜、有機系材料、無機系材料、シリコン酸化膜、窒化シリコン酸化膜、窒化シリコン膜、Low-k材料、High-k材料、アモルファスカーボン膜、Si基板、メタル材料等においても同等の効

50

果が得られる。

【0045】

またエッティングを促進するガスとしては、例えば、塩素ガス、臭化水素ガス、四フッ化メタンガス、三フッ化メタン、二フッ化メタン、酸素ガス、窒素ガス、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、アンモニア、ハフッ化プロパン、三フッ化窒素、六フッ化硫黄ガス、メタンガス、四フッ化シリコンガス、四塩化シリコンガス等が使用でき、エッティングを抑制するガスとしては、例えば、塩素ガス、臭化水素ガス、四フッ化メタンガス、三フッ化メタン、二フッ化メタン、酸素ガス、窒素ガス、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、アンモニア、ハフッ化プロパン、三フッ化窒素、六フッ化硫黄ガス、メタンガス、四フッ化シリコンガス、四塩化シリコンガス等が使用でき、不活性ガスとしては、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス、ネオンガス、クリプトンガス、キセノンガス、ラドンガス等が使用できる。

10

【0046】

また、このようなエッティング処理装置においては、ウエハ上に複数の材料を堆積させ形成した積層膜をエッティング処理することが多い。各膜の材料によって最適なプラズマ処理条件は異なり、プラズマ処理中のウエハ面内のエッティング性能分布は大きく変化する。特に C D ( Critical Dimension ) のウエハ面内分布は、プラズマ処理中のエッティングガス流れ分布、反応生成物分布に強く依存し影響を受けやすい。このため、複数の材料を堆積させ形成した積層膜のプラズマ処理では、各膜の材料によって最適なプラズマ処理条件の各ステップを順次、進めていくステップエッティングが有効となる。本実施例のように構成された装置では、第一のエッティングガス供給手段 120 と第二のエッティングガス供給手段 130 を用いることで、ウエハ面内のエッティングレート分布を任意に制御することが可能となるため、ステップエッティングにおける各ステップに対応して高精度に処理室 104 内のガス流れ、反応生成物流れを制御できる。つまり、所望の C D 分布となるよう制御することができるという効果がある。

20

【0047】

前述の積層膜をステップエッティング処理する場合の一実施例を図 4 により説明する。図 4 は、本発明のプラズマ処理方法の一例を説明するシーケンス図である。まず、ウエハ載置用電極 111 にウエハ 112 を載置する (ステップ S401)。次に、処理室 104 内にエッティングガスを導入する。第一または第二のエッティングガス供給手段を用いて、所望のエッティングガスを所望の流量、処理室 104 内に導入し、処理室内のガス流れ分布または反応生成物流れ分布となるようにする。 (ステップ S402)。次に、処理室 104 内にプラズマを発生させ、ウエハ 112 がエッティング処理される (ステップ 404)。ウエハ上の積層膜をエッティング処理する場合、各膜の材料により最適なプラズマ処理条件は異なる。よって各膜に最適なプラズマ処理条件で各ステップを順次進めるステップエッティングの場合 (ステップ 405)、各ステップにおけるプラズマ処理中のウエハ面内のガス流れ分布、反応生成物流れ分布も大きく変化するため、各ステップに対応して高精度にガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御する必要がある。つまり、次の膜をエッティング処理するために、第一または第二のエッティングガス供給手段 120, 130 から導入されるエッティングガスそれぞれのエッティングガス種、流量、混合比を再度所望の値に調節しなければならない。次のステップエッティングに移行する場合は、最初に、プラズマを停止させ (ステップ 405、必ずしも停止させる必要はなく、停止しなくとも同等の効果が得られる)、処理室 104 内部のエッティングガスを排気または維持する (ステップ 406)。次に再度、第一または第二のエッティングガス供給手段 120, 130 を用いて、所望のエッティングガスを所望の流量、処理室 104 内に導入し、処理室内のガス流れ分布または反応生成物流れ分布となるようにする。すべてのステップエッティング処理が終了した場合 (ステップ 404) は、静電吸着用電極への直流電圧の印加を停止し (ステップ 407)、プラズマを停止 (ステップ S408)、エッティングガスを排気する (ステップ S409)。最後にウエハ 112 をウエハ載置用電極 111 から取り外して処理室外に搬出する (ステップ S410)。上述のプラズマ処理方法では、ステップエッティング処理を施す場合、ステップ間でプラズマを停止 (ステップ S406) していたが、必ずしもステップ間でプラズ

30

40

50

マを停止させる必要はなく、プラズマ処理を継続したまま、第一または第二のエッティングガス供給手段120, 130より導入されるエッティングガス種、流量、混合比を変化させてもよい。

#### 【0048】

本実施例で示したようなプラズマ処理方法では、第一のエッティングガス供給手段120と第二のエッティングガス供給手段130を用いることで、ウエハ面内のエッティングレート分布を任意に制御することが可能となるため、ステップエッティングにおける各ステップに対応して高精度に処理室内のガス流れ、反応生成物流れを制御でき、所望のエッティング形状、特に所望のエッティングCD分布となるようプラズマ処理することができるという効果がある。

10

#### 【0049】

またウエハ周辺部の構造、例えばサセプタ105内径部とウエハ112最外周との隙間では、プラズマ処理を行うことで堆積物が形成される場合がある。このような堆積物はデバイスの製造工程において歩留まりの低下を招く可能性がある。たとえば異物等として処理室104内に拡散し、ウエハまたはデバイスの表面に付着することで、その性能を著しく低下させる。しかし、本実施例によれば、サセプタ105内径部とウエハ112最外周との隙間に第二のエッティングガス供給手段130を用いてエッティングガスを前記隙間に流すことができ、堆積物の形成を抑制させることができる。これによりエッティング処理において、エッティング性能の安定性向上、さらに歩留まりの向上という効果がある。

#### 【0050】

以上の実施例ではマイクロ波ECR放電を利用したエッティング装置を例に説明したが、他の放電（有磁場UHF放電、容量結合型放電、誘導結合型放電、マグネットロン放電、表面波励起放電、トランスファー・カップルド放電）を利用したドライエッティング装置においても同様の作用効果がある。また上記各実施例では、エッティング装置について述べたが、プラズマ処理を行うその他のプラズマ処理装置、例えばプラズマCVD装置、アッシング装置、表面改質装置等についても同様の作用効果がある。

20

#### 【0051】

##### （実施例2）

本実施例の第2の実施例を図5を用いて説明する。本図が図1と異なる点を以下に説明する。下記相違点以外は実施例1と実質的に同一である。

30

#### 【0052】

本実施例のプラズマ処理装置では、処理室104、ウエハ112、ウエハ載置用電極111、真空排気口106、真空排気装置（図示省略）は同軸に配置されている。これにより処理室104内部のガス流れ分布、反応生成物流れ分布は軸対称となる。よって本発明による第一と第二のエッティングガス供給手段120、130によって導入されたエッティングガスによって制御される処理室104内部のガス流れ分布、反応生成物流れ分布も軸対称となり、従来の装置と比較しさらに高精度にガス流れ分布、反応生成物流れ分布を制御可能となり、ウエハ面内のエッティングレート分布、エッティング形状の分布（CDを含む）を高精度にかつ広範囲に制御できるという効果がある。

#### 【符号の説明】

40

#### 【0053】

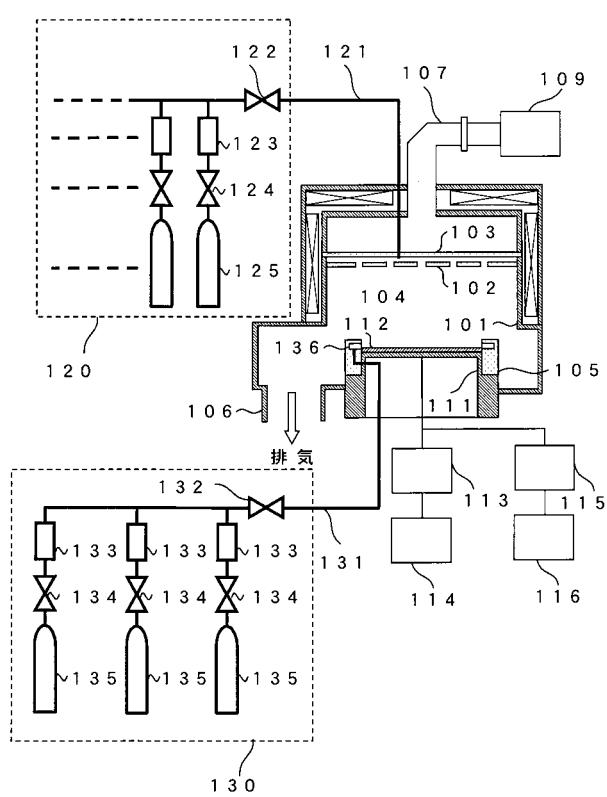
101・・・真空容器、102・・・シャワープレート、103・・・誘電体窓、104  
・・・処理室、105・・・サセプタ、106・・・真空排気口、107・・・導波管、  
109・・・電磁波発生用電源、110・・・磁場発生コイル、111・・・ウエハ載置  
用電極、112・・・ウエハ、113・・・マッチング回路、114・・・高周波電源、  
120・・・第一のエッティングガス供給手段、121・・・配管、122・・・ガスバル  
ブ、123・・・流量調整器、124・・・ガスバルブ、125・・・ガスボンベ、13  
0・・・第二のエッティングガス供給手段、131・・・配管、132・・・ガスバルブ、  
133・・・流量調整器、134・・・ガスバルブ、135・・・ガスボンベ、136  
・・・ガス導入口、201・・・ガスだまり、301、302、303・・・エッティングレ

50

一ト分布。

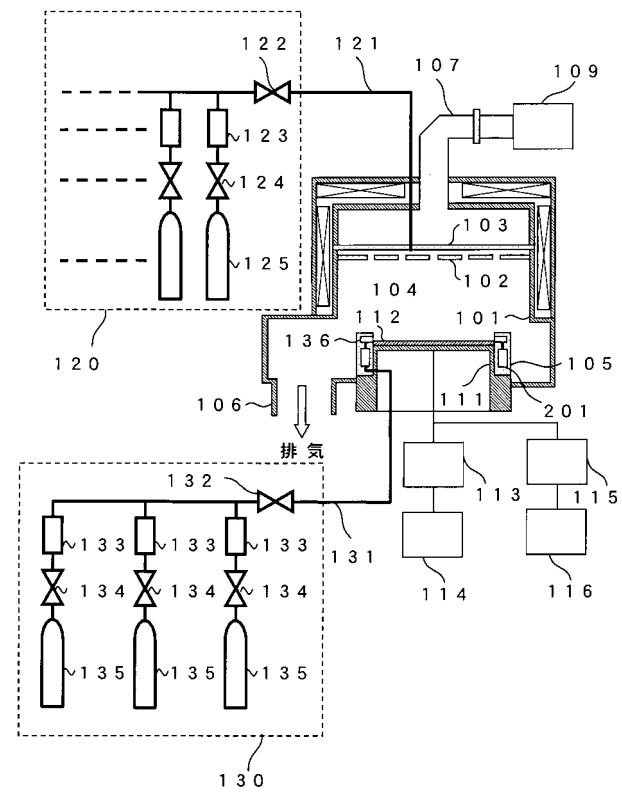
【図 1】

図 1



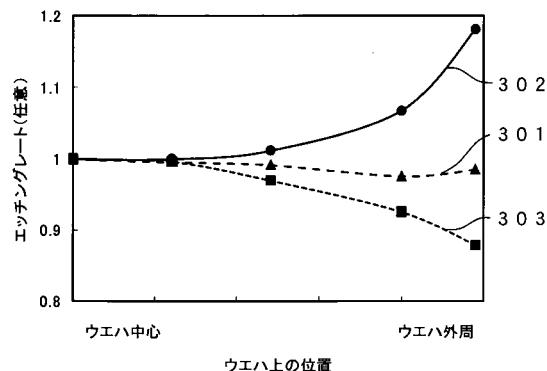
【図 2】

図 2



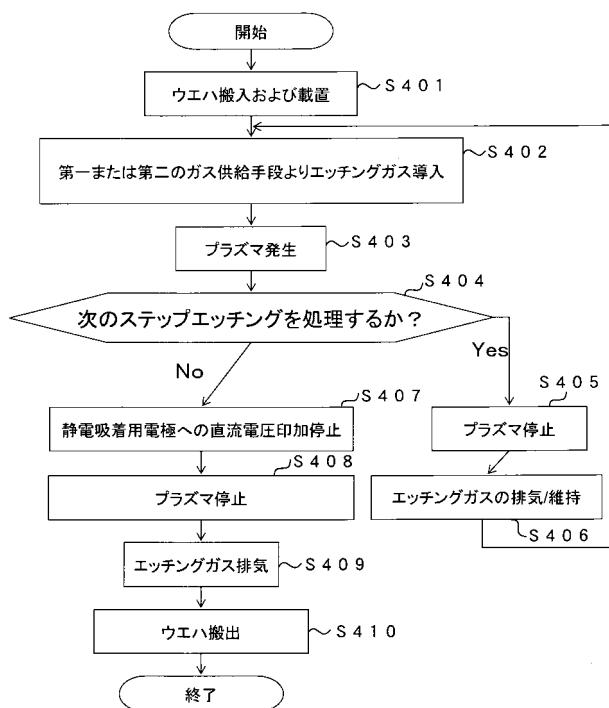
【図3】

図 3



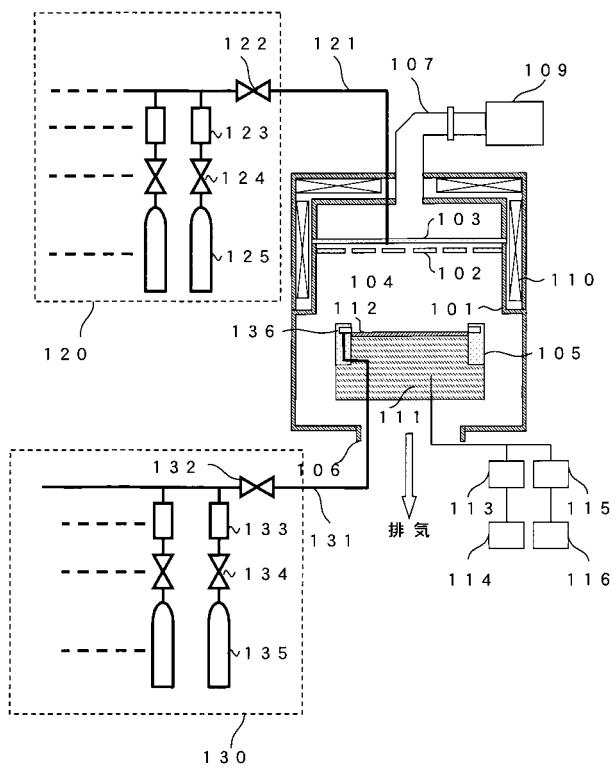
【図4】

図 4



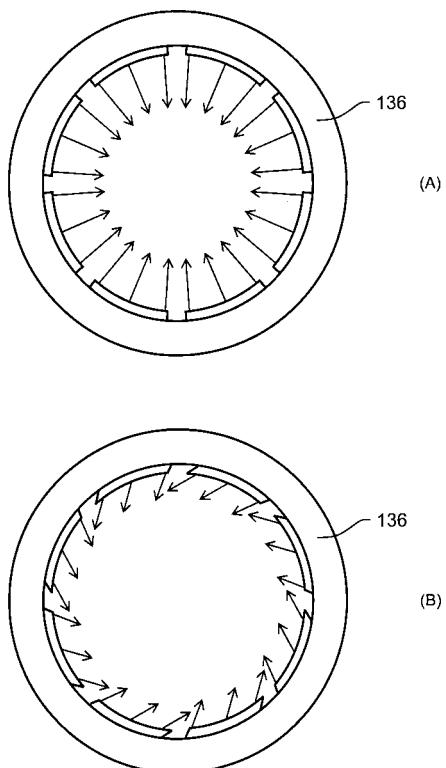
【図5】

図 5



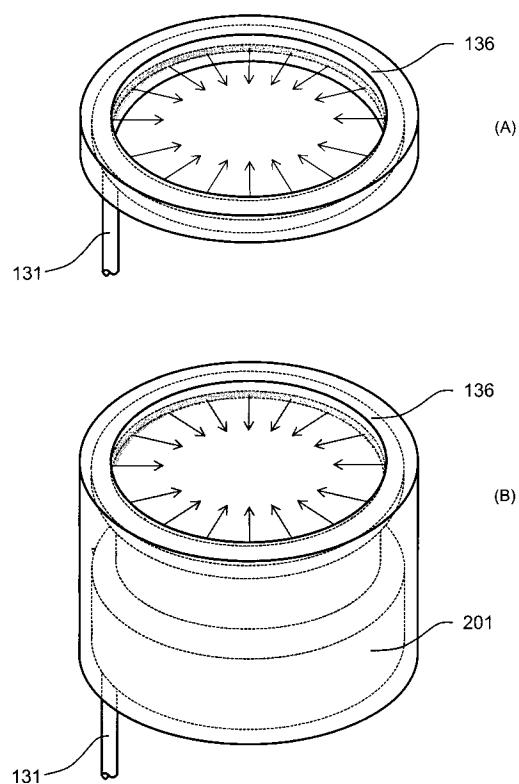
【図6】

図6



【図7】

図7



---

フロントページの続き

(72)発明者 荒巻 徹

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

F ターク(参考) 5F004 AA01 BA14 BA16 BB14 BB18 BB22 BB28 BD01 BD04 CA02  
CA06 DA01 DA04 DA13 DA15 DA16 DA17 DA18 DA22 DA23  
DA24 DA25 DA26