

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4550507号  
(P4550507)

(45) 発行日 平成22年9月22日(2010.9.22)

(24) 登録日 平成22年7月16日(2010.7.16)

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

請求項の数 10 (全 15 頁)

|           |                              |           |   |
|-----------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2004-217118 (P2004-217118) | (73) 特許権者 | 501387839<br>株式会社日立ハイテクノロジーズ<br>東京都港区西新橋一丁目24番14号 |
| (22) 出願日  | 平成16年7月26日(2004.7.26)        | (74) 代理人  | 110000062<br>特許業務法人第一国際特許事務所                      |
| (65) 公開番号 | 特開2006-41088 (P2006-41088A)  | (72) 発明者  | 小林 浩之<br>東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地<br>株式会社 日立製作所 中央研究所内 |
| (43) 公開日  | 平成18年2月9日(2006.2.9)          | (72) 発明者  | 前田 賢治<br>東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地<br>株式会社 日立製作所 中央研究所内 |
| 審査請求日     | 平成19年4月16日(2007.4.16)        | (72) 発明者  | 横川 賢悦<br>東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地<br>株式会社 日立製作所 中央研究所内 |

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】

処理室と、前記処理室に電磁波を放射するためのアンテナと、前記処理室内にガスを供給するためのシャワープレートと、前記シャワープレートに供給された前記ガスを分散させるガス分散板と、前記ガス分散板にガスを供給するガス供給手段と、前記処理室内を減圧する真空排気手段と、被処理体を載置する電極と、前記アンテナに高周波電力を供給する電磁波放射電源とを有するプラズマ処理装置であって、

前記ガス供給手段は、複数のガス供給源から供給されたガス種毎に設けられたガス流量調節器を有し、

前記ガス分散板は、内側の領域と外側の領域に分割され、

O<sub>2</sub> ガスおよびN<sub>2</sub> ガス以外の複数のガスからなる混合ガスである第1のガスの流量を所定のガス流量比に制御し、前記所定のガス流量比に制御されたガスを分配させる第一のガス分配手段と、

O<sub>2</sub> ガスまたはN<sub>2</sub> ガス、あるいはO<sub>2</sub> ガスとN<sub>2</sub> ガスの混合ガスである第2のガスの流量を所定のガス流量比に制御し、前記所定のガス流量比に制御されたガスを分配させる第二のガス分配手段とを備え、

前記第一のガス分配手段により分岐された一方の第1のガスが前記ガス分散板の内側の領域に、前記第一のガス分配手段により分岐された他方の第1のガスが前記ガス分散板の外側の領域にそれぞれ供給され、かつ、前記第二のガス分配手段により分岐された一方の第2のガスが前記ガス分散板の内側の領域に、前記第二のガス分配手段により分岐された

他方の第2のガスが前記ガス分散板の外側の領域にそれぞれ供給されることによって、  
前記シャワープレートの内側領域と外側領域からそれぞれ供給される前記第2のガスの  
 流量を前記第1のガスとは独立に制御でき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記載のプラズマ処理装置において、  
 前記処理室に磁場を生成させる磁場生成手段を有することを特徴とするプラズマ処理装  
 置。

【請求項3】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記アンテナは内側領域と外側領域に分割され、  
 前記電磁波放射電源は、分配器により前記アンテナの内側領域と前記アンテナの外側領  
 域にそれぞれ高周波電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項4】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記載置電極の内側領域に高周波電力を供給する第一の高周波電源と、前記載置電極の  
 外側領域に高周波電力を供給する第二の高周波電源とを有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記載のプラズマ処理装置において、  
 前記第一のガス分配手段は、ガス分配器を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

20

【請求項6】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記第一及び第二のガス分配手段は、ガス分配器を有することを特徴とするプラズマ処  
 理装置。

【請求項7】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記第一のガス分配手段は、ガス分配器を有し、前記第二のガス分配手段は、前記O<sub>2</sub>  
 ガスまたはN<sub>2</sub>ガス、あるいはO<sub>2</sub>ガス及びN<sub>2</sub>ガスがそれぞれ複数のガス流量調整器で  
 供給されることにより、前記O<sub>2</sub>ガスまたはN<sub>2</sub>ガス、あるいはO<sub>2</sub>ガス及びN<sub>2</sub>ガスを  
 分配することを特徴とするプラズマ処理装置。

30

【請求項8】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記ガス分散板を複数の領域に仕切るためのO-リングを設け、前記O-リングにより  
 前記ガス分散板が浮き上がらないように、ガス分散板をアンテナにネジでとめたことを特  
 徴とするプラズマ処理装置。

【請求項9】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記ガス分散板には、第1のガス噴出口と、第2のガス噴出口とを設け、前記アンテナ  
 には、第1のガス流路と、第2のガス流路を設置し、前記ガス分散板にガスを供給するた  
 めの前記第1のガス流路の出口、あるいは前記第2のガス流路の出口は、前記アンテナの  
 略中心を中心点として略円周上に複数個設置されていることを特徴とするプラズマ処理装  
 置。

40

【請求項10】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、  
 前記シャワープレートに開けられたガス噴出口は、前記シャワープレートの略中心から  
 同心円状に配置されてい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】

【0001】

50

本発明は、半導体製造に用いられるプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

DRAMやマイクロプロセッサ等の半導体装置の製造工程において、弱電離プラズマを用いたプラズマエッチングが広く用いられている。ここで、図10を用いてSiOC膜のエッチングを例にエッチングのメカニズムを説明する。処理ガスには、例えばCHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>の混合ガスを用いる。プラズマ中でCHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>から解離したCFやCF<sub>2</sub>などのラジカルは、SiOC51とレジスト52の上に堆積し堆積膜53を形成する。そして、プラズマ中で生成されたイオンがバイアス電力によって加速されて被処理体に入射し、SiOC51と堆積膜53との界面にエネルギーが付与されることによりSiOC51と堆積膜53とが反応しエッチングが進行する。

10

【0003】

エッチング後の仕上がり形状は、被処理体に入射するイオンのエネルギーや種類のほか、堆積膜の厚さや組成に依存して決まる。例えば、堆積膜が過剰に厚くなる条件や、堆積膜中にCなどのエッチングを阻害する成分が多くなる条件では、エッチング速度が低下するか、あるいは途中でエッチングが進行しなくなる。これは、被処理体に入射するイオンが堆積膜とSiOCの界面に到達しにくくなるためである。また、孔や溝の側面の堆積膜が過剰に厚くなると、孔や溝の側面のエッチングが過度に抑制されるため、孔や溝の底部が細くなったテーパ形状になる。逆に、堆積膜が過度に薄い場合は、SiOCと反応する堆積膜が不足するためエッチング速度が低下する。堆積膜の厚さや組成は、図10に示した例の場合、主にCHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>から解離したCFやCF<sub>2</sub>ラジカルなどの堆積と、エッチングにより発生した反応性生物の被処理体への再入射による堆積と、N<sub>2</sub>から解離したNラジカルによる堆積膜の除去と、エッチングの進行に伴う堆積膜の消費との競合によって決まる。

20

【0004】

以上、CHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>を用いたSiOC膜のエッチングを例にエッチングのメカニズムについて説明してきたが、SiO<sub>2</sub>やSiOF膜のエッチングでは、処理ガスには、例えば、Arと、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>やC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>などのCF系ガスと、O<sub>2</sub>を用いる。この場合、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>やC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>から解離したCFやCF<sub>2</sub>などのラジカルが堆積膜生成に寄与し、O<sub>2</sub>から解離したOラジカルが堆積膜除去の働きをする。

30

【0005】

次に、プラズマ処理装置の概要を、図11の例を用いて説明する。本装置は、平行平板型のプラズマエッチング装置で、処理室1には電磁波放射のための略円板状のアンテナ3と、被処理体2を載置するための電極4が平行に対向して設置されている。アンテナ3にはプラズマ生成のための電磁波放射電源5Aが、整合器6Aを介して接続されている。

【0006】

アンテナ3の下部には、シャワープレート11が設置されている。処理ガスはガスボンベ20より供給され、ガス流量制御器13で所定の流量で流れ、シャワープレート11のガス孔を通して処理室1に導入される。また、プラズマ中のラジカル分布を制御するため、シャワープレート11の内側と外側でお互いに組成や流量の異なる処理ガスを導入できるようにしている。電極4にはRF電源5Cが整合器6Cを介して接続されており、被処理体2に入射するイオンを加速させ被処理体をエッチングする。

40

【0007】

平行平板電極式RIE装置において、大口径ウェハに対して均一なエッチング処理を行うために、エッチング処理室内にステージ電極とガス供給電極を対向して設置し、ガス供給電極のガス供給面は第1のガス供給領域と第2のガス供給領域と第3のガス供給領域に分かれており、各々に対して第1のガス流量制御系と第2のガス流量制御系と第3のガス流量制御系を用いて個別に制御するように構成し、第1のガス供給領域と第2のガス供給領域と第3のガス供給領域より、エッチングガスの流量および電離電圧の異なるガスの流量比を最適化してガス供給を行なうことが、既に提案されている(例えば、特許文献1参

50

照)。

【0008】

また、被処理体にプラズマエッチング処理を行う処理室と、処理ガスを供給するための第1のガス供給源と、第1の処理ガスとは別に設けられた第2のガス供給源と、処理ガスを前記処理室に導入する第1のガス導入口と、前記第1のガス導入口とは別に設けられた第2のガス導入口と、処理ガスの流量を調整する流量調節機と、処理ガスを複数に分割するガス分流器とを備え、ガス分流器と、第1または第2の少なくとも1つのガス導入口との間に、前記第2のガスを供給するようにしたプラズマエッチング装置により、処理ガスを2系統で供給することは、本願出願人らの出願になる特許出願(例えば、特許文献2参照)に提案されている。

10

【特許文献1】特開2002-184764号公報

【特許文献2】特願2003-206042号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ウェハなどの被処理体の面内において均一にエッチングするためには、被処理体の表面に入射するイオンの面内分布即ちプラズマ分布と、被処理体に堆積した堆積膜の厚さや組成を被処理体面内で均一にしなければならない。前述の従来のプラズマ処理装置は、被処理体面内で均一にプラズマ処理を行うため、プラズマ分布やラジカル分布を制御する手段を備えている。しかし、半導体装置の製造で重視される加工寸法には、加工深さとCD(Critical Dimension)があり、従来のプラズマ処理装置では加工深さの面内均一性とCD寸法の面内均一性をそれぞれ独立して制御できなかった。ここで、CD寸法とは被処理体の微細パターンにおける溝の幅や、線の幅や、孔の径などを指す。そのため、例えば加工深さの面内均一性を高めると、CD寸法の面内均一性が悪化することがあり、シャワープレートの内側と外側に流す処理ガスの流量と組成や、バイアス電力や、放電電力などを少しずつ調節して、加工深さの面内均一性とCD寸法の面内均一性を同時に満たす処理条件を見出さなければならない。

20

【0010】

CD寸法は、加工深さと比べても堆積膜の厚さと組成に大きく依存しているため、堆積膜の厚さや組成を適切に制御することで、加工深さの均一性を変えずにCD寸法の面内分布を均一にできれば望ましい。シャワープレートの内側のガス孔と外側のガス孔から導入するガスの組成や流量を制御する手法は、ラジカル分布制御の自由度が高いため、堆積膜の厚さや組成を適切に制御する手段として有望である。

30

【0011】

本発明は、上記課題を考慮し、被処理体の加工深さの均一性とCD寸法の均一性をそれぞれ独立して制御できる、すなわち加工深さの均一性を変えることなくCD寸法を制御できるようにガスの供給系を最適化したプラズマ処理装置の提供を目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明のプラズマ処理装置は、処理室と、前記処理室に電磁波を放射するためのアンテナと、前記処理室内にガスを供給するためのシャワープレートと、前記シャワープレートに供給された前記ガスを分散させるガス分散板と、前記ガス分散板にガスを供給するガス供給手段と、前記処理室内を減圧する真空排気手段と、被処理体を載置する電極と、前記アンテナに高周波電力を供給する電磁波放射電源とを有するプラズマ処理装置であって、前記ガス供給手段は、複数のガス供給源から供給されたガス種毎に設けられたガス流量調節器を有し、前記ガス分散板は、内側の領域と外側の領域に分割され、 $O_2$ ガスおよび $N_2$ ガス以外の複数のガスからなる混合ガスである第1のガスの流量を所定のガス流量比に制御し、前記所定のガス流量比に制御されたガスを分配させる第一のガス分配手段と、 $O_2$ ガスまたは $N_2$ ガス、あるいは $O_2$ ガスと $N_2$ ガスの混合ガスである第2のガスの流量を所定のガス流量比に制御し、前記所定のガス流量比に制御されたガスを分配させる第二

40

50

のガス分配手段とを備え、前記第一のガス分配手段により分岐された一方の第1のガスが前記ガス分散板の内側の領域に、前記第一のガス分配手段により分岐された他方の第1のガスが前記ガス分散板の外側の領域にそれぞれ供給され、かつ、前記第二のガス分配手段により分岐された一方の第2のガスが前記ガス分散板の内側の領域に、前記第二のガス分配手段により分岐された他方の第2のガスが前記ガス分散板の外側の領域にそれぞれ供給されることによって、前記シャワープレートの内側領域と外側領域からそれぞれ供給される前記第2のガスの流量を前記第1のガスとは独立に制御できることを特徴とする。

さらに、本発明のプラズマ処理装置においては、前記処理室に磁場を生成させる磁場生成手段を有することを特徴とする。

10

## 【0013】

さらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記アンテナは内側領域と外側領域に分割され、前記電磁波放射電源は、分配器により前記アンテナの内側領域と前記アンテナの外側領域にそれぞれ高周波電力を供給することを特徴とする。

またさらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記載置電極の内側領域に高周波電力を供給する第一の高周波電源と、前記載置電極の外側領域に高周波電力を供給する第二の高周波電源とを有することを特徴とする。

## 【0014】

さらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記第一のガス分配手段は、ガス分配器を有することを特徴とする。

20

またさらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記第一及び第二のガス分配手段は、ガス分配器を有することを特徴とする。

またさらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記第一のガス分配手段は、ガス分配器を有し、前記第二のガス分配手段は、前記O<sub>2</sub>ガスまたはN<sub>2</sub>ガス、あるいはO<sub>2</sub>ガス及びN<sub>2</sub>ガスがそれぞれ複数のガス流量調整器で供給されることにより、前記O<sub>2</sub>ガスまたはN<sub>2</sub>ガス、あるいはO<sub>2</sub>ガス及びN<sub>2</sub>ガスを分配することを特徴とする。

またさらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記ガス分散板を複数の領域に仕切るときのO-リングを設け、前記O-リングにより前記ガス分散板が浮き上がらないように、ガス分散板をアンテナにネジでとめたことを特徴とする。

30

またさらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記ガス分散板には、第1のガス噴出口と、第2のガス噴出口とを設け、前記アンテナには、第1のガス流路と、第2のガス流路を設置し、前記ガス分散板にガスを供給するための前記第1のガス流路の出口、あるいは前記第2のガス流路の出口は、前記アンテナの略中心を中心点として略円周上に複数個設置されていることを特徴とする。

またさらに、本発明のプラズマ処理装置は、前記シャワープレートに開けられたガス噴出口は、前記シャワープレートの略中心から同心円状に配置されていることを特徴とする。

## 【0015】

40

このように、本発明では、処理室と、処理室に処理ガスを供給する手段と、処理室を減圧する真空排気手段と、被処理体を載置する電極と、電磁波放射電源とを有するプラズマ処理装置において、O<sub>2</sub>あるいはN<sub>2</sub>の組成比あるいは流量比が異なる少なくとも2種類の処理ガスを、互いに異なるガス導入口から導入することで、被処理体の面内における加工深さを均一に保ったまま、被処理体面内でCD寸法を均一にできるようにする。

さらに、本発明では、O<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>以外の処理ガスを第1の処理ガスとして複数に分配し、分配した後の第1のガスに第2のガスとしてO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>を添加することで、互いにO<sub>2</sub>あるいはN<sub>2</sub>の組成や流量が異なる処理ガスを、互いに異なるガス導入口から処理室内に導入できるようにする。このとき、複数に分配した後の第1のガスに添加するO<sub>2</sub>あるいはN<sub>2</sub>の添加量に関わらず、第1の処理ガスが所定の流量比に分配できるように、第1の

50

ガスを複数に分配するためのガス分配器を用いる。

【0016】

さらに、本発明では、複数に分配した第1のガスに $O_2$ 、あるいは $N_2$ を所定の流量比で添加するため、 $O_2$ 、あるいは $N_2$ を、所定の流量比で分配するためのガス分配器を備えることとする。

【0017】

さらに、本発明では、ガス分配器が正常に機能しているかをモニタするため、処理室内に設けられた第1のガス噴出口と前記ガス分配器との間、および、処理室内に設けられた第2のガス噴出口と前記ガス分配器の間に、ガス流量計を備えたことを特徴とする。

10

【0018】

さらに、本発明では、前記ガス分配器が正常に動作するかをチェックできるようにするため、処理室内に設けられた第1のガス噴出口と前記ガス分配器の間、および、処理室内に設けられた第2のガス噴出口と前記ガス分配器との間に、処理室内を經由せずに処理ガスを排気するためのガスラインを接続したことを特徴とする。

【0019】

さらに、本発明では、ガス分散板において、第2のガスを分散させる領域の形状をドーナツ状とし、ドーナツ状の領域にガスを均等に分散させるため、第2の処理ガスを分散板に噴出するためのガス噴出口を、略円周上に複数個配置したことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0020】

以上説明したように、本発明では、 $O_2$ 、あるいは $N_2$ の組成比あるいは流量比が異なる少なくとも2種類の処理ガスを、互いに異なるガス導入口から所定の流量および組成で処理室内に導入することによって、加工深さの面内均一性とは独立に、CD寸法を被処理体面内で均一にすることができる。これにより、被処理体面内における加工深さとCD寸法の両方の均一性を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の第1の実施例について図面を参照して説明する。図1は、平行平板型のECRプラズマ処理装置において、本発明を適用した第1の実施例を示している。処理室1には、電磁波放射のための略円板状のアンテナ3と被処理体2を載置するための電極4が平行に対向して設置されている。アンテナ3には、プラズマ生成のための電磁波放射電源5Aが、整合器6Aを介して接続されている。該電磁波放射電源5Aの周波数は、例えば100~450MHzとする。処理室1の外側には、コイル8とヨーク9が設置されており磁場を生成する。本装置は、磁場と電場の相互作用によりプラズマを効率よく生成するとともに、磁場分布を調節することでプラズマの生成位置やプラズマの輸送を制御できることが特徴である。

30

【0022】

アンテナ3の下部には、分散板10を介してシャワープレート11が設置されている。該シャワープレート11の材料は、Siである。アンテナ3には、電磁波放射電源5Aの他に、RF電源5Bが整合器6Bを介して接続されており、プラズマ分布やFなどのラジカル分布を制御することができる。該RF電源5Bの周波数は、数百kHz~十数MHzとする。

40

【0023】

本装置では、アンテナの上部を大気とするため、アンテナ3や石英部品28をO-リング21によってシールしている。

【0024】

電極4には、被処理体2に入射するイオンのフラックスやイオンの入射エネルギーを制

50

御するため、RF電源5Cが整合器6Cを介して接続されている。該RF電源は、RF電源5Bと同じ周波数とし、位相制御機7によりRF電源6BとRF電源6Cで発生するRF電力を逆位相にすることで、プラズマの閉じ込めを向上させることができる。電極4は、上下に可動でき、アンテナ3と電極4の距離によって、プラズマの分布とラジカル分布を制御することができる。

【0025】

電極4の内部には、被処理体2の温度を制御するため冷媒が流れるようになっている(図示せず)。さらに、被処理体2の裏面と電極の間に被処理体を冷却するためのヘリウムを流すため、電極4の表面にはヘリウムを流すための溝が作られている。また、被処理体の外周と内側において被処理体の温度を独立に制御するため、電極の内側と外周でヘリウムの流路が仕切られている。そして、電極の内側に流すヘリウムの導入路16-1と、電極の外周に流すヘリウムの導入路16-2から、お互いに異なる流量のヘリウムを電極の内側と外周に流すことができるようになっている。

10

【0026】

被処理体2を電極4に静電吸着によって固定させるため、電極4にはダイポール電源(図示せず)が接続されている。また、処理室はアース電位にしてある。

【0027】

処理ガスは、電磁波放射アンテナ3とガス分散板10とシャワープレート11を通して処理室1に供給される。シャワープレート11には複数個のガス孔が開けてあり、該ガス孔の配置は、例えば直径300mmの範囲に10mm間隔で略同心円状に開けてある。

20

【0028】

ガス分散板10は、プラズマ中のラジカル分布を制御するため、略リング状の仕切り12で仕切られており、該略リング状の仕切り12の内側に位置するシャワープレート11のガス孔(以後「内側のガス孔」と呼ぶ)と該略リング状の仕切り12の外側に位置するシャワープレート11のガス孔(以後「外側のガス孔」と呼ぶ)から、お互いに組成や流量の異なる処理ガスを処理室1に導入できるようにしてある。該略リング状の仕切り12には、例えばO-リングを用い、該リング状の仕切りの内径は、50mmから250mm程度とする。

【0029】

処理室1に導入する処理ガスは、例えばAr、CHF<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、CO、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>とする。該処理ガスのうち、Arと、CH<sub>4</sub>と、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>と、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>と、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>と、CHF<sub>3</sub>と、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>と、COは、それぞれガス流量調節器13-1~13-8において所定の流量で流れ、第1のガス分配器14-1に到達する。該第1のガス分配器14-1に到達したガスを第1のガスとする。該第1のガスは、該第1のガス分配器14-1において、内側のガス孔から導入する第1のガスと外側のガス孔から導入する第1のガスに所定の流量比で分配される。

30

【0030】

O<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>は、それぞれガス流量調節器13-9、13-10において所定の流量で流れ、第2のガス分配器14-2に到達する。該第2のガス分配器14-2に到達したガスを第2のガスとする。第2のガスは、第2のガス分配器14-2によって所定の流量比で分配され、一方は、ガスの合流点15-1で内側のガス孔から導入する第1のガスに混合され、他方は、ガスの合流点15-2において外側のガス孔から導入する第1のガスに混合される。

40

【0031】

処理室1には、該処理室1を減圧するため、ターボ分子ポンプ25がゲートバルブ24を介して接続されており、処理ガスを流した状態で、処理室1を所定の圧力に維持することができる。該ターボ分子ポンプ25の排気側には、ドライポンプ26が接続されている。

【0032】

次に、加工深さとCD寸法をウェハ面内で均一にする手順について、SiOC膜の深孔

50

エッチングを例に述べる。第1のガスには $CF_4$ と $CHF_3$ を用い、ガス流量調節器13-2とガス流量調節器13-6において $CF_4$ と $CHF_3$ の流量をそれぞれ20ccmとした。第2のガスには $N_2$ を用い、ガス流量調節器13-10において流量を100ccmとした。

#### 【0033】

まず、内側のガス孔から導入する処理ガスと外側のガス孔から導入する処理ガスをお互いに同じ組成にし、磁場によるプラズマ分布制御を行わないでエッチングを行った。ガス供給系におけるガスの流れを図3に示す。第1のガス分配器14-1では、 $CF_4$ と $CHF_3$ の混合ガス40ccmを、20ccmずつ均等に分配し、第2のガス分配器14-2では、 $N_2$ を50ccmずつ均等に分配している。この場合の加工深さおよび孔底のCD寸法のウェハ面内分布を図2(A)に示す。エッチング速度がウェハ中心部で高くウェハ外周部で低くなり、ウェハ中心ではウェハ外周に比べて孔が深く、孔底のCD寸法は小さくなっている。

10

#### 【0034】

次に、ウェハ面内において加工深さを均一にするため、磁場によりプラズマ分布制御を行った。このときの加工深さおよび孔底のCD寸法のウェハ面内分布を図2(B)に示す。磁場を加えることにより、エッチング速度の面内分布を均一にすることができ、加工深さの面内分布を均一にできることが分かる。一方で、ウェハ中心で孔底のCD寸法は小さいままであり、これはウェハ中心部で堆積膜が過剰に厚いか、あるいはエッチング障害物の堆積量が多いと推測される。

20

#### 【0035】

次に、図4に示すように、磁場によりプラズマ分布制御を行いながら、 $CF_4$ と $CHF_3$ については内側のガス孔と外側のガス孔からそれぞれ10ccmずつ均等に処理室に導入し、堆積膜除去に寄与する $N_2$ は内側のガス孔と外側のガス孔からそれぞれ80ccmと20ccmの流量で導入するようにした。このとき、第1のガス分配器14-1では $CF_4$ と $CHF_3$ の混合ガス40ccmを、20ccmずつ均等に分配し、第2のガス分配器14-2においては $N_2$ を8:2の流量比で分配している。即ち、第1のガス分配器14-1と第2のガス分配器14-2によって、内側のガス孔と外側のガス孔から処理室内に供給する $CF_4$ および $CHF_3$ の流量を変えずに、内側のガス孔から供給すると $N_2$ と外側のガス孔から処理室内に供給する $N_2$ の流量比を制御している。この場合の加工深さおよび孔底のCD寸法のウェハ面内分布を図2(C)に示す。図2(B)との比較からわかるように、加工深さの面内均一性を変えずにウェハ面内における孔底のCD寸法を均一にできることが分かる。

30

#### 【0036】

上記の説明では、第1のガス分配器14-1では第1のガスを均等に分配しているが、図2(B)の状態ですらに第1のガス分配器14-1のガス分配比を調節し、内側のガス孔から供給する第1のガスと外側のガス孔から供給する第1のガスの流量比を制御することで、加工深さの均一性を高めることができる。ただし、第1のガス分配器14-1の分配比を調整して加工深さの均一性を高めると、CD寸法の面内均一性が変化することがあるため、第1のガス分配器14-1における第1のガスの分配比は、CD寸法の面内分布を均一にする前に調節するのが望ましい。

40

#### 【0037】

以上、SiOCの加工において、加工深さは磁場により均一にし、孔底のCD寸法は内側のガス孔と外側のガス孔から導入する $N_2$ の流量比を調節することで均一にできることを示した。SiO<sub>2</sub>やSiOFのエッチングにおいては、例えばArとC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>などのCF系ガスとO<sub>2</sub>を用いるが、この場合は第2のガス分配器14-2において、O<sub>2</sub>の分配比を調節することで、ウェハ面内での加工深さを均一に保ったまま、孔底などのCD寸法をウェハ面内で均一にすることができる。

#### 【0038】

次に、ガス分配器の動作の確認方法について述べる。第1のガス分配器14-1と処理

50



室 1 との間にガス流量計 2 2 - 1、2 2 - 2 が設置され、第 2 のガス分配器 1 4 - 2 と処理室 1 との間にガス流量計 2 2 - 3、2 2 - 4 が設置されている。例えば、第 1 のガスを流した状態で、ガス流量計 2 2 - 1、2 2 - 2 の流量比と、第 1 のガス分配器 1 4 - 1 で設定したガス分配比を比較することで、第 1 のガス分配器 1 4 - 1 が正常に動作しているかをチェックすることができる。

【 0 0 3 9 】

また、第 1 のガスを流さないで、第 2 のガスを流し、ガス流量計 2 2 - 3、2 2 - 4 の流量比と第 2 のガス分配器 1 4 - 2 で設定したガス分配比を比較することで、第 2 のガス分配器 1 4 - 2 が正常に動作しているかをチェックすることができる。

【 0 0 4 0 】

さらに、第 1 のガス分配器 1 4 - 1 および第 2 のガス分配器 1 4 - 2 の下流で処理室 1 の上流側にバルブ 2 3 - 1、2 3 - 2 を設け、この弁の上流側でかつガス流量計 2 2 - 3、2 2 - 4 の下流側で、バルブ 2 3 - 3、2 3 - 4 を設けたガス配管を分岐させ、処理ガスを処理室内 1 を経由せずに、例えば、ドライポンプ 2 6 で排気できるようにすることで、ガス分配器の動作をチェックできるようにしてある。第 1 のガス分配器 1 4 - 1 を例に、以下に、その動作チェック手順を説明する。

【 0 0 4 1 】

まず、バルブ 2 3 - 1 とバルブ 2 3 - 4 を開け、バルブ 2 3 - 2 とバルブ 2 3 - 3 を閉じ、内側のガス孔から供給する処理ガスは、そのまま処理室 1 に導入され、通常は外側のガス孔から導入する処理ガスは、処理室 1 内を経由せずにドライポンプ 2 6 で排気されるようにしておく。そしてゲートバルブ 2 4 とバルブ 2 3 - 5 を閉じ、例えば、Ar ガス 500 c c m を流す。第 1 のガス分配器 1 4 - 1 におけるガス配分比は、例えば a : b に設定する。処理室 1 の容積と圧力の上昇速度から内側のガス孔から処理室 1 に導入された Ar ガスの流量を計算でき、求めた値を A とする。

【 0 0 4 2 】

次に、バルブ 2 3 - 2 とバルブ 2 3 - 3 をあけ、バルブ 2 3 - 1 と、バルブ 2 3 - 4 を閉じ、通常は内側のガス孔から供給する処理ガスは、処理室 1 に導入しないでドライポンプ 2 6 で排気し、外側のガス孔から導入する処理ガスはそのまま処理室 1 に導入されるようにしておく。そして、Ar ガス 500 c c m を流し、第 2 のガス分配器 1 4 - 1 の流量比を a : b のままにしておく。このときの処理室 1 の容積と圧力上昇速度から Ar ガスの流量を計算し、求めた流量値を B とする。そして、A : B と a : b の比を比較することで、第 1 のガス分配器 1 4 - 1 が正常に動作しているかを確認できる。

【 0 0 4 3 】

以上、第 1 の実施例を説明したが、第 1 の実施例のようなガスの供給制御は、ガス分配器を用いなくても可能である。そこで、次に、第 2 の実施例を、図 5 を用いて説明する。図 5 において、図 1 と重複する部分の説明は省略する。本実施例では、1 つの処理ガス毎に、内側のガス孔からの供給量を調節するためガス流量調節器 1 3 - 1 1 ~ 1 3 - 2 0 と、外側のガス孔からの供給量を調節するためのガス流量調節器 1 3 - 1 ~ 1 3 - 1 0 を備えている。図 1 との比較からわかるように、ガス流量調節器 1 3 の必要台数がガス分配器 1 4 を用いた場合と比べて多くなるが、図 1 と同様なガス供給制御が可能である。

【 0 0 4 4 】

上記の第 1 および第 2 の実施例は、磁場によるプラズマ分布制御の自由度の大きい平行平板型の E C R プラズマ処理装置に本発明を適用した場合について示したものであるが、本発明は、磁場以外の手段によってプラズマ分布の均一性を制御する方式のプラズマ処理装置にも広く適応できる。

【 0 0 4 5 】

その例として、次に、本発明の第 3 の実施例について説明する。図 6 は、C C P ( C a p a c i t i v e l y C o u p l e d P l a s m a ) 方式のプラズマ処理装置に本発明を適用した場合について示している。本装置は、例えば 1 0 M H z ~ 2 0 0 M H z の周波数の電磁波を電磁波放射アンテナから放出させ、電極間に発生する高周波電界により

10

20

30

40

50

ラズマを生成している。電磁波放射アンテナは例えば内側のアンテナ 3 - 1 と外側のアンテナ 3 - 2 の 2 つに分割してあり、高周波電力の分配器 1 7 によって内側のアンテナ 3 - 1 と外側のアンテナ 3 - 2 から放射する高周波電力の比を変えることでプラズマ分布制御の自由度を高めている。処理室 1 には被処理体 2 を載置する電極 4 が設置され、被処理体 2 に入射するイオンのフラックスやイオンの入射エネルギーを制御するため高周波電源 5 C が整合器 6 C を介して電極 4 に接続されている。図 6 に示した第 3 の実施例では、ガス流量調節器とガス分配器 1 4 - 1 , 1 4 - 2 の組み合わせは第 1 の実施例と同じとなっているが、第 2 の実施例と同じようなガス供給系にしてもよい。

#### 【 0 0 4 6 】

図 7 にガス分散板 1 0 を、内側のガス孔から処理室内に導入する処理ガスを分散させるための領域と、外周のガス孔から処理室内に導入する処理ガスを分散させるための領域の 2 つに分割している部分を拡大して示す。第 3 の実施例では、2 枚のガス分散板 1 0 - 1 、 1 0 - 2 を積み重ねて用いて、処理ガスを分散させている。ガス分配板 1 0 - 1 , 1 0 - 2 は、リング状仕切り（例えば O - リング）1 2 - 1 , 1 2 - 2 を用いてそれぞれ 2 つの領域に仕切られている。また O - リングの厚みにより、ガス分配板 1 0 - 1 、 1 0 - 2 が撓まないようにするため、例えば、アルミ製のスペーサ 3 3 を介してねじ 3 2 によって、ガス分散板 1 0 - 1 , 1 0 - 2 をアンテナ 3 にねじ止めしている。また、ガス分散板 1 0 - 1 、 1 0 - 2 とアンテナ 3 は、内側アンテナ 3 - 1 と外側アンテナ 3 - 2 でお互いにパワーの異なる高周波電力を印加できるようにするため、絶縁物 3 1 によって分離されている。

#### 【 0 0 4 7 】

次に、図 6 と処理室の上方から見たときのアンテナ 3 の形状を示す図 8 を用いて、アンテナ 3 へのガスの供給と高周波電力の入力について説明する。内側のアンテナ 3 - 1 に供給する高周波電力は、内側のアンテナ 3 - 1 の略中央に配置された電力接続部 3 4 - 1 を介して印加される。外側のアンテナ 3 - 2 に供給する高周波電力は、外側のアンテナ 3 - 2 の略円周上に配置された電力接続部 3 4 - 2 を介して供給される。

#### 【 0 0 4 8 】

内側のガス孔から処理室内に導入する処理ガスは、電力接続部 3 4 - 1 を避けて設けられたガス導入口 3 5 - 1 から内側のアンテナ 3 - 1 の内部に導入し、アンテナ内に設けられたガスの流路 2 7 - 1 を通ってアンテナの略中央部に設けたガス噴出口 3 6 - 1 からガス分散板 1 0 - 1 上に噴出される。外側のガス孔から処理室内に導入する処理ガスは、外側のアンテナ 3 - 2 の上部から、アンテナのガス導入口 3 5 - 2 から導入され、外側のアンテナ 3 - 2 内部に設けられたガスの流路 2 7 - 2 を通ってガス噴出口 3 6 - 2 からガス分散板 1 0 - 1 の上部外周側に噴出される。外側のガス孔から処理室内に導入される処理ガスが、シャワープレートの外側のガス孔から均等に処理室内に導入されるようにするため、外側のガス孔から処理室内に導入する処理ガスをアンテナ内部に導入するためのガス導入口 3 5 - 2 は略同心円状に複数個配置されている。そして、外側のガス孔から処理室内に導入する処理ガスを、ガス分散板 1 0 - 1 の外側領域で均等に分散させるため、外側のガス孔から処理室内に導入する処理ガスをガス分散板に噴出させるためのガス噴出口 3 6 - 2 は外側のアンテナ 3 - 2 に略円周上に複数個配置されているものとする。

#### 【 0 0 4 9 】

本装置において、被処理体面内で均一にエッチングするためには、最初に、例えば、内側アンテナ 3 - 1 と外側アンテナ 3 - 2 から放射される高周波電力のパワー比を調節するなどにより、加工深さを被処理体面内で均一にする。そして、内側のガス孔と外周のガス孔から処理室内に導入する O<sub>2</sub> あるいは N<sub>2</sub> ガスの流量比を調節すれば、被処理体面内において加工深さを均一に保ったまま、被処理体面内における C D 寸法を均一にすることができる。

#### 【 0 0 5 0 】

次に、第 4 の実施例を、図 9 を用いて説明する。本実施例の装置では、周波数の異なる 2 つの高周波電源 5 A と高周波電源 5 C がそれぞれ整合器 6 A と整合器 6 C を介して電極

10

20

30

40

50

4に接続されている。本装置は、高周波電源5Aと高周波電源5Cから出力された高周波電力によってプラズマを生成すると共に、高周波電源5Aの出力電力と高周波電源5Cの出力電力のバランスによってプラズマの分布を制御することができる。

【0051】

本装置において、被処理体面内で均一にエッチングを行うためには、例えば高周波電源5Aの出力電力と高周波電源5Cの出力電力のバランスを調節することによりプラズマ分布制御を行い、加工深さを処理体面内で均一にする。そして、天板のガス噴出口36-1、36-2を經由してシャワープレート11の内側のガス孔と外側のガス孔から処理室1に供給するO<sub>2</sub>あるいはN<sub>2</sub>の流量比を調節することにより、加工深さを被処理体面内で均一に保ったまま、CD寸法を被処理体面内で均一にすることができる。

10

【0052】

以上、各種プラズマ源について本発明の実施例を説明したが、本発明はこれらのプラズマ源への適用に限定されることはなく、他のプラズマ処理装置などに広く適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明を平行平板型ECRプラズマ処理装置に適用した第1の実施例の概略図。

【図2】被処理体面内の加工深さの均一性と被処理体面内のCD寸法の均一性を独立して制御できることを説明する図。

【図3】内側のガス孔と外側のガス孔で同じ組成のガスを導入するときのガス供給系におけるガスの流れを説明する図。

20

【図4】内側のガス孔からのN<sub>2</sub>の導入量を外側のガス孔からのN<sub>2</sub>の導入量より多くしたときのガス供給系におけるガスの流れを説明する図。

【図5】本発明を平行平板型ECRプラズマ処理装置に適用した第2の実施例の概略図。

【図6】CCPプラズマ処理装置に本発明を適用した第3の実施例の説明図。

【図7】図6の部分拡大図。

【図8】アンテナの構造を説明する図。

【図9】CCPプラズマ処理装置に本発明を適用した第4の実施例の説明図。

【図10】エッチングのメカニズムを説明する図。

【図11】従来の平行平板型プラズマ処理装置を説明する図。

30

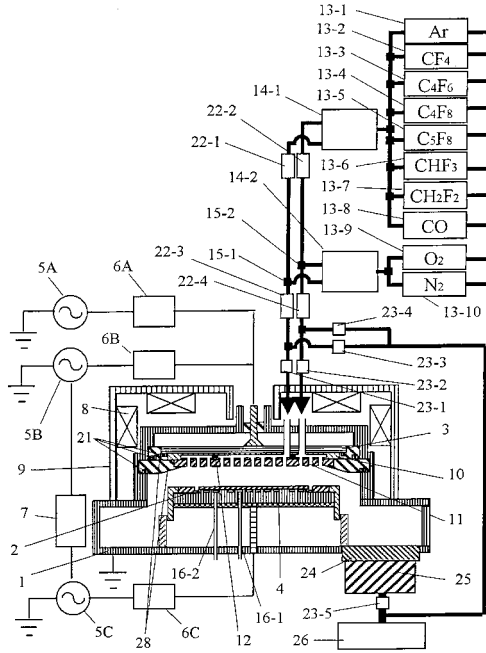
【符号の説明】

【0054】

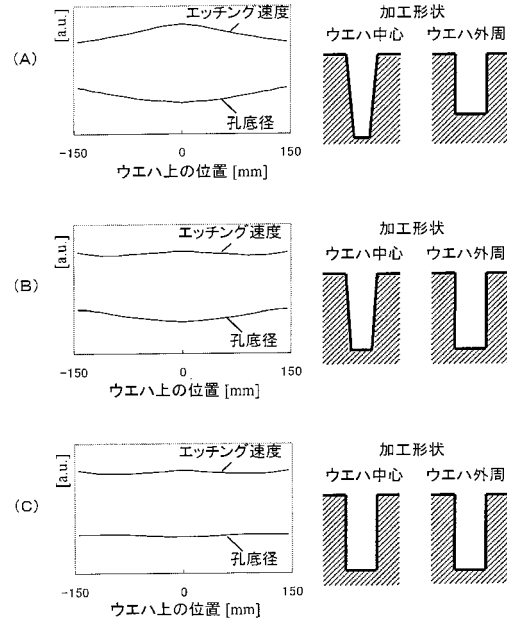
1：処理室、2：被処理体、3：電磁波放射アンテナ、4：被処理体載置電極、5A：電磁波放射電源、5B：電磁波放射アンテナに接続されたRF電源、5C：被処理体載置電極に接続されたRF電源、6A：電磁波放射電源のための整合器、6B：電磁波放射アンテナに接続されたRF電源のための整合器、6C：被処理体載置電極に接続されたRF電源のための整合器、7：位相制御器、8：磁場コイル、9：ヨーク、10：ガス分散板、11：シャワープレート、12：ガス分散板の仕切り、13：ガス流量調節器、14：ガス分配器、15：ガス配管の合流点、16…冷却用ヘリウムの導入路、17：高周波電力分配器、51：SiOC、52：レジスト、53：堆積膜、20：ガスポンペ、21：O-リング、22：流量計、23：バルブ、24：ゲートバルブ、25：ターボ分子ポンプ、26：ドライポンプ、27：ガス流路、28：石英部品、31：絶縁物、32：ねじ、33：スペーサ、34：電力接続部、35：アンテナにおけるガス導入口、36：アンテナ(天板)におけるガス噴出口

40

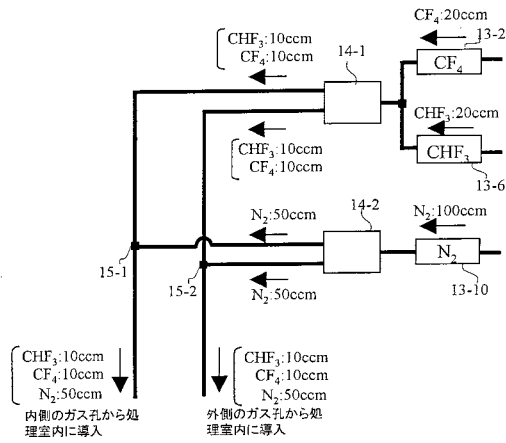
【 図 1 】



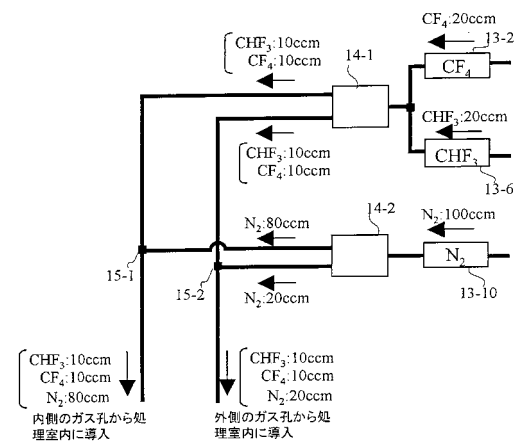
【 図 2 】



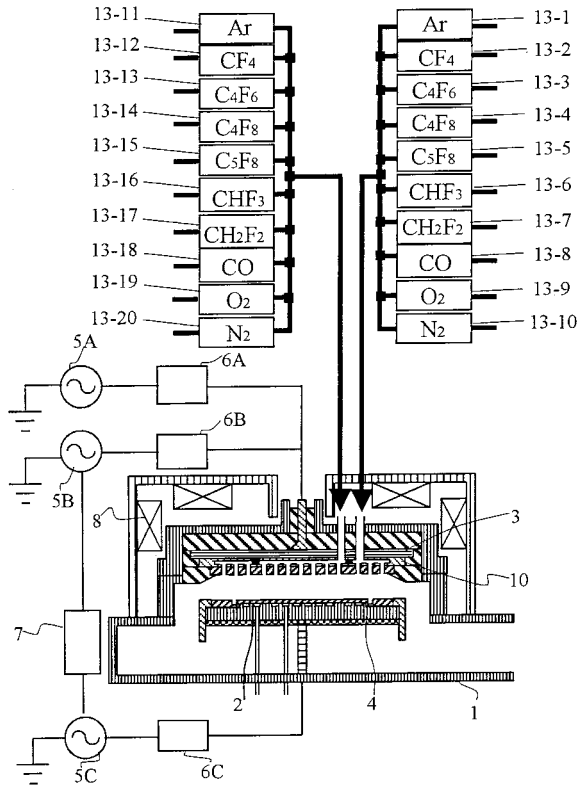
【 図 3 】



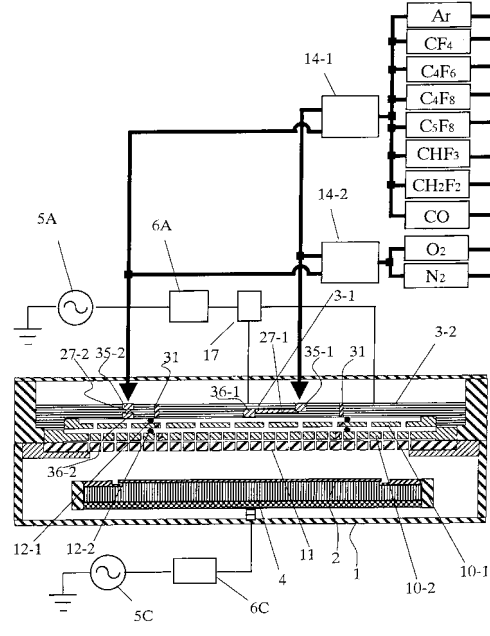
【 図 4 】



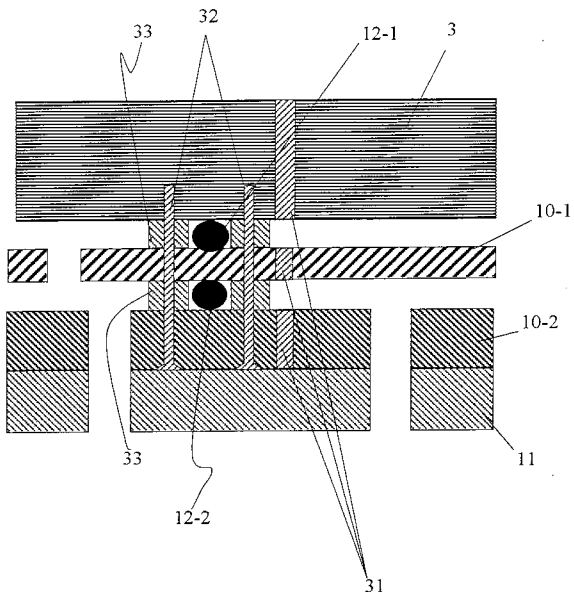
【 図 5 】



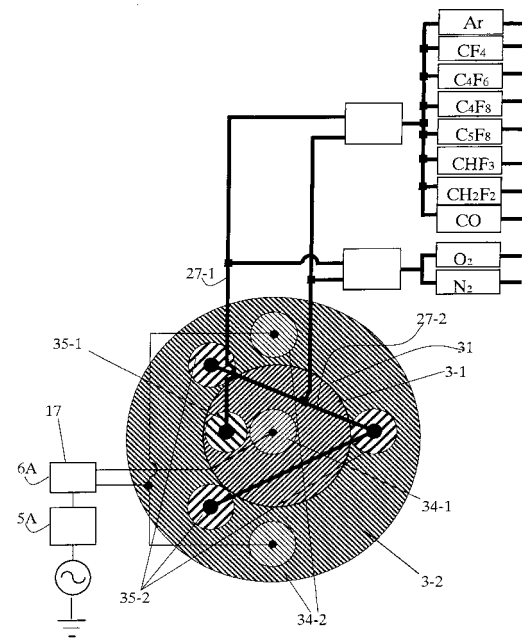
【 図 6 】



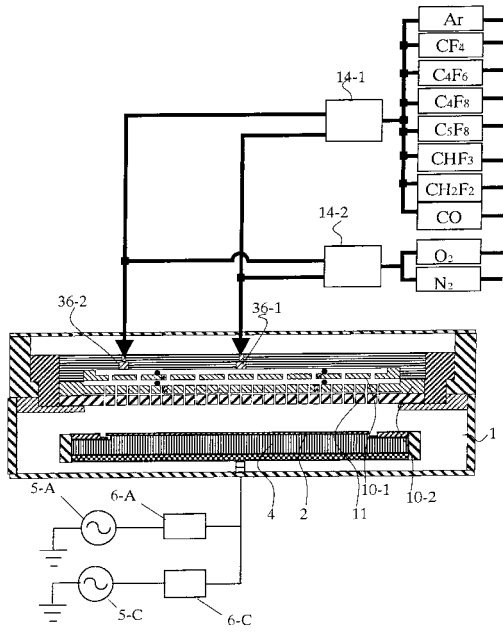
【 図 7 】



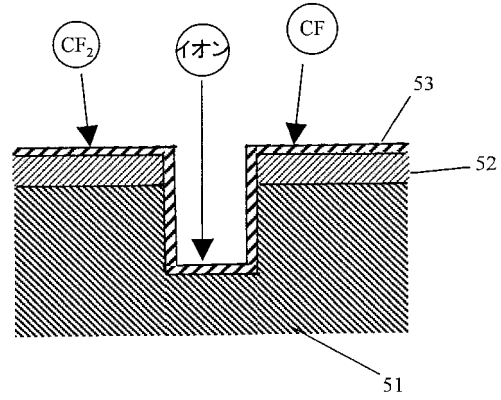
【 図 8 】



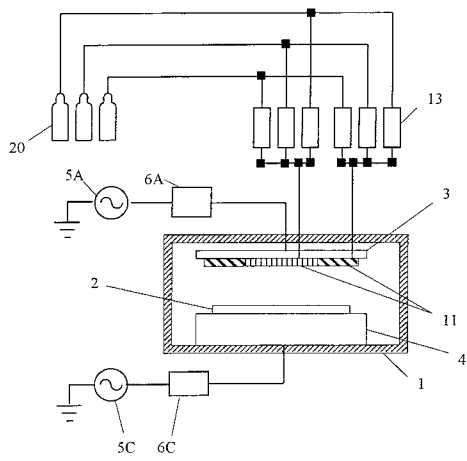
【図9】



【図10】



【図11】



## フロントページの続き

(72)発明者 伊澤 勝

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社 日立製作所 中央研究所内

(72)発明者 金清 任光

山口県下松市東豊井794番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内

審査官 市川 裕司

(56)参考文献 特開2002-093784(JP,A)

特開2004-200429(JP,A)

特開2000-208483(JP,A)

特表平10-510389(JP,A)

特開2000-156370(JP,A)

特開2002-184764(JP,A)

特開2002-064084(JP,A)

特開平10-158844(JP,A)

特開2004-088111(JP,A)

特開平03-224224(JP,A)

特開平07-078769(JP,A)

特開2004-087875(JP,A)

特開2005-056997(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46