

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4814259号  
(P4814259)

(45) 発行日 平成23年11月16日(2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月2日(2011.9.2)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>H05H</b>	<b>1/46</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H01L</b>	<b>21/31</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H01L</b>	<b>21/3065</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>C23C</b>	<b>16/455</b>	<b>(2006.01)</b>

H05H	1/46	M
H01L	21/31	C
H01L	21/302	101B
C23C	16/455	

請求項の数 17 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-555173 (P2007-555173)
(86) (22) 出願日	平成18年2月8日(2006.2.8)
(65) 公表番号	特表2008-537628 (P2008-537628A)
(43) 公表日	平成20年9月18日(2008.9.18)
(86) 國際出願番号	PCT/US2006/004284
(87) 國際公開番号	W02006/088697
(87) 國際公開日	平成18年8月24日(2006.8.24)
審査請求日	平成21年2月5日(2009.2.5)
(31) 優先権主張番号	11/057,433
(32) 優先日	平成17年2月15日(2005.2.15)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	592010081 ラム リサーチ コーポレーション LAM RESEARCH CORPORATION アメリカ合衆国, カリフォルニア 945 38, フレモント, クッシング パークウ エイ 4650
(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康徳
(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置用ガス分配部材の製造方法および該部材のガス透過率の調整方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法であって、  
前記ガス分配部材の対向する入口面と出口面との間に延在するガス注入孔を形成すること、  
前記ガス分配部材の複数のゾーンの各ゾーンに対して、前記出口面において前記ガス注入孔から流出する総ガス流量を測定すること、  
前記出口面において所望のガスフロー分配パターンを達成するために、前記ゾーンの各ゾーンに対して測定された前記総ガス流量に基づいて、前記ゾーンの1つ以上のゾーンにおいて前記ガス分配部材のガス透過率を調整することとを有する方法。

## 【請求項 2】

前記ガス分配部材はシリコン又は炭化ケイ素から成るシャワーヘッド電極である請求項1記載の方法。

## 【請求項 3】

前記ガス分配部材はガス分配プレートである請求項1記載の方法。

## 【請求項 4】

前記調整の後、前記ガス分配部材が前記出口面においてほぼ均一なガスフロー分配パターンを提供できるように、前記ゾーンの各ゾーンはほぼ同一のガス透過率を有する請求項1記載の方法。

## 【請求項 5】

10

20

前記調整の後、前記ゾーンの少なくとも 2 つのゾーンは互いに異なるガス透過率を有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

前記ガス注入孔は機械的形成技術により形成される請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

前記ガス注入孔の少なくとも 2 つのガス注入孔は互いに異なる断面形状を有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

前記ガス分配部材の前記ガス透過率の前記調整は、

前記測定された総ガス流量のうち、最大の総ガス流量を有する前記ゾーンを第 1 のゾーンとし、前記第 1 のゾーンの総ガス流量と前記ゾーンの少なくとも第 2 のゾーンを通る総ガス流量との差を判定することと、

10

前記第 2 のゾーンにおいて、( i ) 変更されたガス注入孔を通るガス流量を増加するために、少なくとも 1 つのガス注入孔を変更及び / 又は ( i i ) 前記第 1 のゾーンの前記ガス透過率に対して前記第 2 のゾーンの前記ガス透過率を調整するために少なくとも 1 つの追加ガス注入孔を形成することとを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

( i ) 及び / 又は ( i i ) に対して使用される前記形成技術は、前記第 2 のゾーン内の孔の総数に基づいて判定される請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

20

前記ガス分配部材の前記ガス透過率の前記調整は、

所望の総ガス流量と前記ゾーンの各ゾーンを通る前記測定された総ガス流量との差を判定することと、

前記 1 つ以上のゾーンの各ゾーンにおいて、( i ) 変更されたガス注入孔を通るガス流量を増加するために、少なくとも 1 つのガス注入孔を変更及び / 又は ( i i ) 前記所望の総ガス流量に基づいて前記 1 つ以上のゾーンの前記ガス透過率を調整するために少なくとも 1 つの追加ガス注入孔を形成することとを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

( i ) 及び / 又は ( i i ) に対して使用される前記形成技術は、前記 1 つ以上のゾーン内の孔の総数に基づいて判定される請求項 10 記載の方法。

30

【請求項 12】

プラズマ処理装置用ガス分配部材のガス透過率を調整する方法であって、

ガス分配部材の出口面においてガスが流出するよう、前記ガス分配部材のガス注入孔を通してガスを流すことと、

前記ガス分配部材の複数のゾーンの各ゾーンに対して、前記ガス注入孔から流出する総ガス流量を測定することと、

前記出口面において所望のガス流れ分配パターンを達成するために、前記ゾーンの各ゾーンに対して測定された前記総ガス流量に基づいて、前記ゾーンの 1 つ以上のゾーンにおいて前記ガス分配部材のガス透過率を調整することとを有する方法。

【請求項 13】

40

前記ガス分配部材はシリコン又は炭化ケイ素から成るシャワーヘッド電極である請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

前記ガス分配部材の前記ガス透過率の前記調整は、

前記測定された総ガス流量のうち、最大の総ガス流量を有する前記ゾーンを第 1 のゾーンとし、前記第 1 のゾーンの総ガス流量と前記ゾーンの少なくとも第 2 のゾーンを通る総ガス流量との差を判定することと、

前記第 2 のゾーンにおいて、( i ) 変更されたガス注入孔を通るガス流量を増加するために、少なくとも 1 つのガス注入孔を変更及び / 又は ( i i ) 前記第 1 のゾーンの前記ガス透過率に対して前記第 2 のゾーンの前記ガス透過率を調整するために少なくとも 1 つの

50

追加ガス注入孔を形成することとを含む請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 5】

( i ) 及び / 又は ( i i ) に対して使用される前記形成技術は、前記第 2 のゾーン内の孔の総数に基づいて判定される請求項 1 4 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記ガス分配部材の前記ガス透過率の前記調整は、

所望の総ガス流量と前記ゾーンの各ゾーンを通る前記測定された総ガス流量との差を判定することと、

前記 1 つ以上のゾーンの各ゾーンにおいて、( i ) 変更されたガス注入孔を通るガス流量を増加するために、少なくとも 1 つのガス注入孔を変更及び / 又は ( i i ) 前記 1 つ以上のゾーンの前記ガス透過率を調整するために少なくとも 1 つの追加ガス注入孔を形成することとを含む請求項 1 2 記載の方法。 10

【請求項 1 7】

( i ) 及び / 又は ( i i ) に対して使用される前記形成技術は、前記 1 つ以上のゾーン内の孔の総数に基づいて判定される請求項 1 6 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体ウエハ等の半導体基板を処理するプラズマ処理装置は、孔を有するガス分配部材を含み、ガスはこれらの孔を通してプラズマ処理チャンバに流し入れられる。例えば、ガス分配部材は、チャンバ内で処理中の半導体基板の表面全体にプロセスガスを分配するためにチャンバ内に配置されるシャワーヘッド電極である。

【特許文献 1】米国特許第 6,451,157 号公報

【特許文献 2】米国特許第 6,408,786 号公報

【特許文献 3】米国特許第 6,464,843 号公報

【特許文献 4】米国特許第 6,506,254 号公報

【特許文献 5】米国特許第 6,620,520 号公報

【特許文献 6】米国特許第 6,780,787 号公報

【特許文献 7】米国特許第 6,805,952 号公報

【特許文献 8】米国特許第 6,830,622 号公報

【特許文献 8】米国特許第 6,391,787 号公報

【特許文献 9】米国特許第 6,073,577 号公報

【特許文献 10】米国特許第 5,534,751 号公報

【特許文献 11】米国特許第 5,998,932 号公報

【特許文献 12】米国特許第 6,527,911 号公報 プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法及びガス分配部材が提供される。方法の好適な実施形態は、ガス分配部材内にガス注入孔を形成することと、ガス分配部材を通るガス流量を測定することと、所望のガス流の分配を提供できるようにガス分配部材の透過率を調整することとを含む。 40

【0 0 0 3】

ガス分配部材には、シャワーヘッド電極、ガス分配プレート、バフル又はガスをプラズマ処理チャンバ内に導入するために使用される他の部材が使用可能である。

【0 0 0 4】

プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法の好適な実施形態は、ガス分配部材の入口面と出口面との間に延在するようにガス注入孔を形成することを含む。ガスはガス注入孔を通して流れ、ガス分配部材の複数のゾーンの各々に対して、出口面においてガス注入孔から流出する総ガス流量が測定される。ガス分配部材のガス透過率は、出口面において所望のガスフロー分配パターンを達成するために、各ゾーンに対して測定された総ガ 50

ス流量に基づいて、1つ以上のゾーンにおいて調整可能である。

【0005】

好適な実施形態において、ガス分配部材のガス透過率は、部材のゾーンのうち第1のゾーンを通る最大総ガス流量を判定することと、最大総ガス流量とゾーンのうち少なくとも第2のゾーンを通る総ガス流量との差を判定することと、第2のゾーンにおいて、孔を通るガス流量を増加するために少なくとも1つのガス注入孔を変更及び／又は少なくとも1つの追加ガス注入孔を形成することにより調整可能である。

【0006】

プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法の別の好適な実施形態は、所望の総ガス流量と部材の複数のゾーンを通る測定された総ガス流量との差を判定することと、ゾーンのうち1つ以上のゾーンにおいて、孔を通るガス流量を増加するために少なくとも1つのガス注入孔を変更及び／又は少なくとも1つの追加のガス注入孔を形成することにより、ガス分配部材のガス透過率を調整することを含む。

10

【0007】

好適な実施形態において、ガス分配部材に対する透過率調整の実行後、透過率調整が良好であるかを確認するために、ガス分配部材を通るガス流量が測定される。

【0008】

プラズマ処理装置用ガス分配部材の透過率を調整する方法の好適な実施形態は、部材のガス注入孔を通してガスを流すことと、部材の異なるゾーンにおいてガス注入孔から流出する総ガス流量を測定することとを含む。各ゾーンに対する総ガス流量に基づいて、ガス分配部材の1つ以上のゾーンにおけるガス透過率が調整される。

20

【0009】

プラズマ処理装置用ガス分配部材の好適な実施形態は、機械的に形成されたガス注入孔及びレーザドリル法により形成された1つ以上のガス注入孔を具備する。ガス分配部材は、ガスがガス注入孔から流出する出口面を含む。一実施形態において、ガス分配部材は、表面全体にほぼ均一なガスフロー分配パターンを提供できる。別の実施形態において、ガス分配部材は、表面全体に所望の不均一なガスフロー分配パターンを提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

プラズマ処理装置は、シャワーヘッド電極又はガス分配プレート等のガス分配部材を含み、プロセスガスはこのガス分配部材を通してプラズマ処理チャンバに流し入れられる。例えば、容量結合型チャンバ等の平行平板型プラズマ処理チャンバは、シャワーヘッド上部電極及び下部電極を含むことができる。上部電極の底面又は出口面はプラズマに対して露出し、通常は基板支持体に対向する。処理動作中、半導体基板が基板支持体上に支持される。例えばエッチング処理又は成膜処理等のプラズマ処理の間、電極に電力を供給してプロセスガスに通電することにより、電極間の領域にプラズマが形成される。

30

【0011】

シャワーヘッド電極は、処理中の基板の表面全体にプロセスガスを分配するために、底面全体に配置される出口を有するガス注入孔を含む。ガス注入孔は、研磨材スラリー（abrasive slurries）を使用する機械的ドリル技術等の機械的孔形成技術により形成される。通常、このような技術の最大精度は約±0.003インチである。このレベルの精度では、ガス分配部材の領域が、他の領域に対して望ましくないガスフロー特性の差を有する結果となる。このことは、ガス分配部材を使用して処理される半導体基板全体の処理速度の均一性、例えば基板エッチング速度の均一性に悪影響を与える可能性がある。

40

【0012】

シャワーヘッド電極等のガス分配部材内にガス注入孔を形成するのに使用できる別の孔形成技術はレーザドリル法である。レーザドリル法は、機械的孔形成技術よりも高レベルの精度でガス注入孔を形成するために使用できる。しかしながら、レーザドリル法は、機械的ドリル法に比べて、形成される孔当たりの費用が非常に高く、例えば、レーザドリル

50

法の費用は機械的ドリル法の10倍以上になることがある。通常、シャワーHEAD電極は数百個のガス注入孔を含むため、シャワーHEAD電極の全てのガス注入孔をレーザドリル法により形成するための総額は著しく高くなる。

#### 【0013】

また、シャワーHEAD電極は消耗部品であり、定期的に交換される。交換費用を低減するためには、他の消耗されるガス分配部材の総製造費と共にシャワーHEAD電極の総製造費を低減することが望ましい。従って、ガス分配部材内にガス注入孔の配列を形成する経済的な方法を提供することが望ましい。そのような部材が、所望のフロー分配パターンでプロセスガスをプラズマ処理チャンバ内に分配するために使用されることが更に望ましい。

10

#### 【0014】

従って、プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法が提供される。好適な実施形態において、全てのガス注入孔は、同一の技術を使用してガス分配部材内に形成される。例えば、ガス分配部材内の全てのガス注入孔を形成するために、機械的孔形成が使用できる。本実施形態において、ガス注入孔の主要部分は、機械的孔形成技術によって、所望のパターンでガス分配部材内に形成される。ガス分配部材のガス透過率は、所望の最終的なガス注入孔パターンを達成するために、部材の1つ以上の選択されたゾーンにおいて機械的形成技術を使用して調整される。以下に説明するように、ガス透過率を調整するガス分配部材の場所は、最初に形成されたガス注入孔を通るガス流量を測定し、その後、測定されたガス流量値に基づいて1つ以上のゾーンにおいて部材の透過率を調整することにより

20

判定できる。

#### 【0015】

本明細書において使用されるように、ガスがガス注入孔を通って流れる場合、ガス分配部材の「透過率」又は部材のゾーンの「透過率」は、部材の出口面全体にわたるガス注入孔を通る総ガス流量又はゾーンのガス注入孔を通る合成ガス流量によりそれぞれ特徴づけられる。例えば、ガス分配部材又は部材のゾーンを通る総ガス流量は、sccm等の従来の単位で測定される容積流量で表される。

#### 【0016】

別の好適な実施形態において、機械的孔形成技術は、ガス分配部材内の全てのガス注入孔の主要部分を形成するために使用される。その後、部材の1つ以上のゾーンにおいてガス分配部材の透過率を調整するために、レーザドリル法等のより精密な技術が使用される。

30

#### 【0017】

従って、方法の好適な実施形態は、経済的な孔形成技術を利用して全てのガス注入孔の主要部分を形成し、同一の技術又は異なる技術を使用してガス注入孔パターンを調整して、プラズマ処理チャンバ内に所望のガスフロー分配パターンを提供するように構成されるガス分配部材を形成できる。ガス分配部材の透過率は、機械的に形成された孔のうち1つ以上の孔を変更及び/又はガス分配部材内に1つ以上の追加ガス注入孔を形成することにより調整される。

#### 【0018】

ガス分配部材はシャワーHEAD電極であってもよく、プラズマ処理の間、シャワーHEAD電極はプラズマ処理チャンバ内で接地されるか又は電力が供給される。別の好適な実施形態において、ガス分配部材はガス分配プレート、例えばバフルであってもよい。ガス分配部材は新しい部分（すなわち、プラズマ処理に使用されていないガス分配部材）であるのが好ましい。あるいは、ガス分配部材は使用された部分である。

40

#### 【0019】

ガス分配部材は、例えば、単結晶シリコン、ポリシリコン、アモルファスシリコン又は炭化ケイ素を含むプラズマ処理チャンバ内で使用される任意の適切な物質から成る。アルミニウム又はアルミニウム合金などの金属材料が、プラズマ処理チャンバ内でプラズマに對して露出されないガス分配部材を製造するのに使用できる。バフルチャンバに設けられ

50

るバフル板等のガス分配金属部材は、プラズマに対して露出されるシリコン被覆面を有する。電極アセンブリ及びシリコンを含むバフル板の構成例は、本出願の譲受人と同一の譲受人に譲渡され本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第6,451,157号公報に説明される。

【0020】

ガス分配部材内、例えばシャワーHEAD電極内に形成されたガス注入孔は、通常は円形の孔であり、約0.005インチ～約0.05インチの直径を通常は有することができる。通常、ガス分配部材内のガス注入孔の総数は数百個、例えば600個以上である。

【0021】

ガス注入孔は他の適切な断面形状、例えばテーパ形状又は溝付き形状を有する。互いに異なる形状、例えば円形孔及びテーパ孔又は溝付きの孔を有するガス注入孔を同一のガス分配部材内に設けることができる。

【0022】

プラズマ処理装置用ガス分配部材を製造する方法の好適な実施形態は、出口面を有するガス分配部材内にガス注入孔を形成することを含み、ガスはこの出口面においてガス注入孔から流れる。ガス分配部材の出口面は、オプションとしてゾーンに分割可能であり、各ゾーンはガス注入孔を含む。次に、ガスがガス注入孔を通って流れ、各ゾーンを通って部材の出口面から流れる総ガス流量が測定される。個別のゾーンに対するガス流量測定値に基づいて、ガス分配部材の透過率が1つ以上のゾーンにおいて調整される。ゾーンの透過率は、別のゾーン、例えば総ガス流量が最も大きいゾーンの透過率に対して調整される。あるいは、ゾーンの透過率は、所望の透過率値、例えば、プラズマ処理動作に所望のガスフロー分配パターンを提供する処理設計値に対して調整される。

【0023】

ガス注入部材の透過率は、1つ以上の追加ガス注入孔を形成することによって、あるいは、1つ以上の孔の大きさの増加、すなわち、少なくとも孔の長さの一部分に沿う（例えば、孔の出口部分における）フロー断面積の増加等によって孔を通るガス流量が増加するように、少なくとも1つのガス注入孔を変更することによって、ある特定のゾーンにおいて調整される。調整は、初期のガス注入孔を形成するために使用された技術、例えば機械的形成技術と同一の技術を使用するか又は異なる形成技術、例えばレーザドリル法を使用して実行される。

【0024】

ガス分配部材を製造する方法の好適な実施形態において、ガス注入孔は、シリコン又は炭化ケイ素から成るシャワーHEAD電極内に機械的形成技術を使用して形成される。通常、数百個のガス注入孔がこの技術によって電極内に形成される。図1は、シャワーHEAD電極10の一実施形態の底面を示す。シャワーHEAD電極10は円形の板状構造を有し、電極の厚み方向、すなわち表面に垂直な方向に貫通するガス注入孔（不図示）を含む。シャワーHEAD電極10は、ウエハを処理するのに適した直径、例えば200mm又は300mmの直径を有する。ガス注入孔は、シャワーHEAD電極内に任意の所望のパターン、例えば同心円パターンで配列される。

【0025】

シャワーHEAD電極10の出口面12は、オプションとして、中央ゾーン26を包囲するゾーン14、16、18、20、22、24に空間的に分割（又はマップ）される。例えば、ゾーンのパターンのテンプレートが作成される。この場合、図1に示すように、ゾーンはシャワーHEAD電極10の出口面12全体を含むのが好ましい。以下に更に詳細に説明されるように、ガスは、各ゾーンの透過率を判定するために各ゾーンを通って流れるのが好ましい。

【0026】

シャワーHEAD電極又は他のガス分配部材に対して、ゾーンの大きさ、形状及び数は様々に異なる。例えば、シャワーHEAD電極10は、使用状態における所望の最高電極性能に応じて、図1に示されるより多くのゾーン又は少ないゾーン、例えば約2個～約24個

10

20

30

40

50

のゾーンに分割される。ゾーンの数を増加することにより、出口面にわたるガス注入孔から流出するガス流量の均一性が向上する。図2は、各々がほぼ同一の大きさ及び形状を有する4個のゾーン32、34、36、38に分割された出口面31を含むシャワーHEAD電極30の別の好適な実施形態を示す。

【0027】

本実施形態において、シャワーHEAD電極10を通るガス流量は、以下に示す方法例で測定される。シャワーHEAD電極10は、ゾーン14～26の各々を通るガス流量を測定するように構成されるガス流量測定装置40に設置される。図3は、2つのプレナム42、44を含むガス流量測定装置40の一実施形態を示す。プレナム42は入口面28の外周を密閉するように構成され、プレナム44はシャワーHEAD電極10の出口面12の外周を密閉するように構成される。ガス流量が測定されるシャワーHEAD電極10の表面積を最大化するために、2つのプレナム42、44は、シャワーHEAD電極10の直径を近似する直径を有する円形の外形を有するのが好ましい。

10

【0028】

プレナム42は、ガスソース46、ガスライン48、遮断弁50、流量制御弁52及び圧力センサ54を具備するガス供給システムに接続する。

【0029】

プレナム44の個別のゾーンの数、形状及び大きさは、シャワーHEAD電極10上でガス流量を測定されるゾーンの数、形状及び大きさに対応する。従って、図1に示すシャワーHEAD電極10の場合、プレナム44は、シャワーHEAD電極10のゾーン14～26の形状及び大きさを有する7個のゾーンを含む。プレナム44のゾーンは、シャワーHEAD電極10の出口面12に垂直な方向に延在する壁を分割することにより規定される。個別のゾーンを通して総ガス流量を正確に測定できるように、プレナム44の各ゾーンは、周囲大気から密閉されると共に他のゾーンから密閉されるのが好ましい。

20

【0030】

シャワーHEAD電極10の各ゾーンは、各流量測定器56に別個に接続されるのが好ましい。流量測定器56の出力は、遮断弁58及び真空ポンプ60に一括して接続されるのが好ましい。この構成により、所望のガス流量及び入口ガス圧がシャワーHEAD電極10に適用される。試験に使用されるガス流量条件及び圧力条件は、シャワーHEAD電極10を使用する半導体基板のプラズマ処理の間に適用される典型的な動作条件に類似するのが好ましい。

30

【0031】

一実施形態において、プレナム44のゾーンを介してシャワーHEAD電極10のゾーンを通って流出するガス流量を測定するために、プレナム42、44及びシャワーHEAD電極10が排気されるように、真空ポンプ60は起動され、弁58は開放される。所望の真空レベルに到達すると、流量測定器56が流量ゼロを示していることが確認される。

【0032】

遮断弁50を開放してガスをガスソース46からプレナム42に流し、流量制御弁52を用いてガス流量を調整して、圧力センサ54における圧力測定値を取得する。この圧力測定値は、シャワーHEAD電極10に使用される典型的な動作条件と比較できる。システムは安定化され、個別のゾーンを通るガス流量が流量測定器56によって個別に又は同時に測定される。流量は、手動で記録されるか又は電子的に記録されるのが好ましい。

40

【0033】

好適な実施形態において、ガス流量測定装置40はコントローラに電気的に接続される。コントローラは、遮断弁50、流量制御弁52、圧力センサ54、流量測定器56、遮断弁58及び真空ポンプ60から選択される任意の要素と制御通信を行う。コントローラは、圧力センサ54及び流量測定器56から値を読み取って弁の動作を制御できる。また、コントローラは、測定値を利用して数値計算を実行できる。

【0034】

シャワーHEAD電極10の個別のゾーンを通るガス流量の測定後、ガス流量測定装置4

50

0からシャワーヘッド電極10を取り外すことができる。個別のゾーンを通った総ガス流量値に基づいて、シャワーヘッド電極10の出口面12において所望のガスフロー分配パターンを達成するために、いずれかのゾーンの透過率を調整することが望ましいかを判定できる。例えば、ゾーンに対する個別の総ガス流量値は互いに比較され、最大の総ガス流量測定値を判定できる。最大測定値より小さい総ガス流量値を有するゾーンに対しては、それらのゾーンの1つ以上のゾーンが好ましくは最大測定値にほぼ等しい総ガス流量を提供できるように、その1つ以上のゾーンの透過率が調整される。

#### 【0035】

他の実施形態においては、ガスが基板の処理面にわたって所望のフローパターンに分配されるように、ガス分配部材の異なるゾーン、例えば外周を規定するゾーンにおいて又はガス分配部材の中央部分において、より高いガス透過率を提供することが望ましい。

10

#### 【0036】

別の実施形態において、ゾーンに対する個別の総ガス流量値は、所望の値、例えば所定の値と比較される。全ての総ガス流量測定値が所望の値を超えない場合、所望のガスフロー分配パターンを達成するために、1つ以上のゾーンの透過率は所望の値に対して調整される。ゾーンに対する総ガス流量測定値のうち1つ以上の測定値が所望の値を超える場合、それらのゾーンのうち1つ以上のゾーンの透過率は最大測定値又は所望の値に対して調整される。そのような実施形態においては、プロセスガスが基板の処理面にわたって所望のフロー分配パターンに分配されるように、ガス分配部材が、1つ以上の選択されたゾーン、例えばガス分配部材の外周又は中央部分においてより高いガス透過率を有することが望ましい。

20

#### 【0037】

ガス分配部材の1つ以上のゾーンの透過率が機械加工により調整された後、透過率の調整によってゾーンを通る所望の総ガス流量が提供されることを確認するために、ゾーンを通るガス流量がガス流量測定装置40において再測定される。ガス分配部材を更に機械加工することが望ましいと判定された場合、1つ以上のガス注入孔を変更するため及び/又は1つ以上の追加ガス注入孔を形成するために、ガス分配部材は、1つ以上の選択されたゾーンにおいて上述の手順に従って機械加工される。要望に応じて、この手順はガス分配部材の所望のガスフロー性能が達成されるまで繰り返される。

#### 【0038】

30

一実施形態において、シャワーヘッド電極10の各ゾーンに対して、等しい所定の総ガス流量 $Q_0$ が示される。ゾーン $j$ において測定された実際の総ガス流量は $Q_j$ で表される。各ゾーンに対して、所定の流量と実際の流量との差 $Q_j$ が算出できる。すなわち、 $Q_j = Q_0 - Q_j$ である。

#### 【0039】

本実施形態において、ゾーンに対する単位孔断面積当たりのガス流量、すなわち比率 $Q_j / A_j$ を維持することが好ましい。Aはゾーンの基準総孔フロー断面積であり、Qはゾーンの総ガス流量である。関係式 $Q_j / A_j = Q_j / A_j$ を用いて、ゾーンに対する所望の総フロー断面積を達成するために、選択されたゾーンに追加されるフロー断面積 $A_j$ が算出される。所望のフロー断面積 $A_j$ は、1つ以上の既存の孔のフロー断面積を増加するか又はゾーン内に1つ以上の追加孔を追加することによってゾーンに追加される。上述のように、機械的ドリル法、超音波ドリル法又はレーザドリル法等の形成方法を使用して、1つ以上の孔のフロー断面積が量 $A_j$ の分だけ増加するように1つ以上の孔の大きさを調整するか又は $A_j$ に等しい総フロー断面積を有する1つ以上の孔を追加する。

40

#### 実施例1

一例であるシャワーヘッド電極は7個のゾーンを含み、各ゾーンは、各々が0.025インチの基準径を有する240個の孔を含む。各ゾーンにおいて、 $A_j$ は0.118平方インチである。孔は任意の適切な形成技術により形成できる。所定の流量値が36.1s $cm^3$ 、 $A_j / Q_j$ が $3.263 \times 10^{-3}$ 平方インチ/s $cm^3$ であると仮定する。

50

## 【0040】

ガスはゾーンのガス注入孔を通して流され、ゾーンに対する総ガス流量測定値を表1に示す。また、表1は、各ゾーンが同一の総フロー断面積を有するように各ゾーンに追加される算出された孔径を示す。ゾーン6では、最大の総ガス流量  $Q_j$  が測定された。従って、残りのゾーン1～5及び7の各々のフロー断面積は、表1に示す合計直径を有する1つ以上の孔をゾーン1～5及び7の各々に追加することにより、ゾーン6のフロー断面積に對して調整される。例えば、ゾーン1においては、直径が0.018インチである単一の追加孔が任意の適切な形成技術により形成される。ゾーン7においては、所望の直径0.044インチを有する単一の追加孔又は各々が所望の直径0.022インチを有する2つの追加孔が形成される。

10

## 【0041】

## 【表1】

ゾーン	流量 $Q_j$	所望の流量 $Q_j$	$\Delta Q_j$	$A_j / Q_j \times \Delta Q$	孔径(インチ)
1	35.8	36.1	0.3	0.0010	0.018
2	34.7	36.1	1.4	0.0046	0.038
3	34.6	36.1	1.5	0.0049	0.039
4	35.3	36.1	0.8	0.0026	0.029
5	34.3	36.1	1.8	0.0059	0.043
6	36.1	36.1	0	0	無し
7	34.2	36.1	1.9	0.0062	0.044

20

## 【0042】

この実施例は、ガス分配部材内に形成されたガス注入孔の大きさの誤差がガス分配部材を通るガス流量に与える影響を説明する。ある特定の孔に対して、所望の孔の大きさ、例えば円形の孔の直径と実際の孔の大きさとの差によって誤差が与えられる。ガス分配部材の各ゾーンに対する実際の総ガス流量は個別に測定され、1つのゾーンに対する最大総ガス流量値又は1つ以上のゾーンに対する所望の総ガス流量、例えば所定の総ガス流量値と、そのゾーンに対する実際に測定された総ガス流量値との差が判定される。この差から、このゾーンの総ガス流量を最大値又は所望の値に増加するために、選択されたゾーン内に追加される追加フロー断面積  $A_j$  が判定できる。

30

## 【0043】

上述のように、ゾーン内に追加のフロー断面積を与えるために、機械的ドリル法、超音波ドリル法又はレーザドリル法等の任意の適切な技術によって、追加孔がゾーン内に形成される。孔を形成するために使用される特定の孔形成技術に関連する誤差を仮定する場合、追加孔の実際の直径は算出された直径とは異なる。追加された孔の大きさの誤差が孔を追加した結果得られるゾーンに対するフロー補正の精度に与える影響は、以下の方法で推定される。

40

## 【0044】

$A_x$  が、ゾーン  $x$  における実際の孔フロー断面積（孔の軸方向に垂直に測定される）の合計であると仮定する。ゾーン  $x$  の流量レベルを所望の流量レベルに増加するために追加する孔断面積は  $A$  である。この補正を達成するために、半径  $r$  を有する1つの円形孔がゾーン  $x$  に追加されると仮定した場合、以下の式が得られる。

## 【0045】

$$A = r^2 \quad (1)$$

ゾーンのフロー断面積の誤差（直径誤差を有する孔を追加した結果生じる）を  $A$  とし

50

、追加された孔の半径の誤差を  $\delta$  とする場合、以下の式が得られる。

【0046】

$$| (r + \delta)^2 - A | < A \quad (2)$$

式を展開して並び替え、式(1)を用いて  $\delta^2$  の項を外す(無縁根であるため)ことにより、以下の式が得られる。

【0047】

$$| 2r / A | < \epsilon \quad (3)$$

ゾーン  $x$  が  $n$  個の孔を有し、各孔が半径  $r_0$  を有し、 $n$  個の孔に対する総フロー断面積  $A$  が  $n \cdot r_0^2$  に等しいと仮定する。式(1)及び(3)を組み合わせることにより、以下の式が得られる。

【0048】

$$| 2r / (n r_0^2) | < \epsilon \quad (4)$$

式中、 $\epsilon$  は結果的に生じる流量誤差である。

【0049】

式4は、大きさの誤差  $\delta$  を有する孔を追加した結果生じるゾーン  $x$  に対するフロー断面積の誤差が  $\epsilon$  に正比例し、ゾーン内の孔の数  $n$  及び既存の孔の半径  $r_0$  の二乗に反比例することを示す。従って、ある特定の値  $\delta$  及び  $n$  個の孔に対して孔の半径  $r_0$  を増加することにより、孔を追加したゾーンに対する結果的に生じる流量誤差  $\epsilon$  は減少する。

【0050】

一実施形態において、 $r_0 = 0.0125$  インチ及び  $r = 0.020$  インチと仮定して  $n$  及び  $\delta$  を変化させる。算出結果を表2に示す。

【0051】

【表2】

ゾーン内の孔の総数 (n)	追加孔の半径の大きさの誤差 ( $\delta$ ) (インチ)	ゾーンに対して結果的に生じる流量誤差 ( $\epsilon$ ) (%)
100	0.001	0.26
100	0.005	1.3
40	0.001	0.64
40	0.005	3.2

【0052】

表2に示すように、ある特定の値に対して、ガス分配部材のゾーン内の孔の総数を増加することにより、ある特定の孔の大きさの誤差に対して結果的に生じるゾーンの流量誤差  $\epsilon$  は減少する。換言すると、所望のガス流量を十分に達成するゾーン内の孔の総数を増加することにより、ある特定の全体的な流量誤差を達成できる追加孔の大きさの精度を低下できる。従って、機械的ドリル法等の精度の低い孔形成技術は、1つ以上のゾーンに対する所望の全体的な流量誤差を有する追加孔を形成するのに適している。例えば、1つ以上の追加孔は、100個の孔を有するゾーンにおいて機械的ドリル法により形成されてもよく、その一方で、レーザドリル法等の精度の高い形成技術は、40個の孔のみを有するゾーンにおいて1つ以上の追加孔を形成するのに望ましい。追加孔に関連する流量誤差を減少するために、孔により追加される  $A$  がゾーン内の孔の総断面積に対して大きくならないように、ゾーン内の孔の数を増加できる。

【0053】

また、表2に示すように、 $\delta$  の値が  $0.001$  インチで孔が 100 個の場合、孔直径の誤差から生じる値  $\epsilon$  は理想的な流量の  $0.26\%$  である。追加孔の  $0.005$  インチの半径誤差(すなわち、 $0.010$  の直径誤差)に対して、ゾーンの流量誤差は  $1.3\%$  のみである。この算出は、追加孔の直径誤差が容易に達成される  $0.005$  インチの場合、40 個の孔を有するゾーンは約  $3\%$  (すなわち、 $\delta = 0.0025$  インチ及び  $\epsilon = 0.01$

6) の誤差以内で補正可能であることを更に示す。

【0054】

図4は、中密度プラズマを形成できる容量結合型プラズマ処理チャンバ102を具備するプラズマ処理装置100の一例を示す。プラズマ処理チャンバ102はチャンバ壁103を含む。地面への電気的経路を提供するために、チャンバ壁103はアルミニウム等から構成され且つ電気的に接地される。

【0055】

プラズマ処理装置100は、チャンバ壁及びライナ等の構成要素を含むことができる。構成要素は保護物質から構成され且つ/又は保護被膜を含み、プラズマ処理中の浸食及び腐食に対して耐性がある。構成要素の例は、例えば、本出願の譲受人と同一の譲受人に譲渡され本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第6,408,786号公報、第6,464,843号公報、第6,506,254号公報、第6,620,520号公報、第6,780,787号公報、第6,805,952号公報及び第6,830,622号公報に説明される。

【0056】

プラズマ処理チャンバ102は、半導体基板をプラズマ処理チャンバ102の内側及び外側に搬送するためにチャンバ壁103内に設けられたウエハ搬送溝118を含む。

【0057】

プラズマ処理チャンバ102は底面108を有する上部電極104を含む。本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第6,391,787号公報に説明されるように、底面108は平坦であるか又は段差を含む。上部電極104は、一体型電極又は組立型電極であってもよい。上部電極104は、プロセスガスをプラズマ処理チャンバ内に分配するためのガス流路を含むシャワーヘッド電極であってもよい。上部電極は、シリコン(例えば、単結晶シリコン、多結晶シリコン又はアモルファスシリコン)又は炭化ケイ素から成る。装置100は、プロセスガスを上部電極104に供給するためのガスソース(不図示)を含む。

【0058】

本出願の譲受人と同一の譲受人に譲渡され本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第6,073,577号公報に説明されるように、上部電極104はエラストマ結合型電極アセンブリ内に設けられる。

【0059】

上部電極104は、RF電源106によりマッチングネットワークを介して電力が供給されるのが好ましい。別の実施形態においては、以下に説明されるように、プラズマ処理チャンバ102の底部電極によって供給される電力の戻り経路を提供するために、上部電極104は接地される。

【0060】

装置100は、プラズマチャンバの選択された領域内にプラズマを閉じ込めるためのプラズマ閉じ込めリングアセンブリを含む。適切なアセンブリは、例えば、各々が本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第5,534,751号公報、第5,998,932号公報及び第6,527,911号公報において説明される。

【0061】

図4に示す装置100の実施形態において、プロセスガスは、上部電極104と基板支持体111上で支持されるシリコンウエハ等の半導体基板10との間で発達したプラズマ領域において、プラズマ処理チャンバ102内に供給される。基板支持体111は、静電クランプ力によって基板支持体上に半導体基板10を固定する静電チャック114を含むのが好ましい。静電チャック114は底面電極として作用し、RF電源116により(通常はマッチングネットワークを介して)バイアスをかけられるのが好ましい。静電チャック114の上面115は、半導体基板10とほぼ同一の直径を有するのが好ましい。

【0062】

ポンプ(不図示)は、プラズマ処理チャンバ102の内側で所望の真空圧を維持するよ

10

20

30

40

50

うに構成される。ガスは、一般に矢印 110 により表される方向にポンプによって吸引される。

【0063】

使用可能な平行平板型プラズマ反応器の一例は、二周波数プラズマエッティング反応器（例えば、本出願の譲受人と同一の譲受人に譲渡され本明細書に参考として全ての内容が取り入れられている米国特許第 6,090,304 号公報を参照）である。そのような反応器において、エッティングガスはガス源からシャワーヘッド電極に供給され、プラズマは、2 つの R F 電源からシャワーヘッド電極及び／又は底部電極に R F エネルギーを供給することによって反応器内で作成される。あるいは、シャワーヘッド電極は電気的に接地され、2 つの異なる周波数の R F エネルギーは底部電極に供給される。

10

【0064】

本発明の原理、好適な実施形態及び動作モードを上述した。しかしながら、本発明は、上述の特定の実施形態に限定されると解釈されるべきではない。従って、上述の実施形態は、例示であって限定的ではないと見なされるべきである。また、添付の請求の範囲に規定される本発明の範囲から逸脱することなく、当業者によりそれらの実施形態において変形が実施されてもよいことが理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図 1】7 個のゾーンを有するガス分配部材のガス出口面を示す図である。

20

【図 2】4 個のゾーンを有するガス分配部材のガス出口面を示す図である。

【図 3】ガス分配部材のゾーンを通るガス流量を測定するように構成されるガス流量測定装置の一実施形態を示す図である。

【図 4】シャワーヘッド電極を含むプラズマ処理装置の一実施形態を示す図である。

【図 1】

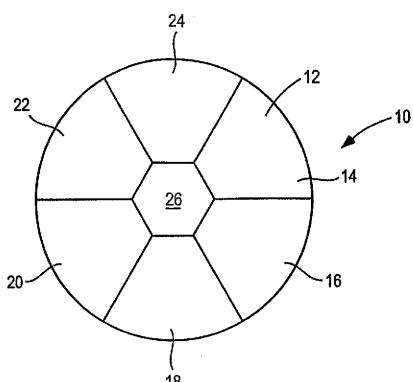


FIG. 1

【図 2】

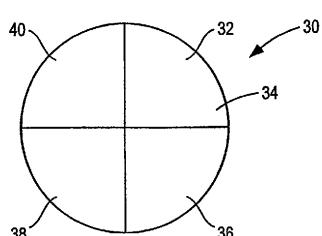


FIG. 2

【図 3】

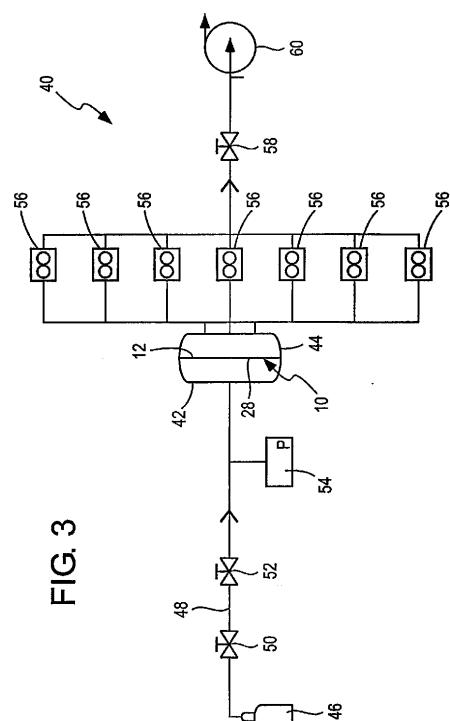


FIG. 3

【図4】

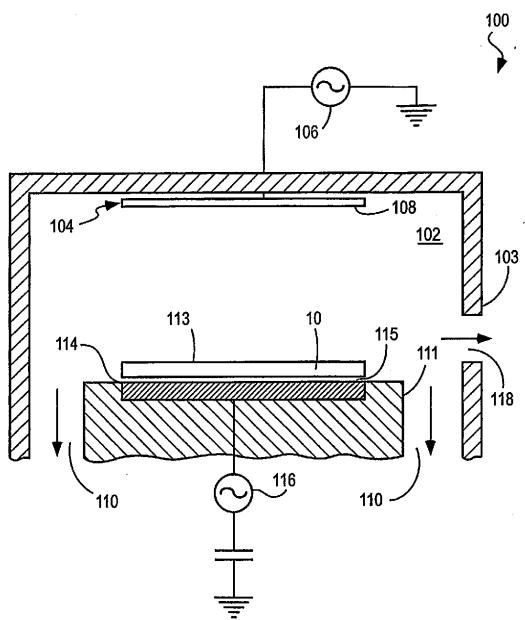


FIG. 4

---

フロントページの続き

(74)代理人 100134175

弁理士 永川 行光

(72)発明者 シュテーガー, ロバート, ジェイ.

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94024, ロスアルトス, ホームステッドコート 2  
240 #307

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献 実開平07-018441 (JP, U)

特開2002-064084 (JP, A)

特開2001-185494 (JP, A)

特開2002-155366 (JP, A)

国際公開第05/019496 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46

C23C 16/455

H01L 21/3065

H01L 21/31