

(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2016-82180
(P2016-82180A)

(43) 公開日 平成28年5月16日(2016.5.16)

(51) Int.Cl.

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

F 1

H01L 21/302
H05H 1/46
H05H 1/46101C
M
L

テーマコード(参考)

5FO04

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号
(22) 出願日特願2014-214964 (P2014-214964)
平成26年10月22日 (2014.10.22)(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 100100310
弁理士 井上 学
(74) 代理人 100098660
弁理士 戸田 裕二
(74) 代理人 100091720
弁理士 岩崎 重美
(72) 発明者 申 ゼ
東京都港区西新橋一丁目24番14号
株式会社 日立ハイ
テクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

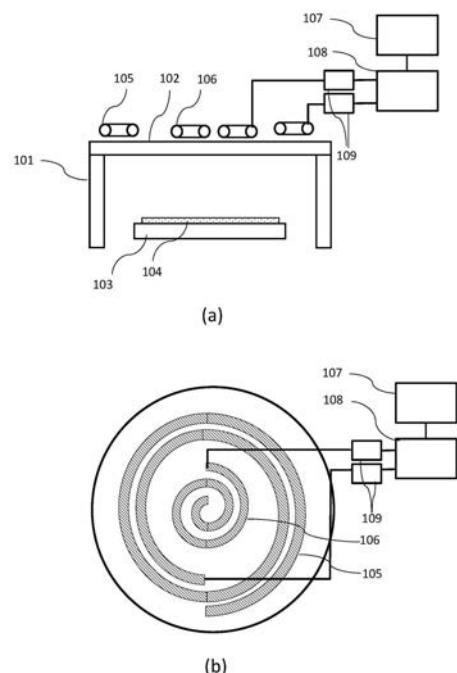
(57) 【要約】

【課題】本発明は、ラジカルエッティングが行われるプラズマ処理装置において、加工速度のウエハ面内均一化と装置の価格低減を両立させることができるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】本発明は、試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の外側に配置され誘導磁場を生成する複数の誘導コイルと、前記誘導コイルに高周波電力を供給する一つの高周波電源とを備えるプラズマ処理装置において、前記高周波電源から供給された高周波電力を前記誘導コイルのそれぞれに時間的に異ならせながら分配する電力時分割器をさらに備えることを特徴とする。

【選択図】図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の外側に配置され誘導磁場を生成する複数の誘導コイルと、前記誘導コイルに高周波電力を供給する一つの高周波電源とを備えるプラズマ処理装置において、

前記高周波電源から供給された高周波電力を前記誘導コイルのそれぞれに時間的に異ならせながら分配する電力時分割器をさらに備え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 に記載のプラズマ処理装置において、

前記高周波電源から供給された高周波電力の反射を低減し前記高周波電源と前記電力時分割器の間に配置された整合器をさらに備え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 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、

前記電力時分割器は、500 Hz から前記高周波電源の周波数を 100 で除した値までの範囲の周波数で前記高周波電源から供給された高周波電力を前記誘導コイルのそれぞれに時間的に異ならせながら分配し、

プラズマ処理中の前記整合器の整合位置は、プラズマ処理中のプラズマが安定した時点の整合位置に固定してプラズマ処理が行われることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室の外側に配置され前記プラズマと容量結合する容量結合アンテナをさらに備え、

前記容量結合アンテナは、前記高周波電源から高周波電力を供給され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】**

本発明は、プラズマ処理装置に係り、特にプラズマを用いたプラズマエッチング装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

本発明の対象である誘導コイルによりプラズマを発生させて用いたプラズマエッチング装置で、かつプラズマを周期的にオンオフする技術に関しては、特許文献 1 に開示され、真空チャンバの外周に複数個の誘導コイルを設けて、それぞれに高周波電源を接続し、かつ高周波電源を周期的にオンオフしてプラズマをパルス状に点灯させる技術が記載されている。

【0003】

特許文献 1 に開示された先行技術の目的は、エッチング速度の高精度制御でプラズマをパルス状に点滅することで、被処理材料である半導体基板表面上に反応性生物層の生成と除去を繰り返し行い、原子層単位のエッチングを実現する。

【0004】

また、特許文献 2 には、高周波電力が供給されて外側誘導電界を形成する渦巻き状をなす外側アンテナと、外側アンテナの内側に同心状に設けられ、高周波電力が供給されて内側誘導電界を形成する渦巻き状をなす内側アンテナとを有する高周波アンテナを備えた誘導結合プラズマ処理装置により、内側アンテナに相対的に大きな電流値の電流を流して内側アンテナに対応する部分に形成した内側誘導電界により局所的なプラズマを生成して処理を行う第 1 の処理と、外側アンテナに相対的に大きな電流値の電流を流して前記外側アンテナに対応する部分に形成した外側誘導電界により局所的なプラズマを生成して処理を行う第 2 の処理と、時間を異ならせて実施し、処理終了時点で基板に対して所望の処理分布が得られるようにすることができる。さらに、特許文献 3 には、チャンバ内壁

10

20

30

40

50

の堆積物を低減するためにファラデーシールドを設置する技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2014-7432号公報

【特許文献2】特開2013-162034号公報

【特許文献3】特開2000-323298号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

半導体素子の製造に使用するプラズマエッティングには上述した先行技術の原子層エッティングのような高精度加工の他に、堆積している膜を等方的に除去するような選択性は必要だが精度を必要としない加工のニーズもある。後者はラジカルエッティングあるいはケミカルエッティングなどと呼ばれるが、本発明では以後、ラジカルエッティングと称する。

【0007】

一方、半導体素子の製造ではコスト低減のために、加工装置の価格を低減するニーズも強くある。特にラジカルエッティング装置は高い精度を必要としないために加工装置を安価に製作する必要がある。さらにシリコンウエハの直径は、量産性向上、コスト削減のために大口径化が進んでいる。

【0008】

現在主流は、直径300mmのウエハだが、近い将来450mmへの移行も検討されている。一方、プラズマ処理装置では、ウエハの大口径化に伴い、処理特性のウエハ面内均一性が課題となる。プラズマを用いたプラズマエッティング装置では、エッティング速度と加工形状をウエハ面内で均一に保つことが必要で、ウエハ大口径化に伴い均一化技術は困難さを増している。

【0009】

本発明は、ラジカルエッティングが行われるプラズマ処理装置において、加工速度のウエハ面内均一化と装置の価格低減を両立させることができるプラズマ処理装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、試料がプラズマ処理される処理室と、前記処理室の外側に配置され誘導磁場を生成する複数の誘導コイルと、前記誘導コイルに高周波電力を供給する一つの高周波電源とを備えるプラズマ処理装置において、前記高周波電源から供給された高周波電力を前記誘導コイルのそれぞれに時間的に異ならせながら分配する電力時分割器をさらに備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、ラジカルエッティングが行われるプラズマ処理装置において、加工速度のウエハ面内均一化と装置の価格低減を両立させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施例1におけるプラズマ処理装置の全体構成図である。

【図2】電力時分割器の構成図である。

【図3】高周波電源から誘導コイルまでの各部分の電力波形を示す図である。

【図4】本発明のプラズマ処理装置によるエッティングレートのウエハ面内分布を示す図である。

【図5】実施例2におけるプラズマ処理装置の全体構成図である。

【図6】実施例3におけるプラズマ処理装置の全体構成図である。

【図7】実施例4におけるプラズマ処理装置の全体構成図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0013】

以下、図面を参照しながら、本発明の各実施形態について詳細に説明する。

【実施例1】

【0014】

本発明に係り、誘導磁場により生成されたプラズマを用いるラジカルエッティング装置の全体構成図を図1に示す。また、図1(a)は側面図であり、図1(b)は上面からみた誘導コイルの配置を示す。処理室である真空容器は、真空チャンバ101と電磁波を通過する石英、あるいはセラミックの天板102から成り、内部に試料であるウエハ104が上面に載置される試料台103が配置されている。

【0015】

天板102上には外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106が配置され、自動整合器109と電力時分割器108を介して高周波電源107に接続されている。外側の誘導コイル105および内側の誘導コイル106の他端は接地されている。真空容器内には処理目的に応じてCF₄、NF₃、CHF₃、SF₆、ハロゲン系ガス(例えばCl₂)やO₂、H₂、N₂ガスなどが導入される。

【0016】

外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106に高周波電力を供給し、誘導結合により上記ガスのプラズマを生成する。誘導結合型のプラズマ処理装置では、一般にプラズマ密度は誘導コイル近傍で最も高くなり、この部分で発生したイオンとラジカルがウエハ104まで拡散する。プラズマ中のF、Cl、Oなどのラジカルによりウエハ104の表面処理を行う。プラズマ中にはイオンも発生してラジカルとイオンの比は圧力などに依存するが、本装置では、垂直方向と水平方向のエッチレートがほぼ同じである等方的加工を目的としているため、ガス圧力は主に10Pa以上の高圧側を用いる。

【0017】

ウエハ面内の処理速度分布は、主に表面に入射するラジカル密度に依存して、ラジカル密度分布は天板102直下のプラズマ密度の分布に依存する。一方、プラズマ密度分布は誘導コイルの電力に依存する。従って本装置では外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106に流れる高周波電流でプラズマ密度の分布を制御することによりウエハ面内のエッチレート分布を制御する。

【0018】

次に高周波電力の制御方法を説明する。従来の装置では外側の誘導コイル105と内側誘導コイル106のそれぞれに高周波電源を接続して、それぞれの電力を制御することでエッチレート分布を制御する。従って、高周波電源が複数個必要になり、装置は大型かつ高価になる。一方、本発明に係るプラズマ処理装置では、電力時分割器108により1つの高周波電源107の出力を外側の誘導コイル105と内側誘導コイル106に周期的なパルス状に時分割して供給する。また、時分割する時間の割合を変えることで、外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106に供給される電力の比を変える。

【0019】

次に電力時分割器108の構成を図2に示す。電力時分割器108は、電力をオンオフする外ゲート回路202および内ゲート回路203と、ゲート回路202および内ゲート回路203のオンオフを決める信号を送信するタイミング制御器201からなる。図3に高周波電源から誘導コイルまでの各部分の電力波形を示す。波形301は、高周波電源107の出力波形であり、例えば13.56MHzの周波数である。波形302、303はタイミング制御器201の出力波形であり、それぞれ、外ゲート回路202と内ゲート回路203を制御する信号である。

【0020】

波形304、305は時分割された高周波電源出力であり、タイミング制御器201のパルス出力がオンの時にゲートが開いて高周波電力が通過し、オフの時に高周波電力は遮断される。この例では、外ゲート回路202がオンの時は内ゲート回路203がオフ、外ゲート回路202がオフの時は内ゲート回路203がオンするように制御している。内外

10

20

30

40

50

両方ともオンあるいはオフの期間が存在しても構わないが、両方オン期間がある場合は、制御性が低下し、両方オフ期間があると電力使用効率が落ちるため、両者のオンオフを逆位相にする制御が最も良い。また、波形304、305は、それぞれ外側の誘導コイル105、内側の誘導コイル106に供給される高周波電力である。

【0021】

図4に本発明の装置でプラズマエッティングしたpoly-Si膜のエッチレートの直径が300mmであるウエハ面内分布を示す。エッティング条件は、ガス流量が5ml/minであるArガスとガス流量が0.5ml/minであるNF₃ガスの混合ガスを用い、圧力を100Pa、高周波電力を1kWとした条件である。外側の誘導コイル105に供給される電力のデューティー比(1周期に対するオン時間の割合)をDout、内側の誘導コイル106のデューティー比をDinとして、両者の割合を変化させた場合の分布の変化を図4に示す。また、周波数は1kHzである。

10

【0022】

分布401は、Dout/Din = 85/15、分布402は、Dout/Din = 65/45、分布403は、Dout/Din = 20/80に設定した場合のpoly-Si膜のエッチレート分布である。外側の誘導コイル105に供給する電力の比率を増加させるとエッチレートは凹形で、内側の誘導コイル106に供給する電力の比率を増加させると凸型に制御できる。

20

【0023】

以上、上述した通り、本発明は、真空チャンバ外周に複数の誘導コイルを設けるとともにそれらのコイルに一つの高周波電源から時分割して周期的に電力を供給することにより各コイルに電力を供給する時間の割合を変えることでき、このことによりプラズマ密度の空間分布を制御して、エッティング速度のウエハ面内均一性を制御することができる。また、本発明によれば、高周波電源の数を一つで均一性を向上できるので、装置の価格が大幅に抑えることができる。

20

【実施例2】

【0024】

次に高周波電源107とプラズマとの整合のとり方について説明する。図1に示すプラズマ処理装置では、プラズマからの反射を最小にするように自動的にインピーダンスを整合する自動整合器109が外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106のそれぞれに配置されて整合をとる構成になっている。

30

【0025】

図5は、さらに低コスト化を図るために、自動整合器109の数を1つにして電力時分割器108の前段に配置した構成である。この構成では外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106の2つの誘導コイルを一体とみなして整合をとる。内側の誘導コイル106と外側の誘導コイル105の電力分配比率を変えるとプラズマの負荷が変わるが、この変化に対して総合的に整合をとる。

30

【0026】

プラズマの負荷は、厳密には外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106へ電力を切り替える周波数に応じて時間変化するが、周波数がある程度大きくなると、整合はその周波数に追従する必要が無くなり、時間的に平均した負荷値に整合すれば問題なくなる。この場合は、プラズマが着火して安定状態になった状態でとった整合状態で固定して、以後、プラズマ処理中はその状態に固定する方法でも安定処理ができる。

40

【0027】

実験の結果、電力時分割の周波数を500Hz以上にすれば、平均状態での整合状態を固定して運用できる。周波数の条件は、高周波電源107の周波数の100分の1程度である。周波数が高すぎて一周期に入る高周波電力の波形数が少なくなると不安になる。また、ラジカルエッティングでは高い制御性は求められないので、自動整合器109を配置しない運用も可能である。

【実施例3】

50

【0028】

図6は、実施例1と異なる本発明に係るプラズマ処理装置を示す。本装置も誘導磁場により生成されたプラズマを用いるラジカルエッティング装置であるが、誘導コイルの配置が異なる。真空チャンバ601は、石英、セラミックなどの電磁波を透過する材料からなり、その外側を上下に2本の誘導コイルが巻いてある。実施例1と同様に高周波電源107と自動整合器109と電力時分割器108が上側の誘導コイル602と下側の誘導コイル603に接続されている。

【0029】

上下の誘導コイルに供給する高周波電力の比率を制御することで、ウエハ面内のエッチレート均一性を制御できる。また、上側の誘導コイル602と下側の誘導コイル603で生成されるプラズマは、ウエハからの距離が異なる。下側の誘導コイル603で生成されたプラズマは、ウエハ外周に近いので、外周のレートが高くなる傾向がある。一方、上側の誘導コイル602は、プラズマの拡散距離が長いので、真空チャンバ601の内壁に衝突して消滅する確率が高くなり、壁から離れた中心付近でプラズマ密度が高くなる傾向がある。

10

【0030】

従って、両者に供給する高周波電力の比率を制御することで、実施例1と同様にウエハ面内のエッチレート均一性を制御できる。また、実施例1ないし3における誘導コイルの数は2つに限らない。3本以上にして電力時分割器を各誘導コイルに接続すればより高精度に分布制御できる。

20

【実施例4】

【0031】

図7に上述した各実施例と異なる実施形態を示す。本実施例では、真空チャンバ101の内壁の堆積物を除去するためにプラズマと容量結合する容量結合アンテナであるファラデーシールド701を外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106の外側に設けている。また、ファラデーシールド701には、可変インピーダンス702を介して高周波電源107から高周波電圧が印加される。

20

【0032】

この高周波電界による容量結合で真空チャンバ101内面にプラズマが生成される。容量結合で生成されるプラズマは、外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106で生成されるプラズマが弱く、堆積が生じやすい部分を補う目的のため、真空チャンバ101の内面全体に均一に発生させることが望ましい。

30

【0033】

このため、ファラデーシールド701には、誘導コイルの時間分割された電流とは別に、常に一定の電圧を印加するように構成されている。可変インピーダンス702は、ファラデーシールド701と外側の誘導コイル105と内側の誘導コイル106に流れる電流を調整するために設けてある。

【0034】

以上の構成により、真空チャンバ101の内壁の堆積を低減でき、長期的に安定した連続のプラズマ処理ができる。

40

【符号の説明】

【0035】

101 真空チャンバ

102 天板

103 試料台

104 ウエハ

105 外側の誘導コイル

106 内側の誘導コイル

107 高周波電源

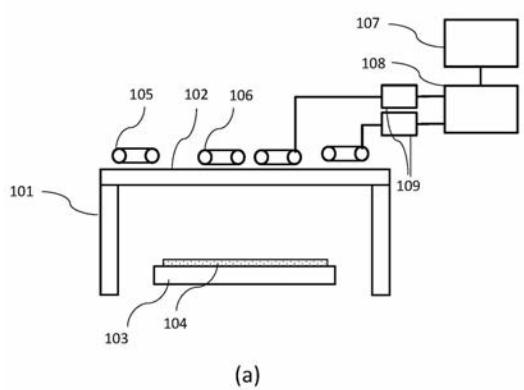
108 電力時分割器

50

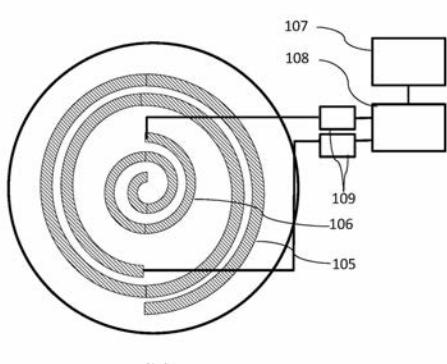
- 1 0 9 自動整合器
 2 0 1 タイミング制御器
 2 0 2 外ゲート回路
 2 0 3 内ゲート回路
 6 0 1 真空チャンバ
 6 0 2 上側の誘導コイル
 6 0 3 下側の誘導コイル

【図 1】

図1



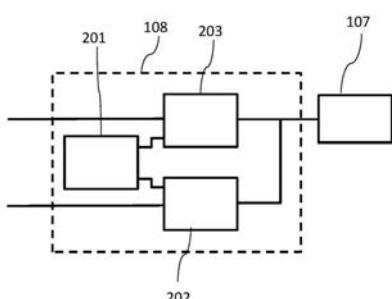
(a)



(b)

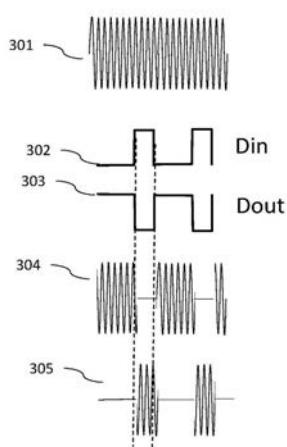
【図 2】

図2

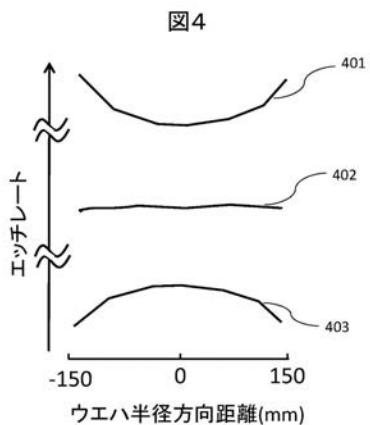


【図 3】

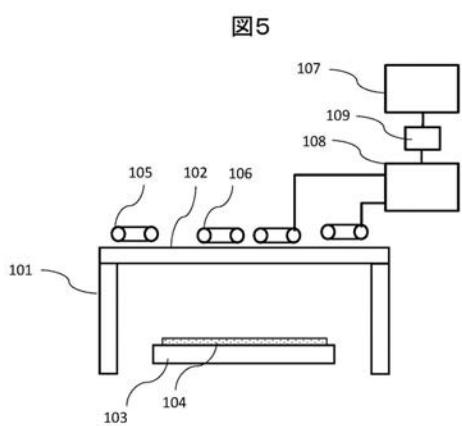
図3



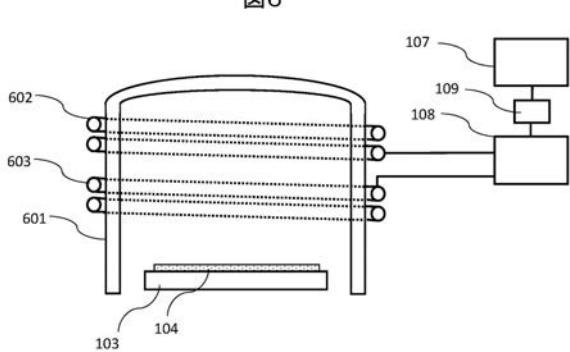
【図4】



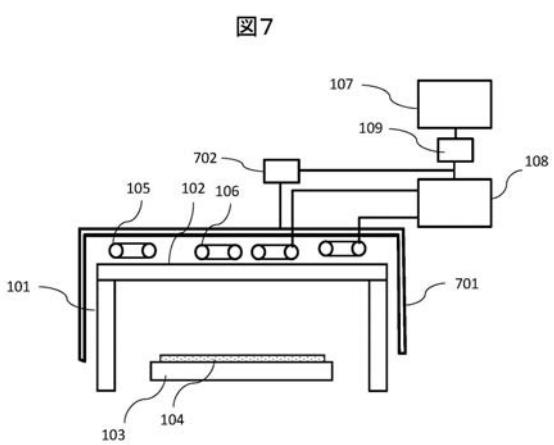
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 小野 哲郎

東京都港区西新橋一丁目24番14号
ズ内

株式会社 日立ハイテクノロジー

(72)発明者 安並 久夫

東京都港区西新橋一丁目24番14号
ズ内

株式会社 日立ハイテクノロジー

F ターム(参考) 5F004 AA01 AA16 BA20 BB13 BB18 CA03 DA01 DA04 DA16 DA17
DA18 DA24 DA25 DA26 DB02