

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6708358号  
(P6708358)

(45) 発行日 令和2年6月10日(2020.6.10)

(24) 登録日 令和2年5月25日(2020.5.25)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 G
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 5 H 1/46 C
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/68 R

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-152424 (P2016-152424)  
 (22) 出願日 平成28年8月3日(2016.8.3)  
 (65) 公開番号 特開2018-22756 (P2018-22756A)  
 (43) 公開日 平成30年2月8日(2018.2.8)  
 審査請求日 平成30年10月10日(2018.10.10)

(73) 特許権者 501387839  
 株式会社日立ハイテク  
 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号  
 (74) 代理人 100091720  
 弁理士 岩崎 重美  
 (72) 発明者 石黒 正貴  
 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  
 (72) 発明者 角屋 誠浩  
 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  
 審査官 佐藤 靖史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及び試料の離脱方法

## (57) 【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、プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、前記試料を静電吸着させるための電極を具備し前記試料が載置される試料台と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源とを備えるプラズマ処理装置において、前記試料のプラズマ処理後、前記高周波電力を第一の高周波電力から第二の高周波電力に変更させ、

前記第二の高周波電力が供給されている間の所定の時、前記直流電圧を前記プラズマ処理時の値から所定の値に変更させ、

前記第二の高周波電力の供給が停止された後、前記直流電圧を前記所定の値から概0Vに変更させ、

前記直流電圧が概0Vに変更された後、プラズマ処理された前記試料を前記試料台から離脱させる制御を行う制御部をさらに備え、

前記第二の高周波電力は、前記試料台に静電吸着した前記試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマを生成するための高周波電力であり、

前記所定の値は、前記所定の時ににおける前記電極の電位が前記試料の電位と概ね同等となるようにして求められた値であ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、

前記電極が2個の場合、前記一方の電極に印加される第一の直流電圧と前記他方の電極に

10

20

印加される第二の直流電圧の平均値が前記所定の値となるようにして求められた前記第一の直流電圧および前記第二の直流電圧が前記電極の各々に印加され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、

前記プラズマ処理時の値と前記所定の値との差における絶対値は、前記第二の高周波電力により生成されたプラズマの浮遊電位の絶対値と概ね同等であ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 に記載のプラズマ処理装置において、

10

前記所定の値は、-20~-10V の範囲内の値であることを特徴とプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、

前記第二の高周波電力の供給を停止してから所定時間が経過した後、前記直流電圧を前記所定の値から概 0V に変更させ、

前記所定時間は、0.1~3 秒の範囲内の時間であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】

試料を静電吸着させるための電極を具備する試料台に載置された前記試料がプラズマ処理された後、前記試料台に前記静電吸着した前記試料を前記試料台から離脱させる試料の離脱方法において、

20

前記試料をプラズマ処理した後、プラズマを生成するための高周波電力を第一の高周波電力から第二の高周波電力に変更し、

前記第二の高周波電力を供給している間の所定の時、前記試料を前記試料台に静電吸着させるための直流電圧を前記プラズマ処理時の値から所定の値に変更し、

前記第二の高周波電力の供給を停止した後、前記直流電圧を前記所定の値から概 0V に変更し、

前記直流電圧を概 0V に変更した後、プラズマ処理された前記試料を前記試料台から離脱させ、

前記第二の高周波電力は、前記試料台に静電吸着した前記試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマを生成するための高周波電力であり、

30

前記所定の値は、前記所定の時ににおける前記電極の電位が前記試料の電位と概ね同等となるようにして求められた値であることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の試料の離脱方法において、

前記電極が 2 個の場合、前記一方の電極に印加される第一の直流電圧と前記他方の電極に印加される第二の直流電圧の平均値が前記所定の値となるようにして求められた前記第一の直流電圧および前記第二の直流電圧を前記電極の各々に印加することを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載の試料の離脱方法において、

40

前記プラズマ処理時の値と前記所定の値との差における絶対値は、前記第二の高周波電力により生成されたプラズマの浮遊電位の絶対値と概ね同等であることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の試料の離脱方法において、

前記所定の値は、-20~-10V の範囲内の値であることを特徴と試料の離脱方法。

【請求項 10】

請求項 6 に記載の試料の離脱方法において、

前記第二の高周波電力の供給を停止してから所定時間が経過した後、前記直流電圧を前記

50

所定の値から概0Vに変更し、

前記所定時間は、0.1～3秒の範囲内の時間であることを特徴とする試料の離脱方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置及び試料の離脱方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造におけるプラズマ処理方法の一つにプラズマエッティングがある。プラズマエッティングでは、試料(ウエハ)を処理室内部の試料台上に載置し、プラズマに曝露させる。この際、処理室に導入するガス種やウエハに印加する高周波電力など種々の処理条件を調整することによりウエハ上の特定の積層膜を選択的に除去し、ウエハ上に微細な回路パターンを形成する。10

【0003】

上記の様なプラズマエッティングにおいて、処理中のウエハずれの防止やウエハ温度調整の要求などから、通常、ウエハは静電吸着電極などを用いて試料台上に静電吸着される。プラズマエッティング処理の終了後はウエハの静電吸着を解除し、ウエハを試料台上方に押し上げる離脱機構等を用いてウエハを試料台から離脱させて処理室からの搬出を行なう。

【0004】

静電吸着電極を用いたウエハ吸着では、電極に電圧を印加することによって電極とウエハとの間に存在する誘電体膜等に生じる静電気力によってウエハの吸着を行なう。従って静電吸着電極に印加する電圧を遮断することで吸着の解除を行なうことができるが、その際に誘電体膜やウエハに対する除電が不十分で電荷が残留することによって、電極への印加電圧遮断後もウエハに対する吸着力が保持される場合がある。20

【0005】

上記のような残留吸着力が発生することで、ウエハを試料台から離脱する際にウエハの位置ずれが生じる場合や離脱する際にウエハにかかる力によってウエハが破損する場合などがある。ウエハずれの発生は搬送時の搬送エラーのリスクにつながり、場合によっては製品処理が停止する場合がある。ウエハの破損は、ウエハ自体の損失に加え、破損したウエハを装置内から除去するなど、装置の原状回復までに時間を要する場合がある。いずれの場合も製品処理のスループットに悪影響を及ぼす可能性が高く、除電による残留吸着力の低減は、前述リスクの低減のため必要である。因みに残留吸着力の低減のための除電方法としては以下のような手法がこれまでに知られている。30

【0006】

特許文献1においては、電極を内包する誘電体上に載置され、前記電極への所定極性の直流電圧の印加により前記誘電体に静電気力によって吸着された被吸着物を、前記誘電体から離脱させる離脱方法であって、前記電極への前記直流電圧の印加を停止する工程と、前記被吸着物を除電用のプラズマに曝露する工程と、前記プラズマへの曝露により前記被吸着物に発生するセルフバイアス電圧と同極性の直流電圧を前記電極に印加する電圧印加工程と、を具備する除電処理方法が開示されている。40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-47511号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1においては、静電吸着電極への印加電圧の停止とプラズマ生成のための高周波電圧の印加停止のタイミングの前後に関して共に停止との記載がなされている。しかし、プラズマ処理の終了時には、プラズマ生成用の高周波電力の入射電力を停止した後もブ50

ラズマ中の荷電粒子は空間に残存する。特許文献1に開示された除電方法の通り、ラズマ処理の終了と同時に静電吸着電極に印加した電圧を0Vとすると、前記残存した荷電粒子の存在によりウエハが電位をもち、ウエハと電極との間に再度、電位差が生じて残留吸着力が発生する恐れがある。

〔 0 0 0 9 〕

特にウエハと静電吸着電極との間に存在する誘電体膜の抵抗値が十分大きい、いわゆるクーロン型の電極では、前記のように発生した残留吸着力はウエハと電極間に流れる電流が非常に小さいために長時間解消されない恐れがある。

【 0 0 1 0 】

このため、上記問題を回避するためには、静電吸着電極への印加電圧の停止は、プラズマ生成のための高周波電圧の印加停止よりも後でなければならない。しかし、特許文献1には、静電吸着電極への印加電圧の停止のタイミングとプラズマ生成のための高周波電圧の印加停止のタイミングの相対的な順序の関係については何ら言及されてない。

[ 0 0 1 1 ]

従って、特許文献1においては、除電後、除電プラズマ処理を終了する際に真空処理室内に残存した荷電粒子によってウエハが再帯電し、その帯電による残留吸着力が発生することについて何ら考慮がなされていないと言える。

( 0 0 1 2 )

このようなことから本発明は、プラズマ生成用高周波電力停止後の処理室内に残存する荷電粒子によるウエハの再帯電を考慮した除電処理を行うことができるプラズマ処理装置及び前記除電処理に係る試料の離脱方法を提供する。

### 【課題を解決するための手段】

[ 0 0 1 3 ]

本発明は、試料がプラズマ処理される処理室と、プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、前記試料を静電吸着させるための電極を具備し前記試料が載置される試料台と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源とを備えるプラズマ処理装置において、前記試料のプラズマ処理後、前記高周波電力を第一の高周波電力から第二の高周波電力に変更させ、前記第二の高周波電力が供給されている間の所定の時、前記直流電圧を前記プラズマ処理時の値から所定の値に変更させ、前記第二の高周波電力の供給が停止された後、前記直流電圧を前記所定の値から概0Vに変更させ、前記直流電圧が概0Vに変更された後、プラズマ処理された前記試料を前記試料台から離脱させる制御を行う制御部をさらに備え、前記第二の高周波電力は、前記試料台に静電吸着した前記試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマを生成するための高周波電力であり、前記所定の値は、前記所定の時における前記電極の電位が前記試料の電位と概ね同等となるようにして求められた値であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

また、本発明は、試料を静電吸着させるための電極を具備する試料台に載置された前記試料がプラズマ処理された後、前記試料台に前記静電吸着した前記試料を前記試料台から離脱させる試料の離脱方法において、前記試料をプラズマ処理した後、プラズマを生成するための高周波電力を第一の高周波電力から第二の高周波電力に変更し、前記第二の高周波電力を供給している間の所定の時、前記試料を前記試料台に静電吸着させるための直流電圧を前記プラズマ処理時の値から所定の値に変更し、前記第二の高周波電力の供給を停止した後、前記直流電圧を前記所定の値から概0Vに変更し、前記直流電圧を概0Vに変更した後、プラズマ処理された前記試料を前記試料台から離脱させ、前記第二の高周波電力は、前記試料台に静電吸着した前記試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマを生成するための高周波電力であり、前記所定の値は、前記所定の時における前記電極の電位が前記試料の電位と概ね同等となるようにして求められた値であることを特徴とする。

## 【発明の効果】

( 0 0 1 5 )

本発明は、プラスチック生成用高周波電力停止後の処理室内に残存する荷電粒子によるウエ

ハの再帯電を考慮した除電処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置の概縦断面の構成を示す図である。

【図2】従来の除電処理の静電吸着用電極とウエハとの電位差を示す図である。

【図3】本発明に係る除電処理を示すタイミングチャートである。

【図4】可変直流電源、静電吸着電極、誘電体層及びウエハをモデル化した等価回路を示す図である。

【図5】浮遊電位の測定結果を示すグラフである。

【図6】本発明に係る除電処理を示すタイミングチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0017】

図1は、本実施例におけるプラズマ処理装置の概縦断面の構成を示す。図1のプラズマ処理装置は、電子サイクロトロン共鳴 (Electron Cyclotron Resonance: ECR) 型プラズマエッチング装置である。以下、電子サイクロトロン共鳴をECRと称する。

【0018】

図1のECR型プラズマエッチング装置であるプラズマ処理装置は、真空処理室である処理室101の内部に配置された、試料の載置台である試料台102上に試料であるウエハ103が載置され、処理室101の内部にプラズマを生成させることにより試料にエッチング処理を行なう。

20

【0019】

プラズマ処理装置は、処理室101内に静磁場を形成するソレノイドコイル104と、高周波電源であるマイクロ波電源105と、マイクロ波発振源106(マグネットロン)と、導波管107と、前記エッチング処理を制御する制御部115とを備える。処理室101内には、ソレノイドコイル104によって磁場が形成される。マイクロ波電源105からの高周波電力によりマイクロ波発振源106で発振されたマイクロ波は、導波管107を介して処理室101に導入される。マイクロ波は、ソレノイドコイル104により形成された磁場中でECRによって電子にエネルギーを与える。その電子が、図示しないガス供給源から供給されたガスを電離させることによって、プラズマを生成させる。

30

【0020】

プラズマ処理中、ウエハ103の裏面には、当該ウエハ103の温度を調整するための冷却ガスが供給される。冷却ガスによるウエハ103のずれを防ぐため、ウエハ103は、双極型(ダイポール)の静電吸着電極108、109によって試料台102上に静電吸着される。ここで、双極型の静電吸着電極とは、2つの電極に印加される直流電圧によりウエハ103を試料台102上に静電吸着させる静電吸着用電極のことである。本実施例の静電吸着電極108、109は、同心円上に一方の電極である静電吸着電極108が内側、他方の電極である静電吸着電極109が外側に配置されている。

【0021】

図1に示すように静電吸着用電極108、109には、それぞれ、独立した電源である可変直流電源110、111が接続される。内側の静電吸着用電極108には、一方の可変直流電源110が接続され、外側の静電吸着用電極109には、他方の可変直流電源111が接続される。静電吸着電極108、109とウエハ103との間には、誘電体層112が配置されている。尚、静電吸着電極108、109とウエハ103とは、有限の抵抗値と静電容量を持って電気的に接続されるが、本実施例においては、誘電体層の抵抗値は極めて大きく、ウエハと静電吸着電極とは静電容量のみによって電気的に接続されていると見なす。

40

【0022】

また、静電吸着用電極108、109には、ウエハを試料台に静電吸着させる際、それぞれの可変直流電源により各々に対して逆極性の電圧が印加される。例えば、内側の静電

50

吸着電極 108 には、可変直流電源 110 により +500V の電圧が印加され、外側の静電吸着電極 109 には、可変直流電源 111 により -500V の電圧が印加される。しかし、吸着を行なうことを目的としない場合には、静電吸着用電極 108、109 にそれぞれの電源により同極性の電圧を印加してもよい。

【0023】

上記のような同極性の電圧印加により、プラズマ放電が実施されていない場合には吸着を行なうことなく、ウエハの電位を制御することができる。例えば、内側の静電吸着電極 108 に可変直流電源 110 により +500V の電圧を印加し、外側の静電吸着電極 109 に可変直流電源 111 により +500V 電圧を印加することでウエハの電位を正極性にすることが可能である。

10

【0024】

プラズマ処理装置は、エッチング処理が終了して静電吸着を解除した後、ウエハを試料台 102 から離脱させるための機構として、試料台内部に通過孔 113 と通過孔内に配置された上下動が可能な押し上げピン 114 とを備える。静電吸着解除後、離脱機構である押し上げピン 114 によりウエハを試料台 102 の上方へ押し上げることによってウエハを試料台 102 から離脱させた後、搬送機構(図示せず)を用いて上昇した押し上げピン上のウエハを処理室外へ搬出する。

【0025】

次に図 2 に示す従来の処理方法における除電処理のタイミングチャートを用いて従来の除電処理時の静電吸着用電極とウエハとの電位差及びその処理における課題を示す。ここで、除電とは、プラズマ処理(プラズマエッチング等)が完了し試料台 102 上に静電吸着されたウエハ 103 を処理室 101 から搬出するために試料台から静電吸着されたウエハを脱離させるための処理のことである。尚、図 2 に示す従来の処理方法においては、静電吸着電極は単極型(モノポール)の静電吸着電極であるとして説明を行う。

20

【0026】

先ず図 2 の T0 においてエッチング処理が終了後、マイクロ波入射電力が変更され、除電用のプラズマが生成される。変更後のマイクロ波入射電力は、例えば、400W である。この際、同時に除電用プラズマ生成のためのガスの切り替えを行なうことが望ましい。除電用プラズマには不活性なガスによるプラズマが好適であり、代表的には Ar、He などが用いられる。次に除電用プラズマの生成中の任意の時刻 T1 において、静電吸着電極に印加される電圧は、可変直流電源によって除電前のエッチング処理中におけるプラズマ生成中のウエハ電位と等しくなる電圧が印加される。

30

【0027】

また、ウエハと静電吸着電極との間の誘電体膜の抵抗値が十分大きい場合には、ウエハと静電吸着電極との間にほとんど電流が流れないため、ウエハの電位は、静電吸着電極の電位変化に左右されず、プラズマの状態のみによって決定される。従って、上記のような可変直流電源による電位印加が起こっても、ウエハの電位は変化せず、時刻 T1 においてウエハの電位と静電吸着電極の電位は等しくなる。このようにウエハと静電吸着電極との間の電位差がなくなることにより、ウエハと静電吸着電極間に作用する静電気力は速やかに小さくなる。

40

【0028】

その後、静電吸着電極への印加電圧を 0V にすると共にプラズマ生成用のマイクロ波電力を遮断(OFF)するが、この際、マイクロ波電力の遮断に伴い、プラズマが瞬間に消滅するわけではなく、プラズマ中の荷電粒子はごく短い時間ではあるが真空処理室内に残存する。このことは、マイクロ波電力の遮断後におけるアフターグロー放電のことである。

【0029】

荷電粒子が真空処理室内に残存した状態では、ウエハの電位が真空処理室内に残存した荷電粒子によって決まることとなり、T2 において静電吸着電極への印加電圧が 0V となつてもウエハには電位が生じることとなり、図 2 に示すように時刻 T2 においてウエハと

50

静電吸着電極との間に再度電位差が発生する。この電位差による吸着力は、誘電体膜の抵抗が大きい場合に長期間に渡って保持されることになり、押し上げピンによってウエハを試料台から離脱させる際にウエハずれやウエハ破損の原因となり得る。

【0030】

上記課題を解決するための本発明に係るウエハの離脱方法を図3に示すタイミングチャートを用いて説明する。マイクロ波の入射パワーを図3(a)、静電吸着用電極の電位を図3(b)、ウエハの電位を図3(c)、静電吸着用電極とウエハとの電位差を図3(d)にそれぞれ示す。先ず、T0において、本発明でも従来のウエハの離脱方法と同様に除電プラズマを生成させ、除電プラズマ発生中の任意の時刻T1において内側の静電吸着電極108と外側の静電吸着電極109の電位のそれぞれを可変直流電源によってウエハ電位と等しい値の- $V$ となるように設定する。尚、除電プラズマは不活性ガスを用いて生成したが、本発明としては、除電前の処理であるプラズマ処理(プラズマエッチング)時と同じプラズマを用いて除電を行っても良い。

10

【0031】

この際、図3(d)に示すように時刻T1においてウエハと電極間の電位差は0となるため、ウエハと電極との間に作用する静電吸着力が消失する。その後、本発明においては時刻T2において除電用プラズマ生成のための高周波電力(マイクロ波入射パワー)を遮断する。この高周波電力遮断後から所定の時間 $t$ が経過したT3において、真空処理室内に残存している荷電粒子は完全に消失する。この際ウエハの電位は、図3(c)に示すように誘電体膜の抵抗値が十分に大きければプラズマ放電中の値をそのまま維持する。ここでも、所定の時間 $t$ を真空処理室内に残存している荷電粒子が消失する時間としたが、除電用プラズマのアフターグロー放電が消失するまでの時間としても良い。

20

【0032】

また、静電吸着電極の電位も図3(b)に示すように変化がないため、ウエハと静電吸着電極との間の電位差は、図3(d)に示すように0のままであり、ウエハと電極との間には静電吸着力は発生しない。次に真空処理室の荷電粒子が完全に消失した後の時刻T3において静電吸着電極に印加している直流電圧を0Vにする。この際、静電吸着電極の電位が変化するが、ウエハの電位も静電吸着電極の電位の変化とほぼ同時に静電吸着電極の電位の変化量と同量の値が変化する。このことについては、図4に示すプラズマ消失後のウエハと静電吸着電極と誘電体層と可変直流電源を含む電気回路の簡略化した等価回路を用いて説明する。尚、図4の等価回路においては、ウエハと静電吸着電極との間の誘電体膜の抵抗値は十分に大きいとし、静電容量のみを考慮する。

30

【0033】

図4のC<sub>a</sub>およびC<sub>b</sub>は、誘電体層の静電容量値、Q<sub>a</sub>およびQ<sub>b</sub>は、静電容量に蓄積された電荷、V<sub>1</sub>およびV<sub>2</sub>は、可変直流電源の電圧値である。また、ウエハ電位をV<sub>wa</sub>とするとき図4に示す等価回路においては以下の式1が成り立つ。

【0034】

【数1】

$$V_{waf} = V_1 + \frac{Q_a}{C_a} \quad \cdots \text{式1}$$

$$V_1 + \frac{Q_a}{C_a} = V_2 + \frac{Q_b}{C_b}$$

10

【0035】

尚、ここで、 $Q_a = Q_b$  であるので、 $Q_a = Q_b = Q$  とするとウエハ電位は以下の式2となる。

【0036】

【数2】

$$V_{waf} = V_1 + \frac{C_b}{C_a + C_b} (V_2 - V_1) \quad \cdots \text{式2}$$

20

【0037】

ここで  $C_a = C_b$  であれば、ウエハの電位は以下の式3となる。

【0038】

【数3】

$$V_{waf} = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad \cdots \text{式3}$$

30

【0039】

従って、 $V_1$  を  $V_1 + \Delta V_1$ 、 $V_2$  を  $V_2 + \Delta V_2$  のように静電吸着電極の電位を変化させたとすると、ウエハ電位の変化量  $\Delta V_{waf}$  は以下の式4となる。

40

【0040】

【数4】

$$\Delta V_{waf} = \frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{2} \quad \cdots \text{式4}$$

【0041】

従って、内側静電吸着電極 108 の電位と外側静電吸着電極 109 の電位との平均値を

50

Ｖ分シフトさせると、ウエハの電位もＶシフトすることとなる。また、容量のみが支配的である場合、この変化は即座に起こる。

#### 【0042】

上述のように時刻T3においては、静電吸着電極の電位とウエハの電位が同じタイミングで等しい量変化することになるため、図3(d)に示すように時刻T3においてもウエハと静電吸着電極の間の電位差は0に保たれる。すなわち、ウエハと静電吸着電極の間に作用する静電吸着力を0にした状態で静電吸着電極の電位を0Vとすることができます。前記のように静電吸着電極の電位を0Vにした後、ウエハは押し上げピンによって試料台から離脱され、搬送機構(図示せず)によって処理室外部へ搬出される。

#### 【0043】

次に除電プラズマ中のウエハ電位について述べる。除電プラズマ中のウエハ電位は、除電プラズマ中の浮遊電位と等しいと考えられる。発明者が実施したプラズマ浮遊電位計測の結果を図5に示す。図5(a)に浮遊電位のマイクロ波パワー依存性を示し、図5(b)に浮遊電位の圧力依存性を示す。プラズマ処理時のマイクロ波パワー、圧力に対して浮遊電位の依存性は大きく無く、プラズマ処理条件の変化に対して浮遊電位の変化は比較的感度が低いことが図5から伺える。浮遊電位は、平均して-15V程度のため、この-15Vがウエハの電位として補正すべき量となる。値のばらつきに関しては、浮遊電位の絶対値は、-12Vから-18Vの間にしているため、マージンを考慮して-15V±5Vが妥当であると考えられる。このようなことから、本実施例においての図3のVは、-10から-20Vまでの値とした。

10

#### 【0044】

次に、プラズマ生成用のマイクロ波電力が遮断された後の、真空処理室内の荷電粒子消失の待ち時間tについて述べる。

#### 【0045】

荷電粒子消失待ち時間tは、前述の通りプラズマ生成用のマイクロ波電力の遮断後、真空処理室内からプラズマによって生成された荷電粒子が完全に消失するまでの時間であるが、真空処理室内からの荷電粒子の消失は、プラズマ中の荷電粒子密度や真空処理室内の圧力など、処理室内の状態のみならず、マイクロ波電源やマイクロ波発振源の制御信号に対する応答性やその応答時間ばらつき等にも影響を受ける可能性がある。

#### 【0046】

30

このような影響を排除できるように荷電粒子消失待ち時間tは、十分な時間が確保される必要がある。一方、荷電粒子消失待ち時間tを長くすることは、除電という観点からは問題がないが、余分な荷電粒子消失待ち時間はスループットの悪化につながり好ましくない。このようなことから発明者の実験によれば、様々な条件において荷電粒子消失待ち時間tを検討したところ、0.1秒以上の待ち時間があれば、真空処理室内の荷電粒子が消失するのに十分であるとの結果が得られた。また、荷電粒子消失待ち時間としての上限については、スループットに問題のない範囲として3秒とした。また、荷電粒子消失を待つことは、マイクロ波電力遮断後のアフターグロー放電の消失を待つことと同様のことであるため、アフターグロー放電消失待ち時間も0.1~3秒までの時間としても良い。

#### 【0047】

40

次に図3のT1において内側静電吸着電極108と外側静電吸着電極109のそれぞれに印加される電圧が異なる実施例について図6に示すタイミングチャートを用いて図3の実施例と異なる構成の部分を説明する。マイクロ波の入射パワーを図6(a)、静電吸着用電極の電位を図6(b)、静電吸着電極の電位の平均値を図6(c)、ウエハの電位を図6(d)、静電吸着用電極とウエハとの電位差を図6(e)にそれぞれ示す。また、図6における、T0、T1、T2、T3、t及びVは、図3の同記号と同様の意味で用いている。

#### 【0048】

図6においては、除電プラズマ発生中時刻T1にて内側の可変直流電源110の出力電圧値がVa、外側の可変直流電源111の出力電圧値がVbに設定される。この際、Va

50

および  $V_b$  の平均値は図 6 (c) に示すようにウエハの電位と等しい値、すなわち、図 3 における -  $V$  となる。時刻  $T_1$  においては内側静電吸着電極とウエハとの間、外側静電吸着電極とウエハとの間には図 6 (e) に示すようにそれぞれ電位差が発生するため、この時点ではウエハと静電吸着電極との間の吸着力は消失していない。

#### 【0049】

その後、時刻  $T_2$  においてプラズマ生成のための高周波電力(マイクロ波入射パワー)を遮断する。前記高周波電力の遮断後、所定の時間  $t$  が経過した後、真空処理室内の荷電粒子が完全に消失する。その後、時刻  $T_3$  において内側静電吸着電極 108 及び外側静電吸着電極 109 のそれぞれに印加している直流電圧を  $0V$  にする。時刻  $T_3$  において静電吸着電極に印加している直流電圧を  $0V$  にすることにより、内側静電吸着電極 108 と外側静電吸着電極 109 に印加している直流電圧の平均値は、図 6 (c) に示すように -  $V$  から  $0V$  に +  $V$  だけ変化する。  
10

#### 【0050】

これは、式 3 に示すようにウエハの電位変化は、内側静電吸着電極 108 と外側静電吸着電極 109 のそれぞれに印加している直流電圧の平均値の変化と等しいため、ウエハ電位は図 6 (d) に示すように時刻  $T_3$  において -  $V$  から  $0V$  に変化することによる。すなわち、時刻  $T_3$  において、内側静電吸着電極 108 の電位と外側静電吸着電極 109 の電位とウエハの電位が全て  $0V$  となり、図 6 (e) に示すようにウエハと静電吸着電極との間の電位差が速やかに解消され、ウエハと静電吸着電極との間に作用する静電吸着力は消失する。  
20

#### 【0051】

図 6 に示すようなウエハ離脱方法によっても図 3 のウエハ離脱方法と同様の効果が得られ、残留吸着力の発生なく試料台からの試料離脱を安定して行うことができる。

#### 【0052】

以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されず、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更可能である。例えば、本実施例においては内側静電吸着電極 108 と外側静電吸着電極 109 のそれぞれに印加する直流電源の電圧値はそれぞれ等しいもの、もしくは正と負の異なる電位としたが、内側静電吸着電極 108 と外側静電吸着電極 109 のそれぞれに印加する直流電源の電圧値は両者の平均値が -  $V$  になれば、どのような値であってもよい。すなわち、静電吸着電極への可変直流電源による -  $V$  として平均 -  $15V$  の印加を行なう場合、内側静電吸着電極 108 に印加する電圧が -  $5V$ 、外側静電吸着電極 109 に印加する電圧が -  $25V$  などの設定であってもよい。また、静電吸着電極への可変直流電源による -  $V$  として平均 -  $15V$  の印加を行なう場合、内側静電吸着電極 108 に印加する電圧が +  $5V$ 、外側静電吸着電極 109 に印加する電圧が -  $35V$  などの設定であってもよい。  
30

#### 【0053】

また、図 3 及び図 6 に示すような本発明に係る制御は、制御部 115 によって行われる。さらに本実施例は、双極型(ダイポール)の静電吸着電極を用いて説明したが、単極型(モノポール)の静電吸着電極にも本発明は適用できる。

#### 【0054】

また、本実施例では、 -  $V$  をウエハ電位(浮遊電位)と同等の電位として説明したが、 -  $V$  を図 3 及び 6 の  $T_3$  におけるウエハ電位が概ね  $0$  となる値としても良い。ノイズ等の外乱により -  $V$  を浮遊電位にした場合、  $T_3$  におけるウエハ電位が概ね  $0$  とならない場合が有り得るが、 -  $V$  を  $T_3$  におけるウエハ電位が概ね  $0$  となる値にした場合は、確実に  $T_3$  時のウエハ電位は概ね  $0$  となる利点がある。  
40

#### 【0055】

以上、本発明は、試料台からの試料の離脱に際し、処理中の試料吸着の解除に伴い静電吸着電極に印加する電圧の平均値を、試料を離脱させるためのプラズマ処理の終了後の残留電荷を想定し所定の負電位に設定し、試料を離脱させるためのプラズマ処理の終了後に静電吸着電極への電圧印加を  $0V$  とすることにより、プラズマ消失時の再帶電の恐れなく  
50

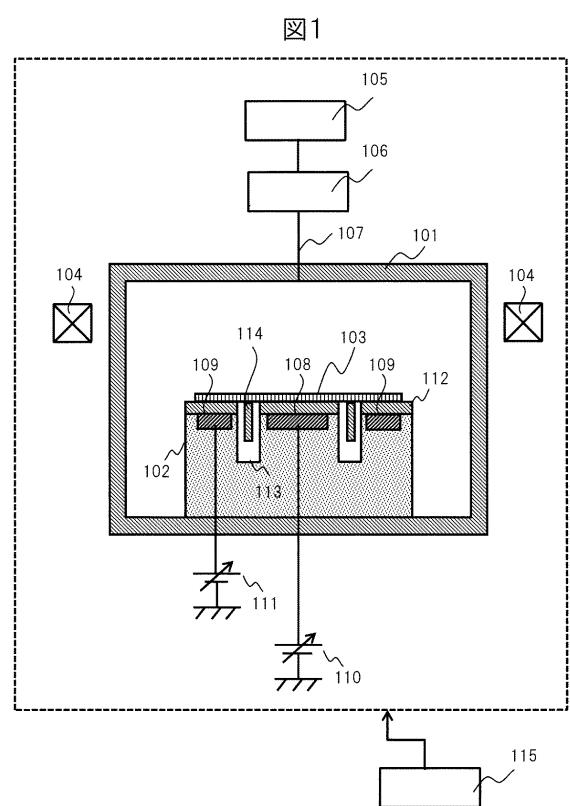
、ウエハ電位と電極の電位との両方を0Vにすることができるため、残留吸着力の発生なく試料台からの試料離脱を安定して行うことができる。

【符号の説明】

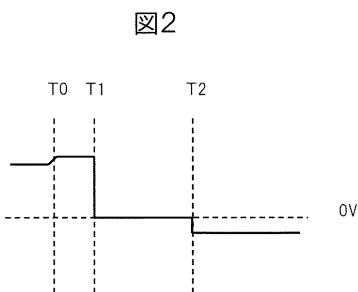
【0056】

101…処理室、102…試料台、103…ウエハ、104…ソレノイドコイル、105…マイクロ波電源、106…マイクロ波発振源、107…導波管、108…静電吸着電極、109…静電吸着電極、110…可変直流電源、111…可変直流電源、112…誘電体層、113…通過孔、114…押し上げピン、115…制御部

【図1】

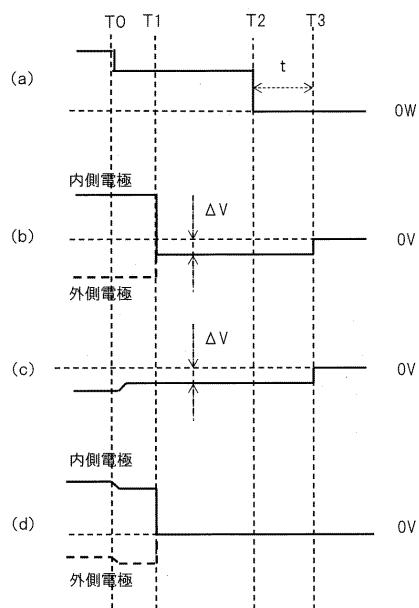


【図2】



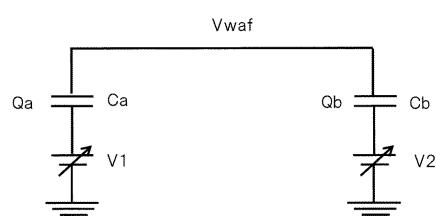
【図3】

図3



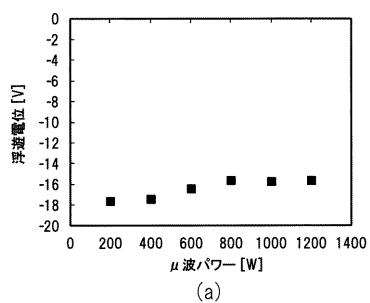
【図4】

図4

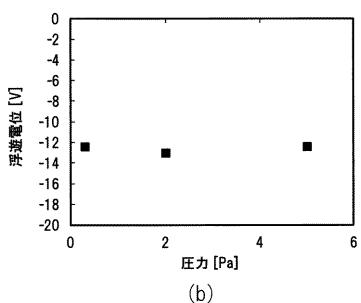


【図5】

図5



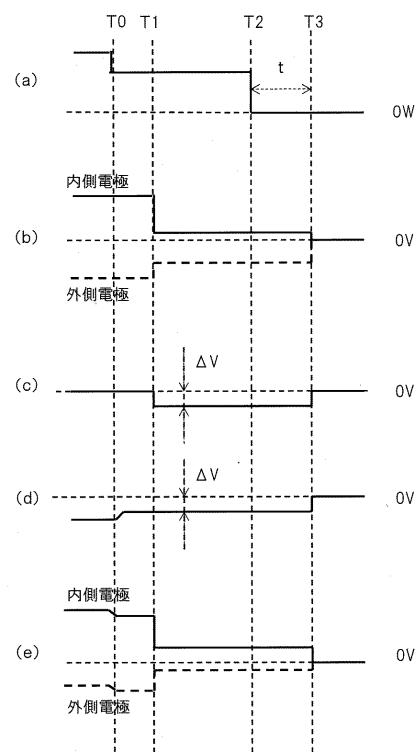
(a)



(b)

【図6】

図6



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-233605(JP, A)  
米国特許第05933314(US, A)  
特開2007-073568(JP, A)  
特開2004-047511(JP, A)  
特開2016-032096(JP, A)  
特開平11-111826(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065  
H01L 21/683  
H05H 1/46