

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4847909号
(P4847909)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

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

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-88664 (P2007-88664)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成19年3月29日(2007.3.29)	(74) 代理人	100119297 弁理士 田中 正男
(65) 公開番号	特開2008-251676 (P2008-251676A)	(74) 代理人	100112140 弁理士 塩島 利之
(43) 公開日	平成20年10月16日(2008.10.16)	(72) 発明者	松丸 弘樹 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成22年3月17日(2010.3.17)	(72) 発明者	中尾 亘孝 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する上部電極と下部電極との間に高周波電源から高周波電力を印加してプラズマを発生させ、被処理基板にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、

被処理基板を吸着保持できるように、下部電極上の静電チャックの内部電極にプラス又はマイナスの極性の直流電圧を印加する直流電圧印加工程と、

前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うために高周波電力を印加し始めてから前記プラズマ処理が終了するまでの間に、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を前記プラス又は前記マイナスの極性とは逆の極性に入れ替える極性入替え工程と、

前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加し終わった後に、前記静電チャックの前記内部電極に前記プラス又は前記マイナスの極性、又は前記逆の極性の直流電圧を印加する逆印加工程と、を備えるプラズマ処理方法。

【請求項2】

前記極性入替え工程において、

あらかじめ、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加するのを中断すると共に、被処理基板の裏面と前記静電チャックの上面との間に伝熱ガスを供給するのを中断し、

その後、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を入れ替え、

その後、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加す

ると共に、被処理基板の裏面と前記静電チャックの上面との間に伝熱ガスを供給することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】

前記極性入替え工程において、

前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を入れ替える最中に、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加し続けると共に、被処理基板の裏面と前記静電チャックの上面との間に伝熱ガスを供給し続けることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】

前記直流電圧印加工程において、前記静電チャックの内部電極にプラス又はマイナスの極性の直流電圧を印加する時間は、極性入替え工程において、前記静電チャックの前記内部電極に前記逆の極性の直流電圧を印加する時間よりも長く、

前記逆印加工程において、前記静電チャックの前記内部電極に前記逆の極性の直流電圧をさらに印加することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】

前記静電チャックが、誘電体としてのセラミックスの内部に内部電極を設けてなることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】

対向する上部電極と下部電極との間に高周波電力を印加してプラズマを発生させる高周波電源と、被処理基板を吸着保持できるように、下部電極上の静電チャックの内部電極にプラス又はマイナスの極性の直流電圧を印加する直流電源と、前記高周波電源及び前記直流電源を制御する制御部と、を備えるプラズマ処理装置において、

前記制御部は、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うために高周波電力を印加し始めてから前記プラズマ処理が終了するまでの間に、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を前記プラス又は前記マイナスの極性とは逆の極性に入れ替え、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加し終わった後に、前記静電チャックの前記内部電極に前記プラス又は前記マイナスの極性、又は前記逆の極性の直流電圧を印加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】

【0001】

本発明は、半導体ウェハや LCD (liquid crystal display) 用基板等の被処理基板にプラズマエッチング処理や、成膜処理を施すプラズマ処理方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造工程においては、成膜処理、アニール処理、エッチング処理、酸化拡散処理等の各種の処理が行われる。これらの処理の多くは、高周波電力を用いたプラズマ処理で行われる傾向にある。プラズマ処理装置の一種として、平行平板型のプラズマ処理装置が知られている。載置台を兼ねる下部電極上に半導体ウェハを載置し、下部電極とこれに対向する上部電極との間で高周波電力を印加することによりプラズマを発生させ、このプラズマによって被処理基板の成膜処理やエッチング処理等の各種の処理を行う。

【0003】

このプラズマ処理装置においては、被処理基板は下部電極上の静電チャック (ESC) に吸着される。静電チャックは誘電体の内部に HV (High Voltage) 電極を埋め込んでなる。HV 電極には直流電源が接続される。図 7 の静電チャックの原理図に示されるように、HV 電極 51 にプラスの高電圧を印加すると、コンデンサの両極に電荷がチャージすると同じ様に、被処理基板 W にマイナスの電荷、HV 電極 51 にプラスの電荷がチャージする。マイナスの電荷とプラスの電荷が引き合う力、すなわちクーロン力によって吸着が行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

この他にも、図 8 に示されるように、ジョンソン・ラーベック力タイプの静電チャックも知られている。誘電体の抵抗値を若干下げて電流がある程度は流れるタイプの静電チャックである。ジョンソン・ラーベック力は基本的にはクーロン力であるが、静電チャックと被処理基板の間の微小なギャップでクーロン力が発揮される場合にこの名称が使用される。図において、C 1 : 微小ギャップの容量、R 1 : 被処理基板と静電チャックの接触抵抗、C 2 : 誘電体の容量、R 2 : 誘電体の抵抗分、である。被処理基板の吸着力は C 1 の両極で発揮される。

【 0 0 0 5 】

クーロン力を利用した静電チャックにおいても、ジョンソン・ラーベック力を利用した静電チャックにおいても、誘電体層に蓄積する残留電荷が問題になる。残留電荷が蓄積したままだと、静電チャックと被処理基板とが引き合う力が残り、プラズマ処理後に被処理基板を脱離できなくなるからである。

【 0 0 0 6 】

被処理基板を脱離し易くするために、プラズマ処理後に、静電チャックの H V 電極に吸着時とは逆の極性の直流電圧を一旦印加する逆印加方法が知られている（特許文献 1 参照）。例えば、吸着時に H V 電極にプラスの直流電圧を印加したときは、プラズマ処理後の逆印加工程において、マイナスの直流電圧を印加して誘電体層に蓄積するプラスの残留電荷を直流電源へ移動させる。一方、吸着時にマイナスの極性の直流電圧を印加したときは、プラズマ処理後の逆印加工程において、H V 電極にプラスの極性の直流電圧を印加する。逆極性の直流電圧を印加することで、蓄積した残留電荷を抜くことができるので、被処理基板を脱離し易くなる。

【特許文献 1】国際公開第 2 0 0 4 / 0 2 1 4 2 7 号パンフレット（13 頁 1 行～7 行）

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかし、プラズマ処理後に逆の極性の直流電圧を逆印加しても電荷が残り、静電チャックから被処理基板が剥がれにくくなる場合がある。

【 0 0 0 8 】

例えば、誘電体層に耐熱性を持たせるためにセラミックスを使用し、誘電体層を高温にすると、体積抵抗率が下がるので、残留電荷が抜けにくくなる。そして、プラズマ処理のプロセス時間が長ければ長いほど、誘電体層に蓄積する電荷が経時的に増えるため、逆印加する時間もより長くなる。逆印加する時間が長くなると、プラズマ処理装置のスループットが悪くなる。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、プラズマ処理後に誘電体層に蓄積する残留電荷を抑えることができるプラズマ処理方法及び装置を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、対向する上部電極と下部電極との間に高周波電源から高周波電力を印加してプラズマを発生させ、被処理基板にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法において、被処理基板を吸着保持できるように、下部電極上の静電チャックの内部電極にプラス又はマイナスの極性の直流電圧を印加する直流電圧印加工程と、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うために高周波電力を印加し始めてから前記プラズマ処理が終了するまでの間に、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を前記プラス又は前記マイナスの極性とは逆の極性に入れ替える極性入替え工程と、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加し終わった後に、前記静電チャックの前記内部電極に前記プラス又は前記マイナスの極性、又は前記逆の極性の直流電圧を印加する逆印加工程と、を備えるプラズマ処理方法である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法の、前記極性入替え工程において、あらかじめ、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加するのを中断すると共に、被処理基板の裏面と前記静電チャックの上面との間に伝熱ガスを供給するのを中断し、その後、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を入れ替え、その後、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加すると共に、被処理基板の裏面と前記静電チャックの上面との間に伝熱ガスを供給することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法の、前記極性入替え工程において、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を入れ替える最中に、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加し続けると共に、被処理基板の裏面と前記静電チャックの上面との間に伝熱ガスを供給し続けることを特徴とする。

10

【 0 0 1 4 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプラズマ処理方法において、前記直流電圧印加工程において、静電チャックの内部電極にプラス又はマイナスの極性の直流電圧を印加する時間は、極性入替え工程において、前記静電チャックの前記内部電極に前記逆の極性の直流電圧を印加する時間よりも長く、前記逆印加工程において、前記静電チャックの前記内部電極に前記逆の極性の直流電圧をさらに印加することを特徴とする。

20

【 0 0 1 5 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のプラズマ処理方法において、前記静電チャックが、誘電体としてのセラミックスの内部に内部電極を設けてなることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

請求項 6 に記載の発明は、対向する上部電極と下部電極との間に高周波電力を印加してプラズマを発生させる高周波電源と、被処理基板を吸着保持できるように、下部電極上の静電チャックの内部電極にプラス又はマイナスの極性の直流電圧を印加する直流電源と、前記高周波電源及び前記直流電源を制御する制御部と、を備えるプラズマ処理装置において、前記制御部は、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うために高周波電力を印加し始めてから前記プラズマ処理が終了するまでの間に、前記静電チャックの前記内部電極に印加する直流電圧の極性を前記プラス又は前記マイナスの極性とは逆の極性に入れ替え、前記高周波電源が被処理基板のプラズマ処理を行うための高周波電力を印加し終わった後に、前記静電チャックの前記内部電極に前記プラス又は前記マイナスの極性、又は前記逆の極性の直流電圧を印加することを特徴とするプラズマ処理装置である。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

被処理基板のプラズマ処理中に静電チャックの内部電極に印加する直流電圧の極性を入れ替えるので、誘電体層に蓄積する残留電荷がプラズマ処理中に抜ける。よって、プラズマ処理後に誘電体層に蓄積する残留電荷量を低減することができる。

40

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、添付図面を参照して、本発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置を示す。図 1 は、プラズマ処理装置（エッチング装置）の全体の概略構成図を示す。図 1 において、符号 1 は、材質が例えばアルミニウム、ステンレス鋼等からなり、内部を気密に閉鎖可能な円筒形のチャンバ 1 である。このチャンバ 1 はアースに接地されている。

【 0 0 1 9 】

チャンバ 1 の内部には、被処理基板として例えば半導体ウエハ W が載置される円板状のサセプタ 2 が設けられる。サセプタ 2 は、アルミニウム等の導電性材料からなり、下部電

50

極を兼ねている。サセプタ2は、セラミックス等の絶縁性の筒状保持部3に支持される。筒状保持部3はチャンバ1の筒状支持部4に支持される。筒状保持部3の上面には、サセプタ2の上面を環状に囲む石英等からなるフォーカスリング5が配置される。

【0020】

チャンバ1の側壁と筒状支持部4との間には、環状の排気路6が形成される。この排気路6の入口又は途中に環状のバフフル板7が取り付けられる。排気路6の底部には、排気口8が設けられる。排気口8には排気管9を介して排気装置10が接続される。排気装置10は、真空ポンプを有しており、チャンバ1内の処理空間を所定の真空度まで減圧する。チャンバ1の側壁には、半導体ウェハWの搬入出口を開閉するゲートバルブ11が取り付けられる。

10

【0021】

サセプタ2には、プラズマ生成用の高周波電源13が整合器14及び給電棒15を介して電氣的に接続される。高周波電源13は、例えば40MHzのHF(High Frequency)の高周波電力をサセプタ2、すなわち下部電極に供給する。チャンバ1の天井部には、シャワーヘッド17が上部電極として設けられる。高周波電源13からの高周波電力のサセプタ2への印加によりサセプタ2とシャワーヘッド17との間にプラズマが生成される。

【0022】

またサセプタ2には、プラズマ中のイオンを半導体ウェハWに引き込むバイアス用の高周波電源43が整合器44及び給電棒45を介して接続される。高周波電源43は、例えば12.88MHz, 3.2MHz等のLF(Low Frequency)の高周波電力をサセプタ2に供給する。プラズマ中のイオンは、LF(Low Frequency)の高周波電力によって半導体ウェハW上に引き込まれる。

20

【0023】

サセプタ2の上面には、半導体ウェハWを静電吸着力で保持するための静電チャック19が設けられる。静電チャック19は、セラミックス等の誘電体からなる。静電チャック19の内部には、導電体であるHV(High Voltage)電極20(内部電極20)が設けられる。HV電極20は、例えば銅、タンゲステン等の導電膜からなる。

【0024】

HV電極20には、直流電源22がスイッチ23を介して電氣的に接続される。直流電源22は、HV電極20に2500V, 3000V等のプラス又はマイナスの直流電圧を印加する。スイッチ23は、直流電源22から静電チャック19に印加する直流電圧のプラス又はマイナスの極性を切り替える。直流電源22からHV電極20に直流電圧を印加すると、クーロン力によって半導体ウェハWが静電チャック19に吸着保持される。静電チャック19には、単極型と双極型とがあり、これらのタイプにそれぞれクーロン型とジョンソン・ラーベック型とがある。本発明には、いずれのタイプの静電チャック19も用いることができる。

30

【0025】

サセプタ2の内部には、例えば円周方向に延在する冷媒室2aが設けられる。この冷媒室2aには、チラーユニット29より配管30を介して所定温度の冷媒例えば冷却水が循環供給される。冷媒の温度によって、静電チャック19上の半導体ウェハWの処理温度を制御できる。

40

【0026】

静電チャック19の上面と半導体ウェハWの裏面との間には、伝熱ガス供給部31からの伝熱ガス、例えばHeガスがガス供給配管32を介して供給される。半導体ウェハWの裏面及び静電チャック19の上面は、ミクロ的にみると平面ではなくて凸凹である。半導体ウェハWと静電チャック19との接触面積は少ない。半導体ウェハWの裏面と静電チャック19との間に伝熱ガスを供給することで、半導体ウェハWと静電チャック19との伝熱性を向上することができる。

【0027】

サセプタ2の内部には、静電チャック19の上面から突出あるいは、静電チャック19

50

の上面よりも下方に引き込まれるプッシャーピン46が設けられる(図2参照)。静電チャック19に半導体ウェハWを吸着させるときは、静電チャック19の上面から突出したプッシャーピン46に半導体ウェハWを載せ、プッシャーピン46を降下させて半導体ウェハWを静電チャック19の上面に降ろす。一方、静電チャック19から半導体ウェハWを離脱させるときは、静電チャック19の上面よりも下方に引き込まれたプッシャーピン46を上昇させ、プッシャーピン46が静電チャック19の上面に吸着された半導体ウェハWを持ち上げる。

【0028】

天井部のシャワーヘッド17は、多数のガス通気孔を有する下面の電極板34と、この電極板34を着脱可能に支持する電極支持体35と、を有する。電極支持体35の内部にはバッファ室36が設けられ、このバッファ室36のガス導入口37には処理ガス供給部38からのガス供給配管39が接続される。

10

【0029】

シャワーヘッド17は、サセプタ2と平行に対向すると共にアースに接地されている。シャワーヘッド17とサセプタ2は一对の電極、すなわち上部電極と下部電極として機能する。シャワーヘッド17とサセプタ2との間の空間には、高周波電力によって鉛直方向の高周波電界が形成される。高周波の放電によって、サセプタ2の表面近傍に高密度のプラズマが生成される。

【0030】

チャンバ1の周囲には、チャンバ1と同心円状に環状のリング磁石33が配置される。リング磁石33は、サセプタ2とシャワーヘッド17との間の処理空間に磁場を形成する。このリング磁石33は、回転機構によってチャンバ1の回りを回転可能とされている。

20

【0031】

制御部41は、プラズマエッチング装置内の各部、例えば排気装置10、高周波電源13, 43、静電チャック用のスイッチ23、チラーユニット29、伝熱ガス供給部31及び処理ガス供給部38等の動作を制御する。

【0032】

以下に、上記のように構成されたエッチング装置によるエッチング処理の手順について説明する。

【0033】

まず、チャンバ1に設けられたゲートバルブ11を開ける。図示しない搬送機構は、半導体ウェハWをゲートバルブ11に隣接して配置されたロードロック室(図示せず)からチャンバ内に搬入し、半導体ウェハWをサセプタ2のプッシャーピン46上に載置する。搬送作業が終わったら、搬送機構はチャンバ1の外に退避する。この後、ゲートバルブ11がチャンバ1の搬出入口を閉じ、排気装置10がチャンバ1の室内を真空にする。

30

【0034】

図3は、エッチング処理のタイミングチャートを示す。図3において、横軸は時間を示し、縦軸はHV電極20に印加される直流電圧、高周波電源13, 43のオン・オフ、Heガスのオン・オフをそれぞれ示す。

【0035】

半導体ウェハWがチャンバ1内に搬入されたら、直流電源22がHV電極20に直流電圧(HV)を印加する。図2に示されるように、プッシャーピン46が上がっている時にHV電極20にプラスの極性の直流電圧を印加すると、プッシャーピン46を介してマイナスの電荷が半導体ウェハWにチャージされる。プッシャーピン46が半導体ウェハWを静電チャック19の上に降ろすと、クーロン力によって半導体ウェハWが静電チャック19に吸着される。

40

【0036】

HV電極20に例えば2500Vのプラスの直流電圧(HV)を印加した後、処理ガス供給部38からチャンバ1内にエッチングガスを供給し、高周波電源13, 43から下部電極としてのサセプタ2にHF(High Frequency)及びLF(Low Frequency)の高周波電

50

力を供給する。サセプタ 2 への高周波電力の供給によって、上部電極であるシャワーヘッド 17 と下部電極であるサセプタ 2 との間の処理空間には高周波電界が形成され、プラズマが発生する。サセプタ 2 への高周波電力の供給と同時に、伝熱ガス供給部 31 が半導体ウェハ W の裏面と静電チャック 19 の上面との間に、He 等の伝熱ガスを供給する。この状態で半導体ウェハ W のエッチング処理が開始する。

【0037】

そして、高周波電源 13, 43 がサセプタ 2 に高周波電力を印加し始めてからエッチング処理が終了するまでの間に、静電チャック 19 の HV 電極 20 に印加する直流電圧の極性をマイナスの極性に入れ替える。すなわち、静電チャック 19 の HV 電極 20 に例えばプラス 2500V の直流電圧を印加していたのを、エッチング処理中に例えばマイナス 2500V の直流電圧に印加し直している。クーロン力により吸着力が確保できれば、マイナスの直流電圧値はプラスの直流電圧値と同じであっても異なってもよい。エッチング処理中に静電チャック 19 の HV 電極 20 の極性を入れ替えると、誘電体層に蓄積する残留電荷がエッチング処理中に抜ける。

【0038】

この実施形態では、静電チャック 19 の HV 電極 20 に印加する直流電圧の極性を入れ替える最中に、半導体ウェハ W の裏面と静電チャック 19 の上面との間に伝熱ガスを供給し続けると共に、高周波電源 13, 43 が高周波電力を印加し続ける。静電チャック 19 の HV 電極 20 に印加する直流電圧の極性を入れ替えるとき、HV 電極 20 が一瞬ゼロになるので、そのときに半導体ウェハ W の吸着力が落ちるおそれがある。しかし、プラズマが発生している最中は、半導体ウェハ W に自己バイアスがかかるので、それによる吸着力も発生している。このため、エッチング処理中に静電チャック 19 の HV 電極 20 に印加する直流電圧の極性を入れ替えても、半導体ウェハ W が静電チャック 19 からずれることは殆どない。

【0039】

所定の時間が経過したり、エッチング処理のエンドポイントが検出されたりすると、制御部 41 が所定のエッチング処理が終了したと判断し、高周波電源 13, 43 からの高周波電力の供給を停止する。これと同時に伝熱ガス供給部 31 が伝熱ガスを供給するのを停止する。例えば酸化膜をエッチングするとき、エッチング処理が酸化膜の下の膜まで到達すると、酸化膜の元素とは別の元素がチャンバ 1 内に現れる。プラズマの発光を検知することで、エッチング処理のエンドポイントを検出することができる。

【0040】

高周波電源 13, 43 が高周波電力を印加し終わった後、すなわちエッチング処理が終了した後、静電チャック 19 の HV 電極 20 にマイナスの直流電圧を印加するのを一旦停止する。その後、マイナスの極性（吸着のために印加したプラスの極性とは逆の極性）の直流電圧を逆印加する。逆印加の時間を短くするように、逆印加の直流電圧はエッチング処理中に印加される電圧よりも大きく、例えばマイナス 3000V に設定される。直流電圧の逆印加は、誘電体層に蓄積する残留電荷量を低減するために行われる。直流電圧の逆印加の時間は、静電チャック 19 の HV 電極 20 に印加するプラスの直流電圧の大きさや印加時間、マイナスの直流電圧の大きさや印加時間によって定められる。本実施形態によれば、エッチング処理中に静電チャック 19 の HV 電極 20 への直流電圧の極性を入れ替えるので、誘電体層に蓄積する残留電荷がエッチング処理中にも抜ける。よって、エッチング処理後の逆印加の時間を短くすることができる。

【0041】

なお、誘電体層の残留電荷を中和するように、エッチング処理中にプラス及びマイナスの極性を入れ替えることも理論的には可能である。こうなると、エッチング処理後の逆印加の工程を省略することもできるかもしれない。しかし、パラメータが不安定であるので現実的には不可能である。直流電圧の大きさや印加時間の変更に対応するためにも、逆印加の工程が必要になる。マイナスの直流電圧の大きさが大きかったり、印加時間が長くなったりすると、逆印加の極性はプラスになることもある。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

静電チャック 19 の H V 電極 20 にマイナスの直流電圧の逆印加を停止した後、プッシャーピン 46 が静電チャック 19 の上面に載置される半導体ウェハ W を持ち上げる。プッシャーピン 46 上に持ち上げられた半導体ウェハ W は、搬送機構によってチャンバ 1 の外に搬送される。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、エッチング処理のタイミングチャートの他の例を示す。この例においては、静電チャック 19 の H V 電極 20 に印加する直流電圧の極性をプラスからマイナスに切り替えるとき、エッチング処理を一旦中断している。すなわち、あらかじめ、高周波電源 13 , 43 が高周波電力を印加するのを一旦中断すると共に、伝熱ガス供給部 31 が H e ガスを供給するのを一旦中断する。そして、H V 電極 20 に印加する直流電圧の極性をプラスからマイナスに切り替えた後、高周波電源 13 , 43 が高周波電力を再び印加すると共に、伝熱ガス供給部 31 が H e ガスを再び供給する。上述したように、エッチング処理中に静電チャック 19 の H V 電極 20 に印加する直流電圧の極性を入れ替えても、半導体ウェハ W が静電チャック 19 から外れるおそれは殆どない。この実施形態では、より安全にするために、静電チャック 19 の H V 電極 20 に印加する直流電圧の極性を入れ替えるときに、エッチング処理を一旦中断している。ただし、エッチング処理を中断すると、トータルのエッチング処理時間が長くなることに留意する必要がある。

10

【 0 0 4 4 】

図 5 は、エッチング処理のタイミングチャートのさらに他の例を示す。この例では、次の半導体ウェハ W を吸着する前に、H V 電極 20 にマイナスの直流電圧を印加する E S C 除電工程が設けられる。E S C 除電工程以外の工程は図 4 に示される工程と同一である。

20

【実施例】

【 0 0 4 5 】

図 3 に示されるタイミングチャートでエッチング処理を行い、逆印加に必要な時間を測定した。比較例として、図 6 に示されるように、極性を入れ替えないタイミングチャートでエッチング処理を行い、逆印加に必要な時間を測定した。

表 1 はその実験結果を示す。

【表 1】

30

RF時間(min),HV極性		逆印加時間 [min]										
+	-	1	1.5	3	5	7.5	10	15	20	30	45	
15	0					x	○					
12	3	○										
15	0					x	○					
15	3	○										
25	0									x	○	
25	5	○										

40

【 0 0 4 6 】

表 1 の + の欄に記載されている数字は、H V 電極 20 にプラスの直流電圧を印加している時間 (m i n) を表し、表 1 の - の欄に記載されている数字は、H V 電極 20 にマイナスの直流電圧を印加している時間 (m i n) を表す。+ の欄に記載されている時間と、- の欄に記載されている時間とを合算したものがトータルの R F 時間 (高周波印加時間) を表す。

【 0 0 4 7 】

逆印加時間は、H V 電極 20 に逆印加をかけている時間である。表中の x は、半導体ウェハ W が上手く離脱できるか、すなわちプッシャーピン 46 で半導体ウェハ W を持ち上げるときに、半導体ウェハ W が跳ね上げたりするかどうかを表す。上手く離脱できたとき

50

が で、上手く離脱できないときが×である。逆印加時間が不足すると、残留電荷が残っているので、プッシャーピン46で持ち上げたときに半導体ウェハWが跳ね上がってしまう。

【0048】

表1の一行目に示されるように、HV電極20にプラスの直流電圧を15分印加し、マイナスの直流電圧を印加しない場合(図6の比較例に示されるように直流電圧の入れ替えを行わない場合)、逆印加の時間が10分必要であった。これに対し、表1の二行目に示されるように、HV電極20にプラスの直流電圧を12分印加し、極性を入れ替えてマイナスの直流電圧を3分印加した場合、逆印加時間を1分まで短くすることができた。

【0049】

また、表1の四行目に示されるように、HV電極20にプラスの直流電圧を15分印加し、極性を入れ替えてマイナスの直流電圧を3分印加した場合、逆印加時間を1分まで短くすることができた。このとき、RF時間は、 $15 + 3 = 18$ 分となり、若干長くなっている。しかし、半導体ウェハWをチャンバ内に搬入し、搬出するまでのトータルの時間を考えると、RF時間に逆印加時間が足されるので、 $15 + 10 = 25$ 分から $18 + 1 = 19$ 分に短くすることができた。

【0050】

表1の下から二行目と最下行はRF時間を25分以上にとった場合を比較したものである。極性を入れ替えない場合、RF時間を25分にとると、逆印加時間は45分必要であった。これに対し、極性を入れ替えたマイナスの直流電圧をHV電極20に5分印加すると、逆印加時間を1分まで極端に低減できることがわかった。

【0051】

以上に本発明の一実施形態のプラズマ処理装置を説明した。本発明は上記実施形態に限られることはなく、本発明の要旨を変更しない範囲で以下のような実施形態に具現化できる。

【0052】

図1に示されるように、上記実施形態のプラズマ処理装置においては、下部電極であるサセプタ2にHF及びLFの二周波数の高周波電力が印加されたが、下部電極に一周波数の高周波電力を印加してもよいし、下部電極にLFの高周波電力を印加し、上部電極にHFの高周波電力を印加してもよい。

【0053】

また、上記実施形態のプラズマ処理装置においては、静電チャックのHV電極に直流電圧を印加後、プラズマ処理用の高周波電力をサセプタに供給している。そして、プラズマ処理用の高周波電力をサセプタに供給するのを停止した後、静電チャックのHV電極に直流電圧を印加するのを停止している。しかし、直流電源が静電チャックのHV電極へ直流電圧の印加を開始したり、停止したりするときに、高周波電源がプラズマ処理用の高周波電力よりも弱い高周波電力をサセプタに供給していてもよい。また、直流電源がHV電極へ逆電圧を印加しているときに、高周波電源が弱い高周波電力をサセプタに供給していてもよい。

【0054】

さらに、本発明は、プラズマCVD、プラズマ酸化、プラズマ窒化、スパッタリングなどの他のプラズマ処理装置にも適用可能である。

【0055】

さらに、本発明の被処理基板は半導体ウェハに限られるものではなく、LCD(liquid crystal display)用基板、フォトマスク、CD基板、プリント基板等であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】本発明の一実施形態のプラズマ処理装置を模式的に示す図

【図2】プッシャーピンが半導体ウェハを持ち上げた状態を模式的に示す図

【図3】エッチング処理のタイミングチャートを示す図

10

20

30

40

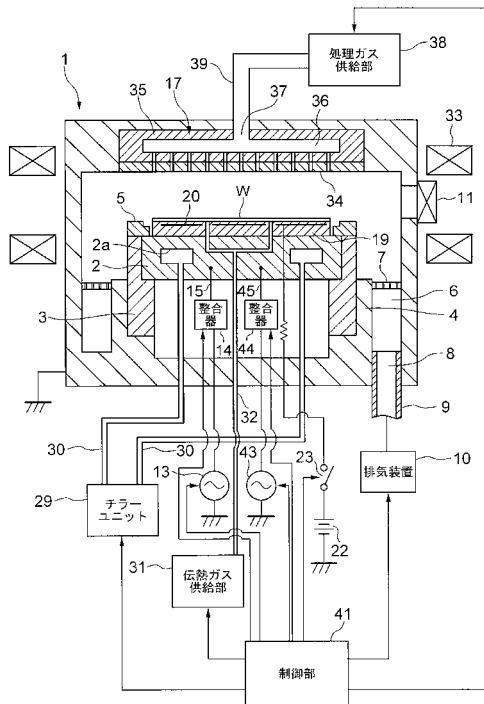
50

- 【図4】エッチング処理のタイミングチャートの他の例を示す図
- 【図5】エッチング処理のタイミングチャートのさらに他の例を示す図
- 【図6】エッチング処理のタイミングチャートの比較例を示す図
- 【図7】クーロン型の静電チャックの原理図
- 【図8】ジョンソン・ラーベック型の静電チャックの原理図
- 【符号の説明】

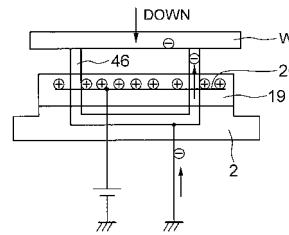
【0057】

- 1 ...チャンバ（処理容器）
- 2 ...サセプタ（下部電極）
- 13, 43 ...高周波電源
- 17 ...シャワーヘッド（上部電極）
- 19 ...静電チャック
- 20 ...HV電極
- 22 ...直流電源
- 23 ...スイッチ
- 31 ...伝熱ガス供給部
- 41 ...制御部
- W ...半導体ウェハ（被処理基板）

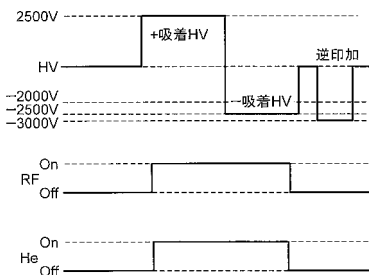
【図1】



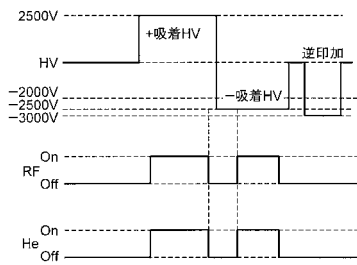
【図2】



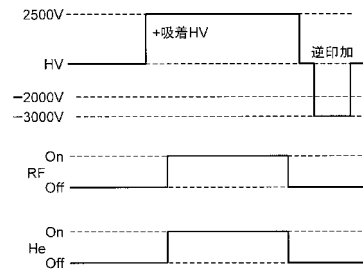
【図3】



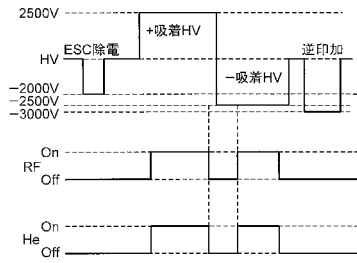
【図4】



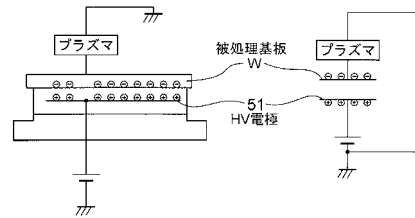
【図6】



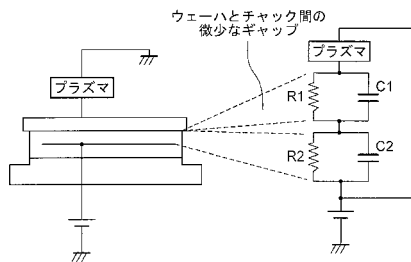
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 小松 賢次
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 高橋 秀一
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 長谷部 智寿

- (56)参考文献 特開平08-078512(JP,A)
特開2006-269556(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/683
H01L 21/205
H05H 1/46
C23F 4/00