

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5031252号
(P5031252)

(45) 発行日 平成24年9月19日 (2012. 9. 19)

(24) 登録日 平成24年7月6日 (2012. 7. 6)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 I O 1 B

H O 1 L 21/205 (2006. 01)

H O 1 L 21/205

H O 5 H 1/46 (2006. 01)

H O 5 H 1/46 M

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2006-92908 (P2006-92908)
(22) 出願日 平成18年3月30日 (2006. 3. 30)
(65) 公開番号 特開2007-266533 (P2007-266533A)
(43) 公開日 平成19年10月11日 (2007. 10. 11)
審査請求日 平成21年2月12日 (2009. 2. 12)

(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
(74) 代理人 100086564
弁理士 佐々木 聖孝
(72) 発明者 松本 直樹
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
(72) 発明者 奥水 地塩
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 早川 欣延
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】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空排気可能な接地された処理容器と、
前記処理容器に絶縁物または空間を介して取り付けられる第1の電極と、
前記処理容器内に前記第1の電極と所定の間隔を空けて平行に配置され、前記第1の電極と対向させて被処理基板を支持する第2の電極と、
前記第2の電極に第1の周波数を有する第1の高周波を印加する第1の高周波給電部と、
前記第2の電極に前記第1の周波数よりも低い第2の周波数を有する第2の高周波を印加する第2の高周波給電部と、
前記第1の電極と前記第2の電極と前記処理容器の側壁との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、
前記第1の電極と接地電位の部材との間で電氣的に直列に接続されるインダクタおよびコンデンサと
を有し、
前記第1の電極と前記処理容器との間にそれらの間に存在する絶縁体を介して一定の容量を有するキャパシタが形成され、
前記インダクタと前記コンデンサと前記キャパシタとによって直並列LC回路が形成され、
前記処理空間と前記第1の電極との境界面から前記第1の電極を介して接地電位に至る

10

20

までの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性において、前記第 2 の周波数以上で前記第 1 の周波数よりも低い前記直並列 LC 回路の直列共振周波数と、前記直列共振周波数よりも高く前記第 1 の周波数よりも低い前記直並列 LC 回路の反共振周波数とがそれぞれ 1 つずつ存在し、前記第 1 の周波数に対応するインピーダンスよりも前記第 2 の周波数に対応するインピーダンスが低くなるように、前記インダクタのインダクタンスおよび前記コンデンサのキャパシタンスが設定される、

プラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記第 2 の周波数に対応するインピーダンスが前記第 1 の周波数に対応するインピーダンスの 20 分の 1 以下である、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 の周波数は 27 MHz 以上であって、前記第 2 の周波数は 13.56 MHz 以下であり、

前記周波数 - インピーダンス特性において、100 kHz ~ 15 MHz の帯域内に前記直列共振周波数が得られ、5 ~ 200 MHz の帯域内に前記反共振周波数が得られるように、前記インダクタのインダクタンスおよび前記コンデンサのキャパシタンスが設定される、

請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記直列共振周波数が前記第 2 の周波数にほぼ一致または近似するように、前記インダクタのインダクタンスおよび前記コンデンサのキャパシタンスが設定される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 5】

前記処理空間で生成されるプラズマについて所望のプラズマ密度分布特性が得られるように、前記インダクタのインダクタンスおよび前記コンデンサのキャパシタンスが設定される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記インダクタおよび前記コンデンサの少なくとも一方が可変インピーダンス素子である、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記インダクタが棒状またはコイル状の導体を有する、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

30

【請求項 8】

前記インダクタを介して前記第 1 の電極に所望の直流電圧を印加する直流電源を有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記第 1 の電極が上部電極であり、前記第 2 の電極が下部電極である、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記第 1 の電極の上部または上方に前記処理ガス供給部からの前記処理ガスを導入するガス室が設けられ、前記第 1 の電極に前記ガス室から前記処理空間に前記処理ガスを噴出するための多数のガス噴出孔が形成される、請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 11】

前記第 1 の電極と前記処理容器の側壁との間にリング状の絶縁体が気密に設けられる、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被処理基板にプラズマ処理を施す技術に係り、特に 2 周波重畳印加方式の容量結合型プラズマ処理装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスやFPD (Flat Panel Display) の製造プロセスにおけるエッチング、堆積、酸化、スパッタリング等の処理では、処理ガスに比較的低温で良好な反応を行わせるためにプラズマがよく利用されている。従来より、枚葉式のプラズマ処理装置、特にプラズマエッチング装置の中では、容量結合型のプラズマ処理装置が主流となっている。

【0003】

一般に、容量結合型プラズマ処理装置は、真空チャンバとして構成される処理容器内に上部電極と下部電極とを平行に配置し、下部電極の上に被処理基板（半導体ウエハ、ガラス基板等）を載置し、両電極のいずれか一方に高周波電圧を印加する。この高周波電圧によって両電極間に形成される電界により電子が加速され、電子と処理ガスとの衝突電離によってプラズマが発生し、プラズマ中のラジカルやイオンによって基板表面に所望の微細加工（たとえばエッチング加工）が施される。ここで、高周波を印加される側の電極は整合器内のブロッキングキャパシタを介して高周波電源に接続されるため、カソード（陰極）として働く。基板を支持する下部電極に高周波を印加してこれをカソードとするカソードカップル方式は、下部電極に生じる自己バイアス電圧を利用してプラズマ中のイオンを基板にほぼ垂直に引き込むことにより、異方性エッチングを可能としている。

【0004】

下部2周波重畳印加方式は、上記のような容量結合型プラズマ処理装置において、基板を支持する下部電極にプラズマ生成に適した比較的高い周波数（一般に27MHz以上）の第1高周波とイオン引き込みに適した比較的低い周波数（一般に13.56MHz以下）の第2高周波とを重畳して印加するものである（たとえば特許文献1参照）。

【0005】

このような下部2周波重畳印加方式は、プラズマの密度および異方性エッチングの選択性を第1高周波および第2高周波によりそれぞれ個別的に最適化できるという利点があることに加えて、上部電極にポリマー等の堆積物（デポジション、以下“デポ”と略称する。）が付着しやすいプロセスにおいてデポ付着の防止ないし抑制に比較的低い周波数の第2高周波が有効に作用するという利点も有している。すなわち、アノードの上部電極にイオンが入射すると、電極に付いているデポ膜が（酸化膜が付いていればそれも）イオン衝撃でスパッタされる。このスパッタリングに関係するイオンの数は第1高周波が作り、そのイオンを加速する電界は第2高周波の比較的低い周波数によって作られる。

【特許文献1】特開2000-156370

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記のような下部2周波重畳印加方式を用いる従来の容量結合型プラズマ処理装置は、概して、高周波を印加しないアノード側の上部電極を直流的に接地している。通常は、処理容器がアルミニウムやステンレス等の金属からなり保安接地されるので、処理容器を通じて上部電極を接地電位にすることができることから、上部電極を処理容器の天井に直付けで一体に組み込む構成や、あるいは処理容器の天井をそのまま上部電極として利用する構成を採っている。

【0007】

しかしながら、近年の半導体製造プロセスにおけるデザインルールの微細化につれて低圧下での高密度のプラズマが要求されている。下部2周波重畳印加方式の容量結合型プラズマ処理装置ではプラズマ生成に主として寄与する高周波つまり第1高周波の周波数が段々高くなってきており、最近では標準的に40MHz以上の周波数を使用している。ところが、第1高周波の周波数が高くなると、その高周波電流が電極の中心部に集まることによって、両電極間の処理空間に生成されるプラズマの密度も電極中心部側が電極エッジ部側より高くなり、プロセスの面内均一性が低下するという問題がクローズアップされてきている。一方、イオン引き込み用に主として寄与する高周波つまり第2高周波の周波数は比

10

20

30

40

50

較的低いため、電極中心部に集中することはない。つまり、上部電極を処理容器に直付けまたは一体に形成して直流的に接地する従来の装置においては、第2高周波の作用、つまり基板へのイオン引き込みや上部電極におけるデポ付着の抑制に関する作用について特に問題点は見られない。

【0008】

本発明は、上記のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、被処理基板を支持する電極に2種類の高周波を重畳して印加する2周波重畳印加方式の容量結合型において、他方の対向電極に不所望な膜が形成されるのを十全に防止ないし抑制しつつプラズマ密度の空間的な分布特性を任意に制御してプロセスの面内均一性を向上させるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、真空排気可能な接地された処理容器と、前記処理容器に絶縁物または空間を介して取り付けられる第1の電極と、前記処理容器内に前記第1の電極と所定の間隔を空けて平行に配置され、前記第1の電極と対向させて被処理基板を支持する第2の電極と、前記第2の電極に第1の周波数を有する第1の高周波を印加する第1の高周波給電部と、前記第2の電極に前記第1の周波数よりも低い第2の周波数を有する第2の高周波を印加する第2の高周波給電部と、前記第1の電極と前記第2の電極と前記処理容器の側壁との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記第1の電極と接地電位の部材との間で電氣的に直列に接続されるインダクタおよびコンデンサとを有し、前記第1の電極と前記処理容器との間にそれらの間に存在する絶縁体を介して一定の容量を有するキャパシタが形成され、前記インダクタと前記コンデンサと前記キャパシタとによって直並列LC回路が形成され、前記処理空間と前記第1の電極との境界面から前記第1の電極を介して接地電位に至るまでの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性において、前記第2の周波数以上で前記第1の周波数よりも低い前記直並列LC回路の直列共振周波数と、前記直列共振周波数よりも高くても前記第1の周波数よりも低い前記直並列LC回路の反共振周波数とがそれぞれ1つつ存在し、前記第1の周波数に対応するインピーダンスよりも前記第2の周波数に対応するインピーダンスが低くなるように、前記インダクタのインダクタンスおよび前記コンデンサのキャパシタンスが設定される。

20

30

【0011】

本発明の採る容量結合型においては、第1の高周波電源からの第1の高周波が第2の電極に印加されると、第2の電極と第1の電極との間の高周波放電および第2の電極と処理容器の側壁（内壁）との間の高周波放電によって処理空間内で処理ガスのプラズマが生成し、生成したプラズマは四方に、特に上方および半径方向外側に拡散し、プラズマ中の電子電流は第1の電極や処理容器側壁等を通してグラウンドへ流れる。また、第2の高周波電源からの第2の高周波が第2の電極に印加されると、第2の高周波に追従して振動するプラズマ中のイオンが第2の電極に生じる自己バイアスで基板上に引き込まれるだけでなく第1の電極にも入射してその電極表面をスパッタし、デポジション等の膜が付着していればそれを除去する。

40

【0012】

上記第1のプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法では、第1の電極が、絶縁物または空間を介して接地電位の処理容器内に取り付けられる一方で、誘導性の部材またはインダクタを介して接地電位に接続される。これにより、処理空間と第1の電極との境界面から第1の電極を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの等価回路は、インダクタのコイル分と絶縁物等の容量分とを並列に接続した並列LC回路となる。

【0013】

本発明のプラズマ処理装置では、被処理基板を支持する第2の電極に周波数の異なる第1および第2の高周波を印加する。一方、対向電極である第1の電極を電氣的にフローティング状態で接地電位の処理容器に取り付ける。これにより、第1の電極と前記処理容器

50

との間にそれらの間に存在する絶縁体を介して一定の容量を有するキャパシタが形成され、そして、第1の電極と接地電位の部材との間でインダクタとコンデンサが電氣的に直列接続される。このインダクタとこのコンデンサと上記キャパシタとによって直並列LC回路が形成される。

この直並列LC回路においては、処理空間と第1の電極との境界面から第1の電極を介して接地電位に至るまでの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性において、第2の周波数（第2の高周波の周波数）以上で第1の周波数（第1の高周波の周波数）よりも低い直列共振周波数と、この直列共振周波数よりも高く第1の周波数よりも低い反共振周波数とがそれぞれ1つつ存在し、第1の周波数に対応するインピーダンスよりも第2の周波数に対応するインピーダンスが低く（好ましくは1/20以下に）なるように、インダクタのインダクタンスおよびコンデンサのキャパシタンスが設定される。

10

好ましい一態様として、第1の周波数は27MHz以上であって、第2の周波数は13.56MHz以下であり、上記周波数 - インピーダンス特性において、100kHz ~ 15MHzの帯域内に直列共振周波数が得られ、5 ~ 200MHzの帯域内に反共振周波数が得られるように、インダクタのインダクタンスおよびコンデンサのキャパシタンスが設定される。

【0014】

第1の高周波に対して高めのインピーダンスを与えることで、第1の高周波の電流が第2の電極から第1の電極へ流れ難くなる。このため、プラズマの電子電流の中で処理容器の側壁へ流れる割合が相対的に増大し、プラズマの密度は半径方向外側へ拡がるようになる。こうして、上記並列LC回路の第1の高周波に対するインピーダンスを高めの値に最適化することで、プラズマの密度の空間分布特性を径方向で均一化することも任意に制御することも可能となる。一方で、上記並列LC回路の第2の高周波に対するインピーダンスを低くすることで、第2高周波に追従して振動するプラズマ中のイオンを第1の電極に強い衝撃で入射せしめて、その電極表面に付着する不所望な膜を良好にスパッタ（除去）することができる。

20

【発明の効果】

【0020】

本発明のプラズマ処理装置によれば、上記のような構成および作用により、2周波重畳印加方式の容量結合型において第1および第2の高周波の各作用のトレードオフを解決することができる。特に、他方の対向電極に不所望な膜が形成されるのを十全に防止ないし抑制しつつ、プラズマ密度の空間的な分布特性を任意に制御してプロセスの面内均一性を向上させることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、添付図を参照して本発明の好適な実施の形態を説明する。

【0022】

図1に、本発明の第1の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す。このプラズマ処理装置は、下部2周波重畳印加方式の容量結合型（平行平板型）プラズマエッチング装置として構成されており、たとえば表面がアルマイト処理（陽極酸化処理）されたアルミニウムからなる円筒形の真空チャンバ（処理容器）10を有している。チャンバ10は保安接地されている。

40

【0023】

チャンバ10の底部には、セラミックなどの絶縁板12を介して円柱状のサセプタ支持台14が配置され、このサセプタ支持台14の上にたとえばアルミニウムからなるサセプタ16が設けられている。サセプタ16は下部電極を構成し、この上に被処理基板としてたとえば半導体ウエハWが載置される。

【0024】

サセプタ16の上面には半導体ウエハWを静電吸着力で保持するための静電チャック1

50

8 が設けられている。この静電チャック 18 は導電膜からなる電極 20 を一对の絶縁層または絶縁シートの上に挟み込んだものであり、電極 20 には直流電源 22 が電氣的に接続されている。直流電源 22 からの直流電圧により、半導体ウエハ W をクーロン力で静電チャック 18 に吸着保持できるようになっている。静電チャック 18 の周囲でサセプタ 16 の上面には、エッチングの均一性を向上させるためのたとえばシリコンからなるフォーカスリング 24 が配置されている。サセプタ 16 およびサセプタ支持台 14 の側面にはたとえば石英からなる円筒状の内壁部材 25 が貼り付けられている。

【0025】

サセプタ支持台 14 の内部には、たとえば円周方向に延びる冷媒室 26 が設けられている。この冷媒室 26 には、外付けのチラーユニット（図示せず）より配管 27a, 27b を介して所定温度の冷媒たとえば冷却水が循環供給される。冷媒の温度によってサセプタ 16 上の半導体ウエハ W の処理温度を制御できるようになっている。さらに、伝熱ガス供給機構（図示せず）からの伝熱ガスたとえば He ガスが、ガス供給ライン 28 を介して静電チャック 18 の上面と半導体ウエハ W の裏面との間に供給される。

【0026】

サセプタ 16 には、第 1 および第 2 の高周波電源 30, 70 がそれぞれ整合器 32, 72 および給電棒 33, 74 を介して電氣的に接続されている。第 1 の高周波電源 30 は、プラズマの生成に主として寄与する所定の周波数たとえば 40 MHz の高周波を出力する。一方、第 2 の高周波電源 70 は、サセプタ 16 上の半導体ウエハ W に対するイオンの引き込みと後述する上部電極 34 におけるデポや酸化膜等の不所望な膜の付着の防止ないし除去に主として寄与する所定の周波数たとえば 2 MHz の高周波を出力する。

【0027】

サセプタ 16 の上方には、このサセプタと平行に対向して上部電極 34 が設けられている。この上部電極 34 は、多数のガス噴出孔 36a を有するたとえば Si、SiC などの半導体材料からなる電極板 36 と、この電極板 36 を着脱可能に支持する導電材料たとえば表面がアルマイト処理されたアルミニウムからなる電極支持体 38 とで構成されており、チャンバ 10 にリング状の絶縁体 35 を介して電氣的に浮いた状態で取り付けられている。この上部電極 34 とサセプタ 16 とチャンバ 10 の側壁とでプラズマ生成空間または処理空間 PS が形成されている。リング状絶縁体 35 は、たとえばアルミナ (Al_2O_3) からなり、上部電極 34 の外周面とチャンバ 10 の側壁との間の隙間を気密に塞ぐように取り付けられ、上部電極 34 を物理的に支持するとともに、電氣的には上部電極 34 とチャンバ 10 との間の容量の一部を構成している。

【0028】

電極支持体 38 は、その内部にガスバッファ室 40 を有するとともに、その下面にガスバッファ室 40 から電極板 36 のガス噴出孔 36a に連通する多数のガス通気孔 38a を有している。ガスバッファ室 40 にはガス供給管 42 を介して処理ガス供給源 44 が接続されており、ガス供給管 42 にマスフローコントローラ (MFC) 46 および開閉バルブ 48 が設けられている。処理ガス供給源 44 より所定の処理ガスがガスバッファ室 40 に導入されると、電極板 36 のガス噴出孔 36a よりサセプタ 16 上の半導体ウエハ W に向けて処理空間 PS に処理ガスがシャワー状に噴出されるようになっている。このように、上部電極 34 は処理空間 PS に処理ガスを供給するためのシャワーヘッドを兼ねている。

【0029】

また、電極支持体 38 の内部には冷媒たとえば冷却水を流す通路（図示せず）も設けられており、外部のチラーユニットにより冷媒を介して上部電極 34 の全体、特に電極板 36 を所定温度に温調するようになっている。さらに、上部電極 34 に対する温度制御をより安定化させるために、電極支持体 38 の内部または上面にたとえば抵抗発熱素子からなるヒータ（図示せず）を取り付ける構成も可能である。

【0030】

上部電極 34 の上面とチャンバ 10 の天井との間には中空の空間または隙間 50 が設けられるとともに、チャンバ 10 の上面の中心部に貫通孔 52 が形成され、隙間 50 と貫通

10

20

30

40

50

孔 5 2 の中で鉛直方向に延びる棒状のインダクタ 5 4 が設けられている。この棒状インダクタ 5 4 は、下端が上部電極 3 4 の上面中心部に直に接続され、上端が導線 5 6 を介して接地電位に（通常はチャンバ 1 0 に）接続されている。別の実施例として、棒状インダクタ 5 4 の上端が上部電極 3 4 の天井に直付けで接続される構成も可能である。

【 0 0 3 1 】

サセプタ 1 6 およびサセプタ支持台 1 4 とチャンバ 1 0 の側壁との間に形成される環状の空間は排気空間となっており、この排気空間の底にはチャンバ 1 0 の排気口 5 8 が設けられている。この排気口 5 8 に排気管 6 0 を介して排気装置 6 2 が接続されている。排気装置 6 2 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、チャンバ 1 0 の室内、特に処理空間 P S を所望の真空度まで減圧できるようになっている。また、チャンバ 1 0 の側壁には半導体ウエハ W の搬入出口 6 4 を開閉するゲートバルブ 6 6 が取り付けられている。

10

【 0 0 3 2 】

このプラズマエッチング装置において、エッチングを行なうには、先ずゲートバルブ 6 6 を開状態にして加工対象の半導体ウエハ W をチャンバ 1 0 内に搬入して、静電チャック 1 8 の上に載置する。そして、処理ガス供給源 4 4 より所定の処理ガスつまりエッチングガス（一般に混合ガス）を所定の流量および流量比でチャンバ 1 0 内に導入し、排気装置 6 2 による真空排気でチャンバ 1 0 内の圧力を設定値にする。さらに、第 1 および第 2 の高周波電源 3 0 , 7 0 よりそれぞれ所定のパワーで第 1 高周波（4 0 M H z ）および第 2 高周波（2 M H z ）を重畳してサセプタ 1 6 に印加する。また、直流電源 2 2 より直流電圧を静電チャック 1 8 の電極 2 0 に印加して、半導体ウエハ W を静電チャック 1 8 上に固定する。上部電極 3 4 のシャワーヘッドより吐出されたエッチングガスは処理空間 P S で高周波の放電によってプラズマ化し、このプラズマで生成されるラジカルやイオンによって半導体ウエハ W の主面の膜がエッチングされる。

20

【 0 0 3 3 】

この容量結合型プラズマエッチング装置は、サセプタ（下部電極）16に40MHzというプラズマ生成に適した比較的高い周波数の第1高周波を印加することにより、プラズマを好ましい解離状態で高密度化し、より低圧の条件下でも高密度プラズマを形成することができると同時に、サセプタ16に2MHzというイオン引き込みに適した比較的低い周波数の第2高周波を印加することにより、静電チャック18上の半導体ウエハWに対して選択性の高い異方性のエッチングを施すとともに、上部電極34に対してはイオンの入射またはスパッタリングによるデポ膜や酸化膜の除去（電極表面の清浄化）を施すことができる。

30

【 0 0 3 4 】

次に、図2～図4につき、この実施形態のプラズマエッチング装置における本発明の特徴的な作用について説明する。なお、図2および図3は、図解の便宜上、プラズマの生成ないし空間分布制御に実質的に関係しない第2の高周波電源70を省いている。

【 0 0 3 5 】

上述したように、このプラズマエッチング装置は、上部電極34をチャンバ10にリング状絶縁体35を介して取り付けるとともに、上部電極34と接地電位との間に棒状インダクタ54を接続している。すなわち、インダクタ54を外せば上部電極34は直流的にフローティング状態で処理容器10内に設置される構成になっている。

40

【 0 0 3 6 】

先ず、比較例として、上部電極34をたとえばチャンバ10に直付けで取り付け直的に接地電位に接続した場合の作用を説明する。この場合は、図2に示すように、高周波電源30からの第1高周波がサセプタ16に印加されると、サセプタ16と上部電極34との間の高周波放電およびサセプタ16とチャンバ10の側壁との間の高周波放電によって処理空間P S 内で処理ガスのプラズマが生成し、生成したプラズマは四方に、特に上方および半径方向外側に拡散し、プラズマ中の電子電流は上部電極34やチャンバ10の側壁等を通してグランドへ流れる。ここで、サセプタ16においては第1高周波の周波数が

50

高くなるほど表皮効果によってサセプタ中心部に高周波電流が集まりやすく、しかもサセプタ 16 からみて同電位（グランド電位）にある上部電極 34 とチャンバ 10 側壁とでは前者の方が後者よりも距離的に近いため、電極中心部でより多くの高周波電力が処理空間 PS に向けて放出される。このため、プラズマの電子電流の中でチャンバ 10 の側壁へ流れる割合はかなり低く、大部分は上部電極 34 に、しかもその中心部に流れる。その結果、プラズマ密度の空間分布特性は、電極中心部が最も高いだけでなく、電極エッジ部との差が顕著に現れる。

【0037】

これに対して、この実施形態のように上部電極 34 を直流的にフローティング状態でチャンバ 10 に取り付け、かつ棒状インダクタ 54 を介して接地電位に接続する構成においては、処理空間 PS と上部電極 34 との境界面から上部電極 34 を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの等価回路が、図 3 に示すようにコイル L_{54} とキャパシタ C_{35} 、 C_{50} とを並列に接続したものになる。ここで、コイル L_{54} は棒状インダクタ 54 のインダクタンス分であり、正確にはこのコイル L_{54} に棒状インダクタ 54 の抵抗分（図示せず）が直列に接続される。一方のキャパシタ C_{35} は上部電極 34 とチャンバ 10 の側壁との間の容量であり、主としてリング状絶縁体 35 によって与えられる。他方のキャパシタ C_{50} は上部電極 34 とチャンバ 10 の天井との間の容量であり、主として隙間 50 内の空気によって与えられる。

【0038】

この場合も、高周波電源 30 より第 1 高周波がサセプタ 16 に印加されると、サセプタ 16 と上部電極 34 との間の高周波放電およびサセプタ 16 とチャンバ 10 の側壁との間の高周波放電によって処理空間 PS 内でエッチングガスのプラズマが生成し、生成したプラズマは上方および半径方向外側に拡散し、プラズマ中の電子電流は上部電極 34 やチャンバ 10 の側壁等を通してグランドへ流れる。そして、サセプタ 16 においてはサセプタ中心部に高周波電流が集まりやすく、サセプタ 16 からみてチャンバ 10 の側壁よりも上部電極 34 の方が近くに位置しているのも図 2 の場合と同じである。しかし、上部電極 34 と接地電位との間にコイル L_{54} とキャパシタ C_{35} 、 C_{50} とからなる並列 LC 回路 80 が存在しており、第 1 高周波に対してこの並列 LC 回路 80 が大きなインピーダンス Z を与えるときは、サセプタ 16 の中心部に高周波電流が集まってもそこから真上の上部電極 34 へは流れにくくなる。このため、プラズマの電子電流の中でチャンバ 10 の側壁へ流れる割合が相対的に増大し、プラズマの密度は半径方向外側へ拡がるようになる。理論的には並列 LC 回路 80 のインピーダンス Z 次第で如何様にもサセプタ 16 と上部電極 34 との間およびサセプタ 16 とチャンバ 10 の側壁との間でそれぞれ流れる電子電流の比を制御し、ひいてはプラズマ密度の空間分布特性を径方向で均一化することも任意に制御することもできる。

【0039】

図 4 に、このプラズマエッチング装置において処理空間 PS と上部電極 34 との境界面から上部電極 34 を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性の一例を示す。図中、周波数に対して単調に増加するインピーダンス X_L はコイル L_{54} の誘導性リアクタンス（ $|j L_{54}|$ ）であり、周波数に対して単調に減少するインピーダンス X_C はキャパシタ C_{35} 、 C_{50} の容量性リアクタンス（ $|1/j| (C_{35} + C_{50})|$ ）である。理論的には、それら誘導性リアクタンス X_L と容量性リアクタンス X_C とが同じ大きさ（絶対値）になる周波数で並列 LC 回路 80 が並列共振または反共振を起こし、図示のように並列 LC 回路 80 のインピーダンス Z はその反共振周波数 f_0 で角状に突出した極大値を示す。この反共振周波数 f_0 は第 1 高周波の周波数を含む帯域（好ましくは 5 ~ 200 MHz）内に現れるのが好ましい。

【0040】

したがって、図示のように第 1 高周波の周波数（40 MHz）の近傍に（極端には一致して）反共振周波数 f_0 が得られるように任意に可変または選択可能なパラメータつまりインダクタ 54 のインダクタンスを選定または設定することで、第 1 高周波に対する並列

10

20

30

40

50

LC回路80のインピーダンス Z を任意の高めの値 Z_{40} に選ぶことができる。

【0041】

さらに重要なことは、図4に示すように、反共振周波数 f_0 を上記のような帯域(5~200MHz)内に設定することで、第2高周波に対する並列LC回路80のインピーダンス Z_{80} を第1高周波に対する値 Z_{40} よりも桁違いに低い値 Z_2 に選定できるという点である。つまり、第2高周波に対して上部電極34を低いインピーダンスで接地できるという点である。これにより、第2高周波に追従して振動するプラズマ中のイオンを上部電極34の電極板36に強い衝撃で入射せしめて、電極板36の表面に付着するデポ膜や酸化膜を確実にスパッタ(除去)することができる。

【0042】

図5Aおよび図5Bに、この実施形態のプラズマエッチング装置による酸化膜(SiO_2)およびフォトレジスト(PR)のエッチングレートの面内分布特性の一実施例を示す。この実施例では、インダクタ54のインダクタンスを400nH、キャパシタ C_{35} 、 C_{50} の合成容量を250pF(低容量)に選んでいる。また、図6~図7に比較例を示す。すなわち、図6Aおよび図6Bに、第1の比較例として、インダクタ54を省いてキャパシタ C_{35} 、 C_{50} の合成容量を20000pF(高容量)に選んだ場合の酸化膜およびフォトレジストのエッチングレートの空間分布特性をそれぞれ示す。また、図7Aおよび図7Bに、第2の比較例として、インダクタ54を省いてキャパシタ C_{35} 、 C_{50} の合成容量を250pF(低容量)に選んだ場合の酸化膜およびフォトレジストのエッチングレートの空間分布特性をそれぞれ示す。実施例および比較例において共通する主なエッチング条件は

ウエハ口径: 300mm

処理ガス: C_4F_6 / C_4F_8 / Ar / O_2 = 流量 40 / 20 / 500 / 60 sccm

チャンバ内の圧力: 30mTorr

高周波電力: 40MHz / 2MHz = 2500 / 3200W

温度: 上部電極の温度 = 60

【0043】

図6Aおよび図6Bからわかるように、インダクタ54を備えずに上部電極34の接地容量を高容量(20000pF)に設定した第1の比較例においては、酸化膜のエッチングレートおよびフォトレジストのエッチングレートのいずれもウエハ中心部では比較的フラットな値を保つが、ウエハエッジ付近で($R = \pm 120$ mm辺りから)急峻に低下するため、それらの面内均一性はそれぞれ $\pm 4.1\%$ 、 $\pm 19.1\%$ とあまりよくない。

【0044】

一方、インダクタ54を備えずに上部電極34の接地容量を低容量(250pF)に設定した第2の比較例においては、図6Aおよび図6Bに示すように、プロセスの均一性が第1の比較例に比して大幅に向上する。より詳細には、酸化膜のエッチングレートは、第1の比較例と較べてウエハ中心部では大して変わらないがエッジ部で上昇し、それによって面内均一性は $\pm 2.4\%$ に向上している。また、フォトレジストのエッチングレートは、ウエハ上の各位置で増大してかなりフラットな分布になり、面内均一性は $\pm 4.4\%$ まで大幅に改善している。

【0045】

これに対して、実施例においては、図5Aおよび図5Bから明らかなように、プロセスの均一性が第2の比較例よりも一層向上している。より詳細には、酸化膜のエッチングレートは、ウエハ上の各位置で上昇し、とりわけエッジ部で大幅に上昇し、面内均一性は $\pm 1.2\%$ まで向上している。また、フォトレジストのエッチングレートも、ウエハ上の各位置で殆ど均一であり、面内均一性は $\pm 2.5\%$ まで改善している。

【0046】

一般に、酸化膜のエッチングレート分布はプラズマ中の電子密度分布つまりプラズマ密度分布を反映し、フォトレジストのエッチングレート分布はプラズマによる母ガスの解離の影響を受けるため一層強くプラズマ密度分布に依存する。したがって、図5Aおよび図

10

20

30

40

50

5 Bの実験結果から、実施例によれば、処理空間 P S で生成するプラズマを電極中心部に集中するのを抑制して半径方向外側へ拡げ、プラズマ密度分布の均一性を大きく向上させていることがわかる。

【 0 0 4 7 】

上記のように、第 2 の比較例においても、第 1 の比較例に比してプラズマ密度分布の均一性を相当改善できることがわかる。しかしながら、インダクタ 5 4 を備えない第 2 の比較例は、上部電極 3 4 の接地回路を構成する低容量 (2 5 0 p F) のキャパシタ C_{35} , C_{50} が第 1 高周波 (4 0 M H z) に対してだけでなく第 2 高周波 (2 M H z) に対しても相当高いインピーダンスを与える。より正確には、図 4 の容量性リアクタンス X_C の周波数特性から理解されるように、第 1 高周波 (4 0 M H z) に対するよりも第 2 高周波 (2 M H z) に対するインピーダンスの方が高くなる。このように第 2 高周波に対して上部電極 3 4 の接地回路のインピーダンスが高いと、第 2 高周波に追従して上部電極 3 4 に入射するイオンの衝撃は弱まり、スパッタ効果が低減するという不都合が出てくる。

10

【 0 0 4 8 】

この点、実施例は、インダクタ 5 4 を備えることで、並列 L C 回路 8 0 のインピーダンスを第 1 高周波 (4 0 M H z) に対しては任意の高めの値に選定できると同時に第 2 高周波 (2 M H z) に対しては相当低い値に選定できる。このことによって、上述のようにプラズマ密度分布の均一性を大幅に改善する一方で、上部電極 3 4 に入射するイオンの衝撃強度ひいてはスパッタリング (電極表面の清浄化) の効果を十二分に保つことができる。

【 0 0 4 9 】

20

一例として、エッチングガスにポリマーの発生量が多い C_4F_8 を使用し、実施例と第 2 の比較例とで上部電極 3 4 の表面にデポ膜が付着するレート (デポレート) を測定したところ、第 2 の比較例では 8 0 n m / 5 分、実施例では - 1 0 0 n m / 5 分の測定結果が得られた。このデポレート定量化実験における主なエッチング条件は下記のとおりである。

処理ガス : C_4F_8 / Ar = 流量 5 / 1 0 0 0 s c c m

チャンバ内の圧力 : 4 0 m T o r r

高周波電力 : 4 0 M H z / 2 M H z = 2 0 0 0 / 4 0 0 W

温度 : 上部電極 / チャンバ側壁 / 下部電極 = 1 5 0 / 1 5 0 / 4 0

エッチング時間 : 5 分

【 0 0 5 0 】

30

このように、第 2 の比較例では上部電極 3 4 の表面にデポ膜が累積的に付着するのに対して、実施例では上部電極 3 4 の表面からデポ膜をエッチングモードで効率よく除去することが確認された。

【 0 0 5 1 】

図 8 に、第 2 の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す。第 1 の実施形態がインダクタ 5 4 の上端を導線 5 6 を介して接地したのに対して、この第 2 の実施形態はインダクタ 5 4 の上端に D C フィルタユニット 8 2 を介して可変直流電源 8 4 を電氣的に接続している点が異なる。他の部分の構成および機能は第 1 の実施形態と同じである。

【 0 0 5 2 】

図 9 に、D C フィルタユニット 8 2 内の回路構成例を示す。この実施例の D C フィルタユニット 8 2 は、可変直流電源 8 4 から上部電極 3 4 までの直流伝送路上にインダクタ 5 4 と直列に 2 個のコイル 8 6 , 8 8 を接続し、両コイル 8 6 , 8 8 間のノード N_1 と接地電位との間、およびコイル 8 8 と可変直流電源 8 4 間のノード N_2 と接地電位との間にコンデンサ 9 0 , 9 2 をそれぞれ接続しており、これらのコイル 8 6 , 8 8 およびコンデンサ 9 0 , 9 2 で直並列の L C 回路 9 4 を構成している。

40

【 0 0 5 3 】

なお、D C フィルタユニット 8 2 内のそれぞれの電気部品または電気素子を適正な温度に保つため、D C フィルタユニット 8 2 の内部にはファン等の冷却 (送風) 機構が設けられてよい。また、この D C フィルタユニット 8 2 は、インダクタ 5 4 と可変直流電源 8 4 との間であれば任意の位置に配置可能であるが、好ましくはチャンバ 1 0 の天井 (上面)

50

の上に載置されるのがよい。

【 0 0 5 4 】

可変直流電源 8 4 より出力される直流電圧は、直並列 LC 回路 9 4 のコイル 8 8 , 8 6 およびインダクタ 5 4 を介して上部電極 3 4 に印加される。一方、高周波電源 3 0 , 7 0 よりサセプタ 1 6 に印加される第 1 , 第 2 高周波は、処理空間 P S を介して上部電極 3 4 に入ると、そこから先はインダクタ 5 4 および DC フィルタユニット 8 2 内の直並列 LC 回路 9 4 を通ってグランドへ流れ、可変直流電源 8 4 側へは殆ど流れないようになっている。

【 0 0 5 5 】

可変直流電源 8 4 は、プロセスの種類や条件に応じて任意の極性および電圧レベルを有する直流電圧を出力するように構成されている。上部電極 3 4 に適度な直流電圧を印加することにより、(1) 上部電極 3 4 の自己バイアス電圧の絶対値を大きくして上部電極 3 4 におけるスパッタリング(デポ除去)を強める効果、(2) 上部電極 3 4 におけるプラズマシースを拡大させ、形成されるプラズマが縮小化される効果、(3) 上部電極 3 4 の近傍に生じた電子を被処理基板(半導体ウエハ W)上に照射させる効果、(4) プラズマポテンシャルを制御できる効果、(5) 電子密度(プラズマ密度)を上昇させる効果、(6) 中心部のプラズマ密度を上昇させる効果の少なくとも 1 つを奏することが知られている。なお、上部電極 3 4 に直流電圧を印加する必要のない場合に備えて、可変直流電源 8 4 と直並列 LC 回路 9 4 との間にたとえばリレースイッチからなるオン・オフ切替用のスイッチ 9 6 を設けるのが好ましい。

【 0 0 5 6 】

この実施形態においては、DC フィルタユニット 8 2 内の直並列 LC 回路 9 4 が可変直流電源 8 4 からの直流電圧をスルーで上部電極 3 4 側へ通すとともに、上部電極 3 4 側からの高周波に対して低域(好ましくは $100\text{ kHz} \sim 15\text{ MHz}$)で直列共振を起こし、高域(好ましくは $5 \sim 200\text{ MHz}$)で並列共振を起こすように構成され、かかる直並列 LC 回路 9 4 の周波数 - インピーダンス特性を利用して下部 2 周波重畳印加方式における第 1 および第 2 高周波の各個別の作用を一層向上させるようにしている。

【 0 0 5 7 】

図 10 に、この実施形態において、直並列 LC 回路 9 4 単独の周波数 - インピーダンス特性 Z_{94} および処理空間 P S と上部電極 3 4 との境界面から上部電極 3 4 を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性 Z_A の一例を示す。

【 0 0 5 8 】

図 10 に示すように、この実施例は、直並列 LC 回路 9 4 の共振周波数を約 2 MHz に設定し、反共振周波数を約 45 MHz に設定している。この周波数 - インピーダンス特性 Z_{94} においては、第 1 高周波 (40 MHz) に対応するインピーダンスは相当高めの約 1000 であるのに対して、第 2 高周波 (2 MHz) に対応するインピーダンスが約 1 と極端に低い。この直並列 LC 回路 9 4 にインダクタ 5 4 やキャパシタ C_{35} , C_{50} 等が合わさった上部電極 3 4 周囲全体の接地回路の周波数 - インピーダンス特性 Z_A は、反共振周波数が約 10 MHz まで低域側にシフトするものの、共振周波数は依然として 2 MHz 近辺の値を保っている。そして、第 1 高周波 (40 MHz) に対応するインピーダンスは約 20 まで大きく低下する一方で、第 2 高周波 (2 MHz) に対応するインピーダンスは約 0.7 に若干低くなり、両インピーダンスの間にはまだ 20 倍以上の開きがある。

【 0 0 5 9 】

図 10 において特に注目すべきことは、直並列 LC 回路 9 4 の共振現象を利用することにより、上部電極 3 4 回り全体の接地回路の周波数 - インピーダンス特性 Z_A においても第 2 高周波 (2 MHz) に対応するインピーダンスを 1 以下に低くできる点である。このことによって、第 2 高周波 (2 MHz) からみて上部電極 3 4 はあたかも接地電位に短絡(イマジナリショート)されている状態となり、第 2 高周波に倣った振動で上部電極 3 4 に入射するイオンの衝撃力ひいてはスパッタリング(デポ除去)効果を可及的に高められる。

【 0 0 6 0 】

なお、図 1 0 に示す周波数 - インピーダンス特性 Z_{94} 、 Z_A は一例であり、直並列 LC 回路 9 4 においてコイル 8 6、8 8 のインダクタンスおよびコンデンサ 9 0、9 2 のキャパシタンスの値を変えることで適宜変更または調整することができる。

【 0 0 6 1 】

また、図 9 の回路構成は一例であり、DC フィルタユニット 8 2 内やその回りで種々の変形が可能である。たとえば、直並列 LC 回路 9 4 は任意の数のコイルおよびコンデンサで構成可能であり、回路網の形式は図 9 の π 型に限らず、T 型、型等でもよい。また、直並列 LC 回路 9 4 と可変直流電源 8 4 との間に他の機能のための回路素子たとえばノイズ除去用のコイル（図示せず）等を挿入することも可能である。

10

【 0 0 6 2 】

また、DC フィルタユニット 8 2 内に可変インピーダンス素子を備えることも可能である。たとえば、図 1 1 に示すように、コイル 8 6 を可変リアクタ、コンデンサ 9 0 を可変コンデンサとすることも可能である。

【 0 0 6 3 】

さらには、直並列 LC 回路 9 4 の代用として、図 1 2 に示すように、上部電極 3 4 をインダクタ 5 4 およびコンデンサ 9 8 からなる直列 LC 回路 1 0 0 を介して接地する構成も可能である。この場合、上部電極 3 4 の周囲全体の接地回路としては、つまり処理空間 PS と上部電極 3 4 との境界面から上部電極 3 4 を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの等価回路としては、この直列 LC 回路 1 0 0 にキャパシタ C_{35} 、 C_{50} （図 3）を並列に接続してなる直並列 LC 回路（図示せず）が形成される。この直並列 LC 回路の周波数 - インピーダンス特性において、図 1 0 に示したものと同様に、所定の帯域内で所望の共振周波数とこれより高い所望の反共振周波数とが得られるように、好ましくは共振周波数が第 2 高周波の周波数の極近傍に得られるように、インダクタ 5 4 のインダクタンスおよびコンデンサ 9 8 のキャパシタンスを設定すればよい。

20

【 0 0 6 4 】

また、図 1 2 に示すように、可変直流電源 8 4 を用いる場合は、可変直流電源 8 4 の出力端子をインダクタ 5 4 とコンデンサ 9 8 との間のノード N_a に電氣的に接続すればよい。もっとも、可変直流電源 8 4 を省く構成も可能である。その場合、上部電極 3 4 に対してインダクタ 5 4 とコンデンサ 9 8 とを入れ換える構成、つまり上部電極 3 4 とインダクタ 5 4 との間にコンデンサ 9 8 を直列に接続する構成も可能である。インダクタ 5 4 は、棒状の導体に限定されず、コイル状の導体からなるものでもよく、誘導性のインピーダンスを与える任意の誘導性素子または部材を使用できる。

30

【 0 0 6 5 】

また、実施形態のプラズマエッチング装置において、上部電極 3 4 の周囲の静電容量または接地容量を可変することも可能であり、図 1 3 ~ 図 1 5 に静電容量可変部の構成例を示す。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 および図 1 4 に示す静電容量可変部 1 0 2 は、上部電極 3 4 の上面に接触または近接する第 1 の位置と上部電極 3 4 から上方に離れた第 2 の位置との間で移動可能な導体板 1 0 4 と、この導体板 1 0 4 を上下に移動または変位させるための操作機構 1 0 6 と、操作機構 1 0 6 を通じて上部電極 3 4 の接地容量を所望の値に制御するための静電容量制御部 1 0 8 とを有する。図 1 3 の操作機構 1 0 6 は、導電性の材質、または高周波に対して導電性の性質を持つ材質、または高周波に対して低インピーダンスの材質からなり、直接あるいはチャンバ 1 0 を介して接地される。図 1 4 の操作機構 1 0 6 は絶縁性の材質でもよい。この静電容量可変方式は、導体板 1 0 4 の高さ位置に応じて上部電極 3 4 の接地容量を可変することが可能である。導体板 1 0 4 をチャンバ 1 0 の天井面に近づければ近づけるほど、上部電極 3 4 の接地容量を小さくすることができる。反対に、導体板 1 0 4 を上部電極 3 4 の上面に近づければ近づけるほど、上部電極 3 4 の接地容量を大きくすることができる。極端には上部電極 3 4 に導体板 1 0 4 を接触させて上部電極 3 4 を接地し

40

50

、接地容量を無限大にすることもできる。

【0067】

図15に示す静電容量可変部102は、上部電極34とチャンバ10の側壁との間に設けられるリング状絶縁体35の中に環状の液体収容室110を形成し、配管112を介してチャンバ10の外から適当な誘電率を有する液体（たとえばガルデンのような有機溶剤）Qを出し入れできる構成としている。液体Qの種類（誘電率）または液量を変えることでリング状絶縁体35全体の静電容量ひいては上部電極34の接地容量を可変することができる。

【0068】

別の構成例として、上部電極34とチャンバ10との間に可変コンデンサ（図示せず）を接続する構成も可能である。

10

【0069】

そして、これら可変コンデンサや静電容量可変部102、インダクタ54のインダクタンス可変の可変インダクタンス素子（図示せず）、図11に示すDCフィルタユニット82内の可変インピーダンス素子等を適宜組み合わせることで、任意の周波数・インピーダンス特性を実現することができる。より詳細には、上で述べた可変コンデンサや静電容量可変部102によって、プラズマ生成に主に寄与する第1の高周波に対するインピーダンス値を調整し、DCフィルタユニット82内の可変インピーダンス素子によって、イオン引き込みに主に寄与する第2高周波に対するインピーダンスの値を調整することが可能となる。

20

【0070】

また、一実施形態として、図16のような構成を採ることも可能である。具体的には、サセプタ16に高周波電源30より整合器32および給電棒33を介して第1高周波を給電するとともに、高周波電源70より整合器72および給電棒74を介して第2高周波を給電し（下部2周波重畳印加方式）、かつ上部電極を半径方向において円盤状の内側上部電極34とリング状の外側上部電極122とに2分割する構成である。内側上部電極34と外側上部電極122との間にはリング状の絶縁体120が挿入され、外側上部電極122とチャンバ10の側壁との間にはリング状の絶縁体124が挿入される。かかる構成によれば、高い周波数の第1高周波を主として外側上部電極122を通してチャンバ10の側壁（アース）に至る経路で流れやすくし、低い周波数の第2高周波を主として内側上部電極34および導体棒52を通してアースに至る経路で流れやすくすることができる。

30

【0071】

上記した実施形態で使用した第1および第2高周波のそれぞれの周波数は一例であり、プロセスに応じて任意の周波数を使用できる。通常、プラズマの生成に主として寄与する第1高周波の周波数は13.5MHz以上の値に選ばれ、基板へのイオン引き込みや上部電極へのイオン引き込みに主として寄与する第2高周波の周波数は13.56MHz以下の値に選ばれてよい。

【0072】

上記した実施形態による上部電極34回りの接地回路以外に限らず、装置内の各部の構成または機能について種々の変形が可能である。上記実施形態はプラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法に係るものであったが、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平行平板型プラズマ処理装置および処理方法にも適用可能である。また、本発明における被処理基板は半導体ウエハに限るものではなく、フラットパネルディスプレイ用の各種基板や、フォトマスク、CD基板、プリント基板等も可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】本発明の第1の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【図2】比較例のプラズマエッチング装置における容量結合型高周波放電の仕組みを模式

50

的に示す図である。

【図 3】図 1 のプラズマエッチング装置における容量結合型高周波放電の仕組みを模式的に示す図である。

【図 4】図 1 のプラズマエッチング装置において上部電極を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性の一例を示す図である。

【図 5 A】実施例における酸化膜エッチングレートの面内分布特性を示す図である。

【図 5 B】実施例におけるフォトリジストのエッチングレートの面内分布特性を示す図である。

【図 6 A】第 1 の比較例における酸化膜のエッチングレートの面内分布特性を示す図である。

10

【図 6 B】第 1 の比較例におけるフォトリジストのエッチングレートの面内分布特性を示す図である。

【図 7 A】第 2 の比較例における酸化膜のエッチングレートの面内分布特性を示す図である。

【図 7 B】第 2 の比較例におけるフォトリジストのエッチングレートの面内分布特性を示す図である。

【図 8】本発明の第 2 の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【図 9】図 9 のプラズマエッチング装置における D C フィルタユニット内の回路構成例を示す回路図である。

20

【図 10】図 2 のプラズマエッチング装置において、D C フィルタユニット内の直並列 L C 回路の周波数 - インピーダンス特性および上部電極を介して接地電位までの高周波伝送路を見込んだときの周波数 - インピーダンス特性の一例を示す図である。

【図 11】D C フィルタユニット内の回路構成の一変形例を示す回路図である。

【図 12】第 2 の実施形態における直並列 L C 回路の一変形例を示す回路図である。

【図 13】実施形態のプラズマエッチング装置における静電容量可変部の一実施例を示す部分断面図である。

【図 14】実施形態のプラズマエッチング装置における静電容量可変部の別の実施例を示す部分断面図である。

【図 15】実施形態のプラズマエッチング装置における静電容量可変部の他の実施例を示す部分断面図である。

30

【図 16】実施形態の一変形例におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【符号の説明】

【0074】

10 チャンバ（処理容器）

16 サセプタ（下部電極）

30 第 1 の高周波電源

34 上部電極

35 リング状絶縁体

40

36 電極板

36 a ガス噴出孔

38 電極支持体

40 ガスバッファ室

42 ガス供給管

44 処理ガス供給源

50 隙間

54 インダクタ

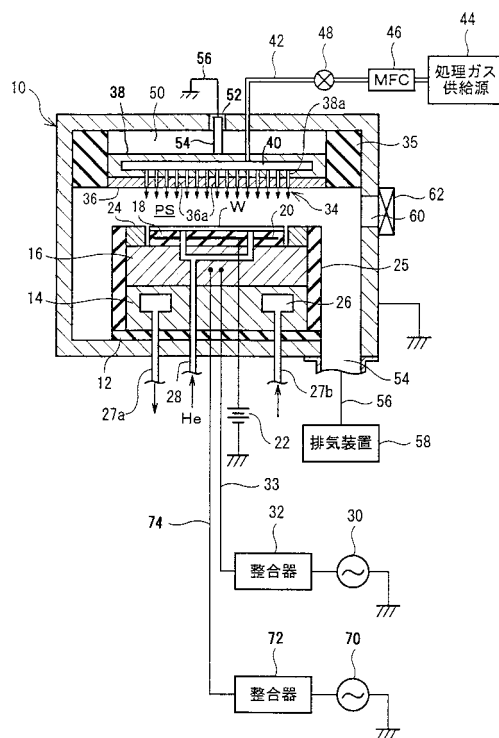
70 第 2 の高周波電源

82 D C フィルタユニット

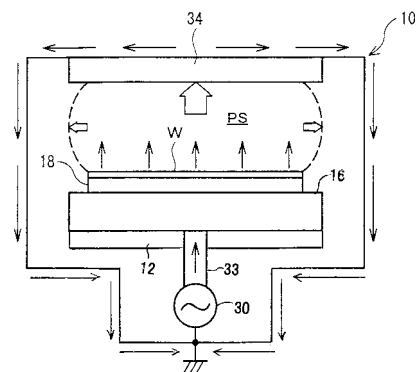
50

- 8 4 可変直流電源
 8 6 , 8 8 コイル
 9 0 , 9 2 , 9 8 コンデンサ
 9 4 , 1 0 0 直並列 LC 回路

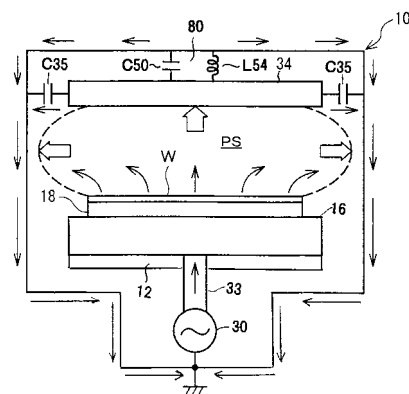
【図 1】



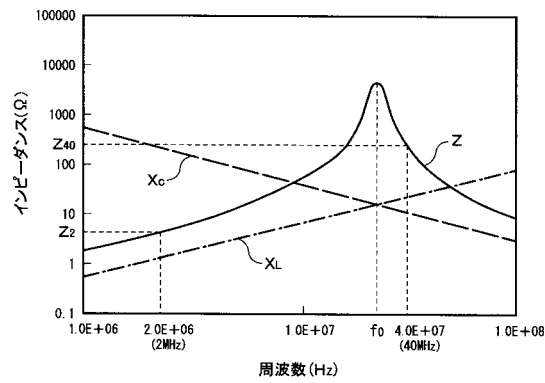
【図 2】



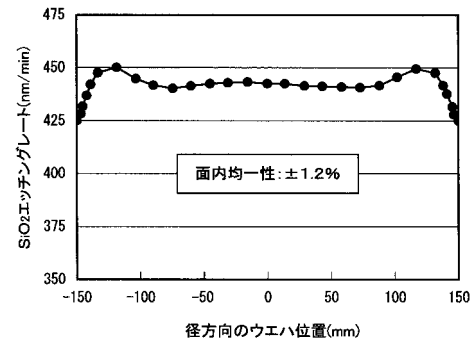
【図 3】



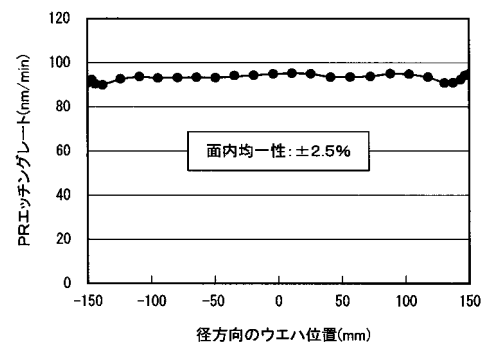
【図 4】



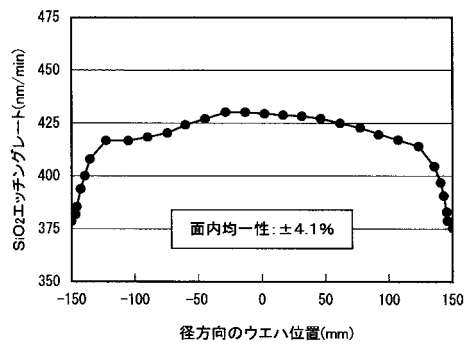
【図 5 A】



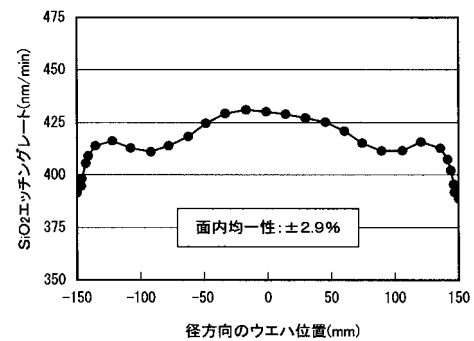
【図 5 B】



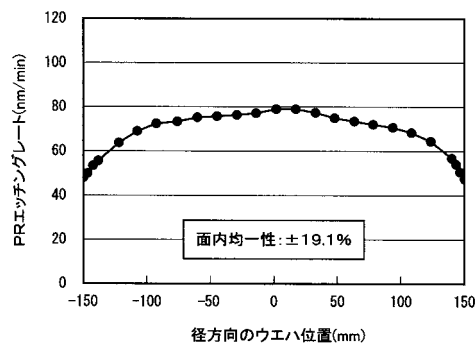
【図 6 A】



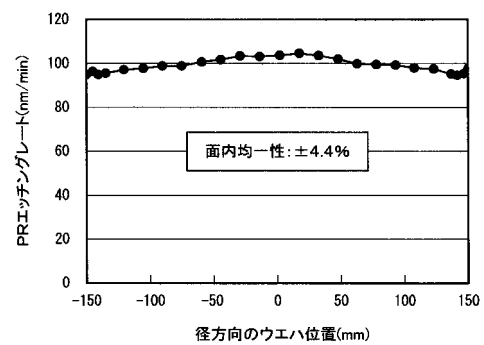
【図 7 A】



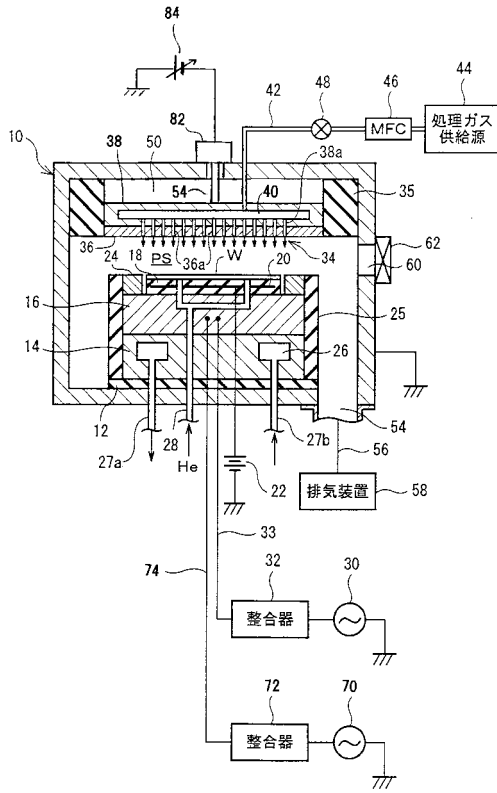
【図 6 B】



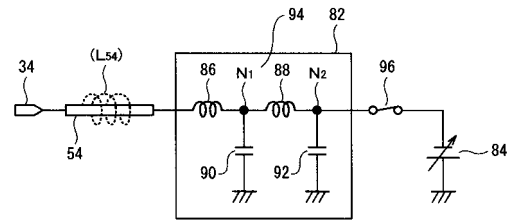
【図 7 B】



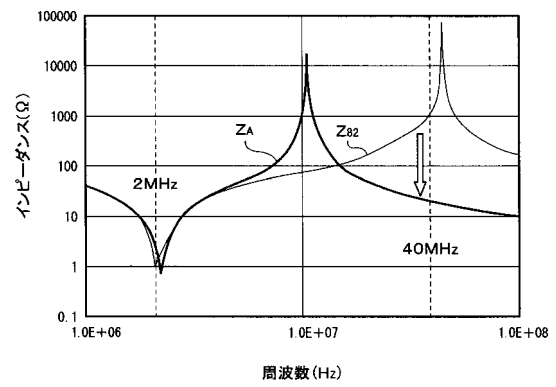
【図 8】



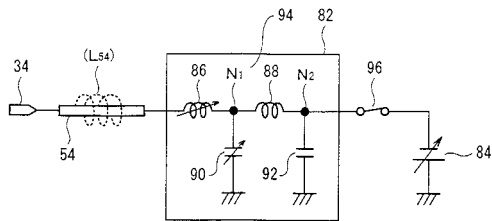
【図 9】



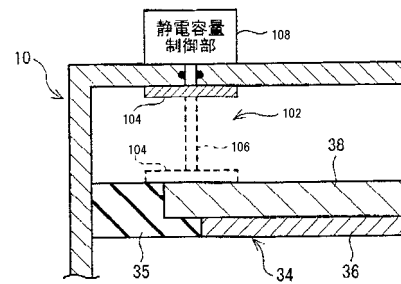
【図 10】



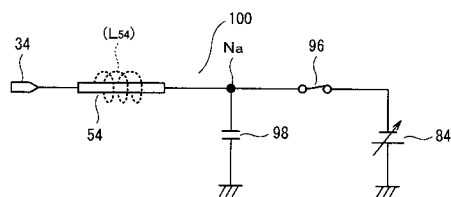
【図 11】



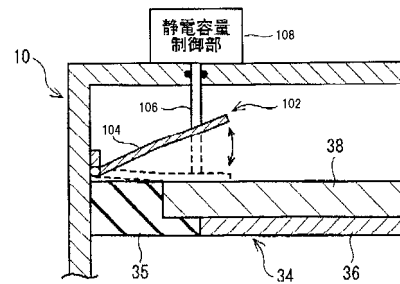
【図 13】



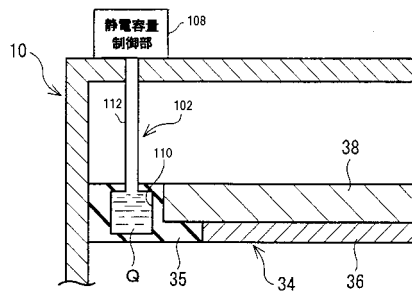
【図 12】



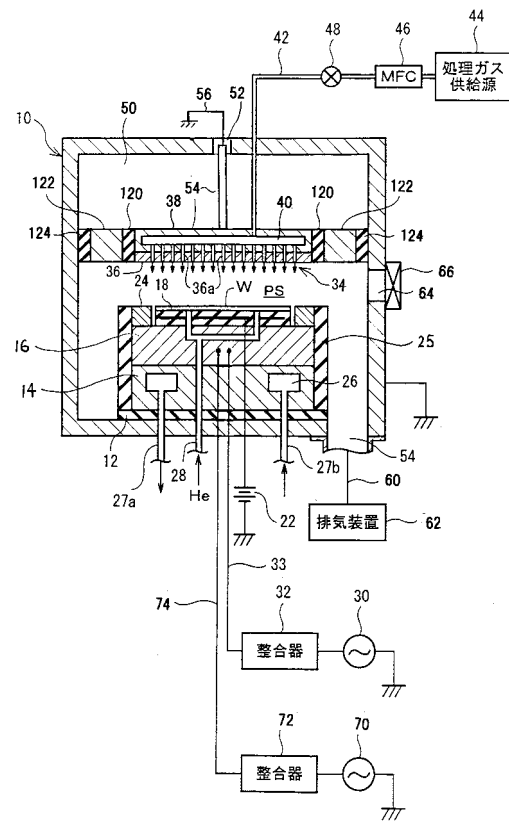
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

- (72)発明者 花岡 秀敏
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 岩田 学
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 田中 諭志
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 関根 崇

- (56)参考文献 特開2006-066905(JP,A)
特表2005-521230(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------|
| H01L | 21/3065 |
| H01L | 21/205 |
| H05H | 1/46 |