

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5064708号
(P5064708)

(45) 発行日 平成24年10月31日 (2012. 10. 31)

(24) 登録日 平成24年8月17日 (2012. 8. 17)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/3065 (2006. 01)

HO 1 L 21/302 I O 1 B

C 2 3 C 16/509 (2006. 01)

C 2 3 C 16/509

HO 1 L 21/205 (2006. 01)

HO 1 L 21/205

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-92965 (P2006-92965)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成18年3月30日 (2006. 3. 30)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2007-266536 (P2007-266536A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成19年10月11日 (2007. 10. 11)	(74) 代理人	100086564
審査請求日	平成21年2月12日 (2009. 2. 12)		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	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
		(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
			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】

真空排気可能な処理容器と、
前記処理容器内に絶縁物または空間を介して電氣的に浮いた状態で物理的に固定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、
前記処理空間で前記処理ガスのプラズマを生成するために前記第2の電極に第1の高周波を印加する第1の高周波給電部と
を有し、
第1の電極の中心部に前記第2の電極に向って前記基板よりも小さな口径で突出する凸面部を設け、
前記第1の電極と前記処理容器との間の静電容量が5000 pF以下の値になるように前記第1の電極の周囲を構成する、
プラズマ処理装置。

【請求項2】

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凸面部の突出量を設定する、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

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凸面部の口径を設定する、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凸面部のエッジ部の傾斜角を設定する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記第 1 の電極と前記処理容器との間の静電容量を可変するための静電容量可変部を有する、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 6】

前記第 1 の電極と前記処理容器との間の静電容量が 2 0 0 0 p F 以下の値になるように前記第 1 の電極の周囲を構成する、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】

前記処理容器が導電体からなり、接地される、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記第 1 の電極に所望の直流電圧を印加するための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。

20

【請求項 9】

前記第 1 の電極の外周面と前記処理容器の側壁との間に、前記静電容量の一部を構成するリング状の絶縁体が設けられる、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 の電極が、電極板と、この電極板を支持する電極支持体とで構成され、前記電極支持体の内部に、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バッファ室が設けられ、

前記電極板に、前記ガスバッファ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ている、

30

請求項 1 ～ 9 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、特に容量結合型のプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや F P D (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。

40

【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

50

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、方向性にすぐれた異方性エッチングを可能としている（たとえば特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平6-283474

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

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電極を接地している。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

10

地されるので、処理容器を通じてアノードの電極を接地電位にすることができる。このことから、カソードカップル方式においては、アノード電極である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。

【0005】

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おり、上記のような容量結合型プラズマ処理装置では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以上の高周波を使用している。しかしながら、高周波の周波数が高くなると、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

20

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顕著になってくる。

【0006】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであって、容量結合型において相対向する2つの電極の間に高周波を印加して生成するプラズマの密度の空間的な分布を均一ないし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およびプラズマ処理方法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】

【0007】

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、前記処理容器内に絶縁物または空間を介して電氣的に浮いた状態で物理的に固定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、前記処理空間で前記処理ガスのプラズマを生成するために前記第2の電極に第1の高周波を印加する第1の高周波給電部とを有し、第1の電極の中心部に前記第2の電極に向って前記基板よりも小さな口径で突出する凸面部を設け、前記第1の電極と前記処理容器との間の静電容量が5000pF以下の値になるように前記第1の電極の周囲を構成する。

30

【0008】

本発明の採る容量結合型においては、高周波電源からの高周波が第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ンドへ流れる。ここで、第1の電極は本発明にしたがい絶縁物または空間を介して電氣的に浮いた状態で処理容器内に取り付けられるので、第2の電極からみると第1の電極と接地電位との間に静電容量のインピーダンスが付加された構成になる。この第1の電極の周囲の静電容量または接地容量を5000pF以下の値に設定することで、第2の電極と第1の電極との間で流れる電子電流を相対的に減少させるとともに、第2の電極と処理容器の側壁との間で流れる電子電流を相対的に増加させることができる。さらに、本発明においては、第1の電極に第2の電極に向って前記基板

40

50

よりも小さな口径で突出する凸面部を設ける構成によって、第1の電極直下のプラズマ生成能力において凸面部の半径方向内側領域と外側領域との間に相対的な強弱（内側弱、外側強）をつけることができる。このように、プラズマ生成に関して、第1の電極と処理容器の側壁との間で空間分布特性を任意に制御し、かつ第1の電極直下で凸面部の内側と外側との間で空間分布特性に補正をかけられるので、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。

【0009】

本発明の好適な一態様によれば、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、凸面部の突出量、口径あるいはエッジ部の傾斜角が設定される。

10

【0010】

別の好適な一態様によれば、第1の電極と処理容器との間の静電容量を可変するための静電容量可変部が設けられる。本発明における第1の電極と処理容器との間の静電容量としてより好ましい値は2000 pF以下であり、250 pF以下まで低くしてもよい。

【0011】

別の好適な一態様によれば、第1の電極が、電極板と、この電極板を支持する電極支持体とで構成される。そして、電極支持体の内部に処理ガス供給部からの処理ガスを導入するガスバッファ室が設けられるとともに、電極板にはガスバッファ室から処理空間に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。このように、処理容器内で電氣的に浮いている第1の電極に何等支障なくシャワーヘッド機能を持たせることができる。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明のプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法によれば、上記のような構成および作用により、容量結合型の高周波放電で生成するプラズマの密度の空間的な分布を均一化ないし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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

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。

【0014】

図1に、本発明の一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、カソードカップルの容量結合型（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。

30

【0015】

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。

【0016】

40

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18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。

【0017】

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

50

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。

【0018】

サセプタ16には、プラズマ生成用の高周波電源30が整合器32および給電棒33を介して電氣的に接続されている。この高周波電源30は、チャンバ10内でプラズマ処理を行う際に所定の高周波数たとえば40MHzの高周波をサセプタ16に印加する。

【0019】

10

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。ここで、電極板36の中心部にはサセプタ16に向って突出する凸面部37が形成されている。この凸面部37の機能は後に詳述する。

【0020】

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、上部電極34とチャンバ10との間の静電容量の一部を構成している。

20

【0021】

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42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。

30

【0022】

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。

【0023】

上部電極34の上面とチャンバ10の天井との間には所定ギャップサイズの隙間が設けられ、その隙間の一部または全部に真空空間50が形成されている。この真空空間50は、上部電極34をチャンバ10内し周囲温度から熱的に遮断するだけでなく、ガスの排除によって上部電極34とチャンバ10との間の放電を防止し、さらには真空の比誘電率が1であることから上部電極34とチャンバ10との間の容量を可及的に小さくする機能も併せて有している。なお、真空空間50は、処理空間PSとは別個に真空排気され、気密構造によって真空状態を保持する。この実施形態では、放電防止機能をさらに高めるために、真空空間50の内壁の全部または一部（図示の例は上面のみ）をシート状の絶縁体52で覆っている。この絶縁体52には耐熱性に優れたポリイミド系の樹脂を好適に使用することができるが、テフロン（登録商標）や石英等でもよい。

40

【0024】

50

サセプタ16およびサセプタ支持台14とチャンバ10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10の排気口54が設けられている。この排気口54に排気管56を介して排気装置58が接続されている。排気装置58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10の室内、特に処理空間PS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10の側壁には半導体ウエハWの搬入出口60を開閉するゲートバルブ62が取り付けられている。

【0025】

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62を開状態にして加工対象の半導体ウエハWをチャンバ10内に搬入して、静電チャック18の上に載置する。そして、処理ガス供給源44より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10内に導入し、排気装置58による真空排気でチャンバ10内の圧力を設定値にする。さらに、高周波電源30より所定のパワーで高周波（40MHz）をサセプタ16に印加する。また、直流電源22より直流電圧を静電チャック18の電極20に印加して、半導体ウエハWを静電チャック18上に固定する。上部電極34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PS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。

【0026】

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あるいはそれ以上の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。しかも、カソードカップル方式であり、サセプタ16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ウエハWにほぼ垂直に引き込んで、異方性のエッチングを行える。

【0027】

また、プラズマ生成に適した比較的高い周波数（たとえば40MHz）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（たとえば2MHz）の第2高周波とを下部電極に重畳して印加する下部2周波重畳印加方式も可能である。この場合の装置構成としては、たとえば図2に示すように、サセプタ16に第2高周波を給電するための高周波電源64、整合器66および給電棒68を増設すればよい。このような下部2周波重畳印加方式においては、処理空間PSで生成するプラズマの密度を第1高周波（40MHz）により最適化し、サセプタ16に生じる自己バイアス電圧またはイオンシースを第2高周波（2MHz）により最適化することができ、より選択性の高い異方性エッチングが可能となる。

【0028】

次に、このプラズマエッチング装置における特徴点を詳細に説明する。第1の特徴として、このプラズマエッチング装置は、カソードカップル方式において上部電極34をリング状絶縁体35および上部真空空間50等を介してチャンバ10に電氣的に浮いた状態（フローティング状態）で取り付けられている。

【0029】

先ず、比較例として、上部電極34をチャンバ10に直付けで取り付け接地電位にした場合の作用を説明する。この場合は、図3に示すように、高周波電源30からの高周波がサセプタ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内で処理ガスのプラズマが生成する。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ウンドへ流れる。ここで、サセプタ16においては高周波の周波数が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いため、プラズマ中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、

10

20

30

40

50

電極エッジ部との差が顕著に現れる。

【0030】

これに対して、この実施形態のように上部電極34をフローティング状態でチャンバ10に取り付けると、図4に示すように処理空間PS内のプラズマ分布は半径方向外側に延びる。図4において、上部電極34は電気的にはキャパシタ70, 72を介してチャンバ10に接続される。ここで、キャパシタ70は上部電極34とチャンバ10の側壁との間の静電容量であり、主としてリング状絶縁体35によって与えられる。一方、キャパシタ72は上部電極34とチャンバ10の天井との間の静電容量であり、主として真空空間50および絶縁体52によって与えられる。

【0031】

この場合も、高周波電源30より高周波がサセプタ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する。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ウンドへ流れる。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いのも、図3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キャパシタ70, 72のインピーダンスが付加されることにより、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、プラズマ中の電子電流の中でチャンバ10の側壁へ流れる割合は決して低くはなく、キャパシタ70, 72の容量の値（キャパシタンス）次第でサセプタ12と上部電極34との間およびサセプタ12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任意に制御することができる。

【0032】

さらに、第2の特徴として、このプラズマエッチング装置は、上部電極34（より詳細には電極板36）の中心部に凸面部37を設けている。図5に示すように、処理空間PS内で発生したプラズマと付近の物体との境界にはイオンシースSHが形成される。このイオンシースSHは、電子の速度がイオンの速度よりも格段に大きいため存在する電界空間であり、プラズマと隣接物体との間の電圧または電位変化はすべてこのシース内で生ずる。したがって、上部電極34とサセプタ（下部電極）16との間で電子電流を加速させる電界の大きさは、両電極34, 16間の距離間隔に依存するわけではない。むしろ、上部電極34の中心部が凸面部37によって局所的に電極間距離（ギャップ）を狭める構成においては、その狭ギャップ空間で電子の損失が増加することや、凸面部37の周縁部または角部付近で電界が半径方向外向きになることなどから、電極中心部領域のプラズマ生成能力ひいてはプラズマ密度が低下する傾向になる。

【0033】

このように、上部電極34の中心部に凸面部37を設けることにより、上部電極34直下のプラズマ生成能力において凸面部37の（半径方向）内側領域と外側領域とに強弱をつける作用（内側領域を相対的に弱め、外側領域を相対的に強める作用）を奏することができる。そして、凸面部37の形状プロファイル、特に突出量A、口径B、エッジ傾斜角 θ 等を適宜選択することで、かかる強弱の加減を任意に調節することができる。

【0034】

図6～図8に、この実施形態のプラズマエッチング装置（図2）による酸化膜（ SiO_2 ）のエッチングについて、電子密度 N_e の空間分布特性（図6）、酸化膜（ SiO_2 ）エッチングレートの面内分布特性（図7）およびフォトレジスト（PR）エッチングレートの面内分布特性（図8）を実施例と比較例とで比較して示す。ここで、実施例は、上部電極34の接地容量つまり上部電極34の周囲のキャパシタ70, 72の合成容量を250 pF（低容量）に設定し、かつ上部電極34の凸面部37の形状プロファイルを突出量 $A=5\text{ mm}$ 、口径 $B=100\text{ mm}$ 、エッジ傾斜角 $\theta=90^\circ$ に設定したものである。一方、比較例は、上部電極34の接地容量つまり上部電極34の周囲のキャパシタ70, 72の合成容量を20000 pF（高容量）に設定し、上部電極34の下面を凸面部の無い全面フ

10

20

30

40

50

ラットとしたものである。主なエッチング条件は下記のとおりである。

ウェハ口径：300mm

処理ガス： $C_4F_8/Ar/N_2$ ＝流量10／1000／200sccm

チャンバ内の圧力：50mTorr

高周波電力：40MHz／2MHz＝1500／2200W

【0035】

図6、図7および図8から明らかなように、比較例においては、電子密度 N_e がウェハ中心部の領域で突出して高く、全体的に山形の分布となり、特にウェハ領域（－150mm～150mm）の外側つまり排気空間領域で急峻に低下する。また、酸化膜のエッチングレートおよびフォトリソストのエッチングレートはいずれも電子密度分布に依存するので、それらの面内均一性もそれぞれ±4.7%，±7.3%とあまりよくない。これに対して、実施例においては、電子密度 N_e がウェハ中心部で減少する一方で、排気空間領域で増大しており、ウェハ中心部とウェハエッジ部との差が顕著に低減している。これに関連して、酸化膜のエッチングレートおよびフォトリソストのエッチングレートもウェハ中心部とウェハエッジ部との間で差が低減している。特に、酸化膜のエッチングレートは、ウェハ上の各位置でフラットな分布になり、面内均一性は実に±0.7%まで向上している。また、フォトリソストのエッチングレートも、全体的に増大するものの、ウェハエッジ付近の相対的な落ち込みが小さくなり、面内均一性は±2.6%まで改善している。

【0036】

このように、この実施形態においては、上部電極34を電氣的にフローティング状態に取り付けて上部電極34の周囲の静電容量つまり上部電極34の接地容量を相当低くし、かつ上部電極34の中心部に凸面部37を設ける構成とする。これにより、サセプタ16と上部電極34との間で流れる電子電流を相対的に減少させるとともにサセプタ16とチャンバ10の側壁との間で流れる電子電流を相対的に増加させ、かつ上部電極34直下のプラズマ生成能力において凸面部37の半径方向内側領域と外側領域とに相対的な強弱（内側弱、外側強）をつけることができる。したがって、プラズマ密度の空間分布特性を任意に制御することができ、径方向で均一化することが可能となる。このことによって、プロセスの面内均一性を向上させることもできる。特に、酸化膜のエッチングレートに係る面内均一性の劇的な向上（±4.7%→±0.7%）は従来技術ではなしえなかったものである。

【0037】

なお、本発明者が上記のような実験を重ねたところ、上部電極34の接地容量を5000pF以下とすれば上記のようなエッチングレートの面内均一性の効果を得ることができる。さらに、上部電極34の接地容量を2000pF以下に低くすれば、上記のエッチングレートの面内均一性における実用上の効果を確実に得られることが確認されている。

【0038】

この実施形態のプラズマエッチング装置においては、上部電極34の周囲の静電容量つまり接地容量を可変することも可能であり、図9～図11に静電容量可変部の構成例を示す。

【0039】

図9および図10に示す静電容量可変部86は、上部電極34の上面に接触または近接する第1の位置と上部電極34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88と、この導体板88を上下に移動または変位させるための操作機構90と、操作機構90を通じて上部電極34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85とを有する。図9の操作機構90は導電性の材質からなり、直接あるいはチャンバ10を介して接地される。図10の操作機構90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88の高さ位置に応じて上部電極34の接地容量を可変することが可能である。導体板88をチャンバ10の天井面に近づければ近づけるほど、上部電極34の接地容量を小さくすることができる。反対に、導体板88を上部電極38の上面に近づければ近づけるほど、上部電極34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34に

導体板 88 を接触させて上部電極 34 を接地し、接地容量を無限大にすることもできる。

【0040】

図 11 に示す静電容量可変部 92 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 94 を形成し、配管 96 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。誘電性液体 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。

【0041】

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またはバリコン（図示せず）を接続する構成も可能である。

10

【0042】

また、図 12 に示すように、上部電極 34 に直流電源 98 を電氣的に接続して、任意の直流電圧を上部電極 34 に印加する構成も可能である。この場合も、上部電極 34 はチャンバ 10 の電位つまり接地電位からは電氣的に浮いた状態で直流的な作用を奏することになる。より詳細には、上部電極 34 に適度な直流電圧を印加することにより、（1）上部電極 34 の自己バイアス電圧の絶対値を大きくして上部電極 34 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 34 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 34 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 つを奏することができる。

20

【0043】

なお、上記した実施形態においては上部電極 34 の接地電位に対する電氣的な浮かせ状態（フローティング状態）を静電容量の観点で説明したが、インピーダンスの観点で説明することも可能である。

【0044】

たとえば、上記の段落 [0037] において、上部電極 34 の接地容量を 5000 pF 以下とすればエッチングレートの面内均一性の効果を得ることができ、2000 pF 以下とすればエッチングレートの面内均一性の効果を確実に得ることができると述べた。これをインピーダンスに置き換えて観ると、処理空間 PS 側から見た上部電極 34 のインピーダンスを、それぞれ 10 Ω 以上、5 Ω 以上とすればよい。

30

【0045】

また、上記した実施形態において、電極板 36 と電極支持体 38 とで構成される上部電極 34 の接地容量について説明してきた。しかし、電極板 36 と電極支持体 38 との間に真空空間もしくは誘電体を設け、電極板 36 のみを上部電極 34 とする構造、すなわち電極板 36 のみをフローティング状態とする構造としてもよい。また、電極板 36 または電極支持体 38 と直流的に結合するさらに別の導電性の部材を電極板 36 と電極支持体 38 と共に上部電極 34 を構成する部材としてもよい。

【0046】

40

上記した実施形態で用いた高周波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することが可能である。また、装置内の各部の構成も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、フォトリソマスク、CD 基板、プリント基板等も可能である。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図 1】本発明の一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

50

る。

【図 2】実施形態の一変形例によ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 3】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的に示す図である。

【図 4】実施形態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 5】実施形態のプラズマエッチング装置におけるイオンシースの分布を模式的に示す図である。

【図 6】実施形態のプラズマエッチング装置における電子密度の空間分布特性を実施例と比較例とで比較して示す図である。

10

【図 7】実施形態のプラズマエッチング装置における酸化膜のエッチングレートの面内分布特性を実施例と比較例とで比較して比較して示す図である。

【図 8】実施形態のプラズマエッチング装置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実施例と比較例とで比較して比較して示す図である。

【図 9】実施形態のプラズマエッチング装置における容量可変部の一実施例を示す部分断面図である。

【図 10】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 11】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。

20

【図 12】実施形態の一変形例によ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】

【0048】

10 チャンバ（処理容器）

16 サセプタ（下部電極）

30 高周波電源

34 上部電極

35 リング状絶縁体

30

36 電極板

36a ガス噴出孔

37 凸面部

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 真空空間

52 絶縁体

64 高周波電源

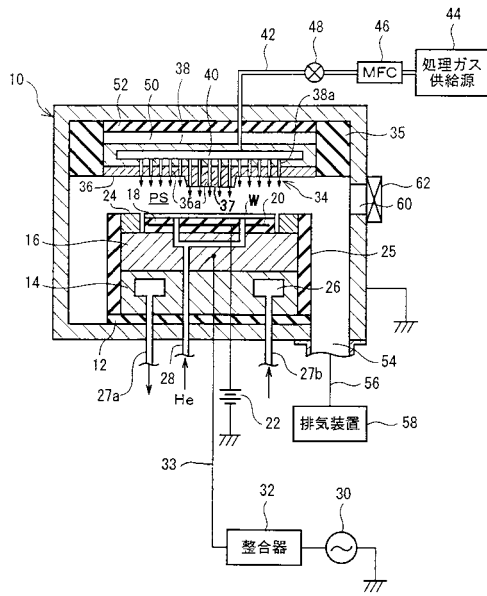
40

70, 72 キャパシタ

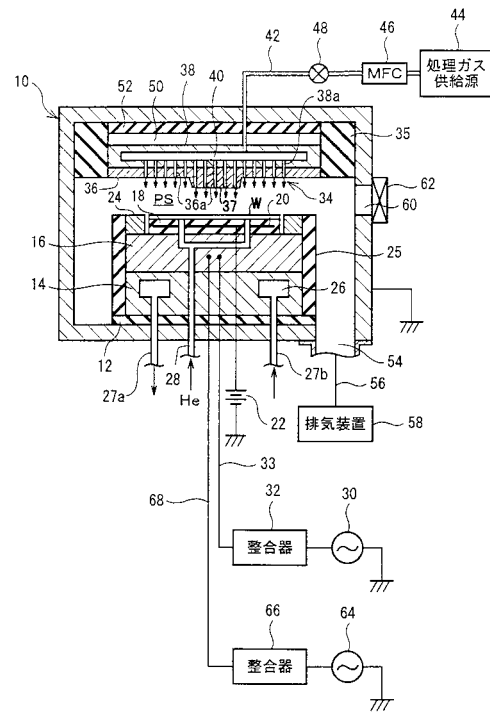
73 絶縁体

86, 92 静電容量可変部

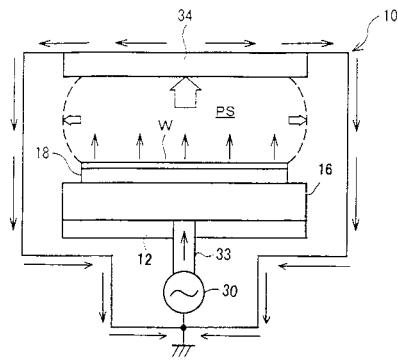
【図 1】



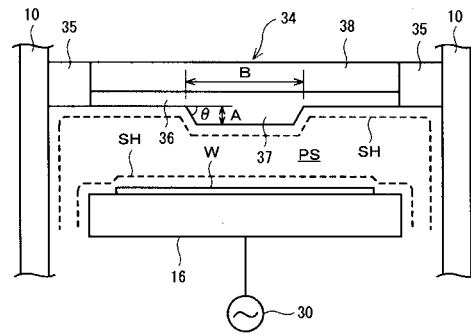
【図 2】



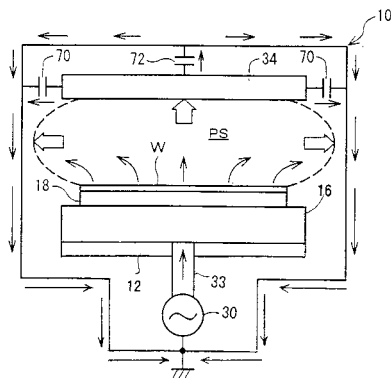
【図 3】



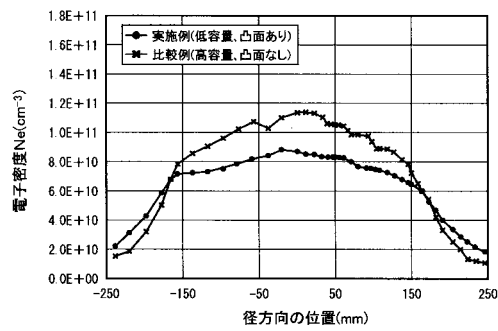
【図 5】



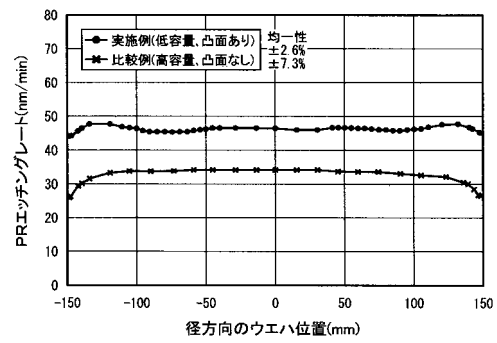
【図 4】



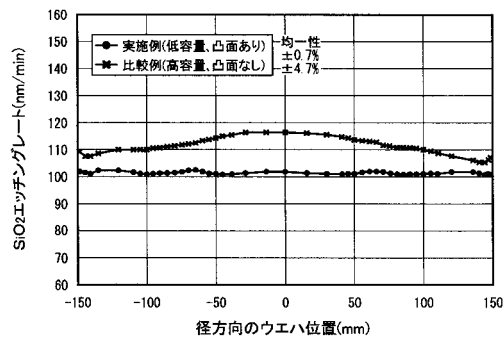
【図 6】



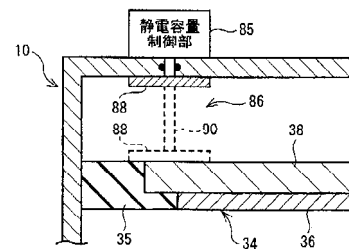
【図 8】



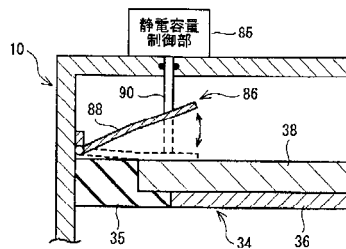
【図 7】



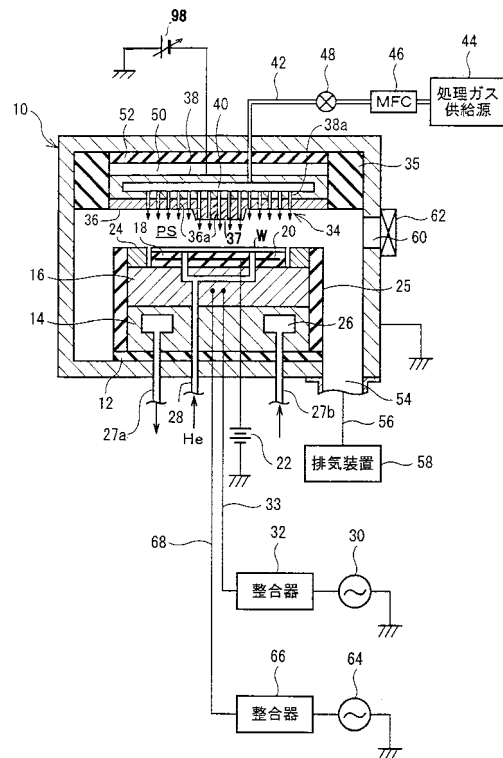
【図 9】



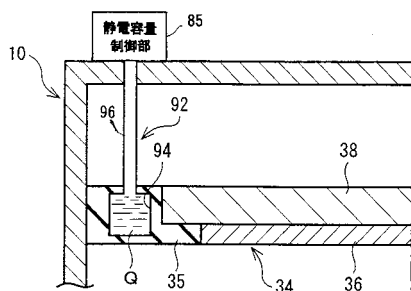
【図 10】



【図 12】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 児玉 法明
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 興水 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 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 宮崎 園子

(56)参考文献 特開平03-138382 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/3065