

(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2013-149790

(P2013-149790A)

(43) 公開日 平成25年8月1日(2013.8.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302 I O 1 B	4 K O 3 O
H01L 21/205 (2006.01)	H01L 21/205	5 F O O 4
C23C 16/509 (2006.01)	C23C 16/509	5 F O 4 5
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 M	
	H05H 1/46 R	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-9114 (P2012-9114)
 (22) 出願日 平成24年1月19日 (2012.1.19)

(71) 出願人 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 岩田 学
 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
 zタワー 東京エレクトロン株式会社内
 (72) 発明者 吉村 章弘
 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
 zタワー 東京エレクトロン株式会社内
 (72) 発明者 辻本 宏
 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
 zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

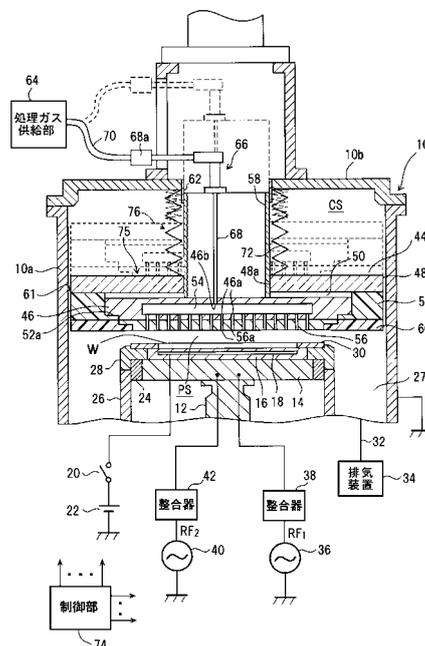
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】上下方向で移動可能に構成された上部電極回りの高周波伝送路上でパーティクルの発生を誘発せずに不所望な共振現象の発生を効果的に防止する。

【解決手段】このカソードカップリング方式の容量結合型プラズマ処理装置において、チャンバ10の上部には、上下方向に可動に構成された上部電極44がサセプタ(下部電極)14と平行に向かいあって同軸に設けられる。この上部電極44は、サセプタ14と対向する電極本体46と、チャンバ10の天井壁(上蓋)10bと対向する導電性の背板48と、電極本体46と背板48との間に空隙50が形成されるように電極本体46の周辺部と背板48の周辺部とを結合するリング状の誘電体52とを有している。上部電極44の背板48は、物理的にも電氣的にベローズ72を介して接地電位部材であるチャンバ10に接続されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被処理基板を出し入れ可能に収容する真空排気可能な筒状の処理容器内に相対向して設けられた上部電極および下部電極の間の処理空間で処理ガスの高周波放電によるプラズマを生成し、前記プラズマの下で前記下部電極上に保持される前記基板に所望の処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記上部電極を前記処理容器の側壁から離して上下方向に移動可能に支持する上部電極支持機構と、

前記下部電極側から見て前記上部電極の裏側で前記上部電極と前記処理容器の天井壁とを接続する伸縮自在な導電性の隔壁と

を具備し、

前記上部電極が、前記下部電極と対向する電極本体と、前記処理容器の天井壁と対向する導電性の背板と、前記電極本体と前記背板の間に空隙が形成されるように前記電極本体の周辺部と前記背板の周辺部とを結合するリング状の誘電体とを有する、

プラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記下部電極に主としてプラズマを生成するための第 1 の高周波を印加する第 1 の高周波電源を有する、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記下部電極に主としてプラズマから前記第 1 の電極上の基板にイオンを引き込むための第 2 の高周波を印加する第 2 の高周波電源を有する、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記上部電極支持機構の下で前記電極間ギャップを最小にする前記上部電極の高さ位置において、前記処理空間と前記上部電極との境界面から前記上部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存在する直列共振周波数が前記第 1 の高周波の周波数よりも高い、請求項 2 または請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記上部電極支持機構の下で前記電極間ギャップを最小にする前記上部電極の高さ位置において、前記処理空間と前記上部電極との境界面から前記上部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存在する直列共振周波数が前記第 1 の高周波の第 2 高調波の周波数よりも高い、請求項 2 または請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

被処理基板を出し入れ可能に収容する真空排気可能な筒状の処理容器内に相対向して設けられた上部電極および下部電極の間の処理空間で処理ガスの高周波放電によるプラズマを生成し、前記プラズマの下で前記下部電極上に保持される前記基板に所望の処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記上部電極を前記処理容器の側壁から離して上下方向に移動可能に支持する上部電極支持機構と、

前記下部電極側から見て前記上部電極の裏側で前記上部電極と前記処理容器の天井壁とを接続する伸縮自在な導電性の隔壁と

を具備し、

前記上部電極が、前記下部電極と対向する電極本体と、前記処理容器の天井壁と対向する導電性の背板と、前記電極本体と前記背板の間に挟まって介在する誘電体とを有する、

プラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記下部電極に主としてプラズマを生成するための第 1 の高周波を印加する第 1 の高周波電源を有する、請求項 6 に記載のプラズマ処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記下部電極に主としてプラズマから前記第 1 の電極上の基板にイオンを引き込むための第 2 の高周波を印加する第 2 の高周波電源を有する、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記電極間ギャップが最小になる前記上部電極の高さ位置において、前記処理空間と前記上部電極との境界面から前記上部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存在する直列共振周波数が前記第 1 の高周波の周波数よりも高い、請求項 6 または請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記上部電極の前記電極本体にフィルタ回路を介して直流電圧を印加する直流電源を有する、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、カソードカップリング方式の容量結合型プラズマ処理装置に係り、特に上下移動可能な上部電極に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、容量結合型の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力を印加する。この高周波電力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処理または加工が施される。ここで、上部電極と下部電極間の距離（以下「電極間ギャップ」と称する。）は、圧力等の他のプロセス条件とも関連して、高周波電力の印加効率や安定性、プラズマ密度分布等を左右する。したがって、プラズマプロセスの特性や結果を左右するハードウェア上の重要なプロセス条件となっている。

【0003】

近年、このようなカソードカップリング方式の容量結合型プラズマ処理装置においては、電極間ギャップを調整可能とするために、基板を載せるカソード側の下部電極を固定設置して、対向電極である上部電極を上下方向に移動できるようにした装置構成が注目されている（特許文献 1）。このような上部電極可動型のプラズマ処理装置は、チャンバ（処理容器）の減圧空間の中で上部電極をチャンバの側壁から少し離して上下方向に移動可能に支持する上部電極支持機構を有するとともに、下部電極側から見て上部電極の裏側領域とチャンバ天井壁とを気密に接続する伸縮自在なベローズを備える。ベローズは強度および耐久性の高い金属たとえばステンレス鋼からなるので、上部電極は電氣的にもベローズを介してチャンバに接続され、接地される。上部電極可動型においても、上部電極は、両電極間のプラズマ生成空間または処理空間に処理ガスを供給するための多数のガス噴射孔を有するシャワーヘッドとして構成されるのが一般的である。

【0004】

所定の圧力に減圧されたチャンバ内でシャワーヘッド（上部電極）から処理ガスが供給され、高周波電源よりプラズマ生成に適した周波数の高周波電力が下部電極に印加されると、下部電極と上部電極との間の高周波放電によって処理ガスのプラズマが生成される。生成したプラズマは処理空間に拡散し、高周波電力は上部電極を通過して接地電位のチャンバに流れる。このとき、処理空間から上部電極を介して接地電位のチャンバに至るまでの高周波伝送路（以下、「上部電極回り高周波伝送路」と称する。）上で電氣的な共振現象が起きる場合がある。このような共振現象の発生は、プラズマの安定的な発生を妨げることになるので、望ましくない。

【0005】

10

20

30

40

50

上部電極回りの高周波伝送路には、複数の経路がある。特に、処理空間から上部電極およびペローズを介して接地電位のチャンバに至るまでの高周波伝送路（以下、「上部電極裏側高周波伝送路」と称する。）上での共振現象は、プラズマ空間に加えられた高周波電力の損失や、ペローズの焼損だけでなく、下部電極側から見て上部電極の裏側領域とチャンバ天井壁との間の減圧空間（天井空間）での異常放電をも誘発してしまうので、積極的な共振現象の抑制が必要となる。

【0006】

そのためには、上部電極回り高周波伝送路における固有の共振周波数がプラズマ生成時に印加する高周波電力の周波数に重ならないようにする必要がある。ところが、上部電極可動型においては、電極間ギャップが最適なプロセス条件となるように調整されるため、ペローズの伸縮に伴う上部電極裏側高周波伝送路のインダクタンス成分の変動が生ずる。したがって、プロセス条件により、上部電極回り高周波伝送路の周波数 - インピーダンス特性も変化する。すなわち、高周波伝送路固有の共振周波数が変化することになる。

10

【0007】

より具体的には、電極間ギャップを小さくするほど、ペローズが長く伸びて、そのインダクタンスは大きくなるので、固有共振周波数は低くなる。反対に、電極間ギャップを大きくするほど、ペローズは短く収縮して、そのインダクタンスが小さくなるので、固有共振周波数は高くなる。たとえば、上部電極の移動範囲（つまりペローズの伸縮範囲）が70mmの場合、電極間ギャップを最小値から最大値まで連続的に変化させると、固有直列共振周波数は40MHz弱から60MHz強まで連続的に変化する（特許文献1の図4）。したがって、プラズマ生成用の高周波に40MHz～60MHzの周波数を用いる場合は、電極間ギャップの調整により、上部電極回り高周波伝送路の固有直列共振周波数が上記プラズマ生成用高周波の周波数に重なるときに、直列共振が生ずる。

20

【0008】

上記特許文献1の技法は、この問題に対処するために、上部電極とチャンバ天井壁との間の減圧空間（天井空間）内に導電性のバイパス部材を備える。このバイパス部材は、典型的には短冊状のアルミニウム薄板を折り曲げて伸縮自在に構成され、ペローズと並列に上部電極とチャンバ天井壁とを接続する。このバイパス部材を備えることにより、上部電極回り高周波伝送路上の周波数 - インピーダンス特性の共振点をより高い周波数領域側、たとえば70MHz強以上にする事ができる（特許文献1の図6）。したがって、電極間ギャップを最小値から最大値まで変化させたとき、40MHz～60MHzのプラズマ生成用高周波を用いて電極間ギャップを任意に調整したとしても、上部電極回り高周波伝送路上の固有直列共振周波数に重なることがないので、プラズマの安定性を損なう共振現象は発生しない。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2011-204764

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0010】

しかしながら、上記のようなバイパス部材は、その物理的構造と伸縮機能からパーティクル発生源となるおそれがある。天井空間でバイパス部材から発生したパーティクルは、上部電極とチャンバ側壁との間の隙間を通して処理空間に回り込み、異常放電を生じさせるなどプラズマプロセスに望ましくない影響を及ぼす。また、バイパス部材を用いても、上部電極回り高周波伝送路上の周波数 - インピーダンス特性の共振点をより高い周波数領域側に移すことには限界があり、共振防止対策としても万全なものではない。

【0011】

なぜなら、プラズマは概して非線形な負荷であるため、容量結合型プラズマ処理装置のチャンバ内では、基本波の整数倍の周波数を有する高調波や、基本波同士あるいは基本波

50

と高調波との和または差の周波数を有するIMD（混変調歪）が不可避免的に発生する。これらの高調波やIMDの中で最も影響力がある、すなわち大きな高周波電力を有するのは2次高調波である。このため、たとえば40MHzのプラズマ生成用高周波を用いる場合は、40MHzの基本波での共振のみならず80MHzの2次高調波での共振現象の発生も防止する必要がある。したがって、上記のようにバイパス部材を備えることにより直列共振周波数の変動範囲を70MHzより高い周波数となるようにした場合でも、電極間ギャップの調整によって上部電極回り高周波伝送路の直列共振周波数が2次高調波の周波数（80MHz）に重なるときは、直列共振が起きることになる。2次高調波で直列共振が起きると、基本波で直列共振が発生した場合と同様に電力損失や部品焼損の問題が生じるだけでなく、プラズマプロセスにも影響がある。

10

【0012】

本発明は、上記のような従来技術の問題を解決するものであり、対向電極である上部電極を上下方向で移動可能に構成するカソードカップリング方式において上部電極回り高周波伝送路上でパーティクルの発生を誘発せず不所望な共振現象の発生を効果的に防止できる容量結合型のプラズマ処理装置を提供する。

【0013】

さらに、本発明は、上部電極回り高周波伝送路上の周波数 - インピーダンス特性の共振点をより高い周波数領域側に移す機能を向上させる容量結合型の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】

20

【0014】

本発明の第1の観点におけるプラズマ処理装置は、被処理基板を出し入れ可能に收容する真空排気可能な筒状の処理容器内に相対向して設けられた上部電極および下部電極の間の処理空間で処理ガスの高周波放電によるプラズマを生成し、前記プラズマの下で前記下部電極上に保持される前記基板に所望の処理を施すプラズマ処理装置であって、前記上部電極を前記処理容器の側壁から離して上下方向に移動可能に支持する上部電極支持機構と、前記下部電極側から見て前記上部電極の裏側で前記上部電極と前記処理容器の天井壁とを接続する伸縮自在な導電性の隔壁とを具備し、前記上部電極が、前記下部電極と対向する電極本体と、前記処理容器の天井壁と対向する導電性の背板と、前記電極本体と前記背板の間に空隙が形成されるように前記電極本体の周辺部と前記背板の周辺部とを結合するリング状の誘電体とを有する。

30

【0015】

上記の装置構成においては、電極間ギャップを調整するために上部電極の高さ位置を変えると、導電性隔壁が伸縮してそのインダクタンスが変化し、ひいては上部電極回り高周波伝送路上の固有共振周波数が変化する。特に、処理空間から上部電極および導電性隔壁を介して接地電位の処理容器に至るまでの高周波伝送路（上部電極裏側高周波伝送路）上の直列共振周波数が変化する。

【0016】

一方で、上記の装置構成においては、上部電極の電極本体と背板との間にコンデンサが形成され、そのキャパシタンスは空隙の誘電率、面積および厚さによって決まる。したがって、上部電極裏側高周波伝送路上にキャパシタンスの非常に低いコンデンサを挿入したことになり、これによって電極間ギャップ調整に伴って上部電極裏側高周波伝送路上の直列共振周波数の変動する範囲を高い周波数領域側へ大きく移すことが可能となり、使用する高周波の周波数よりも、さらにはその2次高調波の周波数よりも高い周波数領域へ容易に移すことができる。

40

【0017】

本発明の第2の観点におけるプラズマ処理装置は、被処理基板を出し入れ可能に收容する真空排気可能な筒状の処理容器内に相対向して設けられた上部電極および下部電極の間の処理空間で処理ガスの高周波放電によるプラズマを生成し、前記プラズマの下で前記下部電極上に保持される前記基板に所望の処理を施すプラズマ処理装置であって、前記上部

50

電極を前記処理容器の側壁から離して上下方向に移動可能に支持する上部電極支持機構と、前記下部電極側から見て前記上部電極の裏側で前記上部電極と前記処理容器の天井壁とを接続する伸縮自在な導電性の隔壁とを具備し、前記上部電極が、前記下部電極と対向する電極本体と、前記処理容器の天井壁と対向する導電性の背板と、前記電極本体と前記背板との間に挟まって介在する誘電体とを有する。

【0018】

上記の装置構成においては、電極間ギャップを調整するために上部電極の高さ位置を変えると、導電性隔壁が伸縮してそのインダクタンスが変化し、ひいては上部電極回り高周波伝送路上の固有共振周波数が変化する。特に、処理空間から上部電極および導電性隔壁を介して接地電位の処理容器に至るまでの高周波伝送路（上部電極裏側高周波伝送路）上の直列共振周波数が変化する。

10

【0019】

一方で、上記の装置構成においては、上部電極の電極本体と背板との間にコンデンサが形成され、そのキャパシタンスは誘電体の誘電率、面積および厚さによって決まる。したがって、上部電極裏側高周波伝送路上にキャパシタンスの低いコンデンサを挿入したことになり、これによって電極間ギャップ調整に伴って上部電極裏側高周波伝送路上の直列共振周波数の変動する範囲を高い周波数領域側へ移すことが可能となり、少なくとも、使用する高周波の周波数よりも高い周波数領域へ移すことができる。

【発明の効果】

【0020】

20

本発明のプラズマ処理装置によれば、上記のような構成を有することにより、対向電極である上部電極を上下方向で移動可能に構成するカソードカップリング方式において上部電極回り高周波伝送路上でパーティクルの発生を誘発せず不所望な共振現象の発生を効果的に防止できる。さらには、上部電極回り高周波伝送路上の周波数 - インピーダンス特性の共振点をより高い周波数領域側に移す機能を向上させることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】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断面図である。

【図2】上記プラズマ処理装置における上部電極回りの主要な構成を示す部分拡大断面図である。

30

【図3】上記プラズマ処理装置における上部電極回り高周波伝送路の等価回路を示す回路図である。

【図4】比較例における上部電極回りの構成を示す部分拡大断面図である。

【図5】比較例における上部電極回り高周波伝送路の等価回路を示す回路図である。

【図6】比較例における上部電極回り高周波伝送路の周波数 - インピーダンス特性を示す図である。

【図7】実施例における上部電極回り高周波伝送路の周波数 - インピーダンス特性（一部推定値）を示す図である。

【図8】第2の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す断面図である。

【図9】上部電極回りの構成に関する一変形例を示す部分拡大断面図である。

40

【図10】上部電極回りの構成に関する別の変形例を示す部分拡大断面図である。

【図11】上部電極回りの構成に関する別の変形例を示す部分拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

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。

[実施形態1]

【0023】

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、カソードカップリング方式の容量結合型（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

50

ニウムからなる筒状の真空チャンバ（処理容器）10を有している。チャンバ10は、円筒形の側壁10aと、この側壁10aの上端を気密に覆う円板状の上蓋10bと、この側壁10aの下端に接続された底壁（図示せず）とを有しており、接地されている。

【0024】

チャンバ10の底部中央には、チャンバ10から電氣的に絶縁されたサセプタ支持台12が設けられ、このサセプタ支持台12の上にたとえばアルミニウムからなる肉厚な円板状のサセプタ14がチャンバ10と同軸で固定配置されている。サセプタ14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。

【0025】

サセプタ14の上面には、半導体ウエハWを保持するための静電チャック16が取り付けられている。この静電チャック16は導電膜からなる電極18を一对の絶縁層または絶縁シートの中に挟み込んだものであり、電極18にはスイッチ20を介して直流電源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を静電吸着力で静電チャック16に保持できるようになっている。図示省略するが、サセプタ支持台12を冷媒たとえば冷却水によって一定温度に冷却し、ガス供給ラインを介して伝熱ガスたとえばHeガスを静電チャック16の上面と半導体ウエハWの裏面との間に供給するウエハ温度制御機構も備わっている。

10

【0026】

サセプタ14の周囲には、リング状の絶縁体24を介して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円筒状の内壁部材26が設けられ、この内壁部材26とチャンバ10の側壁10aとの間にチャンバ10の底まで延びる環状の排気空間27が形成されている。リング状絶縁体24および内壁部材26の上にはたとえば石英からなる環状の誘電体28を介してフォーカスリング30が取り付けられる。フォーカスリング30は、エッチングの均一性を向上させるためのもので、たとえばシリコンからなり、静電チャック16上で半導体ウエハWの周囲を覆うように配置されている。

20

【0027】

排気空間27の底にはチャンバ10の排気口（図示せず）が設けられている。その排気口に排気管32を介して排気装置34が接続されている。排気装置34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の室内を所望の真空度まで減圧できるようになっている。排気管32の途中にはチャンバ10内の圧力を制御するためのAPCバルブ（図示せず）が設けられている。チャンバ10の側壁には半導体ウエハWの搬入出口（図示せず）を開閉するゲートバルブ（図示せず）が取り付けられている。

30

【0028】

サセプタ14には、2系統の高周波給電部が電氣的に接続されている。第1系統の高周波給電部は、プラズマの生成に適した一定の周波数（たとえば40.68MHz）の高周波RF₁を出力する高周波電源36と、この高周波電源36のインピーダンスに負荷側のインピーダンスを整合させるための整合器38とを有している。第2系統の高周波給電部は、プラズマからサセプタ14上の半導体ウエハWへのイオンの引き込みに適した一定の周波数（たとえば3.2MHz）の高周波RF₂を出力する高周波電源40と、この高周波電源40のインピーダンスに負荷側のインピーダンスを整合させるための整合器42と

40

【0029】

対向電極である上部電極回りの構成は、次のようになっている。チャンバ10の上部には、サセプタ14と平行に向かいあって上下方向に可動に構成された上部電極44がサセプタ14と同軸に設けられている。この上部電極44は、サセプタ14と対向する電極本体46と、チャンバ10の天井壁（上蓋）10bと対向する導電性の背板48と、電極本体46と背板48との間に空隙50が形成されるように電極本体46の周辺部と背板48の周辺部とを結合するリング状の誘電体52とを有している。

【0030】

上部電極44の電極本体46は、たとえば表面がアルマイト処理されたアルミニウムか

50

らなる肉厚な円盤状の導電体であり、その内部にガスバッファ室54を有し、その下面に多数のガス通気孔46aを有し、その上面にガス導入口46bを有している。この実施例では、半導体ウエハWの主面上でシリコンのエッチングを行うために、電極本体46の表面(下面)にエッチング耐性の高い石英からなる円板状の天板56を貼り付けている。この石英天板56には、電極本体46のガス通気孔46aと連通する多数のガス通気孔(貫通孔)56aが形成されている。電極本体46と石英天板56が一体となってシャワーヘッドを構成している。

【0031】

上部電極44の背板48は、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円形の板体であり、その中心部に鉛直方向に延びる円筒状のシャフト(上部電極支持部材)58を通すための開口48aが形成されている。シャフト58の下端部外周面に背板48が固着される。電極本体46は、後述するようにリング状誘電体52を介して背板48に固定されるので、シャフト58の下端に直接固着されていてもよいし、別の部材が存在していてもよい。

10

【0032】

リング状誘電体52は、たとえばアルミナからなり、電極本体46と背板48との間に空隙50が形成されるように、その周辺部の上面が電極本体46の上面よりも空隙50のギャップサイズだけ高い位置で背板48の周辺部下面に密着し、その内周面より半径方向内側に突出するフランジ部52aに電極本体46を載せて支持している。この実施例では、シリコンエッチング用にリング状誘電体52の下面にも石英からなるリング状の天板60を貼り付けている。背板48、リング状誘電体52およびリング状天板60の各外周面とチャンバ10の側壁10aとの間には、数mm以下のわずかな隙間61が形成されている。

20

【0033】

シャフト58は、たとえばステンレス鋼からなり、チャンバ10の天井壁(上蓋)10bの中心開口部に取り付けられている絶縁性の案内部材たとえばカラー62に沿って上下方向に移動可能に設けられている。そして、チャンバ10の上方でシャフト58の上端部がリフト機構(図示せず)に結合されており、リフト機構の昇降駆動力によって上部電極44がピストンのように上下方向に移動できるとともに、可動範囲(たとえば70mm)内の任意の高さ位置で静止ないし固定できるようになっている。

30

【0034】

シャフト58の内側は中空になっており、チャンバ10の外に配置されている処理ガス供給部64からの処理ガス供給管66がシャフト58内側の空間を通過して電極本体46のガス導入口46bに接続されている。図示の構成例における処理ガス供給管66は、リフト機構の駆動力によって上部電極44と一緒に昇降移動するリジッドな下流側ガス管68と、定置の処理ガス供給部64と下流側ガス管68の入口ポート68aとを結ぶ可撓性の上流側ガス管70とで構成されている。

【0035】

シャフト58の外側に隣接して、上部電極44とチャンバ10の天井壁(上蓋)10bとを気密に接続するベローズ72が取り付けられている。このベローズ72は、たとえばステンレス鋼からなり、圧力を遮断する伸縮自在な隔壁として機能する。このベローズ72によって、上部電極44とチャンバ10の天井壁10bとの間に天井空間CSが形成される。この天井空間CSは、チャンバ側壁10a際の隙間61を介して両電極14,44間のプラズマ生成空間または処理空間PSと連通しており、減圧空間である。

40

【0036】

ベローズ72は、その上端がチャンバ10の天井壁10bに結合され、その下端が上部電極44の背板48に結合されている。これにより、上部電極44の背板48は、電氣的にもベローズ72を介して接地電位部材であるチャンバ10に接続されている。

【0037】

制御部74は、1つまたは複数のマイクロコンピュータを含み、外部メモリまたは内部

50

メモリに格納されるソフトウェア（プログラム）およびレシピ情報にしたがって、装置内の各部、特に高周波電源 36, 40、整合器 38, 42、排気装置 34、リフト機構等の個々の動作および装置全体の動作（シーケンス）を制御する。

【0038】

また、制御部 74 は、キーボード等の入力装置や液晶ディスプレイ等の表示装置を含むマン・マシン・インタフェース用の操作パネル（図示せず）および各種プログラムやレシピ、設定値等の各種データを格納または蓄積する外部記憶装置（図示せず）等とも接続されている。この実施形態では、制御部 72 が 1 つの制御ユニットとして示されているが、複数の制御ユニットが制御部 74 の機能を並列的または階層的に分担する形態を採ってもよい。

10

【0039】

この容量結合型プラズマエッチング装置における枚葉ドライエッチングの基本的な動作は次のようにして行われる。先ず、ゲートバルブ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、処理ガス供給部 64 より処理ガスたとえば C1 系のエッチング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 34 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 36 からの高周波 RF1 (40.68 MHz) と高周波電源 40 からの高周波 RF2 (3.2 MHz) とを重畳して（あるいは単独で）サセプタ 14 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 16 の電極 18 に印加して、半導体ウエハ W を静電チャック 16 上に固定する。シャワーヘッド（上部電極）44 より吐出されたエッチングガスは両電極 44, 14 間の高周波電界の下で放電し、処理空間 PS 内にプラズマが生成される。このプラズマに含まれるラジカルやイオンによって半導体ウエハ W の主面の被加工材（この実施例ではシリコン）がエッチングされる。

20

【0040】

このプラズマエッチング装置においては、上部電極 44 を上下に移動させてその高さ位置を変えることにより、プロセス条件の 1 つである電極間ギャップを任意に調整できるようになっており、更にそれによって圧力、ガス流量、RF パワー等の他のプロセス条件の使用可能範囲（マージン）も広げられるようになっている。

【0041】

一方で、チャンバ 10 内で生成されるプラズマから各基本波の整数倍の周波数を有する高調波や、基本波同士あるいは基本波と高調波との和または差の周波数を有する IMD（混変調歪）が発生する。これらの高調波や IMD は、電力損失や部品焼損を生じさせるだけでなく、プラズマプロセスに影響を与えることもある。このカソードカップリング方式の容量結合型プラズマエッチング装置において、これらの望ましくない現象は、処理空間から上部電極 44 を介して接地電位のチャンバ 10 に至るまでの高周波伝送路つまり上部電極回り高周波伝送路 75 上で、特に処理空間から上部電極 44 およびペローズ 72 を介して接地電位のチャンバ 10 に至るまでの高周波伝送路つまり上部電極裏側高周波伝送路 76 上で、いずれかの高調波または IMD に対して直列共振が起きるときに、顕著に現れる。もちろん、上部電極回り高周波伝送路 75 上でいずれかの基本波に対して直列共振が起きるときも、該高周波伝送路 75 上の部品を焼損させるおそれがあり、望ましくない。

30

40

【0042】

したがって、基本波、高調波および IMD のいずれに対しても上部電極回り高周波伝送路 75 上で直列共振が起きないように工夫する必要がある。もっとも、高調波や IMD の中で最も影響力がある、すなわち大きな高周波電力を有するのは 2 次高調波であり、基本波と 2 次高調波で直列共振を防止すれば実用上十分である。この実施例のように、プラズマ生成用に 40.68 MHz の高周波 RF₁ を使用する場合は、その基本波周波数の 40.68 MHz および 2 次高調波周波数の 81.36 MHz で直列共振を防止すればよい。

【0043】

なお、イオン引き込み用の高周波 RF₂ (3.2 MHz) とその 2 次高調波 (6.4 MHz) に対しても直列共振を防止する必要があるのは勿論である。しかし、通常、この種

50

の上部電極可動型プラズマ処理装置においては、電極間ギャップを最小にしても上部電極回り高周波伝送路75の固有直列共振周波数が数10MHz以下になることはない。したがって、高周波RF2(3.2MHz)およびその2次高調波(6.4MHz)について直列共振が問題になることはない。

【0044】

この実施形態では、上記特許文献1に開示されるようなバイパス部材を備える代わりに、上部電極44自体の構成に特別な工夫を施すことによって、上部電極回り高周波伝送路上でパーティクルの発生を誘発せずにプラズマ生成用高周波RF₁での直列共振の発生を確実に防止し、さらにはその2次高調波での直列共振も確実に防止するようにしている。

【0045】

この実施形態における上部電極44は、図2に要部を拡大して示すように、処理空間PSを介してサセプタ14と対向する電極本体46と、天井空間CS内でチャンバ10の天井壁10bと対向する導電性の背板48と、電極本体46と背板48との間に空隙50が形成されるように電極本体46の周辺部と背板48の周辺部とを結合するリング状の誘電体52とで構成されている。なお、図2(および図4, 図9~図11)においては、図解と理解を容易にするために、リング状誘電体52および/またはリング状天板60の内周面を平坦面に簡略化している。

【0046】

図3に、上部電極回り高周波伝送路75の等価回路を示す。この等価回路において、コンデンサC₅₆, C₅₀、コイルL₇₂および抵抗R₇₂は境界面44Sと接地電位との間で直列回路を形成し、上部電極裏側高周波伝送路76に対応している。

【0047】

ここで、コンデンサC₅₆は、電極本体46の下面に貼り付けられる石英天板56によって与えられ、そのキャパシタンスは石英天板56の誘電率、面積および厚さで決まる。コンデンサC₅₀は、上部電極44の電極本体46と背板46との間に形成され、そのキャパシタンスは主として空隙50の誘電率、面積および厚さで決まる。コイルL₇₂はベローズ72のインダクタ分で与えられ、そのインダクタンスはベローズ72の材質、形状および大きさにも依存するが、ベローズ72の長さによって変わる。すなわち、ベローズ72が短く縮まるほどそのインダクタンスは小さくなり、ベローズ72が長く伸びるほどそのインダクタンスは大きくなる。抵抗R₇₂はベローズ72の抵抗分で与えられ、その抵抗値はベローズ72の材質、形状および大きさで決まり、ベローズ72の長さに依存しない。コンデンサC₆₁は、上部電極裏側高周波伝送路76と並列に上記の境界面44Sから隙間61を通過してチャンバ側壁10aに至るまでの高周波伝送路に存在するキャパシタであり、主として隙間61の誘電率および寸法によって決まり、上部電極44の高さ位置に依存しない。

【0048】

ここで、比較例として、図4に示すように、上部電極44において背板48、空隙50およびリング状誘電体52の各要素を省いた構成について考える。この比較例では、ベローズ72の下端が電極本体46の上面(裏面)に結合される。

【0049】

図5に、この比較例における上部電極回り高周波伝送路75'の等価回路を示す。この等価回路におけるコンデンサC₅₆, C₅₀、コイルL₇₂および抵抗R₇₂は、実施例の等価回路(図3)におけるコンデンサC₅₆, C₅₀、コイルL₇₂および抵抗R₇₂とそれぞれ同じである。すなわち、実施例の等価回路(図3)からコンデンサC₅₀を省くと、比較例の等価回路(図5)になる。逆の見方をすると、比較例の等価回路(図5)にコンデンサC₅₀を加えると、実施例の等価回路(図3)になる。

【0050】

ところで、比較例における上部電極回りの構成は、上記特許文献1においてバイパス部材を除いた上部電極回りの構成と実質的に同じである。したがって、チャンバ、上部電極、ベローズ、サセプタ等の材質、形状およびサイズを上記特許文献1における上部電極回

10

20

30

40

50

りと同じにした場合、上部電極回り高周波伝送路 7 5' の周波数 - インピーダンス特性は図 6 に示すようになる（この図 6 は、特許文献 1 の図 4 に相当する）。

【 0 0 5 1 】

図 6 において、「ギャップ最小時」とは、電極間ギャップを最小にしたとき、つまりベローズ 7 2 が最も長くなって、そのインダクタンスが最大値 L_{72max} になるときである。このときの上部電極回り高周波伝送路 7 5' における固有の直列共振周波数 f_{s1} および並列共振周波数 f_{p1} は、図 5 の等価回路から理論的には次式 (1) , (2) で表わされる。

$$f_{s1} = 1 / 2 \pi \sqrt{L_{72max} \cdot C_{56}} \quad \dots (1)$$

$$f_{p1} = 1 / 2 \pi \sqrt{\{ (L_{72max} \cdot C_{56} \cdot C_{61} / (C_{56} + C_{61})) \}} \quad \dots (2)$$

ただし、 C_{56} , C_{61} はコンデンサ C_{56} , C_{61} のキャパシタンスである。

10

【 0 0 5 2 】

図 6 において、直列共振周波数 f_{s1} は約 3 8 M H z 、並列共振周波数 f_{p1} は約 4 5 M H z である。

【 0 0 5 3 】

また、「ギャップ最大時」とは、電極間ギャップを最大にしたとき、つまりベローズ 7 2 が最も短くなって、そのインダクタンスが最小値 L_{72min} になるときである。このときの上部電極回り高周波伝送路 7 5' における固有の直列共振周波数 f_{s2} および並列共振周波数 f_{p2} は、図 5 の等価回路から理論的には次式 (3) , (4) で表わされる。

$$f_{s2} = 1 / 2 \pi \sqrt{L_{72min} \cdot C_{56}} \quad \dots (3)$$

$$f_{p2} = 1 / 2 \pi \sqrt{\{ (L_{72min} \cdot C_{56} \cdot C_{61} / (C_{56} + C_{61})) \}} \quad \dots (4)$$

20

【 0 0 5 4 】

図 6 において、直列共振周波数 f_{s2} は約 6 4 M H z 、並列共振周波数 f_{p2} は約 7 5 M H z である。

【 0 0 5 5 】

上記のように、実施例の上部電極 4 4 は、電極本体 4 6 および石英天板 5 6 の他に背板 4 8 、空隙 5 0 およびリング状誘電体 5 2 を備える構成を有し、等価回路についてみれば上部電極裏側高周波伝送路 7 6 上にコンデンサ C_{50} を含んでいる。この場合、コンデンサ C_{50} はコンデンサ C_{56} と直列接続され、その合成キャパシタンス C_s は次の式 (5) で表わされる。

$$C_s = C_{50} \cdot C_{56} / (C_{50} + C_{56}) \quad \dots (5)$$

ただし、 C_{50} , C_{56} はコンデンサ C_{50} , C_{56} のキャパシタンスである。

30

【 0 0 5 6 】

ここで、コンデンサ C_{50} のキャパシタンスは、空隙 5 0 の誘電率 ϵ_{50} 、面積を S_{50} 、厚さを d_{50} とすると、次の式 (6) で表わされる。

$$C_{50} = \epsilon_{50} \cdot S_{50} / d_{50} \quad \dots (6)$$

【 0 0 5 7 】

一方、コンデンサ C_{56} のキャパシタンスは、石英天板 5 6 の誘電率 ϵ_{56} 、面積を S_{56} 、厚さを d_{56} とすると、次の式 (7) で表わされる。

$$C_{56} = \epsilon_{56} \cdot S_{56} / d_{56} \quad \dots (7)$$

40

【 0 0 5 8 】

空隙 5 0 の誘電率 ϵ_{50} は 1 であり、石英天板 5 6 の誘電率 ϵ_{56} の約 1 / 4 である。また、空隙 5 0 の面積 S_{50} は、石英天板 5 6 の面積 S_{56} よりも小さく（おおよそ背面 4 8 の中心開口 4 8 a の面積分だけ小さく）、たとえばその 0 . 8 倍である。したがって、たとえば、空隙 5 0 の厚さ d_{50} を石英天板 5 6 の厚さ d_{56} と同じにすると、式 (6) , (7) から $C_{50} = 0 . 2 C_{56}$ であり、式 (5) から $C_s = 0 . 1 7 C_{56}$ である。

【 0 0 5 9 】

このように、実施例によれば、上部電極 4 4 の背板 4 8 、空隙 5 0 およびリング状誘電体 5 2 によって形成されるコンデンサ C_{50} を上部電極裏側高周波伝送路 7 6 上に設ける構成により、上部電極裏側高周波伝送路 7 6 上の合成キャパシタンス C_s を著しく減少させることができる。これにより、比較例における上部電極回り高周波伝送路 7 5' の周波数 -

50

インピーダンス特性の共振点に比して実施例における上部電極回り高周波伝送路 7 5 の周波数 - インピーダンス特性の共振点をより高い周波数領域側へ大きく移すことができる。すなわち、 $C_S = K C_{56}$ (K は 1 より小さい係数) とすると、約 $1/K$ 倍だけ周波数 - インピーダンス特性 (特に各共振点) を全体的に高い周波数となるようにすることができる。

【 0 0 6 0 】

なお、「ギャップ最小時」における上部電極回り高周波伝送路 7 5 の固有直列共振周波数 f_{S1} および並列共振周波数 f_{P1} は、図 3 の等価回路から理論的には次式 (8) , (9) で表わされる。

$$f_{S1} = 1 / 2 \sqrt{L_{72max} \cdot C_S} \quad \dots (8)$$

$$f_{P1} = 1 / 2 \sqrt{\{ (L_{72max} \cdot C_S \cdot C_{61} / (C_S + C_{61})) \}} \quad \dots (9)$$

ただし、 C_S , C_{61} はコンデンサ C_S , C_{61} のキャパシタンスである。

10

【 0 0 6 1 】

また、「ギャップ最大時」における上部電極回り高周波伝送路 7 5 の固有直列共振周波数 f_{S1} および並列共振周波数 f_{P1} は、図 3 の等価回路から理論的には次式 (1 0) , (1 1) で表わされる。

$$f_{S2} = 1 / 2 \sqrt{L_{72minx} \cdot C_S} \quad \dots (1 0)$$

$$f_{P2} = 1 / 2 \sqrt{\{ (L_{72min} \cdot C_S \cdot C_{61} / (C_S + C_{61})) \}} \quad \dots (1 1)$$

【 0 0 6 2 】

上記の例のように空隙 5 0 の厚さ d_{50} を石英天板 5 6 の厚さ d_{56} と同じにして $C_S = 0.17 C_{56}$ とした場合、上部電極回り高周波伝送路 7 5 の周波数 - インピーダンス特性は図 7 に示すようなものとなる。ここで、「ギャップ最小時」の固有直列共振周波数 f_{S1} は約 9.3 MHz ($3.8 \times 1 / 0.17$) であり、「ギャップ最大時」の固有直列共振周波数 f_{S1} は約 15.6 MHz ($6.4 \times 1 / 0.17$) である。電極間ギャップが最小値と最大値の間にあるときの固有直列共振周波数 f_S は約 9.3 MHz と約 15.6 MHz との中間の値になる。

20

【 0 0 6 3 】

なお、実施例による「ギャップ最小時」および「ギャップ最大時」における固有並列共振周波数 f_{P1} , f_{P2} の値は、コンデンサ C_{61} のキャパシタンスにも依存するので、比較例における固有並列共振周波数 f_{P1} , f_{P2} の値 (既知) と $C_S = K C_{56}$ の関係式における K の値 (既知) とから算出することはできない。ただし、 K が 1 より小さい係数なので、実施例における固有並列共振周波数 f_{P1} , f_{P2} は、比較例における固有並列共振周波数 f_{P1} , f_{P2} より高い周波数領域側に移り、かつ式 (8) (1 0) と式 (9) (1 1) との関係から実施例における固有直列共振周波数 f_{S1} , f_{S2} よりも高い周波数領域に存在する。したがって、図 7 に示す並列共振点は、推定であり、計算で求めたものではない。

30

【 0 0 6 4 】

このように、この実施形態のプラズマエッチング装置においては、リフト機構により上部電極 4 4 の高さ位置を変えて電極間ギャップをどのように調整しても、上部電極回り高周波伝送路 7 6 上でのプラズマ生成用高周波 $R F_1$ (4 0 . 6 8 MHz) での直列共振を完全に回避できるのはもちろん、その 2 次高調波 (8 1 . 3 6 MHz) での直列共振も完全に回避することができる。

40

[他の実施形態または変形例]

【 0 0 6 5 】

図 8 に、本発明の第 2 の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す。この第 2 の実施形態において、上述した第 1 の実施形態と異なるのは、上部電極 4 4 の電極本体 4 6 に直流電圧を印加するために直流電源ユニット 8 0、スイッチ 8 2 およびフィルタ回路 8 4 を備える構成であり、それ以外は全て第 1 の実施形態と同じである。

【 0 0 6 6 】

直流電源ユニット 8 0 は、たとえば可変直流電源からなり、 $-2000 \sim +1000 V$

50

の直流電圧 V_{DC} を出力できるように構成されている。あるいは、直流電源ユニット 80 は、別の形態として、異なる直流電圧を出力する複数の直流電源を有し、それら複数の直流電圧の中の 1 つを選択的に出力することも可能である。直流電源ユニット 80 の出力（電圧、電流）の極性および絶対値およびスイッチ 82 のオン・オフ切替は、制御部 74 により制御されるようになっている。

【0067】

チャンバ 10 内で処理空間 PS に面する適当な箇所に、たとえば Si 、 SiC 等の導電性材料からなる DC 接地部品（図示せず）が取り付けられている。この DC 接地部品は、接地ライン（図示せず）を介して常時接地されている。

【0068】

フィルタ回路 84 は、直流電源ユニット 80 からの直流電圧 V_{DC} を上部電極 44 の電極本体 46 に印加する一方で、サセプタ 12 から処理空間 PS および上部電極 44 を通って入ってきた高周波電流を接地ラインへ流して直流電源ユニット 80 側へは流さないように構成されている。図示省略するが、フィルタ回路 84 はたとえば LC はしご型回路からなり、処理空間 PS から上部電極 44 の電極本体 46 およびフィルタ回路 84 を介して接地電位に至るまでの高周波伝送路（以下、「上部電極 DC 印加系高周波伝送路」と称する。）86 上で共振が起きないように、LC はしご型回路内のコイル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選定される。これらのコイルおよびコンデンサは市販の電子部品であり、ハードウェア上の制約を受けずにそれらのインダクタンスおよびキャパシタンスの選定を行える。なお、上部電極 DC 印加系高周波伝送路 86 は、プラズマ側から見て上部電極回り高周波伝送路 75 ないし上部電極裏側高周波伝送路 76 と電氣的に並列の関係にあり、直列共振に関しては互いに独立した関係にある。

【0069】

このような上部 DC バイアス機構を備える構成においては、たとえば、上部電極 44 の電極本体 46 に負極性の直流電圧 V_{DC} を印加することにより、プラズマエッチングのマスクに使われるフォトレジスト膜（特に ArF レジスト膜）のエッチング耐性を強化することができる。

【0070】

なお、チャンバ 10 内でプラズマが生成されるときは、プラズマと上部電極 44 との間にイオンシース（以下、「上部電極シース」と称する。）が形成される。この上部電極シースは高周波電力に対してコンデンサとして作用する。したがって、プラズマから上部電極シースおよび上部電極 44 の電極本体 46 を介して接地電位に至るまでの高周波伝送路は、上部電極回り高周波伝送路 75 や上部電極 DC 印加系高周波伝送路 86 の入口に上部電極シースのコンデンサが直列に追加されたものに相当する。ここで、上部電極シースのコンデンサは、プロセス条件（圧力、RF パワー、ガス種等）や直流電圧 V_{DC} に応じてその厚さ（ひいてはその静電容量）が変化し、シース厚が大きいほどそのキャパシタンスは小さくなり、シース厚が小さいほどそのキャパシタンスは大きくなる。したがって、上部電極シースが存在することによって直列共振周波数がより高い周波数領域側へ若干移り、シース厚が大きくなるほどその移動量が増大する。

【0071】

図 9 ~ 図 11 に、本発明における上部電極の変形例を示す。図 9 の変形例は、上部電極 44 において空隙 50 のスペースを誘電体 88 で埋め尽して、空隙 50 の無い電極構造とするものである。この場合、上部電極 44 の電極本体 46 と背板 46 との間に形成されるコンデンサ C_{88} のキャパシタンスは主として誘電体 88 の誘電率、面積および厚さで決まる。したがって、誘電体 88 の材質は誘電率の低いものが望ましい。たとえば、誘電体 88 に石英を用いる場合は、コンデンサ C_{88} のキャパシタンスは空隙 50 を設けた場合のコンデンサ C_{50} のキャパシタンスの約 4 倍になる。それでも、石英天板 56 のコンデンサ C_{56} との合成キャパシタンス C_s は、上式 (5) から $C_s = 0.5 C_{56}$ であり、上部電極回り高周波伝送路 75 の周波数 - インピーダンス特性における直列共振周波数を周波数軸上で約 $1 / 0.5$ 倍だけ右に移すことができる。つまり、「ギャップ最小時」の直列共振周

10

20

30

40

50

波数を約 54 MHz まで移すことができる。したがって、この場合、少なくともプラズマ生成用の高周波 RF₁ の基本波周波数 40.68 MHz に対しては直列共振を防止することができる。

【0072】

図10の変形例は、背板48の周辺部を下に延ばして誘電体88の外周面に回り込ませている。基本的には図9の変形例に準ずるものである。

【0073】

図11の変形例は、電極本体46の下面に導体たとえばシリコンの電極板90を貼り付けるものである。たとえば、半導体ウエハWの主面上でシリコン酸化膜のエッチングを行う場合に、このようなシリコン電極板90が天板に用いられる。この場合、上部電極回り高周波伝送路75においてはコンデンサC₅₆が無くなり、上部電極裏側高周波伝送路76上のコンデンサはコンデンサC₅₀だけになる。しかし、コンデンサC₅₀のキャパシタンスは上記のように非常小さく、たとえば空隙50の厚さを石英天板56の厚さと同じにした場合はC₅₀ = 0.2C₅₆である。したがって、この場合、上部電極回り高周波伝送路75の周波数 - インピーダンス特性における直列共振周波数を約1/0.2倍だけ右に移すことができる。つまり、「ギャップ最小時」の直列共振周波数を約84 MHz まで移すことができる。したがって、この場合、プラズマ生成用の高周波 RF₁ の基本波周波数 40.68 MHz での直列共振を防止できるとともに、2次高調波の81.36 MHz での直列共振も防止することができる。

10

【0074】

もちろん、空隙50の厚さd₅₀を増やすことによって、上記の移動効果を一層高めることができる。たとえば、d₅₀を2倍にすると、C₅₀ = 0.1C₅₆である。したがって、この場合、上部電極回り高周波伝送路75の周波数 - インピーダンス特性における直列共振周波数を周波数軸上で約1/0.1倍だけ右に移すことができる。つまり、「ギャップ最小時」の直列共振周波数を約118 MHz まで移すことができる。

20

【0075】

このように、上部電極44の内部に小さなコンデンサC₅₀を与える空隙50を設けることにより、上部電極回り高周波伝送路75の周波数 - インピーダンス特性において直列共振周波数を大幅に右(より高い周波数領域側)に移すことができ、これによってプラズマ生成用高周波 RF₁ での直列共振およびその2次高調波での直列共振を確実に防止することができる。

30

【0076】

また、上部電極44の内部に空隙50を設ける構成は、空隙50を誘電体88で埋める構成(図9、図10)と比較して、上部電極44全体の体積、重量およびコストが格段に低いという利点もある。

【0077】

なお、本発明による上部電極構造と特許文献1記載のバイパス部材とを併用することも勿論可能である。特に、本発明において上部電極44を空隙50の無い電極構造とする場合は、バイパス部材との併用が実用的になることがあり得る。その場合、バイパス部材においては、周波数 - インピーダンス特性の共振点をより高い周波数領域側へ移す効果に関しては負担が軽いので、パーティクル発生の防止、コスト低減あるいは取付容易性等の別の観点で最適な構成を採ることができる。

40

【0078】

本発明は、上記実施形態のようなプラズマエッチング装置に限定されず、プラズマCVD、プラズマALD、プラズマ酸化、プラズマ窒化、スパッタリングなど任意のプラズマプロセスを行うカソードカップリング方式の容量結合型プラズマ処理装置に適用可能である。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、有機EL、太陽電池用の各種基板や、フォトマスク、CD基板、プリント基板等も可能である。

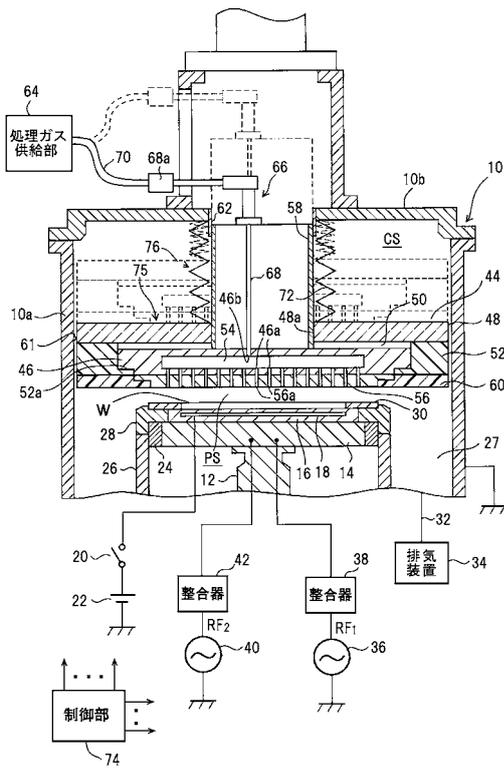
【符号の説明】

50

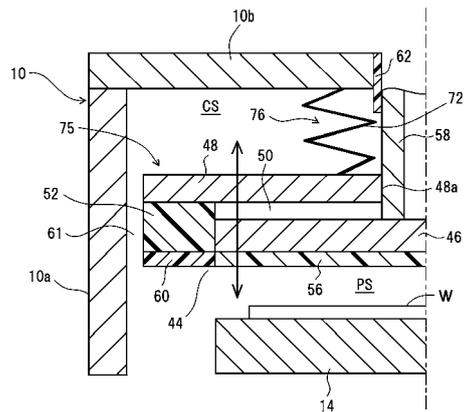
【 0 0 7 9 】

- 1 0 チャンバ
- 1 0 a チャンバ側壁
- 1 0 b チャンバ天井（上蓋）
- 1 4 サセプタ（下部電極）
- 3 4 排気装置
- 3 6 , 4 0 高周波電源
- 3 8 , 4 2 整合器
- 4 4 上部電極（シャワーヘッド）
- 4 6 電極本体
- 5 0 空隙
- 5 2 リング状誘電体
- 6 4 処理ガス供給部
- 7 4 制御部
- 7 5 上部電極回り高周波伝送路
- 7 6 上部電極裏側高周波伝送路
- 8 0 直流電源ユニット
- 8 4 フィルタ回路

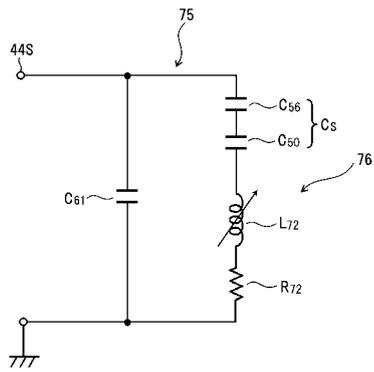
【 図 1 】



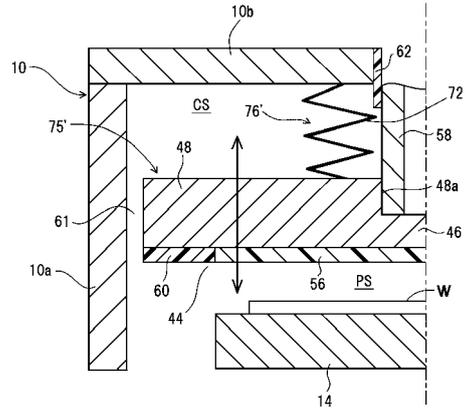
【 図 2 】



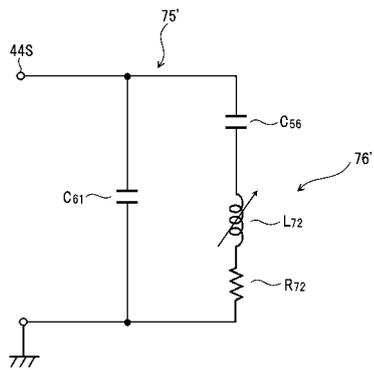
【 図 3 】



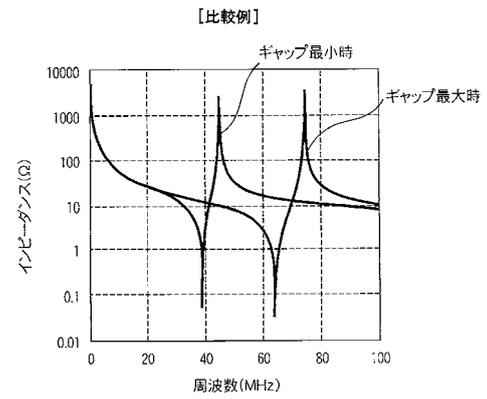
【 図 4 】



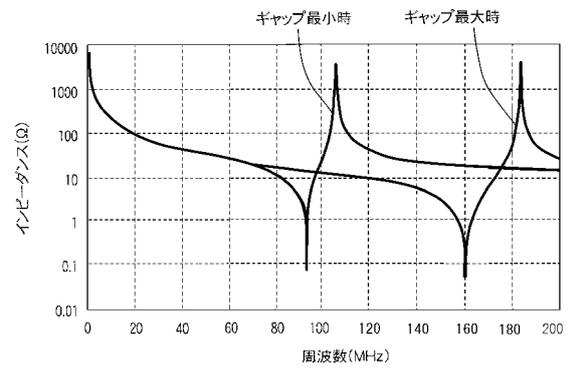
【 図 5 】



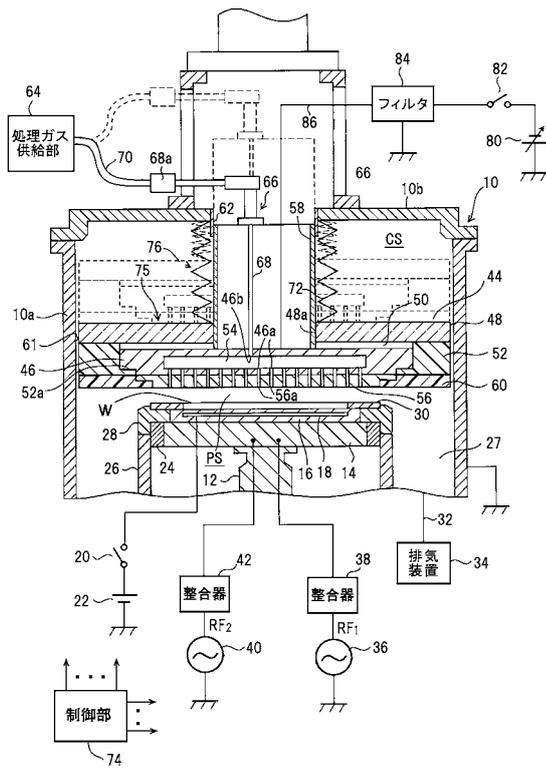
【 図 6 】



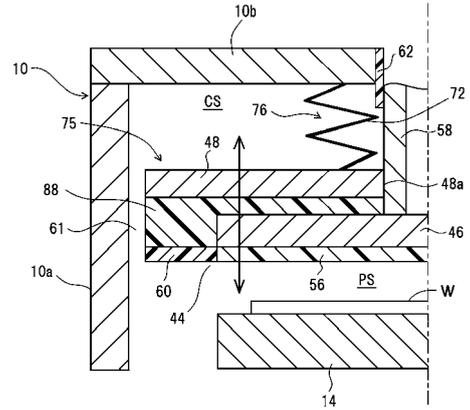
【 図 7 】



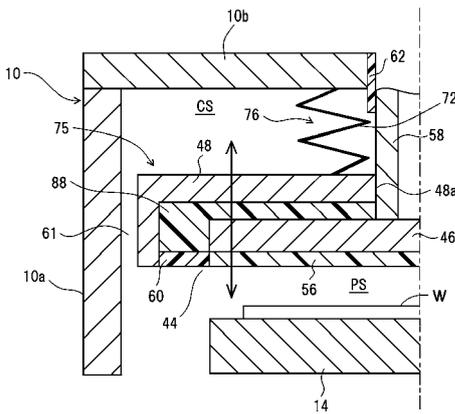
【図 8】



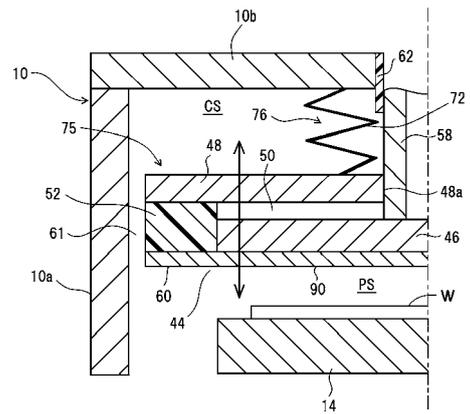
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 EA05 FA03 JA18 KA17 KA20 KA30 KA46
5F004 AA16 BA07 BA09 BB13 BD04 CA03 CA06
5F045 AA08 EB02 EB03 EH04 EH05 EH07 EH14 EH19