

(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2015-5475
(P2015-5475A)

(43) 公開日 平成27年1月8日(2015.1.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46 M	4K030
H01L 21/205 (2006.01)	H01L 21/205	5F045
H01L 21/31 (2006.01)	H01L 21/31 C	
C23C 16/509 (2006.01)	H05H 1/46 R	
	C23C 16/509	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2013-131425 (P2013-131425)
(22) 出願日 平成25年6月24日 (2013.6.24)

(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
(71) 出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(74) 代理人 100115118
弁理士 渡邊 和浩
(74) 代理人 100107559
弁理士 星宮 勝美
(74) 代理人 100166257
弁理士 城澤 達哉
(72) 発明者 花輪 健一
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

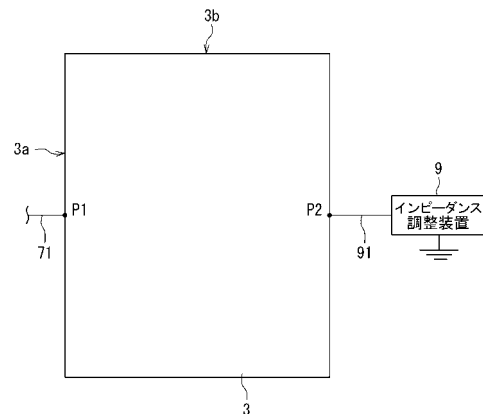
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】 基板面内での処理の均一性を確保できるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 上部電極3は、長辺3aと短辺3bとを有する矩形をなしている。上部電極3において、高周波電源7から給電線71を介して高周波電力が供給される給電部位P1と、配線91を介してインピーダンス調整装置9が接続される接続部位P2とは、上部電極3における下部電極5との対向面37を間に挟んで、それぞれ反対側に形成されている。給電部位P1及び接続部位P2は、いずれも上部電極3の長辺3aの側部に設けられている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空引き可能な処理容器と、

前記処理容器内において、基板を間に挟んで互いに対向して配置されるカソード電極及びアノード電極と、

前記カソード電極に高周波電力を供給する第 1 の高周波電源と、

前記カソード電極に接続されて該カソード電極のインピーダンスを調整する一つ又は複数のインピーダンス調整装置と、
を備え、

前記カソード電極において、前記高周波電力が供給される給電部位と、前記インピーダンス調整装置が接続される接続部位のうち、少なくとも一つの接続部位とが、前記カソード電極における前記アノード電極との対向面を間に挟んで、それぞれ反対側に形成されているプラズマ処理装置。

10

【請求項 2】

一つの前記カソード電極と一つの前記アノード電極とが対をなして一つのプラズマ処理部を形成しており、前記処理容器内に複数の前記プラズマ処理部が積層されて配置されている請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記カソード電極は、平面視四角形をなしており、

前記給電部位が、該四角形の一辺をなす前記カソード電極の側部に設けられており、
少なくとも一つの前記接続部位が、前記四角形の一辺とは隣接しない反対側の一辺をなす前記カソード電極の側部に設けられている請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 4】

一つの前記カソード電極に対し、複数の前記インピーダンス調整装置が接続されている請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記カソード電極は、平面視四角形をなしており、

前記給電部位が、該四角形の一辺をなす前記カソード電極の側部に設けられており、
前記接続部位が、前記四角形の一辺とは隣接しない反対側の一辺をなす前記カソード電極の側部の複数箇所に設けられており、

30

少なくとも 2 つの前記接続部位は、前記給電部位からの距離が等しくなるように対称な位置に設けられている請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記インピーダンス調整装置を介して前記カソード電極に高周波電力を供給する第 2 の高周波電源をさらに備えている請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記インピーダンス調整装置は、誘導性素子と容量性素子との組み合わせを含むものである請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記誘導性素子が可変誘導性素子である請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 9】

前記容量性素子が可変容量性素子である請求項 7 又は 8 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置において、前記カソード電極とアノード電極との間に基板を配置してプラズマ処理を行うプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被処理体に対してプラズマ処理を行うプラズマ処理装置及びプラズマ処理方

50

法に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶ディスプレイ(LCD)に代表されるフラットパネルディスプレイ(FPD)や太陽電池などの製造過程においては、大型基板に対し、エッチングや成膜等の所定の処理が施される。このような処理に用いるプラズマ処理装置として、平行平板型プラズマ処理装置が知られている。

【0003】

平行平板型のプラズマ処理装置を用いて大型で大面積の基板の処理を行う場合、基板の面内での処理の均一性を確保することが重要になる。例えば、特許文献1では、大面積の基板上に均一な厚みで均質な堆積膜を形成するため、長尺な板状又は棒状の電極の給電点とは反対側に、反射波電力の位相を調整する位相調整回路を接続したプラズマCVD装置が提案されている。そして、特許文献1では、一枚の基板上に、複数の長尺な高周波電極を配置することによって、基板面内での処理の均一化を図っている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平11-243062号公報(図8など)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

大型基板に対する処理効率を高めるため、平行平板電極を多段に積層したバッチ式の平行平板型プラズマ処理装置が検討されている。このような多段バッチ式の平行平板型プラズマ処理装置では、複数のカソードのそれぞれに対してプラズマ励起用の高周波電力を印加する必要がある。しかし、多段バッチ式の平行平板型プラズマ処理装置では、複数組の平行平板電極を処理容器内に積層して配置しなければならないため、カソードへの高周波電力の給電位置が制約される。具体的には、積層された複数のカソードへ高周波電力を供給するために、例えばカソードの片側に偏在して給電部位が設けられることになる。そのため、カソードにおける高周波電力の均一な供給が困難となり、大型基板の面内での処理の均一性を確保することが枚葉式のプラズマ処理装置に比べて難しいという問題があった。

30

【0006】

本発明の目的は、基板面内での処理の均一性を確保できるプラズマ処理装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のプラズマ処理装置は、真空引き可能な処理容器と、前記処理容器内において、基板を間に挟んで互いに対向して配置されるカソード電極及びアノード電極と、前記カソード電極に高周波電力を供給する第1の高周波電源と、前記カソード電極に接続されて該カソード電極のインピーダンスを調整する一つ又は複数のインピーダンス調整装置と、を備えている。本発明のプラズマ処理装置は、前記カソード電極において、前記高周波電力が供給される給電部位と、前記インピーダンス調整装置が接続される接続部位のうち、少なくとも一つの接続部位とが、前記カソード電極における前記アノード電極との対向面を間に挟んで、それぞれ反対側に形成されている。

40

【0008】

本発明のプラズマ処理装置は、一つの前記カソード電極と一つの前記アノード電極とが対をなして一つのプラズマ処理部を形成していてもよく、前記処理容器内に複数の前記プラズマ処理部が積層されて配置されていてもよい。

【0009】

本発明のプラズマ処理装置において、前記カソード電極は、平面視四角形をなしていて

50

もよく、前記給電部位が、該四角形の一辺をなす前記カソード電極の側部に設けられていてもよい。そして、本発明のプラズマ処理装置は、少なくとも一つの前記接続部位が、前記四角形の一辺とは隣接しない反対側の一辺をなす前記カソード電極の側部に設けられていてもよい。

【0010】

本発明のプラズマ処理装置は、一つの前記カソード電極に対し、複数の前記インピーダンス調整装置が接続されていてもよい。この場合、本発明のプラズマ処理装置において、前記カソード電極は、平面視四角形をなしていてもよく、前記給電部位が、該四角形の一辺をなす前記カソード電極の側部に設けられていてもよい。そして、本発明のプラズマ処理装置は、前記接続部位が、前記四角形の一辺とは隣接しない反対側の一辺をなす前記カソード電極の側部の複数箇所に設けられていてもよく、少なくとも2つの前記接続部位は、前記給電部位からの距離が等しくなるように対称な位置に設けられていてもよい。

10

【0011】

本発明のプラズマ処理装置は、前記インピーダンス調整装置を介して前記カソード電極に高周波電力を供給する第2の高周波電源をさらに備えていてもよい。

【0012】

本発明のプラズマ処理装置において、前記インピーダンス調整装置は、誘導性素子と容量性素子との組み合わせを含むものであってもよい。

【0013】

本発明のプラズマ処理装置は、前記誘導性素子が可変誘導性素子であってもよい。

20

【0014】

本発明のプラズマ処理装置は、前記容量性素子が可変容量性素子であってもよい。

【0015】

本発明のプラズマ処理方法は、上記いずれかのプラズマ処理装置において、前記カソード電極とアノード電極との間に基板を配置してプラズマ処理を行う。

【発明の効果】

【0016】

本発明のプラズマ処理装置によれば、カソード電極において、高周波電力が供給される給電部位と、カソード電極のインピーダンスを調整するインピーダンス調整装置が接続される接続部位とを、カソード電極におけるアノード電極との対向面を間に挟んで、それぞれ反対側に形成したので、例えば大型で大面積の基板を処理する場合でも、基板面内での処理の均一性を確保できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成例を示す断面図である。

【図2】図1のプラズマ処理装置における上部電極とインピーダンス調整装置との接続状態を示す説明図である。

【図3A】インピーダンス調整装置における誘導性素子と容量性素子との好ましい組み合わせ例を示す図面である。

40

【図3B】インピーダンス調整装置における誘導性素子と容量性素子との好ましい組み合わせ例を示す図面である。

【図3C】インピーダンス調整装置における誘導性素子と容量性素子との好ましい組み合わせ例を示す図面である。

【図3D】インピーダンス調整装置における誘導性素子と容量性素子との好ましい組み合わせ例を示す図面である。

【図4】上部電極の面内におけるVppの大きさと給電部位からの距離との関係を示す特性図である。

【図5】第2の実施の形態における上部電極とインピーダンス調整装置との接続状態を示す説明図である。

50

【図6】第2の実施の形態の変形例における上部電極とインピーダンス調整装置との接続状態を示す説明図である。

【図7】実験例2における基板上の測定ポイントと、上部電極におけるインピーダンス調整装置の接続位置を説明する図面である。

【図8】実験例2における結晶化度の測定結果を示すグラフである。

【図9】実験例3における基板上の測定ポイントと、上部電極におけるインピーダンス調整装置の接続位置を説明する図面である。

【図10】実験例3における結晶化度の測定結果を示すグラフである。

【図11】第3の実施の形態における上部電極とインピーダンス調整装置との接続状態を示す説明図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

【0019】

<第1の実施の形態>

図1は、本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成例を示す断面図である。図1に示すように、プラズマ処理装置100は、被処理体である矩形の基板Sを収容する真空引き可能な処理容器1と、処理容器1内において、互いに対向して配置されるカソード電極としての上部電極3及びアノード電極としての下部電極5と、上部電極3に高周波電力を供給する第1の高周波電源としての高周波電源7と、上部電極3に接続されて該上部電極3のインピーダンスを調整するインピーダンス調整装置9と、プラズマ処理装置100の各構成部を制御する制御部60と、を備えている。プラズマ処理装置100は、複数の基板Sに対して同時に、例えば成膜、エッチングなどを行なうバッチ式の平行平板型プラズマ処理装置として構成されている。なお、基板Sとしては、例えばFPD用のガラス基板や太陽電池用基板などを挙げることができる。FPDとしては、液晶ディスプレイ(LCD)、エレクトロルミネセンス(Electro Luminescence; EL)ディスプレイ、プラズマディスプレイパネル(PDP)等が例示される。本実施の形態のプラズマ処理装置100は、例えば短辺の長さが1mを超える大型の基板Sの処理に適している。

20

30

【0020】

<処理容器>

処理容器1は、真空引き可能な箱型をなしている。この処理容器1は接地されている。処理容器1は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、ステンレス等の金属が用いられる。処理容器1は、天井部11、角筒状の側壁部13及び底壁部15を備えている。側壁部13には、基板Sの搬入搬出時に開閉される図示しない開口が設けられており、該開口はゲートバルブによって開閉される。また、底壁部15には、排気口15aが形成されている。この排気口15aは、排気管23を介して排気装置21に接続されている。なお、排気口は、底壁部15に限らず、例えば天井部11に設けてもよい。

【0021】

<平行平板電極>

上部電極3及び下部電極5は、互いに平行に配置され、対をなして平行平板電極を構成している。上部電極3及び下部電極5は、いずれも、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、ステンレス等の金属によって形成されている。

40

【0022】

上部電極3は、処理容器1内にガスを導入するシャワーヘッドとしての機能を有している。すなわち、上部電極3は中空状をなし、その内部には、ガス拡散空間31が設けられている。また、上部電極3の下面には、処理ガスを吐出する複数のガス吐出孔33が形成されている。さらに、上部電極3の側部には、ガス拡散空間31に連通するガス導入部35が設けられている。また、上部電極3の下面は、下部電極5との対向面37を形成して

50

いる。なお、上部電極 3 は、シャワーヘッドとしての機能を有さなくてもよく、例えば、ガス拡散空間 3 1 やガス吐出孔 3 3 を有しない平板状の金属プレートでもよい。

【0023】

下部電極 5 は、処理容器 1 の側壁部 1 3 に絶縁部材や導電部材（いずれも図示省略）によって固定されている。絶縁部材で固定されている場合は、導電部材で下部電極 5 と側壁部 1 3 との間の導通を図ってもよい。従って、下部電極 5 は接地電位となっている。図 1 では、下部電極 5 と側壁部 1 3 とが導通状態にあることを導通部 5 a によって示している。下部電極 5 の上面、すなわち、上部電極 3 と対向する面は、基板 S を載置する基板載置面となっている。なお、下部電極 5 は、その基板載置面に対して突没可能な複数の基板支持ピン（図示省略）を有しており、この基板支持ピンを利用して外部の搬送装置との間で基板 S の受け渡しを行うことができる。

10

【0024】

< プラズマ処理部 >

本実施の形態のプラズマ処理装置 1 0 0 では、一つの上部電極 3 と一つの下部電極 5 とが対をなして一つのプラズマ処理部 1 0 を構成している。処理容器 1 内には、複数のプラズマ処理部 1 0 が多段に積層されて配置されている。これにより、プラズマ処理装置 1 0 0 では、複数枚の基板 S を同時にバッチ処理することが可能になっている。処理容器 1 内におけるプラズマ処理部 1 0 の数は、例えば 3 ~ 2 0 の範囲内とすることができる。

【0025】

< 高周波電源 >

上部電極 3 には、給電線 7 1 が接続されている。この給電線 7 1 には、整合器 7 3 を介してプラズマ形成用の高周波電源 7 が接続されている。これにより、高周波電源部 7 から例えば 1 3 . 5 6 M H z の高周波電力が、上部電極 3 に供給される。給電線 7 1 は、処理容器 1 の側壁部 1 3 に形成された給電用開口 1 3 a を介して処理容器 1 内に導入されている。なお、給電用開口 1 3 a の周囲は図示しないベローズなどの真空保持手段が設けられている。また、高周波電力の周波数は、例えば、1 1 M H z 、 2 7 . 1 2 M H z 、 4 0 . 6 8 M H z 、 6 0 M H z などでもよい。

20

【0026】

整合器 7 3 内には、一端側が例えば同軸ケーブルを介して高周波電源 7 に接続された整合回路（図示省略）が設けられており、この整合回路の他端側は給電線 7 1 を介して上部電極 3 に接続されている。整合回路はプラズマのインピーダンスに合わせて負荷（プラズマ）と高周波電源 7 との間におけるインピーダンス調整（マッチング）を行い、プラズマ処理装置 1 0 0 の回路内に発生した反射波を減衰させる役割を果たす。

30

【0027】

< インピーダンス調整装置 >

本実施の形態のプラズマ処理装置 1 0 0 は、上部電極 3 毎に、上部電極 3 のインピーダンスを調整するインピーダンス調整装置 9 を備えている。各上部電極 3 には、配線 9 1 を介してインピーダンス調整装置 9 が接続されている。インピーダンス調整装置 9 は接地されている。ただし、インピーダンス調整装置 9 の接地は必須ではなく、アノード電極としての下部電極 5 と電氣的に接続されていればよい。例えば、図 1 に示したように、処理容器 1 の側壁部 1 3 に下部電極 5 が導通可能に接続され、かつ、処理容器 1 が接地されている場合、下部電極 5 が接地されていることになり、インピーダンス調整装置 9 も接地される。

40

【0028】

図 2 は、上部電極 3 とインピーダンス調整装置 9 との接続状態を示す説明図である。図 2 では、上部電極 3 の平面図とともに、上部電極 3 に給電線 7 1 が接続される給電部位 P 1 と、上部電極 3 に配線 9 1 を介してインピーダンス調整装置 9 が接続される接続部位 P 2 とを示している。

【0029】

図 2 に示すように、上部電極 3 は、四角形、例えば長辺 3 a と短辺 3 b とを有する矩形

50

をなしている。上部電極 3 において、高周波電源 7 から給電線 7 1 を介して高周波電力が供給される給電部位 P 1 と、配線 9 1 を介してインピーダンス調整装置 9 が接続される接続部位 P 2 とは、上部電極 3 における下部電極 5 との対向面 3 7 を間に挟んで、それぞれ反対側の側部に形成されている。給電部位 P 1 及び接続部位 P 2 は、いずれも上部電極 3 の長辺 3 a の側部に設けられている。本実施の形態では、給電部位 P 1 及び接続部位 P 2 は、上部電極 3 の長辺 3 a を 2 等分する中点付近に設けられている。

【 0 0 3 0 】

インピーダンス調整装置 9 は、誘導性素子と容量性素子との組み合わせを含むことができる。誘導性素子としては、例えば、ループコイル、ソレノイドコイルや直線状線材などを用いることができる。特に 13 . 56 MHz 程度の高周波では、ループ状ではない直線状の線材でも誘電性素子として機能する。容量性素子としては、例えば、真空コンデンサ、セラミックコンデンサなどを用いることができる。誘導性素子は固定誘導性素子でもよいし、可変誘導性素子でもよい。また、容量性素子は、固定容量性素子でもよいし、可変容量性素子でもよい。図 3 A ~ 図 3 D は、インピーダンス調整装置 9 における誘導性素子と容量性素子との好ましい組み合わせを例示している。

10

【 0 0 3 1 】

図 3 A は、インピーダンス調整装置 9 として、インダクタンスを変化させることができる可変コイル 9 3 と、キャパシタンスを変化させることができる可変コンデンサ 9 5 とを直列接続した回路である。

20

【 0 0 3 2 】

図 3 B は、インピーダンス調整装置 9 として、固定コイル 9 7 と、キャパシタンスを変化させることができる可変コンデンサ 9 5 とを直列接続した回路である。

【 0 0 3 3 】

図 3 C は、インピーダンス調整装置 9 として、インダクタンスを変化させることができる可変コイル 9 3 と、固定コンデンサ 9 9 とを直列接続した回路である。

【 0 0 3 4 】

図 3 D は、インピーダンス調整装置 9 として、固定コイル 9 7 と、固定コンデンサ 9 9 とを直列接続した回路である。

【 0 0 3 5 】

なお、可変コイル 9 3 におけるインダクタンス及び可変コンデンサ 9 5 におけるキャパシタンスは、例えばステッピングモータ等の駆動手段を用いて調節可能であり、かつ、制御部 6 0 によって制御できるように構成されている。また、可変コイル 9 3 や可変コンデンサ 9 5 に、例えばダイヤルなどを設け、インダクタンスやキャパシタンスを手動で調整可能に構成してもよい。

30

【 0 0 3 6 】

図 3 A ~ 図 3 D に挙げた例は、いずれも、上部電極 3 とアースとの間で、インピーダンス調整装置 9 として誘導性素子と容量性素子との直列接続回路を設けている。しかし、インピーダンス調整装置 9 としては、上部電極 3 のインピーダンスを調整できる機能を有するものであれば、上記例示の回路構成に限るものではない。例えば、インピーダンス調整装置 9 は、インピーダンスを適切に調整できれば、誘導性素子又は容量性素子のどちらかを一つのみ含む構成でもよい。また、例えば、図 3 A ~ 図 3 D に挙げた組み合わせにおいて、誘導性素子と容量性素子との接続順序を入れ替えて接続することも可能である。さらに、例えば、図 3 A ~ 図 3 D に挙げた誘導性素子と容量性素子との直列接続の組み合わせに対し、他の誘導性素子又は容量性素子を、さらに直列に接続してもよいし、あるいは、並列に接続してもよい。

40

【 0 0 3 7 】

なお、本実施の形態のインピーダンス調整装置 9 は、上部電極 3 及び下部電極 5 による平行平板の容量成分、並びに、プラズマの容量成分に対して、それぞれ並列に接続されるため、これらの容量成分と共振しない領域で使用できる誘導性素子及び容量性素子を選択すればよい。

50

【0038】

<排気機構>

プラズマ処理装置100は、さらに、処理容器1内を減圧排気する排気機構20を備えている。排気機構20は、例えば、ドライポンプ等の真空ポンプを有する排気装置21と、この排気装置21と排気口15aとを接続する排気管23とを備えている。排気装置21の真空ポンプを作動させることにより、処理容器1の内部空間が所定の真空度まで減圧排気される。

【0039】

<ガス供給装置>

プラズマ処理装置100は、さらに、処理容器1内にガスを供給するガス供給装置40を備えている。ガス供給装置40は、ガス供給源41と、ガス供給源41に接続され、処理容器1内に処理ガスを導入する複数の配管43(1本のみ図示)と、これら配管43に設けられた複数のバルブ45(2つのみ図示)と、マスフローコントローラ(MFC)47とを備えている。複数の配管43は、処理容器1の側壁部13のガス導入部13bを介して、上部電極31の側部に設けられたガス導入部35に接続されている。従って、ガス供給源41から、配管43、ガス導入部13b、及びガス導入部35を介して、ガス拡散空間31へ処理ガスを供給できるように構成されている。ガス拡散空間31に供給されるガスの種類や、これらのガスの流量等は、マスフローコントローラ47およびバルブ45の開閉によって制御される。なお、ガス供給装置40の代りに、プラズマ処理装置100の構成には含まれない外部のガス供給装置を使用してもよい

10

20

【0040】

<制御部>

プラズマ処理装置100の各構成部は、それぞれ制御部60に接続されて、制御部60によって制御される。制御部60は、典型的にはコンピュータである。制御部60は、CPUを備えたコントローラ61と、このコントローラ61に接続されたユーザーインターフェース62および記憶部63とを備えている。

【0041】

コントローラ61は、プラズマ処理装置100において、例えば高周波出力、整合器73によるインピーダンス整合、上部電極3のインピーダンス調整、処理容器1内の圧力、ガス流量等のプロセス条件に関係する各構成部(例えば、高周波電源7、整合器73、インピーダンス調整装置9、排気装置21、ガス供給装置40等)を統括して制御する制御手段である。

30

【0042】

ユーザーインターフェース62は、工程管理者がプラズマ処理装置100を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードやタッチパネル、プラズマ処理装置100の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等を有している。

【0043】

記憶部63には、プラズマ処理装置100で実行される各種処理をコントローラ61の制御によって実現するための制御プログラム(ソフトウェア)や、処理条件データ等が記録されたレシピ等が保存されている。コントローラ61は、ユーザーインターフェース62からの指示等、必要に応じて、任意の制御プログラムやレシピを記憶部63から呼び出して実行する。これにより、プロセスコントローラ61による制御下で、プラズマ処理装置100の処理容器1内において所望の処理が行われる。

40

【0044】

上記の制御プログラムおよびレシピは、例えば、CD-ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリ、DVD等のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に格納された状態のものを利用することができる。また、上記のレシピは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用することも可能である。

【0045】

次に、図4を参照しながら、本実施の形態のプラズマ処理装置100の作用について説

50

明する。図4は、上部電極3の面内における V_{pp} の大きさと給電部位P1からの距離との関係を示す特性図である。ここで、 V_{pp} は、高周波電源7から上部電極3に供給される高周波電力の電圧の最大値と最小値（尖頭値；Peak to Peak）を意味する。図4の縦軸は V_{pp} の大きさを示し、横軸は高周波電源7から高周波電力が給電される給電部位P1を基準として、上部電極3の短辺方向における給電部位P1からの距離を示している。図4の横軸のP2は、図2に示したインピーダンス調整装置9の接続部位を示し、P1からP2間の距離は、上部電極3の短辺3bの長さに相当する（図2を参照）。また、図4では、上部電極3の大きさを二点鎖線で示した。なお、以下の説明では、上部電極3の二つの長辺3aのうち、給電部位P1が設けられている側を「P1側」、開放端もしくはインピーダンス調整装置9の接続部位が設けられている側を「P2側」と表記する。

10

【0046】

従来技術のプラズマ処理装置では、カソードの側部から高周波電力を印加する場合、給電部位の反対側（P2側）は開放端になっていた。そのため、カソード面内の V_{pp} の分布は、図4中の曲線Aのように、カソードの短辺方向に、給電側（P1側）から開放端側（P2側）へ向けて V_{pp} が大きくなるような分布を示していた。 V_{pp} が図4中の曲線Aのような分布を持つ場合、平行平板電極間において、開放端側（P2側）に比べ、給電側（P1側）のプラズマ密度が小さくなる結果、給電側（P1側）の処理効率が低下する傾向を示した。ここで「処理効率」とは、たとえばプラズマCVDによる成膜処理なら堆積レートや結晶化度、プラズマエッチング処理ならばエッチングレートなどを意味する。

20

【0047】

一方、本実施の形態のプラズマ処理装置100では、図2に示したように、上部電極3において、給電部位P1とは反対側の接続部位P2にインピーダンス調整装置9を接続し、接地した。ここで、インピーダンス調整装置9として、例えば図3Aに示した可変インダクタンスと可変キャパシタンスとの組み合わせの可変素子を用いことによって、給電部位P1とは反対側（P2側）のインピーダンスを細かく調整することが可能となる。

【0048】

具体的には、インピーダンス調整装置9によって、給電部位P1とは反対側（P2側）のインピーダンスを誘導性インピーダンスに調整することによって、図4中の曲線Bに示したような V_{pp} の分布を作り出すことが可能になる。曲線Bは、曲線Aに比べ、 V_{pp} のばらつきが小さく、上部電極3の短辺方向の V_{pp} 分布が均等化されている。従って、曲線Bのような V_{pp} 分布を作り出すことができれば、平行平板電極間でプラズマ密度を均一化し、基板Sの面内で均等な処理が可能になる。また、インピーダンス調整装置9によって、給電部位P1とは反対側（P2側）のインピーダンスを容量性インピーダンスに調整することによって、図4中の曲線Cに示したような V_{pp} の分布を作り出すことも可能になる。従って、例えば、給電部位P1とは反対側（P2側）のプラズマ密度を給電側（P1側）に比べて大きくしたい場合は、インピーダンス調整装置9によって、容量性インピーダンスが強まるように調整すればよい。ここで、「誘導性インピーダンス」は、誘導性素子と容量性素子による合成のインピーダンスが誘導性に偏っていることを意味する。また、「容量性インピーダンス」は、誘導性素子と容量性素子による合成のインピーダンスが容量性に偏っていることを意味する。図4において、誘導性インピーダンスが強くなるほど、 V_{pp} の最大値は給電側（P1側）に移動していく傾向を示し、容量性インピーダンスが強くなるほど、 V_{pp} の最大値は給電部位P1とは反対側（P2側）に移動していく傾向を示す。

30

40

【0049】

以上のように、インピーダンス調整装置9によって上部電極3のインピーダンスを調整して該電極における V_{pp} 分布を制御することができる。これによって、平行平板電極間に生成するプラズマの密度分布を調整できる。特に、プラズマ処理部10を多段に配置するために、上部電極3への給電部位P1が、下部電極5との対向面37に対して偏った位置である側部に制約されてしまう図1のプラズマ処理装置100において、インピーダンス調整装置9によって V_{pp} を平均化し、平行平板電極間でプラズマ密度を平均化できる

50

意義は大きい。従って、インピーダンス調整装置 9 によって、基板 S の面内で均一な処理が可能になる。

【 0 0 5 0 】

また、インピーダンス調整装置 9 は、上記誘導性素子及び / 又は容量性素子の定数を変えることによって、フィルタ回路としても利用できる。その場合、処理容器 1 内で発生する高調波成分を除去する効果が期待できることから、高調波成分による障害、例えば整合器（整合回路）、高周波電源等への負荷や、制御面での悪影響などを低減するという副次的な効果も期待できる。

【 0 0 5 1 】

なお、インピーダンス調整装置 9 として、図 3 A に示した可変素子の組み合わせ以外に、図 3 B ~ 図 3 D に示した誘導性素子と容量性素子との組み合わせや、他の組み合わせによっても、上部電極 3 の短辺方向において、図 4 の曲線 B、C と同様のインピーダンス調整が可能である。

10

【 0 0 5 2 】

[処理手順]

次に、プラズマ処理装置 100 によって基板 S に対してプラズマ CVD 法による成膜処理を施す際の処理手順について説明する。まず、例えばユーザーインターフェース 62 から、プラズマ処理装置 100 において成膜処理を行うように、コントローラ 61 に指令が入力される。次に、コントローラ 61 は、この指令を受けて、記憶部 63 またはコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に保存されたレシピを読み出す。次に、レシピに基づく条件によって成膜処理が実行されるように、コントローラ 61 からプラズマ処理装置 100 の各エンドデバイス（例えば、高周波電源 7、整合器 73、インピーダンス調整装置 9、排気装置 21、ガス供給装置 40 等）に制御信号が送出される。

20

【 0 0 5 3 】

次に、ゲートバルブ（図示省略）が開状態にされて、外部の搬送装置によって、複数の基板 S が、ゲートバルブおよび側壁部 13 の開口（図示省略）を通過して処理容器 1 内に搬入される。それぞれの基板 S は、複数の基板支持ピン（図示省略）を介して下部電極 5 の上に載置される。次に、ゲートバルブが閉状態にされて、排気装置 21 によって、処理容器 1 内が減圧排気される。次に、ガス供給装置 40 によって、所定の流量の処理ガスが上部電極 3 のガス吐出孔 33 から基板 S の上面に向けて噴射される。処理容器 1 の内部空間は、排気量およびガス供給量を調整することによって、所定の圧力に調整される。

30

【 0 0 5 4 】

次に、高周波電源 7 から各上部電極 3 へ高周波電力が供給されることによって、各プラズマ処理部 10 において、平行平板電極をなす上部電極 3 と下部電極 5 との間に処理ガスのプラズマが生成される。生成したプラズマによって、基板 S の表面に所定の薄膜が堆積させられる。このプラズマ処理の間は、インピーダンス調整装置 9 によって、カソードである上部電極 3 におけるインピーダンスを調整することによって、基板 S における面内の成膜処理の均一化を図ることができる。

【 0 0 5 5 】

コントローラ 61 からプラズマ処理装置 100 の各エンドデバイスに成膜処理を終了させる制御信号が送出されると、高周波電源 7 から高周波の供給が停止されると共に、処理ガスの供給が停止されて、基板 S に対する成膜処理が終了する。次に、ゲートバルブが開状態にされて、基板支持ピンによって各基板 S の高さ位置を調整した後、外部の搬送装置によって、複数の基板 S が処理容器 1 内から搬出される。

40

【 0 0 5 6 】

以上のように、プラズマ処理装置 100 は、例えば FPD や太陽電池の製造工程において、基板 S に対して成膜処理を行う目的で好ましく利用可能であり、また、成膜処理以外に、例えばエッチング処理などを行う場合にも利用できる。

【 0 0 5 7 】

[実験例 1]

50

次に、本発明の効果を確認した第1の実験結果について説明する。プラズマ処理装置100と同様の構成のプラズマ処理装置を用い、基板S上にプラズマCVD法によって微結晶シリコン薄膜を形成する成膜実験を行った。この実験では、原料ガスとしてSiH₄及びH₂を用い、それぞれの流量[SiH₄]、[H₂]の比 $R = [H_2] / [SiH_4]$ が50以上となるような流量で処理容器1内に導入した。そして、高周波電源7から11MHzの高周波電力を上部電極3に供給することによって、上部電極3と下部電極5との間でプラズマを生成させ、基板Sの表面に約1μmの厚さの微結晶シリコン薄膜を成膜した。上部電極3は、長辺1500mm×短辺1160mmの大きさとした。上部電極3と下部電極5との間隔(ギャップ)は13mmとした。インピーダンス調整装置9は、図2に示すように、上部電極3における給電部位P1が設けられた長辺3aとは反対側の長辺3aの中点を接続部位P2として接続した。インピーダンス調整装置9としては、図3Bに示したように、固定コイル97と可変コンデンサ95とを直列接続したものを用いた。固定コイル97のインダクタンスは0.925μH、可変コンデンサ95のキャパシタンスは、63.5pFから722pFの範囲内で調整した。

【0058】

実験では、目視での観察およびカソードの電界分布の影響を受けやすい微結晶シリコンの結晶化度を測定した。なお、結晶化度は、ラマン分光光度計によって測定されたアモルファスシリコンピークI_a(480cm⁻¹)に対する微結晶シリコンピークI_c(520cm⁻¹)の比I_c/I_aで表した。成膜条件として、インピーダンス調整装置9を有しない従来のプラズマ処理装置では、上部電極3の給電部位P1の周囲に対向する基板S上の範囲で結晶化が困難な条件を採用し、可変コンデンサ95によってキャパシタンスを調整して成膜実験を行った。結晶化しない範囲は、反射特性の違いから、目視では白濁として観察される。その結果、キャパシタンスが63.5pF及び221.0pFでは、容量性インピーダンスを示す結果が得られた。また、キャパシタンスが385.0pF~722.1pFの範囲内では、誘導性インピーダンスを示す結果が得られた。容量性インピーダンスを示す条件では、インピーダンス調整装置9を有しない従来のプラズマ処理装置よりも、結晶化しない範囲がさらに増加した。すなわち、上部電極3の給電部位P1の周囲に対向する基板S上の結晶化しない範囲が、従来装置<63.5pF<221.0pFの順に拡大した。

【0059】

一方、誘導性インピーダンスを示す条件では、インピーダンス調整装置9を有しない従来のプラズマ処理装置よりも結晶化しない範囲が減少し、特に432.5pF~563.7pFでは、基板Sの全面で良好な結晶化度が得られた。なお、385.0pFでは接続部位P2近傍に対向する基板S上に若干結晶化しない範囲が生じ、722.1pFでは給電部位P1近傍に対向する基板S上に若干結晶化しない範囲が生じた。以上の実験結果から、上部電極3の給電部位P1とは反対側の接続部位P2にインピーダンス調整装置9を接続し、可変コンデンサ95によってキャパシタンスを調整することによって、基板Sの面内での成膜処理の効率(結晶化の進行度)をコントロールできること、並びに、基板Sの面内で均一な結晶化度が得られることが確認された。同様の結果は、成膜処理における結晶化度に限らず、例えば成膜処理における堆積レートやエッチング処理におけるエッチングレートについても類推される。

【0060】

なお、本実施の形態で使用するインピーダンス調整装置9では、可変コンデンサ95によるキャパシタンスの調整に代えて、可変コイル93によるインダクタンスの調整によっても同様の結果が期待できる。また、キャパシタンスとインダクタンスの両方を変化させることによって、より細かな調整が可能になる。さらに、上記実験結果から、可変素子に代えて、固定素子を用いる場合でも、実験的に適切なキャパシタンスとインダクタンスが得られるように設定することで、基板Sの面内での処理の均一化が可能であることが理解される。

【0061】

10

20

30

40

50

以上のように、本実施の形態では、カソード電極である上部電極 3 において、高周波電力が供給される給電部位 P 1 と、インピーダンス調整装置 9 が接続される接続部位 P 2 とが、上部電極 3 における下部電極 5 との対向面 3 7 を間に挟んで、それぞれ反対側に形成されている。このような配置で上部電極 3 にインピーダンス調整装置 9 を設けたことによって、上部電極 3 における V_{pp} を適切に制御することができる。従って、本実施の形態のプラズマ処理装置 100 によれば、処理容器 1 内に供給される高周波電力の損失が低減され、電力の利用効率を向上させながら、基板 S の面内における処理の均一性を高めることができる。

【0062】

[第2の実施の形態]

次に、図5及び図6を参照しながら、本発明の第2の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。図5及び図6は、第2の実施の形態における上部電極3とインピーダンス調整装置9との接続状態を示す説明図である。本実施の形態では、一つのカソード電極に対し、複数のインピーダンス調整装置9が接続されている。ここでは、第1の実施の形態との相違点について説明する。

【0063】

図5は、上部電極3に、2つのインピーダンス調整装置9を接続した態様を示している。図5において、2つのインピーダンス調整装置9を区別する場合に、説明の便宜上、紙面に向かって上側のインピーダンス調整装置を9A、同下側のインピーダンス調整装置を9Bと表記する。また、インピーダンス調整装置9Aの接続部位をP21、インピーダンス調整装置9Bの接続部位をP22とする。

【0064】

図5に示すように、長辺3aと短辺3bとを有して矩形をなす上部電極3において、高周波電源7から給電線71を介して高周波電力が供給される給電部位P1と、配線91を介してインピーダンス調整装置9A, 9Bが接続される接続部位P21, 22とは、上部電極3における、下部電極5との対向面37を間に挟んで、それぞれ反対側に形成されている。給電部位P1と接続部位P21, P22は、いずれも上部電極3の長辺3aの側部に設けられている。本実施の形態では、給電部位P1は、上部電極3の長辺3aを2等分する中点に設けられている。また、インピーダンス調整装置9A, 9Bの接続部位P21, P22は、給電部位P1との距離が等しくなるように、それぞれ、長辺3aの端部(上部電極3の角)の近傍に設けられている。つまり、インピーダンス調整装置9A, 9Bの接続部位P21, P22は、上部電極3の二つの長辺3aの中点 m_L , m_L を通る直線M1に対して、線対称に配置されている。このように、上部電極3の長辺3a方向に、2つの接続部位P21, P22を給電部位P1に対して対称に配置することによって、上部電極3の長辺3a方向における V_{pp} を細かく調整できる。

【0065】

本実施の形態のプラズマ処理装置では、上部電極3の一つの長辺3aに、2つのインピーダンス調整装置9A, 9Bを接続することによって、上部電極3の短辺方向とともに、長辺方向においても V_{pp} の分布を調節することができる。従って、矩形をなす基板Sの面内において、より均一なプラズマ処理が可能になる。なお、上部電極3の一つの長辺3aの3か所以上の箇所にインピーダンス調整装置9を接続することも可能である。この場合、上部電極3の長辺3aの方向において V_{pp} をさらに細かく制御することができるため、基板Sの面内での処理の均一性を一層向上させることが可能になる。

【0066】

本実施の形態では、インピーダンス調整装置9Aとインピーダンス調整装置9Bは、同じ回路構成でもよいし、異なる回路構成でもよい。また、インピーダンス調整装置9Aとインピーダンス調整装置9Bは、片方(例えばインピーダンス調整装置9A)を誘導性インピーダンスに設定し、もう一方(例えばインピーダンス調整装置9B)を容量性インピーダンスに設定する、というように、上部電極3の長辺方向において異なるインピーダンスに設定することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

図 6 は、第 2 の実施の形態の変形例であり、上部電極 3 に、4 つのインピーダンス調整装置 9 を接続した態様を示している。本変形例では、長辺 3 a と短辺 3 b とを有して矩形をなす上部電極 3 の 4 隅の近傍にそれぞれインピーダンス調整装置 9 を配備している。すなわち、上部電極 3 において、高周波電源 7 から給電線 7 1 を介して高周波電力が供給される給電部位 P 1 を基準に、該給電部位 P 1 とは反対側の長辺 3 a に 2 つ、該給電部位 P 1 と同じ側の長辺 3 a に 2 つ、合計 4 つのインピーダンス調整装置 9 を接続した。図 6 では、4 つのインピーダンス調整装置 9 を区別する場合に、説明の便宜上、インピーダンス調整装置 9 A , 9 B , 9 C , 9 D と表記する。インピーダンス調整装置 9 A , 9 B は、上部電極 3 における、下部電極 5 との対向面 3 7 を間に挟んで、給電部位 P 1 とは反対側の長辺 3 a の接続部位 P 2 1 , 2 2 において、それぞれ上部電極 3 に接続されている。また、インピーダンス調整装置 9 C , 9 D は、上部電極 3 における、給電部位 P 1 と同じ側の長辺 3 a の接続部位 P 2 3 , 2 4 において、それぞれ上部電極 3 に接続されている。

10

【 0 0 6 8 】

図 6 に示す変形例では、接続部位 P 2 1 と P 2 2 は、給電部位 P 1 との距離が等しくなるように配置されている。また、接続部位 P 2 3 と P 2 4 は、給電部位 P 1 との距離が等しくなるように配置されている。つまり、インピーダンス調整装置 9 A , 9 B の接続部位 P 2 1 , P 2 2 は、上部電極 3 の二つの長辺 3 a の中点 m_L , m_L を通る直線 M 1 に対して、線対称に配置されている。また、インピーダンス調整装置 9 C , 9 D の接続部位 P 2 3 , P 2 4 は、直線 M 1 に対して、線対称に配置されている。さらに、インピーダンス調整装置 9 A , 9 C の接続部位 P 2 1 , P 2 3 は、上部電極 3 の二つの短辺 3 b の中点 m_S , m_S を通る直線 M 2 に対して、線対称に配置されている。また、インピーダンス調整装置 9 B , 9 D の接続部位 P 2 2 , P 2 4 は、直線 M 2 に対して、線対称に配置されている。このように、矩形の上部電極 3 において、4 つの接続部位 P 2 1 , P 2 2 , P 2 3 , P 2 4 を対称かつ均等に配置することによって、上部電極 3 の長辺 3 a の方向及び短辺 3 b の方向における V_{pp} の調整が容易になる。

20

【 0 0 6 9 】

本変形例では、図 6 に例示するように、上部電極 3 の二つの長辺 3 a に、それぞれ 2 つのインピーダンス調整装置 9 を接続することによって、上部電極 3 の面内における V_{pp} を細かく制御することができるため、基板 S の面内での処理の均一性を一層向上させることが可能になる。なお、上部電極 3 の一つの長辺 3 a において、3 つ以上のインピーダンス調整装置 9 を接続してもよい。

30

【 0 0 7 0 】

[実験例 2]

次に、本発明の効果を確認した第 2 の実験結果について説明する。図 6 と同様に、上部電極 3 に 4 つのインピーダンス調整装置 9 を接続した以外は、第 1 の実施の形態のプラズマ処理装置 1 0 0 と同様の構成のプラズマ処理装置を用い、基板 S 上にプラズマ C V D 法によって微結晶シリコン薄膜を形成する成膜実験を行った。この実験では、原料ガスとして SiH_4 及び H_2 を用い、それぞれの流量 $[SiH_4]$, $[H_2]$ の比 $R = [H_2] / [SiH_4]$ が 5 0 以上となるような流量で処理容器 1 内に導入した。そして、高周波電源 7 から 1 1 M H z の高周波電力を上部電極 3 に供給することによって、上部電極 3 と下部電極 5 との間でプラズマを生成させ、基板 S の表面に約 1 μm の厚さの微結晶シリコン薄膜を成膜した。上部電極 3 は、長辺 1 5 0 0 m m × 短辺 1 1 6 0 m m の大きさとした。上部電極 3 と下部電極 5 との間隔 (ギャップ) は 1 3 m m とした。インピーダンス調整装置 9 は、図 6 に示すように、上部電極 3 における給電部位 P 1 が設けられた長辺 3 a の両端付近と、給電部位 P 1 とは反対側の長辺 3 a の両端付近に、合計 4 つ接続した。インピーダンス調整装置 9 としては、図 3 B に示したように、固定コイル 9 7 と可変コンデンサ 9 5 とを直列接続したものをを用いた。固定コイル 9 7 のインダクタンスは 1 . 1 μH に設定し、可変コンデンサ 9 5 のキャパシタンスを 1 0 0 p F から 9 0 0 p F の範囲内で調整することによって上部電極 3 の面内のインピーダンスを調整した。

40

50

【0071】

実験では、目視での観察およびカソードの電界分布の影響を受けやすい微結晶シリコンの結晶化度を測定した。なお、結晶化度は、ラマン分光光度計によって測定された薄膜中のアモルファスシリコンピーク I_a (480 cm^{-1}) に対する微結晶シリコンピーク I_c (520 cm^{-1}) の比 I_c / I_a で表した。成膜条件として、インピーダンス調整装置 9 を有しない従来のプラズマ処理装置では、上部電極 3 の給電部位 P 1 の周囲に対向する基板 S 上の範囲で結晶化が困難な条件を採用し、可変コンデンサ 95 によってキャパシタンスを調整して成膜実験を行った。そして、微結晶シリコン膜の堆積レートと結晶化度を、図 7 に示すように基板 S 上の 21 箇所のポイントで測定した。なお、図 7 中には、基板 S に対向配置される上部電極 3 に接続されたインピーダンス調整装置 9A, 9B, 9C, 9D の大まかな配置をカッコ書きで示した。

【0072】

実験の結果を図 8 に示した。なお、図 8 には、比較例として、インピーダンス調整装置 9 を有しない従来のプラズマ処理装置において同様の実験を行った場合の結果を併記した。図 8 より、インピーダンス調整装置 9 を有しない比較例のプラズマ処理装置では、給電部位 P 1 の周囲において結晶化度の著しい低下が観察された。また、結晶化しない範囲は、白濁として観察された。それに対し、図 6 と同様に、上部電極 3 の 4 隅にそれぞれインピーダンス調整装置 9 を接続し、インピーダンスの調整を行った実施例のプラズマ処理装置では、給電部位 P 1 の周囲において、微結晶シリコンの結晶化度が顕著に改善し、基板 S の面内で、ほぼ均等な結晶化度が得られた。また、白濁は生じなかった。

【0073】

[実験例 3]

次に、4つのインピーダンス調整装置 9A, 9B, 9C, 9D において、可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを以下の条件 A ~ D に設定した以外は、実験例 2 と同様にして成膜実験を行った。そして、微結晶シリコン膜の堆積レートと結晶化度を、図 9 に示すように基板 S 上の 25 箇所のポイントで測定した。なお、図 9 中には、基板 S に対向配置される上部電極 3 に接続されたインピーダンス調整装置 9A, 9B, 9C, 9D の大まかな配置をカッコ書きで示した。

<条件 A>

4つのインピーダンス調整装置 9A, 9B, 9C, 9D の全てで可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 300 pF に設定した。

<条件 B>

インピーダンス調整装置 9B, 9D で可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 400 pF に設定し、インピーダンス調整装置 9A, 9C で可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 300 pF に設定した。

<条件 C>

インピーダンス調整装置 9B, 9D で可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 300 pF に設定し、インピーダンス調整装置 9A, 9C で可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 400 pF に設定した。

<条件 D>

4つのインピーダンス調整装置 9A, 9B, 9C, 9D の全てで可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 400 pF に設定した。

【0074】

実験の結果を図 10 に示した。図 10 より、4つのインピーダンス調整装置 9 を用い、上部電極 3 の長辺 3a の方向において別々にインピーダンスの調整を行った場合、微結晶シリコンの結晶化度が基板 S の面内で大きく変化した。また、条件 A では、微結晶シリコン膜のほぼ全体が白濁した。条件 B では、可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 300 pF に設定したインピーダンス調整装置 9A, 9C の接続部位 P21, P23 に対向する側 (図 9 の測定ポイント 6, 7, 8 側) で微結晶シリコン膜に白濁が観察された。条件 C では、可変コンデンサ 95 のキャパシタンスを 300 pF に設定したインピーダンス調整

装置 9 B , 9 D の接続部位 P 2 2 , P 2 4 に対向する側 (図 9 の測定ポイント 1 , 2 , 3 側) で微結晶シリコン膜に白濁が観察された。条件 D では、微結晶シリコン膜の全体において白濁は観察されなかった。つまり、4 つのインピーダンス調整装置 9 A , 9 B , 9 C , 9 D の全てで可変コンデンサ 9 5 のキャパシタンスを 4 0 0 p F に設定した条件 D において、基板 S の面内での結晶化度の均一性が最も優れていた。

【 0 0 7 5 】

以上の実験結果から、上部電極 3 の長辺 3 a における複数の接続部位にインピーダンス調整装置 9 を接続し、可変コンデンサ 9 5 によってキャパシタンスを調整することによって、基板 S の面内での成膜処理の効率 (結晶化の進行度) をコントロールできること、並びに、基板 S の面内で均一な結晶化度が得られることが確認された。同様の結果は、成膜処理における結晶化度に限らず、例えば成膜処理における堆積レートやエッチング処理におけるエッチングレートについても類推される。

10

【 0 0 7 6 】

なお、本実施の形態で使用するインピーダンス調整装置 9 では、可変コンデンサ 9 5 によるキャパシタンスの調整に代えて、可変コイル 9 3 によるインダクタンスの調整によっても同様の結果が期待できる。また、キャパシタンスとインダクタンスの両方を変化させることによって、より細かな調整が可能になる。さらに、上記実験結果から、可変素子に代えて、固定素子を用いる場合でも、実験的に適切なキャパシタンスとインダクタンスが得られるように設定することで、基板 S の面内での処理の均一化が可能であることが理解される。

20

【 0 0 7 7 】

本実施の形態のプラズマ処理装置における他の構成及び効果は、第 1 の実施の形態のプラズマ処理装置 1 0 0 と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 7 8 】

[第 3 の実施の形態]

次に、図 1 1 を参照しながら、本発明の第 3 の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。図 1 1 は、第 3 の実施の形態における上部電極 3 とインピーダンス調整装置 9 との接続状態を示す説明図である。ここでは、第 1 の実施の形態との相違点について説明する。

【 0 0 7 9 】

本実施の形態では、インピーダンス調整装置 9 を介して上部電極 3 に高周波電力を供給する第 2 の高周波電源としての高周波電源 8 0 を接続し、上部電極 3 へ両側からの給電を可能にしている。すなわち、本実施の形態のプラズマ処理装置は、第 1 の実施の形態の構成に加え、さらに、高周波電源 8 0 と、該高周波電源 8 0 からの高周波電力を給電する給電線 8 1 と、インピーダンス調整装置 9 と高周波電源 8 0 との間に介在配置されたリレー回路 8 3 とを備えている。

30

【 0 0 8 0 】

また、本実施の形態では、インピーダンス調整装置 9 として、例えば図 1 1 に示すように、第 1 の固定コイル 9 7 A、第 1 の可変コンデンサ 9 5 A、第 2 の固定コイル 9 7 B 及び第 2 の可変コンデンサ 9 5 B を直列に接続したものをを用いる。このような回路構成によって、インピーダンス調整装置 9 に整合回路としての機能を持たせている。これによって、高周波電源 8 0 から上部電極 3 へ高周波電力を供給する場合のインピーダンス整合が可能になる。

40

【 0 0 8 1 】

また、本実施の形態では、リレー回路 8 3 によって、目的のプロセスに応じて、上部電極 3 への片側給電と、両側給電との切り替えを行うことができる。すなわち、高周波電源 7 からの片側給電を行う場合はリレー回路 8 3 を閉じ、高周波電源 7 及び高周波電源 8 0 からの両側給電を行う場合は、リレー回路 8 3 を開放すればよい。

【 0 0 8 2 】

本実施の形態のプラズマ処理装置における他の構成及び効果は、第 1 の実施の形態のプ

50

ラズマ処理装置 100 と同様であるので説明を省略する。なお、第 2 の実施の形態のプラズマ処理装置においても、複数のインピーダンス調整装置 9 に対し、それぞれリレー回路 83 を介して高周波電源 80 を接続してもよい。

【0083】

以上、本発明の実施の形態を例示の目的で詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に制約されることはなく、種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態のプラズマ処理装置では、上部電極 3 に高周波電力を供給する構成としたが、一对の平行平板電極の下部電極 5 をカソード電極として高周波電力を印加してもよく、その場合には、下部電極 5 にインピーダンス調整装置 9 を接続してもよい。

【0084】

また、プラズマ処理装置は、一对の平行平板電極に対し、周波数が異なる複数の高周波電力を供給する構成でもよい。この場合、高周波電力が供給されるそれぞれの電極に、インピーダンス調整装置を接続することが可能であり、それぞれの周波数成分に対する効果的なグランドとすることができる。従って、異なる周波数の高周波が、それぞれの整合器（整合回路）や高周波電源に流入することを防ぎ、高周波電力供給やプラズマの安定性を向上させることができる。

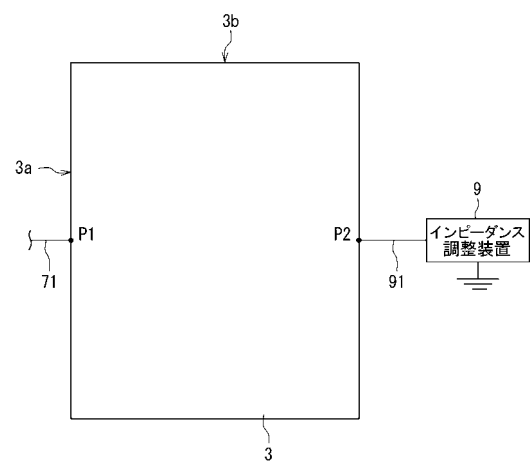
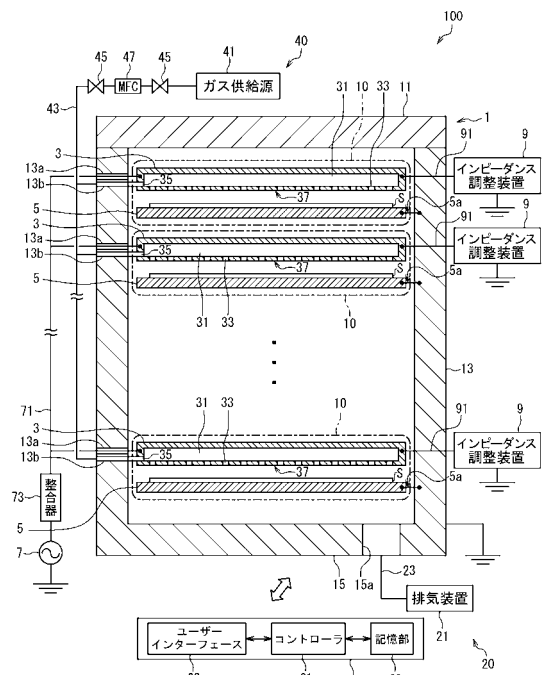
【符号の説明】

【0085】

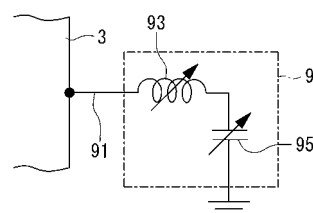
1 ... 処理容器、3 ... 上部電極、5 ... 下部電極、7 ... 高周波電源、9 ... インピーダンス調整装置、10 ... プラズマ処理部、11 ... 天井部、13 ... 側壁部、13b ... ガス導入部、15 ... 底壁部、15a ... 排気口、20 ... 排気機構、21 ... 排気装置、23 ... 排気管、31 ... ガス拡散空間、33 ... ガス吐出孔、35 ... ガス導入部、40 ... ガス供給装置、41 ... ガス供給源、43 ... 配管、45 ... パルプ、47 ... マスフローコントローラ（MFC）、60 ... 制御部、61 ... コントローラ、62 ... ユーザーインターフェース、63 ... 記憶部、71 ... 給電線、73 ... 整合器、91 ... 配線、100 ... プラズマ処理装置、S ... 基板

【図 1】

【図 2】



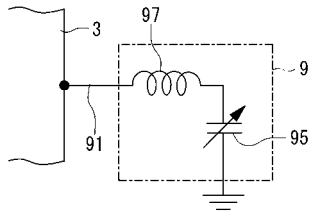
【図 3 A】



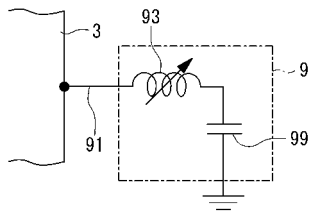
10

20

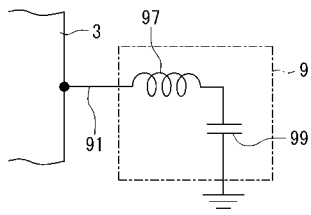
【図3B】



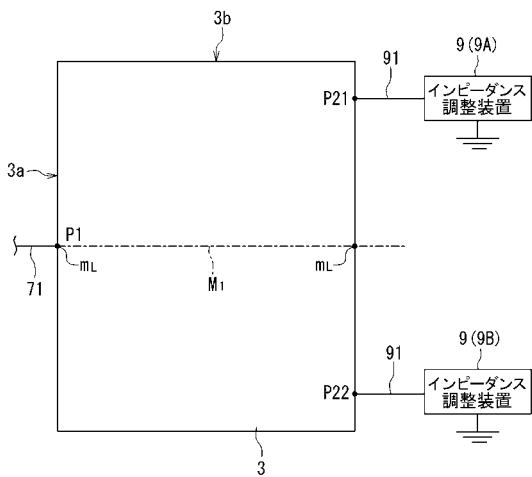
【図3C】



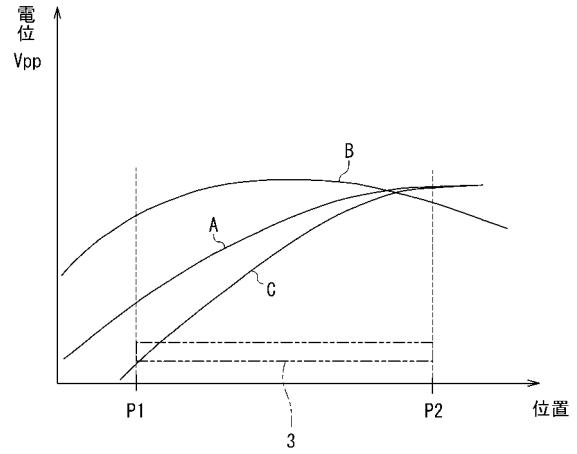
【図3D】



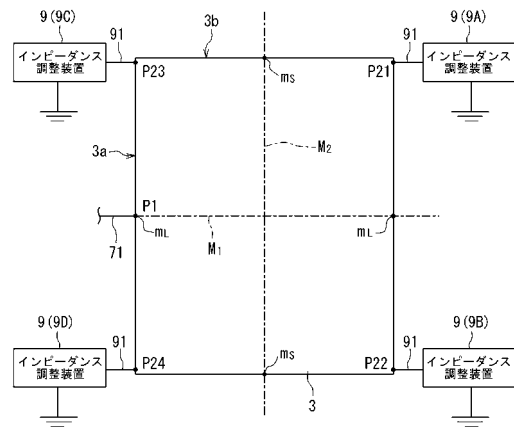
【図5】



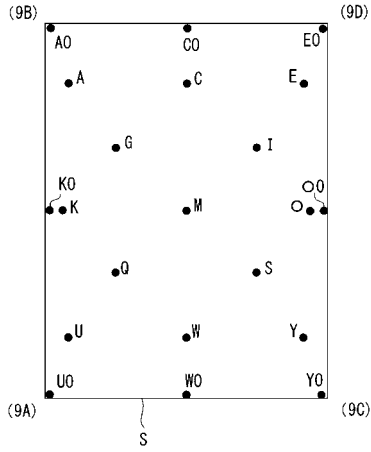
【図4】



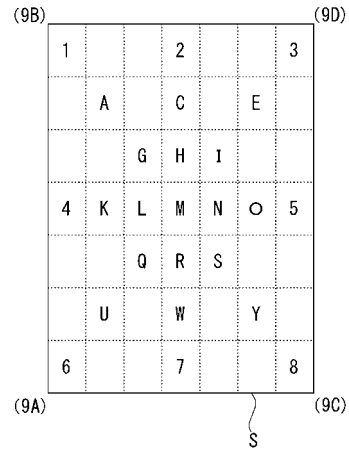
【図6】



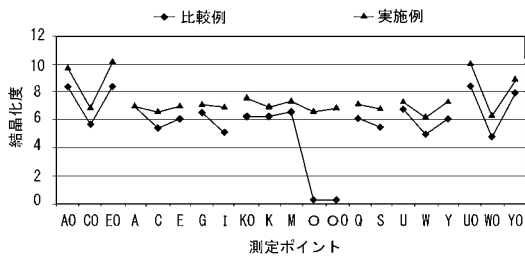
【 図 7 】



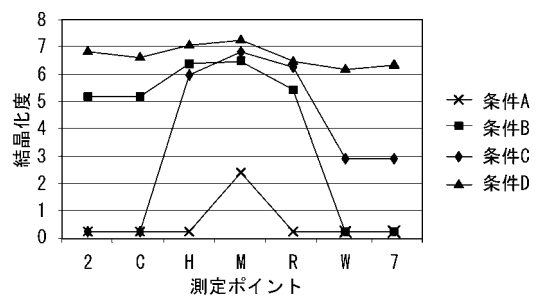
【 図 9 】



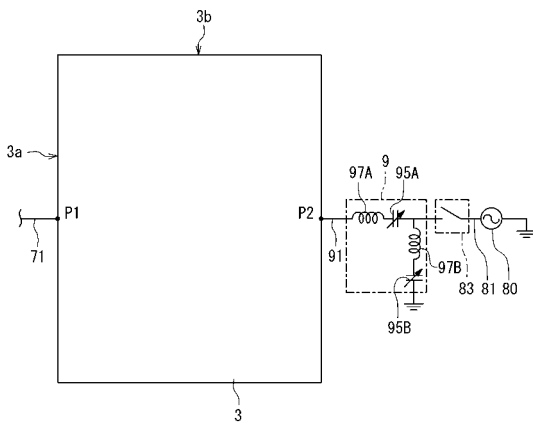
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

- (72)発明者 出道 仁彦
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 東川 誠
大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 栗原 正典
大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内
- Fターム(参考) 4K030 AA06 AA17 BA29 BB04 FA03 KA15 KA30 KA41
5F045 AA08 AB03 AB04 AC01 BB03 DP19 EF05 EH04 EH13 EH19