

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3600143号
(P3600143)

(45) 発行日 平成16年12月8日(2004. 12. 8)

(24) 登録日 平成16年9月24日(2004. 9. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	F I
H 0 5 H 1/46	H O 5 H 1/46 M
C 2 3 C 16/505	H O 5 H 1/46 R
C 2 3 C 16/52	C 2 3 C 16/505
C 2 3 F 4/00	C 2 3 C 16/52
H O 1 L 21/3065	C 2 3 F 4/00 C
請求項の数 27 (全 61 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2000-289488 (P2000-289488)	(73) 特許権者	000010098
(22) 出願日	平成12年9月22日 (2000. 9. 22)		アルプス電気株式会社
(65) 公開番号	特開2002-100500 (P2002-100500A)		東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
(43) 公開日	平成14年4月5日 (2002. 4. 5)	(73) 特許権者	000205041
審査請求日	平成13年5月31日 (2001. 5. 31)		大見 忠弘
			宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 ― 1 ― 1 7 ― 3 0 1
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置、プラズマ処理システムおよびこれらの性能確認システム、検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し該入力端子に前記高周波電源を接続するとともに前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置であって、
前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に整合回路の出力端子に接続される前記高周波電力配電体の端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A のうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性 A が、共振周波数 f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかで、
この値が 0. 1 より小さい範囲の値に設定されてなることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記測定位置から前記整合回路を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A を測定することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置であって、

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源に接続される前記高周波電力給電体の前記高周波電源側端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A のうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性 A が、共振周波数 f 、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z 、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R 、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかで、

この値が 0.1 より小さい範囲の値に設定されてなることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項 4】

前記測定位置から前記高周波電源を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A を測定することを特徴とする請求項 3 記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 5】

プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置であって、

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電力給電体に接続される前記入力端子である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A のうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性 A が、共振周波数 f 、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z 、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R 、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかで、

この値が 0.1 より小さい範囲の値に設定されてなることを特徴とするプラズマ処理装置。

30

【請求項 6】

前記測定位置から前記高周波電力給電体を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A を測定することを特徴とする請求項 5 記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 7】

前記ばらつきの値が 0.03 より小さい範囲の値に設定されてなることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記高周波特性 A が、第 1 直列共振周波数 f_0 であることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記それぞれのプラズマ処理室に対応する第 1 直列共振周波数 f_0 の 3 倍が、前記高周波電力の周波数 f_e より大きな範囲の値に設定されてなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか記載のプラズマ処理装置。

50

【請求項 10】

前記それぞれのプラズマ処理室に対応する前記測定位置に、前記プラズマ処理室の高周波特性Aを測定する測定用端子がそれぞれ設けられることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記測定位置近傍に、
プラズマを励起する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を切断するとともに前記配電体側と前記高周波電源側との電氣的接続を確保し、かつ、前記プラズマ処理室の周波数特性Aを測定する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記高周波電源側と前記測定位置との電氣的接続を切断する切り替えスイッチが設けられることを特徴とする請求項 10 記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 12】

前記スイッチにより、前記高周波配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を確保した場合における前記整合回路の出力端位置で測定する高周波特性Aと、
前記スイッチにより、前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなることを特徴とする請求項 11 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

請求項 1 から 12 のいずれかに記載のプラズマ処理装置が複数設けられることを特徴とするプラズマ処理システム。

20

【請求項 14】

前記測定位置近傍に、
プラズマを励起する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を切断するとともに前記配電体側と前記高周波電源側との電氣的接続を確保し、かつ、前記プラズマ処理室の周波数特性Aを測定する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記高周波電源側と前記測定位置との電氣的接続を切断する切り替えスイッチが設けられることを特徴とする請求項 13 記載のプラズマ処理システム。

【請求項 15】

各プラズマ処理室の前記測定用端子に、高周波特性測定器が切り替え自在に接続されてなることを特徴とする請求項 14 記載のプラズマ処理システム。

30

【請求項 16】

各プラズマ処理室における、前記測定位置と前記測定用端子に接続された高周波特性測定器との間の高周波特性Aがそれぞれ等しく設定されてなることを特徴とする請求項 15 記載のプラズマ処理システム。

【請求項 17】

前記スイッチにより、前記高周波配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を確保した場合における前記整合回路の出力端位置で測定する高周波特性Aと、
前記スイッチにより、前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなることを特徴とする請求項 16 記載のプラズマ処理システム。

40

【請求項 18】

プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し該入力端子に前記高周波電源を接続するとともに前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置の検査方法であって、

50

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に整合回路の出力端子に接続される前記高周波電力配電体の端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲であるか確認することを特徴とするプラズマ処理装置の検査方法。

10

【請求項19】

前記測定位置から前記整合回路を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することを特徴とする請求項18記載のプラズマ処理装置の検査方法。

【請求項20】

プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置の検査方法であって、

20

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源に接続される前記高周波電力給電体の前記高周波電源側端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲であるか確認することを特徴とするプラズマ処理装置の検査方法。

30

【請求項21】

前記測定位置から前記高周波電源を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することを特徴とする請求項20記載のプラズマ処理装置の検査方法。

【請求項22】

プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置の検査方法であって、

40

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電力供給電体に接続される前記入力端子である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲であるか確認することを特徴とするプラズマ処理装置の検査方法。

50

査方法。

【請求項 2 3】

前記測定位置から前記高周波電力給電体を切り離れた状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A を測定することを特徴とする請求項 2 2 記載のプラズマ処理装置の検査方法。

【請求項 2 4】

前記ばらつきの値を 0.03 より小さい範囲であるか確認することを特徴とする請求項 1 8 から 2 3 のいずれか記載のプラズマ処理装置の検査方法。

【請求項 2 5】

前記高周波特性 A が、第 1 直列共振周波数 f_0 であることを特徴とする請求項 1 8 から 2 4 のいずれか記載のプラズマ処理装置の検査方法。 10

【請求項 2 6】

前記それぞれのプラズマ処理室に対応する第 1 直列共振周波数 f_0 の 3 倍が、前記高周波電力の周波数 f_e より大きな範囲の値であるか確認することを特徴とする請求項 1 8 から 2 5 のいずれか記載のプラズマ処理装置の検査方法。

【請求項 2 7】

請求項 1 8 から 2 6 のいずれかに記載のプラズマ処理装置が複数設けられたことを特徴とするプラズマ処理システムの検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ処理装置、プラズマ処理システムおよびこれらの性能確認システム、検査方法に係り、特に、複数のプラズマ処理室を有し、より高周波の電力供給に対応して、電力消費効率の向上と被成膜特性の向上とに用いて好適な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

CVD (chemical vapor deposition)、スパッタリング、ドライエッチング、アッシング等のプラズマ処理をおこなうプラズマ処理装置の一例としては、従来から、図 2 1 に示すような、いわゆる 2 周波励起タイプのものが知られている。 30

図 2 1 に示すプラズマ処理装置は、高周波電源 1 とプラズマ励起電極 4 との間に整合回路 2 A が介在されている。整合回路 2 A はこれら高周波電源 1 とプラズマ励起電極 4 との間のインピーダンスの整合を得るための回路として設けられている。

【0003】

高周波電源 1 からの高周波電力は整合回路 2 A を通して給電板 3 によりプラズマ励起電極 4 へ供給される。この整合回路 2 A は導電体からなるハウジングにより形成されるマッチングボックス 2 内に収納されており、プラズマ励起電極 4 および給電板 3 は、導体からなるシャーシ 2 1 によって覆われている。

プラズマ励起電極（カソード電極）4 の下側には環状の凸部 4 a が設けられるとともに、このプラズマ励起電極（カソード電極）4 の下には、多数の孔 7 が形成されているシャワープレート 5 が凸部 4 a に接して設けられている。これらプラズマ励起電極 4 とシャワープレート 5 との間には空間 6 が形成されている。この空間 6 にはガス導入管 1 7 が接続されており、導体からなるガス導入管 1 7 の途中には絶縁体 1 7 a が挿入されてプラズマ励起電極 1 4 側とガス供給源側とが絶縁されている。 40

【0004】

ガス導入管 1 7 から導入されたガスは、シャワープレート 5 の孔 7 を介してチャンバ壁 1 0 により形成されたチャンバ室 6 0 内に供給される。なお、符号 9 はチャンバ壁 1 0 とプラズマ励起電極（カソード電極）4 とを絶縁する絶縁体である。また、排気系の図示は省略してある。

一方、チャンバ室 6 0 内には基板 1 6 を載置しプラズマ励起電極ともなるウエハサセプタ 50

(サセプタ電極) 8 が設けられておりその周囲にはサセプタシールド 12 が設けられている。

【0005】

サセプタシールド 12 はサセプタ電極 8 を受けるシールド支持板 12A と、このシールド支持板 12A の中央部に垂下形成された筒型の支持筒 12B とからなり、支持筒 12B はチャンバ底部 10A を貫通して設けられるとともに、この支持筒 12B の下端部とチャンバ底部 10A とがベローズ 11 により密閉接続されている。

ウエハサセプタ 8 およびサセプタシールド 12 は、これらの隙間がシャフト 13 の周囲の設けられた電気絶縁物からなる絶縁手段 12C によって真空絶縁されるとともに電気的にも絶縁されている。また、ウエハサセプタ 8 およびサセプタシールド 12 は、ベローズ 11 により上下動可能となっており、プラズマ励起電極 4, 8 間の距離の調整ができる。

ウエハサセプタ 8 には、シャフト 13 およびマッチングボックス 14 内に収納された整合回路を介して第 2 の高周波電源 15 が接続されている。なお、チャンバ壁 10 とサセプタシールド 12 とは直流的に同電位となっている。

【0006】

図 22 に従来 of プラズマ処理装置の他の例を示す。図 21 に示すプラズマ処理装置とは異なり、図 22 に示すプラズマ処理装置は 1 周波励起タイプのプラズマ処理装置である。すなわち、カソード電極 4 にのみ高周波電力を供給しており、サセプタ電極 8 は接地されている。図 21 で示される高周波電源 15 とマッチングボックス 14 が省略されている。また、サセプタ電極 8 とチャンバ壁 10 とは直流的に同電位となっている。

【0007】

上記のプラズマ処理装置においては、一般的に 13.56 MHz 程度の周波数の電力を投入して、両電極 4, 8 の間でプラズマを生成し、このプラズマにより、CVD (chemical vapor deposition)、スパッタリング、ドライエッチング、アッシング等のプラズマ処理をおこなうものである。

【0008】

そして、このようなプラズマ処理装置の動作確認および、動作の評価方法としては、例えば、以下のように実際に成膜等の処理をおこない、この被成膜特性を評価するというような方法でおこなっていた。

(1) 堆積速度と膜面内均一性

▲1 ▼基板上にプラズマ CVD により所望の膜を成膜する。

▲2 ▼レジストのパターニングをおこなう。

▲3 ▼膜をドライエッチングする。

▲4 ▼アッシングによりレジストを剥離する。

▲5 ▼膜の膜厚段差を触針式段差計により計測する。

▲6 ▼成膜時間と膜厚から堆積速度を算出する。

▲7 ▼膜面内均一性は、6 インチ基板面内において 16 ポイントで測定する。

(2) BHF エッチングレート

上記 (1) ▲1 ▼～▲2 ▼と同様にレジストマスクをパターニングする。

▲3 ▼BHF 液に 1 分間基板を浸漬する。

▲4 ▼純水洗浄後乾燥し、レジストを硫酸過水 ($H_2SO_4 + H_2O_2$) で剥離する。▲

5 ▼上記 (1) ▲5 ▼と同様段差を計測する。

▲6 ▼浸漬時間と段差からエッチング速度を算出する。

(3) 絶縁耐圧

▲1 ▼ガラス基板上にスパッタリングにより導電性膜を成膜し、下部電極としてパターニングする。

▲2 ▼プラズマ CVD により絶縁膜を成膜する。

▲3 ▼▲1 ▼と同様の方法で上部電極を形成する。

▲4 ▼下部電極用にコンタクト孔を形成する。

▲5 ▼上下電極にプロービングし、I-V 特性 (電流電圧特性) を測定する。このとき最

10

20

30

40

50

大電圧として200V程度まで印加する。

▲6▼電極面積を100 μm 角とし、100pAをよぎるところが、1 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ に相当するので、この時のVを絶縁耐圧として定義する。

【0009】

さらに、上記のようなプラズマ処理装置に対しては、従来から、半導体および液晶製造に用いられる場合において、プラズマ処理速度（成膜時の堆積速度や、加工速度）が早く生産性が高いこと、そして、被処理基体面内方向におけるプラズマ処理の均一性（膜厚の膜面内方向分布、加工処理ばらつきの膜面内方向分布）に優れていることが、近年、被処理基板の大型化に伴って、一段と強まっている。また、被処理基板の大型化に伴い、投入電力量もkWオーダーが投入されるまで増大し、電力消費量が増す傾向にある。このため、

10

電源の高容量化に伴い、電源の開発コストが増大するとともに、装置稼働時には電力使用が増すことからランニングコストを削減することが望まれている。

また、電力消費量が増大することは、環境負荷となる二酸化炭素の排出量が増大する。これは、被処理基板の大型化に伴ってさらに放出量が増大するとともに電力消費効率をさらに下げてしまうため電力消費量が増大するので、この二酸化炭素の放出量削減への要求も高くなっている。

一方、プラズマ励起周波数として、従来一般的であった13.56MHzに対して、これを越える30MHz以上のVHF帯の周波数を用いるなど、高周波数化を図ることで、生成するプラズマ密度を向上させることができる。その結果として、プラズマCVDなどの堆積装置においては、成膜時の堆積速度を向上させることができる可能性が示されていた

20

【0010】

さらに、上記のようなプラズマチャンバを複数有するプラズマ処理装置に対しては、個々のプラズマチャンバに対して、プラズマ処理の機差をなくし、異なるプラズマチャンバにおいて処理をおこなった被処理基板においても、プラズマ処理速度（成膜時の堆積速度や、加工速度）や生産性、そして、被処理基体面内方向におけるプラズマ処理の均一性（膜厚の膜面内方向分布等の、処理のばらつきをなくしたいという要求がある。

同時に、プラズマチャンバを複数有するプラズマ処理装置に対しては、個々のプラズマチャンバに対して、供給するガス流量や圧力、供給電力、処理時間等の外部パラメータが等しい同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果が得られることが望ま

30

れている。

そして、プラズマ処理装置の新規設置時や調整・保守点検時において、複数のプラズマチャンバごとの機差をなくして処理のばらつきをなくし同一のプロセスレシピにより略同一の処理結果を得るために必要な調整時間の短縮が求められるとともに、このような調整に必要なコストの削減が要求されていた。

【0011】

さらに、上記のようなプラズマ処理装置を複数有するプラズマ処理システムに対しても、同様に、各プラズマ処理装置における個々のプラズマチャンバに対して、プラズマ処理の機差をなくしたいという要求が存在していた。

【0012】

40

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記のプラズマ処理装置においては、13.56MHz程度の周波数の電力を投入するように設計されており、これ以上の周波数の電力を投入することに対応していない。より具体的には、高周波電力を投入する部分、つまり、プラズマ処理をおこなうプラズマチャンバ全体としては、インピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性が考慮されておらず、13.56MHz程度以上の周波数の電力を投入した場合、電力消費効率があがらず、成膜時に堆積速度を向上することができないばかりか、むしろ、堆積速度が遅くなる場合があったという不具合が生じていた。さらに投入する電力をより高周波数化すると、周波数の上昇に伴って、生成されるプラズマ密度は上昇してピークを迎え、その後、減少に転じて、ついにはグロー放電できなくなってしまう高周波数化の意味がな

50

くなってしまうという不具合が生じていた。

【0013】

プラズマチャンバを複数有するプラズマ処理装置やプラズマ処理システムにおいては、各プラズマチャンバの電気的高周波的な特性は、それぞれの機械的な寸法等、その形状によって規定されている。しかし、それぞれのプラズマチャンバを構成する各部品は、製造時における加工上、必ず機械的公差により寸法等のばらつきを有している。そして、これらの各部品を組み立ててプラズマチャンバを製造する段階で、各プラズマチャンバにおける機械的寸法等の形状に、組み立て公差によるばらつきが加わる。さらに、各部品の組み立て後には採寸をすることができない箇所も存在し、プラズマチャンバ全体として当初の設計どおりの電気的高周波的な特性を有するように組み立てが終了したか否か定量的に知りうる手段がなく、各プラズマチャンバの電気的高周波的な特性の機差を知りうる手段がないという問題があった。

10

このため、次のような不具合が生じていた。

プラズマチャンバを複数有するプラズマ処理装置やプラズマ処理システムに対しては、複数のプラズマチャンバに対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性の機差をなくすという設計がなされていないため、個々のプラズマチャンバにおいて、プラズマ空間で消費される実効的な電力や、発生するプラズマ密度等がそれぞれ均一になっていない可能性がある。

このため、複数のプラズマチャンバに対して同一のプロセスレシピを適用しているにも関わらず、同一のプラズマ処理結果が得られない可能性がある。

20

したがって、同じプラズマ処理結果を得るためには、個々のプラズマチャンバごとに、それぞれ供給するガス流量や圧力、供給電力、処理時間等の外部パラメータと上記の(1)～(3)のような評価方法による処理結果とを比較して、これらの相関関係を把握する必要があるが、そのデータ量は膨大なものになり、すべてをおこなうことが困難である。

【0014】

そして、このようなプラズマ処理装置の動作確認および、動作の評価方法として、上記の(1)～(3)のような検査方法を採用した場合には、適正な動作をしているかどうかの確認をするためにはプラズマ処理装置を作動させることが必要である上に、プラズマ処理装置の設置場所とは別の検査場所などにおいて被処理基板を複数のステップにより処理測定する必要がある。

30

このため、評価結果がでるまでには数日、あるいは数週間がかかり、その期間製造ラインを停止しなかった場合、プラズマ処理をおこなった被処理基板の特性は未知であり、仮に、プラズマ処理装置の状態がよくなかった際には、製品としての基準に達しないものを生産してしまうおそれがあるため、より簡便な方法でプラズマ処理装置の動作を適正な状態に維持したいという要求があった。

【0015】

さらに、複数のプラズマチャンバを有するプラズマ処理装置やプラズマ処理システムに対して上記の(1)～(3)のような検査方法を採用した場合には、新規設置時や調整・保守点検時において、複数のプラズマチャンバごとの機差をなくして処理のばらつきをなくし、同一のプロセスレシピにより同一処理結果を得るために必要な調整時間が、月単位で必要となってしまう。このため、調整期間の短縮が求められるとともに、このような調整に必要な検査用基板等の費用、この検査用基板の処理費用、および、調整作業に従事する作業員の人件費等、コストが膨大なものになるという問題があった。

40

【0016】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成しようとするものである。

▲1▼ 複数のプラズマチャンバに対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性の均一化を図ること。

▲2▼ 複数のプラズマチャンバに対して同一のプロセスレシピを適用した際に、プラズマ処理結果の均一化を図ること。

50

▲3▼ 複数のプラズマチャンバに対する膨大なデータから外部パラメータと上記（１）～（３）のような評価方法による処理結果との相関関係によるプロセス条件の把握を不必要とすること。

▲4▼ 同一のプロセスレシピにより略同一処理結果を得るために必要な調整時間を短縮すること。

▲5▼ プラズマ励起周波数の高周波化による処理速度（成膜装置においては堆積速度、加工装置においては加工速度）の向上を図ること。

▲6▼ 被処理基体面内方向におけるプラズマ処理の均一性（膜厚の膜面内方向分布、加工処理ばらつきの膜面内方向分布）の向上、および、プラズマCVD、スパッタリングなどの堆積装置においては、堆積した膜における絶縁耐圧等の膜特性の向上を図ること。

10

▲7▼ 電力の消費効率を向上し、同等の処理速度もしくは膜特性を得るために、従来より少ない投入電力ですむよう、電力損失の低減を図ること。

▲8▼ ランニングコストおよび調整にかかる費用の削減を図るとともに、生産性の向上を図ること。

▲9▼ 適正な動作状態に簡便に維持可能なプラズマ処理装置およびプラズマ処理システムを提供すること。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明のプラズマ処理装置は、プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し該入力端子に前記高周波電源を接続するとともに前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置であって、

20

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に整合回路の出力端子に接続される前記高周波電力配電体の端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数 f 、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z 、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R 、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかで、

30

この値が 0.1より小さい範囲の値に設定されてなることにより上記課題を解決した。

本発明は、前記測定位置から前記整合回路を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することが好ましい。

本発明のプラズマ処理装置は、プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置であって、

40

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源に接続される前記高周波電力給電体の前記高周波電源側端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数 f 、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z 、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R 、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかで、

この値が 0.1より小さい範囲の値に設定されてなることにより上記課題を解決した。

50

本発明は、前記測定位置から前記高周波電源を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することが好ましい。

本発明のプラズマ処理装置は、プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置であって、

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電力給電体に接続される前記入力端子である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲の値に設定されてなることにより上記課題を解決した。

本発明は、前記測定位置から前記高周波電力給電体を切り離した状態で、前記プラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することが好ましい。

本発明においては、前記ばらつきの値が0.03より小さい範囲の値に設定されてなることができる。

本発明においては、前記それぞれのプラズマ処理室に対応する第1直列共振周波数 f_0 の3倍が、前記高周波電力の周波数 f より大きな範囲の値に設定されてなることができる。

本発明においては、前記それぞれのプラズマ処理室に対応する第1直列共振周波数 f_0 の3倍が、前記高周波電力の周波数 f より大きな範囲の値に設定されてなることができる。

本発明においては、前記それぞれのプラズマ処理室に対応する前記測定位置に、前記プラズマ処理室の高周波特性Aを測定する測定用端子がそれぞれ設けられることができる。

本発明においては、前記測定位置近傍に、プラズマを励起する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を切断するとともに前記配電体側と前記高周波電源側との電氣的接続を確保し、かつ、前記プラズマ処理室の周波数特性Aを測定する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記高周波電源側と前記測定位置との電氣的接続を切断する切り替えスイッチが設けられることができる。

本発明においては、前記スイッチにより、前記高周波配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を確保した場合における前記整合回路の出力端位置で測定する高周波特性Aと、

前記スイッチにより、前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなることができる。

本発明のプラズマ処理システムは、上記のプラズマ処理装置が複数設けられることにより上記課題を解決した。

本発明においては、各プラズマ処理室の前記測定用端子に、高周波特性測定器が切り替え自在に接続されてなることができる。

本発明においては、各プラズマ処理室における、前記測定位置と前記測定用端子に接続された高周波特性測定器との間の高周波特性Aがそれぞれ等しく設定されてなることができる。

本発明においては、前記スイッチにより、前記高周波配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を確保し

10

20

30

40

50

た場合における前記整合回路の出力端位置で測定する高周波特性Aと、
前記スイッチにより、前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなることができる。

本発明におけるプラズマ処理装置の検査方法は、プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し該入力端子に前記高周波電源を接続するとともに前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置の検査方法であって、

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に整合回路の出力端子に接続される前記高周波電力配電体の端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲であるか確認することにより上記課題を解決した。

本発明におけるプラズマ処理装置の検査方法は、プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置の検査方法であって、

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源に接続される前記高周波電力給電体の前記高周波電源側端部である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲であるか確認することにより上記課題を解決した。

本発明におけるプラズマ処理装置の検査方法は、プラズマを励起するための電極を有するプラズマ処理室と、前記電極に高周波電力を供給するための高周波電源と、入力端子と出力端子とを有し前記電極に接続した高周波電力配電体を前記出力端子に接続するとともに該入力端子に前記高周波電源を高周波電力給電体を介して接続することにより前記プラズマ処理室と前記高周波電源とのインピーダンス整合を得る整合回路と、を具備するプラズマ処理室ユニットを複数具備するプラズマ処理装置の検査方法であって、

前記それぞれのプラズマ処理室ユニットにおいて、非プラズマ発光時に、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電力供給電体に接続される前記入力端子である測定位置で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} とのばらつきが、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

とされ、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかで、

この値が0.1より小さい範囲であるか確認することにより上記課題を解決した。

本発明においては、前記ばらつきの値を0.03より小さい範囲であるか確認することが

10

20

30

40

50

できる。

本発明においては、前記それぞれのプラズマ処理室に対応する第1直列共振周波数 f_0 の3倍が、前記高周波電力の周波数 f_e より大きな範囲の値であるか確認することができる。

本発明のプラズマ処理システムの検査方法においては、上記のプラズマ処理装置が複数設けられたことができる。

【0018】

本発明においては、それぞれのプラズマ処理室に対応するプラズマチャンバ（プラズマ処理室ユニット）において、前記高周波電力を供給する際に整合回路の出力端子に接続される前記高周波電力配電体の端部で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A のうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} のばらつきを、以下の式（10A）

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min}) \quad (10A)$$

として定義し、この値が所定の範囲の値に設定することで、複数のプラズマチャンバ（プラズマ処理室ユニット）に対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、これにより、インピーダンス特性などを指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバを設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバにおいて、プラズマ空間で消費される実効的な電力をそれぞれ略均一にすることができる。

その結果、複数のプラズマチャンバに対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバにおいて例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることが可能となる。

【0019】

ここで、本発明においては、上記の測定位置に変えて、前記それぞれのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）において、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源に接続される前記高周波電力給電体（給電線）の前記高周波電源側端部とされる測定位置で、前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A を測定することにより、測定範囲に整合回路を含めない場合に比べて、プラズマ処理室だけでなく、整合回路も含めて複数のプラズマチャンバに対し、電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバにおいてプラズマ空間で消費される実効的な電力の略均一性を高めることができ、これに同一のプロセスレシピを適用して、測定範囲に整合回路を含めない場合に比べて、略同一性の高いプラズマ処理結果を得ることができる。

【0020】

また、本発明においては、上記の測定位置に変えて、前記それぞれのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）において、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電力給電体（給電線）に接続される前記入力端子とされる測定位置で前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性 A を測定することにより、測定範囲に整合回路、高周波電力給電体を含めない場合に比べて、プラズマ処理室だけでなく、整合回路、高周波電力給電体も含めて複数のプラズマチャンバに対し、電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバにおいてプラズマ空間で消費される実効的な電力の略均一性をさらに高めることができ、これに同一のプロセスレシピを適用して、測定範囲に整合回路、高周波電力給電体を含めない場合に比べて、さらに略同一性の高いプラズマ処理結果を得ることができる。

【0021】

また、本発明において、具体的には、上記の所定の値を0.1より小さい範囲に設定することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバにおいて、膜厚のばらつきの値を±5%の範囲におさめる等、プラズマ処理の均一性を維持することが可能になる。

【0022】

10

20

30

40

50

さらに、上記の所定の値を0.03より小さい範囲に設定することで、複数のプラズマチャンバに対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性の機差をなくすことが可能となり、これにより、インピーダンス特性を指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバを設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバにおいて、プラズマ空間で消費される実効的な電力をそれぞれ略均一にすることができる。

その結果、複数のプラズマチャンバに対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバにおいて例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることが可能となる。具体的には、上記のばらつきの値を0.03より小さい範囲に設定することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバにおいて、膜厚のばらつきの値を±2%の範囲におさめることができる。

10

【0023】

また、本発明において、前記高周波数特性Aが、共振周波数 f 、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z 、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R 、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかである手段を採用することにより、電気的高周波的な特性の機差をなくすことが可能となり、これにより、インピーダンス特性などを指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバを設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバにおいて、プラズマ空間で消費される実効的な電力をそれぞれ略均一にすることができる。

ここで、前記高周波特性Aとして、インピーダンス Z を採用した場合には、このインピーダンス Z は、プラズマ励起する周波数における値であるから、 Z と θ との周波数依存性を測定してはじめて把握可能なパラメータである共振周波数 f に対して、プラズマチャンバの高周波数特性の周波数依存性を見る必要がなく、共振周波数 f に比べて把握が容易である。また、プラズマチャンバのプラズマ励起する周波数における電気的高周波数の特性をより直接的に捉えることができるパラメータである。

20

また、レジスタンス R 、および、リアクタンス X 、を採用した場合には、これらレジスタンス R とリアクタンス X とのベクトル量であるインピーダンス Z を見ることに比べて、さらに直接的にプラズマチャンバのプラズマ励起する周波数における電気的高周波的特性を捉えることができる。

【0024】

または、前記高周波特性Aが、第1直列共振周波数 f_0 である手段を採用することができる。

30

この第1直列共振周波数 f_0 は、機械的な構造をその多くの要因としてきまる電気的高周波的な特性であり、各実機（プラズマチャンバ）ごとに異なっていると考えられる。上記の範囲に、この第1直列共振周波数 f_0 を設定することにより、各実機に対しても、従来考慮されていなかったその全般的な電気的高周波的な特性を設定することが可能となり、プラズマ発生の安定性を期待することができる。その結果、動作安定性が高く、各プラズマチャンバで均一な動作が期待できるプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムを提供することが可能となる。これにより、複数のプラズマチャンバに対する膨大なデータから外部パラメータと実際の基板を処理するような評価方法による処理結果との相関関係によるプロセス条件の把握を不必要とすることができる。したがって、新規設置時や調整・保守点検時に、各プラズマチャンバごとの機差をなくして処理のばらつきをなくし同一のプロセスレシピにより略同一処理結果を得るために必要な調整時間が、基板への実際の成膜等による従来の検査方法を採用した場合に比べて、大幅に短縮することができる。また、このような調整に必要な検査用基板等の費用、この検査用基板の検査処理費用、および、調整作業に従事する作業員の人件費等、コストを削減することが可能となる。

40

【0025】

ここで、第1直列共振周波数 f_0 の定義について説明する。

まず、プラズマチャンバのインピーダンスの周波数依存性を計測する。このとき、後述するようにプラズマチャンバのインピーダンス測定範囲を規定し、このインピーダンス測定

50

範囲に対して、供給する電力周波数 f_e を含む範囲で測定周波数を変化させてインピーダンスのベクトル量 (Z , θ) を測定することにより、プラズマチャンバのインピーダンスの周波数依存性を計測する。ここで、例えば 13.56 MHz, 27.12 MHz, 40.68 MHz 等の値に設定される電力周波数 f_e に対応して、測定周波数を例えば 1 MHz ~ 100 MHz 程度の範囲に設定する。

図6は第1直列共振周波数 f_0 を説明するためのインピーダンス Z と位相 θ との周波数依存特性を示すグラフである。

ついで、図6に示すように、測定周波数に対してインピーダンス Z と位相 θ をプロットしてインピーダンス特性曲線および位相曲線を描画し、インピーダンス Z の極小値のうち周波数の最小のもの、つまり、測定周波数の低い側から数えて一番最初に位相 θ がマイナスからプラスに変化したときに、位相 θ がゼロとなる周波数を、第1直列共振周波数 f_0 として定義する。

【0026】

次に、前述のプラズマチャンバのインピーダンス測定範囲（高周波数特性測定範囲）について説明する。

プラズマチャンバには整合回路を介して高周波電源が接続されているが、この整合回路の出力端子よりも出力側をインピーダンス測定範囲とする。

ここで、整合回路は、プラズマチャンバ内のプラズマ状態等の変化に対応してインピーダンスを調整するために、その多くは複数の受動素子を具備する構成とされている。

図3は整合回路2Aを示す模式図である。

例えば、整合回路2Aとしては、図3に示すように、高周波電源1とプラズマ放電用の電極4との間に、コイル23とチューニングコンデンサ24とが直列に設けられ、さらに、高周波電源1には他のロードコンデンサ22が並列に接続され一端がアースされている構成の整合回路2Aが挙げられる。このような整合回路の受動素子のうち、出力最終段の受動素子の出力端子位置で切り離す、つまり、直接電極4側に接続される素子、上記例の場合は、チューニングコンデンサ24の出力端子位置PRで、整合回路2Aを切り離した状態で、これよりも先のプラズマチャンバ部分を前記測定範囲と定義する。

【0027】

また、上記の測定位置に変えて、図3に示すように、高周波電源1と整合回路2Aを接続する給電線（高周波電力給電体）1Aを、高周波電源1側端部から切り離し、この高周波電源1側端部とされる測定位置PR2で、高周波電源1Aを切り離した状態で、これよりも先のプラズマチャンバ部分を前記測定範囲と定義することができる。

さらに、上記の測定位置に変えて、図3に示すように、高周波電源1と整合回路2Aを接続する給電線（高周波電力給電体）1Aを、整合回路2A側端部から切り離し、この整合回路2Aの給電線1Aに接続される入力端子とされる測定位置PR3で、高周波電源1Aおよび給電線1Aを切り離した状態で、これよりも先のプラズマチャンバ部分を前記測定範囲と定義することができる。

【0028】

本発明においては、前記プラズマチャンバの第1直列共振周波数 f_0 の3倍を、前記電力周波数 f_e より大きな範囲の値に設定することにより、従来一般的に使用されていた13.56 MHz程度以上の高い周波数の電力を投入した場合であっても、電力を効率よくプラズマ発生空間に導入することが可能となり、同一周波数を供給した場合に、従来のプラズマ処理装置と比べてプラズマ空間で消費される実効的な電力の増加を図ることができる。その結果、膜の積層をおこなう際には、堆積速度の向上を図ることを可能とすることができる。

【0029】

また、本発明においては、前記それぞれのプラズマ処理室に対応するプラズマチャンバの前記測定位置に、プラズマチャンバの高周波特性Aを測定する測定用端子がそれぞれ設けられ、前記測定位置近傍に、プラズマを励起する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を切断するとともにプラズマ励起用の電極側と前記高周波電源側との電氣的

10

20

30

40

50

接続を確保し、かつ、プラズマチャンバの周波数特性Aを測定する際には前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記高周波電源側と前記測定位置との電氣的接続を切断する切り替えスイッチが設けられることにより、測定時に測定用端子と、高周波電源、高周波電力給電体、整合回路、高周波電力配電体、プラズマ励起用の電極に至る導通とを切り離すために、電力供給部分とそれぞれの測定位置に対応した高周波電源側の部分とを着脱する必要がなく、各プラズマチャンバのインピーダンス特性を測定する際のプロービングを容易におこなうことができる。また、このスイッチによって、測定位置から高周波電源、高周波電力給電体、整合回路、高周波電力配電体等のうち、前記測定範囲外とされるプラズマチャンバの構成をプラズマチャンバの測定範囲に対して機械的に着脱することが不要になるため、それぞれの測定位置に対応したプラズマチャンバの、より正確な高周波特性Aを測定することが可能となる。したがって、複数のプラズマチャンバに対する高周波特性Aを簡便に測定することが可能となり、高周波特性Aの測定時における作業効率を向上し、従来の方法では月単位でかかっていた新規設置時や調整・保守点検時の調整作業を簡便におこなうことができ、より容易に複数のプラズマチャンバごとの機差をなくすることができる。

10

【0030】

ここで、具体的には、前記それぞれのプラズマ処理室に対応するプラズマチャンバの前記高周波電力配電体端部近傍に、プラズマチャンバの高周波特性Aを測定する測定用端子がそれぞれ設けられ、前記高周波電力配電体端部と前記測定用端子との間に、プラズマを励起する際には前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切断するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端子との電氣的接続を確保し、かつ、前記プラズマチャンバの周波数特性Aを測定する際には前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端子との電氣的接続を切断する切り替えスイッチが設けられることにより、測定時に電力供給用の導体と整合回路とを切り離すために、電力供給線部分と整合回路とを着脱することなく、各プラズマチャンバのインピーダンス特性を測定する際のプロービングを容易におこなえとともに、整合回路をスイッチによって切断することができるため、スイッチを介してプラズマチャンバ単独の、より正確なインピーダンス特性を測定することが可能となる。したがって、複数のプラズマチャンバに対する第1直列共振周波数 f_0 を簡便に測定することが可能となり、第1直列共振周波数 f_0 の測定時における作業効率を向上し、従来の方法では月単位でかかっていた新規設置時や調整・保守点検時の調整作業を簡便におこなうことができ、より容易に複数のプラズマチャンバごとの機差をなくすることができる。

20

30

【0031】

また、本発明において、各プラズマ処理室に対応するプラズマチャンバの前記測定用端子に、高周波特性測定器が切り替え自在に接続されてなることにより、非測定時において、測定用端子と高周波特性測定器との接続をプラズマチャンバから切り離すか、スイッチを切り替えることにより、プラズマ発生時に高周波測定器に対して作用する電氣的影響を防止することができる。また、複数のプラズマチャンバが並設されている際に、単一のインピーダンス測定器を兼用してこれらのプラズマチャンバの測定をおこなうことができる。これにより、プラズマチャンバと高周波特性測定器との接続を着脱することなく、かつ、インピーダンス等の高周波特性の測定用プローブを着脱することなく、スイッチ切り替えのみにより、インピーダンスなどの測定による高周波特性A、特に第1直列共振周波数 f_0 の測定を容易におこなうことが可能となる。

40

さらに、複数のプラズマチャンバの測定用端子に対して、順に高周波特性測定用端子の接続を切り替えてそれぞれの高周波特性を計測することにより、1台の高周波特性測定器によって複数のプラズマチャンバの高周波特性を測定することができる。

【0032】

また、本発明において、前記スイッチにより、前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体側と前記高周波電源側との測定範囲の電氣的接続を確保した場合における高周波電源側に接続される測定範囲で測定する高周波特性Aと、前記スイ

50

ッチにより、前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記高周波電源側と前記測定位置との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなること、具体例としては、前記スイッチにより、前記高周波配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を確保した場合における前記整合回路の出力端位置で測定する高周波特性Aと、前記スイッチにより、前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなること、さらなる具体例としては、前記スイッチにより、前記高周波配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を切断するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端子との電氣的接続を確保した場合における前記整合回路の出力端子位置で測定する高周波特性Aと、前記スイッチにより、前記配電体端部と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記配電体端部と前記整合回路の出力端子との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなることができ、これらにより、複数のプラズマチャンバに対して、測定用端子に接続された高周波特性測定器からのインピーダンス等の測定値を、いずれも、設定された測定位置に対して、それぞれの測定位置から測定した値に対して同等の補正をおこなった値と見なすことができるため、第1直列共振周波数等の高周波特性Aの算出の補正が事実上不要となり、実測値の換算が不要となるので、作業効率を向上することができる。

10

【0033】

20

上記を実現する手段としては、各プラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）における、前記測定位置と前記測定用端子に接続された高周波特性測定器との間の高周波特性Aがそれぞれ等しく設定されてなることが挙げられ、具体的には、各プラズマチャンバの整合回路出力側最終段の出力位置からインピーダンス等の高周波特性測定器までの同軸ケーブルの長さを等しくする等の手段を適応することができる。

【0034】

なお、本発明において、個々のプラズマ処理装置に設けられたプラズマチャンバの数、および、プラズマ処理システムにおけるプラズマ処理装置の数およびプラズマチャンバの数は任意に設定することができる。

そして、プラズマ処理装置ごとに、用途が異なりプロセスレシピを一致させる必要がない場合などには上述した第1直列共振周波数 f_0 等の高周波特性Aの設定条件を、例えばプラズマ処理システム中のプラズマ処理装置ごとに異なった設定とすることも可能である。

30

【0035】

さらに、本発明では、第1の高周波電源と、該第1の高周波電源と接続される高周波電極と、前記第1の高周波電源と前記高周波電極との間のインピーダンスの整合を得る整合回路を備えた高周波電極側マッチングボックスと、第2の高周波電源と、前記高周波電極と対向配置され前記第2の高周波電源と接続されるとともに被処理基板を支持するサセプタ電極と、前記第2の高周波電源と前記サセプタ電極との間のインピーダンスの整合を得る整合回路を備えたサセプタ電極側マッチングボックスとを有する、いわゆる2周波数励起型プラズマCVD処理ユニットにおいても、サセプタ側の電源周波数および整合回路出力端子から測定した第1直列共振周波数 f_0 等の高周波特性Aに対しても、前述のカソード電極側と同様にして各設定を適用することができる。

40

【0036】

本発明のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの性能確認システムにおいて、販売保守者がアップロードした各プラズマ処理室ユニットの動作性能状況を示す性能状況情報に対して、購入発注者が情報端末から公衆回線を介して閲覧を可能とすることにより、購入発注者に対して、購入時に判断基準となる情報を伝達することが可能となり、かつ、使用時における、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの動作性能・保守情報を容易に提供することが可能となる。また、前記性能状況情報が、上述したようにプラズマ

50

処理装置またはプラズマ処理システムに対する性能パラメータとしての前記第1直列共振周波数 f_0 等の高周波特性Aを含むことにより、購入発注者のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムに対する性能判断材料を提供できるとともに、購入時における適切な判断をすることが可能となる。さらに、前記性能状況情報を、カタログまたは仕様書として出力することができる。

【0037】

本発明におけるプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの検査方法としては、それぞれのプラズマ処理室に対応するプラズマチャンバ（プラズマ処理室ユニット）において、前記高周波電力を供給する際に整合回路の出力端子に接続される前記高周波電力配電体の端部で測定した前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aのうち、その最大値 A_{max} と最小値 A_{min} のばらつきを、以下の式（10A）

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min}) \quad (10A)$$

として定義し、この値が所定の範囲の値に設定されているかどうかを検査することで、複数のプラズマチャンバ（プラズマ処理室ユニット）に対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的特性の機差がなくなる状態に設定されているかどうかを確認することが可能となり、これにより、インピーダンス特性などを指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバを設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバにおいて、プラズマ空間で消費される実効的な電力、発生するプラズマ密度等をそれぞれ略均一にすることができる。その結果、複数のプラズマチャンバに対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバにおいて例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることができる状態にプラズマチャンバを設定することが可能となる。各プラズマチャンバの電気的高周波的特性は、それぞれの機械的な寸法等、その形状によって規定されている。しかし、それぞれのプラズマチャンバを構成する各部品は、製造時における加工上、必ず機械的公差により寸法等のばらつきを有していた。そして、これらの各部品を組み立ててプラズマチャンバを製造する段階で、各プラズマチャンバにおける機械的寸法等の形状に、組み立て公差によるばらつきが加わっていた。さらに、各部品の組み立て後には採寸することができない箇所も存在していたが、本検査方法を適用することで採寸することなく容易に、かつ、採寸できないものに対しても、定量的にプラズマチャンバの性能を把握でき、電気的高周波的特性の機差を知ることができる。

【0038】

ここで、上記の測定位置を変えて、前記それぞれのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）において、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源に接続される前記高周波電力給電体（給電線）の前記高周波電源側端部とされる測定位置で、前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することにより、測定範囲に整合回路を含めない場合に比べて、プラズマ処理室だけでなく、整合回路も含めて複数のプラズマチャンバに対し、電気的高周波的特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバにおいてプラズマ空間で消費される実効的な電力の略均一性を高めることができ、これに同一のプロセスレシピを適用して、測定範囲に整合回路を含めない場合に比べて、略同一性の高いプラズマ処理結果を得ることができる。

【0039】

また、上記の測定位置を変えて、前記それぞれのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）において、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電力給電体（給電線）に接続される前記入力端子とされる測定位置で前記複数のプラズマ処理室のそれぞれの高周波特性Aを測定することにより、測定範囲に整合回路、高周波電力給電体を含めない場合に比べて、プラズマ処理室だけでなく、整合回路、高周波電力給電体も含めて複数のプラズマチャンバに対し、電気的高周波的特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバにおいてプラズマ空間で消費される実効的な電力の略均一性をさらに高めることができ、これに同一のプロセスレシピを適用して、測定範囲に整合回路、高周波電力給電体を含めない場合に比べて、さらに略同一性の高いプラズマ処理結果を得ることができ

る。

【0040】

さらに、上記の所定の値が0.1より小さい範囲に設定されているか検査することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバにおいて、膜厚のばらつきの値を±5%の範囲におさめる等、プラズマ処理の均一性を維持する状態になっていることを確認することが可能になる。

また、上記の所定の値を0.03より小さい範囲に設定されているか検査することで、複数のプラズマチャンバに対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性の機差をなくした状態に設定することが可能となり、これにより、インピーダンス特性を指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバが設定されていることの確認が可能となるので、個々のプラズマチャンバにおいて、発生するプラズマ密度等をそれぞれ略均一にする状態に設定することができる。

その結果、複数のプラズマチャンバに対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバにおいて例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることが可能な状態にプラズマチャンバを設定することが可能となる。具体的には、上記のばらつきの値を0.03より小さい範囲に設定することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバにおいて、膜厚のばらつきの値を±2%の範囲におさめることができるようになる。

【0041】

本発明におけるプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの検査方法としては、前記高周波特性Aが、共振周波数f、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンスZ、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンスR、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンスXのいずれかである手段を採用することにより、電気的高周波的な特性の機差をなくすようにインピーダンス特性などを指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバを設定することが可能とし、個々のプラズマチャンバにおいて、プラズマ空間で消費される実効的な電力をそれぞれ略均一になるよう設定することができる。

ここで、前記高周波特性Aとして、インピーダンスZを採用した場合には、このインピーダンスZはプラズマ励起する周波数における値であるから、Zと θ との周波数依存性を測定してはじめて把握可能なパラメータである共振周波数fに比べて、プラズマチャンバの高周波数特性の周波数依存性を見る必要がないため、共振周波数fにをパラメータに採用した場合に比べてプラズマチャンバの状態を検査する際に容易におこなうことができる。同時に、プラズマチャンバのプラズマ励起する周波数における電気的高周波数の特性を、より直接的に捉えることができる。

また、レジスタンスR、および、リアクタンスX、を採用した場合には、これらレジスタンスRとリアクタンスXとのベクトル量であるインピーダンスZをパラメータとして採用することに比べて、さらに容易に検査をおこなうことができるとともに、さらに直接的にプラズマチャンバのプラズマ励起する周波数における電気的高周波数の特性を捉えることができる。

【0042】

または、前記高周波特性Aが、第1直列共振周波数 f_0 である手段を採用することにより、機械的構造的な差異を有する各実機（プラズマチャンバ）に対しても、その全般的な電気的高周波の特性をそれぞれ設定することが可能となり、プラズマ発生 of 安定性を期待することができる。その結果、動作安定性が高く、各プラズマチャンバで均一な動作が期待できるプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムを提供することが可能となる。

これにより、複数のプラズマチャンバに対する膨大なデータから外部パラメータと実際の基板を処理するような評価方法による処理結果との相関関係によるプロセス条件の把握を不必要とすることができる。したがって、新規設置時や調整・保守点検時に、各プラズマチャンバごとの機差をなくして処理のばらつきをなくし同一のプロセスレシピにより略同一処理結果を得るために必要な調整時間が、基板への実際の成膜等による従来の検査方法

10

20

30

40

50

を採用した場合に比べて、検査時間を大幅に短縮することができる。また、このような調整に必要な検査用基板等の費用、この検査用基板の検査処理費用、および、調整作業に従事する作業員の人件費等、コストを削減することが可能となる。

さらに、複数のプラズマチャンバの測定用端子に対して、順に高周波特性測定用端子の接続を切り替えてそれぞれの高周波特性を計測することにより、1台の高周波特性測定器によって複数のプラズマチャンバの高周波特性を測定することができる。

【0043】

また、前記スイッチにより、前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を切るとともに前記配電体側と前記高周波電源側との測定範囲の電氣的接続を確保した場合における高周波電源側に接続される測定範囲で測定する高周波特性Aと、前記スイッチにより、前記測定位置と前記測定用端子との電氣的接続を確保するとともに前記高周波電源側と前記測定位置との電氣的接続を切断した場合における前記測定用端子で測定した高周波特性Aと、が等しく設定されてなることにより、これにより、複数のプラズマチャンバに対して、測定用端子に接続された高周波特性測定器からのインピーダンス等の測定値を、いずれも、設定された測定位置に対して、それぞれの測定位置から測定した値に対して同等の補正をおこなった値と見なすことができるため、第1直列共振周波数等の高周波特性Aの算出の補正が事実上不要となり、実測値の換算が不要となるので、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの検査時における作業効率を向上することができる。

【0044】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るプラズマ処理装置およびこの性能確認システム、検査方法の第1実施形態を、図面に基づいて説明する。

〔第1実施形態〕

図1は本実施の形態のプラズマ処理装置71の概略構成を示す図である。本実施の形態のプラズマ処理装置71は、例えば、トップゲート型TFTの半導体能動膜をなす多結晶シリコンの成膜からゲート絶縁膜の成膜までの一貫処理が可能なものとされ、複数の処理室ユニットを有する装置とされる。

【0045】

本実施の形態のプラズマ処理装置71は、図1に示すように、略七角形状の搬送室72の周囲に、5つの処理室ユニットと1つのローダ室73と1つのアンローダ室74とが連設されている。また、5つの処理室ユニットの内訳としては、アモルファスシリコン膜を成膜する第1成膜室、シリコン酸化膜を成膜する第2成膜室、およびシリコン窒化膜を成膜する第3成膜室からなるプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）75、76、77、成膜後の被処理基板のアニーリング処理を行うレーザアニール室78、成膜後の被処理基板の熱処理を行う熱処理室79、である。

【0046】

プラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）である、第1成膜室75、第2成膜室76、第3成膜室77はそれぞれ異なる種類の膜を成膜するような異なる処理をおこなうことも可能であり、また、同一のプロセスレシピにより同一の処理をおこなうこともできるのものであるが、略同一の構成とされている。そして、これらの複数のプラズマチャンバ75、76、77においては、後述するように高周波特性Aとしての第1直列共振周波数 f_0 を採用し、そのうち最大値 A_{max} と最小値 A_{min} のばらつきを以下の式（10A）、

$$(A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min}) \quad (10A)$$

として定義し、この値が0.1より小さい範囲の値に設定されている。

ここでは第1成膜室75を例に挙げてその構成を説明する。

【0047】

図2は本実施形態のプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）の概略構成を示す断面図、図3は図2におけるプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）の整合回路を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【0048】

プラズマチャンバ（第1成膜室）75は、CVD（chemical vapor deposition）、スパッタリング、ドライエッチング、アッシング等のプラズマ処理が可能な1周波数励起タイプのプラズマ処理室ユニットとされ、図2に示すように、プラズマを励起するための平行平板型電極4、8が設けられ、この電極4に接続された高周波電源1と、前記プラズマチャンバ75と前記高周波電源1とのインピーダンス整合を得るための整合回路2Aとを具備する構成とされる。

同時に、プラズマチャンバ75は、後述するように、前記整合回路2Aの出力端子位置PRから測定した第1直列共振周波数 f_0 の3倍が、前記高周波電源1からプラズマチャンバ75に供給される電力周波数 f より大きな範囲の値に設定されている。

10

【0049】

さらに詳細に説明すると、プラズマチャンバ75は、図2、図3に示すように、チャンバ室（プラズマ処理室）60の上部位置に高周波電源1に接続されたプラズマ励起電極（電極）4およびシャワープレート5が設けられ、チャンバ室60の下部にはシャワープレート5に対向して被処理基板16を載置するサセプタ電極（対向電極）8が設けられている。プラズマ励起電極4は、給電板3および整合回路2Aを介して第1の高周波電源1と接続されている。これらプラズマ励起電極4および給電板3は、シャーシ21に覆われるとともに、整合回路2Aは導電体からなるマッチングボックス2の内部に収納されている。給電板3としては、例えば、幅50～100mm、厚さ0.5mm、長さ100～300mmの形状を有する銅の表面に銀めっきを施したものが用いられており、この給電板3は、後述する整合回路2Aのチューニングコンデンサ24の出力端子およびプラズマ励起電極4にそれぞれネジ止めなどの結合手段により着脱可能に取り付けられている。

20

【0050】

また、プラズマ励起電極（カソード電極）4の下側には環状の凸部4aが設けられるとともに、このプラズマ励起電極（カソード電極）4の下には、多数の孔7が形成されているシャワープレート5が凸部4aに接して設けられている。これらプラズマ励起電極4とシャワープレート5との間には空間6が形成されている。この空間6にはシャーシ21の側壁を貫通するとともにプラズマ励起電極（カソード電極）4を貫通してガス導入管17が接続されている。

【0051】

このガス導入管17は、導体からなるとともに、ガス導入管17の途中には絶縁体17aがシャーシ21内側位置に介挿されてプラズマ励起電極14側とガス供給源側とが絶縁される。

30

ガス導入管17から導入されたガスは、シャワープレート5の多数の孔7、7からチャンバ壁10により形成されたチャンバ室60内に供給される。チャンバ壁10とプラズマ励起電極（カソード電極）4とは絶縁体9により互いに絶縁されている。また、図2において、チャンバ室60に接続されるべき排気系の図示は省略してある。

一方、チャンバ室60内には基板16を載置しプラズマ励起電極ともなる盤状のウエハサセプタ（サセプタ電極）8が設けられている。

【0052】

サセプタ電極（対向電極）8の下部中央には、シャフト13が接続され、このシャフト13がチャンバ底部10Aを貫通して設けられるとともに、シャフト13の下端部とチャンバ底部10A中心部とがベローズ11により密閉接続されている。これら、ウエハサセプタ8およびシャフト13はベローズ11により上下動可能となっており、プラズマ励起電極4、8間の距離の調整ができる。

40

これらサセプタ電極8とシャフト13と支持筒12Bとが接続されているため、サセプタ電極8、シャフト13、ベローズ11、チャンバ底部10A、チャンバ壁10は直流的に同電位となっている。さらに、チャンバ壁10とシャーシ21は接続されているため、チャンバ壁10、シャーシ21、マッチングボックス2はいずれも直流的に同電位となっている。

50

【0053】

ここで、整合回路2Aは、チャンバ室60内のプラズマ状態等の変化に対応してインピーダンスを調整するために、その多くは複数の受動素子を具備する構成とされている。整合回路2Aは、図2、図3に示すように、複数の受動素子として、高周波電源1と給電板3との間に、コイル23とチューニングコンデンサ24とが直列に設けられ、これらコイル23とチューニングコンデンサ24とには、並列にロードコンデンサ22が接続され、このロードコンデンサ22の一端はマッチングボックス21に接続されている。ここで、チューニングコンデンサ24は給電板3を介してプラズマ励起電極4に接続されている。

マッチングボックス2は、同軸ケーブルとされる給電線（高周波電力給電体）1Aのシールド線に接続されており、このシールド線が直流的にアースされている。これにより、サセプタ電極8、シャフト13、ベローズ11、チャンバ底部10A、チャンバ壁10、シャーシ21、マッチングボックス2は接地電位に設定されることになり、同時に、ロードコンデンサ22の一端も直流的にアースされた状態となる。

【0054】

本実施形態のプラズマチャンバ75においては、13.56MHz程度以上の周波数の電力、具体的には、例えば13.56MHz、27.12MHz、40.68MHz等の周波数の電力を投入して、両電極4、8の間でプラズマを生成し、このプラズマにより、サセプタ電極8に載置した基板16にCVD（chemical vapor deposition）、ドライエッチング、アッシング等のプラズマ処理をおこなうことができる。

このとき、高周波電力は、高周波電源1から給電線1Aの同軸ケーブル、整合回路2A、給電板3、プラズマ励起電極（カソード電極）4に供給される。一方、高周波電流の経路を考えた場合、電流はこれらを介してプラズマ空間（チャンバ室60）を経由した後、さらにもう一方の電極（サセプタ電極）8、シャフト13、サセプタシールド12、ベローズ11、チャンバ底部10A、チャンバ壁10を通る。その後、シャーシ21、マッチングボックス2、給電線1Aのシールド線を通り、高周波電源1のアースに戻る。

【0055】

ここで、本実施形態のプラズマチャンバ75における高周波特性Aとしての第1直列共振周波数 f_0 について説明する。

【0056】

第1直列共振周波数 f_0 は、プラズマチャンバ75のインピーダンスの周波数依存性を計測し、インピーダンスZの極小値のうち最小の周波数の値であり、この値が、前記電力周波数 f_0 より大きな範囲の値になるよう設定される。

この第1直列共振周波数 f_0 は、機械的な構造をその多くの要因としてきまる電気的高周波的な特性であり、具体的には図4、図5に示すように測定される。図4はプラズマチャンバ75のインピーダンス特性を説明するための模式図であり、図5は、図3の等価回路を示す回路図である。

【0057】

プラズマ処理室75における測定範囲としては、整合回路2Aの受動素子のうち出力最終段の受動素子の出力端子位置で切り離した状態をその対象とする。つまり、図4に示すように、給電板3に接続されるチューニングコンデンサ24の出力端子位置PRで、給電板3と整合回路2Aの端子との接合部つまりネジ止めを外して整合回路2Aを切り離した状態のプラズマチャンバ75を測定範囲とする。

【0058】

そして図4に破線で示すように、インピーダンス測定器（高周波特性測定器）ANのプローブ105を、切り離した出力端子位置PRおよびプラズマチャンバ75の例えばシャーシ21とされるアース位置に接続する。この状態で、インピーダンス測定器ANの発振する測定周波数を例えば1MHz～100MHzの範囲に変化させて、プラズマチャンバ75の上記測定範囲に対するインピーダンスのベクトル量（Z、 θ ）を測定する。

10

20

30

40

50

このプローブ105は、図4に示すように、導線110上に絶縁被覆112を設け、この絶縁被覆112上に外周導体111を被覆してなるものである。このプローブ105は同軸ケーブルを通してインピーダンス測定器ANに接続されている。ここで、プローブ105は、導線110を出力端子位置PRに、また、外周導体111をシャーシ21の上面中央とされるアース位置に接続される。

【0059】

ついで、図6に示すように、測定周波数 f (MHz)を横軸とし、縦軸としてインピーダンス Z (Ω)と位相 θ (deg)とを同一のグラフ上にプロットし、インピーダンス特性曲線と位相曲線を描画してゆく。ここで、図においては、左側の縦軸がインピーダンス Z (Ω)に対応するものであり、右側の縦軸が位相 θ (deg)に対応しているとともに、

10

グラフにおいては、実線がインピーダンス特性曲線を示し、破線が位相曲線を表すものである。

そして、図6に実線で描画されたインピーダンス特性曲線の極小値に対応している周波数の値のうち、インピーダンスの最小値 Z_{min} の周波数、つまり、図6に破線で描画された位相曲線において、測定周波数 f の低い側から数えて一番最初に位相 θ がマイナスからプラスに変化したときに位相 θ がゼロとなる周波数を、第1直列共振周波数 f_0 として定義する。

【0060】

このとき、測定される第1直列共振周波数 f_0 に対して、考慮されている電気的高周波的要因は、図4に示すように、上記測定範囲のうち、以下のものが考えられる。

20

給電板(フィーダ)3のインダクタンス L_f および抵抗 R_f

プラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ電極容量 C_e

シャフト13のインダクタンス L_c および抵抗 R_c

ベローズ11のインダクタンス L_b および抵抗 R_b

チャンバ壁10のインダクタンス L_a および抵抗 R_a

絶縁体17aを挟んでガス導入管17とプラズマ励起電極4との間の容量 C_a

プラズマ励起電極4とシャーシ21との間の容量 C_b

プラズマ励起電極4とチャンバ壁10との間の容量 C_c

【0061】

これらの電気的高周波的要因が、プラズマ発光時に供給される高周波電流が流れる回路と同様にして、図5に示すように、給電板(フィーダ)3のインダクタンス L_f および抵抗 R_f 、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ電極容量 C_e 、シャフト13のインダクタンス L_c および抵抗 R_c 、ベローズ11のインダクタンス L_b および抵抗 R_b 、チャンバ壁10のインダクタンス L_a および抵抗 R_a 、が順に直列に接続されてその終端の抵抗 R_a がアースされるとともに、抵抗 R_f とプラズマ電極容量 C_e との間に、容量 C_a 、容量 C_b 、容量 C_c の一端がアースされた状態でそれぞれ並列に接続された等価回路を形成しており、この等価回路のインピーダンス特性を計測することで、プラズマチャンバ75における第1直列共振周波数 f_0 を定義することができる。

30

【0062】

40

本実施形態のプラズマチャンバ75においては、このように定義された第1直列共振周波数 f_0 の3倍が、高周波電源1から供給される電力周波数 f_e より大きな範囲の値になるように設定する。

ここで、第1直列共振周波数 f_0 を設定する方法としては、例えば、

▲1▼給電板3の形状(長さ)を調整する。

▲2▼プラズマ励起電極4とチャンバ壁10とのオーバーラップ面積を調整する。

▲3▼プラズマ励起電極4とチャンバ壁10との間の絶縁材料を調節する。

▲4▼サセプタ電極8とチャンバ壁10とを導体で接続する。

等の手法を適用することができる。

【0063】

50

例えば、本実施形態のプラズマチャンバ75においては、電力周波数 f_e を40.68 MHzに設定して、0～100 MHzの範囲の測定周波数 f (MHz)に対してインピーダンス Z (Ω)と位相 θ (deg)を測定し、図7に示すように、インピーダンス特性曲線および位相曲線を描画する。そして、

$$3f_0 > f_e \quad (2)$$

を満たすように、第1直列共振周波数 f_0 を16.5 MHzとして設定する。

【0064】

そして、本実施形態のプラズマ処理装置71においては、プラズマチャンバ(第2成膜室)76およびプラズマチャンバ(第3成膜室)77は、プラズマチャンバ75と略同等の構造とされている。そして、このプラズマチャンバ76およびプラズマチャンバ77に対しても、高周波特性Aとしての第1直列共振周波数 f_0 をプラズマチャンバ75と同様にして設定する。

10

具体的には、これらプラズマチャンバ75, 76, 77において、いずれも、電力周波数 f_e を40.68 MHzに設定して、第1直列共振周波数 f_0 を測定する。

ところが、この第1直列共振周波数 f_0 は、機械的な構造をその多くの要因としてきまる電気的高周波的な特性であり、各実機ごとに異なっていると考えられる。

【0065】

そこで、計測したプラズマチャンバ(第1成膜室)75に対する第1直列共振周波数 f_{075} 、プラズマチャンバ(第2成膜室)76に対する第1直列共振周波数 f_{076} 、プラズマチャンバ(第3成膜室)77に対する第1直列共振周波数 f_{077} のうち、その最大値 f_{0max} と最小値 f_{0min} に対して、

20

$$(f_{0max} - f_{0min}) / (f_{0max} + f_{0min}) \quad (10)$$

のように複数のプラズマチャンバ75, 76, 77の第1直列共振周波数 f_0 のばらつきとして定義し、この(10)式で表されるばらつきの値を0.1より小さい範囲の値に設定する。この際、1直列共振周波数 f_0 のばらつきを設定する方法としては、上述の▲1▼～▲4▼等のような手法を適用することができる。

【0066】

上記構成の処理室75, 76, 77のいずれかにおいてアモルファスシリコン膜、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の成膜をおこなう際には、サセプタ電極8上に被処理基板16を載置し、高周波電源1から高周波電極4とサセプタ電極8の双方にそれぞれ高周波電力を印加するとともにガス導入管17からシャワープレート6を介して反応ガスをチャンバ室60内に供給してプラズマを発生させ、被処理基板16上にアモルファスシリコン膜、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等を成膜する。

30

【0067】

レーザアニール室78は、図8に示すように、チャンバ80の上部にレーザ光源81が設けられる一方、チャンバ80内の下部には被処理基板16を載置するためのステージ82が直交するX方向、Y方向の2方向に水平移動可能に設けられている。そして、レーザ光源81の出射部81aからスポット状のレーザ光83(1点鎖線で示す)が出射されると同時に、被処理基板16を支持したステージ82がX方向、Y方向に水平移動することにより、レーザ光83が被処理基板16の全面を走査できるようになっている。レーザ光源81には例えばXeCl、ArF、ArCl、XeF等のハロゲンガスを用いたガスレーザを用いることができる。

40

また、レーザアニール室78の構成は、レーザ光を出射するレーザ光源を備え、レーザ光源から出射されるスポット状のレーザ光が被処理基板の表面をくまなく走査できる構成のものであれば、種々の構成の装置を用いることができる。この場合、レーザ光源は例えばXeCl、ArF、ArCl、XeF等のハロゲンガスを用いたガスレーザを用いることができる。膜の種類によってはYAGレーザ等の他のレーザ光源を用いることもでき、レーザ光の照射の形態としては、パルスレーザアニール、連続発振レーザアニールを用いることができる。また、熱処理室の構成は、例えば多段式電気炉型の装置を用いることができる。

50

【0068】

熱処理室79は、図9に示すように、多段式電気炉型のものであり、チャンバー84内に多段に設けられたヒータ85の各々に被処理基板18が載置される構成になっている。そして、ヒータ85の通電により複数枚の被処理基板16が加熱されるようになっている。なお、熱処理室89と搬送室72との間にはゲートバルブ86が設けられている。

【0069】

図1に示すローダ室73、アンローダ室74には、ローダカセット、アンローダカセットが着脱可能に設けられている。これら2つのカセットは、複数枚の被処理基板16が収容可能なものであり、ローダカセットに成膜前の被処理基板16が収容され、アンローダカセットには成膜済の被処理基板16が収容される。そして、これら処理室ユニットとローダ室73、アンローダ室74の中央に位置する搬送室72に基板搬送ロボット（搬送手段）87が設置されている。基板搬送ロボット87はその上部に伸縮自在なリンク機構を有するアーム88を有し、アーム88は回転可能かつ昇降可能となっており、アーム88の先端部で被処理基板16を支持、搬送するようになっている。

10

【0070】

上記構成のプラズマ処理装置71は、例えば各処理室ユニットにおける成膜条件、アニール条件、熱処理条件等、種々の処理条件や処理シーケンスをオペレータが設定する他は、各部の動作が制御部により制御されており、自動運転する構成になっている。したがって、このプラズマ処理装置71を使用する際には、処理前の被処理基板16をローダカセットにセットし、オペレータがスタートスイッチを操作すれば、基板搬送ロボット87によりローダカセットから各処理室内に被処理基板16が搬送され、各処理室で一連の処理が順次自動的に行われた後、基板搬送ロボット87によりアンローダカセットに収容される。

20

【0071】

本実施形態のプラズマ処理装置71およびその検査方法においては、複数のプラズマチャンバ75、76、77のそれぞれにおいて各前記整合回路2Aの出力端子PRから測定したそれぞれのプラズマチャンバ75、76、77の高周波特性Aとして第1直列共振周波数 f_0 のうち、その最大値 $f_{0\max}$ と最小値 $f_{0\min}$ のばらつきを、上記(10)式に示すように定義し、この値を0.1より小さい範囲の値に設定することで、複数のプラズマチャンバ75、76、77に対して電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、これにより、インピーダンス特性を指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバ75、76、77の状態を設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバ75、76、77において、プラズマ空間で消費される実効的な電力をそれぞれ略均一にすることができる。

30

【0072】

その結果、複数のプラズマチャンバ75、76、77に対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバ75、76、77において例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることが可能となる。具体的には、上記のばらつきの値を0.1より小さい範囲に設定することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバ75、76、77において、膜厚のばらつきの値を±5%の範囲におさめることができる。

40

したがって、複数のプラズマチャンバ75、76、77において、機差により被処理基体16に対する膜面内方向におけるプラズマ処理の均一性がプラズマチャンバ75、76、77ごとにばらつきを生じてしまうことを低減することができ、成膜処理においては、機差により膜厚の膜面内方向分布の均一性がプラズマチャンバ75、76、77ごとにばらつきを生じてしまうことを低減することが可能となる。

【0073】

同時に、プラズマCVD、スパッタリングなどの成膜処理においては、成膜状態の向上、すなわち、堆積した膜における絶縁耐圧や、エッチング液に対する耐エッチング性、そし

50

て、いわゆる膜の「固さ」つまり膜の緻密さ等の膜特性がプラズマチャンバ75, 76, 77ごとにばらつきを生じてしまうことを低減することが可能となる。

ここで、膜の緻密さは例えば、BHF液によるエッチングに対する浸食されにくさ、耐エッチング性によって表現可能である。

そのため、従来考慮されていなかったプラズマ処理装置71の全般的な電気的高周波的特性を設定することが可能となり、プラズマ発生の安定性を期待することができる。その結果、動作安定性が高く、各プラズマチャンバ75, 76, 77で均一な動作が期待できるプラズマ処理装置71を提供することが可能となる。

これにより、複数のプラズマチャンバ75, 76, 77に対する膨大なデータから外部パラメータと実際の基板を処理するような評価方法による処理結果との相関関係によるプロセス条件の把握を不必要とすることができる。

10

【0074】

したがって、新規設置時や調整・保守点検時において、各プラズマチャンバ75, 76, 77ごとの機差をなくして処理のばらつきをなくし同一のプロセスレシピにより略同一の処理結果を得るために必要な調整時間を、被処理基板16への実際の成膜等による検査方法を採用した場合に比べて、第1直列共振周波数 f_0 を測定することにより、大幅に短縮することができる。しかも、本実施形態の検査方法によれば、処理をおこなった基板の評価によりプラズマ処理装置71の動作確認および、動作の評価をおこなうという2段階の検査方法でなく、ダイレクトにプラズマ処理装置71の評価をおこなうことが可能で、しかも、プラズマ処理装置71の実機が設置してある場所で短時間におこなうことが可能である。その上、被処理基板16への実際の成膜等による検査方法を採用した場合、別々におこなうしかなかった複数のプラズマチャンバ75, 76, 77に対する結果をほぼ同時に実現することができる。

20

このため、本実施形態の検査方法によれば、製造ラインを数日あるいは数週間停止してプラズマ処理装置71の動作確認および、動作の評価をする必要がなくなり、製造ラインとしての生産性を向上することができる。また、このような調整に必要な検査用基板等の費用、この検査用基板の処理費用、および、調整作業に従事する作業員の人件費等、コストを削減することが可能となる。

【0075】

さらに、本実施形態の各プラズマチャンバ75, 76, 77においては、その第1直列共振周波数 f_0 の3倍を、前記電力周波数 f より大きな範囲の値に設定することにより、従来は、考慮されていなかったプラズマチャンバ75, 76, 77の全体的な電気的高周波的な特性をそれぞれ適正な範囲に収めることができる。これにより、各プラズマチャンバ75, 76, 77において動作安定性を向上して、従来一般的に使用されていた13.56MHz程度以上の高い周波数の電力を投入した場合であっても、高周波電源1からの電力を、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ発生空間に効率よく導入することが可能となる。同時に、同一周波数を供給した場合に、従来のプラズマ処理装置71と比べてプラズマ空間で消費される実効的な電力の上昇を図ることができる。その結果、プラズマ励起周波数の高周波化による処理速度の向上を図ること、つまり、プラズマCVD等により膜の積層をおこなう際には、堆積速度の向上を図ることができる。

30

40

【0076】

なお、各プラズマチャンバ75, 76, 77において、図19に示すように、それぞれのインピーダンスが一致する複数本の導線101a~101hの一端をプローブ取付具104に接続してなる測定具（フィクスチャ）を使用してプラズマチャンバ75, 76, 77のインピーダンス特性を測定することも可能である。

プローブ取付具104は、例えば50mm×10mm×0.5mmの銅板を、締め付け部106とリング部とができるように成形されている。リング部はプローブ105の外側にはめ込み可能な径とされる。このプローブ取付部104に導線101a~101hの一端をハンダ付けなどにより電氣的に接続する。

導線101a~101hの他端には、測定対象（プラズマチャンバ75, 76, 77）と

50

の着脱用の端子（圧着端子）102a～102hが取り付けられている。

このフィクスチャを使用するに際してはプローブ取付具104のリング状部104をプローブ105にはめ込み、締め付け部106で締め付けを行う。一方各導線101a～101hは略点对称となるように圧着端子102a～102hにおいて測定対象に、図20に示すように、ねじ114により着脱自在にねじ止めする

導体101a～101hは、例えばアルミニウム、銅、銀、金により構成すればよく、または、銀、金を50μm以上メッキして構成してもよい。

【0077】

このような測定具（フィクスチャ）を使用してインピーダンスを測定する方法を図20を用いて説明する。

10

まず測定するプラズマチャンバ75, 76, 77において、高周波電源1とマッチングボックス2をプラズマチャンバ75, 76, 77から取り外す。インピーダンス測定具のプローブ105の導線110を給電板3に接続する。次いでインピーダンス測定具（フィクスチャ）の導線101a～101hに接続する圧着端子102a～102hをプラズマチャンバ75, 76, 77のハウジング21に給電板3を中心とする略点对称となるようにネジ114によってネジ止めする。インピーダンス測定具をこのように配置した後、測定信号をインピーダンス測定具の導線110に供給し、プラズマチャンバ75, 76, 77の給電板3からプラズマ空間60を経てハウジング21に至る経路のインピーダンスを測定する。

これにより、測定対象の大きさ、あるいは、測定する2点間の距離に制約を与えることなく、かつ、測定対象に均一に電流を流すことができ、測定対象のインピーダンスを測定するのに影響を及ぼさない残留インピーダンス値を設定し、より正確にインピーダンス測定をおこなうことができる。

20

【0078】

なお、本実施形態においては、プラズマチャンバ75, 76, 77において、サセプタ電極側8に基板16を載置してプラズマ励起電極4に対する電力周波数 f 。と第1直列共振周波数 f_0 。とを設定したが、カソード電極4側に基板16を取り付けるよう対応することも可能である。

【0079】

以下、本発明に係るプラズマ処理装置、プラズマ処理システムおよびこれらの性能確認システム、検査方法の第2実施形態を、図面に基づいて説明する。

30

〔第2実施形態〕

図10は本実施形態のプラズマ処理装置91の概略構成を示す断面図である。本実施形態のプラズマ処理装置91は、図10に示すように、略四角形の搬送室92の周囲にロードロック室93と熱処理室99と処理室94, 95とが設けられた構成とされている。この装置は基板移載用の搬送ロボットが設置されている搬送室92を中央にして、各室の間が、ゲートg1, g2, g3, g4で区切られている。搬送室（待機室）92と加熱室99とその他の処理室ユニット94, 95はそれぞれ個別の高真空ポンプによって高真空度に排気されている。ロードロック室91は低真空ポンプによって低真空度に排気されている。

40

【0080】

本実施形態のプラズマ処理装置91においては、その構成要素が図1～図9に示した第1実施形態のプラズマ処理装置71に対応しており、それぞれ、搬送室72に搬送室92が、熱処理室79に熱処理室99が、ロードロック室93がローダ室73およびアンローダ室74に対応しており、略同一の構成の部分に関しては説明を省略する。

【0081】

プラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95, 96は、図1～図4に示した第1実施形態のプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）75, 76に対応して、それぞれ異なる種類の膜を成膜するような異なる処理をおこなうことも可能であり、また、同一のプロセスレシピにより同一の処理をおこなうこともできるのものであるが、略同一の構成

50

とされている。

そして、これらの複数のプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95、96は、図10に示すように、後述するスイッチSW2等を介してインピーダンス測定器（高周波特性測定器）ANに接続されている。同時に、複数のプラズマチャンバ95、96においては、後述するように第1直列共振周波数 f_0 のうち、最大値 f_{0max} と最小値 f_{0min} のばらつきを、

$$(f_{0max} - f_{0min}) / (f_{0max} + f_{0min}) \quad (10)$$

として定義し、この値が0.03より小さい範囲の値に設定されている。

ここではプラズマ処理室ユニット95を例に挙げてその構成を説明する。

【0082】

図11は本実施形態のプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）の概略構成を示す断面図である。

【0083】

本実施形態のプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95は、2周波数励起タイプのプラズマ処理室とされ、図2～図4に示した第1実施形態のプラズマ処理室75と異なるのはサセプタ電極8側に電力を供給する点と、測定用端子61およびその付近の構成に関する点と、第1直列共振周波数 f_0 の設定に関する点である。それ以外の対応する構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。

本実施形態のプラズマチャンバ95、96は、その第1直列共振周波数 f_0 が、前記高周波電源1からプラズマチャンバ95に供給される電力周波数 f_e の3倍より大きな範囲の値に設定される。

【0084】

本実施形態のプラズマチャンバ95は、図11に示すように、サセプタ電極8の周囲にサセプタシールド12が設けられ、ウエハサセプタ8およびサセプタシールド12は、これらの隙間がシャフト13の周囲の設けられた電気絶縁物からなる絶縁手段12Cによって真空絶縁されるとともに電氣的にも絶縁されている。また、ウエハサセプタ8およびサセプタシールド12は、ベローズ11により上下動可能に構成されている。この構成により、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間の距離が調整可能となっている。また、サセプタ電極8は、シャフト13下端に接続された給電板28、および、導電体からなるサセプタ電極側マッチングボックス26内部に収納された整合回路25を介して第2の高周波電源27と接続されている。

これら給電板28は、サセプタシールド12の支持筒12B下端に接続されたシャーシ29に覆われるとともに、シャーシ29は、同軸ケーブルとされる給電線27Aのシールド線によって接続されマッチングボックス26とともにアースされている。これにより、サセプタシールド12、シャーシ29、マッチングボックス29は直流的に同電位となっている。

【0085】

ここで、整合回路25は、第2の高周波電源27とサセプタ電極8との間のインピーダンスの整合を図るものとされ、この整合回路25としては、図11に示すように、複数の受動素子として、第2の高周波電源27と給電板28との間に、チューニングコイル30とチューニングコンデンサ31とが直列に設けられ、これらと並列にロードコンデンサ32が接続され、このロードコンデンサ32の一端はマッチングボックス26に接続されており、整合回路25と略同様の構成とされている。マッチングボックス26は給電線27Aのシールド線を介して接地電位に設定されており、同時に、ロードコンデンサ32の一端がアースされている。なお、チューニングコイル30と直列にチューニングコイルを接続することや、ロードコンデンサ32と並列にロードコンデンサを設けることも可能である。

給電板28としては給電板3と同様なものが適用され、この給電板28は整合回路25からの端子およびシャフト13にそれぞれネジ止めされている。

【0086】

10

20

30

40

50

本実施形態のプラズマチャンバ95の測定範囲である、整合回路2Aの受動素子のうち出力最終段の受動素子の出力端子位置のチューニングコンデンサ24の出力端子位置PRには、図11に示すように、前記プラズマチャンバ95のインピーダンス測定用端子（測定用端子）61が設けられている。このインピーダンス測定用端子61は、第1実施形態で測定範囲を規定した出力端子位置PRから、導体によってシャーシ21の外部までのびている。

そして、整合回路2Aの出力端子位置PR付近に、前記整合回路2Aと前記インピーダンス測定用端子61とを切り替えるスイッチとして、整合回路2Aと給電板3との間に設けられるスイッチSW1と、インピーダンス測定用端子61と給電板との間に設けられるスイッチSW2とが設けられている。

10

【0087】

ここで、スイッチSW1、SW2を整合回路2A側に接続した場合における整合回路2Aの出力端子位置PR側からのインピーダンス特性と、スイッチSW1、SW2を前記インピーダンス測定用端子61側に接続した場合におけるインピーダンス測定用端子61側からのインピーダンス特性とが等しく設定される、つまり、図11に示すように、スイッチSW1付近のインピーダンス Z_1 とスイッチSW2付近のインピーダンス Z_2 とが等しく設定される。

これは、スイッチSW1を整合回路2A側に接続してスイッチSW2を開いた場合における整合回路2Aの出力端子位置PR側つまり出力端子位置PRからスイッチSW2への分岐点Bまでのインピーダンス Z_1 と、前記スイッチSW2を前記インピーダンス測定用端子61側に接続してスイッチSW1を開いた場合におけるインピーダンス測定用端子61側つまりインピーダンス測定用端子61からスイッチSW1への分岐点Bまでのインピーダンス Z_2 とが等しく設定されるということを意味している。

20

【0088】

インピーダンス測定用端子61には、インピーダンス測定器ANのプロープが着脱自在に接続されている。このプロープには、同時に、図11に破線で示すように、プラズマチャンバ95の例えばシャーシ21とされるアース位置に着脱自在に接続されている。

そして、図11に示すように、スイッチSW1、SW2を前記インピーダンス測定用端子61側に接続した場合におけるインピーダンス測定用端子61から、インピーダンス測定器ANまでのインピーダンスが、プラズマチャンバ95とプラズマチャンバ96とで、等しくなるように設定されている。具体的には、インピーダンス測定用端子61から、インピーダンス測定器ANまでの測定用の同軸ケーブルの長さが等しく設定されている。

30

【0089】

本実施形態のプラズマチャンバ95においては、スイッチSW1を閉じるとともに、スイッチSW2を開いた状態において、サセプタ電極8上に被処理基板16を載置し、第1、第2の高周波電源1、27からプラズマ励起電極4とサセプタ電極8の双方にそれぞれ高周波電力を印加するとともにガス導入管17からシャワープレート6を介して反応ガスをチャンバ室60内に供給してプラズマを発生させ、被処理基板16に対して成膜等のプラズマ処理をおこなう。このとき、第1の高周波電源1から13.56MHz程度以上の周波数の電力、具体的には、例えば13.56MHz、27.12MHz、40.68MHz等の周波数の電力を投入する。そして、第2の高周波電源27からも第1の高周波電源1からと同等か、異なる周波数の電力、例えば1.6MHz程度の電力を投入することもできる。

40

【0090】

ここで、本実施形態のプラズマチャンバ95における高周波特性Aとしての第1直列共振周波数 f_0 は、第1実施形態と同様にして測定・定義する。本実施形態の第1直列共振周波数 f_0 は、具体的には図11、図12に示すように測定・定義される。

図12は図11の本実施形態のプラズマ処理装置のインピーダンス特性測定用の等価回路を示す回路図である。

【0091】

50

本実施形態のプラズマチャンバ 95 の測定範囲としては、インピーダンス測定用端子 61 からみたプラズマチャンバ 95 の状態をその対象とする。これは、図 11 に示すように、スイッチ SW1 付近のインピーダンス Z_1 とスイッチ SW2 付近のインピーダンス Z_2 とが等しく設定されたことで、出力端子位置 PR からみた状態のプラズマチャンバ 95 を測定範囲とした際のインピーダンス特性に等しいものとなっている。

これは、インピーダンス測定時において整合回路 2A を電氣的に切り離すためには機械的に回路を着脱する必要のあった第 1 実施形態における測定範囲に対して、本実施形態では、図 11 に示すように、スイッチ SW1 によって切断されている整合回路 2A は測定範囲に含まれず、測定範囲外とすることができると、これにより、プラズマチャンバ CN のインピーダンス特性を測定することが容易になる。そして、第 1 実施形態における測定範囲に対して、チューニングコンデンサ 24 の出力端子位置 PR と直列に接続されたインピーダンス測定用端子 61、および、サセプタ電極 8 に接続された整合回路 25 をも含んで測定範囲とする。

ここで、図には高周波電源 27 が記載してあるが、これは電力供給状態を示すものではなく、整合回路 25 の接地状態を示すことを主眼とするものである。というのも、電力供給状態においては、インピーダンス特性を計測することはできないからである。

【0092】

ここで、第 1 実施形態における測定範囲と比べるとスイッチ SW2 が加わっているが、これは、プラズマ発光時にはスイッチ SW1 は閉じた状態となっている、つまり、インピーダンス特性に対するスイッチ SW1 の寄与が存在していることに対応している。すなわち、このスイッチ SW1 付近のインピーダンス Z_1 と等しいインピーダンス Z_2 を有するスイッチ SW2 付近を含んで上記測定範囲とすることにより、インピーダンス測定用端子 61 からみたプラズマチャンバ 95 の測定範囲を、実際にプラズマ発光時に高周波電流の流れる回路状態に近づけてインピーダンス測定の正確性をより向上することが可能となる。

【0093】

そして、インピーダンス測定器 AN のプローブ 105 をインピーダンス測定用端子 61 およびプラズマチャンバ 95 の例えばシャーシ 21 とされるアース位置に接続する。この状態で、スイッチ SW2 を閉じるとともに、スイッチ SW1 を開いた状態に設定して、インピーダンス測定器 AN の発振する測定周波数を例えば 1 MHz ～ 100 MHz の範囲に変化させて、プラズマチャンバ 95 の上記測定範囲に対するインピーダンスのベクトル量 (Z, θ) を測定する。

【0094】

ついで、図 13 に示すように、測定周波数 f (MHz) を横軸とし、縦軸としてインピーダンス Z (Ω) と位相 θ (deg) とを同一のグラフ上にプロットしていく。ここで、図において、左側の縦軸はインピーダンス Z (Ω) であり、右側の縦軸は位相 θ (deg) に対応している。描画されたインピーダンス特性曲線 (実線) および位相曲線 (破線) のうち、インピーダンスの最小値 Z_{min} の周波数、つまり、測定周波数 f の低い側から数えて一番最初に位相 θ がマイナスからプラスに変化したときに、位相 θ がゼロとなる周波数を、第 1 直列共振周波数 f_0 として定義する。

【0095】

このとき、測定される第 1 直列共振周波数 f_0 に対して、考慮されている電氣的高周波的要因は、図 12 に示すように、上記測定範囲のうち、以下のものが考えられる。

スイッチ SW2 のインダクタンス L_{SW} および抵抗 R_{SW}

給電板 (フィーダ) 3 のインダクタンス L_f および抵抗 R_f

プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との間のプラズマ電極容量 C_e

整合回路 25 からの寄与

サセプタ電極 8 とサセプタシールド 12 との間の容量 C_s

サセプタシールド 12 の支持筒 12B のインダクタンス L_C および抵抗 R_C

ベローズ 11 のインダクタンス L_B および抵抗 R_B

10

20

30

40

50

チャンバ壁 10 のインダクタンス L_A および抵抗 R_A

絶縁体 17a を挟んでガス導入管 17 とプラズマ励起電極 4 との間の容量 C_A

プラズマ励起電極 4 とシャース 21 との間の容量 C_B

プラズマ励起電極 4 とチャンバ壁 10 との間の容量 C_C

【0096】

これらの電気的高周波的要因が、プラズマ発光時に供給される高周波電流が流れる回路と同様と見なせる状態として、図 12 に示すように、スイッチ SW2 のインダクタンス L_{SW} および抵抗 R_{SW} 、給電板（フィード）3 のインダクタンス L_f および抵抗 R_f 、プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との間のプラズマ電極容量 C_e 、サセプタ電極 8 とサセプタシールド 12 との間の容量 C_s 、サセプタシールド 12 の支持筒 12B のインダクタンス L_C および抵抗 R_C 、ベローズ 11 のインダクタンス L_B および抵抗 R_B 、チャンバ壁 10 のインダクタンス L_A および抵抗 R_A 、が順に直列に接続されてその終端の抵抗 R_A がアースされるとともに、抵抗 R_f とプラズマ電極容量 C_e

との間に一端がアースされた状態でそれぞれ並列に接続された容量 C_A 、容量 C_B 、容量 C_C が、等価回路を形成しており、この等価回路のインピーダンス特性を計測することで、本実施形態の第 1 直列共振周波数 f_0 を定義することができる。

【0097】

このように定義された第 1 直列共振周波数 f_0 を、高周波電源 1 から供給される電力周波数 f_e の 3 倍より大きな範囲の値に設定する。

ここで、第 1 直列共振周波数 f_0 を設定する方法としては、例えば、

▲1 ▼給電板 3 の形状長さを变化する。

▲2 ▼プラズマ励起電極 4 とチャンバ壁 10 とのオーバーラップ面積を減少する。

▲3 ▼プラズマ励起電極 4 とチャンバ壁 10 との間の絶縁材料を厚くする。

▲4 ▼サセプタ電極 8 とチャンバ壁 10 とを導体で接続する等調整する。

等の手法を適用することができる。

【0098】

例えば、本実施形態のプラズマ処理装置においては、電力周波数 f_e を 40.68 MHz に設定して、0 ~ 150 MHz の範囲の測定周波数 f (MHz) に対してインピーダンス Z (Ω) と位相 θ (deg) を測定し、図 13 に示すように、インピーダンス特性曲線および位相曲線を描画する。そして、

$$f_0 > 3 f_e \quad (4)$$

を満たすように、第 1 直列共振周波数 f_0 を 123.78 MHz として設定する。

【0099】

そして、本実施形態においては、プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との間のプラズマ電極容量 C_e によって規定される直列共振周波数 f_0' を、前記電力周波数 f_e の 3 倍より大きな範囲の値に設定する。

$$f_0' > 3 f_e \quad (5)$$

ここで、直列共振周波数 f_0' は、上記の第 1 直列共振周波数 f_0 における、インピーダンス特性の測定と同様にして、プラズマ励起電極 4、サセプタ電極 8 間のインピーダンス特性として定義されるものである。

つまりサセプタ電極 8 の一端をアースして、プラズマ励起電極 8 の一端からインピーダンス特性を測定し、測定周波数 f の低い側から数えて一番最初に位相 θ がマイナスからプラスに変化したときに、位相 θ がゼロとなる周波数を、直列共振周波数 f_0' として定義している。

直列共振周波数 f_0' は、プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との機械的な形状によって規定される電気的高周波的な特性であり、プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との間のプラズマ電極容量 C_e の平方根の逆数に比例する値となる。これにより、直接プラズマを発光させる前記電極 4、8 の周波数特性を規定できるため、プラズマ発光空間に対して電力をより効果的に投入することができ、さらなる電力消費効率の向上か、または、処理効率の向上を図ることが可能となる。

【0100】

さらに、本実施形態においては、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ電極容量 C_0 によって規定される直列共振周波数 f_0' を、前記電力周波数 f_e に対して、上記(1)式なる関係を満たすように設定する。

【0101】

図14は、プラズマ発光状態における電極間の状態を示す模式図である。

図14に示すように、この対向する平行平板型とされるプラズマ励起電極4、サセプタ電極8間の距離を d とし、この電極4、8間の距離方向においてそれぞれの電極4、8と発光時のプラズマとの距離の和を δ とする。つまり、プラズマ発光時に目視できるプラズマ発光領域Pとプラズマ励起電極4との間のプラズマ発光していない部分の距離を δ_a 、
10 プラズマ発光領域Pとサセプタ電極8との間のプラズマ発光していない部分の距離を δ_b としたときに、式(6)に示すようにこれらの和を δ とする。

$$\delta_a + \delta_b = \delta \quad (6)$$

ここで、電極4、8間の距離 d と、電極4、8間においてプラズマの発光していない部分の距離の和 δ とから、実際にプラズマ発光状態における電極4、8間のモデル的な容量 C_0'' が求められる。

【0102】

プラズマ発光時における平行平板電極4、8は、その間にあるプラズマ発光領域Pが導体として見なせるため、あたかも、電極4、8間の距離が δ になったようにみなすことができる。その結果、プラズマ発光時の平行平板電極4、8間の容量 C_0'' は、電極4、8間の
20 距離に反比例するため、非プラズマ発光時に容量 C_0 だったものが、プラズマ発光時には見かけ上 d/δ 倍になる。

$$\begin{aligned} C_0 &\propto 1/d \\ C_0'' &\propto 1/\delta \\ \therefore C_0'' &\propto d/\delta \cdot C_0 \end{aligned} \quad (7)$$

【0103】

そして、前記直列共振周波数 f_0' は容量 C_0 の平方根の逆数に比例するため、プラズマ発光時における電極4、8間の直列共振周波数 f_0'' は容量 C_0'' の平方根の逆数に比例する、つまり、 d/δ の平方根の逆数に比例する。

$$\begin{aligned} f_0' &\propto 1/\sqrt{C_0} \\ f_0'' &\propto 1/\sqrt{C_0''} \\ \therefore f_0'' &\propto (d/\delta)^{-1/2} \cdot f_0' \end{aligned} \quad (8)$$

【0104】

このプラズマ発光時における電極4、8間の直列共振周波数 f_0'' と前記電力周波数 f_e との関係を第1直列共振周波数 f_0 と電力周波数 f_e との関係のように設定する。

$$f_0'' > f_e \quad (9)$$

この式(9)を式(8)によって書き直すと、式(1)となる。

【数1】

$$f_0' > \sqrt{\frac{d}{\delta}} f_e \quad \dots (1)$$

前記直列共振周波数 f_0' と前記電力周波数 f_e とが、式(1)なる関係を満たしてなることにより、上記のプラズマ発光時におけるモデル的な容量 C_0'' から規定される直列共振周波数 f_0'' の値と、非プラズマ発光時における電極4、8間の容量から規定される直列共振周波数 f_0' の値との関係を設定することができる。したがって、直列共振周波数 f_0' の d/δ の平方根の逆数倍の値が、電力周波数 f_e よりも大きく設定されることにより、プラズマ発光時における電極4、8の直列共振周波数 f_0' を電力周波数 f_e より
50

に対して設定し、プラズマ発光時の電力消費効率の向上を図ることが可能となる。

【0105】

そして、本実施形態のプラズマ処理装置91においては、プラズマチャンバ96は、プラズマチャンバ95と略同等の構造とされている。そして、このプラズマチャンバ96に対しても、上記第1直列共振周波数 f_0 をプラズマチャンバ95と同様に設定する。具体的には、これらプラズマチャンバ95、96において、いずれも、電力周波数 f_e を40.68MHzに設定して、第1直列共振周波数 f_0 を測定する。ところが、この第1直列共振周波数 f_0 は、機械的な構造をその多くの要因としてきまる電気的高周波的な特性であり、各実機ごとに異なっていると考えられる。

【0106】

そこで、計測したプラズマチャンバ95に対する第1直列共振周波数 $f_{0,95}$ 、プラズマ処理室96に対する第1直列共振周波数 $f_{0,96}$ のうち、その最大値 $f_{0,max}$ と最小値 $f_{0,min}$ に対して、

$$(f_{0,max} - f_{0,min}) / (f_{0,max} + f_{0,min}) \quad (10)$$

のように複数のプラズマチャンバ95、96の第1直列共振周波数 f_0 のばらつきとして定義し、この値を0.03より小さい範囲の値に設定する。この際、1直列共振周波数 f_0 のばらつきを設定する方法としては、上述の▲1▼～▲4▼等のような手法を適用することができる。

【0107】

また、本実施形態においては、プラズマチャンバ95、96の前記測定用端子61に、それぞれ高周波特性測定器ANが切り替え自在に接続されている。これは、非測定時つまりプラズマ発生時等において、測定用端子61、61と高周波特性測定器ANとの接続をプラズマチャンバ95、96から切り離すようにスイッチSW1、SW2を切り替えることにより、プラズマ発生時に高周波測定器ANに対して作用する電気的影響を防止することができる。これにより、単一のインピーダンス測定器ANを兼用してこれら複数のプラズマチャンバ95、96の高周波特性測定をおこなうことができる。これにより、プラズマチャンバ95、96と高周波特性測定器ANとの接続を着脱することなく、スイッチSW1、SW2切り替えのみにより、インピーダンスなどの測定による高周波特性A、特に第1直列共振周波数 f_0 の測定を容易におこなうことが可能となる。

【0108】

また、本実施形態においては、プラズマチャンバ95、96における、前記測定位置近辺の分岐点Bと前記測定用端子61、スイッチSW2を介して高周波特性測定器ANとの間の高周波特性A（インピーダンスZ）がそれぞれ等しく設定されている。これは、具体的に各プラズマチャンバ95、96の整合回路2A出力側最終段近辺の分岐点BからスイッチSW2付近を含んで前記測定範囲のインピーダンス Z_2 と、スイッチSW2から高周波特性測定器ANまでの同軸ケーブルの長さなどが、それぞれ等しく設定されている手段を適用することができる。

【0109】

上記構成のプラズマ処理装置91は、ゲートg0を開放して被処理基板16をロードロック室93に搬入し、ゲートg0を閉塞してロードロック室93を低真空ポンプによって排気する。ゲートg1、g2を開放してロードロック室93に搬入された基板16を、搬送室92の搬送ロボットの移載アームによって熱処理室99に移動し、ゲートg1、g2を閉塞して搬送室92と熱処理室99を高真空ポンプによって排気する。ついで基板16を加熱処理し、終了後、ゲートg2、g4を開放して熱処理された基板16を、搬送室92の搬送ロボットの移載アームによってプラズマチャンバ95に移動する。プラズマチャンバ95の基板16を反応処理し、終了後ゲートg4、g3を開放して処理された基板16を、搬送室92の搬送ロボットの移載アームによってプラズマチャンバ96に移動する。プラズマチャンバ96の基板16を反応処理し、終了後ゲートg3、g1を開放して基板16を、搬送室92の搬送ロボットの移載アームによってロードロック室93に移動する。

。

10

20

30

40

50

【0110】

このとき、例えば各処理室における成膜条件等の処理条件や処理シーケンスをオペレータが設定する他は、各部の動作が制御部により制御されており、自動運転する構成になっている。したがって、このプラズマ処理装置91を使用する際には、処理前の被処理基板16をロードロック室93のローダカセットにセットし、オペレータがスタートスイッチを操作すれば、基板搬送ロボットによりローダカセットから各処理室内に被処理基板16が搬送され、各処理室で一連の処理が順次自動的に行われた後、基板搬送ロボットによりアンローダカセット（ローダカセット）に収容される。

【0111】

上記構成のプラズマチャンバ95, 96においては、第1実施形態と同様に、サセプタ電極8上に被処理基板16を載置し、高周波電源1から高周波電極4とサセプタ電極8の双方にそれぞれ高周波電力を印加するとともにガス導入管17からシャワープレート6を介して反応ガスをチャンバ室60内に供給してプラズマを発生させ、被処理基板16上にアモルファスシリコン膜、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等を成膜する。

【0112】

本実施形態のプラズマ処理装置91およびその検査方法においては、第1実施形態と同等の効果を奏するとともに、各プラズマチャンバ95, 96における前記第1直列共振周波数 f_0 のばらつきが0.03より小さい範囲の値に設定されてなることで、複数のプラズマチャンバ95, 96に対してインピーダンス、共振周波数特性等の電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、これにより、インピーダンス特性を指標として一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバの状態を設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバ95, 96において、プラズマ空間で消費される実効的な電力等をそれぞれ略均一にすることができる。

その結果、複数のプラズマチャンバ95, 96に対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバにおいて例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることが可能となる。具体的には、上記のばらつきの値を0.03より小さい範囲に設定することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバにおいて、膜厚のばらつきの値を±2%の範囲におさめることができる。

【0113】

さらに、本実施形態のプラズマ処理装置91においては、複数のプラズマチャンバ95, 96の前記整合回路2Aの出力端子位置PRにインピーダンス測定用端子（測定用端子）61を設け、この測定用端子61にインピーダンス測定器ANを着脱自在に接続するとともに、スイッチSW1, SW2を設けることで、複数のプラズマチャンバ95, 96のインピーダンス特性測定時において、第1実施形態のようにプラズマチャンバ95, 96と整合回路2Aとを切り離すために、電力供給線と整合回路2Aとを着脱する必要がない。このため、前記プラズマチャンバ95, 96のインピーダンス特性を測定する際のプロービングを容易におこなうことが可能となり、第1直列共振周波数 f_0 の測定時における作業効率を向上することができる。

【0114】

さらに、これら複数のプラズマチャンバ95, 96においてインピーダンス Z_1 とインピーダンス Z_2 とを等しく設定することにより、個々のプラズマチャンバ95, 96において、プラズマチャンバ95, 96と整合回路2Aとを着脱することなく、かつ、インピーダンス測定用プローブ105を着脱することなく、スイッチSW1, SW2切り替えのみによりインピーダンス特性の測定および第1直列共振周波数 f_0 の測定と、プラズマ処理装置の動作状態つまりプラズマ発生状態と、の切り替えを容易におこなうことが可能となる。

ここで、インピーダンス特性の測定および第1直列共振周波数 f_0 の測定時において、スイッチSW1, SW2切り替えのみにより複数のプラズマチャンバ95, 96を順に切り替えることができ、第1直列共振周波数 f_0 の測定時における作業効率を向上するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【0115】

同時に、本実施形態のプラズマ処理装置91およびその検査方法においては、プラズマチャンバ95、96における、前記測定位置近辺の分岐点Bと前記測定用端子61、スイッチSW2を介して高周波特性測定器ANとの間の高周波特性A（インピーダンスZ）がそれぞれ等しく設定されているため、個々のインピーダンス測定端子61に接続されたインピーダンス測定器ANからのインピーダンス測定値を、複数のプラズマチャンバ95、96において整合回路2A出力側最終段の出力位置PRから測定した値と同等と見なすことができるため、第1直列共振周波数 f_0 の算出の補正が個々のプラズマチャンバ95、96において不要となり、実測値の換算が不要となり、作業効率を向上し、第1直列共振周波数 f_0 の測定をより正確におこなうことができる。

さらに、複数のプラズマチャンバ95、96において直列共振周波数 f_0' と電力周波数 f との値を設定することにより、直接プラズマを発光させる前記電極4、8の周波数特性をそれぞれのプラズマチャンバ95、96において規定できるため、プラズマ発光空間に対して電力をより効果的に投入することができ、本実施形態のプラズマ処理装置91全体でさらなる電力消費効率の向上か、または、処理効率の向上を図ることが可能となる。

【0116】

なお、本実施形態において、2つのスイッチSW1およびスイッチSW2を設ける構成としたが、分岐点Bから出力端子位置PRまでと分岐点Bからプローブまでのインピーダンスが等しく設定されていればよく、例えば1つのスイッチによりこれらの接続を切り替え可能とすることもできる。

また、図16に示すように、それぞれのプラズマチャンバ95、96のスイッチSW2を共通として、測定時に被測定プラズマチャンバを切り替える単一のスイッチSW4を有する構成としてもよい。

【0117】

さらに、本実施形態においては、プラズマ励起電極4に対する電力周波数 f と第1直列共振周波数 f_0 とを設定したが、サセプタ電極側8に対する周波数を設定するよう対応することも可能である。この場合、図11にPR'で示すように、インピーダンス測定範囲を規定する整合回路25の出力端子位置を設定することができる。

さらに、平行平板型の電極4、8を有するタイプに変えて、ICP（inductive coupled plasma）誘導結合プラズマ励起型、RLSA（radial line slot antenna）ラジアルラインスロットアンテナ型などのプラズマ処理装置や、RIE（Reactive Ion Etching）反応性スパッタエッチング用の処理装置に適用することもできる。

なお、電極4、8に替えて、ターゲット材を取り付けることにより、プラズマ処理としてスパッタリングをおこなうことも可能である。

【0118】

以下、本発明に係るプラズマ処理装置、プラズマ処理システムおよびこれらの性能確認システム、検査方法の第3実施形態を、図面に基づいて説明する。

〔第3実施形態〕

図15は本実施形態のプラズマ処理システムの概略構成を示す模式図である。

【0119】

本実施形態のプラズマ処理システムは、図1に示した第1実施形態と略同等のプラズマ処理装置71、71'と、図10に示した第2本実施形態と略同等のプラズマ処理装置91と、を組み合わせて概略構成されている。先に説明した第1、第2実施形態の構成要素に対応するものには同一の符号を付してその説明を省略する。

【0120】

本実施形態のプラズマ処理システムは、図15に示すように、3つのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95、96、97を有するプラズマ処理装置71、2つのプラ

10

20

30

40

50

ズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95，96を有するプラズマ処理装置91、および、3つのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95，96，97を有するプラズマ処理装置71'が製造ラインの一部を構成するものとされている。

ここで、図1に示した第1実施形態のプラズマ処理装置71，71'の部分において、プラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）75，76，77に替えて、図10に示した第2実施形態における2周波数励起タイプのプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95と略同等のプラズマ処理室ユニットを3つ有する構成とされており、これらプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）95，96，97は略同一の構造とされている。

【0121】

本実施形態のプラズマ処理システムは、図15に示すように、各プラズマチャンバ95，96，97のインピーダンス測定用端子61がスイッチSW3を介してインピーダンス測定器ANに接続されている。スイッチSW3は各プラズマチャンバ95，96，97の測定時に測定対象のプラズマチャンバ95，96，97とインピーダンス測定器ANとのみを接続して、それ以外のプラズマチャンバ95，96，97を切断するよう切り替えるスイッチとして設けられている。そして、この測定用端子61から、スイッチSW3までのインピーダンスが、各プラズマチャンバ95，96，97に対して等しくなるように、測定用の同軸ケーブルの長さが等しく設定されている。インピーダンス測定用端子61には、図11に示す第2実施形態と同様にして、インピーダンス測定器ANのプロブが着脱自在に接続されている。

【0122】

ここで、本実施形態の各プラズマチャンバ95，96，97における第1直列共振周波数 f_0 は、スイッチSW3を切り替えることにより、第2実施形態と同様にして測定し、例えば、40.68MHzとされる電力周波数 f_e に対して、 $f_0 > 3f_e$ (4)

を満たすように、第1直列共振周波数 f_0 を123.78MHzとして設定する。

【0123】

そして、計測したプラズマチャンバ95，96，97に対する第1直列共振周波数 f_0 のうち、その最大値 f_{0max} と最小値 f_{0min} に対して、

$$(f_{0max} - f_{0min}) / (f_{0max} + f_{0min}) \quad (10)$$

のように複数のプラズマチャンバ95，96，97の第1直列共振周波数 f_0 のばらつきとして定義し、この値を第2実施形態と同様に0.03より小さい範囲の値に設定する。

さらに、本実施形態においては、第2実施形態と同様にプラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ電極容量 C_e によって規定される直列共振周波数 f_0' を、前記電力周波数 f_e の3倍より大きな範囲の値に設定する。

$$f_0' > 3f_e \quad (5)$$

同時に、本実施形態においては、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ電極容量 C_e によって規定される直列共振周波数 f_0' を、前記電力周波数 f_e に対して、第2実施形態と同様に上記式(1)なる関係を満たすように、直列共振周波数 f_0' が、電力周波数 f_e の（電極間の距離 d ／プラズマ非発光部の距離 δ ）の平方根倍よりも大きく設定することができる。

【0124】

本実施形態のプラズマ処理システムにおいては、例えば、プラズマ処理前処理をおこなった被処理基板16に、プラズマ処理装置71のプラズマチャンバ95，96，97において成膜処理をおこない、ついで、熱処理室79において加熱処理をおこない、その後、レーザアニール室78においてアニール処理をおこなう。次いで、この被処理基板16をプラズマ処理装置71から搬出し、図示しないプラズマ処理装置71と同等の装置におけるプラズマ処理室において、被処理基板16に順次第2，第3の成膜処理をおこなう。次いで、このプラズマ処理装置から搬出した被処理基板16に、図示しない別の処理装置において、フォトリソグラフィ工程によりフォトレジストの形成をおこなう。

そして、被処理基板 16 をプラズマ処理装置 91 に搬入し、プラズマチャンバ 95, 96 においてプラズマエッチングをおこない、次いで、この被処理基板 16 をプラズマ処理装置 91 から搬出し、図示しないプラズマ処理装置 91 と同等の装置におけるプラズマチャンバにおいて、被処理基板 16 に成膜処理をおこなう。

次いで、図示しないプラズマ処理装置から搬出された被処理基板 16 に、図示しない他の処理装置において、レジストを剥離し、新たにフォトリソグラフィ工程によりパターンニングする。

最後に、プラズマ処理装置 71' のプラズマチャンバ 95, 96, 97 において被処理基板 16 に順次第 1, 第 2, 第 3 の成膜処理がおこなわれ、被処理基板 16 をプラズマ処理後処理へと送り、製造ラインにおける本実施形態のプラズマ処理システムにおける工程は終了する。

10

【0125】

本実施形態のプラズマ処理システムおよびその検査方法においては、第 1, 第 2 実施形態と同等の効果を奏するとともに、プラズマチャンバ 95, 96, 97 の第 1 直列共振周波数 f_0 のうち、その最大値 $f_{0\max}$ と最小値 $f_{0\min}$ のばらつきを、0.03 より小さい範囲の値に設定することで、複数のプラズマ処理装置 71, 91, 71' において、それぞれ、各プラズマチャンバ 95, 96, 97 に対する電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、これにより、プラズマ処理システム全体においてインピーダンス特性を指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバ 95, 96, 97 の状態を設定することが可能となるので、個々のプラズマチャンバ 95, 96, 97 において、発生するプラズマ密度等をそれぞれ略均一にすることができる。

20

【0126】

その結果、プラズマ処理システム全体において複数のプラズマチャンバ 95, 96, 97 に対して同一のプロセスレシピを適用して、略同一のプラズマ処理結果を得ること、つまり、複数のプラズマチャンバ 95, 96, 97 において例えば成膜をおこなった際に、膜厚、絶縁耐圧、エッチングレート等、略均一な膜特性の膜を得ることが可能となる。具体的には、上記のばらつきの値を 0.03 より小さい範囲に設定することにより、略同一の条件で積層をおこなったプラズマチャンバ 95, 96, 97 において、膜厚のばらつきの値を $\pm 2\%$ の範囲におさめることができる。

そのため、従来考慮されていなかったプラズマ処理システムの全般的な電気的高周波的特性を設定することが可能となり、個々のプラズマチャンバ 95, 96, 97 におけるプラズマ発生の安定性を期待することができる。その結果、動作安定性が高く、各プラズマチャンバ 95, 96, 97 で均一な動作が期待できるプラズマ処理システムを提供することが可能となる。

30

これにより、単一のプラズマ処理装置よりも多数のプラズマチャンバ 95, 96, 97 に対する膨大なデータから外部パラメータと実際の基板を処理するような評価方法による処理結果との相関関係によるプロセス条件の把握を不必要とすることができる。

【0127】

したがって、本実施形態のプラズマ処理システムおよびその検査方法によれば、新規設置時や調整・保守点検時において、各プラズマチャンバ 95, 96, 97 ごとの機差をなくして処理のばらつきをなくし、各プラズマチャンバ 95, 96, 97 において同一のプロセスレシピにより略同一の処理結果を得るために必要な調整時間を、被処理基板 16 への実際の成膜等による検査方法を採用した場合に比べて、第 1 直列共振周波数 f_0 を測定することにより、大幅に短縮することができる。しかも、処理をおこなった基板の評価によりプラズマ処理システムの動作確認および、動作の評価をおこなうという 2 段階の方法でなく、ダイレクトにプラズマ処理システムの評価を、しかも、プラズマ処理システムの実機が設置してある場所で短時間におこなうことが可能である。その上、被処理基板 16 への実際の成膜等による検査方法を採用した場合、別々におこなうしかなかった複数のプラズマチャンバ 95, 96, 97 に対する結果をほぼ同時に実現することができる。

40

このため、製造ラインを数日あるいは数週間停止してプラズマ処理システムの動作確認お

50

よび、動作の評価をする必要がなくなり、製造ラインとしての生産性を向上することができる。また、このような調整に必要な検査用基板等の費用、この検査用基板の処理費用、および、調整作業に従事する作業員の人件費等、コストを削減することが可能となる。

【0128】

さらに、本実施形態におけるプラズマ処理システムにおいては、各プラズマチャンバ95, 96, 97の第1直列共振周波数 f_0 を、前記電力周波数 f の3倍より大きな範囲の値に設定することにより、従来は、考慮されていなかった複数のプラズマチャンバ95, 96, 97の電気的高周波的な特性を一括して適正な範囲に収めることができる。これにより、動作安定性を向上して、従来一般的に使用されていた13.56MHz程度以上の高い周波数の電力を投入した場合であっても、すべてのプラズマチャンバ95, 96, 97において、高周波電源1からの電力をプラズマ励起電極4とサセプタ電極8との間のプラズマ発生空間に効率よく導入することが可能となる。同時に、同一周波数を供給した場合に、従来のプラズマ処理システムと比べてプラズマ空間で消費される実効的な電力の向上をすべてのプラズマチャンバ95, 96, 97において図ることができる。その結果、プラズマ処理システム全体としてのプラズマ励起周波数の高周波化による処理速度の向上を図ること、つまり、すべてのプラズマチャンバ95, 96, 97において、プラズマCVD等により膜の積層をおこなう際には、堆積速度の向上を図ることができる。同時に、すべてのプラズマチャンバ95, 96, 97において、プラズマ発生の安定性を期待することができる結果、個々のプラズマ処理装置71, 91, 71'としての動作安定性が高く、同時に全体として動作安定性の高いプラズマ処理システムを提供することが可能となる。しかも、これらを、複数のプラズマチャンバ95, 96, 97において同時に実現することができる。

10

20

【0129】

したがって、複数のプラズマチャンバ95, 96, 97において、プラズマ密度の上昇によりそれぞれ被処理基体16における膜面内方向におけるプラズマ処理の均一性の向上を図ることができ、成膜処理においては膜厚の膜面内方向分布の均一性の向上を図ることが可能となる。同時に、プラズマ密度の上昇により、プラズマCVD、スパッタリングなどの成膜処理においては、成膜状態の向上、すなわち、堆積した膜における絶縁耐圧や、エッチングに対する耐エッチング性、そして、いわゆる膜の「固さ」つまり膜の緻密さ等の膜特性の向上を図ることが可能となる。

30

【0130】

また、同一周波数を供給した場合に、従来のプラズマ処理システムと比べて生成するプラズマ密度の上昇を図ることができるため、プラズマ処理システム全体として電力の消費効率を向上し、同等の処理速度もしくは膜特性を得るために、従来より少ない投入電力ですむようにできる。しかも、これらを、複数のプラズマチャンバ95, 96, 97において実現することができる。したがって、プラズマ処理システム全体の電力損失の低減を図ること、ランニングコストの削減を図ること、生産性の向上を図ることがより一層可能になる。同時に、処理時間をより短縮することが可能となるため、プラズマ処理に要する電力消費を減らせることから環境負荷となる二酸化炭素の総量をより削減することが可能となる。

40

【0131】

本実施形態におけるプラズマ処理システムにおいては、各プラズマチャンバ95, 96, 97の直列共振周波数 f_0 と前記電力周波数 f との値を設定することにより、直接プラズマを発光させる前記電極4, 8の周波数特性を規定できるため、各プラズマチャンバ95, 96, 97のプラズマ発光空間に対して電力をより効果的に投入することができ、プラズマ処理システム全体に対してさらなる電力消費効率の向上か、または、処理効率の向上を図ることが可能となる。

【0132】

本実施形態のプラズマ処理システムにおいては、各プラズマチャンバ95, 96, 97の前記整合回路2Aの出力端子位置PRにインピーダンス測定用端子61を設け、このイン

50

ピーダンス測定用端子61に単一のインピーダンス測定器ANをスイッチSW3によって切り替え自在に接続するとともに、スイッチSW1, SW2を設けることで、プラズマ処理システムの個々のプラズマチャンバ95, 96, 97のインピーダンス特性測定時において、第1実施形態のようにプラズマチャンバ95と整合回路2Aとを切り離すために、電力供給線と整合回路2Aとを着脱する必要がない。また、単一のインピーダンス測定器ANによって複数のプラズマチャンバ95, 96, 97のインピーダンス特性および共振周波数特性測定をおこなうことができる。

【0133】

このため、前記プラズマチャンバ95, 96, 97のインピーダンス特性を測定する際のプロービングを容易におこなうことが可能となり、第1直列共振周波数 f_0 の測定時における作業効率を向上することができる。また、プラズマチャンバ95, 96, 97と整合回路2Aとを着脱することなく、かつ、インピーダンス測定用プローブ105を着脱することなく、スイッチSW1, SW2切り替えのみによりインピーダンス特性の測定および第1直列共振周波数 f_0 の測定を容易におこなうことが可能となる。

10

【0134】

さらに、スイッチSW1, SW2を設けてこれらのインピーダンス Z_1 とインピーダンス Z_2 とを等しく設定し、同時に、測定用端子61からスイッチSW3までのインピーダンスを複数のプラズマ処理装置71, 71', 91における各プラズマチャンバ95, 96, 97に対して等しくなるように設定することで、スイッチSW1, SW2, SW3を切り替えるだけで、インピーダンス測定端子61に接続されたインピーダンス測定器ANからのインピーダンス測定値を、整合回路2A出力側最終段の出力位置PRから測定した値と同等と見なすことができる。

20

同時に、各プラズマチャンバ95, 96, 97のインピーダンス特性に対する測定用端子61からスイッチSW3までのインピーダンス特性の差異を考慮する必要がなくなるため、複数のプラズマ処理装置71, 71', 91におけるプラズマチャンバ95, 96, 97に対する第1直列共振周波数 f_0 の算出の補正が不要となり、実測値の換算が不要となり、プラズマ処理システムの電気的高周波的特性の設定における作業効率を向上し、第1直列共振周波数 f_0 の測定をより正確におこなうことができる。

【0135】

なお、本実施形態において、スイッチSW1, SW2, SW3を測定しようとする各プラズマチャンバ95, 96, 97に対する切り替え動作を連動させることが可能であり、また、2つのスイッチSW1およびスイッチSW2の構成を、分岐点から出力端子位置PRまでと分岐点からプローブまでのインピーダンスが等しく設定される1つのスイッチとすることもできる。

30

【0136】

さらに、本発明における上記の各実施形態においては、各プラズマチャンバ95, 96, 97のプラズマ励起電極4に対する電力周波数 f と第1直列共振周波数 f_0 とを設定したが、サセプタ電極側8に対する周波数を設定するよう対応することも可能である。この場合、図11にPR'で示すように、インピーダンス測定範囲を規定する整合回路25の出力端子位置を設定することができる。

40

さらに、平行平板型の電極4, 8を有するタイプに変えて、ICP (inductive coupled plasma) 誘導結合プラズマ励起型、RLSA (radial line slot antenna) ラジアルラインスロットアンテナ型などのプラズマ処理装置や、RIE (Reactive Ion Etching) 反応性スパッタエッチング用の処理装置に適用することもできる。

【0137】

なお、上記の各実施形態においては、図16に示すように、プラズマチャンバ(プラズマ処理室ユニット)95, 96, 97に対応して、整合回路2Aと、高周波電源1とが、それぞれ設けられて、プラズマチャンバ95, 96, 97における整合回路2Aの接続位置に、SW4を介してインピーダンス測定器ANを接続したが、図17に示すように、個々

50

のプラズマチャンバ95, 96, 97に対する整合回路2A, 2A, 2Aが、スイッチ切り替えによって同一の高周波電源1に接続される構成や、図18に示すように、個々のプラズマチャンバ95, 96, 97が、スイッチ切り替えによって同一の整合回路2Aに接続される構成も可能である。この場合、図17に示すように、プラズマチャンバ95, 96, 97と整合回路2Aとの接続位置に、SW4を介してインピーダンス測定器ANが接続される。

【0138】

また、上記の各実施形態においては、高周波特性Aとして第1直列共振周波数 f_0 に対する設定を上記式(10)の様におこなったが、これ以外にも、高周波特性Aとして、共振周波数 f 、前記高周波電力の周波数におけるインピーダンス Z 、前記高周波電力の周波数におけるレジスタンス R 、または、前記高周波電力の周波数におけるリアクタンス X のいずれかを採用し、前記式(10A)のように設定することができる。これにより、それぞれの特性を指標とする一定の管理幅内に複数のプラズマチャンバ95, 96, 97設定することが可能となるので、電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバ95, 96, 97において、プラズマ空間で消費される実効的な電力をそれぞれ略均一にすることができる。

ここで、前記高周波特性Aとして、インピーダンス Z を採用した場合には、このインピーダンス Z は、プラズマ励起する周波数における値であるから、 Z と θ との周波数依存性を測定してはじめて把握可能なパラメータである共振周波数 f に対して、プラズマチャンバ95, 96, 97の高周波数特性の周波数依存性を見る必要がなく、共振周波数 f に比べて把握が容易である。また、プラズマチャンバ95, 96, 97のプラズマ励起する周波数における電気的高周波数の特性をより直接的に捉えることができる。

また、レジスタンス R 、および、リアクタンス X 、を採用した場合には、これらレジスタンス R とリアクタンス X とのベクトル量であるインピーダンス Z を見ることに比べて、さらに直接的にプラズマチャンバのプラズマ励起する周波数における電気的高周波数の特性を捉えることができる。

【0139】

以下、本発明に係るプラズマ処理装置、プラズマ処理システムおよびこれらの検査方法の第4実施形態を、図面に基づいて説明する。

〔第4実施形態〕

図23は本実施形態のプラズマ処理ユニット（プラズマチャンバ）の概略構成を示す断面図である。

なお、本実施形態において第1ないし第3実施形態と異なるのは、周波数特性の測定範囲に関する点および、測定用端子、スイッチに関する点、および、プラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）の部分のみであり、プラズマ処理装置としての構成、または、プラズマ処理システムとしての構成に関しては第1ないし第3実施形態に準ずるものとされる。また、これ以外の第1ないし第3実施形態と略同等の構成要素に関しては同一の符号を付してその説明を省略する。

【0140】

本実施形態においては、プラズマチャンバの構成として第2実施形態と同様の2周波数励起タイプとされるとともに、図23にPR3で示すように、高周波数特性Aを測定する測定範囲を規定する測定位置が、各プラズマチャンバ75, 76, 77, 95, 96, 97において、高周波電力を供給する際に高周波電力供給電体（給電線）1Aを介して高周波電源1に接続される整合回路2Aの入力端子位置に設定される。この入力端子位置PR3には、プラズマチャンバの高周波数特性Aを測定するための測定用端子61と、この測定用端子61と高周波数特性測定器とを接続する同軸ケーブルとされる接続線61Aと、高周波数特性測定時および、プラズマ発生時に、プラズマチャンバに対する接続を給電線1Aと高周波特性測定器（インピーダンス測定器）ANとの間で切り替えるスイッチSW5とが接続される。

ここで、スイッチSW5で切り替えられる測定位置PR3から給電線1Aを介して高周波

電源 1 4 までのインピーダンスと、測定位置 P R 3 から給電線 1 A を介して高周波電源 1 4 までのインピーダンスとがそれぞれ等しく設定されている。具体的には、給電線 1 A と接続線 6 1 A との長さが等しく設定されている。これにより、第 2 実施形態と同様に、プラズマチャンバと高周波特性測定器 A N との接続を着脱することなく、スイッチ S W 5 切り替えのみにより、インピーダンスなどの測定による高周波特性 A、特に第 1 直列共振周波数 f_0 の測定を容易におこなうことが可能となる。

【0141】

ここで、本実施形態のプラズマチャンバにおける高周波特性 A としての第 1 直列共振周波数 f_0 は、第 1 ないし第 3 実施形態と同様にして測定・定義する。本実施形態の第 1 直列共振周波数 f_0 は、具体的には図 2 4、図 2 5 に示すように測定・定義される。

10

図 2 4 は図 2 3 における本実施形態のプラズマチャンバのインピーダンス特性を説明するための模式図である。図 2 5 は図 2 4 の本実施形態のプラズマチャンバのインピーダンス特性測定用の等価回路を示す回路図である。

【0142】

本実施形態においては、測定される高周波数特性 A のうち第 1 直列共振周波数 f_0 に対して、考慮されている電気的高周波的要因は、図 2 4 に示すように、上記測定範囲のうち、以下のものが考えられる。

接続線 6 1 A からの寄与

スイッチ S W 5 のインダクタンス L_{SW} および抵抗 R_{SW}

整合回路 2 A からの寄与

20

給電板（フィーダ）3 のインダクタンス L_f および抵抗 R_f

プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との間のプラズマ電極容量 C_e

サセプタ電極 8 とサセプタシールド 1 2 との間の容量 C_s

サセプタシールド 1 2 の支持筒 1 2 B のインダクタンス L_C および抵抗 R_C

ベローズ 1 1 のインダクタンス L_B および抵抗 R_B

チャンバ壁 1 0 のインダクタンス L_A および抵抗 R_A

絶縁体 1 7 a を挟んだガス導入管 1 7 とプラズマ励起電極 4 との間の容量 C_A

プラズマ励起電極 4 とシャーシ 2 1 との間の容量 C_B

プラズマ励起電極 4 とチャンバ壁 1 0 との間の容量 C_C

【0143】

30

これらの電気的高周波的要因が、プラズマ発光時に供給される高周波電流が流れる回路と同様と見なせる状態として、図 2 5 に示すように、接続線 6 1 A からの寄与、スイッチ S W 2 のインダクタンス L_{SW} および抵抗 R_{SW} 、整合回路 2 A からの寄与、給電板（フィーダ）3 のインダクタンス L_f および抵抗 R_f 、プラズマ励起電極 4 とサセプタ電極 8 との間のプラズマ電極容量 C_e 、サセプタ電極 8 とサセプタシールド 1 2 との間の容量 C_s 、サセプタシールド 1 2 の支持筒 1 2 B のインダクタンス L_C および抵抗 R_C 、ベローズ 1 1 のインダクタンス L_B および抵抗 R_B 、チャンバ壁 1 0 のインダクタンス L_A および抵抗 R_A 、が順に直列に接続されてその終端の抵抗 R_A がアースされるとともに、抵抗 R_f とプラズマ電極容量 C_e との間に一端がアースされた状態でそれぞれ並列に接続された容量 C_A 、容量 C_B 、容量 C_C が、等価回路を形成し

40

ており、この等価回路のインピーダンス特性を計測することで、本実施形態の第 1 直列共振周波数 f_0 を定義することができる。

【0144】

このように定義された第 1 直列共振周波数 f_0 を、前述した第 1 ないし第 3 実施形態と同様に設定する。そして、各プラズマチャンバに対する第 1 直列共振周波数 $f_{0.5}$ 、 $f_{0.6}$ のうち、その最大値 $f_{0.max}$ と最小値 $f_{0.min}$ に対して、前述の式 (10) のように複数のプラズマチャンバの第 1 直列共振周波数 f_0 のばらつきとして定義し、この値を 0.03 より小さい範囲の値に設定する。この際、1 直列共振周波数 f_0 のばらつきを設定する方法としては、前述の▲1▼～▲4▼等のような手法を適用することができる

50

- ▲5▼特性のそろったロードコンデンサ22を選択する
- ▲6▼特性のそろったチューニングコンデンサ24を選択する
- ▲7▼チューニングコイル23の形状（太さ、まき数、長さ）を調整する等の手法を適用することができる。

【0145】

本実施形態のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその検査方法においては、第1ないし第3実施形態と同等の効果を奏するとともに、測定範囲に整合回路2Aを含めない場合に比べて、プラズマ処理室60だけでなく、整合回路2Aも含めて複数のプラズマチャンバ75, 76, 77, 95, 96, 97に対し、電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバ75, 76, 77, 95, 96, 97においてプラズマ空間で消費される実効的な電力の略均一性を高めることができ、これに同一のプロセスレシピを適用して、測定範囲に整合回路2Aを含めない場合に比べて、略同一性の高いプラズマ処理結果を得ることができる。

10

【0146】

さらに、本実施形態においては、給電線1Aの長さと接続線61Aの長さとが等しく設定されているため、スイッチSW5により、測定位置PR3と高周波測定器ANとの電気的接続を切るとともに整合回路2A側と高周波電源1側との電気的接続を確保した場合における高周波電源1出力端子位置PR2からプラズマチャンバ側を測定範囲とした際の高周波特性Aと、スイッチSW5により、測定位置PR3と高周波測定器ANとの電気的接続を確保するとともに高周波電源1側と整合回路2Aとの電気的接続を切断した場合における高周波測定器ANの出力端子位置で測定したプラズマチャンバの高周波特性Aと、が等しく設定されている。

20

従って、本実施形態においては、図23、図24、図25に示すように、前記高周波電力を供給する際に前記高周波電源1に接続される高周波電力給電体（給電線）1Aの高周波電源1側端部とされる測定位置PR2で、プラズマチャンバのそれぞれの高周波特性Aを測定した場合と同等の高周波特性を測定することが可能である。このように測定範囲を設定することにより、測定範囲に整合回路2A、高周波電力給電体1Aを含めない場合に比べて、プラズマ処理室60だけでなく、整合回路2A、高周波電力給電体（給電線）1Aも含めて複数のプラズマチャンバ75, 76, 77, 95, 96, 97に対し、電気的高周波的な特性の機差をなくすることが可能となり、個々のプラズマチャンバ75, 76, 77, 95, 96, 97においてプラズマ空間で消費される実効的な電力の略均一性をさらに高めることができ、これに同一のプロセスレシピを適用して、測定範囲に整合回路2A、高周波電力給電体（給電線）1Aを含めない場合に比べて、さらに略同一性の高いプラズマ処理結果を得ることができる。

30

【0147】

なお、図2、図11に示すように、上記の第1ないし第3実施形態においても、本実施形態のように測定範囲を測定位置PR3よりチャンバ室60側、および、測定位置PR2よりチャンバ室60側として設定することが可能である。

【0148】

以下、本発明に係るプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの性能確認システムの他の実施形態を、図面に基づいて説明する。なお、以下の説明では、購入発注者を単に発注者、また販売保守者を単に保守者という。

40

図26は本実施形態のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの性能確認システムのシステム構成図である。

【0149】

この図において、参照符号C1, C2, ……はクライアント・コンピュータ（以下、単にクライアントという）、Sはサーバ・コンピュータ（性能状況情報提供手段、以下単にサーバという）、Dはデータベース・コンピュータ（基準情報記憶手段、以下単にデータベースという）、またNは公衆回線である。クライアントC1, C2, ……とサーバSとデータベースDとは、この図に示すように公衆回線Nを介して相互に接続されてい

50

る。

【0150】

クライアントC1、C2、……は、一般に広く普及しているインターネットの通信プロトコル(TCP/IP等)を用いてサーバSと通信する機能(通信機能)を備えたものである。このうち、クライアントC1(発注者側情報端末)は、発注者が保守者に発注したプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムのプラズマチャンバの性能状況を公衆回線Nを介して確認するためのコンピュータであり、サーバSが保持する「プラズマチャンバの性能情報提供ページ」を情報提供ページ(Webページ)として閲覧する機能(プラズマチャンバの性能状況情報閲覧機能)を備えたものである。また、クライアントC2

(保守者側情報端末)は、保守者が上記「性能状況情報」の一部である「第1直列共振周波数 f_0 情報」をサーバSにアップロードするとともに、クライアントC1を介して発注者から発せられた電子メールを受信するためのものである。 10

ここで、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムは、上記の第1～第4実施形態に準じる構成とされ、これらと同様のプラズマ処理ユニット(プラズマチャンバ)を有する構成とされるとともに、チャンバ数等の構成条件は、任意に設定可能なものとされる。

【0151】

上記サーバSの通信機能は、公衆回線Nがアナログ回線の場合にはモデムによって実現され、公衆回線NがISDN(Integrated Services Digital Network)等のデジタル回線の場合には専用ターミナルアダプタ等によって実現 20

される。サーバSは、性能状況情報提供用のコンピュータであり、上記クライアントC1から受信される閲覧要求に応じて、性能状況情報をインターネットの通信プロトコルを用いてクライアントC1に送信する。ここで、上述した発注者が保守者からプラズマ処理装置を納入された時点では、性能状況情報を閲覧するための個別の「閲覧専用パスワード」が保守者から個々の発注者に提供されるようになっている。このサーバSは、正規な閲覧専用パスワードが提供された場合のみ、性能状況情報のうち動作保守状況情報をクライアントC1に送信するように構成されている。

【0152】

ここで、具体的詳細については後述するが、上記「性能状況情報」は、保守者の販売するプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおけるプラズマチャンバの機種に関する情報、各機種における仕様書としての品質性能情報、納入された各実機における品質性能 30を示すパラメータの情報、および、このパラメータ、メンテナンスの履歴情報等から構成されている。

このうち、各実機における品質性能、パラメータ、メンテナンスの履歴情報については、「閲覧専用パスワード」が提供された発注者のみに閲覧可能となっている。

【0153】

また、これら「性能状況情報」は、保守者または発注者からサーバSに提供されるとともに実際の動作・保守状況を示す「動作保守状況情報」と、データベースDに蓄積されると共にカタログとして未購入のクライアントが閲覧可能な「性能基準情報」とから構成されるものである。「性能基準情報」は、保守者が各プラズマチャンバによっておこなうプラズマ処理に対して客観的に性能を記述するためのものであり、プラズマCVD、スパッタ 40リングなどの成膜処理においては、成膜状態を予測可能とするものである。

【0154】

本実施形態では、これら「性能基準情報」は、データベースDに蓄積されるようになっている。

サーバSは、クライアントC1から受信される「性能状況情報」の閲覧要求に対して、データベースDを検索することにより必要な「性能基準情報」を取得して、「性能状況情報提供ページ」として発注者のクライアントC1に送信するように構成されている。また、サーバSは、「閲覧専用パスワード」が提供された発注者から受信される「性能状況情報」の閲覧要求に対しては、同様に、データベースDを検索することにより必要な「性能基準情報」を取得するとともに、当該「性能基準情報」にクライアントC2を介して 50

保守者から提供された「動作保守状況情報」を組み合わせ「性能状況情報」を構成し、「性能状況情報提供ページ」として発注者のクライアントC1に送信するように構成されている。

【0155】

データベースDは、このような「性能状況情報」を構成する「性能基準情報」をプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムのプラズマチャンバの機種毎に記憶蓄積するものであり、サーバSから受信される検索要求に応じてこれら「性能基準情報」を読み出してサーバSに転送する。図26では1つのサーバSのみを示しているが、本実施形態では、汎用性のある「性能基準情報」を保守者が複数箇所から管理する複数のサーバ間で共通利用することが可能なように、これらサーバとは個別のデータベースDに「性能基準情報」を蓄積するようにしている。

10

【0156】

次に、このように構成されたプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの性能確認システムの動作について、図27に示すフローチャートに沿って詳しく説明する。なお、このフローチャートは、上記サーバSにおける「性能状況情報」の提供処理を示すものである。

【0157】

通常、保守者は、不特定の発注者に対して販売するプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける各プラズマチャンバの「性能状況情報」、特に「性能基準情報」を購入時の指標として提示することになる。一方、発注者は、この「性能基準情報」によってプラズマチャンバCNにどのような性能、つまりどのようなプラズマ処理が可能なかを把握することができる。

20

【0158】

また、保守者は、特定の発注者に対して納入したプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおけるプラズマチャンバの「性能状況情報」のうち、「性能基準情報」を使用時の指標として提示するとともに、「動作保守状況情報」を動作状態のパラメータとして提示することになる。一方、ユーザーとしての発注者は、「性能基準情報」と「動作保守状況情報」とを比較することによってプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける各プラズマチャンバの動作確認をおこなうとともにメンテナンスの必要性を認識し、かつ、プラズマ処理状態の状態を把握することができる。

30

【0159】

例えば、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムを保守者から購入しようとする発注者は、サーバSにアクセスすることにより、以下のようにして自らが購入しようとするプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの「性能状況情報」の実体を容易に確認することができる。

【0160】

まず、発注者がアクセスしようとした場合には、予め設定されたサーバSのIPアドレスに基づいてクライアントC1からサーバSに表示要求が送信される。一方、サーバSは、上記表示要求の受信を受信すると（ステップS1）、カタログページCPをクライアントC1に送信する（ステップS2）。

40

図28は、このようにしてサーバSからクライアントC1に送信されたメインページCPの一例である。このカタログページCPには、保守者が販売する多数の機種毎にその「性能状況情報」のうち「性能基準情報」を表示するための機種選択ボタンK1、K2、K3、K4…と、後述するように、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムを保守者から納入された発注者の使用するカスタマーユーザ画面の表示要求をするためのカスタマーユーザボタンK4から構成されている。

【0161】

例えば、発注者がクライアントC1に備えられたポインティングデバイス（例えばマウス）等を用いることによって上記プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの機種を選択指定した後、機種選択ボタンK1～K4…のいずれかを選択指定すると、この指示は

50

、「性能状況情報」のうち「性能基準情報」の表示要求としてサーバSに送信される。

【0162】

この表示要求を受信すると（ステップS3）、サーバSは、選択された機種のうち、表示要求された情報に該当するサブページをクライアントC1に送信する。すなわち、サーバSは、「性能基準情報」の表示が要求された場合（A）、図29に示すような選択された機種を指定することによってデータベースDから「真空性能」「給排気性能」「温度性能」「プラズマ処理室電気性能」等のデータ、およびこれらのデータにおけるプラズマ処理装置またはプラズマ処理システム毎の、各パラメータのばらつきの値のデータを取得し、これらの掲載された仕様書ページCP1をクライアントC1に送信する（ステップS4）。

10

【0163】

仕様書ページCP1には、図29に示すように、選択された機種を示す機種種別K6、真空性能表示欄K7、給排気性能表示欄K8、温度性能表示欄K9、プラズマ処理室電気性能表示欄K10から構成されている。これらは、選択された機種のプラズマチャンバにおける「性能基準情報」に対応するものであり、それぞれ、

真空性能表示欄K7には、

到達真空度 1×10^{-4} Pa以下

操作圧力 30～300 Pa

給排気性能表示欄K8には、

最大ガス流量 SiH₄ 100SCCM

NH₃ 500SCCM

N₂ 2000SCCM

排気特性 500SCCM流して20Pa以下

20

温度性能表示欄K9には、

ヒータ設定温度 200～350±10℃

チャンバ設定温度 60～80±2.0℃

の項目が記載されている。

ここで、SCCM (standard cubic centimeters per minute) は、標準状態 (0℃、1013hPa) に換算した際におけるガス流量を表しており、cm³/min に等しい単位を表している。

30

【0164】

そしてこれらのパラメータPに対して、それぞれのプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける各プラズマチャンバ毎のばらつきを、それぞれのパラメータPのうちその最大値P_{max}と最小値P_{min}のばらつきを、以下の式(10B)

$$(P_{\max} - P_{\min}) / (P_{\max} + P_{\min}) \quad (10B)$$

として定義し、これらのばらつきの値の各プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける設定範囲をそれぞれのパラメータの項目に対して表示する。

【0165】

40

また、プラズマ処理室電気性能表示欄K10には、前述した第1～第4実施形態で説明した第1直列共振周波数f₀の値、および、この設定範囲と電力周波数f_eとの関係が記載される。また、これ以外にも、電力周波数f_eにおけるプラズマチャンバのレジスタンスRおよびリアクタンスX、そして、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8間のプラズマ容量C₀、プラズマ励起電極4と、プラズマチャンバの接地電位とされる各部との間のロス容量C_x等の値が記載される。また、仕様書ページCP1には、「プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの納入時においては各パラメータ値がこのページに記載された設定範囲内にあることを保証します」という性能保証の文言が記載される。

【0166】

これにより、従来は、考慮されていなかったプラズマ処理装置またはプラズマ処理システ

50

ムの全体的な電気的高周波的な特性およびプラズマチャンバの電気的特性のばらつきを購入時の新たな指標として提示することができる。また、クライアントC1 またはクライアントC2 において、これら性能状況情報をプリンタ等に出しハードコピーを作ることにより、上記の性能状況情報内容の記載されたカタログまたは仕様書として出力することが可能である。さらに、第1直列共振周波数 f_0 、レジスタンスR、アクタンスX、容量 C_0 、 C_x 等の値および上記性能保証の文言をクライアントC1…の端末、カタログまたは仕様書等に提示することにより、発注者が、電機部品を吟味するようにプラズマチャンバCNの性能を判断して保守者から購入することが可能となる。

【0167】

なお、サーバSは、このようなサブページのクライアントC1 への送信が完了した後に 10
、クライアントC1 から接続解除要求が受信されない場合は（ステップS5）、次のサブページの表示要求を待って待機し（ステップS3）、一方、クライアントC1 から接続解除要求が受信された場合には（ステップS5）、当該クライアントC1 との交信を終了する。

【0168】

また、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムを保守者から納入した発注者は、サーバSにアクセスすることにより、以下のようにして自らが購入したプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおけるプラズマチャンバの「性能状況情報」の実体を容易に確認することができる。

この発注者は保守者と売買契約を締結した時点で、発注者個別に対応するとともに、購入 20
したプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの機種番号、およびそれぞれのプラズマチャンバの機種番号にも対応可能なカスタマーユーザIDと、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバの「動作保守状況情報」を閲覧するための個別の「ユーザー専用パスワード（閲覧専用パスワード）」が保守者から個々の発注者に提供されるようになっている。このサーバSは、正規な閲覧専用パスワードが提供された場合のみ、「動作保守状況情報」をクライアントC1 に送信するように構成されている。

【0169】

まず、発注者がアクセスしようとした場合には、前述のカタログページCPにおいて、カ 30
スタマーユーザボタンK5を指定操作することにより、発注者はカスタマーユーザ画面の表示要求をサーバSに送信する。

一方、サーバSは、上記表示要求の受信を受信すると（ステップS3-B）、当該発注者 40
に対して、「閲覧専用パスワード」の入力を促す入力要求としてのサブページをクライアントC1 に送信する（ステップS6）。図30はカスタマーユーザページCP2を示すものであり、このカスタマーユーザページCP2はカスタマーユーザID入力欄K11、およびパスワード入力欄K12から構成される。

【0170】

この入力要求としてのカスタマーユーザページCP2はクライアントC1 に表示される 40
ので、発注者は、当該入力要求に回答してプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバの識別を可能とするために、保守者から供与された「閲覧専用パスワード」を「カスタマーユーザID」とともにクライアントC1 に入力することになる。

ここで、発注者は、図30に示すカスタマーユーザID入力欄K11およびパスワード入 50
力欄K12に、それぞれ、カスタマーコードIDとパスワードを入力する。サーバSは、クライアントC1から正規の「カスタマーユーザID」および「閲覧専用パスワード」が受信された場合のみ（ステップS7）、当該「閲覧専用パスワード」に予め関連付けられた「動作保守状況情報」のサブページをクライアントC1 に送信する（ステップS9）。

【0171】

すなわち、「動作保守状況情報」の閲覧は、上記プラズマ処理装置またはプラズマ処理シ 50

システムの購入契約を締結した特定の発注者のみ、つまり正規の「閲覧専用パスワード」を知り得るもののみに許可されるようになっており、当該発注者以外の第3者がサーバSにアクセスしても「動作保守状況情報」を閲覧することができない。通常、保守者は同時に多数の発注者との間で納入契約を締結するとともに、各々の発注者へ複数のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの納入を同時に並行して行う場合があるが、上記「閲覧専用パスワード」は、個々の発注者毎および各プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバ毎に相違するものが提供されるので、個々の発注者は、各プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバに対して、それぞれ自らに提供された「閲覧専用パスワード」に関連付けられた「動作保守状況情報」を個別に閲覧することができる。

10

【0172】

したがって、納入に係わる秘密情報が発注者相互間で漏洩することを確実に防止することができるとともに、複数のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムが納入された場合にでもそれぞれのプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバを個別に識別可能とすることができる。なお、サーバSは、正規の「閲覧専用パスワード」が受信されない場合には（ステップS7）、接続不許可メッセージをクライアントC1に送信して（ステップS8）、発注者に「閲覧専用パスワード」を再度入力するように促す。発注者が「閲覧専用パスワード」を誤入力した場合には、この機会に正規の入力を行うことにより「動作保守状況情報」を閲覧することができる。

【0173】

20

このID、パスワードが確認されると（ステップS7）、サーバSは、表示要求された情報に該当するサブページをデータベースDから読み出してクライアントC1に送信する。すなわち、サーバSは、ユーザIDによって識別された個別のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバに対する「性能基準情報」「動作保守状況情報」の表示が要求された場合、機種を指定することによってデータベースDから「真空性能」「給排気性能」「温度性能」「プラズマ処理室電気性能」等のデータを取得し、これらの掲載された仕様書ページCP3をクライアントC1に送信する（ステップS9）。

【0174】

図31は、このようにしてサーバSからクライアントC1に送信された「動作保守状況情報」のサブページCP3である。このメンテナンス履歴ページCP3には、図31に示すように、納入されたプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバの機械番号を示すロット番号表示K13、真空性能表示欄K7、給排気性能表示欄K8、温度性能表示欄K9、プラズマ処理室電気性能表示欄K10、そして、真空性能メンテナンス欄K14、給排気性能メンテナンス欄K15、温度性能メンテナンス欄K16、プラズマ処理室電気性能メンテナンス欄K17から構成されている。これらは、納入された実機の「動性能基準情報」および「動作保守状況情報」に対応するものであり、それぞれ、

30

真空性能表示欄K7、真空性能メンテナンス欄K14には、

到達真空度 1.3×10^{-5} Pa以下

40

操作圧力 200 Pa

給排気性能表示欄K8、給排気性能メンテナンス欄K15には、

ガス流量 SiH₄ 40 SCCM

NH₃ 160 SCCM

N₂ 600 SCCM

排気特性 6.8×10^{-7} Pa・m³/sec

温度性能表示欄K9、温度性能メンテナンス欄K16には、

ヒータ設定温度 302.3 ± 4.9 °C

50

チャンバ設定温度 $80.1 \pm 2.1^\circ\text{C}$
の項目が記載されている。

【0175】

そしてこれらのパラメータPに対して、それぞれのプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける各プラズマチャンバ毎のばらつきを、それぞれのパラメータPのうちその最大値 P_{max} と最小値 P_{min} のばらつきを、以下の式(10B)

$$(P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) / (P_{\text{max}} + P_{\text{min}}) \quad (10B)$$

として定義し、これらのばらつきの値の各プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける設定範囲をそれぞれのパラメータの項目に対して表示する。

【0176】

さらに、このサブページCP3には、各プラズマチャンバ毎のメンテナンス欄を表示するための「詳細」ボタンK18が各メンテナンス履歴欄K14、K15、K16、K17ごとに設けられ、発注者が、当該情報を閲覧可能となっている。

【0177】

発注者が、当該詳細欄により表示要求をおこなった場合には、メンテナンス履歴の詳細情報の記載されたメンテナンス詳細ページCP4がデータベースDからクライアントC1に送信する。

【0178】

図32は、このようにしてサーバSからクライアントC1に送信された「詳細メンテナンス情報」のサブページCP4である。

図には電気性能メンテナンスのページを示している。

このメンテナンス履歴ページCP3には、図32に示すように、納入されたプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびその各プラズマチャンバの機械番号を示すロット番号表示K13、選択された各メンテナンス欄が表示される。ここで、各メンテナンス欄としては、各プラズマチャンバに対応するパラメータPのメンテナンス時の値と、これらのパラメータPのばらつきの値とが、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システム、および、各プラズマチャンバ毎のロット番号毎に表示される。

【0179】

また、プラズマ処理室電気性能表示欄K10およびプラズマ処理室電気性能メンテナンス欄K17には、前述した第1～第4実施形態で説明したように、第1直列共振周波数 f_0

の値、および、この設定範囲と電力周波数 f_e との関係が記載される。また、これ以外にも、電力周波数 f_e におけるプラズマチャンバのレジスタンスRおよびアクタンスX、そして、プラズマ励起電極4とサセプタ電極8間のプラズマ容量 C_0 、プラズマ励起電極4と、プラズマチャンバの接地電位とされる各部との間のロス容量 C_x 等の値が記載される。

【0180】

同時に、データベースDから「性能基準情報」としての「真空性能」「給排気性能」「温度性能」「プラズマ処理室電気性能」等のデータを取得し、これらを図31、図32に示すように、「動作保守状況情報」とセットでメンテナンス履歴ページCP3、メンテナンス詳細ページCP4に表示することにより、「性能基準情報」を参照して「動作保守状況情報」を閲覧することができ、これにより、発注者は、納入されたプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびプラズマチャンバの「性能状況情報」のうち、「性能基準情報」を使用時の指標として確認するとともに、「動作保守状況情報」を動作状態を示すパラメータとして検討することができる。同時に、「性能基準情報」と「動作保守状況情報」とを比較することによってプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびプラズマチャンバの動作確認をおこなうとともにメンテナンスの必要性を認識し、かつ、プラズマ処理状態の状態を把握することができる。

【0181】

なお、サーバSは、このようなサブページCP3、CP4のクライアントC1への送信が完了した後に、クライアントC1から接続解除要求が受信されない場合は(ステップ

10

20

30

40

50

S 5)、接続不許可メッセージをクライアント C 1 に送信して(ステップ S 8)、発注者に「閲覧専用パスワード」を再度入力するか、次のサブページの表示要求を待つ待機し(ステップ S 3)、一方、クライアント C 1 から接続解除要求が受信された場合には(ステップ S 5)、当該クライアント C 1 との通信を終了する。

【0182】

本実施形態のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの性能確認システムにおいて、購入発注者が販売保守者に発注したプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムの動作性能状況を示す性能状況情報の閲覧を公衆回線を介して要求する購入発注者側情報端末と、販売保守者が前記性能状況情報をアップロードする販売保守者側情報端末と、前記購入発注者側情報端末の要求に回答して、販売保守者側情報端末からアップロードされた性能状況情報を購入発注者側情報端末に提供する性能状況情報提供手段と、を具備することができ、さらに、前記性能状況情報が、前記第1直列共振周波数 f_0 およびこのパラメータに対して、それぞれのプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムにおける各プラズマチャンバ毎のばらつきの値を含むとともに、前記性能状況情報が、カタログまたは仕様書として出力されることにより、販売保守者がアップロードしたプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびそのプラズマチャンバの性能基準情報および動作保守状況情報からなる性能状況情報に対して、購入発注者が情報端末から公衆回線を介して閲覧を可能とすることにより、発注者に対して、購入時に判断基準となる情報を伝達することが可能となり、かつ、使用時における、プラズマ処理装置またはプラズマ処理システムおよびそのプラズマチャンバごとの動作性能・保守情報を容易に提供することが可能となる。また、前記性能状況情報が、上述したようにプラズマチャンバに対する性能パラメータとしての前記第1直列共振周波数 f_0 およびそのばらつきの値を含むことにより、発注者のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムその各プラズマチャンバに対する性能判断材料を提供できるとともに、購入時における適切な判断をすることが可能となる。さらに、前記性能状況情報を、カタログまたは仕様書として出力することができる。

【0183】

[実施例]

本発明では、複数のプラズマチャンバにおいて、第1直列共振周波数 f_0 のばらつきの値を一定以内の値に設定することにより成膜時における膜特性の変化を測定した。

【0184】

ここで、実際に使用したプラズマ処理装置は、第2実施形態に示すように2つのプラズマチャンバを有し、これらのプラズマ処理室が2周波数励起タイプのものとされる。使用したプラズマ処理装置としては、平行平板型の電極4, 8のサイズが25cm角とされ、これらの電極間隔が15mmに設定され、その電力が800W、電力周波数 f を40.68MHzに設定した。

【0185】

(実施例1)

上記のプラズマ処理装置において、実施例1として、プラズマチャンバに対する第1直列共振周波数 f_0 の最大値 $f_{0\max}$ と最小値 $f_{0\min}$ に対するばらつきを、式(10)に従って0.09に設定する。同時に、これら第1直列共振周波数 f_0 の平均値を43MHzに設定する。

(実施例2)

上記のプラズマ処理装置において、実施例2として、プラズマチャンバに対する第1直列共振周波数 f_0 の最大値 $f_{0\max}$ と最小値 $f_{0\min}$ に対するばらつきを、式(10)に従って0.02に設定する。同時に、これら第1直列共振周波数 f_0 の平均値を43MHzに設定する。

(比較例)

上記のプラズマ処理装置において、比較例1として、プラズマチャンバに対する第1直列共振周波数 f_0 の最大値 $f_{0\max}$ と最小値 $f_{0\min}$ に対するばらつきを、式(10)に従って0.11に設定する。同時に、これら第1直列共振周波数 f_0 の平均値を4

3 MHz に設定する。

【0186】

上記の実施例1, 2および比較例において、実施例および比較例に対する評価として同一のプロセスレシピを適用し、窒化珪素膜を堆積し、以下のように各プラズマ処理室に対する膜厚ばらつきを計測した。

▲1▼ガラス基板上にプラズマCVDにより SiN_x 膜を成膜する。

▲2▼フォトリソによりレジストのパターニングをおこなう。

▲3▼ SF_6 と O_2 を用いて SiN_x 膜をドライエッチングする。

▲4▼ O_2 アッシングによりレジストを剥離する。

▲5▼ SiN_x 膜の膜厚段差を触針式段差計により計測する。

10

▲6▼成膜時間と膜厚から堆積速度を算出する。

▲7▼膜面内均一性は、6インチガラス基板面内において16ポイントで測定する。

【0187】

ここで、成膜時における条件は、

基板温度 350℃

SiH_4 40 sccm

NH_3 200 sccm

N_2 600 sccm

堆積速度 ほぼ200 nm/min程度

である。

20

これらの結果を表1に示す。

【0188】

【表1】

		堆積速度 (nm/min)	堆積速度の機差 (%)	膜面内均一性 (%)	第1直列共振周波数 f_0 の機差
比較例	チャンバ1	181	8.6	4.6	0.11
	チャンバ2	215		6.2	
実施例1	チャンバ1	195	4.9	4.6	0.09
	チャンバ2	215		5.7	
実施例2	チャンバ1	207	1.9	4.6	0.02
	チャンバ2	215		5.4	

【0189】

これらの結果から、第1直列共振周波数 f_0 のばらつきの値を設定した場合には、プラズマチャンバごとの機差による膜厚のばらつきが改善されていることがわかる。

つまり、第1直列共振周波数 f_0 の値を設定することにより、プラズマ処理装置の動作特性が向上している。

【0190】

【発明の効果】

本発明のプラズマ処理装置、プラズマ処理システムおよびこれらの性能確認システム、検査方法によれば、複数のプラズマ処理室ユニット（プラズマチャンバ）において高周波数特性として第1直列共振周波数 f_0 等のばらつきの値を設定することにより、プラズマ処理室毎の機差をなくて同一のプロセスレシピによる略同一のプラズマ処理を得ることが可能になるとともに、プラズマ励起周波数の高周波化による処理速度、被処理基体面内方向におけるプラズマ処理の均一性、被成膜における膜特性、電力の消費効率、生産性の向

上を図ることができ、適正な動作状態に簡便に維持可能なプラズマ処理装置およびプラズマ処理システムを提供することができるという効果、および、購入時における発注者のプラズマ処理装置またはプラズマ処理システムに対する性能判断材料を提供することが可能となり、さらに、前記性能状況情報を、カタログまたは仕様書として出力することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、本発明に係るプラズマ処理装置の第 1 実施形態を示す概略構成図である。

【図 2】図 2 は、図 1 におけるプラズマチャンバを示す断面図である。

【図 3】図 3 は、図 2 におけるプラズマチャンバの整合回路を示す模式図である。

10

【図 4】図 4 は、図 1 におけるプラズマチャンバのインピーダンス特性を説明するための模式図である。

【図 5】図 5 は、図 4 におけるプラズマチャンバの等価回路を示す回路図である。

【図 6】図 6 は、第 1 直列共振周波数 f_0 を説明するためのインピーダンス Z と位相 θ との周波数依存特性を示すグラフである。

【図 7】図 7 は、本発明に係るプラズマ処理装置の第 1 実施形態におけるプラズマチャンバの第 1 直列共振周波数 f_0 およびインピーダンス Z と位相 θ との周波数依存特性を示すグラフである。

【図 8】図 8 は、図 1 におけるレーザアニール室を示す縦断面図である。

【図 9】図 9 は、図 1 における熱処理室を示す縦断面図である。

20

【図 10】図 10 は、本発明に係るプラズマ処理装置の第 2 実施形態を示す概略構成図である。

【図 11】図 11 は、図 10 におけるプラズマチャンバを示す断面図である。

【図 12】図 12 は、図 11 におけるプラズマチャンバの等価回路を示す回路図である。

【図 13】図 13 は、本発明に係るプラズマ処理装置の第 2 実施形態における第 1 直列共振周波数 f_0 およびインピーダンス Z と位相 θ との周波数依存特性を示すグラフである。

【図 14】図 14 は、プラズマ発光状態における電極間の状態を示す模式図である。

【図 15】図 15 は、本発明に係るプラズマ処理システムの第 3 実施形態を示す概略構成図である。

30

【図 16】図 16 は、本発明に係るプラズマ処理装置の他の実施形態を示す概略構成図である。

【図 17】図 17 は、本発明に係るプラズマ処理装置の他の実施形態を示す概略構成図である。

【図 18】図 18 は、本発明に係るプラズマ処理装置の他の実施形態を示す概略構成図である。

【図 19】図 19 は、インピーダンス測定器のプロープを示す斜視図である。

【図 20】図 20 は、図 19 のインピーダンス測定器のプロープの接続状態を示す模式図である。

40

【図 21】図 21 は、従来のプラズマ処理装置の一例を示す模式図である。

【図 22】図 22 は、従来のプラズマ処理装置の他の例を示す模式図である。

【図 23】図 23 は、本発明に係るプラズマ処理システムの第 4 実施形態におけるプラズマ処理ユニット（プラズマチャンバ）の概略構成を示す断面図である。

【図 24】図 24 は、図 23 におけるプラズマチャンバのインピーダンス特性を説明するための模式図である。

【図 25】図 25 は、図 24 のプラズマチャンバのインピーダンス特性測定用の等価回路を示す回路図である。

【図 26】図 26 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムを示すシステム構成図である。

50

【図 27】図 27 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムに係わるサーバ S の性能状況情報の提供処理を示すフローチャートである。

【図 28】図 28 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムに係わるメインページ C P の構成を示す平面図である。

【図 29】図 29 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムに係わるサブページ C P 1 の構成を示す平面図である。

【図 30】図 30 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムに係わるメインページ C P 2 の構成を示す平面図である。

【図 31】図 31 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムに係わるサブページ C P 3 の構成を示す平面図である。

10

【図 32】図 32 は、本発明のプラズマ処理装置の性能確認システムに係わるサブページ C P 4 の構成を示す平面図である。

【符号の説明】

- 1 …高周波電源
- 1 A, 27 A …給電線
- 2, 26 …マッチングボックス
- 2 A, 25 …整合回路
- 3, 28 …給電板
- 4 …プラズマ励起電極（カソード電極）
- 5 …シャワープレート
- 6 …空間
- 7 …孔
- 8 …ウエハサセプタ（サセプタ電極）
- 9 …絶縁体
- 10 …チャンバ壁
- 10 A …チャンバ底部
- 11 …ベローズ
- 12 …サセプタシールド
- 12 A …シールド支持板
- 12 B …支持筒
- 13 …シャフト
- 16 …基板（被処理基板）
- 17 …ガス導入管
- 17 a, 17 b …絶縁体
- 21, 29 …シャーシ
- 22, 32 …ロードコンデンサ
- 23, 30 …コイル
- 24, 31 …チューニングコンデンサ
- 27 …第 2 の高周波電源
- 60 …チャンバ室（プラズマ処理室）
- 61 …インピーダンス測定用端子（測定用端子）
- 71, 91 …プラズマ処理装置
- 72, 92 …搬送室
- 73 …ローダ室
- 74 …アンローダ室
- 75、76、77、95、96、97 …プラズマチャンバ（プラズマ処理室ユニット）
- 78 …レーザアニール室
- 79, 99 …熱処理室
- 80, 84 …チャンバ
- 81 …レーザ光源

20

30

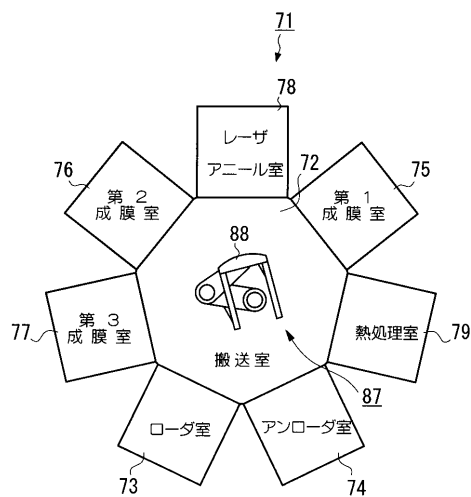
40

50

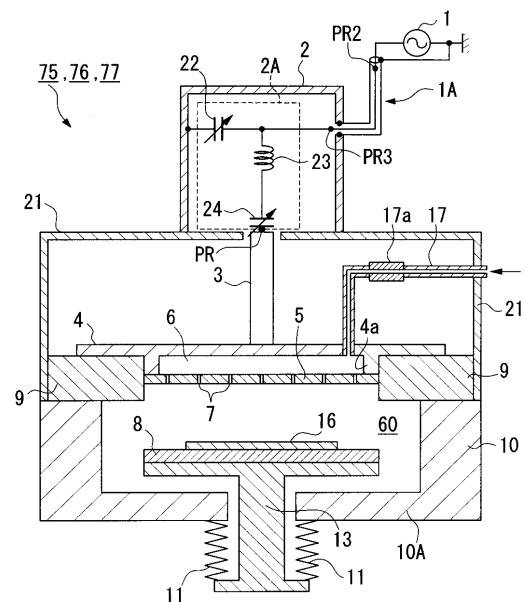
8 2 … ステージ
 8 3 … レーザ光
 8 5 … ヒータ
 8 6 … ゲートバルブ
 8 7 … 基板搬送ロボット（搬送手段）
 8 8 … アーム
 9 3 … ロードロック室
 1 0 5 … プロープ
 A N … インピーダンス測定器（高周波特性測定器）
 B … 分岐点
 P … プラズマ発光領域
 P R, P R', P R 2, P R 3 … 出力端子位置
 S W 1, S W 2, S W 3, S W 4、S W 5 … スイッチ
 g 0, g 1, g 2, g 3, g 4 … ゲート

10

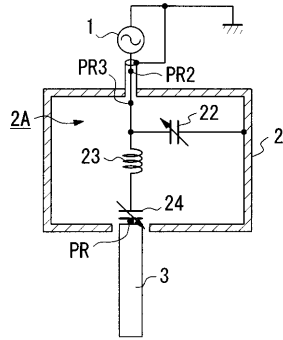
【図 1】



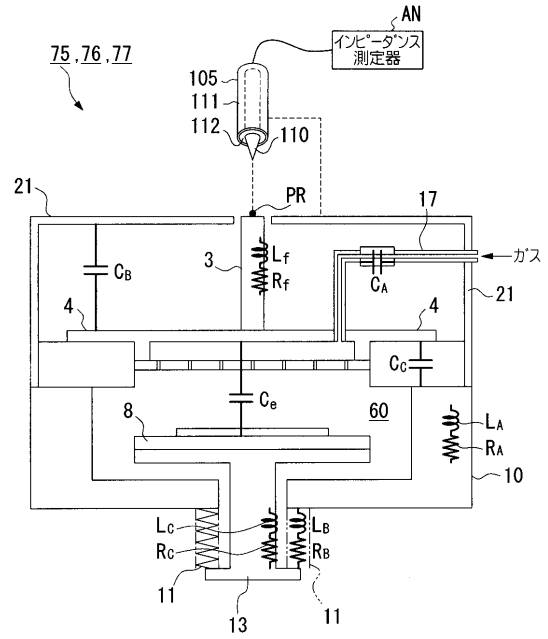
【図 2】



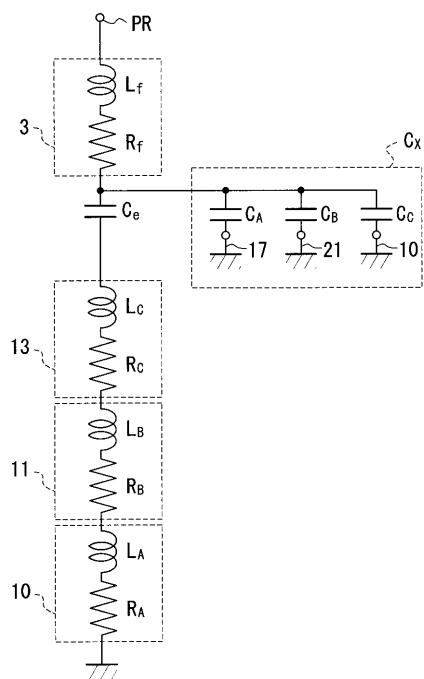
【図 3】



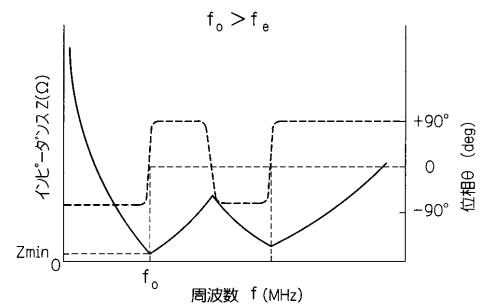
【図 4】



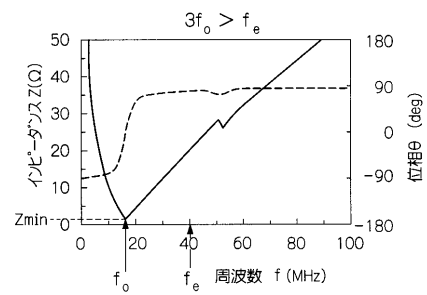
【図 5】



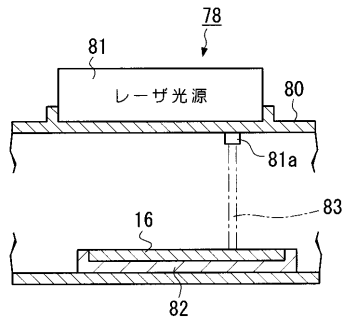
【図 6】



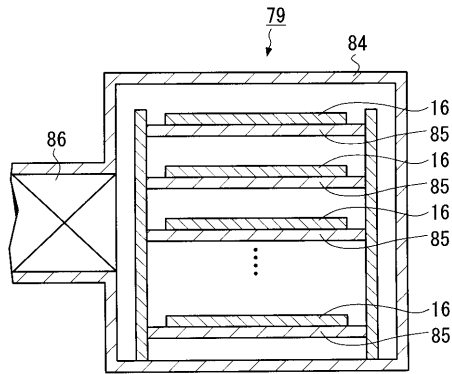
【図 7】



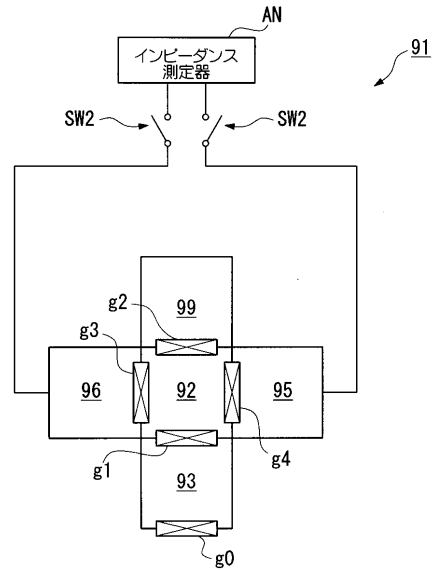
【図 8】



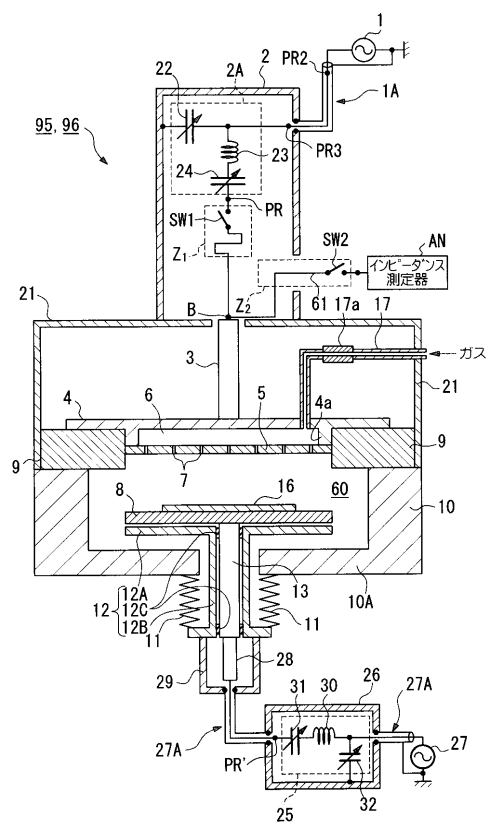
【図 9】



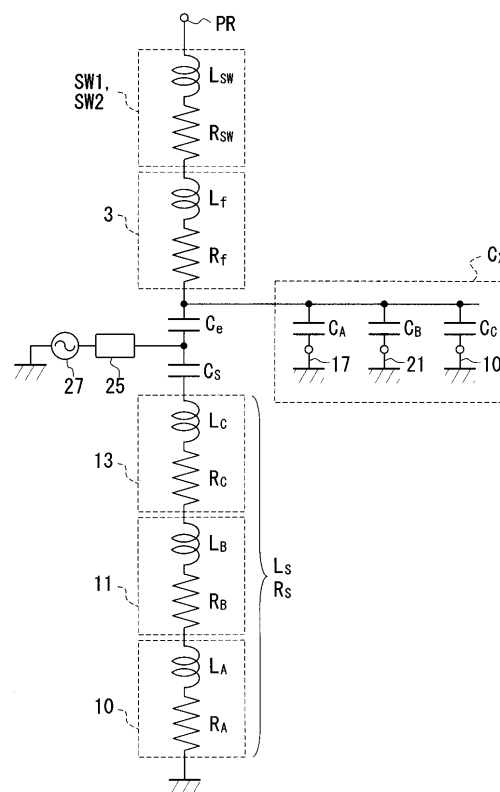
【図 10】



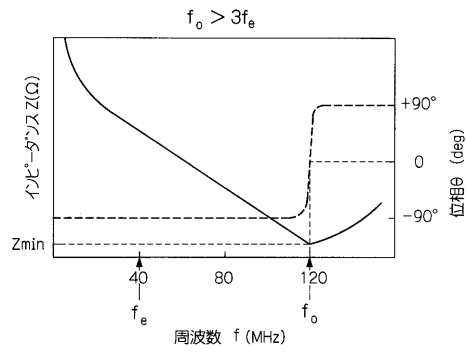
【図 11】



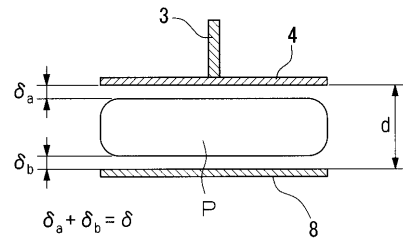
【図 12】



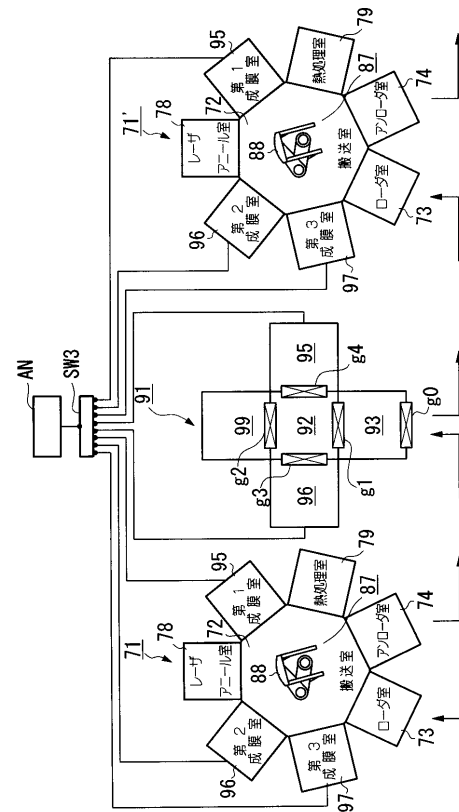
【図 1 3】



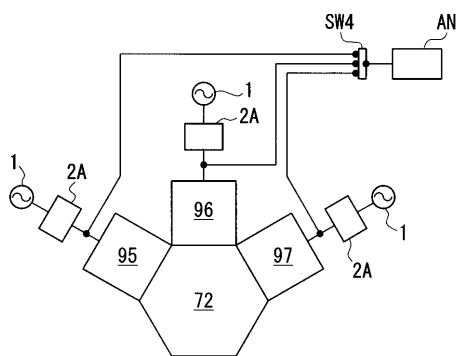
【図 1 4】



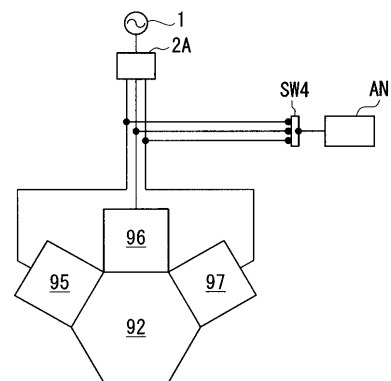
【図 1 5】



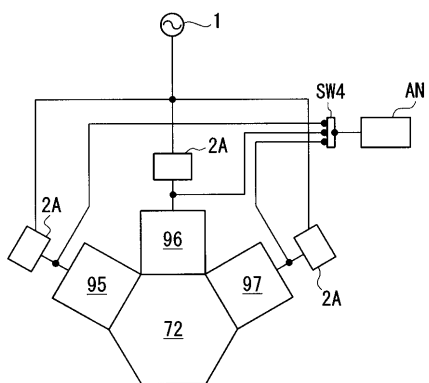
【図 1 6】



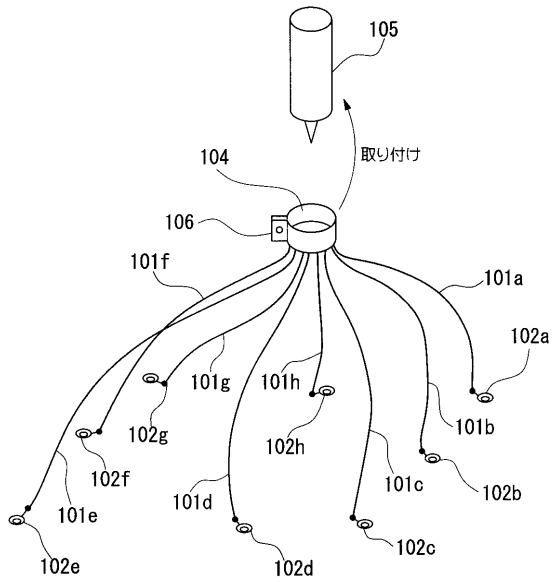
【図 1 8】



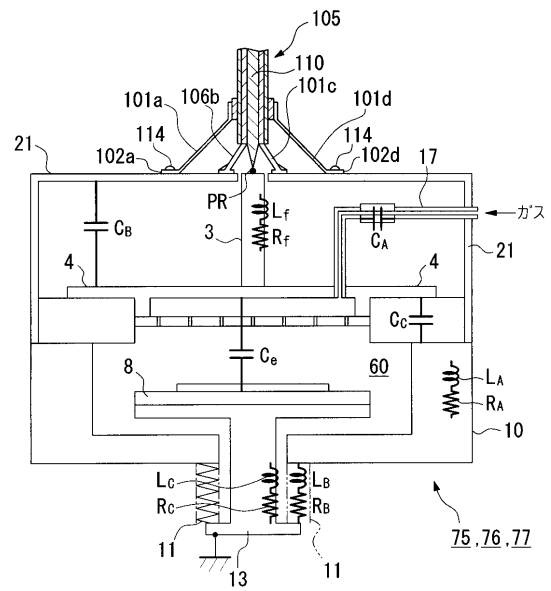
【図 1 7】



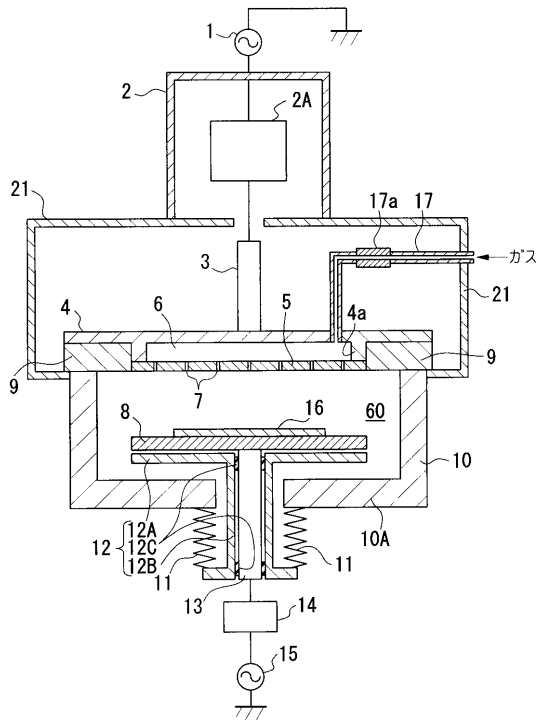
【图 19】



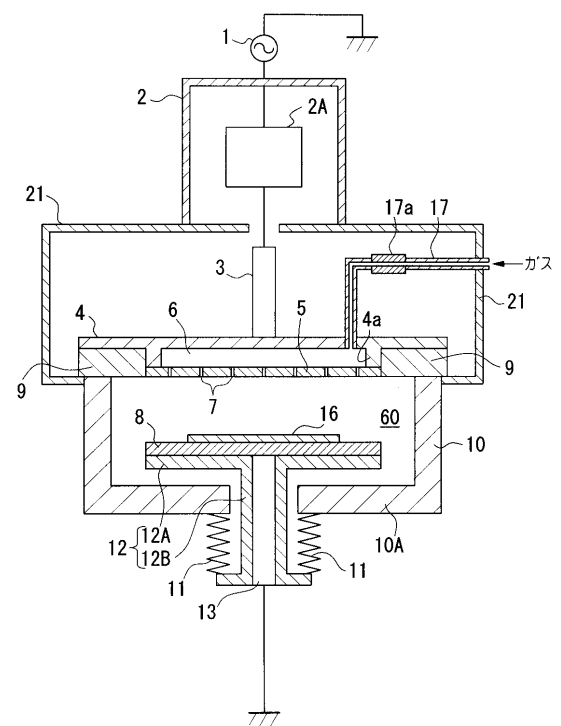
【 図 2 0 】



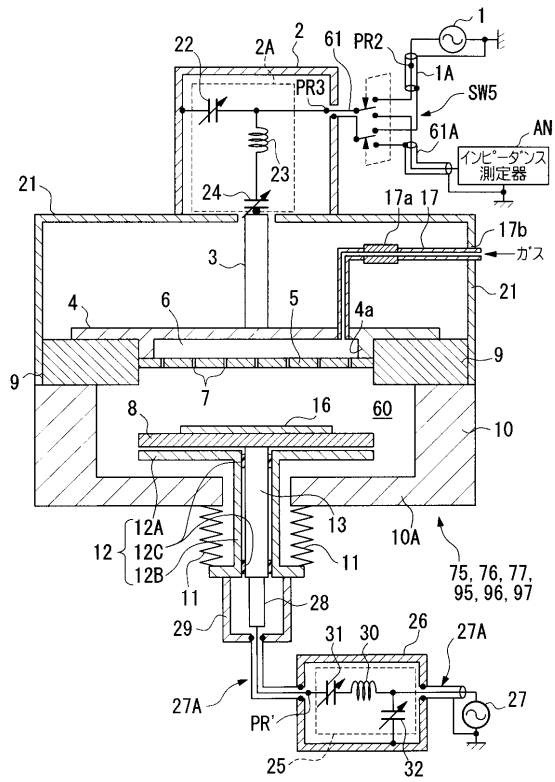
【図 2 1】



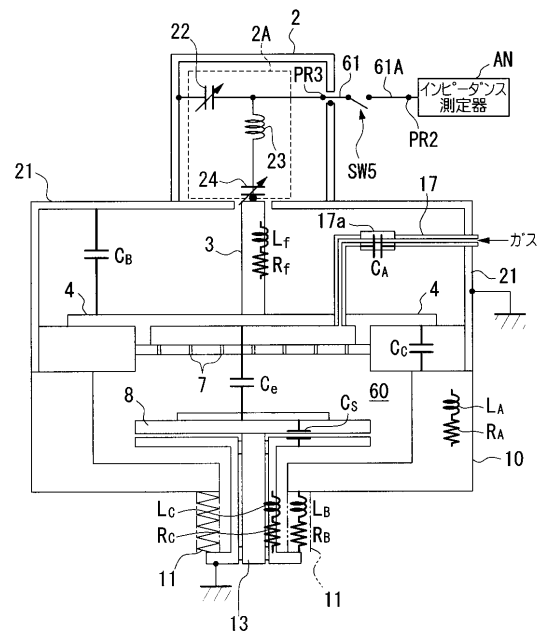
【图 2 2】



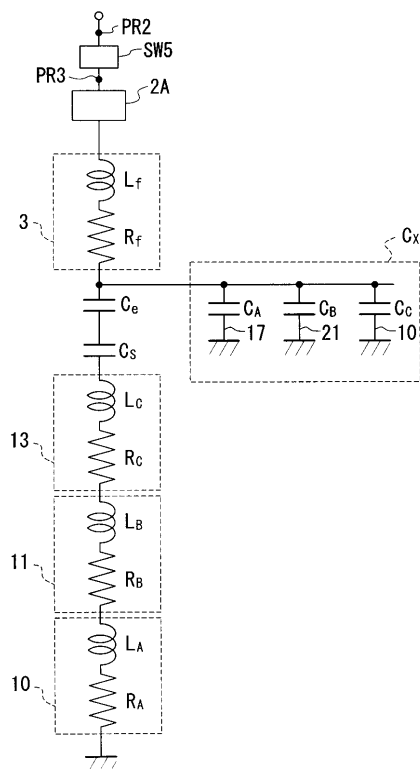
【図 2 3】



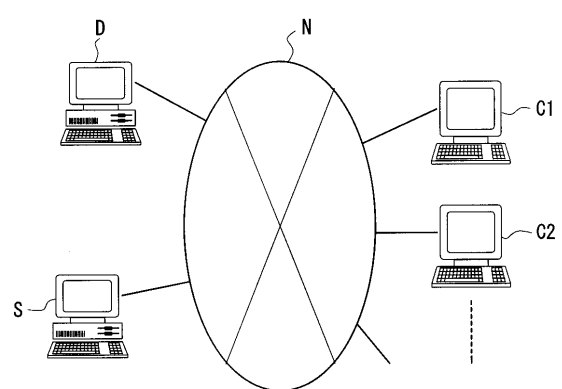
【図 2 4】



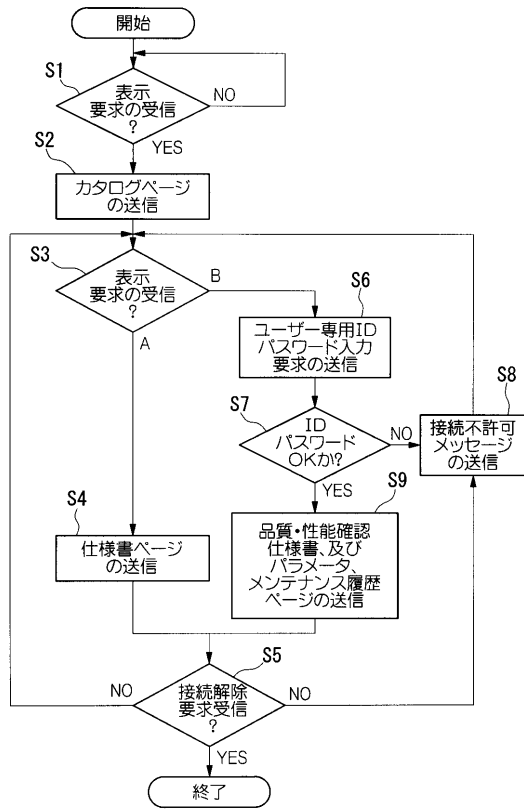
【図 2 5】



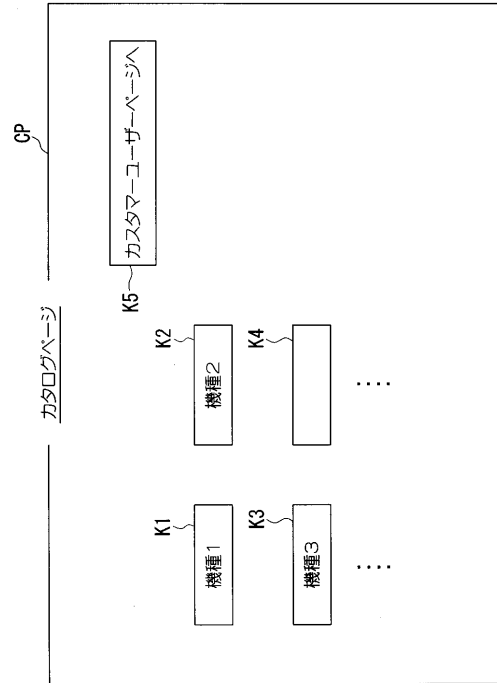
【図 2 6】



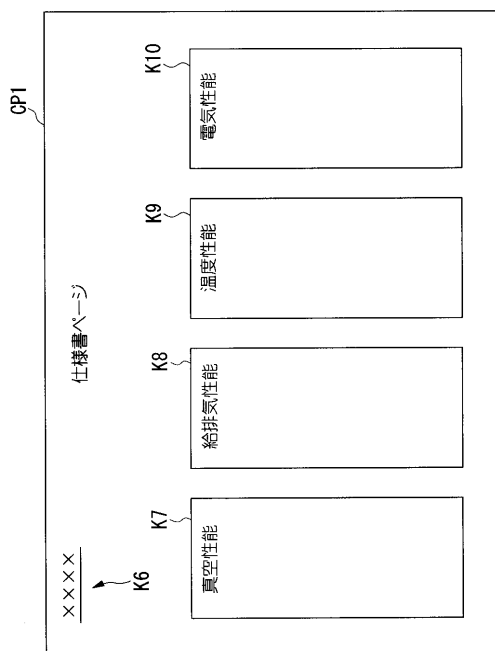
【図 27】



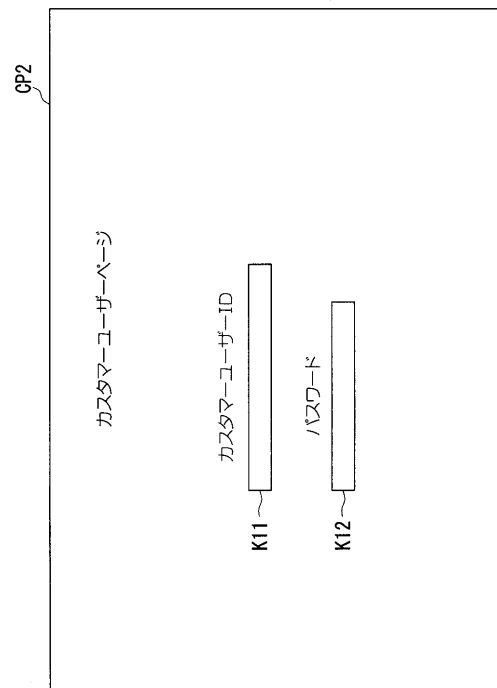
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	
H01L 21/31	H01L 21/31	C
	H01L 21/302	C

(74)代理人 100094400
弁理士 鈴木 三義

(74)代理人 100107836
弁理士 西 和哉

(74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦

(72)発明者 仲野 陽
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72)発明者 大見 忠弘
宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 特開平08-124862 (JP, A)
特開平11-121440 (JP, A)
特開平05-205898 (JP, A)
特開平09-202968 (JP, A)
特開平10-125494 (JP, A)
特開平03-054825 (JP, A)
特開平10-321598 (JP, A)
特開2000-012468 (JP, A)
特開平11-238659 (JP, A)
特開平10-340858 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H05H 1/46
C23C 16/505
C23C 16/52
H01L 21/3065
H01L 21/31
H05H 1/00