

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-21559

(P2010-21559A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/683 (2006.01)	H O 1 L 21/68 R	5 F 0 0 4
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 G	5 F 0 3 1
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 A	5 F 0 4 5

審査請求 有 請求項の数 5 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2009-184433 (P2009-184433)	(71) 出願人	592010081
(22) 出願日	平成21年8月7日 (2009.8.7)		ラム リサーチ コーポレーション
(62) 分割の表示	特願2000-572987 (P2000-572987) の分割		LAM RESEARCH CORPOR ATION
原出願日	平成11年9月10日 (1999.9.10)		アメリカ合衆国、カリフォルニア 950
(31) 優先権主張番号	09/163,368		38, フレモント, クッシング パークウ
(32) 優先日	平成10年9月30日 (1998.9.30)		エイ 4650
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100069981
			弁理士 吉田 精孝
		(72) 発明者	アーサー エム ホーバルト
			アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
			566、プレゼントン、カベルネ コート
			4233

最終頁に続く

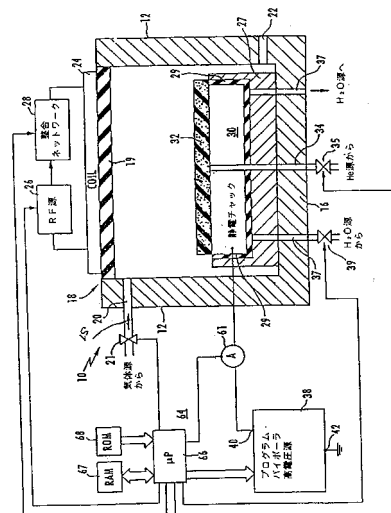
(54) 【発明の名称】 真空プロセッサのワークピースのチャック解除方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】真空プラズマプロセッサ内でワークピースを静電的にチャックおよびチャック解除するための改善された方法および装置を提供する。

【解決手段】真空プラズマ処理チャンバ内で処理されているガラスワークピース32は、ワークピースを締め付けるのに十分なほどの高さに電圧を維持しつつ、処理中にチャック電圧を徐々に削減することによりモノポール静電チャックからチャック解除される。処理の最後にチャックに印加される逆の極性電圧が、チャック解除を補助する。ワークピース温度は、チャック解除を補助するために処理の最後で高い値で維持される。ワークピースをチャックから持ち上げる間にチャックを通して流れるピーク電流が、次のチャック解除動作の間の逆極性電圧の振幅および/または期間を制御する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

真空プロセッサのチャックからワークピースを取外すことを可能にする方法で、チャックは、ワークピースの処理中にチャックの上にシトウでワークピースを保持するようにワークピースにチャック力を加えるようになっており、この方法はワークピースが処理されている間にチャックによってワークピースに加えられる力を効果的にモニターすることと、モニターされた力に応じてチャック力を制御することを含んでいる。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、チャックは DC チャック電圧源に応答する電極を備えた静電チャックであり、チャック力は、チャックによって得られる性電力であり、また、モニターされた力に応じてチャック電圧源を制御することによってコントロールされる。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法であって、チャックを通して流体がワークピースに向かって流れ、流体はチャックに対してワークピースを移動させる傾向を有し、チャックによってワークピースに加えられる力は流体の力と静電力との組合せであり、前記力は、ワークピースに作用する流体の流量をモニターすることにより効果的にモニターされる。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の方法であって、流体は、ワークピースの温度を制御する熱交換流体である。

【請求項 5】

20

請求項 2 に記載の方法であって、チャックとワークピースは、前記 DC 伝達が一定の場合は静電力が時間の経過とともに増加する傾向を有し、静電力がワークピースの処理中に実質的に一定であるように、ワークピースの処理中に DC チャック電力を低減させることを含む。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法であって、チャックを通して流体がワークピースに向かって流れ、流体はチャックに対してワークピースを移動させる傾向を有し、チャックによってワークピースに加えられる力は流体の力と静電力との組合せであり、前記力は、ワークピースに作用する流体の流量をモニターすることにより効果的にモニターされる。

【請求項 7】

30

請求項 6 に記載の方法であって、流体は、ワークピースの温度を制御する熱交換流体である。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の方法であって、ワークピースの処理が終わっている時に、静電チャックに印加されている DC 電圧の極性を逆にすることをさらに含んでおり、該逆極性の電圧は、チャックがワークピースに加える静電力を実質的に取り去るものであり、その後ワークピースをチャックから取外すことを含む。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、ワークピースがワークピースから取外される時にチャック内に流れる電流をモニターすることと、モニターされた電流に応じて、続いて処理される少なくとも 1 つのワークピースのために、チャックに印加される逆極性の電圧を制御すること、をさらに含む。

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、逆極性の電圧の大きさと印加される長さはモニターされる電流に応じて制御され、その逆極性の電圧の大きさ及び印加される長さはワークピースがチャックから取外され且つ再びチャックされないようなものである。

【請求項 11】

請求項 2 に記載の方法であって、ワークピースの処理が終わっている時に、静電チャックに印加されている DC 電圧の極性を逆にすることをさらに含んでおり、該逆極性の電圧は、チャックがワークピースに加える静電力を実質的に取り去るものであり、その後ワーク

50

ークピースをチャックから取外すことを含む。

【請求項 1 2】

請求項 2 に記載の方法であって、ワークピースがワークピースから取外される時にチャック内に流れる電流をモニターすることと、モニターされた電流に応じて、続いて処理される少なくとも 1 つのワークピースのために、チャックに印加される逆極性の電圧を制御すること、をさらに含む。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の方法であって、逆極性の電圧の大きさと印加される長さはモニターされる電流に応じて制御され、その逆極性の電圧の大きさ及び印加される長さはワークピースがチャックから取外され且つ再びチャックされないようなものである。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 2 に記載の方法であって、少なくとも 1 つの続いて処理されるワークピースのためにチャックに印加される逆極性の電圧を制御するモニターされた電流は、ワークピースがチャックから取外される時にチャック内を流れるピーク電流である。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 に記載の方法であって、少なくとも 1 つの続いて処理されるワークピースのためにチャックに印加される逆極性の電圧を制御するモニターされた電流は、ワークピースがチャックから取外される間の所定の期間の間にチャック内を流れる電流の積分値である。

【請求項 1 6】

20

ワークピースをチャックから取り外すための装置を備えた真空プラズマプロセッサであって、ワークピースの処理中にチャックの上にシトゥでワークピースを保持するようにワークピースに力を加えるようになっており、ワークピースが処理されている間にチャックがワークピースに加える力を効果的にモニタリングすることのできるモニターと、モニターされた力に応じて加える力を制御するコントローラーとを備えている。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の装置であって、チャックは DC チャック電圧源に応答する電極を備えた正殿チャックであり、モニターされた力に応じてチャック電圧源を制御するコントローラーが備えられている。

【請求項 1 8】

30

請求項 1 7 に記載の装置であって、チャックを通して流体がワークピースに向かって流れるための溝を備え、流体はチャックに対してワークピースを移動させる傾向を有し、チャックからワークピースに加えられる力は流体の力と静電力との組み合わせであり、ワークピースに作用する流体の流量をモニタリングするための力モニターが備えられている。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の装置であって、熱交換流体源を備えており、熱交換流体源から流れる流体はワークピースに向かって流れる。

【請求項 2 0】

請求項 1 8 に記載の装置であって、チャック及びワークピースは、DC 電圧が一定の場合は静電力が時間の経過とともに増加する傾向を有し、静電力がワークピースの処理中に実質的に一定であるように、ワークピースの処理中に DC チャック電圧を低減するためのコントローラーを備えている。

40

【請求項 2 1】

請求項 2 0 に記載の装置であって、ワークピースの処理が終わっている時に、静電チャックに印加されている DC 電圧の極性を逆にするためのコントローラーを備え、該逆極性の電圧は、チャックがワークピースに加える静電気を実質的に取り去る。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 に記載の装置であって、ワークピースがチャックから取り外される時にチャック内を流れる電流をモニタリングするモニターと、モニターされた電圧に応じて、続いて処理される少なくとも 1 つのワークピースのために、チャックが印加される逆極性の電

50

圧を制御するコントローラーとを備えている。

【請求項 23】

請求項 22 に記載の装置であって、モニターされた電圧に応じて、逆極性の電圧の大きさと印加される長さを制御するコントローラーを備え、逆極性の電圧の大きさと印加される長さは、ワークピースがチャックから取り外され且つ再びチャックされないようなものである。

【請求項 24】

請求項 22 に記載の装置であって、少なくとも 1 つの続いて処理されるワークピースのためにチャックに印加される逆極性の電圧を制御するモニターされた電圧は、ワークピースがチャックから取り外された時にチャック内を流れるピーク電流である。

10

【請求項 25】

請求項 22 に記載の装置であって、少なくとも 1 つの続いて処理されるワークピースのためにチャックに印加される逆極性の電圧を制御するモニターされた電圧は、ワークピースがチャックから取り外され始めた時から所定の期間の間にチャック内を流れる電流の積分値である。

【請求項 26】

請求項 17 に記載の装置であって、チャック及びワークピースは、DC 電圧が一定の場合は静電力が時間の経過とともに増加する傾向を有し、静電力がワークピースの処理中に実質的に一定であるように、ワークピースの処理中に DC チャック電圧を低減するためのコントローラーを備えている。

20

【請求項 27】

請求項 26 に記載の装置であって、ワークピースの処理が終了した後に、静電チャックに印加されている DC 電圧の極性を逆にすることのためのコントローラーを備え、該逆極性の電圧は、チャックがワークピースに加える静電気を実質的に取り去る。

【請求項 28】

真空プラズマ処理室を備えたワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサであって、ワークピースを取り外すための静電チャックと、静電チャックのチャック電圧源と、ワークピースが処理される間にチャックに加えられる力を効果的にモニタリングするモニターと、モニターされた力に応じてチャック電圧を制御するコントローラーとを備えている。

30

【請求項 29】

請求項 28 に記載のチャックは、DC チャック電圧源に応答する電極を備えた静電チャックであり、モニターされた力に応じてチャック電圧源を制御するためのコントローラーを備えている。

【請求項 30】

真空プラズマ処理室でワークピースを処理する方法であって、真空プラズマ処理室は電極を有する静電チャックを備えており、DC チャック電圧を電極に加えることにより、チャックがチャックの上でワークピースを保持できるようになっており、(a)チャック電圧が電極に加えられ、(b)ワークピースがチャックの上であり、さらに、(c)ワークピースがプラズマによって処理されている時に、真空プラズマ処理室でプラズマを用いてワークピースを処理し、ワークピースの処理が終わると電極に印加されている電圧の極性を逆にし、電極に逆極性の電圧が印加された後、チャックがワークピースに対して連続した力が加えられていない間に、チャックからワークピースを取り外し、モニタリングの段階が終了すると、チャックからワークピースを取り外す時にチャック内を流れたチャック電流をモニタリングし、モニターされた電流に応じて、続いて処理される少なくとも 1 つのワークピースのために、チャックに加えられる逆極性の電圧を制御する。

40

【請求項 31】

請求項 30 に記載の方法であって、制御の段階には、逆極性の電圧の大きさの制御も含まれる。

【請求項 32】

50

請求項 30 に記載の方法であって、制御の段階には、逆極性の電圧が印加される長さの制御も含まれる。

【請求項 33】

請求項 32 に記載の方法であって、制御の段階には、逆極性の電圧の大きさの制御も含まれる。

【請求項 34】

真空プラズマプロセッサの静電チャックからワークピースを取り外すことが可能な装置であって、プラズマ処理室を含み、プラズマ処理室はワークピースを固定する静電チャックを有し、チャックは DC チャック電圧源に応答する電極を備え、チャック電圧はワークピースをチャックの上に保持するチャック力を生じさせる値を有し、該装置は、ワークピースがチャックから取り外された時にチャックの中を流れる電流をモニタリングするモニターと、電極に加えられる DC 電圧を制御するコントローラーとを備え、コントローラーは、(a)ワークピースの処理が終了した時に電極に印加される電圧の極性を逆にし、且つ、(b)モニタリングの段階が終了すると、チャックからワークピースを取り外す時にチャック内を流れたチャック電流をモニタリングし、モニターされた電流に応じて、続いて処理される少なくとも 1 つのワークピースのために、チャックに加えられる逆極性の電圧を制御するために設けられている。

10

【請求項 35】

請求項 34 に記載の装置であって、コントローラーは、逆極性の電圧の大きさを制御する。

20

【請求項 36】

請求項 34 に記載の装置であって、コントローラーは、逆極性の電圧が印加される長さを制御する。

【請求項 37】

請求項 36 に記載の装置であって、コントローラーは、逆極性の電圧の大きさを制御する。

【請求項 38】

ワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサであって、真空プラズマ処理室を備え、真空プラズマ処理室は静電チャックを有し、チャックは電極を含み、電極は DC チャック電圧源に接続され、該処理室のためのプラズマ源を備え、チャックの上にシトゥでワークピースが保持されている間に、ワークピースは該処理室でプラズマによって処理され、真空プラズマプロセッサは、チャックの上にシトゥでワークピースを保持するためにワークピースに加えるチャック力を生じさせる値を有したチャック電圧と、コントローラーとを備え、コントローラーは、(a)ワークピースの処理が終わった時に電極に印加される電圧の極性を逆にし、(b)電極に印加される電圧の極性が逆になった後、チャックからワークピースに加えられる力が実質的にゼロになっている間に、チャックからワークピースを取り外すことを制御し、且つ、(c)チャックに加えられる逆極性の電圧を制御するために備えられ、チャックの中を流れる電流のモニターを備え、モニターされた電圧の誘電が終了すると、チャックからワークピースを取り外す時にチャック内を流れたチャック電流をモニタリングし、モニターされた電流に応じて、続いて処理される少なくとも 1 つのワークピースのために、チャックに加えられる逆極性の電圧を制御するために設けられている。

30

40

【請求項 39】

請求項 38 に記載の装置であって、コントローラーは、逆極性の電圧の大きさを制御する。

【請求項 40】

請求項 38 に記載の装置であって、コントローラーは、逆極性の電圧が印加される長さを制御する。

【請求項 41】

請求項 40 に記載の装置であって、コントローラーは、逆極性の電圧の大きさを制御す

50

る。

以下は 19 条補正後の請求の範囲である。

【請求項 1】

チャックを通してワークピースまで流れる流体を有し、チャックは、ワークピース処理中にワークピースをインシトゥで保持するためにチャック力をワークピースにかけ、チャックによりワークピースにかけられる力は、流体力およびチャック力の組み合わせを含み、真空プロセッサのチャックからのワークピースのチャック解除を容易にするための方法であって、ワークピースに作用する流体の流量をモニタリングすることにより、ワークピース処理中にチャックによってワークピースにかけられる力を効果的にモニタリングすること、モニタリングされた力に応じてワークピース処理中にチャック力を制御することとを備える方法。

10

【請求項 2】

チャックが、DCチャック電圧源に応える電極を含む静電チャックであり、チャック力が、チャックによって引き出される静電力であり、モニタリングされた力に応じてチャック電圧源を制御することによって制御される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

流体が、ワークピース温度を制御する熱交換流体である、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

チャックおよびワークピースは、DC電圧が一定である場合に、時間の進むにつれて静電力が増加する傾向を有するようなものであり、ワークピース処理中に、静電力が実質的に一定となるようにワークピース処理中にDCチャック電圧を低下させる、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 5】

ワークピースの処理が完了されるにつれて、静電チャックに印加されるDC電圧の極性を逆にすることをさらに含み、逆の極性電圧が実質的に、チャックがワークピースに適用する静電力を除去してから、チャックをワークピースから取り外す、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

ワークピースがチャックから取り外されるにつれてチャック内を流れる電流をモニタリングすること、モニタリングされた電流に応じて少なくとも 1 つのそれ以降処理されるワークピースのためにチャックに印加される逆の電圧を制御することをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

30

【請求項 7】

逆の電圧規模および期間が、モニタリングされた電流に応じて制御され、逆の電圧規模および期間が、ワークピースがチャックからチャック解除され、再びチャックされないようになる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

少なくとも 1 つのそれ以降に処理されるワークピースのためにチャックに印加される逆の電圧を制御するモニタリングされる電流が、ワークピースがチャックから取り外されるときにチャック内を流れるピーク電流である、請求項 6 または 7 に記載の方法。

40

【請求項 9】

真空プロセッサのチャックからワークピースをチャック解除することを容易にするための装置であって、チャックは、ワークピース処理中にチャック上の所定の場所にワークピースを保持するためにワークピースにチャック力を適用するための源に応え、装置が、ワークピースにチャックを通る流体を結合するための導管を備え、流体はチャックを基準にしてワークピースを移動させる傾向を有し、チャックによってワークピースにかけられる力は、流体力およびチャック力の組み合わせを含み、ワークピースが処理中にチャックによってワークピースにかけられる力を効果的にモニタリングするためのモニタ、およびモニタリングされる力に応じてワークピースが処理されている間にかけられる力を制御する

50

ための制御装置を備え、力モニタが、ワークピースに作用する流体の流量をモニタリングするために配列されている装置。

【請求項 10】

チャックが、DCチャック電圧源に応える電極、モニタリングされる力に応じてチャック電圧源を制御することによってチャック力を制御するように配列される制御装置を含む静電チャックである、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

熱交換流体の源をさらに含み、熱交換流体の源からの流体がワークピースに対して流れる流体である、請求項 9 または 10 に記載の装置。

【請求項 12】

チャックおよびワークピースは、DC電圧が一定である場合に時間が進むにつれて静電力が増加する傾向にあるようなものであり、制御装置が、静電力がワークピース処理中に実質的に一定のままとなるようにワークピース処理中にDCチャック電圧を低下させるために配列される、請求項 9 から 11 のいずれかに記載の装置。

【請求項 13】

制御装置が、ワークピースの処理が完了されるにつれて、静電チャックに印加されるDC電圧の極性を逆にするために配列され、逆の極性電圧が、チャックがワークピースに適用する静電力を実質的に除去するようである、請求項 9 から 12 のいずれかに記載の装置。

【請求項 14】

さらに、ワークピースがチャックから取り外されるときにチャック内を流れる電流をモニタリングするためのモニタと、モニタリングされる電流に応じて少なくとも1つのそれ以降処理されるワークピースに対してチャックに印加される逆の電圧を制御するために配列されている制御装置を含む、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 15】

制御装置が、モニタリングされる電流に応じて逆の電圧の大きさおよび期間を制御するために配列され、逆の電圧の大きさおよび期間が、ワークピースがチャックからチャック解除され、再びチャックされないようである、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 16】

少なくとも1つのそれ以降処理されたワークピースに印加される逆の電圧を制御するモニタリングされる電流が、ワークピースがチャックから取り外されるときにチャックの中を流れるピーク電流である、請求項 12 から 15 のいずれかに記載の装置。

【請求項 17】

真空プラズマ処理チャンバを備えたワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサであって、前記チャンバが、ワークピースをチャックするための静電チャックと、静電チャック用のチャック電圧源とを備え、前記チャックおよびワークピースは、DC電圧が一定である場合は静電力が時間の経過とともに増加する傾向を有し、チャック電圧を制御するための制御装置を含み、前記制御装置が、ワークピースを処理する間静電力が実質的に一定のままとなるように、ワークピースを処理する間に、ある一定範囲の値の全範囲に亘ってDCチャック電圧を低下させるように構成されている真空プラズマプロセッサ。

【請求項 18】

前記ある一定範囲の値は、連続的に低下するある指数関数に近似している、請求項 17 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 19】

前記ある一定範囲の値は、ある指数関数に近似するように段階的に低下する複数のステップから成る、請求項 17 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 20】

前記ある一定範囲の値を格納しているメモリをさらに含む、請求項 17 から 19 のいずれかに記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 21】

10

20

30

40

50

ワークピースが処理されている間にチャックによってワークピースに加えられる力をモニターするためのモニターをさらに含み、前記ある一定範囲の値を導出するために前記モニターが前記制御装置に接続されている、請求項 17 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 22】

電極を備える静電チャックを有する真空プラズマプロセッサ内でワークピースを処理する方法であって、

DCチャック電圧を電極に印加することによってチャックの上にワークピースを保持してチャックにワークピースを適用すること、(a)チャック電圧が電極に印加され、(b)ワークピースがチャック上にあり、および(c)ワークピースがプラズマによって処理されている間に、チャンバ内のプラズマによりワークピースを処理されること、ワークピース処理が完了するにつれて電極に印加される電圧の極性を逆転すること、逆の電圧が電極に印加された後およびチャックが実質的な力をワークピースにかけない間にチャックをワークピースから取り外すこと、ワークピースがチャックから取り外されるときにチャック内を流れるチャック電流をモニタリングすること、およびモニタリングステップを生じさせたワークピースに対してそれ以降処理される少なくとも1つのワークピースのためにモニタリングされた電流に応じてチャックに印加される逆の電圧を制御することを備える方法。

【請求項 23】

制御ステップが、逆の電圧の大きさを制御することを含む、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

制御ステップが、逆の電圧の期間を制御することを含む、請求項 22 または 23 に記載の方法。

【請求項 25】

真空プラズマプロセッサチャンバを含む真空プラズマプロセッサ内で静電チャックからのワークピースのチャック解除を容易にするための装置であって、プロセッサチャンバが、ワークピースをチャックするための静電チャックを含み、チャックが、DCチャック電圧源に応える電極を含み、チャック電圧が、ワークピースをチャック上に保持するためのチャック力を生じさせる値を有し、装置が、ワークピースがチャックから取り外されているときにチャックの中を流れる電流をモニタリングするためのモニタと、電極に印加されるDC電圧を制御するための制御装置とを備え、制御装置が、(a)ワークピースの処理が完了されているときに電極に印加される電圧を逆転するために、(b)モニタリングされている電流を生じさせるワークピースに対しそれ以降処理される少なくとも1つのワークピースのために、モニタリングされる電流に応じてチャックに印加される逆の電圧を制御するために配列される装置。

【請求項 26】

真空プラズマプロセッサが、真空プラズマプロセッサチャンバと、チャンバ内の静電チャックとを備え、チャックが電極、電極に接続されているDCチャック電圧源、チャンバ用のプラズマ源を含み、ワークピースが、ワークピースがチャック上の所定の場所に保持される間にチャンバ内のプラズマによって処理され、チャック電圧が、チャック上の所定の場所にワークピースを保持するためのワークピースに対するチャック力を生じさせるための値を有し、制御装置とを備え、制御装置が、(a)ワークピースの処理が完了されているときに電極に印加される電圧を逆転するため、(b)逆の電圧が電極に印加された後、およびチャックによってワークピースにかけられる力が実質的にゼロである間に、チャックからのワークピースの取外しを制御するため、および(c)チャックに印加される逆の電圧を制御するために配列され、チャック内を流れる電流用のモニタとを備え、制御装置が、ワークピースが、モニタリングされた電流の導出を生じさせたワークピースに対しそれ以降処理される少なくとも1つのワークピースのためにチャックに印加される逆の電圧を制御するためにチャックから取り外されている間にモニタリングされる電流に応えるように配列される真空プラズマプロセッサ。

【請求項 27】

制御装置が、逆の電圧の大きさを制御するために配列される、請求項 25 に記載の装置または請求項 26 に記載のプロセッサ。

【請求項 28】

制御装置が、逆の電圧の期間を制御するために配列される、請求項 25 または 27 に記載の装置。

以下は 34 条補正後の請求の範囲である。

【請求項 1】

ワークピースをチャックに適用すること、DCチャック電圧(38)を電極に適用することによってチャック上にワークピースを保持すること、(a)チャック電圧が電極に印加される、および(b)ワークピースがチャック上にある間にチャンバ内のプラズマでワークピースを処理すること、ワークピースの処理が完了した後、およびチャックがワークピースに実質的に力をかけない間にチャックからワークピースを取り外すこと、ワークピースがチャックから取り外されるときにチャック内を流れるチャック電流(61)をモニタリングすることを備える、電極(36)付きの静電チャック(30)を有する真空プラズマプロセッサチャンバ(10)でワークピース(32)を処理する方法。

10

【請求項 2】

ワークピースへチャックを通して流れる流体(34)を有する真空プロセッサ(10)のチャックからのワークピースのチャック解除を容易にする方法であって、チャックが、ワークピース処理中にチャック上の所定の場所にワークピースを保持するためにワークピースにチャック力をかけ、チャックによってワークピースにかけられる正味力が流体力およびチャック力の組み合わせを含み、ワークピースが、ワークピースに作用する流体の流量(70)をモニタリングすることによって処理されている間にチャックによってワークピースにかけられる正味力を効果的にモニタリングすることを備える方法。

20

【請求項 3】

モニタリングされる力に応じてワークピース処理中にチャック力を制御する(66, 38)をさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

チャックが、DCチャック電圧源(38)に応える電極(36)を含む静電チャックであり、チャック力が、チャックによって導出され、モニタリングされる力に応じてチャック電圧源を制御することによって制御される静電力である、請求項 3 に記載の方法。

30

【請求項 5】

真空プラズマ処理チャンバ(10)でワークピース(32)を処理する方法であって、チャンバは、ワークピースをチャックするための静電チャック(30)、静電チャックに接続されているDCチャック電圧源(38)を含み、チャックおよびワークピースは、一定のDC電圧がチャックに印加される場合に時間が進むにつれて増加する傾向を有するようであり、傾向が克服され、静電力がワークピース処理中に実質的に一定となるように、ワークピース処理中の値の全範囲を通してDCチャック電圧を低下させる(64)ことを備える方法。

【請求項 6】

さらに、ワークピースがチャックから取り外されるときにチャック内を流れるチャック電流(61)をモニタリングすることを含む、請求項 2 から 5 のいずれかに記載の方法。

40

【請求項 7】

モニタリングステップを生じさせたワークピースに対しそれ以降処理される少なくとも 1 つのワークピースのためにモニタリングされる電流(61)に応じてチャックに印加されるDC電圧を制御する(64)ことをさらに含む、請求項 1 または 6 に記載の方法。

【請求項 8】

チャックに印加されるチャック電圧(38)が、第 1 極性を有し、チャックに印加されるDC電圧が、取外しステップ前に第 2 極性に逆転され、制御ステップが逆の電圧用である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

50

制御ステップが、逆の電圧の大きさを制御することを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

制御ステップが、逆の電圧の期間を制御することを含む、請求項 8 または 9 に記載の方法。

【請求項 11】

モニタリングされる電流が、ワークピースがチャックから削除されるときにチャックを流れる電流パルスのピーク値である、請求項 1 および請求項 6 から 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

モニタリングされる電流が、ワークピースのチャックからの取り外しの間の所定期間中、チャック内を流れる電流の総体である、請求項 1 および請求項 6 から 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 13】

逆の電圧が、ワークピースがチャックからチャック解除され、再びチャックされないようである、請求項 8 から 12 のいずれかに記載の方法。

【請求項 14】

チャックおよびワークピースが、チャックがワークピースにかかる静電力が、DC 電圧が一定である場合に時間が進むにつれて増加し、静電力がワークピース処理中に実質的に一定のままとなるように、ワークピース処理中に DC チャック電圧を低下する (64) 傾向を有するようである、請求項 1 から 4、および請求項 6 から 13 のいずれかに記載の方法。

【請求項 15】

ワークピース処理中にチャックを通る流体 (34) をワークピースに対し適用することをさらに含み、流体がチャックを基準にしてワークピースを移動させる傾向を有し、チャックによってワークピースに印加される正味の力が、流体力と静電力の組み合わせであり、ワークピースに作用する流体の流量をモニタリングすることにより正味力を効果的にモニタリングすることを含む、請求項 1 および請求項 3 から 14 のいずれかに記載の方法。

【請求項 16】

流体が、ワークピース温度を制御する熱交換流体である、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

DC チャック電圧が、ワークピース処理中値の全範囲を通して低下する、請求項 1 および請求項 4 から 16 のいずれかに記載の方法。

【請求項 18】

値の全範囲が、ほぼ連続して低下する指数関数である、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

値の全範囲が指数関数を近似する低下ステップの級数である、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

さらに、ワークピース処理中にチャックがワークピースにかかる力をモニタリングすること (70、64)、およびモニタリングされる力に応じて値の全範囲を導出する (64、38) ことを含む、請求項 17 から 19 のいずれかに記載の方法。

【請求項 21】

請求項 1 から 20 のどれかのステップを実行するための装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に処理中にワークピースを適所に保持するためのチャックを含む真空プラズマプロセッサに関し、より詳しくは、チャック解除を容易にする方法およびチャック解除を容易にするための装置に関し、そこでは処理中にワークピースを保持するためにチャックによってかけられる力が効果的にモニタリングされ、制御される。

【 0 0 0 2 】

本発明の別の態様は、静電チャックに印加される電圧が、前に処理されたワークピースがチャックから取り外されたときにチャックを通して流れる電流に応じて、チャックと電圧源の間を流れる電流に応じて制御されるこのようなプロセッサに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 3 】

真空プラズマプロセッサは、ワークピース保持具を備える真空チャンバ、つまりプラズマがエッチングする、および/またはプラズマが材料を付着させる露呈面を有するワークピースを運ぶためのチャックを含む。エッチングおよび付着は、チャンバの中に1つまたは複数の適切な気体を入れること、および無線周波数 (r . f .) フィールドを気体に適用することから生じるチャンバ内での低いインピーダンスプラズマの中のイオンによってとりわけ達成される。

10

【 0 0 0 4 】

ワークピース温度は、ヘリウムなどの不活性熱伝達気体をワークピースの背面に適用することにより制御される。熱伝達気体は、ワークピースと水によって冷却されるチャックの間の熱接触を改善する。典型的には、ワークピースとは、電気伝導性材料 (つまり金属)、半導体または誘電ガラスシートから作られている相対的に薄い基板プレートである。ワークピースは、ワークピース背面で押す熱伝達気体の圧力に逆らってワークピースを適所に保持するためにチャックに締め付けられなければならない。

【 0 0 0 5 】

20

一定のワークピースを静電チャックから取り除くことは、特に、低い抵抗性の誘電ワークピースおよび中間抵抗性の誘電ワークピース (つまり、約 $1 \times 10^{15} \Omega \text{m}$ 未満の抵抗性を備える誘電ワークピース) だけではなく、半導体ワークピースにとっての問題である。Birangらの第5,612,850号と同じ開示を有すると考えられるBirangらの第5,459,632号は、半導体ウェハチャック解除方法を開示し、そこではモノポールチャック電極に印加されるチャック解除電圧が、チャックされた位置にワークピースを維持するために使用される電圧の極性と同じ極性を有する。チャック解除電圧は、チャックとワークピース間の静電引力を最小限に抑えるためにチャック電圧とは異なる大きさを有する。チャック解除電圧に「最適な」値は、経験的に、あるいはワークピースがチャックの上に当初取り付けられているときに生じる電流パルスの振幅をモニタリングすることによって求められる。

30

【 0 0 0 6 】

ワークピースが最初にチャックに適用されるときにワークピースおよび静電チャックを通して流れる電流パルスの振幅をモニタリングすることは、ガラス、誘電ワークピースの処理には適用できない。これは、ワークピースが当初チャックの上に置かれるときには静電チャックと誘電ワークピースの間には電流が流れないためである。ガラスパネルの場合、新しいパネルが最初に静電チャックの上に引き下げられるとき電流パルスはない。これは、前に処理された誘電ワークピース上の残留粘着電荷が、ワークピースが静電チャックから取り外されたときに、その誘電ワークピースとともに離れたためである。

【 0 0 0 7 】

40

Birangらの、米国特許第5,491,603号に指摘されたように、他の2つのBirangらの特許に開示された方法は、非常に短い期間の電氣的なパルスの精密な測定を必要とする。このような精密な測定手順を回避するために、第'603号特許は、静電電位をチャックに適用してから、ウェハとチャック間に気体を入れ、それからウェハとチャック間の気体漏れの速度を観察しつつ、チャックの静電電位を削減することによって「最適」電圧を計算するといういくぶん複雑な方法を開示する。最適チャック解除電圧は、漏れ速度が所定閾値を超えるとときに発生する静電電位の値としてメモリ内に記録される。計算された最適電圧が、プラズマがオフにされるときに、あるいはオフにされた後にチャックに適用されるのは明らかである。プラズマがオフにされた後、ウェハはチャックから持ち上げられる。第'603号特許には、下降中にチャックを介してワークピースに適

50

用されるガスの流量に応じて、ウェハ処理中、チャックに印加されるチャック電圧を制御するという開示はない。第 603 号特許には、チャックによってウェハにかけられる力を、プラズマによるウェハ処理中に実質的に一定に維持するという開示もない。

【0008】

Watanabeらの米国特許第5,117,121号は、バイポーラ静電チャックから半導体ウェハを解放する方法を開示する。半導体ウェハワークピースをバイポーラチャックに締め付けるには、所定の振幅および極性を有する第1DC電圧が、2つのチャック電極の間かけられる。第1DC電圧によって締め付けられた後、およびワークピースがチャックから取り除かれる前、第1電圧の極性と反対の極性を有する第2DC電圧が、チャックが半導体ワークピースに適用している残留引力を排除するためにチャック電極に印加される。第2電圧は、第1極性の電圧の振幅より1.5倍から2倍高い振幅を有する。第2電圧は、第2電圧の振幅に逆比例する時間期間の間、バイポーラ電極に連続的に印加される。見かけ上、第1電圧および第2電圧は経験的に求められる。とにかく、第1電圧および第2電圧の振幅は、ワークピース処理中に行われる測定に応じて求められない。

10

【0009】

したがって、本発明の目的は、真空プラズマプロセッサ内でワークピースを静電的にチャックするおよびチャック解除するための新規の改善された方法および装置を提供することである。

【0010】

本発明の追加の目的とは、処理完了時に静電チャックからのワークピースの取外しを容易にするために、ワークピース処理中に静電チャックによってワークピースに対しかけられる力を効果的に、測定、制御し、それによってウェハのスループットを高める、および高めるための新規の改善された方法および装置を提供することである。

20

【0011】

別の目的とは、処理完了時に静電チャックからのワークピースの取外しを容易にするためにワークピース処理完了時に静電チャックによってワークピースに印加される逆の極性の電圧を制御し、それによってウェハのスループットを高め、および高めるための新規の改善された方法および装置を提供することである。

【発明の概要】

【0012】

本発明の1つの態様に従って、真空プロセッサのチャックからワークピースをチャック解除することは、ワークピース処理中にチャックによってワークピースにかけられるチャック力を効果的にモニタリングし、ワークピース処理中にワークピースにかけられるチャック力をモニタリングされた力に応じて制御することによって容易化される。

30

【0013】

好ましくは、チャックは、静電チャックであり、チャック力はチャックの電極に印加される電圧を制御することによって制御される。力は、好ましくは、ワークピースにチャックを通して流体を流すことによってモニタリングされる。流体は、チャックに対してワークピースを移動させる傾向がある。チャックによってワークピースにかけられる力は、ワークピースに対して流体によってかけられる力とチャックがワークピースに適用する静電チャック力の組み合わせを含む。力は、ワークピースに作用する流体の流量を測定することによって効果的にモニタリングされる。好ましい実施形態においては、流体とは、ワークピースのための熱伝達流体である。

40

【0014】

静電チャックおよびワークピースは、電圧が一定である場合に時間が進行するにつれて増加する傾向を有するそのようなものである。この傾向は、好ましくは、ワークピース処理中に静電力を実質的に一定のままとさせるような方法でチャック電圧を減少させることによって克服される。

【0015】

本発明はチャックがワークピース処理中にワークピースに適用する力をモニタリングし

50

、制御するので、第 603 号特許の複雑かつ面倒な手順が回避される。さらに、本発明は、チャックがワークピースにかかる力が、ワークピース処理中に実質的に一定となるようにする。ワークピース処理中にチャック力を実質的に一定に維持することは、とりわけ、それが (1) ワークピースに対するクーラントの流れがさらに正確に制御できる、例えば実質的に一定に維持することができるため、ワークピース温度のさらに正確な制御を可能とする、および (2) ワークピース処理が完了した時、チャックからのワークピースの迅速な取り外し、およびワークピースの高い処理能力を達成するために、適正な時間の長さで適正な大きさの逆極性電圧のチャックへの適用を可能にするためにきわめて有利である。

【0016】

静電チャックからのワークピースの取り外しを容易にするためには、静電チャックに印加される電圧の極性は、ワークピースの処理が完了するときに (つまり処理が完了する直前、または処理が完了するときに) 逆転される。逆の電圧は、ワークピースへ印加されるチャック力を実質的に除去する。次にワークピースは、実質的にチャックから除去される。逆の電圧は、好ましくは、過去に処理されたワークピースがチャックから取り外されるときにチャックの中を流れている電流をモニタリングすることによって制御される。

【0017】

逆電圧規模および期間は、好ましくはモニタリングされた電流に応じて制御される。逆電圧規模および期間は、チャックからチャック解除され、それによってチャックし直されないほどである。1つの実施形態においては、電流のモニタリングされたピーク値は、逆電圧を制御する。別の実施形態においては、所定の時間期間中モニタリングされた電流の積分値が逆の電圧を制御する。

【0018】

本発明の前記のおよび追加の目的、特徴および利点は、特に添付図面と関係して解釈されるときに、その特定の実施形態の以下の詳細な説明を考慮するときに明らかになるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】ガラス誘電シートワークピースを所定の場所に保持するための静電チャックを含む真空プラズマプロセッサの概略図である。

【図2】ガラス誘電シートワークピースと組み合わせられて、図1のプロセッサで使用されるように特に適応されるモノポール静電チャック実施形態の側面断面図である。

【図3】ガラス、静電シートワークピースが所定の場所でない図2に示されている構造の平面図である。

【図4a - 4c】それぞれ、ガラス誘電ワークピースを締め付けるモノポール静電チャック、ワークピースを締め付けるチャックの同等な回路、およびワークピースを締め付けるチャックのほぼ同等な回路の断面図である。

【図5】中間抵抗性ガラスワークピースを締め付けることを含む、本発明のある実施形態を説明する上で有効な波形である。

【図6】典型的な中間抵抗性ガラスワークピースの温度の関数としての放電時間定数 (τ) の近似同等プロットである。

【図7】本発明の追加実施形態の部分概略図であり、そこでは処理中にチャックに印加される電圧は、クーラントの流量定数を維持するために制御される。

【発明を実施するための形態】

【0020】

いま、図面の図1が参照され、そこでは誘電基板をエッチングする、あるいは誘電基板上にフィルムを付着させるために使用できるプラズマプロセッサが、矩形の金属、好ましくは陽極酸化されたアルミニウム側壁12によって形成されている電氣的に接地され、密封された外面を有する右側の平行なパイプ配管として好ましくは構成されている真空チャンバ10を含むとして示されている。真空チャンバ10は、矩形の金属、好ましくは陽極

10

20

30

40

50

酸化されたアルミニウムの底部端板 16、および誘電ウィンドウ構造 19 を含む矩形上部端板構造 18 も含む。チャンバ 10 のこれらの外面の密封は、従来のガスケット（図示せず）によって実現される。

【0021】

プラズマに対し励起できる適切な気体が、線路 15、ポート 20、および弁 21 を介して気体源（図示せず）からチャンバ 10 の内部に供給される。チャンバ 10 の内部は、側壁 12 内のポート 22 に繋がれている真空ポンプ（図示せず）によって、典型的には 0.5 から 100 ミリトルの範囲の圧力で、真空状態で維持される。真空チャンバ 10 の中の気体は、実質的には、窓 19 のすぐ上に取り付けられ、自動制御されているリアクタンス（図示せず）を含む整合ネットワーク 28 を介して r . f . 源 26 によって励起される平面状のコイル 24 などの適切な電源によってプラズマ状態に励起される。しかしながら、プラズマ生成の任意の適切な方法が利用できることが理解されなければならない。

【0022】

静電チャック 30 は、電氣的に絶縁するシート 29 によってチャックから電氣的に減結合される接地金属ベース 27 を含むサポート構造でチャンバ 10 の中に固定して取り付けられている。ベース 27 は、底部端板 16 に固定される。チャック 30 は、プラスチックではない誘電基板、典型的にはフラットパネルディスプレイを形成するために使用される平らなガラス基板シートを含むワークピース 32 を選択的に保持するように特に設計されている。ガラスは、受動的な電気特性を決定した、例えば、誘電定数および抵抗性を決定した複数の異なる種類の内の任意であってよい。ガラス抵抗性は、低抵抗性が約 1×10^8 と約 1×10^{11} オームメートル (Ωm) の間であり、中間抵抗性が約 2×10^{11} と約 $1 \times 10^{15} \Omega m$ の間であり、高抵抗性が約 $1 \times 10^{15} \Omega m$ を超えるように低範囲、中間範囲、または高範囲の 1 つを有することによって特徴付けられる。

【0023】

抵抗性は、ガラス化学組成および温度に依存し、抵抗性は温度が上昇するにつれて低下する。ガラスワークピースのすべては、温度が 10 上昇するたびに約 2.5 倍、抵抗性が低下する。ガラスワークピースの誘電定数は約 5.6 と 7.7 の間の範囲、つまり約 6 と 2 分の 1 である。低抵抗性範囲、中間抵抗性範囲および高抵抗性範囲での 3 つの例示的な種類のガラスの誘電定数および抵抗性は、表 1 の 3 行にそれぞれ述べられている。

【0024】

【表 1】

ガラス種類	誘電定数	抵抗性 ($\Omega \cdot m$)		
		20deg c	60deg c	80deg c
ソーダライム	7.6	1×10^{11}	4×10^9	8×10^8
ホウ珪酸塩	6.7	5×10^{12}	1×10^{12}	2×10^{11}
アルミノ珪酸塩	5.7			10^{15}

ガラスシートは、典型的には、1.1 mm という名目厚さ、 ± 0.1 mm という厚さ公差、および非常に滑らかな表面を有し、最大ピーク間荒さは 0.02 ミクロンである。ガラスシートは、生産時、わずかに曲がっていたり、波状になっている場合がある。多様なプロセスステップ、特に付着を経過した後に、ガラスシートは大幅にさらに曲がったり、波状となり、チャンバ 10 内でのそのプラズマ処理中に基板シート 32 を平らにするさらに大きな必要性を生じさせる。

【0025】

ワークピース 32 の温度は、典型的には、チャック 30 を通して導管 34 と弁 35 を介して適切な源（図示せず）からワークピース背面に、つまり処理チャンバ 19 内のイオン

に露呈されないガラス基板の面にヘリウムガスを供給することによって、および水とエチレングリコールの混合物などのクーラント液体を、導管 37 および弁 39 を介してチャック 30 に適切な源（図示せず）から供給することによって、25 °と100 °の間であるように制御される。典型的には、ワークピース 32 の背面に適用されるヘリウムガスの圧力は5から15トル範囲にあり、導管 34 を通るヘリウム流量は5から70 s c c m 範囲にある。ヘリウムは、圧力変換器を通して導管 34 の中に、弁棒およびその他方のアームがポンプへの制御された開放を有するオリフィスを通して繋がれている「T」接続部の一方のアームを介して源から流れる。すべての実施形態において、ワークピース背面に適用されるヘリウムの圧力は、導管 34 内の流量制御装置によって実質的に一定に維持される。すべてのクーラント流量に関し、ワークピース 32 の背面にかけられる気体の圧力は、チャック 30 から離してガラスシート 32 を押す、つまりチャックがワークピースに静電力をかけない場合に、チャックを基準にしてガラスシートを移動させるほど十分である。ヘリウムガスは、ワークピースとチャック 30 間で熱を伝達することによって、つまり伝導によってワークピース 32 を冷却する。チャック 30 は、導管 34 を介してそれに流れる液体クーラントのため、相対的に冷たいヒートシンクとして動作する。

10

【0026】

チャック 30 は、高い熱伝導率経路が、チャックを通して、導管 37 を通って流れる冷却液から基板 32 に提供されるように構築される。

【0027】

ワークピース 32 の背面は、溝がつけられているチャック表面の部分内を除き、チャック 30 の平らな平面状の平面に当接する。チャック 30 は、ワークピースの露呈面が平らであり、チャックの平らな平面状の面に実質的に平行な面内にあるように、ワークピースに力がかかる。この結果は、ワークピース 32 がチャック上に置かれたときに曲がったり、波状になる可能性があるとしても、および導管 34 を通って流れるヘリウムガスがチャック 30 の平らな平面状の面から離れてチャンバ 10 の中に上方にワークピースを曲げる傾向にも関わらず達成される。また、チャック 30 は、ワークピースの背面がチャック 30 の平らな平面状の面の溝が付いていない部分に当接するとしても、ワークピース 32 の背面のかなりの部分に接するように構築される。

20

【0028】

図 2 および図 3 に示されているように、静電チャック 30 は、低域無線周波数拒絶フィルタ（図示せず）を含む、プログラムされた DC 源 38 の電圧端子 40 に繋がれている高い伝導性の金属（好ましくはアルミニウム）プレートとして形成されている唯一の電極を有するモノポール素子である。チャンバ 10 内でのプラズマによるワークピース 32 の初期処理の間、端子 40 での電圧は、ハウジング 10 の金属壁に繋がれている接地端子 42 における源 38 の電圧を基準にして、典型的には数千ボルト、例えば 5000 ボルトである。端子 42、チャンバ 10、およびチャンバ内のプラズマは、すべてほぼ同じ DC 接地（つまり基準）電位である。電圧源 38 は、端子 40 が、接地端子 42 での電圧を基準にして負または正どちらかの電圧であるように構築することができる。チャンバ 10 内でのプラズマによるワークピース 32 の処理の間、端子 40 での電圧は、好ましくは、ワークピース 32 の露呈面に対し相対的に低い移動度の正のイオンを引き付けるために端子 42 に関して負である。負の極性は、それが、電源 38 に対する有害な影響の尤度を削減するため有利である。

30

40

【0029】

無線周波数バイアス電圧は、イオンエネルギー制御用のチャック 30 に供給される。この目的のため、r . f . 源 60 は、整合ネットワーク 62 をおよび直列 DC 阻止コンデンサ 164 を介して、チャック 30 のプレート 36 に繋がれる。きわめて可動性のプラズマ電子が、低い移動度の重いプラズマイオンよりはるかに大きな範囲までチャックに引き付けられるため、AC バイアス電圧により、チャック 30 は、負の DC 電圧まで充電されるようになる。

【0030】

50

プレート 36 の前部、つまりガラスワークピース 32 に最も近いプレートの面は、好ましくはプレート 36 の前面を完全に覆う陽極酸化された、除気しない層として形成される、保護電気絶縁物 59 によって覆われている。絶縁物層 59 の厚さは、典型的には約 0.1 mm であり、決定された受動的な電気パラメータ、例えば、決定されたキャパシタンスおよび抵抗性につながる、求められた誘電定数および抵抗性を有する。

【0031】

プレート 36 の残りは、やはり除気しない（通常、プラスチックではなく、好ましくはセラミックである）材料から作られている、誘電電気絶縁体本体 44 によって取り囲まれる。本体 44 は、電極とチャンパ内のイオンの間に多大な DC 電位差があるように、電極プレート 36 が、チャンパ 10 内のイオンに電氣的に接触するのを妨げる。この目的のため、絶縁体本体 44 は、その中に凹部 46 を有するプレートの形状をしている。金属プレート 36 は、プレートの周辺端縁が本体 44 のフランジ 48 の内壁 47 に接するように凹部 46 の中に位置し、ワークピース 32 は、基板がプレート 36 の上面を完全に覆うようにプレート 36 を基準にした寸法で作られる。

【0032】

導管 34 を通って流れるヘリウムガスが、ガラスワークピース 32 の背面の多大な部分に接触することができるためには、プレート 36 の滑らかな平面状の上面 53 には、そのすべてが互いに及び導管 34 と流体が流れる関係にある、間隔をあけて配置され、相互接続された溝 54（図 3）が具備される。導管 34 は、その導管及び溝が接続された中央穴 55 を含むチャックにより、効果的にチャック 30 を通して伸びる。ワークピース 32 がチャック 30 の上の適所に締め付けられると、ワークピースの露呈される平面状の上面が、上面 53 に平行な平面の中で伸びる。絶縁物本体 44 は、クーラント液体が通路を通して流れるように、導管 37 との流体流量関係で通路 65 を含む。絶縁物本体 44 および金属プレート 36 は、高い熱伝導率を有し、通路とワークピース 32 の間には短い距離があるため、ワークピース 32 から通路 65 内のクーラントへ容易に伝達される。

【0033】

動作中、前述された種類のガラス誘電基板ワークピース 32 は、電極 36 に繋がれている DC 源 38 の電圧が、その付勢電源（図示せず）から切り離されている DC 源のためにゼロであるときに、絶縁層 59 に置かれる。ワークピース 32 が絶縁物 44 によって完全に取り囲まれている層 59 の上に置かれた後に、源 38 は、その付勢電源に繋がれる。それから、冷却気体が、弁 35 を開くことによって導管 34 に供給される。

【0034】

ワークピース 32 は、チャック電極 36 に電氣的に繋がれ、チャックを通して垂直に延び、チャック上面の上に持ち上げられる一式の垂直に駆動される金属の持ち上げピン（図示せず）にワークピースを届けるロボットアーム（図示せず）によってチャック 30 の上に置かれる。ワークピース 32 がガラスであるため、ワークピース底面は電極 36 および持ち上げピンの電圧とは無関係の電圧である。ピンが引き下げられると、ワークピース 32 は絶縁物 59 の上に載り、ピンから間隔をあけ置かれる。処理が完了した後、小さい締め付け力がチャック 30 によってワークピース 32 にかけている間、ときどき、ワークピースはピンをワークピースに対して持ち上げることによってチャックから取り外される。それから、ピンは、処理されたワークピースをロボットアームへ戻す。

【0035】

露呈された面は実質的にはチャンパ 10 内の基準電位でイオンに接触するため、電荷層 58 は、ガラスワークピース 32 の露呈された上面の上に形成される。その結果、層 58 は、チャンパ 10 の接地電圧に近い基準電位である。源 38 がオンにされ、開閉器 61 が閉じられると、電流が端子 40 から電極 36 に流れ、変位電流が絶縁層 59 およびガラスワークピース 32 を通って電極 36 から流れ、電流はチャンパ 10 内のプラズマを通してワークピース 32 の露呈上面からチャンパ壁部に、それから源 38 の接地端子 42 へ、流れ、回路を完了する。この電流の流れは、電極 36 とワークピース 32 の上面の間に形成されるコンデンサの誘電体の充電を生じさせる。源 38 の電圧は、電極 36 とワークピー

10

20

30

40

50

ス 3 2 の上面の間に形成されるコンデンサの誘電体上の電荷がワークピース 3 2 と電極 3 6 の間に、ワークピースをチャック 3 0 に締め付けるほど十分な引力を生じさせるほど高い。

【 0 0 3 6 】

源 3 8 の電圧は、ワークピース 3 2 の厚さ全体の電荷がワークピース（つまり基板）を絶縁層 5 9 の上面 5 3 に締め付けるためにワークピース全体で引力を生じさせるほど十分に高い。ガラス誘電ワークピース 3 2 を締め付けるために必要とされる源 3 8 の電圧の値（典型的には約 5 0 0 0 ボルト）は、モノポール静電クランプに半導体または金属ワークピースを締め付けるために必要とされる電圧よりはるかに高い。高い電圧は、ワークピース 3 2 および絶縁層 5 9 の厚さ全体で電極プレート 3 6 からワークピースの露呈面上の電荷層への締め付け圧力を確立するために必要である。通常、ワークピース 3 2 にかかる締め付け力は、導管 3 4 を通って流れる H e によってワークピースの背面にかけられる力の約 2 倍である。

10

【 0 0 3 7 】

低抵抗性および中間抵抗性のガラスワークピースの場合、処理完了時に電荷および電圧が、ワークピース 3 2 上に留まる傾向がある。ピンがワークピースをチャック 3 0 から持ち上げるに時に、電荷および電圧がガラスワークピース上に残っている。ガラスワークピース 3 2 はチャック 3 0 から完全に解放されず、処理プラズマが前記電気回路を完了するように存在するときには、電荷はガラスワークピースの底部で閉じ込められ、イメージ電荷が上部および電極 3 6 の上で形成する。イメージ電荷は、イメージ電荷がワークピース 3 2 の底面上で閉じ込められている電荷に引き付けられるために電極 3 6 上にある。

20

【 0 0 3 8 】

プラズマがワークピース上面を基準電圧に維持するようにチャンバ 1 0 内にある間に、ワークピース 3 2 がチャック 3 0 から持ち上げられる時に、電極とワークピース底面間のキャパシタンスが低下するために、電荷は電極 3 6 とワークピース上面の間に伝達される。その結果、ピンがガラスワークピースをチャック 3 0 から持ち上げるにつれて、電流パルスが電極 3 6 とガラスワークピース 3 2 の底面の間で流れる。

【 0 0 3 9 】

電流パルスの振幅は、プレート 3 6 と源 3 8 の端子 4 0 の間で繋がれる電流計によってモニタリングされる。メータ 6 1 のピーク読取り値は、ピンがチャック 3 0 からワークピースを持ち上げる時、残留電圧およびワークピース 3 2 上の電荷に正比例する。代わりに、メータ 6 1 によって感知される電流の瞬時の振幅は、ピンがワークピース 3 2 を持ち上げ始めてから数マイクロ秒後に開始し、パルスが終了する前に終了する所定の期間検出される。前記メータ 6 1 の瞬時の出力は前記期間中に積分される。コンピュータシステム 6 4 が、ピーク振幅を決定するか、あるいはメータ 6 1 によって感知される電流の値を積分する。後述されるように、続いて処理される少なくとも 1 つのガラスワークピース 3 2 がチャック 3 0 から取外される間にチャック 3 0 がこのようなワークピースに加えるクランプ力を制御するために、コンピュータシステム 6 4 はメータ 6 1 の読みに応答する。

30

【 0 0 4 0 】

マイクロプロセッサ 6 6、ランダムアクセスメモリ（RAM）6 7、および読取専用メモリ（ROM）6 8を含むコンピュータシステム 6 4 が、r . f . 源 2 6 および整合ネットワーク 2 8 の反応インピーダンスをオン、オフすることだけではなく、源 3 8 によって引き出される時間変化電圧の振幅、弁 2 1、3 5、および 3 9 の開閉も制御する。マイクロプロセッサ 6 6 は、ROM 6 8 に記憶されているプログラムに対して、RAM 6 7 に記憶されている信号値に対して、および弁 2 1、3 5、3 9、高電圧源 3 8、および r . f . 源 2 6 を制御するために電流計 6 1 によって感知されるパルス内の電流の振幅に対して応答する。さらに、マイクロプロセッサ 6 6 は、整合ネットワーク 6 9 のリアクタンスを制御するために、適切な変換器（図示せず）から引き出されるように、（1）源 2 6 の出力電力および（2）源に反射し直される電力の値に呼応する。源 2 6 の付勢だけではなく源 3 8、弁 2 1、3 5 および 3 9 を制御するために ROM 6 8 の中に記憶されている動作

40

50

も前述されている。整合ネットワーク 28 のリアクタンスの制御を除く、マイクロプロセッサ 66 によって実行される動作も手動で実行することができる。

【0041】

フラットパネルディスプレイに使用されるさまざまな種類のガラスワークピースは、チャック 30 からのガラス基板 32 のチャック解除に影響を及ぼす、抵抗性およびキャパシタンスなどの異なる受動的な電気特性を有する。高抵抗性ガラス誘電基板 32 は、チャック 30 に締め付けられるとき、源 38 によってチャックにかけられる電圧がゼロに削減されると基板から容易に解放される。前述されたように、私達は、低抵抗性誘電ワークピースおよび中間抵抗性誘電ワークピース 32 が、チャックに印加される高電圧がゼロに削減されるときにチャック 30 から解放されないことに気付いた。特に、異なる抵抗性は、ガラス誘電ワークピースの中に蓄積される電荷に影響を及ぼし、チャック 30 からワークピースを迅速に取り外す能力に悪影響を及ぼすことがある。

【0042】

図 4 a、図 4 b および図 4 c は、それぞれ (a) (金属プレート 36 および絶縁物層 59 を含む) チャック 30 および締め付けられたガラス誘電ワークピース 32 の断面図、(b) 図 4 a の構造のほぼ同等な回路図、および (c) 図 4 a の構造の近似回路図である。金属プレート 36 とガラス 32 間の絶縁物 59 を備えることに加えて、図 4 a に示されている構造は、絶縁物上面とガラスワークピース 32 底面の間の真空隙間を含む。隙間は、多くの場合ジョンセン - ローベック (Johnsen - Rahbek) 隙間と呼ばれる。絶縁物 59、隙間およびガラスワークピース 32 は、それぞれ d_A 、 d_{JR} および d_G という既知の近似厚さを有する。絶縁物 59、隙間およびガラスワークピース 32 のそれぞれの DC 源 38 に対するインピーダンスは、抵抗器と平行のコンデンサとして表すことができる。キャパシタおよび抵抗は、それぞれ、電極プレート 36 の上面と絶縁物層 59 の上面の間のキャパシタンスおよび抵抗の場合 C_A 、 R_A 、絶縁物層 59 の上面とガラスワークピース 32 の、つまりジョンセン - ローベック隙間の底面の間のキャパシタンスおよび抵抗の場合、 C_{JR} 、 R_{JR} 、およびガラスワークピース 32 の上面と底面の間のキャパシタンスおよび抵抗の場合 C_G 、 R_G によって図 4 b に表されている。絶縁物 59、ジョンセン - ローベック隙間およびガラスワークピース 32 の平行な同等な受動回路構成部品は、互いにとって直列接続されている。隙間ワークピース 32 の上面は、チャンバ 10 内のプラズマのほぼ基準 (つまり、接地) 電圧である。絶縁層 59 の底面は、源の抵抗に等しい、電極プレート 36 と抵抗器 R_0 を通して、DC 源 38 の電源電圧 (V_{ESC}) に接続される。ワークピース 32 の底面は、処理中、源 38 の電圧とワークピースの露呈面との間のいくらかの電圧になっている。

【0043】

表 1 に関して前述されたように、中間ガラスワークピースおよび低抵抗性ガラスワークピースの場合、ジョンセン - ローベック隙間抵抗は、絶縁物層 59 の抵抗よりはるかに大きく、絶縁物層 59 は、順に、誘電ガラスワークピース 32 の抵抗より大きい。チャック 30 から低抵抗性ガラス誘電ワークピースおよび中間抵抗性ガラス誘電ワークピースをチャック解除する上で関連する重要な時間尺度の場合、絶縁物層 59 とジョンセン - ローベック隙間 30 の組み合わせは、絶縁物抵抗 (R_A) および絶縁物キャパシタンス (C_A) にほぼ等しい抵抗およびキャパシタンスを有する単一層として処理することができる。

【0044】

これは、図 4 c に示されているほぼ同等な回路につながり、そこでは絶縁物 59 のキャパシタンス C_A と抵抗 R_A の平行組み合わせは、ガラスワークピース 32 のキャパシタンス C_G および抵抗 R_G の平行な組み合わせと直列である。図 4 c の直列組み合わせ、つまり R_A と平行な C_A および R_G と平行な C_G は、抵抗器 R_0 、源 38 の抵抗と直列である。(図 4 c の回路構成要素および結果として生じる計算は、実際には当てはまらないオーム (Ohmic) としてワークピース 32 および絶縁物 59 の抵抗を処理するため近似である。しかしながら、図 4 c の回路構成要素および結果として生じる計算は、それらが、源 38 の電圧がチャック 30 に印加されなくなったときに高速と低速の時間定数および電圧極性逆

転があることを示すため、有効であるほど十分に正確である)。

【0045】

源38からの電流が、それぞれ(1)抵抗器 R_0 に亘る、(2)金属プレート36の上面とガラスワークピース32の底面の間(つまり、絶縁物層59に亘る)、および(3)ガラスワークピース32に亘るものである時間変化電圧 V_0 、 V_A 、および V_G を確立する。源38によってプレート36を含む静電チャック、絶縁物59およびガラス誘電ワークピース32に印加される電圧は、

$$V_{ESC} = (V_0 + V_G + V_A + V_{plasma})$$

10

であり、この場合 V_{plasma} は、プラズマがガラス絶縁基板32の上部露呈面に加える電圧である。

【0046】

ガラスワークピース32にかけられる締め付け力は、

$$F = \epsilon_0 K^2_A V_A^2(t) A / 2 d_A^2 \quad \dots \dots (1)$$

であり、この場合 k_A は絶縁物層59の誘電定数であり、 ϵ_0 は自由空間の誘電率であり、 A は絶縁物層59の上面の面積に実質的に等しいガラスワークピース32の底面の面積である。

20

【0047】

V_{ESC} のステップ電圧遷移を引き起こす源36のステップ電圧変更に応じて、 $V_A(t)$ の値は、

$$V_A(t) = C_A^+ \exp(-A^+ t) + C_A^- \exp(-A^- t) + V_{A\infty} \quad \dots (2)$$

であり、この場合、

$$A_{\pm} = (f_G r_G + f_A r_A \pm s) / 2$$

$$C_{A\pm} = [A_{\pm} (V_{A\infty} - V_{A0}) + f_A (r_A V_{A0} + V_{G0} - V_{ESC} + V_{plasma})] / (\pm s)$$

$$f_G = 1 / (C_G R_0), f_A = 1 / (C_A R_0), r_G = (1 + R_0 / R_G), r_A = (1 + R_0 / R_A)$$

$$s = \text{sq rt}((f_G r_G - f_A r_A)^2 + 4 f_G f_A), \quad (\text{sq rtは、平方根を示す。})$$

$$V_{A\infty} = V_2(t \rightarrow \infty), V_{A0} = V_A(t = 0), V_{G0} = V_G(t = 0)$$

30

時間定数 $\tau^+ = 1 / A^+$ は、典型的には1秒未満であり、外部抵抗 R_0 を通して直列組み合わせキャパシタンス $(C_G + C_A) / (C_G + C_A)$ を充電することに対応する。時間定数 τ^+ は、 $(V_G + V_A)$ によって定められる同等な回路の総電圧の変化を支配し、ワークピース32に対するチャック30の適切なオン時間である。時間定数 τ^+ に伴い発生する変化は、キャパシタンス C_A と C_G の両方を通した変位電荷の等しい量の動きを含む。

40

【0048】

静電チャック30および誘電ワークピースの放電時間定数、 $\tau^- = a / A^-$ は、抵抗器 R_0 、 R_A 、および R_G を通る直列コンデンサ C_G および C_A の上への電荷の自由な流れのためである。放電時間定数 τ^- は、(1)絶縁物59またはガラスワークピース32の抵抗の小さい方、および(2)絶縁物59またはワークピース32のキャパシタンスの大きい方の積にほぼ等しい。小さい方の抵抗および大きい方のキャパシタンスは、それぞれ R_G および C_A である。中間抵抗ワークピースの積 $R_G C_A$ は、典型的には τ^+ より数桁大きい。 τ^- は、通常、ガラス基板32の静電チャックに対する締め付け力の漸次的な増加、およびソース38の電圧がゼロに低下した後にチャック30によってワークピース32にかけられる残留締め付け力の消失を支配する時間定数である。

50

【0049】

2 個の時間定数 τ^+ および τ^- の影響は、図 5 の波形、正のステップ変化の後の $0 < t < 120$ 秒の場合、 $V_{ESC} = 0$ V から $V_{ESC} = 800$ V へ、および 120 秒後の $V_{ESC} = 800$ から $V_{ESC} = 0$ へのステップ変化の時間の関数としての電圧 V_G および V_A の分析解によって示されている。図 5 の場合、 C_A は C_G より 20 倍大きく、 R_A は R_G より数桁大きく、時間定数 τ^+ は 0.04 秒であり、時間定数 τ^- は 20 秒である。これらの構成要素および時間定数の値は、市販されているフラットパネルディスプレイに使用されるある特定の中間抵抗性ガラスの場合の 40 という温度用である。ワークピース 32 の露呈面が接地している間に 800 V レベルが絶縁物 59 に印加されると、電圧総計 ($V_G + V_A$) は時間定数 τ^- に伴い急激に 800 V まで上昇する。 V_G と V_A 間の初期の電圧分割は、容量性分圧器比率によって確立される。800 V ソースの初期の投入後、 V_c は低下し、締め付け電力 V_A は、時間定数 τ^- に伴いガラスワークピースおよび絶縁物の分圧器値値に向かって上昇する。 $t = 120$ 秒のとき、ESC 電圧はオフ、つまり $ESC = 0$ にされ、総計電圧は時間定数 τ^+ に伴いゼロに急速に減少する。小さい方の積 $C_A \times R_A$ または $C_G \times R_G$ のあるコンデンサ C_A または C_G での電圧は、小さい方の時間定数 τ^+ とともに極性を変更し、それから両方のコンデンサでの電圧が長い方の時間定数 τ^- に伴い消失する。

【0050】

フラットパネルディスプレイの製造で使用されるさまざまなガラスの抵抗性は (表 1 に示すように) 5 桁以上変化するので、時間定数 τ^- もきわめて可変であり、すべての種類のガラスに対して 1 つのチャック解除手順が有効なわけではない。

【0051】

チャック 30 に締め付けられている低抵抗性ガラスワークピースおよび中間抵抗性ガラスワークピースの場合 $R_A C_A > R_G C_G$ であるため、電極 36 によって絶縁物 59 を通ってこのようなワークピースの底面に印加される締め付け電圧 V_A は、チャック 30 が源 38 によって一定の振幅 DC 電圧を供給された後に時間とともに上昇する。適切なチャック解除時間を達成するためには、プラズマによるワークピース処理中に、導管 37 を通って流れる冷却流体の力に逆らってワークピース 32 を元の場所に膠着したままとするのに十分なほど一定の値で締め付け電圧 V_A を維持することが望ましい。これは、ワークピースが締め付けられた後に源 38 によってチャック 30 に適用される電圧の値を、時間の関数として削減することによって達成することができる。

【0052】

理想的には、誘電ガラスワークピース 32 の処理中にチャック電圧 V_A およびチャック力を実質的に一定に保つために、源 38 によって得られる V_{ESC} の値は指数関数的に低減することが好ましい。しかしながら、指数関数を ROM 38 にプログラムすることは幾分難しく、高圧源の振幅を時間とともに指数関数的に低減する関数のように制御することも幾分難しい。指数関数的に減少する電圧およびそれによって達成される効果は、源が、ガラス誘電ワークピース 32 のチャンバ 10 内でのプラズマによる処理中に時間で分けられた低下するステップ電圧を導出するように、マイクロプロセッサ 66 に源 38 を制御させるプログラムを記憶する ROM 68 によって大部分近似することができる。例えば、処理中に急激に低下する電圧は、ガラス誘電ワークピース 32 処理の最初の 15 秒間にプレート 36 に -1500 ボルトという電圧を初期に印加する源 38 によって近似することができる。それから、ROM 68 は、ワークピース処理の 15 秒と 45 秒の間に存在する期間、-800 ボルトまで源 38 の出力電圧を低下させるためにマイクロプロセッサ 64 を制御する。それから ROM 68 は、処理時間の 45 秒から 75 秒の間隔中に源 38 の電圧が -600 ボルトに低下するように、マイクロプロセッサ 66 を制御する。処理時間の 75 秒後、ROM 68 により、マイクロプロセッサ 66 は、源 38 の出力電圧を -500 ボルトに低下させる。約 60 秒の期間を有する相対的に短いプロセスを使用して、このような処理シーケンスは、絶縁物 59 内の溜められている締め付け電荷を、ガラスワークピース 32 を損傷なく絶縁物から持ち上げることができるほど十分に低くすることができる。このプロセスは、特に、中間抵抗性ガラスワークピースに適用できる。高い抵抗性のガラスワークピースは、プログラムされた電圧源を利用する必要はなく、従来の技術による定電

10

20

30

40

50

圧技法がチャック解除の目的に適している。

【 0 0 5 3 】

追加実施形態に従って、源 3 8 の電圧は、チャック 3 0 がワークピースに加えるクランピング力がほぼ一定となるように、ワークピース 3 2 が処理中である間、連続して制御される。このような結果は、ワークピース 3 2 の背面に対する導管 3 4 を通って流れるヘリウムクーラントの流量を一定に、設定されたポイント値に維持するために源 3 8 の電圧を制御することによって達成され、それによって締め付け力は、ワークピース処理中実質的に一定である。

【 0 0 5 4 】

この目的のため、流量センサー 7 0 が、バルブ 3 5 と穴 5 5 の間のヘリウム導管 3 4 で接続される。センサー 7 0 は、例えば、数秒などの相対的に長い時間間隔で平均化されるようなヘリウム流量に比例する信号を作成する。センサー 7 0 の平均化された出力は、實際上、チャック 3 0 がワークピース 3 2 に印加するチャック力を示す。信号は、それが R O M 6 8 に記憶されている事前設定流量信号値と比較されるマイクロプロセッサ 6 6 の入力に供給される。比較の結果、ワークピース処理中にワークピース 3 2 に適用される締め付け力チャック 3 0 をほぼ一定に維持するために電源電圧が変えられるように、マイクロプロセッサ 6 6 が源 3 8 に連続して適用する相対的に長い時間定数制御が生じる。マイクロプロセッサ 6 6 は、比較から生じる誤差（差異）信号を比例積分微分（P I D）制御装置に適用することによって、好ましくは、源 3 8 の電圧を制御するためにプログラムされる。短い時間定数制御は、基板 3 2 の背面上でヘリウムガスによって実行されるガス圧力に呼応して従来の圧力センサー（図示せず）によって提供される。マイクロプロセッサ 6 6 と組み合わせられる圧力センサーは、弁 3 5 および線路 3 4 に供給されるヘリウムガスの圧力を制御する。

【 0 0 5 5 】

センサー 7 0 の出力信号に応えた源 3 8 の電圧の制御は、ヘリウム流量が（１）ワークピース 3 2 でのチャック 3 0 による締め付け力の増加に応じて減少し、（２）ワークピース 3 2 でのチャック 3 0 による締め付け力の低下に応じて増加するという理解に基づいている。源 3 8 が、チャック 3 0 に一定 D C 電圧を初期に印加するとすぐに、ワークピース 3 2 にかけられる締め付け力が急激に高まり始め、導管 3 4 を通るクーラントの流量を低下させる。低下した流量は、センサー 7 0 によって検出され、マイクロプロセッサ 6 6 に、ソース 3 8 が、締め付け力がほぼ一定のままとなるようにチャック 3 0 に適用する D C 電圧を低下させる。動作は、ワークピースが処理される時間中、このようにして続行される。

【 0 0 5 6 】

多くの中間抵抗性ガラスワークピースおよび低抵抗性ガラスワークピース、特にプラズマによって 1 分より長く処理されるワークピースの場合、処理間隔の完了時にワークピースに蓄積される電荷は、たとえ源 3 6 によってワークピースに供給される電圧が時間の関数として低下したとしても、ワークピースがピンによってチャック 3 0 から取り外されるのを防ぐほど十分に大きい。これらの状況においては、ワークピースの処理が完了した後、およびワークピース露呈面での電圧がほぼゼロとなるように、低い電力プラズマがチャンバ 1 0 内にある間に、R O M 6 8 はマイクロプロセッサ 6 6 を起動し、源 3 8 に、端子 4 0 に供給された電圧の極性に反対の極性を有する D C 電圧を供給させる。反対の、つまり逆の極性電圧は、源 3 6 の電圧が処理中に削減された後に印加される。

【 0 0 5 7 】

第 2 実施形態に従って、源 3 8 によって端子 4 0 に供給される逆の極性電圧の振幅は、+ 4 0 0 0 ボルトなどの相対的に高い値で事前に決定される。+ 4 0 0 0 ボルトという値は、源 3 6 の電圧が処理中、実質的には - 1 5 0 0 V、- 8 0 0 V、- 6 0 0 V および - 5 0 0 V である状況に適用可能である。逆の極性の電圧規模は、 V_A （電極 3 6 の上面とガラスワークピース 3 2 の底面の間の電圧）がゼロとなり、それにより V_G （ガラスワークピース 3 2 の上面と底面の間の電圧）の多大な上昇を引き起こすように選択される。

【 0 0 5 8 】

逆の極性電圧の規模は、絶縁物 5 9 およびガラスワークピース 3 2 の相対的なインピーダンスが、源 3 8 の電圧の 5 % から 1 0 % だけがコンデンサ C_A 全体で作成されるようであることを念頭に置いて、この結果を達成するほど十分でなければならない。このチャック解除方法は、定期的なチャック解除時間定数 τ^- が非常に長いときのケース用である。非常に長い時間定数 τ^- は、例えば、ガラスワークピースが高温処理中に膠着する場合に発生できる。高温はワークピース抵抗を削減し、このようにして、膠着 / チャック解除時間定数をさらに低い温度での場合よりさらに速くする。しかしながら、処理後、チャック解除を、はるかにゆっくりとした時間定数を生じさせるさらに低い温度で発生させるプラズマは消される。例えすべてのコンデンサでのすべての電荷が時間定数 τ^- に伴いゼロまで消失するのに非常に長い時間を要するとしても、任意の 1 つの特定のコンデンサでの電圧は、依然としてその他のコンデンサでの電圧を上昇させるという犠牲を払って、高速時間定数 τ^+ でゼロに削減することができる。しかしながら、この方法は、(この同等回路モデル内での) 電圧 V_A だけが直接膠着力に関係するため、膠着したワークピースを解放するために使用することができる。このチャック解除方法にとって、 τ^+ より長い時間以外に、逆の極性電圧が印加されなければならない任意の特定の時間の長さはない。

10

【 0 0 5 9 】

コンデンサ C_A 全体での電圧がゼロに低下した後、チャンバ 1 0 のプラズマはマイクロプロセッサ 6 6 閉鎖弁 2 1 およびオフ切り替え r, f 源によってオフにされる。それから、マイクロプロセッサ 6 6 は、電極 3 6 が依然として電圧源 3 8 に接続されている間に、1 ミリトル未満 (好ましくは、少なくとも約 1 ミリトル未満) の圧力までチャンバ 1 0 を吸引するためにポンプ (図示せず) を起動する。これにより、プラズマを通してチャンバ壁 1 2 までの回路が破壊される。それから、マイクロプロセッサ 6 6 は、源 3 8 の電圧にゼロに削減されるように命令する。電圧 V_A の値はゼロのままとなり、電圧 V_G の値は相対的に大きいままとなる。

20

【 0 0 6 0 】

それから、マイクロプロセッサ 6 6 は、持ち上げ装置ピンに、チャック 3 0 からガラスワークピース 3 2 を取り外すように命令する。電圧 V_G (ガラスワークピース 3 2 の上面と底面間の電圧) は、ピンがチャック 3 0 からワークピースを持ち上げた後までもきわめて高いままとなる。それから、マイクロプロセッサ 6 6 は、チャンバ 1 0 での不活性プラズマの形成を引き起こすことによって電圧 V_G の値を実質的にゼロまで削減させる動作を実行する。プラズマは、好ましくは、例えばアルゴンなどの不活性イオン化可能ガスをチャンバ 1 0 の中に入れ、整合ネットワーク 2 8 およびコイル 2 4 を介して源 2 6 から気体に対し r, f フィールドを適用することによって形成される。代わりに、持ち上げられたワークピース 3 2 での電荷は、チャンバ 1 0 内での DC タウンゼント放電に点火することによって除去される。

30

【 0 0 6 1 】

ステップは、ワークピース 3 6 が、電極 3 2 に印加される源 3 6 のチャック電圧がゼロに削減される前に、チャック 3 0 から取り外されるように整理することができる。それから、ピンが、逆の極性電圧が、コンデンサ C_A の電圧をほぼゼロにさせるのに十分な長さの時間の間オンであったときに、チャック 3 0 からガラス基板 3 2 を持ち上げる。源 3 8 の電圧が過去にゼロまで削減されなかった場合には、源の電圧はそれからゼロに削減される。

40

【 0 0 6 2 】

第 1 の逆の極性実施形態においては、逆の極性の電圧が、実質的に等しい電荷がコンデンサ C_A と C_G に存在する、つまり (絶縁物 5 9 の底面とワークピース 3 6 の底面の間の体積によって定められる) コンデンサ C_A と (ワークピース 3 2 の底面と上面の間の体積によって定められる) コンデンサ C_G の間に電荷の均衡状態が存在するまで源 3 8 によってプレート 3 6 に供給される。コンデンサ C_A および C_G 全体でほぼ等しい電荷があるとき、コンデンサ C_A 全体での電圧は $V_A = V_G C_G / C_A$ である。ROM 6 8 は、 $V_A = V_G C_G / C$

50

A のときに、マイクロプロセッサ 66 が、端子 40 での源 38 の電圧を端子 42 での接地電位まで削減するようにプログラムされている。端子 40 での電圧がゼロに削減された後に、電圧 V_A および V_C は、短い時間定数 τ^+ で迅速に消失する。

【0063】

R_G 、 R_A 、 C_G 、および C_A の求められた値に基づき、 V_A の値は、異なる抵抗性およびキャパシタンスを有するガラスワークピースに関して計算される。 V_A の計算値から、時間期間は、ワークピース処理完了時に、端子 40 での逆の極性電圧 40 のさまざまな値に関して均衡のとれた電荷状態に到達するために計算される。これらの時間は ROM 68 に記憶され、逆の電圧が源 38 によって端子 40 を介してプレート 36 に印加される時間の長さを制御するためにマイクロプロセッサ 66 に供給される。例えば、印加された逆の電圧が 4,000 ボルトという大きさを有する場合、 C_G および C_A の電荷の等化はある特定のガラスワークピースの場合 53 秒で達成される。53 秒では、このようなワークピース 32 の上部面と下部面間の電圧は約 -3,830 ボルトであるが、絶縁物 59 の下部面とワークピースの下部面の間の締め付け電力は約 -170 ボルトである。電荷の等化が発生すると、マイクロプロセッサ 66 は、源 36 の電圧をゼロに削減し、締め付け電圧 V_A は迅速にゼロまで放電する。それから、持ち上げピンがチャック 30 からワークピース 32 を取り外す。

【0064】

電荷均衡実施形態は、特に低抵抗性ガラスワークピースに適用可能である。逆の極性の電圧は、ワークピースが膠着するのを妨げるほど十分に長い時間の間持ち上げられる。電荷均衡逆極性実施形態は、充電時間定数 τ^- に関連する。

【0065】

電荷均衡実施形態においては、電圧は、逆の極性プロセスの開始時に、電圧の比率 $|V_{ESC}|/V_A$ にほぼ等しい。比率 $|V_{ESC}|/V_A$ は、キャパシタンス比率 C_A/C_G ほど高い場合がある。したがって、電荷均衡逆極性プロセスは、チャック解除動作の時間の長さを 10 倍または 20 倍という係数で低下させる。低抵抗性ガラスワークピースの場合、これは、ワークピースが、ほぼ 1,000 秒の代わりに、約 50 秒以内に解放されることを意味する。しかしながら、電荷均衡逆極性プロセスは、中間抵抗性を有するガラスワークピースにとっては過剰に長い。

【0066】

第 1 の逆極性実施形態での逆の極性の電圧は、好ましくは、ワークピース 32 がチャック 30 から持ち上げられるにつれて、(絶縁物 59 の下部面とワークピース 32 の下部面の間の) コンデンサ C_A での締め付け電荷の量によって制御される大きさを有する。ある特定のバッチ内でのガラスワークピースの受動的な電気パラメータが類似しており、抵抗性がワークピース温度の関数であるため、ワークピースがチャック 30 から持ち上げられる時点でのある特定のワークピースのコンデンサ C_A での電荷量は、好ましくは、次に処理されるワークピースのためにチャック 30 に源 38 によって印加される逆の極性の電圧の振幅を制御する。事実上、ある特定のワークピースがチャック 30 から取り外される時点でのコンデンサ C_A での電荷は、次の複数の (例えば、約 10 までの) ワークピース 32 のチャック 30 からの取外しの間の逆の極性の電圧の大きさおよび / または期間を制御するために使用することができる。

【0067】

ある特定のワークピース 32 がチャック 30 から持ち上げられる時点でのコンデンサ C_A の電荷をモニタリングするため、不活性 r 、 f 、プラズマがチャンバ 10 にある間に持ち上げピンがチャック 30 から該特定のワークピース 32 を取り外す一方で、電流計 61 は、端子 40 およびチャック 30 のプレート 36 を通って流れる電流パルスに応える。不活性 r 、 f 、プラズマは、プラズマ処理が完了し、処理プラズマが消えた後に、チャンバに適用される。マイクロプロセッサ 66 は、1 つまたは複数のそれ以降の逆の極性の電圧ステップの間に印加される帯電量を制御するために、メータ 61 によって検出されるピーク電流パルス振幅または統合電流に応える。メータ 61 が逆の電圧電荷を制御した前回は

基準にした逆の極性の電圧によって適用される電荷差異の量は、メータ 6 1 が、メータ 6 1 の前に検出された読取り値を基準にして検出する電流に反比例する。

【 0 0 6 8 】

第 1 実施形態においては、メータ 6 1 の読取り値が、逆の極性の電圧の振幅および / または逆の極性の電圧がソース 3 8 によってチャック 3 0 に印加される時間の長さを制御する。理想的には、基板が完全にチャック解除されたのであれば電流は流れない。最も最近のピーク電流が、直前のピーク電流を基準にして振幅を増加すると、マイクロプロセッサ 6 6 は適用される逆の電圧の振幅および / または逆の電圧が印加される時間の長さを増加する。しかしながら、最も最近のピーク電流が、直前のピーク電流を基準にして振幅で負である場合には、マイクロプロセッサ 6 6 は、印加された逆の極性の電圧の振幅、および / または逆の極性の電圧がチャック 3 0 に印加される時間の長さを低下させる。

10

【 0 0 6 9 】

低抵抗性誘電ガラスワークピースおよび中間抵抗性誘電ガラスワークピースの電気抵抗性は、表 1 (前記) に示されるようなワークピース温度に強く依存する。図 6 は、温度の関数としての典型的な中間抵抗性ガラスの放電時間定数 τ のプロットである。抵抗性は、ガラスワークピース温度が 1 0 上昇するたびに約 2 . 5 倍低下するため、暖かいガラスワークピースは、チャックに対する同じ初期力によって膠着されている冷たいガラスワークピースよりさらに迅速にチャック解除する傾向がある。この現象を利用するために、ワークピース温度は、チャック解除が完了するまで、高レベルでほぼ一定に維持されるか、あるいはワークピース処理の完了時でいくぶん高められる。

20

【 0 0 7 0 】

ワークピース 3 2 の処理中、プラズマはワークピース温度を、8 0 などの相対的に高い値に上昇させる。8 0 では、ガラスワークピース 3 2 は、ガラスが 2 0 度などのさらに低い温度で有するより著しく低い抵抗性を有する。しかしながら、ワークピース 3 2 の処理の完了には、ROM 6 8 が、マイクロプロセッサ 6 6 に、チャンバ 1 0 内でのプラズマを消すために、処理ガス供給導管での弁 2 1 の閉鎖および r . f . 源 2 6 の遮断が伴う。プラズマが消されるため、ワークピース 3 2 の温度は低下する傾向がある。

【 0 0 7 1 】

ワークピース処理が完了した後に、ワークピース 3 2 を高められた温度で維持するために、ROM 6 8 は、マイクロプロセッサ 6 6 に、マイクロプロセッサに、プラズマ消火と実質的に同時にヘリウム冷却線路 3 4 の弁 3 5 を閉鎖させる信号を供給する。ヘリウムがチャックの中に流れ込まないときには、ワークピース 3 2 とチャック 3 0 の間の熱接触は不十分であるため、ワークピースは、それが処理の終了時に有していた相対的に高い温度および低い電気抵抗性のままとなる。低い電気抵抗性は、逆極性手順中のチャック 3 0 からのワークピース 3 2 のチャック解除を改善する。

30

【 0 0 7 2 】

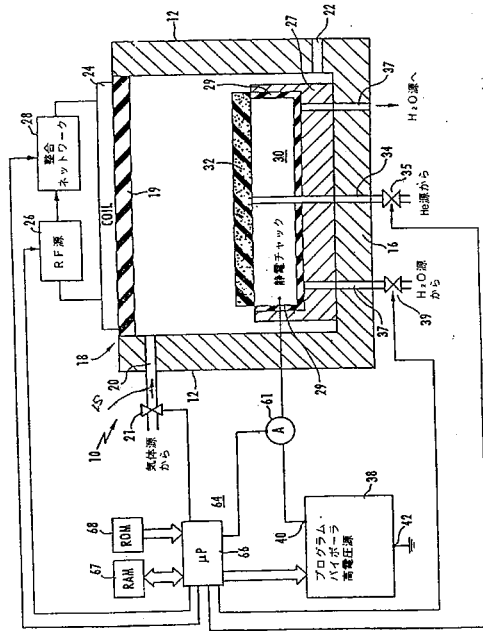
逆の極性手順が第 2 実施形態に関して完了した後、およびピンがワークピース 3 2 をチャック 3 0 の上に配置する間、ワークピース 3 2 の上面と底面間の電荷は、前述されたように、数秒間低い電力不活性プラズマをオンにすることによって除去される。ワークピース 3 2 全体での電荷も、数ミリトルという圧力でのアルゴンまたは酸素などのイオン化可能な気体を弁 2 1 を解してチャンバ 1 0 内に入れることによって、ガラスワークピースの表面全体で DC タウンゼント放電を確立することによって、このようにして消失することができる。第 1 の逆の電圧実施形態の場合、ピンが、ワークピース上面と底面の間の電荷を除去するためにワークピースを持ち上げる間、プラズマはオンである。

40

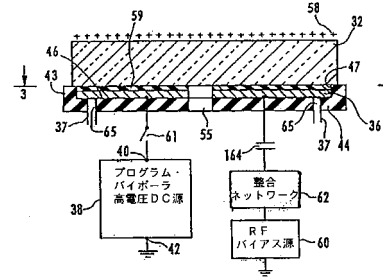
【 0 0 7 3 】

説明され、示された本発明の特定の実施形態があったが、特に示され、説明される実施形態の詳細での変化が、添付クレームに定められるように本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく加えられてよいことは明らかだろう。

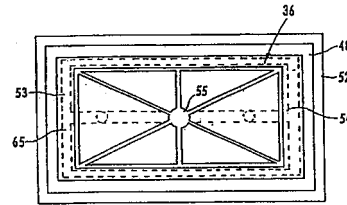
【図 1】



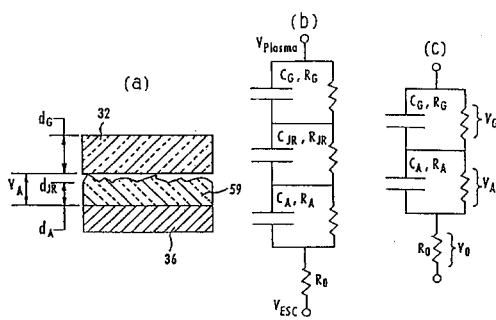
【図 2】



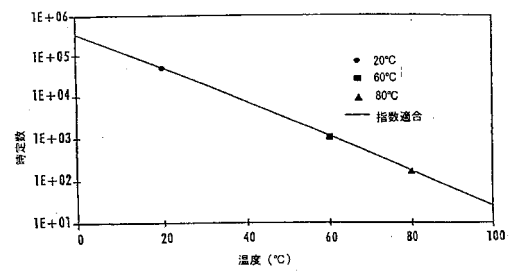
【図 3】



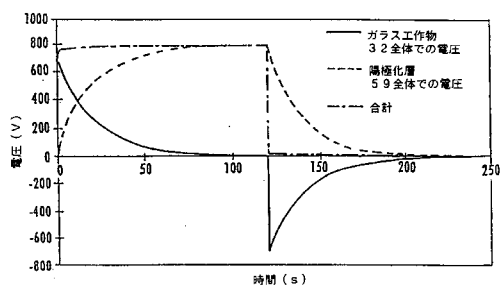
【図 4】



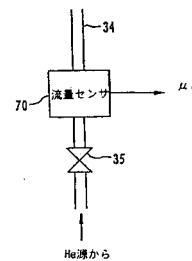
【図 6】



【図 5】



【図 7】



【手続補正書】

【提出日】平成21年9月4日(2009.9.4)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空プラズマ処理チャンバを備えたワークピースを処理するための真空プラズマプロセッサであって、前記チャンバが、ワークピースをチャックするための静電チャックと、静電チャック用のチャック電圧源とを備え、前記チャックおよびワークピースは、DC電圧が一定である場合は静電力が時間の経過とともに増加する傾向を有し、チャック電圧を制御するための制御装置を含み、前記制御装置が、ワークピースを処理する間静電力が実質的に一定のままとなるように、ワークピースを処理する間に、ある一定範囲の値の全範囲に亘ってDCチャック電圧を低下させるように構成されている真空プラズマプロセッサ。

【請求項 2】

前記ある一定範囲の値は、連続的に低下するある指数関数に近似している、請求項 1 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 3】

前記ある一定範囲の値は、ある指数関数に近似するように段階的に低下する複数のステップから成る、請求項 1 に記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 4】

前記ある一定範囲の値を格納しているメモリをさらに含む、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の真空プラズマプロセッサ。

【請求項 5】

ワークピースが処理されている間にチャックによってワークピースに加えられる力をモニターするためのモニターをさらに含み、前記ある一定範囲の値を導出するために前記モニターが前記制御装置に接続されている、請求項 1 に記載の真空プラズマプロセッサ。

フロントページの続き

(72)発明者 ジョン ピー ホーランド

アメリカ合衆国、カリフォルニア州、 9 5 1 2 6、サン ホセ、カラベラス アベニュー 1 5 6
5

F ターム(参考) 5F004 BB22

5F031 CA02 CA05 HA16 HA35 HA39 JA01 JA45 MA29 MA32 NA05

5F045 AA08 EM05

【外国語明細書】

2010021559000001.pdf

2010021559000002.pdf

2010021559000003.pdf

2010021559000004.pdf