

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6357436号
(P6357436)

(45) 発行日 平成30年7月11日 (2018. 7. 11)

(24) 登録日 平成30年6月22日 (2018. 6. 22)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 G
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 D
	H O 5 H 1/46 A
	H O 5 H 1/46 M

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2015-46627 (P2015-46627)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成27年3月10日 (2015. 3. 10)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2016-32096 (P2016-32096A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成28年3月7日 (2016. 3. 7)	(74) 代理人	100091720
審査請求日	平成29年6月28日 (2017. 6. 28)		弁理士 岩崎 重美
(31) 優先権主張番号	特願2014-151449 (P2014-151449)	(72) 発明者	石黒 正貴
(32) 優先日	平成26年7月25日 (2014. 7. 25)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号 株
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		式会社 日立ハイテクノロジーズ内
		(72) 発明者	角屋 誠浩
			東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号 株
			式会社 日立ハイテクノロジーズ内
		(72) 発明者	白米 茂
			東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号 株
			式会社 日立ハイテクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマを用いて試料がプラズマ処理される処理室と、
 前記プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、
 前記試料を静電吸着させるためのプラスの直流電圧が印加される第一の電極と前記試料を
 静電吸着させるためのマイナスの直流電圧が印加される第二の電極が内部に配置され前記
 試料が載置される試料台と、
 前記第一の電極に直流電圧を印加する第一の直流電源と、
 前記第二の電極に直流電圧を印加する第二の直流電源と、
 前記プラズマが存在する場合の前記試料の電位を低減させる電圧値の各々を前記第一
 の電極および前記第二の電極に印加するように前記第一の直流電源および前記第二の直流
 電源を制御する制御装置とを備え、
 前記電圧値の各々は、前記試料と前記第一の電極との間の抵抗値と、前記試料と前記第二
 の電極との間の抵抗値と、に基づいて求められることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

プラズマを用いて試料がプラズマ処理される処理室と、
 前記プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、
 前記試料を静電吸着させるためのプラスの直流電圧が印加される第一の電極と前記試料を
 静電吸着させるためのマイナスの直流電圧が印加される第二の電極が内部に配置され前記
 試料が載置される試料台と、

10

20

前記第一の電極に直流電圧を印加する第一の直流電源と、
前記第二の電極に直流電圧を印加する第二の直流電源と、
前記プラズマが不存在である場合における、前記試料の電位と前記処理室の内壁の電位との電位差を低減させる電圧値の各々を前記第一の電極および前記第二の電極に印加するように前記第一の直流電源および前記第二の直流電源を制御する制御装置とを備え、
前記電圧値の各々は、前記試料と前記第一の電極との間の抵抗値と、前記試料と前記第二の電極との間の抵抗値と、に基づいて求められることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記電圧値の各々は、前記試料の電位が - 10 ないし + 10 V の範囲内の値となる電圧値であることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記プラズマが不存在である場合における、プラスとマイナスの符号を含めた前記直流電圧の数値は、前記プラズマが存在する場合における、プラスとマイナスの符号を含めた前記直流電圧の数値より大きいことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のプラズマ処理装置において、
前記プラズマが不存在である場合における、プラスとマイナスの符号を含めた前記直流電圧の数値は、前記プラズマが存在する場合における、プラスとマイナスの符号を含めた前記直流電圧の数値より漸次的に大きくされることを特徴とするプラズマ処理装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、
前記電圧値の各々は、前記第一の電極および前記第二の電極の各々に印加される直流電圧と前記試料の電位との予め求められた相関データに基づいて求められることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記電圧値の各々は、前記第一の電極および前記第二の電極の各々に印加される直流電圧と前記電位差との予め求められた相関データに基づいて求められることを特徴とするプラズマ処理装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記電圧値の各々は、前記試料に流れる電流の値に基づいて求められることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のプラズマ処理装置において、
前記電流の値は、予め求められた値であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、半導体装置の製造の技術に関する。また本発明は、半導体装置の製造に好適なプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造におけるプラズマ処理方法の一つにプラズマエッチングがある。プラズマエッチングは、プラズマ処理室内の載置台上に搬入された半導体基板であるウェハの積層膜をプラズマに暴露することにより、ウェハに微細な回路パターンを形成する。この際、プラズマ処理の対象の膜の種類によって、プラズマ処理の諸条件、即ちガス種、圧力、およびプラズマ発生のための電力値、等が異なる。そのため、ある膜の処理が終了した

50

後、次の膜の処理のために、プラズマ処理の条件を切り替える必要がある。このプラズマ処理の条件および対応する処理の切り替えの間は、安定しないため、意図しないエッチングの進行を防止するために、プラズマ放電を中断することが一般的である。

【0003】

上記プラズマ放電の中断を伴うプラズマ処理および条件の切り替えに関して、プラズマの消失により処理室内の塵埃がウェハに付着することが指摘されている。以下、塵埃を異物と記載する。特にウェハに電位が与えられている場合、異物がクーロン力によりウェハに引き寄せられ付着することがある。ウェハに異物が付着すると、異物がエッチングを阻害し、歩留まりの悪化を招く。

【0004】

上記プラズマ処理におけるウェハへ付着する異物の低減に関する先行技術例として、以下が挙げられる。

【0005】

特開2001-15581号公報(特許文献1)には、プラズマ処理室の内部の異物の多くが負に帯電しているとし、単極型吸着電極を用いてウェハを処理室内の保持台に吸着する際、電極に負の電位を与えて吸着することで、ウェハに負の電位を付与する旨が開示されている。

【0006】

一方、特開2003-100720号公報(特許文献2)には、異物が正に帯電しているとし、負の電位が付与される異物除去電極により異物を吸着する旨が開示されている。

【0007】

また、特開2002-270576号公報(特許文献3)には、プラズマ処理を行っていない間には、単極型吸着用電極の電源出力を遮断し、ウェハに電位を与えないことで、異物がウェハに引き寄せられることを防止する旨が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2001-15581号公報

【特許文献2】特開2003-100720号公報

【特許文献3】特開2002-270576号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献1および特許文献2の技術は、異物の大半が正極性もしくは負極性に帯電している状況を想定している。そのため、処理室内に正負の両方の異物が存在する場合には、異物のウェハへの付着の低減効果が期待できない。

【0010】

また特許文献3の技術は、異物源となる処理室の内壁面の電位について考慮されていない。プラズマ処理を行う処理室の内壁面は、プラズマにさらされることになるため、プラズマからの荷電粒子の流入により帯電し、電位を持つ場合がある。処理室の内壁面に電位を持つ場合、ウェハと内壁面との間に電位差が発生することになるため、帯電した異物がウェハへ引き寄せられる可能性がある。

【0011】

さらに、ウェハと処理室の内壁面との間に意図しない電位差を発生させる要因として、ウェハを載置台上に吸着するための電極である静電吸着電極の構造や経年劣化が挙げられる。クーロン力によるウェハへの異物の付着に関して、静電吸着電極の動作等は、大きな影響を及ぼす。

【0012】

本発明の目的は、上記プラズマ処理に関して、処理および条件の切り替えに伴うプラズマ放電の中断中に、ウェハと処理室の内壁面との間に意図しない電位差が発生することを

10

20

30

40

50

抑制し、帯電した異物のウェハへの付着を低減できる技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明のうち代表的な実施の形態は、プラズマ処理装置であって、以下に示す構成を有することを特徴とする。

【0014】

一実施の形態のプラズマ処理装置は、プラズマを用いて試料がプラズマ処理されるプラズマ処理室と、前記プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、前記プラズマ処理室内に配置され前記試料を載置する試料台と、前記試料台の内部に配置され前記試料を静電吸着させるための電極と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源と、前記プラズマが不存在の場合における、前記試料の電位と前記プラズマ処理室の内壁の電位との電位差を低減させる前記直流電圧の値として求められた値を前記電極に印加するように前記直流電源を制御する制御装置とを備える。

10

【0015】

一実施の形態のプラズマ処理装置は、プラズマを用いて試料がプラズマ処理されるプラズマ処理室と、前記プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、前記プラズマ処理室内に配置され前記試料を載置する試料台と、前記試料台の内部に配置され前記試料を静電吸着させるための電極と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源と、前記プラズマが不存在であるとともに前記プラズマ処理室の内壁の電位が略0である場合の前記試料の電位を低減させる前記直流電圧の値として求められた値を前記電極に印加するように前記直流電源を制御する制御装置とを備える。

20

【0016】

一実施の形態のプラズマ処理装置において、前記電極は、プラスの直流電圧が印加される第一の電極と、マイナスの直流電圧が印加される第二の電極と、を有し、前記直流電源は、前記第一の電極へ直流電圧を印加する第一の直流電源と、前記第二の電極へ直流電圧を印加する第二の直流電源と、を有する。

【0017】

一実施の形態のプラズマ処理装置において、前記所定の範囲は、 $\pm 10\text{ V}$ である。

【発明の効果】

【0018】

本発明のうち代表的な実施の形態によれば、上記プラズマ処理に関して、処理の切り替えに伴うプラズマ放電の中断中に、ウェハと処理室内壁面との間に意図しない電位差が発生することを抑制し、帯電した異物のウェハへの付着を低減できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施の形態1のプラズマ処理装置の要部断面の構成を示す図である。

【図2】実施の形態1における、可変直流電源、静電吸着電極、誘電体層、およびウェハをモデル化した等価回路を示す図である。

【図3】一実施の形態のプラズマ処理装置における処理の様子を示すタイムチャートである。

40

【図4】実施の形態1、実施の形態2、および実施の形態3のプラズマ処理装置における処理の様子を示すタイムチャートである。

【図5】実施の形態1のプラズマ処理装置における、異物のウェハへの付着の低減効果についての見積もりの計算の結果のグラフである。

【図6】実施の形態2のプラズマ処理装置における、可変直流電源の出力電圧に対するウェハ電位の検定の結果のグラフである。

【図7】実施の形態2のプラズマ処理装置における、放電中断中に可変直流電源の出力電圧を変化させた際のウェハに付着した異物数の変化を表すグラフである。

【図8】実施の形態3のプラズマ処理装置の要部断面の構成を示す図である。

【図9】実施の形態3のプラズマ処理装置における、可変直流電源、静電吸着電極、誘電

50

体層、ウェハ、検定用プラズマ、および処理室をモデル化した等価回路を示す図である。

【図 10】実施の形態 4 のプラズマ処理装置の要部断面の構成を示す図である。

【図 11】実施の形態 4 のプラズマ処理装置における処理の様子を示すタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお実施の形態を説明するための全図において同一部には原則として同一符号を付しその繰り返しの説明は省略する。また、各実施形態の説明において、「放電」と「プラズマ」が混在しているが、同義語として「放電」と「プラズマ」を使用している。

10

【0021】

< 概要等 >

背景技術および課題について補足説明しつつ、本実施の形態の概要等を説明する。従来、プラズマ処理および条件の切り替えの際には、例えば数秒から十数秒の時間がかかる。使用するガスの切り替えの場合、前処理で使用されたガスを処理室から排気し、次処理で使用するガスを処理室内に充填するための時間が必要とされる。

【0022】

処理室における静電吸着電極とウェハとは、その間に存在する誘電体層によって有限の抵抗値および静電容量値を持って電氣的に接続される。静電吸着電極は、クーロン力によってウェハを吸着する。静電吸着電極は、単極型のものと多極型のものとがある。多極型のもののうち、電極が二枚のものを、特に双極型と記載する。

20

【0023】

単極型の電極は、電極に与えられた電位がウェハの電位に影響する。単極型の電極は、例えば正の電位が与えられてウェハを吸着すると、プラズマ放電を行っていない場合、ウェハには正の電位が現れる。

【0024】

一方、双極型の電極は、各々の電極に逆極性の電位が付与されてウェハを吸着する。その際、ウェハの電位は、理想的には両電極に付与された電位の平均値となるように設計される場合が多い。例えば一方の電極に + 500 V、他方の電極に - 500 V の電位が付与された場合、ウェハの電位は 0 V になる。一方の電極に + 600 V、他方の電極に - 400 V の電位が付与された場合、ウェハの電位は + 100 V になる。

30

【0025】

ウェハと処理室の内壁面との間に意図しない電位差を発生させる要因として、静電吸着電極の構造上の問題や経年劣化が挙げられる。例えば、双極型電極での吸着の場合、二枚の電極の面積が異なる場合や、ウェハの載置台上に異物等が付着することによって二枚の各電極とウェハとの間のそれぞれの抵抗値に差が生じる場合がある。これらの場合、二枚の静電吸着電極に付与される電位の平均値を 0 V にしても、互いの電極状態の不均一から、ウェハに電位が発生することがあり得る。

【0026】

上記静電吸着電極を含む影響により、プラズマ放電の中断中に、ウェハと処理室の内壁面との間に、ある程度以上に大きな電位差が発生する。これにより、処理室内の帯電した異物がクーロン力によりウェハへ引き寄せられて付着することがある。

40

【0027】

本発明の実施の形態のプラズマ処理装置は、プラズマ処理および条件の切り替えに伴うプラズマ放電の中断中に、上記静電吸着電極を含む影響により、ウェハと処理室の内壁面との間に意図しない電位差が発生することを抑制する仕組みを有する。これにより、処理室内の帯電した異物がクーロン力によりウェハへ引き寄せられて付着することを低減する。

【0028】

< 実施の形態 1 >

50

図１～図５を用いて、本発明の実施の形態１のプラズマ処理装置について説明する。

【００２９】

〔プラズマ処理装置〕

図１は、実施の形態１のプラズマ処理装置の要部断面の構成を示す。図１の実施の形態１のプラズマ処理装置は、電子サイクロトロン共鳴型エッチング装置である。以下、電子サイクロトロン共鳴をＥＣＲと記載する。本発明に係るプラズマ処理装置は、ＥＣＲ型エッチング装置に限らず適用可能である。

【００３０】

図１のＥＣＲ型エッチング装置であるプラズマ処理装置は、真空処理室である処理室１０１の内部の試料台である載置台１０２上に、試料となる半導体基板であるウェハ１０３が載置され、処理室１０１の内部にプラズマを発生させる。

10

【００３１】

プラズマ処理装置は、プラズマ発生後、載置台１０２の内部に設置された高周波電極１０４に、高周波電源１０５から電力を供給する。当該電力の供給により、ウェハ１０３には、自己バイアスと呼ばれる負の電位が発生する。この負の電位によってイオンをウェハ１０３に引き込むことにより、いわゆる反応性イオンエッチングが起こり、エッチング処理が進行する。

【００３２】

処理室１０１の内壁基材は、接地された導体が含まれている。実施の形態１では、上記接地された導体が含まれる内壁基材である導体内壁基材は、プラズマに暴露されていてもよい。また当該導体内壁基材は、プラズマ消失後に当該内壁表面が速やかにおおよそ０Ｖとなる程度の薄い誘電体の膜があってもよい。１０１ａは、処理室１０１の内壁面、および上記導体内壁基材を示す。１０１ｂは、内壁面１０１ａに関する接地を示す。

20

【００３３】

プラズマ処理装置は、プラズマを発生させる機構として、μ波発振源１０６およびソレノイドコイル１０７を備える。μ波発振源１０６で発生させたμ波は、導波管１０８を介して処理室１０１に導入される。μ波は、ソレノイドコイル１０７で発生させた磁場中でＥＣＲによって電子にエネルギーを与える。その電子が、図示しないガス供給源から供給されたガスを電離させることによって、プラズマを発生させる。

【００３４】

30

上記プラズマ処理を行う間、ウェハ１０３の裏面には、当該ウェハ１０３の温度の調整のための冷却ガスが供給される。冷却ガスによるウェハ１０３のずれを防ぐために、ウェハ１０３は、双極型の静電吸着電極１０９，１１０によって、載置台１０２上に吸着される。静電吸着電極１０９，１１０は、同心円状に、一方の電極である静電吸着電極１０９が内側、他方の電極である静電吸着電極１１０が外側に配置されている。静電吸着電極１０９，１１０とウェハ１０３との間には、誘電体層１１１が存在している。静電吸着電極１０９，１１０とウェハ１０３は、有限の抵抗値と静電容量を持って電氣的に接続される。

【００３５】

静電吸着用電極１０９，１１０は、それぞれ、独立した直流電源である可変直流電源１１２，１１３が接続される。内側の静電吸着用電極１０９には、一方の可変直流電源１１２が接続され、外側の静電吸着用電極１１０には、他方の可変直流電源１１３が接続される。

40

静電吸着用電極１０９，１１０には、それぞれの電源により、逆極性の電位が付与される。例えば内側の静電吸着電極１０９には、可変直流電源１１２により＋５００Ｖの電位が付与され、外側の静電吸着電極１１０には、可変直流電源１１３により－５００Ｖの電位が付与される。

【００３６】

また、実施の形態１のプラズマ処理装置は、上記可変直流電源１１２，１１３の出力電圧値を制御するための制御装置１１５および記憶装置１１４を備える。可変直流電源１１

50

2, 113は、制御装置115と接続され、制御装置115から出力電圧値が制御される。

【0037】

実施の形態1において、静電吸着電極109, 110とウェハ103との間の誘電体層111は、ある程度のリーク電流が流れる程度の抵抗率となっている。例えば、誘電体層111が、Johnsen-Rahbek効果によって吸着を行うための溶射膜である場合、上記のようなリーク電流が流れる。なお、Johnsen-Rahbek効果とは、金属表面と半導体表面との間に電位差を付与することで吸着力が発生する現象であり、静電吸着の一方式としてしばしば用いられる。

【0038】

[等価回路]

図2は、実施の形態1のプラズマ処理装置における、可変直流電源112, 113、静電吸着電極109, 110、誘電体層111、およびウェハ103を簡単にモデル化した等価回路を示す。なお、この等価回路では、ウェハ103の抵抗は無視できるほど小さいとする。図2の等価回路で、 V_1 は可変直流電源112の電圧、 V_2 は可変直流電源113の電圧である。 R_1, R_2 は、誘電体層111の抵抗、 C_1, C_2 は、誘電体層111の容量である。 R_1, C_1 は、一方の静電吸着電極109側の抵抗と容量、 R_2, C_2 は、他方の静電吸着電極110側の抵抗と容量である。

【0039】

プラズマ放電が行われていない時の定常状態におけるウェハ103の電位である V_{waf} を、下記の式1に示す。式1で、 R_1, R_2 は上記誘電体層111の抵抗の抵抗値、 V_1, V_2 は、上記可変直流電源112, 113の出力電圧値を示す。

【0040】

【数1】

$$V_{waf} = \frac{V_1 R_2 + V_2 R_1}{R_1 + R_2} \quad \dots \text{式1}$$

【0041】

従って、式1で $R_1 = R_2$ の場合、ウェハ103の電位は、両電源である可変直流電源112, 113の出力電圧値である V_1, V_2 の平均値となる。

【0042】

一方、何らかの理由で抵抗値にずれが生じ、式1で $R_1 \neq R_2$ となった場合、ウェハ103の電位は、両電源の出力電圧値の平均値とならず、ウェハ103には、意図しない電位が付与されることとなる。ウェハ103に意図しない電位が付与される場合、ウェハ103と処理室101の内壁面101aとの間の電位差によって帯電した異物が、ウェハ103に誘引される恐れがある。処理室101の内壁面101aは、異物の発生源の一つである。

【0043】

ウェハ103に意図しない電位を発生させないために、実施の形態1のプラズマ処理装置は、ウェハ103に付与される電位が所望の値となるように、上記抵抗値である R_1, R_2 の値に応じて、可変直流電源112, 113の出力電圧値である V_1, V_2 を制御する。

【0044】

実施の形態1では、処理室101の内壁面101aの基材は接地された導体であり、その表面の接地抵抗値および対地静電容量が十分小さいとしている。従って、プラズマ放電中断中の処理室101の内壁面101aの電位は、放電終了後、比較的速やかにおよそ0Vになる。そのため、ウェハ103と処理室101の内壁面101aとの間に電位差を発生

10

20

30

40

50

生させないためには、ウェハ 103 の電位を 0 V 程度にすればよい。

【0045】

ウェハ 103 の電位が 0 V になる可変直流電源 112 と可変直流電源 113 との出力電圧の比は、式 1 から、以下の式 2 となる。

【0046】

【数 2】

$$\frac{V_2}{V_1} = -\frac{R_2}{R_1} \quad \cdots \text{式2}$$

10

【0047】

実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、プラズマ処理および条件の切り替えに伴うプラズマ放電中断中に、静電吸着用電極 109、110 に接続される可変直流電源 112、113 の出力電圧である V_1 、 V_2 を、上記式 2 を満たすように変化させる。これにより、実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、ウェハ 103 の電位を 0 V にし、ウェハ 103 と処理室 101 の内壁面 101a との電位差を発生させないようにする。

【0048】

[処理タイムチャート]

20

図 3 は、プラズマ処理装置におけるプラズマ処理を含む従来の処理の様子を示すタイムチャートである。このプラズマ処理装置は、処理室 101 の構成は図 1 と同様とするが、実施の形態 1 の制御装置 115 によりプラズマ放電中断中に静電吸着用電極 109、110 への出力電圧を制御する仕組みを持たない構成の場合である。

【0049】

図 3 の (a) は、 μ 波入射パワーを示し、 μ 波発振源 106 からの μ 波電力である。(b) は、高周波バイアス入射パワーを示し、高周波電源 105 からの高周波電極 104 への電力である。(c) は、可変直流電源出力電圧を示す。実線の 301 は内側の静電吸着電極 109 への可変直流電源 112 の出力電圧、破線の 302 は外側の静電吸着電極 110 への可変直流電源 113 の出力電圧を示す。この一実施の形態では、当該出力電圧は、可変の制御はされずに一定である。(d) は、ウェハ電位および内壁面電位を示す。実線の 311 はウェハ 103 の電位、破線の 312 は処理室 101 の内壁面 101a の電位を示す。時刻 t_0 から t_1 の時間 T_1 は、プラズマ放電中の時間を示す。時刻 t_1 から t_2 の時間 T_2 は、プラズマ放電中断中の時間を示す。

30

【0050】

図 3 の従来の形態での処理の場合、(d) の放電中断中の時間 T_2 に、ウェハ電位である 311a と内壁面電位である 312a との間に、313 に示すような電位差が発生する。この電位差により、異物がウェハ 103 へ引き寄せられて付着する可能性がある。

【0051】

図 4 は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理を含む処理の様子を図 3 と同様に示すタイムチャートである。図 4 の (a) は、 μ 波入射パワーを示し、 μ 波発振源 106 からの μ 波電力である。(b) は、高周波バイアス入射パワーを示し、高周波電源 105 からの高周波電極 104 への電力である。(c) は、可変直流電源出力電圧を示す。実線の 401 は内側の静電吸着電極 109 への可変直流電源 112 の出力電圧、破線の 402 は外側の静電吸着電極 110 への可変直流電源 113 の出力電圧を示す。実施の形態 1 では、当該出力電圧は、可変に制御される。(d) は、ウェハ電位および内壁面電位を示す。実線の 411 はウェハ 103 の電位、破線の 412 は処理室 101 の内壁面 101a の電位を示す。

40

【0052】

実施の形態 1 のプラズマ処理装置において、ウェハ 103 が試料台である載置台 102

50

上に載置された後、制御装置 115 からの制御に基づいて、可変直流電源 112 および可変直流電源 113 は、ウェハ 103 の吸着のための所定の電圧を出力する。プラズマ処理装置は、その後、処理室 101 の内部の圧力調整等の処理の準備を行う。当該準備については図示を省略する。

【0053】

上記準備が終了した後、(a)のように、時刻 t_0 から、プラズマ発生のための所定の μ 波電力が印加される。これによりプラズマが発生した後、放電中の時間 T_1 において、(b)のように、高周波バイアスが印加されて、エッチング処理が行われる。所望のエッチング処理が終了すると、(b)で、まず高周波バイアス入射パワーが遮断される。当該遮断により、(d)で、時刻 t_1 に示すように、ウェハ 103 の電位である 411 と、内壁面 101a の電位である 412 とは、ほぼ同程度となる。

10

【0054】

その後、(a)で、放電中断中の時間 T_2 において、 μ 波入射パワーの供給が停止し、次の処理の準備のためにプラズマ放電が中断される。

【0055】

時刻 t_1 で示すプラズマ放電終了の瞬間には、処理室 101 の内壁面 101a は、プラズマからの電子流入により帯電しており、(d)の 412 のように、ある程度の電位を持っている。この電位は、処理室 101 の内壁面 101a に溜まった電荷がアースへと抜ける時定数に従って変化していく。実施の形態 1 では、この時定数は短く、処理室 101 の内壁面 101a の電位は、412a に示すように、比較的速やかに 0V になるとする。

20

【0056】

また時刻 t_1 で、ウェハ 103 の電位に関しても、ある程度のリーク電流が流れるため、プラズマからの荷電粒子の流入による帯電で発生した電位は比較的速く消失し、抵抗値の内外差等によって現れる電極個別の特性に応じた電位となる。

【0057】

このため、例えば前述の R_1 、 R_2 の場合、図 3 の一実施の形態のプラズマ処理装置の処理の場合では、(d)に示すように、放電中断中の時間 T_2 では、時間 T_2 で、内壁面 101a の電位は、312a のように 0V になるが、ウェハ 103 の電位は、311a のように、0V にはならない。即ち、ウェハ 103 と内壁面 101a との間に、313 に示す電位差が発生することになる。

30

【0058】

これに対して、図 4 の実施の形態 1 のプラズマ処理装置の処理では、制御装置 115 による、(c)の可変直流電源 112 および可変直流電源 113 の出力電圧の可変の制御を行う。(c)の 400 は、この可変直流電源 112 および可変直流電源 113 の出力電圧の変化およびその時間を示す。

【0059】

制御装置 115 は、(c)の出力電圧の制御により、(d)のように、ウェハ 103 の電位を変化させる。即ち、制御装置 115 は、(d)で、放電中の時間 T_1 のウェハ 103 の電位である 411 が、放電中断中の時間 T_2 に、411a のように 0V になるように、当該出力電圧を、式 2 を満たすように変化させる。

40

【0060】

(c)で、放電中の時間 T_1 では、可変直流電源 112 の出力電圧である 401 は、所定の正の電圧であり、可変直流電源 113 の出力電圧である 402 は、所定の負の電圧である。制御装置 115 は、放電中断中の時間 T_2 で、400 の時間において、それぞれの所定の出力電圧値に維持する制御を行う。即ち、制御装置 115 は、可変直流電源 112 の出力電圧である 401 を、400 の時間に、所定電圧高くなるように変化させて、401a の電圧の状態を維持する。同様に、制御装置 115 は、可変直流電源 113 の出力電圧である 402 を、400 の時間に、所定電圧高くなるように変化させて、402a の電圧の状態を維持する。これにより、(d)で、400 の時間に、ウェハ 103 の電位である 411a は、内壁面 101a の電位である 412a と同様に 0V に近づく。

50

【 0 0 6 1 】

実施の形態 1 のプラズマ処理装置において、上記静電吸着電極 1 0 9 , 1 1 0 への可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値の変化は、以下により達成される。即ち、記憶装置 1 1 4 は、プラズマ放電中断中の時間 T 2 に出力すべき可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値を記憶する。制御装置 1 1 5 は、放電中断中の時間 T 2 に、記憶装置 1 1 4 に記憶された出力電圧値になるように、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値を可変に制御する。

【 0 0 6 2 】

なお、プラズマ処理装置は、ユーザの操作に基づいて記憶装置 1 1 4 に上記制御の出力電圧値を設定するためのユーザインタフェースを備えてもよい。

10

【 0 0 6 3 】

実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、上記制御を含む動作によって、放電中断中の時間 T 2 に、ウェハ 1 0 3 と内壁面 1 0 1 a との間の電位差を解消する。(d) の 4 0 0 の時間では、4 1 1 a および 4 1 2 a のように、当該電位差がほぼ 0 V となる。これにより、異物がウェハ 1 0 3 に誘引されて付着することが防止される。

【 0 0 6 4 】

プラズマ処理装置は、上記制御装置 1 1 5 による制御により時間 T 2 の 4 0 0 で所定の出力電圧を維持したまま、処理室 1 0 1 内の圧力調整等の、次の放電処理のための準備を行う。当該準備が終了した後、プラズマ処理装置は、制御装置 1 1 5 による 4 0 0 での制御を停止する。これにより可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 は、次の放電処理のための所定の電圧、即ち 4 0 1 , 4 0 2 と同じ電圧を出力する。その後、時刻 t 2 から、μ 波入射パワーの供給が開始され、次の放電処理が実施される。

20

【 0 0 6 5 】

プラズマ処理装置は、以上のようなプラズマ放電処理および放電中断を含む制御を、最終の放電処理が終了するまで繰り返し、最終の放電処理の終了後には、所定のウェハ除電シーケンスを経て、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の電圧を遮断する。

【 0 0 6 6 】

[効果等]

上記プラズマ放電中断中にウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との間の電位差を解消するにあたり、どの程度まで電位差を小さくすれば、異物の付着の低減効果を得るために十分であるかについて、以下のように検討した。

30

【 0 0 6 7 】

図 5 は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置における、帯電した異物のウェハ 1 0 3 への付着の低減効果について、計算によって見積もりを行った結果のグラフである。グラフの横軸はウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との電位差 [V] を示す。グラフの縦軸は異物のウェハ 1 0 3 への付着率 [%] を示す。

【 0 0 6 8 】

この見積りの計算は、以下の条件で行われた。処理室 1 0 1 内の圧力を 0 . 6 P a とし、処理室 1 0 1 内には平均 3 m / s 程度の排気口へ向かうガスの流れがあるものとした。異物は、真空の処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a のうちの側面から 1 0 0 0 個発生するものとした。異物の発生位置は、大まかな範囲で指定され、1 0 0 0 個の個々の異物の夫々の発生場所については、指定の範囲内でランダムに決定された。異物の粒径は、1 0 0 0 個の異物の夫々について、1 5 n m 以上 1 2 0 n m 以下の値がランダムに与えられた。異物の初速に関しても、1 0 0 0 個の異物のそれぞれについて、5 m / s 以下の値がランダムに与えられた。本計算では、帯電した異物をウェハ 1 0 3 に引き寄せる効果について見積もるため、異物の帯電は、1 0 0 0 個の全ての異物で、 -1.6×10^{-19} [C] とした。

40

【 0 0 6 9 】

上記条件で異物のウェハ 1 0 3 への付着率を計算した。その結果、図 5 に示すように、ウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との間の電位差が + 1 0 V である場合、ウ

50

エハ 1 0 3 へ付着する異物は 2 % 程度であった。この付着率は、電位差が 0 V である場合の付着率との差はあまり無い。しかしながら、ウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との電位差が + 2 0 V である場合は、付着率が、8 % 程度まで上昇するという結果が得られた。

【 0 0 7 0 】

上記結果から、実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、十分な異物の付着の低減効果が得られる、プラズマ放電中断中のウェハ 1 0 3 と内壁面 1 0 1 a との電位差の目安を、 ± 10 V 以内とした。図 4 の (d) で、放電中断中の時間 T 2 の電位差を 0 V で示しているが、当該電位差が ± 10 V 以内であれば、相応の十分な効果が得られる。

【 0 0 7 1 】

上述のように、実施の形態 1 のプラズマ処理装置およびそのプラズマ処理方法によれば、プラズマ処理および条件の切り替えに伴うプラズマ放電の中断中に、ウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との間に意図しない電位差が発生することを抑制し、帯電した異物のウェハ 1 0 3 への付着を低減することができる。

【 0 0 7 2 】

< 実施の形態 2 >

図 6 , 図 7 を用いて、本発明の実施の形態 2 のプラズマ処理装置について説明する。以下、実施の形態 2 における実施の形態 1 とは異なる構成の部分について説明する。実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置における放電中断中の可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧を、ウェハ 1 0 3 の電位と可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧との間の関係を把握するための計測を基に決定する。

【 0 0 7 3 】

前述の実施の形態 1 では、ウェハ 1 0 3 の電位を、ウェハ 1 0 3 と静電吸着電極 1 0 9 , 1 1 0 との間の誘電体層 1 1 1 の抵抗値を基に決定する構成を示した。しかしながら、この抵抗値が正確に把握できない場合や、意図しない電位がその他の要因によって発生している場合は、実施の形態 1 の構成を適用することができない。

【 0 0 7 4 】

その場合、実施の形態 2 の構成を適用することが有効である。実施の形態 2 では、ウェハ 1 0 3 の電位である V_{waf} と、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値である V_1 , V_2 との間の関係を計測によって把握しておく。これにより、プラズマ放電中断中にウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との間の電位差を低減させる制御を行うことができる。上記計測による把握を含む作業を、以下、検定と記載する。

【 0 0 7 5 】

実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置と同様の構成要素に加え、上記検定を行うための手段として、実験装置を含む機構を備える。実施の形態 2 のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法は、実施の形態 1 と同様のプラズマ処理装置の構成において、まず上記検定を行う。

【 0 0 7 6 】

上記検定は、例えば以下のような手段および手順により実現される。実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、ウェハ 1 0 3 の電位の計測が可能な機構を設ける。この機構は、処理室 1 0 1 を大気開放してウェハ 1 0 3 に電位計測プローブを貼り付けること等により実現される。実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、この計測の機構を用いて、制御装置 1 1 5 により可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧を様々に変化させた場合の、ウェハ 1 0 3 の電位を計測する。

【 0 0 7 7 】

[検定]

図 6 は、実施の形態 2 のプラズマ処理装置における、上記実験装置および計測の機構を含む検定の手段を用いて、ウェハ 1 0 3 の電位と、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧とに関する検定を行った結果の例であるグラフを示す。グラフの横軸は、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値 [V] である。グラフの縦軸は、ウェハ 1 0 3 の電位

10

20

30

40

50

[V] である。また、この検定はプラズマを生成しない状態で行った。

【 0 0 7 8 】

なお、この検定の際、以下の条件とした。出力電圧は、内側の静電吸着電極 1 0 9 の可変直流電源 1 1 2 が + 5 0 0 V、外側の静電吸着電極 1 1 0 の可変直流電源 1 1 3 が - 5 0 0 V を基準とした。この出力電圧の変化は、可変直流電源 1 1 2 および可変直流電源 1 1 3 の両方で、等しい量で変化させることとした。例えば図 6 の横軸の可変直流電源の出力電圧の平均値を + 1 0 V 変化させる場合には、可変直流電源 1 1 2 と可変直流電源 1 1 3 との両方の出力電圧を + 1 0 V 変化させた。その場合、可変直流電源 1 1 2 の出力電圧は + 5 1 0 V、可変直流電源 1 1 3 の出力電圧は - 4 9 0 V になる。

【 0 0 7 9 】

実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、上記検定の結果、図 6 のように、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値が 0 V である場合には、ウェハ 1 0 3 に - 4 0 V 程度の電位が付与されていた。当該出力電圧の平均値を変化させると、ウェハ 1 0 3 の電位も、当該平均値の変化量とほぼ同量変化した。ウェハ 1 0 3 の電位が 0 V になる当該出力電圧の平均値は、+ 4 0 V 程度であった。

【 0 0 8 0 】

実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、実施の形態 1 と同様に、プラズマ放電中断中の処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a の電位は、放電終了後に比較的速やかにおよそ 0 V になる。そのため、実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、制御装置 1 1 5 により、放電中断中、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値が + 4 0 V になるように設定する。これにより、図 4 の (d) のように、ウェハ 1 0 3 と内壁面 1 0 1 a との電位差を解消できる。

【 0 0 8 1 】

上記検定によって決定された、プラズマ放電中断中の可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値を、 V_{1ctrl} 、 V_{2ctrl} とする。図 4 の 4 0 1 a が V_{1ctrl} 、4 0 2 a が V_{2ctrl} に対応する。記憶装置 1 1 4 は、この V_{1ctrl} 、 V_{2ctrl} の値を記憶する。プラズマ処理装置は、図 4 の (c) と同様に、プラズマ放電中断中の時間 T 2 において、制御装置 1 1 5 により、4 0 0 の時間に、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値を、 V_{1ctrl} 、 V_{2ctrl} となるように制御する。

【 0 0 8 2 】

[効果等]

図 7 は、実施の形態 2 のプラズマ処理装置における、異物の付着の低減効果として、放電中断中に可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧を様々に変化させた際の、ウェハ 1 0 3 に付着した異物数の変化を表すグラフである。グラフの横軸は、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値 [V]、およびそれに対応付けられたウェハ 1 0 3 の電位 [V] を示す。グラフの縦軸は、ウェハ 1 0 3 に付着した異物数を示す。この異物数は、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値が 0 V の場合の異物数によって規格化された値を示す。

【 0 0 8 3 】

図 7 に示すように、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値が + 4 0 V 付近、つまりウェハ 1 0 3 の電位が 0 V 付近になっている場合、従来の通常の運用である可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の平均値が 0 V の場合と比較して、4 0 % 程度の異物低減効果が得られた。また、ウェハ 1 0 3 の電位が負極性になる場合には、ウェハ 1 0 3 の電位の絶対値が大きくなる程、ウェハ 1 0 3 に付着する異物数が増加する。一方、ウェハ 1 0 3 の電位が正極性になる場合には、ウェハ 1 0 3 の電位の絶対値が大きくなっても、ウェハ 1 0 3 に付着する異物数は大きくは変化しない。

【 0 0 8 4 】

上記結果から、以下の二点が推測される。一点は、処理室 1 0 1 内の帯電した異物の多くが正極性に帯電しているということである。ウェハ 1 0 3 の電位が負極性の場合の付着する異物の増加は、正極性に帯電した異物がウェハ 1 0 3 の電位に引き寄せられたことの結果であると考えられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

もう一点は、ウェハ 1 0 3 に異物の帯電と同極性の電位を印加して、ウェハ 1 0 3 に飛来する帯電異物を跳ね返して異物の低減を図るという手法の効果は小さいということである。これは、前述の結果より正極性に帯電した異物の存在が示唆されているにも関わらず、ウェハ 1 0 3 に正極性の電位を付与しても異物の低減効果が得られなかったことから判断される。このことに関しては、放電中断中に発生する異物は、処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a から発生する際の初速度が十分小さく、ウェハ 1 0 3 と内壁面 1 0 1 a との間に電位差が無い場合、ウェハ 1 0 3 まで飛来できる異物が少ない状況であると考ええることで説明できる。従って、放電中断中には帯電した異物を不要にウェハ 1 0 3 へ引き寄せることが無いように電位を制御することが肝要であると言える。

10

【 0 0 8 6 】

実施の形態 2 のプラズマ処理装置は、上記二点を含めて考慮し、放電中断中、帯電した異物を不要にウェハ 1 0 3 へ引き寄せることが無いように、制御装置 1 1 5 により可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧を制御して、ウェハ 1 0 3 の電位を制御する。

【 0 0 8 7 】

以上の結果から、実施の形態 2 のプラズマ処理装置によれば、放電中断中にウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との間に意図しない電位差が発生することを抑制することで、帯電した異物のウェハ 1 0 3 への付着を低減できることが確認された。

【 0 0 8 8 】

< 実施の形態 3 >

図 8 , 図 9 を用いて、本発明の実施の形態 3 のプラズマ処理装置について説明する。以下、実施の形態 3 における実施の形態 1 および実施の形態 2 とは異なる構成の部分について説明する。

20

【 0 0 8 9 】

[プラズマ処理装置]

図 8 は、実施の形態 3 のプラズマ処理装置の要部断面の構成を示す。図 8 の実施の形態 3 のプラズマ処理装置も、ECR 型エッチング装置であるが、ECR 型に限らず適用可能である。実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、実施の形態 1 および実施の形態 2 のプラズマ処理装置の構成要素に加え、実施の形態 2 とは異なる検定の手段を備える。実施の形態 3 における検定の手段は、当該プラズマ処理装置の検定を、処理室 1 0 1 の大気開放を行うこと無く実施するための機構を含む。実施の形態 3 のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法は、当該検定の手段を用いて検定を行う手順を含む。

30

【 0 0 9 0 】

図 8 で、実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、上記検定の手段の構成要素として、電流計 8 0 1 , 8 0 2 と、制御装置 8 0 3 とを備える。電流計 8 0 1 , 8 0 2 は、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 からウェハ 1 0 3 に流れる電流を測定する電流計であり、制御装置 8 0 3 と接続される。制御装置 8 0 3 は、前述の制御装置 1 1 5 の代わりに設けられ、検定の制御の機能を含む。制御装置 8 0 3 は、電流計 8 0 1 , 8 0 2 で測定した電流が互いに等しくなるように、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧値を制御する。

【 0 0 9 1 】

電流計 8 0 1 , 8 0 2 は、特に、載置台 1 0 2 における静電吸着電極 1 0 9 , 1 1 0 から誘電体層 1 1 1 を介してウェハ 1 0 3 へ流れる電流を検出する電流計としてもよい。

40

【 0 0 9 2 】

実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、検定を行う際、処理室 1 0 1 内に、検定のためのプラズマである検定用プラズマ 8 0 4 を発生させる。この検定用プラズマ 8 0 4 のプラズマ放電を、以下、検定放電と記載する。

【 0 0 9 3 】

[等価回路]

図 9 は、実施の形態 3 のプラズマ処理装置における、検定放電中における、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 、静電吸着電極 1 0 9 , 1 1 0 、誘電体層 1 1 1 、ウェハ 1 0 3 、検定

50

用プラズマ 804、および真空の処理室 101 を簡単にモデル化した等価回路を示す。 I_1 は電流計 801 の電流、 I_2 は電流計 802 の電流である。 I_3 は、ウェハ 103 から検定用プラズマ 804 への電流である。 R_3 は、検定用プラズマ 804 の抵抗値、 C_3 は、検定用プラズマ 804 の静電容量値である。 R_4 は、処理室 101 の内壁面 101a の接地抵抗、 C_4 は、処理室 101 の内壁面 101a の対地静電容量である。

【0094】

検定放電中は、ウェハ 103 と処理室 101 の内壁面 101a とが、検定用プラズマ 804 によって電氣的に接続される。この際、ウェハ 103 と処理室 101 の内壁面 101a との間の当該プラズマを介した抵抗値 R_3 および静電容量値 C_3 は、ウェハ 103 と静電吸着電極 109、110 との間の抵抗値 R_1 、 R_2 、および静電容量値 C_1 、 C_2 に比べて、それぞれ十分に小さい。

10

【0095】

また、実施の形態 3 のプラズマ処理装置では、処理室 101 の内壁面 101a の接地抵抗 R_4 および対地静電容量 C_4 も、上記抵抗値 R_1 、 R_2 および静電容量値 C_1 、 C_2 に比べて十分小さい。そのため、ウェハ 103 の電位は、検定放電中、ほぼ 0 V となる。

【0096】

また、検定用プラズマ 804 に電流 I_3 が流れることにより、電流計 801 と電流計 802 には、異なる電流である I_1 と I_2 が流れる。実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、制御装置 803 により、これらの両電流の値が等しくなるように、出力電圧値である V_1 および V_2 を設定する。当該設定により、検定用プラズマ 804 には、電流 I_3 が流れなくなる。即ち、プラズマ放電が無い場合の等価回路と等しい状態となる。上記のように決まる可変直流電源 112、113 の出力電圧値である V_1 および V_2 が、プラズマ放電が無い時もウェハ 103 の電位が 0 V になるような出力電圧である V_{1ctrl} および V_{2ctrl} となる。

20

【0097】

実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、ウェハ 1 枚の処理ごと、あるいは 1 ロットごと等、必要な単位およびタイミングで、検定放電を行う。検定放電の際、まずウェハ 103 が真空の処理室 101 内の載置台 102 に搬入される。ウェハ 103 は、静電吸着電極 109、110 によって載置台 102 に吸着される。この際の吸着電圧は、製品ウェハの処理を行う際に一般的に使用される値に設定される。

30

【0098】

プラズマ処理装置は、その後、処理室 101 内の圧力調整等、検定放電のための準備を行う。当該準備が終了した後、プラズマ処理装置は、プラズマ発生のための所定の μ 波電力の印加によりプラズマを発生させる。プラズマ発生後、電流計 801、802 で電流が計測される。制御装置 803 は、上記電流計 801、802 の両電流値である I_1 、 I_2 を監視する。制御装置 803 は、互いの電流値である I_1 、 I_2 の差が、当該電流値の絶対値の和に対して、 $\pm 1\%$ 以内になるように、可変直流電源 112、113 の出力電圧である V_1 、 V_2 を制御する。なお当該可変直流電源 112、113 の出力電圧の変化は、前述と同様に、等しい量で変化させることとする。

【0099】

制御装置 803 は、上記制御において、上記電流値の差が当該電流値の絶対値の和の $\pm 1\%$ 以内になった場合、可変直流電源 112、113 の出力電圧の制御を停止し、その際の出力電圧値である V_1 、 V_2 の値を、記憶装置 114 に記憶させる。ここで記憶された V_1 、 V_2 の値が、上述の V_{1ctrl} 、 V_{2ctrl} となる。

40

【0100】

なお、上記検定放電中の可変直流電源 112、113 の出力電圧の制御を停止する際の条件である、上記電流値の差は、当該電流値の絶対値の和の $\pm 1\%$ 以内でなくても構わない。ただし、前述のように、ウェハ 103 と内壁面 101a との電位差を、異物の低減効果が得られるように十分小さくできることが望まれる。

【0101】

50

実施の形態 3 において、上記制御の停止の条件を、上記電流値の差が当該電流値の絶対値の和の $\pm 1\%$ 以内であることとしたのは、以下の理由による。実施の形態 1 における静電吸着電極 109 と静電吸着電極 110 との間の電位差が 1000 V である。この 1000 V の電位差に対して、異物の低減効果が得られるウェハ 103 と内壁面 101a との間の許容される電位差が ± 10 V である。上記許容される電位差である ± 10 V は、上記静電吸着電極 109 と静電吸着電極 110 との間の電位差である 1000 V の $\pm 1\%$ である。よって、上記制御の停止の条件として、上記電流値の差が当該電流値の絶対値の和の $\pm 1\%$ 以内であることとする。

【0102】

プラズマ処理装置は、検定後、製品ウェハの処理を行う。プラズマ処理装置は、製品ウェハの処理の際、制御装置 803 により、プラズマ放電中断中に、可変直流電源 112, 113 の出力電圧値を、前述の図 4 の (c) と同様に、 V_{1ctrl} , V_{2ctrl} となるように制御する。

【0103】

[効果等]

上述のように、実施の形態 3 のプラズマ処理装置のプラズマ処理方法によれば、処理室 101 の大気開放を行うこと無く検定を実施する。そして本プラズマ処理方法によれば、製品ウェハの処理において、プラズマ放電中断中にウェハ 103 と処理室 101 の内壁面 101a との間に意図しない電位差が発生することを抑制する。これにより、帯電した異物のウェハ 103 への付着を低減することができる。

【0104】

<実施の形態 4>

図 10, 図 11 を用いて、本発明の実施の形態 4 のプラズマ処理装置について説明する。以下、実施の形態 4 における前述の形態とは異なる構成の部分について説明する。

【0105】

[プラズマ処理装置]

図 10 は、実施の形態 4 のプラズマ処理装置の要部断面の構成を示す。図 10 の実施の形態 4 のプラズマ処理装置も、ECR 型エッチング装置であるが、ECR 型エッチング装置に限らず適用可能である。実施の形態 4 のプラズマ処理装置は、前述の構成要素に加え、ウェハ電位計測プローブ 1001 と、内壁面電位計測プローブ 1002 と、制御装置 1003 とを有する。

【0106】

ウェハ電位計測プローブ 1001 は、処理室 101 内のウェハ 103 の電位を計測するプローブである。内壁面電位計測プローブ 1002 は、処理室 101 の内壁面 101a の電位を計測するプローブである。

【0107】

制御装置 1003 は、制御装置 115 の代わりに設けられ、両プローブであるウェハ電位計測プローブ 1001 および内壁面電位計測プローブ 1002 の電位計測結果を監視して、当該結果を基に可変直流電源 112, 113 の出力電圧を制御する機能を持つ。

【0108】

実施の形態 4 において、処理室 101 の内壁面 101a の基材は、例えば前述と同様に接地された導体である。これに限らず、実施の形態 4 は、当該内壁面 101a の基材が接地されていない場合や、当該基材の素材が導体ではない場合等にも、好適に適用可能である。

【0109】

上記内壁面 101a の基材は、プラズマに暴露されていてもよい。当該基材は、接地されている場合には、プラズマ消失後に内壁面 101a の表面が速やかにおおよそ 0 V となる程度の薄い誘電体の膜があってもよい。さらに実施の形態 4 は、内壁面 101a の基材の誘電体の膜が厚く、電位の変化の時定数が数秒から数十秒、もしくはより長い時間に及ぶ場合にも、好適に適用可能である。

【 0 1 1 0 】

実施の形態 4 において、静電吸着電極 1 0 9 , 1 1 0 とウェハ 1 0 3 との間の誘電体層 1 1 1 は、ある程度のリーク電流が流れる程度の抵抗率となっていてよいし、リーク電流がほとんど流れないような抵抗率となっていてよい。例えば、誘電体層 1 1 1 は、前述の J o h n s e n - R a h b e k 効果によって吸着を行うための溶射膜であってもよいし、それよりも抵抗率が $10^5 \sim 10^6$ 倍程度になる焼結体であってもよい。

【 0 1 1 1 】

実施の形態 4 のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法では、プラズマ放電中断中、ウェハ電位計測プローブ 1 0 0 1 と内壁面電位計測プローブ 1 0 0 2 とを用いて、ウェハ 1 0 3 の電位と内壁面 1 0 1 a の電位との計測が行われる。制御装置 1 0 0 3 は、これらの両プローブの計測結果を監視する。制御装置 1 0 0 3 は、計測結果であるウェハ 1 0 3 の電位および内壁面 1 0 1 a の電位を基に、ウェハ 1 0 3 と内壁面 1 0 1 a との電位差が小さくなるように、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧を制御する。なお実施の形態 4 で、可変直流電源 1 1 2 , 1 1 3 の出力電圧の変化は、前述と同様に、等しい量で変化させることとする。

【 0 1 1 2 】

実施の形態 4 のプラズマ処理装置は、制御装置 1 0 0 3 により上記制御を行うことにより、プラズマ放電中断中に、ウェハ 1 0 3 と処理室 1 0 1 の内壁面 1 0 1 a との間の電位差を解消する。これにより、帯電した異物がウェハ 1 0 3 に引き寄せられて付着することを防止する。

【 0 1 1 3 】

[処理タイムチャート]

図 1 1 は、実施の形態 4 のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理を含む処理のタイムチャートを前述と同様に示す。図 1 1 の処理は、前述の図 4 とは異なる内容として、プラズマ放電中断中の時間 T 2 における (c) および (d) の形が異なる。

【 0 1 1 4 】

(c) の可変直流電源出力電圧において、1 1 0 1 は、内側の静電吸着電極 1 0 9 への可変直流電源 1 1 2 の出力電圧として、基準である所定の正の電圧である。1 1 0 2 は、外側の静電吸着電極 1 1 0 への可変直流電源 1 1 3 の出力電圧として、基準である所定の負の電圧である。1 1 0 0 は、放電中断中の時間 T 2 における、制御装置 1 0 0 3 の制御による出力電圧の変化およびその時間を示す。制御装置 1 0 0 3 は、1 1 0 0 の時間に、可変直流電源 1 1 2 および可変直流電源 1 1 3 の出力電圧値を変化させる制御を行う。

【 0 1 1 5 】

1 1 0 0 の時間において、可変直流電源 1 1 2 の出力電圧である 1 1 0 1 は、1 1 0 1 a のように変化し、可変直流電源 1 1 3 の出力電圧である 1 1 0 2 は、1 1 0 2 a のように変化する。1 1 0 1 a は、1 1 0 1 の電圧値に対して所定電圧低い状態から、次第に電位が高くなり、1 1 0 1 の電圧値に対して所定電圧高い状態へと至るように変化する。同様に、1 1 0 2 a は、1 1 0 2 の電圧値に対して所定電圧低い状態から、次第に電位が高くなり、1 1 0 2 の電圧値に対して所定電圧高い状態へと至るように変化する。

【 0 1 1 6 】

(d) のウェハ電位および内壁面電位において、1 1 1 1 は、ウェハ 1 0 3 の電位、1 1 1 2 は、内壁面 1 0 1 a の電位を示す。時間 T 1 の放電終了の時刻 t 1 では、1 1 1 1 , 1 1 1 2 は、前述と同様の電位である。時間 T 2 において、ウェハ 1 0 3 の電位である 1 1 1 1 は、1 1 1 1 a のように変化する。1 1 1 1 a は、1 1 0 0 の時間に、一旦少し電位が低くなってから次第に 0 V に近づく形である。同様に、内壁面 1 0 1 a の電位である 1 1 1 2 は、1 1 1 2 a のように変化する。1 1 1 2 a は、1 1 0 0 の時間に、次第に 0 V に近づく形である。時刻 t 1 の直後は、1 1 1 1 と 1 1 1 2 との電位差があるが、その後、当該電位差がほぼ 0 V になる。1 1 0 0 の時間では、1 1 1 1 a と 1 1 1 2 a との電位差がほぼ 0 V である。

【 0 1 1 7 】

実施の形態４のプラズマ処理装置は、上記放電中断中の時間Ｔ２に、制御装置１００３により、可変直流電源１１２，１１３の出力電圧の制御を行いながら、前述と同様に、処理室１０１内の圧力調整等、次の放電処理のための準備を行う。当該準備が終了した後、プラズマ処理装置は、制御装置１００３による１１００のような制御を停止する。これにより、可変直流電源１１２，１１３は、次の放電処理のための所定の電圧を出力する。その後、μ波電力の供給が開始され、次の放電処理が同様に実施される。

【０１１８】

実施の形態４のプラズマ処理装置は、ウェハ１０３と内壁面１０１ａとの電位差が小さくなるように、可変直流電源１１２，１１３の出力電圧の制御を行い続ける構成である。

【０１１９】

これに限らず、ウェハ１０３と内壁面１０１ａとの電位差が所定の値以内になるように上記出力電圧の制御を行う形態としても構わない。この形態の場合、例えば前述の実施の形態１で異物の低減効果が得られる目安とした値を用いて、ウェハ１０３と内壁面１０１ａとの電位差を±１０Ｖ以内になるように制御してもよい。

【０１２０】

〔効果等〕

上述のように、実施の形態４のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法によれば、製品ウェハの処理において、プラズマ放電中断中にウェハ１０３と内壁面１０１ａとの間に意図しない電位差が発生することを抑制し、異物のウェハ１０３への付着を低減することができる。

【０１２１】

以上、本発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、ウェハ載置台上にウェハが載置されており、かつプラズマが発生していない場合に、ウェハと処理室内壁面の電位差を低減するように、ウェハ吸着電極用の可変直流電源の出力電圧を制御するプラズマ処理装置に関するものである。

【０１２２】

尚、本発明は上述した各実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、一方の実施例の構成の一部を他方の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、一方の実施例の構成に他方の実施例の構成を加えることも可能である。さらに各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【０１２３】

例えば、上述した「試料台上にウェハが載置されており、かつプラズマが発生していない場合」は、実施形態１～４における放電中断中のみならず、ウェハが処理室に搬入され、最初のプラズマ放電が開始されるまでの間の期間も含む。

【０１２４】

また、各実施の形態においては、可変直流電源１１２および可変直流電源１１３の出力電圧の平均値を変化させる際、可変直流電源１１２および可変直流電源１１３の両方で、等しい量を変化させることとした。この電圧の変化は、可変直流電源１１２および可変直流電源１１３のそれぞれで異なる量を変化させても構わない。例えば、可変直流電源１１２の出力電圧が＋５００Ｖ、可変直流電源１１３の出力電圧が－５００Ｖの状態から、可変直流電源１１２および１１３の出力電圧の平均値を＋１０Ｖ変化させる場合には、可変直流電源１１２の出力電圧を＋５２０Ｖ、可変直流電源１１３の出力電圧を－５００Ｖとしてもよい。

【０１２５】

さらに各実施例において、可変直流電源１１２および可変直流電源１１３のそれぞれの出力の電圧値をそれぞれ変化させた場合で説明したが、必ずしもそれぞれの電圧値を両方とも変化させる必要はなく、少なくとも、可変直流電源１１２または可変直流電源１１３

10

20

30

40

50

の出力の電圧値により処理室の内壁面とウェハとの電位差が0となるように制御しても良い。尚、可変直流電源112および可変直流電源113のそれぞれの出力の電圧値をそれぞれ変化させた場合の方が可変直流電源112または可変直流電源113の一方の出力の電圧値だけを変化させる場合よりウェハを試料台に安定的に静電吸着させることができる効果がある。

【0126】

また、例えば、実施形態4におけるプラズマ処理装置は、壁面電位を計測する内壁面電位計測プローブを備えるが、本発明は、実施例1ないし3に記載したように内壁面の電位がプラズマ中断中、速やかに0Vになることが推察される場合には、内壁面電位計測プローブを備えない構成でも良い。また、本発明は、例えば、プラズマ中断中の内壁面電位を

10

【0127】

さらに、例えば、内壁面がプラズマによって帯電し、かつ、プラズマパラメータからその電位が確実に推測可能な場合には、本発明は、内壁面電位計測プローブを備えない構成でも良い。また、本発明は、上述した例以外にも種々の要因で内壁面に電位が発生する場合に、内壁面電位の直接計測以外の方法でその電位が確実に推測可能な場合にも内壁面電位計測プローブを備えない構成でも良い。

【0128】

以上、本発明の技術的思想は、「プラズマが不存在の場合における、前記試料の電位と前記プラズマ処理室の内壁の電位との電位差を低減させる」ことである。また、プラズマ処理室の内壁の電位が略0である場合は、本発明の技術的思想は、「プラズマが不存在である場合の前記試料の電位を低減させる」ことであると表現することができる。さらに本発明は、上記の本発明の技術的思想の要旨を逸脱しない範囲で種々に変更可能である。

20

【0129】

また、本発明は、プラズマが不存在の場合における、試料の電位とプラズマ処理室の内壁の電位との電位差を低減させる直流電源の電圧値として予め求められた直流電源の電圧値をプラズマが不存在の場合に直流電源の出力値として出力する形態も含む。さらに本発明は、プラズマが不存在である場合の試料の電位を低減させる直流電源の電圧値として予め求められた直流電源の電圧値をプラズマが不存在の場合に直流電源の出力値として出力する形態も含む。

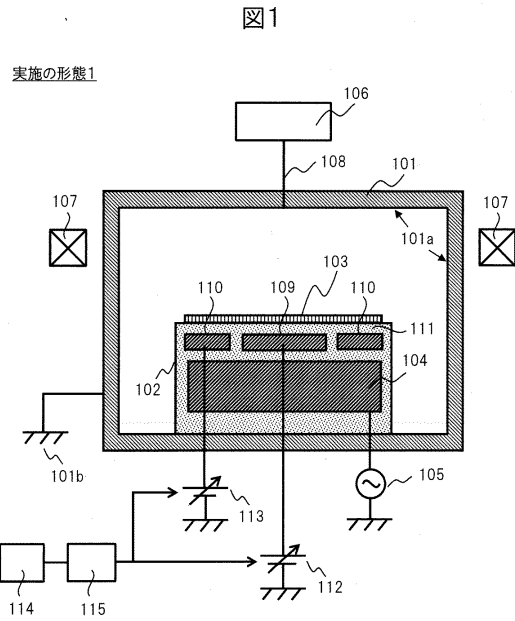
30

【符号の説明】

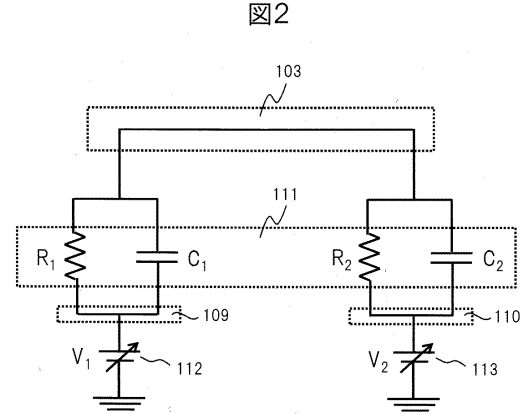
【0130】

101...処理室、101a...内壁面、102...載置台、103...ウェハ、104...高周波電極、105...高周波電源、106...μ波発振源、107...ソレノイドコイル、108...導波管、109、110...静電吸着電極、111...誘電体層、112、113...可変直流電源、114...記憶装置、115、803、1003...制御装置、801、802...電流計、804...検定用プラズマ、1001...ウェハ電位計測プローブ、1002...内壁面電位計測プローブ。

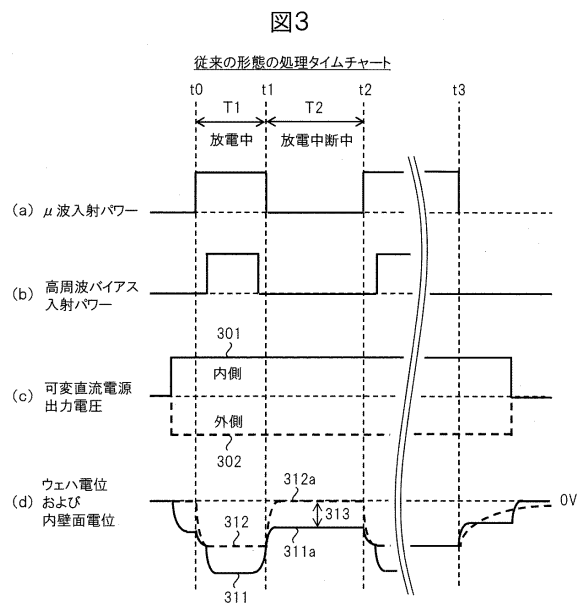
【図 1】



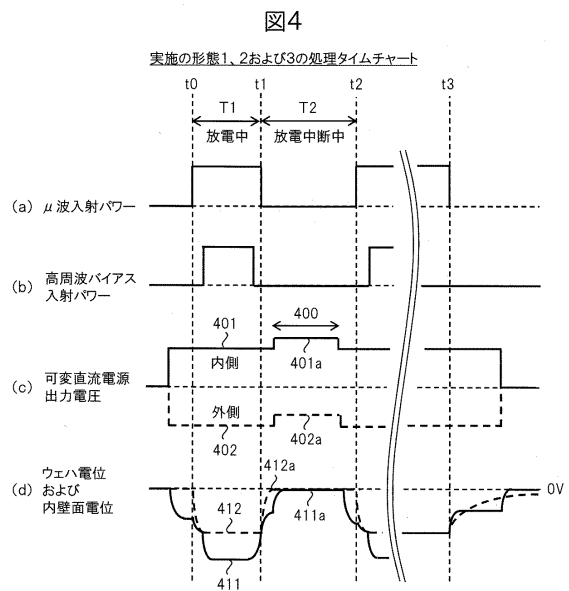
【図 2】



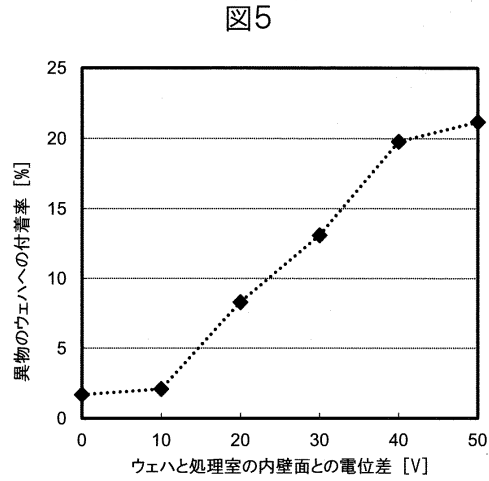
【図 3】



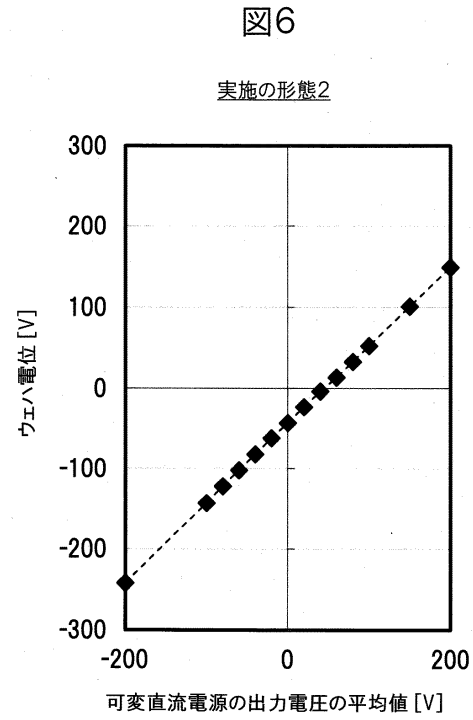
【図 4】



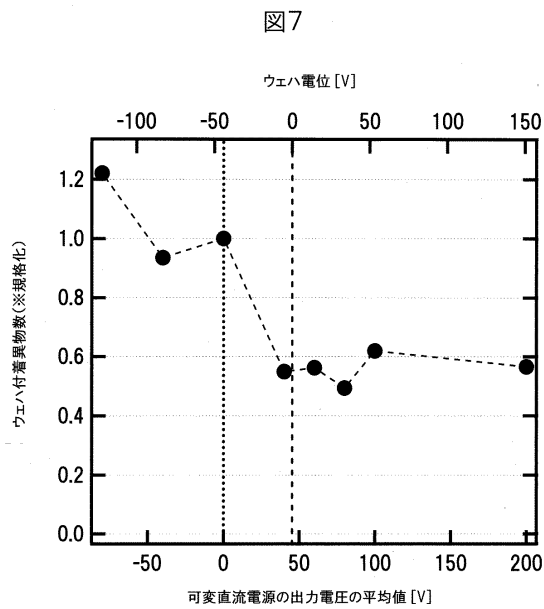
【図5】



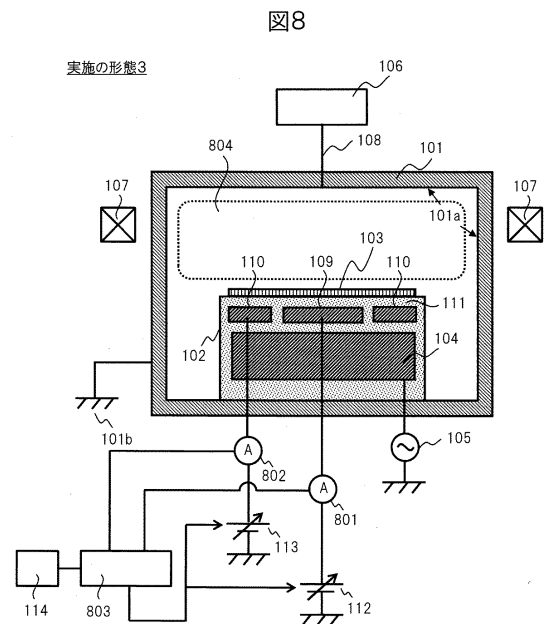
【図6】



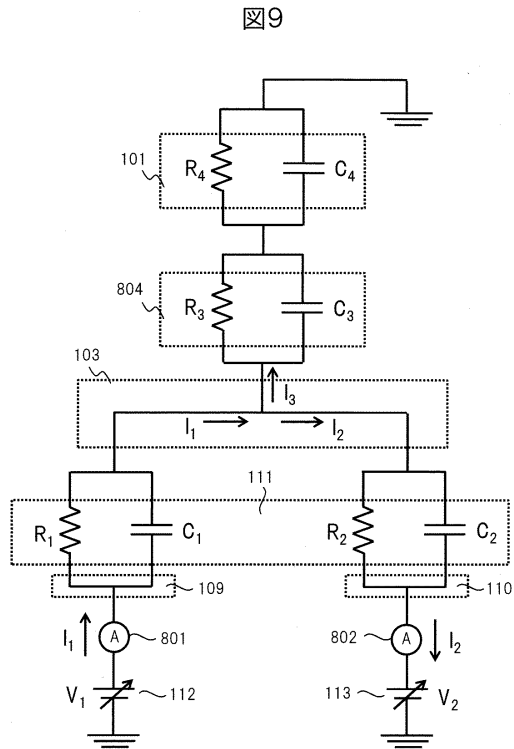
【図7】



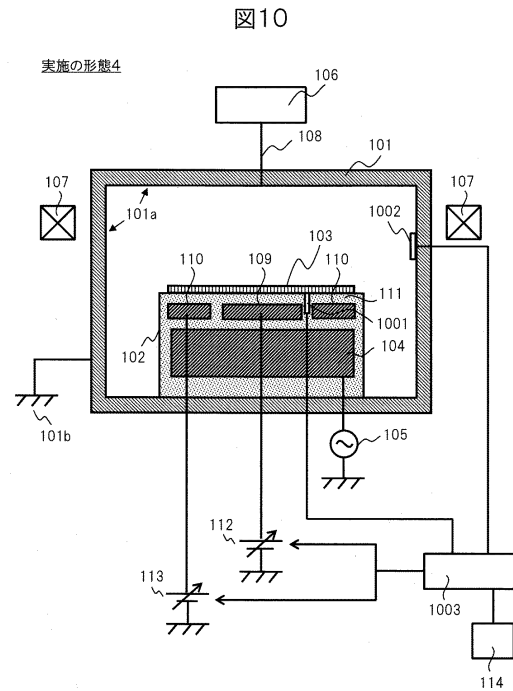
【図8】



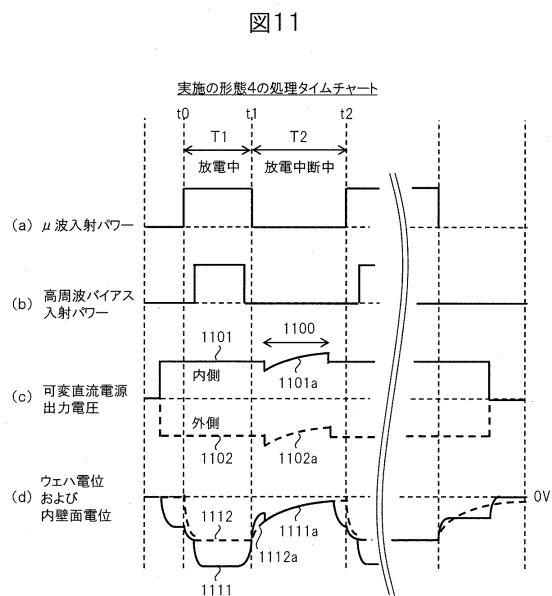
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 池永 和幸

東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内

(72)発明者 田村 智行

東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内

審査官 長谷川 直也

(56)参考文献 特開2004-047511(JP,A)

特開2001-176958(JP,A)

特開平09-054130(JP,A)

特開2007-073568(JP,A)

特開2003-068708(JP,A)

特開平11-135483(JP,A)

特開平05-129420(JP,A)

特開2013-229445(JP,A)

特開2014-070275(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205、21/302、21/3065、21/31、

21/365、21/461、21/469、

21/67-21/683、21/86、

H05H 1/00-1/54