

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6505027号
(P6505027)

(45) 発行日 平成31年4月24日 (2019. 4. 24)

(24) 登録日 平成31年4月5日 (2019. 4. 5)

(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 1 L 21/683 (2006. 01)

H O 1 L 21/68 R

H O 5 H 1/46 (2006. 01)

H O 5 H 1/46 C

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-29 (P2016-29)
 (22) 出願日 平成28年1月4日 (2016. 1. 4)
 (65) 公開番号 特開2017-123354 (P2017-123354A)
 (43) 公開日 平成29年7月13日 (2017. 7. 13)
 審査請求日 平成30年4月9日 (2018. 4. 9)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 石黒 正貴
 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 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】 試料の離脱方法およびプラズマ処理装置

(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電極が配置され前記試料が載置される試料台と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源とを備えるプラズマ処理装置において、

プラズマ処理された試料を前記試料台の上方に上昇させた後、前記試料の電位が小さくなるように前記直流電源の出力を制御する制御装置をさらに備え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電極が配置され前記試料が載置される試料台と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源とを備えるプラズマ処理装置において、

静電吸着した試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマをオフさせた後、前記プラズマをオフさせる前の前記直流電圧から正の方向へ前記直流電圧をシフトさせるように前記直流電源の出力を制御する制御装置をさらに備え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 に記載のプラズマ処理装置において、

10

20

前記制御装置は、前記プラズマ処理された試料を前記試料台の上方に上昇させた後、前記静電吸着した試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマをオフさせることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記直流電圧の正の方向へのシフト量は、前記試料台の上方に上昇させられた試料と前記試料台の表面との間の静電容量および前記プラズマの浮遊電位に基づいて求められていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記プラズマのオフ後の直流電圧は、0 V であることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項 6】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記プラズマのオフから前記直流電圧を正の方向へシフトさせるまでの時間は、0 . 1 ~ 1 . 0 秒の範囲内の時間であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

請求項 4 に記載のプラズマ処理装置において、
前記試料の電位のシフト量は、+ 1 0 ~ + 2 0 V の範囲内の値であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記直流電圧の正の方向へのシフト量は、前記試料台から離脱させた試料の電位と前記直流電圧との相関関係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。

20

【請求項 9】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記直流電圧の正方向へのシフト量は、前記直流電圧の正方向へのシフト量と前記試料の電位のシフト量との比が静電容量比と等しくなるような値として求められ、
前記静電容量比は、前記試料台の上方に上昇させられた試料と前記試料台の表面との間の静電容量と、前記試料台から前記試料を上方へ上昇させる離脱機構を介した地表に対する試料の静電容量と、の比であることを特徴とするプラズマ処理装置。

30

【請求項 10】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、
前記制御装置は、前記プラズマをオフさせる前の前記直流電圧から正の方向へ前記直流電圧をシフトさせた後、前記プラズマ処理された試料を前記処理室から搬出させることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 11】

静電吸着させるための電極に直流電圧を印加することにより試料を静電吸着させる試料台からプラズマ処理された試料を離脱させる試料の離脱方法において、
前記プラズマ処理された試料を前記試料台の上方に上昇させた後、前記試料の電位が小さくなるように前記直流電圧を制御することを特徴とする試料の離脱方法。

40

【請求項 12】

静電吸着させるための電極に直流電圧を印加することにより試料を静電吸着させる試料台からプラズマ処理された試料を離脱させる試料の離脱方法において、
前記静電吸着した試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマをオフさせた後、前記プラズマをオフさせる前の前記直流電圧から正の方向へ前記直流電圧をシフトさせることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 13】

請求項 11 に記載の試料の離脱方法において、
前記プラズマ処理された試料を前記試料台の上方に上昇させた後、前記静電吸着した試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマをオフすることを特徴とする試料の離脱方法

50

。

【請求項 14】

請求項 12 に記載の試料の離脱方法において、
前記試料台の上方に上昇させられた試料と前記試料台の表面との間の静電容量および前記
プラズマの浮遊電位に基づいて前記直流電圧の正の方向へのシフト量を求めることを特徴
とする試料の離脱方法。

【請求項 15】

請求項 12 に記載の試料の離脱方法において、
前記プラズマのオフ後の直流電圧を 0 V とすることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 16】

請求項 12 に記載の試料の離脱方法において、
前記プラズマのオフから前記直流電圧を正の方向へシフトさせるまでの時間を 0 . 1 ~ 1
. 0 秒の範囲内の時間とすることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 17】

請求項 14 に記載の試料の離脱方法において、
前記試料の電位のシフト量を + 10 ~ + 20 V の範囲内の値とすることを特徴とする試料
の離脱方法。

【請求項 18】

請求項 12 に記載の試料の離脱方法において、
前記試料台から離脱させた試料の電位と前記直流電圧との相関関係に基づいて前記直流電
圧の正の方向へのシフト量を求めることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 19】

請求項 12 に記載の試料の離脱方法において、
前記直流電圧の正方向へのシフト量と前記試料の電位のシフト量との比が静電容量比と等
しくなるように前記直流電圧の正方向へのシフト量を求め、
前記静電容量比は、前記試料台の上方に上昇させられた試料と前記試料台の表面との間の
静電容量と、前記試料台から前記試料を上方へ上昇させる離脱機構を介した地表に対する
試料の静電容量と、の比であることを特徴とする試料の離脱方法。

【請求項 20】

請求項 12 に記載の試料の離脱方法において、
前記プラズマをオフさせる前の前記直流電圧から正の方向へ前記直流電圧をシフトさせた
後、前記試料がプラズマ処理される処理室から前記プラズマ処理された試料を搬出するこ
とを特徴とする試料の離脱方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造の技術に関する。特に本発明は、半導体装置の製造に好適な
試料の離脱方法およびプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体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
チングでは、試料基板（ウエハ）を処理室内部の試料台上に載置し、プラズマに曝露させ
る。この際、処理室に導入するガス種やウエハに印加する高周波電力など種々の処理条件
を調整することによりウエハ上の特定の積層膜を選択的に除去し、ウエハ上に微細な回路
パターンを形成する。

【0003】

上記の様なプラズマエッチングにおいて、処理中のウエハずれの防止やウエハ温度調整
の要求などから、通常、ウエハは静電吸着電極などを用いて試料台上に固定される。処理
の終了後はウエハの固定を解除し、ウエハを試料台上方に押し上げる離脱機構等を用いて
ウエハを試料台から離脱させて処理室からの搬出を行なう。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

静電吸着電極を用いたウエハ吸着では、電極に電圧を印加することによって電極とウエハとの間に存在する誘電体膜等に生じる静電気力によってウエハの吸着を行なう。従って電極に印加する電圧を遮断することで吸着の解除を行なうことができるが、その際に誘電体膜やウエハに対する除電が不十分で電荷が残留することによって、電極への印加電圧遮断後もウエハに対する吸着力が保持される場合がある。

【 0 0 0 5 】

上記のような残留吸着力が発生することで、ウエハを試料台から離脱する際にウエハの位置ずれが生じる場合や、離脱する際にウエハにかかる力によってウエハが破損する場合などがある。ウエハずれの発生は搬送時の装置エラーのリスクにつながり、場合によっては製品処理が停止する場合がある。ウエハの破損は、ウエハ自体の損失に加え、破損したウエハを装置内から除去するなど、装置の原状回復までに時間を要する場合がある。いずれの場合も製品スループットに悪影響を及ぼす可能性が高く、除電による残留吸着力の低減は上記リスクの低減のため必要である。残留吸着力の低減のための除電方法としては以下のような手法がこれまでに知られている。

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 においては、静電吸着装置の静電チャック電極にチャック電圧を印加し、被処理基板を前記静電チャック電極に静電吸着させる工程と、前記被処理基板が前記静電チャック電極に静電吸着された状態で、前記被処理基板に処理を施す工程と、前記被処理基板への処理が終了した後、チャンバー内を真空排気する真空処理工程と、前記真空処理工程の間、前記静電チャック電極の電圧を前記チャック電圧と同じ極性の電圧で安定させる工程と、前記静電チャック電極の電圧が安定した後、前記チャンバー内に除電用ガスを供給する工程と、前記チャンバー内に供給された前記除電用ガスをプラズマ化する工程と、前記被処理基板を前記静電チャック電極から離脱させる工程と、前記被処理基板が前記静電チャック電極から離脱した後、前記静電チャック電極を基準電位にする工程と、を具備する除電処理方法が開示されている。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 2 においては、電極を内包する誘電体上に載置され、前記電極への所定極性の直流電圧の印加により前記誘電体に静電気力によって吸着された被吸着物を、前記誘電体から離脱させる離脱方法であって、前記電極への前記直流電圧の印加を停止する工程と、前記被吸着物を除電用のプラズマに曝露する工程と、前記プラズマへの曝露により前記被吸着物に発生するセルフバイアス電圧と同極性の直流電圧を前記電極に印加する電圧印加工程と、を具備する除電処理方法が開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 4 0 8 2 2 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 4 - 4 7 5 1 1 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

特許文献 1 および 2 においては、プラズマを用いた除電処理に伴うプラズマからの荷電粒子流入によってウエハ表面に電位が現れることについてなんら考慮が成されていない。プラズマエッチングにおいては、処理されるウエハの裏面に高抵抗の膜が存在し、ウエハが他の構造物とほぼ絶縁されているとみなしてよい場合が多々ある。

【 0 0 1 0 】

上記のようにウエハが絶縁されている場合には、プラズマから流入した荷電粒子はウエハから移動することができないため、プラズマの消失後もウエハの表面にプラズマの浮遊電位が残存するおそれがある。その電位はプラズマ放電を終了し、ウエハを処理室から搬出するまでの間ウエハに保持される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

また、プラズマ生成時はウエハ上にプラズマシースができることでウエハへの真空処理室内の塵埃（以下、異物と記載する）付着が防がれることが知られているが、プラズマ放電の終了後はプラズマシースによる異物付着防止効果が働かなくなるため、異物がウエハに付着しやすくなる。

【 0 0 1 2 】

さらにウエハが載置されるダイポール電極の面積差、容量（抵抗）、経時変化等の意図しない要因によりウエハに電位が発生する場合もある。

【 0 0 1 3 】

上述のようにプラズマ放電の終了後にウエハ表面に電位が現れると、その電位によって帯電した異物がウエハに誘引され付着し、歩留まりの悪化を招く原因となる。

10

【 0 0 1 4 】

本発明は、上述した課題を鑑み、試料へ付着する異物を低減できる試料の離脱方法およびプラズマ処理装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本発明は、プラズマを用いて試料が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電極が配置され前記試料が載置される試料台と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源とを備えるプラズマ処理装置において、プラズマ処理された試料を前記試料台の上方に上昇させた後、前記試料の電位が小さくなるように前記直流電源の出力を制御する制御装置をさらに備えることを特徴とする。

20

【 0 0 1 6 】

また、本発明は、プラズマを用いて試料が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電極が配置され前記試料が載置される試料台と、前記電極に直流電圧を印加する直流電源とを備えるプラズマ処理装置において、静電吸着した試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマをオフさせた後、前記プラズマをオフさせる前の前記直流電圧から正の方向へ前記直流電圧をシフトさせるように前記直流電源の出力を制御する制御装置をさらに備えることを特徴とする。

30

【 0 0 1 7 】

さらに本発明は、静電吸着させるための電極に直流電圧を印加することにより試料を静電吸着させる試料台からプラズマ処理された試料を離脱させる試料の離脱方法において、前記プラズマ処理された試料を前記試料台の上方に上昇させた後、前記試料の電位が小さくなるように前記直流電圧を制御することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

また、本発明は、静電吸着させるための電極に直流電圧を印加することにより試料を静電吸着させる試料台からプラズマ処理された試料を離脱させる試料の離脱方法において、前記静電吸着した試料を前記試料台から離脱させるためのプラズマをオフさせた後、前記プラズマをオフさせる前の前記直流電圧から正の方向へ前記直流電圧をシフトさせることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明により、試料へ付着する異物を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明に係る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】従来の除電処理を示すタイムチャートである。

【図 3】本発明を示すフローチャートである。

【図 4】本発明に係る除電処理を示すタイムチャートである。

50

【図５】地表に対するウエハの静電容量が十分大きくなる構造をもった搬送機構を示す図である。

【図６】押し上げピン上昇後のウエハ電位と静電吸着電極への印加電圧との関係を示すグラフである。

【図７】可変直流電源，静電吸着電極，誘電体層，ウエハおよび押し上げピンをモデル化した等価回路を示す図である。

【図８】浮遊電位のマイクロ波入射電力依存性と浮遊電位の処理圧力依存性を示す図である。

【図９】ウエハ電位の変化量とT１との関係を示す図である。

【図１０】異物のウエハへの到達率におけるウエハ表面電位依存性を示す図である。

【図１１】本発明に係る除電処理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】

【００２１】

以下，本発明に係る各実施形態について説明する。

【実施例１】

【００２２】

図１から図１０を用いて本発明の実施の形態１の試料の離脱方法について説明する。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（Electron Cyclotron Resonance：ECR）型プラズマ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。

【００２３】

図１のECR型プラズマ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，試料の載置台である試料台１０２上に，試料となる半導体基板であるウエハ１０３が載置され，処理室１０１の内部にプラズマを生成させることで基板のエッチング処理を行なう。

【００２４】

処理室１０１の内壁基材は，接地された導体が含まれている。本実施例では，上記接地された導体が含まれる内壁基材は，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。

【００２５】

プラズマ処理装置は，プラズマを発生させる機構として，ソレノイドコイル１０４と，高周波電源であるマイクロ波電源１０５と，マイクロ波発振源１０６とマイクロ波導波管１０７とを備える。真空処理室内にはソレノイドコイル１０４によって磁場が発生する。マイクロ波電源１０５からの高周波電力によりマイクロ波発振源１０６で発生させたマイクロ波は，導波管１０７を介して処理室１０１に導入される。マイクロ波は，ソレノイドコイル１０４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，プラズマを生成させる。

【００２６】

上記プラズマ処理を行う間，ウエハ１０３の裏面には，当該ウエハ１０３の温度の調整のための冷却ガスが供給される。冷却ガスによるウエハ１０３のずれを防ぐためにウエハ１０３は，双極型（ダイポール）の静電吸着電極１０８，１０９によって試料台１０２上に吸着される。静電吸着電極１０８，１０９は，同心円上に一方の電極である静電吸着電極１０８が内側，他方の電極である静電吸着電極１０９が外側に配置されている。

【００２７】

静電吸着用電極１０８，１０９には，それぞれ，独立した電源である可変直流電源１１０，１１１が接続される。内側の静電吸着用電極１０８には，一方の可変直流電源１１０が接続され，外側の静電吸着用電極１０９には，他方の可変直流電源１１１が接続される

10

20

30

40

50

。静電吸着電極 108, 109 とウエハ 103 との間には, 誘電体層 112 が存在している。静電吸着電極 108, 109 とウエハ 103 とは, 有限の抵抗値と静電容量を持って電氣的に接続される。

【0028】

静電吸着用電極 108, 109 には, ウエハの吸着を行なう際にはそれぞれの電源により逆極性の電圧が印加される。例えば, 内側の静電吸着電極 108 には, 可変直流電源 110 により +500V の電圧が印加され, 外側の静電吸着電極 109 には, 可変直流電源 111 により -500V の電圧が印加される。

【0029】

しかし, 吸着を行なうことを目的としない場合には, 静電吸着用電極 108, 109 にそれぞれの電源により同極性の電圧を印加してもよい。上記のような同極性の電圧印加により, プラズマ放電が実施されていない場合には吸着を行なうことなく, ウエハの電位を制御することができる。例えば, 内側の静電吸着電極 108 に可変直流電源 110 により +500V の電圧を印加し, 外側の静電吸着電極 109 に可変直流電源 111 により +500V 電圧を印加することでウエハの電位を正極性にすることが可能である。

【0030】

プラズマ処理装置は, 処理が終了し吸着を解除した後, ウエハを試料台 102 から離脱させるための機構として, 試料台内部に貫通孔 113 と貫通孔内に配置された上下可動の押し上げピン 114 とを備える。静電吸着解除後に離脱機構である押し上げピン 114 にてウエハを試料台 102 の上方へ押し上げることによってウエハを試料台 102 から離脱させ, その後, 搬送機構を用いて上昇した押し上げピン上のウエハを処理室外に搬送する。

【0031】

また, 本実施例でのプラズマ処理装置は, 上記可変直流電源 110, 111 の出力電圧値を制御するための記憶装置 115 と制御装置 116 とを備える。可変直流電源 110, 111 は, 制御装置 116 と接続され, 制御装置 116 から出力電圧値が制御される。また, 制御装置 116 は, プラズマ処理装置のマイクロ波電源 105, ソレノイドコイル 104, 処理室 101 内の圧力等も制御する。

【0032】

次に図 2 に示す従来の処理方法における除電処理のタイムチャートを用いて従来の除電処理動作とその処理における課題を示す。マイクロ波の入射パワーを図 2(a), 可変直流電源の出力電圧を図 2(b), 押し上げピンの動作を図 2(c), 搬送機構の動作を図 2(d), ウエハ電位を図 2(e) にそれぞれ示す。

【0033】

エッチング処理の終了後, マイクロ波入射電力が変更され, 除電用のプラズマが生成される。変更後のマイクロ波入射電力は例えば, 400W である。この際, 図示は省略するが同時に除電用プラズマ生成のためのガスの切り替えを行なうことが望ましい。除電用プラズマには不活性なガスが好適であり, 代表的には Ar, He などが用いられる。ここで, 除電とは, プラズマを用いて試料台 102 に静電吸着したウエハ 103 を試料台 102 から離脱させるための処理のことである。

【0034】

その後, 除電用のプラズマによる処理を数秒にわたり実施した後, プラズマ放電を維持したまま静電吸着電極 108 および 109 に可変直流電源 110 および 111 を用いて印加している電圧を 0V にする。その後さらに数秒の除電用プラズマ処理を行なった後, プラズマ放電を維持したまま押し上げピン 114 によってウエハを試料台 102 から離脱させる。

【0035】

その後さらに数秒の除電用プラズマ処理を行なった後, マイクロ波入射電力を遮断し, プラズマ処理を終了する。プラズマ処理の終了後, 上昇した押し上げピン上のウエハは搬送機構により処理室外に搬出され, ウエハの搬出後押し上げピンは下降する。

【 0 0 3 6 】

上記の処理に伴い、ウエハには除電用プラズマ処理によってプラズマ浮遊電位程度の電位が発生するが、この電位はプラズマ生成終了後もウエハに残存し、ウエハ搬出までの間にウエハに異物を引き寄せる原因となる。従って、押し上げピン上昇後かつプラズマ処理が終了した後の期間において、ウエハの電位が抑制されることが望ましい。

【 0 0 3 7 】

上記の課題を解決するための本実施例における処理のフローチャートを図 3 に示す。本実施例では、従来動作同様にまず除電用プラズマ処理を開始し、その後静電吸着電極への印加電圧を 0 V とし、押し上げピンを上昇させ、マイクロ波入射パワーを遮断する。その後、本実施例においては、静電吸着電極 1 0 8 および 1 0 9 に可変直流電源 1 1 0 および 1 1 1 を用いて同極性の電圧を印加する。その後、静電吸着電極への電圧印加を維持したままウエハの搬出を行い、ウエハの搬出終了後、静電吸着電極への印加電圧を 0 V とする。静電吸着電極への印加電圧を 0 V とした後、押し上げピンを下降させる。

10

【 0 0 3 8 】

図 3 のフローチャートに従った本実施例における処理のタイムチャートを図 4 に示す。実施例 1 の処理においては、マイクロ波入射パワーの遮断の後、時間 T 1 経過後の時刻 t 1 において静電吸着電極 1 0 8 および 1 0 9 の両方に可変直流電源 1 1 0 および 1 1 1 を用いて正極性の電圧 V 1 を印加することによって、プラズマの浮遊電位によって負の電位を持っているウエハの電位を 0 V に制御することができる。

【 0 0 3 9 】

制御開始のための時間 T 1 および制御に用いられる出力電圧値 V 1 は、図 1 に記載の記憶装置 1 1 5 にその値が記憶されている。制御装置 1 1 6 は、制御装置 1 1 6 が接続されているマイクロ波電源 1 0 5 からマイクロ波入射電力の遮断を検知し、その後上記時間 T 1 および V 1 に従って静電吸着電極への直流電源による印加電圧を制御する。この際、可変直流電源 1 1 0 および 1 1 1 の出力電圧は共に等しい値 V 1 とする。

20

【 0 0 4 0 】

印加電圧 V 1 に関しては、ウエハに残存するプラズマ浮遊電位を打ち消し、ウエハ電位を 0 V にするためのものであるため、プラズマの浮遊電位に関する情報が必要である。また、押し上げピンが上昇した状態で静電吸着電極に電圧を印加することになるため、押し上げピンが上昇した状態でのウエハ電位と静電吸着電極への印加電圧との関係を把握する必要がある。

30

【 0 0 4 1 】

また、時間 T 1 は、入射マイクロ波電力の遮断後プラズマ中の荷電粒子消失を待つ待機時間である。プラズマが存在している場合においては、静電吸着電極に電圧を印加してもプラズマからの荷電粒子の流入がウエハの電位を遮蔽してしまうため、静電吸着電極への電圧印加でウエハ電位を制御することはできない。従って、時刻 t 1 においてウエハ電位の制御を行なうためには、マイクロ波入射が終了してからプラズマが確実に消失するまで待機してから静電吸着電極への電圧印加を開始する必要がある。

【 0 0 4 2 】

その後、時刻 t 2 においてウエハは搬送機構に受け渡されるが、この際搬送機構が絶縁性の材料でできている場合、搬送機構への受け渡しによりウエハには前記 V 1 の電圧印加により遮蔽されていた電位が発生する。この電位は搬送中にウエハに異物を引き寄せる原因となるため好ましくない。前記搬送中の電位を抑制するためには、搬送機構が導電性の素材で出来ていることが望ましい。例えば、ウエハが搬送機構上にある際のウエハからアースまでの搬送機構を介した抵抗値が 10^8 k 程度以下となるような素材であればよい。

40

【 0 0 4 3 】

搬送中の電位抑制のためには、ウエハの搬送機構を介した対地静電容量が十分大きくなる構造でもよい。図 5 にウエハの地表に対する静電容量が十分大きくなる構造をもった搬送機構の例を示す。図 5 に示す様にウエハの搬送機構としてウエハ搬送アーム 5 0 1 が存

50

在し，ウエハ搬送アーム 5 0 1 が接地された導体部分 5 0 1 a とその導体を覆う誘電体の膜 5 0 1 b とを備える構造で，搬送アーム上のウエハ 5 0 2 とアームの導体部分 5 0 1 a の静電容量が 10^{-10} F 程度以上となるような構造であってもよい。

【 0 0 4 4 】

以下，静電吸着電極への直流電源による印加電圧 V_1 およびマイクロ波入射終了後，静電吸着電極への印加電圧制御開始までの時刻 T_1 の決定に関して説明をする。

【 0 0 4 5 】

まず，印加電圧 V_1 に関して，実験により確認した押し上げピン上昇後のウエハ電位と静電吸着電極への直流電源からの印加電圧との関係を図 6 に示す。静電吸着電極への印加電圧を制御することによってウエハ電位が変化していることから，押し上げピンが上昇した状態でも静電吸着電極へ印加する電圧を制御することによってウエハ電位の制御が可能であることが示された。また，静電吸着電極への印加電圧とウエハ電位との比はおよそ 1 : 0 . 1 1 8 であることが示された。

【 0 0 4 6 】

上記の比は静電吸着電極と試料台表面との間の誘電体層 1 1 2 の静電容量と，試料台表面とウエハとの間の静電容量と，押し上げピンを介したウエハの地表に対する静電容量との関係によって決定されているものと考えられる。図 7 には静電吸着電極，誘電体層，ウエハ，押し上げピンが作る電気回路を簡略化した等価回路を示す。尚，実際の等価回路にはそれぞれの要素の抵抗値が存在するが，説明の簡略化のため，ここでは静電容量にのみ注目して説明を行なう。

【 0 0 4 7 】

ここで C_a および C_b は誘電体層の静電容量値， V_a および V_b は上記誘電体層の静電容量内の電位差， C_c は試料台表面とウエハとの間の静電容量値， V_c は上記試料台表面とウエハとの間の静電容量内の電位差， C_d は押し上げピンを介したウエハの地表に対する静電容量値， V_d は上記ウエハの対地静電容量内の電位差である。尚， V_1 は内外静電吸着電極に印加する直流電源の出力電圧である。図 7 に示す等価回路においては以下の式が成り立つ。

【 0 0 4 8 】

【数 1】

$$(C_a + C_b)V = C_c V_c = C_d V_d \quad \dots \text{式1}$$

$$V_1 = V + V_c + V_d$$

【 0 0 4 9 】

尚，ここで， $V = V_a = V_b$ である。 $C_a = C_b \gg C_c$ ， $C_a = C_b \gg C_d$ とすると， $V = V_a = V_b \sim 0$ となり以下が成り立つ。

【 0 0 5 0 】

【数 2】

$$C_c V_c = C_d V_d \quad \dots \text{式2}$$

$$V_1 = V_c + V_d$$

【 0 0 5 1 】

このとき，ウエハの電位は以下となる。

【 0 0 5 2 】

【数 3】

$$V_{waf} = \frac{C_c}{C_d} V_c \quad \cdots \text{式3}$$

【0053】

従って、静電吸着電極への印加電圧とウエハ電位との比は、主に試料台表面とウエハとの間の静電容量と、ウエハの押し上げピンを介した地表に対する静電容量で決まっているものと考えられる。ウエハと試料台表面との間の静電容量に関しては、ウエハの面積およびウエハと試料台表面との間の距離、すなわち押し上げピンの押し上げ距離によって以下の式にて見積もることが可能である。

10

【0054】

【数 4】

$$C_c = \epsilon_0 \frac{S}{d} \quad \cdots \text{式4}$$

20

【0055】

ここで ϵ_0 は真空の誘電率、 S はウエハ面積、 d は押し上げピンの押し上げ距離である。一方、押し上げピンを介したウエハの対地静電容量は主に装置の仕様によって決まる値であると推測され、ネットワークアナライザ等を使用して把握すればよい。

【0056】

本実施例においては、ウエハ押し上げ時のウエハ電位と静電吸着電極への印加電圧の関係は図6に示すような実験により把握しても良いし、上記のようにウエハ押し上げ時のウエハと試料台表面との間の静電容量とウエハの対置静電容量との関係から計算にて求めてもよい。

【0057】

30

次にプラズマの浮遊電位について述べる。図8には発明者が行なったプラズマ浮遊電位計測の結果を示す。処理時のマイクロ波パワー、圧力に対して浮遊電位の依存性は大きく無く、プラズマ処理条件の変化に対して浮遊電位の変化は比較的感度が低いことが伺える。浮遊電位は平均して - 15 V 程度であり、この - 15 V がウエハの電位として補正すべき量となる。値のばらつきに関しては、浮遊電位の絶対値は、- 12 V から - 18 V の間に入っているため、マージンを考慮して - 15 V \pm 5 V が妥当であると考えられる。

【0058】

押し上げピン上昇後の静電吸着電極への印加電圧とウエハ電位との比は上記の様に 1 : 0 . 118 であるので、静電吸着電極へ印加すべき電圧の値としては、+ 127 V \pm 42 . 4 V の範囲となる。従って図4における内外両静電吸着電極に印加する電圧 V_1 の値としては、例えば + 127 V とすればよい。

40

【0059】

次に図4の時刻 t_1 における制御開始のタイミングに関する時間 T_1 の決定について説明する。ウエハの電位制御を開始する時刻 t_1 では、プラズマの放電が完全に終了していることが求められる。これは、上述の通り、処理室内にプラズマが存在している場合、プラズマからの電荷の流入により静電吸着電極への電圧印加によるウエハ表面の電位の変化が妨げられるためである。処理室内のプラズマは、マイクロ波電力の遮断により消失するが、マイクロ波電力の遮断後、暫くの間はアフターグロープラズマと呼ばれるプラズマが処理室内に残存することが知られている。従って、 T_1 の決定のためにはアフターグロープラズマの影響を考慮する必要がある。

50

【 0 0 6 0 】

T 1 の決定に関して発明者が実施した実験の結果を図 9 に示す。図 9 はウエハ表面の電位の変化量と T 1 の関係である。T 1 が正の場合は、マイクロ波電力遮断後に可変直流電源の出力電圧の印加が開始されていることを示し、T 1 が負の場合は、マイクロ波電力遮断前に印加が開始されていることを示す。

【 0 0 6 1 】

T 1 が負の場合は、明らかにウエハ電位の変化が妨げられているが、T 1 が正の場合はその値が 0 . 1 秒程度での場合のウエハ電位の変化量と、T 1 が 1 秒の場合のウエハ電位の変化量はほぼ変わらない。この結果から T 1 は 0 . 1 秒以上であればアフターグロープラズマの影響を防ぐのに十分であると言える。また、T 1 が長くなるほど、ウエハには異物が引き寄せられるようになるため、長い T 1 は異物付着抑制の観点から好ましくない。ウエハ電位による異物誘引の時間スケールは通常秒オーダーであるので、本発明においては T 1 の上限は 1 秒とする。

10

【 0 0 6 2 】

以上で述べた V 1 および T 1 の値に従って、図 4 に示す除電シーケンスを、制御装置 1 1 6 を用いて実施することにより、ウエハ電位は図 4 に示されるようにマイクロ波電力の遮断後、速やかに 0 V となり、その結果、異物のウエハへの誘引を防ぐことができる。

【 0 0 6 3 】

尚、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 5 に上記制御の出力電圧値を自由に設定するためのユーザインタフェースを備えてもよい。

20

【 0 0 6 4 】

例えば、プラズマ処理装置は、ディスプレイと入力装置と入力装置から入力された設定条件をディスプレイに表示し、かつ、記憶装置に設定値を読み込むソフトウェアを備えていても良く、ユーザが入力装置およびディスプレイを用いて記憶装置 1 1 5 に本発明に係る制御のための出力電圧値を自由に設定できるような構成であってもよい。

【 0 0 6 5 】

プラズマ処理終了後にウエハ表面の電位を 0 V にすることによる異物の付着抑制効果を計算にて見積もった。その結果を図 1 0 に示す。図 1 0 の横軸はウエハの電位であり、縦軸は、処理室内壁面から処理室中に飛び出した異物のウエハへの到達率である。また、計算は以下の条件で実施した。

30

【 0 0 6 6 】

処理室 1 0 1 の内部の圧力は 0 . 6 P a とし、処理室内には平均して 3 m / s の処理室上部から排気口へ向かう希薄流体の流れがあるとした。異物の粒径については、1 0 n m , 2 0 n m , 5 0 n m の三種類の粒径で計算を実施した。異物の帯電は、 $- 1 . 6 \times 1 0^{-19}$ [C] とした。到達率は、1 回の計算あたり 1 0 0 0 個の粒子の挙動を計算し、そのうちウエハに到達するものの数をカウントすることで算出した。

【 0 0 6 7 】

これらの異物は真空処理室内壁面の、ウエハより上部のとある区間から発生するとし、それぞれの異物の発生場所は前記区間内でランダムに決定した。また、異物が壁面から発生する際の初速度については 5 m / s 以下の値をそれぞれの異物に対してランダムにあ

40

【 0 0 6 8 】

上記の条件で計算を行った結果、5 0 n m 以上の大きな異物に関しては、浮遊電位程度の比較的小さな電位では異物のウエハへの到達率は増加しないが、2 0 n m や 1 0 n m といった小さな異物に関しては、浮遊電位程度の電位をウエハがもつことにより、帯電した異物がウエハに引き寄せられ到達し得ることが分かった。特に 1 0 n m の異物に関しては、1 0 V 程度の電位でそのほとんどがウエハに到達するようになることから、本発明によりプラズマ放電の中断中にプラズマによって発生するウエハ表面の電位を打ち消すことにより微小な異物がウエハに付着することを防ぐことができると考えられる。

【 実施例 2 】

50

【 0 0 6 9 】

本実施例では、実施例 1 とは異なる構成の部分について説明する。図 1 1 には、本実施例における処理のタイムチャートを示す。本実施例においては、押し上げピンが上昇した後、時刻 t_0 において、図 1 に記載の制御装置 1 1 6 は記憶装置 1 1 5 に記憶された値を元に、静電吸着電極 1 0 8 および 1 0 9 の両方に可変直流電源 1 1 0 および 1 1 1 を用いて負極性の電位 - V_1 を印加する制御を行なう。

【 0 0 7 0 】

尚、ここでの印加電圧の絶対値は実施例 1 の場合と同様であるため、印加電圧 - V_1 は例えば - 1 2 7 V である。この際、静電吸着電極に電位が印加されるが、プラズマ放電が継続されているため、ウエハの電位はプラズマ浮遊電位から変化しない。その後、静電吸着電極には上記電圧を印加したままマイクロ波電力を遮断し、マイクロ波電力遮断の後、時刻 t_1 において制御装置 1 1 6 は静電吸着電極への印加電圧を 0 V とする。

【 0 0 7 1 】

この時刻 t_1 における印加電圧を 0 V にすることにより、静電吸着電極への印加電圧は - V_1 から $0 \rightarrow +V_1$ 変化することになるため、この静電吸着電極の電位の変化によってウエハ電位も変化することになる。静電吸着電極への印加電圧の変化量と、ウエハ電位の変化量との関係は図 6 に示す関係であるため、例えば、時刻 t_1 において - 1 2 7 V の印加電圧を 0 V とすると、静電吸着電極への印加電圧は + 1 2 7 V 変化し、それに伴いウエハの電位は + 1 5 V 分変化しプラズマの浮遊電位程度分の電位を打ち消すことができる。

【 0 0 7 2 】

以上の制御を行なうことによってプラズマによって発生するウエハ電位をプラズマ放電の終了後に打ち消し、ウエハへの帯電した異物の付着を低減できる。

【 0 0 7 3 】

以上、本発明により、プラズマ処理に関して、除電時のプラズマ処理によって発生するウエハ表面の電位をプラズマ放電の終了後に打ち消し、ウエハへの帯電した異物の付着を低減し、また、装置内構造物との放電の発生を低減できる。また、以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は前記各実施の形態に限定されず、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更可能である。

【 0 0 7 4 】

例えば、本実施例においては内外の静電吸着電極に印加する直流電源の電圧値はそれぞれ等しいものとしたが、内外静電吸着電極に印加する直流電源の電圧値は両者の平均値が V_1 になれば、それぞれことなる値であってもよい。例えば、 V_1 として平均 + 1 2 7 V の印加を行なう場合、内側電極に印加する電圧が + 1 2 8 V、外側電極に印加する電圧が + 1 2 6 V でもよい。但し、内外に印加する電圧が異なる場合にはウエハの抵抗が高い場合にはウエハ電位の内外差の発生につながる可能性もあり、注意が必要である。

【 0 0 7 5 】

また、例えば、マイクロ波電源 1 0 5 の出力遮断を監視し、記憶装置 1 1 5 に記録した値を用いて制御装置 1 1 6 にて可変直流電源の出力電圧を制御するという一連の装置およびその動作を担う役割を図示していない装置全体を制御する主制御装置（ホストコンピュータ等）へソフトウェアとして組み込むことも可能である。

【 0 0 7 6 】

また、例えば、本実施例ではダイポール電極の動作のみについて記載をしているが、モノポール電極でも適用可能である。また、例えば、静電吸着電極の表面にある誘電体膜の固有抵抗値については特に記載をしていないが、その固有抵抗値の多寡に関わらず適用可能である。具体的にはクーロン方式の吸着を行なう電極であっても、ジョンソン - ラーベック (Johnsen-Rahbek) 式の吸着を行なう電極であってもよい。

【 0 0 7 7 】

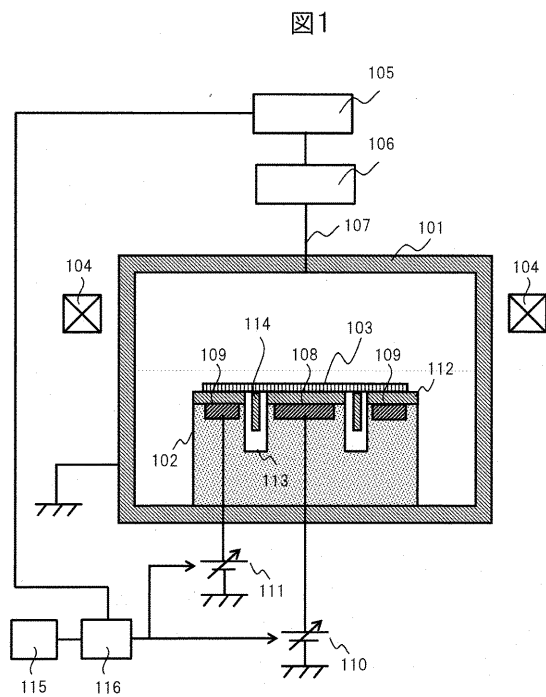
さらに本発明は、E C R 型プラズマエッチング装置に適用した例で説明したが、本発明は、誘導性結合型プラズマエッチング装置、容量性結合型プラズマエッチング装置等の他のプラズマ源のプラズマ処理装置にも適用可能である。

【符号の説明】

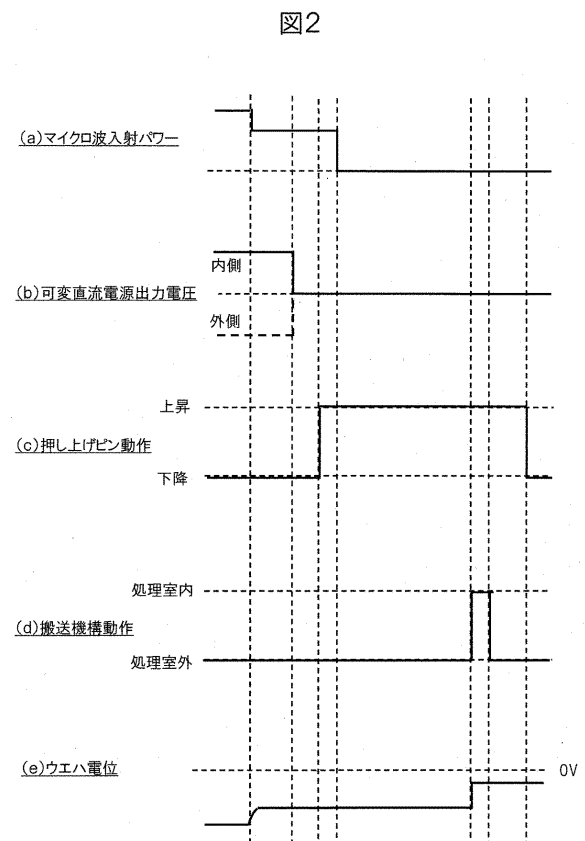
【 0 0 7 8 】

1 0 1 ... 処理室, 1 0 2 ... 試料台, 1 0 3 ... ウエハ, 1 0 4 ... ソレノイドコイル, 1 0 5 ... マイクロ波電源, 1 0 6 ... マイクロ波発振源, 1 0 7 ... 導波管, 1 0 8 ... 静電吸着電極, 1 0 9 ... 静電吸着電極, 1 1 0 ... 可変直流電源, 1 1 1 ... 可変直流電源, 1 1 2 ... 誘電体層, 1 1 3 ... 貫通孔, 1 1 4 ... 押し上げピン, 1 1 5 ... 記憶装置, 1 1 6 ... 制御装置, 5 0 1 ... ウエハ搬送アーム, 5 0 1 a ... 導体部分, 5 0 1 b ... 誘電体の膜, 5 0 2 ... ウエハ

【 図 1 】

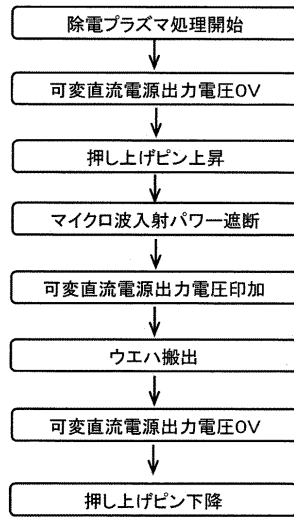


【 図 2 】



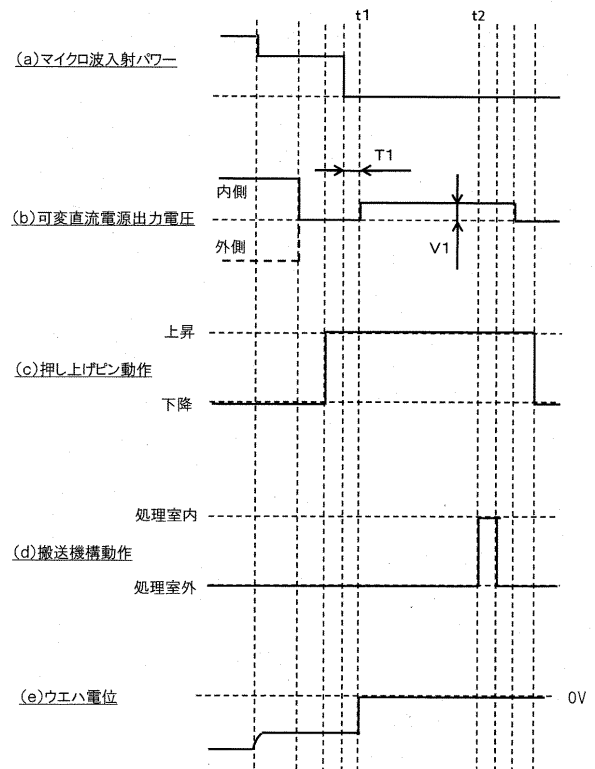
【図 3】

図3



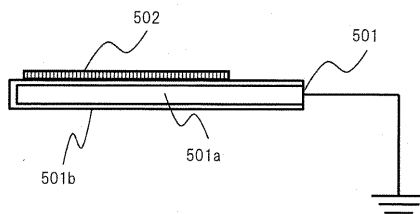
【図 4】

図4



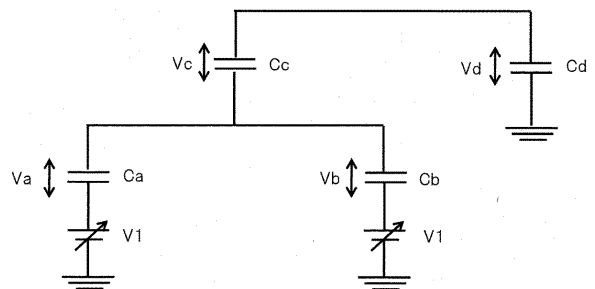
【図 5】

図5



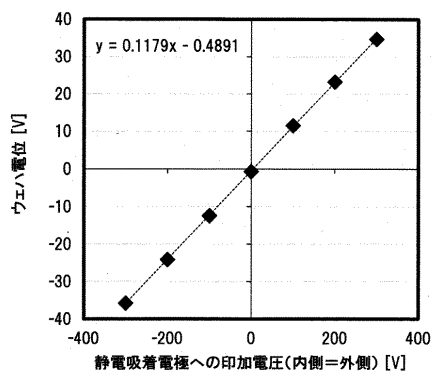
【図 7】

図7

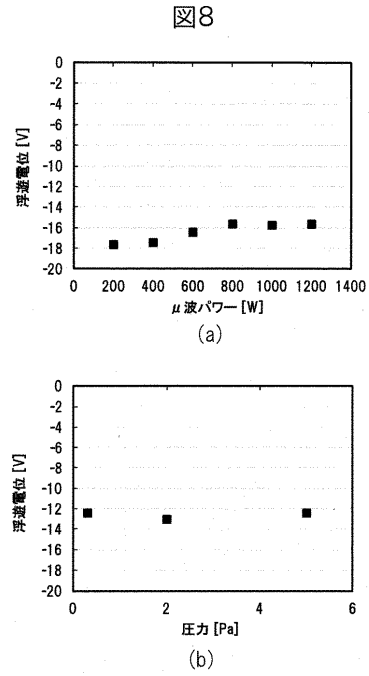


【図 6】

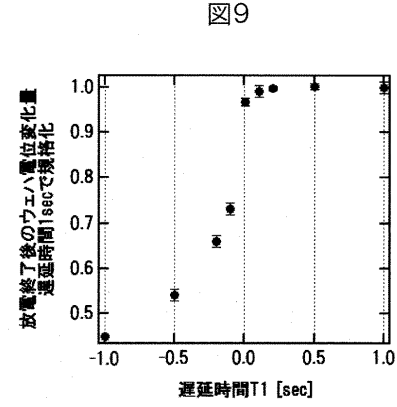
図6



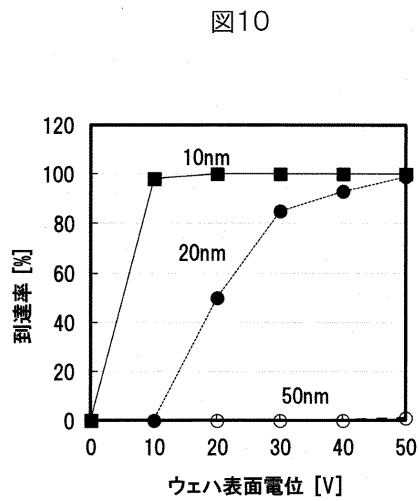
【図 8】



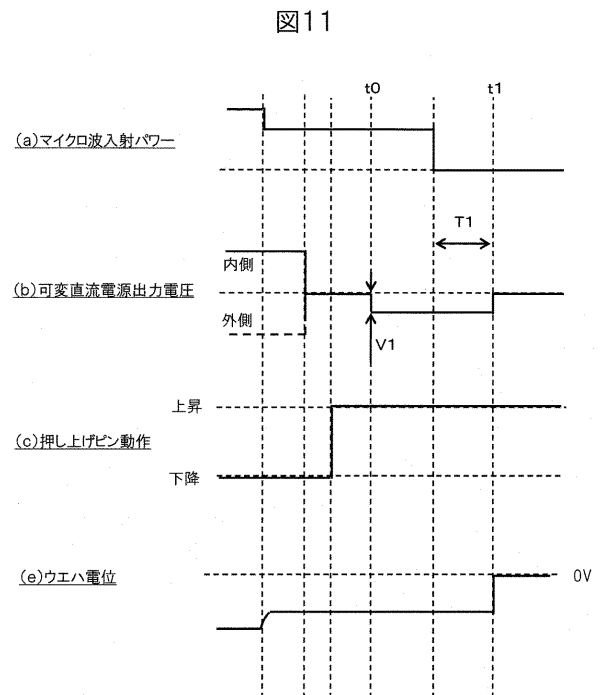
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(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

(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

審査官 宇多川 勉

(56)参考文献 特開2004-047511(JP,A)

特開2010-040822(JP,A)

特開2009-141069(JP,A)

特開2002-134489(JP,A)

特開2009-054746(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H01L 21/683

H05H 1/46