

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4642809号  
(P4642809)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 B

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-128741 (P2007-128741)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成19年5月15日(2007.5.15)		東京エレクトロン株式会社
(62) 分割の表示	特願2002-256096 (P2002-256096) の分割		東京都港区赤坂五丁目3番1号
原出願日	平成14年8月30日(2002.8.30)	(74) 代理人	100077849
(65) 公開番号	特開2007-208302 (P2007-208302A)		弁理士 須山 佐一
(43) 公開日	平成19年8月16日(2007.8.16)	(72) 発明者	進藤 俊彦
審査請求日	平成19年5月15日(2007.5.15)		東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放 送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	岡本 晋
			東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放 送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	樋口 公博
			東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放 送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板にプラズマを作用させてプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、  
当該プラズマ処理を行う処理チャンバー内に前記被処理基板を搬入した後で且つ前記プラズマ処理を行う前に、前記被処理基板を載置する下部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程と、

前記下部電極に対向して設けられた上部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程と、

前記被処理基板を吸着保持するための静電チャックに直流電圧を印加する工程と、

前記下部電極に前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加する工程と、

前記上部電極に前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加して、前記被処理基板にプラズマ処理を行う工程と、

を上記の順で有し、

前記上部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程では、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマを前記被処理基板に作用させる

ことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項2】

請求項1記載のプラズマ処理方法であって、

前記上部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電

10

20

力を印加する工程と、前記静電チャックに直流電圧を印加する工程との間に、

前記下部電極への前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力の印加を停止する工程と、

前記上部電極への前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力の印加を停止する工程と、

を有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 3】

被処理基板にプラズマを作用させてプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、

当該プラズマ処理を行う処理チャンバー内に前記被処理基板を搬入する工程と、

前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加し、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマを前記被処理基板に作用させる工程と、

前記被処理基板を吸着保持するための静電チャックに直流電圧を印加する工程と、

前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力の印加を停止する工程と、

前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加する工程と、

前記プラズマ処理の終了時に、印加する高周波電力を、前記プラズマ処理時に印加された高周波電力よりもパワーを低くする工程と、

前記静電チャックに対する直流電圧の印加を停止する工程と、

前記高周波電力の印加を停止する工程と、

前記処理チャンバー内から前記被処理基板を搬出する工程と、

を上記の順で有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 4】

被処理基板にプラズマを作用させてプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、

前記被処理基板を吸着保持する静電チャックに所定の直流電圧を印加しながら、前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加する工程と、

前記プラズマ処理の終了時に、印加する高周波電力を、前記プラズマ処理時に印加された高周波電力よりも低くする工程と、

前記静電チャックに、前記所定の直流電圧に対して逆極性の直流電圧を印加する工程と、

前記逆極性の直流電圧の印加を停止する工程と、

前記高周波電力の印加を停止する工程と、

処理チャンバー内から前記被処理基板を搬出する工程と、

を有し、かつ上記順番で前記各工程が実行されることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 5】

前記各工程の前に、さらに

前記プラズマ処理を行う前記処理チャンバー内に前記被処理基板を搬入する工程と、

前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加して前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマを前記被処理基板に作用させる工程と、

前記静電チャックに前記所定の直流電圧の印加を開始する工程と、

を上記の順で有することを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】

前記弱いプラズマが、Ar ガス、又は  $O_2$  ガス、又は  $CF_4$  ガス、又は  $N_2$  ガスによって形成されたプラズマであることを特徴とする請求項 1 ~ 3, 5 いずれか 1 項記載のプラズマ処理方法。

【請求項 7】

前記弱いプラズマが、 $0.15 \sim 1.0 \text{ W/cm}^2$  の高周波電力によって形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 3, 5, 6 いずれか 1 項記載のプラズマ処理方法。

【請求項 8】

前記弱いプラズマを、5～20秒の間前記被処理基板に作用させることを特徴とする請求項1～3，5～7いずれか1項記載のプラズマ処理方法。

【請求項9】

請求項1～3いずれか1項記載のプラズマ処理方法において、

前記静電チャックに対する直流電圧の印加を停止する際に、吸着時とは逆極性の直流電圧を前記静電チャックに印加することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項10】

被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理機構を具備し、当該プラズマ処理機構が、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、前記被処理基板を吸着保持するための静電チャックと、前記静電チャックに直流電圧を供給する直流電源と、プラズマを生成するためのガスを供給するガス供給系とを具備したプラズマ処理装置であって、

前記プラズマ処理機構を制御し、請求項1～9いずれか1項記載のプラズマ処理方法を行う制御部を具備した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】

【0001】

本発明は、プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に係り、特に半導体ウエハやLCD用基板等の被処理基板にプラズマエッチング処理等を施すプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、プラズマによって、半導体ウエハやLCD用基板等の被処理基板の処理を行うプラズマ処理方法が多用されている。例えば、半導体装置の製造工程においては、被処理基板、例えば半導体ウエハに、微細な電気回路を形成するための技術として、半導体ウエハ上に形成された薄膜等を、プラズマを用いてエッチングして除去するプラズマエッチング処理が多用されている。

【0003】

かかるプラズマエッチング処理を行うエッチング装置では、例えば、内部を気密に閉塞可能に構成された処理チャンバー（エッチングチャンバー）内でプラズマを発生させるようになっている。そして、このエッチングチャンバー内に設けたサセプタ上に半導体ウエハを載置して、エッチングを行う。

【0004】

また、上記プラズマを発生させる手段については、種々のタイプが知られている。そのうち、上下に対向するように設けられた一対の平行平板電極に高周波電力を供給してプラズマを発生させるタイプの装置では、平行平板電極のうちの一方、例えば、下部電極がサセプタを兼ねている。そして、この下部電極上に半導体ウエハを配置し、平行平板電極間に高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、エッチングを行う。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、このようなエッチング装置では、エッチング中に、半導体ウエハの表面で、雷状の異常放電が生じる所謂表面アーキングが生じることがある。

【0006】

上記表面アーキングは、例えば、導体層の上に絶縁体層が形成され、かかる絶縁体層をエッチングするような場合、例えば、シリコン酸化膜からなる絶縁体層をエッチングして、下層のメタル層からなる導体層に通じるコンタクトホールを形成する場合等に、エッチングによって膜厚が減少したシリコン酸化膜を破壊するように生じる場合が多い。

【0007】

そして、かかる異常放電が生じると、半導体ウエハ中のシリコン酸化膜の多くの部分が

10

20

30

40

50

破壊されてしまうため、その半導体ウエハの大部分の素子が不良となってしまう。また、これとともに、エッチングチャンバー内に金属汚染が生じ、そのまま続けてエッチング処理を行うことができず、エッチングチャンバー内のクリーニングが必要となる。このため、生産性が著しく低下してしまうという問題があった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、かかる従来の事情に対処してなされたもので、被処理基板に生じる表面アーキングの発生を防止して、従来に較べて生産性の向上を図ることのできるプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

請求項 1 の発明は、被処理基板にプラズマを作用させてプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、当該プラズマ処理を行う処理チャンバー内に前記被処理基板を搬入した後で且つ前記プラズマ処理を行う前に、前記被処理基板を載置する下部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程と、前記下部電極に対向して設けられた上部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程と、前記被処理基板を吸着保持するための静電チャックに直流電圧を印加する工程と、前記下部電極に前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加する工程と、前記上部電極に前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加して、前記被処理基板にプラズマ処理を行う工程と、を上記の順で有し、前記上部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程では、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマを前記被処理基板に作用させることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 記載のプラズマ処理方法であって、前記上部電極に前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加する工程と、前記静電チャックに直流電圧を印加する工程との間に、前記下部電極への前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力の印加を停止する工程と、前記上部電極への前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力の印加を停止する工程と、を有することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 3 の発明は、被処理基板にプラズマを作用させてプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、当該プラズマ処理を行う処理チャンバー内に前記被処理基板を搬入する工程と、前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加し、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマを前記被処理基板に作用させる工程と、前記被処理基板を吸着保持するための静電チャックに直流電圧を印加する工程と、前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力の印加を停止する工程と、前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加する工程と、前記プラズマ処理の終了時に、印加する高周波電力を、前記プラズマ処理時に印加された高周波電力よりもパワーを低くする工程と、前記静電チャックに対する直流電圧の印加を停止する工程と、前記高周波電力の印加を停止する工程と、前記処理チャンバー内から前記被処理基板を搬出する工程と、を上記の順で有することを特徴とする。

請求項 4 の発明は、被処理基板にプラズマを作用させてプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、前記被処理基板を吸着保持する静電チャックに所定の直流電圧を印加しながら、前記プラズマ処理を行うための高周波電力を印加する工程と、前記プラズマ処理の終了時に、印加する高周波電力を、前記プラズマ処理時に印加された高周波電力よりも低くする工程と、前記静電チャックに、前記所定の直流電圧に対して逆極性の直流電圧を印加する工程と、前記逆極性の直流電圧の印加を停止する工程と、前記高周波電力の印加を停止する工程と、処理チャンバー内から前記被処理基板を搬出する工程と、を有し、かつ上記順番で前記各工程が実行されることを特徴とする。

請求項 5 の発明は、請求項 4 記載のプラズマ処理方法において、前記各工程の前に、さ

10

20

30

40

50

らに前記プラズマ処理を行う前記処理チャンバー内に前記被処理基板を搬入する工程と、前記プラズマ処理時に印加する高周波電力よりも低いパワーの高周波電力を印加して前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマを前記被処理基板に作用させる工程と、前記静電チャックに前記所定の直流電圧の印加を開始する工程と、を上記の順で有することを特徴とする。

請求項6の発明は、請求項1～3、5いずれか1項記載のプラズマ処理方法であって、前記弱いプラズマが、Arガス、又はO<sub>2</sub>ガス、又はCF<sub>4</sub>ガス、又はN<sub>2</sub>ガスによって形成されたプラズマであることを特徴とする。

【0012】

請求項7の発明は、請求項1～3、5、6いずれか1項記載のプラズマ処理方法であって、前記弱いプラズマが、0.15～1.0W/cm<sup>2</sup>の高周波電力によって形成されることを特徴とする。

【0013】

請求項8の発明は、請求項1～3、5～7いずれか1項記載のプラズマ処理方法であって、前記弱いプラズマを、5～20秒の間前記被処理基板に作用させることを特徴とする。

【0014】

請求項9の発明は、請求項1～3いずれか1項記載のプラズマ処理方法において、前記静電チャックに対する直流電圧の印加を停止する際に、吸着時とは逆極性の直流電圧を前記静電チャックに印加することを特徴とする。

【0015】

請求項10の発明は、被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理機構を具備し、当該プラズマ処理機構が、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、前記被処理基板を吸着保持するための静電チャックと、前記静電チャックに直流電圧を供給する直流電源と、プラズマを生成するためのガスを供給するガス供給系とを具備したプラズマ処理装置であって、前記プラズマ処理機構を制御し、請求項1～9いずれか1項記載のプラズマ処理方法を行う制御部を具備したことを特徴とする。

【0016】

請求項8の発明は、請求項6又は7記載のプラズマ処理装置であって、前記制御部は、前記上部電極に低いパワーの高周波電力を印加する工程において、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマが前記被処理基板に作用するように制御し、前記弱いプラズマが、Arガス、又はO<sub>2</sub>ガス、又はCF<sub>4</sub>ガス、又はN<sub>2</sub>ガスによって形成されたプラズマであることを特徴とする。

【0017】

請求項9の発明は、請求項6～8いずれか1項記載のプラズマ処理装置であって、前記制御部は、前記上部電極に低いパワーの高周波電力を印加する工程において、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマが前記被処理基板に作用するように制御し、前記弱いプラズマが、0.15～1.0W/cm<sup>2</sup>の高周波電力によって形成されることを特徴とする。

【0018】

請求項10の発明は、請求項6～9いずれか1項記載のプラズマ処理装置であって、前記制御部は、前記上部電極に低いパワーの高周波電力を印加する工程において、前記プラズマ処理に使用するプラズマよりも弱いプラズマが前記被処理基板に作用するように制御し、前記弱いプラズマを、5～20秒の間前記被処理基板に作用させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、被処理基板に生じる表面アーキングの発生を防止して、従来に較べて生産性の向上を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 2 0 】

以下、本発明の詳細を、図面を参照して実施の形態について説明する。

## 【 0 0 2 1 】

図 1 は、本発明の実施の形態に使用するプラズマ処理装置（エッチング装置）全体の概略構成を模式的に示すもので、同図において、符号 1 は、材質が例えばアルミニウム等からなり、内部を気密に閉塞可能に構成され、処理チャンバーを構成する円筒状の真空チャンバーを示している。

## 【 0 0 2 2 】

上記真空チャンバー 1 は、接地電位に接続されており、真空チャンバー 1 の内部には、導電性材料、例えばアルミニウム等からブロック状に構成され、下部電極を兼ねた載置台 2 が設けられている。

10

## 【 0 0 2 3 】

この載置台 2 は、セラミックなどの絶縁板 3 を介して真空チャンバー 1 内に支持されており、載置台 2 の半導体ウエハ W 載置面には、静電チャック 4 が設けられている。この静電チャック 4 は、静電チャック用電極 4 a を、絶縁性材料からなる絶縁膜 4 b 中に介在させた構成とされており、静電チャック用電極 4 a には直流電源 5 が接続されている。静電チャック用電極 4 a は、例えば銅等から構成されており、絶縁膜 4 b はポリイミド等から構成されている。

## 【 0 0 2 4 】

また、載置台 2 の内部には、温度制御のための熱媒体としての絶縁性流体を循環させるための熱媒体流路 6 と、ヘリウムガス等の温度制御用のガスを半導体ウエハ W の裏面に供給するためのガス流路 7 が設けられている。

20

## 【 0 0 2 5 】

そして、熱媒体流路 6 内に所定温度に制御された絶縁性流体を循環させることによって、載置台 2 を所定温度に制御し、かつ、この載置台 2 と半導体ウエハ W の裏面との間にガス流路 7 を介して温度制御用のガスを供給してこれらの間の熱交換を促進し、半導体ウエハ W を精度良くかつ効率的に所定温度に制御することができるようになっている。

## 【 0 0 2 6 】

また、載置台 2 の上方の外周には導電性材料または絶縁性材料で形成されたフォーカスリング 8 が設けられており、さらに、載置台 2 のほぼ中央には、高周波電力を供給するための給電線 9 が接続されている。この給電線 9 には整合器 10 を介して、高周波電源（RF 電源）11 が接続され、高周波電源 11 からは、所定の周波数の高周波電力が供給されるようになっている。

30

## 【 0 0 2 7 】

また、上述したフォーカスリング 8 の外側には、環状に構成され、多数の排気孔が形成された排気リング 12 が設けられており、この排気リング 12 を介して、排気ポート 13 に接続された排気系 14 の真空ポンプ等により、真空チャンバー 1 内の処理空間の真空排気が行われるよう構成されている。

## 【 0 0 2 8 】

一方、載置台 2 の上方の真空チャンバー 1 の天壁部分には、シャワーヘッド 15 が、載置台 2 と平行に対向する如く設けられており、このシャワーヘッド 15 は接地されている。したがって、これらのシャワーヘッド 15 と載置台 2 は、一对の電極（上部電極と下部電極）として機能するようになっている。

40

## 【 0 0 2 9 】

上記シャワーヘッド 15 は、その下面に多数のガス吐出孔 16 が設けられており、且つその上部にガス導入部 17 を有している。そして、その内部にはガス拡散用空隙 18 が形成されている。ガス導入部 17 にはガス供給配管 19 が接続されており、このガス供給配管 19 の他端には、ガス供給系 20 が接続されている。このガス供給系 20 は、ガス流量を制御するためのマスフローコントローラ（MFC）21 と、例えばエッチング用の処理ガス等を供給するための処理ガス供給源 22、及び、Ar ガスを供給するための Ar ガス

50

供給源 2 3 等から構成されている。

【 0 0 3 0 】

一方、真空チャンバー 1 の外側周囲には、真空チャンバー 1 と同心状に、環状の磁場形成機構（リング磁石）2 4 が配置されており、載置台 2 とシャワーヘッド 1 5 との間の処理空間に磁場を形成するようになっている。この磁場形成機構 2 4 は、回転機構 2 5 によって、その全体が、真空チャンバー 1 の回りを所定の回転速度で回転可能とされている。

【 0 0 3 1 】

また、半導体ウエハ W にプラズマ処理を施すための上記直流電源 5、高周波電源 1 1、ガス供給系 2 0 等のプラズマ処理機構は、制御部 4 0 によって制御されるよう構成されている。

10

【 0 0 3 2 】

次に、上記のように構成されたエッチング装置によるエッチング処理の手順について説明する。

【 0 0 3 3 】

（第 1 実施例）

【 0 0 3 4 】

まず、真空チャンバー 1 に設けられた図示しないゲートバルブを開放し、このゲートバルブに隣接して配置されたロードロック室（図示せず）を介して、搬送機構（図示せず）により半導体ウエハ W を真空チャンバー 1 内に搬入し、載置台 2 上に載置する。そして、搬送機構を真空チャンバー 1 外へ退避させた後、ゲートバルブを閉じる。なお、この時点では、静電チャック 4 の静電チャック用電極 4 a への直流電源 5 からの直流電圧（HV）の印加は、行っていない。

20

【 0 0 3 5 】

この後、排気系 1 4 の真空ポンプにより排気ポート 1 3 を通じて真空チャンバー 1 内を所定の真空度に排気しつつ、まず、Ar ガス供給源 2 3 から、真空チャンバー 1 内に Ar ガスを供給し、この状態で、図 2 に示すように、まず高周波電源 1 1 から下部電極としての載置台 2 に、例えば、300 W 等の比較的パワーの低い高周波電力（周波数例えば 13.56 MHz）を供給して、弱いプラズマを発生させ、この弱いプラズマを半導体ウエハ W に作用させる。

【 0 0 3 6 】

30

このように、弱いプラズマを半導体ウエハ W に作用させるのは、以下のような理由による。

【 0 0 3 7 】

すなわち、処理を行う半導体ウエハ W は、前工程（例えば CVD 等の成膜工程）における処理の状態等によって、その状態が様でなく、例えば、半導体ウエハ W の内部に電荷が蓄積されている場合がある。そして、このように半導体ウエハ W の内部に電荷が蓄積された状態で、強いプラズマを作用させると、表面アーキング等を生じさせる可能性が高いため、かかる強いプラズマを作用させる前に、弱いプラズマを作用させて、半導体ウエハ W の内部に蓄積された電荷の状態等を様に調整する（初期化する）ためである。

【 0 0 3 8 】

40

そして、このような半導体ウエハ W の内部に蓄積された電荷の状態を調整するに当たり、半導体ウエハ W の内部から電荷が移動し易くするために、静電チャック 4 の静電チャック用電極 4 a への直流電圧（HV）の印加を行わない状態で、かかる弱いプラズマにより半導体ウエハの調整（初期化）を行う。

【 0 0 3 9 】

なお、このような弱いプラズマを発生させるための高周波印加電力は、 $0.15 \text{ W/cm}^2 \sim 1.0 \text{ W/cm}^2$  程度、例えば、100 ~ 500 W 程度であり、弱いプラズマを半導体ウエハ W に作用させる時間は、例えば、5 ~ 20 秒程度である。

【 0 0 4 0 】

また、上記では、Ar ガスを用い、Ar ガスのプラズマを作用させる場合について説明

50

しているが、ガス種はこれに限るものではなく、例えば、 $O_2$  ガス、 $CF_4$  ガス、 $N_2$  ガス等のガスも使用することができる。但し、このガス種の選択に当たっては、発生させるガスのプラズマが、半導体ウエハWに対して、及び、真空チャンバー1の内壁に対して、エッチング等の不所望な作用を起こす程度の少ないものを選択する必要がある、かつ、プラズマが着火し易いものを選択する必要がある。さらに、処理を行う半導体ウエハWが、前工程でどのような処理を施されたものであるかによっても、最適なガス種が変わる場合があり、これらを考慮して適宜選択することが好ましい。

#### 【0041】

そして、上記のようにして半導体ウエハWに弱いプラズマを作用させた後、図2に示すように、静電チャック用電極4aへの直流電源5からの直流電圧(HV)の印加を行い、この後、処理ガス供給源22から真空チャンバー1内に所定の処理ガス(エッチングガス)を供給し、高周波電源11から下部電極としての載置台2に、例えば、2000W等の通常の処理用のパワーの高い高周波電力(周波数例えば13.56MHz)を供給して、強いプラズマを発生させ、通常のプラズマ処理(エッチング処理)を行う。なお、図2において、横軸は時間を表し、縦軸は静電チャックHVの場合には電圧値、RF出力の場合には電力値を表す。

10

#### 【0042】

この時、下部電極である載置台2に高周波電力が印加されることにより、上部電極であるシャワーヘッド15と下部電極である載置台2との間の処理空間には高周波電界が形成されるとともに、磁場形成機構24による磁場が形成され、この状態でプラズマによるエッチングが行われる。

20

#### 【0043】

そして、所定のエッチング処理が実行されると、高周波電源11からの高周波電力の供給を停止することによって、エッチング処理を停止し、上述した手順とは逆の手順で、半導体ウエハWを真空チャンバー1外に搬出する。

#### 【0044】

上記のようにして、まず、半導体ウエハWに弱いプラズマを作用させ、この後、半導体ウエハWのエッチング処理を行ったところ、半導体ウエハWに表面アーキングが生じる割合を、ロットによらず、略ゼロ(1%以下)とすることができた。一方、上記のような弱いプラズマを作用させずに処理を開始した場合は、半導体ウエハWに表面アーキングが生じる割合がロットによっては、80%程度となる場合があった。エッチングより前の工程において、半導体ウエハWが帯電してしまったことが原因であり、このような表面アーキングは、前工程が、CVDによって所謂Low-K膜を形成する工程の場合に、特に発生する確率が高かった。

30

#### 【0045】

したがって、通常の処理を開始する前に、上記のように半導体ウエハWに弱いプラズマを作用させることによって、半導体ウエハWに表面アーキングが生じる割合を大幅に低下させることが確認できた。

#### 【0046】

ところで、上記の実施形態では、図1に示すように、下部電極である載置台2にのみ高周波電力が印加される構成の装置を使用した場合について説明したが、例えば、図3に示すように、上部電極としてのシャワーヘッド15にも、整合装置30を介して高周波電源31から高周波電力を印加するように構成された所謂上下部印加型のプラズマ処理装置についても、適用することができる。

40

#### 【0047】

この場合、例えば、図4に示すように、まず、下部電極である載置台2に、低いパワーの高周波電力の印加を開始し、その後に上部電極であるシャワーヘッド15に低いパワーの高周波電力の印加を開始し、ここで一旦下部電極である載置台2に対する高周波電力の印加を停止する。そして、この状態で所定期間半導体ウエハWに弱いプラズマを作用させた後、上部電極であるシャワーヘッド15に対する高周波電力の印加も停止して、一旦ブ

50



ラズマを消す。

【 0 0 4 8 】

しかる後、静電チャック 4 の静電チャック用電極 4 a への直流電圧 ( H V ) の印加、下部電極である載置台 2 に対する処理用の通常の高周波電力 ( 高パワーの高周波電力 ) の印加、上部電極であるシャワーヘッド 1 5 に対する処理用の通常の高周波電力 ( 高パワーの高周波電力 ) の印加を、この順で開始し、半導体ウエハ W の通常の処理を開始する。

【 0 0 4 9 】

このようにして、上下部印加型のプラズマ処理装置についても、本発明は適用することができる。

【 0 0 5 0 】

なお、上記のように弱いプラズマを作用させるのに加えて、または、単独で、処理を開始する前に、半導体ウエハ W に例えば、イオナイザーを作用させて、その内部の電荷を低減させることも好ましい。このようなイオナイザーの作用によって、表面アーキングの発生を抑制することもできる。このイオナイザーは、チャンバー内に設置してもよく、あるいはチャンバー外の別の場所に設置してもよい。

【 0 0 5 1 】

ところで、図 2 に示したプラズマ処理方法では、下部電極である載置台 2 に弱い高周波電力を印加して弱いプラズマをたてた後の高周波電力が印加されていない状態で、静電チャック 4 の静電チャック用電極 4 a への直流電圧 ( H V ) の印加を開始している。このように、弱い高周波電力を印加して弱いプラズマをたてた後の高周波電力が印加されていない状態で、チャック用電極 4 a への直流電圧 ( H V ) の印加を開始すると、この直流電圧 ( H V ) の印加を開始した際に、雷状の放電を発生させ基板に損傷を与える可能性がある。このような場合は、図 5 に示すように、載置台 2 に高周波電力が印加されている状態 ( 弱いプラズマが生起されている状態 ) で、静電チャック用電極 4 a への直流電圧 ( H V ) の印加を開始すれば、放電の発生を、抑制することができる。

【 0 0 5 2 】

以上、第 1 実施例において、エッチング等のプラズマ処理前に A r ガスを用いて弱いプラズマをたてる方法、及びその際の静電チャック用電極 4 a への直流電圧印加のタイミングについて説明した。

【 0 0 5 3 】

( 第 2 実施例 )

【 0 0 5 4 】

次にエッチング処理等のプラズマ処理を行う際の高周波電力印加のタイミング及び静電チャック用電極 4 a への直流電圧印加のタイミングとの関係について、好適な例を説明する。

【 0 0 5 5 】

なお、上記の静電チャック 4 には、双極型と単極型があり、また、これらのタイプに夫々クーロン型とジョンソンラーベック型とがある。このうち、単極型でクーロン型の静電チャック 4 を使用した場合、次のようなシーケンスで半導体ウエハ W の吸着を行うことが好ましい。図 6 にそのシーケンスを表す。横軸は時間、縦軸は点線については印加高周波電力値 ( W ) 、実線については印加直流電圧値 ( V ) を表している。

【 0 0 5 6 】

すなわち、半導体ウエハ W を載置台 2 ( 静電チャック 4 ) 上に載置した後、真空チャンバー 1 内にガスの導入を開始する。そして、この後、図 6 に点線で示すように、まず、載置台 2 に高周波電力の印加を開始してプラズマを発生させ、この後、同図に実線で示すように、静電チャック用電極 4 a への直流電圧 ( H V ) の印加を行う。

【 0 0 5 7 】

なお、静電チャック用電極 4 a への直流電圧 ( H V ) の印加開始前は、半導体ウエハ W が静電チャック 4 に吸着されていないため、その温度制御が充分に行われてはいない。このため、最初にプラズマを発生させる際に載置台 2 に印加する高周波電力は、処理を行う

10

20

30

40

50

時に比べて低いパワーの高周波電力（例えば500W程度）とし、プラズマの作用によって、半導体ウエハWの温度が上昇しないようにすることが好ましい。

【0058】

そして、半導体ウエハWを静電チャック4から取り外す際も、同図に示すように、プラズマ処理が終了した後、まず、印加高周波電力値を、処理を行う時に比べて低いパワーの電力値（0Wではない）に下げる。この後、静電チャック用電極4aへの直流電圧（HV）の印加を停止し、しかる後、高周波電力の印加を停止してプラズマを消す。なお、静電チャック用電極4aへの直流電圧（HV）の印加を停止する際に、一旦吸着時とは逆極性の電圧（例えば-2000V程度）を静電チャック用電極4aへ印加して、電荷を除去し、半導体ウエハWを外し易くする。このような逆極性の電圧の印加は、必要に応じて行われ、かかる逆極性の電圧の印加を行わなくとも半導体ウエハWを静電チャック4から簡単に取り外すことができる場合は、逆極性の電圧の印加は行わない。

10

【0059】

図7は、上記のような静電チャック4による半導体ウエハWの吸着のシーケンスの際の、静電チャック（ESC）の銅製の電極部（Cu）及びポリイミド製の絶縁膜部（PI）と、多層半導体ウエハ（Multi Layer Wafer）の裏面酸化膜部（B.S.Ox）及びシリコン基板部（Si sub）及び酸化膜部（Ox）と、真空チャンバー内の処理空間部（Space）及び上部電極部（Wall）の各部の電位の変化を示すものである。

【0060】

同図に示すように、まず、載置台2に設けられたウエハ支持用のピンを降下させて半導体ウエハWを載置台2上に載置すると、図中（1）で示すように、各部の電位はゼロの状態であり、この後、真空チャンバー1内にガスの導入を開始した際も図中（2）で示すように、各部の電位はゼロの状態である。

20

【0061】

この後、高周波電力の印加を開始してプラズマを発生させると、図中（3）で示すように、半導体ウエハWの電位が、プラズマの状態で決まるマイナス数100V程度の電位となる。

【0062】

そして、この状態で、静電チャック用電極4aへの直流電圧（HV）の印加を開始すると、図中（4）で示すように、静電チャック用電極4aの電位が、印加した直流電圧（HV）の電位（例えば、1.5KV程度）となり、絶縁膜部（PI）に電位差が生じて半導体ウエハWの吸着が行われる。

30

【0063】

このように、上記のような静電チャック4による半導体ウエハWの吸着のシーケンスによれば、半導体ウエハWの表面に、静電チャック用電極4aへの直流電圧（HV）の印加に伴う高い電圧がかからないので、半導体ウエハWの表面に不所望な異常放電が生じることを防止することができる。

【0064】

なお、第2の実施例において説明してきた、高周波電力を印加した後に直流電圧を印加するシーケンスについて、以下に説明するような効果がある。

40

【0065】

図9に示すようなシーケンス、すなわちプラズマ処理開始時における静電チャック用電極4aへの直流電圧印加後の下部電極（または上部電極）への高周波電力印加、及びプラズマ処理終了後における高周波電力OFF後の直流電圧OFFを行うと、半導体ウエハWを吸着又は離脱させる際に、図10に示すように半導体ウエハWに大きな電圧がかかる。それにより、半導体ウエハW表面に損傷、具体的には直径数十μm程度の欠けが発生する可能性があり、その欠けが発生する場所によってはエッチング中にアーキングを引き起こし、製品不良を起こしてしまう。また、欠けたものがパーティクルとなり、半導体ウエハW表面に付着してしまうこともある。

【0066】

50

しかし、本実施例において説明してきた、処理開始時に R F O N H V O N、処理終了時に H V O F F R F O F F というシーケンスの場合には、半導体ウエハ W に高電圧がかからないので、半導体ウエハ W への損傷がなくなるとともに、半導体ウエハ W 表面のパーティクルを防ぐことができる。

【 0 0 6 7 】

また、図 9 のようなシーケンスで、半導体ウエハ W 表面に損傷が起こらない場合であっても、静電チャック用電極 4 a への直流電圧の印加により半導体ウエハ W が帯電してしまうため、その静電気力により処理室内に通常浮遊している帯電パーティクルが、半導体ウエハ W に付着してしまう可能性がある。

【 0 0 6 8 】

しかし、処理開始時に R F O N H V O N、処理終了時に H V O F F R F O F F というシーケンスの場合には、静電チャックへの直流電圧の印加前に高周波放電が維持されているため、浮遊している帯電パーティクルはイオンシース中にトラップされることになり、結果的にパーティクルの半導体ウエハ W 表面への付着を減少させることができる。このような効果もある。

【 0 0 6 9 】

以下に、イオンシース中トラップの効果を検証した結果を示す。

【 0 0 7 0 】

図 1 1 は、半導体ウエハ W を吸着するための静電チャックの直流印加電圧の大きさの相違による付着パーティクル数の相違を調べた結果を示すものである。

【 0 0 7 1 】

すなわち、まず、プラズマ処理装置の処理チャンバー内にパーティクル発生源となる C F 系の反応物を付着させ（シーズニング）、この後、処理チャンバー内に半導体ウエハ W を搬入して静電チャック上に載置して一定時間処理ガスを流通させ、しかる後、半導体ウエハ W の除電を行って処理チャンバー内から搬出し、半導体ウエハ W に付着したパーティクル数を、パーティクルの大きさを 3 種類に分けて、この 3 種類の大きさごとにカウントしたもので、静電チャックの直流電圧を、0 V、1 . 5 k V、2 . 0 k V、2 . 5 k V とし、夫々の場合について調べた結果を示すものである。

【 0 0 7 2 】

同図に示すように、静電チャックの直流印加電圧を高めると、半導体ウエハ W に付着するパーティクルの数が、増加することが分かる。すなわち、静電チャックへの直流電圧の印加が、半導体ウエハ W に対するパーティクルの付着に影響を与えることが分かる。

【 0 0 7 3 】

なお、上記シーズニング工程の処理条件は、圧力：6 . 6 5 P a、高周波電力：3 5 0 0 W、使用ガス：C<sub>4</sub> F<sub>8</sub> / A r / C H<sub>2</sub> F<sub>2</sub> = 1 3 / 6 0 0 / 5 s c c m、ウエハ裏面圧力（中央 / 周縁）：1 3 3 0 / 3 9 9 0 P a、温度（天井 / 側壁 / 底部）：6 0 / 6 0 / 6 0、高周波印加時間：3 分である。

【 0 0 7 4 】

また、半導体ウエハ W を静電チャック上に配置してガスを流通させる際の圧力、使用ガス、ウエハ裏面圧力、温度の条件は、上記と同じであり、高周波電力 = 0、ガス流通時間は 6 0 秒である。

【 0 0 7 5 】

さらに、上記除電工程は、半導体ウエハ W の除電を、圧力：2 6 . 6 P a、印加電圧：- 1 . 5 k V、電圧印加時間：1 秒、及び、圧力：5 3 . 2 P a、N<sub>2</sub>：1 0 0 0 s c c m、時間：1 5 秒の条件で行い、静電チャックの除電を、印加電圧：- 2 . 0 k V、電圧印加時間：1 秒で行った。なお、このように除電を行うのは、プロセス終了後の半導体ウエハ W を搬送する際に半導体ウエハ W が跳ねてしまうと余計なパーティクルの再付着を招く恐れがあるため、つまり、除電により、このような半導体ウエハ W の跳ねが起きないようにするためである。

【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

また、図 12 は、上記のシーズニング工程の後、半導体ウエハ W を処理チャンバー内に配置し、この状態で  $O_2$  ドライクリーニングを行ってシーズニング工程で付着した反応物から多数のパーティクルを発生させ、半導体ウエハ W に付着したパーティクルの数を、処理開始時に RF ON HV ON、処理終了時に HV OFF RF OFF というシーケンスの場合と、処理開始時に HV ON RF ON、処理終了時に RF OFF HV OFF というシーケンスの場合とについて測定した結果を示すものである。なお、かかる測定において、シーズニング工程及び除電工程は、前述した場合と同様であり、 $O_2$  ドライクリーニング工程は、圧力：13.3 Pa、高周波電力：1000 W、使用ガス： $O_2 = 1000 \text{ sccm}$ 、ウエハ裏面圧力（中央 / 周縁）：1330 / 3990 Pa、温度（天井 / 側壁 / 底部）：60 / 60 / 60、高周波印加時間：30 秒である。

10

【0077】

同図に示すように、処理開始時に RF ON HV ON、処理終了時に HV OFF RF OFF というシーケンスを採用することによって、付着するパーティクルの数を大幅に減少させることができる。

【0078】

なお、図 8 に示すシーケンスのように、半導体ウエハ W を載置台 2 に設けられたウエハ支持用のピン（支持棒）で支持した状態で静電チャック用電極 4 a への直流電圧（HV）の印加を開始し（2）、この後、ウエハ支持用のピンを下降させて半導体ウエハ W を載置台 2 上に載置し（3、4）、半導体ウエハ W を吸着させる場合も、半導体ウエハ W の表面が印加した直流電圧（HV）の電位となることがない。したがって、このような吸着シーケンスによっても、半導体ウエハ W の表面に不所望な異常放電が生じることを防止することができる。但し、このようなシーケンスは、ウエハ支持用のピンが導電性であり、このピンから半導体ウエハ W に電荷が供給される構成となっていなければ行うことができない。

20

【0079】

また、上記のような静電チャックによる吸着の際に生じる異常放電は、同じクーロン型の静電チャックであっても、双極型の静電チャックを使用すれば、防止することができる。

【0080】

なお、以上の例では、平行平板型のエッチング装置を使用したエッチング処理の実施形態について説明したが、本発明はかかる実施形態に限定されるものではなく、あらゆるプラズマ処理に使用できることは勿論である。また、上記の実施形態では、エッチング処理を行うエッチング装置の真空チャンバー内で弱いプラズマを作用させる場合について説明したが、処理を行う装置とは別の場所で弱いプラズマを作用させ、半導体ウエハ W を初期化することもできる。

30

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図 1】本発明の一実施形態に使用する装置の概略構成を模式的に示す図。

【図 2】本発明の一実施形態に係るプラズマ処理方法を説明するための図。

【図 3】本発明の他の実施形態に使用する装置の概略構成を模式的に示す図。

40

【図 4】本発明の他の実施形態に係るプラズマ処理方法を説明するための図。

【図 5】図 2 に示す実施形態の変形例に係るプラズマ処理方法を説明するための図。

【図 6】静電チャックによるチャック方法を説明するための図。

【図 7】図 6 のチャック方法における各部の電位の変化を説明するための図。

【図 8】他のチャック方法における各部の電位の変化を説明するための図。

【図 9】静電チャックによるチャック方法の比較例を説明するための図。

【図 10】図 9 のチャック方法における各部の電位の変化を説明するための図。

【図 11】静電チャックの印加電圧とパーティクルの数との関係を示す図。

【図 12】シーケンスの相違によるパーティクルの数の相違を示す図。

【符号の説明】

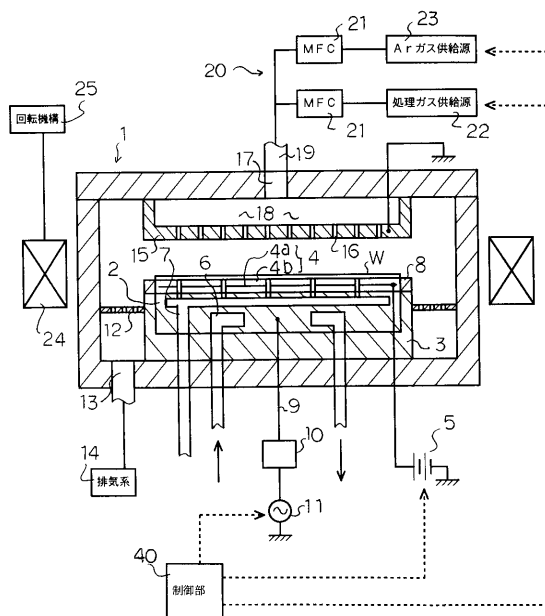
50

## 【 0 0 8 2 】

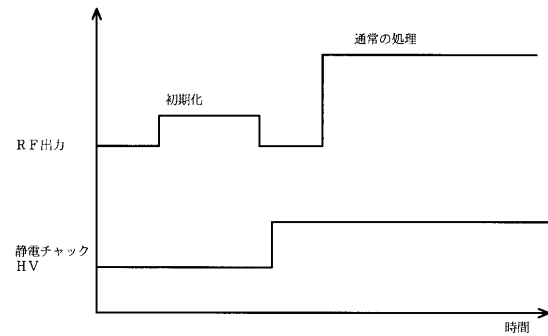
W.....半導体ウエハ、 1 .....真空チャンバー、 2 .....載置台（下部電極）、 4 .....静電チャック、 5 .....直流電源、 11 .....高周波電源、 15 .....シャワーヘッド（上部電極）

。

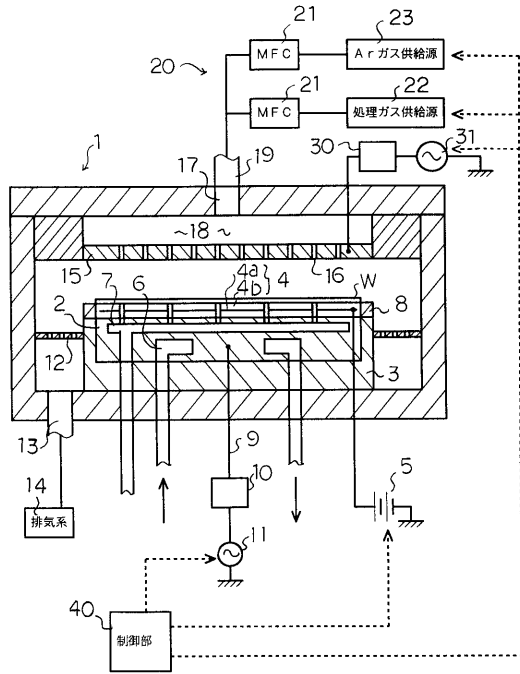
【 図 1 】



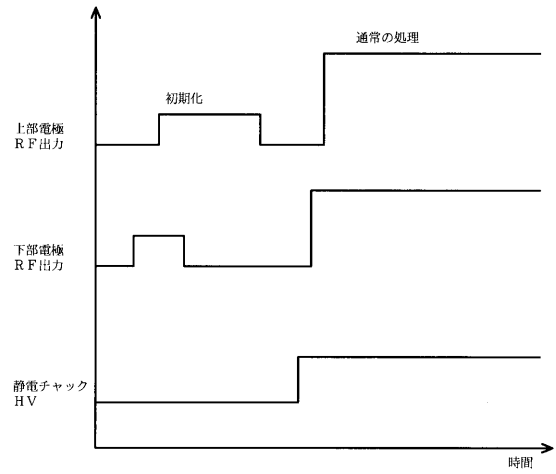
【 図 2 】



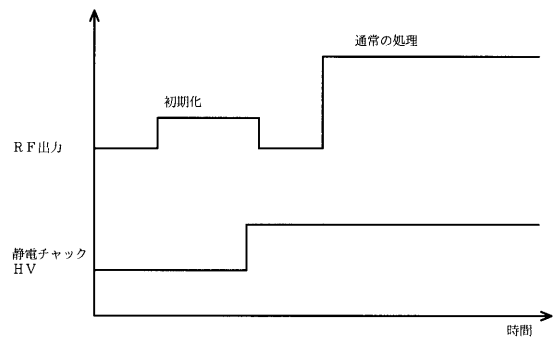
【図 3】



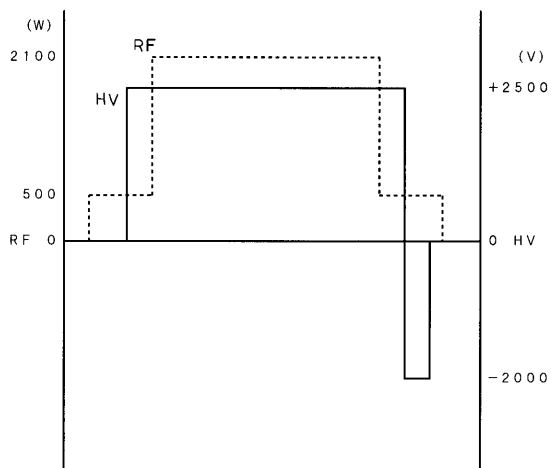
【図 4】



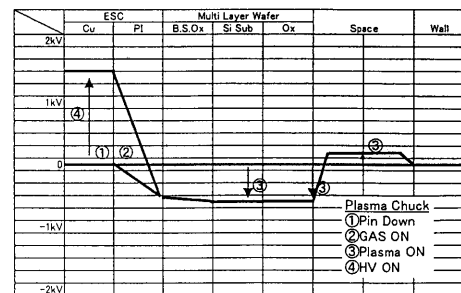
【図 5】



【図 6】



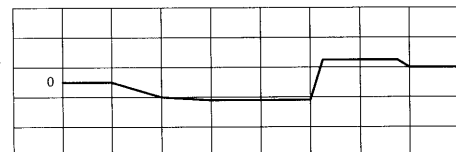
【図 7】



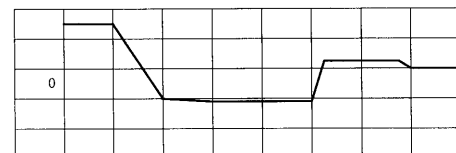
- ① Pin Down  
 ② GAS ON



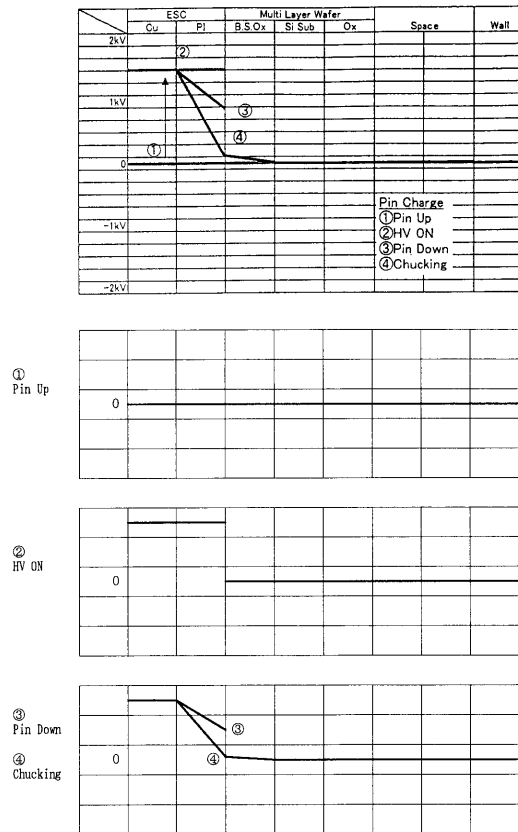
- ③ Plasma ON



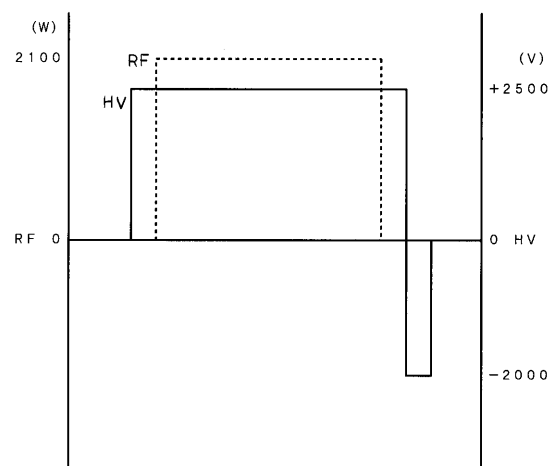
- ④ HV ON



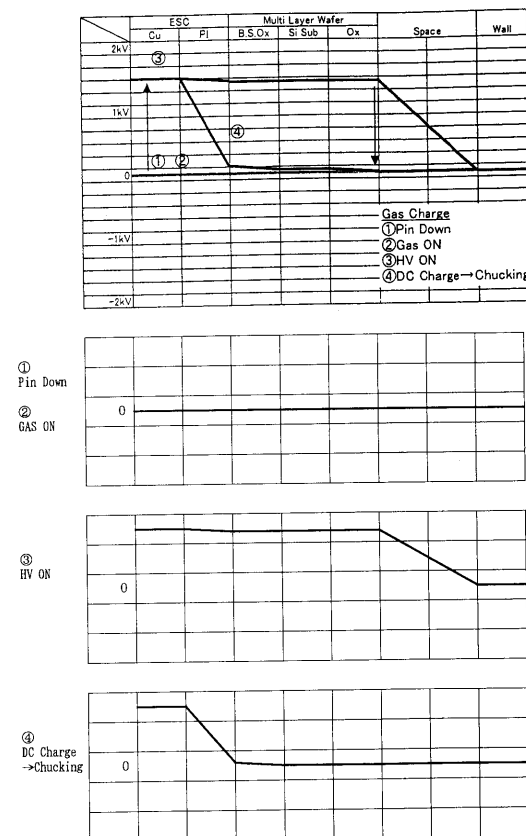
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

電圧値 粒径	0 V	1.5kV	2.0kV	2.5kV
0.16-0.20	8	43	89	276
0.20-1.00	5	31	114	132
1.00-	23	8	48	56
合計	36	82	221	464

## 【図 12】

粒径 ↓	HV ON →RF ON	RF ON →HV ON
	RF OFF→HV OFF	HV OFF→RF OFF
0.16-0.20	4 2 9 . 3	2
0.20-1.00	6 0 7	4 . 5
1.00-	1 1 9 . 3	4
合計	1 1 5 5 . 7	1 0 . 5



---

フロントページの続き

審査官 関根 崇

(56)参考文献 特開平 0 6 - 3 1 8 5 5 2 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 0 2 7 7 8 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5

H 0 1 L 2 1 / 2 0 5

H 0 1 L 2 1 / 6 8 3