

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5395491号
(P5395491)

(45) 発行日 平成26年1月22日(2014.1.22)

(24) 登録日 平成25年10月25日(2013.10.25)

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

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-86035 (P2009-86035)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成21年3月31日(2009.3.31)	(74) 代理人	100125254 弁理士 別役 重尚
(65) 公開番号	特開2010-238960 (P2010-238960A)	(74) 代理人	100118278 弁理士 村松 聡
(43) 公開日	平成22年10月21日(2010.10.21)	(72) 発明者	大瀬 剛 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成24年4月2日(2012.4.2)	(72) 発明者	檜森 慎司 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 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】 基板処理装置及び基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を収容する収容室と、
 該収容室内に配置され前記基板を保持するように形成された下部電極と、
 前記収容室内にガス励起用高周波電力を印加する励起電力印加部と、
 前記下部電極にバイアス用高周波電力を印加するバイアス電力印加部と、
 を有する基板処理装置を用いた基板処理方法において、
 前記励起電力印加部の出力を所定のタイミングで変更して前記ガス励起用高周波電力が
 間欠的に変化するように制御すると共に所定のパルス周期にしたがって前記バイアス電力
 印加部の出力が周期的に変化するように制御し、

前記励起電力印加部がオフである期間においては、前記所定のパルス周期にしたがわず
 に、前記バイアス電力印加部をオフにするか、又はその出力が、前記励起電力印加部の出
 力が設定出力の場合における前記バイアス電力印加部の出力よりも垂下するように制御し

、
 前記バイアス電力印加部の出力を垂下させる際、前記バイアス用高周波電力の振幅（V
 p p）が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス用高周波電
 力の振幅（V p p）を超えないように、前記バイアス電力印加部の出力を調整し、

前記バイアス電力印加部をオフにする時間及び出力を垂下させる時間の合計は、前記励
 起電力印加部がオフである時間の合計よりも長くすることを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】

前記バイアス電力印加部の出力を垂下させる際、前記バイアス電力印加部の出力を、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス用高周波電力に対して、前記ガス励起用高周波電力のパルスオンのデューティー比(%)以下とすることを特徴とする請求項1記載の基板処理方法。

【請求項3】

前記励起電力印加部の出力を変化させるパルス周期と、前記所定のパルス周期とを、異ならせることを特徴とする請求項1又は2記載の基板処理方法。

【請求項4】

前記励起電力印加部の出力を変化させるパルス周期の周波数を100Hz~100kHzとし、前記所定のパルス周期の周波数を1Hz~1kHzとすることを特徴とする請求項3記載の基板処理方法。

10

【請求項5】

基板を収容する収容室と、

該収容室内に配置され前記基板を保持するように形成された下部電極と、

前記収容室内にガス励起用高周波電力を印加する励起電力印加部と、

前記下部電極にバイアス用高周波電力を印加するバイアス電力印加部と、

を有する基板処理装置において、

前記励起電力印加部の出力を所定のタイミングで変更して前記ガス励起用高周波電力が間欠的に変化するように制御すると共に所定のパルス周期にしたがって前記バイアス電力印加部の出力が周期的に変化するように制御し、前記励起電力印加部がオフである期間においては、前記所定のパルス周期にしたがわずに、前記バイアス電力印加部をオフにするか、又はその出力が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス電力印加部の出力よりも垂下するように制御し、前記バイアス電力印加部の出力を垂下させる際、前記バイアス用高周波電力の振幅(Vpp)が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス用高周波電力の振幅(Vpp)を超えないように、前記バイアス電力印加部の出力を調整し、前記バイアス電力印加部をオフにする時間及び出力を垂下させる時間の合計は、前記励起電力印加部の制御がオフである時間の合計よりも長くするように制御する制御部を備えた

20

ことを特徴とする基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板処理装置及びこれを用いた基板処理方法に関し、特に、処理ガスを励起した際に発生するプラズマを用いて基板に所定の処理を施す基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウエハをはじめとする基板に対して配線等を行う際には、基板に対して微細な加工処理を施す必要があり、プラズマを利用した基板処理方法が広く適用されている。

【0003】

ところで、近年の半導体プロセスにおいては、半導体デバイス、種々の基板、複合膜等に対する反応性イオンエッチング処理(RIE処理)における加工形状の精緻化等の要求に応えるべく、RF(高周波)の周波数の高周波化によるイオンエネルギーを狭帯域化する技術及びプラズマをパルス的に発生させる技術が検討されている。

40

【0004】

RF周波数を高周波化する技術が開示された公知文献として、例えば特許文献1が挙げられる。特許文献1には、平均基板入射エネルギー及びプラズマ密度の制御性向上を目的に平行平板の電極に2つの異なる周波数の高周波(RF)を導入し、高い周波数のRFでプラズマ密度を、低い周波数のRFで平均基板入射エネルギーを独立制御する方法が開示されている。また、特許文献1には、高い周波数用の高周波電源及び整合器に加えて、比較的低い周波数用の高周波電源及び整合器を設け、高い周波数のRF及び低い周波数のR

50

FをRF電極に重畳させることが記載されている。

【0005】

一方、プラズマをパルス化する技術が開示された公知文献として、例えば非特許文献1が挙げられる。非特許文献1には、プラズマを用いた基板処理方法におけるプラズマをパルスの発生させる技術が開示されており、プラズマ発生用高周波電源をパルス制御することにより、プラズマ生成ガスの解離が抑制される。

【0006】

また、低い周波数のRFをパルス状に印加して、平均基板入射エネルギーをパルスの制御する技術も知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2003-234331号公報

【非特許文献1】J.Appl.Phys.Vol186 No2 643(2000)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

高い周波数のRFをパルス状に印加してプラズマをパルスの発生させる技術と、低い周波数のRFをパルス状に印加して平均基板入射エネルギーをパルスの制御する技術を組み合わせることも知られている。

【0009】

しかしながら、そのような基板処理方法において、プラズマ発生用高周波電源装置（以下、「励起電力印加装置（部）」という）のオンオフ制御と、バイアス用高周波電源装置（以下、「バイアス電力印加装置（部）」という）のオンオフ制御のバランスが崩れると、バイアス用高周波電力の振幅（Vpp）が大きくなりすぎて、異常放電、整合器のRF整合部の破損等の原因となり、安定な基板処理を施すことができないという問題がある。

【0010】

本発明の目的は、励起電力印加装置のオンオフをはじめとする出力変動と、バイアス電力印加装置のオンオフをはじめとする出力変動のタイミングを調整し、バイアス用高周波電力の振幅（Vpp）の増大を抑制して異常放電等の問題の発生を未然に防止することができる基板処理装置及びこの装置を用いた基板処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、請求項1記載の基板処理方法は、基板を収容する収容室と、該収容室内に配置され前記基板を保持するように形成された下部電極と、前記収容室内にガス励起用高周波電力を印加する励起電力印加部と、前記下部電極にバイアス用高周波電力を印加するバイアス電力印加部と、を有する基板処理装置を用いた基板処理方法において、前記励起電力印加部の出力を所定のタイミングで変更して前記ガス励起用高周波電力が間欠的に変化するように制御すると共に所定のパルス周期にしたがって前記バイアス電力印加部の出力が周期的に変化するように制御し、前記励起電力印加部がオフである期間においては、前記所定のパルス周期にしたがわずに、前記バイアス電力印加部をオフにするか、又はその出力が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス電力印加部の出力よりも垂下するように制御し、前記バイアス電力印加部の出力を垂下させる際、前記バイアス用高周波電力の振幅（Vpp）が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス用高周波電力の振幅（Vpp）を超えないように、前記バイアス電力印加部の出力を調整し、前記バイアス電力印加部をオフにする時間及び出力を垂下させる時間の合計は、前記励起電力印加部がオフである時間の合計よりも長くすることを特徴とする。

【0013】

請求項2記載の基板処理方法は、請求項1記載の基板処理方法において、前記バイアス

10

20

30

40

50

電力印加部の出力を垂下させる際、前記バイアス電力印加部の出力を、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス用高周波電力に対して、前記ガス励起用高周波電力のパルスオンのデューティー比(%)以下とすることを特徴とする。

【0016】

請求項3記載の基板処理方法は、請求項1又は2記載の基板処理方法において、前記励起電力印加部の出力を変化させるパルス周期と、前記所定のパルス周期とを、異ならせることを特徴とする。

【0017】

請求項4記載の基板処理方法は、請求項3記載の基板処理方法において、前記励起電力印加部の出力を変化させるパルス周期の周波数を100Hz～100kHzとし、前記所定のパルス周期の周波数を1Hz～1kHzとすることを特徴とする。

10

【0018】

上記目的を達成するために、請求項5記載の基板処理装置は、基板を収容する収容室と、該収容室内に配置され前記基板を保持するように形成された下部電極と、前記収容室内にガス励起用高周波電力を印加する励起電力印加部と、前記下部電極にバイアス用高周波電力を印加するバイアス電力印加部と、を有する基板処理装置において、前記励起電力印加部の出力を所定のタイミングで変更して前記ガス励起用高周波電力が間欠的に変化するよう制御すると共に所定のパルス周期にしたがって前記バイアス電力印加部の出力が周期的に変化するよう制御し、前記励起電力印加部がオフである期間においては、前記所定のパルス周期にしたがわずに、前記バイアス電力印加部をオフにするか、又はその出力が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス電力印加部の出力よりも垂下するよう制御し、前記バイアス電力印加部の出力を垂下させる際、前記バイアス用高周波電力の振幅(Vpp)が、前記励起電力印加部の出力が設定出力の場合における前記バイアス用高周波電力の振幅(Vpp)を超えないよう、前記バイアス電力印加部の出力を調整し、前記バイアス電力印加部をオフにする時間及び出力を垂下させる時間の合計は、前記励起電力印加部がオフである時間の合計よりも長くするよう制御する制御部を備えたことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0026】

請求項1記載の基板処理方法及び請求項5記載の基板処理装置によれば、励起電力印加部の出力を所定のタイミングで変更してガス励起用高周波電力が間欠的に変化するよう制御すると共に所定のパルス周期にしたがってバイアス電力印加部の出力が周期的に変化するよう制御し、励起電力印加部がオフである期間においては、所定のパルス周期にしたがわずに、バイアス電力印加部をオフにするか、又はその出力が、励起電力印加部の出力が設定出力の場合におけるバイアス電力印加部の出力よりも垂下するよう制御するので、バイアス用高周波電力の振幅(Vpp)の増大を抑制して異常放電、RF整合部の破損等の問題の発生を未然に防止することができる。

30

【0030】

請求項3記載の基板処理方法によれば、励起電力印加部の出力を変化させるパルス周期と、所定のパルス周期とを、異ならせるので、励起電力印加部の出力変動と、バイアス電力印加部の出力変動を独立して制御し易くなり、これによって、励起電力印加部の制御により収容室内にプラズマが無い状態又はアフターグロー状態のときに、バイアス電力印加部の出力が設定出力になることを確実に回避することができる。

40

【0031】

請求項4記載の基板処理方法によれば、励起電力印加部の出力を変化させるパルス周期の周波数を100Hz～100kHzとし、所定のパルス周期の周波数を1Hz～1kHzとしたので、処理ガス成分を励起して効率よくプラズマを発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の構成を示す断面図である。

50

【図 2】図 1 の基板処理装置における高周波電力印加ユニットの構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明に係る基板処理方法の第 1 の実施の形態のタイミングチャートである。

【図 4】図 3 における R F 1 のオンオフ制御（パルス制御）と、出力波形との関係を示す説明図である。

【図 5】R F 1 の出力を設定出力に近い H i g h レベル、及び出力 0 に近い L o w レベルに制御する場合のパルス制御と、出力波形との関係を示す図である。

【図 6】本発明に係る基板処理方法の第 2 の実施の形態のタイミングチャートである。

【図 7】本発明に係る基板処理方法の第 3 の実施の形態のタイミングチャートである。

【図 8】本発明に係る基板処理方法の第 3 の実施の形態の変形例に適用される基板処理装置の構成を示す断面図である。

10

【図 9】本発明に係る基板処理装置の別の実施の形態を示す断面図である。

【図 10】図 9 の高周波電力印加ユニット及び D C パルス印加ユニットの構成を示す図である。

【図 11】本発明に係る基板処理方法の第 4 の実施の形態のタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳述する。

【0040】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る基板処理装置の構成を示す断面図である。

20

【0041】

図 1 において、この基板処理装置 10 は、上下 2 周波電源の基板処理装置であって、処理室（チャンバ）22 と、該チャンバ 22 内に配置されたウエハ W の載置台 23 と、チャンバ 22 の上方において載置台 23 と対向するように配置されたシャワーヘッド 24 と、チャンバ 22 内のガス等を排気する T M P（Turbo Molecular Pump）25 と、チャンバ 22 及び T M P 25 の間に配置され、チャンバ 22 内の圧力を制御する可変式バタフライバルブとしての A P C（Adaptive Pressure Control）バルブ 26 とを有する。

【0042】

載置台 23 にはバイアス電力印加部としての高周波電力印加ユニット 27 が接続されており、高周波電力印加ユニット 27 は、例えば 2 M H z の高周波電力を載置台 23 に供給する。これにより、載置台 23 は下部電極として機能する。載置台（以下、「下部電極」ともいう。）23 は高周波電力印加ユニット 27 から供給された高周波電力を処理空間 S に放出する。

30

【0043】

シャワーヘッド 24 は円板状のガス供給部 30 からなり、ガス供給部 30 はバッファ室 32 を有する。バッファ室 32 はガス通気孔 34 を介してチャンバ 22 内に連通する。

【0044】

シャワーヘッド 24 には、ガス励起用高周波電力を発生させる励起電力印加部としての高周波電力印加ユニット 35 が接続されており、高周波電力印加ユニット 35 は、例えば 60 M H z の高周波電力をシャワーヘッド 24 に供給する。これにより、シャワーヘッド 24 は上部電極として機能する。シャワーヘッド 24 は高周波電力印加ユニット 35 から供給された高周波電力を処理空間 S に放出する。

40

【0045】

高周波電力印加ユニット 27 及び 35 は、それぞれリード線によって制御部 40 と電氣的に接続されている。制御部 40 は、高周波電力印加ユニット 27 及び 35 の出力をそれぞれ独立に所定のタイミングで変更する。ここで、出力の変更には、高周波電力印加ユニットをオフにしてその出力を 0 にすることが含まれる。また、所定のタイミングとは、予め設定された任意のタイミングをいい、例えば、高周波電力印加ユニット 27 を 10 m s e c インターバルで、及び高周波電力印加ユニット 35 を異なる 100 μ s e c インターバルで、それぞれ繰り返し出力の変更を行うことをいう。この場合、インターバルを順次

50

、又はランダムに変化させることもできる。また、高周波電力印加ユニット35のみの出力変更を行い(いわゆるパルス制御)、高周波電力印加ユニット27に関しては、出力の変更を行わない、すなわち常にON状態となるように制御することもできる。

【0046】

基板処理装置10のチャンバ22内では、下部電極23及び上部電極24から処理空間Sに高周波電力が放出されることにより、シャワーヘッド24から処理空間Sに供給された処理ガスを高密度のプラズマにしてイオンやラジカルを発生させ、該イオンやラジカルによってウエハWにエッチング処理を施す。

【0047】

図2は、図1の基板処理装置における高周波電力印加ユニット35及び27の構成を示すブロック図である。

10

【0048】

図2において、高周波電力印加ユニット35は、高周波発振器及び高周波増幅器からなる励起用高周波電源41、並びに図示省略した整合器を備えている。また、高周波電力印加ユニット27は、高周波発振器及び高周波増幅器からなるバイアス用高周波電源46、並びに整合器及びローパスフィルタ(共に図示省略)を備えている。

【0049】

制御器40は、トリガ信号発生器からなり、高周波電力印加ユニット35に対するトリガ信号Aは、高周波電力印加ユニット35の励起用高周波電源41に入力され、高周波電力印加ユニット27に対するトリガ信号Bは、高周波電力印加ユニット27のバイアス用高周波電源46に入力される。

20

【0050】

そして、制御器40からのトリガ信号Aにより、励起用高周波電源41は、プラズマ発生用の高周波電力を所定のタイミングで出力する。また、制御器40からのトリガ信号Bにより、バイアス用高周波電源46は、バイアス用の高周波電力を所定のタイミングで出力する。

【0051】

高周波電力印加ユニット35の高周波出力は、整合器(図示省略)を通じて、上部電極24に印加される。一方、高周波電力印加ユニット27のバイアス用高周波出力は、整合器及びローパスフィルタ(いずれも図示省略)を通じて、下部電極23に印加される。ガス励起用の高周波電力印加ユニット35のトリガ信号Aと、バイアス用の高周波電力印加ユニット27のトリガ信号Bは、制御器40内でタイミング制御される。

30

【0052】

このような構成の基板処理装置10を用いて被処理基板としてのウエハWに対してプラズマ処理を施す場合、まず、ウエハWをチャンバ22内に搬入し、載置台23上に載置する。

【0053】

次いで、チャンバ22内の圧力をAPCバルブ26等によって例えば3.3Pa(25mTorr)に設定する。また、ウエハWの温度を例えば80℃に設定する。そして、シャワーヘッド24のガス供給部30から、例えばCF₄ガスを例えば200sccmでチャンバ22内へ供給する。そして上部電極24に高周波電力印加ユニット35から、例えば60MHzの高周波電力が、また、ウエハWが載置された下部電極23に高周波電力印加ユニット27から、例えば2MHzの高周波電力が予め設定された任意のタイミングで印加される。上部電極24に印加された高周波電力は、処理空間Sに放出され、これによって処理ガスが励起されてプラズマが発生し、このプラズマによって各種処理が実行される。また、下部電極23に印加された高周波電力により、処理空間Sに発生したプラズマが載置台23に載置されたウエハWに向かって引き込まれる。

40

【0054】

以下、本発明に係る基板処理方法の第1の実施の形態について説明する。

【0055】

50

図3は、高周波電力印加ユニット35（以下、「RF1」ともいう。）と高周波電力印加ユニット27（以下、「RF2」ともいう。）の出力を変化させるタイミングを示すタイミングチャートであり、本発明に係る基板処理方法の第1の実施の形態のタイミングチャートである。

【0056】

この実施の形態は、RF1とRF2を共にその出力を周期的に変化させる、パルス制御する場合であって、RF1のパルス周期がRF2のパルス周期よりも小さく設定された場合を示すものである。

【0057】

図3において、まず、RF1が所定の周期でオンオフ制御される。RF1がオンの場合、所定波形の出力が例えば上部電極24に印加される。図3中、下側の破線で囲まれた制御が、本実施の形態における制御によるもので、図3中、上側の破線で囲まれた制御は参考例である。

【0058】

今、RF1のパルス周期は、RF2のパルス周期よりも小さく設定されているので、上側の破線で囲まれた参考例としての制御では、RF1が2度オンオフされる間、RF2はオンのままである。従って、RF1がオフ状態で、RF2がオン状態の場合が生じ、この場合に、RF2における高周波電力のVpp（振幅）が大きくなり、処理室22内での異常放電等の原因となっていた。

【0059】

そこで、本実施の形態においては、図3中、下側の破線で囲まれたように、RF1がオフの範囲においては、RF2をオフにするか、又はその出力を垂下させるように制御する。これによって、RF2における高周波電力のVppが増大することを防止して処理室22内での異常放電等の不都合を回避し、正常な処理を実行することができる。また、RF1をパルス制御することによってプラズマ発生時のガスの解離を抑制できると共に、RF2をパルス制御することによって反応生成物の排気時間の最適化、すなわち、引き込みを停止してその間に排気することによる排気時期の適正化を図ることもできる。

【0060】

ここで、RF2の出力を垂下させるとは、RF2の出力を、RF1が設定出力の場合におけるRF2の設定出力よりも小さくすることをいい、RF2の出力の垂下の度合は、RF1がオフにも関わらず、RF2をオンにすることによる弊害、すなわちRF2の高周波電力の振幅（Vpp）が、RF1が設定出力の場合におけるRF2の高周波電力の振幅を超えない範囲とする。具体的には、RF2の出力を、RF1のパルスオンのデューティー比（%）以下とする。すなわち、RF1のパルスオンのデューティー比が90%であれば、RF2の出力を設定出力の90%以下とし、RF1のパルスオンのデューティー比が50%であれば、RF2の出力を設定出力の50%以下とする。

【0061】

ここで、RF1及びRF2の設定出力とは、RF1及びRF2をそれぞれパルス制御する際のパワー出力が高い方の出力をいう。

【0062】

また、RF1のパルスオンのデューティー比（%）は、
$$\left(\frac{\text{RF1オンの期間}}{\text{RF1オンの期間} + \text{RF1オフの期間}} \right) \times 100$$
で表される。本実施の形態において、RF1のパルスオンのデューティー比は、例えば50%～98%とする。

【0063】

次に、本実施の形態における変形例について説明する。

【0064】

図4は、図3におけるRF1のオンオフ制御（パルス制御）と、出力波形との関係を示す説明図である。図4（A）において、RF1がオンの場合に予め決定された設定出力電力、例えば500Wが出力され、RF1がオフの場合は電力は出力されず、出力電力が0

10

20

30

40

50

となっている。また、図4(B)において、RF1のオンオフ時の波形が示されている。

【0065】

本実施の形態において、RF1の制御は、オンオフだけでなく、設定出力に対して所定の割合の出力値となるように出力制御することもできる。

【0066】

図5は、RF1の出力をHighレベル、及び出力0に近いLowレベルに制御する場合のパルス制御と、出力波形との関係を示す図である。図5(A)において、RF1の出力が、設定出力電力400W(Highレベル)と、例えば25%である100W(Lowレベル)にパルス的に変更されており、図5(B)において、それぞれHighレベルとLowレベルに対応する出力波形が示されている。このように、HighレベルとLowレベルにパルス的に変更されるRF1の出力に対し、RF1が、プラズマ発生に
10

【0067】

これによっても、RF2における高周波電力のVppが増大することを防止して、異常放電等の不都合を回避し、正常な処理を実行することができる。

【0068】

本実施の形態において、励起電力印加部の出力である励起用高周波電力が変動するパルス周波数は100Hz~100kHzであることが好ましい。このとき、最も短い周期は、10μsec、最も長い周期は、10msecとなる。また、バイアス電力印加部の出力であるバイアス用高周波電力が変動するパルス周波数は1Hz~1kHzであることが好ましい。このとき、最も短い周期は、1msec、最も長い周期は、1secとなる。
20

【0069】

なお、上記基板処理方法の第1の実施の形態及び変形例において、RF2をオフにするか、又はその出力を垂下するように制御する際の条件として、RF1がオフの場合(第1の実施の形態)又はRF1がプラズマ発生に
20

【0070】

一方、上記実施の形態のようなパルスプラズマでは、RF1がオフされた直後又はRF1がプラズマ発生に
30

【0071】

従って、RF2をオフにするか、又はその出力を垂下するように制御する場合の条件を、RF1の出力状態ではなく、処理室22内の状態
30

【0072】

次に、本発明に係る基板処理方法の第2の実施の形態について説明する。

【0073】

図6は、本発明に係る基板処理方法の第2の実施の形態のタイミングチャートである。この実施の形態は、RF1とRF2を共にパルス制御する場合であって、RF1の
40

【0074】

図6において、まず、RF1が所定の周期でオンオフ制御される。RF1がオンの場合、RF1から所定波形の出力が、例えば上部電極24に印加される。図6中、上側の破線で囲まれた制御が参考例であり、図6中、下側の破線で囲まれた制御が、本実施の形態における制御である。

【0075】

今、RF1のパルス周期は、RF2のパルス周期よりも大きく設定されているので、上側の破線で囲まれた参考例による制御では、RF2が2度オンオフされる間、RF1はオンのままである。しかしながら、その後、RF1がオフ状態であって、RF2がオン状態
50

の場合があり、この場合に、RF2の高周波電力におけるVpp（振幅）が大きくなり、異常放電等の原因となっていた。

【0076】

そこで、本実施の形態においては、図6中、下側の破線で囲まれたように、RF1がオフの範囲においては、RF2をオフにするか、又はその出力を垂下させるように制御する。

【0077】

これによって、RF2における高周波電力の振幅（Vpp）が、RF1が設定出力の場合におけるRF2の高周波電力の振幅（Vpp）を超えることを回避して処理室22内の異常放電等の不都合をなくし、正常な処理を実行することができる。また、RF1をパルス制御することによるプラズマ発生時のガス解離抑制効果、及びRF2をパルス制御することによる反応生成物の排気時間の最適化を図る効果も得られる。

10

【0078】

本実施の形態において、RF2の出力を垂下させる程度は、上記第1の実施の形態の場合と同様である。また、上記実施の形態と同様、RF1の出力をオンオフするだけでなく、RF1の出力をHighレベルと、出力0に近いLowレベルにパルスの切り換えるように制御し、これに対応してRF2の出力を制御するようにしてもよい。

【0079】

また、本実施の形態においても、RF2をオフにするか、又はその出力を垂下するように制御する場合の条件を、プラズマが無い状態の場合又はアフターグロープラズマの状態の場合、と言い換えることができる。

20

【0080】

次に、本発明に係る基板処理方法の第3の実施の形態について説明する。

【0081】

図7は、本発明に係る基板処理方法の第3の実施の形態のタイミングチャートである。この実施の形態は、RF2が常時オン状態で、RF1のみをパルス制御する場合を示すものである。

【0082】

図7において、RF1が所定の等間隔でオンオフ制御され、RF1がオンの場合、RF1から所定波形の出力が、例えば上部電極24に印加される。図7中、上側の破線で囲まれた制御が参考例によるもので、図7中、下側の破線で囲まれた制御が、本実施の形態における制御である。

30

【0083】

今、RF1は、所定の等間隔でオンオフ制御されるが、RF2は、オン状態のままなので、RF1がオフ状態で、RF2がオン状態になる場合が生じ、この場合に、RF2の高周波電力のVpp（振幅）が大きくなり、異常放電等の原因となっていた。

【0084】

そこで、本実施の形態においては、図7中、下側の破線で囲まれたように、RF1がオフの範囲においては、RFの出力を垂下させるように制御する。これによって、RF2の高周波電力のVppが、RF1が設定出力の場合におけるRF2の高周波電力のVppを超えないように制御して、バイアス用高周波電力を正常に保持することができる。また、RF1をパルス制御することによるプラズマ発生時のガス解離抑制効果も得られる。

40

【0085】

本実施の形態において、RF2の出力を垂下させる程度は、第1の実施の形態等と同様であり、RF1がオフにも関わらず、RF2をオンにすることによる弊害、すなわちRF2のVppがRF1がオンの場合の値よりも増大しない範囲であればよい。

【0086】

また、本実施の形態において、上述した各実施の形態と同様、RF1の出力をオンオフさせるだけでなく、RF1の出力をHighレベルと、出力0に近いLowレベルにパルスの切り換えるように制御し、これに対応してRF2の出力を制御するようにしてもよ

50

い。

【0087】

また、本実施の形態においても、RF2をオフにするか、又はその出力を垂下するように制御する場合の条件を、プラズマが無い状態の場合又はアフターグロープラズマの状態の場合、と言い換えることができる。

【0088】

上記の基板処理装置の実施の形態においては、比較的高い周波数を有する高周波電力を出力する高周波電力印加ユニット35が上部電極24に接続され、比較的低い周波数を有する高周波電力を出力する高周波電力印加ユニット27が下部電極23に接続された例を示した。これに代えて、図8に示すように、比較的高い周波数を有する高周波電力を出力する高周波電力印加ユニット35と、比較的低い周波数を有する高周波電力を出力する高周波電力印加ユニット27をともに下部電極23に接続させてもよい。この基板処理装置においても、上記の実施の形態で説明したような効果を発揮することができる。

10

【0089】

次に、本発明に係る基板処理装置の別の実施の形態について説明する。

【0090】

図9は、本発明に係る基板処理装置の別の実施の形態を示す断面図である。

【0091】

図9において、この基板処理装置50は、バイアス電圧として直流電圧を適用する基板処理装置であって、処理室(チャンバ)22と、該チャンバ22内に配置されたウエハWの載置台23と、チャンバ22の上方において載置台23と対向するように配置されたシャワーヘッド24と、チャンバ22内のガス等を排気するTMP(Turbo Molecular Pump)25と、チャンバ22及びTMP25の間に配置され、チャンバ22内の圧力を制御する可変式バタフライバルブとしてのAPC(Adaptive Pressure Control)バルブ26とを有する。

20

【0092】

載置台23には、高周波電力印加ユニット51及びDCパルス印加ユニット45が接続されており、高周波電力印加ユニット51は、比較的高い周波数、例えば60MHzの高周波電力を励起用電力として載置台23に印加する。これにより、載置台23及びシャワーヘッド24の間の処理空間Sに高周波電力を放出する下部電極として機能する。また、DCパルス印加ユニット45は、イオン引き込み用の、例えば100~1200Vのバイアス用直流電圧を下部電極23に印加する。このとき、直流電圧が印加された下部電極23に、処理空間Sにおけるプラズマ中の陽イオンが引き込まれる。これによって、処理空間S内のプラズマ状態が制御される。

30

【0093】

シャワーヘッド(上部電極)24は円板状のガス供給部30からなり、ガス供給部30はバッファ室32を有する。バッファ室32はガス通気孔34を介してチャンバ22内に連通する。

【0094】

高周波電力印加ユニット51及びDCパルス印加ユニット45は、それぞれリード線によって制御部60と電氣的に接続されている。制御部60は、高周波電力印加ユニット51及びDCパルス印加ユニット45をそれぞれ独立に所定のタイミングでオンオフ制御する。ここで、所定のタイミングとは、予め設定された任意のタイミングをいい、例えば、高周波電力印加ユニット51を100µsecインターバルで、及びDCパルス印加ユニット45を異なる1µsecインターバルで、それぞれ繰り返しオンオフすることをいう。この場合、インターバルを順次、又はランダムに変化させることもできる。

40

【0095】

基板処理装置50のチャンバ22内では、上述したように、下部電極23が処理空間Sに高周波電力を放出することにより、シャワーヘッド24から処理空間Sに供給された処理ガスを高密度のプラズマにしてイオンやラジカルを発生させ、該イオンやラジカルによ

50

ってウエハWにエッチング処理を施す。

【0096】

図10は、図9の高周波電力印加ユニット51及びDCパルス印加ユニット45の構成を示す図である。図10において、高周波電力印加ユニット51は、励起用高周波電源61及び図示省略した整合器を備えている。また、DCパルス印加ユニット45は、DC電源66及び図示省略したローパスフィルタを備えている。

【0097】

制御部60は、トリガ信号発生器からなり、高周波電力印加ユニット51に対するトリガ信号Cは、高周波電力印加ユニット51の励起用高周波電源61に入力され、DCパルス印加ユニット45に対するトリガ信号Dは、DC電源66に入力される。

10

【0098】

そして、制御器60からのトリガ信号Cにより、高周波電力印加ユニット51の励起用高周波電源61は、プラズマ発生用の高周波電力を所定のタイミングで出力する。また、制御器60からのトリガ信号Dにより、DCパルス印加ユニット45のDC電源66は、下部電極23に印加する直流電圧を所定のタイミングで出力する。

【0099】

高周波電力印加ユニット51の高周波出力は、図示省略した整合器を通じて下部電極23に印加される。一方、DCパルス印加ユニット45の出力電圧は、図示省略したローパスフィルタを通じて下部電極23に印加される。高周波電力印加ユニット51に対するトリガ信号Cと、DCパルス印加ユニット45に対するトリガ信号Dは、制御器60内でタイミング制御される。

20

【0100】

次に、本発明に係る基板処理方法の第4の実施の形態について説明する。

【0101】

図11は、本発明に係る基板処理方法の第4の実施の形態のタイミングチャートである。本実施の形態は、基板を載置する下部電極23に印加されるRF1と、バイアス用直流電圧を所定のタイミングでパルス制御する場合を示すものである。

【0102】

図11において、まず、RF1が所定の等間隔でオンオフ制御される。RF1がオンの場合、RF1から所定波形の出力が下部電極23に印加される。図11中、上側の破線で囲まれた制御が参考例によるもので、図11中、下側の破線で囲まれた制御が、本実施の形態における制御である。

30

【0103】

今、RF1のパルス周期は、DCのパルス周期よりも大きく設定されており、上側の破線で囲まれた参考例による制御では、DCパルスが2度オンオフされる間、RF1はオンのままである。しかしながら、続くRF1がオフの状態、DCパルスがオン状態になる場合があり、この場合に、DCパルス回路への負荷が大きくなって回路が破損するおそれがあった。

【0104】

そこで、本実施の形態においては、図11中、下側の破線で囲まれたように、RF1がオフの範囲においては、DCパルスの出力を設定値よりも垂下するように制御する。なお、DCパルスの出力をゼロにはしない。これによって、RF1がオフの状態におけるDCパルス回路への負荷増大を回避してDCパルス回路の破損を未然に防止することができる。また、プラズマを生成するRF1出力をパルス制御することによるプラズマ発生時のガス解離抑制効果、及びDCをパルス制御することによるイオンエネルギーの単色化を図る効果も得られる。

40

【0105】

本実施の形態において、RF1がオフの範囲において、DCパルスの出力を垂下させる場合の垂下の程度は、RF1がオフにも関わらず、DCパルスをオンにすることによる弊

50

害、すなわち直流電圧を印加することによる発熱量が、RF1が設定出力状態において直流電圧を印加した場合の発熱量を超えない範囲であればよい。具体的には、DCパルス印加ユニット45の出力を、設定出力に対してRF1のパルスオンのデューティー比(%)以下とする。すなわち、RF1のパルスオンのデューティー比が90%であれば、DCパルス印加ユニット45の出力を設定出力の90%以下とし、RF1のパルスオンのデューティー比が50%であれば、DCパルス印加ユニット45の出力を設定出力の50%以下とする。

【0106】

本実施の形態において、上記実施の形態と同様、RF1の出力をオンオフするだけでなく、RF1の出力をHighレベルと、出力0に近いLowレベルにパルスのように切り換えるように制御し、RF1がオフ又はLowレベルの場合に、DCパルスの出力が垂下するように制御してもよい。

10

【0107】

また、本実施の形態においても、DCパルスの出力を垂下するように制御する場合の条件を、プラズマが無い状態の場合又はアフターグロープラズマの状態の場合、と言い換えることができる。

【0108】

上述した各実施の形態において、プラズマ処理が施される基板は半導体デバイス用のウエハに限られず、LCD(Liquid Crystal Display)やFPD(Flat Panel Display)等に用いる各種基板や、フォトマスク、CD基板、プリント基板等であってもよい。

20

【0109】

また、本発明の目的は、上述した各実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても達成される。

【0110】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した各実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコード及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0111】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フロッピー(登録商標)ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM等を用いることができる。または、プログラムコードをネットワークを介してダウンロードしてもよい。

30

【0112】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上述した各実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS(オペレーティングシステム)等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上述した各実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

40

【0113】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その拡張機能を拡張ボードや拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上述した各実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

【符号の説明】

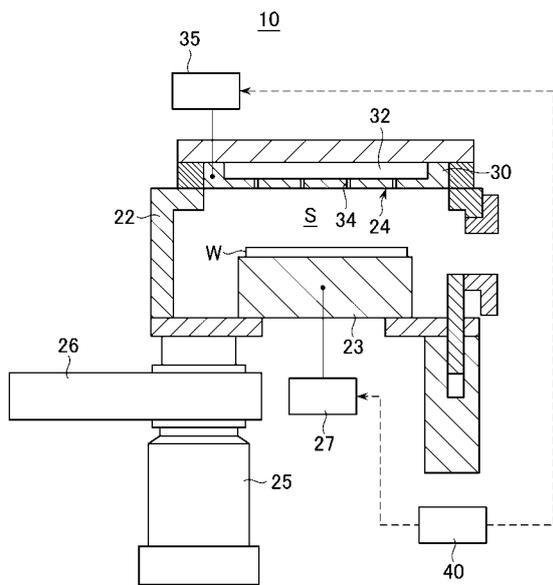
【0114】

10 基板処理装置

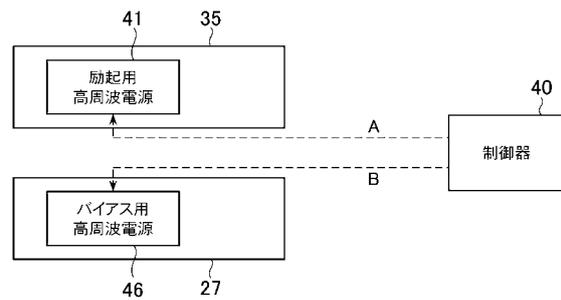
50

- 2 2 処理室 (チャンバ)
- 2 3 載置台
- 2 4 シャワーヘッド
- 2 7 高周波電力印加ユニット
- 3 5 高周波電力印加ユニット
- 4 0 制御部
- 4 5 DCパルス印加ユニット
- 5 0 基板処理装置
- 5 1 高周波電力印加ユニット
- 6 0 制御部

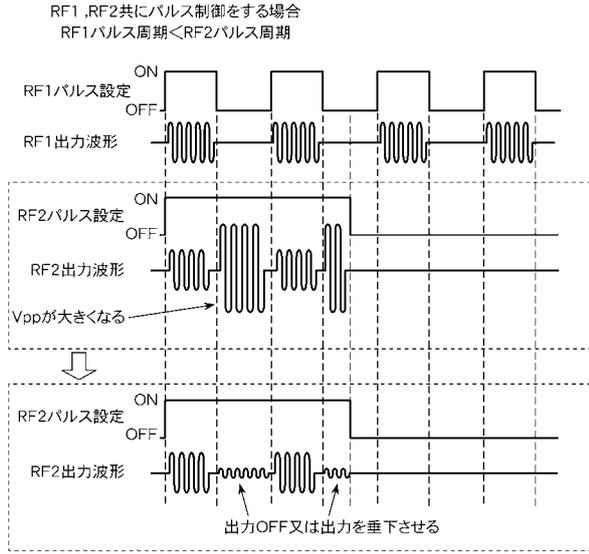
【図1】



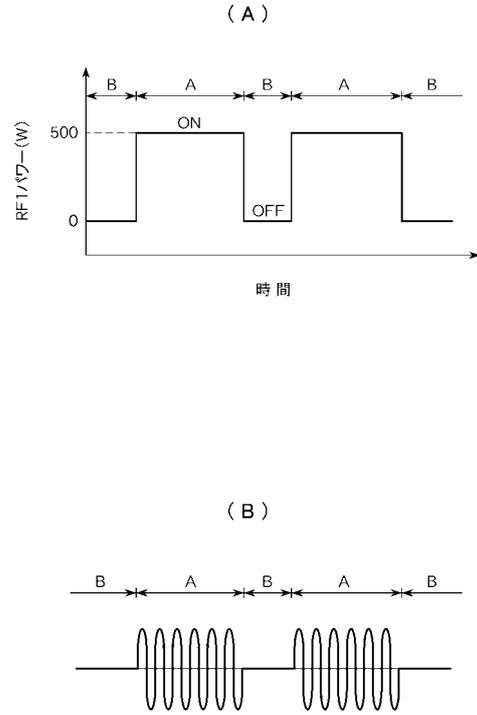
【図2】



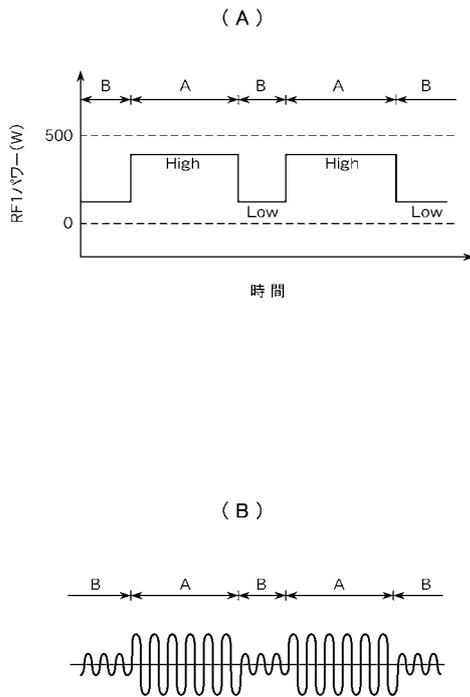
【図3】



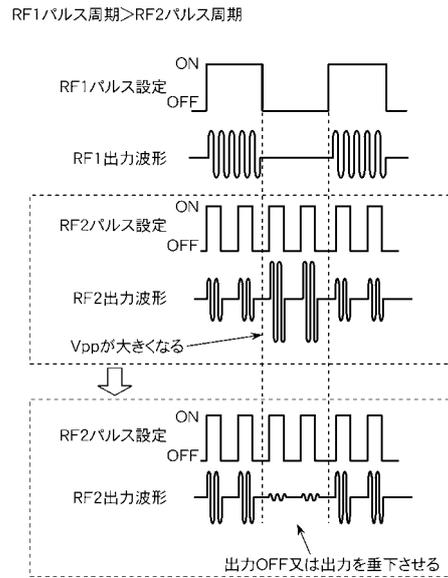
【図4】



【図5】

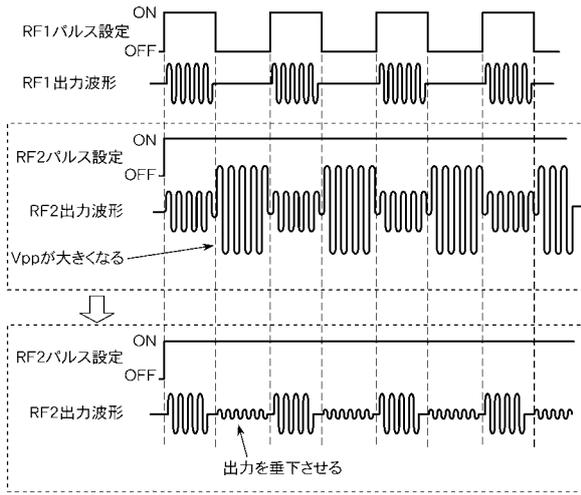


【図6】



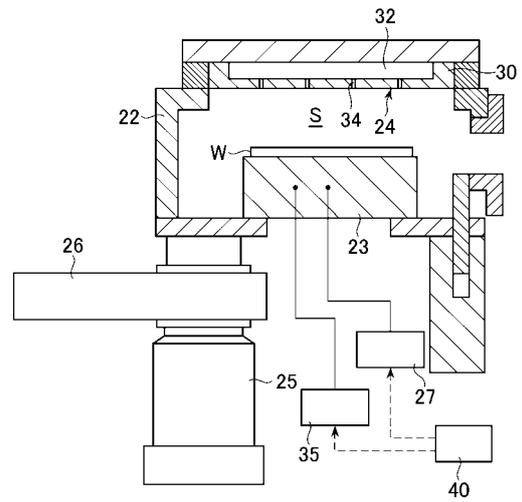
【図7】

RF1のみパルス制御をする場合



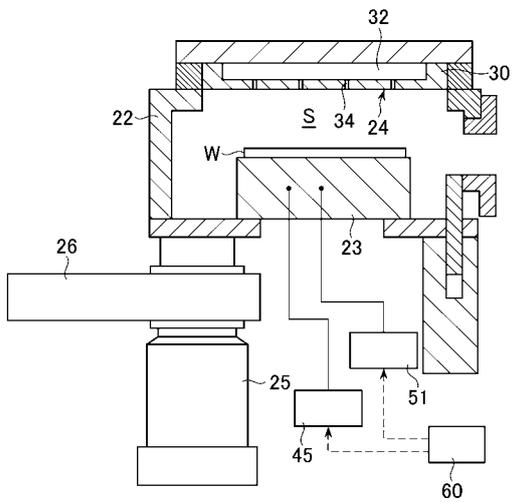
【図8】

10

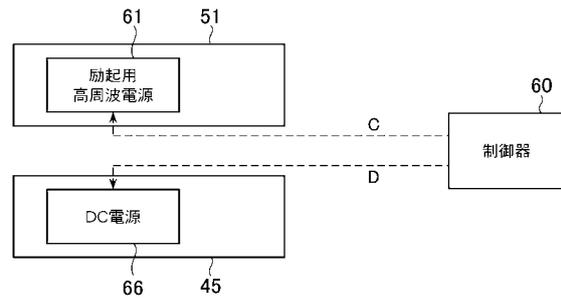


【図9】

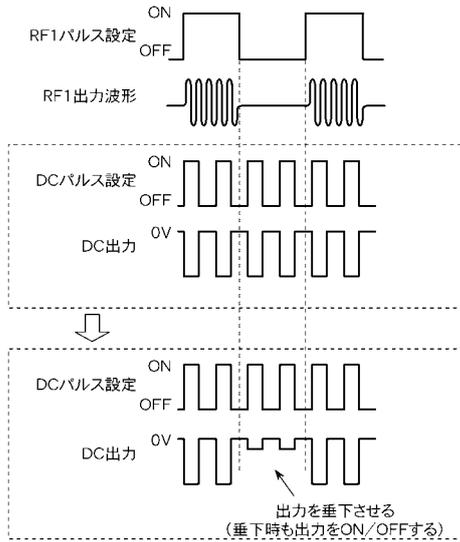
50



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 淳

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 山田 紀和

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平08-250479(JP,A)

特開2009-033080(JP,A)

特開2000-054125(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46