

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4836780号  
(P4836780)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年10月7日(2011.10.7)

(51) Int.Cl. F I  
**C 2 3 C 16/52 (2006.01)** C 2 3 C 16/52  
**H 0 1 L 21/3065 (2006.01)** H 0 1 L 21/302 I 0 1 H

請求項の数 37 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2006-510214 (P2006-510214)	(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
(86) (22) 出願日	平成17年2月17日(2005.2.17)	(74) 代理人	100099944 弁理士 高山 宏志
(86) 国際出願番号	PCT/JP2005/002394	(72) 発明者	尾▲崎▼ 成則 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
(87) 国際公開番号	W02005/081302	(72) 発明者	野口 秀幸 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
(87) 国際公開日	平成17年9月1日(2005.9.1)	(72) 発明者	壁 義郎 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
審査請求日	平成20年1月22日(2008.1.22)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-43449 (P2004-43449)		
(32) 優先日	平成16年2月19日(2004.2.19)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-326316 (P2004-326316)		
(32) 優先日	平成16年11月10日(2004.11.10)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-334552 (P2004-334552)		
(32) 優先日	平成16年11月18日(2004.11.18)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置における処理室のクリーニング方法およびクリーニングの終点検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板に対して減圧処理を施す基板処理装置における金属で汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>ガス単独、またはO<sub>2</sub>ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項2】

基板に対して減圧処理を施す基板処理装置における金属で汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスおよび不活性ガス、またはO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項3】

前記基板の処理は金属を含む基板の酸化処理である、請求項1または請求項2に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項4】

前記金属はタングステンである、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項5】

前記基板の処理はプラズマ処理である、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 6】

前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、平面アンテナを用いたプラズマまたは誘導結合型プラズマを用いたプラズマにより実施される、請求項 5 に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 7】

前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施される、請求項 5 に記載の処理室のクリーニング方法。

10

【請求項 8】

前記クリーニングを実施するプラズマの  $O_2$  ガスに対する  $H_2$  ガスの比が 2 以上である、請求項 2 に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 9】

前記クリーニングを実施するプラズマの  $O_2$  ガスに対する  $H_2$  ガスの比が 4 以上である、請求項 2 に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 10】

前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱する、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 11】

20

前記基板処理装置は、前記処理室のプラズマに曝される面の少なくとも一部が誘電体で構成されている、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 12】

金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に  $O_2$  ガス単独、または  $O_2$  ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 13】

30

金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に  $O_2$  ガスおよび  $H_2$  ガスおよび不活性ガス、または  $O_2$  ガスおよび  $H_2$  ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 14】

前記金属を含む膜は、タングステン系膜である、請求項 12 または請求項 13 に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 15】

前記金属を含む膜を有する基板のプラズマ処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含むゲート電極の選択酸化処理である、請求項 12 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の処理室のクリーニング方法。

40

【請求項 16】

前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、平面アンテナを用いたプラズマまたは誘導結合型プラズマを用いたプラズマにより実施される、請求項 12 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の処理室のクリーニング方法。

【請求項 17】

前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施される、請求項 12 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の処理室のクリーニング方法。

50

## 【請求項 18】

前記クリーニングを実施するプラズマの $O_2$ ガスに対する $H_2$ ガスの比が2以上である、請求項13に記載の処理室のクリーニング方法。

## 【請求項 19】

前記クリーニングを実施するプラズマの $O_2$ ガスに対する $H_2$ ガスの比が4以上である、請求項13に記載の処理室のクリーニング方法。

## 【請求項 20】

前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱する、請求項12から請求項19のいずれか1項に記載の処理室のクリーニング方法。

## 【請求項 21】

前記クリーニングは、処理室内の温度を400～800にして行う、請求項12から請求項20のいずれか1項に記載の処理室のクリーニング方法。

## 【請求項 22】

前記クリーニングは、処理室内の圧力を126Pa未満にして行う、請求項12から請求項21のいずれか1項に記載の処理室のクリーニング方法。

## 【請求項 23】

前記基板処理装置は、前記処理室のプラズマに曝される面の少なくとも一部が誘電体で構成されている、請求項12から請求項22のいずれか1項に記載の処理室のクリーニング方法。

## 【請求項 24】

コンピュータ上で動作し、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように前記基板処理装置を制御する、コンピュータプログラム。

## 【請求項 25】

コンピュータ上で動作し、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように前記

## 【請求項 26】

コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶された記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように、前記基板処理装置を制御するものである、記憶媒体。

## 【請求項 27】

コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶された記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように、前記

## 【請求項 28】

プラズマを発生させるプラズマ供給源と、  
前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、  
前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、  
前記処理容器内を減圧するための排気手段と、

前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、

金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>ガス単独、またはO<sub>2</sub>ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部とを具備する、プラズマ処理装置。

【請求項29】

プラズマを発生させるプラズマ供給源と、

前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、

前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、

前記処理容器内を減圧するための排気手段と、

前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、

金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスおよび不活性ガス、またはO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部とを具備する、プラズマ処理装置。

【請求項30】

金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスおよび不活性ガス、またはO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスをクリーニングガスとして導入し、そのクリーニングガスのプラズマによりクリーニングするにあたり、クリーニングの終点を検出するクリーニングの終点検出方法であって、

前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加する水素ラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なう、クリーニングの終点検出方法。

【請求項31】

前記基板の処理は、前記金属系膜を含む基板の酸化処理である、請求項30に記載のクリーニングの終点検出方法。

【請求項32】

前記金属系膜がタングステン系膜である、請求項30または請求項31に記載のクリーニングの終点検出方法。

【請求項33】

前記タングステン系膜を含む基板の酸化処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含む積層膜におけるポリシリコン膜の選択酸化処理である、請求項32に記載のクリーニングの終点検出方法。

【請求項34】

前記選択酸化処理および前記クリーニングは、誘導結合方式によるプラズマ、平行平板方式によるプラズマ、平面アンテナ方式によるプラズマ、反射波プラズマ、またはマグネトロンプラズマにより実施される、請求項33に記載のクリーニングの終点検出方法。

【請求項35】

前記選択酸化処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施される、請求項33に記載のクリーニングの終点検出方法。

【請求項36】

プラズマを発生させるプラズマ供給源と、

前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、

前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、

前記処理容器内を減圧するための排気手段と、

前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、

金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>ガスおよびH<sub>2</sub>ガスおよび不活性ガス、または

10

20

30

40

50

O<sub>2</sub> ガスおよびH<sub>2</sub> ガスをクリーニングガスとして導入し、そのクリーニングガスのプラズマによりクリーニングする際に、前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加する水素ラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点を検出するクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部とを備えた、プラズマ処理装置。

【請求項 37】

前記水素ラジカルの波長が 656 nm である、請求項 30 から請求項 35 のいずれか 1 項に記載のクリーニングの終点検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、基板処理装置における処理室のクリーニング方法およびクリーニングの終点検出方法に関し、より詳しくは、金属で汚染された処理室のクリーニング方法、およびクリーニングの終点検出方法、ならびにその方法を実行するためのコンピュータプログラムおよび記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

近時、LSIの高集積化、高速化の要請からLSIを構成する半導体素子のデザインルールが益々微細化されており、それにともなって、DRAM等に用いられるトランジスタのゲート電極の低抵抗化が求められている。そのため、より抵抗の低いW系膜がゲート電極として用いられつつあり、タングステンポリサイド(WSi/poly-Siの積層膜)や、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート(W/WN/poly-Siの積層構造)が注目されている。

20

【0003】

一方、このようなタングステンポリメタルゲートやタングステンポリサイドを用いたゲート電極の製造プロセスにおいて、その側面のポリシリコンを選択酸化する工程が存在するが、その際に、タングステン酸化物を抑制しつつポリシリコンを選択酸化する観点から、プラズマ密度が高い低電子温度プラズマにより低温処理が可能な、RLSA(Radial Line Slot Antenna)マイクロ波プラズマ処理装置が用いられている(例えば特許文献1)。

30

【0004】

このような処理においては、タングステンを含むSiウエハを処理することとなり、処理後の処理チャンバーはタングステンで汚染された状態となる。このような処理チャンバーで次の選択酸化処理を行う場合には、タングステンが処理に悪影響を与え、タングステンがコンタミネーションとして素子に取り込まれるおそれがある他、タングステンによって酸化処理が妨げられ酸化レートが低下してしまう。したがって、処理後の処理チャンバーは、クリーニングにより汚染レベルを半導体素子を製造可能なレベルまで低下させる必要がある。

【0005】

従来、このようなタングステン(W)で汚染された処理チャンバーのクリーニングは、処理チャンバーを大気開放して、チャンバー内部部品を酸などでウェットクリーニングし、それに加えて真空チャンバー内壁を酸、水、または溶剤をしみこませたワイパーにより拭き取ることによって行っている。

40

【0006】

しかしながら、このようにクリーニングする場合には、処理チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデショニングする時間等、数時間単位の時間を要し、スループットが低くなる原因となっている。

【0007】

一方、プラズマを用いたドライクリーニング方法も検討されている。プラズマによるド

50

ライクリーニングは、一般に、クリーニングガスをプラズマ化してチャンパー内に付着した堆積物を除去する方法である。

【0008】

しかしながら、従来はドライクリーニングを用いても、タングステン(W)等の金属で汚染された処理室を高効率で清浄化することは未だ成功していない。

【0009】

また、ドライクリーニングにおいては、終点の判断が困難であるため、クリーニングの終了を時間管理で判断している。しかし、時間管理による場合は、予め設定した時間を基準にクリーニングを終了させるため、クリーニングが不十分であったり、逆にクリーニング時間が長すぎる等の不都合が生じる。クリーニングが不十分な場合は、チャンパー内に残留した堆積物がコンタミネーションを引き起こすため、再度クリーニングをやり直さなければならず煩雑であり、逆にクリーニング時間が長すぎる場合は、その分の時間とエネルギーが無駄に浪費されてしまう。

【特許文献1】特開2000-294550号公報

【発明の開示】

【0010】

本発明の目的は、基板処理装置におけるタングステン等の金属で汚染された処理室を、高効率で清浄化することができる、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供することにある。

【0011】

本発明の他の目的は、基板処理装置におけるタングステン等の金属で汚染された処理室を清浄化する際に、簡易な方法で終点を把握できるクリーニングの終点検出方法およびクリーニング方法を提供することにある。

【0012】

本発明の第1の観点によれば、基板に対して減圧処理を施す基板処理装置における金属で汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法が提供される。

本発明の第2の観点によれば、基板に対して減圧処理を施す基板処理装置における金属で汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法が提供される。

【0013】

本発明の第3の観点によれば、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法が提供される。

本発明の第4の観点によれば、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法が提供される。

【0014】

上記第1および第2の観点において、前記基板の処理としては、金属を含む基板の酸化処理を提供することができる。また、前記金属の典型例としてタングステンを挙げることができる。さらに、前記基板の処理としては、プラズマ処理を適用することができる。

【0015】

10

20

30

40

50

上記第3および第4の観点において、前記金属を含む膜として、タングステン系膜を用いることができ、具体的なプラズマ処理としては、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含むゲート電極の選択酸化処理を適用することができる。

【0016】

上記第1および第2の観点においてプラズマ処理を適用する場合、ならびに上記第3および第4の観点において、前記基板のプラズマ処理およびクリーニングは、平面アンテナを用いたプラズマまたは誘導結合型プラズマを用いたプラズマにより実施することができる。また、前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることが好ましい。

【0017】

上記第2および第4の観点において、前記クリーニングを実施するプラズマの $O_2$ ガスに対する $H_2$ ガスの比が4以上であることが好ましく、8であることが特に好ましい。また、上記第1～第4の観点において、前記クリーニングは、処理室内の温度を400～800にして行うことが好ましい。さらに、前記クリーニングは、処理室内の圧力を126 Pa未満にして行うことが好ましい。

【0018】

また、前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱してもよい。前記基板処理装置としては、前記処理室のプラズマに曝される面の少なくとも一部が誘電体で構成されているものを好適に用いることができる。

【0019】

本発明の第5の観点によれば、コンピュータ上で動作し、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように前記基板処理装置を制御する、コンピュータプログラムが提供される。

本発明の第6の観点によれば、コンピュータ上で動作し、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように前記基板処理装置を制御する、コンピュータプログラムが提供される。

【0020】

本発明の第7の観点によれば、コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶された記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように、前記基板処理装置を制御するものである、記憶媒体が提供される。

本発明の第8の観点によれば、コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶された記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように、前記基板処理装置を制御するものである、記憶媒体が提供される。

【0021】

本発明の第9の観点によれば、プラズマを発生させるプラズマ供給源と、前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、前記処理容器内を減圧するための排気手段と、前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理

10

20

30

40

50

を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガス単独、または $O_2$ ガスおよび不活性ガスを導入し、このガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部とを具備する、プラズマ処理装置が提供される。

本発明の第10の観点によれば、プラズマを発生させるプラズマ供給源と、前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、前記処理容器内を減圧するための排気手段と、前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを導入し、これらのガスのプラズマを形成してクリーニングするクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部とを具備する、プラズマ処理装置が提供される。

10

#### 【0023】

本発明の第11の観点によれば、金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスをクリーニングガスとして導入し、そのクリーニングガスのプラズマによりクリーニングするにあたり、クリーニングの終点を検出するクリーニングの終点検出方法であって、前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加する水素ラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なう、クリーニングの終点検出方法が提供される。

20

#### 【0024】

上記第11の観点において、前記基板の処理は、前記金属系膜を含む基板の酸化処理であることが好ましい。また、前記金属系膜がタングステン系膜であることが好ましい。さらに、前記タングステン系膜を含む基板の酸化処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含む積層膜におけるポリシリコン膜の選択酸化処理であることが好ましい。また、前記選択酸化処理および前記クリーニングは、誘導結合方式によるプラズマ、平行平板方式によるプラズマまたは平面アンテナ方式によるプラズマにより実施されるか、あるいは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることが好ましい。さらにまた、前記水素ラジカルの波長が656nmであることが好ましい。

30

#### 【0029】

本発明の第12の観点によれば、プラズマを発生させるプラズマ供給源と、前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、前記処理容器内を減圧するための排気手段と、前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室を、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスおよび不活性ガス、または $O_2$ ガスおよび $H_2$ ガスを含むガスをクリーニングガスとして導入し、そのクリーニングガスのプラズマによりクリーニングする際に、前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加する水素ラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点を検出するクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部とを備えた、プラズマ処理装置が提供される。

40

#### 【0030】

本発明によれば、金属を含む膜を有する基板のプラズマ処理等により金属で汚染された処理室を、大気開放することなく *in-situ* で $O_2$ を含むガスのプラズマにより処理することにより、タングステン等の金属成分を酸化させて昇華させることができ、極めて有効にタングステン等の金属成分を除去することができる。したがって、処理室を大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンパーを再コンデショニングする時間等が必要であった従来のクリーニング処理に比較してクリーニング時間を著しく短縮することができる。

#### 【0031】

50

また、本発明によれば、タングステンで汚染されたチャンパー内をプラズマによってドライクリーニングするにあたり、水素ラジカル ( $H^*$ ) の発光強度をモニターすることにより、タングステン汚染量を容易に把握することができる。これにより、プラズマによるドライクリーニングの終点を明確に判定することが可能となる。したがって、従来の時間管理によるドライクリーニング方法において課題であったクリーニング不足に起因するコンタミネーションやクリーニングのやり直し、過剰なクリーニングなどを回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図。 10

【図2】図1のマイクロ波プラズマ装置に用いられる平面アンテナ部材の構造を示す図。

【図3A】従来のポリシリコンからなるゲート電極の構造を示す模式図。

【図3B】本発明の実施形態が適用されるW系膜を含むゲート電極の構造の一例を示す図。

。

【図3C】本発明の実施形態が適用されるW系膜を含むゲート電極の構造の他の例を示す図。

【図4A】本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。

【図4B】本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。

【図4C】本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。 20

【図4D】本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。

【図5】ガス組成によるW除去効果の差を実験した結果を示す図。

【図6】実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合の効果を示す図。

【図7】図6のクリーニング方法を実施した際の酸化膜厚およびW濃度の変化を示す図。

【図8】 $H_2/O_2$ 比を変化させて実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合のクリーニング効果を示す図。

【図9】チャンパー内圧力を変化させて実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合のクリーニング効果を示す図。

【図10】チャンパー壁温度(サセプタ温度)を変化させて実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合のクリーニング効果を示す図。 30

【図11】本発明の第2の実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図。

【図12】クリーニングを実施した際のサンプリング用ウエハの処理順番による発光強度および膜厚の変化を示すグラフ。

【図13】クリーニングを実施した際のサンプリング用ウエハの処理順番による発光強度およびW濃度の変化を示すグラフ。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。 40

【0034】

このマイクロ波プラズマ処理装置100は、所定のパターンで複数のスロットが形成された平面アンテナであるRLSA(Radial Line Slot Antenna)を利用してマイクロ波発生源から導かれたマイクロ波をチャンパー内に放射し、プラズマを形成するRLSAマイクロ波プラズマ処理装置として構成されており、例えば、ゲート電極のポリシリコンの側壁を選択酸化する処理に用いられる。

【0035】

このプラズマ処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンパー1を有している。チャンパー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されてお 50

り、底壁 1 a にはこの開口部 1 0 と連通し、下方に向けて突出する排気室 1 1 が設けられている。チャンパー 1 内には被処理基板であるウエハ W やダミーウエハ W d を水平に支持するための A 1 N 等のセラミックスからなるサセプタ 2 が設けられている。このサセプタ 2 は、排気室 1 1 の底部中央から上方に延びる円筒状の A 1 N 等のセラミックスからなる支持部材 3 により支持されている。サセプタ 2 の外縁部にはウエハ W をガイドするためのガイドリング 4 が設けられている。また、サセプタ 2 には抵抗加熱型のヒータ 5 が埋め込まれており、このヒータ 5 はヒータ電源 6 から給電されることによりサセプタ 2 を加熱して、その熱で被処理体であるウエハ W を加熱する。このとき、例えば室温から 8 0 0 までの範囲で温度制御可能となっている。なお、チャンパー 1 の内周には、誘電体、例えば石英からなる円筒状のライナー 7 が設けられている。

10

## 【 0 0 3 6 】

サセプタ 2 には、ウエハ W を支持して昇降させるためのウエハ支持ピン（図示せず）がサセプタ 2 の表面に対して突没可能に設けられている。

## 【 0 0 3 7 】

チャンパー 1 の側壁には環状をなすガス導入部材 1 5 が設けられており、このガス導入部材 1 5 にはガス供給系 1 6 が接続されている。ガス導入部材はシャワー状に配置してもよい。このガス供給系 1 6 は、Ar ガス供給源 1 7、H<sub>2</sub> ガス供給源 1 8、O<sub>2</sub> ガス供給源 1 9 を有しており、これらガスが、それぞれガスライン 2 0 を介してガス導入部材 1 5 に至り、ガス導入部材 1 5 からチャンパー 1 内に導入される。なお、ガスライン 2 0 の各々には、マスフローコントローラ 2 1 およびその前後の開閉バルブ 2 2 が設けられている。

20

## 【 0 0 3 8 】

上記排気室 1 1 の側面には排気管 2 3 が接続されており、この排気管 2 3 には高速真空ポンプを含む排気装置 2 4 が接続されている。そしてこの排気装置 2 4 を作動させることによりチャンパー 1 内のガスが、排気室 1 1 の空間 1 1 a 内へ均一に排出され、排気管 2 3 を介して排気される。これによりチャンパー 1 内は所定の真空度、例えば 0 . 1 3 3 P a まで高速に減圧することが可能となっている。

## 【 0 0 3 9 】

チャンパー 1 の側壁には、プラズマ処理装置 1 0 0 に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハ W や、ダミーウエハ W d の搬入出を行うための搬入出口 2 5 と、この搬入出口 2 5 を開閉するゲートバルブ 2 6 とが設けられている。

30

## 【 0 0 4 0 】

チャンパー 1 の上部は開口部となっており、この開口部の周縁部に沿って突出する環状の支持部 2 7 が設けられており、この支持部 2 7 に誘電体、例えば石英や A 1<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板 2 8 がシール部材 2 9 を介して気密に設けられている。したがって、チャンパー 1 内は気密に保持される。

## 【 0 0 4 1 】

マイクロ波透過板 2 8 の上方には、サセプタ 2 と対向するように、円板状の平面アンテナ部材 3 1 が設けられている。この平面アンテナ部材 3 1 は支持部 2 7 の上端に係止されている。平面アンテナ部材 3 1 は、導体、例えば表面が金メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、複数のマイクロ波放射孔（スロット）3 2 が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。このマイクロ波放射孔 3 2 は、例えば図 2 に示すように長溝状をなし、隣接するマイクロ波放射孔 3 2 同士が交差するように、典型的には図示のように直交するように（「T」字状に）配置され、これら複数のマイクロ波放射孔 3 2 が同心円状に配置されている。すなわち、平面アンテナ部材 3 1 は R L S A アンテナを構成している。マイクロ波放射孔 3 2 の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長等に応じて決定される。また、マイクロ波放射孔 3 2 は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔 3 2 の配置形態は特に限定されず同心円状の他、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。

40

## 【 0 0 4 2 】

50

この平面アンテナ部材 3 1 の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する誘電体からなる遅波材 3 3 が設けられている。

【 0 0 4 3 】

チャンバー 1 の上面には、これら平面アンテナ部材 3 1 および遅波材 3 3 を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材料からなるシールド蓋体 3 4 が設けられている。チャンバー 1 の上面とシールド蓋体 3 4 とはシールド部材 3 5 によりシールドされている。シールド蓋体 3 4 には、冷却水流路 3 4 a が形成されている。なお、シールド蓋体 3 4 は接地されている。

【 0 0 4 4 】

シールド蓋体 3 4 の上壁の中央には開口部 3 6 が形成されており、この開口部には導波管 3 7 が接続されている。この導波管 3 7 の端部には、マッチング回路 3 8 を介してマイクロ波発生装置 3 9 が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置 3 9 で発生した例えば周波数 2 . 4 5 G H z のマイクロ波が導波管 3 7 を介して上記平面アンテナ部材 3 1 へ伝搬されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、8 . 3 5 G H z 、 1 . 9 8 G H z 等を用いることもできる。

【 0 0 4 5 】

導波管 3 7 は、上記シールド蓋体 3 4 の開口部 3 6 から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管 3 7 a と、水平方向に延びる断面矩形状の矩形導波管 3 7 b とを有している。これらの間にはモード変換器 4 0 が設けられている。同軸導波管 3 7 a の中心には内導体 4 1 が延在しており、その下端部は、平面アンテナ部材 3 1 の中心に接続固定されている。

【 0 0 4 6 】

プラズマ処理装置 1 0 0 の各構成部は、プロセスコントローラ 5 0 に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ 5 0 には、工程管理者がプラズマ処理装置 1 0 0 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置 1 0 0 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 5 1 が接続されている。

【 0 0 4 7 】

また、プロセスコントローラ 5 0 には、プラズマ処理装置 1 0 0 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 5 0 の制御にて実現するための制御プログラムや、処理条件に応じてプラズマエッチング装置の各構成部に処理を実行させるためのプログラムすなわちレシピが格納された記憶部 5 2 が接続されている。レシピはハードディスクや半導体メモリーに記憶されていてもよいし、C D R O M、D V D 等の可搬性の記憶媒体に収容された状態で記憶部 5 2 の所定位置にセットするようになっていてもよい。さらに、他の装置から、例えば専用回線を介してレシピを適宜伝送させるようにしてもよい

【 0 0 4 8 】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース 5 1 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 5 2 から呼び出してプロセスコントローラ 5 0 に実行させることで、プロセスコントローラ 5 0 の制御下で、プラズマ処理装置 1 0 0 での所望の処理が行われる。

【 0 0 4 9 】

このように構成されたプラズマ処理装置 1 0 0 においては、上述したように、ゲート電極の選択酸化処理が行われる。ゲート電極は、従来、図 3 A に示すように、S i 基板 6 1 上にゲート絶縁膜 6 2 を介してポリシリコン膜 6 3 を形成したものが用いられてきたが、L S I の高集積化、高速化にともなうデザインルールの微細化の要請から、ゲート電極の低抵抗化が求められており、図 3 B に示すような、S i 基板 6 1 上にゲート絶縁膜 6 2 を介してポリシリコン膜 6 3 を形成し、さらにその上にタングステンシリサイド ( W S i ) 6 4 を形成したタングステンポリサイド構造や、図 3 C に示すような、S i 基板 6 1 上にゲート絶縁膜 6 2 を介してポリシリコン膜 6 3 を形成し、さらにタングステンナイトライド ( W N ) 膜 6 5、およびタングステン ( W ) 膜 6 6 を形成した、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート構造等、タングステン ( W ) を用いたゲートが用いられている。したがって、ポリシリコンのみを酸化する選択酸化が必要となる。なお、図 3 A ~ 3 C に

10

20

30

40

50

において、符号67はゲート電極をエッチングする際に用いられた、例えばSiN絶縁膜からなるハードマスク層、68は選択酸化により形成された酸化膜である。

【0050】

これらのうち、図3Cのタングステンポリメタルゲート電極を例にとってその製造工程を説明すると、まず、Si基板61上に例えば熱酸化等によりゲート絶縁膜62を形成し、その上にCVDによりポリシリコン膜63、タングステンナイトライド(WN)膜65、タングステン(W)膜66、ハードマスク層67を順次成膜し、その上にフォトレジスト膜(図示せず)を形成した後、フォトリソグラフィによりフォトレジスト膜をマスクとしてハードマスク層67をエッチングし、さらにフォトレジスト膜+ハードマスク層67またはハードマスク層67をマスクとしてタングステン(W)膜66、タングステンナイトライド(WN)膜65、ポリシリコン膜63を順次エッチングしてゲート電極構造を形成し、その後、以下の条件で選択酸化処理を行ってポリシリコン膜63の側壁に酸化膜68を形成し、図3Cの構造を得る。

10

【0051】

プラズマ処理装置100によりゲート電極の選択酸化処理を行う際には、まず、ゲートバルブ26を開にして搬入出口25からゲート電極が形成されたウエハWをチャンパー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。

【0052】

そして、ガス供給系16のArガス供給源17、H<sub>2</sub>ガス供給源18、およびO<sub>2</sub>ガス供給源19から、Arガス、H<sub>2</sub>ガス、およびO<sub>2</sub>ガスを所定の流量でガス導入部材15を介してチャンパー1内に導入し、所定の圧力に維持する。この際の条件としては、例えばガス流量を、Arガス：1000mL/min、H<sub>2</sub>ガス：200mL/min、O<sub>2</sub>ガス：100mL/minと高H<sub>2</sub>ガス濃度の条件とし、チャンパー内圧力を3~700Pa、例えば6.7Pa(50mTorr)とする。

20

【0053】

次いで、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をマッチング回路38を経て導波管37に導く。マイクロ波は、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通って平面アンテナ部材31に供給され、平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンパー1内におけるウエハWの上方空間に放射される。

【0054】

平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンパー1に放射されたマイクロ波によりチャンパー1内ではH<sub>2</sub>ガス、Arガス、およびO<sub>2</sub>ガスがプラズマ化し、このプラズマによりウエハWのゲート電極のポリシリコン側壁を選択酸化する。このマイクロ波プラズマは、略 $10^{11}$ /cm<sup>3</sup>以上のプラズマ密度でかつ略0.5~2eVの低電子温度プラズマであり、低温かつ短時間で選択酸化処理を行って薄い酸化膜を形成することができ、しかも下地膜へのイオン等のプラズマダメージが小さい等のメリットがある。また、図3B、図3Cに示すようなタングステン(W)を含むゲート電極の場合に、このように高密度プラズマにより低温、短時間で、かつ高H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>のガス配合でポリシリコンの選択酸化処理を行うので、タングステン(W)の酸化によるWO<sub>x</sub>(WO<sub>3</sub>、WO<sub>2</sub>、またはWO)の昇華を極力抑えて極めて高精度の処理を行うことができる。

30

40

【0055】

しかしながら、WO<sub>x</sub>の昇華は完全には防止することができず、昇華したWO<sub>x</sub>によってチャンパー1内が汚染される。このような状態のチャンパー1で次のウエハに対して選択酸化処理を行う場合には、チャンパー1に付着したタングステン(W)が処理に悪影響を与えタングステン(W)がコンタミネーションとして素子に取り込まれるおそれがある他、タングステン(W)によって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、選択酸化処理後のチャンパー1はクリーニングによりタングステン(W)の汚染レベルを例えば $10^{11}$ atoms/cm<sup>2</sup>オーダーまたはそれ以下、好ましくは $10^{10}$ atoms/cm<sup>2</sup>オーダー以下のレベルまで清浄化する必要がある。汚染レベルは低いほど良い。

【0056】

50

本実施形態においては、上述のようなWを含有するゲート電極のポリシリコン側壁の選択酸化処理を行った後、Wによって汚染されたチャンパー1を大気開放することなく、プラズマによるドライクリーニングを実施する。以下、このクリーニング処理について図4A～4Dを参照しながら説明する。

【0057】

選択酸化処理後、まず、図4Aに示すように、大気開放することなく、ゲートバルブ26を開にして減圧状態に保持された搬送室70から搬入出口25を介して搬送装置71により、清浄なダミーウエハWdをチャンパー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。これはダミーウエハWdにて、サセプタ2をプラズマから保護するため、およびチャンパー1のクリーニング後にダミーウエハWdの表面を観察して汚染状態の改善度合いを評価するために行われる。なお、この工程は必須のものではなく、サセプタ2のダメージを考慮する必要がない場合にはダミーウエハWdは載置しなくてもよい。

10

【0058】

次に、図4Bに示すように、チャンパー1内を排気しつつガス供給系16から $O_2$ を含むガスをチャンパー1内に導入する。そして、図4Cに示すように、上記ポリシリコン側壁の選択酸化処理の際と同様、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をチャンパー1内に導き、 $O_2$ を含むガスをプラズマ化する。すなわち、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波は、マッチング回路38を経て導波管37に導かれ、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37a、遅波材33を順次通って平面アンテナ部材31に供給され、平面アンテナ部材31のスロットからマイクロ波透過板28を経てチャンパー1内に放射され、このマイクロ波によりチャンパー1内に導入された $O_2$ を含むガスがプラズマ化する。その際に、図4Dに示すように、このプラズマにより、基本的にチャンパー1に付着した $WO_x$ は昇華し、排気管23を介して排気され、これにより、チャンパー1内が清浄化される。この際に、処理ガス中に $H_2$ が含まれていると、 $WO_x$ が還元されて、イオンなどのより不安定な状態となっていくそう昇華しやすくなるものと推測される。このようなクリーニング処理は、1枚のデバイスウエハの選択酸化処理が終了する毎に行うことが好ましい。また、選択酸化処理に先立って、クリーニング処理と同様の条件でシーズニング処理を行うことが好ましい。もちろん、デバイスウエハを複数枚処理した後にクリーニングするようにしてもよい。

20

【0059】

このようなクリーニング処理において、チャンパー1内の圧力は、例えば3～1333Paに設定される。この中では3～67Paが好ましく、例えば6.7Paが例示される。また、チャンパー1内の温度（例えばサセプタ2の温度）は、45以上が好ましい。この際にサセプタ2の温度は高い方がよく、200～800が好ましく、400～800が特に好ましい。さらに、マイクロ波発生装置39のパワーは1.0～5.0kWが好ましい。

30

【0060】

導入する $O_2$ を含むガスは、 $O_2$ ガス単独でもよいが、好ましくは $O_2$ ガス+Arガスであり、さらに好ましくは $O_2$ ガス+ $H_2$ ガス+Arガスである。 $O_2$ ガス単独の場合には、その流量は50～1000mL/minが好ましく、特に、100～500mL/min程度が好ましい。 $O_2$ ガスの流量が多くなりすぎるとプラズマ密度が低下するため、クリーニング効果が低下してしまう。また、 $O_2$ ガスとArガスのプラズマの場合には、これらの流量を適切に調整することにより、 $O_2$ ガス単独の場合よりもクリーニング効果を高めることができる。これは、Arガスが入ることにより、プラズマ密度が高くなるためであると思われる。この場合の流量は、 $O_2$ ガス：10～500mL/min、Arガス：200～2000mL/minが好ましい。そして、さらに $H_2$ ガスを適量加えたプラズマの場合には、クリーニング効果を一層高めることができる。 $O_2$ ガス+ $H_2$ ガス+Arガスの場合の流量は、 $O_2$ ガス：10～500mL/min、Arガス：200～2000mL/min、 $H_2$ ガス10～500mL/minが好ましい。 $O_2$ ガスに対する $H_2$ ガスの流量比が2以上でクリーニング効果を高めることができ、4以上がより好ましく

40

50

、さらには6以上である。

【0061】

また、 $O_2$ ガス+Arガスと、 $O_2$ ガス+ $H_2$ ガス+Arガスとを交互に繰り返す、例えば $O_2$ ガス+Arガスに $H_2$ ガスを間欠的に添加することにより、クリーニング効果をさらに高めることができる。また、クリーニングガスの供給と、真空引きあるいはパージガスを導入しながらの真空引きとを交互に繰り返すことでさらに効果を高めることができる。

【0062】

さらに、図1の装置にHeガスまたはNeガスをチャンバー1内に導入するラインを設け、クリーニング条件のプラズマを生成する直前に、チャンバー内にHeガスまたはNeガスのプラズマを生成させることが好ましい。これにより、チャンバー1壁の表面温度をプラズマ加熱で上昇させておくことができ、 $WO_x$ を一層昇華させやすくなるため、クリーニング効率が上昇する。

10

【0063】

このように、本実施形態によれば、チャンバー1を大気開放することなく、プラズマによりクリーニングしてチャンバー壁のW成分を除去することができるので、チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデショニングする時間等が必要であった従来のウェットクリーニング処理と比較してクリーニング時間を著しく短縮することができる。一例を挙げれば、従来少なくとも2時間必要であったものを、2~30分にすることができる。

20

【0064】

このようにしてクリーニング処理した後、上述した選択酸化処理のようなプラズマ処理が実施される。これにより、W汚染レベルが極めて低い清浄な状態でプラズマ処理を行うことができ、Wコンタミネーションによる選択酸化処理の阻害等の不都合が生じない。

【0065】

次に、本実施形態の効果を確認した実験について説明する。

まず、クリーニングのガス種および流量を変化させてクリーニング効果を確認した。この実験では、図1の装置を用い、最初にW汚染のないチャンバーに全面にW膜が形成されたSiウエハ(200mm)1枚をチャンバーに搬入し、クリーニング処理を模擬して、 $O_2$ ガス単独、 $O_2$ ガス+Arガス、 $O_2$ ガス+ $H_2$ ガス+Arガスを用い、流量を種々変化させてチャンバーに導入するとともに、マイクロ波発生装置のパワーを3.4kWとしてマイクロ波をチャンバーに導入し、ウエハ温度400でプラズマを180秒間生成した。チャンバー壁温度は45であった。

30

【0066】

次いで、W膜が形成されたSiウエハを搬出し、清浄なベアSiウエハを搬入し、ポリシリコンの選択酸化条件と同様の条件にてプラズマ処理を行った。すなわち、ガス流量： $Ar/H_2/O_2 = 1000/200/100 mL/min$ とし、チャンバー内圧力：6.7Pa、マイクロ波発生装置のパワー：3.4kW、サセプタ温度：400、処理時間：110秒とした。

【0067】

この処理の後、ベアSiウエハを搬出し、その表面のW汚染量をTXRF(Total Reflection X-Ray Fluorescence：全反射蛍光X線分析)により計測した。このW汚染量は上述のクリーニング条件によってW付きウエハから取り去られたW量と強い相関があると考えられ、取り去られたW量が多いほどクリーニング効果が大きいと判断できるため、このW汚染量によってクリーニング効果の大小を判断した。結果を図5に示す。

40

【0068】

図5に示すように、 $O_2$ ガス単独の場合、流量を100、300、500mL/minで変化させたが、これらの中で、300mL/minが最もクリーニング効果が高かった。これは、 $O_2$ ガスが多すぎるとプラズマ密度が低下し $WO_x$ の生成率が低くなるためであると考えられる。 $O_2$ ガスとArガスの両方を供給した場合( $Ar/O_2 = 1000/$

50

100 mL/min) には、ベアSiウエハのW濃度が増加し、O<sub>2</sub> ガス単独の場合に比較してクリーニング効果が上昇することが確認された。

【0069】

次に、実際のクリーニングテストを行った。

ここでは、図1の構造の装置を用い、まず、チャンバーをクリーニングし、Wフリーの状態とした。次いで、次の酸化処理と同じ条件でチャンバー内のシーズニングを行った。シーズニングは、チャンバー内において酸素プラズマ形成と真空引きとを少なくとも1サイクル実施することにより行った。

【0070】

その後、1枚目のサンプリング用のベアSiウエハをサセプタ上に載せ、ポリシリコンの選択酸化処理と同様の条件で酸化処理を行った。その際の条件は、ガス流量：Ar/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> = 1000/200/100 mL/minとし、チャンバー内圧力：6.7 Pa、マイクロ波発生装置のパワー：3.4 kW、ウエハ温度：400、チャンバー壁温度：45、処理時間：110秒として酸化膜の膜厚が8 nmとなるように実施した。処理後、この1枚目のサンプリング用ウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果W濃度は検出限界の $3 \times 10^8$  atoms/cm<sup>2</sup>以下とWフリー（清浄）と確認された。なお、W濃度測定は、上述したTXRFを用いて行った（以下、同じ）。この値をチャンバーのリファレンスのW濃度とした。

10

【0071】

引き続き、表面にW膜を有するSiウエハをサセプタ上に載置し、処理時間を2分間にした以外は同様の条件で酸化処理を行いチャンバー内を汚染させた。なお、この時間はデバイスウエハ約5枚の処理時間に相当する。処理後、このW膜付きウエハを搬出し、2枚目のサンプリング用のベアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のウエハと同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この2枚目のサンプリング用ウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果、ウエハ表面のW濃度は約 $4 \times 10^{10}$  atoms/cm<sup>2</sup>と高くなった。

20

【0072】

次いで、Ar/O<sub>2</sub> ガスによるプラズマクリーニングを行った。すなわち、ガス流量：Ar/O<sub>2</sub> = 1000/300 mL/min、チャンバー内圧力：6.7 Pa、マイクロ波発生装置のパワー：3.4 kW、サセプタ温度：400、処理時間：180秒の条件でクリーニング処理を行い、処理後、3枚目のサンプリング用のベアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のサンプリング用ウエハと同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この3枚目のサンプリング用ウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果、ウエハ表面のW濃度は約 $1.3 \times 10^{11}$  atoms/cm<sup>2</sup>であった。以降、同様のクリーニング処理を行い、次いで1枚目のサンプリング用ウエハと同様の条件での酸化処理を行った後、W濃度測定する一連の操作を13枚目のサンプリング用ウエハまで合計11枚繰り返した。

30

【0073】

最後に、14枚目のサンプリング用のベアSiウエハをサセプタに載置し、1枚目のサンプリング用ウエハと同じ条件で酸化処理を行った後、この14枚目のサンプリング用ウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。これら一連の実験の結果を図6に示す。

40

【0074】

図6は、横軸にウエハ番号（処理順番）をとり、縦軸にウエハ表面のW濃度をとり、本発明のクリーニングによる効果を示す図である。この図に示すように、本発明の範囲内の3分間のクリーニング処理がウエハ10枚分以内、すなわち30分間以内でW濃度が $1 \times 10^{10}$  atoms/cm<sup>2</sup>以下となることが確認された。具体的には、21分以上、好ましくは27分以上でW濃度が $1 \times 10^{10}$  atoms/cm<sup>2</sup>以下を達成可能であることが確認された。

【0075】

また、各サンプリング用ウエハの選択酸化処理の際の酸化膜の厚さを測定した。この際

50

の各サンプリングウエハにおける酸化膜厚を図7に示す。なお、図7には酸化膜厚の他、W濃度もプロットした。この図に示すように、1枚目のサンプリング用ウエハでは酸化膜の厚さが110秒の処理で7.99nmであったのに対し、2枚目ではWの汚染によりポリシリコンの酸化が妨げられて酸化膜の厚さが110秒で7.75nmと薄くなったが、チャンバー内がクリーニングされてW濃度が減少するにつれて酸化膜厚さが徐々に回復し、最後の14枚目のウエハにおける酸化膜の厚さは8.03nmであり、W汚染による酸化阻害が解消されていることが確認された。このことから理解されるように、W汚染量(W濃度)と酸化膜厚とは強い相関関係があり、酸化膜厚によってクリーニングの終点を把握することが可能である。

【0076】

次に、条件を種々変化させて、実際のクリーニングテストを行った。

ここでは、図1の構造の装置を用い、上のテストと同様、まず、チャンバーをクリーニングし、Wフリーの状態とし、次いで、チャンバー内のシーズニングを行い、その後、1枚目のサンプリング用のペアSiウエハをサセプタ上に載せ、上記テストと同様に酸化処理を行った。処理後、この1枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定し、W濃度は検出限界以下であることを確認した。

【0077】

引き続き、表面にW膜を有するSiウエハをサセプタ上に載せ、上のテストと同様の条件でデバイスウエハ約1ロット(25枚相当)に対応する10分間酸化処理を行いチャンバー内をWで汚染させた。W膜付きウエハを搬出し、2枚目のサンプリング用ペアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目と同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この2枚目のサンプリングウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果、ウエハ表面のW濃度は $10^{12}$  atoms/cm<sup>2</sup>オーダーと高い値となった。

【0078】

次いで、Ar/O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>ガスによるプラズマクリーニングを行った。すなわち、ガス流量の比率、チャンバー内圧力、チャンバー温度(サセプタ温度)を変化させ、処理時間180秒でクリーニング処理を行い、処理後、3枚目のサンプリング用のペアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のサンプリング用ウエハと同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この3枚目のサンプリングウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。同様のクリーニング処理を行い、次いで1枚目のサンプリングウエハと同様の条件での酸化処理を行った後、W濃度測定する一連の操作を13枚目のサンプリングウエハまで合計11枚繰り返した。

【0079】

最後に、14枚目のサンプリング用のペアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のウエハと同じ条件で酸化処理を行った後、この14枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。

【0080】

この際に、クリーニング処理の条件として、サセプタ温度を400℃、チャンバー内圧力を6.7Paとし、H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>比を0(Ar/O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>=1000:300:0mL/min)、8(Ar/O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>=1000:50:400mL/min)、10(Ar/O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>=700:50:500mL/min)と変化させて、上記クリーニング処理を行い、その後酸化処理を行ってサンプリング用ウエハ表面のW濃度を測定した。その結果を図8に示す。

【0081】

図8に示すように、W濃度の測定値は、O<sub>2</sub>ガスに対するH<sub>2</sub>ガスの流量比(H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>比)が10までは、流量比の増加にともなって低下する傾向があり、その値が2以上で比較的良好なクリーニング効果が得られる。そして、H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>比が8で最もW濃度が低くなり、それを超えてもクリーニング効果が飽和する。このことからH<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>比が4以上がより好ましく、6以上がさらに好ましいことが確認された。

【0082】

10

20

30

40

50

次に、サセプタ温度を400、ガス組成を $Ar/O_2/H_2 = 1000:50:40$  mL/minとし、チャンパー内圧力を6.7 Paにした場合と126 Paにした場合とで上記クリーニング処理を行い、その後酸化処理を行ってサンプリング用ウエハ表面のW濃度を測定した。その結果を図9に示す。

【0083】

図9に示すように、チャンパー内圧力が低い6.7 Paのほうが126 PaよりもW濃度の測定値が低い結果となった。このことから、チャンパー内圧力が低いほどクリーニング効果が高いことが確認された。これは、W化合物の蒸気圧が高くなっているからと考えられる。

【0084】

次に、ガス組成を $Ar/O_2/H_2 = 1000:50:40$  mL/min、チャンパー内圧力を6.7 Paとし、サセプタ温度を400にした場合と600にした場合とで上記クリーニング処理を行い、表面のW濃度を測定した。その結果を図10に示す。

【0085】

図10に示すように、サセプタ温度が高いほうがW濃度の測定値が低く、600の場合に、W濃度が $3.6 \times 10^{10}$  atoms/cm<sup>2</sup>と採用した条件の中では最も低くなった。これも、上記圧力を変化させた場合と同様、W化合物の蒸気圧が上昇したためであると考えられる。

【0086】

また、この際の14枚目のウエハにおける酸化膜の厚さは、ほぼ初期値と同等の8.1 nmであり、W汚染による酸化阻害が生じていないことが確認された。

【0087】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

図11は、本発明の第2の実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。

【0088】

このプラズマ処理装置200は、前記図1のプラズマ処理装置に終点検出機能が付加されたものであり、図11において図1と同一のものには同一の符号を付して説明を省略する。

【0089】

このプラズマ処理装置200においては、チャンパー1の側壁の下部に、クリーニングの終点検出の際に利用される透光性の窓80が設けられている。この窓80に隣接して受光部81が配備され、受光部81はプラズマの発光強度を測定するためのモノクロメータなどの分光制御計82と電気的に接続されている。窓80を設けた位置は、平面アンテナ部材31から離れているためプラズマの影響を受けにくく、また排気経路にもなっていないため、窓80への付着物が少なく、安定して測定を行なうことができる。なお、分光制御計82の設置位置は特に限定されず、安定して測定可能な位置であればどの位置でもよい。また、チャンパー1内には、石英からなる円筒状のライナー7が設けられているので、窓80とライナー7を通してプラズマ中のラジカルの発光強度を測定可能である。ライナー7に開口を設けることは可能であるが、窓80への付着物防止の観点からはむしろ開口を設けないことが好ましい。

【0090】

プロセスコントローラ50は、接続配線53によって分光制御計82と電気的に接続されており、上記機能の他、分光制御計82で検出されたH<sup>\*</sup>ラジカル等の発光強度の情報を解析し、クリーニングの終点判断を行なう。そして、プロセスコントローラ50の指示により、例えばクリーニングを自動停止したり、クリーニングが終了した旨をユーザーインターフェース51のディスプレイに表示したりする。

【0091】

このように構成されたプラズマ処理装置200においては、第1の実施形態と同様に、ゲート電極の選択酸化処理が行われ、その後、WO<sub>x</sub>の昇華により汚染されたチャンパー

10

20

30

40

50

1を大気開放することなく、プラズマによるドライクリーニングを実施する。なお、本実施形態の場合には、クリーニングガスとして水素含有ガスが必須である。

【0092】

具体的には、上述の図4A～4Dに従ってクリーニング処理を実施する。選択酸化処理後、まず、図4Aに示すように、大気開放することなく、ゲートバルブ26を開にして減圧状態に保持された搬送室70から搬入出口25を介して搬送装置71により、必要に応じて清浄なダミーウエハWdをチャンバー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。その後、図4Bに示すように、チャンバー1内を排気しつつガス供給系16からAr/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>からなるクリーニングガスをチャンバー1内に導入する。そして、図4Cに示すように、上記ポリシリコン側壁の選択酸化処理の際と同様、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をチャンバー1内に導き、クリーニングガスをプラズマ化する。その際に、図4Dに示すように、このプラズマにより、第1の実施形態と同様にして、チャンバー1内が清浄化される。

10

【0093】

このようなクリーニング処理において、チャンバー1内の圧力は、例えば3～1333Paに設定される。また、チャンバー1内の温度（例えば、チャンバー壁やサセプタ2の温度）は、45℃以上が好ましい。この際、サセプタ2の温度は高い方がよく、略400～800℃がより好ましい。また、クリーニング中は、連続的にチャンバー1の排気を行ってもよいが、間欠的に排気を行なうようにすることが好ましい。また、排気の際にパージガスを流しても効果がある。

20

【0094】

導入するクリーニングガスは、例えば、H<sub>2</sub>ガス+Arガスでもよいが、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスが好ましい。H<sub>2</sub>ガスを適量加えることにより、クリーニング効果を高めることができる。O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスの場合の流量は、O<sub>2</sub>ガス：10～500mL/min、Arガス：200～2000mL/min、H<sub>2</sub>ガス：40～2000mL/minが好ましい。O<sub>2</sub>ガスに対するH<sub>2</sub>ガスの流量比が2以上でクリーニング効果を高めることができ、4以上がより好ましく、さらには6以上である。また、O<sub>2</sub>ガス+Arガスと、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスとを交互に繰り返す、すなわちO<sub>2</sub>ガス+ArガスにH<sub>2</sub>ガスを間欠的に添加することにより、クリーニング効果をさらに高めることができる。また、クリーニングガスの供給と、真空引きあるいはパージガスを導入しながらの真空引きとを交互に繰り返すことでさらに効果を高めることができる。さらに、図11の装置にHeガスまたはNeガスをチャンバー1内に導入するラインを設け、クリーニング条件のプラズマを生成する直前に、チャンバー内にHeガスまたはNeガスのプラズマを生成させることが好ましい。これにより、チャンバー1壁の表面温度をプラズマ加熱で上昇させておくことができ、WO<sub>x</sub>を一層昇華させやすくなるため、クリーニング効率が上昇する。さらに、マイクロ波発生装置39のパワーは1.0～5.0kWが好ましい。

30

【0095】

クリーニング中は、チャンバー1内のプラズマ中のラジカルの発光強度を分光制御計82によって測定する。分光制御計82では、受光部81で検知したプラズマの発光がスペクトルに分けられる。分光制御計82により測定されるラジカルの発光スペクトルの中から、クリーニングの進行に伴って増加するラジカル、例えば水素ラジカルH<sup>\*</sup>の波長656nmの発光強度を測定し、モニターする。本実施形態では、H<sup>\*</sup>の発光強度が、ほぼ初期状態（Wによる汚染前の状態）まで回復した時点をもってクリーニングの終点を知ることができる。また、クリーニングの終点は、H<sup>\*</sup>の発光強度を経時的にグラフ化し、その変化率（例えば発光強度のグラフの接線の傾き）から判定することもできる。

40

【0096】

水素ラジカルの発光強度によりクリーニングの終点検出が可能となるメカニズムは未だ明らかではないが、以下のように考えれば合理的な説明が可能となる。

【0097】

50

チャンパー内を汚染しているタングステンは、多くの場合、酸化物( $WO_x$ )としてチャンパー壁等に付着しているものと考えられる。クリーニングガスプラズマ中の $H^*$ は、この $WO_x$ を還元する際に消費されることから、クリーニングが進行し、残存 $WO_x$ が低減するに従い $H^*$ 消費量も少なくなるため、 $H^*$ の発光強度が回復していき、 $WO_x$ の残存がなくなった時点で、 $H^*$ の発光強度はほぼ初期状態(汚染前の状態)まで回復するものと推察される。

#### 【0098】

このように、本実施形態によれば、チャンパー1を大気開放することなくプラズマによりクリーニングする際に、 $H^*$ の発光強度をモニターすることにより、クリーニングの終点の検出を精度よく、確実に行えるので、クリーニング不足や過剰なクリーニングによる問題が生じることがなく、時間管理によってクリーニングを終了していた従来のクリーニング方法に比べて有利である。また、例えば、ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析装置)やTXRF(全反射蛍光X線分析)などにより時間と費用をかけてクリーニングの終点を確認する必要がない。また、 $H^*$ の発光強度をモニターすることにより、チャンパー内の異常によって汚染が生じたことも把握することができる。

10

#### 【0099】

次に、本実施形態の効果を確認した試験について説明する。

チャンパー内のW汚染に対し、図11と同様のプラズマ処理装置200を用い、RLSAプラズマによるin-situクリーニングを実施し、 $H^*$ の発光をモニターした。なお、この試験では、クリーニングガスとして、 $Ar/H_2/O_2$ の混合ガスを用い、流量比は $Ar/H_2/O_2 = 1000/400/50 mL/min$ 、チャンパー内圧力は、6.7 Pa(50 mT)、マイクロ波発生装置のパワー3.4 kW、サセプタ2の温度400、チャンパー壁温度45でクリーニングを実施した。

20

#### 【0100】

まず、W汚染の無いチャンパー内に清浄なサンプリング用のペアSiウエハ(サンプリング用ウエハNo.1)を搬入し、選択酸化プロセス条件にてプラズマ処理し、イニシャルサンプルを作成した。選択酸化プロセス条件は、処理ガスとして $Ar/H_2/O_2$ の混合ガスを用い、流量比は $Ar/H_2/O_2 = 1000/200/100 mL/min$ 、チャンパー内圧力は、6.7 Pa(50 mT)、マイクロ波発生装置のパワー3.4 kW、サセプタ2の温度400、チャンパー壁温度45で酸化膜の膜厚が8 nmとなるように実施した。

30

#### 【0101】

サンプリング用ウエハNo.1をチャンパー1から搬出した後、清浄なサンプリング用のペアSiウエハ(サンプリング用ウエハNo.2)を搬入し、同様の選択酸化プロセス条件にてプラズマ処理を施した。選択酸化処理後のサンプリング用ウエハNo.2をチャンパーから搬出した後、60 nm程度の厚みで全面にタングステン(W)が蒸着されたWブランケットウエハを搬入、酸化処理し、チャンパー内をタングステン(W)で強制的に汚染させた。

#### 【0102】

次に、W汚染ウエハをチャンパー1から搬出し、清浄なサンプリング用のペアSiウエハ(サンプリング用ウエハNo.3)を搬入し、前記選択酸化プロセス条件でプラズマ処理を実施し、モニターサンプルを作成した。

40

#### 【0103】

サンプリング用ウエハNo.3をチャンパー内から搬出した後、前記クリーニング条件でプラズマクリーニングを実施し、処理後、清浄なサンプリング用のペアSiウエハ(サンプリング用ウエハNo.4)を搬入し、サンプリング用ウエハNo.1と同様の条件で選択酸化処理を実施した。以降、同様のクリーニング処理を行い、次いでサンプリング用ウエハNo.1のサンプリングウエハと同様の条件での選択酸化処理を行う操作を11枚のサンプリング用のペアSiウエハ(サンプリング用ウエハNo.5~15)について繰り返した。

50

## 【0104】

以上の各サンプリング用ウエハ処理の選択酸化処理において、モノクロメータにより $H^*$ の波長をモニターし、W汚染ウエハを処理する前の $H^*$ の発光強度と、ドライクリーニング後の $H^*$ （波長：656nm）の発光強度を比較した。その結果を図12に示す。図12には、チャンバー1内に上記サンプリング用ウエハNo.1～15のウエハを入れて選択酸化処理を行なった時の各発光強度と、クリーニング処理前後に行なったベアSiの選択酸化処理の膜厚を示している。この図12から、ベアSiウエハの処理枚数が増え、クリーニングが進むに従い、 $H^*$ の発光強度が回復していくことがわかる。また、この処理の後、サンプリング用のベアSiウエハ（サンプリング用ウエハNo.16）を搬出し、その表面のW汚染量をTXRF（全反射蛍光X線分析）により計測したところ、タンゲステン（W）は検出されず、クリーニングが完了していることが確認された。

10

## 【0105】

また、各サンプリング用ウエハの選択酸化処理の際の酸化膜の厚さを測定した。その結果サンプリング用ウエハNo.1では酸化膜の厚さが210秒の処理で7.85nmであったのに対し、サンプリング用ウエハNo.3ではW汚染によりポリシリコンの酸化が妨げられて酸化膜の厚さが210秒で7.3nmと薄くなった。これに対し、サンプリング用ウエハNo.15における酸化膜の厚さは7.7nmであり、チャンバー内のクリーニングが完了し、W汚染が解消されるに従い、W汚染による酸化阻害が生じなくなったことが確認された。

20

## 【0106】

上述した図7に示すように、選択酸化処理の際の酸化膜厚とW汚染度（W濃度）とは強い相関があり、結局、 $H^*$ の発光強度をモニターすることにより、W汚染度（W濃度）を把握することができる。この場合における $H^*$ の発光強度とW汚染度（W濃度）との関係は、例えば図13に示すようになる。

## 【0107】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく種々変形可能である。たとえば、上記実施の形態では、処理装置としてマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播して低電子温度で高密度のプラズマを形成するプラズマ処理装置を用いたが、このような装置構成以外の平面アンテナを適用した装置、反射波プラズマ装置を用いることができる。また、アンテナに高周波電力を印加し、これによって誘電体を介して生じる誘導電界を利用する誘導結合型プラズマ処理装置によりプラズマを形成することもできる。これによっても高密度のプラズマを生成することができる。さらに、これら限らず、容量結合型プラズマやマグネトロンを用いたプラズマ等の他のプラズマ処理装置処理でも、プラズマ処理以外の処理装置でも、容器（チャンバー）内に金属汚染が生じる処理装置であれば適用可能である。また、クリーニング処理をこのようなマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播してプラズマを生成することにより行ったが、これに限らず、上述したような、これ以外の平面アンテナを適用したプラズマや誘導結合型プラズマも好適に用いることができるし、容量結合型等、他のプラズマであってもよい。また、上記実施形態では金属がWの場合について示したが、W以外の他の金属、例えばCo、Ni、Ba、Sr、Ti、Hf、Zr、Ru、Cu等にも適用することができる。また、水素ラジカルの発光を測定する例について示したが、ラジカルの発光が測定可能なガスであれば適用可能である。

30

40

## 【0108】

さらに、第1の実施形態において、クリーニングガスとして、 $O_2$ ガス単独、 $O_2$ ガス+Arガス、 $O_2$ ガス+ $H_2$ ガス+Arガスを例示したが、 $O_2$ ガスを含むものであればよく、これら組み合わせに限定されない。また、上記組み合わせにおけるArガスを他の不活性ガス（He、Ne、Kr、Xe）に置き換えることも可能である。

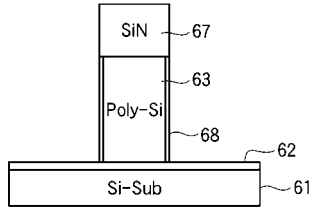
## 【0109】

また、第2の実施形態において、クリーニングガスとして、 $H_2$ ガス+Arガス、 $O_2$ ガス+ $H_2$ ガス+Arガスを例示し、クリーニングの終点をクリーニングの進行にともな

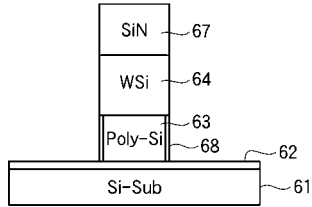
50



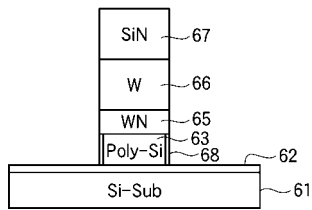
【図3A】



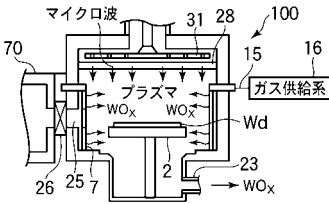
【図3B】



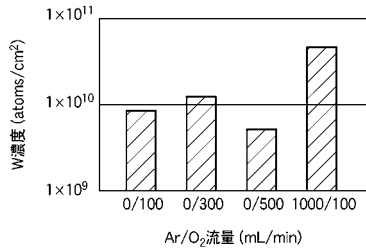
【図3C】



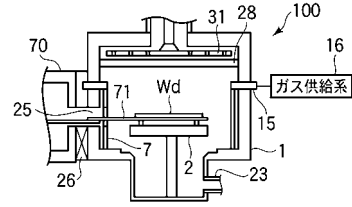
【図4D】



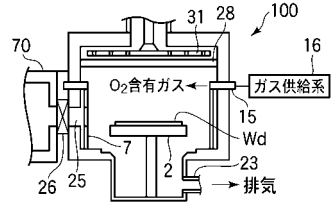
【図5】



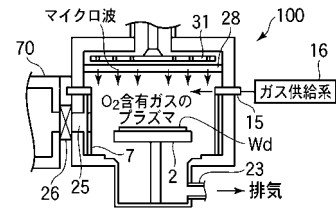
【図4A】



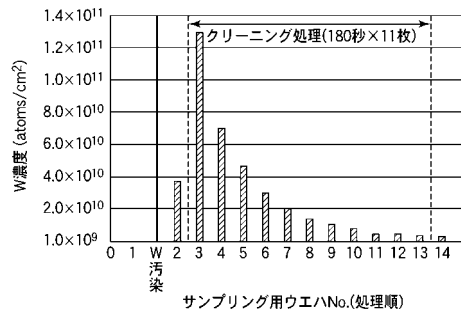
【図4B】



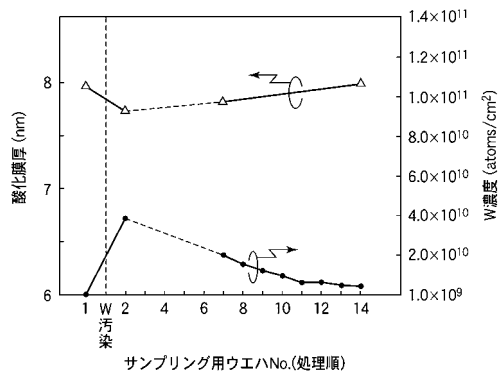
【図4C】



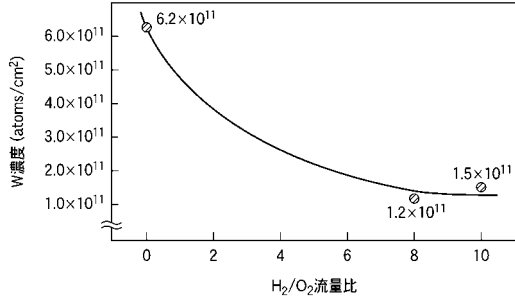
【図6】



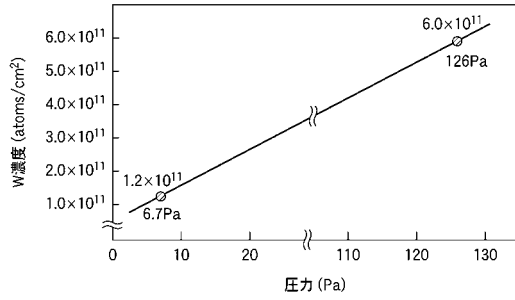
【図7】



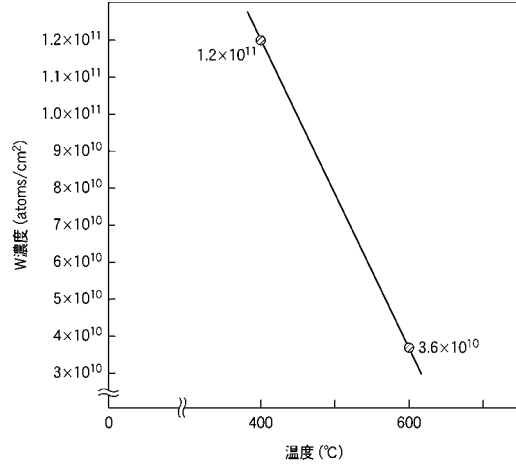
【図 8】



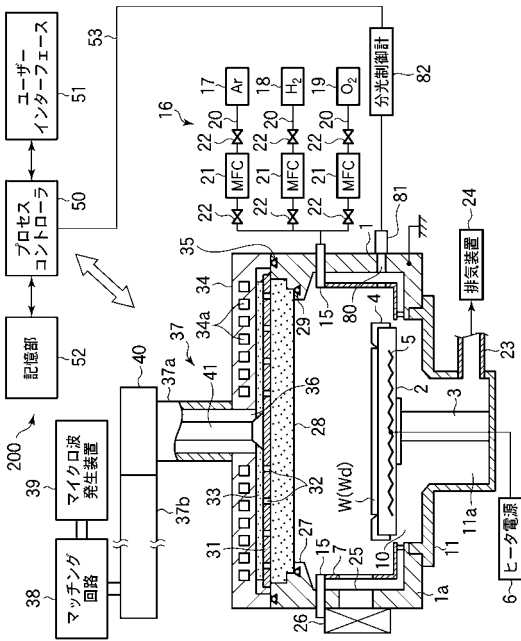
【図 9】



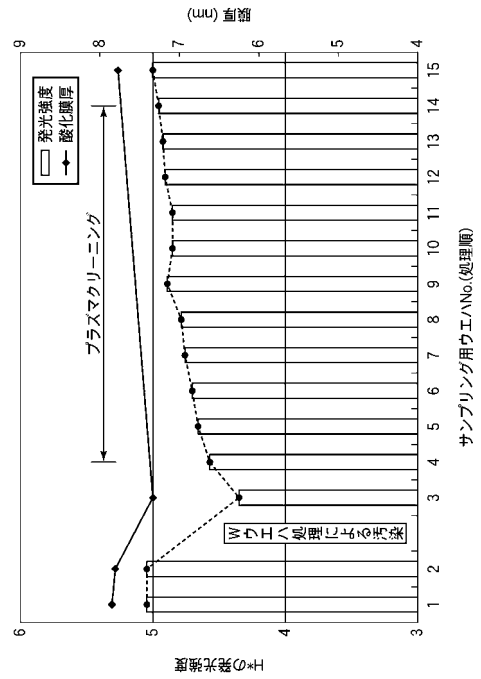
【図 10】



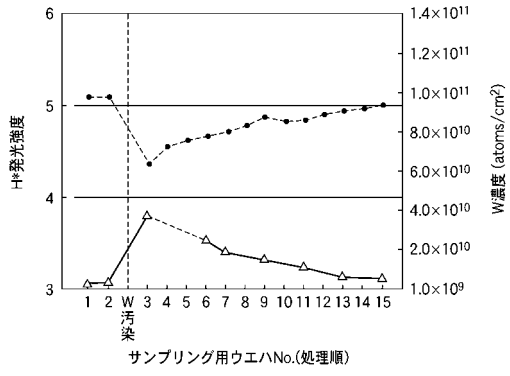
【図 11】



【図 12】



【図13】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 伊佐 和裕  
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 佐々木 勝  
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

審査官 松本 要

- (56)参考文献 特開2001-250818(JP,A)  
特開平09-249975(JP,A)  
特開昭61-136230(JP,A)  
特開2001-127280(JP,A)  
特開2000-294550(JP,A)  
特開2001-015398(JP,A)  
特開平11-330054(JP,A)  
特開平05-144802(JP,A)  
特開平11-040502(JP,A)  
特開平05-102089(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C23C 16/00-16/56  
H01L 21/3065