

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6327970号  
(P6327970)

(45) 発行日 平成30年5月23日 (2018. 5. 23)

(24) 登録日 平成30年4月27日 (2018. 4. 27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 1 B

H O 1 L 21/302 1 O 5 A

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-126520 (P2014-126520)  
 (22) 出願日 平成26年6月19日 (2014. 6. 19)  
 (65) 公開番号 特開2016-4983 (P2016-4983A)  
 (43) 公開日 平成28年1月12日 (2016. 1. 12)  
 審査請求日 平成29年3月7日 (2017. 3. 7)

(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  
 (74) 代理人 100088155  
 弁理士 長谷川 芳樹  
 (74) 代理人 100113435  
 弁理士 黒木 義樹  
 (74) 代理人 100122507  
 弁理士 柏岡 潤二  
 (72) 発明者 高橋 陽  
 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  
 (72) 発明者 中山 溪  
 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】 絶縁膜をエッチングする方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理体の絶縁膜をエッチングする方法であって、該被処理体は、配線層、該配線層上に設けられた前記絶縁膜、及び該絶縁膜上に設けられた有機膜から構成されたマスクを有しており、該方法は、

第1の期間内において、プラズマ処理装置の処理容器内に供給されたフルオロカーボンを含む処理ガスを励起させるために、高周波電力のONとOFFを周期的に切り換える工程と、

前記第1の期間に続く第2の期間であり、前記第1の期間内において前記高周波電力がONとなる期間と前記高周波電力がOFFとなる期間からなる一周期において前記高周波電力がONとなる該期間よりも長い該第2の期間内において、前記処理容器内に供給された前記処理ガスを励起させるために、高周波電力を連続的にONに設定する工程と、  
 を含み、

前記高周波電力のONとOFFを周期的に切り換える前記工程と前記高周波電力を連続的にONに設定する前記工程とが交互に繰り返される、方法。

【請求項 2】

前記絶縁膜は、単一の膜である、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第2の期間は、前記一周期内において前記高周波電力がONとなる前記期間より100倍以上長い期間である、請求項1又は2に記載の方法。

10

20

## 【請求項 4】

前記高周波電力を連続的に ON に設定する前記工程では、前記処理ガス中の前記フルオロカーボンの解離度が、前記高周波電力の ON と OFF を周期的に切り換える前記工程における前記処理ガス中の前記フルオロカーボンの解離度よりもより高い、請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記高周波電力の ON と OFF を周期的に切り換える前記工程で前記処理容器内に供給される前記処理ガスは、前記高周波電力を連続的に ON に設定する前記工程で前記処理容器内に供給される前記処理ガスと同一である、請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の方法。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、絶縁膜をエッチングする方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

電子デバイスの製造においては、層間絶縁膜にコンタクト用の開口が形成されることがある。この層間絶縁膜を有する被処理体では、層間絶縁膜は配線層上に形成され、当該層間絶縁膜層上には、開口形成のための有機膜からなるマスクが設けられる。このような被処理体の絶縁膜に開口を形成するためには、一般的には、プラズマエッチングが用いられる。

20

## 【0003】

層間絶縁膜のプラズマエッチングでは、プラズマ処理装置の処理容器内においてフルオロカーボンを含む処理ガスが励起される。これにより生成される活性種によって、絶縁膜がエッチングされる。

## 【0004】

下記の特許文献 1 には、このようなプラズマエッチングが開示されている。特許文献 1 に記載されたプラズマエッチングでは、処理ガスを励起させるための高周波電力が ON と OFF に周期的に切り換えられている。

## 【先行技術文献】

30

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】特開 2000 - 311890 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

ところで、絶縁膜のエッチングには、マスク及び配線層のエッチングを抑制すること、即ち、選択性を有することが求められる。しかしながら、従来のプラズマエッチングでは、絶縁膜のエッチングに対して、マスク及び配線層のエッチングを十分に抑制することができない。

40

## 【0007】

したがって、マスク及び配線層に対して絶縁膜を選択的にエッチングすることが必要となっている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

一側面においては、被処理体の絶縁膜をエッチングする方法が提供される。被処理体は、配線層、該配線層上に設けられた絶縁膜、及び該絶縁膜上に設けられた有機膜から構成されたマスクを有している。この方法は、(a) 第 1 の期間内において、プラズマ処理装置の処理容器内に供給されたフルオロカーボンを含む処理ガスを励起させるために、高周波電力の ON と OFF を周期的に切り換える工程（以下、「第 1 工程」という）と、(b

50

）第１の期間に続く第２の期間であり、第１の期間内において高周波電力がＯＮとなる期間と高周波電力がＯＦＦとなる期間からなる一周期内において高周波電力がＯＮとなる期間よりも長い該第２の期間内において、処理容器内に供給された処理ガスを励起させるために、高周波電力を連続的にＯＮに設定する工程（以下、「第２工程」という）と、を含む。この方法では、第１工程と第２工程とが交互に繰り返される。一実施形態では、絶縁膜は酸化シリコン製であり、配線層は多結晶シリコン製又はタンゲステン製である。

#### 【０００９】

この方法の第１の期間では、高周波電力のＯＮとＯＦＦとが周期的に切り換えられる。第１の期間における高周波電力の供給、即ち、ＯＮとＯＦＦとが交互に切り替わる高周波電力の供給により、フルオロカーボンから、低次の活性種よりも高次の活性種が主として生成される。高次の活性種はマスク表面に付着し易く、絶縁膜のエッチング中にマスクを保護する保護膜を形成する。また、高次の活性種は、形成される開口の深部には到達し難く、従って、配線層を保護する膜を形成することができない。

10

#### 【００１０】

一方、第２期間では、高周波電力が連続的にＯＮに設定される。第２の期間の高周波電力の供給、即ち連続的にＯＮ状態を維持する高周波電力の供給により、フルオロカーボンから、高次の活性種よりも低次の活性種が主として生成される。即ち、第２の期間の高周波電力の供給により、第１の期間の高周波電力の供給によるよりも、フルオロカーボンの解離度が高くなる。低次の活性種は、マスクを多くエッチングし得るが、開口の深部まで到達して配線層上に保護膜を形成することができる。したがって、第１工程と第２工程を交互に繰り返して実行することにより、絶縁膜のエッチング中にマスク及び配線層を保護することが可能となる。故に、この方法によれば、マスク及び配線層に対して絶縁膜を選択的にエッチングすることが可能となる。

20

#### 【００１１】

一実施形態では、絶縁膜は、単一の膜であってもよい。また、一実施形態では、第２の期間は、一周期内において高周波電力がＯＮとなる期間より１００倍以上長い期間であり得る。

#### 【発明の効果】

#### 【００１２】

以上説明したように、マスク及び配線層に対して絶縁膜を選択的にエッチングすることが可能となる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【００１３】

【図１】一実施形態に係る絶縁膜をエッチングする方法を示す流れ図である。

【図２】被処理体の一例を示す図である。

【図３】一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【図４】図１に示す方法の各工程における一例の被処理体の状態を示す断面図である。

【図５】図１に示す方法の各工程における高周波電力及び高周波バイアス電力の波形を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

40

#### 【００１４】

以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

#### 【００１５】

図１は、一実施形態に係る絶縁膜をエッチングする方法を示す流れ図である。図１に示す方法ＭＴは、被処理体（以下、「ウエハＷ」という）の絶縁膜をエッチングする方法であり、交互に繰り返される工程Ｓ１及び工程Ｓ２を含んでいる。

#### 【００１６】

図２は、被処理体の一例を示す図である。方法ＭＴは、例えば、図２に示すウエハＷに対して適用され得る。このウエハＷは、配線層１０２、絶縁膜１０４、及びマスク１０６

50

を有している。配線層 102 は、例えば、多結晶シリコン、又はタンゲステンから構成されている。

【0017】

絶縁膜 104 は、配線層 102 上に設けられている。一実施形態では、絶縁膜 104 は単一の絶縁膜、即ち単層である。また、一実施形態では、絶縁膜 104 は、層間絶縁膜であり、例えば、酸化シリコンから構成されている。絶縁膜 104 は、フルオロカーボンガスのプラズマを用いることにより配線層 102 及びマスク 106 に対して選択的にエッチングされる絶縁膜であれば、任意の材料から構成され得る。マスク 106 は、絶縁膜 104 上に設けられている。マスク 106 は、有機膜から構成されている。例えば、マスク 106 は、アモルファスカーボン、又はレジスト材料から構成されている。マスク 106 には、絶縁膜 104 に転写されるべきパターンが形成されている。即ち、マスク 106 には、開口が形成されている。

10

【0018】

方法 MT の実施には、図 3 に示すプラズマ処理装置を用いることができる。図 3 は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 3 に示すように、プラズマ処理装置 10 は、容量結合型プラズマエッチング装置であり、処理容器 12 を備えている。処理容器 12 は、略円筒形状を有している。処理容器 12 は、例えば、アルミニウムから構成されており、その内壁面には陽極酸化処理が施されている。この処理容器 12 は保安接地されている。

【0019】

20

処理容器 12 の底部上には、略円筒状の支持部 14 が設けられている。支持部 14 は、例えば、絶縁材料から構成されている。支持部 14 は、処理容器 12 内において、処理容器 12 の底部から鉛直方向に延在している。また、処理容器 12 内には、載置台 PD が設けられている。載置台 PD は、支持部 14 によって支持されている。

【0020】

載置台 PD は、その上面においてウエハ W を保持する。載置台 PD は、下部電極 LE 及び静電チャック ESC を有している。下部電極 LE は、第 1 プレート 18a 及び第 2 プレート 18b を含んでいる。第 1 プレート 18a 及び第 2 プレート 18b は、例えばアルミアルミニウムといった金属から構成されており、略円盤形状をなしている。第 2 プレート 18b は、第 1 プレート 18a 上に設けられており、第 1 プレート 18a に電氣的に接続されている。

30

【0021】

第 2 プレート 18b 上には、静電チャック ESC が設けられている。静電チャック ESC は、導電膜である電極を一对の絶縁層又は絶縁シート間に配置した構造を有している。静電チャック ESC の電極には、直流電源 22 がスイッチ 23 を介して電氣的に接続されている。この静電チャック ESC は、直流電源 22 からの直流電圧により生じたクーロン力等の静電力によりウエハ W を吸着する。これにより、静電チャック ESC は、ウエハ W を保持することができる。

【0022】

第 2 プレート 18b の周縁部上には、ウエハ W のエッジ及び静電チャック ESC を囲むようにフォーカスリング FR が配置されている。フォーカスリング FR は、エッチングの均一性を向上させるために設けられている。フォーカスリング FR は、エッチング対象の膜の材料によって適宜選択される材料から構成されており、例えば、石英から構成され得る。

40

【0023】

第 2 プレート 18b の内部には、冷媒流路 24 が設けられている。冷媒流路 24 は、温調機構を構成している。冷媒流路 24 には、処理容器 12 の外部に設けられたチラーユニットから配管 26a を介して冷媒が供給される。冷媒流路 24 に供給された冷媒は、配管 26b を介してチラーユニットに戻される。このように、冷媒流路 24 には、冷媒が循環するよう、供給される。この冷媒の温度を制御することにより、静電チャック ESC によ

50

って支持されたウエハWの温度が制御される。

【0024】

また、プラズマ処理装置10には、ガス供給ライン28が設けられている。ガス供給ライン28は、伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えばHeガスを、静電チャックESCの上面とウエハWの裏面との間に供給する。

【0025】

また、プラズマ処理装置10には、加熱素子であるヒータHTが設けられている。ヒータHTは、例えば、第2プレート18b内に埋め込まれている。ヒータHTには、ヒータ電源HPが接続されている。ヒータ電源HPからヒータHTに電力が供給されることにより、載置台PDの温度が調整され、当該載置台PD上に載置されるウエハWの温度が調整されるようになっている。なお、ヒータHTは、静電チャックESCに内蔵されていてもよい。

10

【0026】

また、プラズマ処理装置10は、上部電極30を備えている。上部電極30は、載置台PDの上方において、当該載置台PDと対向配置されている。下部電極LEと上部電極30とは、互いに略平行に設けられている。これら上部電極30と下部電極LEとの間には、ウエハWにプラズマ処理を行うための処理空間Sが提供されている。

【0027】

上部電極30は、絶縁性遮蔽部材32を介して、処理容器12の上部に支持されている。一実施形態では、上部電極30は、載置台PDの上面、即ち、ウエハ載置面からの鉛直方向における距離が可変であるように構成され得る。上部電極30は、電極板34及び電極支持体36を含み得る。電極板34は処理空間Sに面しており、当該電極板34には複数のガス吐出孔34aが設けられている。この電極板34は、一実施形態では、シリコンから構成されている。

20

【0028】

電極支持体36は、電極板34を着脱自在に支持するものであり、例えばアルミニウムといった導電性材料から構成され得る。この電極支持体36は、水冷構造を有し得る。電極支持体36の内部には、ガス拡散室36aが設けられている。このガス拡散室36aからは、ガス吐出孔34aに連通する複数のガス通流孔36bが下方に延びている。また、電極支持体36には、ガス拡散室36aに処理ガスを導くガス導入口36cが形成されており、このガス導入口36cには、ガス供給管38が接続されている。

30

【0029】

ガス供給管38には、バルブ群42及び流量制御器群44を介して、ガスソース群40が接続されている。ガスソース群40は、複数のガスソースを有している。複数のガスソースは、一以上のフルオロカーボンガスのソース、酸素ガス( $O_2$ ガス)のソース、及び、希ガスのソースを含み得る。フルオロカーボンガスは、 $C_4F_6$ 、 $C_4F_8$ 、及び $C_6F_6$ のうち少なくとも一種を含むガスであり得る。一実施形態では、複数のガスソースは、 $C_4F_6$ ガスのソース、及び $C_4F_8$ ガスのソースを含み得る。また、希ガスは、Arガス、Heガスといった任意の希ガスのソースであることができる。

【0030】

バルブ群42は複数のバルブを含んでおり、流量制御器群44はマスフローコントローラといった複数の流量制御器を含んでいる。ガスソース群40の複数のガスソースはそれぞれ、バルブ群42の対応のバルブ及び流量制御器群44の対応の流量制御器を介して、ガス供給管38に接続されている。

40

【0031】

また、プラズマ処理装置10では、処理容器12の内壁に沿ってデポシールド46が着脱自在に設けられている。デポシールド46は、支持部14の外周にも設けられている。デポシールド46は、処理容器12にエッチング副生物(デポ)が付着することを防止するものであり、アルミニウム材に $Y_2O_3$ 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。

50

## 【 0 0 3 2 】

処理容器 1 2 の底部側、且つ、支持部 1 4 と処理容器 1 2 の側壁との間には排気プレート 4 8 が設けられている。排気プレート 4 8 は、例えば、アルミニウム材に  $Y_2O_3$  等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。この排気プレート 4 8 の下方、且つ、処理容器 1 2 には、排気口 1 2 e が設けられている。排気口 1 2 e には、排気管 5 2 を介して排気装置 5 0 が接続されている。排気装置 5 0 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、処理容器 1 2 内の空間を所望の真空度まで減圧することができる。また、処理容器 1 2 の側壁にはウエハ W の搬入出口 1 2 g が設けられており、この搬入出口 1 2 g はゲートバルブ 5 4 により開閉可能となっている。

## 【 0 0 3 3 】

また、プラズマ処理装置 1 0 は、第 1 の高周波電源 6 2 及び第 2 の高周波電源 6 4 を更に備えている。第 1 の高周波電源 6 2 は、プラズマ生成用の第 1 の高周波電力を発生する電源であり、27 ~ 100 MHz の周波数、一例においては 40 MHz の高周波電力を発生する。第 1 の高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して下部電極 L E に接続されている。整合器 6 6 は、第 1 の高周波電源 6 2 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 L E 側）の入力インピーダンスを整合させるための回路である。

## 【 0 0 3 4 】

第 2 の高周波電源 6 4 は、ウエハ W にイオンを引き込むための第 2 の高周波電力、即ち高周波バイアス電力を発生する電源であり、400 kHz ~ 13.56 MHz の範囲内の周波数、一例においては 3.2 MHz の高周波バイアス電力を発生する。第 2 の高周波電源 6 4 は、整合器 6 8 を介して下部電極 L E に接続されている。整合器 6 8 は、第 2 の高周波電源 6 4 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 L E 側）の入力インピーダンスを整合させるための回路である。

## 【 0 0 3 5 】

また、プラズマ処理装置 1 0 は、電源 7 0 を更に備えている。電源 7 0 は、上部電極 3 0 に接続されている。電源 7 0 は、処理空間 S 内に存在する正イオンを電極板 3 4 に引き込むための電圧を、上部電極 3 0 に印加する。一例においては、電源 7 0 は、負の直流電圧を発生する直流電源である。別の一例において、電源 7 0 は、比較的 low 周波の交流電圧を発生する交流電源であってもよい。電源 7 0 から上部電極に印加される電圧は、-150 V 以下の電圧であり得る。即ち、電源 7 0 によって上部電極 3 0 に印加される電圧は、絶対値が 150 V 以上の負の電圧であり得る。このような電圧が電源 7 0 から上部電極 3 0 に印加されると、処理空間 S に存在する正イオンが、電極板 3 4 に衝突する。これにより、電極板 3 4 から二次電子及び / 又はシリコンが放出される。

## 【 0 0 3 6 】

また、一実施形態においては、プラズマ処理装置 1 0 は、制御部 C n t を更に備え得る。この制御部 C n t は、プロセッサ、記憶部、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置 1 0 の各部を制御する。具体的に、制御部 C n t は、バルブ群 4 2、流量制御器群 4 4、排気装置 5 0、第 1 の高周波電源 6 2、整合器 6 6、第 2 の高周波電源 6 4、整合器 6 8、電源 7 0、ヒータ電源 H P、及びチラーユニットに接続されている。

## 【 0 0 3 7 】

制御部 C n t は、入力されたレシピに基づくプログラムに従って動作し、制御信号を送出する。制御部 C n t からの制御信号により、ガスソース群から供給されるガスの選択及び流量、排気装置 5 0 の排気、第 1 の高周波電源 6 2 及び第 2 の高周波電源 6 4 からの電力供給、電源 7 0 からの電圧印加、ヒータ電源 H P の電力供給、チラーユニットからの冷媒流量及び冷媒温度を制御することが可能である。

## 【 0 0 3 8 】

再び図 1 を参照し、制御部 C n t の各種制御と共に、方法 M T の各工程について詳細に説明する。また、ここでは、図 1 に加えて、図 4 及び図 5 を参照する。図 4 は、方法 M T の各工程における一例の被処理体の状態を示す断面図である。図 5 は、方法 M T の各工程

10

20

30

40

50

における高周波電力及び高周波バイアス電力の波形を示す図である。

【 0 0 3 9 】

方法 M T の工程 S 1 では、処理容器 1 2 内にフルオロカーボンガスを含む処理ガスが供給される。処理ガスは、例えば、 $C_4F_6$  ガス、 $C_4F_8$  ガス、 $O_2$  ガス、及び Ar ガスを含み得る。また、方法 M T では、工程 S 1 が実行される第 1 の期間 T 1 内において、第 1 の高周波電源 6 2 から供給される高周波電力 H F の O N と O F F とが周期的に切り換えられる。即ち、第 1 の期間 T 1 内において、高周波電力 H F がパルス状に供給される。高周波電力 H F の O N と O F F の切り換えの周波数は、 $0.1\text{ kHz} \sim 100\text{ kHz}$  の範囲内の周波数である。例えば、この周波数は  $10\text{ kHz}$  である。また、当該周波数によって規定される一周期において高周波電力 H F が O N となる期間 T 3 が占める割合、即ち、デューティー比は、 $5\% \sim 95\%$  の範囲内の比である。例えば、デューティー比は  $50\%$  である。

10

【 0 0 4 0 】

一実施形態の工程 S 1 では、高周波電力 H F に O N / O F F に同期して、第 2 の高周波電源 6 4 から供給される高周波バイアス電力 L F の O N と O F F とが周期的に切り換えられてもよい。即ち、第 1 の期間 T 1 内において、高周波バイアス電力 L F がパルス状に供給されてもよい。

【 0 0 4 1 】

この工程 S 1 では、パルス状に供給される高周波電力 H F により、処理ガスが励起される。パルス状に供給される高周波電力 H F に基づき生成されるプラズマ中では、フルオロカーボンは、F、CF、 $CF_2$  といった低次の活性種よりも高次の活性種が多くなるように解離する。換言すると、工程 S 1 ではフルオロカーボンの解離度が、後述する工程 S 2 のフルオロカーボンの解離度よりも低くなる。

20

【 0 0 4 2 】

図 4 の ( a ) に示すように、高次の活性種は、マスク 1 0 6 の表面に付着し易く、フッ素或いはフルオロカーボンの活性種による絶縁膜 1 0 4 のエッチング中に、マスク 1 0 6 を保護する保護膜 1 0 8 を当該マスク 1 0 6 の表面上に形成する。なお、高次の活性種は、エッチングによって形成される開口 O P の深部には到達し難い特性を有する。

【 0 0 4 3 】

この工程 S 1 をプラズマ処理装置 1 0 を用いて実行する場合には、制御部 C n t は、処理容器 1 2 内に上記処理ガスが、設定された流量で供給されるよう、バルブ群 4 2 及び流量制御器群 4 4 を制御する。また、制御部 C n t は、処理空間 S の圧力が設定された圧力となるよう、排気装置 5 0 を制御する。また、制御部 C n t は、高周波電力 H F 及び高周波バイアス電力 L F がパルス状に供給されるよう、第 1 の高周波電源 6 2 及び第 2 の高周波電源 6 4 を制御する。

30

【 0 0 4 4 】

なお、高周波電力 H F が O F F になっている期間中に電源 7 0 からの電圧が上部電極 3 0 に印加されるよう、制御部 C n t は、電源 7 0 を制御してもよい。電源 7 0 から上部電極 3 0 に電圧が印加されると、電極板 3 4 から放出される二次電子によってマスク 1 0 6 が改質される。これにより、マスク 1 0 6 の耐プラズマ性を向上させることができる。また、ウエハ W の帯電を中和することが可能となる。これにより、エッチングレート或いはエッチングの直進性を向上させることが可能である。

40

【 0 0 4 5 】

方法 M T では、続く工程 S 2 においても、処理容器 1 2 内に工程 S 1 と同様の処理ガスが供給される。また、方法 M T では、工程 S 2 が実行される第 2 の期間 T 2 内において、第 1 の高周波電源 6 2 から供給される高周波電力 H F が連続的に O N に設定される。即ち、第 2 の期間 T 2 中は、連続的に高周波電力 H F が供給される。第 2 の期間 T 2 は、一実施形態では、期間 T 3 の 1 0 0 倍以上の時間長を有する。例えば、第 2 の期間 T 2 は、 $5\text{ 秒} \sim 100\text{ 秒}$  の範囲内の時間長に設定され得る。また、一実施形態の工程 S 2 では、高周波電力 H F と同様に、第 2 の高周波電源 6 4 から供給される高周波バイアス電力 L F も連

50

続的に供給され得る。

【 0 0 4 6 】

この工程 S 2 では、連続的に供給される高周波電力 H F により、処理ガスが励起される。連続的に供給される高周波電力 H F に基づき生成されるプラズマ中では、フルオロカーボンは、高次の活性種よりも、F、C F、C F<sub>2</sub> といった低次の活性種が多くなるように解離する。換言すると、工程 S 2 ではフルオロカーボンの解離度が、工程 S 1 のフルオロカーボンの解離度よりも高くなる。

【 0 0 4 7 】

図 4 の ( b ) に示すように、低次の活性種は、マスク 1 0 6 を多くエッチングし得るが、開口 O P の深部まで到達して配線層 1 0 2 上に保護膜 1 1 0 を形成することができる。したがって、工程 S 2 によれば、配線層 1 0 2 のエッチングを抑制することができる。

10

【 0 0 4 8 】

この工程 S 2 をプラズマ処理装置 1 0 を用いて実行する場合には、制御部 C n t は、処理容器 1 2 内に上記処理ガスが、設定された流量で供給されるよう、バルブ群 4 2 及び流量制御器群 4 4 を制御する。また、制御部 C n t は、処理空間 S の圧力が設定された圧力となるよう、排気装置 5 0 を制御する。また、制御部 C n t は、高周波電力 H F 及び高周波バイアス電力 L F が連続的に供給されるよう、第 1 の高周波電源 6 2 及び第 2 の高周波電源 6 4 を制御する。なお、第 2 の期間 T 2 中において電源 7 0 からの電圧が上部電極 3 0 に印加されるよう、制御部 C n t は、電源 7 0 を制御してもよい。

【 0 0 4 9 】

20

方法 M T では、続く工程 S 3 において、停止条件が満たされるか否かが判定される。停止条件は、例えば、工程 S 1 及び工程 S 2 を含むシーケンスの実行回数が所定回数に達したときに満たされる。例えば、所定回数は 1 0 回である。工程 S 3 の判定結果が N o である場合には、工程 S 1 及び工程 S 2 の実行が再び繰り返される。一方、工程 S 3 の判定結果が Y E S である場合には方法 M T のプロセスが終了する。

【 0 0 5 0 】

以上説明した方法 M T によれば、工程 S 1 と工程 S 2 を交互に繰り返して実行することにより、絶縁膜 1 0 4 のエッチング中にマスク 1 0 6 及び配線層 1 0 2 の双方の上に保護膜を形成することが可能となる。故に、この方法 M T によれば、マスク 1 0 6 及び配線層 1 0 2 に対して絶縁膜 1 0 4 を選択的にエッチングすることが可能となる。

30

【 0 0 5 1 】

以上、種々の実施形態について説明してきたが、上述した実施形態に限定されることなく種々の変形態様を構成可能である。例えば、第 1 の高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して上部電極 3 0 に接続されていてもよい。

【 符号の説明 】

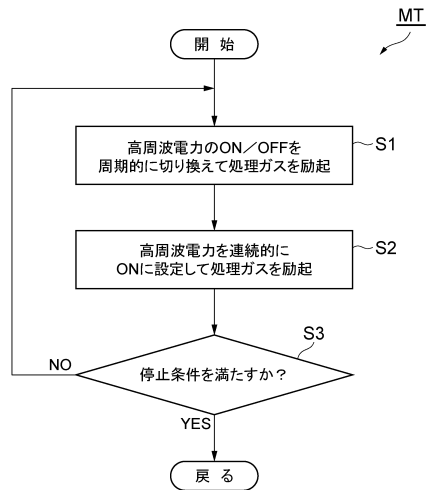
【 0 0 5 2 】

1 0 ... プラズマ処理装置、1 2 ... 処理容器、P D ... 載置台、E S C ... 静電チャック、L E ... 下部電極、3 0 ... 上部電極、3 4 ... 電極板、4 0 ... ガスソース群、4 2 ... バルブ群、4 4 ... 流量制御器群、5 0 ... 排気装置、6 2 ... 第 1 の高周波電源、6 4 ... 第 2 の高周波電源、7 0 ... 電源、C n t ... 制御部、W ... ウエハ、1 0 2 ... 配線層、1 0 4 ... 絶縁膜、1 0 6 ... マスク、1 0 8 , 1 1 0 ... 保護膜。

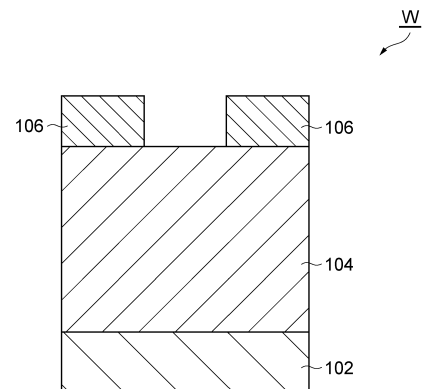
40



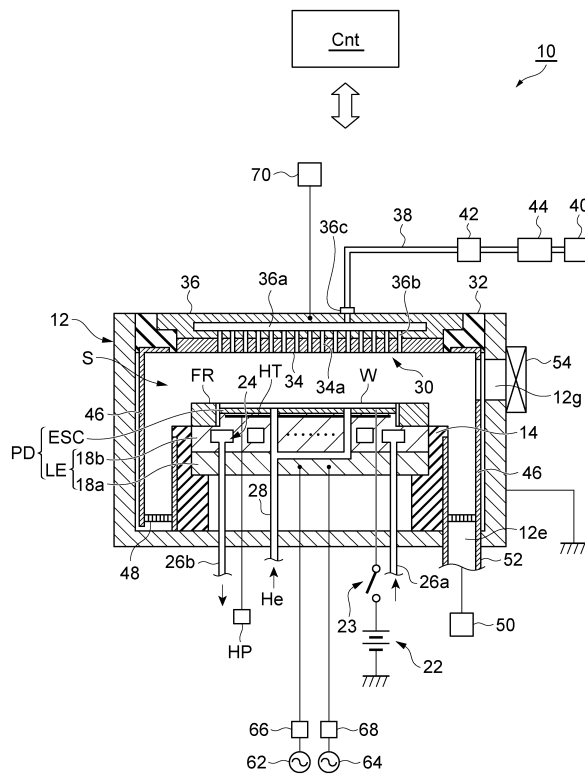
【図 1】



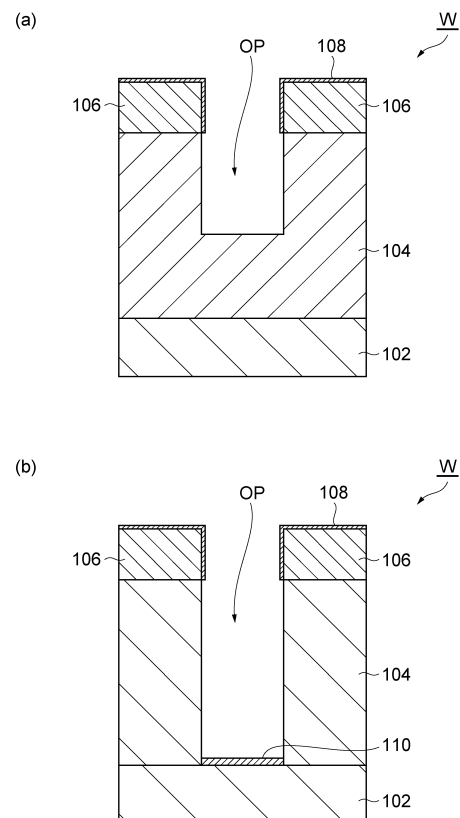
【図 2】



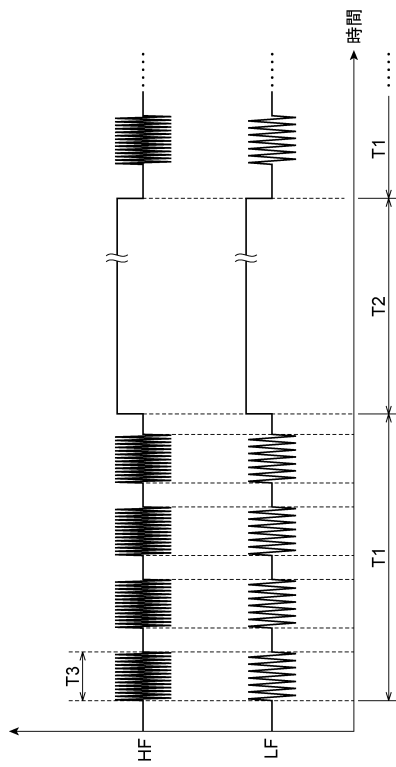
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 五十嵐 義樹  
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 広津 信  
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 齊田 寛史

- (56)参考文献 特表2006-523030(JP,A)  
特表2012-529777(JP,A)  
特表2002-538618(JP,A)  
特開2012-195582(JP,A)  
特表2003-507880(JP,A)  
特開平11-26433(JP,A)

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