

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第5486883号  
(P5486883)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(51) Int.Cl.  
H O 1 L 21/3065 (2006.01)

F I  
H O 1 L 21/302 I O 4 H

請求項の数 2 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-207490 (P2009-207490)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成21年9月8日 (2009.9.8)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2011-60916 (P2011-60916A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成23年3月24日 (2011.3.24)	(74) 代理人	100099944
審査請求日	平成24年9月3日 (2012.9.3)		弁理士 高山 宏志
前置審査		(72) 発明者	成重 和樹
			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	重田 和男
			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
		審査官	長谷部 智寿
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被処理体の処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理容器内に、第1電極および被処理体を支持する第2電極を対向して配置し、  
前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第1電極および前記第2電極間に高周波電力を印加して前記第1電極および前記第2電極間に前記処理ガスのプラズマを生成させて、前記第2電極に支持された前記被処理体にプラズマ処理を施す被処理体の処理方法であって、  
前記被処理体が、シリコン含有膜と、前記シリコン含有膜上に形成された有機膜と、前記有機膜上に形成されたフォトレジスト層とを備え、  
前記処理ガスとして水素およびアルゴンからなる第1の処理ガスを用い、  
前記第1電極に第1の直流負電圧を印加しながら、前記フォトレジスト層をマスクに用いて、前記有機膜を、前記第1の処理ガスのプラズマによりエッチングする途中で、前記フォトレジスト層を硬化させながらエッチングする第1の工程と、  
前記第1の工程の後、前記処理ガスとして水素、四フッ化炭素およびアルゴンを含む第2の処理ガスを用い、前記第1の工程において硬化された前記フォトレジスト層を、前記第1電極に前記第1の直流負電圧よりも大きい絶対値を有する第2の直流負電圧を印加しながら、前記第2の処理ガスのプラズマにより、さらに硬化させる第2の工程と、  
前記第2の工程の後、前記第2の工程においてさらに硬化された前記フォトレジスト層をマスクに用いて、前記有機膜下の前記シリコン含有膜をエッチングする第3の工程とを備え、

前記第 1 の工程、前記第 2 の工程および前記第 3 の工程を同一の処理容器内で連続して行うことを特徴とする被処理体の処理方法。

【請求項 2】

前記第 1 電極を、シリコンを含む材料で構成し、

前記第 1 電極に直流負電圧を印加することで前記第 1 電極をスパッタし、前記スパッタされたシリコン、前記水素、及び電子により前記フォトレジスト層を硬化させながら、前記有機膜を、前記フォトレジスト層をマスクに用いてエッチングすることを特徴とする請求項 1 に記載の被処理体の処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

この発明は、被処理体の処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

エッチング対象層をプラズマエッチングする際にはフォトレジスト等のレジストマスクが用いられている。特に最近では微細加工の要請に応じて約  $0.13\text{ }\mu\text{m}$  以下の開口パターンを形成するのに適した ArF フォトリソグラフィレジストや  $\text{F}_2$  フォトリソグラフィレジスト、すなわち、ArF ガスや  $\text{F}_2$  ガスを発光源としたレーザー光で露光するフォトリソグラフィレジストがよく使用されている。

【0003】

20

しかし、ArF フォトリソグラフィレジスト層や  $\text{F}_2$  フォトリソグラフィレジスト層は耐プラズマ性が低いため、エッチング途中でフォトリソグラフィレジスト層の表面が荒れてしまうという事情がある。フォトリソグラフィレジスト層の表面が荒れてしまうことで、エッチングの進行とともに開口部の形状が変化して、設計した形状のエッチング孔やエッチング溝が形成できなくなってしまう。

【0004】

フォトリソグラフィレジスト層の耐プラズマ性を向上させる方法としては、フォトリソグラフィレジスト層表面に紫外線、電子線やイオンビームを照射する方法（特許文献 1～3）、フォトリソグラフィレジストを加熱硬化する方法（特許文献 4）や有機 Si 化合物に熱や光のエネルギーを与えて薄い硬化層をフォトリソグラフィレジスト層表面にコーティングする方法（特許文献 5）が知られている。

【0005】

30

しかし、上記のフォトリソグラフィレジスト層の耐プラズマ性を向上させる方法では、その後のエッチング工程で使用する容器とは別の容器内で耐プラズマ性の向上処理を行わなければならない。フォトリソグラフィレジスト層の耐プラズマ性の向上処理を行う容器からエッチング容器へ被処理体を搬送することは、搬送工程での歩留まりの低下や搬送時間によるスループットの低下を招く。さらに、耐プラズマ性の向上処理を行う容器をエッチング容器と別に設けることは、余分なスペースが必要であるばかりでなくコストアップを招く。

【0006】

一方、エッチング対象層を直接フォトリソグラフィレジスト層で覆うと、その後のフォトリソグラフィレジスト層を露光・現像して開口パターンを形成する工程で、開口パターンの設計寸法精度が落ちてしまう。このため、エッチング対象層とフォトリソグラフィレジストマスク層の間に反射防止層を挿入することが行われている。この反射防止層を C と F とを有する物質を含むガス、例えば、 $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{O}_2$  の混合ガス、HBr と  $\text{CF}_4$  と He の混合ガス、 $\text{CH}_2\text{F}_2$  と  $\text{CF}_4$  と He の混合ガスのプラズマでエッチングすることが提案されている（特許文献 6）。反射防止層をエッチングするエッチングガスとしては、例えば  $\text{CF}_4$  と  $\text{O}_2$  との混合ガスも知られている（特許文献 7）。

40

【0007】

しかしながら、反射防止層を  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{O}_2$  の混合ガスや  $\text{CF}_4$  と  $\text{O}_2$  の混合ガスのプラズマでエッチングした場合は、フォトリソグラフィレジスト層の表面が荒れたり、フォトリソグラフィレジスト層に縦筋が入ったり、マスク層であるフォトリソグラフィレジスト層も相当量エッチングされてしまいマスクとしての機能を果たせなくなることもある。

50

## 【 0 0 0 8 】

そこで、フォトリジスト層の耐プラズマ性を向上させながら、反射防止層をエッチングする方法が、特許文献 8 に記載されている（特に、第 3 の実施形態参照）。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開昭 6 0 - 1 1 0 1 2 4 号公報

【 特許文献 2 】 特開平 2 - 2 5 2 2 3 3 号公報

【 特許文献 3 】 特開昭 5 7 - 1 5 7 5 2 3 号公報

【 特許文献 4 】 特開平 4 - 2 3 4 2 5 号公報

【 特許文献 5 】 特開平 2 - 4 0 9 1 4 号公報

【 特許文献 6 】 特開平 1 0 - 2 6 1 6 2 7 号公報

【 特許文献 7 】 特開平 7 - 3 0 7 3 2 8 号公報

【 特許文献 8 】 国際公開第 2 0 0 4 / 0 0 3 9 8 8 号パンフレット

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 0 】

特許文献 8 では、エッチング容器内を排気した後、処理ガスとしてエッチング容器内に  $H_2$  ガス、又は  $H_2$  ガスと  $Ar$  ガスとを供給し、処理ガスをプラズマ化させることで、フォトリジスト層の耐プラズマ性を向上させながら、反射防止層をエッチングする。

## 【 0 0 1 1 】

特許文献 8 のようにフォトリジスト層の耐プラズマ性を向上させることで、フォトリジスト層に耐プラズマ性の向上処理を施さない場合に比較して、フォトリジスト層の耐プラズマ性が向上し、反射防止膜をエッチングしている最中にフォトリジスト層の高さが減少する度合いが改善される。

## 【 0 0 1 2 】

しかしながら、フォトリジスト層の高さが減少することによりは、場合によっては、以降のエッチングに対してフォトリジスト層の高さが足りなくなってしまう事情がある。

## 【 0 0 1 3 】

この発明は、上記事情に鑑みて為されたもので、フォトリジスト層の高さの減少をより強力に抑制できる被処理体の処理方法を提供する。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 4 】

上記課題を解決するため、この発明の一態様に係る被処理体の処理方法は、処理容器内に、第 1 電極および被処理体を支持する第 2 電極を対向して配置し、前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第 1 電極および前記第 2 電極間に高周波電力を印加して前記第 1 電極および前記第 2 電極間に前記処理ガスのプラズマを生成させて、前記第 2 電極に支持された前記被処理体にプラズマ処理を施す被処理体の処理方法であって、前記被処理体が、シリコン含有膜と、前記シリコン含有膜上に形成された有機膜と、前記有機膜上に形成されたフォトリジスト層とを備え、前記処理ガスとして水素およびアルゴンからなる第 1 の処理ガスを用い、前記第 1 電極に第 1 の直流負電圧を印加しながら、前記フォトリジスト層をマスクに用いて、前記有機膜を、前記第 1 の処理ガスのプラズマによりエッチングする途中で、前記フォトリジスト層を硬化させながらエッチングする第 1 の工程と、前記第 1 の工程の後、前記処理ガスとして水素、四フッ化炭素およびアルゴンを含む第 2 の処理ガスを用い、前記第 1 の工程において硬化された前記フォトリジスト層を、前記第 1 電極に前記第 1 の直流負電圧よりも大きい絶対値を有する第 2 の直流負電圧を印加しながら、前記第 2 の処理ガスのプラズマにより、さらに硬化させる第 2 の工程と、前記第 2 の工程の後、前記第 2 の工程においてさらに硬化された前記フォトリジスト層をマスクに用いて、前記有機膜下の前記シリコン含有膜をエッチングする第 3 の工程とを備え、前記第 1 の

工程、前記第 2 の工程および前記第 3 の工程を同一の処理容器内で連続して行う。

【発明の効果】

【0016】

この発明によれば、フォトリソスト層の高さの減少をより強力に抑制できる被処理体の処理方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】この発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法を実行することが可能な処理装置の一例を概略的に示す断面図

【図 2】この発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例に用いたサンプルを示す断面図

【図 3】この発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を示す流れ図

【図 4】エッチングのメカニズムを示す断面図

【図 5】エッチングのメカニズムを示す断面図

【図 6】この発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法の効果を示す図面代用写真

【図 7】フォトリソスト層の硬化の例を示す図面代用写真

【図 8】この発明の第 2 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を示す断面図

【図 9】この発明の第 3 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を示す流れ図

【図 10】この発明の第 3 の実施形態に係る被処理体の処理方法の効果を示す図面代用写真

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、この発明の実施形態を、図面を参照して説明する。なお、全図にわたり、共通の部分には共通の参照符号を付す。

【0019】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、この発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法を実行することが可能な処理装置の一例を概略的に示す断面図である。本例では、処理装置の一例とし、被処理体として半導体ウエハ（以下ウエハという）を取り扱い、このウエハ上の有機膜をエッチングする容量結合型平行平板プラズマエッチング装置を例示する。

【0020】

プラズマエッチング装置 1 は、気密に構成され、ウエハ W が搬入される略円筒状のチャンバ 2 を有している。

【0021】

チャンバ 2 内の底部には、セラミックス等からなる誘電体板 3 を介して下部電極として機能するウエハ W を載置するためのステージ 4 が設けられている。ステージ 4 は、アルミニウム等の金属製であり、上面にウエハ W を静電吸着するための静電チャック（図示せず）が設けられており、また内部に冷却媒体を通流してウエハ W を冷却するための冷却媒体流路（図示せず）が設けられている。

【0022】

チャンバ 2 内の上部には、ステージ 4 に対向して上部電極として機能するシャワーヘッド 5 が設けられている。これにより、上部電極として機能するシャワーヘッド 5 と下部電極として機能するステージ 4 とで平行平板電極が構成される。本例のシャワーヘッド 5 は、ステージ 4 への対向面にシリコン又はシリコンカーバイドを含むように構成され、直流の負電源 6 に接続されている。シャワーヘッド 5 は、上部にガス導入口 7 を有し、内部にガス拡散空間 8 を有し、底部に複数のガス吐出孔 9 を有している。ガス導入口 7 にはガス供給配管 10 が接続されている。ガス供給配管 10 の他端にはエッチングのための処理ガスを供給する処理ガス供給系 11 が接続されている。エッチングのための処理ガスは、処理ガス供給系 11 からガス供給配管 10 およびシャワーヘッド 5 を介してチャンバ 2 内に供給される。エッチングのための処理ガスは、本例では、 $H_2$  ガスに Ar ガスを加えたガ

スが用いられる。

【 0 0 2 3 】

チャンバ 2 の底部には、排気管 1 2 が接続されている。排気管 1 2 には、真空ポンプや圧力調整バルブ等を含む排気機構 1 3 が接続されている。排気機構 1 3 によりチャンバ 2 内が排気されてチャンバ 2 内が所定の真空度に維持されるようになっている。

【 0 0 2 4 】

本例では、下部電極として機能するステージ 4 には、二つの高周波が供給される。一つは、プラズマ生成に適した高い周波数を持つ第 1 の高周波であり、残りの一つはイオン引き込みに適した第 1 の高周波よりも低い周波数を持つ第 2 の高周波である。第 1 の高周波の周波数の例は、例えば、10 MHz 以上 100 MHz 以下であり、第 2 の高周波の周波数の例は、例えば、15 MHz 以下 0.1 MHz 以上である。本例では、第 1 の高周波の周波数を一例として 40 MHz とし、第 2 の高周波の周波数を一例として 13 MHz としている。第 1 の高周波は、第 1 の高周波電源 1 4 a から整合器 1 5 a を介してステージ 4 に供給される。第 2 の高周波は、第 2 の高周波電源 1 4 b から整合器 1 5 b を介してステージ 4 に供給される。なお、ステージ 4 に供給する高周波は、二つの高周波を供給することに限られるものではなく、一つの高周波、即ち、単周波を供給するようにしても良い。

【 0 0 2 5 】

制御部 5 0 は、プラズマエッチング装置 1 を制御する。制御部 5 0 は、プロセスコントローラ 5 1、ユーザーインターフェース 5 2、及び記憶部 5 3 を含んで構成される。プロセスコントローラ 5 1 は、マイクロプロセッサ（コンピュータ）からなる。ユーザーインターフェース 5 2 は、オペレータがプラズマエッチング装置 1 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、プラズマエッチング装置 1 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等を含む。記憶部 5 3 は、プラズマエッチング装置 1 において実施される処理を、プロセスコントローラ 5 1 の制御にて実現するための制御プログラム、各種データ、及び処理条件に応じてプラズマエッチング装置 1 に処理を実行させるためのレシピが格納される。レシピは、記憶部 5 3 の中の記憶媒体に記憶される。記憶媒体はコンピュータ読み取り可能なもので、例えば、ハードディスクであっても良いし、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリ等の可搬性のものであってもよい。また、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。任意のレシピはユーザーインターフェース 5 2 からの指示等にて記憶部 5 3 から呼び出され、プロセスコントローラ 5 1 において実行されることで、プロセスコントローラ 5 1 の制御のもと、プラズマエッチング装置 1 において、ウエハ W 上に形成された有機膜に対するエッチングが実施される。

【 0 0 2 6 】

次に、この発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を説明する。

【 0 0 2 7 】

図 2 はこの発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例に用いたサンプルを示す断面図、図 3 はこの発明の第 1 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を示す流れ図である。

【 0 0 2 8 】

まず、図 2 に示すように、サンプル 1 0 0 は、図示せぬウエハ上に、シリコン含有膜 1 0 1 を形成し、シリコン含有膜 1 0 1 上に有機膜 1 0 2 を形成し、有機膜 1 0 2 上にフォトリジスト層 1 0 3 を形成したものである。このフォトリジスト層 1 0 3 をマスクに用いて、有機膜 1 0 2 がエッチングされる。本例では、シリコン含有膜 1 0 1 をシリコン酸化膜 ( $\text{SiO}_2$ ) とし、有機膜 1 0 2 を BARC とし、フォトリジスト層 1 0 3 を ArF 用フォトリジストとした。

【 0 0 2 9 】

このようなサンプル 1 0 0、即ち、ウエハ W に対し、次のような流れで処理を行う。

【 0 0 3 0 】

図 3 に示すように、まず、ウエハ W をチャンバ 2 内に搬送し、ステージ 4 上に載置する

10

20

30

40

50

(ステップ1)。次いで、チャンバ2内を排気し、チャンバ2内の圧力を、例えば、100mT未満に減圧する(ステップ2)。次いで、処理ガスとして $H_2$ ガスを含むガス、例えば、 $H_2$ ガスとArガスをチャンバ2内に供給する(ステップ3)。流量の一例は、“ $H_2/Ar = 450\text{ sccm} / 450\text{ sccm}$ ”である。また、処理ガス供給後のチャンバ2内の圧力の一例は、100mTである。

【0031】

次に、高周波をステージ4に供給し、ステージ4とシャワーヘッド5との間に高周波を供給するとともに、直流負電圧をシャワーヘッド5に供給する(ステップ4)。高周波の一例は、第1の高周波として40MHz、第2の高周波として13MHzである。高周波のパワーの一例は、第1の高周波として500W、第2の高周波として0Wである。また、直流負電圧の一例は、-450Vである。これにより、フォトレジスト層103をマスクに用いて、有機膜102がエッチングされる。エッチング時間の一例は、25secである。このエッチングのメカニズムを図4A、図4B、図5A、及び図5Bに示す。

10

【0032】

図4Aに示すように、処理ガスをチャンバ2内に供給した時点においては、ステージ4とシャワーヘッド5との間に規定される処理空間104に、水素ガス( $H_2$ )とアルゴンガス(Ar)とが漂っている状態である。

【0033】

このような状態で、ステージ4とシャワーヘッド5との間に高周波を供給すると、図4Bに示すように、プラズマが生成され、処理空間104に漂っている水素ガスは水素分子が別れて水素ラジカル( $H^*$ )となり、アルゴンガスはアルゴンイオン( $Ar^+$ )になる。この状態でシャワーヘッド5に直流負電圧を供給すると、正電荷であるアルゴンイオン( $Ar^+$ )はシャワーヘッド5に向かって飛ぶ。アルゴンイオン( $Ar^+$ )はシャワーヘッド5にぶつかり、シャワーヘッド5のステージ4への対向面に含まれたシリコン(Si)がスパッタされ、シリコン(Si)が処理空間104に叩き出される。それと同時に電子( $e^-$ )が放出される。

20

【0034】

このような状態で、フォトレジスト層103をマスクに用いた有機膜102のエッチングが行われると、図5Aに示すように、Siがフォトレジスト層103に反応することで、フォトレジスト層103の表面がSiC化されながら、有機膜102のエッチングが進行する、と推測される。さらに、電子線がフォトレジスト層103に照射されることにより、架橋等の反応が進むので、フォトレジスト層103が改質されながら、有機膜102のエッチングが進行する。なおかつ、水素ラジカル( $H^*$ )がフォトレジスト層103に反応することでも、フォトレジスト層103の改質が進み、有機膜102のエッチングが進行する。この結果、図5Bに示すように、フォトレジスト層103の高さの減少を抑制しながら、有機膜102をエッチングすることができる。

30

【0035】

このように、この発明の第1の実施形態に係る被処理体の処理方法によれば、フォトレジスト層103のSiC化、及び電子線並びに水素ラジカルによるフォトレジスト層103の改質の双方を伴いながら、フォトレジスト層103をマスクに用いて有機膜102がエッチングされる、と推測される。これにより、フォトレジスト層103の高さの減少をより強力に抑制できる被処理体の処理方法を得ることができる。

40

【0036】

この発明の第1の実施形態に係る被処理体の処理方法の効果として、サンプル100の、エッチング前の実際の断面写真を図6Aに、第1の実施形態に係る被処理体の処理方法に従ってエッチングした後の実際の断面写真を図6Bに示す。また、比較例として、シャワーヘッド5を接地したままでエッチングした後の実際の断面写真を図6Cに示す。

【0037】

図6Bに示すように、第1の実施形態に係る被処理体の処理方法によれば、図6Cに示す比較例に比較して、有機膜102をエッチングする際のフォトレジスト層103の高さ

50

の減少が抑制されていることが分かる。なお、比較例によるエッチング条件は、シャワーヘッド5に直流負電圧を供給せずに接地することのみが異なり、圧力、処理ガス、処理ガス流量、エッチング時間は、第1の実施形態に係る被処理体の処理方法と同じである。

【0038】

この発明の第1の実施形態によれば、フォトリジスト層103を硬化させることも可能である。フォトリジスト層103の硬化の例を図7A～図7Cに示す。フォトリジスト層103の硬化を確認する試験は、次のようにして行った。

【0039】

(レシピ1)

レシピ1は、フォトリジスト層を硬化する条件である。処理条件は以下の通りとした。

10

【0040】

チャンバ内圧力 : 100 mT  
処理ガス :  $H_2$  ガス + Ar ガス  
処理ガス流量 :  $H_2 / Ar = 450 \text{ sccm} / 450 \text{ sccm}$   
高周波パワー : 500 W (40 MHz)  
上部電極直流電圧 : -450 V  
処理時間 : 20 sec

(レシピ2)

レシピ2は、フォトリジスト層をエッチングする条件である。処理条件は以下の通りとした。

20

【0041】

チャンバ内圧力 : 10 mT  
処理ガス : CO ガス +  $O_2$  ガス  
処理ガス流量 :  $CO / O_2 = 120 \text{ sccm} / 120 \text{ sccm}$   
高周波パワー : 100 W (40 MHz)  
上部電極直流電圧 : 無し  
処理時間 : 20 sec

図7Aにサンプルの実際の断面写真を示す。サンプルは、図示せぬウエハ上に、下地膜を形成し、下地膜上にフォトリジスト層103を形成したものである。本例では、下地膜をSiONとし、フォトリジスト層103をArF用フォトリジストとした。

30

【0042】

レシピ1の後、レシピ2を行った後の断面写真を図7Bに示す。レシピ1にしたがってフォトリジスト層103を硬化させた後、レシピ2にしたがってフォトリジスト層103をエッチングすると、20 secのエッチングの後においても、十分な高さのフォトリジスト層103が残った。

【0043】

これ対し、レシピ1を行わず、直接にレシピ2を行うと、図7Cに示すように、フォトリジスト層103の高さが、図7Bに示す場合に比較して大きく減少した。

【0044】

この試験により、レシピ1を行うことで、フォトリジスト層103が硬化し、酸素プラズマ耐性が向上することが確認された。

40

【0045】

(第2の実施形態)

図8A～図8Dは、この発明の第2の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を示す断面図である。

【0046】

第1の実施形態により説明したように、フォトリジスト層103が硬化することが確認されたので、フォトリジスト層103のトリミング(サイズのスリム化)にも有用である。

【0047】

50

図 8 A に示すように、ウエハ W 上にシリコン含有膜 1 0 1 を形成し、シリコン含有膜 1 0 1 上に有機膜 1 0 2 を形成し、有機膜 1 0 2 上にフォトリジスト層 1 0 3 を形成する。

【 0 0 4 8 】

次いで、図 8 B に示すように、第 1 の実施形態により説明した処理方法に従って、有機膜 1 0 2 をエッチングする。

【 0 0 4 9 】

次いで、図 8 C に示すように、処理ガスとして酸素を含有するガスとし、図示せぬステージ 4 とシャワーヘッド 5 との間に高周波を印加してプラズマを生成する。有機膜 1 0 2 及びフォトリジスト層 1 0 3 は、酸素含有ガスプラズマに含まれる酸素ラジカル ( $O^*$ ) によりエッチングされ、有機膜 1 0 2 及びフォトリジスト層 1 0 3 のサイズがスリム化される。

10

【 0 0 5 0 】

次いで、図 8 D に示すように、スリム化された有機膜 1 0 2 及びフォトリジスト層 1 0 3 をマスクに用いて、下層のシリコン含有膜 1 0 1 をエッチングする。これにより、小さいサイズ、例えば、最小露光寸法よりも小さいサイズのシリコン含有膜 1 0 1 によるパターンが形成される。

【 0 0 5 1 】

このように、この発明に係る被処理体の処理方法によれば、フォトリジスト層 1 0 3 が硬化し、プラズマ耐性が向上することから、有機膜 1 0 2 及びフォトリジスト層 1 0 3 を同時にトリミングすることも可能となる。このため、この発明に係る被処理体の処理方法は、小さいサイズ、例えば、最小露光寸法よりも小さいサイズのシリコン含有膜 1 0 1 の形成にも有利である。

20

【 0 0 5 2 】

なお、本発明を適用しない今までの処理条件であると、トリミングの際に有機膜 1 0 2 及びフォトリジスト層 1 0 3 が消失、又はパターン倒れが発生してしまうので、このようなトリミング処理は不可能であった。

【 0 0 5 3 】

( 第 3 の実施形態 )

第 2 の実施形態により説明したように、この発明の被処理体の処理方法によれば、有機膜 1 0 2 をエッチングしている最中に、フォトリジスト層 1 0 3 を硬化させることができる。

30

【 0 0 5 4 】

しかし、以下に説明するフォトリジスト層 1 0 3 を硬化させる硬化工程を、さらに備えることで、フォトリジスト層 1 0 3 を、さらに硬く硬化させることができる。以下、このような例を第 3 の実施形態として説明する。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、この発明の第 3 の実施形態に係る被処理体の処理方法の一例を示す流れ図である。

【 0 0 5 6 】

図 9 に示すように、図 3 を参照して説明したステップ 1 ~ ステップ 4 を実行し、フォトリジスト層 1 0 3 をマスクに用いて有機膜 1 0 2 をエッチングする。なお、本例では、有機膜エッチング用の処理ガス、処理ガスの流量、チャンバ 2 内の圧力は、図 3 を参照して説明したステップ 3、4 と同じとしたが、ステップ 4 における直流負電圧は - 2 5 0 V、エッチング時間は 2 0 s e c とした。これにより有機膜 1 0 2 がエッチングされる。

40

【 0 0 5 7 】

次に、チャンバ 2 内を排気し、チャンバ 2 内の圧力を、例えば、5 0 m T 未満に減圧する ( ステップ 5 )。次いで、硬化処理用の処理ガスとして水素ガスを含む処理ガス、例えば、 $H_2$  ガスと  $CF_4$  ガスと Ar ガスとをチャンバ 2 内に供給する ( ステップ 6 )。流量の一例は、" $H_2 / CF_4 / Ar = 1 0 0 s c c m / 4 0 s c c m / 8 0 0 s c c m$ " である。また、処理ガス供給後のチャンバ 2 内の圧力の一例は、5 0 m T である。

50



## 【 0 0 5 8 】

次に、高周波をステージ 4 に供給し、ステージ 4 とシャワーヘッド 5 との間に高周波を供給するとともに、直流負電圧をシャワーヘッド 5 に供給する（ステップ 7）。高周波の一例は、第 1 の高周波として 4 0 M H z、第 2 の高周波として 1 3 M H z である。高周波のパワーの一例は、第 1 の高周波として 3 0 0 W、第 2 の高周波として 0 W である。また、直流負電圧の一例は、- 9 0 0 V である。これにより、フォトレジスト層 1 0 3 が硬化される。処理時間の一例は 3 0 s e c である。

## 【 0 0 5 9 】

次に、チャンバ 2 内を排気し、チャンバ 2 内の圧力を、例えば、3 0 m T 未満に減圧する（ステップ 8）。次いで、シリコン含有膜エッチング用処理ガスとして C F<sub>4</sub> ガスと C H F<sub>3</sub> ガスと A r ガスとをチャンバ 2 内に供給する（ステップ 9）。流量の一例は、“C F<sub>4</sub> / C H F<sub>3</sub> / A r = 1 2 5 s c c m / 2 0 s c c m / 9 0 0 s c c m” である。また、処理ガス供給後のチャンバ 2 内の圧力の一例は、3 0 m T である。

## 【 0 0 6 0 】

次に、高周波をステージ 4 に供給し、ステージ 4 とシャワーヘッド 5 との間に高周波を供給するとともに、直流負電圧をシャワーヘッド 5 に供給する（ステップ 1 0）。高周波の一例は、第 1 の高周波として 4 0 M H z、第 2 の高周波として 1 3 M H z である。高周波のパワーの一例は、第 1 の高周波として 0 W、第 2 の高周波として 8 0 0 W である。また、直流負電圧の一例は、- 3 0 0 V である。これにより、シリコン含有膜 1 0 1、例えば、シリコン酸化膜（S i O<sub>2</sub>）がエッチングされる。処理時間の一例は 4 5 s e c である。

## 【 0 0 6 1 】

図 9 に示す流れでシリコン含有膜 1 0 1 をエッチングした後の実際の平面写真を図 1 0 A に示す。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 0 A に示すように、図 9 に示す流れでシリコン含有膜 1 0 1 をエッチングすると、ラインエッジラフネス（L E R）が 2 . 8 n m という、均整のとれたシリコン含有膜 1 0 1 のパターンを形成することができた。

## 【 0 0 6 3 】

比較例 1 として、有機膜 1 0 2 のエッチングを、従前の有機膜エッチングの条件として行い、有機膜エッチングの後、シリコン含有膜 1 0 1 のエッチングを行った場合の平面写真を図 1 0 B に示す。なお、従前の有機膜エッチングの条件は、以下の通りである。

## 【 0 0 6 4 】

チャンバ内圧力	: 3 0 m T
有機膜エッチング用処理ガス	: C F <sub>4</sub> ガス / O <sub>2</sub> ガス
処理ガス流量	: C F <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> = 2 5 0 s c c m / 5 s c c m
高周波パワー	: 4 0 0 W ( 4 0 M H z )
上部電極直流電圧	: 無し
処理時間	: 1 8 s e c

また、シリコン含有膜エッチング条件は第 3 の実施形態と同様である。

## 【 0 0 6 5 】

この場合には、L E R が 8 . 7 n m であった。

## 【 0 0 6 6 】

また、比較例 2 として、有機膜エッチングの後、第 3 の実施形態による硬化処理を行い、硬化処理後、シリコン含有膜エッチングを行った場合の平面写真を図 1 0 C に示す。

## 【 0 0 6 7 】

比較例 2 において、有機膜エッチングの条件は比較例 1 と同じ、硬化処理の条件、及びシリコン含有膜のエッチング条件は、第 3 の実施形態と同じである。

## 【 0 0 6 8 】

この場合には、L E R が 6 . 4 n m まで改善された。

## 【0069】

このように、第3の実施形態によれば、直流負電圧をシャワーヘッド5に供給しながら、水素及びアルゴンを含むガスのプラズマを用いて有機膜エッチングをし、さらに直流負電圧をシャワーヘッド5に供給しながら、水素、炭素、弗素及びアルゴンを含むガスのプラズマを用いてフォトレジスト層103の硬化処理を行うことで、LERが改善される、という利点を得ることができる。

## 【0070】

さらに、図10Aの平面写真に示すように、第3の実施形態によれば、比較例1（図10B）、及び比較例2（図10C）に比較してウィグリング（パターンのうねり）も改善される、という利点を得ることができる。

10

## 【0071】

このように、第3の実施形態によれば、LER、ウィグリングを改善できる被処理体の処理方法を得ることができる。

## 【0072】

以上、この発明をいくつかの実施形態にしたがって説明したが、この発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その主旨を逸脱しない範囲で様々に変形することができる。

## 【0073】

例えば、上記実施形態においては、シリコン含有膜101を $\text{SiO}_2$ としたが、シリコン含有膜は $\text{SiO}_2$ に限られるものではなく、 $\text{Si}$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiON}$ 、 $\text{SiOC}$ などシリコンを含有する膜であれば良い。

20

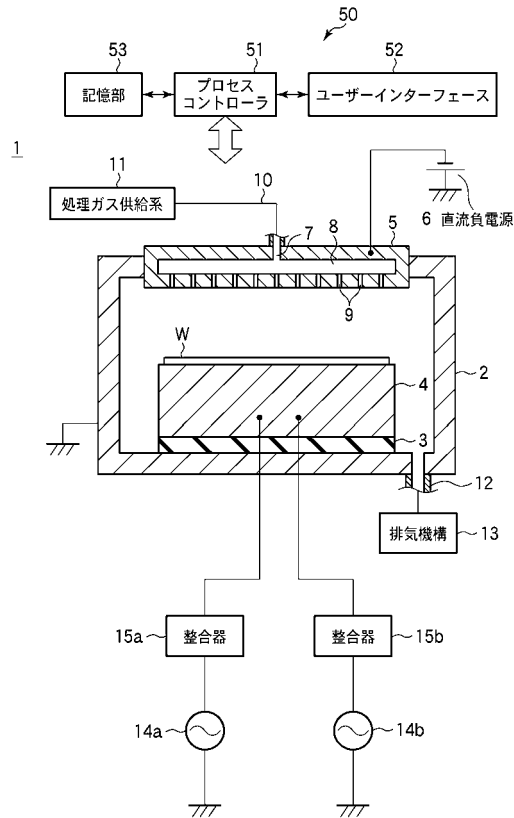
その他、この発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で様々に変形することができる。

## 【符号の説明】

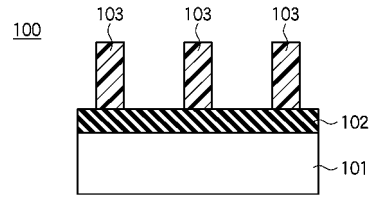
## 【0074】

101...シリコン含有膜、102...有機膜、103...フォトレジスト層、104...処理空間

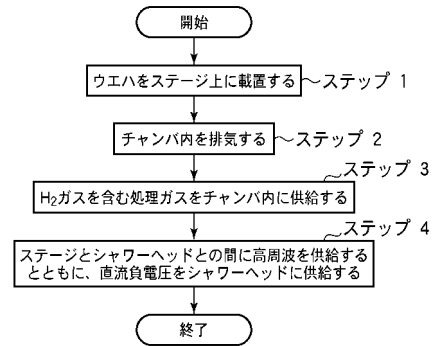
【図 1】



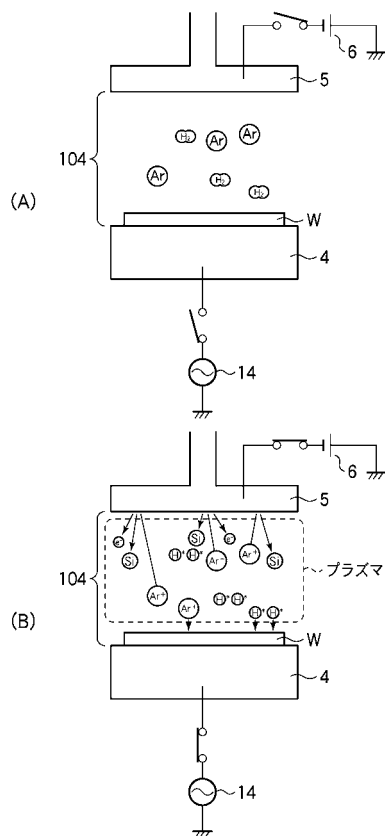
【図 2】



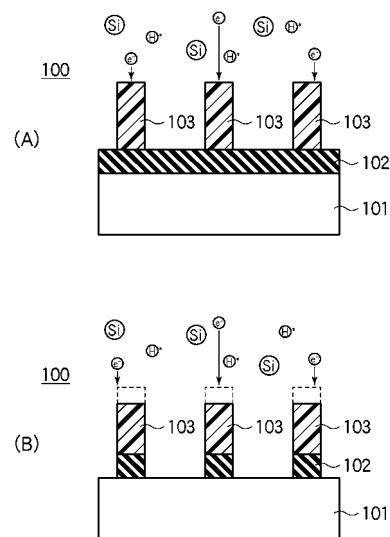
【図 3】



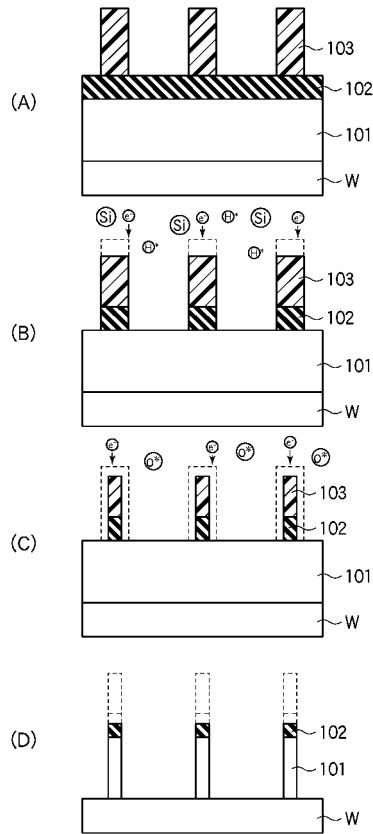
【図 4】



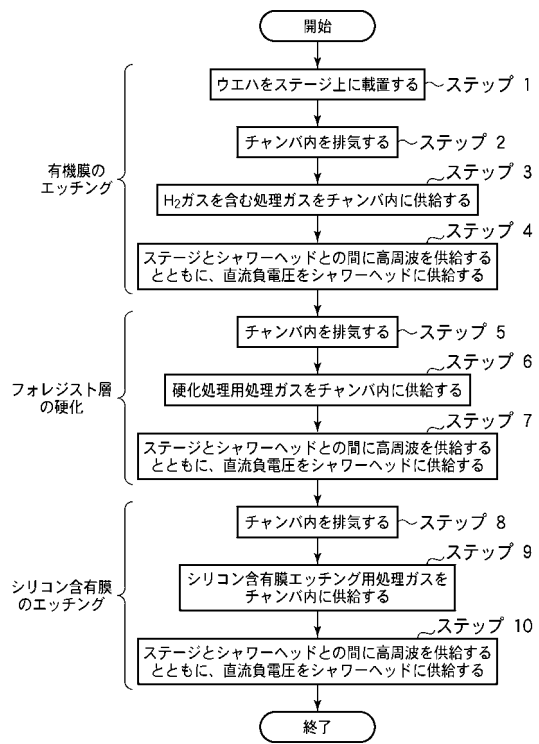
【図 5】



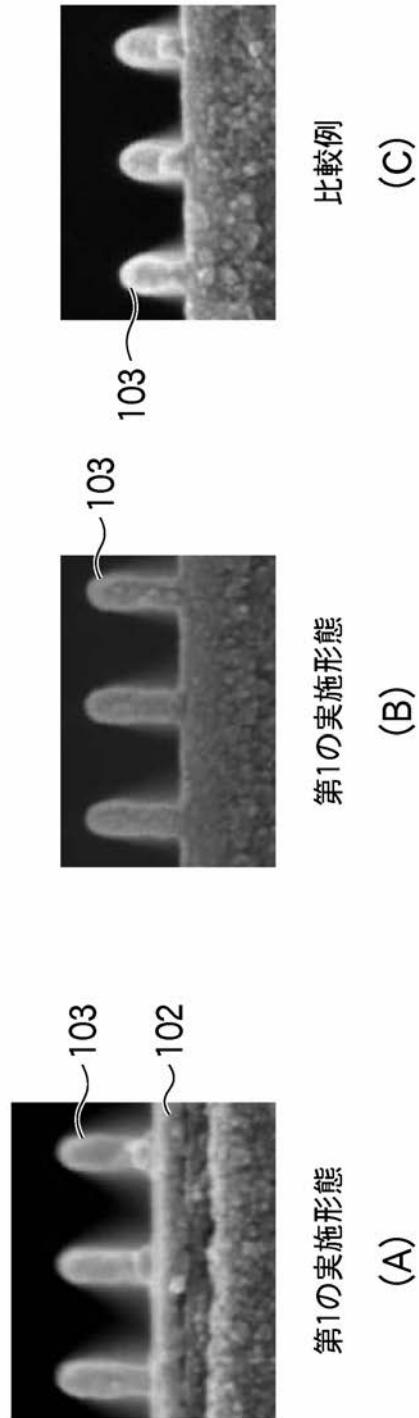
【図 8】



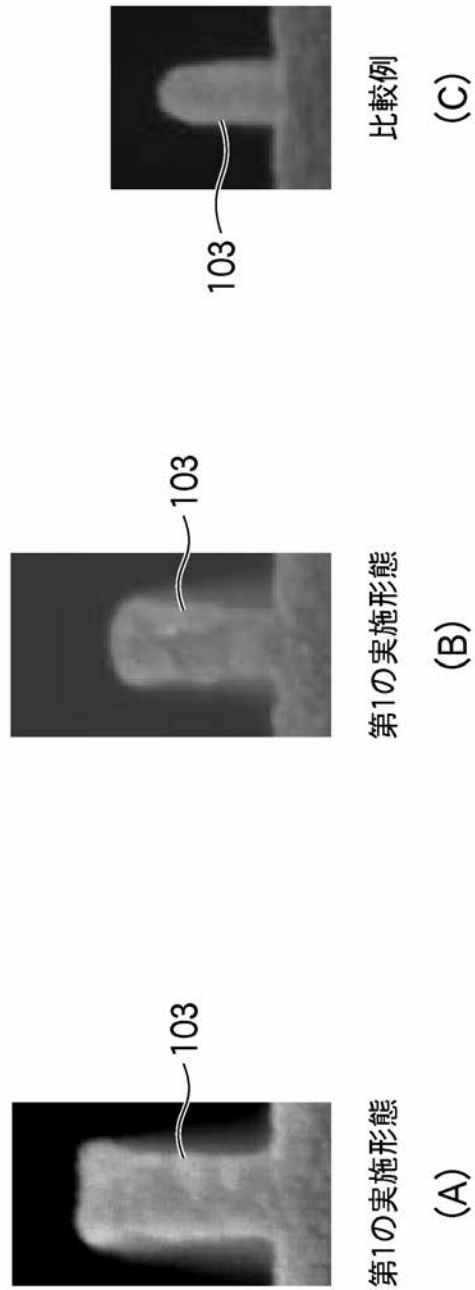
【図 9】



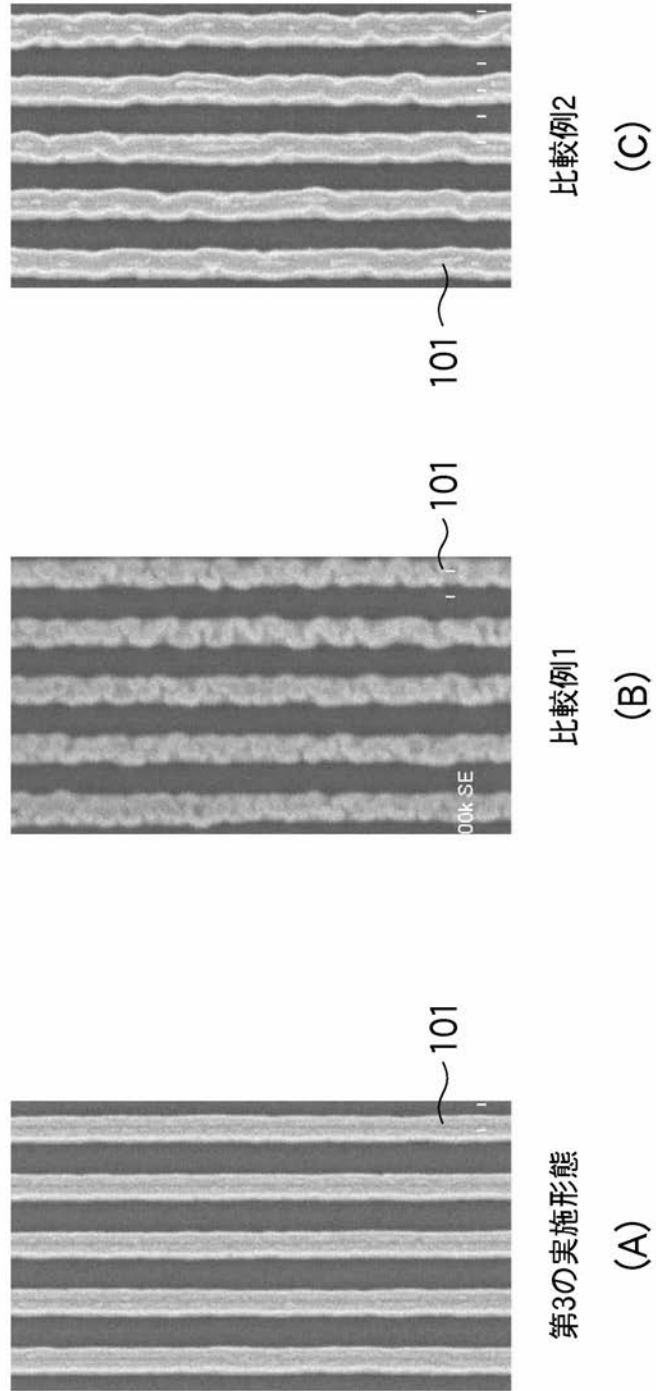
【図 6】



【図7】



【図 10】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-270018(JP,A)  
国際公開第2004/003988(WO,A1)  
特開2003-045821(JP,A)  
特開2007-317889(JP,A)

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