

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-206401

(P2009-206401A)

(43) 公開日 平成21年9月10日(2009.9.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O 5 A	5 F 0 0 4
HO 1 L 21/314 (2006.01)	HO 1 L 21/314 A	5 F 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-49500 (P2008-49500)  
 (22) 出願日 平成20年2月29日 (2008. 2. 29)

(71) 出願人 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 100077849  
 弁理士 須山 佐一  
 (72) 発明者 宇田 秀一郎  
 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 平山 祐介  
 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  
 Fターム(参考) 5F004 AA04 CA02 CA03 CA06 DA01  
 DA18 DA25 DA26 DB01 EA03  
 EA04 FA08  
 5F058 BA04 BA06 BA08 BC20 BF07  
 BJ03 BJ04

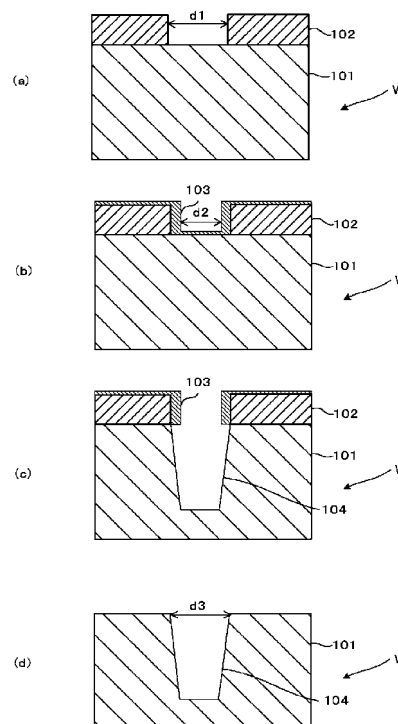
(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング方法、プラズマエッチング装置及びコンピュータ記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 アンダーカットの発生を抑制することができるとともに、従来に比べて高速に単結晶シリコンをエッチングすることのできるプラズマエッチング方法、プラズマエッチング装置及びコンピュータ記憶媒体を提供する。

【解決手段】 単結晶シリコン層101を、単結晶シリコン層101の上部に形成され所定のパターンにパターンニングされたフォトレジスト層102を介して処理ガスのプラズマによりエッチングする際に、単結晶シリコン層101のエッチングを行うプラズマエッチング工程を開始する前に、カーボンを含んだガス例えばCF系ガスのプラズマを用いてフォトレジスト層102の側壁部に保護膜103を形成する保護膜形成工程を行う。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

被処理基板の単結晶シリコン層を、当該単結晶シリコン層の上部に形成され所定のパターンにパターニングされた上層を介して処理ガスのプラズマによりエッチングするプラズマエッチング方法であって、

前記単結晶シリコン層のエッチングを行うプラズマエッチング工程を開始する前に、カーボンを含んだガスのプラズマを用いて前記上層の側壁部に保護膜を形成する保護膜形成工程を行うことを特徴とするプラズマエッチング方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載のプラズマエッチング方法であって、

前記プラズマエッチング工程の後に、前記上層の側壁部に形成された保護膜を除去するエッチング後保護膜除去工程を行うことを特徴とするプラズマエッチング方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載のプラズマエッチング方法であって、

前記保護膜形成工程と、前記プラズマエッチング工程との間に、前記単結晶シリコン層の表面に形成された前記保護膜の少なくとも一部を除去するエッチング前保護膜除去工程を行うことを特徴とするプラズマエッチング方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 いずれか 1 項記載のプラズマエッチング方法であって、

前記単結晶シリコン層のエッチングは、 $SF_6$  と  $O_2$  の混合ガスを処理ガスとして使用することを特徴とするプラズマエッチング方法。

## 【請求項 5】

請求項 4 記載のプラズマエッチング方法であって、

前記単結晶シリコン層のエッチングは、前記処理ガスの総流量に対して、 $O_2$  の流量が 5 % 以上となる流量比で行うことを特徴とするプラズマエッチング方法。

## 【請求項 6】

請求項 4 又は 5 記載のプラズマエッチング方法であって、

前記単結晶シリコン層のエッチングは、圧力が  $1.3 \times 10^{-3}$  Pa 以上となる雰囲気中で行うことを特徴とするプラズマエッチング方法。

## 【請求項 7】

被処理基板を収容する処理チャンパーと、

前記処理チャンパー内に処理ガスを供給する処理ガス供給手段と、

前記処理ガス供給手段から供給された前記処理ガスをプラズマ化して前記被処理基板を処理するプラズマ生成手段と、

前記処理チャンパー内で請求項 1 から請求項 6 いずれか 1 項記載のプラズマエッチング方法が行われるように制御する制御部と

を備えたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

## 【請求項 8】

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コンピュータ記憶媒体であって、

前記制御プログラムは、実行時に請求項 1 から請求項 6 いずれか 1 項記載のプラズマエッチング方法が行われるようにプラズマエッチング装置を制御することを特徴とするコンピュータ記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、単結晶シリコン層を処理ガスのプラズマによりエッチングするプラズマエッチング方法、プラズマエッチング装置及びコンピュータ記憶媒体に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

10

20

30

40

50

従来から、半導体装置の製造工程においては、フォトレジスト等をマスクとして、被処理基板としてのシリコンウエハを構成する単結晶シリコン等を処理ガスのプラズマによりエッチングするプラズマエッチングが行われている。

【0003】

上記のような単結晶シリコンのプラズマエッチングにおいては、 $SF_6$ と $O_2$ の混合ガスを処理ガスとして使用することが知られている。しかしながら、 $SF_6$ と $O_2$ の混合ガスを処理ガスとして使用した単結晶シリコンのプラズマエッチングでは、等方性エッチングによりアンダーカットが生じやすく、垂直な側壁形状を得ることが難しい。このため、単結晶シリコンの側壁に保護膜を形成する保護膜形成とエッチングとを交互に行う方法が知られている。また、酸化シリコン膜をマスクとして単結晶シリコンをエッチングする際に、上記の処理ガスに、フッ化ケイ素ガスを添加し、単結晶シリコンの側壁に保護膜を形成しながらエッチングを進行させることにより、アンダーカットの発生を抑制する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

10

【0004】

なお、絶縁膜をエッチングしてコンタクトホールを形成するプラズマエッチングでは、より微細化を行うために、絶縁膜の上層に形成されたシリコン窒化膜のエッチング中にシリコン窒化膜の側壁部にポリマーを堆積させて開口寸法を小さくし、これをマスクとして絶縁膜をエッチングすることにより、径の小さなコンタクトホールを形成する技術が知られている（例えば、特許文献2参照）。しかしながら、この技術は酸化膜等の絶縁膜をエッチングする技術であり、単結晶シリコンをエッチングする技術ではない。

20

【特許文献1】特開2004-87738号公報

【特許文献2】特開平11-330245号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のように、単結晶シリコンをプラズマエッチングする場合、従来はプラズマエッチングを行う処理ガスに、フッ化ケイ素ガス等を添加し、側壁保護膜を形成しつつエッチングを進行させることによって、アンダーカットの発生を抑制している。

【0006】

しかしながら、このような従来技術では、堆積性を発揮するガスを処理ガス中に添加するため、単結晶シリコンのエッチング速度が低下することが避けられないという課題があった。

30

【0007】

本発明は、上記従来の事情に対処してなされたもので、アンダーカットの発生を抑制することができるとともに、従来に比べて高速に単結晶シリコンをエッチングすることのできるプラズマエッチング方法、プラズマエッチング装置及びコンピュータ記憶媒体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1のプラズマエッチング方法は、被処理基板の単結晶シリコン層を、当該単結晶シリコン層の上部に形成され所定のパターンにパターンニングされた上層を介して処理ガスのプラズマによりエッチングするプラズマエッチング方法であって、前記単結晶シリコン層のエッチングを行うプラズマエッチング工程を開始する前に、カーボンを含んだガスのプラズマを用いて前記上層の側壁部に保護膜を形成する保護膜形成工程を行うことを特徴とする。

40

【0009】

請求項2のプラズマエッチング方法は、請求項1記載のプラズマエッチング方法であって、前記プラズマエッチング工程の後に、前記上層の側壁部に形成された保護膜を除去するエッチング後保護膜除去工程を行うことを特徴とする。

【0010】

50

請求項 3 のプラズマエッチング方法は、請求項 1 又は 2 記載のプラズマエッチング方法であって、前記保護膜形成工程と、前記プラズマエッチング工程との間に、前記単結晶シリコン層の表面に形成された前記保護膜の少なくとも一部を除去するエッチング前保護膜除去工程を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 のプラズマエッチング方法は、請求項 1 ~ 3 いずれか 1 項記載のプラズマエッチング方法であって、前記単結晶シリコン層のエッチングは、 $SF_6$ と $O_2$ の混合ガスを処理ガスとして使用することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

請求項 5 のプラズマエッチング方法は、請求項 4 記載のプラズマエッチング方法であって、前記単結晶シリコン層のエッチングは、前記処理ガスの総流量に対して、 $O_2$ の流量が 5 % 以上となる流量比で行うことを特徴とする。

10

【 0 0 1 3 】

請求項 6 のプラズマエッチング方法は、請求項 4 又は 5 記載のプラズマエッチング方法であって、前記単結晶シリコン層のエッチングは、圧力が 13 . 3 Pa 以上となる雰囲気中で行うことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 のプラズマエッチング装置は、被処理基板を収容する処理チャンバーと、前記処理チャンバー内に処理ガスを供給する処理ガス供給手段と、前記処理ガス供給手段から供給された前記処理ガスをプラズマ化して前記被処理基板を処理するプラズマ生成手段と、前記処理チャンバー内で請求項 1 から請求項 6 いずれか 1 項記載のプラズマエッチング方法が行われるように制御する制御部とを備えたことを特徴とする。

20

【 0 0 1 5 】

請求項 8 のコンピュータ記憶媒体は、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コンピュータ記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に請求項 1 から請求項 6 いずれか 1 項記載のプラズマエッチング方法が行われるようにプラズマエッチング装置を制御することを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、アンダーカットの発生を抑制することができるとともに、従来に比べて高速に単結晶シリコンをエッチングすることのできるプラズマエッチング方法、プラズマエッチング装置及びコンピュータ記憶媒体を提供することができる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図 1 は、本実施形態に係るプラズマエッチング方法における被処理基板としての半導体ウエハの断面構成を拡大して示すものである。また、図 2 は、本実施形態のプラズマエッチング装置の構成を示すものである。まず、図 2 を参照してプラズマエッチング装置の構成について説明する。

【 0 0 1 8 】

プラズマエッチング装置は、気密に構成され、電氣的に接地電位とされた処理チャンバー 1 を有している。この処理チャンバー 1 は、円筒状とされ、例えばアルミニウム等から構成されている。処理チャンバー 1 内には、被処理基板である半導体ウエハ W を水平に支持する下部電極としての載置台 2 が設けられている。載置台 2 は例えばアルミニウム等で構成されており、絶縁板 3 を介して導体の支持台 4 に支持されている。また、載置台 2 の上方の外周には、フォーカスリング 5 が設けられている。さらに、載置台 2 及び支持台 4 の周囲を囲むように、例えば石英等からなる円筒状の内壁部材 3 a が設けられている。

40

【 0 0 1 9 】

載置台 2 には、第 1 の整合器 11 a を介して第 1 の RF 電源 10 a が接続され、また、第 2 の整合器 11 b を介して第 2 の RF 電源 10 b が接続されている。第 1 の RF 電源 10 a は、プラズマ形成用のものであり、この第 1 の RF 電源 10 a からは所定周波数 (例

50

例えば27MHz以上)の高周波電力が載置台2に供給されるようになっている。また、第2のRF電源10bは、イオン引き込み用のものであり、この第2のRF電源10bからは第1のRF電源10aより低い所定周波数(例えば、13.56MHz以下)の高周波電力が載置台2に供給されるようになっている。一方、載置台2の上方には、載置台2と平行に対向するように、接地電位とされたシャワーヘッド16が設けられており、これらの載置台2とシャワーヘッド16は、一对の電極として機能するようになっている。

#### 【0020】

載置台2の上面には、半導体ウエハWを静電吸着するための静電チャック6が設けられている。この静電チャック6は絶縁体6bの間に電極6aを介在させて構成されており、電極6aには直流電源12が接続されている。そして電極6aに直流電源12から直流電圧が印加されることにより、クーロン力によって半導体ウエハWが吸着されるよう構成されている。

10

#### 【0021】

支持台4の内部には、冷媒流路4aが形成されており、冷媒流路4aには、冷媒入口配管4b、冷媒出口配管4cが接続されている。そして、冷媒流路4aの中に適宜の冷媒、例えば冷却水等を循環させることによって、支持台4及び載置台2を所定の温度に制御可能となっている。また、載置台2等を貫通するように、半導体ウエハWの裏面側にヘリウムガス等の冷熱伝達用ガス(バックサイドガス)を供給するためのバックサイドガス供給配管30が設けられており、このバックサイドガス供給配管30は、図示しないバックサイドガス供給源に接続されている。これらの構成によって、載置台2の上面に静電チャック6によって吸着保持された半導体ウエハWを、所定の温度に制御可能となっている。

20

#### 【0022】

上記したシャワーヘッド16は、処理チャンパー1の天壁部分に設けられている。シャワーヘッド16は、本体部16aと電極板をなす上部天板16bとを備えており、支持部材45を介して処理チャンパー1の上部に支持されている。本体部16aは、導電性材料、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムからなり、その下部に上部天板16bを着脱自在に支持できるように構成されている。

#### 【0023】

本体部16aの内部には、ガス拡散室16cが設けられ、このガス拡散室16cの下部に位置するように、本体部16aの底部には、多数のガス通流孔16dが形成されている。また、上部天板16bには、当該上部天板16bを厚さ方向に貫通するようにガス導入孔16eが、上記したガス通流孔16dと重なるように設けられている。このような構成により、ガス拡散室16cに供給された処理ガスは、ガス通流孔16d及びガス導入孔16eを介して処理チャンパー1内にシャワー状に分散されて供給されるようになっている。なお、本体部16a等には、冷媒を循環させるための図示しない配管が設けられており、プラズマエッチング処理中にシャワーヘッド16を所望温度に冷却できるようになっている。

30

#### 【0024】

上記した本体部16aには、ガス拡散室16cへ処理ガスを導入するためのガス導入口16dが形成されている。このガス導入口16dにはガス供給配管15aが接続されており、このガス供給配管15aの他端には、エッチング用の処理ガス(エッチングガス)を供給する処理ガス供給源15が接続されている。ガス供給配管15aには、上流側から順にマスフローコントローラ(MFC)15b、及び開閉弁V1が設けられている。そして、処理ガス供給源15からプラズマエッチングのための処理ガスとして、例えばSF<sub>6</sub>ガスとO<sub>2</sub>ガスとの混合ガスが、ガス供給配管15aを介してガス拡散室16cに供給され、このガス拡散室16cから、ガス通流孔16d及びガス導入孔16eを介して処理チャンパー1内にシャワー状に分散されて供給される。

40

#### 【0025】

処理チャンパー1の側壁からシャワーヘッド16の高さ位置よりも上方に延びるように円筒状の接地導体1aが設けられている。この円筒状の接地導体1aは、その上部に天壁

50

を有している。

【 0 0 2 6 】

処理チャンパー 1 の底部には、排気口 7 1 が形成されており、この排気口 7 1 には、排気管 7 2 を介して排気装置 7 3 が接続されている。排気装置 7 3 は、真空ポンプを有しており、この真空ポンプを作動させることにより処理チャンパー 1 内を所定の真空度まで減圧することができるようになっている。一方、処理チャンパー 1 の側壁には、ウエハ W の搬入・搬出口 7 4 が設けられており、この搬入・搬出口 7 4 には、当該搬入・搬出口 7 4 を開閉するゲートバルブ 7 5 が設けられている。

【 0 0 2 7 】

図中 7 6 , 7 7 は、着脱自在とされたデポシールドである。デポシールド 7 6 は、処理チャンパー 1 の内壁面に沿って設けられ、処理チャンパー 1 にエッチング副生物 ( デポ ) が付着することを防止する役割を有し、このデポシールド 7 6 の半導体ウエハ W と略同じ高さ位置には、グラウンドに DC 的に接続された導電性部材 ( GND ブロック ) 7 9 が設けられており、これにより異常放電が防止される。

【 0 0 2 8 】

上記構成のプラズマエッチング装置は、制御部 6 0 によって、その動作が統括的に制御される。この制御部 6 0 には、CPU を備えプラズマエッチング装置の各部を制御するプロセスコントローラ 6 1 と、ユーザインターフェース 6 2 と、記憶部 6 3 とが設けられている。

【 0 0 2 9 】

ユーザインターフェース 6 2 は、工程管理者がプラズマエッチング装置を管理するためにコマンドの入力操作を行うキーボードや、プラズマエッチング装置の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等から構成されている。

【 0 0 3 0 】

記憶部 6 3 には、プラズマエッチング装置で実行される各種処理をプロセスコントローラ 6 1 の制御にて実現するための制御プログラム ( ソフトウェア ) や処理条件データ等が記憶されたレシピが格納されている。そして、必要に応じて、ユーザインターフェース 6 2 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 6 3 から呼び出してプロセスコントローラ 6 1 に実行させることで、プロセスコントローラ 6 1 の制御下で、プラズマエッチング装置での所望の処理が行われる。また、制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータで読取り可能なコンピュータ記憶媒体 ( 例えば、ハードディスク、CD、フレキシブルディスク、半導体メモリ等 ) などに格納された状態のものを利用したり、或いは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用したりすることも可能である。

【 0 0 3 1 】

このように構成されたプラズマエッチング装置で、半導体ウエハ W の単結晶シリコン等をプラズマエッチングする手順について説明する。まず、ゲートバルブ 7 5 が開かれ、半導体ウエハ W が図示しない搬送ロボット等により、図示しないロードロック室を介して搬入・搬出口 7 4 から処理チャンパー 1 内に搬入され、載置台 2 上に載置される。この後、搬送ロボットを処理チャンパー 1 外に退避させ、ゲートバルブ 7 5 を閉じる。そして、排気装置 7 3 の真空ポンプにより排気口 7 1 を介して処理チャンパー 1 内が排気される。

【 0 0 3 2 】

処理チャンパー 1 内が所定の真空度になった後、処理チャンパー 1 内には処理ガス供給源 1 5 から所定の処理ガス ( エッチングガス ) が導入され、処理チャンパー 1 内が所定の圧力、例えば 2 6 . 6 Pa ( 2 0 0 mTorr ) に保持され、この状態で第 1 の RF 電源 1 0 a から載置台 2 に、周波数の高い高周波電力が供給される。また、第 2 の RF 電源 1 0 b からは、イオン引き込みのため、載置台 2 に第 1 の RF 電源 1 0 a より周波数の低い高周波電力が供給される。このとき、直流電源 1 2 から静電チャック 6 の電極 6 a に所定の直流電圧が印加され、半導体ウエハ W はクーロン力により吸着される。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

この場合に、上述のようにして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 16 と下部電極である載置台 2 との間には電界が形成される。半導体ウエハ W が存在する処理空間には放電が生じ、それによって形成された処理ガスのプラズマにより、半導体ウエハ W 上に形成されたポリシリコン、アモルファスシリコン等のシリコンがエッチング処理される。

【0034】

そして、上記したエッチング処理が終了すると、高周波電力の供給及び処理ガスの供給が停止され、上記した手順とは逆の手順で、半導体ウエハ W が処理チャンパー 1 内から搬出される。

【0035】

次に、図 1 を参照して、上記したプラズマエッチング装置を用いた本実施形態に係るプラズマエッチング方法について説明する。図 1 は、本実施形態における被処理基板としての半導体ウエハ W の要部構成を拡大して示すものである。図 1 ( a ) に示すように、半導体ウエハ W を構成する単結晶シリコン層 101 の表面には、所定のパターンにパターンニングされたフォトレジスト層 102 が形成されている。

【0036】

本実施形態では、まず、図 1 ( b ) に示すように、主としてフォトレジスト層 102 のパターンの側壁部分に、保護膜 103 を形成する保護膜形成工程を行う。この工程では、後述する単結晶シリコン層 101 のプラズマエッチングの際に、エッチングされ難い材料からなる保護膜 103 を形成するためのものであり、カーボンを含んだガス、例えば C F 系ガス（例えば、 $C_4F_8$ ）のプラズマを用いて行い有機系の膜を形成することにより行う。

【0037】

$C_4F_8$  ガスを用いた場合、圧力範囲を例えば  $6.65 \sim 133 \text{ Pa}$  ( $50 \sim 1000 \text{ mTorr}$ ) 程度とすることが好ましく、さらには、 $13.3 \sim 53.2 \text{ Pa}$  ( $100 \sim 400 \text{ Torr}$ ) 程度とすることが好ましい。また、ガス流量は、 $50 \sim 1000 \text{ sccm}$  程度とすることが好ましく、さらには、 $300 \sim 600 \text{ sccm}$  程度とすることが好ましい。また、必要に応じて他のガス例えば  $CH_4$  ガス等を添加してもよい。 $CH_4$  ガスを添加すると、カーボンリッチな保護膜 103 を形成することができ、フッ素ラジカルに対して強い保護膜 103 を形成することができる。

【0038】

また、第 1 の R F 電源 10 a から印加するプラズマ生成用の周波数の高い高周波電力の電圧は、例えば  $1000 \sim 3000 \text{ V}$  程度とすることが好ましく、さらには、略  $2000 \text{ V}$  程度とすることが好ましい。一方、第 2 の R F 電源 10 b から印加するバイアス用の周波数の低い高周波電力の電圧は、例えば  $100 \sim 1000 \text{ V}$  程度とすることが好ましく、さらには、略  $200 \text{ V}$  程度とすることが好ましい。この保護膜形成工程に要する時間は、 $5 \sim 120$  秒程度である。

【0039】

フォトレジスト層 102 のパターンの側壁部分に形成される保護膜 103 は、厚さが  $0.5 \mu\text{m}$  以上となるように形成することが好ましい。この場合、保護膜 103 は、フォトレジスト層 102 の表面及びパターン底部の単結晶シリコン層 101 表面にも形成されるが、このうち、単結晶シリコン層 101 表面に形成される保護膜 103 は、薄い方が好ましく、 $0.1 \mu\text{m}$  未満とすることが好ましい。このように、パターンの側壁部に形成される保護膜 103 を厚くし、底部に形成される保護膜 103 を薄くするには、第 2 の R F 電源 10 b から印加するバイアス電圧を調整して、底部に形成される保護膜をスパッタしつつこれを側壁に付着させること等によって実現することができる。

【0040】

なお、単結晶シリコン層 101 表面（パターンの底部）に形成された保護膜 103 の厚さが  $0.1 \mu\text{m}$  以上となった場合は、次の単結晶シリコン層 101 のプラズマエッチング工程を行う前に、この単結晶シリコン層 101 表面に形成された保護膜 103 の少なくと

10

20

30

40

50

も一部を除去するエッチング前保護膜除去工程を行うことが好ましい。これによって、単結晶シリコン層 101 のプラズマエッチング工程において、単結晶シリコン層 101 のエッチングを迅速に行うことができる。このエッチング前保護膜除去工程は、後述するエッチング後保護膜除去工程と同様なプロセスによって行うことができる。但し、単結晶シリコン層 101 表面（パターンの底部）に形成された保護膜 103 を主として除去するため、第 2 の RF 電源 10b から印加するバイアス用の周波数の低い高周波電力の電圧をある程度高くすることが好ましい。

#### 【0041】

次に、図 1 (c) に示すように、パターンの側壁部に保護膜 103 が形成されたフォトレジスト層 102 をマスクとして、単結晶シリコン層 101 のプラズマエッチングを行い、フォトレジスト層 102 にマスクの形状に応じた孔又は溝 104 を形成する。この単結晶シリコン層 101 のプラズマエッチング工程では、 $SF_6$  と  $O_2$  の混合ガスを処理ガスとして使用する。

10

#### 【0042】

図 3 のグラフは、縦軸を  $Si$  のエッチングレート及びサイドエッチング値、横軸を圧力として、 $SF_6$  と  $O_2$  の混合ガスを処理ガスとして使用したプラズマエッチング工程における圧力と  $Si$  のエッチングレート及びサイドエッチング値との関係を測定した結果を示すものである。この図 3 のグラフに示されるように、プラズマエッチング工程における圧力が高い方が、 $Si$  のエッチングレートが高くなるとともに、サイドエッチング量も多くなる。このため、高いエッチングレートで高速にエッチングを行うためには、プラズマエッチング工程における圧力範囲は、例えば  $13.3 \sim 133 Pa$  ( $100 \sim 1000 mTorr$ ) 程度とすることが好ましく、さらには、 $26.6 Pa$  ( $200 mTorr$ ) 程度とすることが好ましい。この場合、サイドエッチング量も増加するが、本実施形態のように予めレジスト層 102 の側壁部に保護膜 103 を形成することによって、最終的に得られるエッチング形状に与えるサイドエッチングの影響を抑制することができる。

20

#### 【0043】

また、 $SF_6$  混合ガスのガス流量は、 $100 \sim 1000 sccm$  程度とすることが好ましく、さらには、略  $400 sccm$  程度とすることが好ましい。また、 $O_2$  ガスのガス流量は、 $10 \sim 500 sccm$  程度とすることが好ましく、さらには、略  $80 sccm$  程度とすることが好ましい。また、必要に応じて他のガス、例えば  $CF_4$ 、 $N_2$  等を添加してもよい。図 4 のグラフは、縦軸を  $Si$  のエッチングレート、横軸を  $O_2$  の流量比 ( $O_2$  ガス流量 / 全ガス流量) として、これらの関係を測定した結果を示すものである。この図 4 のグラフに示すように、 $O_2$  の流量比は、ある程度高くした方が、 $Si$  のエッチングレートが高くなり、一定以上  $O_2$  の流量比を高くすると逆に  $Si$  のエッチングレートが低くなる。このため、 $O_2$  の流量比 ( $O_2$  ガス流量 / 全ガス流量 ( $SF_6$  ガス流量 +  $O_2$  ガス流量)) は、5% 以上 50% 以下の範囲とすることが好ましい。

30

#### 【0044】

また、第 1 の RF 電源 10a から印加するプラズマ生成用の周波数の高い高周波電力の電圧は、例えば  $500 \sim 3000 V$  程度とすることが好ましく、さらには、略  $1500 V$  程度とすることが好ましい。一方、第 2 の RF 電源 10b から印加するバイアス用の周波数の低い高周波電力の電圧は、例えば  $0 \sim 1000 V$  程度とすることが好ましく、さらには、略  $100 V$  程度とすることが好ましい。このプラズマエッチング工程に要する時間は、 $30 \sim 1200$  秒程度である。

40

#### 【0045】

しかる後、図 1 (d) に示すように、フォトレジスト層 102 及び保護膜 103 を除去するエッチング後保護膜除去工程を行う。この工程は、処理ガスとして  $O_2$  ガスを使用した酸素プラズマによるアッシング等によって行うことができる。この場合、エッチング後保護膜除去工程における圧力範囲は、例えば  $13.3 \sim 106 Pa$  ( $100 \sim 800 mTorr$ ) 程度とすることが好ましく、さらには、略  $26.6 Pa$  ( $200 mTorr$ ) 程度とすることが好ましい。また、 $O_2$  ガスのガス流量は、 $200 \sim 2000 sccm$  程度とすることが

50



好ましく、さらには、略600 s c c m程度とすることが好ましい。また、必要に応じて他のガス、例えばCF<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>等を添加してもよい。

【0046】

また、第1のRF電源10aから印加するプラズマ生成用の周波数の高い高周波電力の電圧は、例えば500～3000V程度とすることが好ましく、さらには略1000V程度とすることが好ましい。一方、第2のRF電源10bから印加するバイアス用の周波数の低い高周波電力の電圧は、例えば0～500V程度とすることが好ましく、さらには略100V程度とすることが好ましい。このエッチング後保護膜除去工程に要する時間は、0～300秒程度である。

【0047】

以上のように、本実施形態では、保護膜形成工程によってパターンの側壁部に保護膜103を形成したフォトレジスト層102をマスクとして、単結晶シリコン層101のプラズマエッチングを行う。このため、高いエッチングレートで単結晶シリコン層101のプラズマエッチングを行うことによって、単結晶シリコン層101のフォトレジスト層102直下の部分にサイドエッチングが進行しても、予め保護膜103によって、パターンの開口部分の寸法(図1(b)に示すd2)が小さくなっているため、サイドエッチングされた部分の寸法(図1(d)に示すd3)を、目的とした最初のパターンの寸法(図1(a)に示すd1)に近づけることができる。

【0048】

すなわち、予めフォトレジスト層102の側壁部に保護膜103を形成しておくことによって、フォトレジスト層102直下の部分に生じるサイドエッチングによるアンダーカットが最終的なエッチング形状に与える影響を、軽減することができる。

【0049】

実施例として、実際に上記の実施形態の工程によるプラズマエッチングを行ったところ、単結晶シリコン層101のプラズマエッチング工程における圧力を26.6Pa(200mTorr)、O<sub>2</sub>ガスの流量比を21%とすることにより、31μm/minという高いエッチングレートで、単結晶シリコン層101をエッチングすることができた。また、サイドエッチングによるアンダーカット(上記したd1に対するd3の拡がり)も略0とすることができた。

【0050】

以上説明したとおり、本実施形態によれば、アンダーカットの発生を抑制することができる。従来に比べて高速に単結晶シリコンをエッチングすることができる。なお、本発明は上記の実施形態及び実施例に限定されるものではなく、各種の変形が可能である。例えば、プラズマエッチング装置は、図2に示した平行平板型の下部2周波印加型に限らず、上下2周波印加型のプラズマエッチング装置や、下部1周波印加型のプラズマエッチング装置等の他、各種のプラズマエッチング装置を使用することができる。

【0051】

また、上記の実施形態では、単結晶シリコン層101の上にフォトレジスト層102が形成されている場合について説明したが、図5に示すように、単結晶シリコン層101とフォトレジスト層102との間に他の材料からなる層、例えば多層膜105が介在している場合であってもよい。この場合、多層膜105をエッチングした後、フォトレジスト層102の側壁部と多層膜105の側壁部に保護膜103を形成し、その後、単結晶シリコン層101のエッチングを行う。また、単結晶シリコン層101の上に形成されているパターンングされた層は、フォトレジスト層102に限らず、他の材料からなるハードマスク等であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明のプラズマエッチング方法の実施形態に係る半導体ウエハの断面構成を示す図。

【図2】本発明の実施形態に係るプラズマエッチング装置の概略構成を示す図。

10

20

30

40

50

【図3】プラズマエッチング工程における圧力とSiのエッチングレート及びサイドエッチング値との関係を測定した結果を示すグラフ。

【図4】SiのエッチングレートとO<sub>2</sub>の流量比(O<sub>2</sub>ガス流量/全ガス流量)との関係を測定した結果を示すグラフ。

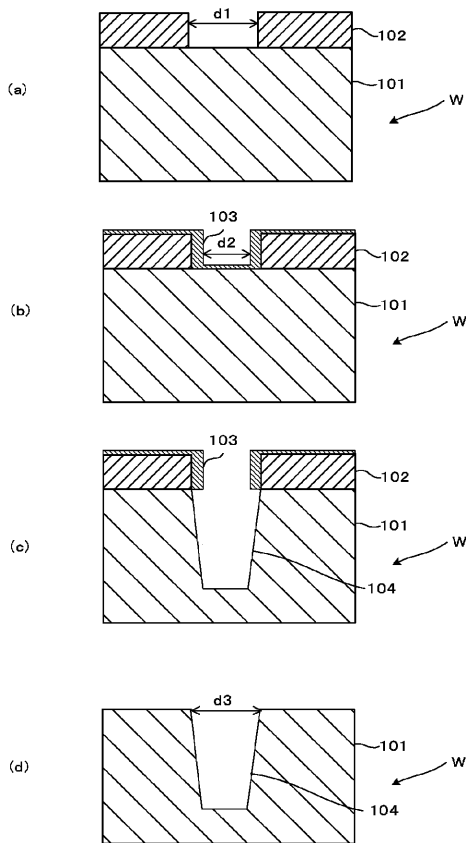
【図5】変形例に係る半導体ウエハの断面構成を示す図。

【符号の説明】

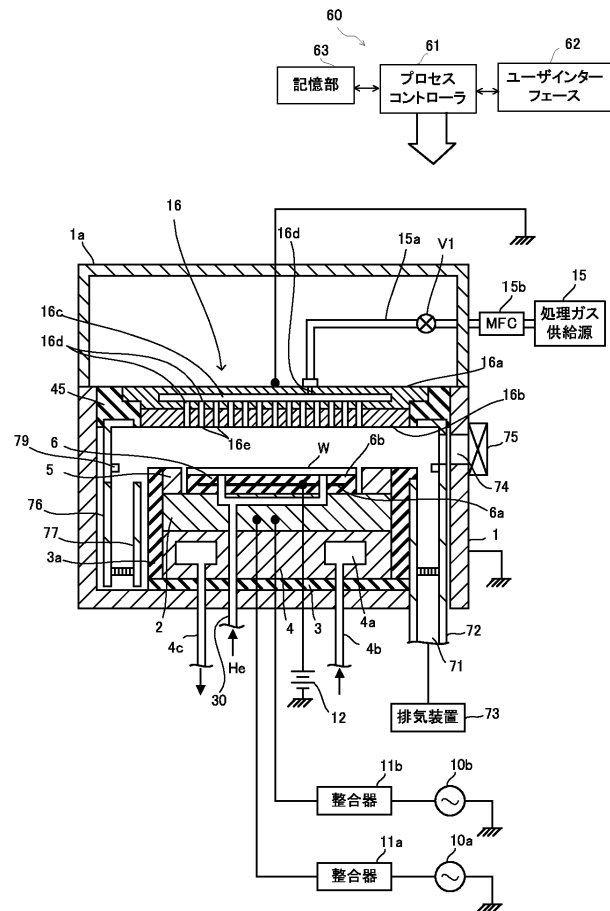
【0053】

101.....単結晶シリコン層、102.....フォトリソスト層、103.....保護膜、104.....孔又は溝。

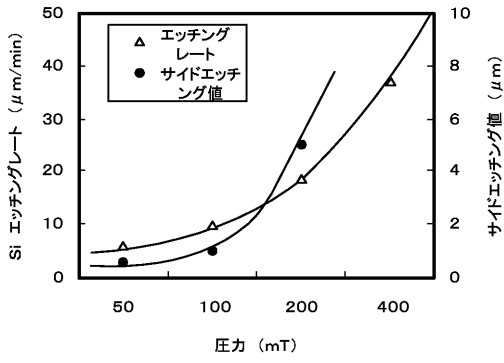
【図1】



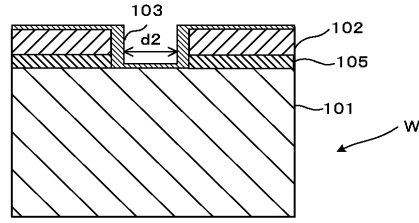
【図2】



【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】

