

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6329839号  
(P6329839)

(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 1
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 B
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 5 H 1/46 M
C 23 C 14/34 (2006.01)	C 23 C 14/34 A
C 23 C 14/06 (2006.01)	C 23 C 14/06 G
	C 23 C 14/34 T

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-153894 (P2014-153894)  
 (22) 出願日 平成26年7月29日 (2014.7.29)  
 (65) 公開番号 特開2016-32028 (P2016-32028A)  
 (43) 公開日 平成28年3月7日 (2016.3.7)  
 審査請求日 平成29年4月13日 (2017.4.13)

(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 100107766  
 弁理士 伊東 忠重  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (72) 発明者 木原 嘉英  
 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 本田 昌伸  
 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】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、  
 前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、

直流電力を供給する直流電源と、  
 前記チャンバ内にガスを供給するガス供給部と、  
 前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給することにより生成されたプラズマによって反応生成物の膜を成膜する工程と、前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力と直流電力を供給することにより、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、前記反応生成物の膜を成膜する工程の後に該反応生成物の膜をスパッタリングする工程にて前記第1の電極に載置された基板上に膜を成膜した後に前記基板をエッティングする工程と、を行うように制御する制御部と、

を有するプラズマ処理装置。

## 【請求項 2】

チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、  
 前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、

前記チャンバ内にガスを供給するガス供給部と、

10

20

前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給することにより生成されたプラズマによって反応生成物の膜を成膜する工程と、前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、前記第2の電極へ供給される高周波電力の周波数よりも低い周波数の高周波電力を前記第1の電極に供給することにより、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、前記反応生成物の膜を成膜する工程の後に該反応生成物の膜をスパッタリングする工程にて前記第1の電極に載置された基板上に膜を成膜した後に前記基板をエッティングする工程と、を行うように制御する制御部と、

を有するプラズマ処理装置。

【請求項3】

10

前記所定のギャップは、80mm以上である、

請求項1又は2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】

前記反応生成物の膜は、シリコン含有膜又はカーボン含有膜である、

請求項1～3のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】

前記制御部は、前記第2の電極に前記反応生成物の膜を成膜した後、同一のチャンバ内にてスパッタリングされた反応生成物により前記第1の電極に載置された基板上に膜を成膜する、

請求項1～4のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項6】

前記第1のガスは、 $C_4F_8$ ガス、 $CHF_3$ ガス又は $CH_2F_2$ ガスの少なくとも一つを含んだガスであり、前記第2のガスは、アルゴンガス又は水素ガスの少なくとも一つを含んだ不活性ガスである、

請求項1～5のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】

チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、を有するプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、

前記第1の電極に前記基板を載置する工程と、

30

前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記第2の電極に反応生成物の膜を成膜する工程と、

前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力と直流電力とを供給し、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、

前記反応生成物の膜を成膜する工程の後に該反応生成物の膜をスパッタリングする工程にて前記第1の電極に載置された基板上に膜を成膜した後に前記基板をエッティングする工程と、

を含むプラズマ処理方法。

【請求項8】

40

チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、を有するプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、

前記第1の電極に前記基板を載置する工程と、

前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記第2の電極に反応生成物の膜を成膜する工程と、

前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、前記第1の電極に前記第2の電極に供給される高周波電力の周波数よりも低い周波数の第2の高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、

前記反応生成物の膜を成膜する工程の後に該反応生成物の膜をスパッタリングする工程

50

にて前記第1の電極に載置された基板上に膜を成膜した後に前記基板をエッチングする工程と、

を含むプラズマ処理方法。

【請求項9】

前記所定のギャップは、80mm以上である、

請求項7又は8に記載のプラズマ処理方法。

【請求項10】

前記反応生成物の膜を成膜する工程は、シリコン含有膜又はカーボン含有膜を成膜する

、  
請求項7～9のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項11】

前記反応生成物の膜を成膜する工程は、 $C_4F_8$ ガス、 $CHF_3$ ガス、 $CH_2F_2$ ガスの少なくとも一つのガスを含んだガスを前記第1のガスとして供給し、前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程は、アルゴンガス、水素ガスの少なくとも一つのガスを含んだ不活性ガスを前記第2のガスとして供給する、

請求項7～10のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項12】

前記反応生成物の膜を成膜する工程の後に、前記スパッタリングする工程が実行される

、  
請求項7～11のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ターゲット材に対して直流電力を印加し、ターゲット材をスパッタリングして膜を成膜する方法が提案されている（例えば、特許文献1、2を参照）。例えば、特許文献1では、ターゲット材に対してパルス状の直流電力を印加することにより、コンタクトホールやスルーホール、配線溝等の内壁面に対して膜を成膜するスパッタ成膜方法が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-280916号公報

【特許文献2】特開2004-266112号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1、2では、チャンバ内に配置したターゲット材に対してスパッタリングが実行されるため、チャンバ内に予め配置することに適したターゲット材を有しない膜に対して、上記スパッタ成膜方法を使用することは困難である。

40

【0005】

例えば、カーボン（C）とフッ素（F）とを含む膜のようにチャンバ内に予め配置することに適したターゲット材を有しない膜に対してスパッタリングによる成膜が望まれる。

【0006】

上記課題に対して、一側面では、本発明は、チャンバ内の電極にターゲットとして機能する膜を成膜し、成膜された膜をスパッタリングすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

上記課題を解決するために、一の態様によれば、チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、直流電力を供給する直流電源と、前記チャンバ内にガスを供給するガス供給部と、前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給することにより生成されたプラズマによって反応生成物の膜を成膜する工程と、前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力と直流電力を供給することにより、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、を行うように制御する制御部と、を有するプラズマ処理装置が提供される。

また、一の態様によれば、チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、前記チャンバ内にガスを供給するガス供給部と、前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給することにより生成されたプラズマによって反応生成物の膜を成膜する工程と、前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、前記第2の電極へ供給される高周波電力の周波数よりも低い周波数の高周波電力を前記第1の電極に供給することにより、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、を行うように制御する制御部と、を有するプラズマ処理装置が提供される。

また、一の態様によれば、チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、を有するプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、前記第1の電極に前記基板を載置する工程と、前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記第2の電極に反応生成物の膜を成膜する工程と、前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力と直流電力を供給し、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、を含むプラズマ処理方法が提供される。

また、一の態様によれば、チャンバ内において基板を載置する第1の電極と、前記チャンバ内において前記第1の電極と所定のギャップで対向して配置される第2の電極と、を有するプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、前記第1の電極に前記基板を載置する工程と、前記チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記第2の電極に反応生成物の膜を成膜する工程と、前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に高周波電力を供給し、前記第1の電極に前記第2の電極に供給される高周波電力の周波数よりも低い周波数の第2の高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、を含むプラズマ処理方法が提供される。

#### 【発明の効果】

#### 【0008】

一の態様によれば、チャンバ内の電極にターゲット材として機能する膜を成膜し、成膜された膜をスパッタリングすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0009】

【図1】一実施形態に係るプラズマ処理装置の全体構成の一例を示す図。

【図2】一実施形態に係るプラズマ処理方法の一例を示すフローチャート。

【図3】一実施形態に係るプラズマ処理方法の効果の一例を示す図。

【図4】一実施形態に係る直流電圧印加時間とマスクの幅との関係を示す図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0010】

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

#### 【0011】

10

20

30

40

50

## [ プラズマ処理装置の全体構成 ]

まず、本発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置10の全体構成について、図1を参考しながら説明する。プラズマ処理装置10は、たとえばアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属製の円筒型のチャンバ12を有している。チャンバ12は接地されている。チャンバ12の上部は開口され、その開口には絶縁体14を介して上部電極15が設置されている。これにより、チャンバ12の開口を閉塞する蓋部が形成される。

## 【 0012 】

チャンバ12内には、半導体ウエハW(以下、ウエハWと称呼する)を載置する載置台20が設けられている。載置台20は、例えはアルミニウムからなり、図示しない絶縁性の保持部を介してチャンバ12に支持されている。載置台20の上面にはウエハWを載置する静電チャック22が設けられている。静電チャック22は、静電チャック22内部の電極板22aに直流電力を印加することで発生するクーロン力によりウエハWを載置台20に静電吸着し、保持する。ウエハWの周縁部には、フォーカスリング26が設けられている。フォーカスリング26は、シリコンや石英により形成されている。

## 【 0013 】

載置台20には、図示しない整合器を介して高周波電力源28が接続されている。高周波電力源28は、たとえは400kHz以上のバイアス用の高周波電力RF(LF)を載置台20に印加する。これにより、載置台20は下部電極としても機能する。

## 【 0014 】

チャンバ12の天井部には、上部電極15及び上部電極15を支持する電極支持体16が設けられている。上部電極15は、載置台20と対向し、その対向面には多数のガス孔15aが設けられている。上部電極15は、例えはSi, SiC、石英等の部材で形成されている。電極支持体16は、上部電極15を支持し、例えはアルミニウム等の導電性部材で形成されている。

## 【 0015 】

ガス供給源32から出力されたガスは、ガス拡散質30を通じて多数のガス孔15aからチャンバ12内にシャワー状に供給される。これにより、上部電極15はシャワーヘッドとしても機能する。

## 【 0016 】

上部電極15には、高周波電力源18から図示しない整合器を介してたとえは60MHzのプラズマ生成用の高周波電力RF(HF)が印加される。これにより、高周波電力源18からの高周波電力は載置台20とシャワーヘッドとの間に容量的に印加される。高周波電力源18は、高周波電力源28よりも高い周波数の高周波電力を供給する。

## 【 0017 】

なお、下部電極(載置台20)は、ウェハWを載置する第1の電極の一例である。また、上部電極15は、下部電極と対向して配置される第2の電極の一例である。また、高周波電力源18は、上部電極15に第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源の一例である。また、高周波電力源28は、第1の高周波電力よりも低い周波数の第2の高周波電力を供給する第2の高周波電源の一例である。

## 【 0018 】

後述されるスパッタ処理は、直流電源19から供給される直流(DC)電力を上部電極15に印加して実行される。この場合、上部電極15はシリコン(Si)材で形成されることが好ましい。他方、上部電極15上に、例えは、400kHz程度のバイアス用の高周波電力を印加してスパッタ処理を実行するようにしてもよい。この場合、上部電極15は必ずしもシリコンで形成される必要はなく、石英を用いてもよい。なお、直流電源19は、上部電極15に直流電力を供給する直流電源の一例である。

## 【 0019 】

載置台20の側壁とチャンバ12の側壁との間には排気路34が形成されている。排気路34中にはバッフル板36が設けられ、ガスの流れを整えるようになっている。チャンバ12内のガスは、排気路34を通じて図示しない排気装置によりチャンバ12外に排気

10

20

30

40

50

され、これにより、チャンバ12内を所定の真空度まで減圧する。

【0020】

プラズマ処理装置10には、装置全体の動作を制御する制御部200が設けられている。制御部200は、CPU(Central Processing Unit)205、ROM(Read Only Memory)210、RAM(Random Access Memory)215及びHDD(Hard Disk Drive)220を有している。CPU205は、各種レシピに従って、後述されるプラズマ処理を実行する。レシピには、各プロセスに対する装置の制御情報であるプロセス時間、圧力(ガスの排気)、高周波電力や電圧、各種プロセスガス流量、チャンバ内温度(上部電極温度、チャンバの側壁温度、ESC温度など)などが記載されている。なお、レシピは、RAM215やHDD220や図示しない半導体メモリに記憶されてもよい。また、レシピは、CD-ROM、DVD等の可搬性のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に保存されてもよい。

【0021】

以上、本実施形態に係るプラズマ処理装置10の全体構成について説明した。かかる構成のプラズマ処理装置10では、まず、ウェハWが、チャンバ12に設けられたゲートバルブ40から搬入され、静電チャック22上に保持される。この状態で、ガスと高周波電力とが供給され、生成されたプラズマにより後述される(1)上部電極への成膜処理、(2)スパッタによるウェハWへの成膜処理、(3)エッチング処理、(4)ウェハレスドライクリーニング処理、が同一チャンバ12内で順に実行される。

(1)上部電極への成膜処理

本実施形態にかかる上部電極15への成膜処理では、プラズマ処理装置10は、上部電極15に成膜用のガス(第1のガス)と高周波電力RF(HF)とを供給することによりプラズマを生成する。プラズマの作用により、主に上部電極15の下面に反応生成物の膜が成膜される。

【0022】

本実施形態では、上部電極15及び載置台20間のギャップは、80mm以上に設定されている。このようにギャップを80mm以上と広く設定することで、チャンバ12内が高圧状態(例えば、13.3Pa以上)の場合には、ガス密度が増加し気体分子の平均自由行程が短くなり、分子間の衝突頻度が高くなる。プラズマ内部のラジカル及びイオン間などの衝突頻度も高くなることから、プラズマは失活してしまい拡散ができなくなるためにプラズマは、主に上部電極15の付近で生成される。よって、プラズマから生成される反応生成物のほとんどは、載置台20と対向する上部電極15のプラズマ面に堆積し、ウェハWの上面まで到達しない。これにより、上部電極15上に反応生成物の膜を成膜することができる。

【0023】

上部電極15に成膜する反応生成物は、シリコン(Si)膜、カーボン(C)膜、カーボン(C)とフッ素(F)とを含む膜(以下、「CF系膜」ともいう。)、SiO<sub>2</sub>膜などのシリコン含有膜、カーボン含有膜等であり得る。

【0024】

例えば、CF系膜を上部電極15上に成膜する場合、チャンバ12内に供給されるガスとしては、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガス、CHF<sub>3</sub>ガス及びCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>ガスの单一ガス、或いは、これらの少なくとも一つのガスを含んだ混合ガスが一例として挙げられる。

【0025】

特に、CF系膜は、チャンバ12内に予め配置することに適したターゲット材が存在しない。このため、本実施形態にかかるプラズマ処理装置10では、チャンバ12内にCF系膜を成膜後、同一チャンバ12内にてCF系膜をスパッタリングすることでターゲット材の材質に関係なくスパッタ処理を可能とすることを特徴の一つとする。

【0026】

なお、上部電極15が石英(SiO<sub>2</sub>)の場合、反応生成物の膜をSi膜又はSi含有膜とすることで、SiO膜をウェハW上に成膜することができる。

10

20

30

40

50

## (2) スパッタリングによるウェハWへの成膜処理

スパッタリングによるウェハWへの成膜処理では、プラズマ処理装置10は、上部電極15にスパッタ用のガス(第2のガス)と高周波電力RF(HF)と直流電力とを供給することによりプラズマを生成する。プラズマの作用により(特に、プラズマ中のイオンの叩き込みにより)上部電極15上に成膜された反応生成物の膜がスパッタリングされる。これにより、チャンバ12内にて上部電極15に反応生成物の膜を成膜した後、同一のチャンバ12内にて上部電極15上の反応生成物の膜がスパッタリングされる。スパッタリングされた反応生成物は、載置台20に載置されたウェハW上に堆積し、これにより、均一性の高い薄膜が成膜される。

## 【0027】

10

チャンバ12内に供給されるスパッタ用のガスとしては、アルゴン(Ar)ガスの単一ガス、又はアルゴンガスと水素(H<sub>2</sub>)ガスの混合ガス等の不活性ガスの単一ガス又は混合ガスが挙げられる。

## 【0028】

上部電極15に印加される直流電力の値を制御することによって、上部電極15の下面及びチャンバ12の内壁に形成されるシースの厚さを制御することができる。例えば、直流電力値を上部電極15に印加すると、直流電力値を印加しない場合と比べてシースの厚さを厚くすることができる。また、直流電力値を大きくするほどシースの厚さを厚くすることができる。シースの厚さが厚くなるほどシース電圧が高くなり、プラズマ中のイオンがシース内で加速される。この結果、イオンを上部電極15の表面に物理的に強く衝突させることができ、スパッタの効力が上がる。一般に、シースの厚さは、加速電圧(DC電圧又は1MHzよりも低い周波数の高周波電力RF(LF))、プラズマ密度、プラズマの電子温度によって決まる。よって、本実施形態のように、直流電力値の制御によりシース電圧を操作することによって、スパッタを制御することができる。

20

## 【0029】

このように、本実施形態にかかるプラズマ処理装置10では、CF系膜のようにチャンバ12内に予め配置することに適さない膜がターゲット材として上部電極15上に成膜される。次に、上部電極15上の膜がスパッタリングされ、上部電極15から離脱した(叩き飛ばされた)上部電極15上の膜中の原子や分子が上部電極15と載置台20との間を飛来し、ウェハWまで到達してウェハW上に付着し、ウェハW上で膜を形成する。

30

## 【0030】

例えば、ウェハW上にレジスト膜のパターンが形成されている場合、スパッタリングにより上部電極15上の膜から離脱した原子や分子が飛来して、そのレジスト膜上に膜が成膜される。これにより、レジスト膜の幅を生成された膜の厚さだけ広げることができる。例えば、反応生成物の膜がCF系膜の場合、レジスト膜上にはCF系膜が成膜される。また、レジスト膜上に形成された膜は、均一な薄膜である。これにより、次工程でレジスト膜をマスクとしたエッチング処理が実行される場合には、レジスト膜の幅が広がった分、エッチングされるホールの径やラインの幅は狭くなり、微細加工が可能になる。

## 【0031】

40

このように、本実施形態では、ターゲット材となる反応生成物の膜を上部電極15に成膜後、その膜をスパッタリングすることでウェハW側に拡散した分子等によりウェハW上に均一な薄膜を成膜する。これに対して、CVD(Chemical Vapor Deposition)によりウェハW上に直接、所望の膜を成膜することも考えられる。

## 【0032】

微細加工の手法の一つとして、リソグラフィーで形成されたパターンよりも更に微細なパターンを形成することが可能な、パターンのシュリンク技術が知られている。この技術では、堆積性のエッチングガスによるプラズマエッチングによって、形成されたパターン上に所望の堆積物を堆積しながら、パターンのエッチングを行う。これによりエッチングしたホールの径やラインの幅を小さくすることができる。しかしながら、プラズマエッチングにより堆積される堆積物では、堆積物の付着に異方性があり、かつ、パターンの疎密

50

により堆積量に偏りが生じてしまう。具体的には、パターンが疎の部分は堆積量が多くなり膜の厚さが厚くなり、パターンが密の部分は堆積量が少なくなり膜の厚さが薄くなるという課題がある。このように不均一な膜が形成されると、次工程でのエッティングへの影響が大きく、近年及び将来のウェハWの更なる微細加工の需要に対応することには困難な面があると予測される。

#### 【0033】

特に近年更なる微細化の要求は高く、また I T R S (International Technology Roadmap for Semiconductors)によると年々微細化が進むと予測される。これに対して、堆積性のエッティングガスを用いてエッティングしながら成膜する技術では、微細化の要求を満たすような均一な膜を成膜することは困難になりつつある。

10

#### 【0034】

また、最新の A r F 液浸露光技術ではラインの h p (Half Pitch) が 4 0 n m 程度の加工が限界のサイズと考えられ、更なる微細なパターンを形成するために、近年ではいわゆるダブルパターニング等の手法が取り入れられている。このように I T R S や市場のニーズからリソグラフィーで形成されたパターンよりも更に微細なパターンを形成するシュリンク技術が重要となってきている。

#### (3) エッティング処理

そこで、本実施形態にかかるプラズマ処理装置 1 0 は、同一チャンバ 1 2 内でターゲットの成膜処理とスパッタ処理とを用いたシュリンク技術を実現する。これにより、レジスト膜上に均一な膜を成膜し、次工程であるエッティング処理において微細化の要求を満足するエッティングを精度よく行うことができる。特に、本実施形態では、ダブルパターニング技術を用いて微細化されたレジスト膜に数 n m ~ 数十 n m 程度の均一な膜を形成することで、ダブルパターニング技術を用いた微細加工に更なる微細化を図る技術として適している。

20

#### (4) ウェハレスドライクリーニング処理

エッティングされたウェハWの搬出後、ウェハレスドライクリーニング処理 (W L D C) を実行することが好ましい。例えば、チャンバ 1 2 内の C F 膜は O<sub>2</sub> プラズマでクリーニングすることができる。なお、(1) ~ (4) の処理はすべて同一のプラズマ処理装置 1 0 内で実行される。

#### 【0035】

30

##### [ プラズマ処理方法 ]

次に、以上に説明した(1) ~ (4) のプラズマ処理を含む本実施形態にかかるプラズマ処理方法について、図 2 を参照しながら説明する。なお、本実施形態にかかるプラズマ処理方法は、図 1 のプラズマ処理装置 1 0 又はその他のプラズマ処理装置において実行可能である。

#### 【0036】

本実施形態にかかるプラズマ処理方法が開始されると、まず、ウェハWがチャンバ 1 2 内に搬入され、載置台 2 0 に載置される(ステップ S 1 0)。

#### 【0037】

次に、C と F とを含んだガス (C F 系ガス) がチャンバ 1 2 内に導入され、上部電極 1 5 に高周波電力 R F (H F) が印加される(ステップ S 1 2)。これにより、C F 系ガスから C や F のラジカルやイオンを含んだプラズマが生成される。

40

#### 【0038】

次に、生成されたプラズマにより上部電極 1 5 上に C F 系膜が成膜される(ステップ S 1 4)。

#### 【0039】

次に、アルゴン (A r) ガスがチャンバ 1 2 内に導入され、上部電極 1 5 に高周波電力 R F (H F) と直流電力 (D C) とが印加される(ステップ S 1 6)。これにより、アルゴンガスからプラズマが生成される。

#### 【0040】

50

次に、生成されたプラズマにより上部電極 15 上の C F 系膜がスパッタリングされる（ステップ S 18）。

【0041】

次に、スパッタリングにより C F 系膜から離脱した原子や分子が飛来してウェハ W 上に付着し、これにより、ウェハ W に形成されたレジスト膜（マスク）上に C F 系の薄膜が形成される（ステップ S 20）。例えば、図 3 には、ウェハ W 上に形成された積層膜の一例が図示されている。ここでは、ウェハ W 上に有機膜 130、反射防止膜 120、パターンが形成された A r F レジスト膜 110 が形成されている。A r F レジスト膜 110 は、マスクとして機能する。図 3 では、一例として A r F レジスト膜 110 上に数 nm の S i 膜の薄膜が形成されている。このように、本実施形態にかかるプラズマ処理方法では、均一性の高い、数 nm 程度の薄膜を成膜できる。図 4 には、直流電圧の印加時間とマスクの幅との関係を示す。これによれば、直流電圧を約 30 秒印加することで、マスクに 2.5 nm 程度の薄膜を形成でき、マスクの幅を 5 nm 程度広げることができる。このようにして本実施形態にかかるプラズマ処理方法では、ウェハ W 上にパターン形成されたマスクに均一な薄膜を形成することでマスクの幅 W を制御し、次工程のエッチングにおける更なる微細化を可能とする。

【0042】

図 2 に戻り、次に、エッチング処理が実行される（ステップ S 22）。エッチング処理後、ウェハ W がチャンバ 12 から搬出される（ステップ S 24）。次に、ウェハレスドライクリーニング処理が実行され（ステップ S 26）、本処理が終了する。

【0043】

以上、本実施形態にかかるプラズマ処理方法について説明した。ただし、以上に説明したプラズマ処理方法は一例である。例えばステップ S 16 では、上部電極 15 にプラズマ生成用の高周波電力 R F ( H F ) と直流電力とを印加したが、これに限られない。例えば、ステップ S 16 にて上部電極 15 にプラズマ生成用の高周波電力 R F ( H F ) を印加し、更に直流電力の代わりに上部電極 15 に低周波電力を印加してもよい。

【0044】

【効果の例】

以上に説明したように、本実施形態にかかるプラズマ処理方法によれば、上部電極 15 上にスパッタのターゲット材として機能する膜を成膜し、その膜をスパッタリングすることでウェハ W に形成されたパターン上に均一性のある薄膜を成膜できる。これにより、マスクの幅を制御し、次工程において制御されたマスクを用いてウェハ W に微細加工を施すことができる。

【0045】

また、本実施形態にかかるプラズマ処理方法では、チャンバ内に予め配置することに適したターゲット材を有しない膜に対しても前記のように上部電極上に所望の膜を成膜することにより、ターゲット材の材質に関係ないスパッタリングが可能となる。

【0046】

また、C V D による成膜では、パターンの疎密により成膜する膜の厚さにバラツキが生じ、近年及び今後の微細化の要求に対応したウェハ W の微細加工が困難になることが予想される。これに対して、本実施形態にかかるプラズマ処理方法では、パターンの疎密にかかわらず、均一性のある薄膜を成膜できる。このため、本実施形態にかかるプラズマ処理方法によれば、近年及び今後の更なる微細化の要求に対応してウェハ W に微細加工を施すことができる。

【0047】

また、上部電極 15 への成膜処理、スパッタ処理、エッチング処理及びクリーニング処理をすべて同一のプラズマ処理装置 10 のチャンバ 12 内で行うことができ、装置コストを抑制できる。

【0048】

以上、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を上記実施形態により説明したが、本発

10

20

30

40

50

明にかかるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。

【0049】

例えば、本発明に係るプラズマ処理方法を実施可能なプラズマ処理装置は、容量結合型プラズマ ( C C P : Capacitively Coupled Plasma) 装置だけでなく、その他のプラズマ処理装置であってもよい。その他のプラズマ処理装置としては、誘導結合型プラズマ ( I C P : Inductively Coupled Plasma) 、ラジアルラインスロットアンテナを用いた C V D ( Chemical Vapor Deposition) 装置、ヘリコン波励起型プラズマ ( H W P : Helicon Wave Plasma ) 装置、電子サイクロトロン共鳴プラズマ ( E C R : Electron Cyclotron Resonance Plasma ) 装置等が挙げられる。

10

【0050】

また、本発明にかかるプラズマ処理装置は、上部電極に第1の高周波電力を印加する高周波電源を備える。これに加えて、本発明にかかるプラズマ処理装置は、上部電極に直流電力を印加する直流電源及び下部電極に第1の高周波電力よりも低い周波数の電力を印加する高周波電源の少なくともいずれかを有していればよい。

【0051】

また、本発明にかかるプラズマ処理装置により処理される基板は、ウェハに限られず、例えば、フラットパネルディスプレイ ( Flat Panel Display ) 用の大型基板、 E L 素子又は太陽電池用の基板であってもよい。また、本願に開示された実施形態に關し、さらに下記の形態を含んでよい。

20

[付記1]

基板を載置する第1の電極と、前記第1の電極と対向して配置される第2の電極と、を所定のギャップで対向して配置したプラズマ処理装置であって、

前記第2の電極に第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源と、

前記第2の電極に直流電力を供給する直流電源と、

チャンバ内にガスを供給するガス供給源と、を有し、

前記第2の電極は、第1のガスと前記第1の高周波電力とを供給することにより、生成されたプラズマによって成膜される反応生成物の膜を有し、

前記第2の電極は、第2のガスと前記第1の高周波電力と前記直流電力とを供給することにより、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングするターゲットとなる、

プラズマ処理装置。

30

[付記2]

前記第1の電極に前記第1の高周波電力よりも低い周波数の第2の高周波電力を供給する第2の高周波電源を有し、

前記反応生成物の膜をスパッタリングする際、前記第2の高周波電力を供給する、

付記1に記載のプラズマ処理装置。

[付記3]

前記所定のギャップは、80mm以上である、

付記1又は2に記載のプラズマ処理装置。

40

[付記4]

前記反応生成物の膜は、カーボン ( C ) とフッ素 ( F ) とを含む、

付記1～3のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[付記5]

前記プラズマ処理装置は、前記チャンバ内にて前記第2の電極に前記反応生成物の膜を成膜した後、同一のチャンバ内にて前記スパッタリングされた反応生成物により前記第1の電極に載置された基板上に膜を成膜する、

付記1～4のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[付記6]

基板を載置する第1の電極と、前記第1の電極と対向して配置される第2の電極と、を

50

所定のギャップで対向して配置したプラズマ処理装置であって、  
 前記第2の電極に第1の高周波電力を供給する第1の高周波電源と、  
前記第1の電極に前記第1の高周波電力よりも低い周波数の第2の高周波電力を供給する第2の高周波電源と、  
チャンバ内にガスを供給するガス供給源と、を有し、  
前記第2の電極は、第1のガスと前記第1の高周波電力とを供給することにより、生成されたプラズマによって成膜される反応生成物の膜を有し、  
前記第1の電極に前記第2の高周波電力を供給し、  
前記第2の電極は、第2のガスと前記第1の高周波電力と前記第2の高周波電力とを供給することにより、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングするターゲットとなる、  
プラズマ処理装置。

[付記7]  
 基板を載置する第1の電極と、前記第1の電極と対向して配置される第2の電極と、を所定のギャップで対向して配置したプラズマ処理装置を用いてプラズマ処理を実行するプラズマ処理方法であって、  
チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に第1の高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって反応生成物の膜を成膜する工程と、  
前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に前記第1の高周波電力と直流電力とを供給し、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、  
を含むプラズマ処理方法。

[付記8]  
 基板を載置する第1の電極と、前記第1の電極と対向して配置される第2の電極と、を所定のギャップで対向して配置したプラズマ処理装置を用いてプラズマ処理を実行するプラズマ処理方法であって、  
チャンバ内に第1のガスを供給し、前記第2の電極に第1の高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって反応生成物の膜を成膜する工程と、  
前記チャンバ内に第2のガスを供給し、前記第2の電極に第1の高周波電力を供給し、前記第1の電極に第2の高周波電力を供給し、生成されたプラズマによって前記反応生成物の膜をスパッタリングする工程と、  
を含むプラズマ処理方法。

【符号の説明】

【0052】

- 10 : プラズマ処理装置
- 12 : チャンバ
- 15 : 上部電極
- 16 : 電極支持体
- 18 : 高周波電力源
- 19 : 直流電源
- 20 : 載置台（下部電極）
- 22 : 静電チャック
- 26 : フォーカスリング
- 28 : 高周波電力源
- 32 : ガス供給源
- 110 : ArFレジスト膜
- 120 : 反射防止膜
- 130 : 有機膜
- 200 : 制御部

10

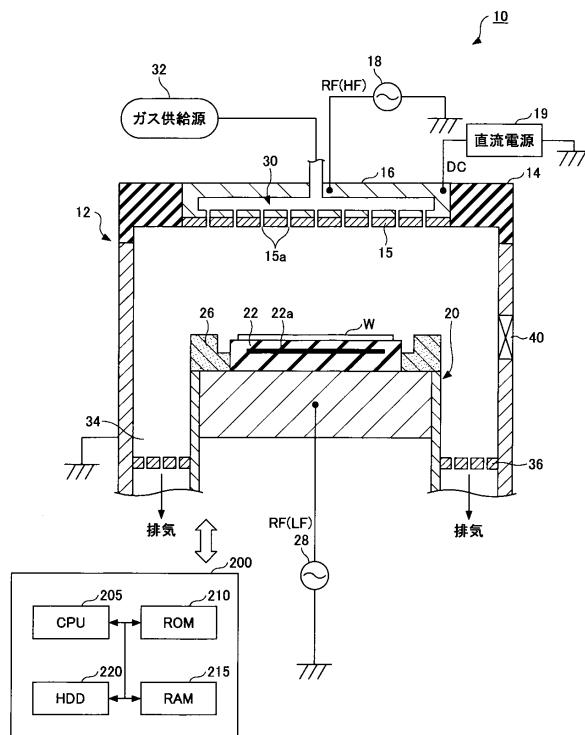
20

30

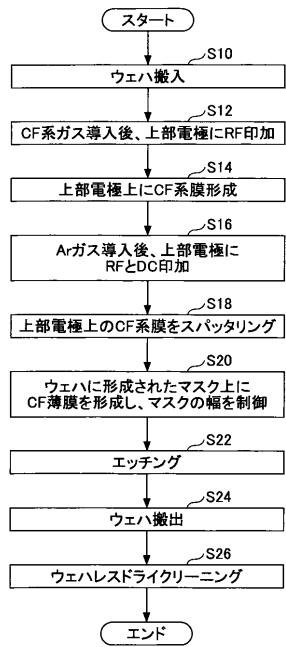
40

50

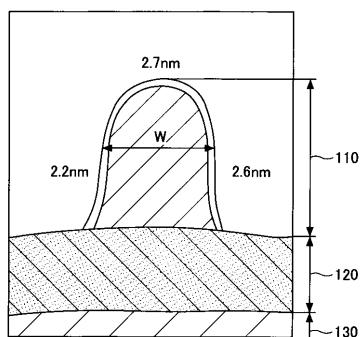
【図1】



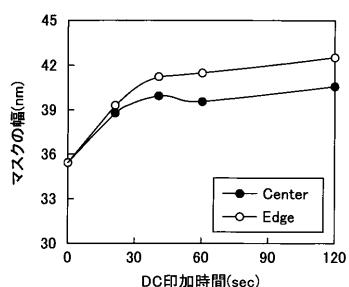
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 久松 亨

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 佐藤 靖史

(56)参考文献 特開2011-103489 (JP, A)

特開2008-021791 (JP, A)

特開2008-028022 (JP, A)

特開2002-110650 (JP, A)

特開2014-075567 (JP, A)

特開2006-100485 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

C23C 14/06

C23C 14/34

H05H 1/46