

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6210039号
(P6210039)

(45) 発行日 平成29年10月11日(2017.10.11)

(24) 登録日 平成29年9月22日(2017.9.22)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/305 (2006.01)

H01L 21/302 21/302

101H

H01L 21/302 (2006.01)

H01L 21/302

201A

H01L 21/304 (2006.01)

H01L 21/304

645Z

請求項の数 13 (全 30 頁)

(21) 出願番号

特願2014-193435 (P2014-193435)

(22) 出願日

平成26年9月24日 (2014.9.24)

(65) 公開番号

特開2016-66658 (P2016-66658A)

(43) 公開日

平成28年4月28日 (2016.4.28)

審査請求日

平成29年4月21日 (2017.4.21)

(73) 特許権者 000002200

セントラル硝子株式会社

山口県宇部市大字沖宇部5253番地

(74) 代理人 110000408

特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ

(72) 発明者 菊池 亜紀応

山口県宇部市大字沖宇部5253番地 セ

ントラル硝子株式会社化学研究所内

(72) 発明者 渉 仁紀

山口県宇部市大字沖宇部5253番地 セ

ントラル硝子株式会社化学研究所内

(72) 発明者 亀田 賢治

富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株

式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】付着物の除去方法及びドライエッティング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着している、ヨウ素酸化物を含む付着物を、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物の除去方法。

【請求項 2】

前記クリーニングガスを、20～300 の温度領域かつ66Pa～101kPaの圧力領域で前記付着物と接触させることを特徴とする請求項1に記載の付着物の除去方法。

【請求項 3】

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスがClF₃であり、前記温度領域が25～200 であることを特徴とする請求項2に記載の付着物の除去方法。

【請求項 4】

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスがF₂であり、前記温度領域が120～200 であることを特徴とする請求項2に記載の付着物の除去方法。

【請求項 5】

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスがIF₇であり、前記温度領域が230～300 であることを特徴とする請求項2に記載の付着物の除去方法。

【請求項 6】

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスは、HF、F₂、XF_n (XはCl、Br、Iのいずれかを表し、nは1～7の整数を表す。) からなる群より選ばれる少なくと

も一つのフッ素 (F) を含むフッ素含有ガスであることを特徴とする請求項 1 に記載の付着物の除去方法。

【請求項 7】

前記付着物中に含まれる前記ヨウ素酸化物は、化学式：[$I_x O_y F_z$ (x は 1 または 2 の整数を表し、y は 1 ~ 5 の整数を表し、z は 0 または 1 の整数を表す。)] で表されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の付着物の除去方法。

【請求項 8】

前記ヨウ素酸化物が、 $I_2 O_5$ であることを特徴とする、請求項 7 に記載の付着物の除去方法。

【請求項 9】

チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給して基板表面をエッティングする工程と、

10

前記基板表面をエッティングした後、前記チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する工程と、を含むドライエッティング方法。

【請求項 10】

前記クリーニングガスを、20 ~ 300 の温度領域かつ 66 Pa ~ 101 kPa の圧力領域で前記付着物と接触させることを特徴とする請求項 9 に記載のドライエッティング方法。

【請求項 11】

20

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスは、 HF 、 F_2 、 $X F_n$ (X は Cl、Br、I のいずれかを表し、n は 1 ~ 7 の整数を表す。) からなる群より選ばれる少なくとも一つのフッ素 (F) を含むフッ素含有ガスであることを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載のドライエッティング方法。

【請求項 12】

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスは、 $Cl F_3$ である請求項 11 に記載のドライエッティング方法。

【請求項 13】

前記付着物中に含まれる前記ヨウ素酸化物は、化学式：[$I_x O_y F_z$ (x は 1 または 2 の整数を表し、y は 1 ~ 5 の整数を表し、z は 0 または 1 の整数を表す。)] で表されることを特徴とする請求項 9 に記載のドライエッティング方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、チャンバーの内部、及び排気配管に付着した、ヨウ素酸化物やヨウ素化合物などのヨウ素含有物の除去方法などに関する。

【背景技術】

【0002】

シリコン化合物は半導体分野において重要であり不可欠な材料である。例えば、半導体素子のゲート絶縁膜としてのシリコン酸化膜、薄膜トランジスタとしてのアモルファスシリコン膜および窒化シリコン膜など、また、MEMS などの三次元構造素子に使用されるポリシリコン材料、低消費電力のトランジスタなど用途の炭化珪素 (SiC) などに幅広い分野において使用されている。特に、DRAM やフラッシュメモリに含まれるトランジスタなどに代表される半導体素子は年々高集積化が進んでおり、シリコン半導体デバイスが注目されている。

40

【0003】

通常、半導体製造工程においてシリコンなどのシリコン化合物は所定の形状に加工されるか最終工程など所定の工程にて除去される。このようなシリコン化合物の加工や除去を行う場合、従来からドライエッティングが広く用いられてきた。

【0004】

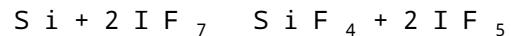
50

本発明者らは、エッティング材料に七フッ化ヨウ素を用いることでシリコンを選択的にエッティングできることを見出した（特許文献1を参照）。しかし、この手法ではチャンバー内部、及び排気配管に水分を有する状態でエッティングを行うと下記反応により、化学式 $I_x O_y F_z$ (x は 1 または 2 の整数を表し、 y は 1 ~ 5 の整数を表し、 z は 0 または 1 の整数を表す。) で表されるヨウ素酸化物が生成し、チャンバー内部、及び排気配管の壁面に付着する場合があった。



【0005】

また、七フッ化ヨウ素を用いて基板上のシリコン薄膜をエッティングする際の反応は、次式で表される。



エッティングの際に、副生成物や、エッティングガスの分解により、五フッ化ヨウ素 (IF_5) 等のヨウ素化合物がチャンバー内部、及び排気配管の壁面に付着したり、基板の表面に堆積したりする場合があった。

【0006】

チャンバー内部、及び排気配管の壁面にヨウ素酸化物やヨウ素化合物（以下、ヨウ素酸化物とヨウ素化合物をあわせてヨウ素含有物と呼ぶことがある）が付着した状態で Si ウエハ等の基板をチャンバー内に導入すると、チャンバー内を真空にし、不活性ガスで置換した際に揮発したヨウ素含有物が Si ウエハ等の基板に付着する。基板に付着したヨウ素含有物の影響で、エッティング速度の低下やエッティングが進行しないなどの不具合が生じるという問題点があった。

【0007】

また、基板の表面に、エッティング時に発生したヨウ素化合物が堆積したままであると、基板表面にヨウ素汚染が残る。更に、そのままの状態で基板表面が大気にさらされると、ヨウ素化合物が大気中の水分と反応し、ヨウ化水素 (HI) やヨウ素酸 (HIO_3) などを発生し、チャンバー内部、及び排気配管等の金属部材の腐食を誘発する可能性があるという問題点があった。

【0008】

特許文献2では、七フッ化ヨウ素を用いたエッティングをする方法として、反応性ガス（ハロゲン間化合物、及びフッ化水素）と、不活性ガスを混合させ、チャンバーまでのガス供給路を冷却、断熱膨張させながらチャンバー内に噴出することで、反応性クラスタをチャンバー内で生成し、それを用いてエッティング、及びクリーニングする方法が開示されている。特許文献2では、反応性ガスをクラスタ化することで、エッティング速度を向上させている。

【0009】

しかしながら、特許文献2では反応性ガスとして、ハロゲン間化合物、及び HF が記載されており、その中の一つとして七フッ化ヨウ素の記載があるが、副生するヨウ素含有物に関する記載及び、ヨウ素含有物がエッティングに及ぼす影響の開示はない。特許文献2の手法でもチャンバー内部、及び排気配管の水分の影響によりヨウ素酸化物が生成するため、エッティングの不具合を抑制できず、エッティング時の不具合の抑制、生産性の向上という課題を解決できなかった。

【0010】

また、特許文献3には、真空排気配管のクリーニング方法として、ハロゲン間化合物を用いた半導体成膜装置及び真空ポンプに関わる吸気配管のクリーニング方法が開示されている。しかしながら、特許文献3では、反応性ガスとして、七フッ化ヨウ素の記載があるが、副生するヨウ素含有物に関する記載、及びヨウ素含有物がエッティングに及ぼす影響の開示はない。また、特許文献3では、アモルファスシリコンや二酸化ケイ素やドーパントの堆積膜をクリーニングしているが、反応性ガス由来のヨウ素含有物については言及がない。

【0011】

10

20

30

40

50

また、特許文献4には、酸化物半導体膜のドライエッチング方法として、In、Ga、Znを含む酸化物半導体膜に対して、Cl₂またはCl₂/Arを用いて下記条件(チャンバー圧力:0.6~5Pa、基板側に印加するバイアスRFパワー密度:>0.02W/cm²)で、エッチングする方法が開示されている。従来技術であるリフトオフ法と比較して、フォトレジストを除去する際の被蒸着膜のパターン端の捲くれ上がりを抑制できるため、歩留まりを向上できることが記載されている。しかしながら、特許文献4の除去対象の膜はIn、Ga、Znを含む酸化物半導体膜であり、ヨウ素含有物の除去に関する記載は無い。さらに、特許文献4に記載の条件でヨウ素含有物を除去するとエッチング装置の構成材料であるAl系材料の腐食につながるため好ましくない。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2014-150169号公報

【特許文献2】特開2013-46001号公報

【特許文献3】特開2011-208193号公報

【特許文献4】特許第4999400号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

以上のとおり、チャンバー内部、及び排気配管の水分によるヨウ素酸化物の発生に関する記載はなく、ヨウ素酸化物の発生によるエッチングの不具合や生産性の低下などの問題も知られていなかった。また、現状では、このようなヨウ素酸化物やエッチングの際に発生するヨウ素化合物を含むヨウ素含有物が原因となるエッチングの不具合に対する対処方法についても知られておらず、ヨウ素含有物の除去を行うにはチャンバーを解体して洗浄を行う必要があるという問題点があった。

【0014】

20

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、七フッ化ヨウ素等を含むエッチングガスを用いたエッチング時の不具合を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

30

本発明の一態様によれば、チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着している、ヨウ素酸化物を含む付着物を、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物の除去方法である。

【0016】

本発明の他の態様は、チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッチングガスを供給して基板表面をエッチングする工程と、前記基板表面をエッチングした後、前記チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する工程と、を含むドライエッチング方法である。

【0017】

40

本発明の更に他の態様は、チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着している、ヨウ素化合物を含む付着物を、ヨウ素を含まないフッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物の除去方法である。

【0018】

本発明の更に他の態様は、基板上の膜をヨウ素含有ガスにより除去するエッチング工程と、前記エッチング工程で生成されるヨウ素化合物を除去する後処理工程と、を有し、前記後処理工程では、前記基板の表面にヨウ素を含まないフッ素含有ガスを含む後処理用ガスを供給し、前記ヨウ素化合物を除去するドライエッチング方法である。

【0019】

本発明の更に他の態様は、少なくともシリコンを主成分とするシリコン含有膜が形成さ

50

れた基板を収容するチャンバーと、前記チャンバーにヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給するエッティングガス供給部と、前記チャンバーにフッ素含有ガスを含むクリーニングガスを供給するクリーニングガス供給部と、少なくとも前記エッティングガス供給部と前記クリーニングガス供給部とを制御し、前記エッティングガスを供給し、前記基板をエッティングした後、前記チャンバーの内部に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を前記クリーニングガスを用いて除去する装置コントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【0020】

本発明の更に他の態様は、少なくともシリコンを主成分とするシリコン含有膜が形成された基板を収容するチャンバーと、前記チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給するエッティングガス供給部と、前記チャンバー内にフッ素含有ガスを含む後処理用ガスを供給する後処理用ガス供給部と、少なくとも前記エッティングガス供給部と前記後処理用ガス供給部とを制御し、前記エッティングガスを前記チャンバーへ供給し、前記基板を前記エッティングガスに晒して、前記シリコン含有膜を除去し、その後、前記後処理用ガスを前記チャンバーへ供給し、前記基板に堆積したヨウ素化合物を除去するよう制御する制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば七フッ化ヨウ素等のエッティングガスを用いてエッティングした後に、生成したヨウ素含有物を除去するため、エッティング時の不具合を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】第1の実施形態及び第2の実施形態で用いたエッティング装置1の概略図である。

【図2】示差熱・熱重量測定装置21の概略図である。

【図3】 I_2O_5 の反応性調査での ClF_3 ガス流通下の重量変化の温度依存性を示す図である。

【図4】 I_2O_5 の反応性調査での20% F_2/N_2 ガス流通下の重量変化の温度依存性を示す図である。

【図5】 I_2O_5 の反応性調査での IF_7 ガス流通下の重量変化の温度依存性を示す図である。

【図6】第1の実施形態及び第2の実施形態に係るエッティング装置を用いたドライエッティング処理を示す図である。

【図7】実施例1と比較例1におけるエッティング試験を繰り返した際のエッティング速度の推移を示す図である。

【図8】第3の実施形態に係るエッティング装置を用いたドライエッティング処理を示す図である。

【図9】第3の実施形態に係るエッティング装置の基板処理時の概略図である。

【図10】第3の実施形態に係るエッティング装置の基板搬送時の概略図である。

【図11】第3の実施形態に係るエッティング装置の制御装置の構成図である。

【図12】第3の実施形態に係るドライエッティング工程におけるガス供給のタイムチャートを示す図である。

【図13】第3の実施形態に係るドライエッティングの実験結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

(第1の実施形態)

以下、本発明の実施形態を詳細に説明する。

本発明の第1の実施形態は、チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着している、ヨウ素酸化物を含む付着物を、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物の除去方法である。

【0024】

なお、前記ヨウ素酸化物は、化学式： $[I_xO_yF_z]$ （ x は1または2の整数を表し、

10

20

30

40

50

y は 1 ~ 5 の整数を表し、 z は 0 または 1 の整数を表す。)] で表されることが好ましく、この化学式で表されるヨウ素酸化物の中で最も安定なのが I_2O_5 であり、 I_2O_5 を除去できれば他のヨウ素酸化物も除去できことが多い。また、付着物中には、 $I_xO_yF_z$ で表されるヨウ素酸化物のうち、組成の異なる複数種類のヨウ素酸化物が含まれてもよい。

【0025】

クリーニングガス中に含まれるフッ素含有ガスは、 HF 、 F_2 、 XF_n (X は C 1、 Br 、 I のいずれかを表し、 n は 1 ~ 7 の整数を表す。) からなる群より選ばれる少なくとも一種のガスであることが好ましく、フッ素含有ガスとしては、 HF 、 F_2 、 $C1F$ 、 $C1F_3$ 、 $C1F_5$ 、 BrF 、 BrF_3 、 BrF_5 、 IF 、 IF_3 、 IF_5 、 IF_7 を使用することができる。 10

【0026】

クリーニングガスは、20 ~ 300 の温度領域、より好ましくは 40 ~ 200 の温度領域でヨウ素酸化物と接触させることが好ましい。クリーニングガスを高温にするとチャンバー内部、及び排気配管のステンレス鋼等の金属部材と反応するため好ましくない。また、反応温度を過度に低くすると、クリーニングガスとヨウ素酸化物との反応が進行せず、付着物の除去ができないか、除去に時間がかかりすぎるため好ましくない。

【0027】

特に、クリーニングガス中に含まれるフッ素含有ガスとしては、 F_2 と $C1F_3$ と IF_7 からなる群より選ばれる一つ以上のガスを使用することが好ましい。図 3 に示すように、 $C1F_3$ は、760 torr (= 101 kPa) では 25 から I_2O_5 と反応することが後述の反応性調査で明らかとなったため、クリーニングガス中に $C1F_3$ を含む場合は、25 ~ 200 の温度領域でヨウ素酸化物と接触させることが好ましい。200 を超えると、 $C1F_3$ とステンレス鋼との反応性が高くなり、チャンバー内部、及び排気配管に腐食を生じる可能性が高くなる。クリーニングガス中に $C1F_3$ を含むことで、低温でもヨウ素酸化物を除去できる。図 3 に示すように、25 から I_2O_5 の重量変化が生じてあり、75 では完全に I_2O_5 と $C1F_3$ との反応が終了している。この結果から、特に、短い加熱時間で、高い反応速度を達成できるため、温度領域が 40 ~ 75 であることが好ましい。 20

【0028】

図 4 に示すように、 F_2 は、760 torr (= 101 kPa) では 120 から I_2O_5 と反応することが後述の F_2 を 20 体積 % 含む窒素希釈のガスを用いた反応性調査で明らかとなったため、クリーニングガス中に F_2 を含む場合は、120 ~ 200 の温度領域でヨウ素酸化物と接触させることが好ましい。200 を超えると、 F_2 とステンレス鋼との反応性が高くなり、チャンバー内に腐食を生じる可能性が高くなる。クリーニングガス中に F_2 を含むことで、比較的低温でもヨウ素酸化物を除去できる。 30

【0029】

図 5 に示すように、 IF_7 は、760 torr (= 101 kPa) では 230 から I_2O_5 と反応することが後述の反応性調査で明らかとなったため、クリーニングガス中に IF_7 を含む場合は、230 ~ 300 の温度領域でヨウ素酸化物と接触させることが好ましい。 IF_7 が 300 を超えると、 IF_5 と F_2 に分解しやすくなり、特に F_2 がステンレス鋼と反応してチャンバー内部、及び排気配管に腐食を生じる可能性が高くなる。 40

【0030】

また、クリーニングガスは、66 Pa ~ 101 kPa の圧力領域、より好ましくは 66 Pa ~ 40 kPa の圧力領域でヨウ素酸化物と接触させることが好ましい。圧力が高すぎると、減圧環境下で使用することを前提とするエッチング装置に不具合を生じかねない。一方で、圧力が低すぎると反応が進行せず、付着物の除去が困難になるか過度に時間がかかるてしまう。

【0031】

クリーニングガスには、ヨウ素酸化物を除去するのに十分なフッ素含有ガスが含まれて 50

いればよいが、フッ素含有ガスが5体積%以上含まれることが好ましく、20体積%以上含まれることがより好ましく、90体積%以上含まれることが特に好ましい。特に、実質的にフッ素含有ガスが100体積%、すなわち、実質的にフッ素含有ガス以外の成分を含まないようにするのが好ましい。

【0032】

第1の実施形態においては、チャンバー内部、及び排気配管のヨウ素酸化物を、チャンバーを解体洗浄することなく、クリーニングガスを導入することで除去することができ、七フッ化ヨウ素を用いたドライエッティング方法を効率よく実施することができる。

【0033】

(第2の実施形態)

10

また、本発明の第2の実施形態は、基板表面をエッティングする工程と付着物を除去する工程を含むドライエッティング方法である。

第2の実施形態に係るドライエッティング方法は、チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給して基板表面をエッティングするエッティング工程と、前記基板表面をエッティングした後、前記チャンバーの内部に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を、少なくともフッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物除去工程と、を含むことを特徴とする。

【0034】

クリーニングガス中にフッ素や七フッ化ヨウ素を含む場合は、ヨウ素酸化物を含む付着物を効率的に除去するために、チャンバー内部、及び排気配管を加熱することが好ましい。一方で、クリーニングガス中に C_1F_3 を含む場合は、低温でもヨウ素酸化物を除去でき、また、例えば、七フッ化ヨウ素でのエッティングと、 C_1F_3 での付着物除去を、同程度の温度で行うことができる。よって、 C_1F_3 をクリーニングガスとして用いる場合、特に、装置への負担が少なくなり、スループット向上に寄与する点で好ましい。

20

【0035】

なお、第2の実施形態においては、エッティング工程の後に付着物除去工程を毎回必ず行わなければならないわけではなく、複数回のエッティング工程を行った後に付着物除去工程を行ってもよい。付着物除去工程の回数を減らせば装置の利用効率を向上させることができる。

【0036】

30

付着物除去工程は、第1の実施形態と同様の方法を用いることができる。なお、エッティング工程において反応しなかったヨウ素酸化物を付着物除去工程において除去するため、付着物除去工程で IF_7 を含むクリーニングガスを用いる場合は、エッティング工程よりも温度または圧力を高くして付着物除去工程を行うことが好ましい。

【0037】

(エッティング工程)

エッティング工程では、チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給して基板表面をエッティングする。ヨウ素含有ガスとしては、シリコンを選択的にエッティングできることから、特に七フッ化ヨウ素を用いることが好ましい。エッティング工程において、七フッ化ヨウ素への添加ガスは必須の要件ではなく七フッ化ヨウ素は単独でも使用できるが、エッティング工程の効果を損じない範疇において、適宜必要に応じて他の添加ガスを加えてよい。通常、七フッ化ヨウ素はエッティングガス中において、少なくとも50体積%以上、好ましくは80体積%以上含まれる。特に、高い面内均一性とエッティング速度を両立するためには、実質的に七フッ化ヨウ素が100体積%、すなわち、実質的に七フッ化ヨウ素以外の成分を含まないようにするのがより好ましい。

40

【0038】

なお、「実質的に七フッ化ヨウ素以外の成分を含まない」とは、エッティングに供する七フッ化ヨウ素以外の成分を別途添加しないことを意味し、一般的な七フッ化ヨウ素の製造工程等で混入する原料に由来する微量成分の五フッ化ヨウ素、フッ素、フッ化水素などは含まれていてもよい。

50

【0039】

七フッ化ヨウ素以外にエッティングガス中に添加するガスとしては、エッティングの性能を調整するために、必要に応じて、酸化性ガスや不活性ガスを加えてもよい。通常、添加ガスが加えられる場合、七フッ化ヨウ素の含有率は、1～100体積%の範囲になるように適宜調整される。

【0040】

酸化性ガスとしては、O₂、O₃、CO₂、N₂O、NO、NO₂、などの酸素含有ガス、F₂、NF₃、Cl₂、Br₂、I₂、YF_n（YはCl、Br、Iのいずれかを表し、nは1～5の整数を表す）などのハロゲンガスが例示される。これらのうち、入手が容易である点や、七フッ化ヨウ素と混合した際に安定である点から、O₂、F₂、NF₃、Cl₂が好ましい。なお、酸化性ガスの添加量は、使用するエッティング装置の性能、形状及びエッティング条件に依存して適宜調整される。10

【0041】

七フッ化ヨウ素は、既存のシリコンのエッティングガスと比較して、その化学的性質からシリコンをエッティングして加工する際のマスク材料などの耐エッティング部材との選択比が非常に優れていることが見出された。尚、耐エッティング部材とは、本実施の形態において使用する七フッ化ヨウ素ガスを含むエッティングガスとの反応性が、既存のシリコンのエッティングガスと比較して極めて低い部材である。

【0042】

第2の実施形態のドライエッティング方法の処理対象物となるものは、シリコンであれば特に制限はされないが、アモルファスシリコン、ポリシリコン、単結晶シリコンなどが挙げられる。特に処理対象物としては、シリコン膜を有する基板の表面が好ましく、さらに、少なくともシリコン膜と七フッ化ヨウ素と極めて反応しにくい耐エッティング部材を含む半導体素子などの構造体が好適である。また、シリコン単独からなる処理対象物にも適用可能であり、シリコン基板の表面加工にも用いることができ、例えば、シリコン基板へのトレンチやホール形成にも使用することができる。20

【0043】

シリコン膜としては、半導体素子形成に使用されるシリコン膜が好適であり、例えば、アモルファスシリコン膜、ポリシリコン膜、単結晶シリコン膜などが挙げられる。また、耐エッティング部材は、シリコン膜を所定の形状に加工するためのマスクとして利用する場合や、処理対象物のシリコン膜を除去して、耐エッティング部材自身を三次元構造など所定の形状に形成し、耐エッティング部材を半導体素子の構造体として利用する場合が挙げられる。30

【0044】

耐エッティング部材をマスクとして利用する場合、シリコン膜の表面に所定形状にパターニングされたマスクを用いて、エッティングガスを用いてシリコン膜を選択的にエッティングする方法を適用することができる。マスクに用いる材料は、七フッ化ヨウ素と極めて反応しにくい材料であれば特に制限されないが、例えば、SiO₂、SiOC、SiON、SiN、TiN、TiO₂、フォトレジスト、炭素系材料、また、Ru、Cu、Ni、Co、Hf、Zr及びそれらの酸化物などの金属材料を挙げることができる。それらの中でも、SiO₂、SiN、TiNなどの材料が特に好ましい。40

【0045】

また、同様に、耐エッティング部材自身を半導体素子の構造体として利用する場合、耐エッティング部材の材質は、七フッ化ヨウ素と極めて反応しにくい材料が用いられ、SiO₂、SiN、TiNから選ばれる少なくとも1つ以上の材料を好適に使用することができる。

【0046】

次に、第2の実施形態のエッティング工程の反応条件について説明する。

【0047】

エッティングガスをシリコン膜に接触させる際のチャンバー内のプロセス圧力は、0.1

50

Pa ~ 101 kPa であり、0.1 ~ 10 kPa であることが好ましく、10 Pa ~ 500 Pa であることがより好ましい。

【0048】

エッティングガスを処理対象物のシリコン膜に接触させる際の基板温度は、通常、-40 以上、150 以下であり、さらに、20 以上 90 以下であることがエッティング速度に関してより高い面内均一性を得る上で好ましく、30 以上 50 以下であることが好ましい。

【0049】

エッティング時間は特に制限されるものではないが、半導体素子製造プロセスの効率を考慮すると、60 分以内であることが好ましい。ここに、エッティング時間とは、エッティング処理が行われる、基板が設置されているプロセスチャンバーの内部にエッティングガスを導入し、その後、エッティング処理を終える為にプロセスチャンバー内のエッティングガスを真空ポンプ等により排気するまでの時間を指す。尚、基板は、その表面がシリコンの基板、また、表面に、少なくともシリコンとシリコンよりも七フッ化ヨウ素と反応しにくい部材を含む半導体素子などの構造体を有する基板であってもよい。

【0050】

第2の実施形態にかかるドライエッティング方法は、図1に示されるような半導体製造工程に使用される一般的なエッティング装置に適用することができ、特に使用されるエッティング装置の構成が限定されるものではない。また、ガス供給管とチャンバーに配置する半導体素子などの被処理物の位置関係も、特に制限はない。

【0051】

また、エッティング工程を行うチャンバーとしては、使用するフッ素系ガスに対する耐性があり、所定の圧力に減圧できるものであれば限定されるものではないが、通常、半導体のエッティング装置に備えられた一般的なチャンバーなどが適用される。また、七フッ化ヨウ素を所定の圧力に保ち供給する供給管やその他の配管などもフッ素系ガスに対する耐性にあるものであれば特に限定されるものではなく一般的なものを使用することができる。

【0052】

【実施例1】

以下、実施例1によって本発明の主に第1の実施形態と第2の実施形態を詳細に説明するが、本発明は係る実施例1に限定されるものではない。

【0053】

【反応性調査】

$I_x O_y F_z$ (xは1または2の整数を表し、yは1~5の整数を表し、zは0または1の整数を表す。) の中で最も安定である、 $I_2 O_5$ の反応性調査を実施した。

図2で示すような示差熱・熱重量測定装置内に、試験サンプル22として $I_2 O_5$ を、参照サンプル23として $A1_2 O_3$ をそれぞれ秤量してサンプルステージに設置した。以下の条件でガスを流しながらステージ温度を上げ、ステージ温度に対するサンプル温度、重量変化量を測定した。図3~図5に、 $I_2 O_5$ の反応性調査での異なる反応性ガス流通下の重量変化の温度依存性を示し、それぞれの反応性ガス流通下の反応開始温度を表1に示す。

【0054】

反応性ガス： $C1 F_3$ 、20% F_2 / N_2 、 IF_7 、 O_2 のいずれか

ガス流量：20 sccm (standard cubic centimeter per minutes)

ステージ温度：室温 300 (昇温速度：3 / min.)

プロセス圧力：760 torr (= 101 kPa)

その結果、以下の表1のように、 $I_2 O_5$ は $C1 F_3$ との反応性が最も高く、 O_2 とは300 でも反応しないことを確認した。

【0055】

10

20

30

40

【表1】

反応性ガスの種類	C ₁ F ₃	20%F ₂ /N ₂	I F ₇	O ₂
反応開始温度 [°C]	25	120	230	—

【0056】

なお、図2で示す示差熱・熱重量測定装置21は、試験サンプル22と参照サンプル23を、熱電対24で温度を測定しながら天秤部25で重量変化を測定できる。測定時にはガス導入口26から導入ガスを導入し、排気口27から排気しながら、ヒータ28で試験サンプル22と参照サンプル23を加熱しながら、示差熱と熱重量を同時に測定できる。

10

【0057】

[実施例1・比較例1]

付着物除去工程による効果を確認するため、付着物除去工程とエッチング工程を繰り返す実施例1と、付着物除去工程を行わずにエッチング工程を繰り返した比較例1を行った。図1は、実施例1に使用したエッチング装置1の概略図を示す。尚、実施例1と比較例1の違いは、エッチング工程に付着物除去工程を付加した制御プログラム（以後、第1制御プログラムと称する場合がある）を実行する装置コントローラ17を有する点である。尚、この制御手段としての装置コントローラは、この第1制御プログラムを実行することにより、後述する図6に示すエッチング工程及び付着物除去工程を示すフローを実現する。

20

【0058】

エッチング装置1はエッチング工程や付着物除去工程が行われるチャンバー2を有し、チャンバー2は、試料3を支持するためのステージ4を有する。試料3として、シリコン基板上にシリコン酸化膜（20nm）が形成され、さらにその上にポリシリコン膜（30μm）が形成されたものを使用した。ステージ4には、ステージの温度を調製可能なステージ温度調整器16を有する。

【0059】

チャンバー2には、エッチングガス供給系6とクリーニングガス供給系8と不活性ガス供給系10が、それぞれバルブ7と9と11を介して接続される。また、チャンバー2には、チャンバー内の気体を外部に排出するための排気配管12を有しており、排気配管12はバルブ13を介して真空ポンプ15が接続される。チャンバー2内部の圧力はバルブ13を制御する圧力コントローラ14により制御される。また、装置コントローラ17は、エッチングガス供給系6、クリーニングガス供給系8、不活性ガス供給系10、圧力コントローラ14、温度調整器16などと接続し、これらを制御可能である。

30

【0060】

次に、図6を用いてエッチング工程及び付着物除去工程（クリーニング工程）について説明する。まず、エッチング工程におけるエッチング装置1の使用方法について説明する。まず、ステージ4上に試料3を設置した。チャンバー2内を1Pa未満まで減圧した後、ステージ4の温度を50℃にした。その後、バルブ7を開放し、エッチングガス供給系6よりチャンバー2内にエッチングガスとして七フッ化ヨウ素を101kPaの圧力で供給した。このときのエッチングガスの流量を100scmとし、プロセス圧力は200torr（=26.7kPa）とした。エッチングガスを導入してから2分後、エッチングガスの導入を停止し、チャンバー2の内部を真空にし、不活性ガスで置換した後に試料3を取り出した。

40

【0061】

また、付着物除去工程におけるエッチング装置1の使用方法について説明する。チャンバー2より試料3を取り出した後、チャンバー2内を1Pa未満まで減圧した後、ステージ4及びチャンバー2の温度を50℃にした。その後、バルブ9を開放し、クリーニングガス供給系8よりチャンバー内部、及び排気配管にクリーニングガスとしてC₁F₃を供給した。このときのクリーニングガスの流量を100scmとし、プロセス圧力は30

50

0 torr (= 40.0 kPa)とした。クリーニングガスを導入してから2分後、クリーニングガスの導入を停止し、チャンバー2の内部を真空にし、不活性ガスで置換した。

【0062】

実施例1においては、エッティング工程 付着物除去工程 エッティング工程の順で、エッティング工程を100回行い、100枚の試料3にエッティングを施した。また、比較例1においては、エッティング工程 エッティング工程の順で、エッティング工程を100回行い、100枚の試料3にエッティングを施した。

【0063】

ポリシリコン膜付きシリコン基板(試料3)を用いて、エッティング前のポリシリコン膜の膜厚とエッティング後のポリシリコン膜の膜厚をそれぞれ複数個所測定し、各測定箇所におけるエッティング量(エッティング膜とエッティング後の膜厚差)を求めた。各測定箇所のエッティング量の平均とエッティング時間からSiエッティング速度を算出した。実施例1と比較例1の各回目でのSiエッティング速度を以下の表2にまとめ、図7にエッティング試験を繰り返した際のSiエッティング速度の推移を示した。

【0064】

【表2】

回数	Siエッティング速度[$\mu\text{m}/\text{min}$]	
	実施例1	比較例1
1	14.1	14.2
10	13.6	13.4
20	13.9	13.6
30	13.8	2.4
40	14.2	0.8
50	14.6	0
60	14.2	0
80	13.9	0
100	14.3	0

【0065】

その結果、エッティング工程のみを繰り返した比較例1では、30回目にSiエッティング速度が低下し、50回目以降ではエッティングが進行しなくなった。一方で、エッティング工程後に付着物除去工程を行った実施例1では、100回経過時にもSiエッティング速度の低下は確認されなかった。したがって、実施例1では、付着物除去工程を行うことで、チャンバーの解体洗浄をせずにエッティング速度を保ったままエッティング工程を繰り返し行うことができた。

【0066】

上述のように、エッティング工程のみを繰り返すと、所定回数以降にSiエッティング速度が低下し、エッティング不良が起きてしまうという課題を解決するために、本発明者らは、I-O、I-Fの結合エネルギー(I-O: 174 kJ/mol、I-F: 277.5 kJ/mol)に着目した。チャンバー内部、及び排気配管の付着物のヨウ素酸化物に対して、フッ素含有ガスを作用させることにより、チャンバー内部、及び排気配管の付着物のヨウ素酸化物とフッ素含有ガスを反応させた。これにより、HF、O₂、IF₅等のガスが生成されるため、チャンバー内部、及び排気配管の付着物を効率的に除去することができる。このように、本実施の形態においては、チャンバー内部、及び排気配管のヨウ素酸化物を、チャンバーを解体洗浄することなく、クリーニングガスを導入することで除去することができる。

10

20

30

40

50

でき、七フッ化ヨウ素を用いたドライエッチング方法を効率よく実施することができる。

【0067】

本実施の形態によれば、従来、チャンバー内部、及び排気配管の壁面にヨウ素酸化物が付着した状態でSiウエハ等の基板をチャンバー内に導入すると、チャンバー内を真空中にし、不活性ガスで置換した際に揮発したヨウ素酸化物がSiウエハ等の基板に付着する。その状態で七フッ化ヨウ素を用いてエッチングすると、エッチング速度の低下やエッチングが進行しないなどの不具合が生じるという問題点があつたが、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスによる付着物除去工程（クリーニング工程）を実施することにより、エッチング時の不具合が見事に解消された。したがつて、本実施形態によれば、従来技術で発生するエッチングの不具合を生じさせることなく生産することが可能となり、生産性の向上が期待できる。

【0068】

第1の実施形態及び第2の実施形態において、少なくとも(a)～(h)のうち一つ以上の効果を奏する。

【0069】

(a) 本実施の形態においては、チャンバー内部、及び排気配管のヨウ素酸化物を、チャンバーを解体洗浄することなく、クリーニングガスを導入することで除去することができ、七フッ化ヨウ素を用いたドライエッチング方法を効率よく実施することができる。

【0070】

(b) 本実施の形態においては、クリーニングガスを20～300の温度領域かつ66Pa～101kPaの圧力領域でヨウ素酸化物と接触させることができ。このようなクリーニング条件において、チャンバー内部、及び排気配管の付着物のヨウ素酸化物に対して、フッ素含有ガスを作用させることで、チャンバー内部、及び排気配管のヨウ素酸化物とフッ素含有ガスが反応し、チャンバー内部、及び排気配管の付着物を効率的に除去することができる。

【0071】

(c) 本実施の形態においては、フッ素含有ガスが C_1F_3 である場合、温度領域が25～200であることが好ましく、フッ素含有ガスが F_2 である場合、温度領域が120～200であることが好ましく、フッ素含有ガスが IF_7 である場合、温度領域が230～300であることが好ましい。このようなクリーニング条件において、チャンバー内部、及び排気配管の付着物の $I_xO_yF_z$ （xは1または2の整数を表し、yは1～5の整数を表し、zは0または1の整数を表す。）で表されるヨウ素酸化物に対して、それぞれのフッ素含有ガスを作用させることで、チャンバー内部、及び排気配管のヨウ素酸化物と含フッ素ガスが反応し、チャンバー内部、及び排気配管の付着物を効率的に除去することができる。

【0072】

(d) 本実施の形態においては、チャンバー内部、及び排気配管に付着する付着物の $I_xO_yF_z$ （xは1または2の整数を表し、yは1～5の整数を表し、zは0または1の整数を表す。）で表されるヨウ素酸化物のうち、最も安定的な I_2O_5 とフッ素含有ガスを反応するクリーニング条件であるため、チャンバー内部、及び排気配管の付着物を効率的に除去することができる。

【0073】

(e) エッチング工程の後に付着物除去工程を毎回行わなければならないわけではなく、複数回のエッチング工程を行つた後に付着物除去工程を行つてもよい。このように、付着物除去工程の回数を減らせば装置の利用効率を向上させることができる。

【0074】

(f) 特に、七フッ化ヨウ素(IF_7)をエッチングガスとして使用した場合、 IF_7 は結合エネルギーが高く化合物として安定的なため、 C_1F_3 や XeF_2 と比較してマスク材料との反応性が低いためマスク材料に対しての反応性が低い。これにより、シリコン膜以外の膜との選択性が優れており、シリコン以外の膜を含む半導体素子などの構造体に適

10

20

30

40

50

用できる。

【0075】

(g) 特に、クリーニングガスが C_1F_3 を含み、前記クリーニングガスを温度領域が 25 ~ 200 かつ $66\text{ Pa} \sim 101\text{ kPa}$ の圧力領域でヨウ素酸化物と接触させることにより、チャンバー内部、及び排気配管の付着物を効率的に除去することができる。これにより、エッティング効率を維持したまま、エッティング工程を繰り返すことができる。

【0076】

(h) 特に、クリーニングガス中に C_1F_3 を含む場合は、低温でもヨウ素酸化物を除去できるため、七フッ化ヨウ素でのエッティングと、 C_1F_3 での付着物除去を、同程度の温度で行うことができ、エッティング装置への負担が少ない点で好ましい。

10

【0077】

(第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態は、ヨウ素含有ガスによりシリコンを除去するエッティング処理とエッティング処理で生じるヨウ素化合物を除去する後処理と、を含むドライエッティング技術である。

【0078】

以下、本発明の実施形態を詳細に説明する。

本発明の第3の実施形態は、基板上の膜をヨウ素含有ガスにより除去するエッティング工程と、前記エッティング工程で生成されるヨウ素化合物を除去する後処理工程を有し、後処理工程では、基板の表面にヨウ素(I)を含まないフッ素含有ガスを含む後処理用ガスを接觸させて、前記基板の表面に堆積したヨウ素化合物を除去するドライエッティング方法である。特に、ヨウ素含有ガスとして、七フッ化ヨウ素(IF_7)が好ましく、また、フッ素含有ガスとして、三フッ化塩素(C_1F_3)、フッ素(F_2)が好ましい。更に、後処理工程において、エッティング工程時よりも基板温度を上昇させるのが好ましい。これは、副生成物として基板上に堆積した五フッ化ヨウ素(IF_5)等のヨウ素化合物を効率よく除去できるためである。

20

【0079】

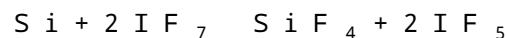
また、第3の実施形態における基板処理の概要を説明する。

第3の実施形態にかかる基板処理工程は、基板を処理室内に搬入する工程と、処理室内的圧力を所定の圧力に調整する工程と、ヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給して、基板上のシリコン膜を除去するエッティング工程と、前記ヨウ素を含まないフッ素含有ガスを供給して、前記基板の表面に付着したヨウ素化合物を除去する後処理工程と、基板を処理室内から搬出する工程と、を有する。また、後処理工程の後に、基板の温度をヨウ素化合物の昇華温度以上に加熱することにより、前記ヨウ素化合物をより効果的に除去する加熱工程を行うことができる。

30

【0080】

また、本発明の第3の実施形態において、基板上の薄膜をエッティング反応は、次式で表される。



40

エッティング工程後、ヨウ素含有ガスを含むエッティングガス(ここでは、 IF_7)の供給が、停止される。この際、基板の表面には、五フッ化ヨウ素(IF_5)等のヨウ素化合物が堆積される。従い、本実施形態においては、後処理工程を実施し、三フッ化塩素(C_1F_3)等のフッ素含有ガスを供給することでヨウ素化合物を効率よく除去している。

【0081】

このように、エッティング工程後、後処理工程を施すことにより、少なくとも基板の表面に付着したヨウ素化合物を除去することができる。

【0082】

更に、第1の実施形態又は第2の実施形態と同様に、基板をチャンバーから取り出した後、付着物除去工程を行ってもよい。この際、付着物除去工程は、第1の実施形態又は第2の実施形態と同様の方法を用いることができるので詳細な説明は省略する。なお、付着

50

物除去工程において、チャンバー内部、及び排気配管に付着した五フッ化ヨウ素などのヨウ素化合物を含む付着物も除去される。

【0083】

尚、第3の実施形態にかかるドライエッティング方法は、図9及び図10に示されるような半導体製造工程に使用される一般的なエッティング装置に適用することができ、特に使用されるエッティング装置の構成が限定されるものではない。

【0084】

[実施例2]

図9及び図10を用いて、第3の実施形態において使用されるエッティング装置100の概略について説明する。

10

【0085】

(1) 基板処理装置の構成

図9は、半導体装置の製造方法を実施するための枚葉式基板処理装置（以下単に、基板処理装置という）における基板処理容器の概略縦断面図であり、基板処理時の状態を示す。図10は、同じく基板処理容器の概略縦断面図であり、基板搬送時の状態を示す。図10では、サセプタが、下降して搬送工程を行なうことが可能な搬送位置にある。

【0086】

図9及び図10に示すように、エッティング装置100としての基板処理装置は、シリコンウエハ等の円形の基板101を処理する処理容器（チャンバー）130と、処理容器130と隣接してこれとの間で基板101が搬送される基板搬送容器139とを有する。処理容器130は、上部が開口した容器本体131と、容器本体131の上部開口を塞ぐ蓋体132とから構成されて、内部に密閉構造の処理室50を形成している。なお、処理室50を、蓋体132とサセプタ102とで囲まれた空間（処理空間）で形成するようにしても良い。本実施形態の例では、容器本体131、蓋体132、処理室50は、いずれも、上面視（上方から見た形）が略円形である。

20

【0087】

(ガス供給部)

蓋体132には、シャワーヘッド105と、処理ガス供給ライン106a、106bと、不活性ガス供給ライン112とが設けられる。シャワーヘッド105は、処理室50内の基板101と対向して設けられ、処理ガス供給ライン106a、106bからの処理ガスを、処理室50内に供給する。このシャワーヘッド105は、蓋体132の内面上部に設けられ、多数のガス孔を有してガスをシャワー状に分散させるガス分散板（図示省略）と、複数のガスを混合する混合室（図示省略）とを含むように構成される。例えば、処理ガス供給ライン106a、106bから処理ガスを供給する場合は、上記混合室にて不活性ガス等の希釈ガスが混合される。

30

【0088】

処理ガス供給ライン106a、106bは、シャワーヘッド105に接続される。具体的には、処理ガス供給ライン106a、106bを構成する処理ガス供給管115a、115bは、シャワーヘッド105の上部で、上記混合室に開口する。

40

【0089】

また、不活性ガス供給ライン112は、シャワーヘッド105を貫通して設けられる。例えば、不活性ガス供給ライン112を構成する不活性ガス供給管120は、基板101の中心部と対向するシャワーヘッド105の中心部を貫通して、処理室50に開口する。

【0090】

このように、処理ガス供給ライン106a、106bは、シャワーヘッド105に接続され、シャワーヘッド105を介して、基板処理室50内へ、処理ガスを供給するように構成されている。また、不活性ガス供給ライン112は、シャワーヘッド105を貫通して設けられ、シャワーヘッド105を介すことなく、基板処理室50内へ、不活性ガスを供給するように構成されている。

【0091】

50

処理ガス供給ライン 106a、106b は、具体的には、それぞれ、シャワー ヘッド 105 に接続されて上記混合室と連通する処理ガス供給管 115a、115b と、処理ガス供給管 115a、115b に設けられたガス流量制御器（マスフロコントローラ：MFC）116a、116b とを備えて、基板処理室 50 内に所望のガス種を所望のガス流量、所望のガス流量比率で供給することが可能となるように構成されている。この処理ガスは、本実施の形態では、ヨウ素含有ガスであり、例えば IF₇ ガスである。なお、処理ガスとして、例えばヨウ素含有ガスを不活性ガス（例えば N₂ ガス）で希釈したガスを用いてもよい。特に、ヨウ素含有ガスの一種である IF₇ ガスは、シリコンを主成分とするシリコン膜を選択的に除去させることができる。ここで、「選択的」とは、例えば、シリコン膜のエッチングレートを他の膜（例えば金属膜、酸化膜、窒化膜、酸窒化膜等）のエッチングレートよりも高くすることを言う。ここで、シリコンを主成分とするシリコン膜とは、シリコン成分が少なくとも 50 質量% 以上のシリコン膜を言う。10

【0092】

なお、基板処理の内容に応じて、処理ガス供給ライン 106a、106b から、互いに異なる処理ガスを供給するよう構成することも可能である。また、処理ガス供給ライン 106a、106b のいずれか一方から、キャリアガスや希釈ガスとしての不活性ガスを供給するよう構成することも可能である。

【0093】

不活性ガス供給ライン 112 は、不活性ガス供給管 120 と、MFC 121 とを備えており、処理室 50 内に供給する不活性ガスの流量を所望のガス流量で供給することができるよう構成されている。不活性ガス供給ライン 112 は、さらに、加熱部 123 を備えており、処理室 50 内に供給する不活性ガスの温度を加熱する。加熱部 123 は、後述のコントローラ 500 に接続され、コントローラ 500 からの制御を受けて、不活性ガスの温度を所望の温度とすることができる。本実施の形態では、不活性ガス供給ライン 112 から供給される不活性ガスは、N₂（窒素）ガスである。20

【0094】

処理ガス供給管 115a、115b と、MFC 116a、116b と、シャワー ヘッド 105 とを含むように、処理ガス供給部が構成される。なお、処理ガス供給源 117a、117b を処理ガス供給部（処理ガス供給ライン）に含む構成としても良い。また、不活性ガス供給管 120 と、MFC 121 とを含むように、不活性ガス供給部が構成される。なお、不活性ガス供給源 122 を不活性ガス供給部（不活性ガス供給ライン）に含む構成としても良い。そして、処理ガス供給部と不活性ガス供給部とからガス供給部が構成される。30

【0095】

なお、変性層（自然酸化膜）を除去可能なフッ化水素ガスなどの除去剤を基板 101 に供給する除去剤供給ラインや、クリーニング用ガス（例えば、三フッ化塩素（ClF₃）ガス等）を供給するクリーニングガス供給ライン、後述する後処理用ガスを供給する後処理用ガス供給ライン等を、その必要に応じて蓋体 132 に設け、ガス供給部の一部とすることも可能である。

【0096】

容器本体 131 の上側部には、排気口 107 が設けられる。排気口 107 は、容器本体 131 の上部内周に形成された環状路 114 と連通し、環状路 114 を介して基板処理室 50 内を排気するように構成されている。環状路 114 は、上面視が環状である。排気口 107 には、排気配管 142 が接続され、排気配管 142 には APC バルブ V（自動圧力調整弁）と真空ポンプ P が設けられる。APC バルブ V と上記ガス供給部の MFC とによってガス供給量と排気量を調整することにより、処理室 50 の圧力が所望の値に制御される。なお、排気口 107 と環状路 114 は、蓋体 132 の下側部に設けてよい。40

【0097】

また、容器本体 131 の排気口 107 よりも下方の一側部には、搬送口 108 が設けられる。搬送口 108 は、搬送容器 139 内に形成される基板搬送室 140 から、処理容器50

130内の基板処理室50に、搬送口108を介して処理前の基板101を搬入し、または基板処理室50から基板搬送室140に処理後の基板101を搬出するように構成されている。なお、容器本体131の搬送口108には、基板搬送室140と基板処理室50との雰囲気隔離を行う開閉弁109が、開閉自在に設けられている。

【0098】

また、処理容器130内に、ヒータユニットH(図示省略)を内蔵したサセプタ(基板載置台)102が設けられる。サセプタ102は、処理容器130の基板処理室50内に昇降自在に設けられ、サセプタ102の表面に基板101が保持される。基板101は、ヒータユニットHによって加熱されるようになっている。

【0099】

基板支持ピン上下機構111に複数の支持ピン104が立設される。これらの支持ピン104は、ヒータユニットH及びサセプタ102を貫通可能になっており、サセプタ102及び基板支持ピン上下機構111の昇降に応じて、サセプタ102の表面から出没自在になるように構成されている。

【0100】

基板処理装置は、サセプタ102が下降して搬送工程を行うことが可能な位置にあるとき(図10に示す位置。以下、この位置を搬送位置Aという)、複数の支持ピン104がサセプタ102から突出して、複数の支持ピン104上に基板101を支持可能にし、基板処理室50と基板搬送室140との間で搬送口108を介して、基板101の搬送と搬出が行えるように構成されている。また、基板処理装置は、サセプタ102が上昇して、搬送位置Aより上方の中間位置を経て処理工程を行うことが可能な位置にあるとき(図9に示す位置。以下、この位置を基板処理位置Bという)、支持ピン104は基板101の支持に関与せず、サセプタ102上に基板101が載置されるように構成されている。

【0101】

サセプタ102は、その支持軸124が昇降機構UD(図示省略)に連結されて基板処理室50内を昇降するように設けられている。支持軸124の外周には、上下運動する支持軸124をシールするためのベローズ(図示省略)が設けられる。昇降機構UDは、基板搬入工程、基板処理工程、基板搬出工程などの各工程で、基板処理室50内のサセプタ102の上下方向の位置(搬送位置A、基板処理位置B等)を多段階に調整できるよう構成されている。

【0102】

また、サセプタ102は水平方向に回転可能になっている。すなわち、前述した筒状の支持軸124を回転機構R(図示省略)により回転自在とし、支持軸124を回転軸としてサセプタ102を回転自在に設け、基板101を保持した状態でサセプタ102を任意の速度で回転できるように構成されている。一方、サセプタ102内に設けた抵抗加熱のヒータユニットHは固定とし、筒状の支持軸124内に挿通した固定部(図示省略)によって支持している。このようにサセプタ102を回転自在とし、抵抗加熱ヒータHを固定とすることによって、抵抗加熱ヒータHに対してサセプタ102を相対回転させるようになっている。

【0103】

なお、昇降機構UD、回転機構R、抵抗加熱ヒータH、MFC121、116(116a、116b)等の各部を制御する制御手段としてのコントローラ500の構成例は後述する図11に示す。

【0104】

上述したような基板処理装置において基板上の薄膜を除去するには、搬送工程で基板101を処理室50内に搬入し、処理工程で処理室50内に搬入された基板101にシャワーヘッド105を介して処理ガス(エッティングガス)を供給して基板101を処理し、搬出工程で処理された基板101を処理室50内から搬出する。

【0105】

搬入工程において、サセプタ102は搬送位置Aにあって、基板101を支持ピン10

10

20

30

40

50

4が受け取り可能な状態にあり、処理容器130の開閉弁109は開いている。少なくともシリコンを含む膜が形成された基板101は、搬送機構T(図示省略)により、基板搬送室140から基板処理室50に、搬送口108を介して搬入され、複数の支持ピン104に支持される(図10)。開閉弁109は基板搬入後に閉じられる。真空ポンプPによって、排気口107から環状路114を介して基板処理室50内が排気される。

【0106】

処理工程において、まず昇降機構UDにより、サセプタ102は搬送位置A(図10)から基板処理位置B(図9)まで上昇するが、基板処理位置Bに到達する前に基板101が支持ピン104からサセプタ102に移載され、ヒータユニットHによりサセプタ102を介して基板101は加熱されるようになる。基板処理位置Bでサセプタ102上に移載された基板101は、シャワーヘッド105に對面する(図9)。この状態で、必要に応じてサセプタ102を回転機構Rにより回転させて基板101を回転させる。

10

【0107】

そして、処理室50内の、回転する基板101の表面にシャワーヘッド105を介して処理ガス供給ライン106(106a、106b)から、図9の矢印に示すように処理ガスを供給しつつ排気口107から排気する。この過程で、基板101上に形成されていたシリコン膜が除去される。シリコン膜除去後、エッティングガスとしての処理ガスと同様に、本実施の形態において、反応副生成物を除去するための処理ガス(以後、後処理用ガスと呼ぶ)が、処理ガス供給ライン106a、106bから図9の矢印に示すよう供給される。ここで、処理ガスは、処理ガス供給ライン106a、106bから、シャワーヘッド105内に導入される。また、不活性ガスは、基板101の中心部に對向するシャワーヘッド105の中心部に接続された不活性ガス供給ライン112から処理室50内に供給される。

20

【0108】

このとき、シャワーヘッド105内に導入された処理ガスは、シャワーヘッド105から処理室50内に導入された不活性ガスによって、その流れが制御されるよう構成してもよい。例えば、不活性ガス供給ライン112に設けたMFC121によって、不具合が生じやすい基板101の中心部における膜厚もしくは膜質の調整が最適となるように、不活性ガス供給管120を通る不活性ガスの流量が調整される。

【0109】

30

基板処理後、搬出工程において、サセプタ102は搬送位置Aまで降下する(図10)。降下の際、支持ピン104は再び基板101を突き上げ、サセプタ102と基板101との間に搬送のための隙間を作る。処理終了後の基板101は、搬送口108から搬送機構Tにより基板搬送室140へ運び出される。

【0110】

(2) コントローラ構成の説明

コントローラ500は、上述の搬入工程、処理工程、搬出工程を行うように、上述の各部を制御する。

図11に示すように、制御部(制御手段)であるコントローラ500は、CPU(Central Processing Unit)500a、RAM(Random Access Memory)500b、記憶装置500c、I/Oポート500dを備えたコンピュータとして構成されている。RAM500b、記憶装置500c、I/Oポート500dは、内部バス500eを介して、CPU500aとデータ交換可能のように構成されている。コントローラ500には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置501が接続されている。

40

【0111】

記憶装置500cは、例えばフラッシュメモリ、HDD(Hard Disk Drive)等の記憶媒体で構成されている。記憶装置500c内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する基板処理の手順や条件などが記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。なお、プロセスレシピは、後述する基板処理

50

工程（エッティング処理工程）における各手順をコントローラ 500 に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単にプログラムともいう。なお、本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、プロセスレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。また、RAM 500b は、CPU 500a によって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。尚、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態で使用された第 1 制御プログラムに対して、本実施の形態における制御プログラムを第 2 制御プログラムと呼ぶ場合がある。

【0112】

10

I/O ポート 500d は、上述のヒータユニット H、基板支持ピン上下機構 111、加熱部 123、搬送機構 T、APC バルブ V、排気ポンプ（真空ポンプ）P、開閉弁 109、MFC 121、116a、116b、回転機構 R、昇降機構 UD 等に接続されている。

【0113】

CPU 500a は、記憶装置 500c から制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置 501 からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 500c からプロセスレシピを読み出し実行するように構成されている。そして、CPU 500a は、読み出したプロセスレシピの内容に沿うように、基板支持ピン上下機構 111 による支持ピン 104 の上下動作、ヒータユニット H による基板 101 の加熱・冷却動作、MFC 121、116a、116b による処理ガスの流量調整動作、等を制御するように構成されている。

20

【0114】

なお、コントローラ 500 は、専用のコンピュータとして構成されている場合に限らず、汎用のコンピュータとして構成されていてもよい。例えば、上述のプログラムを格納した外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CD や DVD 等の光ディスク、MO 等の光磁気ディスク、USB メモリ（USB Flash Drive）やメモリカード等の半導体メモリ）502 を用意し、係る外部記憶装置 502 を用いて汎用のコンピュータにプログラムをインストールすること等により、本実施形態に係るコントローラ 500 を構成することができる。

【0115】

30

なお、コンピュータにプログラムを供給するための手段は、外部記憶装置 502 を介して供給する場合に限らない。例えば、インターネットや専用回線等の通信手段を用い、外部記憶装置 502 を介さずにプログラムを供給するようにしてもよい。なお、記憶装置 500c や外部記憶装置 502 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成される。以下、これらを総称して、単に記録媒体ともいう。なお、本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置 500c 単体のみを含む場合、外部記憶装置 502 単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。

【0116】

(3) エッティング処理工程（ドライエッティング工程）

続いて、図 8 を用いて、本実施形態にかかる半導体製造工程の一工程として実施される基板処理工程（エッティング処理工程）について説明する。かかる工程は、上述の基板処理装置により実施される。なお、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作は、コントローラ 500 により制御される。

40

【0117】

(基板の搬入工程 S10)

まず、シリコンを主成分とする膜を少なくとも有する基板 101 が、基板搬送室 140 から搬送機構 T によって、搬送口 108 を介して、処理室 50 内に搬送された後、支持ピン 104 上に支持される。

【0118】

(シリコン膜除去工程 S20)

次に、サセプタ 102 或いはサセプタ 102 及び基板支持ピン上下機構 111 を上昇さ

50

せ、基板処理位置 B へ移動させ、サセプタ 102 上に基板 101 が載置されるようとする。サセプタ 102 に具備されたヒータ H は、予め所定の温度に加熱されており、基板 101 を所定の基板温度になる様に加熱する。必要に応じて、過剰な熱（反応熱）を排熱するための冷却機構を併用するのが好ましい。

【0119】

基板 101 が所定温度に達した後、所定時間、処理ガス供給ライン 106a、106b から所定のエッティングガスを、シャワー ヘッド 105 を介して基板 101 に供給し、例えば、基板温度 50 以下で、基板 101 上のシリコン膜のエッティング処理を行う。エッティングガスの温度は、例えば、室温である。このとき、不活性ガス供給管 120 から、不活性ガスを基板 101 に供給するようにしてもよい。エッティング処理に用いられたエッティングガスは、処理室 50 の側面に設けられた、環状路 114 と連通する排気口 107 より排出される。

【0120】

エッティングガスの供給と同時に、APC バルブ V によって排気量を調整することにより、処理室 50 内の圧力を所定の圧力に維持する。また、エッティングガスが供給され次第、シリコン膜のエッティングが開始されるので、圧力やガス流量は速やかに所定の値に設定されることが望ましい。

【0121】

エッティングガスは、ヨウ素 (I) 含有ガスが用いられる。例えば、ヨウ素 (I) のハロゲン元素を含むガスである。好ましくは、七フッ化ヨウ素 (IF₇) ガスが選択される。また、IF₇ ガスは、室温において、シリコン酸化膜、アモルファスカーボン膜、シリコン窒化膜に対するエッティングレートがほぼゼロであるのに対し、シリコン膜に対しては、1 分間あたり、1 μm 以上の極めて大きいエッティングレートを有する。

【0122】

尚、本実施の形態において、シリコン膜除去工程 S20 は、ヨウ素含有ガス（エッティングガス）によるシリコン膜を除去した後、エッティングガスとシリコン膜との反応で生成される反応副生成物を除去する後処理工程を含む。具体的には、後処理工程では、エッティングガスと同様に、APC バルブ V によって排気量を調整することにより、処理室 50 内の圧力を所定の圧力に維持しつつ、処理ガス供給ライン 106a、106b から所定の後処理用ガスが、シャワー ヘッド 105 を介して基板 101 に供給される。

【0123】

なお、シリコン膜上に、数原子程度の変性層が形成されている場合、処理ガス（エッティングガス）を供給する前に、変性層を除去するための変性層除去ガス（例えばフッ化水素ガス）を基板に供給することが好ましい。ここで、変性層とは、シリコン膜上に形成された自然酸化膜である。この自然酸化膜は、数原子層の厚さであっても、上述の処理ガスで除去することができず、シリコン膜の除去を阻害する。変性層除去ガスを供給することで、他の膜構成を維持したままシリコン膜上の変性層を除去することができ、処理ガスによるシリコン膜の微細な除去を可能にする。

【0124】

所定時間、除去工程 S20 を行った後、処理ガスの供給を停止し、処理容器 130 内の雰囲気（ガス）を、排気口 107 から排出する。

【0125】

（ページ工程 S30）

除去工程（エッティング工程）S20 の終了後、不活性ガス供給管 120 から、シャワー ヘッド 105 を介して、基板 101 上に不活性ガスである例えば窒素ガスが供給される。このとき、供給される窒素ガスは、加熱部 123 により加熱された状態、例えば 90 以上に加熱されて供給されるのが好ましい。不活性ガスをエッティング工程で発生した副生成物の昇華温度よりも高い温度に加熱することができれば、エッティングの際に発生する副生成物の除去効率を向上させることができるとなる。

【0126】

10

20

30

40

50

尚、本実施の形態においては、バージ工程 S 3 0 は、後処理用ガスによる副生成物を除去した後、更に、基板の温度を前述の所定の基板温度以上に加熱する加熱工程を含む。具体的には、シリコン膜除去工程で生成される副生成物(例えば、 IF_5)の昇華温度以上に加熱される。

【 0 1 2 7 】

従来は、基板 1 0 1 上のシリコンのエッティング時において、シリコンとエッティングガスとの化合物である副生成物が発生することへの対策として、エッティング処理後に基板 1 0 1 をアニールチャンバに移動し、基板 1 0 1 上に副生成物が昇華する温度まで基板 1 0 1 を加熱していた。その結果、基板 1 0 1 をアニールチャンバでアニール処理するのに手間がかかり、生産性の向上に支障となっていた。しかし、本実施形態では、上記副生成物の問題を、不活性ガスを加熱部 1 2 3 により加熱された状態で供給することにより改善することができる。

【 0 1 2 8 】

(基板搬出工程 S 4 0)

バージ工程 S 3 0 の終了後、不活性ガスの供給を停止するとともに、処理容器 1 3 0 内の雰囲気を、排気口 1 0 7 から排出する。また、支持ピン 1 0 4 を上昇させ、基板 1 0 1 をサセプタ 1 0 2 から離して搬送可能な温度まで冷却する。

基板 1 0 1 が搬送可能な温度まで冷却され、処理室 5 0 から搬出する準備が整った後、上述の基板搬入工程 S 1 0 の逆の手順で搬出する。

【 0 1 2 9 】

図 1 2 は、図 8 で示した基板処理工程の S 2 0 及び S 3 0 の詳細を示した図である。

【 0 1 3 0 】

図 1 2 に示す本実施の形態に係るエッティング処理工程は、前バージ工程 (S 1 0 1) 、エッティング工程 (S 1 0 2) 、真空バージ工程 (S 1 0 3) 、トリートメント (後処理) 工程 (S 1 0 4) 、昇温バージ工程 (S 1 0 5) 、加熱工程 (S 1 0 6) 、降温バージ工程 (S 1 0 7) の 7 工程を含む。尚、エッティング工程 (S 2 0) は、少なくともエッティング工程 (S 1 0 2) と、トリートメント工程 (S 1 0 4) を含み、バージ工程 (S 3 0) は、加熱工程 (S 1 0 6) を含む。このように、バージ工程 (S 3 0) に加熱工程 (S 1 0 6) を加えると、ヨウ素化合物除去という観点では好ましい。但し、基板温度の変化が伴うので、スループットの観点では少し劣ってしまうため、適宜加熱工程の実施は選択されるよう構成されている。また、図 1 2 ではそれぞれの工程で同じ時間軸になっているが、実際の各工程時間が異なるのは言うまでもない。以下、各工程について説明する。また、図 1 2 に示す各工程が制御プログラムを実行することによって行われるのは言うまでもない。

【 0 1 3 1 】

前バージ工程 (S 1 0 1) では、次の工程であるエッティング処理のための準備が行われる工程であり、所定の基板温度、所定の圧力に維持される。本実施の形態では、温度 3 0 、圧力 5 0 P a 、そして、不活性ガスの流量は 1 S L M である。所定の基板温度、所定の圧力に安定すると、次の工程 (S 1 0 2) へ移行する。ここで、所定の基板温度とは、処理ガス (エッティングガス) が十分に気化している温度帯であって、基板 1 0 1 に形成された膜特性が変質しない温度とする。例えば、2 0 ~ 9 0 、好ましくは、3 0 ~ 5 0

の温度に保持される。また、所定の圧力として、例えば、0.1 ~ 2 0 0 P a の圧力に維持される。

【 0 1 3 2 】

エッティング工程 (S 1 0 2) では、処理室 5 0 にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給し、基板 1 0 1 上のシリコン膜を除去する。特に、ヨウ素含有ガスとして、七フッ化ヨウ素 (IF_7) が好ましい。エッティングガス流量は、0.1 ~ 1 0 S L M (standard liter per minutes) 程度の範囲の内、所定の流量に設定する。例えば、1 S L M に設定する。また、必要に応じて、一旦、処理室 5 0 の雰囲気を排気してからエッティングガスを供給しても良い。本実施の形態として、例えば、温度 3 0 、圧力 2 0 0 P a 、そして、

10

20

30

40

50

I F₇ ガスの流量及び不活性ガスの流量はそれぞれ 1 S L M である。尚、エッティングの時間は、エッティング対象のシリコンの膜厚により適宜決定される。予め設定された時間、I F₇ ガスが供給された後、次の工程 (S 1 0 3) に移行する。

【 0 1 3 3 】

真空パージ工程 (S 1 0 3) では、エッティングガスの供給が停止される。また、不活性ガス (例えば、N₂ ガス) の供給が停止されて真空に排気する真空排気工程が行われる。次に、不活性ガス (例えば、0.5 S L M) を供給し、処理室 5 0 内をパージする工程が行われると共に、温度及び圧力が所定時間安定したら、次の工程 (S 1 0 4) に移行する。尚、本実施の形態によれば、温度 3 0 、圧力 5 0 P a に維持される。

【 0 1 3 4 】

トリートメント (後処理) 工程 (S 1 0 4) では、温度 3 0 、圧力 2 0 0 P a 、そして、後処理用ガス (例えば、C 1 F₃ ガス) の流量及び不活性ガスの流量はそれぞれ 1 S L M である。この後処理工程では、基板 1 0 1 又は処理室 5 0 の内壁等に付着したヨウ素化合物を除去する工程である。このエッティング工程時の副生成物を除去する工程では、ヨウ素を含まないフッ素含有ガスを用いるのが好ましい。例えば、前記フッ素含有ガスが、フッ素 (F₂) 、三フッ化塩素 (C 1 F₃) 等である。

【 0 1 3 5 】

昇温パージ工程 (S 1 0 5) では、温度が目標温度まで昇温される。このとき、不活性ガスの流量は停止したまま、処理室 5 0 内が真空引きされる工程 (真空排気工程) と不活性ガスの流量を例えば、0.5 S L M 供給しつつ、圧力 5 0 P a 一定に維持する工程 (圧力維持工程) を経て、温度が (3 0) から目標温度 (2 0 0) まで昇温される。この目標温度は、ヨウ素化合物の昇華温度以上に設定されるのが好ましい。また、例えば、ヨウ素化合物が I F₅ であれば、昇華温度は 9 5 度であるので、1 0 0 以上が好ましい。但し、温度を高くすれば、昇温時間がかかってしまうため、目標温度が高すぎるのもスループットの観点で好ましくない。尚、本実施の形態における後処理で、例えば、C 1 F₃ を用いた場合は、万が一、副生成物が発生しても付着しない温度 (2 0 0 度) 以下にするのが好ましい。所定の目標温度に到達したら次の工程 (S 1 0 6) に移行する。

【 0 1 3 6 】

加熱工程 (S 1 0 6) では、基板表面に堆積されたヨウ素化合物の昇華温度以上であるので、不活性ガス (例えば、1 S L M) が供給されることにより、昇華したヨウ素化合物が不活性ガスと共に排気されるので、副生成物であるヨウ素化合物が効率よく低減される。所定の時間経過後、次の工程 (S 1 0 7) に移行する。

【 0 1 3 7 】

降温パージ工程 (S 1 0 7) では、目標温度 (本実施の形態においては 2 0 0) から、昇温前の温度 (本実施の形態では 3 0) に降温される。昇温前の温度に到達すると、本実施の形態におけるドライエッティング処理が終了する。

【 0 1 3 8 】

図 1 3 は、エッティング処理工程後の基板表面におけるヨウ素 (I) 強度の温度依存性を示す。縦軸が、ヨウ素 (I) 強度を示し、横軸に基板温度である。白丸で表されるデータは、図 1 2 で示すシーケンスを実行した結果であり、黒丸で表されるデータは、三フッ化塩素 (C 1 F₃) による後処理を行わずに、アニール処理のみを実行した結果である。

【 0 1 3 9 】

これにより、エッティング後の基板表面におけるヨウ素 (I) 強度が、アニール温度の上昇につれて低減されている様子がわかる。更に、アニール処理だけでなく、三フッ化塩素 (C 1 F₃) による後処理を組合せることにより、ヨウ素 (I) 強度が効率よく低減できることが分かる。

【 0 1 4 0 】

従来、基板上の膜を七フッ化ヨウ素ガスによりエッティングする工程において、七フッ化ヨウ素 (I F₇) ガスの分解や、七フッ化ヨウ素とシリコンとの反応により五フッ化ヨウ素 (I F₅) 等の副生成物が生成され、基板を処理するチャンバー内部、及び排気配管に

10

20

30

40

50

付着したり、基板表面に堆積したりする。これら副生成物は常温において揮発し難く安定しており、エッティング後の不活性ガスによるページでは除去できず、基板表面にヨウ素汚染が残る。ここで、チャンバー内部、排気配管、或いは基板表面が大気に曝されると、ヨウ素化合物を含む副生成物が大気中の水分と反応し、ヨウ化水素（H I）、ヨウ素酸（H I O₃）等を発生し、基板表面やチャンバー内部、排気配管の金属部材の腐食を誘発するリスクが有るという問題があつたが、本実施の形態によれば、エッティング工程で生成されるヨウ素化合物を含む副生成物を効率よく除去することができるので、このような問題を解決することができる。

【 0 1 4 1 】

本実施の形態（第3の実施形態）において、第1の実施形態及び第2の実施形態における効果に加え、以下に記載の少なくとも（a）～（c）のうち一つ以上の効果を奏する。 10

【 0 1 4 2 】

（a）本実施の形態において、エッティング工程後に後処理工程を設けることにより、少なくともチャンバー内に付着、または基板の表面に堆積したヨウ素化合物を除去することができ、同時にチャンバー内部、及び排気配管に付着したヨウ素酸化物も除去できるので、付着物除去工程の回数を減らせることができ、装置稼働率が向上する。

【 0 1 4 3 】

（b）本実施の形態において、また、エッティング工程後に後処理工程を設けることにより、基板表面のヨウ素化合物を除去することができるため、エッティングを連続して処理した場合に、エッティング不良を抑えることができる。 20

【 0 1 4 4 】

（c）本実施の形態において、また、エッティング工程後に後処理工程を設けることにより、チャンバー内の壁面及び基板の表面に堆積したヨウ素化合物を除去することができるので、メンテナンスの際に処理室を開放すことができるが、大気中との水分との反応によるヨウ化水素（H I）、ヨウ素酸（H I O₃）等の発生に伴うチャンバー内の金属腐食を抑制できる。

【 0 1 4 5 】

<本発明における効果>

従来から、更なる高集積化を図る為にパターンの微細化が進められているが、微細化が進むにつれて、微細化したパターン固有の問題が生じている。その一例として、ウェットエッティング時の液体の表面張力によるパターン倒れが挙げられる。例えば、シリコン（Si）の除去工程では、水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液（TMAH）等によるエッティング後に純水洗浄し、純水より表面張力の小さいイソプロピルアルコール（IPA）で置換しながら乾燥を行うことで洗浄液の表面張力によるパターンの倒壊を防止していた。しかしながら、パターンの微細化に伴い、この方法を用いてもパターンの倒壊を防ぎきれなくなっている。この問題を解決する手段として、本発明におけるエッティングガスによってシリコンの除去を行うドライエッティングによれば、今後のパターンの微細化にも適用できる。 30

【 0 1 4 6 】

また、NANDフラッシュメモリなどの3D構造のデバイスの製造において、従来のプラズマを用いた反応性イオンエッティングでは、ポリシリコン（Poly-Si）膜をポリシリコン以外の膜（例えば、シリコン酸化（SiO₂）膜、シリコン窒化（SiN）膜、シリコン酸窒化（SiON）膜、カーボン（C）膜等）に対して高選択性で除去することは困難であった。つまり、ポリシリコン（Poly-Si）膜とシリコン酸化（SiO₂）膜の積層構造で貫通溝をくり抜いた後に側壁に露出したポリシリコン（Poly-Si）膜とシリコン酸化（SiO₂）膜の層のうち、ポリシリコン（Poly-Si）膜のみをエッティングすることは、従来のプラズマを用いた反応性イオンエッティングでは、ポリシリコン以外の膜との選択性の問題や、等方性エッティングが必要になる点から非常に困難であった。また、ハードマスク膜（例えば、カーボン膜等）との選択性の問題もあった。このようなパターンの微細化に伴うデバイス構造の煩雑化に対応が困難であった。この問題を解 40

決する手段として、本発明におけるエッティングガスによって、プラズマレスで等方性エッティングにより、シリコンの除去を行うドライエッティングによれば、今後のパターンの微細化にも適用できる。特に、エッティングガスとして七フッ化ヨウ素を含むヨウ素含有ガスを用いることにより、既存のエッティングガスと比較して、その化学的性質からシリコン以外の膜との選択性良く、シリコンの除去を行うことができる。従い、今後のパターンの微細化に伴うデバイス構造の煩雑化に適用できる。

【0147】

<本発明の他の実施形態>

以上、本発明の実施形態を具体的に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

10

【0148】

また、本発明は、本実施形態に係る基板処理装置のような半導体ウエハを処理する半導体製造装置などに限らず、ガラス基板を処理するLCD (Liquid Crystal Display) 製造装置、太陽電池製造装置等の基板処理装置にも適用できる。例えば、LCDを駆動させるトランジスタや、太陽電池に用いられる単結晶シリコン、多結晶シリコン、アモルファスシリコンを加工する処理にも適用することができる。

【0149】

<本発明の好ましい態様>

以下、本発明の好ましい態様について付記する。

【0150】

20

<付記1>

本発明の一態様によれば、

チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着している、ヨウ素酸化物を含む付着物を、フッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物の除去方法が提供される。

【0151】

<付記2>

付記1に記載の付着物の除去方法であって、

前記クリーニングガスを、20～300の温度領域かつ66Pa～101kPaの圧力領域で前記付着物と接触させる付着物の除去方法が提供される。

30

【0152】

<付記3>

付記2に記載の付着物の除去方法であって、

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスがClF₃であり、前記温度領域が25～200である付着物の除去方法が提供される。

【0153】

<付記4>

付記2に記載の付着物の除去方法であって、

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスがF₂であり、前記温度領域が120～200である付着物の除去方法が提供される。

40

【0154】

<付記5>

付記2に記載の付着物の除去方法であって、

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスがIF₇であり、前記温度領域が230～300である付着物の除去方法が提供される。

【0155】

<付記6>

付記1乃至付記5のいずれか一つに記載の付着物の除去方法であって、

前記クリーニングガスに含まれるフッ素含有ガスは、HF、F₂、XF_n (XはCl、Br、Iのいずれかを表し、nは1～7の整数を表す。) からなる群より選ばれる少なく

50

とも一つのフッ素 (F) を含むフッ素含有ガスである付着物の除去方法が提供される。

【0156】

<付記7>

付記1乃至付記6のいずれか一つに記載の付着物の除去方法であって、

前記付着物中に含まれる前記ヨウ素酸化物は、化学式：[$I_x O_y F_z$ (xは1または2の整数を表し、yは1～5の整数を表し、zは0または1の整数を表す。)] で表されるヨウ素酸化物である付着物の除去方法が提供される。

【0157】

<付記8>

付記1または付記2または付記7に記載の付着物の除去方法であって、

前記ヨウ素酸化物が、 $I_2 O_5$ である付着物の除去方法が提供される。

【0158】

<付記9>

本発明の別の態様によれば、

チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッチングガスを供給して基板表面をエッチングする工程と、

前記基板表面をエッチングした後、前記チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を、少なくともフッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する工程と、を含むドライエッチング方法が提供される。

【0159】

<付記10>

付記9に記載のドライエッチング方法であって、

前記クリーニングガスを、20～300 の温度領域かつ66Pa～101kPaの圧力領域で前記付着物と接触させるドライエッチング方法が提供される。

【0160】

<付記11>

付記9または付記10に記載のドライエッチング方法であって、

前記クリーニングガスに含まれる前記フッ素含有ガスは、 HF 、 F_2 、 $X F_n$ (XはC1、Br、Iのいずれかを表し、nは1～7の整数を表す。) からなる群より選ばれる少なくとも一つのフッ素 (F) を含むフッ素含有ガスであるドライエッチング方法が提供される。

【0161】

<付記12>

付記11に記載のドライエッチング方法であって、

前記クリーニングガスに含まれる前記フッ素含有ガスは、 ClF_3 であるドライエッチング方法が提供される。

【0162】

<付記13>

付記9に記載のドライエッチング方法であって、

前記付着物中に含まれる前記ヨウ素酸化物は、化学式：[$I_x O_y F_z$ (xは1または2の整数を表し、yは1～5の整数を表し、zは0または1の整数を表す。)] で表されるヨウ素酸化物であるドライエッチング方法が提供される。

【0163】

<付記14>

付記9または付記10に記載のドライエッチング方法であって、

前記フッ素含有ガスが、フッ素 (F_2) 、三フッ化塩素 (ClF_3) 、七フッ化ヨウ素 (IF_7) から選択される一つであるドライエッチング方法が提供される。

【0164】

<付記15>

10

20

30

40

50

本発明の更に別の態様によれば、

チャンバーを構成する部材または前記チャンバーに接続された配管の表面に付着している、ヨウ素化合物を含む付着物を、ヨウ素を含まないフッ素含有ガスを含むクリーニングガスを用いて除去する付着物の除去方法が提供される。

【0165】

<付記16>

付記15に記載の付着物の除去方法であって、

前記クリーニングガスに含まれる前記フッ素含有ガスが、フッ素(F_2)、三フッ化塩素(ClF_3)である付着物の除去方法が提供される。

【0166】

10

<付記17>

付記15に記載の付着物の除去方法であって、

前記付着物に含まれるヨウ素化合物が五フッ化ヨウ素(IF_5)である付着物の除去方法が提供される。

【0167】

<付記18>

本発明の更に別の態様によれば、

基板上の膜をヨウ素含有ガスを含むエッティングガスにより除去するエッティング工程と、前記エッティング工程で生成されるヨウ素化合物を除去する後処理工程と、を有し、前記後処理工程では、前記基板の表面にヨウ素を含まないフッ素含有ガスを含む後処理用ガスを供給し、前記ヨウ素化合物を除去するドライエッティング方法が提供される。

20

【0168】

<付記19>

付記18に記載のドライエッティング方法であって、

前記後処理工程の後に、前記基板を加熱することにより、前記基板表面に堆積したヨウ素化合物を除去する加熱工程をさらに有することを特徴とするドライエッティング方法が提供される。

【0169】

<付記20>

付記18に記載のドライエッティング方法であって、

30

前記後処理用ガスに含まれる前記フッ素含有ガスが、フッ素(F_2)、三フッ化塩素(ClF_3)、七フッ化ヨウ素(IF_7)であるドライエッティング方法が提供される。

【0170】

<付記21>

本発明の更に別の態様によれば、少なくともシリコンを主成分とするシリコン含有膜が形成された基板を収容するチャンバーと、

前記チャンバー内にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給するエッティングガス供給部と、

前記チャンバー内にフッ素含有ガスを含むクリーニングガスを供給するクリーニングガス供給部と、

40

少なくとも前記エッティングガス供給部と前記クリーニングガス供給部とを制御し、前記第1エッティングガスを供給し、前記基板をエッティングした後、前記チャンバーの内部に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を前記クリーニングガスを用いて除去する装置コントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【0171】

<付記22>

本発明の更に別の態様によれば、少なくともシリコンを主成分とするシリコン含有膜が形成された基板を収容するチャンバーと、

前記基板にヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給するエッティングガス供給部と、

前記基板にフッ素含有ガスを含む後処理用ガスを供給する後処理用ガス供給部と、

50

少なくとも前記エッティングガス供給部と前記後処理用ガス供給部とを制御し、前記第1エッティングガスを前記チャンバー内へ供給し、前記基板を前記第1エッティングガスに晒して、前記シリコン含有膜を除去し、その後、前記後処理用ガスを前記チャンバー内供給し、前記基板に堆積したヨウ素化合物を除去するよう制御する制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

【0172】

<付記23>

本発明の更に別の態様によれば、
基板をチャンバー内に搬入する工程と、
チャンバー内の圧力を所定の圧力に調整する工程と、
ヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給して、基板上のシリコン膜を除去するエッティング工程と、

前記エッティングガスとは異なるフッ素含有ガスを供給して、前記基板の表面に付着したヨウ素化合物を除去する後処理工程と、
基板をチャンバー内から搬出する工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。
。

【0173】

<付記24>

付記23の半導体装置の製造方法において、
前記後処理工程では、基板の温度をヨウ素化合物の昇華温度以上にする半導体装置の製造方法が提供される。

【0174】

<付記25>

本発明の更に別の態様によれば、
ヨウ素含有ガスを含む第1エッティングガス（エッティングガス）を供給し、基板をエッティングする手順と、
チャンバー内部、及び排気配管に付着したヨウ素酸化物を含む付着物を少なくともフッ素含有ガスを含む第2エッティングガス（クリーニングガス）を用いて除去する手順と、をコンピュータに実行させるプログラム及びプログラムがコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0175】

<付記26>

本発明の更に別の態様によれば、
ヨウ素含有ガスを含むエッティングガスを供給して、基板上のシリコン膜を除去する手順と、
前記エッティングガスとは異なるフッ素含有ガスを供給して、前記基板の表面に付着したヨウ素化合物を除去する手順と、をコンピュータに実行させるプログラム及びプログラムがコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0176】

<付記27>

好ましくは、付記26記載のプログラム及びプログラムがコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、
前記基板の温度を上昇させて、前記ヨウ素化合物の昇華温度以上にする手順と、を有するプログラム及びプログラムがコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【符号の説明】

【0177】

- 1・・・エッティング装置
- 2・・・チャンバー
- 3・・・試料
- 4・・・ステージ

10

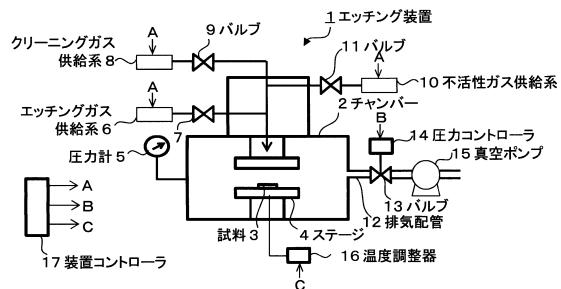
20

30

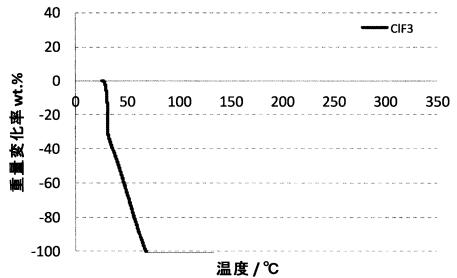
40

50

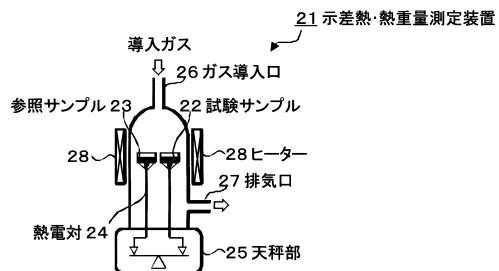
【図1】



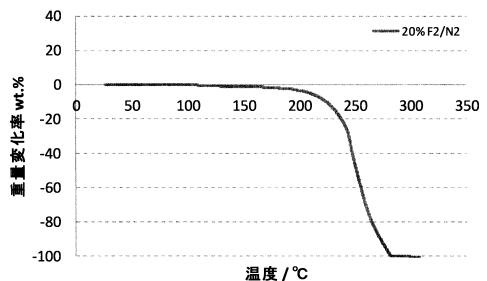
【図3】



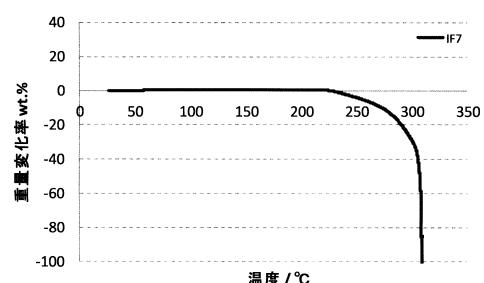
【図2】



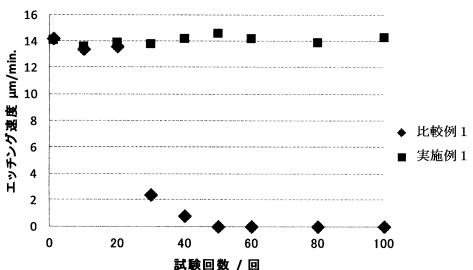
【図4】



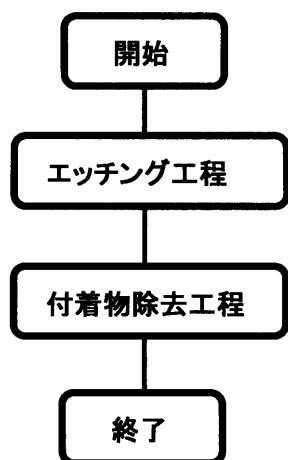
【図5】



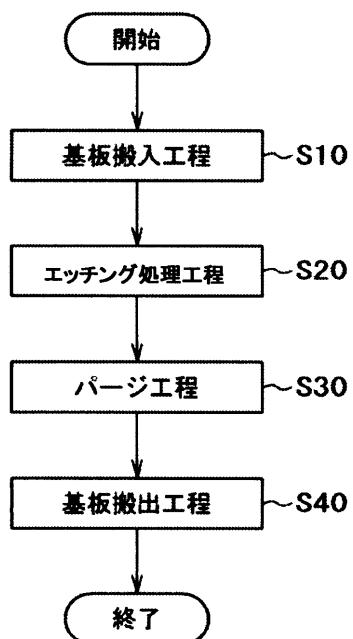
【図7】



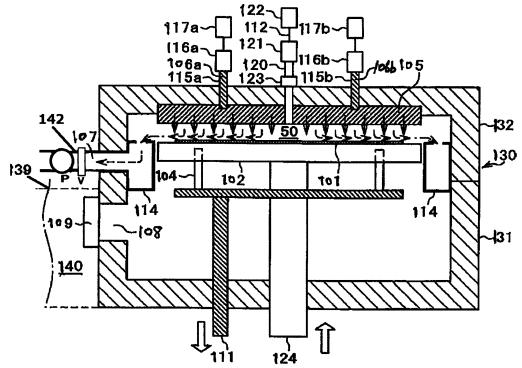
【図6】



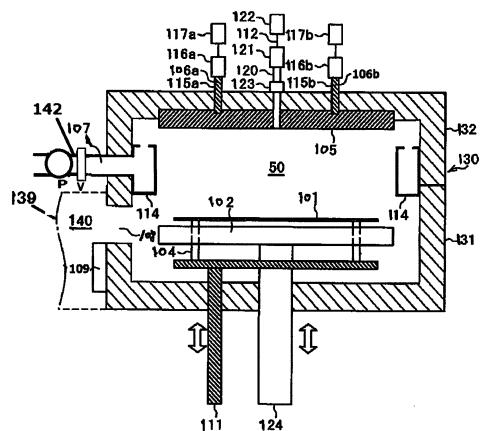
【図 8】



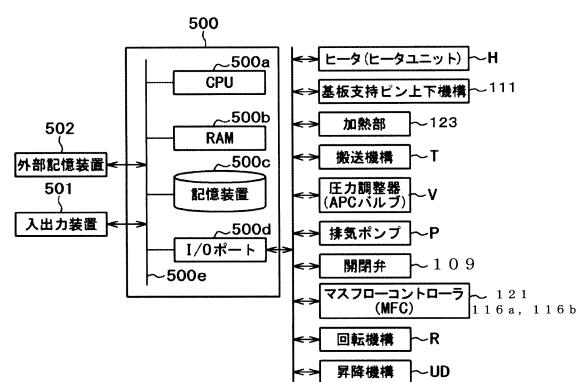
【図 9】



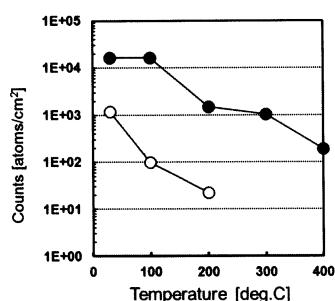
【図 10】



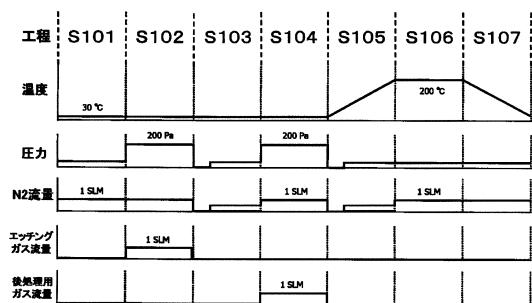
【図 11】



【図 13】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 檜山 真
富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

(72)発明者 坪田 康寿
富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特開2008-177209(JP,A)
特開平08-213364(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/302
H01L 21/304