

(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2010-283213

(P2010-283213A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(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	4 M 1 O 4
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/28 L	5 F O O 4
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90 A	5 F O 3 3
	HO 1 L 21/90 C	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-136269 (P2009-136269)
 (22) 出願日 平成21年6月5日(2009.6.5)

(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 100125254
 弁理士 別役 重尚
 (74) 代理人 100118278
 弁理士 村松 聡
 (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
 Fターム(参考) 4M104 DD07 HH14
 5F004 AA16 BA09 BB13 BB18 BD01
 BD07 CA01 CA08 DA00 DA16
 DA24 DA25 DA26 DB00 EA03
 EA13 EA22 EA28 EA37 EB01
 最終頁に続く

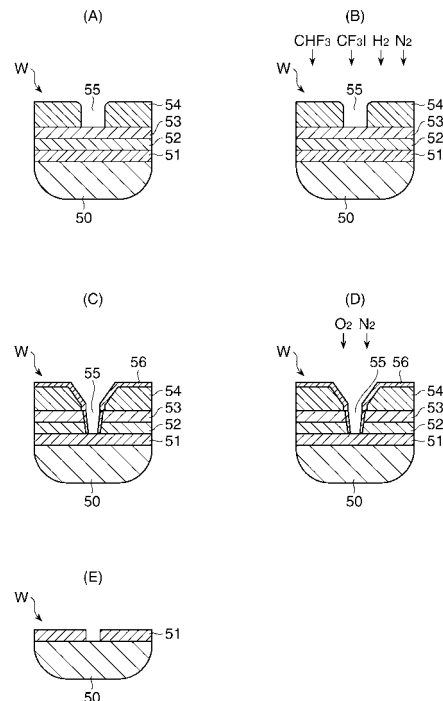
(54) 【発明の名称】 基板処理方法

(57) 【要約】

【課題】半導体デバイスの小型化要求を満たす寸法の開口部をマスク層又は中間層に形成することができる制御性に優れた基板処理方法を提供する。

【解決手段】アモルファスカーボン膜51、SiON膜52、BARC膜53及びフォトリソ膜54が順に積層されたウエハWを処理する基板処理方法であって、CHF₃ガスと、CF₃Iガスと、H₂ガス及びN₂ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、フォトリソ膜54の開口部55のCD値を縮小しつつ開口部底部のSiON膜をエッチングするシュリンクエッチングステップと、開口部55の側壁面へのデポの堆積を促進させて各CD値のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップと、開口部の内面に薄膜を形成して各開口部の開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップとを1ステップで行う。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

処理対象層、中間層及びマスク層が順に積層され、前記マスク層が前記中間層の一部を露出させる開口部を有する基板を処理する基板処理方法であって、

デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、水素 (H_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の側壁面へのデポの堆積を促進させて各開口部の開口幅のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップを 1 ステップで行うばらつき吸収シュリンクエッチングステップを有することを特徴とする基板処理方法。

10

【請求項 2】

前記ばらつき吸収シュリンクエッチングステップにおいて、前記開口部の開口幅のばらつきに応じて前記水素 (H_2) ガスの供給量を制御することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 3】

前記水素 (H_2) ガスの供給量は、前記異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が 25 ~ 65 % となるように制御されることを特徴とする請求項 2 記載の基板処理方法。

【請求項 4】

前記ばらつき吸収シュリンクエッチングステップにおいて、前記水素 (H_2) ガスに代えてデポ性ガスを適用することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

20

【請求項 5】

処理対象層、中間層及びマスク層が順に積層され、前記マスク層が前記中間層の一部を露出させる開口部を有する基板を処理する基板処理方法であって、

デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、窒素 (N_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の内壁面に薄膜を形成して各開口幅のばらつきを保持したまま開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップとを 1 ステップで行うばらつき保持シュリンクエッチングステップを有することを特徴とする基板処理方法。

30

【請求項 6】

前記ばらつき保持シュリンクエッチングステップにおいて、前記開口部の開口幅を縮小させる縮小幅に応じて前記窒素 (N_2) ガスの供給量を制御することを特徴とする請求項 5 記載の基板処理方法。

【請求項 7】

前記窒素 (N_2) ガスの供給量は、前記異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が 25 ~ 125 % となるように制御されることを特徴とする請求項 6 記載の基板処理方法。

【請求項 8】

処理対象層、中間層及びマスク層が順に積層され、前記マスク層が前記中間層の一部を露出させる開口部を有する基板を処理する基板処理方法であって、

デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、水素 (H_2) ガス及び窒素 (N_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の側壁面へのデポの堆積を促進させて各開口幅のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップと、各開口部の内面に薄膜を形成して各開口部の開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップとを 1 ステップで行うばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップを有することを特徴とする基板処理方法。

40

【請求項 9】

前記ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおいて、前記開口部の

50

開口幅のばらつきに応じて前記水素 (H_2) ガスの供給量を制御し、前記開口部の開口幅を縮小させる縮小幅に応じて前記窒素 (H_2) ガスの供給量を制御することを特徴とする請求項 8 記載の基板処理方法。

【請求項 10】

前記水素 (H_2) ガス及び前記窒素 (N_2) ガスの供給量は、前記異方性エッチングガスの供給量に対する体積比がそれぞれ 25 ~ 65 % 及び 25 ~ 125 % となるように制御されることを特徴とする請求項 9 記載の基板処理方法。

【請求項 11】

前記ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおいて、前記水素 (H_2) ガスに代えてデポ性ガスを適用することを特徴とする請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

10

【請求項 12】

前記デポ性ガスは、一般式 $C_x H_y F_z$ (x 、 y 、 z は、0 又は正の整数) で表わされるガスであることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【請求項 13】

前記デポ性ガスは、 CHF_3 ガスであることを特徴とする請求項 12 記載の基板処理方法。

【請求項 14】

前記異方性エッチングガスは、臭素 (Br) もしくは臭素 (Br) よりも原子番号が大きいハロゲン元素又は周期律表第 16 族元素であって、硫黄 (S) もしくは硫黄 (S) よりも原子番号が大きい元素を含むガスであることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

20

【請求項 15】

前記異方性エッチングガスは、 CF_3I ガス、 CF_3Br ガス、 HI ガス又は HBr ガスであることを特徴とする請求項 14 記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板処理方法に関し、特に、処理対象層、中間層、マスク層が順に積層された基板を処理する基板処理方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

シリコン基材上に CVD 処理等によって形成された不純物を含む酸化膜、例えば $TEOS$ (Tetra Ethyl Ortho Silicate) 膜、導電膜、例えば TiN 膜、反射防止膜 (BARC 膜) 及びフォトレジスト膜が順に積層された半導体デバイス用のウエハが知られている (例えば、特許文献 1 参照)。フォトレジスト膜は、フォトリソグラフィにより所定のパターンに形成され、反射防止膜及び導電膜のエッチングの際に、マスクとして機能する。また、上記の TiN 膜に代えて $SiON$ 膜を適用したウエハ、及びエッチングの対象膜及びフォトレジスト膜の間に形成される中間膜として、ハードマスク及び反射防止膜として機能する $Si-ARC$ 膜を備えたウエハも知られている。

40

【0003】

このようなウエハの表面に、例えばプラズマエッチングによって回路パターンが形成されるが、高アスペクト比のコンタクトホール等を形成するエッチング方法に関する従来技術を開示する文献として特許文献 2 が挙げられる。

【0004】

また、近年、半導体デバイスの小型化が進む中、上述したようなウエハの表面における回路パターンをより微細に形成する必要性が生じてきている。このような微細な回路パターンを形成するためには、半導体デバイスの製造過程において、フォトレジスト膜におけるパターンの最小寸法を小さくして、小さい寸法の開口部 (ピアホールやトレンチ) をエッチング対象の膜に形成する必要がある。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-190939号公報

【特許文献2】特開2002-016050号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、フォトリソグロフ膜におけるパターンの最小寸法はフォトリソグロフで現像可能となる最小寸法によって規定されるが、焦点距離のばらつきなどに起因してフォトリソグロフで量産可能な最小寸法には限界がある。例えば、フォトリソグロフで量産可能な最小寸法は約80nmである。一方、半導体デバイスの小型化要求を満たす加工寸法は30nm程度である。

10

【0007】

そこで、益々小さくなる半導体デバイスの小型化要求寸法を満たすべく、種々の基板処理技術が提案されるようになった。

【0008】

しかしながら、従来の基板処理方法は、制御性の観点において必ずしも満足できるものではなく、例えば、回路パターンの開口幅(CD(Critical Dimension)値、以下、「CD値」ともいう。)のばらつきの吸収と、CD値の縮小程度を示す縮小幅を独立に制御する基板処理方法は確立されていないのが現状である。

20

【0009】

本発明の目的は、半導体デバイスの小型化要求を満たす寸法の開口部をマスク層又は中間層に形成することができる制御性に優れた基板処理方法であって、例えばCD値のばらつきの吸収と、縮小幅とを独立して制御することができる基板処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、請求項1記載の基板処理方法は、処理対象層、中間層及びマスク層が順に積層され、前記マスク層が前記中間層の一部を露出させる開口部を有する基板を処理する基板処理方法であって、デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、水素(H₂)ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の側壁面へのデポの堆積を促進させて各開口部の開口幅のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップを1ステップで行うばらつき吸収シュリンクエッチングステップを有することを特徴とする。

30

【0011】

請求項2記載の基板処理方法は、請求項1記載の基板処理方法において、前記ばらつき吸収シュリンクエッチングステップにおいて、前記開口部の開口幅のばらつきに応じて前記水素(H₂)ガスの供給量を制御することを特徴とする。

40

【0012】

請求項3記載の基板処理方法は、請求項2記載の基板処理方法において、前記水素(H₂)ガスの供給量は、前記異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が25~65%となるように制御されることを特徴とする。

【0013】

請求項4記載の基板処理方法は、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の基板処理方法において、前記ばらつき吸収シュリンクエッチングステップにおいて、前記水素(H₂)ガスに代えてデポ性ガスを適用することを特徴とする。

【0014】

上記目的を達成するために、請求項5記載の基板処理方法は、処理対象層、中間層及び

50

マスク層が順に積層され、前記マスク層が前記中間層の一部を露出させる開口部を有する基板を処理する基板処理方法であって、デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、窒素 (N_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の内壁面に薄膜を形成して各開口幅のばらつきを保持したまま開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップと、を1ステップで行うばらつき保持シュリンクエッチングステップを有することを特徴とする。

【0015】

請求項6記載の基板処理方法は、請求項5記載の基板処理方法において、前記ばらつき保持シュリンクエッチングステップにおいて、前記開口部の開口幅を縮小させる縮小幅に応じて前記窒素 (N_2) ガスの供給量を制御することを特徴とする。

10

【0016】

請求項7記載の基板処理方法は、請求項6記載の基板処理方法において、前記窒素 (N_2) ガスの供給量は、前記異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が25～125%となるように制御されることを特徴とする。

【0017】

上記目的を達成するために、請求項8記載の基板処理方法は、処理対象層、中間層及びマスク層が順に積層され、前記マスク層が前記中間層の一部を露出させる開口部を有する基板を処理する基板処理方法であって、デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、水素 (H_2) ガス及び窒素 (N_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の側壁面へのデポの堆積を促進させて各開口幅のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップと、各開口部の内面に薄膜を形成して各開口部の開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップと、を1ステップで行うばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップを有することを特徴とする。

20

【0018】

請求項9記載の基板処理方法は、請求項8記載の基板処理方法において、前記ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおいて、前記開口部の開口幅のばらつきに応じて前記水素 (H_2) ガスの供給量を制御し、前記開口部の開口幅を縮小させる縮小幅に応じて前記窒素 (N_2) ガスの供給量を制御することを特徴とする。

30

【0019】

請求項10記載の基板処理方法は、請求項9記載の基板処理方法において、前記水素 (H_2) ガス及び前記窒素 (N_2) ガスの供給量は、前記異方性エッチングガスの供給量に対する体積比がそれぞれ25～65%及び25～125%となるように制御されることを特徴とする。

【0020】

請求項11記載の基板処理方法は、請求項8乃至10のいずれか1項に記載の基板処理方法において、前記ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおいて、前記水素 (H_2) ガスに代えてデポ性ガスを適用することを特徴とする。

40

【0021】

請求項12記載の基板処理方法は、請求項1乃至11のいずれか1項に記載の基板処理方法において、前記デポ性ガスは、一般式 $C_x H_y F_z$ (x 、 y 、 z は、0又は正の整数) で表わされるガスであることを特徴とする。

【0022】

請求項13記載の基板処理方法は、請求項12記載の基板処理方法において、前記デポ性ガスは、 CHF_3 ガスであることを特徴とする。

【0023】

請求項14記載の基板処理方法は、請求項1乃至13のいずれか1項に記載の基板処理方法において、前記異方性エッチングガスは、臭素 (Br) もしくは臭素 (Br) よりも

50

原子番号が大きいハロゲン元素又は周期律表第 16 族元素であって、硫黄 (S) もしくは硫黄 (S) よりも原子番号が大きい元素を含むガスであることを特徴とする。

【0024】

請求項 15 記載の基板処理方法は、請求項 14 記載の基板処理方法において、前記異方性エッチングガスは、 CF_3I ガス、 CF_3Br ガス、 HI ガス又は HBr ガスであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0025】

請求項 1 記載の基板処理方法によれば、デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、水素 (H_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、マスク層の開口部の開口幅を縮小しつつ開口部の底部を形成する中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、マスク層の開口部の側壁面へのデポの堆積を促進させて各開口部の開口幅のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップを 1 ステップで行うので、シュリンクエッチングステップにおいて、 CD 値のばらつき吸収作用を開口幅縮小作用と無関係に制御することができる。

10

【0026】

請求項 2 記載の基板処理方法によれば、開口部の開口幅のばらつきに応じて水素 (H_2) ガスの供給量を制御するので、開口部の開口幅のばらつきが大きい基板であっても、そのばらつきを良好に吸収することができ、処理ガスの無駄をなくすることができる。

【0027】

請求項 3 記載の基板処理方法によれば、水素 (H_2) ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が 25% ~ 65% となるように制御されるので、開口部の開口幅のばらつきに応じて、そのばらつきを良好に吸収することができる。

20

【0028】

請求項 4 記載の基板処理方法によれば、ばらつき吸収シュリンクエッチングステップにおいて、水素 (H_2) ガスに代えてデポ性ガスを適用するので、使用する処理ガス種が減少し、制御性を向上させることができる。

【0029】

請求項 5 記載の基板処理方法によれば、デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、窒素 (N_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、マスク層の前口部の開口幅を縮小しつつ開口部の底部を形成する中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、マスク層の開口部の内壁面に薄膜を形成して各開口幅のばらつきを保持したまま開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップとを 1 ステップで行うので、シュリンクエッチングステップにおいて、開口部の開口幅縮小作用を、開口幅ばらつき吸収作用と無関係に制御することができる。

30

【0030】

請求項 6 記載の基板処理方法によれば、開口部の開口幅を縮小させる縮小幅に応じて窒素 (N_2) ガスの供給量を制御するので、目的とする CD 縮小幅の基板が得られ易くなる。

【0031】

請求項 7 記載の基板処理方法によれば、窒素 (N_2) ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が 25 ~ 125% となるように制御されるので、目的とする縮小幅の CD を有する基板が得られ易くなる。

40

【0032】

請求項 8 記載の基板処理方法によれば、デポ性ガスと、異方性エッチングガスと、水素 (H_2) ガス及び窒素 (N_2) ガスの混合ガスから生成されたプラズマによって、前記マスク層の前記開口部の開口幅を縮小しつつ前記開口部の底部を形成する前記中間層をエッチングするシュリンクエッチングステップと、前記マスク層の前記開口部の側壁面へのデポの堆積を促進させて各開口幅のばらつきを吸収するばらつき吸収ステップと、各開口部の内面に薄膜を形成して各開口部の開口幅を縮小させる開口幅縮小ステップとを 1 ステッ

50

プで行うので、シュリンクエッチングステップにおいて、開口幅のばらつき吸収作用と、開口幅縮小作用とをそれぞれ無関係に制御することができる。

【0033】

請求項9記載の基板処理方法によれば、ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおいて、開口部の開口幅のばらつきに応じて水素(H_2)ガスの供給量を制御し、開口部の開口幅を縮小させる縮小幅に応じて窒素(N_2)ガスの供給量を制御するので、開口部の開口幅のばらつきに応じてばらつきを吸収し、且つ開口幅を所望の縮小幅で縮小させることができる。

【0034】

請求項10記載の基板処理方法によれば、水素(H_2)ガス及び窒素(N_2)ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給量に対する体積比がそれぞれ25~65%及び25~125%となるように制御されるので、開口部の開口幅のばらつきに応じて、そのばらつきを良好に吸収できると共に、目的とする縮小幅の開口部を有する基板が得られ易くなる。

10

【0035】

請求項11記載の基板処理方法によれば、ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおいて、水素(H_2)ガスに代えてデポ性ガスを適用するので、使用する処理ガス種が減少し、制御性を向上させることができる。

【0036】

請求項12記載の基板処理装置によれば、デポ性ガスが、一般式 $C_xH_yF_z$ (x 、 y 、 z は、0又は正の整数)で表わされるガスであるので、開口部の側壁面に良好にデポを堆積させて開口幅を縮小することができる。

20

【0037】

請求項13記載の基板処理方法によれば、デポ性ガスを、 CHF_3 ガスとしたので、開口部の側壁面に良好にデポを堆積させて開口幅を縮小することができる。

【0038】

請求項14記載の基板処理方法によれば、異方性エッチングガスを、臭素(Br)もしくは臭素(Br)よりも原子番号が大きいハロゲン元素又は周期律表第16族元素であって、硫黄(S)もしくは硫黄(S)よりも原子番号が大きい元素を含むガスとしたので、異方性エッチングガスから生成されたプラズマを開口部底部に到達させることができ、も

30

【0039】

請求項15記載の基板処理方法によれば、異方性エッチングガスを、 CF_3I ガス、 CF_3Br ガス、 HI ガス又は HBr ガスとしたので、開口部底部へのデポの堆積抑制効果及び開口部底部のエッチング効果を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の実施の形態に係る基板処理方法を実行する基板処理システムの構成を概略的に示す平面図である。

【図2】図1における線II-IIに沿う断面図である。

40

【図3】図1の基板処理システムにおいてプラズマ処理が施される半導体ウエハの構成を概略的に示す断面図である。

【図4】本発明の実施の形態における基板処理方法を示す工程図である。

【図5】実施例及び比較例の結果を示す図である。

【図6】実施例及び比較例の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳述する。

【0042】

まず、本発明の実施の形態に係る基板処理方法を実行する基板処理システムについて説

50

明する。この基板処理システムは基板としての半導体ウエハW（以下、単に「ウエハW」という。）にプラズマを用いたエッチング処理やアッシング処理を施すように構成された複数のプロセスモジュールを備える。

【0043】

図1は、本発明の実施の形態に係る基板処理方法を実行する基板処理システムの構成を概略的に示す平面図である。

【0044】

図1において、基板処理システム10は、平面視六角形のトランスファモジュール11と、該トランスファモジュール11の一側面に接続する2つのプロセスモジュール12、13と、該2つのプロセスモジュール12、13に対向するようにトランスファモジュール11の他側面に接続する2つのプロセスモジュール14、15と、プロセスモジュール13に隣接し且つトランスファモジュール11に接続するプロセスモジュール16と、プロセスモジュール15に隣接し且つトランスファモジュール11に接続するプロセスモジュール17と、矩形状の搬送室としてのローダーモジュール18と、トランスファモジュール11及びローダーモジュール18の間に配置されてこれらを連結する2つのロード・ロックモジュール19、20とを備える。

10

【0045】

トランスファモジュール11はその内部に配置された屈伸及び旋回自在な搬送アーム21を有し、該搬送アーム21は、プロセスモジュール12～17やロード・ロックモジュール19、20の間においてウエハWを搬送する。

20

【0046】

プロセスモジュール12はウエハWを収容する処理室容器（チャンバ）を有し、該チャンバ内部に処理ガスとして、例えば、 CHF_3 ガス及びHBrガスの混合ガスを導入し、チャンバ内部に電界を発生させることによって導入された処理ガスからプラズマを発生させ、該プラズマによってウエハWにエッチング処理を施す。

【0047】

図2は、図1における線II-IIに沿う断面図である。

【0048】

図2において、プロセスモジュール12は、処理室（チャンバ）22と、該チャンバ22内に配置されたウエハWの載置台23と、チャンバ22の上方において載置台23と対向するように配置されたシャワーヘッド24と、チャンバ22内のガス等を排気するTMP（Turbo Molecular Pump）25と、チャンバ22及びTMP25の間に配置され、チャンバ22内の圧力を制御する可変式バタフライバルブとしてのAPC（Adaptive Pressure Control）バルブ26とを有する。

30

【0049】

載置台23には、第1の高周波電源27及び第2の高周波電源35がそれぞれ第1の整合器（Matcher）28及び第2の整合器（Matcher）36を介して接続されており、第1の高周波電源27は、比較的高い周波数、例えば60MHzの高周波電力を励起用電力として載置台23に印加し、第2の高周波電源35は、比較的低い周波数、例えば2MHzの高周波電力をバイアスとして載置台23に印加する。これにより、載置台23は載置台23及びシャワーヘッド24の間の処理空間Sに高周波電力を印加する下部電極として機能する。整合器28及び36は、載置台23からの高周波電力の反射を低減して高周波電力の載置台23への供給効率を最大にする。

40

【0050】

シャワーヘッド24は円板状の下層ガス供給部29及び円板状の上層ガス供給部30からなり、下層ガス供給部29に上層ガス供給部30が重ねられている。下層ガス供給部29及び上層ガス供給部30はそれぞれ第1のバッファ室31及び第2のバッファ室32を有する。第1のバッファ室31及び第2のバッファ室32はそれぞれガス通気孔33、34を介してチャンバ22内に連通する。

【0051】

50

第1のバッファ室31は、例えば CHF_3 ガス供給系(図示省略)に接続されている。該 CHF_3 ガス供給系は第1のバッファ室31へ CHF_3 ガスを供給する。供給された CHF_3 ガスはガス通気孔33を介してチャンバ22内へ供給される。また、第2のバッファ室32は、例えば HBr ガス供給系(図示省略)に接続されている。 HBr ガス供給系は第2のバッファ室32へ HBr ガスを供給する。供給された HBr ガスはガス通気孔34を介してチャンバ22内へ供給される。

【0052】

シャワーヘッド24には直流電源45が接続されており、該直流電源45によってシャワーヘッド24に直流電圧が印加される。これにより、印加された直流電圧は、処理空間S内のイオン分布を制御する。

【0053】

このプロセスモジュール12のチャンバ22内では、上述したように、載置台23が処理空間Sに高周波電力を印加することにより、シャワーヘッド24から処理空間Sに供給された処理ガスを高密度のプラズマにしてイオンやラジカルを発生させ、該イオンやラジカルによってウエハWにエッチング処理を施す。

【0054】

図1に戻り、プロセスモジュール13はプロセスモジュール12においてエッチング処理が施されたウエハWを収容する処理室(チャンバ)を有し、該チャンバ内部に処理ガスとして O_2 ガス及び N_2 ガスの混合ガスを導入し、チャンバ内部に電界を発生させることにより導入された処理ガスからプラズマを発生させ、該プラズマによってウエハWにエッチング処理を施す。なお、プロセスモジュール13は、プロセスモジュール12と同様の構成を有し、例えば CHF_3 ガス供給系及び HBr ガス供給系の代わりに、 O_2 ガス供給系及び N_2 ガス供給系(いずれも図示省略)を備える。なお、プロセスモジュール13におけるエッチング処理が、アッシング処理を兼ねることもある。

【0055】

プロセスモジュール14はプロセスモジュール13においてエッチング処理が施されたウエハWを収容する処理室(チャンバ)を有し、該チャンバ内部に処理ガスとして O_2 ガスを導入し、チャンバ内部に電界を発生させることにより導入された処理ガスからプラズマを発生させ、該プラズマによってウエハWにアッシング処理を施す。なお、プロセスモジュール14も、プロセスモジュール12と同様の構成を有し、円板状の下層ガス供給部29及び円板状の上層ガス供給部30からなるシャワーヘッド24の代わりに、 O_2 ガス供給系がバッファ室に接続された円板状のガス供給部のみからなるシャワーヘッド(いずれも図示しない)を備える。

【0056】

トランスファモジュール11、プロセスモジュール12~17の内部は減圧状態に維持され、トランスファモジュール11と、プロセスモジュール12~17のそれぞれとは真空ゲートバルブ12a~17aを介して接続される。

【0057】

基板処理システム10では、ローダーモジュール18の内部圧力が大気圧に維持される一方、トランスファモジュール11の内部圧力は真空に維持される。そのため、各ロード・ロックモジュール19、20は、それぞれトランスファモジュール11との連結部に真空ゲートバルブ19a、20aを備えると共に、ローダーモジュール18との連結部に大気ドアバルブ19b、20bを備えることによって、その内部圧力を調整可能な真空予備搬送室として構成される。また、各ロード・ロックモジュール19、20はローダーモジュール18及びトランスファモジュール11の間において受渡されるウエハWを一時的に載置するためのウエハ載置台19c、20cを有する。

【0058】

ローダーモジュール18には、ロード・ロックモジュール19、20の他、例えば25枚のウエハWを収容する容器としてのフープ(Front Opening Unified Pod)37がそれぞれ載置される3つのフープ載置台38と、フープ37から搬

10

20

30

40

50

出されたウエハWの位置をプリアライメントするオリエンタ39とが接続されている。

【0059】

ロード・ロックモジュール19、20は、ローダーモジュール18の長手方向に沿う側壁に接続されると共にローダーモジュール18を挟んで3つのフープ載置台38と対向するように配置され、オリエンタ39はローダーモジュール18の長手方向に関する一端に配置される。

【0060】

ローダーモジュール18は、内部に配置された、ウエハWを搬送するスカラ型デュアルアームタイプの搬送アーム40と、各フープ載置台38に対応するように側壁に配置されたウエハWの投入口としての3つのロードポート41とを有する。搬送アーム40は、フープ載置台38に載置されたフープ37からウエハWをロードポート41経由で取り出し、該取り出したウエハWをロード・ロックモジュール19、20やオリエンタ39へ搬出入する。

10

【0061】

また、基板処理システム10は、ローダーモジュール18の長手方向に関する一端に配置されたオペレーションパネル42を備える。オペレーションパネル42は、例えばLCD(Liquid Crystal Display)からなる表示部を有し、該表示部は基板処理システム10の各構成要素の動作状況を表示する。

【0062】

図3は、図1の基板処理システムにおいてプラズマ処理が施される半導体ウエハの構成を概略的に示す断面図である。

20

【0063】

図3において、ウエハWはシリコン基材50の表面に形成された処理対象層としてのアモルファスカーボン膜(下層レジスト膜)51と、アモルファスカーボン膜51上に形成されたSiON膜(ハードマスク)52と、SiON膜52上に形成された反射防止膜(BARC膜)53と、反射防止膜53上に形成されたフォトレジスト膜54(マスク層)とを有する。

【0064】

シリコン基材50はシリコンからなる円板状の薄板であり、例えばCVD処理を施すことによって表面にアモルファスカーボン膜51が形成される。アモルファスカーボン膜51は、下層レジスト膜として機能する。アモルファスカーボン膜51上に、CVD処理又はPVD処理等が施されて表面にSiON膜52が形成され、該SiON膜52上に、例えば塗布処理によって反射防止膜53が形成される。反射防止膜53は或る特定の波長の光、例えば、フォトレジスト膜54に向けて照射されるArFエキシマレーザ光を吸収する色素を含む高分子樹脂からなり、フォトレジスト膜54を透過したArFエキシマレーザ光がSiON膜52によって反射されて再びフォトレジスト膜54に到達するのを防止する。フォトレジスト膜54は、反射防止膜53上に例えばスピコート(図示省略)を用いて形成される。フォトレジスト膜54はポジ型の感光性樹脂からなり、ArFエキシマレーザ光に照射されるとアルカリ可溶性に変質する。

30

【0065】

このような構成のウエハWに対し、所定のパターンに反転するパターンに対応したArFエキシマレーザ光がステッパー(図示省略)によってフォトレジスト膜54に照射されて、フォトレジスト膜54におけるArFエキシマレーザ光が照射された部分がアルカリ可溶性に変質する。その後、フォトレジスト膜54に強アルカリ性の現像液が滴下されてアルカリ可溶性に変質した部分が除去される。これにより、フォトレジスト膜54から所定のパターンに反転するパターンに対応した部分が取り除かれるため、ウエハW上には所定のパターンを呈する、例えば、ピアホールを形成する位置に開口部55を有するフォトレジスト膜54が残る。

40

【0066】

ところで、半導体デバイスの小型化要求を満たすためには、小さい寸法、具体的にはC

50

D値が25～30nm程度の開口部（ビアホールやトレンチ）をエッチング対象の膜に形成する必要がある。しかしながら、フォトリソグラフィで量産可能な最小寸法は例えば80nm程度であるため、ウエハWのエッチング処理において、半導体デバイスの小型化要求を満たすCD値の開口部をエッチング対象膜に形成することは困難であった。

【0067】

本発明者は、半導体デバイスの小型化要求を満たすCD値を有する開口部をウエハWに形成する方法を見出すために、各種実験を行ったところ、ウエハWにおけるフォトレジスト膜に形成された開口部のCD値を狭くするためにシュリンク処理を施した場合、開口部の側壁面だけでなく底部にもデポが堆積すること、底部に堆積したデポの厚さは側壁面に堆積したデポの厚さに対応して厚くなるので、初期CD値の相違によって底部に堆積するデポ厚さも変動すること、及び開口部底部のデポ厚さが異なると同じエッチング処理を施しても底部堆積デポを同じように打ち抜くことができず、均一処理の妨げになることという知見を得た。

10

【0068】

そして、この知見に基づいて、鋭意研究を重ねたところ、開口部の側壁面にデポを堆積させ易いデポ性ガスと、開口部の側面方向には拡散しにくく、開口部底部をエッチングして底部へのデポの堆積を抑制する異方性エッチングガスと、水素（ H_2 ）ガスを併用してプラズマ処理を施すことにより、デポ性ガスと異方性エッチングガスとの相乗作用によって、フォトレジスト膜の開口部のCD値を縮小させると共に開口部底部の膜に縮小したCD値に対応した開口幅の開口部が形成されること、及び水素（ H_2 ）ガスの作用によってCD値が大きい開口部の側壁面ほどデポ堆積量が多くなるローディング効果が促進されてCD値のはらつきが解消されることを見出した。また、このとき水素（ H_2 ）ガスに代えて窒素（ N_2 ）ガスを適用することによってCD値のはらつきをある程度保持したままCD値を一様に縮小できることを見出し、本発明に到達した。

20

【0069】

図4は、本発明の実施の形態における基板処理方法を示す工程図である。

【0070】

図4において、まず、シリコン基材50上に下層レジスト膜としてのアモルファスカーボン膜51、ハードマスクとしてのSiON膜52、反射防止膜（BARC膜）53及びフォトレジスト膜54が順に積層され、フォトレジスト膜54が反射防止膜53の一部を開口幅、例えば75～95nmで露出させる開口部55を有するウエハWを準備する（図4（A））。そして、このウエハWをプロセスモジュール12（図2参照）のチャンバ22内に搬入し、載置台23上に載置する。

30

【0071】

次いで、チャンバ22内の圧力をAPCバルブ26等によって例えば $2 \times 10 \text{ Pa}$ （ 150 mTorr ）に設定する。また、ウエハWの温度を、例えば60℃に設定する。そして、シャワーヘッド24の下層ガス供給部29から CHF_3 ガスを流量 200 sccm 、 H_2 ガス及び N_2 ガスをそれぞれ所定流量、例えば 30 sccm でチャンバ22内へ供給すると共に、上層ガス供給部30から CF_3I ガスを流量 50 sccm でチャンバ22内へ供給する。このとき CHF_3 ガスと CF_3I ガスとの流量比は、4：1である。そして、載置台23に750Wの高周波電力を励起電力として印加すると共に、300Wの高周波電力をバイアス電力として印加する。また、シャワーヘッド24に-300Vの直流電圧を印加する。

40

【0072】

このとき、 CHF_3 ガス、 H_2 ガス、 N_2 ガス及び CF_3I ガスが処理空間Sに印加された高周波電力によってプラズマになり、イオンやラジカルが発生する（図4（B））。 CHF_3 ガスから発生したイオンやラジカルはフォトレジスト膜53の表面又は開口部54の側壁面と衝突、反応し、当該部分にデポを堆積して開口部55のCD値をある程度狭くする。このとき、 H_2 ガスから発生したラジカルによって、CD値の大きい開口部側壁面に多くのデポが堆積し、CD値の小さい開口部側壁面に比較的少ないデポが堆積する口

50

ーディング効果が促進し、CD値のばらつきが吸収される。また、 N_2 から発生したラジカルによって開口部側壁面及び底部に一樣に、例えば窒化炭素からなる保護膜が形成され、これによって、 CHF_3 ガス及び H_2 ガスから発生したイオンやラジカルのデポ堆積作用と協働してCD値を、例えば50nm程度縮小させる。また、このとき、 CF_3I ガスから発生したイオンによる異方性エッチングによって、開口部の底部に堆積したデポ及び保護膜56が除去されると共に、CD値が狭くなったフォトレジスト膜54の開口幅で、BARC膜53及びSiON膜52がエッチングされる。

【0073】

従って、開口部55の側壁面にデポ及び保護膜56を堆積させて開口幅のばらつきを吸収しつつCD値を縮小させ、且つ開口部底部のSiON膜52がエッチングされる(ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップ)。このとき、開口部55の側壁面へのデポ及び保護膜の堆積速度と開口部底部のSiON膜52のエッチング速度とがバランスし、開口部55の断面形状は下方ほど開口幅が小さいテーパ状になり、SiON膜52に、先端部がフォトレジスト膜54の開口部55の開口幅よりも縮小されたCD値の開口部が形成される(図4(C))。

10

【0074】

SiON膜52は下層レジスト膜としてのアモルファスカーボン膜51が露出するまでエッチングされ、SiON膜52には、開口幅が、例えば30nm程度まで縮小された開口部が形成される。

【0075】

このようにして、開口部55の開口幅が縮小されると共に、SiON膜52がエッチングされたウエハWをプロセスモジュール12のチャンバ22内から搬出し、トランスファモジュール11を経由してプロセスモジュール13のチャンパ内に搬入して載置台上に載置する。

20

【0076】

次いで、チャンバ22内の圧力をAPCバルブ26等によって、例えば2.6Pa(20mTorr)に設定する。そして、シャワーヘッド24の下層ガス供給部から O_2 ガスを流量180sccmでチャンパ内へ供給すると共に、上層ガス供給部から N_2 ガスを流量20sccmでチャンパ内へ供給する。そして、載置台23に1000Wの励起用電力を印加し、バイアス電力を0Wとする。このとき、 O_2 ガス及び N_2 ガスが処理空間Sに印加された高周波電力によってプラズマになり、イオンやラジカルが発生する(図4(D))。これらのイオンやラジカルはアモルファスカーボン膜51における、フォトレジスト膜54、開口部55の側壁面に堆積したデポ及び保護膜56、並びにSiON膜52によって覆われていない部分と衝突、反応し、当該部分をエッチングする。このとき、アモルファスカーボン膜51はシリコン基材50が露出するまでエッチングされ、アモルファスカーボン膜51に、例えば開口幅が30nm程度まで縮小された開口部が形成される。このとき、フォトレジスト膜54及び該フォトレジスト膜54の表面もしくは開口部55の側壁面に堆積したデポ及び保護膜56並びにBARC膜53及びSiON膜52が同時に除去される(図4(E))。

30

【0077】

その後、ウエハWをプロセスモジュール13のチャンパから搬出し、本処理を終了する。

40

【0078】

処理後のウエハWについては、別途、公知の方法によってエッチング処理が施され、シリコン基材50に目的とするパターン寸法の開口部が設けられたウエハWが調製される。

【0079】

本実施の形態によれば、ばらつき吸収・開口幅縮小エッチングステップにおいて、デポ性ガスとして開口部55の側壁面にデポを堆積させ易い CHF_3 ガス、異方性エッチングガスとして底部へのデポの堆積を抑制し、下地層をエッチングし易い CF_3I ガスを用い、且つデポ堆積によるローディング効果を促進させる H_2 ガス、及び開口幅の開口部内壁

50

面に一様の厚さの薄膜状の保護膜を形成して開口幅を縮小させる N_2 ガスを併用したので、フォトレジスト膜54の開口部55の開口幅のばらつきを吸収しつつ、CD値を一様に所定幅、例えば50nm程度縮小し、縮小したCD値に基づいてSiON膜52及びアモルファスカーボン膜51をエッチングすることができる。

【0080】

すなわち、本実施の形態によれば、開口部55の開口幅のばらつきを吸収しつつ、そのCD値を縮小させるばらつき吸収ステップと、CD値を縮小させる開口幅値縮小ステップと、縮小したCD値に基づいてSiON膜52をエッチングするエッチングステップとを1ステップアプローチとして行うことができ、 H_2 ガスの導入によるCD値のばらつき吸収効果と、 N_2 ガスの導入によるCD値を一様に縮小させる開口幅縮小効果を独立して制御することができる。

10

【0081】

従って、基板処理方法における制御性が向上し、近年における半導体デバイス小型化の要求に多様に対応することができると共に、ウエハWの生産性が向上する。また、ロット間の開口幅の均一性及び開口幅のばらつき吸収効果を向上させることもできる。

【0082】

本実施の形態において、SiON膜52はSi成分を含んでいるので CF_3I ガスから生じるイオンによってエッチングされ易い。従って、開口部55の側壁面にデポ55が十分に堆積するよりも速くSiON膜52がエッチングされることになり、ばらつき吸収・開口幅縮小シュリンクエッチングステップ後の開口部54の断面形状は、下方になるほど開口幅が小さいテーパ状となる。

20

【0083】

ここで、 H_2 ガスを添加することによって、CD値のばらつきが吸収される理由は必ずしも明確ではないが、デポ性ガスの含有成分である H_2 を導入することによって、CD値の大きい開口部の側壁面に比較的多くのデポを堆積させると共に、CD値の小さい開口部の側壁面には比較的少ないデポを堆積させるローディング効果が促進されて、結果としてCD値のばらつきが吸収されるものと考えられる。

【0084】

CD値ばらつき吸収作用を発現する H_2 ガスの供給量は、処理対象であるウエハWの開口幅のばらつきの程度によって調節され、開口幅のばらつき幅が10nm程度であれば、 H_2 ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が、例えば $30 \pm 5\%$ となるように調整され、開口幅のばらつき幅が20nm程度であれば、 H_2 ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給流量に対する体積比が $60 \pm 5\%$ となるように調整される。

30

【0085】

また、 N_2 ガスを添加することによってCD値のばらつきを保持しつつCD値が縮小される理由としては、以下のように考えられる。すなわち、 N_2 ガスから発生したラジカルは、別の処理ガス、例えばデポ性ガス中のC成分と反応し、窒化炭素からなる一様の厚さの薄膜状の保護膜を開口部55の側壁面及び底部表面に形成し、この保護膜によって、初期のCD値及びアスペクト比に関係なく、各開口幅が一様に縮小するので、結果としてCD値のばらつきを保持したまま、その絶対値を縮小させるものと考えられる。

40

【0086】

CD値縮小作用を発現する N_2 ガスの導入量は、デポ性ガスと、異方性エッチングガスだけを用いてエッチングした場合（シュリンクエッチングステップ）と比較してウエハWのCD値をどの程度縮小させたいかという目標縮小幅に従って調整される。すなわち、例えば目標縮小幅が10nm程度であれば、 N_2 ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が $30 \pm 5 \sim 60 \pm 5\%$ 程度に調整され、目標縮小幅が25nm程度であれば、 N_2 ガスの供給量は、異方性エッチングガスの供給量に対する体積比が $120 \pm 5\%$ 程度に調整される。

【0087】

50

本実施の形態において、 H_2 ガスの導入量と N_2 ガスの導入量との関係は、特に限定されるものではない。

【0088】

本実施の形態において、基本的な処理ガスとして CHF_3 ガス及び CF_3I ガスを用い、 CD 値のばらつきを吸収させたい場合に、 H_2 ガスを添加し、 CD 値の絶対値を縮小させたい場合に、 N_2 ガスを添加し、必要に応じて H_2 ガスと N_2 ガスを併用する。 CHF_3 ガス及び CF_3I ガスに N_2 ガスを添加してウエハ W の CD 値のばらつきを保持したまま、 CD 値を均等に所定幅だけ縮小させるばらつき保持シュリンクエッチングステップは、例えば、一のウエハ W 内に開口幅が異なる配線パターンを共存させる必要があり、しかも全体的に近年の半導体デバイスの小型化要求に適合させたい場合に利用される。

10

【0089】

本実施の形態において、 $SiON$ 膜 52 に形成される開口部の開口幅は、開口部 55 の側壁面へのデポ及び保護膜 56 の堆積速度に対する開口部 55 の底部の $SiON$ 膜 52 のエッチング速度比によって決定される。従って、開口部 55 の縮小した CD 値の開口幅の開口部を確実に $SiON$ 膜 52 に形成するために、 CHF_3 ガスの供給量を、 CF_3I ガスの供給量よりも大きくすることが好ましい。

【0090】

本実施の形態において、ばらつき吸収・開口幅縮小エッチングステップにおけるデポ性ガスとして CHF_3 ガスを用いたが、デポ性ガスは、一般式 $C_xH_yF_z$ (x 、 y 、 z は 0 を含む整数) で表されるものであれば適用可能であり、 CHF_3 の外、例えば、 CH_2F_2 ガス、 CH_3F ガス、 C_5F_8 ガス、 C_4F_6 ガスを適用することもできる。

20

【0091】

一方、異方性エッチングガスとしては、 CF_3I ガスが好適に使用され、 CF_3I ガスは、例えば HBr ガスよりも毒性が低いので、取り扱いが容易である。 CF_3I ガス以外の外異方性エッチングガスとしては、 CF_3Br ガス、 CF_3At ガス、 HI ガス、 HBr ガス等を適用することができる。また、異方性エッチングガスにおけるハロゲン元素に代えて周期律表第 16 属元素であって、 S 及び S よりも原子量の大きい元素を適用することもできる。これらのハロゲン元素、周期律表の第 16 類元素を含有するガスも、揮発性が低く、開口部の横方向には拡散しにくく、底部にデポを堆積させず、下地層をエッチングして抜くことができるプラズマを生じるガスであり、デポ性ガスと組み合わせて使用することができる。なお、異方性エッチングガスのプラズマは、揮発性が低く、カーボンと反応して何らかの結合膜を作って開口部 55 の側面を保護し、且つイオン力によって開口部の底部方向に向かって拡散して $SiON$ 膜 52 をエッチングするものと考えられる。

30

【0092】

本実施の形態において、ばらつき保持・開口幅縮小シュリンクエッチングステップにおけるバイアス電力は、 $100W \sim 500W$ である。バイアス電力が $100W$ 未満であると、開口部底部のエッチング効果が不十分となる。一方、バイアス電力が $500W$ を超えると、スパッタリングによってフォトレジスト膜 54 が荒れてしまう。

【0093】

本実施の形態において、エッチング処理時のチャンバ内圧力は、 $2.6Pa$ ($20mTorr$) 乃至 $2 \times 10Pa$ ($150mTorr$)、好ましくは $1 \times 10Pa$ ($75mTorr \sim 2 \times 10Pa$ ($150mTorr$)) である。処理圧力が、低すぎると基板表面が荒れる。一方、処理圧力が高すぎると、基板表面が摩耗される。

40

【0094】

本実施の形態において、エッチング処理時のウエハ W の温度は、特に限定されるものではないが、 $20 \sim 100$ である。

【0095】

本実施の形態における処理対象層は、下層レジスト膜としてのアモルファスカーボン膜 51 としたが、処理対象層はこれに限られず、例えば SiO_2 膜、 TiN 膜であってもよい。

50

【0096】

本実施の形態において、ばらつき吸収・開口部縮小シュリンクエッチングステップとアモルファスカーボン膜51をエッチングするエッチングステップを同一チャンバ内で連続して行うこともできる。

【実施例】

【0097】

次に、本発明における具体的実施例について説明する。

【0098】

実施例1

図2のプロセスモジュール12を用い、チャンバ内圧力を $2 \times 10 \text{ Pa}$ (150 mTorr)、ウエハWの温度を 60 、載置台23の励起電力を 750 W 、バイアス電力を 300 W 、シャワーヘッドの直流印加電圧を -300 V とし、処理ガスとして CHF_3 ガス 200 sccm 、 H_2 ガス 30 sccm 、 N_2 ガス 30 sccm 、 CF_3I ガス 50 sccm を供給して図3のウエハWに対してプラズマエッチング処理を施したところ、処理開始前フォトレジスト膜54のCD値が $75 \sim 95 \text{ nm}$ の範囲でばらついていたウエハWにおいて、 SiON 膜52に、ほとんどばらつきがなくCD値が $31 \sim 32 \text{ nm}$ の開口部が形成された。

10

【0099】

実施例2

実施例1における N_2 ガスの供給量を 60 sccm に変更した以外は、実施例1と同様の条件で同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、 SiON 膜52に、ほとんどばらつきがなくCD値が 18 nm の開口部が形成された。

20

【0100】

実施例3

実施例1における H_2 ガスの供給量を 0 sccm として H_2 ガスを供給しなかった以外は、実施例1と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、主として開口幅の縮小作用を発現させることができ、 SiON 膜52に、CD値が $32 \sim 40 \text{ nm}$ で、ばらつきのある開口部が形成された。

【0101】

実施例4

実施例1における N_2 ガスの供給量を 0 sccm として N_2 ガスを供給しなかった以外は、実施例1と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、主として開口幅のばらつき吸収作用を発現させることができ、 SiON 膜52にCD値が $37 \sim 39 \text{ nm}$ のばらつきのない開口部が形成された。

30

【0102】

比較例1

実施例1における N_2 ガスの供給量及び H_2 ガスの供給量をそれぞれ 0 sccm として N_2 ガス及び H_2 ガスを供給しなかった以外は、実施例1と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、ウエハWの開口部の開口幅は、ある程度縮小すると共にばらつきが吸収されてCD値が $38 \sim 47 \text{ nm}$ の開口部が形成された。なお、 CHF_3 ガス供給量を増加させることによってある程度CD絶対値が小さくなったが、CD値のばらつき吸収作用及びCD値縮小作用の発現はなりゆきであり、それぞれ単独に制御することはできなかった。

40

【0103】

実施例及び比較例の試験条件及び結果を表1に示した。また、結果を図5に示した。

【0104】

【表 1】

	処理ガス (sccm)				処理前CD	処理後CD
	CHF ₃	CF ₃ I	H ₂	N ₂		
実施例 1	200	50	30	30	75-95 nm	31-32nm
実施例 2	200	50	30	60	75-95 nm	18nm
実施例 3	200	50	--	30	75-95 nm	32-40nm
実施例 4	200	50	30	--	75-95 nm	37-39nm
比較例 1	200	50	--	--	75-95 nm	38-47nm

【0105】

図 5 は、実施例及び比較例の結果を示す図である。

10

【0106】

図 5 において、処理ガスとして CHF₃ ガス、CF₃I ガス及び N₂ ガスを用いた実施例 3 は、処理ガスとして CHF₃ ガス、CF₃I ガスだけを用いた比較例 1 と比較して、各 CD 値を結ぶ直線が、8 nm 程度下方に平行移動しており、CD 値のばらつきを保持したまま CD 値が縮小している。すなわち、比較例 1 の条件に、N₂ ガスを添加することによって CD 値縮小効果が得られることが分かる。

【0107】

また、処理ガスとして CHF₃ ガス、CF₃I ガスに加え H₂ ガス及び N₂ ガスを用いた実施例 1 は、比較例 1 と比較して、各 CD 値を結ぶ直線が下方に移行すると共に、その傾きがなくなりほぼ水平になっている。すなわち、比較例 1 の条件に、H₂ ガス及び N₂ ガスを添加することによって CD 値のばらつき吸収効果と CD 値縮小効果が得られることが分かる。

20

【0108】

また、N₂ ガスの添加量を H₂ ガスの添加量の 2 倍にした実施例 2 は、実施例 1 に比べて各 CD 値を結ぶ直線が 12 ~ 13 nm 相当分下方に移行している。すなわち、N₂ ガス添加量を増加させることによって CD 値縮小効果が增大することが分かる。

【0109】

次に、本発明の別の実施例について説明する。

【0110】

本発明において、H₂ ガスは、デポ堆積によるローディング作用を促進させるものであり、本発明者による種々の実験の結果、H₂ ガスに代えてデポガス、例えば CHF₃ ガス、CH₂F₂ ガス等を適用しても同様の結果が得られることが分かった。

30

【0111】

実施例 5

実施例 1 における H₂ ガスに代えてデポ性ガスである CHF₃ ガスを用い、CHF₃ ガスの添加量を比較例 1 における CHF₃ ガス供給量よりも 40 sccm だけ多くした以外は、実施例 1 と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、処理開始前フォトレジスト膜 54 の CD 値が 75 ~ 95 nm の範囲でばらついていたウエハ W において、SiON 膜 52 に、ほとんどばらつきがなく CD 値が 31 ~ 32 nm の開口部が形成された。

40

【0112】

実施例 6

実施例 5 における CHF₃ ガスの追加添加量を 60 sccm とした以外は、実施例 5 と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、SiON 膜 52 に、ほとんどばらつきがなく CD 値が 23 nm の開口部が形成された。

【0113】

実施例 7

実施例 5 における N₂ ガスの添加量を 0 sccm として N₂ ガスを添加しなかった以外は、実施例 5 と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、主として開口幅のばらつき吸収作用を発現させることができ、SiON 膜 52 に、ほとんどばらつきが

50

なくCD値が34～39nmの開口部が形成された。

【0114】

実施例8

実施例7におけるCHF₃ガスの追加添加量を60sccmとした以外は、実施例7と同様にして同様のプラズマエッチング処理を行ったところ、主として開口幅のばらつき吸収作用を発現させることができ、SiON膜52に、ほとんどばらつきがなくCD値が30～32nmの開口部が形成された。

【0115】

実施例及び比較例の試験条件及び結果を表2に示した。また、結果を図6に示した。

【0116】

10

【表2】

	処理ガス(sccm)				処理前CD	処理後CD
	CHF ₃	CF ₃ I	CHF ₃	N ₂		
実施例5	200	50	40	30	75-95 nm	30-35nm
実施例6	200	50	60	30	75-95 nm	23nm
実施例7	200	50	40	--	75-95 nm	34-39nm
実施例8	200	50	60	--	75-95 nm	30-32nm
比較例1	200	50	--	--	75-95 nm	38-47nm

【0117】

20

図6は、実施例及び比較例の結果を示す図である。

【0118】

図6において、実施例5及び6の結果から、H₂ガスに代えてデボ性ガスであるCHF₃ガスを用いても、H₂ガスを用いた場合と同様にCD値のばらつき吸収作用が発現されることが分かった。また、実施例7及び8から、H₂ガスに代えてCHF₃ガスを用いても、H₂ガスを用いた場合よりも独立制御性はやや劣るが2パラメータあるので、CD値のばらつき吸収作用と、開口幅縮小作用とをそれぞれ無関係に制御できることが分かった。

【0119】

上述した各実施の形態において、プラズマ処理が施される基板は半導体デバイス用のウエハに限られず、LCD(Liquid Crystal Display)を含むFPD(Flat Panel Display)等に用いる各種基板や、フォトマスク、CD基板、プリント基板等であってもよい。

30

【0120】

また、本発明の目的は、上述した各実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても達成される。

【0121】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した各実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコード及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

40

【0122】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フロッピー(登録商標)ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROM等を用いることができる。または、プログラムコードをネットワークを介してダウンロードしてもよい。

【0123】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上述した各

50

実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS（オペレーティングシステム）等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上述した各実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0124】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その拡張機能を拡張ボードや拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上述した各実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

10

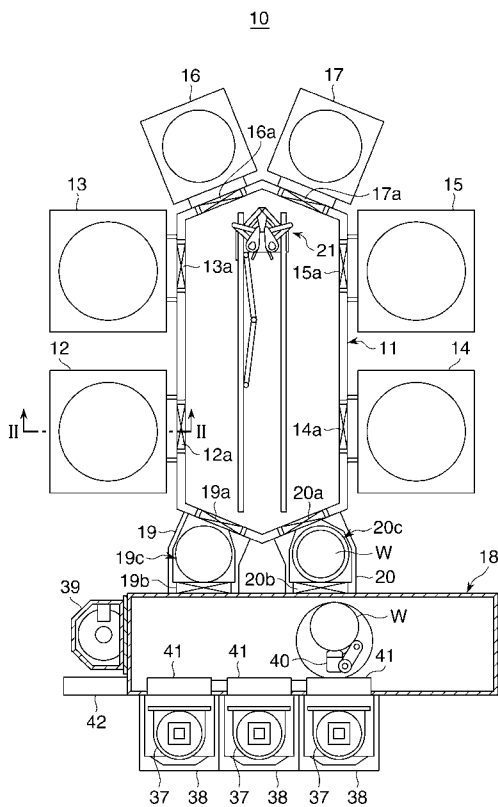
【符号の説明】

【0125】

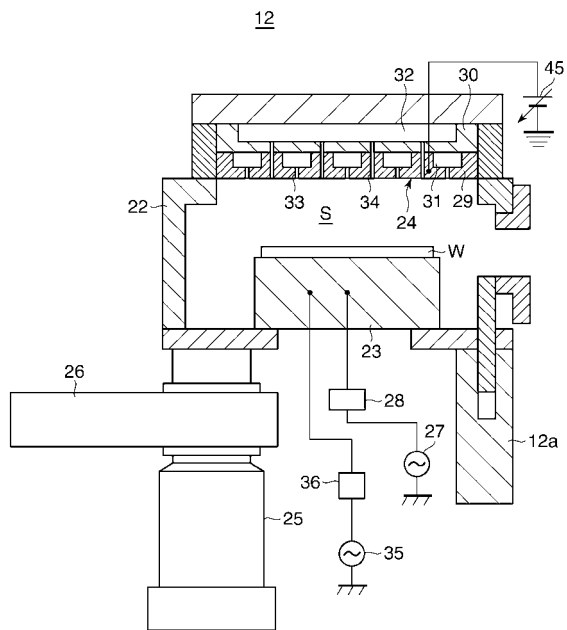
- 10 基板処理システム
- 12, 13, 14 プロセスモジュール
- 50 シリコン基材
- 51 アモルファスカarbon膜（下層レジスト膜）
- 52 SiON膜
- 53 BARC膜
- 54 フォトレジスト膜
- 55 開口部
- 56 デポ及び保護膜

20

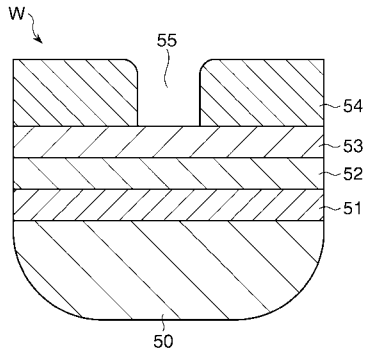
【図1】



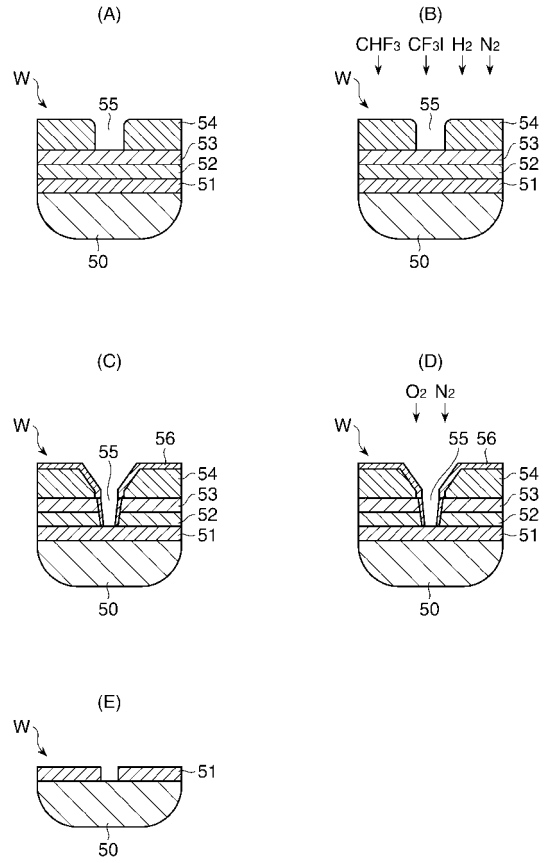
【図2】



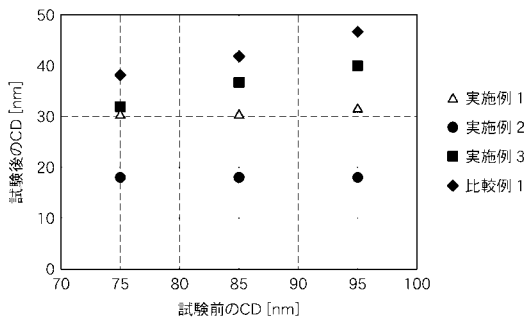
【 図 3 】



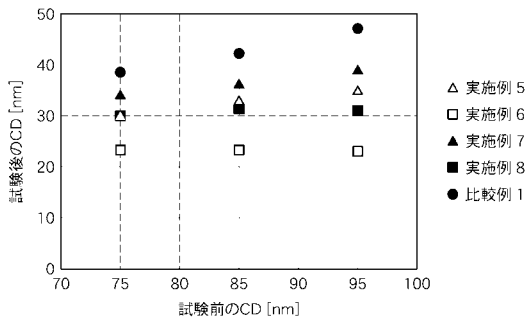
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F033 QQ02 QQ11 QQ15 QQ16 QQ21 QQ26 QQ27 QQ28 QQ29 QQ37
QQ98 WW06 XX03