

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-526024

(P2008-526024A)

(43) 公表日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(51) Int.Cl.

H 0 1 L 21/3065 (2006.01)

F I

H 0 1 L 21/302 I 0 1 L

テーマコード (参考)

5 F 0 0 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-548318 (P2007-548318)
 (86) (22) 出願日 平成17年12月15日 (2005.12.15)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年7月26日 (2007.7.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/045541
 (87) 国際公開番号 W02006/071556
 (87) 国際公開日 平成18年7月6日 (2006.7.6)
 (31) 優先権主張番号 11/019,464
 (32) 優先日 平成16年12月23日 (2004.12.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 592010081
 ラム リサーチ コーポレーション
 LAM RESEARCH CORPOR
 ATION
 アメリカ合衆国, カリフォルニア 950
 38, フレモント, クッシング パークウ
 ェイ 4650
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二

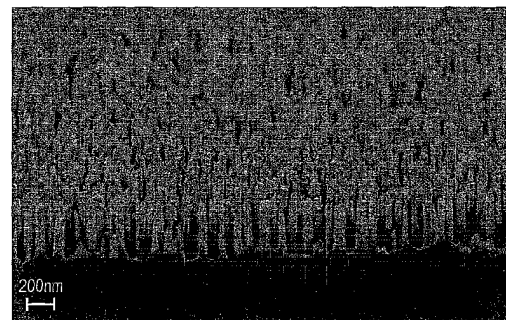
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置用のシリコン電極及び炭化珪素電極の表面から黒色シリコン及び黒色炭化珪素を除去する方法

(57) 【要約】

プラズマ処理チャンバの上部電極のプラズマに曝された表面から黒色シリコン又は黒色炭化珪素を除去する方法が提供される。本方法は、フッ素含有ガスを含むガス組成物を使用してプラズマを形成し、このプラズマで表面から黒色シリコン又は黒色炭化珪素を除去することを含む。また、本方法は、上部電極のほかに、チャンバ中の部品の表面から黒色シリコン又は黒色炭化珪素を除去することができる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理チャンバの使用された電極の表面から黑色シリコン又は黑色炭化珪素を除去する方法であって、

前記方法は、下部電極及び上部電極を含むプラズマ処理チャンバにフッ素含有ガス組成物を供給する手順を含み、前記上部電極は、(i)シリコンから成り、表面に黑色シリコンを有するプラズマに曝された表面を含むか、又は、(ii)炭化珪素から成り、表面に黑色炭化珪素を有するプラズマに曝された表面を含み、

前記方法は、前記ガス組成物を励起してプラズマを生成する手順を含み、かつ、

前記方法は、前記上部電極の前記プラズマに曝された表面から前記黑色シリコン又は黑色炭化珪素の少なくとも一部をエッチングする手順を含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

前記上部電極が、それぞれが単結晶シリコン、多結晶シリコン又は非晶質シリコンから成る、シャワーヘッド電極及びセグメント化された外部電極リングを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記フッ素含有ガスが、 CF_4 、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 C_2F_6 、 $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ 、 C_2F_4 、 C_3F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_5F_8 、 NF_3 又はこれらの混合物から成るグループから選ばれることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ガス組成物が、実質的に CF_4 及び O_2 、又は、 NF_3 及び O_2 から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記ガス組成物が実質的に CF_4 及び O_2 から成り、 O_2 の流量に対する CF_4 の流量の比が約 1 : 10 から約 5 : 1 であり、又は、

前記ガス組成物が実質的に NF_3 及び O_2 から成り、 O_2 の流量に対する NF_3 の流量の比が約 1 : 10 から約 5 : 1 であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

O_2 の流量に対する CF_4 の流量の前記比、又は、 O_2 の流量に対する NF_3 の流量の前記比が、約 1 : 5 から約 2 : 1 であることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記ガス組成物の全流量が、約 250 sccm から約 2000 sccm であり、前記プラズマ処理チャンバが、約 20 ミリトルから約 1000 ミリトルの圧力であることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記上部電極を接地しながら前記下部電極に 2 つの異なるレベルの電力を 2 つの異なる周波数で供給することによって、前記ガス組成物が励起されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記上部電極の前記プラズマに曝された表面が、等方性エッチングされることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記上部電極の温度は、前記エッチング中に約 50 から約 200 であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

低 k 誘電体層を含む複数の半導体基板を前記プラズマ処理チャンバでプラズマエッチングする手順をさらに含み、前記低 k 誘電体層のプラズマエッチング中に、前記上部電極の前記プラズマに曝された表面に、前記黑色シリコン又は黑色炭化珪素が形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記エッチングが、前記上部電極の前記プラズマに曝された表面から約 50 nm から約 500 nm の深さを除去することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記プラズマ処理チャンバ中の前記上部電極に加えて、シリコン部品から黑色シリコンをエッチングし、又は、炭化珪素部品から黑色炭化珪素を除去する手順をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

容量結合プラズマ処理チャンバの使用された電極の表面から黑色シリコンを除去する方法であって、

前記方法は、 CF_4 及び O_2 、又は、 NF_3 及び O_2 を含むガス組成物を、約 1 : 10 から約 5 : 1 の、(i) O_2 の流量に対する CF_4 の流量の比、又は、(ii) O_2 の流量に対する NF_3 の流量の比で、プラズマ処理チャンバに供給する手順を含み、前記プラズマ処理チャンバは、下部電極と表面に黑色シリコンの付いたプラズマに曝された表面を有するシリコンから成る上部電極とを含み、

前記方法は、前記ガス組成物を励起してプラズマを生成する手順を含み、かつ、

前記方法は、前記上部電極の前記プラズマに曝された表面から前記黑色シリコンの少なくとも一部を等方性エッチングする手順を含むことを特徴とする方法。

【請求項 15】

前記上部電極の前記プラズマに曝された表面から約 50 nm から約 500 nm の深さを除去する手順を含むことを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記上部電極が、それぞれが単結晶シリコン、多結晶シリコン又は非晶質シリコンから成る、シャワーヘッド電極及び外部電極リングを含むことを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 17】

前記上部電極の温度は、前記エッチング中に約 50 から約 200 であることを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 18】

O_2 の流量に対する CF_4 の流量の前記比、又は、 O_2 の流量に対する NF_3 の流量の前記比が、約 1 : 5 から約 2 : 1 であることを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 19】

前記ガス組成物の全流量が、約 250 sccm から約 2000 sccm であり、前記プラズマ処理チャンバが、約 20 ミリトルから約 1000 ミリトルの圧力であることを特徴とする請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記上部電極を接地しながら前記下部電極に 2 つの異なるレベルの電力を 2 つの異なる周波数で供給することによって、前記ガス組成物が励起されることを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置用のシリコン電極及び炭化珪素電極の表面から黑色シリコン及び黑色炭化珪素を除去する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路などの半導体をベースにした製品の製造中に、半導体基板の上に材料層を作るために、又は取り除くために、エッチング及び / 又は蒸着ステップが使用される。従来のエッチング手順は、プロセスガスをプラズマ状態に励起して、半導体基板上の材料をプラズマエッチングする。

【0003】

10

20

30

40

50

プラズマ処理チャンバ内で行われるプラズマプロセスの結果として、このプラズマ処理チャンバの露出された内面が変化することがある。チャンバ内での半導体基板の処理に付随した様々な反応からだけでなく、プラズマ放電によって生成された高エネルギーのイオン、光子及び様々な中性原子及び分子のフラックスによって、そのような表面変化が起こることがある。

【特許文献 1】米国特許第 5, 534, 751 号

【特許文献 2】米国特許第 5, 998, 932 号

【特許文献 3】米国特許第 6, 527, 911 号

【特許文献 4】米国特許第 6, 391, 787 号

【特許文献 5】米国特許第 6, 090, 304 号

10

【発明の開示】

【0004】

平行平板プラズマ処理装置の上部電極の表面から黒色シリコン及び黒色炭化珪素を除去する方法が提供される。

【0005】

プラズマ処理チャンバの電極の表面から黒色シリコン又は黒色炭化珪素を除去する方法の好ましい実施形態が提供され、この実施形態は、下部電極及び上部電極を含んだプラズマ処理チャンバの中にフッ素含有ガス組成物を供給することを含む。上部電極は、(i)シリコンから成り、表面に黒色シリコンを有するプラズマに曝された表面を含むか、(ii)炭化珪素から成り、表面に黒色炭化珪素を有するプラズマに曝された表面を含む。本明細書で述べられるときに、「黒色シリコン」及び「黒色炭化珪素」は、処理チャンバ中で基板をプラズマエッチング処理している間の電極のプラズマに曝された表面のモルフォロジ変化に起因する形成物である。本ガス組成物は励起されてプラズマを生成し、それで、上部電極のプラズマに曝された表面から黒色シリコン又は黒色炭化珪素の少なくとも一部がエッチングされる。

20

【0006】

他の好ましい実施形態では、表面に黒色シリコン又は黒色炭化珪素を有するプラズマに曝された表面を含んだ、電極以外のプラズマ処理装置の少なくとも 1 つの部品が、プラズマ洗浄にかけられて、そのプラズマに曝された表面から黒色シリコン又は黒色炭化珪素の少なくとも一部がエッチングされる。

30

【0007】

好ましい実施形態では、本ガス組成物は、酸素含有ガス及び / 又は不活性ガスをさらに含む。 O_2 の流量に対するフッ素含有ガスの流量の比を含む処理条件は、プラズマに曝された表面の等方性エッチングを達成するように変えられてもよい。

【0008】

好ましい実施形態では、上部電極の温度は、黒色シリコン又は黒色炭化珪素のより高い除去速度を可能にするのに効果的な温度に制御されうる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

平行平板プラズマ処理チャンバは、上部電極及び下部電極を含む。上部電極は下面を有し、この下面は、一般に、半導体基板が支持されている基板支持体と向き合っている。この型のプラズマ処理チャンバは、半導体基板上に設けられた誘電体材料などの様々な材料をプラズマエッチングするために操作されうる。プラズマエッチングプロセス中に、エッチングガスは、プラズマ処理チャンバの中に供給され、さらに、少なくとも 1 つの電極に電力を供給することによって励起されて、プラズマを生成する。所望の特徴が半導体基板の材料にエッチングされるように、処理条件は選ばれる。

40

【0010】

平行平板プラズマ処理チャンバは、例えばシリコン又は炭化珪素で構成された上部電極を含んでもよい。この上部電極は、ガスをチャンバ内に分配させるガス注入孔を含むシャワーヘッド電極を備えてもよい。上部電極は、1 部品電極（例えば、ガス注入孔のあるデ

50

ISK状シャワーヘッド電極)又は多部品電極(例えば、ガス注入孔のない連続したリング又はセグメント化されたリングなどの外部電極リングで取り囲まれた内部ディスク状シャワーヘッド電極)であってもよい。

【0011】

上部電極のプラズマに曝された下面は、プラズマ放電で生成された高エネルギーのイオン、光子及び様々な中性原子及び分子のフラックスと、半導体基板の処理において起こる様々な反応とによってモルフォロジ的に変化しうることが確認された。上部電極の下面の「モルフォロジ変化」は、表面トポグラフィの変化で特徴付けられ、この表面トポグラフィの変化は、下面の幅にわたった(例えば、シャワーヘッド電極の丸い下面及び/又は随意の外部電極リングにわたった)不均一な材料除去によって生じる。そのような下面からの不均一な材料の除去によって、結果として、異なるトポグラフィを有する異なった表面領域が生じる。モルフォロジ変化表面は、未変化表面領域に比べて微小凹凸のある領域で特徴付けられる。

10

【0012】

形が針状、棒状又は円錐状である特徴の存在で特徴付けられるシリコン上部電極表面のモルフォロジ変化は、電極を含むプラズマ処理チャンバで使用される特定のプラズマエッチングプロセス及びプロセス条件に起因することが分かっている。図1は、これらの特徴を含んだモルフォロジ変化シリコン表面のSEM顕微鏡写真を示す。図示のように、針状の特徴が狭い間隔で並んでいる。これらの特徴は、一般に、約10nmから約1mmの長さ、及び約10nmから約1000nm(1μm)の幅を有する。また、図1に示される針状特徴の長さはエッチング時間に対して指数関数的に増加し、実際の時間依存性はプロセスチャンバで使用されるエッチングプロセス条件に依存していることが確認された。図2は、上部電極のシリコン外部電極リングのプラズマに曝された下面の黒色シリコン形成物を示す。

20

【0013】

図1に示されたもののような特徴は、低k誘電体材料などの誘電体材料をチャンバでプラズマエッチングしている間に、プラズマに曝されたシリコン上部電極表面に生じることが確認された。これらの特徴の形成に比較的適していることが分かっているプロセス条件の例は、高N₂流量、低O₂流量及び低CF流量、及びプラズマ生成に使用される中間RF電力レベルを含む。上部電極のモルフォロジ変化表面は、1つ又は複数の変化表面領域、例えば、外部電極リングの少なくとも1つの変化領域及び/又はシャワーヘッド電極の少なくとも1つの変化領域を含みうる。

30

【0014】

図1及び2に示された変化表面のモルフォロジは、一般に、「黒色シリコン」と呼ばれる。「黒色シリコン」は、プラズマ処理工程中に表面に形成された材料沈積物によって表面が微小マスクされた結果として、プラズマに曝されたシリコン表面に生じることがある。微小マスクは、約100nmから約100ミクロンの大きさでありうる。

【0015】

どんな特定の理論にも拘束されることを望まないが、シリコン上部電極のプラズマに曝された下面への黒色シリコン形成は、プラズマ処理工程中の電極への不連続な重合体沈積の結果として起こると信じられている。例えば、半導体基板上の低k誘電体材料層などの誘電体材料をエッチングする主エッチングステップ中に、不連続な重合体沈積物が、シリコン上部電極の下面に生じることがある。重合体沈積物は、下にあるシリコン表面をエッチングから保護する3次元の島状形成物を形成する。例えば、いったん針状の特徴が生じると、重合体沈積物は針の先端に優先的に生じ、それによって、連続した基板に対するエッチング中に微小マスキング機構及び黒色シリコンの拡大が加速される。微小マスク表面領域の不均一な異方性エッチング(すなわち、上部電極の巨視的な下面に対して垂直な方向)は、結果として、図1に示された形を有する特徴などの狭い間隔で並んだ特徴を下面に形成することになる。これらの特徴は、光がシリコン表面の変化領域から反射するのを妨げ、これによって、その領域が黒色の外見を有するようになる。

40

50

【 0 0 1 6 】

プラズマに曝されたシリコン表面への黒色シリコンの形成のほかに、変化表面領域に黒色の外見を与える同様な針状、棒状又は円錐状の特徴の形成物が、また、炭化珪素電極のプラズマに曝された表面に生じることがある。炭化珪素表面のそのような変化領域は、本明細書で「黒色炭化珪素」と呼ばれる。

【 0 0 1 7 】

黒色シリコン及び黒色炭化珪素は、それぞれ変化表面のプラズマに曝された表面積を増加させるので、黒色シリコン及び黒色炭化珪素のどちらかが、平行平板（例えば、容量結合）プラズマ処理チャンバの上部電極のプラズマに曝された表面に生じることが望ましくない。黒色シリコン又は黒色炭化珪素の形成の程度が「過度」になると（すなわち、変化表面領域の面積及び／又は特徴の寸法が特定のレベルに達すると）、黒色シリコン又は黒色炭化珪素はエッチングプラズマ特性の変化を引き起こし、結果として、プロセス変化が生じることがある。その結果として、1つのバッチのウエハを処理チャンバで一枚ごとにウエハ処理している間に、ウエハごとに及び／又はウエハ表面全体にわたって、プラズマエッチング速度が変化することがある。例えば、半導体基板のエッチング速度は、黒色シリコンが存在している電極の領域により近い半導体基板の表面領域で相当に小さくなる（例えば、約10%から約20%遅い）ことがあることが分かった。また、ウエハ表面のエッチング均一性は、黒色シリコン又は黒色炭化珪素の過度の形成によって相当に悪くなることがある。

【 0 0 1 8 】

例えば容量結合の平行平板プラズマ処理チャンバのシリコン又は炭化珪素上部電極のプラズマに曝された下面のモルフォロジ変化に起因する上述の問題を考慮して、黒色シリコン又は黒色炭化珪素の程度が過度になりプロセス変化を引き起こす前に、形成されたままの黒色シリコン又は形成されたままの黒色炭化珪素をそのような電極のプラズマに曝された表面から除去することが望ましい。言い換えると、好ましくは、黒色シリコン又は黒色炭化珪素のレベルが過大なレベルに達しないようにする。

【 0 0 1 9 】

シリコン又は炭化珪素の上部電極、例えばシャワーヘッド電極又は内部シャワーヘッド電極と外部リングを含んだ上部電極を洗浄する方法が提供される。本方法は、プラズマ処理チャンバ内でそのままで（in-situ）行われる。上部電極は、1部品構造又は多部品構造であってもよい。上部電極は、半導体基板、例えばシリコンウエハのプラズマ処理中に処理チャンバですでに使用された、以前に使用された電極である。使用された電極には、少なくともプラズマに曝された下面に黒色シリコン又は黒色炭化珪素が存在する。2部品構造の上部電極では、黒色シリコンは、シャワーヘッド電極の下面及び／又は外部リングの下面に存在することがある。

【 0 0 2 0 】

そのような黒色シリコン又は黒色炭化珪素形成物がシリコン又は炭化珪素上部電極上でいったん過大になると、洗浄プロセスは、申し分なく、すなわち、その後に処理チャンバで処理される生産基板（ウエハ）のエッチング速度及びエッチング均一性を所望の値例えば生産仕様に回復させて、形成物を除去することができない可能性があることが確認された。

【 0 0 2 1 】

好ましい実施形態では、少なくともそれぞれの下面に黒色シリコン又は黒色炭化珪素形成物を有する使用された電極は、この形成物を除去し電極の下面状態を回復させるようにプラズマ洗浄される。プラズマ処理チャンバで半導体基板をプラズマエッチングしている間に、黒色シリコン又は黒色炭化珪素が上部電極に形成される。上部電極を使用して生産ウエハをプラズマエッチングしている間に望ましくないプロセス変化を引き起こすことがある、プラズマに曝された表面の黒色シリコン又は黒色炭化珪素形成物のレベルに達する前に、好ましくは、シリコン又は炭化珪素の上部電極は、プラズマ洗浄される。

【 0 0 2 2 】

より具体的には、本方法の好ましい実施形態は、容量結合プラズマ処理チャンバのシリコン又は炭化珪素上部電極のプラズマに曝された下面をプラズマ洗浄することを含む。選ばれた時間間隔で、例えば、1時間ごとに、毎日若しくは週1回、又は、上部電極を使用しながら特定の数の生産ウエハがチャンバで処理された後で、例えば、各生産ウエハの後で、又は特定の数のウエハがチャンバで処理された後で、例えば2から約1000枚までのウエハの後で、上部電極のプラズマに曝された下面は洗浄されてもよい。その上、ある選ばれたプラズマオン時間(RF時間)に達した後で、プラズマ洗浄が行われてもよい。プラズマ洗浄プロセスの実施頻度及び実施される毎のその継続時間は、半導体基板エッチングプロセス中の黒色シリコン又は黒色炭化珪素の形成速度に依存して選ばれてもよい。

10

【0023】

洗浄方法は、選ばれた量の黒色シリコン又は黒色炭化珪素を上部電極から除去するように行われてもよい。例えば、1つの実施形態では、上部電極の表面の黒色シリコン又は黒色炭化珪素形成物の実質的に全体がプラズマ洗浄によって除去されう。

【0024】

他の好ましい実施形態では、洗浄されたままの上部電極を使用してチャンバで生産ウエハの誘電体(例えば低k)層などの層をプラズマエッチングしている間に、望ましくないプロセス変化を引き起こしうるレベルよりも、電極表面の残留黒色シリコン又は黒色炭化珪素の程度が下であるように、黒色シリコン又は黒色炭化珪素の一部が除去されう。黒色シリコンの一部すなわち除去される黒色シリコンは、好ましくは、主要な部分であり、すなわち、黒色シリコン又は黒色炭化珪素形成物の縦方向の特徴長さ(すなわち、電極の巨視的な下面又は他方のシリコン又は炭化珪素部品の表面に対して垂直な方向の特徴の長さ又は高さ)の50%超が、例えば、縦方向の特徴長さの少なくとも約60%、70%、80%、90%、95%、又は100%さえもが、除去される。

20

【0025】

例えば、電極表面から除去された黒色シリコン又は黒色炭化珪素の推定量(すなわち、平均特徴長さの推定変化)と、電極を使用して処理チャンバでウエハをエッチングしている間の表面への黒色シリコン及び黒色炭化珪素の推定形成速度とに基づいて、望ましくないプロセス変化が起こるまでに、洗浄したままの上部電極を使用してチャンバで処理することができるウエハ数が推定されてもよい。

30

【0026】

本洗浄方法は、好ましくは、ダミーウエハが処理チャンバに配置された状態で行われる。例えば、裸のシリコンウエハ、又はシリコン酸化物若しくはフォトレジスト材料の膜などの膜で覆われたウエハが、本洗浄方法の間に基板支持体に配置されてもよい。

【0027】

本洗浄方法は、黒色シリコン又は黒色炭化珪素が形成された上部電極の下面のモルフォロジ変化領域の少なくとも一部を除去する。特に、本洗浄は、電極に黒色シリコン又は黒色炭化珪素の外見をもたらす特徴の長さの少なくとも一部を除去するのに効果的である。本エッチング方法は、また、プラズマ放電によって生じた高エネルギーのイオン、光子、及び中性原子及び分子のフラックスに起因する上部電極の下面の他のモルフォロジ変化領域を、プラズマ処理工程中にプラズマ処理チャンバに存在する化学反応物と下面の相互作用によって除去することもできる。表面上の重合体沈積物が、また、除去されることもある。

40

【0028】

好ましい実施形態では、シリコン又は炭化珪素の上部電極のプラズマに曝された下面は、適切なフッ素含有ガス組成物を励起してプラズマ状態にすることによってエッチングされる。好ましくは、このガス組成物は、少なくとも1つのフッ化炭素、フッ化炭化水素又はこれらの混合物を含む。例えば、ガス組成物は、 $\text{CH}_x\text{F}_{4-x}$ (例えば、 CF_4 、 CHF_3 、 CH_2F_2 、又は CH_3F)、 $\text{C}_2\text{H}_x\text{F}_{6-x}$ (例えば、 C_2F_6 又は $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$)、 $\text{C}_2\text{H}_x\text{F}_{4-x}$ (例えば、 C_2F_4)、 C_3F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_6 、 C

50

CF_4 、 C_2F_6 、 NF_3 又はこれらの混合物を含み得る。好ましくは、ガス組成物は、 CF_4 又は NF_3 を含む。

【0029】

本洗浄ガス組成物は、好ましくは、少なくとも1つの添加ガスを含む。この添加ガスは、好ましくは O_2 である。他の実施形態では、添加ガスは、少なくとも1つの希ガス（例えば、ヘリウム、アルゴン又はネオン）でありうる。好ましい実施形態では、ガス組成物は、 CF_4 及び O_2 、 CF_4 及び希ガス（例えば、アルゴン）、 NF_3 及び O_2 、又は、 NF_3 及び希ガスを含む。そのようなガス組成物において、フッ素含有ガスは、マイナー部分（すなわち、全ガス組成物流量の50%未満）、同等部分、又は主要部分（すなわち、全ガス組成物流量の50%超）を含んで、全ガス組成物の任意の適切な部分を構成することができる。一般に、ガス組成物中のフッ素含有ガスの部分を増すことで、そのガス組成物のフッ素濃度は、約50%のフッ化炭素濃度まで増加する。

10

【0030】

洗浄ガス組成物のフッ素濃度を増すことで、上部電極のプラズマに曝された下面から黒色シリコンを除去する効率を上げることができる。洗浄ガス組成物のフッ素濃度は、また、洗浄ガス組成物の全流量を増加させることで高めることができる。例えば、所定のチャンバ圧力で、 CF_4 （又は NF_3 ）及び O_2 の流量を CF_4 125 sccm : O_2 125 sccm から例えば CF_4 500 sccm : O_2 500 sccm、又は、 CF_4 1000 sccm : O_2 1000 sccm に変えることによって、フッ素濃度を増加させることができる。 O_2 又は他のガスに対するフッ素含有ガスの他の流量比が使用されてもよい。また、フッ素濃度は、チャンバ圧力を上げることで高められうる。

20

【0031】

黒色シリコン（又は黒色炭化珪素）の高いエッチング速度を生じることができる処理条件は、黒色シリコン除去に関して必ずしも最適な結果を与えない。すなわち、高いシリコンエッチング速度は、異方性エッチング条件（すなわち、部品例えば上部電極の巨視的な表面に対して垂直な方向のエッチング）の下で達成されうる。しかし、異方性エッチングは、電極の下面の幅全体にわたって、黒色シリコンの特徴（又は黒色炭化珪素の特徴）をエッチングするのに最適でない。むしろ、エッチングが等方性であり、かつ、好ましくは、エッチング速度が適当に高いとき、黒色シリコン（又は黒色炭化珪素）のエッチングが効率よく達成される。プラズマ中のフッ素自由ラジカルの濃度を高くすることによって、エッチング効率が達成されうることが確認された。

30

【0032】

シリコン又は炭化珪素の等方性エッチングを達成し、かつ好ましくは適当に高いエッチング速度を実現するために、洗浄ガス組成物の他のガスに対するフッ素含有ガスの流量比は、好ましくは、プラズマ中にフッ素自由ラジカルの十分に高い濃度を実現するように選ばれる。例えば、 CF_4 / O_2 洗浄ガス組成物の場合には、 CF_4 : O_2 の流量比は、好ましくは約1 : 10 から約5 : 1 であり、より好ましくは約1 : 5 から約2 : 1 である。 NF_3 / O_2 洗浄ガス組成物の場合には、 NF_3 : O_2 の流量比は、好ましくは約1 : 10 から約5 : 1 であり、より好ましくは約1 : 5 から約2 : 1 である。洗浄ガス組成物の全流量を増加させると、エッチングに使用可能な未反応の薬剤の量が増加する。F の増加量が原子状態で利用可能であるとき、 CF_4 / O_2 流量比又は NF_3 / O_2 流量比は最適化される。F₂ を形成する F-F 再結合を制限するように原子状態の F が希釈されるとき、 NF_3 / O_2 流量比又は NF_3 / Ar 流量比は最適化される。約500 nm の長さを有する黒色シリコンの特徴は、一般に、約5分のプラズマ洗浄で実質的に除去できることが確認された。一般に、現場（in-situ）プラズマ支援洗浄方法によって、シリコンは、約50 nm / 分から約300 nm / 分の速さでエッチングされうる。

40

【0033】

洗浄ガス組成物の全流量は、一般に、約250 sccm から約2000 sccm の範囲でありうる。一般に、チャンバ圧力は、洗浄中に約20 mT から約1000 mT の範囲でありうる。処理チャンバ中の随意のプラズマ閉じ込めリングアセンブリの位置を調節する

50

ことによって、チャンバ圧力が調整されてもよい。使用されうる閉じ込めリングアセンブリの例は、本件出願と同一出願人により保有され、引用することによってその内容をここに合体される米国特許第 5,534,751 号、5,998,932 号、及び 6,527,911 号に記載されている。また、装置のポンプ、例えばターボ分子ポンプの近くにある弁、例えば絞り弁の位置を制御することによって、チャンバ圧力が調整されうる。

【0034】

洗浄プロセス中に、上部電極は、好ましくは約 20 から約 200 の温度であり、より好ましくは約 100 から約 200 の高温である。プラズマに曝された下面の黑色シリコンの特徴の平均長さの減少の大きさの点から、この範囲内で電極温度を上げることで、電極の洗浄効率が高くしうることが確認された。加熱及び冷却能力を有するシャワーヘッド電極アセンブリを含むプラズマ処理チャンバの実施形態では、上部電極温度を制御することができる。他の実施形態では、イオンボンバードによって生じる電極からの熱は、電極アセンブリに設けられたヒートシンク、例えば 1 つ又は複数の金属板及び / 又は温度制御取付け板によって、取り除かれうる。

【0035】

好ましくは、上部電極洗浄プロセスは、上部電極のプラズマに曝された下面全体から十分な厚さを除去するように十分な時間の長さにわたって行われるので、洗浄後のプラズマに曝された下面のすべての残留モルフォロジ変化領域は、好ましくは、洗浄されたままの上部電極を使用してチャンバで生産ウエハをプラズマエッチングしている間に望ましくないプロセス変化を引き起こす黑色シリコン又は黑色炭化珪素のレベルよりも下である。

【0036】

洗浄方法は、プラズマ処理チャンバのエッチング速度性能の変化を生じさせることができる。これが起こったとき、上部電極を洗浄した後のエッチング速度及びエッチング均一性の性能の回復を高めるために、プラズマ処理チャンバは、場合によっては、電極が洗浄された後でプラズマ条件づけされてもよい。使用されるプロセス条件に依存して、プラズマ条件づけは、洗浄ステップが行われた後の上部電極から残留黑色シリコン又は黑色炭化珪素を除去することができる。例えば、プラズマチャンバ条件づけステップは、フッ素含有ガス、酸素及びアルゴンなどの希ガスを含むガス組成物からプラズマを発生させてもよい。フッ素含有ガスは、例えば C_4F_8 であってもよく、酸素含有ガスは、好ましくは O_2 である。次の近似プロセス条件の例は、条件づけステップを行うために使用されてもよい。すなわち、100 mT のチャンバ圧力、下部電極に加えられる 27 MHz での 2000 W 及び 2 MHz での 3000 W、 C_4F_8 20 s c c m / O_2 20 s c c m / アルゴン 250 s c c m、プラズマ条件づけ 120 秒。

【0037】

1 つの実施形態では、各生産ウエハがプラズマ処理チャンバでエッチングされた後で、又は、2 以上（例えば、2、5 又は 10）の生産ウエハがエッチングされた後で、随意のウエハのない自動洗浄プロセスが行われうる。ウエハのない自動洗浄プロセスは、チャンバのプラズマに曝された内面から様々な沈積材料を除去するのに効果的な酸素プラズマを発生させる。好ましくは、プラズマ処理チャンバ中に生産ウエハ（すなわち、半導体をベースにした製品を作るために処理されるウエハ）が存在していない状態で、 O_2 を含むガス組成物を励起することによって、酸素プラズマが形成される。

【0038】

他の好ましい実施形態では、シリコン又は炭化珪素から成り、かつ表面にそれぞれ黑色シリコン又は黑色炭化珪素を有するプラズマに曝された表面を含んだ、電極以外のプラズマ処理装置の少なくとも 1 つの部品が、プラズマに曝された表面から黑色シリコン又は黑色炭化珪素の少なくとも一部を除去するようにプラズマ洗浄にかけられることがある。例えば、この部品は、半導体基板を支持する基板支持体用のシリコン又は炭化珪素の 1 つ以上のエッジ / フォーカスリングであってもよい。

【0039】

図 3 は、本明細書で説明された方法の好ましい実施形態を実施するために使用されうる

10

20

30

40

50

プラズマ処理装置 100 の例を示す。プラズマ処理装置 100 は容量結合プラズマ処理チャンバ 102 を備え、この処理チャンバ 102 は、中程度の密度のプラズマを発生させることができる。プラズマ処理チャンバ 102 は、チャンバ壁 103 を含む。チャンバ壁 103 は、場合によっては、プラズマ溶射セラミック材料などの適切な耐消耗性材料で覆われてもよい。接地への電気路を設けるために、チャンバ壁 103 は、アルミニウム又は同様なもので作られてもよく、電氣的に接地される。プラズマ処理チャンバ 102 は、半導体基板をプラズマ処理チャンバ 102 の中に搬送し、またプラズマ処理チャンバ 102 から外に搬送するために、チャンバ壁 103 に設けられたウエハ搬送スロット 118 を含む。

【0040】

プラズマ処理チャンバ 102 は、下面 108 を有する上部電極 104 を含む。好ましくは、例えば本件出願と同一出願人により保有され、引用することによってその内容をここに合体される米国特許第 6,391,787 号に記載されているように、下面 108 は、平らで随意の段が付いている。上部電極 104 は、単一部品電極又は多部品電極であってもよい。例えば、上部電極 104 は、シャワーヘッド電極板を含む単一部品構造であってもよく、又はシャワーヘッド電極板及び外部電極リングを含んでもよい。そのような後者の実施形態では、場合によっては、シャワーヘッド電極板と外部電極リングの両方が、これらにエラストマ材料などの結合剤で結合された黒鉛板で裏打ちされていてもよい。上部電極 104 は、例えば、200 mm ウエハ又は 300 mm ウエハを処理する大きさに作られてもよい。上部電極（多部品構造の外部電極リングを含む）は、シリコン（例えば、単結晶シリコン、多結晶シリコン又は非晶質シリコン）又は炭化珪素から成るものであってもよい。装置 100 は、上部電極 104 にプロセスガスを供給するガス源（図示されない）を含む。上部電極 104 は、好ましくは、整合回路網を介して RF 電源 106 によって電力を供給される。他の実施形態では、以下で説明されるように、プラズマ処理チャンバ 102 の下部電極によって供給される電力の戻り経路を実現するために、上部電極 104 は接地されることがある。

【0041】

図 3 に示された装置 100 の実施形態では、プロセスガスは、上部電極 104 と、基板支持体 111 に支持された半導体基板 10（例えば半導体ウエハとの間に生じたプラズマ領域でプラズマ処理チャンバ 102 の中に供給される。基板支持体 111 は、好ましくは、静電クランプ力で半導体基板 10 を基板支持体に固定する静電チャック 114 を含む。静電チャック 114 は、下部電極として作用し、好ましくは、RF 電源 116（一般に、整合回路網を介して）によってバイアスをかけられている。静電チャック 114 の上面 115 は、好ましくは、半導体基板 10 とほぼ同じ直径である。

【0042】

真空ポンプ（図示されない）は、プラズマ処理チャンバ 102 の内部に所望の真空圧力を維持するように構成されている。一般に矢印 110 で表された方向にガスがポンプで引き出される。

【0043】

使用されうる平行平板プラズマ反応器の例は、2 周波数プラズマエッチング反応器である（例えば、本件出願と同一出願人により保有され、引用することによってその内容をここに合体される米国特許第 6,090,304 号を参照されたい。）。そのような反応器では、エッチングガスは、ガス源からシャワーヘッド電極に供給され、プラズマは、2 つの RF 源からシャワーヘッド電極及び / 又は下部電極に RF エネルギーを供給することによって反応器中に生成され、又は、シャワーヘッド電極は電氣的に接地され、さらに 2 つの異なる周波数の RF エネルギーが下部電極に供給されていてもよい。

【0044】

[実施例 1]

異なる位置でそれぞれの下面に電氣的かつ熱的に結合されている（100）シリコンの試験片を持った 4 つのシリコン上部電極が、ウエハのプラズマエッチングに使用された。

10

20

30

40

50

電極及び試験片の下面には、黒色シリコン形成物が存在していた。それから、使用された電極は、平行平板プラズマ処理チャンバ中でプラズマ洗浄された。プラズマ洗浄中に、基板支持体の上にダミーウエハが載置された。

【0045】

電極をプラズマ洗浄するために使用されたプロセス条件は、表1に示されている。各電極について、プラズマ洗浄プロセスは、 CF_4 及び O_2 を含み、 200 sccm の CF_4 流量を有するガス組成物、60秒の洗浄時間、及び約20の電極温度を使用した。チャンバ圧力、加えられた下部電極電力及び周波数レベル、 O_2 流量、及び/又は $CF_4 : O_2$ 流量比は、洗浄プロセスで変えられた。

【0046】

シリコン試験片について、洗浄前の黒色シリコン平均特徴長さは、各電極について同じ推定値であると見なされた。この同じ推定長さは、電極各々が、試験片及び電極に黒色シリコンが生じたほぼ同じプラズマエッチング条件にかけられたことに基づいていた。各電極について、洗浄後の黒色シリコン特徴の長さは、走査型電子顕微鏡（SEM）を使用して関連した試験片を解析することによって求められた。表1に示されるように、洗浄前と洗浄後の平均黒色シリコン特徴長さの最も大きな差は、サンプル番号1であり、これは、1:2の CF_4 / O_2 流量比を使用して洗浄された。

【0047】

【表1】

表1

No.	チャンバ 圧力 (mT)	下部電極の 第1の 電力レベル /第1の 周波数 (W/MHz)	下部電極の 第2の 電力レベル /第2の 周波数 (W/MHz)	$CF_4:O_2$ 流量比	電極温度 (°C)	洗浄時間 (秒)	洗浄前 平均 黒色 Si 特徴長さ (nm)	洗浄後 平均 黒色 Si 特徴長さ (nm)
1	600	2500/27	1000/2	1:2	20	60	500	200
2	500	1000/27	2500/2	1:9	20	60	500	485
3	500	1000/27	2500/2	1:5	20	60	500	360
4	600	1000/27	2500/2	1:5	20	60	500	260

【0048】

【実施例2】

実施例2では、異なる位置でそれぞれの下面に電気的かつ熱的に結合されている（100）シリコンの試験片を持った5つのシリコン上部電極が、ウエハのプラズマエッチングに使用された。電極及び試験片の下面には、黒色シリコンが存在していた。それから、使用された電極は、平行平板プラズマ処理チャンバでプラズマ洗浄された。洗浄プロセス中に基板支持体にダミーウエハが載置された。

【0049】

電極をプラズマ洗浄するために使用された処理条件が、表2に示されている。各電極について、プラズマ洗浄プロセスは、 200 sccm の CF_4 流量を有する CF_4 と O_2 の洗浄ガス組成物、5分の洗浄時間、及び約20の電極温度を使用した。チャンバ圧力、下部電極に加えられた電力及び周波数のレベル、及び/又は $CF_4 : O_2$ 流量比は、電極を洗浄するために変えられた。

【0050】

シリコン試験片について、洗浄前の黒色シリコン平均特徴長さは、実施例1に関して上

で説明したように、各電極について同じ推定値であると見なされた。洗浄後の黒色シリコン特徴長さは、電極サンプル番号 6 及び 7 に設けられた試験片について SEM で求められた。サンプル番号 5、8 及び 9 で黒色シリコンは観察されなかった。1 : 2 の CF_4/O_2 流量比を含むサンプル番号 5 に使用されたプロセス条件は、このサンプルがより平らな洗浄されたままの試験片プロファイルを有することに基づいて、最も望ましい等方性エッチングと黒色シリコンエッチング速度の組合せを実現したことが確認された。

【 0 0 5 1 】

【 表 2 】

表 2

No.	チャンバ 圧力 (mT)	下部電極の 第 1 の 電力レベル ／第 1 の 周波数 (W/MHz)	下部電極の 第 2 の 電力レベル ／第 2 の 周波数 (W/MHz)	CF_4/O_2 流量比	電極温度 (°C)	洗浄時間 (秒)	洗浄前 平均 黒色 Si 特徴 長さ (nm)	洗浄後 平均 黒色 Si 特徴 長さ (nm)
5	600	2500/27	1000/2	1:2	20	300	500	黒色Si なし
6	600	1000/27	2500/2	1:2	20	300	500	214
7	500	2500/27	1000/2	1:9	20	300	500	240
8	500	1000/27	2500/2	1:9	20	300	500	黒色Si なし
9	600	1000/27	2500/2	1:5	20	300	500	黒色Si なし

【 0 0 5 2 】

【 実施例 3 】

実施例 3 では、電極から黒色シリコンを除去する効率に及ぼす洗浄ガスのフッ素濃度の影響を確認するために、4 つのシリコン上部電極が、ウエハのプラズマエッチングに使用され、次に平行平板プラズマ処理チャンバでプラズマ洗浄された。各電極には、異なる位置の下面に電気的かつ熱的に結合された (100) シリコンの試験片があった。電極及び試験片の下面には、黒色シリコンが形成していた。洗浄プロセス中に基板支持体にダミーウエハが載置された。

【 0 0 5 3 】

電極をプラズマ洗浄するために使用されたプロセス条件が、表 3 に示されている。各電極について、同じ洗浄時間及び電極温度が使用された。異なるチャンバ圧力、加えられた下部電極電力及び周波数のレベル、 CF_4 流量、 O_2 流量、及び / 又は $CF_4 : O_2$ 流量比が使用された。サンプル番号 10 及び 12 では、アクチメトリの方法を使用して光放射からフッ素濃度を決定することを可能にするために、洗浄ガス組成物はアルゴンを含んだ。

【 0 0 5 4 】

実施例 3 の試験結果が表 3 に与えられている。図示のように、洗浄前と洗浄後の平均黒色シリコン特徴長さの最も大きな差は、サンプル番号 12 で達成され、これは、1 : 2 の CF_4/O_2 流量比を使用して洗浄された。

【 0 0 5 5 】

洗浄ガス組成物のフッ素濃度に対する洗浄前の黒色シリコン特徴と洗浄後の黒色シリコン特徴の長さの差が、図 4 に示されている。

【 0 0 5 6 】

【 表 3 】

表 3

No.	チャンバ 圧力 (mT)	下部電極の 第 1 の 電力レベル ／第 1 の 周波数 (W/MHz)	下部電極の 第 2 の 電力レベル ／第 2 の 周波数 (W/MHz)	CF ₄ :O ₂ :Ar 流量比 (sccm)	電極温度 (°C)	洗浄時間 (秒)	洗浄前 平均 黒色 Si 特徴長さ (nm)	洗浄後 平均 黒色 Si 特徴長さ (nm)
10	50	2000/27	3000/2	200:50:50	20	60	580	460
11	200	1000/27	2500/2	200:400:0	20	60	460	300
12	500	2000/27	3000/2	83:167:50	20	60	480	190
13	600	1000/27	2500/2	200:400:0	20	60	480	240

10

20

30

【 0 0 5 7 】

【 実施例 4 】

実施例 4 では、ウエハのプラズマエッチングに使用された 3 つの異なるシリコン上部電極は、上部電極温度が異なることを除いて同じプロセス条件を使用して平行平板プラズマ処理チャンバでプラズマ洗浄された。各電極について、(1 0 0) シリコンの試験片は、異なる位置で下面に電気的かつ熱的に結合された。電極及び試験片の下面には、黒色シリコン形成物が存在した。

【 0 0 5 8 】

3 つの電極は、次のプロセス条件を使用してプラズマ洗浄された。すなわち、6 0 0 m T のチャンバ圧力、2 5 0 0 ワット及び 2 7 M H z という下部電極の第 1 の電力レベル及び第 1 の周波数、1 0 0 0 ワット及び 2 M H z という下部電極の第 2 の電力レベル及び第 2 の周波数、2 0 0 s c c m の C F ₄ 流量、4 0 0 s c c m の O ₂ 流量、6 0 秒の洗浄時間。電極温度は、洗浄中に、それぞれの電極について約 2 0 、約 8 0 、及び約 1 0 5 であった。2 0 、8 0 、及び 1 0 5 の温度について、黒色シリコン平均特徴長さは、約 1 0 0 n m、約 1 0 5 n m、及び約 1 4 0 n m だけそれぞれ減少した。これらの結果は、電極温度を少なくとも約 1 0 0 に上げることによって、電極洗浄効率が改善されることがあることを実証している。

40

【 0 0 5 9 】

【 実施例 5 】

実施例 5 では、各々低 k シリコン酸化物層を含む 1 0 0 枚のウエハが、シリコン上部電

50

極を使用する平行平板プラズマ処理チャンバで、エッチングステップにかけられた。100枚のウエハが処理された後で、シリコン上部電極は、次のプロセス条件を使用して洗浄された。すなわち、600mTのチャンバ圧力、2500ワット及び27MHzという下部電極の第1の電力レベル及び第1の周波数、1000ワット及び2MHzという下部電極の第2の電力レベル及び第2の周波数、200sccmの CF_4 流量、400sccmの O_2 流量、15分の洗浄時間。図5に示されるように、開始時、25、50、75及び100枚のウエハがそれぞれエッチングされた後、及び100枚のウエハ全てのエッチングに続く上部電極の洗浄の後で、シリコン酸化物エッチング速度及びエッチング速度%均一性(3シグマ)が求められた。試験結果は、本明細書で説明された方法の実施形態に従って上部電極を洗浄することによって、上部電極下面の状態とシリコン酸化物のエッチング速度の両方が回復されうることを実証している。

10

【0060】

[実施例6]

実施例6では、約500nmの平均特徴長さを有する黒色シリコンを含む第1のシリコン上部電極が、次のプロセス条件を使用してプラズマ洗浄された。すなわち、200mTのチャンバ圧力、2500ワット及び27MHzという下部電極の第1の電力レベル及び第1の周波数、1000ワット及び2MHzという下部電極の第2の電力レベル及び第2の周波数、200sccmの CF_4 流量、400sccmの O_2 流量、20の電極温度、30秒の洗浄時間。洗浄後の黒色シリコン平均特徴長さは、約460nmであった。約430nmの平均特徴長さを有する黒色シリコンを含む第2のシリコン上部電極は、次のプロセス条件を使用してプラズマ洗浄された。すなわち、200mTのチャンバ圧力、2500ワット及び27MHzという下部電極の第1の電力レベル及び第1の周波数、1000ワット及び2MHzという下部電極の第2の電力レベル及び第2の周波数、200sccmの NF_3 流量、400sccmの O_2 流量、30秒の洗浄時間。洗浄後の平均特徴長さは、約360nmであった。これらの試験結果は、 CF_4/O_2 及び NF_3/O_2 ガス混合物は、両方とも黒色シリコンを除去するのに効果的であり、 NF_3/O_2 ガス混合物の方がいっそう効果的であることを実証している。

20

【0061】

以上、本発明の原理、好ましい実施形態及び動作モードを説明した。しかし、本発明は、述べられた特定の実施形態に限定されるものとして解釈されるべきでない。したがって、上述の実施形態は、限定ではなく例示と見なされるべきであり、添付の特許請求の範囲によって定義されるような本発明の範囲から逸脱することなしに、当業者によってそれらの実施形態の変形が作られる可能性があることは、理解されるべきである。

30

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】走査型電子顕微鏡(SEM)を使用して撮られた顕微鏡写真であり、表面に黒色シリコンを有するシリコン表面を示す。

【図2】表面に黒色シリコンを有するシリコン電極のプラズマに曝された表面を示す。

【図3】本明細書で説明された洗浄方法の実施形態を行うのに適した容量結合プラズマ処理装置の例を示す。

40

【図4】プラズマ洗浄に使用された洗浄ガス組成物のフッ素濃度に対して、洗浄前の黒色シリコンフィーチャと洗浄後の黒色シリコンフィーチャとの高さの差を示す。

【図5】スタート時と、25、50、75及び100枚のウエハをそれぞれエッチングした後と、引き続いて本明細書で説明された方法の実施形態に従ってプラズマ処理チャンバの上部電極を洗浄した後と、のシリコン酸化物のエッチング速度及びエッチング速度均一性を示す。

【 図 1 】

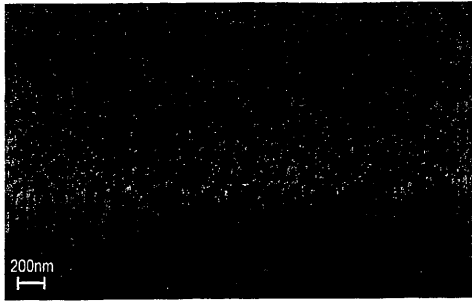


FIG. 1

【 図 2 】

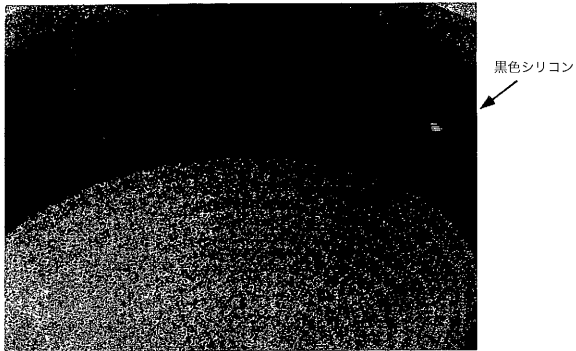


FIG. 2

【 図 3 】

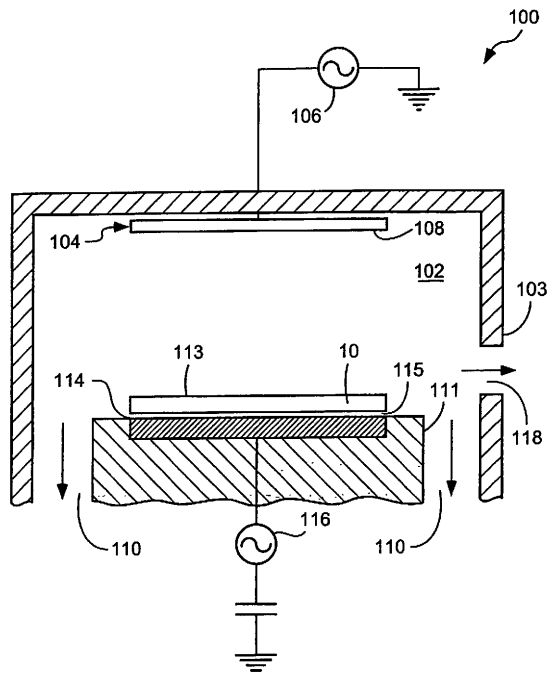


FIG. 3

【 図 4 】

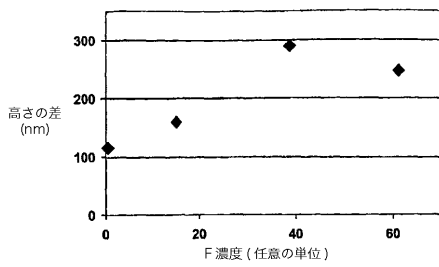


FIG. 4

【 図 5 】

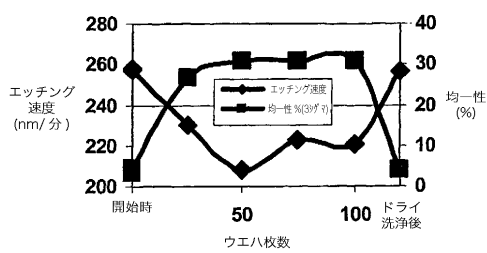


FIG. 5

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US05/45541																					
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: B44C 1/22(2006.01);C03C 15/00(2006.01);25/68(2006.01);C23F 1/00(2006.01) USPC: 216/67 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																							
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 216/67 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EAST search																							
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category *</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>US 6,090,718 (SOGA et al) 18 July 2000 (18.07.200) column 6, line 25</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Jansen et al, The Black Silicon Method, Journal Micromechanical Microengineering, 5 (1995) pages 115-120</td> <td>4-10, 14-16, 18-20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Jeon et al, Cleaning of Wafer Edges, Plasma Sources Sci.Tech. 11 (2002) pages 520-525</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>S. WOLF et al, (Silicon Processing for the VLSI Era, Volume 1- Process Technology, Lattice Press, 1986) pages 540-541, 545</td> <td>9-10, 14-16, 18-20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2005/0001276 (GAO et al) 06 January 2005 (06.01.2005) page 1, paragraph 0004</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2003/0190814 (KUMAR et al) 9 October 2003 (09.10.2003)</td> <td>4-8, 10</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y	US 6,090,718 (SOGA et al) 18 July 2000 (18.07.200) column 6, line 25	1-20	Y	Jansen et al, The Black Silicon Method, Journal Micromechanical Microengineering, 5 (1995) pages 115-120	4-10, 14-16, 18-20	Y	Jeon et al, Cleaning of Wafer Edges, Plasma Sources Sci.Tech. 11 (2002) pages 520-525	1-20	Y	S. WOLF et al, (Silicon Processing for the VLSI Era, Volume 1- Process Technology, Lattice Press, 1986) pages 540-541, 545	9-10, 14-16, 18-20	Y	US 2005/0001276 (GAO et al) 06 January 2005 (06.01.2005) page 1, paragraph 0004	1-20	Y	US 2003/0190814 (KUMAR et al) 9 October 2003 (09.10.2003)	4-8, 10
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																					
Y	US 6,090,718 (SOGA et al) 18 July 2000 (18.07.200) column 6, line 25	1-20																					
Y	Jansen et al, The Black Silicon Method, Journal Micromechanical Microengineering, 5 (1995) pages 115-120	4-10, 14-16, 18-20																					
Y	Jeon et al, Cleaning of Wafer Edges, Plasma Sources Sci.Tech. 11 (2002) pages 520-525	1-20																					
Y	S. WOLF et al, (Silicon Processing for the VLSI Era, Volume 1- Process Technology, Lattice Press, 1986) pages 540-541, 545	9-10, 14-16, 18-20																					
Y	US 2005/0001276 (GAO et al) 06 January 2005 (06.01.2005) page 1, paragraph 0004	1-20																					
Y	US 2003/0190814 (KUMAR et al) 9 October 2003 (09.10.2003)	4-8, 10																					
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>* Special categories of cited documents</th> <th>"T"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"B" earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"Z" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			* Special categories of cited documents	"T"	"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"B" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"Z" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed										
* Special categories of cited documents	"T"																						
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention																						
"B" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone																						
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art																						
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"Z" document member of the same patent family																						
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																							
Date of the actual completion of the international search 05 September 2006 (05.09.2006)		Date of mailing of the international search report 27 OCT 2006																					
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner of Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer Nadine Norton Telephone No. (571) 272-1700 Jean Proctor Paralegal Specialist																					

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100146293

弁理士 西川 恵雄

(72)発明者 マグニ, エンリコ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 8, プレザントン, クランウッド コート 3
1 4 4

(72)発明者 ケリー, マイケル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 8, プレザントン, フェアランズ ドライブ
4 4 7 7

(72)発明者 ヘフティ, ロバート

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 4 1, マウンテン ビュー, マリボサ # 1 3
3 8

(72)発明者 ルパン, ミシェル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 0 6, ダンビル, バッキンガム プレイス 8 3
4

F ターム(参考) 5F004 AA15 BA04 BA09 CA02 DA00 DA01 DA02 DA03 DA15 DA16

DA17 DA26 DB01 DB23