

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6181075号
(P6181075)

(45) 発行日 平成29年8月16日(2017.8.16)

(24) 登録日 平成29年7月28日(2017.7.28)

(51) Int.Cl.

H01L 21/305 (2006.01)
H01L 21/304 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 102
H01L 21/304 645 Z

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-548941 (P2014-548941)
 (86) (22) 出願日 平成24年12月21日 (2012.12.21)
 (65) 公表番号 特表2015-503841 (P2015-503841A)
 (43) 公表日 平成27年2月2日 (2015.2.2)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2012/071202
 (87) 國際公開番号 WO2013/096748
 (87) 國際公開日 平成25年6月27日 (2013.6.27)
 審査請求日 平成27年12月17日 (2015.12.17)
 (31) 優先権主張番号 61/579,830
 (32) 優先日 平成23年12月23日 (2011.12.23)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 13/723,409
 (32) 優先日 平成24年12月21日 (2012.12.21)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
 APPPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタクララ バウアーズ アベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】原子水素を用いて基板表面を洗浄するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の表面を洗浄する方法であって、

その中に配置された複数のフィラメントを有する第1のチャンバに水素含有ガスを供給することであって、前記複数のフィラメントは、前記基板の上方に配置されている、供給することと、

前記複数のフィラメントの中に電流を流し、前記複数のフィラメントの温度を前記水素含有ガスの少なくとも一部を分解するのに十分なプロセス温度まで上昇させることと、

分解された前記水素含有ガスから形成された水素原子に前記基板を暴露することによって前記基板の前記表面を洗浄することであって、前記水素原子は、ガス分配プレートを通り抜け、基板に分配される、洗浄することと、を含む、方法。

【請求項 2】

前記水素含有ガスは、水素(H₂)、水素(H₂)及び窒素(N₂)、又はアンモニア(NH₃)を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

予熱チャンバとは異なる洗浄チャンバ内で前記基板の前記表面を洗浄する前に、前記予熱チャンバ内で前記基板を予熱すること、又は

洗浄チャンバ内で前記基板の前記表面を洗浄する前に、前記洗浄チャンバ内で前記基板を予熱することのうちの1つを更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

10

20

前記第1のチャンバは、前記基板表面が洗浄されるのと同じチャンバであるか、又は前記第1のチャンバは、前記基板の前記表面が洗浄されるのとは異なるチャンバであり、前記第1のチャンバ内で形成される前記水素原子は、前記基板の前記表面が洗浄される前記チャンバに供給される、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記水素含有ガスを前記第1のチャンバに供給する前に、
水素含有予備処理ガスを前記第1のチャンバに供給し、
前記複数のフィラメントを第1の予備処理温度まで加熱し、
前記複数のフィラメントを第2の予備処理温度まで冷却することによって、前記複数のフィラメントを予備処理することを更に含む、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。
10

【請求項6】

前記水素含有予備処理ガスは、水素(H_2)ガス、水素(H_2)及び窒素(N_2)、又はアンモニア(NH_3)を含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記複数のフィラメントを前記第1の予備処理温度まで加熱することと、前記複数のフィラメントを前記第2の予備処理温度まで冷却することとを繰り返すことを更に含む、請求項5に記載の方法。

【請求項8】

基板洗浄システムであって、
内部容積空間を有するプロセスチャンバと、
前記プロセスチャンバの前記内部容積空間内に配置され、前記プロセスチャンバ内で洗浄される基板を支持する基板支持体と、
20

動作中に前記基板の表面に原子水素を供給するように構成される原子水素源であって、前記原子水素源は、前記基板支持体の上方に配置され、前記原子水素源は、複数のフィラメントと、前記複数のフィラメントを水素ガスから原子水素を生成するのに十分な温度まで加熱するために、前記複数のフィラメントを電源に結合する端子と、を備える、原子水素源と、

前記原子水素源に結合され、前記原子水素源に水素ガスを供給する水素ガス源と、
前記原子水素源によって供給される原子水素がガス分配プレートを通り抜け、前記プロセスチャンバの前記内部容積空間に達するように、前記原子水素源と前記プロセスチャンバの前記内部容積空間との間に配置された前記ガス分配プレートと、を備える、基板洗浄システム。
30

【請求項9】

前記原子水素源は前記プロセスチャンバから離れている、請求項8に記載の基板洗浄システム。

【請求項10】

前記原子水素源は前記プロセスチャンバ内に配置されている、請求項8に記載の基板洗浄システム。

【請求項11】

前記原子水素源は前記プロセスチャンバに取外し可能に結合可能であるプロセスチャンバ蓋内に組み込まれる、請求項8に記載の基板洗浄システム。
40

【請求項12】

前記プロセスチャンバ蓋は、
本体であって、前記本体の下面内に形成された凹部を有し、前記凹部内に前記複数のフィラメントが配置される、本体と、

前記複数のフィラメントの上方に配置され、前記複数のフィラメントに前記水素ガスを供給するガス注入口と、

前記複数のフィラメントの下で前記本体に結合されたガス分配プレートであって、前記ガス分配プレートは前記凹部を前記内部容積空間に流体結合するための複数の穴を有する
50

、ガス分配プレートと、 を備える、請求項1_1に記載の基板洗浄システム。

【請求項 1 3】

前記プロセスチャンバ蓋は、前記凹部の内面上に配置されるライナを更に備える、請求項1_2に記載の基板洗浄システム。

【請求項 1 4】

前記複数のフィラメントは、タンタル(Ta)、タングステン(W)又はイリジウム(Ir)、及び任意でシリコン(Si)ドーパントを含む、請求項 8 に記載の基板洗浄システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0 0 0 1】

本発明の実施形態は一般に半導体基板処理に関し、より詳細には、基板表面を洗浄するための方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体デバイス製造は、完成品のデバイスを完成させるために複数のプロセスステップを必要とする。しかしながら、プロセスステップ又は介在する条件は、基板の表面上に堆積するか、又は形成される望ましくない材料(例えは、自然酸化物層、汚染物質、残留物など) を生成する場合がある。そのような材料は通常、基板洗浄プロセスによって除去される。従来の基板洗浄プロセスは通常、基板を高温及び / 又は高圧下でプロセスガス(例えは、フッ素含有ガス) から形成されたプラズマに暴露することを含む。しかしながら、本発明人は、そのようなプロセス条件下で基板をプラズマに暴露する結果として、基板に対して容認できないほどの損傷を与えるおそれがあることに気がついている。

20

【0 0 0 3】

したがって、本発明人は、基板表面を洗浄する改善された方法を提供した。

【発明の概要】

【0 0 0 4】

本明細書において、基板表面を洗浄するための方法及び装置が提供される。幾つかの実施形態において、基板の表面を洗浄する方法は、その中に配置された複数のフィラメントを有する第 1 のチャンバに水素含有ガスを供給することと、複数のフィラメントを通して電流を流し、複数のフィラメントの温度を、水素含有ガスのうちの少なくとも一部を分解するのに十分なプロセス温度まで上昇させることと、分解された水素含有ガスから形成された水素原子に基板をある時間にわたって暴露することによって基板の表面を洗浄することを含む。

30

【0 0 0 5】

幾つかの実施形態において、基板洗浄システムが、内部容積空間を有するプロセスチャンバと、プロセスチャンバの内部容積空間内に配置され、プロセスチャンバ内で洗浄されることになる基板を支持する基板支持体と、動作中に基板の表面に原子水素を供給するよう構成される原子水素源であって、原子水素源は複数のフィラメントと、複数のフィラメントを水素ガスから原子水素を生成するのに十分な温度まで加熱するために、複数のフィラメントを電源に結合する端子とを備える、原子水素源と、原子水素源に結合され、水素ガスを原子水素源に供給する水素ガス源とを含むことができる。

40

【0 0 0 6】

本発明の他の実施形態及び更なる実施形態が以下に説明される。

【0 0 0 7】

これまで簡潔に要約され、以下に更に詳細に論じられる本発明の実施形態は、添付の図面において表される本発明の例示的な実施形態を参照することによって理解することができる。しかしながら、本発明は他の同等に実効的な実施形態を受け入れができるので、添付の図面が本発明の典型的な実施形態のみを例示すること、それゆえ、本発明の範囲を限定すると見なされるべきでないことに留意されたい。

50

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】本発明の幾つかの実施形態による、基板表面を洗浄するための方法の流れ図である。

【図2A】本発明の幾つかの実施形態による、図1の方法の異なる段階中の基板の例示的な断面図である。

【図2B】本発明の幾つかの実施形態による、図1の方法の異なる段階中の基板の例示的な断面図である。

【図3】本発明の幾つかの実施形態による、図1に示される方法を実行するのに適した処理システムの図である。 10

【図3A】本発明の幾つかの実施形態による、図1に示される方法を実行するのに適した処理システムの図である。

【図4】本発明の幾つかの実施形態による、図1に示される方法を実行するのに適したプロセスチャンバチャンバに結合される原子水素源の例示的な断面図である。

【図5】本発明の幾つかの実施形態による、原子水素源において用いるのに適したフィラメントの構成を示す図である。

【図6】本発明の幾つかの実施形態による、原子水素源において用いるのに適したフィラメントの構成を示す図である。

【図7】本発明の幾つかの実施形態による、原子水素源において用いるのに適したフィラメントの構成を示す図である。 20

【図8】本発明の幾つかの実施形態による、原子水素源において用いるのに適したフィラメントの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【0009】**

理解しやすくするために、可能な場合には、同じ参照番号を用いて、複数の図に共通である同じ要素を指示している。図は縮尺どおりに描かれず、明確にするために簡略化される場合がある。一実施形態の要素及び特徴が、更に列挙することなく、他の実施形態に有益に組み込まれる場合があると考えられる。

【0010】

本明細書において、基板の表面を洗浄するための方法及び装置が提供される。本発明のプロセスの実施形態は、有利には、例えば、1つ又は複数のプラズマ、高温処理又はフッ素系化学物質を利用する従来の洗浄プロセスに比べて、基板に対して引き起こされる損傷を少なくしながら、基板から汚染物質又は望ましくない層を除去できるようにする場合がある。さらに、本発明人は、適切に構成されたチャンバ（例えば、熱線処理チャンバ、熱線化学気相堆積（HWCVD）チャンバ、又は後に説明されるような同様のチャンバのような熱線源を有するチャンバ）を利用して原子水素を生成することによって、有利には、原子水素を生成するために半導体業界において従来から用いられてきた方法に比べて、高い密度（例えば、1.3～約3倍高いような）の原子水素集団を生成できることに気がついている。本明細書において開示される本発明の方法の適用範囲を制限しないが、本発明の方法は、例えば、300mm基板、約1000mm×1250mm基板、約2200mm×2500mm基板、又はそれより大きな基板のような、超大規模集積回路（VLSI）デバイス用の大型の基板の洗浄に特に有効であることがわかっている。 30 40

【0011】

図1は、本発明の幾つかの実施形態による、基板表面を洗浄するための方法100の流れ図である。図2A及び図2Bは、本発明の幾つかの実施形態による、図1の処理シーケンスの異なる段階中の基板の例示的な断面図である。本発明の方法は、図3に関して後に論じられる装置のような、本発明の幾つかの実施形態による、半導体基板を処理するのに適した任意の装置において実行することができる。

【0012】

本発明人は、例えば、熱線処理チャンバ（例えば、HWCVDチャンバ又は熱線源を有 50

する他の適切なチャンバ)のような、熱源及び/又はエネルギー源としてフィラメントを利用するプロセスチャンバにおいて、不安定であるか、又は劣化を受けやすい材料からフィラメントが製造される場合があることに気がついている。この不安定に起因して、そのような材料は、汚染物質(例えば、材料内の不純物)を放出する場合があるか、又は処理中の基板上に沈降する場合がある粒子を形成する場合があり、それにより、例えば、高いデバイス漏れ電流、オン/オフ比、しきい値電圧シフトなどの、製造後のデバイスの性能特性に悪影響を及ぼすおそれがある。そのような悪影響は、デバイスの相互接続の寸法が小さくなる(例えば、約20ナノメートル以下のデバイス相互接続)ほど、深刻になる。

【0013】

幾つかの実施形態では、方法100は任意で101において開始することができ、プロセスチャンバ内に配置された複数のフィラメント(例えば、後に説明されるプロセスチャンバ300の複数のフィラメント310)が任意で予備処理される場合ある。洗浄プロセス(例えば、後に説明されるような洗浄プロセス)を実行する前に複数のフィラメントを予備処理することは、有利には、上記の汚染物質及び/又は粒子形成を低減又は解消することができる。さらに、予備処理は不純物を取り除き、それにより、安定性及び/又は信頼性を高めることができ、かつ複数のフィラメントの耐用年数を延ばすことができる。

【0014】

101に示される複数のフィラメントの予備処理は一般的に103において開始する場合があり、水素含有予備処理ガスが、その中に配置されるフィラメントを有するプロセスチャンバに供給される。プロセスチャンバは、例えば、熱線化学気相堆積(HWCVD)チャンバ又は他の同様に構成されるプロセスチャンバのような、熱源及び/又はエネルギー源としてフィラメントを利用する任意のタイプのプロセスチャンバとすることができます。幾つかの実施形態では、プロセスチャンバは、図3に関して後に説明されるプロセスチャンバと同様にすることができます。

【0015】

水素含有予備処理ガスは、複数のフィラメントの予備処理を容易にするのに適した任意の非反応性プロセス適合ガスとすることができます。例えば、幾つかの実施形態では、水素含有予備処理ガスは、水素(H_2)ガス、水素(H_2)ガスと窒素(N_2)ガスとの混合物、アンモニア(NH_3)、過酸化水素(H_2O_2)、それらの組み合わせなどを含むか、又はそれらのガスから基本的になるか、又はそれらのガスからなることができる。幾つかの実施形態では、水素含有予備処理ガスは、例えば、ヘリウム(He)、アルゴン(Ar)などのうちの1つ又は複数のような、希釈ガスを更に含む場合もある。幾つかの実施形態では、水素含有予備処理ガスは、ヘリウム(He)、アルゴン(Ar)などのうちの1つ又は複数のような、希釈ガスと混合された、水素(H_2)ガス、水素(H_2)ガスと窒素(N_2)ガスとの混合物、アンモニア(NH_3)、過酸化水素(H_2O_2)、又はそれらの組み合わせのうちの1つ又は複数から基本的になることができるか、又はなることができる。水素含有予備処理ガスは、複数のフィラメントの予備処理を容易にするのに十分な量の水素を供給するのに適した任意の流量においてプロセスチャンバに供給することができる。例えば、幾つかの実施形態では、水素含有予備処理ガスは、約10,000sccmまでの流量、又は実施形態によっては、約10sccm~約3000sccmの流量においてプロセスチャンバに供給することができる。

【0016】

次に、105において、複数のフィラメントの中に電流を流し、複数のフィラメントの温度を第1の予備処理温度まで上昇させる。第1の予備処理温度は、複数のフィラメントから汚染物質及び/又は不純物を少なくとも部分的に除去するか、又は放出するのを容易にするのに適した任意の温度とすることができます。幾つかの実施形態では、第1の予備処理温度は、複数のフィラメントを製造するために用いられる材料の組成によって決まる場合がある。例えば、幾つかの実施形態では、第1の予備処理温度は、約1000~約2500とすることができます。複数のフィラメントから汚染物質及び/又は不純物を部分的に除去又は放出するのを容易にするのに適した任意の時間にわたって、複数のフィラメ

10

20

30

40

50

ントを第1の予備処理温度に保持することができる。例えば、幾つかの実施形態では、複数のフィラメントは、約60秒～約600秒の時間にわたって第1の予備処理温度に保持することができる。上記の実施形態のいずれかにおいて、温度又は時間の少なくとも1つは、フィラメントを製造するために用いられる材料、及び／又はプロセスチャンバ内の複数のフィラメントの構成によって決まる場合がある。

【0017】

次に、107において、複数のフィラメントの中に流れる電流を低減し（停止することを含む）、複数のフィラメントを第2の予備処理温度まで冷却することができる。第2の予備処理温度は、所望のフィラメント特性を達成するのに十分な任意の温度とすることができます、複数のフィラメントを製造するために用いられる材料の組成によって決まる場合がある。例えば、幾つかの実施形態では、第2の予備処理温度は約1000～約2500

10

とすることができます。複数のフィラメントは、任意の時間、例えば、約60秒～約600秒の時間にわたって第2の予備処理温度に保持することができる。

【0018】

複数のフィラメントは、所望のフィラメント特性を達成するのに望ましい微細構造を生成するのに適した速度で冷却することができる。例えば、幾つかの実施形態では、複数のフィラメントは、毎分約100～約2000の速度で冷却することができる。複数のフィラメントは、所望の冷却速度を達成するのに適した任意の機構を介して冷却することができる。例えば、幾つかの実施形態では、電流を連続して、又は段階を踏んで徐々に下げることができる。代替的には、幾つかの実施形態では、ある時間にわたって第1の温度が保持された後に電流を遮断することができ、それにより、複数のフィラメントを冷却できるようにする。

20

【0019】

幾つかの実施形態では、複数のフィラメントの予備処理は周期的プロセスとすることができます、各サイクルが、複数のフィラメントを第1の予備処理温度まで上昇させることと、その後、複数のフィラメントを第2の予備処理温度まで冷却することとを含むことができる。そのサイクルは、予備処理プロセスを容易にするのに適した任意の回数だけ実行することができる。

【0020】

上記に加えて、例えば、内部プロセスチャンバ圧、温度などの異なるプロセスパラメータを利用して、複数のフィラメントを予備処理するのを容易にすることができます。例えば、プロセスチャンバを予備処理プロセス中に約 10^{-9} mTorr（例えば、超高真空）未満から約10Torrまでの圧力に保持することができる。さらに、プロセスチャンバを複数のフィラメントを予備処理するのを容易にするのに適した任意の温度に保持することができる。

30

【0021】

本明細書において説明される予備処理は、洗浄プロセス前に実行される状況において説明されるが、複数のフィラメントの予備処理は、例えば、堆積プロセス（例えば、熱線化学気相堆積（HWCVD）プロセス、化学気相堆積プロセス（CVD）など）、窒化プロセスなどの任意のプロセスの前に実行することができる。

40

【0022】

代替的には、又は複数のフィラメントの任意の予備処理と組み合わせて、処理又は洗浄されることになる基板は、102において示されるように、任意で予熱することもできる。基板の予熱は、複数のフィラメントの任意の予備処理前に、同時に、又は後に行うことができる。洗浄プロセス（例えば、後に説明されるような洗浄プロセス）を実行する前に基板を予熱することは、基板からのガス抜き及び／又は汚染物質の除去を容易にすることができます。幾つかの実施形態では、基板は、洗浄プロセスのために用いられるのと同じチャンバ内で予熱することができる。代替的には、幾つかの実施形態では、洗浄プロセスのために用いられるのとは異なる予熱チャンバを利用することができます（図3に関して後に論じられる予熱チャンバ350など）。本発明人は、洗浄プロセスを実行するために用い

50

られるのとは異なるチャンバ内で基板を予熱することによって、洗浄プロセスチャンバからの残留プロセス副生成物による基板の汚染の発生を低減又は解消することができ、及び／又は基板からの材料による洗浄プロセスチャンバの汚染の発生を低減又は解消することができることに気がついている。

【0023】

予熱チャンバは、例えば、専用予熱チャンバ、アニーリングチャンバ、堆積チャンバなどの、基板200を所望の温度まで予熱するのに適した任意のタイプのチャンバとすることができます。幾つかの実施形態では、予熱チャンバは、図3に関して後に説明されるチャンバのような、熱線処理チャンバ又は同様に構成されたチャンバとすることができます。幾つかの実施形態では、予熱チャンバは、例えば、クラスタツール又はインライン処理ツールなどのマルチチャンバツールに結合される複数のチャンバのうちの1つとすることができます。10

【0024】

基板200は、基板200からガス抜きするか、又は汚染物質を除去するのに適した任意の温度まで予熱することができる。例えば、幾つかの実施形態では、デバイス200は、最大で約500の温度まで予熱することができる。基板は、任意の適切な熱源、例えば、チャンバ内に配置される加熱灯又は抵抗ヒータ、基板支持体内に埋め込まれるヒータ、熱線源のフィラメントなどによって予熱することができる。デバイス200が熱線処理チャンバ内で予熱される実施形態では、熱線源（例えば、フィラメント）を約1000～約2500の温度まで加熱して、デバイス200を所望の温度まで予熱するのを容易にすることができます。基板及び除去されることになる汚染物質にとって相応しい他の温度が用いられる場合もある。20

【0025】

図2Aを参照すると、基板200は、ドープされるか、又はドープされないシリコン基板、III-V族化合物基板、ガリウムヒ素(GaAs)基板、シリコンゲルマニウム(SiGe)基板、エピ基板、シリコンオンインシュレータ(SOI)基板、液晶ディスプレイ(LCD)、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス(EL)ランプディスプレイのようなディスプレイ基板、発光ダイオード(LED)基板、太陽電池アレイ、太陽電池パネルなどの任意の適切な基板とすることができます。幾つかの実施形態では、基板200は、200mm又は300mm半導体ウエハのような半導体ウエハとすることができます。幾つかの実施形態では、基板200は、例えば、約1000mm×1250mm基板、又は約2200mm×2500mm基板のような、超大規模集積回路(VLSI)デバイス、大型ガラス基板とすることができます。30

【0026】

幾つかの実施形態では、基板200は、基板内又は基板上に配置される1つ又は複数の層を備えることができる。幾つかの実施形態では、1つ又は複数の層は、半導体製造にとって適した層、例えば、酸化物層、窒化物層、高又は低誘電率誘電体層、導電層などとすることができる。それらの層は、例えば、物理的気相堆積、化学気相堆積、エピタキシャル成長などの任意の適切なプロセスによって形成することができる。代替的には、又はそれと組み合わせて、幾つかの実施形態では、基板200内に、及び／又は基板内若しくは基板上に配置される1つ又は複数の層のうちの1つ又は複数の層内に、1つ又は複数の機構（例えば、ビア、トレンチ、デュアルダマシン構造など）を形成することができる。それらの機構は、例えば、エッチングプロセスのような、任意の適切なプロセスによって形成することができる。さらに、基板200は、予熱前に、アニーリング、焼成、洗浄などの更なる処理を受ける場合がある。40

【0027】

幾つかの実施形態では、除去されることになる層202は、基板200の表面204上に配置される場合がある。本明細書において層として説明されるが、除去されることになる材料は、部分的な層とすることもできるか、又は表面204の一部の上にのみ配置される材料の島状物とすることができます。層202は、基板200から除去されることになる50

任意の材料、例えば、自然酸化物層、窒化物層、シリコン層など、又は例えば、炭素、シリコン、窒素若しくは酸素含有汚染物質のような先行プロセス残留物若しくは汚染物質を含むことができる。

【0028】

基板200の表面204は、プロセス前、及び／又はプロセス後に洗浄を必要とする任意の表面とすることができます。例えば、幾つかの実施形態、例えば、方法100を利用して、基板コンタクト（例えば、相補型金属酸化膜半導体（CMOS）構造の製造のようなゲートスタックに適用するためのコンタクト表面）から汚染物質を洗浄する場合、表面204は、ケイ化ニッケルのようなケイ素化合物、酸化ルテニウム（RuO₂）、酸化ケイ素（SiO₂）、金属酸化物などの酸化物のうちの1つを含むことができる。

10

【0029】

基板が別のチャンバにおいて予熱される場合には、基板を洗浄するために、基板は、熱線処理チャンバのような洗浄チャンバに移動される。次に、104において、その中に配置された基板を有する洗浄チャンバに水素含有ガスを供給することができる。本発明人は、熱線チャンバ又は同様に構成されるチャンバを利用することによって、原子水素を生成するために半導体業界において従来から用いられてきた方法に比べて、高い密度（例えば、1.3～約3倍高いような）の原子水素集団を生成できることに気がついている。水素含有ガスは、分解されるときに、高密度の原子水素を供給するのに適した1つ又は複数の任意のガスを含むことができる。例えば、幾つかの実施形態では、水素含有ガスは、水素含有予備処理ガスに関して先に論じられたガスのいずれか、若しくはガスの組み合わせを含むか、それらのガスから基本的になるか、又はそれらのガスからなることができる。

20

【0030】

水素含有ガスは、基板200の表面204を洗浄するのに必要とされる量の原子水素を供給するのに適した任意の流量において供給することができ、基板200及び／又は洗浄チャンバサイズに応じて調整することができる。例えば、幾つかの実施形態では、水素含有ガスは、約1sec～約10,000secの流量において供給することができる。洗浄チャンバは、例えば、図3に関して後に説明されるプロセスチャンバのような、その中に配置された複数のフィラメントを有する任意のタイプのプロセスチャンバとすることができます。

【0031】

次に、106において、洗浄チャンバ内に配置される複数のフィラメントの中に電流を流して、複数のフィラメントの温度をプロセス温度まで上昇させる。電流は、基板を予熱する（102において先に説明された）、及び／又は洗浄チャンバに水素含有ガスを供給する（104において先に説明された）前に、同時に及び／又は後に、複数のフィラメントの中に流すことができる。複数のフィラメントの中に電流を流すこと、基板を予熱すること、及び洗浄チャンバに水素含有ガスを供給することの順序は、応用形態（例えば、基板組成、除去される材料など）に応じて異なる場合がある。複数のフィラメントは、例えば、図3に関して後に説明されるプロセスチャンバ内に配置される複数のフィラメントのような、任意の適切なタイプの洗浄チャンバ内に配置される任意の適切なタイプのフィラメントとすることができます。

30

【0032】

プロセス温度は、後に説明されるように、水素含有ガスの分解を達成し、所望の密度の原子水素を供給し、かつ基板200の表面204を洗浄するのを容易にするのに適した任意の温度とすることができます。例えば、供給された特定の水素含有ガスを分解するのに相応しいようなプロセス温度を選択することができる。本発明人は、原子水素を利用して洗浄を容易にすることによって、有利には、従来の洗浄プロセス（例えば、湿式洗浄プロセス、熱洗浄プロセス又はプラズマ洗浄プロセス）と比べて、プロセス温度を低い温度に保持できることに気がついている。例えば、本方法を利用して、基板コンタクトから汚染物質を洗浄する実施形態では、プロセス温度は約10～約500とすることができます。

40

【0033】

50

次に、108において、水素含有ガスの分解から形成された水素原子に基板200をある時間にわたって（例えば、基板上に配置される材料又は汚染物質のうちの一部又は全部が除去されるまで）暴露することによって、基板200の表面204が洗浄される。本発明人は、原子水素の高い反応性が層202の除去を容易にし、それにより、図2Bに示されるように、基板200の表面204を洗浄することに気がついている。上記のように水素原子に基板200を暴露することにより表面204を洗浄することによって、本発明人は、例えば、同じ水素含有ガスが供給される場合であってもプラズマ状態にある、プラズマを利用して基板表面を洗浄する洗浄プロセスのような、従来の洗浄プロセスに比べて、洗浄プロセス中に基板200が被る損傷が小さいことに気がついている。さらに、本発明人は、水素原子を利用することによって、従来の洗浄プロセス（例えば、湿式洗浄プロセス、熱洗浄プロセス又はプラズマ洗浄プロセス）と比べて、不純物、及び基板の一部の酸化例を低減又は解消しながら、基板200の表面204を洗浄できるようになることに気がついている。10

【0034】

時間は、層202を満足のいく程度（例えば、完全に除去される、実質的に除去されるなど）まで除去するのを容易にするのに必要とされる任意の長さの時間とすることができます、層202の組成、基板200のサイズなどに応じて異なる場合がある。幾つかの実施形態では、層202の除去は、機械的に（例えば、FTIR、SEM、TEM、XPS、SIMSなどによって）又は電気的に検出することができる。20

【0035】

幾つかの実施形態では、基板200は、プロセスチャンバ内の複数のフィラメントの下に配置され、直に暴露される。代替的には、幾つかの実施形態では、基板200は複数のフィラメントから分離することができる。例えば、幾つかの実施形態では、例えば図3においてプレート342に関して後に説明されるように、複数のフィラメントと基板200との間に複数の開孔を有するプレート（例えば、ガス分配プレート）を配置することができる。そのプレートは、適切なプロセス適合材料から製造することができる。存在するときに、プレートは基板への熱損傷を低減又は解消することができ、及び／又は基板にわたる水素原子の均一な分配を供給することができる。それに加えて、プレートによって更に、その中に配置された複数のフィラメントを有するチャンバの部分、及びその中に配置されるデバイス200を有するチャンバの部分を独立して温度制御できるようになり、それにより、後に説明されるように、複数のフィラメント及び基板をそれぞれ異なる温度に保持できるようになる場合がある。別の例において、幾つかの実施形態では、原子水素は、熱線処理チャンバ内で遠隔して形成し、その中に配置された基板200を有する別のプロセスチャンバに供給することができる。基板200は、熱線源下、又はプレート342下の、基板支持体（例えば、図3に関して後に説明される基板支持体328）上の静止位置に位置決めすることができるか、又は実施形態によっては、基板200がプレート342下を通過するのに応じて動的に洗浄するために基板200は移動することができる。30

【0036】

上記に加えて、更なるプロセスパラメータを利用して、基板200の表面204を洗浄するのを容易にすることができる。例えば、本発明人は、基板200を収容するプロセスチャンバ（例えば、熱線処理チャンバ又は別のプロセスチャンバ）内の圧力によって、生成された原子水素の密度を制御できることに気がついている。例えば、幾つかの実施形態では、プロセスチャンバの内側容積空間を約1mTorr～約10Torrの圧力に保持することができ、特定の応用形態に応じて変更することができる。さらに、基板200は、例えば、約1000までのよう、基板の表面204を洗浄するのを容易にするのに適した任意の温度に保持することができる。40

【0037】

基板200は、例えば、抵抗ヒータ（例えば、基板支持体内に埋め込まれたヒータ）、加熱灯などの任意の適切な加熱機構又は熱源によって上記の温度に保持することができる。さらに、温度の正確な測定を提供するのに適した任意の機構によって温度を監視するこ50

とができる。例えば、幾つかの実施形態では、温度は、1つ又は複数の熱電対、高温計、その組み合わせなどによって直接監視することができる。代替的には、又はそれと組み合わせて、幾つかの実施形態では、加熱機構に供給される電力と結果として生成された温度との間の既知の相関によって温度を推定することができる。本発明人は、そのような温度に基板200を保持することによって、そのプロセスに更なるエネルギーを供給し、それが水素含有ガスをより完全に分解し、水素原子を形成するのを容易にし、それにより、洗浄プロセスのスループット及び均一性を高めることが可能であることを示す。

【0038】

108において基板200の表面204を洗浄した後に、その方法100は一般的に終了し、基板200は更に処理するために進むことができる。幾つかの実施形態では、更なる層堆積、エッティング、層の窒化、アニーリング（例えば、急熱アニーリングRTAなど）などの更なるプロセスを基板200上で実行して、例えば、基板200上に半導体デバイスを形成することができるか、又は光電池（PV）、発光ダイオード（LED）又はディスプレイ（例えば、液晶ディスプレイ（LCD）、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス（EL）ランプディスプレイなど）のような応用形態において用いるために基板200を準備することができる。

【0039】

図3は、本発明の幾つかの実施形態による、処理システム（基板洗浄システム）300の概略的な側面図を示す。幾つかの実施形態では、処理システム300は、プロセスチャンバ301と、洗浄チャンバ303と、任意で予熱チャンバ350とを含む。プロセスチャンバ301は、例えば、熱線処理チャンバ（例えば、HWCDチャンバ又は熱線源を有する他の適切なチャンバ）のような、その中に配置された複数のフィラメントを有する任意のタイプのプロセスチャンバとすることができます。

【0040】

プロセスチャンバ301は包括的には、その中に配置された原子水素源348を備える、内部容積空間304を有するチャンバ本体302を備える。原子水素源348は、動作中に基板330（例えば、上記のデバイス）の表面に原子水素を供給するように構成される。原子水素源は、例えば、水素ガス源346から供給される水素ガスから原子水素を生成するのに十分な温度まで複数のフィラメントを加熱する電流を供給するために電源313に結合される複数のフィラメント310を含む。

【0041】

複数の線310は、プロセスチャンバ内に所望の温度プロファイルを提供するのに適した任意の数の線を含むことができる。例えば、幾つかの実施形態では、複数の線は4線、5線、10線、12線、16線などを含むことができるが、基板サイズ及びチャンバ形状、洗浄要件、線組成、ガス組成などに応じて他の数が用いられる場合もある。幾つかの実施形態では、複数の線310は、内部処理容積空間304にわたって往復するように配線される単線とすることができる。線310は、プロセスチャンバ300内に所望の密度の原子水素を供給するのに適した任意の太さ及び/又は密度を有することができる。例えば、幾つかの実施形態では、各線310の直径は、線の表面積を制御するように選択することができる。例えば、幾つかの実施形態では、線310は約0.5mm～約0.75mmの直径を有することができる。さらに、幾つかの実施形態では、各線の密度は、応用形態（例えば、基板組成、除去される材料など）に応じて変更される場合がある。

【0042】

線310は、任意の適切なプロセス適合導電性材料、例えば、タングステン（W）、三酸化タングステン（WO₃）、タンタル（Ta）、五酸化タンタル（Ta₂O₅）、イリジウム（Ir）、ニッケル-クロム（NiCr）、パラジウム（Pd）などから製造することができる。幾つかの実施形態では、線310は、例えば、シリコン（Si）のようなドーパントを更に含むことができる。そのような実施形態では、線310は約50%までのシリコンを含むことができる。本発明人は、ドープされた材料が、ドープされていない材料に比べて、例えば、長い耐用年数、高い機械的及び熱的安定性、改善された信頼性、

10

20

30

40

50

及びたるみを低減する高い剛性のような改善された特性を提供することができることに気がついている。幾つかの実施形態では、ドーパントの添加は、高温処理の応用形態（例えば、約2500まで）、例えば、堆積プロセス、窒素若しくは水素処理、又は予備洗浄プロセスにおける線310の機械的、熱的及び電気的安定性を改善することができる。

【0043】

各線310は、高温に加熱されたときに線を拘束しておくために、かつ線に電気的コンタクトを設けるために、1つ又は複数の支持構造体によって所定の位置に固定される。幾つかの実施形態では、各線310の間の距離（すなわち、線間距離336）は、プロセスチャンバプロセスチャンバ300内に所望の密度の原子水素を供給するように選択することができる。例えば、幾つかの実施形態では、線間距離336は、線の数（それゆえ、全ての線によって提供される全表面積）によって決まる場合がある。線間距離は全ての線間で均一にすることができるか、又は異なる組の線間で異なる場合がある。例えば、線310の場所又は線間の間隔を制御して、プロセスチャンバ内に所望の温度プロファイルを提供することができる。本発明人は、線310の場所及び間隔を制御することによって、水素ラジカル密度及び分布、プロセスチャンバにわたる均一な冷却（例えば、プロセスチャンバ壁に隣接する場所及びプロセスチャンバの内側容積空間を通して）などの特性を制御するのが容易になることに気がついている。幾つかの実施形態では、線間距離336は、約20mm～約60mmにすることができる。線は、例えば、図5～図7に関して後に説明されるような、プロセスチャンバ内に所望の温度プロファイルを提供するのに適した任意のやり方で構成することができる。

10

20

【0044】

線310を加熱する電流を供給するために、例えば、1つ又は複数の端子を介して、線310に電力供給源313が結合される。基板330を、例えば、基板支持体328上の熱線源（例えば、線310）下に位置決めすることができる。基板支持体328は、静的に洗浄するために静止している場合があるか、又は基板330が熱線源下を通過するのに応じて動的に洗浄するために移動することができる（矢印305によって示される）。幾つかの実施形態では、各線310と基板330との間の距離（すなわち線-基板間距離340）は、プロセスチャンバ300内で実行される特定のプロセス（例えば、上記の本発明の方法100）を容易にするように選択することができる。例えば、幾つかの実施形態では、線-基板間距離340は、約10mm～約300mmとすることができる。

30

【0045】

チャンバ本体302は、水素ガス源346に結合され、洗浄ガスを供給する1つ又は複数のガス注入口（1つのガス注入口332が図示される）と、真空ポンプに結合され、プロセスチャンバ300内の適切な動作圧を保持し、かつ余分なプロセスガス及び/又はプロセス副生成物を除去する1つ又は複数の出口（2つの出口334が図示される）とを更に含む。ガス注入口332は、線310にわたってガスを均一に、又は所望のように分配するために、シャワーヘッド333（図示される）又は他の適切なガス分配要素に流れ込むことができる。

【0046】

幾つかの実施形態では、基板330は、例えば、望ましいやり方で基板330に対してガス（例えば、上記の原子水素）を分配するように構成される複数のスルーホール344を有するプレート342のような、ガス分配装置341によって、熱線源（例えば、線310）から分離することができる。例えば、スルーホールの数、複数のスルーホール344のパターン及び寸法は、特定の応用形態に応じて変更される場合がある。例えば、幾つかの実施形態では、複数のスルーホール344は、プレート342が約10%～約50%の開口を有することができるように構成することができる。幾つかの実施形態では、複数のスルーホールはそれぞれ約1mm～約30mmの直径を有することができる。

40

【0047】

ガスを分配することに加えて、存在するとき、ガス分配装置341は、断線又は破損した線310が基板330と接触するのを防ぐことができる。幾つかの実施形態では、ガス

50

分配装置 3 4 1 又はプレート 3 4 2 から基板 3 3 0 までの距離は、基板 3 3 0 に所望の密度の原子水素を供給するのに適した任意の距離とすることができます。例えば、幾つかの実施形態では、ガス分配装置 3 4 1 - 基板間距離 3 3 1 は、約 1 0 mm ~ 約 2 0 0 mm とすることができる。

【 0 0 4 8 】

洗浄チャンバ 3 0 3 は包括的には内側容積空間 3 0 7 を画定するチャンバ本体 3 0 5 を備える。基板支持体 3 2 8 は、内側容積空間 3 0 7 内に位置決めされる。幾つかの実施形態では、洗浄チャンバ 3 0 3 は、基板を加熱するのを容易にする 1 つ又は複数のヒータ（図示せず）を備えることができる。存在するとき、洗浄チャンバ 3 0 3 内に配置される 1 つ又は複数のヒータは、例えば、上記のように基板を予熱するのを容易にすることができます。10

【 0 0 4 9 】

幾つかの実施形態では、1 つ又は複数のシールド 3 2 0 を設けて、チャンバ本体 3 0 2 の内面上への望ましくない材料堆積を最小限に抑えることができる。シールド 3 2 0 及びチャンバライナ 3 2 2 は一般的に、洗浄プロセス及び / 又はチャンバ内に流れるプロセスガスに起因して、チャンバ本体 3 0 2 の内面に望ましくない堆積材料の蓄積が生じないように保護することができる。シールド 3 2 0 及びチャンバライナ 3 2 2 は、除去可能、交換可能及び / 又は洗浄可能とすることができます。シールド 3 2 0 及びチャンバライナ 3 2 2 は、限定はしないが、線 3 1 0 の周囲、及び表面が覆われる区画の全ての壁上を含む、表面が覆われる可能性があるチャンバ本体 3 0 2 のあらゆるエリアを覆うように構成することができます。通常、シールド 3 2 0 及びチャンバライナ 3 2 2 は、アルミニウム（A 1）から製造することができ、堆積材料の接着性を高めるために（堆積材料が剥がれ落ちるのを防ぐために）粗面を有することができる。シールド 3 2 0 及びチャンバライナ 3 2 2 は、任意の適切なやり方で、熱線源の周囲のような、プロセスチャンバの所望のエリア内に取り付けることができる。幾つかの実施形態では、熱線源、シールド及びライナは、プロセスチャンバ 3 0 0 の上部を開くことによって、メンテナンス及び洗浄のために取り出すことができる。例えば、幾つかの実施形態では、プロセスチャンバ 3 0 0 の蓋又は天井をフランジ 3 3 8 に沿ってチャンバ本体 3 0 2 に結合することができ、フランジは蓋を支持し、蓋をプロセスチャンバ 3 0 0 の本体に固定するための表面を提供する。20

【 0 0 5 0 】

幾つかの実施形態では、基板を予熱するために予熱チャンバ 3 5 0 を設けることができる。予熱チャンバは、予熱チャンバ 3 5 0 内に配置される基板 3 3 0 に熱を供給するための熱源 3 5 2 を有する任意の適切なチャンバとすることができます。予熱チャンバ 3 5 0 は、例えば、インライン基板処理ツールの一部として、プロセスチャンバ 3 0 0 に直接結合することができるか、又はクラスタツールの移送チャンバのような 1 つ又は複数の介在するチャンバを介してプロセスチャンバ 3 0 0 に結合することができる。適切なインライン基板処理ツールの一例が、2 0 1 1 年 5 月 5 日に公開された、D . H a a s らによる米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 0 4 8 4 8 (A 1) 号、現在、2 0 1 2 年 2 月 2 1 日に発行された米国特許第 8 , 1 1 7 , 9 8 7 号において記述される。30

【 0 0 5 1 】

コントローラ 3 0 6 が、プロセスチャンバ 3 0 0 の種々の構成要素に、かつ任意でチャンバ 3 0 1 及び / 又は予熱チャンバ 3 5 0 に結合することができ、その動作を制御することができる。プロセスチャンバ 3 0 0 に結合されるように概略的に示されるが、コントローラは、本明細書において開示される方法による洗浄プロセスを制御するために、電力供給源 3 1 3 、注入口 3 3 2 に結合されるガス供給源 3 4 6 、出口 3 3 4 に結合される真空ポンプ及び / 又はスロットルバルブ（図示せず）、基板支持体 3 2 8 などの、コントローラによって制御することができる任意の構成要素に動作可能に接続することができる。コントローラ 3 0 6 は一般的に、中央処理装置（C P U ）3 0 8 、メモリ 3 1 2 、及び C P U 3 0 8 のための支援回路 3 1 0 を備える。コントローラ 3 0 6 は、直接、又は特定の支援システム構成要素に関連付けられる他のコンピュータ又はコントローラ（図示せず）を4050

介して、HWCVDプロセスチャンバ300を制御することができる。コントローラ306は、種々のチャンバ及びサブプロセッサを制御するため工業環境において用いることができる任意の形の汎用コンピュータプロセッサのうちの1つとすることができます。CPU308のメモリ、又はコンピュータ可読媒体312は、ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリーメモリ(ROM)、フロッピィディスク、ハードディスク、フラッシュ又は任意の他の形の、ローカル若しくはリモートデジタルストレージのような容易に入手可能なメモリのうちの1つ又は複数とすることができます。支援回路310は、従来通りにプロセッサを支援するためにCPU308に結合される。これらの回路は、キャッシュ、電力供給源、クロック回路、入力/出力回路及びサブシステムなどを含む。本明細書において説明されるような本発明の方法は、コントローラを本明細書において説明するようにしてプロセスチャンバ300の動作を制御する特定目的のコントローラに変えるために実行するか、又は呼び出すことができるソフトウェアルーチン314として、メモリ312に記憶することができる。ソフトウェアルーチンは、CPU308によって制御されるハードウェアから遠隔して位置する第2のCPU(図示せず)によって記憶され、及び/又は実行される場合もある。10

【0052】

幾つかの実施形態では、プロセスチャンバ301及び洗浄チャンバ303は、互いに結合することができるか、又は互いに一体に構成し、一体のプロセスチャンバを形成することができる(例えば、図3に示される)。代替的には、幾つかの実施形態では、プロセスチャンバ301及び洗浄チャンバ303は、図3Aに示されるように、別々のチャンバとすることができます。そのような実施形態では、プロセスガス(例えば、水素含有ガス)を線301によって遠隔して加熱することができ、結果として生成された原子水素を、例えば、導管354を介して洗浄チャンバに供給することができる。幾つかの実施形態では、導管354は、原子水素をガス分配装置341の上方に配置されるキャビティ又はプレナム356に供給することができ、その後、複数のスルーホール344を介して洗浄チャンバ307の内側容積空間307に分配することができる。20

【0053】

幾つかの実施形態では、原子水素源348は、プロセスチャンバ300の本体の一部とすることができる。代替的には、幾つかの実施形態では、原子水素源348は、図4に示されるような、取外し可能な蓋内に組み込むことができる。例えば、図4は、チャンバ本体406と、チャンバ本体406に結合される取外し可能な蓋401とを有するプロセスチャンバ412の概略的な側面図を示す。原子水素源348を取り外し可能な蓋401内に組み込むことによって、原子水素源348を容易に取り外すか、又は交換できるようになり、それにより、単一のプロセスチャンバとともに異なる構成の原子水素源を利用できるようになる。さらに、取外し可能な蓋401は、もともと原子水素源348とともに使用するように構成されていない既存のプロセスチャンバに結合されるように適応させることができる。例えば、本発明人は、遠隔源からプラズマを受け取るように構成される幾つかの従来のプロセスチャンバが、プラズマ源から、幾つかのプロセスを実行するには不十分な水素ラジカルフラックスしか受け取ることができないことに気がついている。モジュール式原子水素源348(例えば、取外し可能な蓋401内に組み込まれる原子水素源348)を提供することによって、原子水素源348を必要なときに設置できるようになり、それにより、所望のプロセスを実行するのに望ましい密度の水素ラジカルを供給し、それゆえ、プロセスの融通性が高いプロセスチャンバを提供できるようになる。3040

【0054】

幾つかの実施形態では、取外し可能な蓋401は、本体402の下面410内に形成される凹部408を有する本体402を備えることができる。本体402は、チャンバ本体406との接合面を構成し、原子水素源348をプロセスチャンバ412に対して所望の位置(例えば、図4に示されるように、基板支持体422上に配置される基板418の上方など)に配置できるように、取外し可能な蓋401をプロセスチャンバ412に取外し可能に結合するのを容易にする。プロセスチャンバ412は、半導体プロセスを実行する50

のに適した任意のプロセスチャンバ 412、例えば、化学気相堆積（CVD）、物理的気相堆積（PVD）などの堆積プロセス用に構成されたプロセスチャンバ、又は上記のプロセスチャンバ 300 とすることができます。例示的なプロセスチャンバは、Applied Materials, Inc. (Santa Clara, California) から市販される、ENDURA（登録商標）プラットフォームプロセスチャンバ、又は他のプロセスチャンバを含むことができる。他の適切なプロセスチャンバも同様に用いることができる。

【0055】

幾つかの実施形態では、凹部 408 の内側部分 414 にシャワー ヘッド 404（例えば、図 3 に関して先に説明されたシャワー ヘッド 333 と同様）を配置することができ、凹部 408 の外側部分 416 にガス分配装置 420（例えば、図 3 に関して先に説明されたガス分配装置 341 と同様）を配置することができる。シャワー ヘッド 404 とガス分配装置 420 との間に線 310 を配置することができる。水素ガス源 346 からシャワー ヘッド 404 に 1つ又は複数のプロセスガス（例えば、先に論じられた水素含有ガス）を供給するために、本体 402 を貫通して注入口 332 が配置される。

10

【0056】

シャワー ヘッド 404 及びガス分配装置 420 は、例えば、アルミニウム（Al）、石英（SiO₂）などの任意のプロセス適合材料から製造することができる。さらに、シャワー ヘッド 404 及びガス分配装置 420 はそれぞれ、プロセスチャンバ 412 内で処理される特定の応用形態又は材料に応じて構成することができる。例えば、シャワー ヘッド 404 及びガス分配装置 420 のそれぞれに形成される分配穴のサイズ、形状、分布及びパターンを変更して、特定の応用形態に対応することができる。

20

【0057】

幾つかの実施形態では、凹部 408 の露出面にライナ 406 を配置することができる。存在するとき、ライナ 406 は、処理中に凹部の露出面を保護することができる。さらに、幾つかの実施形態では、ライナ 406 は、原子水素源 348 内で生成される水素原子の再結合を低減又は解消することができる。ライナ 406 は、上記の機能を実行するのに適した任意のプロセス適合材料から製造することができ、具体的な応用形態、又はプロセスチャンバ 412 内で処理される材料によって決まる場合がある。例えば、幾つかの実施形態では、ライナ 406 は、アルミニウム（Al）、石英（SiO₂）などの金属、又は酸化アルミニウム（Al₂O₃）などの金属酸化物から製造することができる。ライナ 406 が金属から製造される実施形態では、ライナ 406 は、例えば、酸化チタン（TiO）、方トリウム石（ThO₂）などのコーティングを更に含むことができる。存在するとき、そのコーティングは、水素原子の再結合を低減し、及び／又は熱反射率を高め、ライナ 406 への熱吸収を低減し、それにより、プロセスチャンバを所望の温度に保持するのを容易にすることができます。

30

【0058】

上記のような原子水素源 348 の上記の実施形態のいずれかにおいて、プロセスチャンバ内に適切な温度プロファイルを提供する任意のやり方で線 310 を構成することができる。例えば、図 5 を参照すると、幾つかの実施形態では、線 310 は、同心円状のリングパターンに構成することができる。幾つかの実施形態では、線 310 は、例えば、支持リング 502、1つ又は複数の支持アーム 506、508 などの 1つ又は複数の支持構造体によって支持される場合がある。幾つかの実施形態では、線 310 は、図 6 に示されるように、互いに平行に直線的に配置することができる。

40

【0059】

幾つかの実施形態では、線 310 はプロセスチャンバ内に加熱ゾーンを設けるように構成することができる。例えば、幾つかの実施形態では、線 310 は、図 7 に示されるように、単一のゾーン 702 内に構成することができる。そのような実施形態では、線 310 は電気的に互いに並列に結合することができ、単一の電源 706 から電力を供給することができる。幾つかの実施形態では、線 310 を支持するために各線 310 のそれぞれの端

50

部に線クランプ 704 を配置することができ、線 310 を電源 706 に結合する端子を設けることができる。幾つかの実施形態では、各線クランプ 704 は、さらに多くの線、例えば、図 7 に示されるように 3 つの線 310 を支持することができる。

【0060】

代替的には、幾つかの実施形態では、線 310 は図 8 に示されるように複数のゾーンに構成することができる。線 310 は、例えば、図 8 に示されるような 2 つのゾーン（第 1 のゾーン 802 及び第 2 のゾーン 804）のように、任意の数のゾーンに構成することができる。幾つかの実施形態では、複数のゾーンはそれぞれ別々の電源を有するように結合することができ（例えば、第 1 のゾーン 802 及び第 2 のゾーン 804 にそれぞれ結合される電源 806 及び 808）、複数のゾーンをそれぞれ独立して調整できるようにする。

10

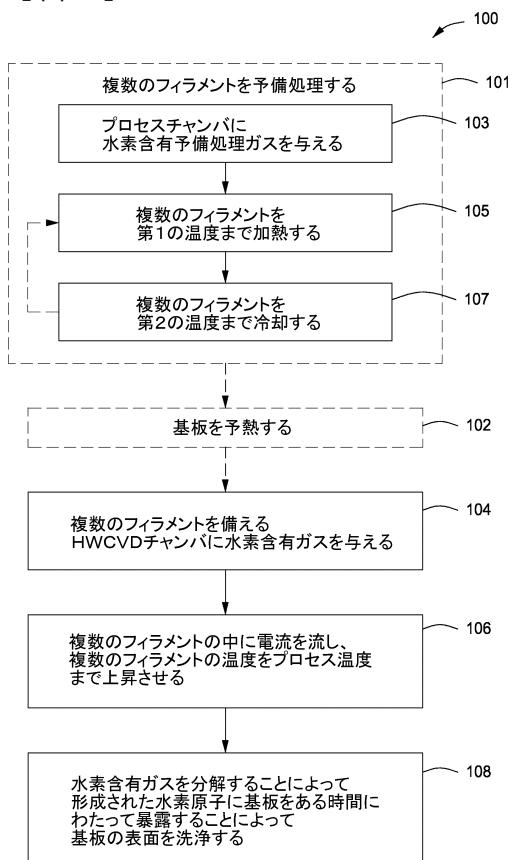
【0061】

このようにして、本明細書において、基板の表面を洗浄するための方法及び装置が提供されてきた。本発明のプロセスの実施形態は、有利には、例えば、プラズマ、高温処理又はフッ素系化学物質のうちの 1 つ又は複数を利用する従来の洗浄プロセスに比べて、基板に対して引き起こされる損傷を少なくしながら、基板から汚染物質又は望ましくない層を除去できるようにする場合がある。

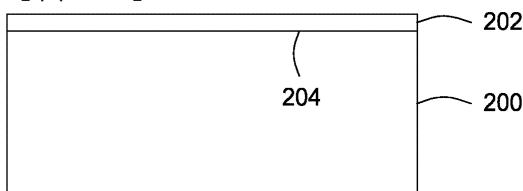
【0062】

これまでの説明は本発明の実施形態に向けられてきたが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく、本発明の他の実施形態及び更なる実施形態を考案することができる。

【図 1】



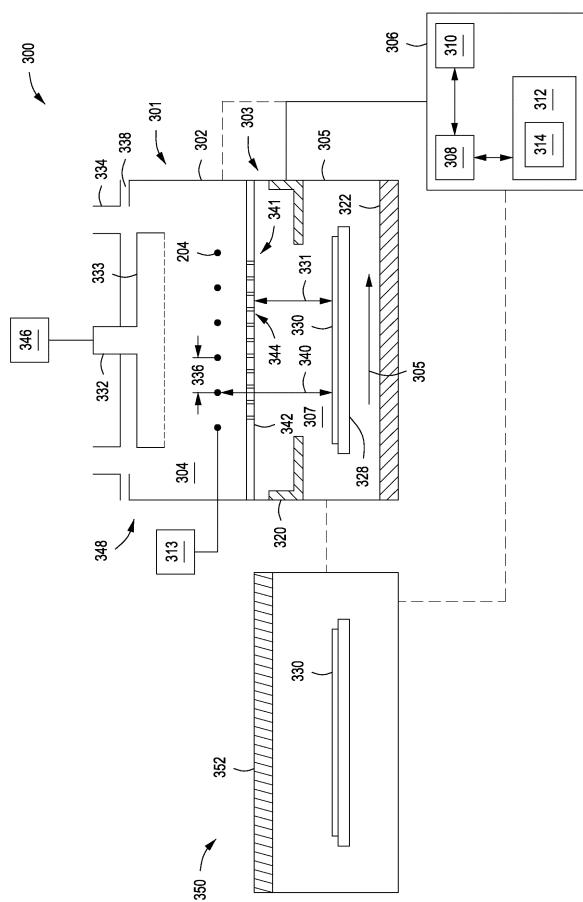
【図 2 A】



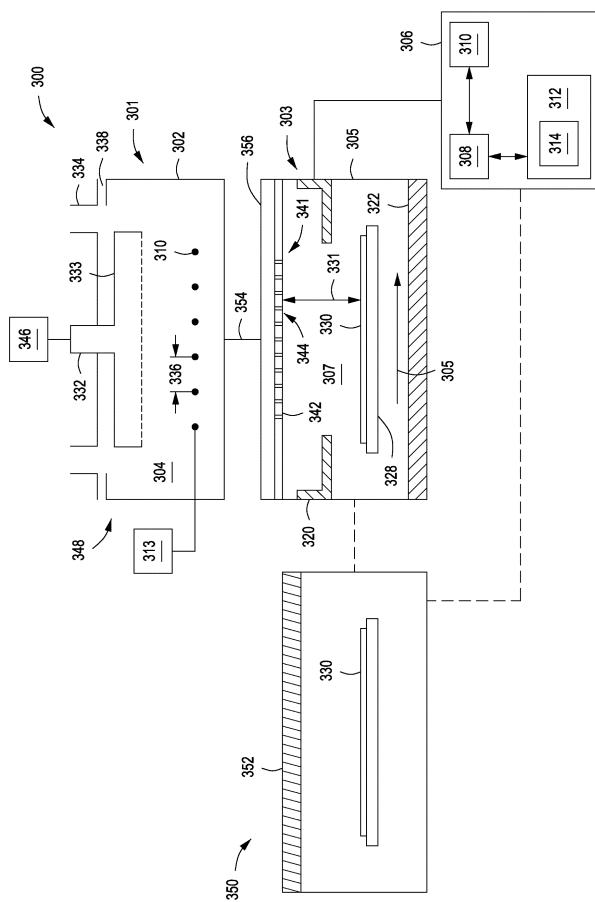
【図 2 B】



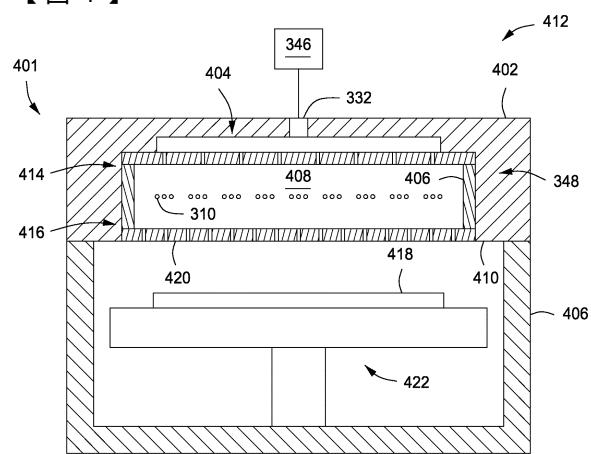
【図3】



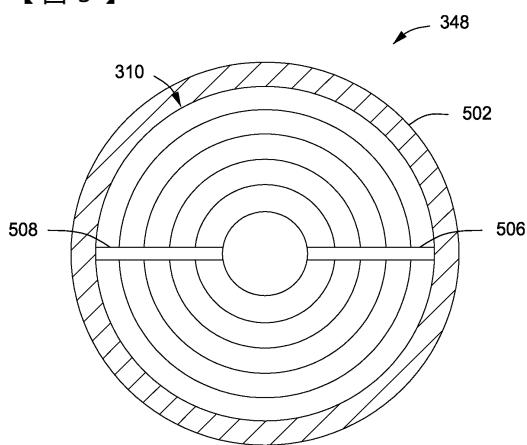
【図3A】



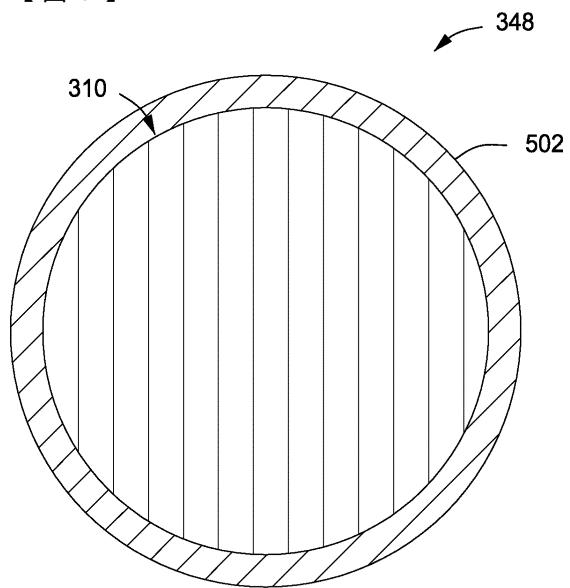
【図4】



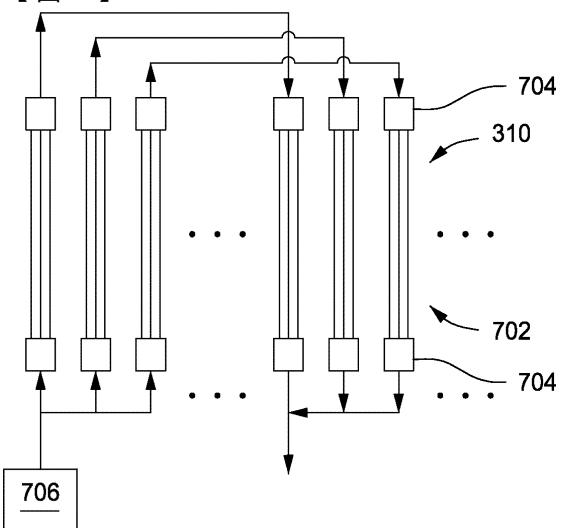
【図5】



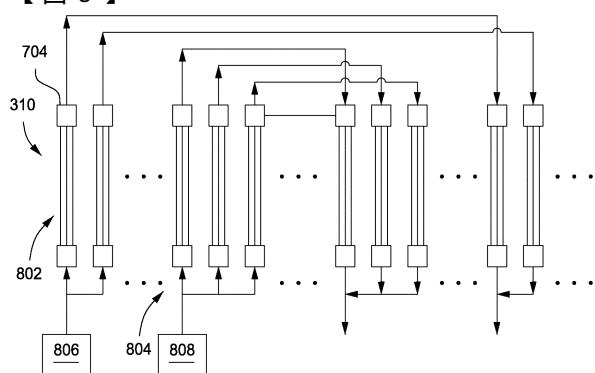
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 グリフィス クルーズ， ジョー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95131, サンノゼ， ベレミード ストリート 15
72

(72)発明者 パク， チョンウォン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94306, パロアルト， メイベル アヴェニュー 5
70

(72)発明者 ナーワンカー， プラビン ケー。
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーヴェール， ウエイブリー ストリート
392

(72)発明者 グエン， ネイト シー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 92708, ファウンテン バレー， バーグ リバー サ
ークル 12090

(72)発明者 グエン， ハン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95148, サンノゼ， ラモンド コート 3231

(72)発明者 チャン， トゥー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94539, フリーモント， マンダン ブレイス 172
6

(72)発明者 シュウ， チンチン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95014, クバチーノ， キャンドルウッド ドライブ
966

審査官 鈴木 聰一郎

(56)参考文献 特開2011-054973(JP,A)
特開2009-200159(JP,A)
特表2011-504294(JP,A)
特開2006-229152(JP,A)
特開2008-211197(JP,A)
米国特許第05409543(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
H01L 21/30
H01L 21/302
H01L 21/304
H01L 21/3065
H01L 21/46 - 21/461