

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5405004号
(P5405004)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月8日(2013.11.8)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/76 (2006.01)	HO 1 L 21/76 L
HO 1 L 21/316 (2006.01)	HO 1 L 21/316 X
C 2 3 C 16/44 (2006.01)	C 2 3 C 16/44 A
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 H
	HO 1 L 21/302 1 O 5 B
請求項の数 15 外国語出願 (全 19 頁)	

(21) 出願番号	特願2007-108385 (P2007-108385)	(73) 特許権者	390040660
(22) 出願日	平成19年4月17日(2007.4.17)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公開番号	特開2007-305981 (P2007-305981A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公開日	平成19年11月22日(2007.11.22)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3050
審査請求日	平成22年4月1日(2010.4.1)		
(31) 優先権主張番号	60/792743	(74) 代理人	100109726
(32) 優先日	平成18年4月17日(2006.4.17)		弁理士 園田 吉隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	11/553772		弁理士 小林 義教
(32) 優先日	平成18年10月27日(2006.10.27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 総合プロセスモジュレーション (IPM) HDP-CVDによるギャップ充填のための新規な解決法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成された金属堆積前のトレンチを酸化シリコンで充填する方法であって、
サイクルを実行するステップであって、

高密度CVDチャンバ内で該基板上に層を堆積させる工程であって、該基板が400
未満に冷却されている前記工程と、

該チャンバ内で該基板上に堆積した該層の一部をエッチングする工程と、
を含む前記ステップと、

該層を堆積させる工程と該層の一部をエッチングする工程の該サイクルを所定数のサイ
クル繰り返すステップと、

を含み、

該層を堆積させる工程が、堆積ガスとスパッタリングガスを含むプラズマを生成させる
工程であって、堆積とスパッタリングとの比が10:1~60:1の範囲にある前記工程
を含む、前記方法。

【請求項 2】

該層を堆積させる工程と該層の該一部をエッチングする工程の該サイクルを繰り返すス
テップが、1回以上の最初のサイクルに用いたのと実質的に同様のプロセス条件を設定す
る工程を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

該基板に熱的に結合したプラットフォームを冷却するために裏面冷却ガスを流すステッ

プを更に含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

堆積とエッチングの各連続サイクルが、該層で充填された該トレンチのアスペクト比を低下させる工程を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

該層を堆積させる工程が、該トレンチの開口に隣接して、該トレンチの側壁上に、該トレンチの底面上に物質を堆積させる工程を含み、

エッチング工程が、該トレンチの該底面より該トレンチの該開口の隣接から堆積した該物質の比較的大きな部分を除去する工程を含む、
請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 6】

エッチング工程が、フッ素含有ガスと、水素とヘリウムの 1 つ以上のプラズマを設定する工程を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

堆積した該層の該一部をエッチングする工程が、該層の堆積した厚さの 5 ~ 30 % を除去する工程を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

エッチング工程が、該基板を該堆積温度より高い温度まで加熱することを可能にする工程を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

エッチング工程が、異方性エッチングと等方性エッチングのマルチステップエッチングを含む、請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 10】

第 1 エッチングサイクルにおいてエッチングされた堆積した該層の該一部が、続いてのエッチングサイクルにおいてエッチングされた堆積した該層の一部より大きい、請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

第 1 堆積-エッチングサイクルにおいて堆積した該層の該一部をエッチングする工程を終点技術で停止させ、続いての堆積-エッチングサイクルにおいて堆積した該層の一部をエッチングする工程を時間で停止させる、請求項 1 記載の方法。

30

【請求項 12】

該堆積-エッチングサイクルを繰り返す前に、酸素と、アルゴン、水素、ヘリウムの 1 つ以上とのプラズマを設定する工程を更に含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】

該堆積-エッチングサイクルを繰り返す前に、水素のスパッタリングプラズマを設定する工程を更に含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 14】

該層を堆積させる工程が、該基板を 300 未満に冷却させる工程を含み、該堆積-エッチングサイクルを該所定数のサイクル繰り返した後に、該基板を加熱して、該層内の水分を減少させる工程を更に含む、請求項 1 記載の方法。

40

【請求項 15】

該層を堆積させる工程が、シラン (SiH_4) と酸素とを含むプロセスガスから HDP プラズマを形成する工程を含む、請求項 1 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

【0001】

[0001]本出願は、“INTEGRATED PROCESS MODULATION (IPM) A NOVEL SOLUTION FOR FILLING NARROW GAPS (< 90 NM) WITH HDP CVD S (総合プロセスモジュレーション (IPM) HDP-CVD による狭ギャップ (< 90 NM) を充填するための新規な解決法)” と称

50

する、2006年4月17日出願の米国仮特許出願第60/792,743号の優先権を主張し、この開示内容全体は、すべてのために本明細書に援用されている。

【発明の背景】

【0002】

[0002]現代の半導体デバイスの製造の主要なステップの1つは、半導体基板上に酸化シリコンのような膜の形成である。酸化シリコンは、半導体デバイスの製造において絶縁層として幅広く用いられている。周知のように、酸化シリコン膜は、他の技術の中でも熱化学気相堆積(CVD)プロセス又はプラズマ化学気相堆積プロセスによって堆積させることができる。従来の熱CVDプロセスでは、反応性ガスが基板表面に供給され、そこで、熱による化学反応(同種又は異種)が行われて、所望の膜が得られる。従来のプラズマプロセスでは、反応化学種を分解及び/又は励起するために制御されたプラズマが形成されて所望の膜が得られる。

10

【0003】

[0003]半導体デバイスの形は、このようなデバイスが初めて導入された数十年前から、サイズが劇的に縮小してきた。特徴部サイズが小さくなることにより、ある適用に対して、例えば、隣接する導電ラインの間に又はエッチングされたトレンチに高アスペクト比ギャップの存在が生じた。ギャップのアスペクト比は、ギャップの高さ又は深さと幅の比率が定義される。これらの隙間は、従来のCVD法を用いて充填することが難しい。このようなギャップを完全に充填する膜の能力は、膜の“ギャップ充填”能力と呼ばれる。酸化シリコンは、特に、金属間誘電体(IMD)適用、前金属誘電体(PMD)適用、浅いトレンチ絶縁(STI)適用においてギャップを充填するために一般に用いられる絶縁膜の1つの種類である。このような酸化シリコン膜は、しばしばギャップ充填膜又はギャップ充填層と呼ばれる。

20

【0004】

[0004]ある集積回路製造業者は、酸化シリコンギャップ充填層を堆積するために高密度プラズマCVD(HDP-CVD)システムを用いるようになった。HDP-CVDシステムは、標準の容量結合プラズマCVDシステムの密度より大きさが二桁以上のプラズマを形成する。HDP-CVDシステムの例としては、特に、誘導結合プラズマシステム、電子サイクロン共鳴(ECR)プラズマシステムが挙げられる。HDP-CVDシステムは、一般的には、低密度プラズマシステムより低い圧力範囲で動作する。HDP-CVDシステムに使われる低チャンバ圧は、平均自由行程が長く角度分布が減少した活性化学種を供給する。これらの要因は、プラズマの密度と組合わせて、密接に隔置されたギャップの最も深い部分にさえ達するプラズマからかなりの数の成分に寄与し、低密度プラズマCVDシステムにおいて堆積された膜と比較して、ギャップ充填性能が向上した膜を与える。

30

【0005】

[0005]他のCVD技術によって堆積された膜と比較して、ギャップ充填特性が改善されたHDP-CVD技術によって堆積された膜を許容する要因は、膜堆積と同時の、プラズマの高密度により促進されたスパッタリングの発生である。HDP-CVD堆積のスパッタリング元素は、隆起した表面の角のような或る特徴部上の堆積を遅くし、それによって、HDP堆積膜の高ギャップ充填能力に貢献している。幾つかのHDP-CVDシステムは、スパッタリング効果を更に促進させるためにアルゴン又は同様の重い不活性ガスを導入する。これらのHDP-CVDシステムは、典型的には、電界の生成が基板へのプラズマにバイアスをかけることを可能にする基板支持ペDESTAL内で電極を使う。電界は、スパッタリングを生成させると共に一定の膜に対してギャップ充填特性をより良くするためにHDP堆積プロセス全体に適用させることができる。酸化シリコン膜を堆積させるために一般に用いられる或るHDP-CVDプロセスは、シラン(SiH_4)、分子の酸素(O_2)、アルゴンを含むプロセスガスからプラズマを形成する。

40

【0006】

[0006]しかしながら、スパッタリングに関連している制限は、スパッタされた物質の角

50

の再分配である。例えば、STIギャップ充填において、スパッタされた SiO_2 は、トレンチとトレンチの側面上の堆積物の上からスパッタすることができ、過剰の蓄積を引き起こし、ボトムアップギャップ充填が達成される開口を制限する。再堆積があまりに多い場合には、トレンチはボトムが充填される前に閉鎖することがあり、トレンチ内に埋もれたボイドが残る。

【0007】

[0007]図1Aは、基板の上に形成された2つの特徴部122、124によって画成されたギャップ120を持つ基板(図示せず)の上の膜堆積の最初の段階を示す図である。図1Aに示されるように、従来のHDP-CVD酸化シリコンの堆積プロセスにより、ギャップ120の中の水平面126と特徴部122、124の上の水平面128上に直接酸化シリコン堆積が得られる。そのプロセスにより、成長するにつれて酸化シリコン膜からスパッタされた物質が再結合するために、側壁130上に酸化シリコンの間接堆積(再堆積と呼ばれる)が得られる。或る小さい幅、高アスペクト比適用において、酸化シリコン膜の成長の継続により、側壁の下の部分134に横に成長する速度を超える成長速度で互いに成長する上の部分のギャップ側壁上に形成132が得られる(図1Bも参照のこと)。このプロセスの最終的な結果は、図1Cに示されるように、空間136を形成する。

10

【0008】

[0008]より強固なトレンチにおいて、より軽原子であっても、ボトムアップ充填が完了する前にトレンチが閉鎖するリスクは、より大きくなる。Heプロセスは、110nmまでギャップ充填の解決法を与え、 H_2 プロセスは65nmまでHDP-CVDを伸長した。スピンオン誘電体膜やALD(原子層堆積)膜は、HDP-CVDが充填することができたものよりはるかに強固な構造までギャップ充填性能を示したが、顧客は幾分膜の収縮や信頼性のような他の理由で切換えをしたくない。

20

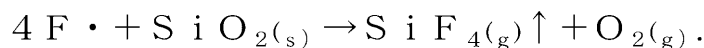
【0009】

[0009]トレンチの最上部が開いたままで且つボトムアップ充填が完了することを可能にする他の方法は、米国特許第6,908,862号に記載されているように、トレンチがほぼ閉鎖したプロセスの時点で NF_3 ベースのプラズマエッチングを用いるものであり、この明細書の記載は全てのために本願明細書に含まれるものとする。 NF_3 は、プラズマ中で解離し、反応性フッ素ラジカルを形成する。これらのラジカルは、次式に従って、堆積した膜の Si-O 結合を切断することができ、揮発性化学種の SiF_4 を形成する。

30

【0010】

【化1】



【0011】

SiF_4 は過剰の O_2 と共にポンプで送られ、堆積した膜が除去され、トレンチが開放される。このDep-Etch-Dep(“DED”)プロセスは、ギャップ充填の点で最初のプロセスに小さいが重要な限界を与える。

40

【0012】

[0010]一般的に、従来のDEDプロセスにおいては、各堆積ステップは、堆積ステップの前に基板の特性を最適化した種々のプロセス条件を用いる。例えば、最初の堆積ステップ“dep1”は、比較的薄い層を堆積することができ、続いてのエッチングステップ“etch1”からトレンチの側壁を保護することを意図している。第2堆積ステップ“dep2”は、典型的には、比較的厚い膜の堆積を含んでいる。

【0013】

[0011]DEDが更に堆積ステップとエッチングステップを含む場合には、個々の各堆積ステップ(dep1、dep2、第3堆積“dep3”など)及び個々の各エッチングステップ(etch1、第2エッチング“etch2”等)は、典型的には、特にそのステ

50

ップを最適化した条件で設計されている。例えば、dep 2 は、典型的には、etch 1 の完了時に膜のプロファイルに基づいて最適化され、dep 3 は、etch 2 の完了時に膜のプロファイルに基づいて最適化される等々。

【0014】

[0012]各堆積のプロセスとエッチングステップを別個に調整された従来のDEDプロセスの欠点は、エッチングステップが、一般的には、製造する際に別個に限定することが必要である。言い換えれば、生産製造ラインにDEDプロセスを取り付ける前に、多くの基板が、一般的には、dep 1 を限定するために dep 1 で行われ、多くの基板が、一般的には、etch 1 を限定するように etch 1 で行われる等々。

【発明の簡単な概要】

【0015】

[0013]本発明の実施形態は、ギャップ充填性能が改善された酸化シリコン膜を堆積させるための方法及び装置に関係している。発明の方法の実施形態は、HDP-CVD堆積技術を用いてこのような膜を堆積させ、最小限の特徴部の大きさが0.10マイクロメートル以下の集積回路の製造において前金属誘電体適用と浅いトレンチ分離適用に特に有効である。本明細書に用いられる高密度プラズマは、少なくとも 1×10^{11} イオン/cm³イオン密度を有するプラズマである。

【0016】

[0014]本明細書に開示されるプロセスは、低温(400 未満)堆積に続くエッチングの連続変化を含む。各低温堆積に続いてエッチングが行われるので、例えば、STI適用の場合、トレンチの開口は開放したままであり、ボトムアップギャップ充填は実質的にボイドを含まずに完了まで進行することができる。ボトム充填を改善するために400 より高い堆積温度を用いた従来のDEDプロセスとは対照的に、更に本明細書に記載されるプロセスは、400 未満、室温程度(又は室温未満)もの堆積温度を含む。プロセスは、ソフトウェア制御下で、ほぼ同様の堆積プロセスとエッチングプロセスの所定数のサイクルの繰り返しを含む。

【0017】

[0015]それ故、一態様においては、基板上に形成された前金属堆積トレンチを充填するための方法は、高密度CVDチャンバ内で基板上に膜を堆積させる工程と、基板を400 未満に冷却する工程と、チャンバ内で基板上に堆積された層の一部をエッチングする工程を含むサイクルを実行するステップを含んでいる。方法は、更に、層を堆積させる工程と層の一部をエッチングする工程とのサイクルを所定数のサイクル反復するステップを含む。或る実施形態においては、所定数のサイクルは少なくとも4である。

【0018】

[0016]種々の任意の実施形態においては、方法は、裏面冷却ガスを流して、基板に熱的に結合したプラットフォームを冷却するステップを含むことができる。層を堆積させる工程は、堆積ガスとスパッタリングガスを含むプラズマを生成させる工程を含み、堆積とスパッタリングとの比は、10:1~60:1の範囲にある。或る実施形態においては、エッチングする工程は、基板を堆積温度より高い温度に加熱させることを可能にする工程を含んでもよく、異方性エッチングと等方性のエッチングの複数のステップエッチングを含んでもよい。或る実施形態においては、最初のサイクルで堆積された膜の一部をエッチングする工程は、終点技術によって停止させてもよく、続いてのサイクルで堆積された膜の一部をエッチングする工程は、時間で停止させてもよい。

【0019】

[0017]方法は、任意に、基板を400 未満に冷却することにより層を堆積させる工程と、所定数のサイクルである堆積-エッチングサイクルを繰り返した後、基板を加熱して、層内の水分を減少させる工程を含んでもよい。或る実施形態においては、方法は、堆積-エッチングサイクルを開始する前に、チャンバをシリコンを多く含む堆積物でシーズニングして、層の一部(例えば、単一層の堆積厚さより4~20倍厚いチャンバ内のシーズニング堆積を持つ)をエッチングするのに用いられるエッチングガスによるチャンバの攻

10

20

30

40

50

撃を防止する工程を含んでもよい。

【 0 0 2 0 】

[0018] 或る実施形態においては、層を堆積する工程は、深さが約 4 0 0 0 オングストロームより大きいギャップに各サイクルにおいて約 1 0 0 0 オングストローム未満堆積する工程を含んでもよい。例えば、一実施形態においては、続いての各堆積-エッチングサイクルによって、高さが 4 0 0 0 オングストロームを超えるギャップの底面に 7 0 0 オングストローム未満の堆積が生じる。各堆積-エッチングサイクルは、最初のサイクルに用いたのと同様に同様なプロセス条件を用いることができる（例えば、プロセス条件は、最初のサイクルに用いたプロセス条件から 1 0 % を超えて変動しない）。或いは、各堆積-エッチングサイクルは、基板上に実質的に同様の堆積とエッチングを与えることができる（例えば、各々のサイクルで堆積された膜の厚さは、他のサイクルで堆積された膜の厚さと、 $+/- 10\%$ 以下で変動し、各々のサイクルで除去される物質量は、他のサイクルで除去される量から $+/- 10\%$ 以下で変動する）。堆積-エッチングサイクルは、ギャップを充填するために所定の回数だけ（4 回以上）反復される。

10

【発明の詳細な説明】

【 0 0 2 1 】

[0024] はじめに

[0025] 発明の実施形態は、例えば、浅いトレンチ分離適用（“ S T I ”）における堆積層に適用できる高密度プラズマ化学気相堆積（“ H D P - C V D ”）法に関係する。発明の実施形態は、物質を小さい特徴部サイズ（9 0 n m 以下）を有する集積回路に実質的に 1 0 0 % のギャップ充填で堆積させることを可能にする。ボトムアップ充填は、高アスペクト比を持つ非常に攻撃的なトレンチ内部に達成することができる。

20

【 0 0 2 2 】

[0026] 本発明の実施形態は、E C R プラズマ形成技術を用いる 1 つ又は複数のチャンバの一部を少なくとも部分的に囲むコイルに R F エネルギーを印加することによってプラズマが形成されるチャンバを含む種々の高濃度プラズマ C V D 基板処理チャンバを用いて実施することができる。本発明の方法の実施形態を行うことができる誘導結合 H D P - C V D チャンバの一例を以下に示す。

【 0 0 2 3 】

[0027] 例示的な基板処理システム

[0028] 図 2 A は、本発明による誘電体層を堆積させることができる、高密度プラズマ化学気相堆積（H D P - C V D）システム 1 0 を示す一実施形態である。システム 1 0 は、チャンバ 1 3 と、基板支持体 1 8 と、ガス分配システム 3 3 と、リモートプラズマ洗浄システム 5 0 と、真空システム 7 0 と、ソースプラズマシステム 8 0 A と、バイアスプラズマシステム 8 0 B とを含んでいる。

30

【 0 0 2 4 】

[0029] チャンバ 1 3 の上の部分は、酸化アルミニウム又は窒化アルミニウムのようなセラミック誘電材料で作られたドーム 1 4 を含んでいる。ドーム 1 4 は、プラズマ処理領域 1 6 の上の境界を画成している。プラズマ処理領域 1 6 は、基板 1 7 の上面と酸化アルミニウム又はアルミニウムセラミック材料で作られた基板支持体 1 8 により底で結合されている。

40

【 0 0 2 5 】

[0030] 加熱プレート 2 3 と冷却プレート 2 4 が上に置かれ、ドーム 1 4 に熱的に結合されている。加熱プレート 2 3 と冷却プレート 2 4 は、約 1 0 0 ~ 2 0 0 の範囲より ± 10 以内までドームの温度を制御することが可能である。一般的に、プラズマへの暴露は、基板支持体 1 8 の上に配置された基板を加熱する。基板支持体 1 8 は、基板の裏面に熱伝達ガス（しばしば裏面冷却ガスと呼ばれる）を分配することができる内部と外部の通路（図示せず）を含んでいる。更に後述されるように、裏面冷却ガスは、基板を 4 0 0 未満の有意な温度まで冷却することができる。

【 0 0 2 6 】

50

[0031]チャンバ13の下の方の部分は、チャンバを真空システムに結合する本体部分22を含んでいる。基板支持体18のベース部分21が本体部分22上に取付けられ、それと連続内面を形成する。基板は、チャンバ13の側面に挿入/取出しの開口(図示せず)によってロボットブレード(図示せず)でチャンバ13内外に移される。リフトピン(図示せず)は、モータの制御によって上下され、基板をロボットブレードから上の装填位置57に基板が基板支持体18の基板收容部分19上載置される下の処理位置56に移動させる。基板收容部分19は、基板処理の間、基板を基板支持体18に固定するために使用し得る静電チャック20を含んでいる。

【0027】

[0032]真空システム70は、ツインブレードスロットバルブ26を收容し、ゲートバルブ27とターボ分子ポンプ28に取り付けられる、スロット本体25を含んでいる。ゲートバルブ27は、ポンプ28をスロット本体25から絶縁することができ、また、スロットバルブ26が十分に開放しているとき、排気流量を制限することによりチャンバ圧を制御することができる。スロットバルブ、ゲートバルブ、ターボ分子ポンプの配置は、1ミリトール程度のチャンバ圧の正確で安定な制御を許容する。

【0028】

[0033]ソースプラズマシステム80Aは、ドーム14の上に取り付けられたトップコイル29とサイドコイル30に結合している。対称的な接地シールド(図示せず)は、コイル間の電氣的結合を減少させる。トップコイル29は、トップソースRF(SRF)ゼネレータ31Aにより出力されるが、サイドコイル30はサイドSRFゼネレータ31Bによって出力され、各コイルのための動作の独立した出力レベルと周波数を許容する。個々の実施形態においては、トップソースRFゼネレータ31Aは、適度に2MHzにおいて10,000ワットのRF電力まで供給し、サイドソースRFゼネレータ31Bは、適度に2MHzにおいて10,000ワットのRF電力まで供給する。トップとサイドのRFゼネレータの作動中の周波数は、適度な動作周波数(例えば、それぞれ1.7-1.9MHzと1.9-2.1MHz)から相殺してプラズマ生成効率を改善させる。

【0029】

[0034]バイアスプラズマシステム80BはバイアスRF(BRF)ゼネレータ31Cとバイアス整合ネットワーク32Cを含んでいる。バイアスプラズマシステム80Bは、基板部17を本体部分22に容量的に結合し、相互電極として作用する。バイアスプラズマシステム80Bは、ソースプラズマシステム80Aで作られたプラズマ種(例えば、イオン)を基板の表面に運搬することを促進させるために働く。個々の実施形態においては、バイアスRFゼネレータは、13.56MHzにおいて10000ワットまでRF電力を供給する。

【0030】

[0035]RFゼネレータ31Aと31Bは、デジタルで制御されたシンセサイザを含み、約1.8~2.1MHzの周波数範囲を超えて動作する。各ゼネレータは、当業者が理解するように、チャンバとコイルからゼネレータまで反射した電力を測定し、最も低い反射電力を得るように動作周波数を調整するRF制御回路(図示せず)を含んでいる。整合ネットワーク32Aと32Bは、ゼネレータ31Aと31Bのそれぞれのコイル29と30の出力インピーダンスと釣合う。RF制御回路は、負荷変化として負荷にゼネレータを一致させるために、整合ネットワーク内でコンデンサの値を変化させることにより双方の整合ネットワークを調整することができる。RF制御回路は、負荷からゼネレータへ反射電力が或る限界を超えたときに整合ネットワークを調整することができる。一定の整合を与え、且つ整合ネットワークを調整することからRF制御回路を効果的に無効にする一方法は、反射電力のあらゆる予想値よりも上の反射電力の限界を設定することである。このことにより、最も最近の条件で一定の整合ネットワークの保持することにより幾つかの条件下でのプラズマを安定化させることを援助することができる。

【0031】

[0036]ガス分配システム33は、幾つかのソース34(a)..34(n)からガス分配

10

20

30

40

50

ライン38を通過してガスを供給する。後に示される具体的な例において、ガスソース34(a) . . . 34(n)は、 SiH_4 、 O_2 、 Ar 、 NF_3 のための別々のソースと伸長した洗浄プロセスのための1つ以上のソースを含んでいる。当業者が理解するように、ソース34(a) . . . 34(n)に用いられる実際のソースと分配ライン38のチャンバ13への実際の接続部は、チャンバ13内で実行される堆積プロセスと洗浄プロセス依存して変動する。各ソース34(a) . . . 34(n)のガス流量は、当業者に知られるように、1つ以上のマスフローコントローラ(図示せず)によって制御されている。

【0032】

[0037]ガスは、ガスリング37及び/又はトップノズル45によってチャンバ13に導入される。図2Bは、ガスリング37の詳細を更に示すチャンバ13の簡易部分断面図である。或る実施形態においては、1つ以上のガスソースは、ガス分配ライン38(それらの一部だけが示される)によってガスリング37中のリングプレナム36へガスを供給する。ガスリング37は、基板の上に様なガスの流量を与える複数のガスノズル39(説明のためにそれらの1つだけが示されている。)を有する。ノズルの長さやノズルの角度は、個々のチャンバ内の具体的なプロセスのために様なプロファイルとガス利用効率を調整することを可能にするように変化させることができる。ある個々の実施形態においては、ガスリング37は、酸化アルミニウムセラミックから作られた24のガスノズル39を有する。

10

【0033】

[0038]ガスリング37もまた、個々の実施形態においては、ソースガスノズル39と同一平面上にあり、それより短く、一実施形態においては、ボディプレナム41からガスを受容する、複数のガスノズル40(それらの1つだけが示されている)を有する。ガスノズル39と40は、チャンバ13にガスを注入する前にガスリング37を通して導入されるガス(例えば、 SiH_4 、 O_2)を混合しないことが望ましい、或る実施形態においては流動的に連結されていない。他の実施形態においては、ガスは、ボディプレナム41とガスリングプレナム36の間のアパーチャ(図示せず)を与えることによりチャンバ13へガスを注入する前に混合されてもよい。43B(他のバルブは図示せず)のような追加のバルブは、フローコントローラからチャンバへのガスを遮断してもよい。

20

【0034】

[0039]可燃性、毒性、又は腐食性のガスがもちいられる実施形態においては、堆積又は洗浄プロセスの後にガス分配ラインに残留しているガスを除去することは望ましいものである。このことは、チャンバ13を分配ライン38から分離すると共に分配ライン38を真空フォアライン44に通気するために、バルブ43Bのような3ウェイバルブを用いて達成されてもよい。図2Aに示されるように、43A、43Cのような他の同様なバルブは、他のガス分配ラインに組込まれてもよい。このような3ウェイバルブは、チャンバ13と実際しやすいようにリモートプラズマソース50の近くに、排気されないガス分配ライン(3ウェイバルブとチャンバの間)の容積を最小にするように配置されてもよい。更に、2ウェイ(オンオフ)バルブ(図示せず)は、マスフローコントローラ("MFC")とチャンバとの間又はガスソースとMFCとの間に配置されてもよい。

30

【0035】

[0040]再び図2Aを参照すると、チャンバ13は、トップノズル45とトップベント46を有する。トップノズル45とトップベント46は、ガスの上部と側面のフローの独立した制御を可能にし、膜の均一性を改善し、膜の堆積とドーピングパラメータの微調整を可能にする。トップベント46は、トップノズル45の周りの環状開口である。一実施形態においては、一ソース、例えば、 SiH_4 は、別々のMFC(図示せず)によってソースガスノズル39とトップノズル45に供給する。同様に、別々のMFCは、単一の酸素ソースからトップベント46とガスノズル40双方へ酸素フローを制御するために用いてもよい。トップノズル45とトップベント46に供給されるガスは、チャンバ13にガスが流れる前に分離を保つてもよく、チャンバ13に流れる前にトッププレナム48で混合されてもよい。他の実施形態においては、同様のガスの別々ソースは、チャンバの種々

40

50

の部分に供給するために用いられてもよい。

【0036】

[0041]リモートマイクロ波生成プラズマ洗浄システム50は、ドライ洗浄動作においてチャンバ要素から堆積残渣を定期的に洗浄するために供給される。洗浄システムは、リアクタキャビティ53内のソース34(a) . . . 34(n) (例えば、分子フッ素、三フッ化窒素、他のフルオロカーボン又は等価物のみ又はアルゴンのような他のガスとの組み合わせ)における1つ以上の洗浄ガスソースからプラズマを生成するリモートマイクロ波ゼネレータ51を含んでいる。このプラズマから得られる反応化学種は、アプリケーション・チューブ55によって洗浄ガスフィードポート54を通してチャンバ13へ運搬される。洗浄プラズマを含有するために用いられる物質(例えば、キャビティ53とアプリケーション・チューブ55)は、プラズマによる攻撃に耐えなければならない。リアクタキャビティ53とフィードポート54間の距離は、望ましいプラズマ化学種の濃度がリアクタキャビティからの距離で低下することがあるので、実際には短く保たなければならない。リモートキャビティ内で洗浄プラズマを生成させると、効率的なマイクロ波ゼネレータの使用を可能にし、チャンバ要素がインサイチュで形成されたプラズマの中に存在することができるグロー放電の温度、放射、衝撃を受けない。その結果、静電チャック20のような比較的感受性のある要素は、インサイチュでプラズマ洗浄プロセスにおいて必要なものである、ダメージで覆われる必要がなく、別の方法で保護される必要もない。

10

【0037】

[0042]システムコントローラ60は、システム10の動作を制御する。コントローラ60は、例えば、プロセッサ61に結合したハードディスクドライブ及び/又はフロッピーディスクドライブ及びカードラックのようなメモリ62を含むことができる。カードラックは、シングルボードコンピュータ(SBC)、アナログとデジタルの入力/出力ボード、インタフェースボード、ステップモータコントローラボードを含んでもよい。システムコントローラ60は、ハードディスクドライブに記憶されたコンピュータプログラムの制御下で又はリムーバブルディスクに記憶されたプログラムのような他のプログラムによって動作する。コンピュータプログラムは、例えば、タイミング、ガスの混合物、RF電力レベル、具体的なプロセスの他のパラメータを決定する。

20

【0038】

[0043]発明の個々の実施形態による酸化シリコン膜の堆積

30

[0044]本明細書に更に記載される酸化シリコン膜は、非常に攻撃的なギャップ充填適用のために堆積させることができる。例えば、或る実施形態においては、トレンチの最上部の65nm未満のギャップにおいてSTI適用(基板上に金属の信号ラインを形成する前)のために酸化シリコン膜を堆積させることができる。

【0039】

[0045]前述のように、本発明の実施形態は、上述した例示的チャンバのようなHDP-CVDチャンバ内で実施することができる。便宜上、発明による堆積とエッチングの図式的概要を図3に記載する。

【0040】

[0046]基板上的トレンチ300の断面図301は、最初の状態を示している。1つ以上の“ギャップ”又は“トレンチ”の上の堆積に関して記載されているが、本発明は浅いトレンチ分離に限定されず、実際には基板上的あらゆる構造上の堆積物に適用されてもよい。隣接した特徴部は、誘電材料で充填されるトレンチ300を画成し、トレンチ300の側壁は特徴部の表面によって画成されている。基板におけるトレンチ300は、例えば、シリコン又は窒化物バリア層を有するシリコンを含んでもよい。

40

【0041】

[0047]断面302に示されるように、堆積が進行するにつれて、トレンチ300の底面上と同様にトレンチ300の最上表面の尖端308上に誘電材料が蓄積する(口語的にはトレンチ300上に“ハット”を形成すると言われる)。誘電材料は、尖端308からスパッタされた物質が再堆積するために、トレンチ300の角に突出部を形成することもあ

50

る。

【0042】

[0048]更に後述されるように、ボトムアップギャップ充填を改善するためにより一般的には高温が好ましい従来のDEDプロセスと対照的に、本発明による堆積は低温で行われ、幾つかの利点を得ることができる。例えば、低い堆積温度は、側壁カバレッジを改善することができ、続いてのエッチングが下にある構造を損傷させることから防止する。更に、膜応力は低温で堆積させることによって改善することができる。従来の高温堆積は、一般的には、膜において圧縮応力を生じ、IC処理のための応力限界（典型的には250 MPa）を超える。一方、低温堆積は、比較的低い応力（例えば、150～200 MPa）で良好なギャップ充填を与えることができる。

10

【0043】

[0049]断面図303は、堆積した物質のアスペクト比を低下させるために用いられるエッチングを示している。短縮した尖端310は、エッチングステップの間、保護し、結果として断面図303になる。反応性エッチングの間にバイアスの適用することにより、異方性エッチングを行うと、堆積された層を成形することを援助するので、最初のトレンチ300の基本の形が保持されるが、アスペクト比が厳しくなくなり、下にあるトレンチ300の角は露出されないままである。

【0044】

[0050]上向きのアーチの矢印によって示されるように、上述した堆積ステップとエッチングステップは、トレンチ300を充填するために所定の回数を循環させる。サイクルの数は、上述された個々の堆積ステップとエッチングステップの解析とトレンチの合計の深さに対して求めることができる。例えば、各サイクルにおいて750オングストロームの堆積と250オングストロームのエッチングにおいて、各サイクルで500オングストロームの堆積を施すと、約7回のサイクルの繰り返しにより深さが約4000オングストロームのトレンチを充填する。所定のサイクル数が完了したとき、トレンチ300は、断面304で概略で示されるように、有意なポイド含まずに誘電材料312で部分的又は完全に充填することができる。

20

【0045】

[0051]図4は、発明の一実施形態による酸化シリコン膜の低温度堆積とエッチングの繰り返しサイクルのための方法400を示すフローチャートである。適用可能な場合、下で記載される符号は、図2A-2Bの例示的チャンバの適切な要素を示すように用いられる。この実施形態において、プロセスは、システムコントローラ60のメモリ62に記憶されたコンピュータプログラムを用いて実行され制御される。

30

【0046】

[0052]方法400は、図4に示される流れ図において一実施形態をまとめたものである。方法は、例示のためだけのものであり、本発明の特許請求の範囲の限定するためのものではない。ステップ405において、1つ以上の予備ステップが、堆積プロセスとエッチングプロセスの続いてのサイクルを調製するために実行される。例えば、ステップ405は、酸化シリコン層が堆積チャンバ13へ堆積される基板を移すことを含み、チャンバ圧を安定化するようなプロセスを含むことができる。

40

【0047】

[0053]一旦基板とチャンバ13を安定化すると、最初の堆積407が開始する。ステップ410において、基板温度は基板の冷却によって400未満の堆積温度に安定化する。低温堆積は、一般的には側壁のカバレッジを改善し（高温堆積に比べて）、続いてのエッチングステップ435が下にある構造を損傷することを防止する。或る実施形態においては、400未満に、著しく290未満でさえ又は室温に近い温度でさえ冷却された基板において膜が堆積される。後述されるように、基板を冷却するための一方法は、基板支持体18によってHeを裏面に冷却ガス及び/又は冷却水を流すことによる。更に、室温以下の堆積は、更に後述される歪み技術の適用に有益なものであると考えられる。

【0048】

50

[0054]ステップ415において、 H_2 、 He 、 O_2 と共にシリコン源として SiH_4 を含む堆積プロセスガスはプロセスチャンバ13に流し込まれる。異なる前駆物質ガスに適切な流量は、本明細書更に記載される、個々の適用、基板上の個々の構造、堆積が行われるチャンバの設計、他の考慮によっては変動してもよい。シリコン源が SiH_4 を含み酸化ガス反応種が O_2 を含む一実施形態においては、適切な流量は範囲内にあり、 SiH_4 の場合、図2について記載されたチャンバ設計の流量 (SiH_2)は約15~100 sccmであってもよく、 O_2 の場合、流量 (O_2)は約25~500 sccmであってもよく、 He の場合、流量 (He)は約200~400 sccmであってもよく、 H_2 の場合、流量 (H_2)は約100~200 sccmであってもよい。ガスフロー範囲は流量について幅広いパラメータを示すが、個々の流量は本明細書に更に記載されるように求めることができ、個々のチャンバ構造に左右される。

10

【0049】

[0055]或る実施形態においては、 H_2 と He を用いるより、 H_2 だけが SiH_4 と O_2 と用いられる。或る実施形態においては、堆積は、 Ar 、 Xe 、又は他の不活性ガスを含むことができるが、一般的にこのような不活性ガスは、比較的高いスパッタの成分を供給し、低バイアス電力で補償することが必要であり、比較的悪い膜質が得られる。

【0050】

[0056]堆積ガスに H_2 ガスと He ガス双方を供給すると、堆積/スパッタ(D/S)比を制御する調整“つまみ”が得られる。D/S比は、バイアス電力に依存し、10:1~60:1の範囲にあることが好ましい。30:1のD/S比は、例えば、 SiH_4 より少ない堆積ガスによって引き起こされるスパッタ速度と比較して、すべての堆積ガスによる堆積速度の測定により求めることができる。一般的には、膜質は高D/S比による欠点を持ち、バイアスされないプロセスは Si を多く含む多孔質膜を得る傾向にある。堆積ステップ407のためのD/S比は、堆積とエッチングの連続的なサイクルにおいてトレンチ300のアスペクト比を同時に低下させつつ窒化物ライナを保護する、例えば、トレンチ300(図3)の側壁に十分なカバレッジを得るように調整することができる。

20

【0051】

[0057]ステップ420において、高密度プラズマはプロセスガスでチャンバ13内に形成される。或る実施形態においては、高RF電力(例えば、最上部、側面が合計30kWまで、バイアスRF電力)は、ボトムアップカバレッジを改善するために用いることができる。しかしながら、高合計RF電力は基板の温度を上昇させる傾向があり、膜内への圧縮応力へとつながる。それ故、好適な実施形態においては、300mmの基板の場合、約17.5kWの合計RF電力が適用される。

30

【0052】

[0058]ステップ425において、膜の堆積は基板上で行われる。トレンチ300の側壁のカバレッジとボトムカバレッジの量は、堆積条件のための一つの考慮事項である。一般的に、尖端308から物質が突出部の再入成長に貢献してもよいので、堆積条件は尖端308(図3)の堆積を最小にするように選ばれる。堆積条件もまた、例えば、トレンチ300において窒化物ライナを保護するように、側壁上に十分な膜を設けるように選ばれる。

40

【0053】

[0059]一実施形態においては、STIテストパターンウエハは、シリコン内に約90nmの間隔と約600nmの深さでエッチングされたトレンチが用いた。隙間は、ISSG(インサイチュ蒸気生成)窒化物ライナとLPCVD(低圧化学気相堆積)窒化物ライナの追加によって更に強固にした(~250オングストローム)。このようテストパターンウエハにより、ステップ407において堆積された誘電材料の量は、500-750オングストロームであり、この量の30%はトレンチの側壁に堆積した。この堆積の厚さは、尖端308上の最少の堆積と側壁上の堆積による窒化物ライナの保護との間で許容しうる釣り合いを示した。この実験において、チャンバ内の基板温度モニタ装置は、290未満の温度を測定することができない。このような場合、基板を290未満に冷却したが

50

、基板の実際の温度は求めることができないことは既知である。

【 0 0 5 4 】

[0060]堆積ステップ407に続いて、転移ステップ430は円滑に次のエッチングステップ435に転移するように任意に含まれている。一実施形態においては、転移ステップ430は、 O_2 流量に傾斜し、 H_2 & He 流れを次のエッチングステップ435で用いる流量に適合するように調節する。例えば、転移ステップ430は、チャンバ内に SiH_4 を持たずに NF_3 の導入を供給し、基板上に SiF_4 の形成を防止する。

【 0 0 5 5 】

[0061]ステップ435において、エッチングは高密度プラズマエッチングで開始させる。膜の堆積した厚さの約5~30%がエッチングステップ435の間で除去されるが、除去される量は、膜のプロファイルに従って異なる点で変化してもよい。ある実施形態においては、 NF_3 のようなニトロフッ素化ガス又は C_2F_6 、 C_3F_8 又は CF_4 のようなカルボフッ素化ガスは、プロセスチャンバへ流れ込まれる。 CF 化学は、一般的には、窒化シリコンについて酸化シリコンのより選択的なエッチングを得る。

10

【 0 0 5 6 】

[0062]一般的に、エッチングのスパッタ成分を減少させると共にプロセス全体に他のチューニングつまみを得るためにエッチングステップ435の間に H_2 及び/又は He を添加してもよい。従来の Ar/NF_3 エッチング又は $Ar/O_2/NF_3$ エッチングと対照的に、本発明者らは、フッ素が大きいスパッタ成分による比較的大きい原子であることから、 H_2 及び/又は He の制御された添加が、有利にはエッチングステップ435のスパッタ成分の減少を与えることを決定した。フッ素濃度が低下すると(H_2 と N_2 の比較的高い濃度を用いて)エッチングステップ435により多くのスパッタ成分が供給され、フッ素濃度が増加するとエッチングステップ435により多くの異方性成分が供給される。ある実施形態においては、 H_2 がフッ素の一部を排気すると共により選択的なエッチングを得ることから、エッチングステップ435は比較的小さい H_2 を用いる。

20

【 0 0 5 7 】

[0063]ウエハバイアス電力の制御、静電チャック電圧、RF電力は、また、エッチングステップ435が等方性が異方性を制御するために用いることができる。エッチングプロセスの特性は、トレンチの深さと角度によっては、多少のスパッタリングエッチング(方向性)と異方性エッチング(方向性が少ない)を与えるように調整することができる。堆積成分とエッチング成分の具体的な比率は、実験的にトレンチの深さ、幅、角度に基づいて求めることができる。

30

【 0 0 5 8 】

[0064]エッチングステップ435は、続いての堆積ステップ(例えば、dep2)において基板の加熱を防止するために冷却を含むことができる。このような冷却は、例えば、特に、基板のヘリウム裏面冷却によって行うことができる。ある場合には、エッチングは、基板の温度を約250 未満に下げるために冷却ステップが先行することができ、それによって良好なエッチング制御が得られる。

【 0 0 5 9 】

[0065]他の実施形態においては、エッチングステップ435の間の基板の冷却は、エッチング435の間に基板を加熱させることができるように無力にすることができる。エッチングステップ435の間に基板を加熱させることができると、低い温度でフッ素がより簡単に膜に組み込まれるので、膜からのフッ素の除去が改善される。言い換えれば、基板の温度プロファイルは、基板が堆積ステップ407の間、活発に冷却できるようにすることができ、基板はエッチングステップ435の間、フッ素を除去するために受動的に又は活発に加熱することができ、その後、基板は続いての堆積ステップ(例えば、dep2)で再び冷却される。

40

【 0 0 6 0 】

[0066]エッチングステップ435は、複数のステップエッチングプロセスを含んでもよい。一般的に、エッチングプロセス435の間に同時に起こる2つのプロセス：等方性(

50

例えば、フッ素ベース)エッチング成分とスパッタリングエッチングアスペクト(例えば、Heによる)がある。同時に起こるプロセスの代わりに、エッチングステップ435は2つの分離エッチングステップに分けることができ、最初に尖端308(図3)のサイズを減少させるために比較的高フッ素濃度を用い、続いて比較的多い等方性エッチング成分を用いて、エッチング均一性を得る。

【0061】

[0067]エッチングステップ435の持続(エッチング時間)は、一般的には、エッチング速度、ガス流量、最上部/側面/底面電力等に左右される。エッチングステップ435の持続は、また、エッチングが異方性と等方性のエッチング及び/又はエッチング速度を基板の中央からエッジまでに与えるかに左右されるものである。

10

【0062】

[0068]或る実施形態においては、最初のサイクルのエッチングステップ435の終結は、終点技術によって行われ、続いてのサイクルのエッチングステップ435の終結は、時間に基づいて行われる。例えば、最初のサイクルにおけるエッチングステップ435は、エッチングステップ435がトレンチ300において下にある窒化物層までエッチングされたときに検出する発光分光法(OES)を用いて終結させることができる。OES終点は、ベースラインエッチング時間を決定するために用いられる。その後、堆積とエッチングの続いてのサイクルにおいて、エッチングステップ435はベースラインエッチングタイムの関数に基づいて終結させる。

【0063】

20

[0069]言い換えれば、エッチングステップ435(et ch 1)の最初のサイクルにおいて、OESデータは、下にある窒化物層に達するために必要とされるベースラインエッチング時間を決定するために用いることができる。続いてサイクルの各エッチングステップ435(et ch 2、et ch 3等)の持続は、ベースラインエッチング時間と同じ時間、又はベースラインエッチング時間より多少の所定の量であってもよい。例えば、終点で決定されるように、エッチング1が窒化物層までエッチングするのに10秒間かかる場合には、et ch 2、et ch 3等はエッチング時間の固定量として9秒間を用いることができる。

【0064】

[0070]代替の実施形態においては、続いてのエッチングサイクルの持続は、ベースラインエッチング時間による幾何学的変化であってもよい。例えば、et ch 2はベースラインエッチング時間より20%未満の持続による時間エッチングを用いることができ、et ch 3は第2エッチングサイクルより20%未満の持続による時間エッチングを用いることができる等々。ベースラインエッチング時間による幾何学的変化によって、続いてのサイクルにおいてトレンチ300の増加分が減少したアスペクト比を得ることができる。

30

【0065】

[0071]更に他の実施形態においては、ウエハをエッチングした後、チャンバ13が洗浄されない場合、続いてのウエハのエッチング時間が洗浄後に処理された基板の数によっては可変であってもよい。例えば、洗浄後の最初の基板は、10秒間エッチングすることができ、洗浄後の第2基板は11秒間エッチングすることができる等々。それ故、エッチングステップ435に用いられるエッチング時間の量は、チャンバ13内の堆積の蓄積に左右されてもよい。

40

【0066】

[0072]エッチングステップ435に続いて、エッチング後の処理ステップ440は、続いての堆積ステップのための基板を準備する。エッチング後の処理ステップ440は、エッチングステップ435の間に膜に取込まれたフッ素を減少又は除去するためにプラズマ処理を含んでいる。プラズマ処理は、膜内のフッ素を減少させるためにO₂、Ar、H₂、Heの1つ以上を用いたプラズマ処理を含んでもよい。H₂のプラズマ処理には基板上のプロファイルを変化させるために基板をスパッタリングすることを含んでもよい。

【0067】

50

[0073]ステップ445において、堆積とエッチングの所定のサイクル数が完了したかが求められる。サイクル数は、トレンチの合計の深さに対して個々の上記堆積ステップとエッチングステップの解析に基づいて求めることができる。例えば、各サイクルにおいて500オングストロームの堆積が残る、ステップ410-445を通して各サイクルにおいて750オングストロームの堆積と250オングストロームのエッチングにおいて、深さが約4000オングストロームのトレンチを充填するためにサイクルが約7繰り返しかかる。

【0068】

[0074]堆積とエッチングの所定の数のサイクルが完了した後、完結ステップ450は、更に処理する基板を準備するために任意に含まれてもよい。例えば、完結ステップ450は、必要とされる合計の膜厚、又は化学機械的平坦化(CMP)のような平坦化プロセスを考慮するために従来のブランケット堆積プロセスを含んでもよい。

10

【0069】

[0075]図2に示されるブロックの個々の順序は限定するものではなく、他の実施形態においては、対応するステップが代替的順序で行われてもよい。例えば、ステップ410に示されるように400未満の温度に基板を冷却することは、ステップ415においてプロセスチャンバへガス反応種を流すと同時に又は流した後に行われてもよい。更に、図4において個々のブロックを含むことは、追加のステップが代替的实施態様において行われるので限定するものではない。

【0070】

20

[0076]上述のように、ステップ410は290未満に基板を冷却するが、室温以下に基板を冷却することによって利益を得ることができると考えられる。従来、基板をこのような低温に冷却すると、引張膜が得られ膜質の悪い傾向がある。しかしながら、所定数の堆積ステップとエッチングステップのサイクル後に完成ステップ450で大電力プラズマを供給すると、引張膜を得る堆積された膜における水分を除去するのに十分であると考えられる。或いは、大電力プラズマは所定数のサイクルが完了する前に行うことができる。例えば、合計7サイクルの堆積とエッチングにおいて、大電力プラズマはサイクル1、3、5、7の後に行うことができる。堆積したままの膜の続いての変更における極めて低い温度処理が将来のICプロセス適用の歪み技術に重要なものであると考えられる。

【0071】

30

[0077]シーズニングや洗浄のようなチャンバ13の条件は、方法400の性能に影響する。或る実施形態においては、チャンバ13はツーステップクリーンで洗浄され、低圧洗浄と比較的高圧洗浄がチャンバ13のチャンバリッドと壁又は他の部分を別々に洗浄するようにプログラムされている。洗浄に続いて、チャンバ13を適切にシーズニングするためにSiH₄堆積ステップとパージステップが行われる。洗浄は、洗浄性能を高めるためにチャンバ13の加熱を組込むことができる。

【0072】

[0078]或る実施形態においては、チャンバ13は方法400を開始する前に又は多くのウエハが処理された後にシーズニングされることが好ましい。或る実施形態においては、シーズニングは、層の部分をエッチングするのに用いられるエッチングガスによるチャンバの攻撃を防止するためにシリコンを多く含む堆積物でチャンバをコーティングすることを含み、チャンバ内のシーズニング堆積は1回の堆積-エッチングサイクルの堆積厚さより4-20倍厚い。エッチングサイクルがチャンバ13内の条件を変えるので、チャンバのシーズニングはウエハからウエハまで経時方法400におけるドリフトを防止することができる。例えば、エッチングステップ435は、チャンバシーリングより多少チャンバ壁を洗浄させることができる。更に、方法400は、高RF源電力、堆積の間にO₂、H₂と高度に酸化するプラズマ、エッチングステップ435の間に高度に減少するフッ素を用いる。わずかの商業的に実施しやすい材料は、このような極端な条件まで耐えることができる。シーズニングは、チャンバ13内の商業的に実施しやすい要素と処理することを可能にする。

40

50

【 0 0 7 3 】

[0079]プロセス最適化

[0080]方法 4 0 0 において、堆積ステップ 4 0 7 とエッチングステップ 4 3 5 はエッチングステップ 4 3 5 の間に下にある構造の損傷を防止するように設計される。このことは、効果の組合せによって達成させることができる。堆積ステップ 4 0 7 は、十分な材料が下にある構造を保護するために堆積することを確実にするように設計される。エッチングステップ 4 3 5 の間に設定された条件は、トレンチ 3 0 0 (図 3) の下にある構造がさらされるほど多くの物質をエッチングしないように設計される。

【 0 0 7 4 】

[0081]言い換えれば、方法 4 0 0 で基板上に一定の構造のギャップ充填性能で最適化する要因は、典型的には堆積の厚さとエッチング除去量である。一定の堆積量の場合、最適量のエッチング除去がある。エッチングが、十分に堆積された物質を除去しない場合には、トレンチは開放せず、続いての堆積は尖っている結果に有害に加えられ、後にポイドが残る。エッチングが多すぎる堆積された物質を除去する場合には、構造上のあらゆる保護層(例えば、窒化物ライナ)を攻撃することができ、デバイスは損傷してしまう。最適なエッチング量は各エッチング条件と各堆積条件と厚さに対して決定されなければならない。

10

【 0 0 7 5 】

[0082]例えば、一実験においては、エッチングステップ 4 3 5 の各サイクルにおいて 2 7 5 オングストロームの除去により、完全に充填されたトレンチ 3 0 0 が得られた。しかしながら、各エッチングステップ 4 3 5 が 2 0 0 オングストロームだけの除去においては、基板のエッジのトレンチ 3 0 0 内にポイドが形成された。従って、エッチング 4 3 5 の間に行われたエッチング量は、必要とされるサイクル数に影響し、一定の堆積の厚さを得(より多くのエッチングはより遅い堆積成長を意味し、サイクルの数を増加させる)、ポイドがトレンチ 3 0 0 内に形成されてしまうかに影響する。一般的に、比較的少量の堆積(1サイクルにつき<1000オングストローム)と対応して少量のエッチング(膜の堆積された厚さの好ましくは約5-15%)は、より“ボトムアップ”を生じ、狭い又は“強固な”トレンチ構造内にポイドの形成を防止する。

20

【 0 0 7 6 】

[0083]最適なプロセスを決定するために、プロセス開発方法は、図 3 と図 4 について以下の一般手順をとることができる。最初に、テストパターン基板上に、ステップ 4 1 0 - 4 2 5 を用いて1回反復の堆積を行う。堆積された膜について、ボトムカバレッジ、側壁カバレッジ、尖端 3 0 8 の高さを測定する。その後、エッチングステップ 4 3 5 の1回の反復を行い、ボトム、側壁、尖端 3 0 8 の除去量を決定するために測定する。堆積測定とエッチング測定を用いて、独立して基板上の最小構造又は最高アスペクト比を持つ構造を堆積ステップ 4 1 0 - 4 2 5 とエッチングステップ 4 3 5 について最適化する。

30

【 0 0 7 7 】

[0084]方法 4 0 0 の利点は使用の容易さである。プロセス全体で典型的には各ステップの適性化を必要とする従来のDEDプロセスとは対照的に、本明細書に記載される方法 4 0 0 の或る実施形態は、動作における使用の容易さと適性化の容易さを与える。方法 4 0 0 において、一旦堆積ステップとエッチングステップが基板上の具体的な構造について最適化されると、オペレータが調節することができるパラメータは堆積時間とエッチング時間だけである。HDP-CVDリアクタのコントローラは、反復の急速で正確な堆積とエッチングのサイクルについてプロセス管理の容易さを可能にする。

40

【 0 0 7 8 】

[0085]方法 4 0 0 の他の利点は、従来のDEDプロセスに用いられるより高いウエハ温度より下にあるトレンチ特徴部(例えば、窒化物ライナ)のより大きな程度の保護を与える。より冷却した堆積において、側壁のカバレッジが増加し、活性領域に対する保護が良好になり且つ損傷を含まずにギャップ充填を進行させることができる。高温堆積において逆のことが言え、側壁が保護されず、エッジクリッピングが明らかかなことがある。

50

【 0 0 7 9 】

[0086]当業者は、処理パラメータが異なるプロセスチャンバと異なるプロセス条件のために変動させることができ、また、異なる前駆物質が発明の精神から逸脱することなく用いることができることを理解する。他の変更もまた当業者に明らかである。これらの等価物と代替物は、本発明の範囲内に包含されるものである。それ故、本発明の範囲は、記載された実施形態に限定すべきでなく、以下の特許請求の範囲によって定義されるべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 0 】

【図 1 A】図 1 A は、高アスペクト比ギャップ充填適用において異なる堆積段階の H D P - C V D 酸化シリコン膜の簡易断面図である。 10

【図 1 B】図 1 B は、高アスペクト比ギャップ充填適用において異なる堆積段階の H D P - C V D 酸化シリコン膜の簡易断面図である。

【図 1 C】図 1 C は、高アスペクト比ギャップ充填適用において異なる堆積段階の H D P - C V D 酸化シリコン膜の簡易断面図である。

【図 2 A】図 2 A は、本発明の実施形態を用いることができる例示的な基板処理システムの簡易断面図である。

【図 2 B】図 2 B は、図 2 A の例示的な C V D 処理チャンバと共に用いることができるガスリングの簡易断面図である。

【図 3】図 3 は、高アスペクト比が本発明の実施形態によるプロセスを用いてどのように充填することができるかを示す概略断面図である。 20

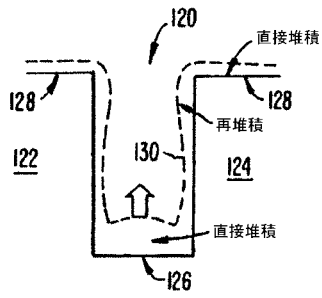
【図 4】図 4 は、本発明の一実施形態による酸化シリコン膜の低温堆積とエッチングの反復サイクルと関連した種々のステップのフローチャートである。

【 符号の説明 】

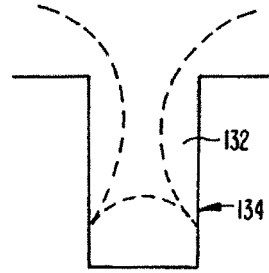
【 0 0 8 1 】

1 0 ... システム、1 3 ... チャンバ、1 4 ... ドーム、1 6 ... プラズマ処理領域、1 7 ... 基板、1 8 ... 基板支持体、1 9 ... 基板受容部分、2 0 ... 静電チャック、2 2 ... 本体部分、2 3 ... 加熱プレート、2 4 ... 冷却プレート、2 5 ... スロットルボディ、2 6 ... スロットルバルブ、2 7 ... ゲートバルブ、2 8 ... ターボ分子ポンプ、2 9 ... トップコイル、3 0 ... サイドコイル、3 1 ... ソース R F ゼネレータ、3 3 ... ガス分配システム、3 4 ... ガスソース、3 6 ... ガスリングプレナム、3 7 ... ガスリング、3 8 ... ガス分配ライン、3 9 ... ガスノズル、4 0 ... ガスノズル、4 1 ... ボディプレナム、4 3 ... バルブ、4 4 ... 真空フォアライン、4 5 ... トップノズル、4 6 ... トップベント、4 8 ... トッププレナム、5 0 ... リモートプラズマ洗浄システム、5 1 ... リモートマイクロ波ゼネレータ、5 3 ... リアクタキャビティ、5 4 ... フィードポート、5 5 ... アプリケータ・チューブ、5 7 ... 装填位置、6 0 ... システムコントローラ、6 1 ... プロセッサ、6 2 ... メモリ、7 0 ... 真空システム、8 0 A ... ソースプラズマシステム、8 0 B ... バイアスプラズマシステム、1 2 0 ... ギャップ、1 2 2、1 2 4 ... 特徴部、1 2 6 ... 水平面、1 2 8 ... 水平面、1 3 0 ... 側壁、1 3 6 ... ボイド、3 0 0 ... トレンチ、3 0 8 ... 尖端、3 1 2 ... 誘電材料。 30

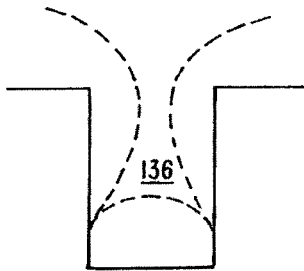
【 図 1 A 】



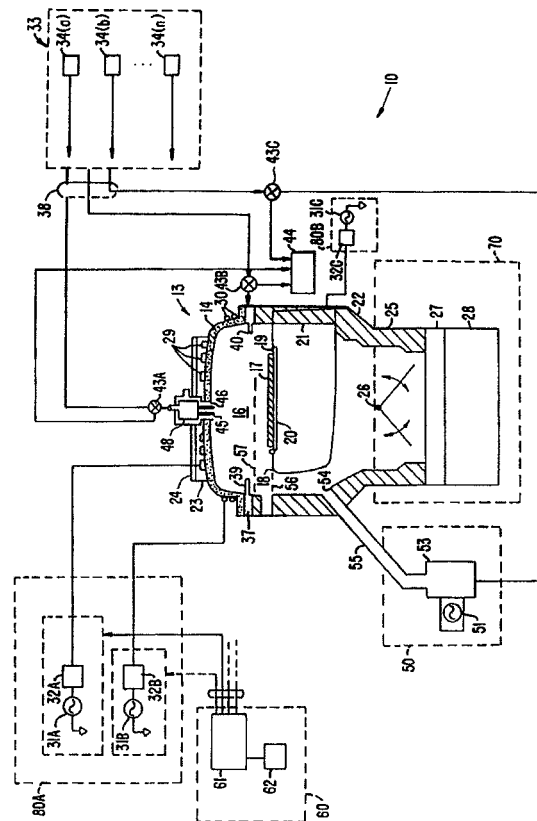
【 図 1 B 】



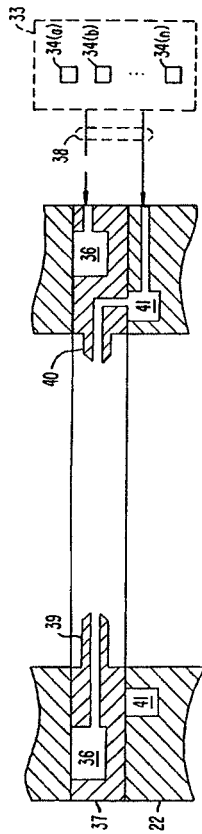
【 図 1 C 】



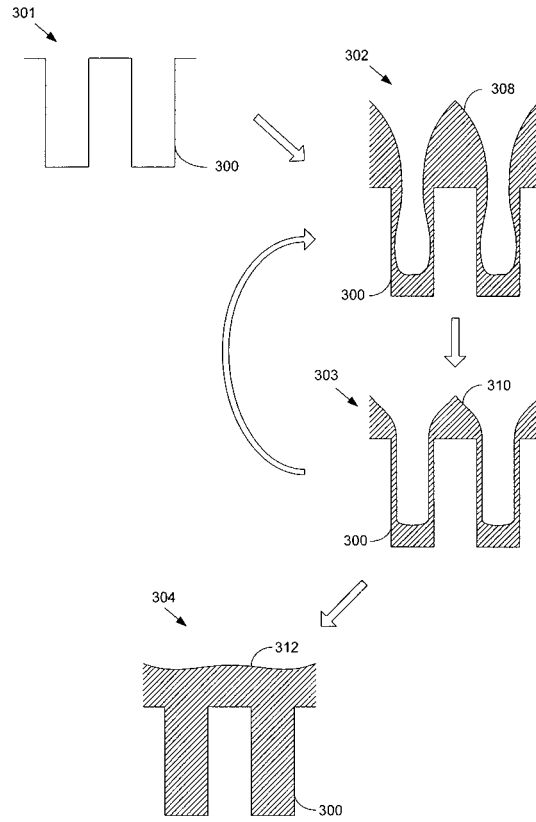
【 図 2 A 】



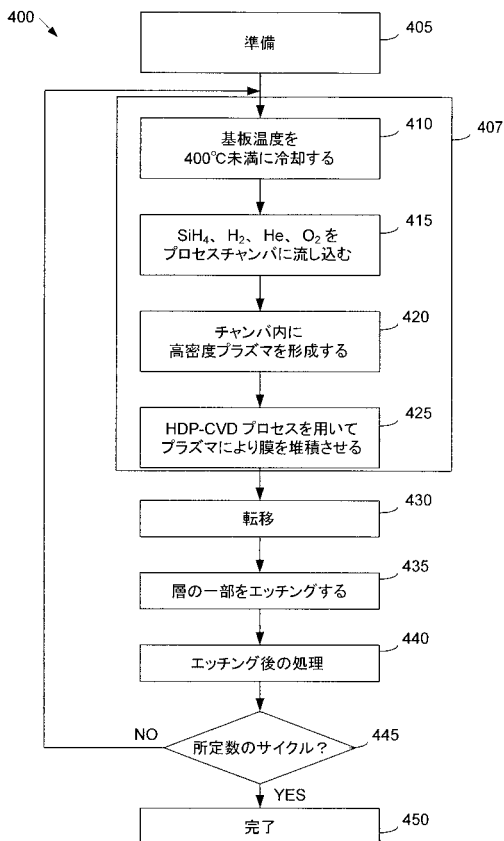
【図 2 B】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 スリニヴァス ディ． ネマニ
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サニーヴェイル， ファーン リッジ コート 504
- (72)発明者 ヤン エス．リー
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サン ノゼ， ヴィア コルティナ 1714
- (72)発明者 エリー ワイ． イー
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サン ノゼ， ビストイア ウェイ 5888
- (72)発明者 アンチュアン ワン
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サニーヴェイル， ウェスト オリーヴ アヴェニュー
1154 アパートメント104
- (72)発明者 ジェイソン トーマス ブロッキング
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， マウンテン ヴュー， ノース ショアライン ブルヴァード 750 アパートメント104
- (72)発明者 ラン - チャン ハン
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サン ノゼ， ヴィレッジウッド ウェイ 6942

審査官 右田 勝則

- (56)参考文献 特開2002 - 141349 (JP, A)
特開2001 - 148382 (JP, A)
特表2002 - 507067 (JP, A)
特開2007 - 214278 (JP, A)
特開2002 - 208629 (JP, A)
米国特許出願公開第2003 / 0207580 (US, A1)
米国特許出願公開第2005 / 0048801 (US, A1)
米国特許第06030881 (US, A)
国際公開第2006 / 011196 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H01L 21 / 76
H01L 21 / 316
H01L 21 / 3065