

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4995102号  
(P4995102)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int.Cl. F I

HO 1 L 21/3065 (2006.01)

HO 1 L 21/76 (2006.01)

HO 1 L 21/336 (2006.01)

HO 1 L 29/78 (2006.01)

HO 1 L 21/302 1 O 5 A

HO 1 L 21/76 L

HO 1 L 29/78 3 O 1 P

HO 1 L 29/78 3 O 1 R

HO 1 L 29/78 3 O 1 G

請求項の数 19 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-3607 (P2008-3607)	(73) 特許権者	390040660
(22) 出願日	平成20年1月10日 (2008.1.10)		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2008-205440 (P2008-205440A)		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
(43) 公開日	平成20年9月4日 (2008.9.4)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050
審査請求日	平成23年1月6日 (2011.1.6)	(74) 代理人	100092093
(31) 優先権主張番号	11/622, 437		弁理士 辻居 幸一
(32) 優先日	平成19年1月11日 (2007.1.11)	(74) 代理人	100082005
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 熊倉 禎男
早期審査対象出願		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 NH<sub>3</sub>-NF<sub>3</sub>化学による酸化物エッチング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理するための方法であって、  
前記基板を真空チャンバに位置決めするステップであって、前記基板の表面がその上に形成された第1の酸化物の層を有しているステップと、  
前記第1の酸化物の層及び前記基板の表面をエッチングして、前記基板内にトレンチを形成するステップと、  
前記トレンチを過剰充填する量の第2の酸化物を堆積させて、前記第2の酸化物の上部表面が前記基板の表面を超えるようにするステップと、  
処理ガス混合物の活性種を発生させるステップであって、前記処理ガス混合物が第1のガスおよび第2のガスを備えており、前記第1のガス対前記第2のガスのモル比が少なくとも3：1であり、前記第1のガスがアンモニア（NH<sub>3</sub>）であり、前記第2のガスが三フッ化窒素（NF<sub>3</sub>）であるステップと、  
前記活性種を前記第1の酸化物の少なくとも一部及び前記第2の酸化物の少なくとも一部と反応させて、前記基板の表面上に膜を残すステップと、  
前記基板の表面上に形成された膜を昇華させるステップと、  
を備える方法。

【請求項 2】

前記第2の酸化物を堆積させるステップが、前記第2の酸化物を堆積させる前に、前記トレンチにライナー酸化物を堆積させ、前記ライナー酸化物上に窒化物ライナーを堆積さ

せるステップをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記活性種を発生させる前に、前記基板を 15 ~ 65 の第 1 の温度まで冷却するステップをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記活性種が窒素原子およびフッ素原子を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記処理ガスのアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) 対三フッ化窒素 ( $\text{NF}_3$ ) のモル比が 5 : 1 である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記処理ガスの前記第 1 のガス対前記第 2 のガスのモル比が 3 : 1 ~ 10 : 1 である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記処理ガス混合物がさらにキャリアガスを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記活性種を発生させる前にキャリアガスを前記真空チャンバに導入するステップをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記膜が窒素原子およびフッ素原子を含む塩である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記膜がヘキサフルオロケイ酸アンモニウムを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記膜を昇華させるステップが、前記基板を 75 ~ 200 の第 2 の温度まで加熱するステップを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記昇華させた膜の材料を前記真空チャンバから除去するステップをさらに備える、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

基板を処理するための方法であって、

前記基板を真空チャンバに位置決めするステップであって、前記基板が、その表面上に形成された第 1 の酸化物の層と、前記第 1 の酸化物の層及び前記基板に形成されたトレンチと、前記トレンチに前記トレンチを過剰充填する量で形成された第 2 の酸化物の層であって、前記第 2 の酸化物の上部表面が前記基板の表面を超える前記第 2 の酸化物の層とを有しているステップと、

前記第 1 の酸化物及び前記第 2 の酸化物を前記基板の表面から選択的に除去するステップと、

を備え、前記選択的に除去するステップが、

処理ガスを前記真空チャンバに導入するステップであって、前記処理ガスが、第 1 のガスおよび第 2 のガスを備えており、前記第 1 のガス対前記第 2 のガスのモル比が少なくとも 3 : 1 であり、前記第 1 のガスがアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) であり、前記第 2 のガスが三フッ化窒素 ( $\text{NF}_3$ ) であるステップと、

前記処理ガスのプラズマを発生させるステップと、

前記第 1 の酸化物の層及び前記第 2 の酸化物の層を前記処理ガスの前記プラズマに暴露するステップと、

前記プラズマを前記第 1 の酸化物の層の少なくとも一部及び前記第 2 の酸化物の層の少なくとも一部と反応させることにより、窒素およびフッ素を含む膜を形成するステップと、

、

前記窒素およびフッ素を含む膜を、前記基板の表面から昇華させるステップと、を備えるプロセスを備える方法。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記第2の酸化物を堆積させる前に、前記トレンチにライナー酸化物を形成し、前記ライナー酸化物上に窒化物ライナーを形成する、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記ライナー酸化物の層の暴露された部分により、窒素およびフッ素を含む膜を形成して、化学的機械的研磨（CMP）プロセスを用いて過剰な前記ライナー酸化物を除去することにより、前記基板を平坦化するステップをさらに備える、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記処理ガスのアンモニア（ $\text{NH}_3$ ）対三フッ化窒素（ $\text{NF}_3$ ）のモル比が3：1～10：1である、請求項13に記載の方法。

【請求項17】

前記窒素およびフッ素を含む膜がヘキサフルオロケイ酸アンモニウムを含む、請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記処理ガスがさらにキャリアガスを備える、請求項13に記載の方法。

【請求項19】

前記窒素およびフッ素を含む膜を前記基板の表面から昇華させるステップが、前記基板を75～200の温度まで加熱するステップを備える、請求項13に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0001】

発明の分野

[0001]本発明の実施形態は概して、半導体基板を処理するための方法および装置に関する。より具体的には、本発明の実施形態は、半導体製作における選択的酸化物エッチングのための方法および装置に関する。

【0002】

関連技術の説明

[0002]半導体製作において、酸化物製作は、特に、MOS（金属酸化物半導体）技術に対するゲート構造の本質的部分である薄い酸化物にとって重要である。適切な製造コントロールによって、酸化物層は高品質、安定性および所望の誘電特性を有している。多様な酸化物製作プロセスが、異なる機能ごとに異なる特性の酸化物を取得するために集積デバイス製造（IDM）で使用される。熱酸化物および堆積酸化物が半導体デバイスで最も使用される。付加的に、自然酸化物がプロセス中に発生されることもある。異なる酸化物もまた後続のプロセスに様々な応答することもあり、また異なる処置を同じ目的で必要とすることもある。

【0003】

[0003]熱酸化物は、酸素環境での高温アニーリングによって熱成長される。熱酸化物は、誘電材料、デバイス分離、インプラント用スクリーン、ステンレスリリーフ（パッド酸化物）、再酸化窒化物、および多結晶シリコン表面用のフォトレジスト接着およびストレス低減として使用されてもよい。

【0004】

[0004]堆積シリコン酸化物は、チャンバにおいてシリコンソースおよび酸素を反応させることによって製作される。酸化物はまた、オゾン/テトラエチルオルトケイ酸（TEOS）や炭素ベース化学などの化学の組み合わせによって堆積可能である。例示的堆積酸化物は、一意のプロセスによって生成可能なHARP（高アスペクト比プロセス）酸化物であってもよい。減圧化学気相堆積法（SACVD）としても知られているHARPは、浅型トレンチ分離（STI）およびプレメタル誘電体（PMD）などの、オゾン/TEOS化学を使用して高アスペクト比ギャップに酸化物を堆積させる非プラズマベース化学気相堆積（CVD）ソリューションである。アニーリングは通常、HARP酸化物を固めるために必要とされる。

【0005】

10

20

30

40

50

[0005]自然酸化物は通常、基板表面が酸素に暴露される場合に形成される。酸素暴露は、基板が大気条件で処理チャンバ間を移動される場合、あるいは少量の酸素が真空チャンバに残っている場合に生じる。自然酸化物はまた、エッチング中の汚染から生じることもある。自然酸化物は通常望ましくなく、後続のプロセス前に除去されなければならない。

【 0 0 0 6 】

[0006]半導体製作中、構造は過剰な材料によって形成されてから、所望の寸法にエッチングおよび／または研磨されてもよい。酸化物の特徴部について、研磨およびエッチングは概して、所望のサイズに達するために形成後に使用される。一部の酸化物の特徴部は、同一プロセスに様々な応答する2つ以上の酸化物を有することがあり、ゆえに、特に特徴部サイズがより小さい場合に処理の困難さをもたらす。

10

【 0 0 0 7 】

[0007]STI（浅型トレンチ分離）は、いくつかの形態の酸化物を有する酸化物構造のうちの1つである。STIは、0.25ミクロン未満の製作に使用されるデバイス分離技術の一次形態である。酸化物充填トレンチは、半導体基板上に形成されたデバイスを分離するために使用される。トレンチがまず半導体基板上にエッチングされてから、酸化物層の熱成長が続く。この高温酸化物層の目的は、早期のゲート誘電体絶縁破壊を回避し、かつCVD酸化物堆積後のストレスを緩和するための適切なコーナーの丸みである。熱酸化物層はまたシリコン表面をパッシベーションして、シリコンと堆積酸化物層間のバリア層として作用する。トレンチは次いで、高密度プラズマ（HDP）やHARP酸化物によって充填されて、研磨され、エッチングされる。化学的機械的研磨（CMP）プロセスが、堆積後の酸化物充填トレンチに対して実行されることもあり、種々のウェル注入、ゲート酸化、および最終的にはポリ堆積およびパターンニングなどの後続のプロセスに対してトレンチおよび他の構造を基板上に準備するためのエッチングプロセスが続く。

20

【 0 0 0 8 】

[0008]スパッタエッチングプロセスおよびウェットエッチングプロセスは従来、STIエッチングで使用される酸化物エッチング処理である。しかしながら、スパッタエッチングプロセスは概して酸化物を完全に除去できず、また物理的衝突によってデリケートなシリコン層にダメージを与える恐れがある。ウェットエッチングは酸化物を除去するために、化学溶液、例えばフッ化水素酸（HF）および脱イオン水を使用する。しかしながら、希釈HFは、可変的な酸化物エッチングレートをも有するという不都合を有している。窒化酸化物は非窒化酸化物よりもかなりゆっくりとエッチングする。熱酸化物は、堆積酸化物と比較して異なるレートでエッチングする。さらに、アニーリング済み酸化物は堆積酸化物とは異なるエッチングレートをも有する。このことはプロセスフローにおける重大な変動性および集積問題を招く。

30

【 0 0 0 9 】

[0009]例えば浅型トレンチ分離において、3つの異なる酸化物がトレンチを充填するのに使用される。さらに、研磨および種々のクリーニングの後に酸化物の平坦性を維持するために、同一レートですべての酸化物をエッチングするエッチング化学が必要とされる。実際、種々のプロセス変動性は、ソースからドレインへの主要電流の流れを助長する重大な望ましくない漏洩を引き起こす。このような望ましくない漏洩の一例は、STIコーナー付近の多結晶シリコンラップである。以前から、STIエッチング／クリーニング後に、酸化物堆積前に成長される高温STI酸化物ライナーがトレンチを充填する。種々のHFエッチングバック中、トレンチの種々の酸化物は異なるレートでエッチングする。引き続き、堆積多結晶シリコンは、酸化物においてオーバーエッチングされたキャビティ内部に侵入する。トレンチ内部付近の多結晶シリコンラップは望ましくない漏洩および歩留まり損失をもたらす。

40

【 0 0 1 0 】

[0010]従って、同一レートですべての酸化物をエッチングするための装置および方法が必要である。

【発明の概要】

50

## 【 0 0 1 1 】

[0011]本発明は概して、半導体基板上の種々の酸化物を選択的に除去するための装置および方法を提供する。

## 【 0 0 1 2 】

[0012]本発明の一実施形態は、所望の除去レートで基板上の酸化物を選択的に除去するための方法において、該基板を真空チャンバに位置決めするステップであって、該基板の表面が、該酸化物を備える構造を有するステップと、該基板を第1の温度に冷却するステップと、エッチングガス混合物の活性種を該真空チャンバ内で発生させるステップであって、該エッチングガス混合物が第1のガスおよび第2のガスを備えており、かつ該第1のガスおよび第2のガスの比が該所望の除去レートによって決定されるステップと、該基板の該表面上の該構造を該活性種に暴露して、該構造上に膜を形成するステップと、該基板を加熱して、該構造上に形成された該膜を気化させるステップと、該気化膜を該真空チャンバから除去するステップと、を備える方法を提供する。

10

## 【 0 0 1 3 】

[0013]本発明の別の実施形態は、第1の酸化物および第2の酸化物を備える酸化物構造を有する基板を処理するための方法であって、該基板を真空チャンバに位置決めするステップと、該基板を第1の温度に冷却するステップと、エッチングガス混合物を該真空チャンバに導入するステップであって、該エッチングガス混合物が、第1のレートで該第1の酸化物を、かつ第2のレートで該第2の酸化物を低減するように調整されているステップと、該エッチングガス混合物のプラズマを該真空チャンバ内で発生させるステップと、該酸化物構造を該プラズマに暴露して、該基板上に膜を形成するステップと、該基板を加熱して、該酸化物構造上に形成された該膜を気化させるステップと、該気化膜を該真空チャンバから除去するステップと、を備える方法を提供する。

20

## 【 0 0 1 4 】

[0014]本発明のさらに別の実施形態は、基板を処理するための方法であって、該基板を真空チャンバに位置決めするステップであって、表面特徴部を有する該基板が第1の酸化物および第2の酸化物を備えるステップと、エッチングガス混合物を該真空チャンバに導入するステップと、該エッチングガス混合物から活性種を発生させるステップと、該表面特徴部を該エッチングガス混合物の該プラズマに暴露することによって該第1の酸化物を少なくとも部分的に低減するステップと、水溶性エッチングプロセスによって該第2の酸化物を低減するステップと、を備える方法を提供する。

30

## 【 0 0 1 5 】

[0015]本発明について上記引用された特徴が詳細に理解されるように、上記簡潔に要約された本発明のより具体的な説明が実施形態を参照してなされてもよく、これらの一部は添付の図面に図示されている。しかしながら、添付の図面は本発明の通常の実施形態のみを図示しており、従って、本発明は他の等しく効果的な実施形態を認めることができるため、この範囲を制限するものとみなされるべきではない点に注目する。

## 【 詳細な説明 】

## 【 0 0 1 6 】

[0021]本発明は、半導体製作における選択的酸化物エッチングのための方法および装置に関する。より具体的には、本発明は、エッチングガス混合物を使用して1つ以上の酸化物を基板表面から選択的に除去および/または均一に除去するための方法および装置を提供する。

40

## 【 0 0 1 7 】

[0022]図1は、浅型トレンチ分離がその中に形成されている基板ブロック10の部分的斜視図を概略的に図示している。示されている基板ブロック10は部分的にのみ製作され、浅型トレンチ2をシリコンベース1に形成している。浅型トレンチ2は酸化物で充填されており、電子デバイス、この場合は内蔵型トランジスタを分離するように構成されている。ソース3およびドレイン4が、注入ステップによって浅型トレンチ2内に形成される。多結晶シリコン構造（普通はポリと呼ばれる）5がソース3とドレイン4の間に形成さ

50

れる。ゲート酸化物層 6 がシリコンベース 1 とポリ 5 の間に形成される。詳細な製作シーケンスが図 4 および図 5 によって論じられている。

【 0 0 1 8 】

[0023] 図 2 は、ライン 2 - 2 に沿った基板ブロック 1 0 の部分断面図を概略的に図示している。図 2 は、ポリ 5 が浅型トレンチ 2 に会う場所を図示している。浅型トレンチ 2 は熱酸化物層 7 および堆積酸化物層 8 によって形成される。プレポリエッチング/クリーニングステップは、H F を使用する従来のウェットエッチングの状態によって実行される。H F は堆積酸化物層 8 よりも早いレートで熱酸化物層 7 をエッチングするため、ギャップ 9 が浅型トレンチ 2 に形成される。後続のポリ堆積は、ギャップ 9 を充填し、かつソース 3 またはドレイン 4 をラッピングするポリ 5 をもたらし、寄生接合や漏洩を引き起こす。

10

【 0 0 1 9 】

[0024] 図 3 は、本発明の一実施形態に従った処理チャンバ 1 0 0 の断面図を概略的に図示している。本実施形態では、処理チャンバ 1 0 0 は、チャンバ本体 1 1 2 の上端に配置されている蓋アセンブリ 2 0 0 と、チャンバ本体 1 1 2 内に少なくとも部分的に配置されているサポートアセンブリ 3 0 0 とを含んでいる。処理チャンバはまた、U 字型断面の遠隔電極を有する遠隔プラズマ発生器 1 4 0 を含んでいる。チャンバ 1 0 0 および関連ハードウェアは好ましくは 1 つ以上のプロセス適合材料、例えばアルミニウム、陽極酸化アルミニウム、ニッケルめっきアルミニウム、ニッケルめっきアルミニウム 6 0 6 1 - T 6、ステンレス鋼ならびにこれらの組み合わせおよび合金から形成される。

【 0 0 2 0 】

20

[0025] サポートアセンブリ 3 0 0 はチャンバ本体 1 1 2 内に部分的に配置されている。サポートアセンブリ 3 0 0 は、ベローズ 3 3 3 によって包囲されているシャフト 3 1 4 によって昇降される。チャンバ本体 1 1 2 は、チャンバ 1 0 0 の内部へのアクセスを提供するための、側壁に形成されているスリットバルブ開口 1 6 0 を含んでいる。スリットバルブ開口 1 6 0 は、ウェーハ取り扱いロボット（図示せず）によってチャンバ本体 1 1 2 の内部へのアクセスを許容するために選択的に開閉される。ウェーハ取り扱いロボットは当業者には周知であり、任意の適切なロボットが使用されてもよい。一実施形態では、ウェーハは、隣接する移送チャンバおよび/またはロードロックチャンバ（図示せず）、あるいはクラスターツール内の別のチャンバへのスリットバルブ開口 1 6 0 を介してプロセスチャンバ 1 0 0 内外へ移送可能である。事例的クラスターツールは、カリフォルニア州、

30

サンタ・クララにある Applied Materials, Inc. から入手可能な PRODUCER（商標）、CENTURA（商標）、ENDURA（商標）および ENDURASL（商標）を含むが、これらに制限されない。

【 0 0 2 1 】

[0026] チャンバ本体 1 1 2 はまた、熱伝達流体を流すためのチャンネル 1 1 3 をその中に形成して含んでいる。熱伝達流体は加熱流体または冷却剤であってもよく、また処理および基板移送中にチャンバ本体 1 1 2 の温度をコントロールするために使用される。チャンバ本体 1 1 2 の温度は、チャンバ壁のガスや副生成物の望ましくない濃縮を防止するために重要である。例示的熱伝達流体は水、エチレングリコール、またはこれらの混合物を含んでいる。例示的熱伝達流体はまた窒素ガスを含むこともある。

40

【 0 0 2 2 】

[0027] チャンバ本体 1 1 2 はさらに、サポートアセンブリ 3 0 0 を囲むライナー 1 3 3 を含んでおり、サービス提供およびクリーニングのために除去可能である。ライナー 1 3 3 は、好ましくは、アルミニウムなどの金属やセラミック材料からなる。しかしながら、任意のプロセス適合材料が使用されてもよい。ライナー 1 3 3 は、この上に堆積されている任意の材料の接着を増大させるためにビードブラストされてもよく、これによってチャンバ 1 0 0 の汚染をもたらす材料の剥がれ落ちを防止する。ライナー 1 3 3 は通常 1 つ以上のアパーチャー 1 3 5 と、真空システムと流体連通しているポンピングチャンネル 1 2 9 とをその中に形成して含んでいる。アパーチャー 1 3 5 はポンピングチャンネル 1 2 9 へのガスの流れ経路を提供し、ポンピングチャンネルはライナー 1 3 3 を介する流れ経路を提供

50

するため、ガスはチャンバ 1 0 0 から退去可能である。

【 0 0 2 3 】

[0028] 真空システムは、真空ポンプ 1 2 5 と、チャンバ 1 0 0 内のガスの流れを調節するスロットルバルブ 1 2 7 とを備えてもよい。真空ポンプ 1 2 5 は、チャンバ本体 1 1 2 上に配置されている真空ポート 1 3 1 に結合されており、ライナー 1 3 3 内に形成されているポンピングチャンネル 1 2 9 と流体連通している。真空ポンプ 1 2 5 およびチャンバ本体 1 1 2 はスロットルバルブ 1 2 7 によって選択的に分離されて、チャンバ 1 0 0 内のガスの流れを調節する。用語「ガス」( g a s ) および「複数のガス」( g a s e s ) は、特に言及がなければ互換的に使用されており、1 つ以上の前駆体、反応剤、触媒、キャリア、パージ、クリーニング、これらの組み合わせならびにチャンバ本体 1 1 2 に導入される流体を指している。

10

【 0 0 2 4 】

[0029] 蓋アセンブリ 2 0 0 は多数の積層コンポーネントを備えている。例えば、蓋アセンブリ 2 0 0 は蓋縁部 2 1 0 と、ガス送出アセンブリ 2 2 0 と上部プレート 2 5 0 とを備えている。蓋縁部 2 1 0 は、蓋アセンブリ 2 0 0 をなすコンポーネントの重量を保持するように設計されており、また、内部チャンバコンポーネントへのアクセスを提供するためにチャンバ本体 1 1 2 の上部表面に結合されている。ガス送出アセンブリ 2 2 0 は蓋縁部 2 1 0 の上部表面に結合されており、これとの最小の熱接触をするように配列されている。蓋アセンブリ 2 0 0 のコンポーネントは、好ましくは、例えば表面の仕上がりが優れているアルミニウム合金などの、高熱伝導率および低熱抵抗を有する材料から構築される。好ましくは、コンポーネントの熱抵抗は約  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$  未満である。

20

【 0 0 2 5 】

[0030] ガス送出アセンブリ 2 2 0 はガス分布プレート 2 2 5 またはシャワーヘッドを備えてもよい。ガス供給パネル ( 図示せず ) は通常、1 つ以上のガスをチャンバ 1 0 0 に提供するために使用される。使用される 1 つまたは複数の具体的なガスは、チャンバ 1 0 0 内で実行されるプロセスに左右される。例えば、通常のガスは 1 つ以上の前駆体、還元剤、触媒、キャリア、パージ、クリーニングまたはこれらの混合物や組み合わせを含む。通常、1 つ以上のガスはガス送出アセンブリ 2 2 0 を介してチャンバ 1 0 0 へ、蓋アセンブリ 2 0 0 へ、そしてチャンバ本体 1 1 2 に導入される。電子操作式バルブおよび / または流れコントロール機構 ( 図示せず ) は、ガス供給からチャンバ 1 0 0 へのガスの流れをコントロールするために使用されてもよい。

30

【 0 0 2 6 】

[0031] 一態様では、ガスはガス供給パネルからチャンバ 1 0 0 に送出されて、ここでガスラインは、上記のようにチャンバ本体 1 1 2 にガスを供給する 2 つの個別ガスラインに枝分かれする。プロセスに応じて、任意の数のガスがこのように送出可能であり、また、チャンバ 1 0 0 において、あるいはこれらがチャンバ 1 0 0 に送出される前に混合可能である。

【 0 0 2 7 】

[0032] 依然として図 3 を参照すると、蓋アセンブリ 2 0 0 はさらに、蓋アセンブリ 2 0 0 内で反応種のプラズマを発生させる電極 2 4 0 を含むことがある。本実施形態では、電極 2 4 0 は上部プレート 2 5 0 上にサポートされており、またこれと電氣的に分離されている。分離充填リング ( 図示せず ) が、電極 2 4 0 を上部プレート 2 5 0 から分離する電極 2 4 0 の下部部分を中心に配置されている。環状分離器 ( 図示せず ) が、図 3 に示されているように、分離充填リングの上部部分を中心に配置されており、上部プレート 2 5 0 の上部表面上に静止している。環状分離器 ( 図示せず ) が次いで、電極 2 4 0 の上部部分を中心に配置されて、電極 2 4 0 は蓋アセンブリ 2 0 0 の他のコンポーネントから電氣的に分離される。これらのリング、分離充填器および環状分離器の各々は、酸化アルミニウムや他の絶縁性プロセス適合材料からなってもよい。

40

【 0 0 2 8 】

[0033] 電極 2 4 0 は電源 3 4 0 に結合されるのに対して、ガス送出アセンブリ 2 2 0 は

50

接地に接続されている。従って、1つ以上のプロセスガスのプラズマが、電極240とガス送出アセンブリ200間に形成されている容積にもたらされる。プラズマはまた、ブロッカープレートによって形成された容積内に含有されることもある。ブロッカープレートアセンブリがない場合、プラズマは、電極240とガス送出アセンブリ220の間にもたらされて、含有される。いずれの実施形態でも、プラズマは蓋アセンブリ200内に閉じ込められるか、含有されている。

#### 【0029】

[0034]ガスを反応種に活性化させて、反応種のプラズマを維持することができる電源が使用されてもよい。例えば、高周波数(RF)、直流(DC)、交流(AC)またはマイクロ波(MW)ベースの電力放電技術が使用されてもよい。活性化はまた、熱ベース技術、ガス絶縁破壊技術、高強度光源(例えば、UVエネルギー)、あるいはX線源への暴露によって発生されてもよい。代替的に、遠隔プラズマ発生器などの遠隔活性ソースが、チャンバ100に次に送出される反応種のプラズマを発生させるために使用されてもよい。例示的遠隔プラズマ発生器は、MKS Instruments, Inc. および Advanced Energy Industries, Inc. などの販売業者から入手可能である。好ましくは、RF電源が電極240に結合される。

#### 【0030】

[0035]ガス送出アセンブリ220はプロセスガスと、チャンバ100内で実行される動作とに応じて加熱されてもよい。一実施形態では、例えば抵抗ヒーターなどの加熱要素270がガス送出アセンブリ220に結合される。一実施形態では、加熱要素270はチューブ状部材であり、ガス送出アセンブリ220の上部表面に押圧されている。ガス送出アセンブリ220の上部表面は、加熱要素270の外径よりもわずかに小さな幅を有する溝または凹状チャンネルを含んでおり、加熱要素270は、干渉フィットを使用して溝内に保持されている。

#### 【0031】

[0036]ガス送出アセンブリ220およびブロッカーアセンブリ230を含む送出アセンブリ220のコンポーネントは各々相互に導電結合されているため、加熱要素270はガス送出アセンブリ220の温度を調節する。処理チャンバのさらなる詳細については、参照して本明細書に組み入れられる、2005年2月22日出願された米国特許出願第11/063,645号に見ることができる。

#### 【0032】

[0037]処理チャンバ100は、真空を破壊することのない基板表面の加熱および冷却を必要とするプラズマ支援ドライエッチングプロセスを実行するために特に有用である。一実施形態では、処理チャンバ100は、基板上の1つ以上の酸化物を選択的に除去するために使用されてもよい。

#### 【0033】

[0038]説明の簡潔さおよび容易さのために、処理チャンバ100内で実行される、アンモニア( $\text{NH}_3$ )および三フッ化窒素( $\text{NF}_3$ )を使用する1つ以上のシリコン酸化物を除去するための例示的ドライエッチングプロセスについて次に説明する。処理チャンバ100は、すべてが単一の処理環境内にある基板の加熱および冷却の両方に加えて、アニーリングプロセスを含むプラズマ処置の利点を楽しむ任意のドライエッチングプロセスについて好都合であると思われる。

#### 【0034】

[0039]図3を参照すると、ドライエッチングプロセスは、例えば半導体基板などの基板110を処理チャンバ100に置くことによって開始する。基板は通常スリットバルブ開口160を介してチャンバ本体112に置かれ、サポート部材310の上部表面上に配置される。基板110はサポート部材310の上部表面にチャックされてもよい。好ましくは、基板110は、真空を引っ張ることによってサポート部材310の上部表面にチャックされる。サポート部材310は次に、まだ処理位置にない場合には、チャンバ本体112内の処理位置に持ち上げられる。チャンバ本体112は好ましくは50 ~ 80、よ



り好ましくは約 65 の温度に維持される。チャンバ本体 112 のこの温度は、熱伝達媒体をチャンネル 113 に通過させることによって維持される。

【0035】

[0040]基板 110 は、熱伝達媒体や冷却剤をサポートアセンブリ 300 内に形成された流体チャンネルを通過させることによって、65 未満、例えば 15 ~ 50 に冷却される。一実施形態では、基板は室温未満に維持される。別の実施形態では、基板は 22 ~ 40 の温度に維持される。通常、サポート部材 310 は、上述の所望の基板温度に達するように、約 22 未満に維持される。サポート部材 310 を冷却するために、冷却剤が、サポートアセンブリ 300 内に形成された流体チャンネルを通過させられる。冷却剤の連続流が、サポート部材 310 の温度を良好にコントロールするために好まれる。冷却剤は好ましくは 50 容量%のエチレングリコールおよび 50 容量%の水である。当然、基板の所望の温度が維持される限り、任意の比の水およびエチレングリコールが使用可能である。

10

【0036】

[0041]エッチングガス混合物が、基板 110 の表面上の種々の酸化物を選択的に除去するためにチャンバ 100 に導入される。一実施形態では、アンモニアガスおよび三フッ化窒素ガスが次いでチャンバ 100 に導入されて、エッチングガス混合物を形成する。チャンバに導入されたエッチングガスの量は可変的であり、また、例えば除去される酸化物層の厚さ、クリーニング中の基板の形状、プラズマの容積容量、チャンバ本体 112 の容積容量ならびにチャンバ本体 112 に結合されている真空システムの性能を受け入れるように調整されてもよい。

20

【0037】

[0042]エッチングガス混合物の比は、基板表面上の種々の酸化物を選択的に除去するように所定のものであってもよい。一実施形態では、エッチングガス混合物における成分の比は、熱酸化物、堆積酸化物および/または自然酸化物などの種々の酸化物を均一に除去するように調整されてもよい。一実施形態では、エッチングガス混合物におけるアンモニア対三フッ化窒素のモル比は、種々の酸化物を均一に除去するように設定されてもよい。一態様では、ガスは、少なくとも 1 : 1 のアンモニア対三フッ化窒素のモル比を有するガス混合物を提供するように添加される。別の態様では、ガス混合物のモル比は少なくとも約 3 対 1 (アンモニア対三フッ化窒素) である。好ましくは、ガスは、5 : 1 (アンモニア対三フッ化窒素) ~ 30 : 1 のモル比でチャンバ 100 に導入される。より好ましくは、ガス混合物のモル比は約 5 対 1 (アンモニア対三フッ化窒素) ~ 約 10 対 1 である。ガス混合物のモル比はまた約 10 : 1 (アンモニア対三フッ化窒素) ~ 約 20 : 1 にあってもよい。

30

【0038】

[0043]パージガスやキャリアガスもまたエッチングガス混合物に添加されてもよい。例えばアルゴン、ヘリウム、水素、窒素またはこれらの混合物などの任意の適切なパージ/キャリアガスが使用されてもよい。通常、エッチングガス混合物全体は、約 0.05 容量% ~ 約 20 容量%のアンモニアおよび三フッ化窒素である。残りはキャリアガスである。一実施形態では、パージまたはキャリアガスはまず反応ガスの前にチャンバ本体 112 に導入され、チャンバ本体 112 内の圧力を安定化する。

40

【0039】

[0044]チャンバ本体 112 内の動作圧力は可変的であってもよい。通常、圧力は約 50 ミリトール ~ 約 30 トールに維持される。好ましくは、圧力は約 1 トール ~ 約 10 トールに維持される。より好ましくは、チャンバ本体 112 内の動作圧力は約 3 トール ~ 約 6 トールに維持される。

【0040】

[0045]約 5 ~ 約 600 ワットの RF 電力が電極 240 に印加されて、ガス送出アセンブリ 220 に含有されている容積 261、262 および 263 内のガス混合物のプラズマに着火する。好ましくは、RF 電力は 100 ワット未満である。電力が印加される周波数が

50

非常に低いこと、例えば 100 kHz 未満であることがより好ましい。好ましくは、周波数は約 50 kHz ~ 約 90 kHz に及ぶ。

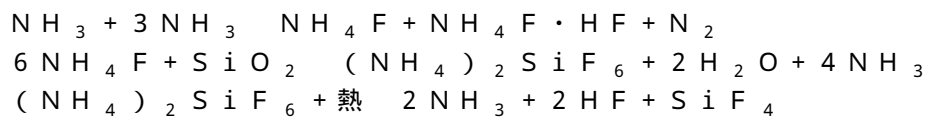
#### 【0041】

[0046] プラズマエネルギーはアンモニアガスおよび三フッ化窒素ガスを、結合して高反応性フッ化アンモニア ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) 化合物および / またはフッ化水素アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ ) をガス相に形成する反応種に解離する。これらの分子は次いで、ガス分布プレート 225 のホール 225A を介してガス送出アセンブリ 220 を流れて、処理される基板表面と反応する。一実施形態では、キャリアガスはまずチャンバ 100 に導入されて、キャリアガスのプラズマが発生されて、次いで反応ガス、アンモニアおよび三フッ化窒素がプラズマに添加される。

10

#### 【0042】

[0047] 理論に縛られたくはないが、エッチングガス、 $\text{NH}_4\text{F}$  および / または  $\text{NH}_4\text{F} / \text{HF}$  は酸化シリコン表面と反応して、ヘキサフルオロケイ酸アンモニウム ( $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ )、 $\text{NH}_3$  および  $\text{H}_2\text{O}$  生成物を形成するとされている。 $\text{NH}_3$  および  $\text{H}_2\text{O}$  は処理条件下では蒸気であり、真空ポンプ 125 によってチャンバ 100 から除去される。とりわけ、ガスが真空ポート 131 を介して真空ポンプ 125 へとチャンバ 100 を退去する前に、揮発性ガスは、ライナー 133 に形成されているアパーチャー 135 をポンピングチャンネル 129 に流れる。 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  の薄膜が基板表面に残される。この反応機構は以下のように要約可能である：



20

[0048] 薄膜が基板表面上に形成された後、サポート部材 310 は、加熱されたガス分布プレート 225 に近接したアニーリング位置に上昇されることがある。ガス分布プレート 225 から放射された熱は  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  の薄膜を揮発性の  $\text{SiF}_4$ 、 $\text{NH}_3$  および  $\text{HF}$  生成物に解離または昇華させることがある。これらの揮発性生成物は次いで、上記のように真空ポンプ 125 によってチャンバ 100 から除去される。通常、75 以上の温度が、薄膜を効果的に昇華させて、基板 110 から除去するために使用される。好ましくは、100 以上、例えば約 115 ~ 約 200 の温度が使用される。

#### 【0043】

30

[0049]  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  の薄膜をこの揮発性成分に解離するための熱エネルギーはガス分布プレート 225 によって変換または放射される。上記のように、加熱要素 270 は分布プレート 225 に直接結合されており、分布プレート 225 と、これと熱接触しているコンポーネントとを約 75 ~ 250 の温度に加熱するために起動される。一態様では、分布プレート 225 は 100 ~ 150 、例えば約 120 の温度に加熱される。

#### 【0044】

[0050] この上昇変化は種々の方法で達成可能である。例えば、リフト機構 330 はサポート部材 310 を分布プレート 225 の下部表面に上昇させることができる。このリフトステップ時に、基板 110 は、例えば上記の真空チャックや静電チャックによってサポート部材 310 に固定される。代替的に、基板 110 はサポート部材 310 から持ち上げられて、リフトピン 325 をリフトリング 320 を介して上昇させることによって、加熱された分布プレート 225 に近接して置かれることが可能である。

40

#### 【0045】

[0051] 薄膜を上部に有する基板 110 の上部表面と分布プレート 225 間の距離は重要ではなく、習慣的な実験にすぎない。当業者は、下地基板にダメージを与えることなく薄膜を効率的かつ効果的に気化させるのに必要な間隔を容易に決定可能である。しかしながら、約 0.254 mm (10 ミリメートル) ~ 5.08 mm (200 ミリメートル) の間隔が効果的であるとされている。

#### 【0046】

50

[0052] 薄膜が基板から除去されると、処理チャンバ 100 はパージされて、空にされる。処理済み基板は次いで、基板サポート 300 を移送位置に降下させて、基板をチャック解除し、基板をスリットバルブ開口 160 を介して移送することによって、チャンバ本体 112 から除去される。

【0047】

[0053] 本発明の一実施形態が、浅型トレンチ分離の製作中に種々の酸化物を均一に除去するために適用されてもよい。STI は、0.25 ミクロン未満の製作に使用されるデバイス分離技術の一次形態である。STI 製作は概して、トレンチマスクおよびエッチングと、側壁酸化と、トレンチ充填および平坦化とを含んでいる。図 4A ~ 図 4I は、本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

10

【0048】

[0054] 図 4A は、バリア酸化物層 402 および堆積窒化物層 403 の後の半導体基板 401 を図示している。基板 401 は、<100> 結晶方位、および 150 mm (6 インチ)、200 mm (8 インチ) または 300 mm (12 インチ) の直径を有するシリコン基板であってもよい。バリア酸化物層 402 は高温酸化炉において基板 401 上に成長されてもよい。バリア層 402 は約 150 の厚さを有してもよい。バリア酸化物層 402 は基板 401 を後の窒化物ストリップステップ中の汚染から保護する。窒化物層 403 は、高温低压化学気相堆積 (LPCVD) 炉に形成されてもよい。窒化物層 403 は概して、アンモニアガスおよびジクロロシランガスの反応によって形成されたシリコン窒化物 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) の薄い層である。窒化物層 403 は、酸化物堆積中に基板 401 を保護し、かつ後の化学的機械的平坦化 (CMP) 中の研磨停止材料として作用する耐久性のあるマスク材料である。

20

【0049】

[0055] 図 4B は、窒化物層 403 上に形成、暴露および展開されているフォトレジスト層 404 を図示している。トレンチパターンがフォトレジスト層 404 上に形成されることがある。後続の窒化物エッチングおよび酸化物エッチングのステップはトレンチパターン 405 を窒化物層 403 に形成し、バリア層 402 は、基板 401 の分離領域として指定されている場所を暴露する。

【0050】

30

[0056] 図 4C は、浅型トレンチ 406 がドライプラズマエッチングなどのエッチングプロセスを使用して基板 401 内に形成される様子を図示している。浅型トレンチ 406 は後に誘電材料によって充填されて、基板 401 に内蔵されている基板電界効果トランジスタ (MOSFET) 上の金属などの、電子デバイス間の分離材料として作用する。

【0051】

[0057] 図 4D は、浅型トレンチ 406 内部に形成されたライナー酸化物層 407 を図示している。ライナー酸化物層 407 は通常、高温酸化炉において熱成長される。ライナー酸化物層 407 の目的は、基板 401 と、充填するトレンチ酸化物との界面を改良することである。

【0052】

40

[0058] 図 4E は、浅型トレンチ 406 内部のライナー酸化物層 407 上方に形成された窒化物ライナー 408 を図示している。窒化物ライナー 408 は、窒素やアルゴンなどのキャリアガスにおけるシランおよびアンモニアからプラズマ化学気相堆積 (PECVD) プロセスによって形成されてもよい。窒化物ライナー 408 の目的は、浅型トレンチ 406 にストレスを含めて、ストレスのある酸化物によってもたらされる機械的欠陥を防止することである。

【0053】

[0059] 図 4F は、浅型トレンチ 406 およびトレンチパターン 405 内部に充填されたトレンチ酸化物 409 を図示している。トレンチ酸化物 409 は通常、比較的高い堆積レートで CVD プロセスによって形成される。トレンチ酸化物 409 は過剰充填されるため

50

、トレンチ酸化物 409 は基板 401 の上部表面の上方にある。

【0054】

[0060]CMP プロセスが、図 4G に示されているようなより平らな表面を取得するために適用されてもよい。CMP プロセスは過剰な酸化物をトレンチ酸化物 409 から除去する。

【0055】

[0061]窒化物ストリップステップが、図 4H に示されているように、窒化物層 402 を除去して、種々の酸化物、バリア層 402 からの熱酸化物、トレンチ酸化物 409 からの堆積酸化物、ライナー酸化物層 407 からの熱酸化物および窒化物ライナー 408 からの窒化酸化物を暴露するために実行されてもよい。

10

【0056】

[0062]通常、酸化物エッチングステップが、後続の処理ステップ、例えば種々のウェル注入のための浅型トレンチ構造を得るために実行される。図 4I は、ドライエッチングプロセス後の STI を図示している。本発明のドライエッチングプロセスは、図 4H で暴露された種々の酸化物をエッチングして、浅型トレンチ 409 の実質的により平らな上部表面を取得して、望ましくない接合および漏洩を防止するために使用されてもよい。一実施形態では、ドライエッチングプロセスは、本発明の処理チャンバ 100 と類似の処理チャンバで実行されてもよい。基板 400 は真空処理チャンバに位置決めされて、50 ~ 80、より好ましくは約 65 の温度に維持されてもよい。基板は次いで 65 未満、例えば 15 ~ 50 に冷却される。エッチングガス混合物が、基板 400 の表面上の種々の酸化物を除去するために処理チャンバ 100 に導入される。一実施形態では、アンモニアガスおよび三フッ化窒素ガスを備えるエッチングガス混合物が処理チャンバに導入される。アンモニアおよび三フッ化窒素の量および比は、例えば、除去される酸化物層の厚さ、基板 400 の形状、プラズマの容積容量、チャンバの容積容量、真空システムの性能ならびに基板 400 上の異なる酸化物の特性を受け入れるように調整される。パージガスやキャリアガスもまた、エッチングガス混合物に添加されてもよい。エッチングガス混合物のプラズマが、次いで着火される。プラズマは、基板 400 上の薄膜の層に残っている酸化物と反応する。基板 400 は、その後、75 より高い温度、具体的には約 115 ~ 約 200 の温度に加熱されて、薄膜を昇華させる。処理チャンバは次いでパージされて、空にされることが可能である。基板 400 は、その後、後続のステップについて準備ができる。

20

30

【0057】

[0063]上記のエッチングプロセスは半導体製作中の種々のエッチングステップにおいて、特に 1 つ以上の酸化物が少なくとも部分的に除去されるステップにおいて使用されてもよい。例えば、注入および堆積前の種々のエッチングバックは上記エッチングプロセスを採用してもよい。

【0058】

[0064]図 5A ~ 図 5H は、本明細書に説明されているドライエッチングプロセスおよび処理チャンバ 100 を含む、MOSFET 構造 500 などの電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

40

【0059】

[0065]図 5A ~ 図 5H を参照すると、例示的 MOSFET 構造は半導体材料、例えばシリコンやガリウムヒ素基板 525 上に形成されてもよい。好ましくは、基板 525 は、< 100 > 結晶方位、および 150 mm (6 インチ)、200 mm (8 インチ) または 300 mm (12 インチ) の直径を有するシリコンウェーハである。通常、MOSFET 構造は、(i) 二酸化シリコン、有機シリケート、炭素ドーパ酸化シリコン、リンシリケートガラス (PSG)、ホウ化リンシリケート (borophosphosilicate) ガラス (BPSG)、窒化シリコンまたはこれらの組み合わせなどの誘電層、(ii) ドープ多結晶シリコンおよび n 型または p 型ドーパ単結晶シリコンなどの半導体層、および (iii) タングステン、タングステンシリサイド、チタン、チタンシリサイド、コバルトシ

50

リサイド、ニッケルシリサイドまたはこれらの組み合わせなどの金属や金属シリサイドの層から形成された電気コンタクトおよび配線ラインの組み合わせを含む。

【 0 0 6 0 】

[0066]図 5 A を参照すると、アクティブ電子デバイスの製作が、アクティブ電子デバイスを他のデバイスから電氣的に分離する電気分離構造を形成することによって開始する。フィールド酸化物バリアや浅型トレンチ分離などの複数のタイプの電気分離構造がある。この場合、囲んでいる浅型トレンチ分離 5 4 5 A および 5 4 5 B は、デバイスの電氣的にアクティブの要素が形成および準備される領域を暴露した。S T I は、図 4 A ~ 図 4 I に説明されているように 2 つ以上の酸化物を含むことがある。暴露領域は熱的に酸化されて、約 5 0 ~ 3 0 0 オングストロームの厚さを有する薄いゲート酸化物層 5 5 0 を形成する。多結晶シリコン層が次に堆積、パターン化およびエッチングされて、ゲート電極 5 5 5 を作成する。多結晶シリコンゲート電極 5 5 5 の表面は、絶縁性誘電層 5 6 0 を形成するために再酸化可能であり、図 5 A に示されている構造を提供する。

10

【 0 0 6 1 】

[0067]図 5 B を参照すると、ソース 5 7 0 A およびドレイン 5 7 0 B が次に、適切なドーパント原子で適当な領域をドーピングすることによって形成される。例えば、p 型基板 5 2 5 上に、ヒ素またはリン酸を備える n 型ドーパント種が使用される。通常ドーピングはイオン注入器によって実行され、また例えば約 3 0 ~ 8 0 K e v のエネルギーレベルで約  $10^{13}$  原子 /  $\text{cm}^2$  の濃度のリン酸 ( $^{31}\text{P}$ ) や、1 0 ~ 1 0 0 K e v のエネルギーで約  $10^{15}$  ~  $10^{17}$  原子 /  $\text{cm}^2$  の用量のヒ素 ( $^{75}\text{As}$ ) を含むことがある。注入プロセス後、ドーパントは、例えば急速加熱処理 (R T P) 装置において基板を加熱することによって基板 5 2 5 に駆動される。その後、ソース 5 7 0 A およびドレイン 5 7 0 B の領域をカバーする薄いゲート酸化物層 5 5 0 は上記ドライエッチングプロセスによってストリップされて、薄いゲート酸化物層 5 5 0 にトラップされている注入プロセスによってもたらされる不純物を除去する。浅型トレンチ分離 5 4 5 A および 5 4 5 B の 2 つ以上の酸化物もまたエッチングされてもよい。エッチングガス混合物は、異なる酸化物に必要な種々のエッチングレートを受け入れるように調整されてもよい。

20

【 0 0 6 2 】

[0068]図 5 C および図 5 D を参照すると、窒化シリコン層 5 7 5 は、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  および  $\text{NH}_3$  のガス混合物を使用する低圧化学気相堆積法 (L P C V D) によってゲート電極 5 5 5 と基板 5 2 5 の表面に堆積される。窒化シリコン層 5 7 5 は次いで、図 5 D に示されているように、ゲート電極 5 5 5 の側壁に窒化物スペーサ 5 8 0 を形成するための反応イオンエッチング (R I E) 技術を使用してエッチングされる。スペーサ 5 8 0 は、ゲート電極 5 5 5 の上部表面に形成されているシリサイド層を、ソース 5 7 0 A およびドレイン 5 7 0 B に堆積されている他のシリサイド層から電氣的に分離する。電気分離側壁スペーサ 5 8 0 は、酸化シリコンなどの他の材料から製作可能である点に注目すべきである。側壁スペーサ 5 8 0 を形成するのに使用される酸化シリコン層は通常、約 6 0 0 ~ 約 1 , 0 0 0 の範囲の温度でテトラエトキシシラン (T E O S) の供給ガスから C V D や P E C V D によって堆積される。スペーサ 5 8 0 は注入および R T P 活性化後に形成されるものとして示されているが、スペーサ 5 8 0 はソース / ドレイン注入および R T P 活性化前に形成されてもよい。

30

40

【 0 0 6 3 】

[0069]図 5 E を参照すると、自然酸化シリコン層 5 8 5 は通常、プロセスの前後に雰囲気暴露されることによって暴露シリコン表面上に形成される。自然酸化シリコン層 5 8 5 は、形成された金属シリサイドの合金反応および導電性を改良するために、ゲート電極 5 5 5、ソース 5 7 0 A およびドレイン 5 7 0 B 上に導電性金属シリサイドコンタクトを形成する前に除去されなければならない。自然酸化シリコン層 5 8 5 は半導体材料の電気抵抗を増大させ、引き続き堆積されるシリコンおよび金属の層のシリサイド化反応に悪影響を与える恐れがある。従って、アクティブ電子デバイスを相互接続するための金属シリサイドコンタクトや導体を形成する前に、上記ドライエッチングプロセスを使用してこの

50

自然二酸化シリコン層 585 を除去する必要がある。上記ドライエッチングプロセスは、図 5 F に示されているように、自然酸化シリコン層 585 を除去してソース 570 A、ドレイン 570 B およびゲート電極 555 の上部表面を暴露するために使用されてもよい。浅型トレンチ分離 545 A および 545 B における酸化物もまたドライエッチングプロセスに暴露されてもよい。反応ガスの比などの適切な調整が、異なる表面での均一な除去レートを取得するためにドライエッチングプロセスに適用されてもよい。

【0064】

[0070]その後、図 5 G に図示されているように、物理気相堆積法 (PVD) やスパッタリングプロセスが金属層 590 を堆積するために使用される。従来の炉アニーリングが次いで、金属およびシリコンの層をアニーリングして、金属層 590 がシリコンと接触している領域に金属シリサイドを形成するために使用される。アニーリングは通常個別処理システムで実行される。従って、保護キャップ層 (図示せず) が金属 590 上に堆積されてもよい。キャップ層は通常窒化物材料であり、また窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、窒化ハフニウムおよび窒化シリコンからなる群より選択される 1 つ以上の材料を含んでもよい。キャップ層は任意の堆積プロセスによって、好ましくは PVD によって堆積されてもよい。

【0065】

[0071]アニーリングは通常、約 30 分間窒素雰囲気において 600 ~ 800 の温度に MOSFET 構造 500 を加熱するステップを伴う。代替的に、金属シリサイド 595 は、MOSFET 構造 500 が通常約 30 秒間約 1,000 に急速加熱される急速加熱アニーリングプロセスを利用して形成可能である。適切な導電金属は、コバルト、チタン、ニッケル、タングステン、プラチナ、および、低接触抵抗を有し、かつ多結晶シリコンおよび単結晶シリコンの両方との確実な金属シリサイド接触を形成可能な任意の他の材料を含んでいる。

【0066】

[0072]金属層 590 の未反応部分は、金属シリサイド 595 を攻撃することなく金属を除去する王水 (HCl および HNO<sub>3</sub>)、スパーサ 580 またはフィールド酸化物 545 A、B を使用するウェットエッチングによって除去可能であり、図 5 H に示されているように、ゲート電極 555、ソース 570 A およびドレイン 570 B 上に自己整列金属シリサイド 595 を残す。その後、例えば酸化シリコン、BPSG または PSG を備える絶縁カバ層が電極構造上に堆積可能である。絶縁カバ層は CVD チャンバにおける化学気相堆積法によって堆積され、ここで材料は、例えば、参照して本明細書に組み込まれている 1996 年 3 月 19 日に発行された、同一出願人による米国特許第 5,500,249 号に説明されているように、低圧または大気圧で供給ガスから凝縮する。その後、MOSFET 構造 500 は、平滑な平坦化表面を形成するためにガラス遷移温度でアニーリングされる。

【0067】

[0073]上記プロセスシーケンスは MOSFET デバイスの形成に関して説明されてきたが、本明細書に説明されているドライエッチングプロセスもまた、種々の酸化物の除去を必要とする他の半導体構造およびデバイスを形成するために使用可能である。ドライエッチングプロセスはまた、例えばアルミニウム、銅、コバルト、ニッケル、シリコン、チタン、パラジウム、ハフニウム、ホウ素、タングステン、タンタルまたはこれらの混合物を含む異なる金属の層の堆積前に使用可能である。

【0068】

[0074]一実施形態では、本発明のドライエッチングプロセスは水溶性エッチングプロセスと組み合わせられてもよい。例えば、少なくとも 2 つの酸化物を有する酸化物構造について、ドライエッチングプロセスは、第 1 の酸化物を選択的に除去して、第 2 の酸化物に対する第 1 の酸化物の特徴部を完全または部分的に低減するために使用されてもよい。第 2 の酸化物を除去するために、水溶性 HF エッチングプロセスが続いてもよい。

【0069】

10

20

30

40

50

[0075]上記説明についてのより良好な理解を提供するために、以下の非制限的实施例が提示される。実施例は特定の実施形態を目的としてもよいが、実施例は特定の態様に本発明を制限するものとして解釈されるべきではない。

【実施例】

【0070】

[0076]エッチング中、2 s c c mの $\text{NF}_3$ 、10 s c c mの $\text{NH}_3$ および2,500 s c c mのアルゴンのガス混合物が、処理チャンバ100などの真空チャンバに導入された。ガス混合物のプラズマが100ワットの電力を使用して着火された。底部パージは1,500 s c c mのアルゴンであり、縁パージは50 s c c mのアルゴンであった。チャンバ圧力は約6 トールに維持され、基板温度は約22 であつた。基板は120秒間エッチングされた。

10

【0071】

[0077]アニーリング中、間隔は750ミリメートルであり、蓋温度は120 であつた。基板は約60秒間アニーリングされた。約50オングストロームの材料が基板表面から除去された。アニーリング効果は観察されなかつた。エッチングレートは毎秒約0.46オングストローム(28 /分)であつた。観察されたエッチング均一性は50 エッチングの約5%であつた。

【0072】

[0078]特に示されない限り、明細書および特許請求の範囲で使用されている成分量、特性、反応条件などを表す、全ての数字は近似値として理解されるべきである。これらの近似値は、本発明によって取得されと思われる所望の特性および測定値誤差に基づいており、報告されている有効桁数に照らして、また普通の丸め技術を適用することによって少なくとも解釈されるべきである。さらに、温度、圧力、間隔、モル比、流量などを含むここで表されている数量のいずれかは、所望のエッチング選択率および粒子性能を達成するためにさらに最適化可能である。

20

【0073】

[0079]上記は本発明の実施形態を目的としているが、本発明の他のさらなる実施形態がこの基本的範囲から逸脱することなく考案されてもよく、またこの範囲は以下の特許請求の範囲によって決定される。

【図面の簡単な説明】

30

【0074】

【図1】浅型トレンチ分離をその中に形成している基板ブロックの部分的斜視図を概略的に図示している。

【図2】浅型トレンチ分離の部分図を概略的に図示している。

【図3】本発明の一実施形態に従った処理チャンバの断面図を概略的に図示している。

【図4A】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図4B】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図4C】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

40

【図4D】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図4E】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図4F】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図4G】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図4H】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

50

スの断面概略図である。

【図 4 I】本発明の一実施形態に従って浅型トレンチ分離を形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 A】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 B】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 C】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 D】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

10

【図 5 E】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 F】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 G】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【図 5 H】S T I において分離されている電子デバイスを形成するための製作シーケンスの断面概略図である。

【符号の説明】

20

【 0 0 7 5 】

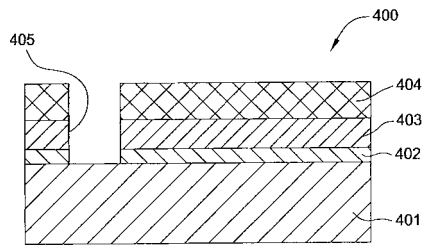
1 ... シリコンベース、2 ... 浅型トレンチ、3 ... ソース、4 ... ドレイン、5 ... ポリ、6 ... ゲート酸化物層、7 ... 熱酸化物層、8 ... 堆積酸化物層、9 ... ギャップ、10 ... 基板ブロック、100 ... 処理チャンバ、110 ... 基板、112 ... チャンバ本体、113 ... チャンネル、127 ... スロットバルブ、129 ... ポンプチャンネル、131 ... 真空ポート、133 ... ライナー、135 ... アパーチャー、140 ... 遠隔プラズマ発生器、160 ... スリットバルブ開口、200 ... 蓋アセンブリ、210 ... 蓋縁部、220 ... ガス送出アセンブリ、225 ... ガス分布プレート、225 A ... ホール、240 ... 電極、250 ... 上部プレート、261、262、263 ... 容積、270 ... 加熱要素、300 ... サポートアセンブリ、310 ... サポート部材、314 ... シャフト、320 ... リフトリング、325 ... リフトピン、330 ... リフト機構、333 ... ベローズ、340 ... 電源、401 ... 半導体基板、402 ... バリア酸化物層、403 ... 堆積窒化物層、404 ... フォトレジスト層、405 ... トレンチパターン、406 ... 浅型トレンチ、407 ... ライナー酸化物層、408 ... 窒化物層、409 ... トレンチ酸化物、525 ... 基板、545 A、545 B ... 浅型トレンチ分離、550 ... ゲート酸化物層、555 ... ゲート電極、560 ... 絶縁性誘電層、570 A ... ソース、570 B ... ドレイン、575 ... 窒化シリコン層、580 ... スペース、585 ... 自然酸化シリコン層、590 ... 金属層、595 ... 金属シリサイド

30

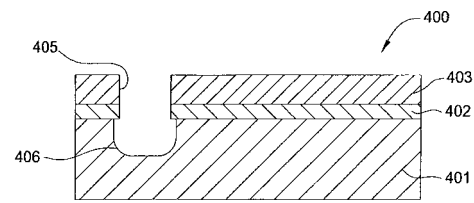




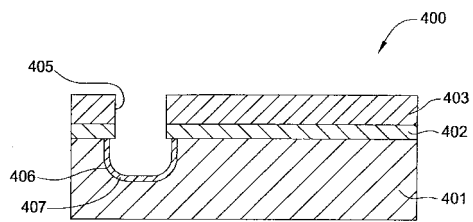
【図 4 B】



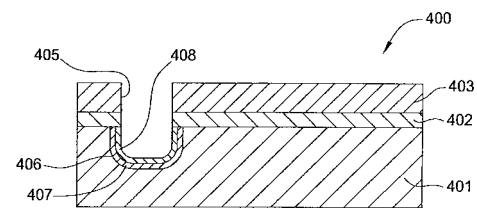
【図 4 C】



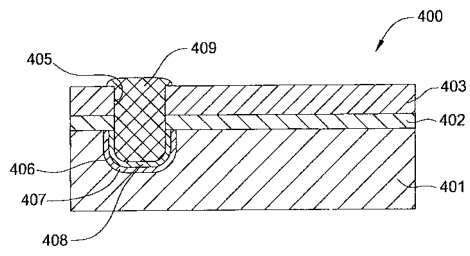
【図 4 D】



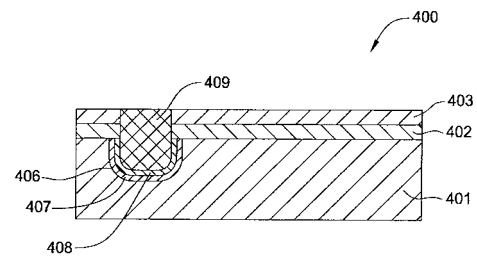
【図 4 E】



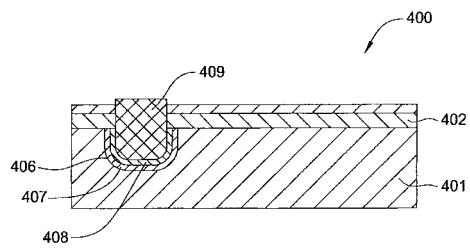
【図 4 F】



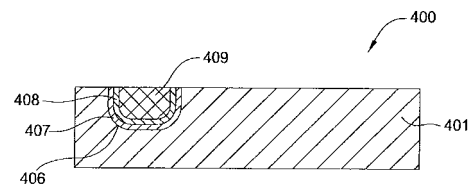
【図 4 G】



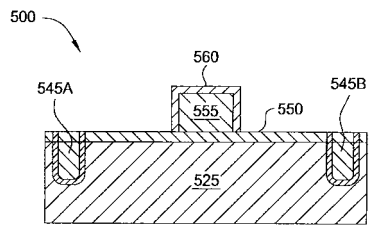
【図 4 H】



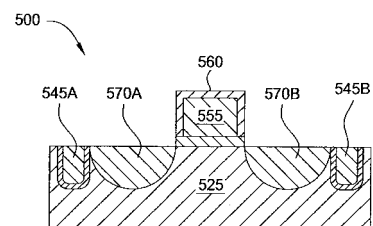
【図 4 I】



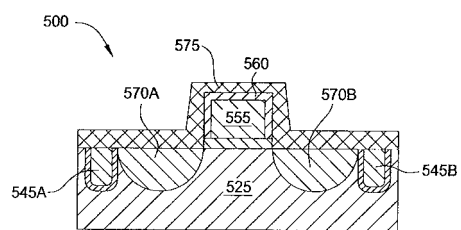
【図 5 A】



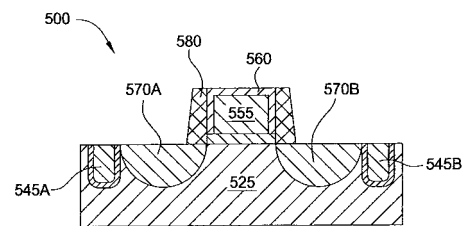
【図 5 B】



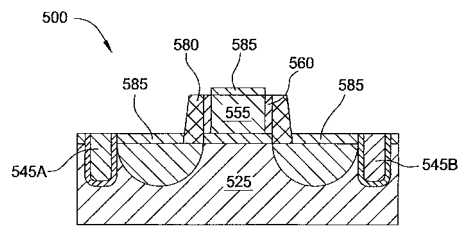
【図 5 C】



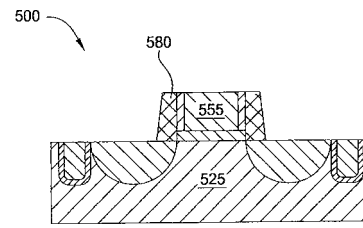
【図 5 D】



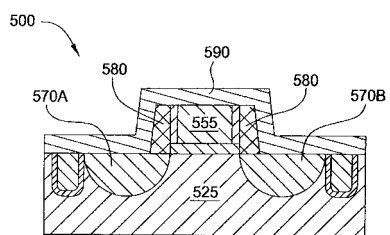
【図 5 E】



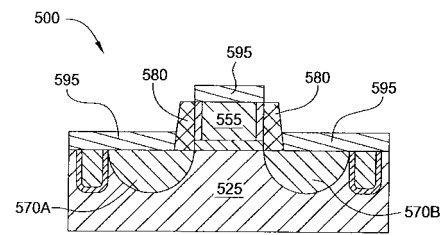
【図 5 F】



【図 5 G】



【図 5 H】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100086771  
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100109070  
弁理士 須田 洋之
- (74)代理人 100109335  
弁理士 上杉 浩
- (74)代理人 100107456  
弁理士 池田 成人
- (72)発明者 レザ アルガーヴァニ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, スコッツ ヴァレー, ツイン パインズ ドライブ  
1 9 2
- (72)発明者 チェン - ティ カオ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェール, スターブッシュ ドライブ 7 1 5
- (72)発明者 シン リャン ルー  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フレモント, ジャバラ コート 4 5

審査官 栗野 正明

- (56)参考文献 国際公開第2006/069085(WO, A1)  
特開2005-244244(JP, A)  
特開昭63-096937(JP, A)  
特開平05-160085(JP, A)  
特開2002-289596(JP, A)  
特開2003-282530(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |         |
|------|---------|
| H01L | 21/3065 |
| H01L | 21/336  |
| H01L | 21/76   |
| H01L | 29/78   |