

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5128033号
(P5128033)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/316	(2006.01)	HO 1 L 21/316		X
HO 1 L 21/76	(2006.01)	HO 1 L 21/316		M
		HO 1 L 21/76		L

請求項の数 14 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2001-232055 (P2001-232055)	(73) 特許権者	390040660
(22) 出願日	平成13年7月31日(2001.7.31)		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2002-151510 (P2002-151510A)		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
(43) 公開日	平成14年5月24日(2002.5.24)		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20年6月23日(2008.6.23)	(74) 代理人	100109726
(31) 優先権主張番号	09/629,040		弁理士 園田 吉隆
(32) 優先日	平成12年7月31日(2000.7.31)	(74) 代理人	100101199
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小林 義教
		(74) 代理人	100104282
			弁理士 鈴木 康仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン基板に比べて窒化ケイ素上の二酸化ケイ素の堆積速度を減小するためのウェーハ前処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を、シリコン基板上における二酸化ケイ素膜の堆積速度に対して、減小させる方法であって、

前記ウェーハを前処理するステップと、

前記ウェーハ上に二酸化ケイ素膜を気相堆積するステップとを備え、

前記前処理ステップは、前記ウェーハを、過酸化水素、イソプロピルアルコール及びアセトンから成る群から選ばれる化合物と接触させるステップと、前記ウェーハの上に前記化合物を自然乾燥させるステップとを備え、

前記窒化ケイ素パッド上の減小された二酸化ケイ素堆積速度は、前記ウェーハ上に自己平坦化二酸化ケイ素トレンチ充填を結果として生じる、上記の方法。

【請求項 2】

前記二酸化ケイ素膜の膜厚における変化によらず、前記シリコン基板上の二酸化ケイ素膜の堆積速度に対する、前記窒化ケイ素パッド上の二酸化ケイ素膜の堆積速度が、一定に維持される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ウェーハはシリコン基板及び窒化ケイ素パッドを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記過酸化水素は、30%水溶液である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

10

20

前記二酸化ケイ素膜が、選択的酸化準大気圧化学気相堆積プロセスによって、前記ウェーハの上に堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記選択的酸化準大気圧化学気相堆積は、オゾン活性オルトケイ酸テトラエチルプロセスを用いて、前記二酸化ケイ素膜を前記ウェーハの上に堆積する、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

ウェーハ上に二酸化ケイ素膜を堆積する前に、前記ウェーハを前処理する方法であって、前記ウェーハを、過酸化水素、イソプロピルアルコール及びアセトンから成る群から選ばれた化合物と接触させるステップと、前記ウェーハの上に前記化合物を自然乾燥させるステップとを備え、前記ウェーハの前記前処理は、前記ウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素の堆積速度を、シリコン基板上における二酸化ケイ素膜の堆積速度に対して、減小させる、上記の方法。

10

【請求項 8】

前記二酸化ケイ素膜の膜厚における変化によらず、前記シリコン基板上の二酸化ケイ素膜の堆積速度に対する、前記窒化ケイ素パッド上の二酸化ケイ素膜の堆積速度が、一定に維持される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記ウェーハはシリコン基板及び窒化ケイ素パッドを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記過酸化水素は、30%水溶液である、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 11】

前記二酸化ケイ素膜が、選択的酸化準大気圧化学気相堆積プロセスによって、前記ウェーハの上に堆積される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

前記選択的酸化準大気圧化学気相堆積は、オゾン活性オルトケイ酸テトラエチルプロセスを用いて、前記二酸化ケイ素膜を前記ウェーハの上に堆積する、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

シャロートレンチアイソレーションシリコンウェーハ上の窒化ケイ素パッド上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を、シリコン基板上における二酸化ケイ素膜の堆積速度に対して、減小させる方法であって、前記ウェーハを、30%過酸化水素水溶液と接触させるステップと、前記過酸化水素水溶液を前記ウェーハ上に自然乾燥させるステップとオゾン活性オルトケイ酸テトラエチルを用いて、前記二酸化ケイ素膜を前記ウェーハの上に気相堆積するステップとを備え、前記気相堆積は、選択的酸化準大気圧化学気相堆積プロセスであり、前記窒化ケイ素パッド上の減小された二酸化ケイ素堆積速度は、前記ウェーハ上に自己平坦化二酸化ケイ素トレンチ充填を結果として生じる、上記の方法。

30

【請求項 14】

前記二酸化ケイ素膜の膜厚における変化によらず、前記シリコン基板上の二酸化ケイ素膜の堆積速度に対する、前記窒化ケイ素パッド上の二酸化ケイ素膜の堆積速度が、一定に維持される、請求項 13 に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

【0002】

本発明は、一般に、集積回路技術に用いられるウェーハス上における二酸化ケイ素の化学気相堆積の分野に関する。特に、本発明は、ウェーハの窒化ケイ素パッド上の二酸化ケイ素膜の堆積速度を減少するために、シリコンウェーハを前処理する方法を提供する。

(関連技術)

【0003】

50

伝統的に、シリコンの局部酸化（LOCOS）構造は、集積回路（IC）シリコンデバイス用アイソレーション技術において標準であった。しかし、非平坦、シンニング、ストレス誘導シリコン欠陥の生成、及び深さに比例するアイソレーション領域の横膨張は、この技術における固有問題である。表面の非平坦は、特に、シリコン層の任意の次のリソグラフィックパターンニング中に、焦点深度問題を引き起こす。これは、0.35ミクロン未満の設計形状寸法の場合、重大になる。

【0004】

シャロートレンチアイソレーション（STI）技術は、より標準のLOCOS以上に、デバイスレベル処理の優れた応用を表現する。シャロートレンチアイソレーションは、主に、0.25ミクロン以下のデバイスに設計され、0.35ミクロンでの選択的使用もある。シャロートレンチアイソレーションは、よりよいトレンチ深さ、幅制御及びより大きいパッキング密度を提供する。アイソレーション領域はフォトリソグラフィックとエッチング技術を用いて画成される。シリコントレンチ内への二酸化（酸化）ケイ素堆積は、オルトケイ酸テトラエチル堆積（TEOS）或いは高密度プラズマ（HDP）気相堆積を介して、完成される。

10

【0005】

しかし、シャロートレンチアイソレーション構造は、トレンチ充填の後に、ウェーハ上の酸化物オーバーバーデン（overburden）の化学機械研磨（CMP）を必要とする。この手順における固有問題は、防止手段としてダミフィーチャやストップ層の使用を必要とする大きいオープン領域における過度のトレンチ酸化物ディッシングのような問題である。より一般に、二酸化ケイ素堆積後のエッチング及び逆マスクングを用いて、有効領域（active area）上の酸化ケイ素の厚さを減少させる。逆マスクング及びエッチングの次にCMPが行われる場合、逆マスクング及びエッチングがないプロセスに比べて、ディッシングが減少される。しかし、逆マスクング及びエッチングは、製造プロセスにコストと複雑さを加える。CMP終点検出の失敗、或いは過度のオーバ研磨がなく有効領域酸化物が完全に除去されるときに識別における失敗は、デバイス歩留りを減少する。これは、プロセス複雑さとコストの両方を増加する。

20

【0006】

選択的酸化物堆積（SELOX）を用いるシャロートレンチアイソレーション（STI）は、パッド窒化物とシリコンの上に差動堆積速度を利用して、トレンチ充填プロセス後により全体平坦を実現する。自己平坦化（self-planarizing）トレンチ充填は、化学気相堆積（CVD）中に特定の条件が設定される場合、発生する。標準のシャロートレンチアイソレーションプロセスと違って、二酸化ケイ素膜の自己平坦化は、ダミフィーチャ或いは逆マスクング或いはエッチングの必要を減少し或いは無くすることができる。このように、SELOXプロセスは、伝統的なシャロートレンチアイソレーションと比べ、著しくより少ない複雑さを有し、よって、コストを減少し、デバイスの製造性を改善する。

30

【0007】

シリコン上の堆積が開始した後までに、窒化ケイ素の堆積を遅延することによって、シリコンと比較して、窒化ケイ素上により薄い膜が堆積される。窒化ケイ素上の遅延された核形成は、窒化ケイ素に比べてシリコン上に選択的な堆積を有効に生成する場合、選択性或いは膜厚マルチプルは、望まれる二酸化ケイ素の厚さによって変化する。さらに、この方法によって堆積される窒化ケイ素上の二酸化ケイ素の密度は低く（多孔性）、窒化ケイ素上の二酸化ケイ素の非破壊測定を不可能にする。堆積遅延の代わりに、シリコンと比較して窒化ケイ素上の堆積をより遅くすることによって、選択的堆積プロセスが改善されることができ、膜厚マルチプルを向上させうる。ウェーハの前処理の結果として、膜厚における変化があっても一定の選択値、また、窒化ケイ素上の二酸化ケイ素膜の品質の並行改善をもたらす。

40

【0008】

先行技術は、自己平坦化酸化物層を生成するために、ウェーハを前処理することによって、ウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素の堆積速度を減少させる有効方法が欠けている点で、不足である。本発明は、この技術分野における長年の必要と要望

50

を達成する。

(発明の概要)

【0009】

1つの実施例において、本発明は、ウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を減小させる方法を提供し、この方法は、上記ウェーハを前処理するステップと、上記ウェーハの上に二酸化ケイ素膜を気相堆積するステップとを備え、上記窒化ケイ素基板の上の減小された二酸化ケイ素堆積速度は、ウェーハ上に自己平坦化二酸化ケイ素トレンチ充填を結果として生じる。

【0010】

もう1つの実施例において、本発明は、ウェーハ上に二酸化ケイ素膜を堆積する前に、ウェーハを前処理する方法を提供し、この方法は、上記ウェーハを、過酸化水素、イソプロピルアルコールとアセトンからなる群から選ばれる化合物と接触させるステップと、上記化合物をウェーハ上に自然乾燥させるステップとを備え、上記ウェーハの前処理は、ウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を減小する。

【0011】

さらにもう1つの実施例において、本発明は、シャロートレンチアイソレーションシリコンウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を減小する方法を提供し、この方法は、上記ウェーハを、水における30%過酸化水素溶液と接触させるステップと、ウェーハの上に上記過酸化水素溶液を自然乾燥させるステップと、オゾン活性オルトケイ酸テトラエチル($O_3/TEOS$)を用いて、ウェーハ上に二酸化ケイ素を気相堆積するステップとを備え、上記気相堆積は、選択的酸化準大気圧化学気相堆積プロセス(SELOX SACVD)であり、上記窒化ケイ素パッドの上の減小された二酸化ケイ素堆積速度は、ウェーハ上の自己平坦化二酸化ケイ素トレンチ充填を、結果として生じる。

【0012】

本発明の他の又は更なる様相及び利点は、開示の目的で与えられる下記の本発明の好ましい実施例に関する記述から明白である。

【0013】

このように、上記の本発明の特徴、利点、目的及びこれから明瞭になる他の点は、達成され詳細に理解されることができ、上記のように簡単に要約された本発明のより詳細な記述は、添付図面に例示される一定の実施例を参照して、与えられうる。

【0014】

添付の図面は、明細書の一部を形成する。しかし、添付図面は本発明の好ましい実施例を示し、よって、これらの範囲を限定するとみなされないことは、注意されるべき。

(本発明の詳細な記述)

【0015】

本発明の1つの実施例において、ウェーハ上の窒化ケイ素の上における二酸化ケイ素の堆積速度を減小する方法が提供され、この方法は、ウェーハを前処理するステップと、上記ウェーハ上に二酸化ケイ素を気相堆積するステップとを備える。この実施例では、窒化ケイ素基板上に減小された二酸化ケイ素堆積速度は、結果として、ウェーハ上に自己平坦化二酸化ケイ素トレンチ充填を生じ、ここで、膜厚における変化によらず選択性が一定のままに保つ。使用されるウェーハは、例えば、シリコン基板と窒化ケイ素パッドとを備えるシャロートレンチアイソレーションデバイスであってもよい。この実施例において、前処理ステップは、ウェーハを化合物と接触させるステップと、ウェーハ上に上記化合物を自然乾燥させるステップとを備えてもよい。ウェーハを自然乾燥するために用いられることができる化合物の代表的な例は、過酸化水素、イソプロピルアルコール及びアセトンを含む。さらに、過酸化水素は30%水溶液からなってもよい。

【0016】

本発明のこの実施例の1つの様相では、二酸化ケイ素膜は、選択的酸化準大気圧化学気相堆積(SELOX SACVD)プロセスによって、ウェーハ上に堆積される。SELOX SACVDプロセスの代表的な例は、オゾン活性オルトケイ酸テトラエチル($O_3/TEOS$)プロセスを用いて、

ウェーハ上に二酸化ケイ素を堆積する。ウェーハ上に二酸化ケイ素の選択的酸化準大気圧化学気相堆積中に選択される温度は、例えば、約400であってよい。

【0017】

本発明のもう1つの実施例では、ウェーハ上に二酸化ケイ素膜を堆積する前に、ウェーハを前処理する方法が提供される。この方法は、ウェーハを化合物と接触させるステップと、ウェーハ上に上記化合物を自然乾燥させるステップとを備える。ウェーハの前処理は、ウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を減小し、膜厚における変化によらず、選択性が一定のままに維持する。この方法において、ウェーハの自然乾燥に有用な化合物の代表的な例は、過酸化水素、イソプロピルアルコール及びアセトンを含む。さらに、過酸化水素は30%水溶液からなってもよい。使用されるウェーハは、例えば、シリコン基板と窒化ケイ素パッドとを備えるシャロートレンチアイソレーションデバイスであってよい。

10

【0018】

この実施例の1つの態様では、二酸化ケイ素膜は、選択的酸化準大気圧化学気相堆積(SELOX SACVD)プロセスによって、ウェーハ上に堆積される。SELOX SACVDプロセスの代表的な例は、オゾン活性オルトケイ酸テトラエチル(O_3 /TEOS)プロセスを用いて、ウェーハ上に二酸化ケイ素を堆積する。ウェーハ上における二酸化ケイ素の選択的酸化準大気圧化学気相堆積中に選択される有用な温度は、例えば、約400であってよい。

【0019】

本発明のもう1つの実施例において、シャロートレンチアイソレーションシリコンウェーハ上の窒化ケイ素パッドの上における二酸化ケイ素膜の堆積速度を減小する方法が提供される。この方法は、ウェーハを、30%水溶液の過酸化水素溶液と接触させるステップと、ウェーハの上に上記過酸化水素溶液を自然乾燥するステップと、オゾン活性オルトケイ酸テトラエチル(O_3 /TEOS)を用いてウェーハ上に二酸化ケイ素を気相堆積するステップとを備え、上記気相堆積は選択的酸化準大気圧化学気相堆積プロセス(SELOX SACVD)である。窒化ケイ素基板上に減小された二酸化ケイ素堆積速度は、結果として、膜厚における変化によらず選択性が一定のままに維持するように、ウェーハ上に自己平坦化二酸化ケイ素トレンチ充填を生じる。ウェーハ上における二酸化ケイ素の選択的酸化準大気圧化学気相堆積中に採用される有用な温度は、例えば、約400であってよい。

20

【0020】

以下の例は、本発明の様々な実施例を図示する目的で与えられて、如何なる形態で本発明を限定するはずではない。

30

(実施例1)

材料

【0021】

シャロートレンチアイソレーション用酸化ケイ素のSACVD(商標名)選択的酸化堆積が、AMAT Giga-Fill SACVD(商標名)USG装置を用いて、行われる。

(実施例2)

ウェーハの前処理

【0022】

シリコン上の膜厚が窒化ケイ素(SiN)上の膜厚の2 - 3xになるという結果を生じる酸化物堆積は、依然として、化学機械研磨(CMP)の前に、次の平坦化ステップを必要とする。前処理は、全面プロセスを改善する非常により高い選択性を可能にする。(Si上の SiO_2 厚さ)/(SiN上の SiO_2 厚さ)として定義される十分な膜厚マルチプルまたは選択性は、トレンチ形状寸法、SiN厚さ、CMP手順等に基づいて、変化する。マルチプルを増加する能力は、次の平坦化ステップの必要を除去し、CMPのために要求される時間を減少し、結果として、増加されるウェーハスループットをもたらす。それは、また、窒化ケイ素上の二酸化ケイ素膜の品質を改善し、即ち、結果膜は、前処理が無い場合と比べて、密度がより高くなる。膜の改善された品質は、その厚さを測定するためのエリブソメトリのような非破壊手段が可能にし、CMPプロセスのより正確な終点を可能にして、全体モジュールがよ

40

50

り強くする。

【0023】

さらに、選択的堆積プロセスは、より低い温度で行われ、よって、堆積速度を増大してスループットを増大する。選択的プロセスの堆積速度は、400 でシリコン上に140nm/分に対して、430 でシリコン上に90nm/分である。非処理標準選択的プロセスの場合の430 に対して、前処理を有する場合の最も周知の方法は400 で行われる。前処理がない場合、高い堆積温度は、窒化ケイ素上の多孔性二酸化ケイ素がシリコン「コーナー」領域でトレンチ領域に侵略するのを防ぐ。

【0024】

選択性または膜厚マルチプルは、前処理方法によって、二酸化ケイ素の厚さに依存しなくなる。前処理によって、窒化ケイ素上における二酸化ケイ素の堆積速度はもはや遅延しない。しかし、シリコン上の堆積速度に影響がないが、シリコンに比べて、窒化ケイ素上の堆積速度がかなり減少される。これは、より小さい、より挑戦的なトレンチ形状寸法の場合、より予測できるプロセスを可能にする。

10

【0025】

酸化物堆積の前にウェハースの前処理が存在しない場合、5000-6000 の酸化物膜厚について、様々なウェーハ上に、1.7から2.9xの膜厚マルチプルが既に達成されていた。シリコン上の二酸化ケイ素膜厚は、大きいオープンエリア、即ち、付近に有効領域がなく、シリコンがエッチングされたエリアで、測定される。窒化ケイ素上の二酸化ケイ素膜厚は、より大きい有効領域、即ち、近くにエッチングされた領域を有したく、窒化ケイ素パッドが完全である領域において、測定される。

20

【0026】

ウェーハを H_2O_2 （水の中で希釈された濃度30%の過酸化水素）、イソプロピルアルコール（IPA）或いはアセトンのいずれかに浸して、酸化物堆積チャンバ内に進入する前に自然乾燥させることは、膜厚マルチプルを増加する。図1(a)と1(b)は、同様な O_3 /TEOSプロセスによって堆積されたパターン化ウェーハースの断面を示す走査電子顕微鏡写真（SEM）である。前処理を有しないパターン化ウェーハース上の酸化物堆積は、2.6xの膜厚マルチプルを得る。 H_2O_2 前処理によって、マルチプルは14.7xに増加する。酸化物によるトレンチの充填は、 H_2O_2 前処理による影響を受けない。 H_2O_2 前処理によって、酸化物堆積速度は、Siの上やや減少するが、SiNの上はかなり減少する。IPA前処理によって、マルチプルは6.1x（図1(c)）になる。平らなウェーハースのアセトン前処理による酸化物膜厚は、（データが示されていない）IPA前処理によるパターン化ウェーハースの堆積厚さと膜形態に似ている。

30

（実施例3）

膜の表面形態

【0027】

H_2O_2 前処理されたSiNの上に成長した SiO_2 膜の形態は、非処理のSiN上のものと異なる。 H_2O_2 前処理されたSiN上の酸化物膜はより滑らかであり、即ち、気孔を有しない（図2(a)及び図2(b)）。これは、 H_2O_2 前処理の第2の利点を生じる。即ち、酸化物膜厚がエリプソメータによって測定されることができる。しかし、処理されていないSiN上の低品質膜は、破壊性である破断されたウェーハの上における走査電子顕微鏡（SEM）だけによって、測定されることができる。SiN上の酸化物膜厚測定は、次のステップにおける化学機械研磨用時間を決定するために重大である。IPA或いはアセトンのいずれかによる前処理は、非処理のウェーハースより選択性を増大したが、 H_2O_2 前処理の高選択性を達成しなかった。膜の品質は、IPA或いはアセトン前処理によっても改善されたが、同様に、 H_2O_2 前処理によって改善さらた次の酸化物膜品質（図2(c)）のレベルまでには達しなかった。従って、 H_2O_2 による前処理は、現用の酸化物堆積プロセスによる選択性を高めるための最良の既知方法を表す。

40

（実施例4）

シリコン上対窒化ケイ素上の酸化物の選択的成長速度

50

【0028】

シャロートレンチアイソレーション (STI) 用選択的酸化物堆積は、シリコン上の酸化物成長速度と窒化ケイ素上の酸化物成長速度との間に調整可能な選択性を提供して、自己平坦化酸化物成長を達成する。

選択性 = (シリコン上の膜厚) / (窒化物上の膜厚)

ここで、シリコン上の膜厚は窒化ケイ素上の膜厚より大きい。

【0029】

一般に、 O_3 : TEOS比を増大することは、窒化ケイ素に対して、シリコン上の選択的成長速度を高める。図3は、異なる O_3 : TEOS比の場合、窒化ケイ素及びシリコン (平らな) ウェーハ上の膜厚における変化を示す。減少された膜厚は、調査された O_3 : TEOS流量比の範囲にわたって観察されるが、その差は減少する比とともに減少した。

【0030】

さらに、CVD二酸化ケイ素の選択的堆積の後、このように、選択性を維持し、コーナラウンディング (corner rounding) が、熱酸化物を成長させる高温酸素堆積によって達成させる。SELOXプロセスは、高密度プラズマ (HDP) 気相堆積のような他の気相堆積プロセスと同様なよいコーナラウンディングを達成することができる。 O_2 における1050 で45分のアニーリング後に成長した150 熱酸化物の後に、ポストトレンチ充填酸化は、酸化物の均一な被覆を有し且つシリコンウェーハに消極的な影響を及ぼさないよいコーナラウンディングを示す。

(実施例5)

標準の (前処理がない) SELOXプロセスによる窒化物パッド層上における酸化物の遅延した核形成効果対SELOXプロセスの前の前処理による減少された堆積速度

【0031】

標準のSACVD O_3 /TEOS膜堆積の選択性は、酸化物層がウェーハの上に堆積される際にその自己平坦化を達成するために、利用される。最適化されたSACVDプロセスにおいて、選択性は、トレンチ内のシリコン上における二酸化ケイ素のより即時核形成に比較して、窒化ケイ素パッド上における二酸化ケイ素の遅延された核形成による。しかし、一旦窒化物上の核形成が始められると、膜厚を測定するとき、酸化物堆積の速度は、トレンチ内のシリコン上における酸化物堆積の速度と相似である。実際に、窒化ケイ素上に堆積された二酸化ケイ素が、シリコン上のものと比べて多孔性であるため、窒化ケイ素上の堆積速度が減少されることが効果的に現れ、即ち、窒化ケイ素及びシリコンの各々の上の膜厚が相似であるが、窒化ケイ素の上に堆積された二酸化ケイ素分子は、シリコン上のものほど多くない。

【0032】

図6のグラフは、ウェーハのトレンチにおけるシリコン上に酸化物堆積は直ちに起こるが、窒化ケイ素パッド上の酸化物成長は2tの堆積時間までに起こらないことを示している。この遅延した核形成効果は、シリコン上における酸化物堆積のややより速い速度と合せた結果、8tの時間前にウェーハ上の自己平坦化二酸化ケイ素層を生じる。図7における走査電子顕微鏡写真は、4tの堆積時間までさえ、窒化ケイ素上に可視的な有意な酸化物堆積がないことを示している (図7(c))。

【0033】

ウェーハの前処理によって、窒化ケイ素上における二酸化ケイ素の遅延した核形成は、もはや起こらない。シリコン上の堆積速度が変化しないが、窒化ケイ素上の堆積速度は著しく減少される。有利に、ウェーハの前処理は、二酸化ケイ素の厚さにもかかわらず、変化しない選択性を生じる。一方、前処理が無い場合、選択性値は、標準のSELOX SACVDプロセス中の二酸化ケイ素膜厚とともに変化する。

(実施例6)

SACVD O_3 /TEOS膜特性

【0034】

窒化ケイ素/シリコンウェーハ上における二酸化ケイ素膜のオゾン活性TEOS堆積は、ウェ

一八の化学機械研磨の前に自己平坦化を実現するために用いられる。選択的酸化物堆積プロセスにおいて、トレンチの最初のステップ高さは、選択性値を選んで、ウェーハ上に全体的に平坦な酸化物表面を堆積するために必要な時間を決定することによって、補償される。圧力、温度及び O_3 /TEOS比は、約1の選択性値用コンフォーマルSACVD USG酸化物堆積或いは1より大きい選択性値用選択的SACVD USG堆積のいずれかのために最適化される(図8)。

【0035】

さらに、オゾン/TEOSプロセスは、プロセス統合に関していくつかの利点を有する。例えば、調整可能な選択性/堆積速度は、より全体的な自己平坦化(図9(a)と図9(b))をもたらし、アニーリング後のオゾン/TEOS/酸化物の収縮が最小であり(図9(d))、非常に小さなギャップ(<0.1ミクロントレンチ開口)について、無ボイドギャップ充填が実現される。前処理は、より低い温度での増加した堆積速度を可能にする。SELOXプロセスは、他のシャロートレンチアイソレーション工程のような多くのポスト堆積プロセスステップを必要としないので、複雑さと全体コストが減少され、ウェーハスループットが増加される。

10

【0036】

表1は、可変の温度、圧力及び O_3 /TEOS比のプロセス条件下で、ウェーハ上の酸化膜の O_3 /TEOS堆積の結果を要約する。最適の条件は、430、700 torr 17重量% O_3 であり、窒化物レベルの下方により膜品質を得る。表2は、コンフォーマル堆積技術を用いる二酸化ケイ素堆積、標準のシャロートレンチSELOXプロセス及びウェーハスの前処理を用いる新しいシャロートレンチSELOXプロセスの最適の条件を用いる結果を、要約する。新しいSELOXプロセスは、1400 /分の堆積速度で、窒化物層の近くに(next to)良い膜品質を示す。

20

【0037】

M. YoshimaruとT. Yoshie、「 $Si(OC_2H_5)_4$ と O_3 を用いる大気圧化学気相堆積法によって堆積される二酸化ケイ素の成長特徴に及ぼす基板の影響」、J. Electrochem. Soc. 145、2847 (1998)。

【0038】

K. Kwok, E. Yieh, S. RoblesとB.C. Nguyen、「サブハーフミクロンギャップ充填用統合PECVD/Ozone-TEOS SACVDプロセスにおける表面関係現象：静電気効果」J. Electrochem. Soc. 141,2172 (1994)。

30

【0039】

T. Homma, M. SuzukiとY. Murao、「大気圧で半選択的テトラエトキシシラン・オゾン化学気相堆積法を用いて十分に平坦化された多層配線技術」、J. Electrochem. Soc. 140,3591 (1993)。

【0040】

K. Tsukamoto, D. Cheng, H. Komiyama, Y. Nishimoto, N. TokumasuとK. Maeda、「オルトケイ酸テトラエチル/ O_3 大気圧化学気相堆積において表面感度を除去するためのオルトケイ酸テトラエチル気相処理」、Electrochem. St. Lett. 2,24 (1999)。

【0041】

T. Nakano, N. SatoとT. Ohta、「オゾン・テトラエトキシシラン化学気相堆積における有機溶剤による表面前処理の効果のモデル」、J. Electrochem. Soc. 142 641 (1995)。

40

【0042】

J. Schlueter、「トレンチウォーフフェア(Trench Warfare) : CMP及びシャロートレンチアイソレーション」、Semiconductor International、頁123-130 (1999年10月)。

【0043】

N. Elbe., Z. Gabric, W. LangheinrichとB. Nerueither、「選択的酸化物堆積に基づく新しいSTI処理」、Symposium on VLSI Technology Digest of Technical Papers、頁208-209 (1998)。

【0044】

50

この明細書の中に言及される全ての特許或いは刊行物は、本発明が属する分野の当業者のレベルを示す。これらの特許及び刊行物は、刊行物の各々が特別に且つ個々に参照によって取り入れるように、同様な程度の参照によって、ここで、取り入れられる。

【0045】

本発明が目的を十分に達成し、言及された結果、利点及びそれらの固有性質を得ることについて、当業者なら、容易に認める。様々な改造型及び変化は、本発明の実施中に本発明の精神或いは範囲から脱逸せずに行われることができるということは、当業者にとって明白である。当業者は、特許請求の範囲に限定された本発明の精神内に含まれるそれらの変化或いは他の用途を想到するだろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 パターン化されたウェーハ上に391秒の堆積時間を用いる選択的酸化物堆積の走査電子顕微鏡写真断面を示す。(a)では、前処理が無く、酸化物の厚さがSiN上に2420、Si上に6290である。(b)では、 H_2O_2 による前処理があり、酸化物の厚さがSiN上に290、Si上に4260である。(c)では、イソプロパノールアルコール(IPA)による前処理があり、酸化物の厚さがSiN上に970、Si上に5900である。

【図2】 SiO_2 の表面形態の走査電子顕微鏡写真断面を示す。(a)は、未処理SiN膜上のものを示す、(b)は、 H_2O_2 処理されたSiN膜上のものを示す、(c)は、IPA或いはアセトン前処理されたSiN膜上のものを示す。

【図3】 異なる O_3 :TEOS流量比による、裸のシリコン、窒化ケイ素及び H_2O_2 前処理された窒化ケイ素基板上の酸化物膜厚を示し、流量比は、重量% O_3 流量を変えることによって変えられ、堆積時間は、各ウェーハにつき352秒であった。

【図4】 シャロートレンチアイソレーション堆積技術のダイアグラムと走査電子顕微鏡写真との比較を示す。(a)は、伝統的の準大気圧化学気相酸化物堆積(SACVD)、大気圧化学気相酸化物堆積(APCVD)及び低圧化学気相酸化物堆積(LPCVD)の場合、(b)は、高密度プラズマ化学気相酸化物堆積(HDPCVD)の場合、(c)は、準大気圧化学気相選択的酸化物堆積(SELOXSACVD)の場合を示し、選択的酸化物堆積は、ダミフィーチャ或いは逆マスクングを必要としないので、容易な化学機械研磨(CMP)インテグレーションを可能にする。

【図5】 ウェーハのコーナの熱電子顕微鏡写真(TEM)を含む、トレンチ充填用SACVD選択的酸化後のウェーハの断面図を示す。

【図6】 時間の関数として、窒化ケイ素上とシリコン上の酸化物堆積の比較を示す。

【図7】 ウェーハのトレンチの中のシリコン上の酸化物成長と比較して、窒化ケイ素パッド層上の酸化物の遅延した核形成効果を描く走査電子顕微鏡写真を示す。(a)では、時間tで、トレンチ内の酸化物成長が100nmであり、SiN上の酸化物成長が無視しうる。(b)では、時間2tで、トレンチ内の酸化物成長が200nmであり、SiN上の酸化物成長が無視しうる。(c)では、時間4tで、トレンチ内の酸化物成長が400nmであり、SiN上の酸化物成長が150nmである。(d)では、時間8tで、トレンチ内の酸化物成長が850nmであり、SiN上の酸化物成長が450nmである。

【図8】 酸化物膜のコンフォーマル及び選択的SACVD堆積用特定の選択性のための圧力、温度及び O_3 /TEOS比の最適化を示す。

【図9(a)】 SACVDを用いて行われるSELOXプロセスの特性を圧力及び温度の関数として図示し、即ち、7000sccm He、350mgm TEOS、5000(15重量%) O_3 、230mil、5000膜のプロセス条件での選択性を示す。

【図9(b)】 SACVDを用いて行われるSELOXプロセスの特性を圧力及び温度の関数として図示し、即ち、7000sccm He、350mgm TEOS、5000(15重量%) O_3 、230mil、5000膜のプロセス条件での堆積速度を示す。

【図9(c)】 SACVDを用いて行われるSELOXプロセスの特性を圧力及び温度の関数として図示し、即ち、7000sccm He、350mgm TEOS、5000(15重量%) O_3 、230mil、5000膜のプロセス条件での湿式エッチング速度比(WERR)を示す。

【図9(d)】 SACVDを用いて行われるSELOXプロセスの特性を圧力及び温度の関数として図示し、即ち、7000sccm He、350mgm TEOS、5000(15重量%) O_3 、230mil、1000アニー

10

20

30

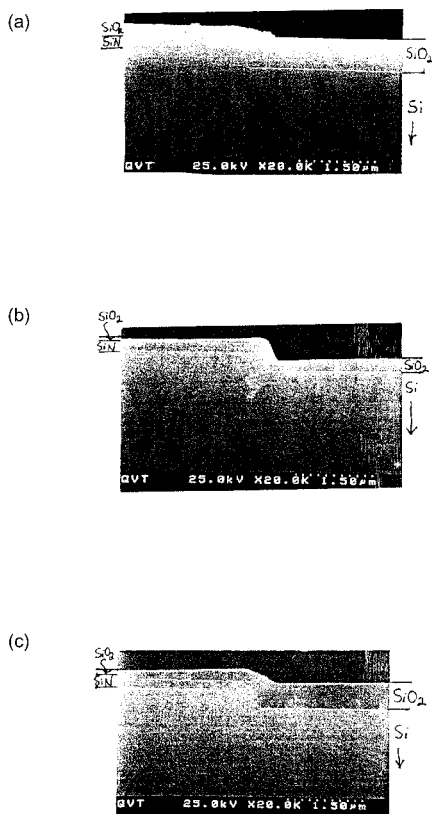
40

50

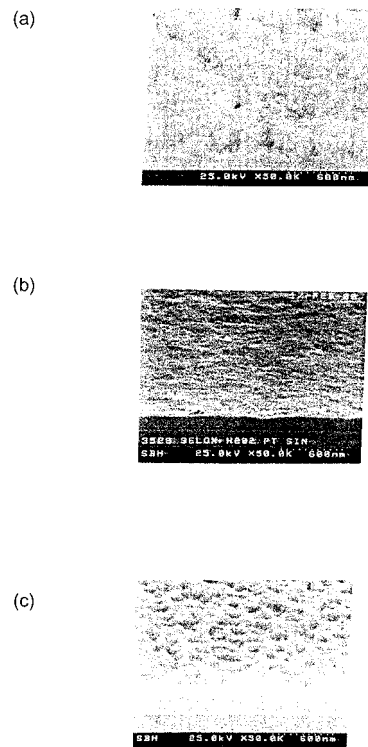
リング、30分、N₂のプロセス条件での収縮を示す。

【図9(e)】 SACVDを用いて行われるSELOXプロセスの特性を圧力及び温度の関数として図示し、即ち、7000sccm He、350mgm TEOS、5000(15重量%) O₃、230mil、5000 膜、スロットバルブ終点(オーパエッチング無し)とのプロセス条件での清浄時間を示す。

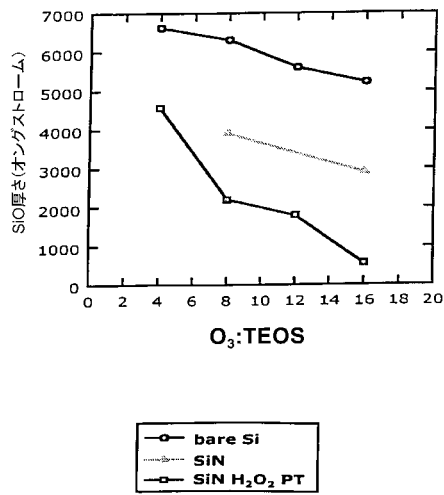
【図1】



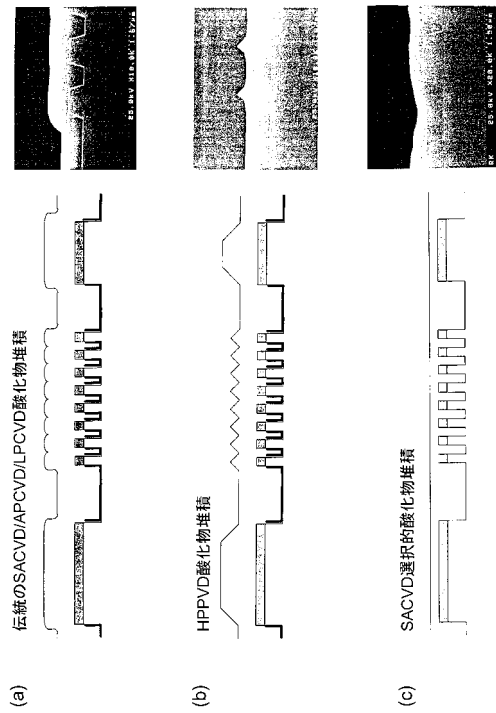
【図2】



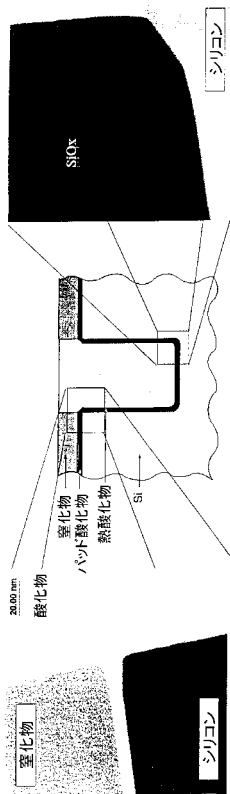
【 図 3 】



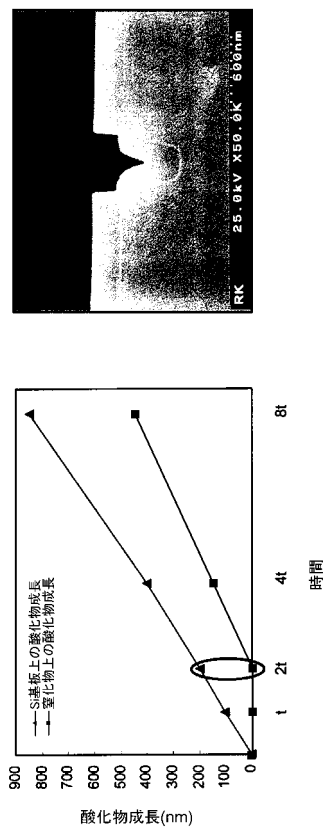
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 スコット ブラッド ハーナー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, パロ アルト, アディソン 909
- (72)発明者 マニュアル アンセルモ ヘルナンデツ
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェイル, エス. マシルド 777

審査官 宮本 靖史

- (56)参考文献 特開平09 - 045687 (JP, A)
特開2000 - 068367 (JP, A)
特開平06 - 283506 (JP, A)
特表2000 - 515321 (JP, A)
特開平11 - 150179 (JP, A)
特開平06 - 283523 (JP, A)
特開平11 - 126775 (JP, A)
特開平10 - 294311 (JP, A)
特開平10 - 022284 (JP, A)
特開2011 - 071555 (JP, A)
特開平03 - 198339 (JP, A)
特開平05 - 218031 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/316 - 21/318
H01L 21/76
H01L 21/205
H01L 21/31
C23C 16/00 - 16/56