

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-509375

(P2006-509375A)

(43) 公表日 平成18年3月16日(2006.3.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 5 A	4 M 1 O 4
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/28 E	5 F O O 4
HO 1 L 29/423 (2006.01)	HO 1 L 29/58 G	5 F O 3 3
HO 1 L 29/49 (2006.01)	HO 1 L 21/88 D	5 F O 4 8
HO 1 L 21/3213 (2006.01)	HO 1 L 29/78 3 O 1 G	5 F 1 4 O
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2004-559293 (P2004-559293)	(71) 出願人	301020237
(86) (22) 出願日	平成15年12月4日 (2003. 12. 4)		サイプレス セミコンダクター コーポレイション
(85) 翻訳文提出日	平成17年7月27日 (2005. 7. 27)		アメリカ合衆国 9 5 1 3 4 カリフォルニア州 サン ホゼ, ノース ファースト ストリート 3 9 0 1
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/038631		
(87) 国際公開番号	W02004/053936	(74) 代理人	100082005
(87) 国際公開日	平成16年6月24日 (2004. 6. 24)		弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	10/314, 380	(74) 代理人	100067013
(32) 優先日	平成14年12月6日 (2002. 12. 6)		弁理士 大塚 文昭
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100074228
			弁理士 今城 俊夫
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 多層ゲートスタック

(57) 【要約】

プラズマによりパターン形成された窒化層を形成するために窒化層をエッチングすることからなる半導体構造体を製造する方法。窒化層は半導体の基板上にあり、フォトレジスト層は窒化層上にあり、プラズマは、少なくとも圧力10ミリトルでCF₄及びCHF₃のガス混合物から形成される。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体構造体の製造方法であって、
窒化層をプラズマによりエッチングして、パターン形成された窒化層を形成する工程を含み、

前記窒化層は半導体基板上にあり、

フォトレジスト層が前記窒化層上にあり、

前記プラズマは少なくとも 10 ミリトルの圧力において CF_4 及び CHF_3 を含むガス混合物から調製される、
ことを特徴とする、前記方法。

10

【請求項 2】

前記ガス混合物は、 CF_4 : CHF_3 比が 10 : 1 から 1 : 3 であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記圧力は 15 から 45 ミリトルであることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記フォトレジスト層は 193 ナノメートルのフォトレジストを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記パターン形成された窒化層は 9 ナノメートル以下のラインエッジ粗さを有すること
を特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記ガス混合物は CF_4 : CHF_3 比が 8 : 1 から 1 : 2 であり、

前記圧力は 25 から 35 ミリトルであり、

前記フォトレジスト層は 193 ナノメートルのフォトレジストを含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

半導体構造体の製造方法であって、

窒化層をプラズマによりエッチングして、パターン形成された窒化層を形成する工程を含み、

30

前記窒化層はスタック上にあり、

前記スタックは半導体基板上にあり、

前記スタックは、

(i) ケイ素を含むゲート層と、

(i i) 前記ゲート層上の金属層と、

を含み、

フォトレジスト層が前記窒化層上にあり、

前記フォトレジスト層は 193 ナノメートルのフォトレジストを含み、

前記パターン形成された窒化層は 8 ナノメートル以下のラインエッジ粗さを有し、

前記プラズマは炭素、水素及びフッ素を含む、
ことを特徴とする前記方法。

40

【請求項 8】

前記パターン形成された窒化層は、6 ナノメートル以下のラインエッジ粗さであることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記プラズマは、少なくとも 15 ミリトルの圧力においてガス混合物から調製されることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記プラズマは、25 から 35 ミリトルの圧力においてガス混合物から調製されることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

50

【請求項 1 1】

前記ゲート層は P⁺領域及び N⁺領域を含み、
前記 P⁺領域及び N⁺領域は、0.4 ミクロン以下の幅を有する前記基板の分離領域上の領域により分離されている、
ことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の方法により半導体構造体を形成し、
前記半導体構造体から半導体素子を形成する、
ことを特徴とする半導体素子を製造する方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の方法により半導体素子を形成し、
前記半導体素子を有する電子素子を形成する、
ことを特徴とする電子素子を製造する方法。

10

【請求項 1 4】

請求項 7 に記載の方法により半導体構造体を形成し、
前記半導体構造体から半導体素子を形成する、
ことを特徴とする半導体素子を製造する方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の方法により半導体素子を形成し、
前記半導体素子を有する電子素子を形成する、
ことを特徴とする電子素子を製造する方法。

20

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の方法により製造された半導体構造体。

【請求項 1 7】

請求項 7 に記載の方法により製造された半導体構造体。

【請求項 1 8】

半導体基板上のパターン形成された窒化層を含み、
前記パターン形成された窒化層は、9 ナノメートル以下のラインエッジ粗さであり、
前記基板の分離領域は、0.4 ミクロン以下の幅を有する、
ことを特徴とする半導体構造体。

30

【請求項 1 9】

前記窒化層と前記半導体構造体との間に更にスタックを有し、
前記スタックは、
(i) ケイ素を含むゲート層と、
(i i) 前記ゲート層上の金属層と、
を有し、
前記ゲート層は前記分離領域上にある、
ことを特徴とする請求項 1 8 に記載の半導体構造体。

【請求項 2 0】

前記パターン形成された窒化層は 6 ナノメートル以下のラインエッジ粗さであることを
特徴とする請求項 1 8 に記載の半導体構造体。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

現代の集積回路は、トランジスタやコンデンサのように、半導体の基板の中や上で形成される最大数百万の能動素子で構成されている。能動素子間の相互接続は、多結晶シリコン及び多結晶金属のような複数の導電性相互接続層を設けることにより生成され、この導電性相互接続層は、エッチングされて搬送信号のための導電体を形成する。導電性層及び層間誘電体層が、例えば各層が厚さ 0.1 ミクロンのオーダーになるように、連続的にケイ素基板ウェハ上に成層される。

50

【背景技術】

【0002】

ゲート構造は、トランジスタの一素子である。図1は、ゲートスタック8の例を示している。半導体の基板10は、基板(12, 14)内のドープ領域(ソース・ドレン領域)に重なるゲートの絶縁層16を支持し、ゲート絶縁層は、典型的には多結晶シリコンであるゲート18を支持する。ゲート上には金属層30がある。金属層は、全体的にバリヤー層20として示される窒化物、酸化物又はケイ素化合物のような、1つ又はそれ以上の他の層によりゲートから分離される。次いで、金属層は、窒化物、酸化物又はケイ素化合物のような1つ又はそれ以上の他の層(全体を40)を支持する。酸化物22が、ゲートスタックの根元部においてゲート酸化物を保護するために、ゲートの側面に形成され、そして絶縁スペーサー24が、ゲートスタックのいずれかの側面に形成される。更に、基板内のソース・ドレン領域に対するコンタクト及びゲート構造に対するコンタクトが形成されることがある。

10

【0003】

自己整合コンタクト(self aligned contact = SAC)は、ゲートと基板へのバイアコンタクトとの間の距離を、最大で最小ゲート幅の2分の1にするような半導体素子の設計を可能にする。典型的には、SACは、整合不良のコンタクトがゲート自体に接触することを阻止するために窒化物を含むようにされたスペーサーと共に、ゲートスタック上の窒化層を使用する。窒化物が存在していない場合には、コンタクトとなる穴を形成するために使用されるエッチングが、誘電体層を貫通してゲートに達することになる。窒化物が存在する場合には、窒化層とスペーサーは、エッチングのストップ作用を果たし、不整合のために穴がゲートまで達するようになることを防止し、したがって、コンタクトとゲートの間に遥かに小さな平均距離を持つ素子設計を可能にする。

20

【0004】

ゲートスタック上の窒化層は、SACの形成に使用されるときには少なくとも800オングストロームの厚さがある。エッチング停止層又はハードマスクのような他の目的にのみ使用される場合には、800オングストローム以下の厚さが使用される。また、少なくとも800オングストロームの厚さは、誘電体層が形成された後の厚さであり、窒化層は、最初に形成されたときには通常はもっと厚く、ゲートエッチングの間に約500オングストロームの損失を許容し(例えばハードマスク機能としての厚さ)、窒化物スペーサーの形成の間に約200オングストロームの損失を許容する。

30

【0005】

集積回路及び半導体構造体内の素子の大きさを減らすことについて継続する必要性がある。素子の大きさが減少するにつれて、望ましいより小さな形状を得るためには、フォトレジストを露光するのに、より短い波長の放射線が必要である。このため、より短い波長の放射線に感度を持つフォトレジストを使用しなければならない。0.1ミクロンのオーダーの形状を得るために、193ナノメートルの波長を持つ放射線が使用されており、この波長に対して感度を持つフォトレジストは193ナノメートル・レジストと呼ばれる。このレジストは、T9269(スイス、ムッテン、Clariant International Ltd.製)、6A100(日本川崎市 東京応化工業株式会社)、及びAR414とAR237(両方とも日本、東京、日本合成ゴム株式会社製)のように種々のものが市販されている。

40

【0006】

しかし、遭遇する好ましくない問題は、エッチング処理が特定のフォトレジストに対して最適化され、スケールの減少に伴って異なるフォトレジストに切り換えることにより、ラインエッジ粗さの増大のような問題を生じ得ることである。(「An Experimentally Validated Analytical Model For Gate Line Edge Roughness (LER) Effects on Technology Scaling」 Diaz, C. H. 他 IEEE Electronic Device Letters, 22巻No. 6, 287から89

50

ページ(2001年6月)を参照のこと)。ラインエッジ粗さが増大すると素子の不良や素子の収益の減少という結果になる。

【0007】

【非特許文献1】「An Experimentally Validated Analytical Model For Gate Line Edge Roughness (LER) Effects on Technology Scaling」 Diaz, C. H. 他 IEEE Electronic Device Letters, 22巻No. 6, 287から89ページ(2001年6月)

【非特許文献2】Kirk Othmerによる工業化学百科事典の14巻、677から709ページ(1995年)

【非特許文献3】Semiconductor Device Fundamentals, Robert F. Pierret, Addison-Wesley, 1996年、Wolf, Silicon Processing for the VLSI Era. Lattice Press, 1986年、1990年、1995年(それぞれの1から3巻)

【非特許文献4】Microship Fabrication 第4版、Peter Van Zant, McGraw-Hill, 2000年

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0008】

第一の態様においては、本発明は、窒化層をプラズマによりエッチングして、パターン形成された窒化層を形成することを含む半導体構造体を製造する方法である。窒化層は半導体の基板上にあり、フォトレジスト層が窒化層上にあり、プラズマは、少なくとも10ミリの圧力において CF_4 (テトラフルオルメタン)及び CHF_3 (トリフルオルメタン)を含むガス混合物から形成される。

【0009】

第二の態様においては、本発明は窒化層をプラズマによりエッチングして、パターン形成された窒化層を形成することを含む半導体構造体を製造する方法である。窒化層はスタック上にあり、スタックは半導体の基板上にあり、スタックは、(i)ケイ素を含むゲート層、及び(ii)ゲート層上の金属層を含んでいる。フォトレジスト層は窒化層上にあり、フォトレジスト層は193ナノメートルのフォトレジストを含み、パターン形成された窒化層は8ナノメートル以下のラインエッジ粗さであり、プラズマは炭素、水素及びフッ素から構成される。

【0010】

第三の態様においては、本発明は、半導体基板上のパターン形成された窒化層を含む半導体構造体である。パターン形成された窒化層は9ナノメートル以下のラインエッジ粗さであり、基板の分離領域は0.4ミクロン以下の幅である。

【0011】

ラインエッジ粗さは任意の線に沿って1ミクロン間隔で均一に取られた10個の重要寸法(critical dimension=CD)の読み値の3シグマとして定義される。(「An Experimentally Validated Analytical Model For Gate Line Edge Roughness (LER) Effects on Technology Scaling」 Diaz, C. H. 他 IEEE Electronic Device Letters, 22巻No. 6, 287から89ページ(2001年6月)における長距離LERの説明を参照のこと)

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明は、9ナノメートル以下のラインエッジ粗さを生成するための新規な窒化物エッチング方法の発見を利用している。一般的に、窒化物のエッチングは、エッチングが4ミ

10

20

30

40

50

リトルの圧力のもとで CH_2F_2 （ジフルオルメタン）により形成されたプラズマで実行された場合、193ナノメートル・レジストに対して10から12ナノメートルのラインエッジ粗さという結果となる。9ナノメートル以下のラインエッジ粗さはエッチングのプラズマ圧力を著しく増加させること、及びプラズマにおけるフッ素濃度を増加させることにより達成される。

【0013】

図2を参照すると、ゲート絶縁層102が半導体基板100上にある。半導体基板は、従来から知られている半導体材料とすることができる。半導体の例は、ケイ素、ガリウムヒ素、ゲルマニウム、窒化ガリウム、リン化アルミニウム、及び、 Si_xGe_x 及び $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ のような合金を含む。半導体基板はケイ素が好ましく、ケイ素はドーパされたものでも、されていないものでもよい。ゲート絶縁層102は、従来から知られている絶縁体材料とすることができる。例えば、ゲート絶縁層は、シリコン酸化物又はシリコン窒酸化物を含むことができる。

10

【0014】

図3を参照すると、ゲート層105がゲート絶縁層上に形成される。このゲート層は、様々な半導体材料を含むことができる。典型的には、ゲート層は、多結晶シリコン（ポリ）又はアモルファスシリコンを含む。ゲート層は、一つの型のドーパ剤（ P^+ 又は N^+ ）によりドーパされるか、又は、区分された領域に両方の型のドーパ剤を含むことができる。分割ゲートは、 P^+ と N^+ 両方のドーピング領域を持つゲート層である。

【0015】

分割ゲートの場合、 P^+ 型ドーパされた（B又は BF_2^+ で）ゲート領域が基板の N^- 型ドーパされたチャンネル領域上にあつてPMOS（P型金属酸化膜半導体）素子を形成し、 N^+ 型ドーパされた（ As^+ 又はリン $^+$ で）ゲート領域が、基板の P^- 型ドーパされたチャンネル領域上にあつてNMOS（N型金属酸化膜半導体）素子を形成する。ゲートの P^+ 及び N^+ ドーピング領域は、基板の分離領域上にある領域で分離されており、この分離領域の幅は0.4ミクロン以下、より好ましい幅は0.36ミクロン以下である。ゲート領域のドーピングは、ゲートの形成後に、各領域を別々にマスクング及びドーピングするか、或いは一つの型のドーパ剤でゲート全体をドーピンし、次いで他の型のドーパ剤で一つの領域だけをマスクング及びドーピングする（カウンタードーピング処理）ことにより遂行することが好ましい。

20

30

【0016】

図4を参照すると、任意にバリヤー層115をゲート層上に形成することができる。この任意のバリヤー層は、窒化物、ケイ素化合物、酸化物を含む様々な物質を含むことができ、導電性材料が好ましい。例えば、バリヤー層は、耐火ケイ素化合物及び窒化物を含むことができる。バリヤー層は、窒化ケイ素、或いは、タンタル、チタニウム、ニオブ又はタングステンのような金属の窒化物又はケイ化物、例えば窒化タングステンを含むことが好ましい。

【0017】

更に図4を参照すると、金属層125が存在させる場合には、該金属層125は、ゲート層上又はバリヤー層115上に形成することができる。金属層の厚みは200から600オングストロームが好ましく、更に好ましいのは300から500オングストロームであり、325から450オングストロームが最も好ましい。金属層125は、様々な金属含有物質を含むことができる。例えば、金属層は、アルミニウム、銅、タンタル、チタニウム、タングステン、或いはその合金又は化合物を含むことができる。金属層はタングステン又はチタニウムからなることが好ましい。例えば、金属層は、金属の物理的気相成長法（PVD）又はハロゲン化金属と水素の混合物の低圧化学蒸着法（LPCVD）によって形成することができる。

40

【0018】

図5を参照すると、任意にバリヤー層135を金属層上に形成することができる。この第2の任意のバリヤー層の形成は、第1の任意のバリヤー層115について説明したよう

50

に遂行することができ、この層は、同じ物質により同じ厚さに形成することができる。

【0019】

更に図5を参照すると、エッチング停止層145が、化学蒸着法(CVD)を含む様々な方法で金属層上に形成される。エッチング停止層は、窒化層であることが好ましい。更には、エッチング停止層は、プラズマ増強化学蒸着法(PECVD)により形成された窒化ケイ素であることが好ましい。エッチング停止層は、組成を異ならせ、エッチング停止層の上に反射防止があるように、例えばエッチング停止層の上にケイ素濃度の高い窒化ケイ素、又はケイ素の酸窒化物があるようにし、この層が後のエッチング中にエッチング停止層を保護するハードマスクの機能も果たすようにすることができる。代わりに、別の反射防止層(ARC)を形成することができる。

10

【0020】

エッチング停止層は、比較的低温で急速に形成することが好ましい。例えば、ゲート層が P^+ 及び N^+ 両方のドーピング領域を含む場合には、ウェハが十分に高温のもとで長時間保持されるとドーパ剤の拡散を生じる。したがって、どんな高温処理も、比較的短時間においてのみ行われることが望ましい。同様に、長時間の処理はいずれも、比較的低温で行われることが望ましい。もし大気が実質的に無酸素であれば、或いは還元環境(水素を多く含む)であれば、エッチング停止層は、750度までの温度のもとで形成されることが好ましい。典型的な状況のもとでは、600度までの温度が好ましく、450度までが更に好ましい。少なくとも350度の温度、例えば400度が好ましい。エッチング停止層の被着は、分割ゲートにおける P^+ 領域と N^+ 領域の間で実質的な拡散を生じない温度及び時間で遂行されることが好ましい。

20

【0021】

エッチング停止層は、ゲート層のエッチングの後で、かつ、ゲートスペーサーの形成の後の状態で、少なくとも800オングストロームの厚さが好ましく、少なくとも1100オングストロームが一層好ましく、最も好ましいのは少なくとも1200オングストロームである。エッチング停止層の約500オングストロームがゲート層のエッチング中に失われ、エッチング停止層の約200オングストロームがスペーサーの形成の間に失われる。少なくとも1500オングストロームの厚さにエッチング停止層を被着させることが好ましく、少なくとも1800オングストロームの厚さにエッチング停止層を被着させることが一層好ましく、少なくとも2100オングストロームの厚さにエッチング停止層を被着させることが最も好ましい。ゲート層のエッチングの後で、かつ、ゲートスペーサーの形成の後(或いはその代わりとして誘電体層が形成された後)の状態で、エッチング停止層は800から1800オングストロームの厚さが好ましく、1100から1500オングストロームの厚が一層好ましく、最も好ましいのは1200から1400オングストロームである。同様に、工程におけるゲート層エッチング及びスペーサー形成の各点においてエッチング停止層の損失を生じるような物質が使われるときには、成層付着される厚みは、上述と同様の範囲に、ゲート層のエッチング及びスペーサーの形成の間に生じる損失を調整するための追加の700オングストロームを付加したものとすることが好ましい。

30

【0022】

図6-9を参照すると、各層は、ゲートスタックを形成するためにパターン形成することができる。このパターン形成は、例えば従来の写真平版技術とエッチング技術により遂行することができる。図6及び7を参照すると、例えば、エッチング停止層145(図6)上にパターン状のフォトリソist210を形成し、次いで層の露光された部分をエッチングすることによってエッチングを行い、パターン形成されたエッチング停止層150を形成することによって、エッチング停止層が形成される。側壁の不動態化状態を除くために、フッ化水素酸浸漬を使用することができる。

40

【0023】

エッチング停止層のエッチングは、ガス混合物から形成されたプラズマに露出することにより遂行することができる。ガス及びプラズマは、炭素、フッ素及び水素から構成する

50

ことが好ましい。フッ素と水素の原子比は、43 : 1 から 13 : 3 が好ましく、35 : 1 から 5 : 1 が更に好ましく、27 : 1 から 7 : 1 が最も好ましい。ガス混合物は、 CF_4 及び CHF_3 を含むことが好ましく、 CF_4 と CHF_3 の容積比は、10 : 1 から 1 : 3 が好ましく、8 : 1 から 1 : 2 が更に好ましく、6 : 1 から 1 : 1 が最も好ましい。ガス混合物及びプラズマは又、He (ヘリウム)、Ne (ネオン) 又は Ar (アルゴン) のような他のガスを含むことができる。エッチング中の圧力は、4 ミリトルより大きく、10 から 80 ミリトルのように、少なくとも 10 ミリトルが好ましく、15 から 45 ミリトルのように、少なくとも 15 ミリトルが更に好ましく、25 から 35 ミリトルが最も好ましい。

【0024】

到達したラインエッジ粗さは 9 ナノメートル以下、好ましくは 8 ナノメートル以下、6 ナノメートル以下となることが最も好ましい。このプラズマエッチングのその他の利点は、フォトレジストの消費が少ないことである。このプラズマエッチングは、窒化層を形成する他のステップにおいて、例えば、浅いトレンチ分離 (STI) 形成工程中といった、分離領域の形成中に使用することができる。

【0025】

図 8 を参照すると、パターン状のエッチング停止層は、パターン状の金属層 130 を形成するために金属層 125 (図 7) をエッチングする場合のハードマスクとして使用することができる。図 9 を参照すると、パターン状のエッチング停止層とパターン状の金属層は、パターン状のゲート層 110 を形成するためにゲート層 105 (図 8) をエッチングする場合のハードマスクとして使用することができる。ゲートのエッチングは、例えば塩素、臭化水素酸及び / 又は酸素から形成されたプラズマに露出することによる従来のゲートエッチング技術によって遂行することができる。

【0026】

パターン形成されたフォトレジスト 210 (図 6) は、エッチング停止層のエッチングに続くゲートスタック形成のいずれかのステップにおいて除去できる。例えば、パターン形成されたフォトレジストは、エッチング停止層のエッチング (図 6 と 7 に示されるように) 直後に除去できるし、或いは金属層のエッチングの後又はゲートエッチングの後で除去できる。フォトレジストの除去に続いて、フォトレジストの残留副産物の除去又はフォトレジストの除去を確認するための洗浄手順を行うことができる。例えば、フォトレジストは、パターン形成されたフォトレジストをアッシングしてパターン形成されたエッチング停止層 (図を有するゲートスタックを構成することにより除去することができる。フォトレジスト層のないこのゲートスタックは、次いで洗浄液で処理して、洗浄工程と除去を完了することができる。最も好ましい洗浄剤は、水、2 - (2 アミノエチレン) エタノール、ヒドロキシルアミン、及びカテコールを含むものである。洗浄液の例としては、EKC 265 (カリフォルニア州ヘーワード、EKC) がある。

【0027】

このように、図 9 は、半導体のウェハ上に形成できるゲートスタック 200 を表している。半導体の基板 100 はゲート絶縁層 102 を支持し、該ゲート絶縁層 102 は順にゲート層 110 を支持している。ゲート層は金属層 130 を支持し、該金属層 130 は任意にバリヤー層 120 によりゲート層から分離することができる。任意に、金属層はバリヤー層 140 を支持するようにすることができる。エッチング停止層 150 は、金属層 130 上、或いは任意に該金属層の上方の層 140 の上にある。

【0028】

ゲート構造の更なる処理は、ゲート層 110 上の側壁の酸化物領域 170 を形成することと、スタックの側面にスペーサー 160 (酸化物を含むことが好ましい) を形成することを含むことができる。更に、図 10 に示されるように、誘電体層 180 をエッチング停止層上に形成することができ、かつ、該誘電体を通して基板に達するようにコンタクト又はバイア 190 を形成することができる。このバイアは、例えば TiN 及びタングステンのそれぞれにより線形成及び充填されてバイアコンタクトを形成することができる。他の

10

20

30

40

50

処理は、ゲート自体に対するコンタクトの形成を含むことができる。誘電体層が形成された後に、エッチング停止層は、少なくとも800オングストローム、更に好ましくは少なくとも1100オングストロームの厚さであり、これは、SACの形成を可能にするために使用できる。

【0029】

該半導体構造体から半導体素子を形成することを完了するために、他の処理を使用することができる。例えば、ソース/ドレン領域12、14を基板内に形成することができ、追加の誘電体層を基板上に形成することができ、コンタクト及び金属化層をこれらの構造上に形成することができる。これらの追加の素子は、ゲートスタックの形成の前、形成中又はその後に形成することができる。

10

【0030】

本発明において使用するための、ゲートスタック層のエッチング、及び、研磨、洗浄、被着のステップのような他のステップを含む関連の処理ステップは、当技術における当業者によく知られており、Kirk Othmerによる工業化学百科事典の14巻、677から709ページ(1995年)、Semiconductor Device Fundamentals、Robert F. Pierret、Addison-Wesley、1996年、Wolf、Silicon Processing for the VLSI Era、Lattice Press、1986年、1990年、1995年(それぞれの1から3巻)、及び、Microship Fabrication 第4版、Peter Van Zant、Mcgraw-Hill、2000年において説明されている。

20

【0031】

本発明の半導体構造体は、例えばSRAM、DRAM、EPROM、EEPROMなどのようなメモリーセル、プログラム可能論理装置、データ通信装置、クロック発振装置などの集積回路のような半導体素子に組み込むことができる。更に、この半導体素子のいずれも、例えばコンピュータ、航空機又は自動車のような電子素子に組み込まれる。

【実施例】

【0032】

実施例1 - ゲート構造の形成

以下の詳細なステップが、分割ゲートを有するゲートスタックを形成するために使用された。

30

【0033】

40

窒素含有ゲート酸化物形成
ポリ被着ー単一アモルファスゲートの被着
Pードーピング用のマスク
P ⁺ ポリ打込み
Nーウェル打込み
Pーチャンネル打込み
P ⁺ ポリ打込みレジスト除去
Nードーピング用マスク
Pーウェル打込み
N ⁺ ポリ打込み
Nーチャンネル打込み
N ⁺ ポリ打込みレジスト除去
タングステンゲート前洗浄
タングステンPVD、スパッタ（窒素+アルゴン、次にアルゴンのみ）
窒化物ーPECVD
ARC及びレジスト被着
窒化物エッチング用マスク
窒化物エッチングーARC、窒化ケイ素、部分的タングステンエッチング
レジスト除去
タングステン及びポリエッチング
ポリエッチング後の洗浄
選択的酸化
N ⁺ ソース・ドレン延長部打込み
除去及び洗浄
P ⁺ ソース・ドレン延長部打込み
除去及び洗浄
窒化物スパーサー被着（BTBAS化学法）
スパーサーエッチング
スパーサーエッチング後の洗浄
N ⁺ ソース・ドレン打込み
除去及び洗浄
P ⁺ ソース・ドレン打込み
除去及び洗浄
窒化物ーポリ切断マスクエッチング及び洗浄
誘電体被着／平坦化／コンタクト用マスク
自己整合コンタクト（SAC）エッチング
SACエッチング洗浄

10

20

30

40

【0034】

底部反射防止膜（BARC）が、以下の条件でエッチングされた。CF₄流量100 sccm（標準立方センチメートル／毎分）、Ar流量100 sccm、電力600 W、バイアス75 W、圧力16 ミリトル、温度60 度。温度は、BARCエッチング中並びにその後のステップにおいて、例えばHe 背後冷却により制御される。

【0035】

次いで、レジストは、HBr（臭化水素）流量160 sccm、O₂流量28 sccm、電力400 W、圧力8 ミリトル、温度60 度、10 秒間という条件下でトリムされた。代替的に、レジストは、以下の条件でトリムされた。HBr流量169 sccm、O₂流量19 sccm、電力400 W、圧力8 ミリトル、温度60 度、5 秒間。

50

【 0 0 3 6 】

窒化物のエッチングは、プラズマにより、圧力 3 0 ミリトル、電力 5 0 0 W、バイアス 1 0 0 W、温度 6 0 から 6 5 度という条件下で遂行された。ガス組成は、2 7 5 s c c m での CHF_3 と、3 0 0 s c c m での CF_4 である。2 0 % のオーバーエッチングが使用された。

【 0 0 3 7 】

タングステンは、 NF_3 (三フッ化窒素) 流量 1 0 s c c m、 Cl_2 流量 2 5 s c c m、 O_2 流量 5 s c c m、Ar 流量 5 0 s c c m、 N_2 流量 3 0 s c c m、He 流量 1 5 0 s c c m、電力 8 0 0 W、バイアス 6 0 W、圧力 4 ミリトル、温度 6 0 度、1 0 秒間の条件下でエッチングされた。

10

【 0 0 3 8 】

レジスト材料は、アッシング (例えば、8 0 度において CF_4 及び O_2 混合物のもとでの) により除去され、スタックは、E K C 2 6 5 (カリフォルニア州ヘーワード、E K C、2 - (2 アミノエチレン) エタノール、ヒドロキシルアミンとカテコールの混合) を用いて 6 5 又は 7 0 度において 1 0 分間、そして 2 0 度において 2 分間噴霧しながら (噴霧用ツールを使用) 回転させることによりウェハを処理し、それに続いて、タングステンの望ましくない酸化を防ぐために、脱イオン水によるリンスを行うことによって洗浄された。この洗浄は、望ましくない酸化を防ぐために、タングステン又はタングステン窒化物が遭遇するあらゆる除去ステップ及び洗浄ステップにも使用される。また、以下の条件により洗浄を行って、その後で、水洗浄を行い、下流側においてプラズマアッシングを行うことも

20

【 0 0 3 9 】

次いで、タングステンは、以下の条件、すなわち、 NF_3 流量 1 5 s c c m、 Cl_2 流量 2 5 s c c m、 O_2 流量 5 s c c m 標準立方センチメートル毎分、Ar 流量 5 0 s c c m、 N_2 流量 3 0 s c c m、He 流量 1 5 0 s c c m、電力 8 0 0 W、バイアス 3 5 W、圧力 4 ミリトル、温度 6 0 度という条件下でエッチングされた。タングステンのオーバーエッチングが 5 秒間実行された。その時システムは 2 0 秒間にわたりポンプダウンされた。

30

【 0 0 4 0 】

次いで、ポリは、H B r 流量 2 5 0 s c c m、He (8 0 %) / O_2 (2 0 %) 流量 1 2 s c c m、電力 4 5 0 W、バイアス 4 0 W、圧力 2 5 ミリトル、温度 6 0 度という条件のもとでエッチングされた。ポリのオーバーエッチングは、H B r 流量 1 5 0 s c c m、He (8 0 %) / O_2 (2 0 %) 流量 8 s c c m、He 流量 1 0 0 s c c m、電力 2 0 0 W、バイアス 7 0 W、圧力 7 0 ミリトル、温度 6 0 度、6 3 秒間という条件のもとで遂行された。代わりに、ポリのオーバーエッチングは、H B r 流量 1 5 0 s c c m、He (8 0 %) / O_2 (2 0 %) 流量 1 3 s c c m、He 流量 2 0 0 s c c m、電力 2 5 0 W、バイアス 6 0 W、圧力 8 0 ミリトル、温度 6 0 度、5 3 秒間という条件のもとで遂行された。洗浄は上記のように行うことができ、或いは、例えば、以下の条件、すなわち、 CF_4 流量 4 0 s c c m、 O_2 流量 1 0 0 0 s c c m、 H_2O 流量 2 0 0 s c c m、 N_2 流量 1 5 0 s c c m、電力 1 7 0 0 W、圧力 7 0 0 ミリトル、温度 7 0 度、8 0 秒間という条件のもとで洗浄を行い、その後で、下流側において水リンス (例えば脱イオン水で 7 サイクルにより) することにより遂行することができる。

40

【 0 0 4 1 】

ポリの露出された側は、選択的酸化による約 5 0 から 7 0 オングストロームの厚さの酸化物の層で覆われていた。この工程は、タングステン及びタングステン窒化物とは異なり、ポリを選択的に酸化するために、温度 7 5 0 度のもとで、水素及び酸素 (1 0 % は蒸気) の混合物にスタックを曝すことにより遂行された。

50

【 0 0 4 2 】

スパーサー形成のための窒化層を形成するために、B T B A Sを以下の条件、すなわち、B T B A S流量50 s c c m、NH₃流量100 s c c m、圧力150ミリトル、温度550度という条件のもとで使用した。

【 0 0 4 3 】

窒化物のエッチング（窒化物 - ポリ切り出しマスクエッチング及び洗浄）は、圧力35ミリトル、電力280 W、温度15度のもとで、プラズマにより実行された。主エッチングのガス組成は、30 s c c mのCH₃F₃、60 s c c mのAr、10 s c c mのO₂であった。洗浄は、次の2つのステップに基づきプラズマアッシングを使用して行い、その後で洗剤による洗浄を行った。

ステップ1：

圧力2ミリトル、温度185度、マイクロ波電力800 W、ガスは、3750 s c c mのO₂及び375 s c c mのN₂。

ステップ2：

温度200度、マイクロ波電力1400 Wであること以外は同じ値。

【 0 0 4 4 】

コンタクトを形成するためのエッチング（S A Cエッチング）は、A R Cエッチングの条件として、圧力55ミリトル、電力500 W、温度35度、20ガウスの磁石、ガスは、5 s c c mのCF₄、10 s c c mのCH₃F₃、及び10 s c c mのC₂H₂F₄におけるプラズマを使用し、主エッチングの条件は、55ミリトルの圧力、電力500 W、温度35度、25ガウスの磁石、ガスは、80 s c c mのCH₃F₃、8 s c c mのC₂H₂F₄、90 s c c mのArであった。洗浄は、次の2つのステップによるプラズマでアッシングの後で、洗剤による洗浄を行うことにより遂行された。

ステップ1：

圧力400ミリトル、温度20 ± 5度、RF電力420 W、400 s c c mのO₂ガス。

ステップ2：

圧力750ミリトル、温度20 ± 5度、RF電力420 W、ガスは、400 s c c mのN₂、400 s c c mのH₂、5 s c c mのNF₃、或いは、その代わりとして、

圧力750ミリトル、温度40 ± 5度、RF電力350 W、ガスは、20 s c c mのCF₄、200 s c c mのN₂ / 5 % H₂、500 s c c mのO₂。

【 0 0 4 5 】

S A Cエッチング洗浄は、噴霧ツールによりE K C 2 6 5を使用して、温度70度で10分間、更に20度で2分間行い、その後で、脱イオン水によるリンスを行い、次いで、N₂内で回転乾燥をし、その後で、150度のH₂SO₄（硫酸）によりそれぞれ10分間ずつ2回洗浄し、N₂内で回転乾燥をした。

【 0 0 4 6 】

スタックにおいては、窒化ケイ素層は1300オングストロームの厚さであり（窒化ケイ素はポリエッチング及びスパーサーエッチングの間に失われるので被着した実際の量はより大きいのであるが）、タングステン層は325オングストロームの厚さであり、タングステン窒化層は75オングストロームの厚さであり、ポリ層は735オングストロームの厚さであった。コンタクトは、最上部では0.13ミクロンの幅であり、底部は0.05ミクロンの幅であった。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 7 】

【 図 1 】 ゲートスタック構造を示す。

【 図 2 】 図 9 の構造の形成方法を示す。

【 図 3 】 図 9 の構造の形成方法を示す。

【 図 4 】 図 9 の構造の形成方法を示す。

【 図 5 】 図 9 の構造の形成方法を示す。

10

20

30

40

50

【図 6】図 9 の構造の形成方法を示す。

【図 7】図 9 の構造の形成方法を示す。

【図 8】図 9 の構造の形成方法を示す。

【図 9】本発明のゲートスタックを示す。

【図 10】図 9 の後の処理をした後のゲートスタックを示す。

【図 1】

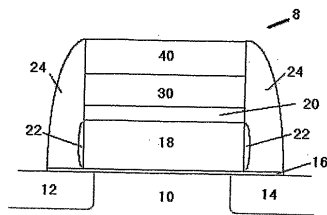


Figure 1

【図 2】

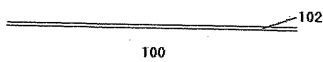


Figure 2

【図 3】

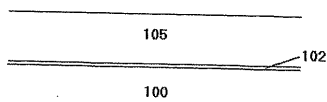


Figure 3

【図 4】

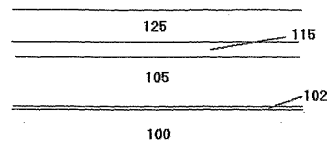


Figure 4

【図 5】

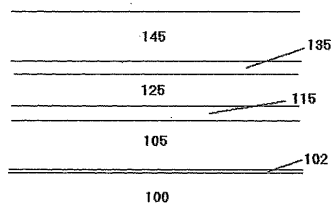


Figure 5

【 図 6 】

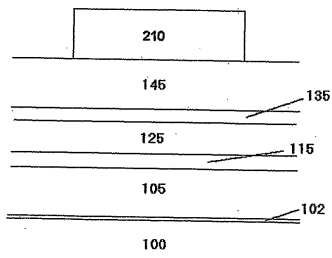


Figure 6

【 図 8 】

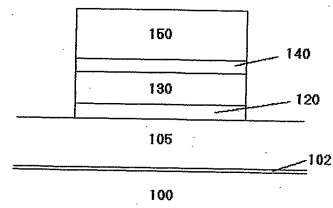


Figure 8

【 図 7 】

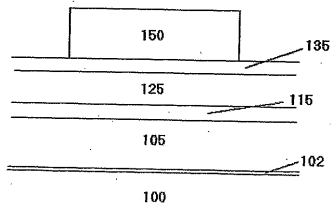


Figure 7

【 図 9 】

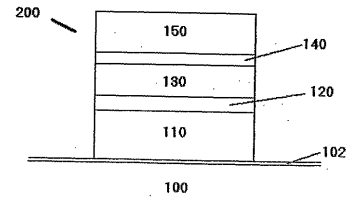


Figure 9

【 図 10 】

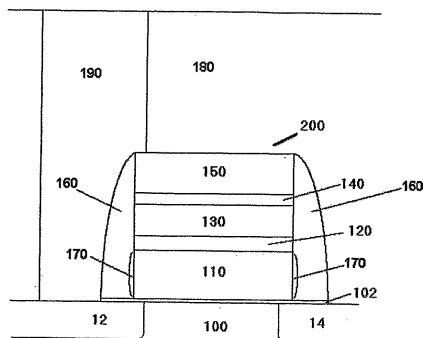


Figure 10

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/38631

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER												
IPC(7) : H01L 21/302, 21/3065												
US CL : 438/587, 595, 706, 710, 724; 252/79.1, 79.4												
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC												
B. FIELDS SEARCHED												
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 438/587, 595, 706, 710, 724; 252/79.1, 79.4												
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched												
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet												
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT												
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
Y	US 2002/0102782 A1 (OSHIMA) 01 August 2002 (01.08.2002), paragraphs [0003 and 0037 - 0042].	1-20										
Y	US 6,635,185 A (DEMMIN et al) 21 October 2003 (21.10.2003), column 7, lines 15-32.	1-20										
Y, P	US 2001/0014512 A1 (LYONS et al) 25 May 2004 (25.05.2004), paragraphs [0029-3303].	4, 6-11, 15, and 17-20										
Y	DIAZ et al. An Experimentally Validated Analytical Model For Gate Line-Edge Roughness (LER) Effects on Technology Scaling. IEEE Electron Device Letters. June 2001, Vol 22, No.6, pages 287-289, Abstract and especially page 287.	5, 7-11, 14, 15, and 17-20										
Y	US 5,817,579 A (KO et al) 6 October 1998 (06.10.1998), column 7, lines 64-66 and FIG. 3.	11										
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.												
* Special categories of cited documents: <table border="0"> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention											
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone											
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art											
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family											
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 25 October 2004 (25.10.2004)		Date of mailing of the international search report 21 JAN 2005										
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer Nadine Norton for Lynette T. Umez-Eronini Telephone No. (571) 272-1700										

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US03/38631

Continuation of B. **FIELDS SEARCHED** Item 3:

EAST

search terms: gate, transistor, source-drain, memory cell, DRAM

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)

H 0 1 L 29/78 (2006.01) H 0 1 L 27/08 3 2 1 D

H 0 1 L 27/092 (2006.01) H 0 1 L 21/90 C

H 0 1 L 21/8238 (2006.01)

H 0 1 L 21/768 (2006.01)

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

(72)発明者 チャウドフリー ソウラブ デュッタ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 0 2 ベルモント リンカーン アベニュー 2 4 0 4

Fターム(参考) 4M104 AA01 AA03 AA04 BB01 BB02 BB04 BB14 BB17 BB18 BB24
BB25 BB27 BB28 BB29 BB30 BB32 BB33 CC05 DD02 DD07
DD17 DD18 DD71 EE05 EE09 EE15 EE17 GG09 GG10 GG14
5F004 AA01 AA02 DA01 DA16 DB07 EA37 EB01 EB03
5F033 HH04 HH05 HH08 HH11 HH17 HH18 HH19 HH21 HH26 HH27
HH28 HH30 HH32 HH33 HH34 JJ19 JJ33 KK01 MM08 NN06
NN07 NN40 QQ08 QQ09 QQ12 QQ15 QQ25 QQ28 QQ37 TT08
VV06 WW01 WW04 WW05
5F048 AA01 AB01 AB03 AB10 AC03 BA01 BA15 BB06 BB07 BB09
BB11 BB13 BE03 BF07 BF11 BF16 DA19 DA20 DA25 DA27
DA30
5F140 AA39 AB03 BA01 BA03 BA05 BA06 BA07 BA09 BD05 BD09
BF04 BF18 BF20 BF22 BF25 BF27 BF30 BF34 BG08 BG09
BG12 BG14 BG22 BG28 BG30 BG31 BG38 BG39 BG41 BG45
BG50 BG52 BG53 BJ10 BJ11 BJ17 BJ27 BK13 BK27 CB04
CC08 CC12 CE05 CE14