

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4638030号
(P4638030)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010.12.3)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 5 A

H O 1 L 21/3213 (2006.01)

H O 1 L 21/88 D

請求項の数 23 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-526965 (P2000-526965)	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成10年12月11日 (1998.12.11)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2002-500442 (P2002-500442A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成14年1月8日 (2002.1.8)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/026503		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W01999/034426		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成11年7月8日 (1999.7.8)		エイ 4650
審査請求日	平成17年12月9日 (2005.12.9)	(74) 代理人	100096817
(31) 優先権主張番号	08/998, 954		弁理士 五十嵐 孝雄
(32) 優先日	平成9年12月29日 (1997.12.29)	(74) 代理人	100097146
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 下出 隆史
		(74) 代理人	100102750
			弁理士 市川 浩
		(74) 代理人	100109759
			弁理士 加藤 光宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セルフアライメントコンタクトホールを形成するためのエッチング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理チャンバ (302) 内において、ウエハ積層体 (20) の酸化物層 (40) のうち選択された部分にセルフアライメントコンタクトホール (44) を形成するためのエッチング方法であって、

前記ウエハ積層体 (20) は、基板 (22) と、前記基板 (22) の上に配置されたポリシリコン層 (28) と、前記ポリシリコン層 (28) の上に配置された窒化物層 (32) と、前記窒化物層 (32) の上に配置された酸化物層 (40) とを有し、

前記積層体 (20) の前記酸化物層 (40) をエッチングする主エッチング工程であって、主に C_2H_5F と CH_2F_2 とを含む主工程化学剤と、スパイクエッチを形成することなく前記酸化物層 (40) をエッチングし、前記窒化物層 (32) を実質的に損傷させることなく前記酸化物層 (40) を前記基板 (22) に至るまでエッチングするための主工程パラメータセットと、を使用するエッチングを行う主エッチング工程を含み、

前記主工程パラメータセットは、前記主工程化学剤を 3 m T o r r 以下の圧力に保つことを表すパラメータを含む、方法。

【請求項 2】

プラズマ処理チャンバ (302) 内において、ウエハ積層体 (20) の酸化物層 (40) のうち選択された部分にセルフアライメントコンタクトホール (44) を形成するためのエッチング方法であって、

前記ウエハ積層体 (20) は、基板 (22) と、前記基板 (22) の上に配置されたポ

リシリコン層（２８）と、前記ポリシリコン層（２８）の上に配置された窒化物層（３２）と、前記窒化物層（３２）の上に配置された酸化物層（４０）とを有し、

前記積層体（２０）の前記酸化物層（４０）をエッチングする主エッチング工程であって、主に C_2H_5F と CH_2F_2 とを含む主工程化学剤と、スパイクエッチを形成することなく前記酸化物層（４０）をエッチングし、前記窒化物層（３２）を実質的に損傷させることなく前記酸化物層（４０）を前記基板（２２）に至るまでエッチングするための主工程パラメータセットと、を使用するエッチングを行う主エッチング工程と、

前記積層体（２０）の前記酸化物層（４０）を、主に CHF_3 と C_2H_5F とを含む前工程化学剤と、スパイクエッチングを形成することなく前記酸化物層（４０）をエッチングするための前工程パラメータセットとを使用して、部分的にエッチングする前エッチング工程であって、前記主エッチング工程の前に実行される前エッチング工程と、を備え、

前記前工程パラメータセットは、前記主工程パラメータセットとは異なる、方法。

【請求項３】

請求項１または２記載の方法であって、

前記セルフアライメントコンタクトホール（４４）は、１：１～４：１のアスペクト比を有する方法。

【請求項４】

請求項１ないし３のいずれかに記載の方法であって、

前記セルフアライメントコンタクトホール（４４）は、１ミクロン以下の深さを有する、方法。

【請求項５】

請求項４記載の方法であって、

前記セルフアライメントコンタクトホール（４４）は、７，５００オングストローム以下の深さを有する、方法。

【請求項６】

請求項１ないし５のいずれかに記載の方法であって、

前記窒化物層（３２）の上面は、前記基板（２２）から最大で５，０００オングストローム上方までに配置されている、方法。

【請求項７】

請求項１ないし６記載の方法であって、

前記窒化物層（３２）の上面は、前記基板（２２）から最大で２，５００オングストローム上方までに配置されている、方法。

【請求項８】

請求項１ないし７のいずれかに記載の方法であって、

前記プラズマ処理チャンバ（３０２）は、上部電極（３０３）の誘導結合作用によりプラズマを発生させるトランスフォーマ結合プラズマエッチングシステムである、方法。

【請求項９】

請求項８記載の方法であって、

前記上部電極（３０３）の温度は、前記上部電極（３０３）で冷却剤を循環させることにより制御される、方法。

【請求項１０】

請求項１ないし９のいずれかに記載の方法であって、

前記プラズマ処理チャンバ（３０２）の内部は、陽極酸化されたアルミニウムで形成される、方法。

【請求項１１】

請求項１ないし１０のいずれかに記載の方法であって、

前記プラズマ処理チャンバ（３０２）は、シリコン窒化物で形成されるガス分布板を使用する、方法。

【請求項１２】

請求項１ないし１１のいずれかに記載の方法であって、

10

20

30

40

50

前記主工程化学剤は、 CF_4 、 C_2F_6 、およびアルゴンのうちの少なくとも1つを含有する、方法。

【請求項13】

請求項1ないし12のいずれかに記載の方法であって、

底部電極は、シリコン窒化物およびシリコン炭化物のうちのいずれか1つで形成されるフォーカスリングを含む、方法。

【請求項14】

請求項1ないし13のいずれかに記載の方法であって、

前記基板(22)は、静電クランプを使用して底部電極の上に固定される、方法。

【請求項15】

請求項2記載の方法であって、

前記前工程パラメータセットは、前記前エッチング工程で得られる酸化物対窒化物の選択性を、前記主工程パラメータを使用する前記主エッチング工程で達成できる酸化物対窒化物の選択性より低いものとするパラメータセットである、方法。

【請求項16】

請求項2または15記載の方法であって、

前記前エッチング工程は、既定の位置に到達すると終了し、前記既定の位置は、前記窒化物層(32)の上面で定義される面から1,000オングストローム上の位置から前記窒化物層(32)の中間点に等しい位置までの範囲にある、方法。

【請求項17】

請求項16記載の方法であって、

前記前エッチング工程は、既定の位置に到達すると終了し、前記既定の位置は、前記窒化物層(32)の上面で定義される面から250オングストローム上の位置から前記窒化物層(32)の中間点に等しい位置までの範囲にある、方法。

【請求項18】

請求項17記載の方法であって、

前記前エッチング工程は、前記窒化物層(32)の上面で定義される面に実質的に到達すると終了する、方法。

【請求項19】

請求項2および15ないし18のいずれかに記載の方法であって、

前記前工程パラメータセットは、前工程チャンバエッチング圧力を含み、前記主工程パラメータセットは、前記前工程チャンバエッチング圧力より小さい主工程チャンバエッチング圧力を含む、方法。

【請求項20】

請求項1または2記載の方法であって、

前記プラズマ処理チャンバ(302)は、高密度プラズマエッチングシステム内のプラズマ処理チャンバ(302)である、方法。

【請求項21】

請求項20記載の方法であって、

前記高密度プラズマエッチングシステムはトランスフォーマ結合プラズマエッチングシステムである、方法。

【請求項22】

請求項1または2記載の方法であって、

前記セルフアライメントコンタクトホール(44)は、3:1以上のアスペクト比を有する、方法。

【請求項23】

請求項1または2記載の方法であって、

前記セルフアライメントコンタクトホール(44)は、0.75ミクロンを超える深さを有する、方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

【 発明の属する技術分野 】

この発明は、半導体集積回路（ＩＣ）の製造に関する。特に、この発明は、ＩＣ製作中に、酸化物層を含んだＩＣの積層体をエッチングしてセルフアライメントコンタクトホールを形成するための、方法および装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【 発明の背景 】

セルフアライメントコンタクトは、金属酸化物半導体（ＭＯＳ）トランジスタ等の特定の半導体集積回路を製造するに当たり、多くの利点をもたらす。説明の便宜のため、図１Ａおよび１Ｂに、セルフアライメントコンタクトを利用した典型的な半導体ＩＣの製作中に形成された、積層体２０のうち、関連する部分の断面を示した。ここで、図示される層の上、下、および間には、他の追加の層が存在し得る点に注意が必要である。このため、本明細書で使用する「覆う」、「上」等の位置関係を表す用語は、必ずしも説明対象となる層間の直接の接触を意味するものではない。さらに、図示された層が必ずしも存在する必要はなく、その一部分または全てを他の異なる層で置き換えることも可能である。

【 0 0 0 3 】

先ず図１Ａには、積層体２０（図示の便宜上、縮尺率は一致していない）の底部に基板２２が示されている。基板２２は半導体ウエハであり、典型的にシリコンで形成される。ウエハ１００の上には、典型的に SiO_2 を含有する酸化物層２６が形成され、ゲート酸化物層として作用する。このゲート酸化物層２６の上には、個々のポリシリコンゲート２８、３０が配置されている。これらのポリシリコンゲート２８、３０は、続いて堆積される窒化物層（一般に Si_3N_4 または Si_xN_y ）の窒化物領域でそれぞれ保護される。図１Ａにおいて、これらの窒化物領域は窒化物領域３２、３４として示されている。ゲート酸化物領域、ポリシリコンゲート、および保護用窒化物領域の上には、酸化物層４０が配置されている。

【 0 0 0 4 】

酸化物層４０を経て基板２２に至るコンタクトホール４４を形成するため、フォトレジスト材料の層４２を堆積させ、従来のフォトリソグラフィ工程によるパターン形成を行う。パターンの形成後、フォトレジスト層４２に初期のホールを形成し、後続の酸化物のエッチングを容易にする。上述した層およびその特徴は、その形成で利用される工程と同様、当業者にとって周知のものである。

【 0 0 0 5 】

図１Ｂには、図１Ａと同じ積層体２０およびその層が示されているが、図１Ｂには、酸化物層４０にコンタクトホール４４がエッチングされている。続いて、このコンタクトホール４４を介して金属導線を形成し、基板２２のドレイン領域とソース領域を接触させる。この場合のコンタクトホール４４は、セルフアライメントコンタクトを表す。すなわち、コンタクトホール４４は、その側壁が、ゲート酸化物領域と、ポリシリコンゲートと、保護用窒化物層とを備えたゲートスタックの全部または一部分に重なるか否かに関わらず、そのコンタクト機能を実施することができる。ポリシリコンゲート自体はその上層である窒化物材料に保護されているため、ゲートスタックに挟まれた領域Ｄ１とコンタクトホール４４との間には、得られるトランジスタのゲートをドレインおよびソースに対してショートさせることなく、いくらかのミスアライメント（misalignment）を存在させることができる。例えば、コンタクトホール４４の側壁５０は、ポリシリコンゲート２８に重なるように図示されているものの、窒化物領域３２の存在が、コンタクトホール４４に続いて堆積される導体コンタクト材料からポリシリコンゲート２８を電氣的に絶縁することができる。

【 0 0 0 6 】

セルフアライメントコンタクトを使用することにより、回路設計者は、より柔軟にコンタクトホールを配置できるようになる。例えば、セルフアライメントコンタクトを使用することにより、回路設計者は、ゲート同士をより接近して配置させることができる。これは

、ゲート間の最短距離が、コンタクトホールの寸法（これは、例えばフォトリソグラフィおよび酸化物エッチング工程の精度の制限を受ける）に束縛されないからである。

【 0 0 0 7 】

当業者には理解できるように、上述したセルフアライメントコンタクトの技術では、コンタクトホール（例えば図 1 B のコンタクトホール 4 4）のエッチングを、ポリシリコンゲートを覆う絶縁窒化物領域を損傷させないように実施する必要がある。言い換えれば、コンタクトホールを、酸化物対窒化物の選択性が高い酸化物エッチング工程によりエッチングすることが望ましい。続いて堆積される金属層とウエハとの間に十分なコンタクト域を確保するためには、エッチングプロファイルを望ましい垂直プロファイルに最大限に近づけて、未エッチングの酸化物が窒化物の側壁にほとんどまたは全く固着していない状態にすることが望ましい。また、コンタクトホールをエッチングする際の酸化物エッチング速度を改良して、ウエハのスループットを向上させることが望ましい。さらにまた、ウエハ全体を通して均一なエッチング速度でコンタクトホールをエッチングし、ウエハの中心に位置するダイとウエハのエッジに位置するダイとが同じ速度でエッチングされるようにすることが望ましい。

10

【 0 0 0 8 】

以上から、セルフアライメントコンタクトをエッチングするための、改良方法および改良装置が望まれていることがわかる。本発明による改良方法および改良装置は、エッチングプロファイルを改良するとともに、他の利点のなかでも特に、酸化物のエッチング速度、酸化物対窒化物の選択性、およびエッチングの均一性を最大化することが好ましい。

20

【 0 0 0 9 】

【発明の概要】

本発明の一実施形態は、ウエハ積層体の酸化物層のうち選択された部分をエッチングして、プラズマ処理チャンバ内でセルフアライメントコンタクトホールを形成するための方法に関する。ウエハの積層体は、基板と、基板の上に配置されたポリシリコン層と、ポリシリコン層の上に配置された窒化物層と、窒化物層の上に配置された酸化物層とを含む。本エッチング方法は、積層体の酸化物層を、化学剤と 1 組の工程パラメータとを使用してエッチングする工程を含む。化学剤は、主に C_2H_5F と CH_2F_2 とを含み、上記 1 組の工程パラメータは、スパイクエッチング（a spiked etch）を形成することなく酸化物層をエッチングし、窒化物層を実質的に損傷させることなく酸化物層を基板に至るまでエッチングするための、1 組の工程パラメータである。

30

【 0 0 1 0 】

本発明の別の実施形態は、ウエハ積層体の酸化物層のうち選択された部分をエッチングして、プラズマ処理チャンバ内でセルフアライメントコンタクトホールを形成するための方法を、提供することに関する。ウエハの積層体は、基板と、基板の上に配置されたポリシリコン層と、ポリシリコン層の上に配置された窒化物層と、窒化物層の上に配置された酸化物層と、を含む。本実施形態におけるエッチング方法は、積層体の酸化物層を、第 1 の化学剤と第 1 組の工程パラメータとを使用して部分的にエッチングする、第 1 のエッチング工程を含む。第 1 の化学剤は、主に CHF_3 と C_2H_5F とを含有し、第 1 組の工程パラメータは、スパイクエッチングを形成することなく酸化物層をエッチングするための、1 組のパラメータである。本実施形態によるエッチング方法は、さらに、 C_2H_5F と CH_2F_2 とを含有する第 2 の化学剤と第 2 組の工程パラメータとを使用して、酸化物層を基板に至るまでエッチングする、第 2 のエッチング工程を含む。第 2 組の工程パラメータは、第 1 組の工程パラメータと異なり、窒化物層を実質的に損傷させることなく酸化物層を基板に至るまでエッチングするための、1 組の工程パラメータである。

40

【 0 0 1 1 】

以下の詳細な説明および添付した各種図面から、本発明の上述したおよびその他の利点が一層明らかになる。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

50

本発明は、他の利点のなかでも特に、セルフアライメントコンタクトホールをエッチングする際の酸化物エッチング速度および酸化物エッチング特性（例えば、酸化物対窒化物の選択性、エッチングの均一性、およびエッチングプロフィル）の改良を、その説明の目的とする。以下の説明では、本発明の完全な理解を促すために多くの項目を特定している。しかしながら、当業者には明らかなように、本発明は、これらの項目の一部または全てを特定しなくても実施することができる。また、本発明を不必要に不明瞭化するのを避けるため、周知の処理工程の説明は省略した。

【0013】

本発明は、酸化物層をエッチングして、ゲート電極の上に配置された保護用窒化物層を実質的に損傷させることなく効率的にセルフアライメントコンタクトを形成するための、方法を提供する。セルフアライメントコンタクトのアスペクト比または深さに依存して、本発明によるエッチング工程を、適切な化学剤および1組の工程パラメータを使用した1工程で実施しても良いし、異なる化学剤および工程パラメータの組を利用した2工程に分けて実施しても良い。ここで使用する「アスペクト比」という用語は、コンタクトホールの深さと、酸化物層表面におけるコンタクトホールの幅との比を意味する。

【0014】

本発明の一実施形態によれば、1工程のエッチングで形成されるセルフアライメントコンタクトホールは、約1:1~4:1のアスペクト比を有するか、または、一般に約1マイクロメートル以下もしくは好ましくは約7500オングストローム以下の深さを有する。この工程では、 $C_2H_5F_5$ および CH_2F_2 を含有する化学剤と、スパイクエッチングを形成することなく酸化物層をエッチングするための1組の工程パラメータ（後述する）とを利用して、エッチングを実施する。本実施形態において、保護用窒化物層の上面すなわち図1A, 1Bの層32, 34は、基板表面から最大で約5000オングストローム上の位置、好ましくは基板表面から最大で約2500オングストローム上の位置に配置される。

【0015】

本発明の別の実施形態によれば、2工程のエッチングで形成されるセルフアライメントコンタクトホールは、約3:1以上のアスペクト比を有するか、または、約0.75マイクロメートルを超える深さを有する。これらの工程は、プラズマ処理チャンパ内で、エッチャントソースガスとして CHF_3 、 $C_2H_5F_5$ 、および CH_2F_2 、ならびに選択的にアルゴン、 CF_4 、および/または C_2F_6 を利用して実施される。第1のエッチング工程は、 CHF_3 および $C_2H_5F_5$ を含有する第1の化学剤と、特にスパイクエッチングの発生を防止するように設計された第1組の工程パラメータとを利用して、コンタクトホールをエッチングすることが好ましい。第1の化学剤は、スパイクエッチングの防止をさらに促進してフォトレジストの選択性を向上させることができるアルゴンを、さらに含有することが好ましい。第1の化学剤は、さらにまた、プラズマ処理チャンパ内のエッチャントソースガスとして CF_4 および/または C_2F_6 を含有しても良い。ここで言うスパイクエッチングとは、エッチングされた側壁がゆがみ、コンタクトホールが底部に向けて次第に細くなる現象を指す。図2に示されるように、コンタクトホール44の側壁が、境界位置62から始まりコンタクトホールの中央線60に向かって先細る部分がそれである。コンタクトホールの微小寸法は、場合によっては、コンタクトホールの側壁が中央線60に向かって先細る前から細くなり始めることもある。

【0016】

次いで、 $C_2H_5F_5$ および CH_2F_2 を含有する第2の化学剤と、特に酸化物対窒化物の選択性を最適に高めるように設計された第2組の工程パラメータとを利用して、第2のエッチング工程が実施される。第2の化学剤は、さらにまた、プラズマ処理チャンパ内のエッチャントソースガスとして CF_4 および/または C_2F_6 を含有しても良い。 CF_4 および C_2F_6 を添加することにより、酸化残留物の除去を都合よく高めることができる。上述したように、酸化物対窒化物の選択性の向上は、コンタクトホールのエッチング中に、ポリシリコンゲートを覆う保護用窒化物領域が損傷を受ける可能性を、都合よく低減することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

本発明で開示する、１工程および２工程でセルフアライメントコンタクトホールをエッチングする技術は、ドライエッチング、プラズマエッチング、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）、磁気強化反応性イオンエッチング（ＭＥＲＩＥ）、電子サイクロトロン共鳴（ＥＣＲ）等に適応した装置を含む任意の周知なプラズマ処理装置で実施することが可能である。さらに詳述するため、ウエハのプラズマ処理を、ドライエッチングに適応した典型的なプラズマ処理チャンバ内で実施する。このチャンバは、引入れポートを備えており、このポートを経てチャンバ内部に工程エッチャントソースガスが供給される。チャンバと関連した電極に適切なＲＦエネルギーソースを供給し、エッチャントソースガスからプラズマを発生させる。エネルギー自体は、周知のように、プラズマを維持するために誘導結合または容量結合されていても良い。すると、エッチャントソースガスから形成される種が積層体と反応し、ウエハ積層体のプラズマ含有領域をエッチングする。そして、排気ポートから揮発性の副生物が排出される。

10

【 0 0 1 8 】

プラズマエッチングは、処理中のウエハがアノードまたは接地電極の上に配置されている状態に関する。一方、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）は、処理中のウエハがカソードまたは通電電極の上に配置されている状態に関する。磁気強化反応性イオンエッチング（ＭＥＲＩＥ）は、ＲＩＥリアクタの外形を変形したものであり、リアクタの壁の表面に、エネルギー電子のロスを減らすための磁場が提供されている。ＭＥＲＩＥリアクタは、電極からプラズマ内の電子へのエネルギーの移動効率を、特定の条件下で向上させることができる。

20

【 0 0 1 9 】

本発明は、他の適切なプラズマ処理リアクタに加え、上述した任意のリアクタにおいても実施できると考えられる。これは、プラズマへのエネルギー供給が、容量結合平行電極板、ＥＣＲマイクロ波プラズマソース、または誘導結合ＲＦソース（ヘリコン共振器、ヘリカル共振器、およびトランスフォーマ結合プラズマ等）の、いずれを通じてなされるかによらない。なかでも、ＥＣＲおよびＴＣＰ（商標、トランスフォーマ結合プラズマ）は、商業的に容易に入手できる。ＴＣＰ（商標）システムは、高密度プラズマシステムに属し、例えば、カリフォルニア州フリーモント市に所在のラム・リサーチ・コーポレーションより入手することができる。

30

【 0 0 2 0 】

上述したように、本発明では従来型且つ適切な任意のプラズマ処理システムを利用することができるが、以下に挙げる好ましい実施形態は、ラム・リサーチ・コーポレーションより入手可能な変形ＴＣＰ（商標）９１００プラズマリアクタにおいて実施する。図３は、ウエハ３５０および集積回路チップ３５２を含む変形ＴＣＰ（商標）９１００プラズマリアクタの、概略を示した図である。ここで、集積回路チップ３５２は、本発明による２工程エッチングでセルフアライメントコンタクトホールをエッチングされ、続く従来のエッチング後工程で加工されたウエハ３５０から、ダイを切り出し、それをもとに製作したものである。図３によれば、ウエハリアクタ３００は、陽極酸化されたアルミニウムから形成されるプラズマ処理チャンバ３０２を備えている。チャンバ３０２の上には電極３０３が配置されており、図３の例ではコイルで具現化されている。コイル３０３は、整合回路網（図３では省略）を介してＲＦジェネレータ３０５により通電される。

40

【 0 0 2 1 】

図３に示される変形プラズマ処理チャンバ３０２の設計は、グリコールまたは脱イオン水等の冷却剤を循環させてコイル３０３の温度制御を行うための設備（図面の簡略化のため図示されていない）を、コイル３０３の内部に備えている。このような変形プラズマ処理システムでなされるエッチングは、改良されていない従来のプラズマ処理システム（温度制御メカニズムのための設備を含まない）でなされるエッチングに比べ、より再生産性に優れている。

【 0 0 2 2 】

50

理論に縛られるのは望まないとはいえ、改良されていないプラズマ処理システムは、温度制御の欠如により、時間の経過とともに酸化物のエッチング特性に悪影響を及ぼすうえ、再生産性に乏しいという欠点も有する。シャワーヘッド304の温度（後述する）は、上述した温度制御メカニズムによる制御も受けると考えられる。酸化物のエッチング中には、シャワーヘッド304の冷たい方の面に、プラズマ処理チャンバ302内で生成されるプラズマからの一定量のポリマが、凝縮することが発見された。また、エッチングを促進するために、他のエッチング化学剤（本発明で使用するものとは異なる）および当業者にとって周知の化学剤を利用すると、ウエハのエッチングの最前線においてポリマが不足する恐れが生じる。このポリマの不足は、酸化物対窒化物の高選択性によって特徴づけられるエッチングに必要な、ポリマ形成と酸化物エッチングとの間の周知のバランスを、破壊すると考えられる。しかしながら、後ほど説明するように、本発明による化学剤は、変形プラズマ処理システム内で、酸化物対窒化物の高選択性を含む最適なエッチング特性を提供することができる。

10

【0023】

再び図3を参照するとわかるように、チャンバ302内には、ガス分布板即ちシャワーヘッド304が典型的に提供されている。シャワーヘッド304は、シリコン窒化物より形成され、エッチャントソースガス等のガス状のソース材料をシャワーヘッド304とウエハ350の間のRF誘導プラズマ領域に放出するための、複数の穴を備える。また、ガス状のソース材料は、チャンバの壁自体に組み込まれたポートから放出しても良い。ウエハまたは基板350は、チャンバ302内に導入されてチャック310上に配置される。チャック310は、第2の電極として作用し、高周波ジェネレータ320（整合回路網を介するのが典型的）によりバイアスをかけられることが好ましい。チャック310はまた、好ましくはシリコン窒化物またはシリコン窒化物とシリコン炭化物から形成されて底部電極に配置されるフォーカスリング（簡略化のため図示せず）をも含む。ウエハ350は、静電クランプを使用してチャック320に固定されても良い。

20

【0024】

ヘリウム冷却ガスは、圧力（例えば一実施形態では約20トール）下でチャック310とウエハ350の間に導入され、熱伝導媒体として作用することにより、処理中のウエハの温度を正確に制御して、エッチング結果の均一性および反復可能性を確実なものとする。プラズマエッチング中には、ポート360からガスを排出することにより、チャンバ302内の圧力を低く抑えることが好ましい。例えば、コンタクトホールのエッチング中の圧力は、約0ミリトールより僅かに大きい程度から約20ミリトールの間である。エッチングに適したチャンバ温度を維持するため、複数のヒータ（図面の簡略化のため図3では省略した）を提供しても良い。接地した電気経路を提供するため、チャンバ302の壁は典型的に接地される。

30

【0025】

重要なのは、上記変形プラズマ処理システムが、上記のようにエッチングの反復可能性を向上させられる点である。さらにまた、フォーカスリングおよびシャワーヘッドの製造にシリコン窒化物を使用することにより、金属プラグ組成物によるウエハの汚染を軽減できると考えられる。本発明による化学剤および工程パラメータは、上記変形プラズマ処理システムにおける酸化物のエッチング特性を最適化するものである。ここで使用する「最適化」という用語は、酸化物のエッチング速度と酸化物対窒化物の選択性とがバランスされ、両者にとって最適または許容可能であるような値を提供することを意味する。もちろん、当業者には明らかなように、酸化物のエッチングにはトレードオフが伴うのが常である。すなわち、酸化物の高エッチング速度は酸化物対窒化物の選択性を犠牲にし、酸化物対窒化物の高選択性は酸化物のエッチング速度を犠牲にして成し遂げられるものである。本発明による化学剤および工程パラメータを使用すると、酸化物のエッチング速度および酸化物対窒化物の選択性の両方に対し、最適または許容可能な値を提供することができる。

40

【0026】

上述したように、1工程でエッチングする場合、例えば、アスペクト比が約1:1~4:

50

1 か、または深さが約 1 マイクロメートル以下の浅い特徴のセルフアライメントコンタクトを得たい場合には、1 組の工程パラメータおよび化学剤が、酸化物対窒化物の高選択性の達成に有効である。2 工程でエッチングする方が好ましい場合、例えば、アスペクト比が 3 : 1 以上か、または深さが約 0 . 7 5 マイクロメートルを超えるセルフアライメントコンタクトを得たい場合には、第 1 のエッチング工程と第 2 のエッチング工程との間で各種工程パラメータを変化させても良い。2 工程エッチングの第 1 のエッチング工程では、第 2 のエッチング工程より酸化物対窒化物の選択性が低くなるように設計される。さらにまた、1 工程エッチングで使用する化学剤および工程パラメータは、2 工程エッチングの第 2 のエッチング工程と実質的に類似である。ここで、1 工程エッチングで形成できるコンタクトホールは 2 工程エッチングでも形成され得るが、アスペクト比が 3 : 1 以上または深さが約 0 . 7 5 マイクロメートルを超えるコンタクトホールの形成には 2 工程エッチングの使用が好ましい点を、記憶しておく必要がある。

10

【 0 0 2 7 】

2 工程エッチングでは、第 1 のエッチング工程から第 2 のエッチング工程にかけて化学剤および工程パラメータが変化する。このため、2 工程エッチングでは、第 1 のエッチング工程から第 2 のエッチング工程に進む際に、上述した 1 種類以上または全ての工程パラメータを変化させ得ることが、以下に続く説明から理解することができる。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明にもとづく各種工程パラメータと、エッチング中におけるそれらの大よその値を示した表である。ここで、図 4 に示される値が、8 インチのシリコンウエハをエッチングする際に得られるものである点を、記憶しておく必要がある。例えば、第 1 のエッチング工程におけるエッチャントソースガスの圧力は、一般に、要部サイズ（例えばコンタクトホールの幅等）とエッチングされる酸化物（例えば、TEOS[tetraethyl orthosilicate]、および BPSG[borophosphosilicate glass]により堆積される酸化物）の性質とに依存する。第 1 のエッチング工程における圧力は、約 2 ~ 1 5 ミリトールの範囲が好ましい。第 2 のエッチング工程における圧力は、概して約 3 ミリトール以下であり、好ましくは約 1 ~ 3 ミリトールである。

20

【 0 0 2 9 】

本発明の一特徴によれば、 CH_2F_2 は、第 1 のエッチング工程から第 2 のエッチング工程にかけて流量が増加するか、または、第 1 のエッチング工程では存在せず、第 2 のエッチング工程においてエッチングを促進するためにプラズマ処理チャンバ内に導入される。 CH_2F_2 ガスの流量の増加は、酸化物の対窒化物および対基板の選択性を有利に向上させる。2 工程エッチングの第 2 のエッチング工程における CH_2F_2 の流量、および 1 工程エッチングのエッチング工程における CH_2F_2 の流量は、一般に、ゲート上の保護用窒化物層の角の丸み程度、保護用窒化物層および酸化物層の厚さ、ならびにコンタクトホールの形状およびサイズ等の、要部形状に依存する。第 2 のエッチング工程において、 CH_2F_2 の流量は約 1 0 ~ 5 0 s c c m の範囲にあることが好ましい。

30

【 0 0 3 0 】

本発明の一特徴によれば、2 工程エッチングの第 1 のエッチング工程では、保護用窒化物層を損傷させることなく、できるだけ深く酸化物層をエッチングすることが好ましい。これは、第 1 のエッチング工程が、商業的に有利なエッチング速度、均一性、およびエッチング速度のローディング値（loading value）を達成する一方で、スパイクエッチングの可能性を最小化するように最適化されているためである。

40

【 0 0 3 1 】

本発明の一実施形態において、第 1 のエッチング工程は、保護用窒化物特徴の上部で形成される面（以下では「窒化物層上面」と略称。）例えば、図 1 A に示される窒化物層 3 2 , 3 4 の上部に形成される面の上の既定位置に到達した時点で終了する。第 1 のエッチング工程が終了する上記既定位置は、上記窒化物層上面からその上方約 1 , 0 0 0 オングストロームの範囲にあることが好ましい。上記既定位置は、上記窒化物層上面からその上方約 2 5 0 オングストロームの範囲にあることがさらに好ましく、ほぼ上記窒化物層上面上

50

にあることがさらに一層好ましい。

【 0 0 3 2 】

2工程エッチングで形成されるコンタクトホールに関し、酸化物対窒化物の高選択性は、第1のエッチング工程ではスパイクエッチングを生じる要因となるが、第2のエッチング工程では、必ずしもセルフアライメントコンタクトホールの品質低下をもたらすとは限らない。これは、セルフアライメントコンタクトホールが、先ず、酸化物対窒化物の選択性が低い化学剤および工程パラメータの組を使用してエッチングされ、酸化物層のかなり深い位置すなわち保護用窒化物層のすぐ上までエッチングが進むまで、酸化物対窒化物の選択性が高い化学剤および方法を使用したエッチングは行われなためである。高選択性の化学剤および方法によりスパイクエッチングが形成されるときも、コンタクトホールのエッチングがゲート間をほぼ通過する位置に進行するまでスタートする機会がなくなるため、エッチングプロファイルに及ぼす効果も最小となる。当業者には明らかなように、本発明のこの特徴は、スパイクエッチングの発生を減少させる一方で、コンタクトのエッチングプロファイルを、より垂直で、窒化物の側壁に固着する未エッチングの酸化残留物がより少ないように（高選択性の第2のエッチング工程による）、改良することができる。もちろん、アスペクト比が比較的小さい浅いコンタクトホールの場合は、本発明による1工程エッチングの化学剤および方法で、上述したスパイクを形成するほど酸化物層の奥深くに到達することはない。

10

【 0 0 3 3 】

表1は、図4の実施例から得られるおおよその工程結果を示したものである。表1に示されるように、本発明によるエッチング工程は、高エッチング速度、高均一性、および酸化物対窒化物の高選択性という、有利な結果を得ることができる。さらに、ポリシリコンゲートを覆う保護用窒化物層が受ける損傷は、最小限しか観測されなかった。コンタクトホール内のエッチングプロファイルを観測した結果、草（grass）、すなわち酸化材料の不均一な堆積が原因でエッチングされずに残留した酸化残留物は、比較的少なかった。

20

【 0 0 3 4 】

【表1】

パラメータ	工程 結果	
	第1の エッチング工程	第2の エッチング工程 ／1工程エッチング
エッチング速度 (Angstroms/min)	11,500	10,000-13,500
均一性 (1 σ)	5%	5%
酸化物対窒化物の選択性	1 to 10:1	20 to 30:1

30

40

【 0 0 3 5 】

この明細書の内容から当業者には明らかなように、ここで開示される値は、他のプラズマ処理システムにおけるエッチング、および他の寸法のウエハや基板のエッチングにおいては、それぞれに適した値に変化させることができる。

【 0 0 3 6 】

図5は、本発明の一特徴にもとづき、セルフアライメントコンタクトホールの2工程エッ

50

チングに含まれる各工程を示した流れ図である。工程 5 0 0 では、従来のエッチング前工程において、エッチングするためのウエハを準備する。エッチング前工程は、例えば、フォトリソ層をウエハ上に堆積させてパターン形成する工程と、ウエハをチャックの上に固定する工程と、プラズマ処理チャンバ内の圧力を安定させる工程と、ウエハの裏面にヘリウム冷却ガスを導入してウエハとチャックの間の熱伝導を促進する工程と、を含んでも良い。

【 0 0 3 7 】

第 1 のエッチング工程 5 0 2 では、第 1 組の工程パラメータと、 CHF_3 および C_2HF_5 を含有する第 1 の化学剤とを使用して、酸化物層（例えば図 1 A の酸化物層 4 0）をエッチングする。第 1 組の工程パラメータは、スパイクエッチングを形成することなく酸化物層のエッチングを促進させることができる。第 1 のエッチング工程 5 0 2 は、後続の第 2 のエッチング工程より大きいチャンバエッチング圧力（chamber etching pressure）で実施されることが好ましいが、これは必然ではない。チャンバ内のエッチング圧力が高いほど、スパイクエッチングの可能性は減ると考えられる。上述したように、第 1 のエッチング工程では、ポリシリコン特徴を覆う保護用窒化物層を損傷させない限りにおいて、できるだけ奥深くまで酸化物層をエッチングすることができる。

【 0 0 3 8 】

第 2 のエッチング工程 5 0 4 では、第 2 組の工程パラメータと、 C_2HF_5 および CH_2F_2 を含有する第 2 の化学剤とが存在する下で、酸化物のエッチングが継続される。第 2 のエッチング工程は、セルフアライメントコンタクトホールのエッチングがその下の基板に到達するまで継続することが好ましい。第 2 のエッチング工程で、酸化物対窒化物の選択性が高い方法および化学剤を使用することにより、保護用窒化物層が受ける損傷を有利に最小化し、窒化物側壁上の酸化残留物を含む酸化物のコンタクトホールからの実質的除去を、確実にすることができる。このようにすれば、第 1 のエッチング工程において、例えばスパイクエッチングの可能性増大等の、高選択性の方法に典型的に伴う負の影響を被る必要がなくなる。

【 0 0 3 9 】

工程 5 0 4 では、完全に従来型のエッチング後工程に加えて、追加の処理工程をウエハに施すことにより、望ましい部品を製作することができる。そして、完成したウエハを複数のダイにカットして、ICチップに仕上げるることができる。そして、得られたICチップ（例えば図 3 の IC チップ 3 5 2）を、デジタルコンピュータを含む任意の周知の市販または消費電子デバイスに組み込むことができる。上述したように、1 工程のエッチングは、図 5 の工程 5 0 4 と実質的に類似である。

【 0 0 4 0 】

以上、本発明をいくつかの好ましい実施形態にもとづいて説明したが、本発明の範囲内において他の選択肢、変形、および同等物を実施することも可能である。また、本発明による方法および装置が、代替の方式でも具現化し得る点に注意が必要である。このため、添付した請求の範囲は、本発明の真の精神および範囲を逸脱しない全ての選択肢、変形、および同等物を含むものとして解釈される。

【図面の簡単な説明】

【図 1 A】 セルフアライメントコンタクトを利用した典型的な半導体 IC の製作時に形成される、積層体の断面図である

【図 1 B】 図 1 A と同じ積層体の、酸化物層のエッチングによりセルフアライメントコンタクトホールが形成された後の、断面図である。

【図 2】 セルフアライメントコンタクトホールの側壁上に形成された、スパイクエッチングを示した断面図である。

【図 3】 本発明による 2 工程エッチング技術への使用に適した、プラズマリアクタを示した概略図である。

【図 4】 1 工程エッチングのエッチング工程、ならびに 2 工程エッチングの第 1 および第 2 のエッチング工程における、工程パラメータの好ましい値を、本発明の一実施形態に

10

20

30

40

50

もとづいて示した表である。

【図5】 本発明による、セルフアライメントコンタクトホールの2工程エッチングに含まれる工程を、本発明の一特徴にもとづいて示した流れ図である。

【符号の説明】

2 0 ... 積層体	
2 2 ... 基板	
2 6 ... 酸化物層	
2 8 ... ポリシリコンゲート	
3 0 ... ポリシリコンゲート	
3 2 ... 窒化物領域	10
3 4 ... 窒化物領域	
4 0 ... 酸化物層	
4 2 ... フォトレジスト層	
4 4 ... コンタクトホール	
5 0 ... コンタクトホールの側壁	
5 2 ... コンタクトホールの側壁	
6 0 ... 中央線	
6 2 ... しきい位置	
3 0 0 ... ウエハリアクタ	
3 0 2 ... プラズマ処理チャンバ	20
3 0 3 ... 電極（コイル）	
3 0 4 ... シャワーヘッド	
3 0 5 ... R F ジェネレータ	
3 1 0 ... チャック	
3 2 0 ... R F ジェネレータ	
3 5 0 ... ウエハ	
3 5 2 ... 集積回路チップ	
3 6 0 ... 排気ポート	

【図 1 A】

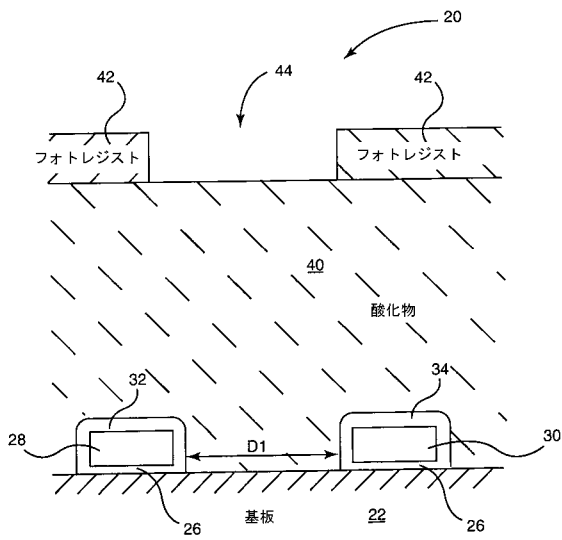


FIG. 1A

【図 1 B】

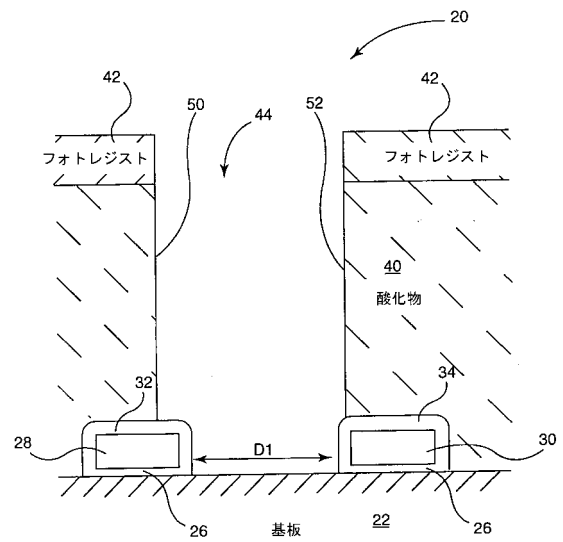


FIG. 1B

【図 2】

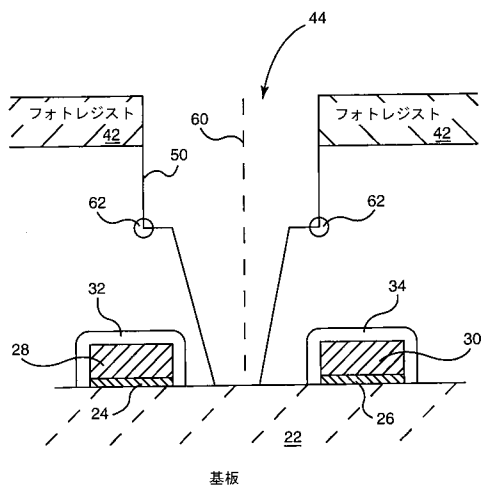


FIG. 2

【図 3】

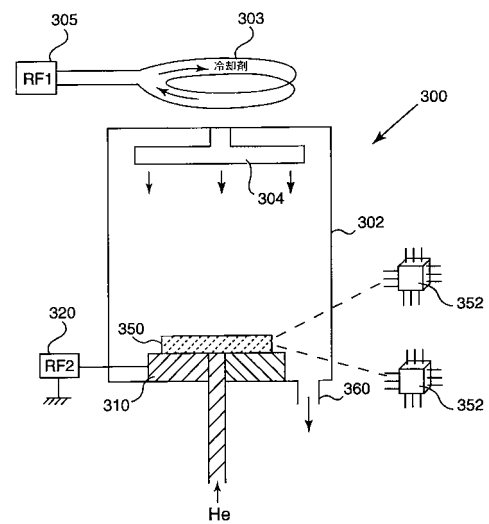


FIG. 3

【図 4】

	パラメータ	広い範囲	好ましい範囲
2工程エッチング の第1のエッチ ング工程	圧力 (mTorr)	要素サイズおよび シリコン二酸化物 の特性に依存する	
	上部電極の電力 (Watts)	500-2,000	1,200-1,800
	底部電極の rfバイアス電力 (Watts)	500-2,000	1,200-2,000
	CHF ₃ 流量 (sccm)	5-200	30-60
	C ₂ H ₅ F ₅ 流量 (sccm)	5-50	5-40
	CH ₂ F ₂ 流量 (sccm)	0-20	1
2工程エッチング の第2のエッチ ング工程 または 1工程エッチング	圧力 (mTorr)	3 以下	1-3
	上部電極の電力 (Watts)	500-2,000	1,200-1,800
	底部電極の rfバイアス電力 (Watts)	500-2,000	1,200-2,000
	CHF ₃ 流量 (sccm)	0-10	0
	C ₂ H ₅ F ₅ 流量 (sccm)	5-50	20-50
	CH ₂ F ₂ 流量 (sccm)	要素形状および コンタクトホール のアスペクト比に 依存する	10-50

FIG. 4

【図 5】

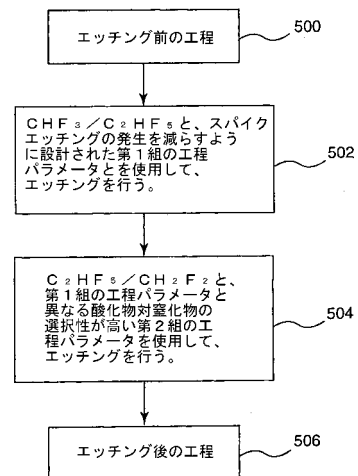


FIG. 5

フロントページの続き

- (72)発明者 フラナー・ジャネット・エム．
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオン・シティ，ロックリン・ドライブ，4 9
4 2
- (72)発明者 マークウェツ・リンダ・エヌ．
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フリモント，ヴァルベイ・パーク，4 8 5 0
- (72)発明者 クック・ジョエル・エム．
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 6 プリーサントン，コルン・ストリート，1 5 6 9
- (72)発明者 モリー・イアン・ジェイ．
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 1 0 サン・ホセ，# 5 ディー，ノース・サン・ペドロ
・ストリート，6 3 0

審査官 関根 崇

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 2 6 1 6 2 8 (J P , A)
特開平 0 8 - 0 1 7 7 9 6 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 2 1 4 3 8 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 6 0 6 5 5 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 4 1 2 7 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.，D B 名)

H01L 21/3065

H01L 21/3213