(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3771496号
(P3771496)
(45)発行日　平成18年4月26日(2006.4.26)　(24)登録日　平成18年2月17日(2006.2.17)

(51)Int.Cl.		F I		
G03F 7/42	(2006.01)	G03F	7/42	
H01L 21/304	(2006.01)	H01L	21/304	641
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	572B

請求項の数 35　(全 18 頁)

(21)出願番号	特願2001-535216(P2001-535216)
(86)(22)出願日	平成12年11月1日(2000.11.1)
(65)公表番号	特表2003-513342(P2003-513342A)
(43)公表日	平成15年4月8日(2003.4.8)
(86)国際出願番号	PCT/US2000/030218
(87)国際公開番号	WO2001/033613
(87)国際公開日	平成13年5月10日(2001.5.10)
審査請求日	平成15年5月27日(2003.5.27)
(31)優先権主張番号	60/163,116
(32)優先日	平成11年11月2日(1999.11.2)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	60/163,120
(32)優先日	平成11年11月2日(1999.11.2)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目３番６号
(74)代理人　100077517
弁理士　石田　敬
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100089901
弁理士　吉井　一男
(74)代理人　100082898
弁理士　西山　雅也
(74)代理人　100081330
弁理士　樋口　外治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超臨界二酸化炭素法を用いた基板からフォトレジストおよび残渣の除去

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ａ．超臨界二酸化炭素および水性フッ化物を基板と接触させた状態を保つステップであって、前記基板がフォトレジスト、フォトレジスト残渣、エッチング残渣、およびその組合せからなる群から選択される材料を支持する二酸化ケイ素の表面を有する基板であって、前記水性フッ化物が前記材料から二酸化ケイ素の表面をアンダーカットし、それによって前記材料がアンダーカットされた材料になるようなステップと、

ｂ．水および超臨界二酸化炭素を前記アンダーカットされた材料と接触させた状態を保つステップであって、前記アンダーカットされた材料が二酸化ケイ素の表面から離れ、それによってアンダーカットされた材料が分離された材料になるようなステップと、

ｃ．前記基板の近傍から分離された材料を除去するステップ、とを含む基板の加工方法。

【請求項２】

水性フッ化物が、水性のフッ化アンモニウム、フッ化水素酸、およびその混合物からなる群から選択される、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

水性フッ化物が水性のフッ化アンモニウムである、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

基板の近傍から分離された材料を除去するステップが、基板上に超臨界二酸化炭素を流すことを含む、請求項１に記載の方法。

【請求項５】

さらに、溶剤を用いて前記アンダーカットされた材料を少なくとも一部分溶解するステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項６】
溶剤が、ＢＬＯ、ＤＭＳＯ、酢酸、ＥＣ、ＤＭＡＣ、ＮＭＰ、およびその混合物からなる群から選択される、請求項５に記載の方法。
【請求項７】
溶剤が、ＢＬＯ、ＤＭＳＯ、酢酸、ＥＣ、およびその混合物からなる群から選択される、請求項６に記載の方法。
【請求項８】
溶剤がＢＬＯである、請求項７に記載の方法。
【請求項９】
さらに、溶剤を用いて分離された材料を少なくとも一部分溶解するステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
溶剤が、ＢＬＯ、ＤＭＳＯ、酢酸、ＥＣ、ＤＭＡＣ、ＮＭＰ、およびその混合物からなる群から選択される、請求項９に記載の方法。
【請求項１１】
溶剤が、ＢＬＯ、ＤＭＳＯ、酢酸、ＥＣ、およびその混合物からなる群から選択される、請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
溶剤がＢＬＯである、請求項１１に記載の方法。
【請求項１３】
さらに、超臨界二酸化炭素および洗浄剤中で基板を洗浄するステップを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項１４】
洗浄剤が水を含む、請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
洗浄剤がアルコールを含む、請求項１３に記載の方法。
【請求項１６】
アルコールがエタノールを含む、請求項１５に記載の方法。
【請求項１７】
洗浄剤がアセトンを含む、請求項１３に記載の方法。
【請求項１８】
基板が低誘電率材料を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項１９】
低誘電率材料がスピンオンポリマーを含む、請求項１８に記載の方法。
【請求項２０】
低誘電率材料が$C-SiO_2$材料を含む、請求項１８に記載の方法。
【請求項２１】
フォトレジスト、フォトレジスト残渣、エッチング残渣、およびその組合せからなる群から選択される材料を二酸化ケイ素の表面から除去する方法であって、前記方法が、
ａ、超臨界二酸化炭素および水性フッ化物を前記材料および前記二酸化ケイ素の表面と接触させた状態を保つステップであって、前記水性フッ化物が材料から二酸化ケイ素の表面をアンダーカットするようなステップと、
ｂ、前記材料が二酸化ケイ素の表面から離れるように水および超臨界二酸化炭素を材料と接触させた状態を保つステップと、
ｃ、二酸化ケイ素の表面の近傍から前記材料を除去するステップ、
とを含む方法。
【請求項２２】
ａ、超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤を基板表面の材料と接触させた状態を保つス

テップであって、前記材料がフォトレジスト、フォトレジスト残渣、エッチング残渣、およびその組合せからなる群から選択される材料であって、前記アミンおよび溶剤が前記材料を少なくとも一部分溶解するようなステップと、
ｂ、前記基板の近傍から前記材料を除去するステップ、とを含む基板の加工方法。
【請求項２３】
アミンが第二アミンを含む、請求項２２に記載の方法。
【請求項２４】
アミンが第三アミンを含む、請求項２２に記載の方法。
【請求項２５】
第三アミンが、２－メチルアミノエタノール、ＰＭＤＥＴＡ、トリエタノールアミン、トリエチルアミン、およびその混合物からなる群から選択される、請求項２４に記載の方法。
【請求項２６】
アミンが、２－メチルアミノエタノール、ＰＭＤＥＴＡ、トリエタノールアミン、およびその混合物からなる群から選択される、請求項２５に記載の方法。
【請求項２７】
溶剤が、ＤＭＳＯ、ＥＣ、ＮＭＰ、アセチルアセトン、ＢＬＯ、酢酸、ＤＭＡＣ、ＰＣ、およびその混合物からなる群から選択される、請求項２２に記載の方法。
【請求項２８】
アミンが、第二アミン、第三アミン、ジイソプロピルアミン、トリイソプロピルアミン、ジグリコールアミン、およびその混合物からなる群から選択される、請求項２２に記載の方法。
【請求項２９】
さらに、超臨界二酸化炭素および洗浄剤中で基板を洗浄するステップを含む、請求項２２に記載の方法。
【請求項３０】
洗浄剤が水を含む、請求項２９に記載の方法。
【請求項３１】
洗浄剤がアルコールを含む、請求項２９に記載の方法。
【請求項３２】
アルコールがエタノールを含む、請求項３１に記載の方法。
【請求項３３】
洗浄剤がアセトンを含む、請求項２９に記載の方法。
【請求項３４】
フォトレジスト、フォトレジスト残渣、エッチング残渣、およびその組合せからなる群から選択される材料を基板表面に有する基板の加工方法であって、前記方法が
ａ、超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤が、アミンおよび溶剤が前記材料を少なくとも一部分溶解するように前記材料と接触した状態を保つステップと、
ｂ、前記基板の近傍から前記材料を除去するステップ、とを含む方法。
【請求項３５】
ａ、超臨界二酸化炭素、第三アミン、および溶剤を基板上の材料と接触させた状態を保つステップであって、前記材料がフォトレジスト、フォトレジスト残渣、エッチング残渣、およびその組合せからなる群から選択される材料であって、前記材料が少なくとも一部分溶解されるようなステップと、
ｂ、前記基板の近傍から前記材料を除去するステップ、とを含む基板の加工方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
（関連出願）
【０００２】
本出願は、出願日１９９７年５月２７日の米国特許仮出願第６０／０４７，７３９号に基

づいて優先権主張されている同時係属中の出願日１９９８年５月２７日の米国特許出願第０９／０８５，３９１号の継続出願である同時係属中の出願日１９９９年９月３日の米国特許出願第０９／３８９，７８８号の一部継続出願であり、これらすべて参照により本明細書に組み込まれる。

【０００３】

本出願はまた、出願日１９９９年１１月２日の米国特許仮出願第６０／１６３，１１６号、出願日１９９９年１１月２日の米国特許仮出願第６０／１６３，１２０号、および出願日２０００年４月２５日の米国特許仮出願第６０／１９９，６６１号に基づいて優先権主張されており、これらすべて参照により本明細書に組み込まれる。

【０００４】

（発明の分野）

【０００５】

本発明は、基板からフォトレジストおよび残渣を除去する分野に関する。より詳細には本発明は、超臨界二酸化炭素を用いて基板からフォトレジストおよび残渣を除去する分野に関する。

【０００６】

（発明の背景）

【０００７】

半導体の製造では、イオン注入、エッチング、およびその他の加工ステップにおいてフォトレジストが使用される。イオン注入のステップでは、半導体基板のドーパントを注入しない領域をフォトレジストによりマスクする。エッチングのステップでは、半導体基板をエッチングしない区域をフォトレジストによりマスクする。その他の加工ステップの例には、加工されたウェーハ全体の保護コーティングまたはＭＥＭＳ（超小型電気機械システム）デバイス全体の保護コーティングとしてフォトレジストを使用することが含まれる。

【０００８】

イオン注入のステップの後、フォトレジストはゼリー様のコアを覆う硬い外殻を示す。この硬い外殻はフォトレジストの除去を困難にする。

【０００９】

エッチングのステップの後に残留するフォトレジストは、フォトレジストの除去を困難にする硬い性質を示す。エッチングのステップの後、エッチング残渣と混ざったフォトレジスト残渣が、エッチングフィーチャの側壁を被覆する。エッチングのステップとエッチングされた材料の種類にもよるが、エッチング残渣と混ざったフォトレジスト残渣は往々にしてエッチングフィーチャの側壁と強く結合するので、このエッチング残渣と混ざったフォトレジスト残渣は難しい除去の問題を提示する。

【００１０】

一般に従来の技術ではフォトレジストおよびフォトレジスト残渣は、O_2 プラズマ中でプラズマアッシングし、続いてストリッパ浴中で剥離することによって除去される。

【００１１】

図１は、イオン注入の後、フォトレジスト除去の前のｎ－ｐ－ｎＦＥＴ（電界効果トランジスタ）構造１０を図示したものである。ｎ－ｐ－ｎＦＥＴ構造１０は、ソース領域１２、ゲート領域１４、およびｎ－ｐ－ｎＦＥＴ構造１０を隣接する電子デバイスから隔てるアイソレーショントレンチ１８を有するドレイン領域１６を含んでいる。第一のフォトレジスト２０が、ソース１２領域およびドレイン１６領域を除くすべてをマスクする。イオン注入においては高エネルギーイオン源が、ｎ－ドーパントをソース１２領域およびドレイン１６領域に注入する。高エネルギーイオン源はまた、第一のフォトレジスト２０を第一のフォトレジスト２０の上面２２に硬い殻を作るｎ－ドーパントに曝す。従来の技術においては第一のフォトレジスト２０は、従来の技術のプラズマアッシングおよびストリッパによって除去される。

【００１２】

図２は、ＲＩＥ（反応性イオンエッチング）の後、フォトレジストおよび残渣除去の前の

従来の技術の第一バイア構造３０を図示する。第一バイア構造３０は、第一SiO_2層３４が第一ＴｉＮ層３６までエッチングされているバイア３２を含んでいる。第一バイア構造３０では、第一ＴｉＮ層３６が第一SiO_2層３４のＲＩＥエッチングに対するエッチング止めを提供するため、バイア３２は第一ＴｉＮ層３６で止まる。第一ＴｉＮ層３６を貫通するエッチングは第一ＴｉＮ層３６のための追加のエッチング化学を必要とすることによりＲＩＥエッチングを複雑にし、したがって当該エッチングではＴｉＮ層３６はエッチングされない。第一ＴｉＮ層３６は第一Ａｌ層３８上にあり、その第一Ａｌ層３８は第一Ｔｉ層４０上にある。SiO_2エッチング残渣４４と混ざったフォトレジスト残渣４２を含む第一の残渣がバイア３２の側壁４６を被覆している。第二のフォトレジスト４８が第一SiO_2層３４の露出面５０上に残留する。従来の技術では第二のフォトレジスト４８、フォトレジスト残渣４２、およびSiO_2エッチング残渣４４は、従来の技術のプラズマアッシングおよびストリッパ浴を用いて除去される。

【００１３】

第一バイア構造３０および本明細書で考察した他の薄膜構造に関して記述した特殊な層材料および特殊な構造は例示に過ぎないことに留意されたい。多くの他の層材料および他の構造が一般に半導体の製造に使用されている。

【００１４】

図３は、ＲＩＥの後、フォトレジストおよび残渣除去の前の従来の技術の第二のバイア構造６０を図示する。第二のバイア構造６０は、第一SiO_2層３４および第一ＴｉＮ層３６を貫通して第一Ａｌ層３８までエッチングされる第二のバイア６２を含んでいる。第一ＴｉＮ層３６を貫通してエッチングすることによって第一Ａｌ層３８との接触抵抗が第一ＴｉＮ層３６との接触抵抗よりも低くなるため、デバイスの性能が改善される。第二のバイア構造６０はまた第一Ｔｉ層４０を含んでいる。SiO_2エッチング残渣４４と混ざったフォトレジスト残渣４２を含む第一の残渣が、第二バイア６２の第二側壁６４を被覆している。ＴｉＮエッチング残渣６６と混ざったフォトレジスト残渣４２を含む第二の残渣が、第一の残渣を被覆している。第二のフォトレジスト４８が、第一SiO_2層３４の露出面５０上に残留する。従来の技術では第二のフォトレジスト４８、フォトレジスト残渣４２、SiO_2エッチング残渣４４、およびＴｉＮエッチング残渣６６を、従来の技術のプラズマアッシングおよびストリッパ浴を用いて除去する。

【００１５】

第一の残渣（図２および３）および第二の残渣（図３）は最悪なケースのシナリオであることに留意されたい。特殊なエッチング法によっては第一の残渣または第二の残渣が存在しないこともありうる。

【００１６】

図４は、メタルＲＩＥエッチングの後、残渣除去の前のメタルライン構造７０を図示する。メタルライン構造７０は、第二Ｔｉ層７６上に存在する第二Ａｌ層７４上の第二ＴｉＮ層７２を含んでいる。第二ＴｉＮ層７２、第二Ａｌ層７４、および第二Ｔｉ層７６がメタルラインを形成する。第二Ｔｉ層７６はＷバイア７８と接し、そしてまたＷバイア７８は第一Ａｌ層３８に接している。Ｗバイア７８は、側壁バリア８０によって第一SiO_2層３４から隔てられている。メタルエッチング残渣８４と混ざったハロゲン残渣８２を含む第三の残渣が、第一SiO_2層３４の露出面５０上に存在する。ハロゲン残渣８２およびメタルエッチング残渣８４を含む第三の残渣もまた、第二ＴｉＮ層７２の第二露出面８６上に存在する。メタルエッチング残渣８４と混ざったフォトレジスト残渣４２を組み合わせたものを含む第四の残渣が、メタルラインの側部８８を被覆する。第四の残渣のスカート９０が、第二ＴｉＮ層７２の第二露出面８６上に延在する。従来の技術ではフォトレジスト残渣４２、ハロゲン残渣８２、およびメタルエッチング残渣８４は、従来の技術のプラズマアッシングおよびストリッパ浴を用いて除去される。

【００１７】

図５は、ジュアルダマシンＲＩＥエッチングの後、フォトレジストおよびフォトレジスト残渣除去の前の従来の技術のジュアルダマシン構造１００を図示する。ジュアルダマシン

構造１００は、ジュアルダマシンバイア１０４上に形成されたジュアルダマシンライン１０２を含んでいる。ジュアルダマシンライン１０２は、第二SiO_2層１０６および第一ＳｉＮ層１０８を貫通してエッチングされる。ジュアルダマシンバイア１０４は、第三SiO_2層１１０および第二ＳｉＮ層１１２を貫通してエッチングされる。ジュアルダマシンバイアは、基礎をなすＣｕ層１１４までエッチングされる。

【００１８】

フォトレジストおよび残渣の除去に続く加工において、ジュアルダマシンライン１０２およびバイア１０４の露出面はバリア層で被覆され、次いでジュアルダマシンライン１０２およびバイア１０４はＣｕで充填される。

【００１９】

図５に戻って、SiO_2エッチング残渣４４と混ざったフォトレジスト残渣４２を含む第五の残渣が、ライン側壁１１６およびバイア側壁１１８を被覆する。ＳｉＮエッチング残渣１２０と混ざったフォトレジスト残渣４２を含む第六の残渣が、第五の残渣を被覆する。Ｃｕエッチング残渣１２２と混ざったフォトレジスト残渣４２を含む第七の残渣が、第六の残渣を被覆する。フォトレジスト４８は、第二SiO_2層１０６の第二露出面上に残留する。従来の技術ではフォトレジスト４８、フォトレジスト残渣４２、SiO_2エッチング残渣４４、ＳｉＮエッチング残渣１２０、およびＣｕエッチング残渣１２２は、従来の技術のプラズマアッシングおよびストリッパ浴を用いて除去される。

【００２０】

第五、第六、および第七の残渣は最悪なケースのシナリオであることに留意されたい。特殊なエッチング法によっては第五、第六、または第七の残渣が存在しないこともありうる。

【００２１】

半導体技術の最近の進歩の結果、ジュアルダマシン構造１００の第二および第三絶縁層１０６および１１０を低誘電率材料に代えるという提案に至った。第二および第三絶縁層１０６および１１０を低誘電率材料に代えると電子デバイスの速度が向上する。低誘電率材料開発の最近の努力の結果、低誘電率材料の第一および第二カテゴリーが導き出された。低誘電率材料の第一カテゴリーはＣ－SiO_2材料であり、これはＣ（炭素）がSiO_2の誘電率を低下させる。低誘電率材料の第二カテゴリーはスピンオンポリマーであり、これは低誘電率になるように特に設計された高度に架橋されたポリマーである。スピンオンポリマーの一例はダウケミカル（Dow Chemical）社のＳＩＬＫである。ＳＩＬＫはダウケミカル社の登録商標である。

【００２２】

バイアおよびラインの形状は、より小さな寸法へ、またより大きな深さ／幅比へ向っている。バイアおよびラインの形状がより小さな寸法およびより大きな深さ／幅比へ進むにつれて、従来の技術のプラズマアッシングおよびストリッパ浴は、フォトレジストおよびフォトレジスト残渣を除去するのにあまり効果的でなくなっている。さらにSiO_2を誘電率材料に代えるとプラズマアッシングの連続使用に伴う困難が生じる。Ｃ－SiO_2材料の場合、O_2プラズマがＣを侵食する。Ｃ－SiO_2材料の場合、O_2プラズマをH_2プラズマで置換することができるがこれはプラズマアッシング全体の効率を低下させる。スピンオンポリマー、特にダウケミカル社のＳＩＬＫの場合、プラズマアッシングがスピンオンポリマーを侵食するので、プラズマアッシングはフォトレジストまたはフォトレジスト残渣の除去にとって実施可能な方法ではない。

【００２３】

フォトレジストを除去するためのより効果的な方法が必要である。

【００２４】

残渣を除去するためのより効果的な方法が必要である。

【００２５】

フォトレジストを除去するためのより効率的な方法が必要である。

【００２６】

残渣を除去するためのより効率的な方法が必要である。
【００２７】
バイアおよびラインの形状が小さな寸法を有する基板からフォトレジストを除去するための方法が必要である。
【００２８】
バイアおよびラインの形状が小さな寸法を有する基板から残渣を除去するための方法が必要である。
【００２９】
バイアおよびラインの形状が大きな深さ／幅比を有する基板からフォトレジストを除去するための方法が必要である。
【００３０】
バイアおよびラインの形状が大きな深さ／幅比を有する基板から残渣を除去するための方法が必要である。
【００３１】
Ｃ－ＳｉＯ$_2$低誘電率材料にフィーチャがエッチングされている基板からフォトレジストを除去するための方法が必要である。
【００３２】
Ｃ－ＳｉＯ$_2$低誘電率材料にフィーチャがエッチングされている基板から残渣を除去するための方法が必要である。
【００３３】
スピンオンポリマー低誘電率材料にフィーチャがエッチングされている基板からフォトレジストを除去するための方法が必要である。
【００３４】
スピンオンポリマー低誘電率材料にフィーチャがエッチングされている基板から残渣を除去するための方法が必要である。
【００３５】
（発明の概要）
【００３６】
本発明は、基板からフォトレジストおよび残渣を除去するための方法である。イオン注入またはエッチングなどの先行する半導体の加工ステップ後、一般にフォトレジスト、すなわちフォトレジストおよび残渣、または残渣が基板上に残留する。この方法は、アミンおよび溶剤が少なくとも部分的にフォトレジストおよび残渣を溶解するように超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤を基板と接触させた状態に保つことによって始まる。
【００３７】
好ましくはアミンは、第二アミンまたは第三アミンである。より好ましくはアミンは第三アミンである。さらに好ましくはアミンは、２－（メチルアミノ）エタノール、ＰＭＤＥＴＡ、トリエタノールアミン、トリエチルアミン、およびその混合物からなる群から選択される。最も好ましくはアミンは、２－（メチルアミノ）エタノール、ＰＭＤＥＴＡ、トリエタノールアミン、およびその混合物からなる群から選択される。好ましくは溶剤は、ＤＭＳＯ、ＥＣ、ＮＭＰ、アセチルアセトン、ＢＬＯ、酢酸、ＤＭＡＣ、ＰＣ、およびその混合物からなる群から選択される。
【００３８】
次に、フォトレジストおよび残渣を基板の近傍から除去する。好ましくはこの方法は、基板を超臨界二酸化炭素および洗浄剤中で洗浄する洗浄ステップを続ける。好ましくは洗浄剤は、水、アルコール、アセトン、およびその混合物からなる群から選択される。より好ましくは洗浄剤はアルコールおよび水の混合物である。好ましくはアルコールは、イソプロピルアルコール、エタノール、およびその他の低分子量アルコールからなる群から選択される。より好ましくはアルコールはエタノールである。
【００３９】
第一の別の態様では、アミンおよび溶剤は水性フッ化物で置換される。第二の別の態様で

は、第一の別の態様の水性フッ化物に溶剤が加えられる。第三の別の態様では、第二の別の態様の水性フッ化物および溶剤にアミンが加えられる。

【００４０】

（好ましい態様の詳細な説明）

【００４１】

本発明は、超臨界二酸化炭素を用いて基板からフォトレジストおよび残渣を除去する方法である。残渣には、フォトレジスト残渣およびエッチング残渣が含まれる。通常、基板は半導体ウェーハである。別法では基板はパックなどの非ウェーハ基板である。先行する半導体製造工程のステップにおいてウェーハの部分をマスクするために、一般にフォトレジストがウェーハ上に配置される。このような先行する工程のステップにはイオン注入およびエッチングのステップが含まれる。

【００４２】

イオン注入のステップでは、ドーパントが注入されないウェーハの区域をフォトレジストがマスクし、マスクされない領域でウェーハにドーパントを注入することを可能にする。イオン注入のステップは、硬化した殻の下にゼリー様のコアを残してフォトレジスト上に硬化した殻を形成する。

【００４３】

エッチングのステップではエッチングされないウェーハの区域をフォトレジストがマスクし、マスクされない領域がエッチングされる。エッチングのステップでは、フォトレジストおよびウェーハがエッチングされてエッチングフィーチャを生成する一方でまた、フォトレジスト残渣およびエッチング残渣が生成される。フォトレジストのエッチングはフォトレジスト残渣を生成する。エッチングフィーチャのエッチングはエッチング残渣を生成する。一般にフォトレジストおよびエッチングの残渣は、エッチングフィーチャの側壁を被覆する。

【００４４】

一部のエッチングのステップではフォトレジストが完全にはエッチングされず、その結果フォトレジストの一部分がエッチングのステップ後にウェーハ上に残留する。これらエッチングのステップではエッチングのプロセスが、残留しているフォトレジストを硬化する。別のエッチングのステップではフォトレジストは完全にエッチングされ、このようなエッチングのステップではフォトレジストはウェーハ上に少しも残らない。後者のケースでは残渣、すなわちフォトレジスト残渣およびエッチング残渣のみがウェーハ上に残留する。

【００４５】

本発明は好ましくは、形状寸法が０．２５μｍ（０．２５μ）以下のフォトレジストを除去することに向けられる。換言すれば本発明は、好ましくはＩ線に露光したフォトレジストおよびそれより短い波長に露光したフォトレジストを除去することに向けられる。これらはＵＶ、真空ＵＶ、およびそれより小さな形状寸法のフォトレジストである。別法では本発明は、それより大きな形状寸法のフォトレジストの除去に向けられる。

【００４６】

本発明はフォトレジストおよび残渣の除去という言葉で記述されているが、これはフォトレジストおよび残渣の除去、またはフォトレジストのみの除去、または残渣のみの除去にも同様に適用されることは当業者には容易に分かるはずである。

【００４７】

本発明の好ましい態様は、超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤を用いてウェーハからフォトレジストおよび残渣を除去する。好ましくはアミンは、第二アミンおよび第三アミンからなる群から選択される。より好ましくはアミンは第三アミンである。さらに好ましくはアミンは、２－（メチルアミノ）エタノール、ＰＭＤＥＴＡ（ペンタメチルジエチレントリアミン）、トリエタノールアミン、トリエチルアミン、およびその混合物からなる群から選択される。最も好ましくはアミンは、２－（メチルアミノ）エタノール、ＰＭＤＥＴＡ、トリエタノールアミン、およびその混合物からなる群から選択される。好ましく

は溶剤は、ＤＭＳＯ（ジメチルスルホキシド）、ＥＣ（炭酸エチレン）、ＮＭＰ（Ｎ－メチル－２－ピロリドン）、アセチルアセトン、ＢＬＯ（ブチロラクトン）、酢酸、ＤＭＡＣ（Ｎ，Ｎ’－ジメチルアセトアミド）、ＰＣ（炭酸プロピレン）、およびその混合物からなる群から選択される。より好ましくは溶剤は、ＤＭＳＯ、ＥＣ、アセチルアセトン、ＢＬＯ、氷酢酸、およびその混合物からなる群から選択される。

【００４８】

本発明の好ましい方法は図６にブロック図として図示される。好ましい方法２００は、第一処理ステップ２０２においてウェーハ上にフォトレジストおよび残渣を有するウェーハを圧力チャンバ内に置き、圧力チャンバをシールすることによって始まる。第二処理ステップ２０４において二酸化炭素が超臨界二酸化炭素（$SCCO_2$）になるまで圧力チャンバを二酸化炭素で加圧する。第三処理ステップ２０６においてアミンおよび溶剤を超臨界二酸化炭素により処理チャンバ中に搬入する。第四処理ステップ２０８において、超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤をウェーハと接触させた状態を、フォトレジストおよび残渣がウェーハから除去されるまで保つ。第四処理ステップ２０８ではアミンおよび溶剤が少なくとも部分的にフォトレジストおよび残渣を溶解する。第五処理ステップ２１０において圧力チャンバを一部排気する。第六処理ステップ２１２においてウェーハを洗浄する。第七処理ステップ２１４においてこの好ましい方法２００は、圧力チャンバを減圧し、ウェーハを取り出すことによって終わる。

【００４９】

本発明の好ましい超臨界加工システムは図７に図示される。好ましい超臨界加工システム２２０には、二酸化炭素供給容器２２２、二酸化炭素用ポンプ２２４、圧力チャンバ２２６、化学薬品供給容器２２８、循環用ポンプ２３０、および排気ガス回収容器２３４が含まれる。二酸化炭素供給容器２２２は、二酸化炭素用ポンプ２２４および二酸化炭素用配管２３６を介して圧力チャンバ２２６と連結している。二酸化炭素用配管２３６には、二酸化炭素用ポンプ２２４と圧力チャンバ２２６の間に配置された二酸化炭素用ヒータ２３８が含まれる。圧力チャンバ２２６には圧力チャンバ用ヒータ２４０が含まれる。循環用ポンプ２３０は、循環の入口２４４で、また循環の出口２４６で圧力チャンバと連結している循環ライン２４２上に配置される。化学薬品供給容器２２８は化学薬品供給ライン２４８を介して循環ライン２４２と連結しており、これには第一噴射ポンプ２４９が含まれる。洗浄剤供給容器２５０は洗浄水供給ライン２５２を介して循環ライン２４２と連結しており、これには第二噴射ポンプ２５３が含まれる。排ガス回収容器２３４は排ガス用配管２５４を介して圧力チャンバ２２６と連結している。好ましい超臨界加工システム２２０には、弁、制御用電子機器、フィルタ、および超臨界流体加工システムに特有な単体のフックアップが含まれることは当業者には容易に分かるはずである。

【００５０】

追加の化学薬品供給容器を第一噴射ポンプ２４９と連結することができること、または追加の化学薬品供給容器および追加の噴射ポンプを循環ライン２４２と連結することができることは当業者には容易に分かるはずである。

【００５１】

図６および７の両方を参照すると、好ましい方法２００の実施は、フォトレジストまたは残渣あるいはその両者を有するウェーハを圧力チャンバ２２６のウェーハキャビティ２５６中に置き、次いで圧力チャンバ２２６をシールする第一処理ステップ２０２で始まる。第二処理ステップ２０４においては、二酸化炭素用ポンプ２２４により二酸化炭素供給容器２２２からの二酸化炭素で圧力チャンバ２２６を加圧する。第二処理ステップ２０４の間、二酸化炭素を二酸化炭素用ヒータ２３８によって加熱し、また圧力チャンバ２２６中の二酸化炭素の温度が臨界温度を超えることを確かなものにするために圧力チャンバ２２６を圧力チャンバ用ヒータ２４０によって加熱する。二酸化炭素の臨界温度は３１℃である。好ましくは圧力チャンバ２２６中の二酸化炭素の温度は４５℃から７５℃の範囲内にある。別法では、圧力チャンバ２２６中の二酸化炭素の温度は３１℃から約１００℃の範囲内に保たれる。

【００５２】
最初の超臨界条件に達すると、第三処理ステップ２０６において、第一噴射ポンプ２４９が化学薬品供給容器２２８からのアミンおよび溶剤を循環ライン２４２を介して圧力チャンバ２２６中へポンプで送り、一方二酸化炭素用ポンプが超臨界二酸化炭素をさらに加圧する。いったん所期のアミンおよび溶剤の量が圧力チャンバ２２６中にポンプで送られ、所期の超臨界条件が達成されると、二酸化炭素用ポンプ２２４は圧力チャンバ２２６の加圧を中止し、第一噴射ポンプ２４９はアミンおよび溶剤の圧力チャンバ２２６中へのポンプ送りを中止し、第四処理ステップ２０８において循環用ポンプ２３０が超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤の循環を開始する。超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤の循環により、超臨界二酸化炭素はアミンおよび溶剤のウェーハとの接触を保つ。これに加えて、超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤の循環による流体の流動がウェーハからのフォトレジストおよび残渣の除去を増大させる。

【００５３】
好ましくは第四処理ステップ２０８の間、ウェーハは圧力チャンバ２２６内で静止させたままである。別法では第四処理ステップ２０８の間、ウェーハを圧力チャンバ２２６内で回転させる。

【００５４】
フォトレジストおよび残渣がウェーハから除去された後、圧力チャンバ２２６中の条件を第五処理ステップ２１０における最初の超臨界条件の近くまで戻すために、超臨界二酸化炭素、アミン、溶剤、除去したフォトレジスト、および除去した残渣の一部を排ガス回収容器２３４に排気させることによって圧力チャンバ２２６を部分的に減圧する。

【００５５】
第六処理ステップ２１２においては、二酸化炭素用ポンプ２２４が所期の超臨界条件の近くまで圧力チャンバ２２６を加圧しながら、第二噴射ポンプ２５３が循環ラインを介して洗浄剤供給容器２５０からの洗浄剤を圧力チャンバ２２６中へポンプで送り、次いでウェーハを洗浄するために循環用ポンプ２３０が超臨界二酸化炭素および洗浄剤を循環させる。好ましくは洗浄剤は、水、アルコール、アセトン、およびその混合物からなる群から選択される。より好ましくは洗浄剤はアルコールおよび水の混合物である。好ましくはアルコールは、イソプロピルアルコール、エタノール、およびその他の低分子量アルコールからなる群から選択される。より好ましくはアルコールは、イソプロピルアルコールおよびエタノールからなる群から選択される。最も好ましくはアルコールはエタノールである。

【００５６】
好ましくは第六処理ステップ２１２の間、ウェーハは圧力チャンバ２２６内で静止させたままである。別法では第六処理ステップ２１２の間、ウェーハを圧力チャンバ２２６内で回転させる。

【００５７】
第七処理ステップ２１４においては、圧力チャンバ２２６を排ガス回収容器２３４へ排気させることによって圧力チャンバ２２６を減圧し、最後にウェーハを圧力チャンバ２２６から取り出す。

【００５８】
本発明の好ましい時系列チャートを図８に線図で示す。好ましい時系列チャート２６０は、好ましい方法２００を時間の関数として指し示し、また圧力２６２を時間の関数として指し示す。図８の時間軸は単に例示に過ぎず、普通の意味での相対的な期間を一定の縮尺で指し示すものではないことは当業者には容易に分かるはずである。勿論、理想的にはすべての時間は経済的かつ効率的な加工方法を得るために常識的な範囲内で最少にされるはずである。

【００５９】
第一処理ステップ２０２において、最初の時間t_0以前にウェーハを圧力チャンバ２２６内に置き、圧力チャンバをシールする。第二処理ステップ２０４において、最初の時間t_0から第一時間t_1を経て第二時間t_2まで圧力チャンバ２２６を加圧する。圧力チャン

バは第一時間t_1で臨界圧P_cに達する。超臨界二酸化炭素の臨界圧P_cは１，０７０ｐｓｉ（約７３８ＭＰａ）である。第三処理ステップ２０６において、好ましくは第一時間t_1と第二時間t_2の間にアミンおよび溶剤を圧力チャンバ２２６内に噴射する。好ましくはアミンおよび溶剤の噴射は約１，１００～１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）に達したときに始まる。別法では、アミンおよび溶剤は第二時間t_2付近または第二時間t_2後に圧力チャンバ内に噴射される。圧力チャンバは第二時間t_2で作動圧力P_{op}に達する。好ましくは作動圧力P_{op}は約２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）である。別法では、作動圧力P_{op}は１，０７０ｐｓｉ（約７３８ＭＰａ）から約６，０００ｐｓｉ（約４，１３６Ｍｐａ）の範囲内にある。

【００６０】

好ましい時系列チャート２６０では第四処理ステップ２０８において、超臨界二酸化炭素、アミン、および溶剤がウェーハと接触を保った状態が、フォトレジストおよび残渣がウェーハから除去されるまで続き、それは第二時間t_2から第三時間t_3まで行なわれる。第五処理ステップ２１０において、第三時間t_3から第四時間t_4まで圧力チャンバ２２６は一部排気される。好ましくはこれは、第一排気で作動圧力P_{op}から約１，１００～　１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）まで降下させ、第一圧力再充填で１，１００　～　１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）から作動圧力P_{op}まで上昇させ、第二排気において１，１００　～　１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）まで再降下させることによって達成される。別法では、圧力再充填および第二排気を第五処理ステップ２１０の一部として行なわない。さらに別法では、１または複数回の排気により十分な排気が可能となる場合には追加の再充填および排気を第五処理ステップ２１０の一部として行なう。

【００６１】

好ましい時系列チャート２６０では第六処理ステップ２１２において、ウェーハの洗浄が第四時間t_4から第五時間t_5を経て第六時間t_6まで続く。第六処理ステップ２１２は第二圧力再充填から始まり、第四時間t_4から第五時間t_5まで好ましくはその間ずっと洗浄剤が圧力チャンバ２２６中に噴射される。第七処理ステップ２１４において、第六時間t_6から第七時間t_7まで圧力チャンバ２２６を排気する。好ましくはこれは、第三排気で作動圧力P_{op}を約１，１００　～　１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）まで降下させ、第三圧力再充填で１，１００　～　１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）から作動圧力P_{op}まで上昇させ、最後に第五排気で大気圧まで降下させることによって達成される。別法では、第三排気および第三圧力再充填を第七処理ステップ２１４の一部として行なわない。さらに別法では、追加の排気および再充填を第七処理ステップ２１４の一部として行なう。

【００６２】

本発明の第一の別の態様は、上述の好ましい態様に水性フッ化物を加える。第一の別の態様においては超臨界二酸化炭素、アミン、溶剤、および水性フッ化物がフォトレジストおよび残渣を除去する。好ましくは水性フッ化物はフッ化物塩基およびフッ化物酸の群から選択される。より好ましくは水性フッ化物は、水性フッ化アンモニウム（水性NH_4F）および水性フッ化水素酸（ＨＦ）からなる群から選択される。

【００６３】

第一の別の態様は、少なくとも一部のフォトレジストおよび少なくとも一部の残渣を二酸化ケイ素（SiO_2）の表面から除去する場合に役立つ。水性フッ化物は、SiO_2表面をわずかにエッチングすることによりフォトレジストおよび残渣からSiO_2表面をアンダーカットする。水性フッ化物はウェーハのSiO_2表面からフォトレジストおよび残渣を除去するのに役立つが、ウェーハが露出したアルミニウム層を含む場合には水性フッ化物は使用することができない。これは、水性フッ化物が露出したアルミニウム層を急速にエッチングすることになるためである。

【００６４】

本発明の第二の別の態様は、上記第一の別の態様に追加の水を加える。SiO_2表面は疎

水性であるがフォトレジストは親水性であるため、追加の水は第一の別の態様の機能を高める。こうして追加の水はSiO_2表面からフォトレジストを分離する。

【００６５】

本発明の第三の別の態様は、フォトレジストおよび残渣を除去するために超臨界二酸化炭素および水性フッ化物を用いる。第三の別の態様ではアミンを使用せず、また溶剤も使用しない。

【００６６】

本発明の第四の別の態様は、超臨界二酸化炭素および水性フッ化物に追加の水を加える。

【００６７】

本発明の第五の別の態様は、上記第三の別の態様に溶剤を加える。

【００６８】

第一の別の時系列チャートにおいては、第四処理ステップ２０８を初期クリーニング圧および最終クリーニング圧で行なう。好ましくは初期クリーニング圧は約１，１００　～１，２００ｐｓｉ（約７５８～８２７Ｍｐａ）であり、最終クリーニング圧は約２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）である。一部の化学薬品の初期クリーニング圧における第一溶解度は、最終クリーニング圧における第二溶解度よりも低い。初期クリーニング圧で行なわれる最初のクリーニング段階の間、低溶解度の化学薬品は水の上で凝縮する。この結果、フォトレジストおよび残渣上で低溶解度の化学薬品の濃度が高まり、したがってウェーハからのフォトレジストおよび残渣の分離を増大させる。最終クリーニング圧で行なわれる最後のクリーニング段階の間、低溶解度の化学薬品はウェーハ上にもはや凝縮しないかまたはあまり凝縮せず、したがってウェーハ上の低溶解度の化学薬品の濃度は第四処理ステップ２０８を終えることを見越して減らされる。

【００６９】

本発明の第二の別の時系列チャートにおいては、第一洗浄を行なった後に第二洗浄が行われる。

【００７０】

具体的な態様：

【００７１】

下記に本発明の第一から第七の具体的な態様を考察する。第一から第七の具体的な態様は各々、好ましい超臨界加工システム２２０と類似の実験システムで使用した特別な化学物質および特別な方法の概要である。実験システムは、試験用ウェーハからフォトレジストを除去するために、またはフォトレジストおよび残渣を除去するために、または残渣を除去するために用いられた。実験システムは、圧力チャンバ２２６、循環用ポンプ２３０、および循環ライン２４２を組み合わせた約１．８　ｌの内部容積を特徴とする。第一から第七の具体的な態様は、本発明を半導体の製造に使用することの実現性を示すことを意図してコンセプトのフィージビリティースタディーの証明の一部として行なわれた。本発明を半導体の製造に取り込むに当たって工程をさらに洗練することを考える。

【００７２】

第一の具体的な態様：

【００７３】

第一の具体的な態様においては、アルミニウムのエッチング止めに達するとエッチングステップが終了する上述のバイアエッチングステップで形成されたSiO_2バイア構造からフォトレジストおよび残渣が除去された。採用した具体的な化学物質は、２－メチルアミノエタノール２　ｍｌ（アミン）、ＤＭＳＯ２０　ｍｌ（溶剤の第一成分）、およびＥＣ２０　ｍｌ（溶剤の第二成分）であった。圧力チャンバは５０℃に保った。アミンおよび溶剤を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）で５分間循環させた。２回の部分排気および１回の完全排気を取出と洗浄のステップの間で使用し、部分排気では圧力を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）から１，１００ｐｓｉ（約７５８Ｍｐａ）まで降下させ、また完全排気では圧力を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）から大気圧まで降下させた。洗浄ステップの洗浄剤はアセトン５６　ｍｌであった。洗浄剤および超臨界二酸

化炭素を５分間循環させた。洗浄ステップの後、完全排気の前に部分排気を１回行なった。

【００７４】

第一の具体的な態様ではフォトレジストおよび残渣の除去後に一枚目のＳＥＭ写真が撮られた。一枚目のＳＥＭ写真の結果、第一の具体的な態様においてフォトレジストおよび残渣が除去されたことが示された。

【００７５】

第二の具体的な態様：

【００７６】

第二の具体的な態様においては、フォトレジスト残渣およびエッチング残渣を含む残渣が、酸化物のエッチング止めに達するとエッチングステップが終了する上述のメタルラインエッチングステップで形成されたメタルライン構造から除去された（第二の具体的な態様の試験ウェーハはLucent Technologies社の好意により提供された）。採用した具体的な化学物質は、ＰＭＤＥＴＡ１．５　ｍｌ（アミン）、ＮＭＰ７．５　ｍｌ（溶剤の第一成分）、およびアセチルアセトン６　ｍｌ（溶剤の第二成分）であった。圧力チャンバは５０℃に保った。アミンおよび溶剤を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）で２分間循環させた。１回の部分排気および１回の完全排気を取出と洗浄のステップの間で使用した。洗浄ステップの洗浄剤はエタノール８０体積％と水２０体積％の混合物２０　ｍｌであった。洗浄剤および超臨界二酸化炭素を１分間循環させた。洗浄ステップの後に完全排気を行なった。第二の具体的な態様では残渣の除去前に二枚目のＳＥＭ写真が撮られた。二枚目のＳＥＭ写真の結果、メタルラインの側壁上の残渣、メタルラインより上に突き出た残渣のスカート、およびメタルラインの上部に残留している残渣が示された。第二の具体的な態様では残渣の除去後に三および四枚目のＳＥＭ写真が撮られた。三および四枚目のＳＥＭ写真の結果、第二の具体的な態様において残渣が除去されたことが示された。

【００７７】

第三の具体的な態様：

【００７８】

第三の具体的な態様においては、中程度の用量のイオン注入後に残渣をウェーハから除去した。採用した具体的な化学物質は、２４体積％の水性フッ化アンモニウム　０．１５　ｍｌ（水性フッ化物）、ＢＬＯ　２０　ｍｌ（溶剤の第一成分）、ＤＭＳＯ　２０　ｍｌ（溶剤の第二成分）、氷酢酸　０．１５　ｍｌ（溶剤の第三成分）、および追加の水１　ｍｌであった。圧力チャンバは７０℃に保った。水性フッ化物および溶剤を１，２５０ｐｓｉ（約８６２ＭＰａ）で２分間循環させ、その後圧力チャンバを２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）まで加圧した。２回の部分排気および１回の完全排気を取出と洗浄のステップの間で使用し、部分排気では圧力を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）から１，１００ｐｓｉ（約７５８Ｍｐａ）まで降下させ、また完全排気では圧力を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）から大気圧まで降下させた。洗浄ステップの洗浄剤はエタノール８０％と水２０％の混合物２０　ｍｌであった。洗浄剤および超臨界二酸化炭素を１分間循環させた。洗浄ステップの後、完全排気の前に部分排気を１回行なった。

【００７９】

前および後のＸＰＳ（Ｘ線光電子分光法）試験の結果、第三の具体的な態様でフォトレジストが除去されたことが実証された。

【００８０】

第四の具体的な態様：

【００８１】

第四の具体的な態様においては、高水準の用量のイオン注入後にフォトレジストをウェーハから除去した。採用した具体的な化学物質は、２４体積％の水性フッ化アンモニウム　０．２２　ｍｌ（水性フッ化物）、ＤＭＳＯ　２０　ｍｌ（溶剤の第一成分）、ＥＣ　２０　ｍｌ（溶剤の第二成分）、および追加の水２　ｍｌであった。圧力チャンバは７０℃に保った。水性フッ化物および溶剤を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）で２分間

循環させた。２回の部分排気および１回の完全排気を取出と洗浄のステップの間で使用し、部分排気では圧力を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）から１，１００ｐｓｉ（約７５８Ｍｐａ）まで降下させ、また完全排気では圧力を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）から大気圧まで降下させた。洗浄ステップの洗浄剤はエタノール８０％と水２０％の混合物２０　ｍｌであった。洗浄剤および超臨界二酸化炭素を１分間循環させた。洗浄ステップの後、完全排気の前に部分排気を１回行なった。

【００８２】

前および後のＸＰＳ試験の結果、第四の具体的な態様でフォトレジストが除去されたことが実証された。

【００８３】

第五の具体的な態様：

【００８４】

第五の具体的な態様においては、ＴｉＮエッチング止めに達するとエッチングステップが終了する上述のバイアエッチングステップで形成されたSiO_2バイア構造からフォトレジストが除去された。採用した具体的な化学物質は、２４体積％の水性フッ化アンモニウム　０．１５　ｍｌ（水性フッ化物）および追加の水８　ｍｌであった。圧力チャンバは５０℃に保った。水性フッ化物および追加の水を１，５００ｐｓｉ（約１，０３４Ｍｐａ）で２分間循環させた。２回の部分排気および１回の完全排気を取出ステップと洗浄ステップの間で使用し、部分排気では圧力を１，５００ｐｓｉ（約１，０３４Ｍｐａ）から１，０５０ｐｓｉ（約７２４Ｍｐａ）まで降下させ、また完全排気では圧力を１，５００ｐｓｉ（約１，０３４Ｍｐａ）から大気圧まで降下させた。第一洗浄ステップの洗浄剤は水１２　ｍｌであった。第一洗浄ステップでは洗浄剤および超臨界二酸化炭素を１，５００ｐｓｉ（約１，０３４Ｍｐａ）で１分間循環させ、その後圧力を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）まで上昇した。２回の部分排気および１回の完全排気を第一洗浄ステップと第二洗浄ステップの間で使用し、部分排気では圧力を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）から１，１００ｐｓｉ（約７５８Ｍｐａ）まで降下させ、また完全排気では圧力を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）から大気圧まで降下させた。第二洗浄の洗浄剤はメタノール２０　ｍｌであった。第二洗浄ステップでは洗浄剤および超臨界二酸化炭素を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）で１分間循環させた。第二洗浄ステップの後、完全排気を行なう前に部分排気を１回行なった。

【００８５】

第五の具体的な態様ではフォトレジストの除去前に五枚目のＳＥＭ写真が撮られた。五枚目のＳＥＭ写真は、SiO_2バイア構造の上部にフォトレジストを、またバイアの底部にＴｉＮエッチング止めを示した。第五の具体的な態様ではフォトレジストの除去後に六枚目のＳＥＭ写真が撮られた。六枚目のＳＥＭ写真の結果、第五の具体的な態様でフォトレジストが除去されたことが示された。

【００８６】

第六の具体的な態様：

【００８７】

第六の具体的な態様においては、上述のバイアエッチングステップで形成されたSiO_2バイア構造からフォトレジストが除去された。採用した具体的な化学物質は、２４体積％の水性フッ化アンモニウム　１．５　ｍｌ（水性フッ化物）、ＤＭＳＯ　８　ｍｌ（溶剤）、および追加の水４　ｍｌであった。圧力チャンバは５０℃に保った。水性フッ化物、溶剤、および追加の水を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）で２分間循環させた。１回の部分排気および１回の完全排気を取出ステップと洗浄ステップの間で使用した。洗浄剤はエタノール８０％／水２０％　２０　ｍｌであった。洗浄剤および超臨界二酸化炭素を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）で１分間循環させた。洗浄ステップの後、完全排気を行なう前に部分排気を１回行なった。

【００８８】

第六の具体的な態様ではフォトレジストの除去後に七枚目のＳＥＭ写真が撮られた。七枚

目のＳＥＭ写真の結果、第六の具体的な態様でフォトレジストが除去されたことが示された。

【００８９】

第七の具体的な態様：

【００９０】

第七の具体的な態様においては、上記バイアエッチングステップで形成されたＣ－ＳｉＯ$_2$ダマシン構造からフォトレジストおよび残渣が除去された。採用した具体的な化学物質は、２４体積％の水性フッ化アンモニウム　０．１５　ｍｌ（水性フッ化物）、ＢＬＯ　２０　ｍｌ（溶剤の第一成分）、ＤＭＳＯ　２０　ｍｌ（溶剤の第二成分）、氷酢酸　０．１５　ｍｌ（溶剤の第三成分）、および追加の水１　ｍｌであった。圧力チャンバは７０℃に保った。水性フッ化物、溶剤、および追加の水を２，８００ｐｓｉ（約１，９３０Ｍｐａ）で２分間循環させた。２回の部分排気および１回の完全排気を取出ステップと洗浄ステップの間で使用した。洗浄ステップの洗浄剤はエタノール５０％／水５０％　２０　ｍｌであった。洗浄剤および超臨界二酸化炭素を２，７００ｐｓｉ（約１，８６１Ｍｐａ）で１分間循環させた。洗浄ステップの後、完全排気を行なう前に部分排気を１回行なった。

【００９１】

第七の具体的な態様ではフォトレジストおよび残渣の除去後に八枚目のＳＥＭ写真が撮られた。八枚目のＳＥＭ写真の結果、第七の具体的な態様でフォトレジストおよび残渣が除去されたことが示された。

【００９２】

添付の特許請求の範囲によって規定される本発明の精神および範囲から逸脱することなく、好ましい態様に対して他のさまざまな修正を行なうことが可能なことは当業者には容易に分かるはずである。

【図面の簡単な説明】

【図１】　図１は、イオン注入の後、フォトレジスト除去の前の従来の技術のｎ－ｐ－ｎＦＥＴ構造を示す図である。

【図２】　図２は、ＲＩＥエッチングの後、フォトレジストおよび残渣除去の前の従来の技術の第一のバイア構造を示す図である。

【図３】　図３は、ＲＩＥエッチングの後、フォトレジストおよび残渣除去の前の従来の技術の第二のバイア構造を示す図である。

【図４】　図４は、ＲＩＥエッチングの後、残渣除去の前の従来の技術のメタルライン構造を示す図である。

【図５】　図５は、ＲＩＥエッチングの後、フォトレジストおよびフォトレジスト残渣除去の前の従来の技術のジュアルダマシン構造を示す図である。

【図６】　図６は、本発明の好ましい方法のステップを示す流れ図である。

【図７】　図７は、本発明の好ましい加工システムを示す図である。

【図８】　図８は、本発明の好ましい時系列チャートである。

【図１】

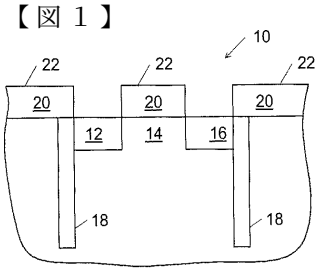

FIG. 1
(PRIOR ART)

【図２】

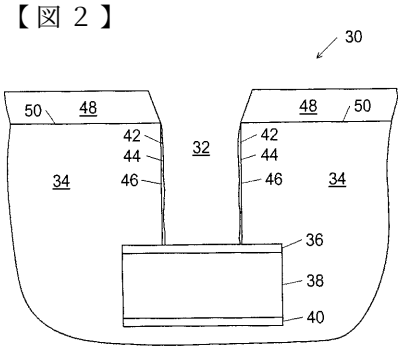

FIG. 2
(PRIOR ART)

【図３】

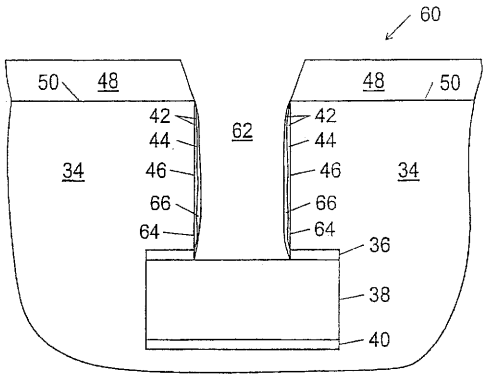

FIG. 3
(PRIOR ART)

【図４】

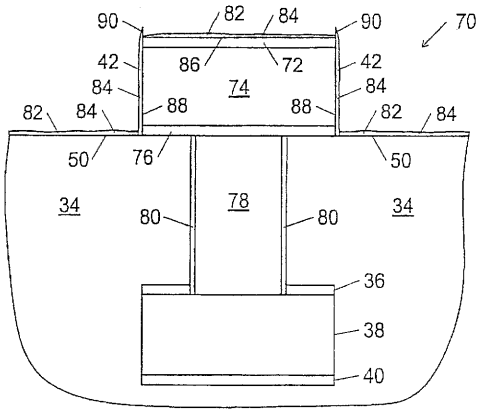

FIG. 4
(PRIOR ART)

【図５】

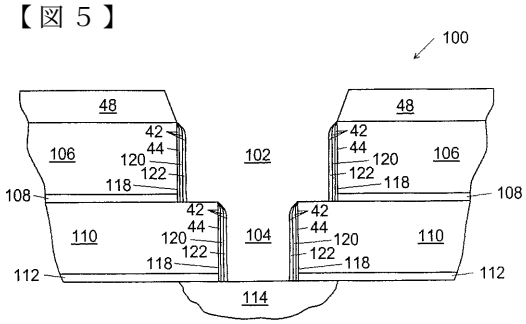

FIG. 5
(PRIOR ART)

【図６】

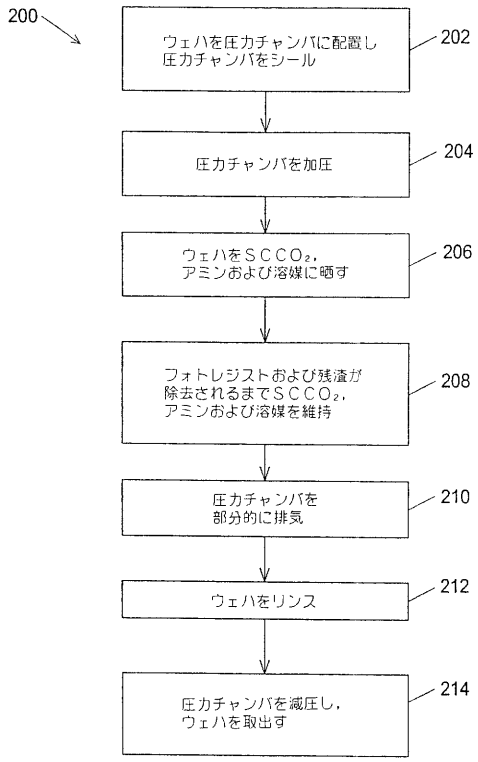

FIG. 6

【図７】

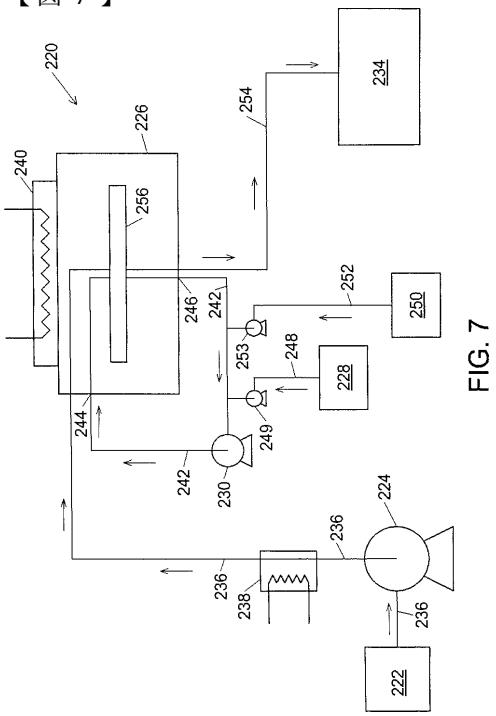

FIG. 7

【図８】

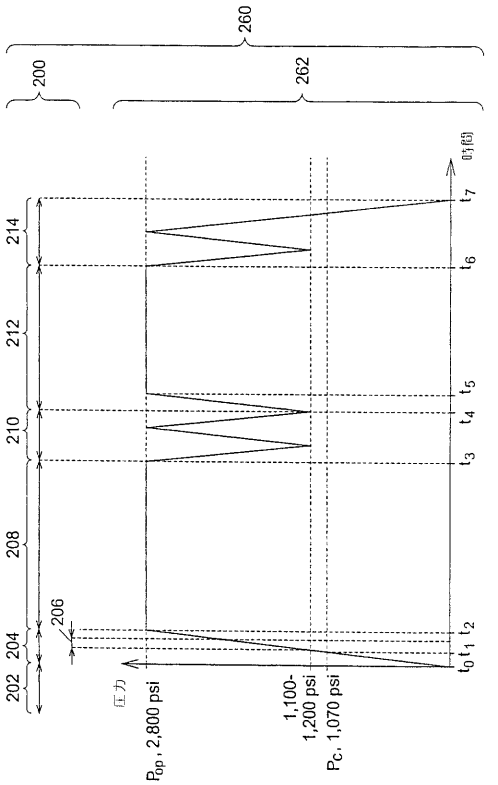

FIG. 8

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 60/199,661
(32)優先日 平成12年4月25日(2000.4.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 09/697,227
(32)優先日 平成12年10月25日(2000.10.25)
(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ミュレー，ウィリアム エイチ.
アメリカ合衆国，オレゴン ９７２１９，ポートランド，サウスウエスト シックスティーサード ドライブ １０５９２
(72)発明者 ビバーガー，マキシミリアン エー.
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４３０３，パロ アルト，ロマ ベルドゥ アベニュ ７３７－６
(72)発明者 シリング，ポール イー.
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９５７４６，グラニート ベイ，シーノ アベニュ ８４０７

審査官 中澤 俊彦

(56)参考文献 特開２０００－１０３０１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２６０５３７（ＪＰ，Ａ）
特開平９－４３８５７（ＪＰ，Ａ）
特開平３－２６１１２８（ＪＰ，Ａ）
特開平２－９８９２８（ＪＰ，Ａ）
特開平２－８７１４７（ＪＰ，Ａ）
特開平１－２２０８２８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－１９２３３３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１３５１７０（ＪＰ，Ａ）
特開平１－４５１２５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１２５６４４（ＪＰ，Ａ）
特表平１１－５１４５７０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G03F 7/42
H01L 21/027
H01L 21/304 641