

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4932075号
(P4932075)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/305 (2006.01)
H01L 21/304 (2006.01)H01L 21/302 101H
H01L 21/304 645C

請求項の数 6 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-306813 (P2000-306813)
 (22) 出願日 平成12年9月1日 (2000.9.1)
 (65) 公開番号 特開2001-203194 (P2001-203194A)
 (43) 公開日 平成13年7月27日 (2001.7.27)
 審査請求日 平成19年8月30日 (2007.8.30)
 (31) 優先権主張番号 09/388991
 (32) 優先日 平成11年9月2日 (1999.9.2)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
 APPPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタクララ バウアーズ アベニュー 3050
 (74) 代理人 100059959
 弁理士 中村 稔
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 賢男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】低κ誘電体に対する損傷を最小にする金属プラグの事前清浄化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体ワークピース上の低誘電体内の少なくとも1つの開口内に露出している金属導体の領域を清浄化する方法であつて、

上記金属導体の領域を露出させている少なくとも1つの開口を有し、3.0よりも小さいかまたはそれに等しい誘電定数を有する誘電体を含んでいる半導体ワークピースを準備するステップと、

上記ワークピースを、ヘリウム及び少なくとも1つの水素含有ガス種からなり水素含量が原子モル濃度で10%から20%の範囲内にあるように構成されたガス混合体をプラズマ分解して発生させた雰囲気に曝露させることにより、上記金属導体の上記領域を事前清浄化するステップと、

上記ワークピースを少なくとも400の温度で、少なくとも30分の時間に亘って焼なますステップ

という、順次行われるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

上記準備するステップは、

3.0よりも小さいかまたはそれに等しい誘電定数を有する、上記金属導体の上側に位置している上記誘電体を含んでいる半導体ワークピースを準備するステップと、

上記誘電体内に、上記金属導体の領域を露出させる開口部を形成するステップとを含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

10

20

【請求項 3】

上記準備するステップは、

3 . 0 よりも小さいかまたはそれに等しい誘電定数を有する、上記金属導体の上側に位置している上記誘電体を含んでいる半導体ワークピースを準備するステップと、

上記金属導体の領域を露出させる開口を、上記誘電体内にエッティングにより設けるステップと

を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

半導体ワークピース上の炭素含有誘電体内の少なくとも 1 つの開口内に露出している金属導体の領域を清浄化する方法であって、

10

金属導体の上側に位置していて上記金属導体の領域を露出させる少なくとも 1 つの開口を含む炭素含有誘電体を含んでいる半導体ワークピースを準備するステップと、

上記ワークピースを、ヘリウム及び水素からなり水素含量が原子モル濃度で 10 % から 20 % の範囲内にあるように構成されたガス混合体をプラズマ分解して発生させた雰囲気に曝露されることにより、上記金属導体の上記領域を事前清浄化するステップと、

上記ワークピースを少なくとも 400 の温度で、少なくとも 30 分の時間に亘って焼なますステップ

という、順次行われるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】

上記準備するステップは、

20

上記金属導体の上側に位置している上記炭素含有誘電体を含んでいる半導体ワークピースを準備するステップと、

上記誘電体内に、上記金属導体の領域を露出させる開口部を形成するステップと

を含むことを特徴とする、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

上記準備するステップは、

上記金属導体の上側に位置している上記炭素含有誘電体を含んでいる半導体ワークピースを準備するステップと、

上記金属導体の領域を露出させる開口を、上記誘電体内にエッティングにより設けるステップと

30

を含むことを特徴とする、請求項 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、一般的には、集積回路及び他の電子デバイスの製造プロセスに関する。詳述すれば、本発明は、上側に位置している誘電体に設けられた開口によって露出された金属層の領域から自生（ネイティブ）酸化物を除去し、爾後にその開口を金属プラグによって充填できるようにする事前清浄化プロセスに関する。

【0002】**【従来の技術】**

集積回路及び他の電子デバイスを製造する一般的なプロセスシーケンスは、基板上に複数の金属導体を堆積させ、次いでこれらの金属を誘電体層によってカバーし、次いで誘電体層をエッティングして複数の開口を形成させて各開口内に 1 つの金属導体のコンタクト領域を露出させ、次いで各開口内に金属プラグを堆積させてコンタクト領域と電気接觸させることである。開口が形成された後に、もし基板が周囲雰囲気または他の何等かの酸素の源に曝露されがあれば、各開口内の曝露された半導体または金属層の表面が酸化され始める。金属プラグとコンタクト領域との間に良好な電気的な接觸を得るために、プラグを堆積させる前にこの自生酸化物を除去または“清浄化”しなければならない。金属プラグを堆積させる前に金属導体から自生酸化物を除去するプロセスを、“事前清浄化”と称している。

40

50

【 0 0 0 3 】

金属導体のための従来の事前清浄化プロセスの重大な欠点は、事前清浄化プロセスが誘電体を損傷させ得ることである。特に損傷を受け易いのは“低”誘電体材料であり、これは誘電定数“”を低下させるために炭素原子を組み入れてある。事前清浄化プロセスを遂行した後に測定した結果、これらの材料の誘電定数が増加していることを見出した。

【 0 0 0 4 】**【発明の概要】**

本発明は、低・炭素含有誘電体内に金属プラグを製造するのに適する事前清浄化プロセスである。詳述すれば、本発明は、金属の上側に位置する炭素含有誘電体に対する損傷を最小にするように、半導体ワークピース上の金属導体のコンタクト領域を清浄化するプロセスである。下側に位置する金属導体上のコンタクト領域を露出させるように誘電体内にコンタクト開口を形成した後に、ワークピースを、水素含有及びヘリウムガスの混合体から形成されるプラズマに曝露することによって、コンタクト領域が清浄化される。

10

【 0 0 0 5 】

驚くべきことには、本発明の水素・ヘリウムプラズマプロセスは、先行プロセステップによって誘電体に生じた損傷を修復することができる。従って、本発明の別の面は、誘電体の表面からレジストを剥離させるための酸素プラズマプロセスによって半導体ワークピース上の炭素含有誘電体に生じた損傷を修復するために、このようなプラズマプロセスを使用することである。

【 0 0 0 6 】

20

【発明の実施の形態】

本発明の事前清浄化プロセスは、半導体ワークピース上の低・炭素含有誘電体内に金属プラグまたはバイアを形成するためのプロセステップのシーケンスの1つのセグメントである。低誘電体は3.8より小さい、好ましくは3.0より小さいかまたはそれに等しい誘電定数“”を有している。低・炭素含有酸化シリコン誘電体の例、及びそれをシリコンウェーハ上に形成するプロセスが、1999年2月10日付Cheungらの米国特許出願第SN 09/247,381号に開示されている。この型の炭素含有酸化シリコンは、酸化シリコン材料内に炭素原子を取り込んでいるために、普通の炭素を含まない二酸化シリコンの誘電定数よりも小さい誘電定数を有している。炭素原子は、典型的にはC-H結合、またはC-F結合の形状で酸化シリコン内に取込まれている。低誘電定数を達成するために、誘電体は、好ましくは少なくとも1重量%、より好ましくは少なくとも5重量%の炭素含量を有している。

30

【 0 0 0 7 】

図1は、普通の半導体ワークピース、即ち基板10を示しており、この基板10に対して本発明のプロセスを遂行することができる。基板10は、典型的には、集積回路が形成されるシリコンウェーハであるか、または電子ビデオディスプレイデバイス及び回路が形成されるガラス基板である。以下、基板は全てシリコンウェーハとして説明する。

【 0 0 0 8 】

ワークピース、即ち基板10は、銅またはタンクステンのような金属導体からなる1以上の領域12を含んでいる。金属領域は、普通の金属堆積及びパターン化プロセス(図2、ステップ101)によって形成することができる。

40

【 0 0 0 9 】

低・炭素含有誘電体層14は、それぞれの開口16が金属領域12の1つの領域17を露出させるために、複数の開口16を含むようにパターン化されている。この領域17を、金属領域の“コンタクト領域”、“露出された領域”、または“露出された表面”と呼ぶ。(金属が、露出された表面を周囲雰囲気内の酸素のような酸素に曝露された結果として、たとえ自生酸化物の薄い層によって覆われっていても、誘電体14によって覆われずに露出している金属領域12の全ての部分を“露出”されていると定義する。)

【 0 0 1 0 】

各開口16は金属材料で実質的に充填され、下側に位置する金属領域12と電気的に接触

50

する“プラグ”または“バイア”を形成する。

【0011】

誘電体内に開口16を作る典型的なプロセスは、誘電体16のプランケット層を堆積させ(ステップ102)、次いでフォトリソグラフィックプロセスを使用して、開口を設けることを望む領域以外の誘電体の全ての領域上にフォトレジスト19のパターンを形成する(ステップ103)ことである。次いで、フォトレジストによって覆われていない誘電体の全ての部分に、プラズマエッチングプロセスによって開口16をエッチングする(ステップ104)。

【0012】

開口16を形成した後にワークピースを酸素に曝露させ、各コンタクト領域の露出表面を酸化させて“自生酸化物”18の薄い層を形成させる。このような酸素曝露は、誘電体内に開口をエッチングした後のフォトレジスト19を除去するための“アッシング”プロセス中に発生する(ステップ105)ことも、または、ワークピースが2つの処理チャンバ間に輸送される時に、もしワークピースが周囲雰囲気に曝露されるのであれば発生することがあり得る。この自生酸化物は、プラグとコンタクト領域との間に良好な電気的な接触を得るために、金属プラグを堆積させる前に除去または“清浄化”しなければならない。この自生酸化物を除去するプロセス(ステップ106)を、それが金属プラグの堆積に先行することから“事前清浄化”と称するのである。

10

【0013】

本発明では、コンタクト領域17の事前清浄化(ステップ106)は、ワークピース10を、ヘリウム、及び水素含有ガスの少なくとも1つの種を含むガス混合体をプラズマ分解させることによって形成した雰囲気に曝露させることによって遂行される。本発明を特定の動作理論に限定するものではないが、プラズマが水素含有ガスを解離させて水素ラジカル及びイオンを発生させ、それらはプラズマから半導体ワークピースへ移動するものと考えられる。ワークピース上の自生酸化物18と接触すると、水素ラジカル及びイオンは自生酸化物の酸素成分と反応して揮発性ヒドロキシル及び水蒸気を形成し、それらは排気ポンプによってチャンバから排気されるので、自生酸化物18が金属コンタクト領域17から除去されるのである。

20

【0014】

低炭素含有誘電体に対する損傷を最小にするためには、ワークピース位置における電界を最小にする方法によってプラズマを形成させることが好ましい。

30

【0015】

このプラズマを形成させる1つの適当な方法は、普通の遠隔プラズマ源内で形成されることであり、これは、ワークピースを保持している真空チャンバから分離しているチャンバ内でプラズマを形成させるか、またはプラズマボディがワークピースから実質的な距離にあるように共通チャンバの分離した領域内でプラズマを形成させることを意味している。何れの場合も排気ポンプは、プラズマ内のガスの分解によって発生したラジカル及びイオンを、プラズマボディからワークピースへ流せる。遠隔プラズマ源を有する普通の処理チャンバが、Cookらの米国特許第5,346,579号、及びMoritaの米国特許第5,543,688号に開示されている。

40

【0016】

ワークピースのスパッタリング損傷を回避するようにプラズマを形成する好ましい代替方法は、図3に示す市販の事前清浄化チャンバ20のような、誘導結合されたプラズマ源を有するプラズマチャンバ内においてである。

【0017】

チャンバの上側部分は、典型的には石英である誘電体材料からなる上側壁22によって境界を画されており、チャンバの下側部分は、誘電体、または典型的にはアルミニウムである導電性材料の何れかからなる下側壁23によって境界を画されている。上述した水素・ヘリウムガス混合体は、典型的には質量流コントローラである流量コントローラ26によって調整された流量で、ガス供給タンク24から1つ以上のガス入口ポート28を通して

50

チャンバの上側部分内に注入される。排気ポンプ(図示していない)は、排気ポート30を通してチャンバガスを排気し、チャンバ圧力を調整する。

【0018】

主RF電源32は、誘電体上側チャンバ壁22を取り囲んでいる誘導コイル34にRF電力を供給する。この電力は、コイルからチャンバの上側部分内のガスへ誘導結合され、ガスをプラズマ状態に励起する。

【0019】

ワークピース、即ち基板10は、チャンバの下側部分内のペデスタル、またはサセプタ36(典型的には、アルミニウムまたはチタンからなる)上に取付けられている。基板によって覆われていないペデスタルの全ての表面は、典型的には石英である誘電体37によつて覆われる。

10

【0020】

バイアスRF電源と呼ぶ第2のRF電源38は、RF電力をペデスタルに供給する。バイアスRF電源は、プラズマを点弧させて維持するのを援助することができ、また殆どの場合プラズマボディに対して負である直流バイアス電圧をペデスタル上に発生させることができる。負のバイアス電圧は、プラズマからのイオンをペデスタルに向かって加速させる。

【0021】

RFバイアス電力は、イオン衝撃によって誘電体を損傷させる危険性を増大させるから、最低可能なRFバイアス電力を使用することが好ましい。どのようなRFバイアス電力もペデスタルに印加しなくとも、自生酸化物を金属12から除去できるものと考えられる。しかしながら、図示した誘導結合型プラズマチャンバにおいては、通常は、プラズマを開始させる、即ち“点弧”させるために若干のRFバイアス電力が必要である。更に、少量のRFバイアス電力を印加しておくと、処理条件が変化してもプラズマを消弧させないことを保証できる。従って好ましい実施例では、バイアスRF電源38が始めに13.56MHzの周波数のRF電力を40Wでペデスタル36に供給してプラズマを開始、即ち点弧させ、その後の事前清浄化プロセス中にはバイアスRF電力を10Wに低下させるように、コントローラ44をプログラムした。10Wのような低電力レベルにおいては、ペデスタル上の直流バイアス電圧はほぼ0になり、図3の好ましいチャンバにおいては正になることさえできる。

20

【0022】

遠隔プラズマ源を有するチャンバにおいては、ペデスタルにRFバイアス電力を印加する必要性はないものと考えられる。

【0023】

好ましい水素含有ガスはH₂である。代替選択は、NH₃(アンモニア)及びSiH₄(シラン)を含む。

【0024】

好ましいガス混合体は、分子モル濃度で5%のH₂及び95%のHeであり、これは気体容量による濃度とほぼ同一である。H₂及びHeはそれぞれ二原子ガス及び単原子ガスであるから、これは原子モル濃度では10%のH及び90%のHeと等価である。

40

【0025】

本発明の事前清浄化プロセスは、銅からなる金属領域12を清浄化するのに特に有用である。それは、酸化銅が100より低い温度で水素によって容易に還元されるからである。他の殆どの金属は、還元反応を遂行するために基板をより高温に加熱する必要がある。基板を所要温度に曝すことを実行できるか否かは、基板上の誘電体14及び他の構造が損傷するか否かに依存する。

【0026】

ヘリウムキャリヤーガスは、プラズマ内の水素の解離を有利に強化する。ヘリウムイオンは極めて軽いので、それらは誘電体14を殆ど、または全くスパッタリング損傷させない。これに対して、アルゴンのようなより大きい原子質量を有する原子種からなるキャリヤ

50

ガスは、後述する比較試験結果から明らかのように、誘電体をより損傷させ易い。従って、誘電体のスパッタリングを最小にするために、ガス混合体が、 $B\text{C}\text{I}_3$ 、アルゴン、またはアルゴンの原子質量より大きい原子質量を有する如何なる元素の如何なる化合物をも含まないようにすることを推奨する。

【0027】

水素含有プラズマは、自生酸化物 I_8 を除去する必要がある限り維持される。図示の誘導結合型プラズマチャンバ内で誘導コイルに 300W のRF電力を印加して 200mm 直径のシリコンウェーハを処理する試験の結果、試験で遭遇した最も厚い酸化銅フィルム 18\AA を除去するのに 30秒 もあれば十分であることを見出した。プラズマ清浄化時間を 60秒 に増加させるか、またはRF電力を 450W に増加させると、誘電体の誘電定数の増加から明らかのように、誘電体の損傷が僅かに増加することを見出した。試験結果については後述する。

10

【0028】

好ましい実施の形態において 200mm シリコンウェーハを事前清浄化するための他のパラメータは、 $\text{H}_2 - \text{He}$ ガス混合体の流量が 100sccm であり、チャンバ圧力が 80ミリトル であることを含む。

【0029】

RF電源 32 、 38 が供給する電力の量を制御し、また流量コントローラ 26 によって供給される水素・ヘリウムガス混合体の流量を制御するマイクロコンピュータ 44 のような、プログラム可能なコントローラによって全てのプロセスステップを制御することが好ましい。

20

【0030】

比較試験

金属事前清浄化プロセスが、炭素含有・低誘電体フィルムの誘電定数に及ぼす効果を試験した。試験を簡易化するために、金属フィルムを実際に清浄化することはしなかった。その代わりに、低誘電体のブランケット層を、銅フィルムを清浄化するために使用するものと同じ水素・ヘリウムプラズマプロセスに曝露させた。この試験は、本発明の金属事前清浄化プロセスが低誘電体を損傷させるか否かを、事前清浄化プロセスを遂行した後の誘電定数の増加を測定することによって明らかにするものである。本発明の事前清浄化プロセスを、アルゴンスパッタリング事前清浄化プロセスと比較した。また、本発明のプロセスの性能を、RF電力、水素濃度、及び持続時間の関数としても試験した。

30

【0031】

この試験では、前記特許出願第SN 09/247,381号に記載されている誘電体堆積プロセスに従って、直径が 200mm のシリコンウェーハ上に低誘電体フィルムを堆積させてある。このプロセスによって、約 2.70 乃至 2.75 の誘電定数を有する誘電体が堆積された。表1及び2に示す試験データは、事前清浄化プロセスの試験量が誘電定数を、この値より増加させたことを示している。誘電定数の増加は誘電体フィルムの損傷の程度を表している。

【0032】

本発明の事前清浄化プロセスを、図3に示した事前清浄化チャンバ内で遂行した。全ての場合、チャンバ圧力は 80ミリトル であり、水素・ヘリウムガス混合体の流量は 100sccm であり、誘導コイルに印加されたRF電力は 2MHz であって、その電力レベルは表1及び2に示す通りであった。また、全ての場合、事前清浄化プロセスの前に、ウェーハを 400°C に1分間維持して脱ガスステップを遂行し、それまでに雰囲気に曝露されている間に誘電体が吸収した水分及び酸素を追い出した。

40

【0033】

熱焼なまし(アニール)が誘電体フィルム 14 を修復するのか否かをも試験した。事前清浄化プロセスを遂行した後に、真空環境内で基板を 400°C で 30 分間加熱して誘電体フィルムを焼なました(図2のステップ 107)。表1及び2は、焼なましステップの前及び後に測定した誘電定数の増加を示している。

50

【0034】

表1 プラズマアッシングを伴わない事前清浄化が誘電定数に及ぼす効果

ラン	ガス	誘導コイル へのR F電 力(W)	持続 時間 (秒)	誘電定数の増 加: 焼な まし前	誘電定数の増 加: 焼な まし後
1	Ar (スペッタ)	300(及 び300バイ アス)	30	0.16	0.21
2	5%H ₂ /95%He	300	30	0.10	0.05
3	5%H ₂ /95%He	300	60	0.17	0.12
4	5%H ₂ /95%He	300	120	0.23	0.19
5	5%H ₂ /95%He	450	60	0.19	0.14
6	10%H ₂ /90%He	300	30	0.22	0.19
7	10%H ₂ /90%He	300	60	0.26	0.20
8	10%H ₂ /90%He	450	60	0.30	0.20

10

20

30

40

【0035】

表1のラン1は、普通のアルゴンスペッタ清浄化プロセスが、誘電定数を0.16だけ増加させていることを示している。これに対してラン2は本発明のH₂-He反応性清浄化プロセスが、誘電定数を僅かに0.10だけ増加させているに過ぎないことから明らかのように、誘電体へ与える損傷は少ないことを示している。

【0036】

表1は、爾後の焼なましステップが本発明のH₂-Heプロセスと驚く程相互依存的であり、これに対して普通のアルゴンスペッタリングプロセス後の焼なましが有害効果をもたらすことをも示している。ラン1では、アルゴンスペッタリングによってもたらされた誘電定数の増加が、焼なましによって更に悪化していることが解る。これに対してラン2は、誘電定数が事前清浄化の前より僅か0.05だけ大きい値まで低下していることから明らかなように、焼なましステップが、本発明のH₂-He事前清浄化プロセスによって生じた小さい損傷を修復したことを示している。ラン3-8は、焼なましステップが誘電定数を低下させていることも示しており、これは焼なましが、本発明のH₂-Heプラズマ事前清浄化プロセスによって誘電体フィルムに生じた若干の損傷を修復したことを見ている。

【0037】

従って、本発明のH₂-Heプラズマ事前清浄化プロセス(ステップ106)を遂行した後に、十分な温度及び持続時間で基板を焼なまして誘電体フィルムの誘電定数を低下させる(ステップ107)ことが高度に有益である。焼なまし温度は100よりも高く、好ましくは少なくとも300、そして最も好ましくは300乃至450の範囲内にすべきである。もし焼なましを普通の熱焼なましチャンバ(即ち、ワークピースを、放射ではなく主として熱伝導及び対流で加熱するチャンバ)内で遂行するのであれば、典型的には、ワークピースを少なくとも5分間、より好ましくは30分間にわたって焼なますべきである。代替として、一般には高速熱処理チャンバと呼ばれている放射加熱チャンバを用い

50

て、ワークピースの表面を遙かに短い持続時間で遙かに高い温度まで放射加熱することができる。

【0038】

ラン3-8は、水素濃度、誘導コイルへのRF電力、または事前清浄化プロセスの持続時間を増加させると、誘電体の損傷も増加することを示している。従って、ラン2のプロセスパラメータが好ましい。

【0039】

普通の酸素プラズマアッティングプロセスを用いた場合の事前清浄化プロセスの効果も試験した。前述したようにプラズマアッティングは、誘電体の表面からいろいろな有機材料を除去するために、通常は金属清浄化の前に遂行される。このような有機材料は、誘電体のトップ表面上のフォトレジスト、バイアのエッチング中にバイア開口の側壁に堆積した“不動態化”層、及びエッチングプロセスの他の有機副産物を含み得る。酸素プラズマアッティングでは、ワークピースを、酸素及びオブションとして他のガスをプラズマ分解して形成された雰囲気に曝露させることによって有機材料が“剥離”される。酸化シリコン誘電体をパターン化した後のフォトレジストを剥離させるための普通の酸素プラズマアッティングプロセスの好ましいパラメータは、酸素ガス流量は500乃至1000 sccm、キャリヤーガスは不使用、チャンバ圧力は15ミリトル、図3に示すものと類似の誘導結合型プラズマチャンバの誘導コイルへの印加される、2MHzでのRF電力は3000Wである。誘電体のスパッタリング損傷を回避するために、アッティングプロセス中はバイアスRF電力は使用しない。

【0040】

表2 プラズマアッティング後の事前清浄化が誘電定数に及ぼす効果

ラン	ガス	誘導コイル へのRF電 力(W)	持続 時間 (秒)	誘電定数の増 加： まし前	誘電定数の増 加： まし後
0	無し(アッティングの み)	0	0	0.25	0.32
1	Ar(スパッタ) (+300W バイアス)	300	30	0.18	0.23
2	5%H ₂ /95%He	300	30	0.14	0.16
3	5%H ₂ /95%He	300	60	0.16	0.19
4	5%H ₂ /95%He	300	120	0.16	0.18
5	5%H ₂ /95%He	450	60	0.17	0.21
6	10%H ₂ /90%He	300	30		0.28
7	10%H ₂ /90%He	300	60		0.28
8	10%H ₂ /90%He	450	60		0.28

【0041】

10

20

30

40

50

表2は、前述した脱ガス及び事前清浄化プロセスの前に、ウェーハに、上述した酸素プラズマアッシングプロセスを適用した時の試験結果を示している。アッシングプロセスを除いて、試験条件は表1に示した試験の条件と同一であった。

【0042】

ラン0は、脱ガスプロセス及び事前清浄化プロセスの前に、酸素プラズマアッシングプロセスを適用した基板を表している。表2のラン0に示されている誘電定数の増加は、表1のラン1に示した増加よりも大きい。この結果は、酸素プラズマアッシングプロセスが、表1のラン1に示したアルゴンスパッタリングプロセスよりも誘電体を損傷させていることを示している。

【0043】

表2において、ラン1-8の場合の誘電定数は、対応するラン0の欄内の誘電定数よりも低い。この結果は、アルゴンスパッタ事前清浄化（ラン1）、及び本発明の水素・ヘリウム反応性プラズマ清浄化（ラン2-8）が共に、アッシング（ラン0）によって誘電体に生じた損傷の若干を修復したことを示している。驚くべきことには、表1に示したようにそれら自体が誘電体を損傷させているこれらの事前清浄化プロセスが、プラズマアッシングの後に遂行した場合には反対の効果、即ち誘電体の損傷の修復を発生するのである。

【0044】

最良の結果は、ラン2、即ち水素濃度、RF電力、及びプロセス持続時間が最低である試験値を有する水素・ヘリウム反応性清浄化プロセスの実施例において達成された。これは、表1に示したアッシングを伴わない試験において、誘電体に対する損傷を最小にするプロセス条件と同一のセットである。

【0045】

表1に示したアッシングを伴わない試験とは対照的に、表2は、事前清浄化の前に酸素プラズマアッシングを遂行した場合は熱焼なましが誘電体の損傷の修復を援助しないことを示している。表2に示すどの試験においても、焼なましの後に測定された誘電定数が増加していることによって明らかのように、熱焼なましが誘電体の損傷を悪化させている。従って、酸素プラズマアッシングを適用したウェーハを事前清浄化した後は、熱焼なましは省略することが好ましい。

【0046】

分子モル濃度で10%（原子モル濃度で20%）の水素を使用した結果（ラン6-8）は、水素が5%の場合よりもかなり悪化している。これは、水素濃度が高めであると、正に帯電した水素イオンがプラズマアッシュされたフィルム内に注入され、それによってフラットバンド電圧が移動するものと考えられる。フラットバンド電圧のこの移動は、5%H₂/95%He（ラン2-5）を用いて遂行した試験では発生が明らかではない。従って、酸素プラズマアッシングを適用した誘電体フィルムに対して事前清浄化プロセスを遂行する場合には、水素含量が分子モル濃度で5%またはそれ以下（原子モル濃度で10%またはそれ以下）のH₂-Heガス混合体が好ましい。

【0047】

要約すれば、プラズマアッシングを伴わないプロセスの試験結果は、本発明の好ましいH₂-He反応性清浄化プロセス（表1のラン2）が本質的に低炭素含有誘電体に損傷を発生させないことを示している。酸素プラズマアッシングを使用したプロセスの場合には、本発明の好ましいH₂-He反応性清浄化プロセス（表2のラン2）が、驚くべきことは、アッシングプロセスによって誘電体に生じた損傷の多くを修復する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプログラミングを遂行することができる半導体ワーカピースの断面図である。

【図2】本発明によるフォトレジストアッシングプロセス及び事前清浄化プロセスの流れ図である。

【図3】本発明の事前清浄化プロセスを遂行するのに適するプラズマチャンバの断面図であって、一部を回路図で示す。

10

20

30

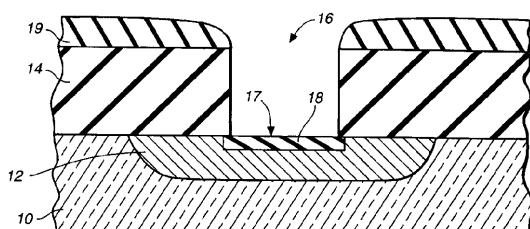
40

50

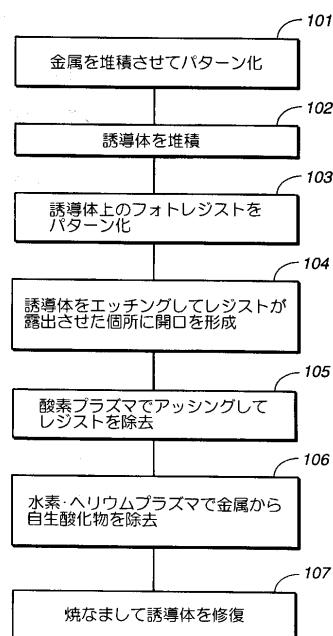
【符号の説明】

1 0	基板	
1 2	金属領域	
1 4	低・炭素含有誘電体	
1 6	開口	
1 7	コンタクト(露出)領域	
1 8	自生酸化物	
1 9	フォトレジスト	
2 0	事前清浄化チャンバ	
2 2	上側壁	10
2 3	下側壁	
2 4	ガス供給タンク	
2 6	流量コントローラ	
2 8	ガス入口ポート	
3 0	排気ポート	
3 2	主RF電源	
3 4	誘導コイル	
3 6	ペデスタル(サセプタ)	
3 7	誘電体	
3 8	バイアスRF電源	20
4 4	コントローラ	

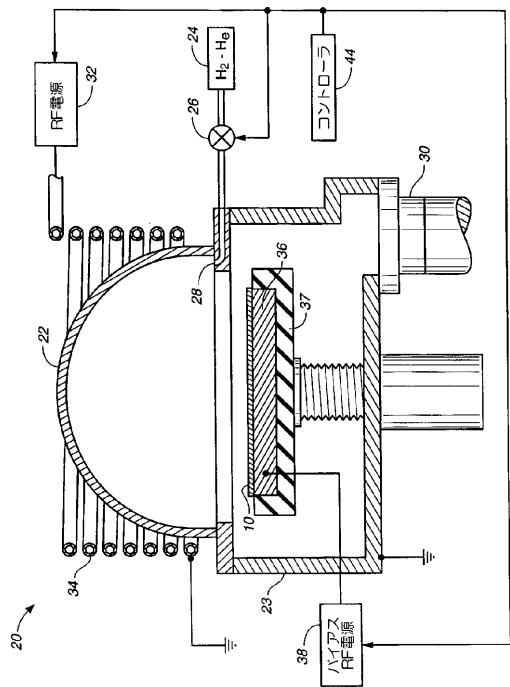
【図1】



【図2】



【図3】



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 100084663
弁理士 箱田 篤
(74)代理人 100158469
弁理士 大浦 博司
(72)発明者 バーニー エム コーエン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95051 サンタ クララ マリエッタ ドライブ 29
31
(72)発明者 スラジ レンガラジャン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94086 サニーヴェイル アスター アベニュー 10
35-1160
(72)発明者 ケニー キング タイ ンガン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94539 フリーモント カメロン ヒルズ ドライブ
43793

審査官 長谷部 智寿

(56)参考文献 特開平11-067909 (JP, A)
特表2002-500276 (JP, A)
A.Grill and V.Patel, Low dielectric constant films prepared by plasma-enhanced chemical vapor deposition from tetramethylsilane, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 米国, American Institute of Physics, 1999年 3月15日, Vol.85, No.6, pp.3314-3318

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/304
H01L 21/768
H01L 21/205