

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-335994

(P2004-335994A)

(43) 公開日 平成16年11月25日(2004.11.25)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/31

H01L 21/22

F I

H01L 21/31

H01L 21/22

E

5 O 1 S

テーマコード(参考)

5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L 外国語出願 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2003-380168 (P2003-380168)
 (22) 出願日 平成15年11月10日 (2003.11.10)
 (31) 優先権主張番号 10/290841
 (32) 優先日 平成14年11月8日 (2002.11.8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 595018271
 サイプレス・セミコンダクタ・コーポレーション
 アメリカ合衆国 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
 3939 ビルディング3

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

(72) 発明者 サンダー・ナラヤナン

アメリカ合衆国・95051・カリフォル
 ニア州・サンタ クララ・フォウラー ア
 ベニュー・3423

Fターム(参考) 5F045 AA20 AB32 DC70 DP19

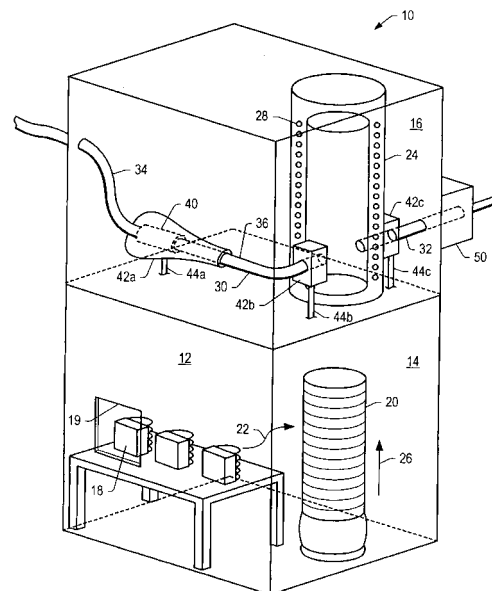
(54) 【発明の名称】 高融点金属側壁の代わりにシリコン側壁を酸化させてゲート導体の側壁表面を選択的に酸化する炉システムおよび方法

(57) 【要約】

【課題】クリティカルな処理ステップ中に、周囲空気が炉システムの加熱されたチャンバに入るのを最小限にする改良された炉システムおよび方法を提供する。

【解決手段】本炉システムは酸化ステップで使用する。この酸化ステップでは、温度のランプ・アップやランプ・ダウン中、および温度安定化および酸素ガスの導入の前のクリティカルな瞬間に、基本的に窒素のような不活性ガスで漏れの可能性がある部分をパージして、酸素を含む周囲空気が大気圧チューブに入らないようにする。チューブ内に酸素がなければ、酸化前後のクリティカルな瞬間に、例えば、ゲート導体のタングステン側壁表面が偶然に酸化されることはない。しかし、水蒸気が存在すれば、この場合、酸素と一緒に水素が使用可能なので、上のタングステンではなくて、下のポリシリコンの側壁表面だけが酸化される。不活性ガスで充填された容器は、チューブだけでなく、加熱されたガスをチューブ中に送り込むためのトーチの漏れの可能性のある部分に後付けされる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チューブと、

前記チューブの外側表面に近接して配置され、かつ前記チューブの中への開口を圍繞する囲いであって、不活性ガスで充填された前記囲いが存在しなければ前記開口を通るかもしれない周囲空気の代わりに、前記囲いおよび前記開口の中に供給される不活性ガスを受け取るための囲いとを備える大気圧炉。

【請求項 2】

前記チューブが、フォーミング・ガスに続いて酸化ガスを前記チューブ中に送り込むように構成された入口管路を備え、前記開口部が、前記入口管路の外側表面と前記チューブの間に延びる請求項 1 に記載の炉。

10

【請求項 3】

前記フォーミング・ガスが、水素および窒素を含み、さらに前記酸化ガスが水蒸気を含む請求項 2 に記載の炉。

【請求項 4】

前記チューブが前記チューブからの排気ガスを送るように構成された出口管路を備え、さらに前記開口が、前記出口管路の外側表面と前記チューブの間に延びている請求項 1 に記載の炉。

【請求項 5】

前記チューブが、前記チューブ中に半導体ウェーハを受け取るように構成された出し入れ口を備え、前記開口が、前記出し入れ口とその出し入れ口に取り付けられたドアとの間に延びている請求項 1 に記載の炉。

20

【請求項 6】

さらに、

前記チューブの外にあり、かつ前記チューブから分離された加熱チャンバと、

前記加熱チャンバの外側表面を部分的に圍繞し、かつ前記加熱チャンバの中への第 2 の開口を少なくとも部分的に圍繞する第 2 の囲いであって、実質的に空気の代わりに、前記第 2 の囲いおよび前記第 2 の開口の中に供給される不活性ガスを受け取るための第 2 の囲いとをさらに備える請求項 1 に記載の炉。

【請求項 7】

前記加熱チャンバが、フォーミング・ガスに続いて酸化ガスを受け取るように構成された入口管路を備え、前記第 2 の開口が、前記入口管路の外側表面と前記加熱チャンバの間に延びている請求項 6 に記載の炉。

30

【請求項 8】

前記フォーミング・ガスが、水素および窒素を含み、さらに前記酸化ガスが水蒸気を含む請求項 7 に記載の炉。

【請求項 9】

前記加熱チャンバが、加熱された前記フォーミング・ガスおよび前記酸化ガスを受け取るように構成された出口管路を備え、さらに前記第 2 の開口が、前記出口管路の外側表面と前記加熱チャンバの間に延びる請求項 6 に記載の炉。

40

【請求項 10】

前記フォーミング・ガスが、おおよそ 1 ~ 10 % の水素および 90 ~ 99 % の窒素を含む請求項 2 に記載の炉。

【請求項 11】

前記フォーミング・ガスが、おおよそ 5 % の水素および 95 % の窒素を含む請求項 2 に記載の炉。

【請求項 12】

前記開口は、前記囲いがないと不適切な周囲空気を前記チューブ中に迎え入れる不慮の開口すなわち漏れ穴である請求項 1 に記載の炉。

【請求項 13】

50

入口および開口部を有する囲いを備える装置であって、

前記入口が前記囲いの第1の部分を通して延びさらに前記開口部が前記囲いの第2の部分を通して形成され、不活性ガスを受け取るように構成されるとともに、前記開口部が容器の漏れ部分または漏れの可能性のある部分のまわりに取り付けられる装置。

【請求項14】

前記容器が加熱チューブかトーチかいずれかである請求項13に記載の装置。

【請求項15】

前記容器は前記漏れ部に対して密封され、さらに前記開口部は、前記漏れ部を覆うために前記容器の外側表面に取り付けられるように構成されている請求項13に記載の装置。

【請求項16】

前記漏れ部分が、前記容器または前記容器に近接する封止材を通して延びる請求項13に記載の装置。

【請求項17】

酸化物を選択的に成長させる方法であって、

漏れ部分または漏れの可能性のある部分を有するチューブの外側表面に不活性ガスを流しながら、出し入れ口を通して加熱された前記チューブの中にウェーハを押し込むステップと、

前記チューブの出し入れ口を閉じ前記チューブの温度を上昇させるステップと、

加熱された水素と酸素を前記チューブの中に流し込んで水蒸気を形成するステップとを含む方法。

【請求項18】

加熱された水素と酸素を流す前記ステップが、前記チューブの中に水素を導入し、その後で、酸素を導入することを含む請求項17に記載の方法。

【請求項19】

加熱された水素と酸素を流す前記ステップが、トーチで水素を加熱し、続いて、トーチで酸素を加熱し、その後で、前記チューブに前記加熱された水素を送り、続いて、前記加熱された酸素を送ることを含む請求項17に記載の方法。

【請求項20】

前記上昇させるステップが、水素と窒素の存在する状態で、おおよそ500～650からおおよそ700～850まで前記チューブ内の温度をランプアップすることを含む請求項17に記載の方法。

【請求項21】

前記不活性ガスを流すステップが、前記チューブの入口ガス管路の封止材、前記チューブの排気ガス管路の封止材、または前記チューブの出し入れ口に取り付けられたドアの封止材のまわりに取り付けられた囲いの中に窒素を導入することを含む請求項17に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、集積回路の製造に関し、より詳細には、高融点金属の層と多結晶シリコン（「ポリシリコン」）の層を有するゲート導体の選択酸化に関する。選択酸化は改良された大気圧炉を使用して行い、閉じられ水素のような酸化物還元ガスが存在していない間に、この炉の中への酸素の漏れを最小にするように炉のクリティカルな領域に窒素を流すことによって、高融点金属側壁の酸化が最小になるが、それでもポリシリコン側壁の酸化を可能とする。

【背景技術】

【0002】

次の記述および例は、この項に含まれるという理由で先行技術であると認められない。

【0003】

集積回路の製造は、多くのステップを含んでいる。例えば、ゲート導体は、前に半導体

10

20

30

40

50

トポグラフィ全体にわたって堆積されたポリシリコンを選択的に除去して形成される。その後で、残っているポリシリコンは、下の基板中に接合領域を形成するとき、マスクとして使用することができる。したがって、ポリシリコン・ゲートは、下の接合の間に位置合わせされ、「自己整合ゲート」と呼ばれることがある。

【0004】

多くの現代のゲート構造は、チャンネル領域の上に誘電的に間隔を空けて配置された単純なポリシリコン層だけではなく多層を含むことが多い。例えば、ゲート導体は、パターン形成されたポリシリコンの上に整列された高融点金属層を有することがある。高融点金属は、基本的にp型ポリシリコンとn型ポリシリコンの間の接合を短絡する低抵抗平形導線として作用する。相補形金属酸化物半導体(CMOS)デバイスに应用可能な平形導線領域だけに高融点金属を配置するのではなく、必要であれば、高融点金属は、ポリシリコン配線全体に沿って延びてポリシリコン・ゲートの実効シート抵抗を下げ、さらに、集積回路の大部分にわたって延びる上側の金属配線に対するポリシリコンの付着力を高めることができる。

10

【0005】

積層されたポリシリコンと高融点金属のゲート導体に起因する問題は、酸化ステップの作用を受けるときに、各々の層が異なった反応を示すことである。例えば、よく知られている低ドーピング・ドレイン(LDD)技術を使用して傾斜接合を形成するために、ゲート導体の側壁表面を酸化することが必要である。酸化ステップは、ゲート導体の側壁表面にスペーサを形成するだけでなく、前のエッチング・ステップの結果としてポリシリコンに生じた損傷を回復させるのにも役立つ。回復プロセスは、アニール・ステップで行われることが多い。ポリシリコンに存在しているかもしれないどんな損傷もアニールするために、ゲート導体は比較的高い温度にさらされ、アモルファス・シリコンをより安定なポリシリコン構成に変換する。

20

【0006】

ポリシリコン・ゲートの露出された側壁表面が高温で酸素にさらされるといつでも、スペーサの形でそのポリシリコンに酸化物が成長する。同じく酸化環境にさらされる上側の高融点金属の側壁表面についても、同じことが言える。高融点金属とその高融点金属が高温で酸素にさらされる条件に依存して、高融点金属は、酸素によって完全に消耗されることもあり、また一部分だけ消耗されることもある。最悪のシナリオでは、高融点金属は完全に消耗され、また、ゲート導体上のキャップ層がゲート導体自体から剥がれるほどに、高融点金属の構造が危険にさらされるようになるかもしれない。最悪とは言えないシナリオでも、高融点金属は側壁表面が一部分だけ消耗され、ゲート導体に、ヒロック、バンプ、またはゲート導体から横方向に外側に向かって延びるウイスカが現れる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ゲート導体の側壁表面を酸化することは有利であるが、その表面だけを選択的に酸化することが遥かに重要である。言い換えれば、ポリシリコン側壁表面だけを選択的に酸化し、高融点金属側壁表面を酸化させないプロセスを導入することが望ましい。したがって、酸化プロセスを実施する酸化チューブのクリティカルな加熱中に、酸素の導入を基本的に最小限にする酸化プロセスの改良が必要である。多くの従来の方法は、酸化プロセスを行う特別に設計された低圧炉またはチューブ、または、ウェーハがチューブに押し込まれた後まで比較的低温であり、その後でチューブが酸化温度に加熱されるようなチューブの使用を教示している。高融点金属が比較的低い温度で酸化しないことは比較的知られているが、比較的低温の低圧炉を使用し、それから酸化温度を達成するように温度をランプ・アップしなければならぬという概念は、酸化プロセスの処理能力を著しく落とす。したがって、ウイスカが生じないで処理能力が悪くならない方法で、高融点金属を酸化しないポリシリコンの選択酸化が行われなければならない。

40

【課題を解決するための手段】

50

【0008】

上で略述した問題は、改良された炉および改良された炉を使用するプロセス方法によって大部分解決することができる。改良された炉は、好ましくは比較的高い温度に予備加熱されるチューブを含む。ポート内に複数のウェーハが整列させられて配置され、そのウェーハを含むポートはロード・ロック領域に維持される。ロード・ロック領域すなわちポート取扱い領域は、基本的に、窒素のような不活性ガスだけを含む。その後、ポートは予備加熱されたチューブ中に挿入され、チューブが密閉される。

【0009】

チューブに挿入した後でチューブを密閉しても、チューブの中への出し入れ口またはそのまわりに、さらには、チューブへの入口管路またはチューブからの排気管路に発生する不慮の漏れがあるかもしれない。これらの漏れの可能性のある部分の各々のまわりに、好ましくは囲いが配置される。この囲いは、漏れの可能性のある部分のまわりのチューブの外側表面に好ましくは取り付けられる開口部を有する、例えば箱として構成することができる。また、囲いは、窒素のような不活性ガスを囲い中に導入することができる入口を有する。不活性ガスは、囲いの中で漏れ部分のまわりを循環し、それによって、その後の酸化を実施するために行われなければならないクリティカルな温度ランプ・アップの瞬間に、酸素のような周囲空気がチューブに入らないようにすることができる。

10

【0010】

ポート取扱い領域から酸素をパージし、チューブを予備過熱している間に、水素のような酸化物還元ガスが存在しない状態で不慮の漏れ部分を通して入る酸素が、残念ながら、高融点金属を酸化する。酸化が行われるとき、水素と酸素の両方が水蒸気の形で存在すべきである。酸化前のクリティカルな瞬間に、不活性ガス、水素、または不活性ガスと水素の組合せのいずれかが存在し、酸素は存在しない。温度のランプ・アップおよびランプ・ダウン中に不活性ガスと水素は、水素よりも多くの不活性ガスが存在する状態で維持されることが望ましい。本明細書では水素を加えた不活性ガスを「フォーミング・ガス」と呼ぶ。温度ランプ・アップ後でランプ・ダウン前に、不活性ガスを、より多くの水素と酸素に置き換えて、水蒸気を形成する。また、水蒸気を「酸化ガス」と呼ぶ。水蒸気は、ポリシリコン側壁表面を酸化するだけでなく、高融点金属側壁表面も部分的に酸化する。しかし、水蒸気環境内の水素は、高融点金属側壁表面に生じるどんな酸化でも還元するので、結果として、高融点金属側壁に酸化成長が起こるとしても、基本的に僅かである。

20

30

【0011】

低圧の種類と比較的低温のチューブを使用するのではなく、本チューブは、処理能力を高めるように予備加熱され、かつ、意図的に大気圧のチューブまたは炉とする。大気圧酸化炉は、トーチを使用して、チューブに導入されるフォーミング・ガスを予備加熱する。フォーミング・ガスは、可燃性条件を防ぐためにチューブが密閉された後で生じたチューブ中に存在する水素とともに大気圧でチューブ中に入れられる。

【0012】

一実施態様では大気圧炉が提供される。この炉はチューブと囲いを含む。囲いはチューブの外側表面に取り付けられる。囲いの一部に外側表面に接する開口部を形成し、その開口部でチューブ中への開口、クラック、穴、または漏れを取り囲む。したがって、開口部は漏れ部分と呼ばれる。囲いはその漏れ部分を覆い、囲いで受け取られる不活性ガスを漏れ部分に制限する。これによって、クリティカルな酸化前および酸化後に、酸素を含む大量の周囲空気が漏れ部分に入るのを基本的に防ぐことができる（窒素で充填された囲いが無いとき、漏れ部分に入ってくる酸素に比べて）。

40

【0013】

開口すなわち漏れ穴は、設計によって意図的には存在しない。しかし、例えば、入口管路、出口管路、またはチューブのドアの封止材またはヒンジが漏れるようなことがあれば、チューブ中への開口すなわち漏れ穴が発生するであろう。囲いはチューブ内の漏れを覆うように使用されることに加えて、また、囲いは、チューブの外にありチューブから分離した加熱チャンバまたはトーチ内の漏れを覆うように使用することもできる。大気圧炉で

50

は、チューブ中に導入されるガスを予備加熱するためにトーチが必要である。チューブと同様に、加熱チャンバにも不慮の漏れが生じることがある。囲いは、加熱チャンバ全体を完全に囲繞するか部分的に囲繞するかどちらかである。

【0014】

他の実施態様によれば装置が提供される。本装置は、入口および開口部を有する囲いを備える。入口は、囲いの中への不活性ガスを受け取るように働き、開口部は、チューブまたは加熱チャンバ(トーチ)のような容器の外側領域に接して配列される。したがって、囲いの開口部は、容器の漏れ部分のまわりで安全であるように構成される。

【0015】

さらに他の実施態様によれば方法が提供される。この方法は、出し入れ口を通して加熱されるチューブの中にウェーハを押し込み、それから出し入れ口を閉じる。そして、フォーミング・ガスの存在する状態で、チューブの温度を上昇させる。そのようなガスは、大部分(60%よりも遥かに多い)が窒素で少量(40%よりも遥かに少ない)が水素である。その後で、窒素を取り除き、酸素と共に水素の流れを増加させて、水蒸気を形成させ、それと同時に一方で、漏れを含んでいるかもしれない、または、含んでいないかもしれないチューブの外側表面の選択部分に不活性ガスが維持されている。しかし、万一漏れが発生すれば、その近くに不活性ガスが存在していることが望ましい。

10

【0016】

本発明の他の目的および有利点は、以下の詳細な説明を読み、添付の図面を参照するときに、明らかになるであろう。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

ここで図面に注意を向けると、図1は、集積回路の製造で使用することができる炉10を示す。炉10は3つの構成部分を含む。すなわち、カセット・ステージング領域(cassette staging area)12、ポート取扱いユニット14、チューブ領域16である。カセット・ステージング領域12は、ウェーハ製造領域からウェーハ・ステージング領域12への出し入れ口19を通してウェーハが充填されたカセット18を挿入させられる。そして、適切な数のウェーハ充填カセットが炉10に挿入された後で、出し入れ口19を密閉する。

【0018】

密閉されると、カセット保管領域12とポート取扱いユニット14に窒素のような不活性ガスを充填する。図示しないが、出し入れ口が開き、ロボット・アームがウェーハ・カセット18を領域12からポート取扱いユニット14に移す間を除いて、領域12は、ポート取扱いユニット14の領域から密閉されるのが望ましい。領域12と14から全ての他の非不活性ガスをパージして、後で領域12と14が領域16内の加熱されたチューブにさらされたときに、ウェーハの酸化を防ぐようにする。ロボット・アームを使用して、ポート20に入れるべきウェーハをカセット18から取り出すことができる。矢印22は、ロボット・アーム(図示しない)の動きを示す。

30

【0019】

領域12に持ってこられたウェーハが領域14のポート20に入れられるとすぐに、ポートはチューブ24に挿入する準備ができる。しかし、ウェーハ充填ポート20を挿入する前に、領域16への出し入れ口を開けなければならない。それから、ポート20を矢印26に沿って上に向けてチューブ24の開口の中に持ち上げる。好ましくは、チューブ24は、石英チューブ内側ライニングを囲繞するヒータ要素28により予備加熱される。また、チューブ24内の環境は、領域12および14の中の不活性環境と同様な不活性環境であることが望ましい。これによって、適切なフォーミング・ガスがチューブに存在するようになる時間まで、不慮の酸化成長が防止される。不活性環境が存在しなければ、ウェーハは酸化性の高温にさらされるかもしれないので、酸化物が成長するであろう。

40

【0020】

領域16は、領域12、14のように、不活性ガスが充填された領域である必要はない

50

。代わりに、領域 16 は、製造施設内の周囲空気を含む。したがって、チューブ 24 の外側表面のまわりに、特に入口チューブ 30 や出口チューブ 32 のまわりに周囲空気が存在する。同様に、周囲空気は出し入れ口が閉まった後に出し入れ口のまわりにも存在する。さらに、加熱チャンバすなわちトーチ 40、そのトーチ 40 に入っていく入口管路 34、そのトーチ 40 から出て行く出口管路 36 のまわりにも周囲空気が存在する。トーチ 40 は、チューブ 24 から独立し分離しており、加熱されたチューブにガスを挿入する前に、ガスを前もって加熱する。ガスが加熱されないで、低温の供給ガスが加熱された石英チューブ中に送り込まれると、石英はひびが入るか粉々に砕けるかもしれない。したがって、トーチ 40 は、チューブが比較的高温に加熱されなければならない酸化ステップで有益である。

10

【0021】

チューブ 24 の入口管路と出口管路および出し入れ口と同様に、トーチ 40 は好ましくは囲い 42 a で囲繞され（部分的にまたは完全に）る。この囲い 42 a は、チューブ 24 の領域を部分的にまたは完全に囲繞する囲い 42 b や 42 c と同様である。囲い 42 の目的は、トーチ 40 がチューブ 24 がいずれかの範囲内の漏れの可能性のある部分を取り囲むことである。漏れ部分は通常は存在しないが、ただ、時間が経って、入口管路や出口管路、密閉された出し入れ口のまわりのシールが機能しなくなって、外部（非不活性）の周囲空気がトーチ 40 またはチューブ 24 に入ってくるようになる。各囲い 42 は、漏れの可能性のある部分を囲繞するだけでなく、図示のように入口 44 a、44 b、44 c を有する。これらの入口によって、窒素のような不活性ガスが送られてそれぞれの囲い 42 に入るの、その結果、漏れ部分は周囲空気ではなくて不活性ガスにさらされる。

20

【0022】

チューブ 24 は、異なる向きの非常に多くの方法で構成することができる。図 1 に示す例は、垂直形チューブであるチューブ 24 を示し、この場合、ポート 20 は、垂直方向に上向きにチューブ 24 の開口に挿入される。しかし、ちょうど同じように、チューブ 24 を水平に配置することができ、個々のウェーハまたはウェーハ充填カセットは、例えば様々なカンチレバーおよびソフトランディング・システムを使用して、チューブの水平軸に沿って吊るされる。チューブ 24 とトーチ 40 の両方は、1 つまたは複数の入口管路および 1 つまたは複数の出口管路を持つことができる。

【0023】

大気圧チューブは、トーチ 40 で生成された加熱ガスを受け取る。チューブ 24 が低圧チューブである場合、大抵の低圧酸化システムはバブラを含み、そのシステムでは、水で部分的に満たされた加熱された囲いから水蒸気が引き出される。チューブがより低い圧力であるために、水蒸気はチューブ中に引き込まれる。これに対して、大気圧チューブは、低圧チューブと同じようには水蒸気を引き込むことはできない。その代わりに、大気圧チューブはトーチを含み、このトーチが、加熱された水素と酸素を混合して水蒸気を形成し、この水蒸気が、トーチによって強制的にチューブに入れられる。トーチが低圧炉で使用されると、チューブの圧力がより低いために、トーチとより低い圧力のチューブの圧力差によって、トーチの炎は実質的に消える。したがって、低圧炉は一般にバブラを伴うが、一方で、大気圧炉は一般にトーチを伴う。また、水素のような爆発しやすいガスを使用する大気圧チューブに関連して、燃焼ボックスおよび/またはスクラバ 50 がある。スクラバ 50 によって、水素は、加熱されたとき、製造施設内に可燃性状態を引き起こさないことが保証される。それによって、水素が出口管路 32 から放出されるときに、燃焼ボックスにより水素が燃え尽きる。

30

40

【0024】

図 2 は、トーチ 40 およびチューブ 24 の漏れの可能性のある部分のまわりに配置された囲い 42 a、42 b、42 c、42 d をより詳細に示す。各囲い 42 a、42 b、42 c、42 d は、対応する入口 52 a、52 b、52 c、52 d および開口部 54 a、54 b、54 c、54 d を含む。入口は導管 56 を受け取るように構成されている。導管 56 は、好ましくは、窒素のような不活性ガスを含む。トーチ 40、チューブ 24、またはト

50

ーチ 40 または チューブ 24 の中に入っていく多数の入口管路またはそこから出てくる多数の出口管路の様々な外側表面に接触するような、またはその外側表面のまわりで安全になるような寸法に開口部 54 が作られる。これらの開口部は、漏れ部分または漏れの可能性のある部分のまわりで実質的に封止するように配列される。もっと具体的に言えば、開口を包んで囲い 42 が漏れ部分を圍繞する。このようにして、漏れが存在するようなことになっても、入口 52 に導入される不活性ガス（矢印 A で示すような）は、強制的に周囲空気が漏れ部分に入らないようにする（矢印 B で示す）。したがって、開口部 54 が、チューブ 24、トーチ 40、またはそれらと関連した管路の外側に完全には封止されていなくても、開口部 54 を通って囲いの中に漏れるかもしれない周囲空気は、囲い中に送り返される不活性ガスのために漏れ部分から実質的に追い返される。

10

【 0 0 2 5 】

主な漏れ部分は、チューブ 24 の出し入れ口、入口 / 出口管路、およびトーチ 40 の入口 / 出口管路のまわりの領域であるが、漏れが存在するかもしれない他の領域があるかもしれない。囲い 42 は、不活性ガスを受け取り、そして、その不活性ガスを、上で示した例の領域だけでなく、理想的には密閉されたチャンバであるべきものの任意の漏れ部分に配置させることができる任意の囲いと考えることができる。示したように、理想的に密閉されたトーチ 40 およびチューブ 24 が酸化環境で使用可能であり、酸素および水素が混合され加熱されて水蒸気を形成する限り、トーチ 40 およびチューブ 24 は、示した例示の構成を超えて異なった構成に配列することができる。

【 0 0 2 6 】

図 3 は、酸化プロセスの 1 つの例を示す。しかし、留意すべき重要なことであるが、酸化は、集積回路製造プロセス全体の中の多数のプロセス・ステップで適用することができる。側壁酸化物を生成する例としての単一酸化ステップは、改良された炉が使用される 1 つの例に過ぎない。図 3 は、半導体基板 62 に形成された酸化物 60 の一様な層を有する半導体トポグラフィの断面を示す。酸化物 60 の上に、アモルファス・シリコン 64 の層が形成される。アモルファス・シリコン 64 の上に、高融点金属窒化物 66 のようなバリア層がある。一般的なバリア層は、例えば、窒化タングステンである。バリア層 66 の上に、タングステン 68 のような高融点金属層がある。その後で、多層 60、64、66、68 は窒化物層 70 でキャップされる。その後、硬化フォトレジスタ 72 のようなパターン形成されたマスク層を使用して、多層構造全体をフォトリソグラフィにかける。

20

30

【 0 0 2 7 】

図 4 は、図 3 のステップに続くプロセス・ステップを示す。このステップでは、様々なよく知られている異方性または等方性エッチングおよび洗浄シーケンスを使用して、前のマスク層 72 によって、露出された多層 64 ~ 70 を除去する。除去される上にある層に加えて、酸化物層 60 の少なくとも 1 部も除去される。その後で、パターン形成されたフォトレジスト層を除去し、多層ゲート 76 を残す。ゲート 76 は、その後に基板 62 の中に形成されるチャンネル領域の上に誘電的に離して配置された層 64 ~ 70 を含む。

【 0 0 2 8 】

図 5 は、傾斜した接合 80 a と 80 b の対の間に、基板 62 の中に形成されたチャンネル領域 78 を示す。傾斜接合は、ポリシリコン層 64 の側壁表面へのスペーサ形成と組み合わされた自己整合ゲート・マスク技術を使用して形成される。図 1 および 2 の改良された炉の中で行われる選択酸化プロセスを使用して、スペーサ 82 a、82 b がポリシリコン 64 の両側壁表面から外に向かって成長するが、上にある高融点金属からは成長しない。このプロセスをさらに図 6 で述べる。スペーサ 82 に加えて、スペーサ 82 から外に広がるスペーサ 83 は、傾斜接合を拡張するように、また、例えば層間誘電体から下の側壁表面を密封するように、すなわち「キャップ」するように使用できる。キャップ・スペーサ 83 は堆積させることができ、窒化シリコンで作ることができる。

40

【 0 0 2 9 】

図 6 は、例えば上にある高融点金属の側壁表面ではなくて、ポリシリコン側壁表面を選択酸化させるのに使用される処理シーケンスを示す。前のエッチング・ステップで生じた

50

損傷をアニールしながら、ポリシリコンの側壁表面を酸化するプロセスは、チューブを開き、ウェーハが充填されたポートを、窒素環境だけを含むポート取扱い領域（図1）からチューブの中に押し込むことで始まる。このように、以下で説明するように、チューブは最初に窒素を含むように準備されているので、押し込みステップ84は、窒素環境の中で行うことができる。ポートがチューブ中に置かれるとすぐに、チューブまたは炉のドアを閉じ（86）、炉を閉じる前か炉のドアが閉まったときかいずれかに、漏れ部分のまわりの囲いも窒素パージ・ガスを受け取る（88）。チューブが密閉され、漏れ部分が周囲空気を窒素でパージしているときに、ステップ90で示すように、チューブの温度は、例えば約500～650 からおよそ700～850、より好ましくは約600 から750の酸化温度に上昇させる。たとえ囲いが漏れの可能性のある部分およびそのまわりの窒素を受け取っても、いくらかの酸素が外部環境からチューブ中に偶然にもれることは起こり得る。しかし、酸素漏れは、窒素パージ囲いが使用されない場合よりも2から3桁少なくなる。ランプ・アップ手順中の高融点金属の消耗および/またはウィスカ形成を防ぐために、チューブのドアが閉まるとすぐに、窒素ガスと共に水素ガスをチューブの中に導入する。水素ガスは窒素ガスと混合し、フォーミング・ガスになり、このフォーミング・ガスはランプ・アップのステップ90全体にわたって存在する。したがって、このプロセスは、純粋な窒素ガスから窒素と水素の組合せ、好ましくは窒素に対してほぼ1～10%の水素、より好ましくは5%の水素への切換えを含む。温度が安定したときに、水素の流れを増加させ、そして、ステップ92で示すように、基本的にチューブ内で水素が窒素に置き換わる。

10

20

【0030】

留意すべき重要なことであるが、水素を入れる前に、チューブはほぼもっぱら窒素または任意の他の不活性型環境だけを含んでいた。特に、水素の導入前に、チューブは酸素を含むべきでなく、したがって、チューブがパージされているとき、および、チューブがパージされたときと、ウェーハがチューブに押し込まれその後で出し入れ口が密閉されるときとの間の時間全体にわたって、漏れ部分を囲繞する囲いは、窒素でパージしなければならない。水素の導入前に、なぜか酸素がチューブ中に漏れた場合には、酸化を無くする水素のような還元剤がないので、酸素は例えばタングステンの側壁表面を酸化する。したがって、囲いの窒素パージが有益である酸化ステップ中のクリティカルな瞬間は、チューブがパージされるときと密閉されたチューブに水素が導入されるときとの間のステップである。たとえ水素が充填された囲いがそのような漏れを軽減しても、不慮の酸素漏れを無くすために、水素還元剤が窒素パージ・ガスと共に使用される。水素の爆発性の特質（加熱されたとき）が密閉環境以外では有害なので、水素は密閉された囲い中に導入しなければならない。

30

【0031】

水素がチューブに導入されているとき、チューブの温度は酸化温度に安定し（94）、その後で、ステップ96で、トーチ40によって、酸素がチューブ中に導入される。高温H₂O（水蒸気）環境は、シリコンを酸化するだけでなく、水蒸気の水素成分が高融点金属の酸化を実質的に防ぎ、同時に、高温環境で、ポリシリコンにもたらされた前のエッチングの損傷がアニールされる。水蒸気によるシリコンの酸化およびアモルファス・シリコンのポリシリコンへの変換は、ステップ98に示される。

40

【0032】

適切なスペーサ厚さが達成されるとすぐに、ステップ100で酸素の流れが終わるが、水素の流れは継続して、高融点金属102の側壁表面に形成されたかもしれない酸化物を還元する。水素の流れの継続時間は、どのくらいの還元が必要であるかに依存して調整することができる。その後で、温度がランプ・ダウンされる前に、またはランプ・ダウンされている間に、ステップ104で、チューブ内に窒素を導入する。ランプ・ダウン・ステップ106は、好ましくは、水素と窒素のフォーミング・ガス内で行われ、この場合、たとえ水素で充填された囲いが存在していて、なぜか依然として存在するかもしれない酸素の漏れを水素が軽減する。いったんチューブ内の温度が十分に下がるとすぐに、炉または

50

チューブのドアが開かれ(108)、そして、ステップ110で、囲いの窒素パーシは終了する。その後で、窒素環境中でチューブからウェーハが引き出される(112)。

【0033】

この開示の恩恵を受ける当業者には正しく理解されるであろうが、このプロセス・ステップおよび漏れ回避対策は、どのような高温炉にも応用することができ、単に酸化炉だけではなく、まして垂直酸化炉だけではない。本プロセス・ステップおよび漏れ回避対策の主要な目的は、炉動作のクリティカルな瞬間の間に炉内の処理環境にとって有害である周囲空気を、完全に無くしないとしても、実質的に最小限にすることである。以上で説明した例は酸化に適用することができ、この酸化においては、高融点金属側壁表面が水素の無い状態で高温にさらされる間中、酸素を含む周囲空気は回避されることになる。このように、水素がチューブ中に導入されるまで、漏れ部分が十分に窒素でパーシされることを保証してチューブから酸素を無くすべきである。漏れ部分を囲繞する各囲い中へのおおよそ5~10リットル/分の窒素流量は、酸素を含む周囲空気が漏れ部分を通してチューブまたはトーチに入るのを防ぐのに十分であるように思われる。次の特許請求の範囲は全てのそのような利益、特徴、修正および変化を含むように解釈されることを意図している。したがって、明細書および図面は、限定する意味ではなくて例示の意味で考えられるべきである。

10

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】カセット保管領域、ポート取扱い領域および加熱チューブを備える生産炉を示す透視部分切り取り図である。

20

【図2】トーチから送られる加熱されたフォーミング・ガスを受け取るように結合されたチューブを示す側面正面図であり、チューブとトーチの両方が、漏れ部分を横切る不活性ガスの流れを受け取るそれぞれの囲いで囲繞されたチューブの入口管路、排気管路、およびドアに近接した漏れ部分を有する。

【図3】多層の上層に配置された、パターン形成されたマスク層を備える半導体トポグラフィを示す部分断面図である。

【図4】パターン形成されたマスク層で覆われていない多層を除去して多層ゲート導体を形成した後の図3の半導体トポグラフィを示す部分断面図である。

【図5】図1および2の改良された大気圧炉を使用して、ゲート導体内の高融点金属層の側壁表面の代わりに、ゲート導体内のポリシリコン層の側壁表面を選択的に酸化した後の図4の半導体トポグラフィを示す部分断面図である。

30

【図6】図1および2の改良された大気圧炉で行われる選択酸化プロセスを示す流れ図である。

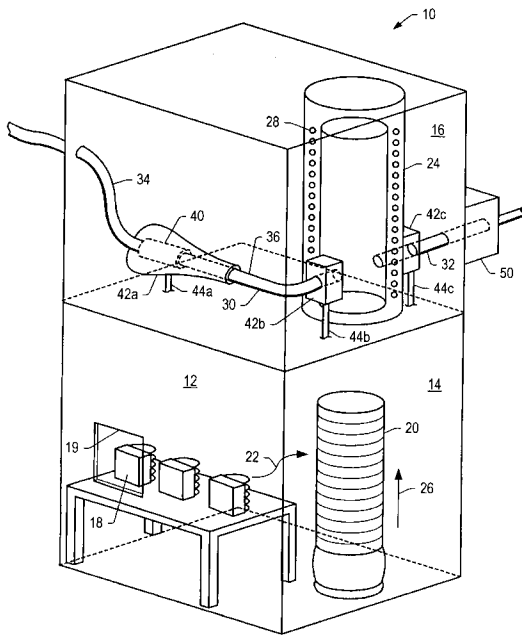
【符号の説明】

【0035】

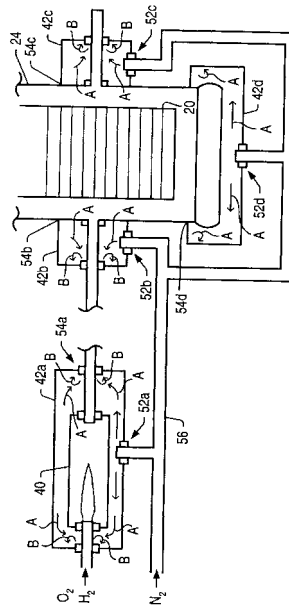
10 炉、24 チューブ、19 出し入れ口、20 ポート、28 ヒータ要素、40 トーチ、34 入口管路、36 出口管路、42 a、42 b、42 c、42 d 囲い、44 a、44 b、44 c、52 a、52 b、52 c、52 d 入口、54 a、54 b、54 c、54 d 開口、62 半導体基板、64 アモルファス・シリコン、66 高融点金属窒化物、68 タングステン、76 多層ゲート、82 a、82 b スペーサ

40

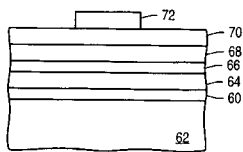
【 図 1 】



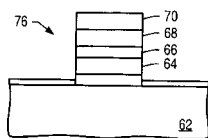
【 図 2 】



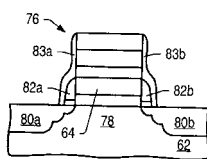
【 図 3 】



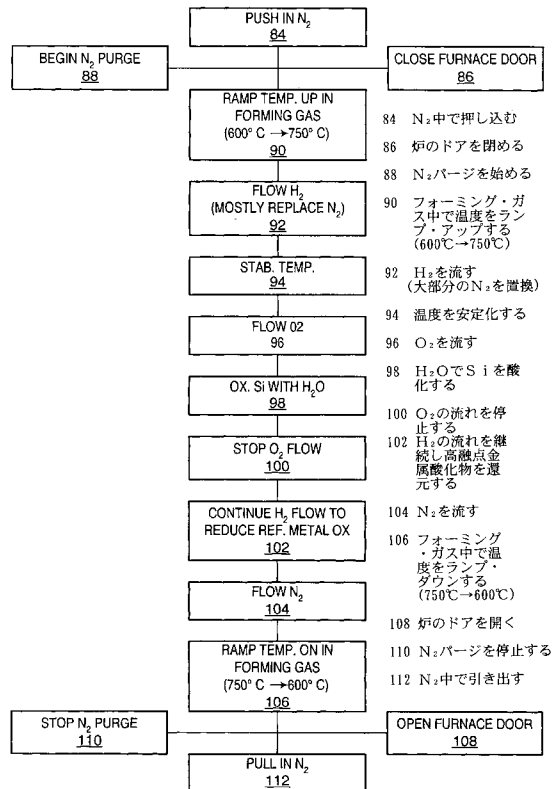
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 外国語明細書 】

BACKGROUND OF THE INVENTION1. Field of the Invention

5 This invention relates to the manufacture of integrated circuits and, more particularly, to selective oxidation of a gate conductor having a layer of refractory metal and a layer of polycrystalline silicon (“polysilicon”). Selective oxidation is achieved by using an improved atmospheric pressure furnace that minimizes oxidation of the refractory metal sidewall yet allows oxidation of the polysilicon sidewall by flowing
10 nitrogen at critical areas of the furnace to minimize oxygen leakage into the furnace while the furnace is closed and an oxide reducing gas, such as hydrogen, is not present.

2. Description of the Related Art

15 The following descriptions and examples are not admitted to be prior art by virtue of their inclusion within this section.

The manufacture of an integrated circuit involves many steps. For example, a gate conductor is formed by selectively removing polysilicon that had been previously
20 blanket deposited across a semiconductor topography. The remaining polysilicon can thereafter be used as a mask when forming the junction regions into the underlying substrate. A polysilicon gate is therefore aligned between the underlying junction, and is sometimes referred to as a “self-aligned gate.”

25 Many modern gate structures often involve multiple layers besides simply a polysilicon layer dielectrically spaced above a channel region. For example, the gate conductor can have a refractory metal layer aligned above the patterned polysilicon. The refractory metal can serve as a low resistive strap that essentially shorts the junction between the p-type and n-type polysilicon. Instead of placing the refractory metal only in
30 the strap areas applicable to a complimentary metal-oxide-semiconductor (CMOS) device, the refractory metal can extend along the entire polysilicon trace, if needed, to help

reduce the effective sheet resistance of the polysilicon gate and improve adhesion of the polysilicon to an overlying metal trace conductor that might extend across a majority of the integrated circuit.

5 A problem attributed to a stacked polysilicon and refractory metal gate conductor is that each layer will react differently when exposed to an oxidation step. For example, it may be necessary to oxidize the sidewall surface of the gate conductor in order to form a graded junction, using the well-known lightly-doped drain (LDD) technique. The oxidation step not only forms spacers on the sidewall surfaces of the gate conductor, but
10 also helps heal any damage done to the polysilicon as a result of the previous etch step. The healing process is often accomplished by an anneal step. In order to anneal whatever damage might exist in the polysilicon, the gate conductor must be subjected to a relatively high temperature to convert the amorphous silicon into a more stable polysilicon composition.

15

Whenever the exposed sidewall surface of the polysilicon gate is subjected to oxygen at a high temperature, an oxide will grow on that polysilicon, possibly, in the form of a spacer. The same can be said of any overlying refractory metal sidewall surface that is also exposed to the oxidizing ambient. Depending on the refractory metal and the
20 conditions in which the refractory metal is exposed to oxygen at a high temperature, the refractory metal may be entirely consumed or only partially consumed by the oxygen. In a worst-case scenario, the refractory metal might become entirely consumed and the structure of the refractory metal jeopardized so that any overlying capping layer of the gate conductor will dislodge from the gate conductor itself. In a less than worst-case
25 scenario, the refractory metal is only partially consumed at the sidewall surface and the gate conductor presents a hillock, bump, or whisker that extends laterally outward from the gate conductor.

While it is beneficial to oxidize the sidewall surface of a gate conductor, it is far more important to only selectively oxidize that surface. In other words, it would be desirable to introduce a process that selectively oxidizes only the polysilicon sidewall surface, but not the refractory metal sidewall surface. An improvement is therefore
5 needed in the oxidation process that would essentially minimize the introduction of oxygen during critical heating of the oxidation tube to effectuate the oxidation process. Many conventional methodologies teach the use of specially designed low pressure furnaces or tubes that carry out the oxidation process, or tubes that remain relatively cool until after wafers are pushed into the tube and thereafter the tube is heated to an oxidation
10 temperature. While it is relatively known that refractory metal does not oxidize at lower temperatures, the concept of using low pressure furnaces that are relatively cool and then having to ramp up the temperature to achieve an oxidation temperature significantly lessens the throughput of the oxidation process. Therefore, selective oxidation of polysilicon and not refractory metal must be done in a way that whiskers do not form and
15 throughput does not suffer.

SUMMARY OF THE INVENTION

The problems outlined above are in large part solved by an improved furnace and
20 a process methodology that uses the improved furnace. The improved furnace is one that includes a tube that is preferably preheated to a relatively high temperature. Aligned with the tube is a plurality of wafers placed within a boat, and the wafer-containing boat is maintained in a load-lock area. The load-lock area or boat handling area contains essentially only an inert ambient, such as nitrogen gas. The boat is then inserted into the
25 preheated tube, which is then sealed.

Even though the tube is sealed after it is loaded, there may be inadvertent leaks that form in or around the doorway into the tube, as well as in the inlet or exhaust lines to and from the tube. Placed around each of those potential leak areas is preferably a
30 container. The container can be configured as a box, for example, having an opening that

is secured preferably to an exterior surface of the tube around the potential leak area. The container also has an inlet through which an inert gas, such as nitrogen, can be introduced into the container. The inert gas then circulates into the container around the leak area and thereby prevents any ambient air, such as oxygen, from entering the tube during a
5 critical temperature ramp up moment that must take place to carry out the subsequent oxidation.

While the boat handling area is purged of oxygen and the tube is preheated, any oxygen which enters through the inadvertent leak areas in the absence of an oxide
10 reducing gas, such as hydrogen, will, unfortunately, oxidize the refractory metal. When oxidation is carried out, both hydrogen and oxygen should be present in the form of steam. In the critical moments before oxidation, either the inert gas, hydrogen, or a combination of inert gas and hydrogen, are present -- not oxygen. Preferably, the inert gas and hydrogen is maintained during temperature ramp up and ramp down, with more inert gas
15 being present than hydrogen. The inert gas and hydrogen is hereinafter referred to as a "forming gas." After temperature ramp up and before ramp down, the inert gas is replaced with more hydrogen and oxygen, to form steam. The steam is alternatively referred to as an "oxidizing gas." The steam not only oxidizes the polysilicon sidewall surface, but also partially oxidizes the refractory metal sidewall surface. However, the
20 hydrogen within the steam ambient will reduce whatever oxidation occurs on the refractory metal sidewall surface so that essentially little if any oxidation growth occurs on the refractory metal sidewall.

Instead of using a relatively cool tube that may be of the low-pressure variety, the
25 present tube is preheated to enhance throughput and is purposely an atmospheric pressure tube or furnace. An atmospheric pressure oxidation furnace utilizes a torch to preheat the forming gas introduced into the tube. The forming gas is placed into the tube at atmospheric pressure, with any hydrogen present in the tube occurring after the tube is sealed to prevent a combustible condition.

30

According to one embodiment, an atmospheric pressure furnace is provided. The furnace includes a tube and a container. The container can be secured against the external surface of the tube so that a portion of the container forms an opening which abuts with the external surface and surrounds an opening, crack, aperture, or leak into the tube. Thus, the opening is alternatively referred to as a leak area. The container essentially covers the leak area and confines an inert gas received by the container to the leak area. This essentially prevents large amounts of ambient air containing oxygen from entering the leak area (relative to oxygen entering the leak area absent the nitrogen-filled containers) during a critical pre- or post-oxidation moment.

10

The opening or leak is one that is purposely not present by design. However, the opening or leak into the tube might occur if a seal or hinge, for example, on the inlet line, outlet line, or tube door were to leak. In addition to the container being usable to cover leaks within the tube, the container can also be used to cover leaks within a heating chamber or torch external to and separate from the tube. That is, in an atmospheric pressure furnace, a torch is needed to preheat gas introduced into the tube. Like the tube, the heating chamber can also develop inadvertent leaks. The container either completely or partially surrounds the entire heating chamber.

15

According to another embodiment, an apparatus is provided. The apparatus comprises the container having an inlet and an opening. The inlet serves to receive an inert gas into the container and the opening can be placed against an external region of a vessel, such as the tube or heating chamber (torch). The opening of the container is therefore one that can be configured to secure around a leak area of the vessel.

20

According to yet another embodiment, a method is provided. The method includes pushing wafers through a doorway into a heated tube and then closing the doorway. The temperature of the tube can then be increased in the presence of a forming gas, such gas being a majority (much greater than 60%) nitrogen and a minority (much less than 40%) hydrogen. Thereafter, the nitrogen can be removed and hydrogen flow

25

increased, along with oxygen, to form steam while inert gas is maintained across select portions of the exterior surface of the tube that may or may not contain a leak. Preferably, however, the inert gas is thereby present should a leak form.

5

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Other objects and advantages of the invention will become apparent upon reading the following detailed description and upon reference to the accompanying drawings in which:

10

Fig. 1 is a perspective, partial cutaway view of a production furnace comprising a cassette storage area, a boat handling area and a heating tube;

15

Fig. 2 is a side elevation view of the tube coupled to receive heated forming gas sent from a torch, wherein both the tube and the torch have leak areas proximate the inlet lines, exhaust lines and the door of the tube surrounded with respective containers that receive a flow of inert gas across the leak areas;

20

Fig. 3 is a partial cross-sectional view of a semiconductor topography comprising a patterned masking layer placed upon an upper layer of multiple layers;

25

Fig. 4 is a partial cross-sectional view of the semiconductor topography of Fig. 3 after the multiple layers not covered by the patterned masking layer are removed to form a multi-layer gate conductor;

30

Fig. 5 is a partial cross-sectional view of the semiconductor topography of Fig. 4 after the sidewall surface of a polysilicon layer within the gate conductor is selectively oxidized in lieu of the sidewall surface of a refractory metal layer within the gate conductor, using the improved atmospheric pressure furnace of Figs. 1 and 2; and

Fig. 6 is a flow diagram of the selective oxidation process undertaken by the improved atmospheric pressure furnace of Figs. 1 and 2.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

5

Turning now to the drawings, Fig. 1 illustrates a furnace 10 which can be utilized in the manufacture of an integrated circuit. Furnace 10 can include three components: a cassette staging area 12, a boat handling unit 14, and a tube 16. Cassette staging area 12 allows for wafer-filled cassettes 18 to be inserted through a doorway 19 from the wafer
10 fabrication area to the wafer staging area 12. Doorway 19 can then be sealed after the proper number of wafer-filled cassettes are inserted into furnace 10.

Once sealed, the cassette storage area 12 and the boat handling unit 14 are filled with an inert gas, such as nitrogen. Although not shown, area 12 is preferably sealed
15 from the area of the boat handling unit 14, except during times when a doorway is opened and a robotic arm transfers the wafer cassettes 18 from area 12 to the boat handling unit 14. All other non-inert gases are purged from regions 12 and 14 to hopefully prevent any oxidation of the wafers when regions 12 and 14 are subsequently exposed to the heated tube within region 16. A robotic arm can be used to retrieve wafers from cassette 18 to
20 be placed into a boat 20. Arrow 22 indicates the movement of the robotic arm (not shown).

Once the staged wafers in area 12 are placed into boat 20 of area 14, the boat is then ready for insertion into tube 24. However, before the wafer-filled boat 20 can be
25 inserted, a doorway into region 16 must be opened. Boat 20 can then be extended upward along arrow 26 into the opening of tube 24. Preferably, tube 24 is preheated via heater elements 28 which surround the quartz tube inner lining. Also, preferably, the ambient within tube 24 is an inert ambient similar to the inert ambient within regions 12 and 14. This will prevent inadvertent oxidation growth until such time as an optimal forming gas

is presented to the tube. If the inert ambient were not present, then oxide would grow since the wafers would be exposed to an oxidizing, high temperature.

Region 16 need not be an inert gas-filled region as are regions 12 and 14. Instead, region 16 can consist of the ambient air within the fabrication facility. Therefore, the ambient air exists around the external surface of tube 24 and, particularly, around the inlet tube 30 and the outlet tube 32. Likewise, the ambient air can also exist around the doorway after the doorway is closed. Still further, ambient air may exist around the heating chamber, or torch 40, as well as the inlet line 34 and outlet line 36 that go into and out of torch 40. Torch 40 is independent and separate from tube 24 and serves to preheat gas before inserting the gas into the heated tube. If the gas is not heated and cool supply gas is fed into a heated quartz tube, the quartz might crack or shatter. Thus, torch 40 is beneficial in the oxidation step where the tube must be heated to a relatively high temperature.

15

Torch 40, similar to the inlet and outlet lines and doorway of tube 24, is preferably surrounded (partially or completely) by a container 42a, similar to containers 42b and 42c which partially or completely surround areas of tube 24. The purpose of containers 42 are to surround potential leak areas either within torch 40 or tube 24. The leak areas are ones which would normally not exist, except that possibly over time seals around the inlet lines, outlet lines and the sealed doorway might fail, thereby allowing outside (non-inert) ambient air to come into torch 40 or tube 24. Each container 42 not only surrounds the potential leak areas, but also has an inlet 44a, 44b, and 44c, as shown. The inlet allows inert gas, such as nitrogen, to be forwarded into the respective container 42 so that the leak area is subjected to inert gas rather than ambient air.

20
25

Tube 24 can be configured in numerous ways with dissimilar orientations. The example shown in Fig. 4 indicates tube 24 being a vertical tube, where boat 20 is inserted vertically upward into the opening of tube 24. However, just as likely, tube 24 can be arranged horizontally, with individual wafers or wafer-filled cassettes suspended along

30

the horizontal axis of the tube using various cantilevers and soft-landing systems, for example. Both tube 24 and torch 40 can have one or more inlet lines and one or more outlet lines.

5 An atmospheric pressure tube receives heated gas produced from a torch 40. If tube 24 is a low pressure tube, then most low pressure oxidation systems involve a bubbler, where steam is drawn from a heated container partially filled with water. The lower pressure of the tube will draw the steam into the tube. Conversely, an atmospheric pressure tube cannot draw steam similar to a low pressure tube. Instead, an atmospheric
10 pressure tube involves a torch that mixes heated hydrogen and oxygen to form steam that is forced into the tube by the torch. If a torch is used with a low pressure tube, the lower pressure of the tube will, in effect, extinguish the flame of the torch due to the pressure differential between the torch and the lower pressure tube. Thus, low pressure furnaces generally involve a bubbler while atmospheric pressure furnaces generally involve a torch.
15 Also associated with an atmospheric pressure tube that uses volatile gases, such as hydrogen, is a burnbox and/or scrubber 50. Scrubber 50 ensures that hydrogen, when heated, does not cause a combustible situation within the fabrication facility. The burnbox thereby burns off the hydrogen as it is being expelled from the outlet line 32.

20 Fig. 2 illustrates in more detail containers 42a, 42b, 42c and 42d placed around potential leak areas of torch 40 and tube 24. Each container 42a, 42b, 42c and 42d includes a corresponding inlet 52a, 52b, 52c and 52d, and an opening 54a, 54b, 54c and 54d. The inlet is configured to receive a conduit 56. Conduit 56 preferably contains an inert gas, such as nitrogen. Opening 54 is dimensioned to abut against or secure around
25 various external surfaces of torch 40, tube 24, or the numerous inlet and outlet lines that extend into or from torch 40 or tube 24. The openings are arranged so that they substantially seal around the leak area or potential leak area and, more specifically, container 42 which envelopes the opening thereby surrounds the leak area. In this fashion, if a leak were to exist, the inert gas introduced into the inlet 52 (as shown by arrows A)
30 will force any ambient air (shown by arrows B) from entering into the leak area.

Accordingly, even if the opening 54 were not completely sealed against the external surface of tube 24, torch 40, or the lines associated therewith, ambient air which might leak into container 42 via opening 54 would be substantially turned away from the leak area by virtue of the inert gas forwarded into the container.

5

While the prevalent leak areas are identified as the areas around the doorway, the inlet/outlet lines of tube 24, and the inlet/outlet lines of torch 40, there may be other regions where a leak could potentially exist. Container 42 is envisioned as any container that can receive an inert gas and distribute the inert gas to any leak area of what should ideally be a sealed chamber, and not just the example areas identified above. Torch 40 and tube 24 can also be arranged in different configurations beyond the exemplary configuration shown, provided the ideally sealed torch 40 and tube 24 are usable in an oxidation environment, with oxygen and hydrogen being mixed and heated to form steam, as shown.

15

Fig. 3 illustrates one example an oxidation process. It is important to note, however, that oxidation can be applied at numerous process steps within the overall integrated circuit manufacturing process. The single oxidation step drawn forth in the example of producing a sidewall oxide is simply one example where the improved furnace hereof might be used. Fig. 3 indicates a cross-section of a semiconductor topography having a blanket layer of oxide 60 formed on a semiconductor substrate 62. Formed above oxide 60 might be a layer of amorphous silicon 64. Above amorphous silicon 64 might be a barrier layer, such as a refractory metal nitride 66. A popular barrier layer might be tungsten nitride, for example. Above barrier layer 66 might be a refractory metal layer, such as tungsten 68. The multi-layers 60, 64, 66, and 68 might be thereafter capped by a nitride layer 70. The entire multi-layer structure can then be possibly subjected to photolithography using a patterned masking layer, such as hardened photoresist 72.

20
25

Fig. 4 illustrates a subsequent process step to that of Fig. 3, where the prior masking layer 72 will allow the exposed multiple layers 64-70 to be removed using various well-known anisotropic or isotropic etch and clean sequences. In addition to the overlying layers being removed, at least a portion of oxide layer 60 may also be removed. Thereafter, the patterned photoresist layer is removed leaving a multi-layer gate 76. Gate 76 includes layers 64-70 dielectrically spaced above a channel region that will then be formed within substrate 62.

Fig. 5 illustrates channel region 78 formed within substrate 62, between a graded pair of junctions 80a and 80b. The graded junctions are formed using the self-aligned gate masking technique coupled with spacer formation on the sidewall surfaces of the polysilicon layer 64. Spacers 82a and 82b grow outward from the opposing sidewall surfaces of polysilicon 64 but not the overlying refractory metal 68, using a selective oxidation process carried out within the improved furnace of Figs. 1 and 2. That process is further defined in Fig. 6. In addition to spacer 82, spacer 83 extends outward from spacers 82 may be used to extend the graded junctions and to seal or "cap" the underlying sidewall surfaces from the interlevel dielectric, for example. The capping spacer 83 can be deposited, and can be made of silicon nitride.

Fig. 6 illustrates a processing sequence used for selective oxidation of a polysilicon sidewall surface rather than, for example, an overlying refractory metal sidewall surface. The process of oxidizing the sidewall surface of polysilicon while annealing any damage caused by the previous etch step begins by opening the tube and pushing the wafer-filled boat into the tube from the boat handling area that contains solely a nitrogen ambient (Fig. 1). Thus, the push step 84 can occur within a nitrogen ambient since, as will be described below, the tube is prepared to initially contain nitrogen. Once the boat is placed into the tube, the tube or furnace door is closed 86 and either prior to closing the furnace or as the furnace door is closing, the containers around the leak areas also receive a nitrogen purge gas 88. As the tube is sealed and the leak areas remain purged of any ambient air with nitrogen, the temperature of the tube can be

increased to an oxidation temperature from, for example, about 500-650°C to approximately 700-850°C and, more preferably, from about 600°C to 750°C, as shown by step 90. Even though the containers receive nitrogen in and around the potential leak areas, it is possible that some oxygen might inadvertently leak from the outside ambient into the tube. The oxygen leak will, however, be two to three orders of magnitude less than if the nitrogen-purge containers were not used. In order to prevent refractory metal consumption and/or whisker formation during the ramp up procedure, hydrogen gas can be introduced into the tube along with the nitrogen gas once the door of the tube closes. The hydrogen gas mixes with the nitrogen gas and becomes a forming gas that is present throughout the ramp up step 90. Thus, the process involves a switch from pure nitrogen gas to a combination of nitrogen and hydrogen, preferably around 1 – 10% hydrogen, and more preferably 5% hydrogen relative to nitrogen. As the temperature has stabilized, hydrogen flow is increased and hydrogen then essentially replaces the nitrogen inside the tube, as shown by step 92.

15

It is important to note that prior to the entry of hydrogen, the tube contained almost exclusively nitrogen or any other inert-type ambient. In particular, prior to the introduction of hydrogen, the tube should not contain oxygen and, therefore, the container surrounding the leak areas must be purged with nitrogen as the tube is being purged, and throughout the time between when the tube was purged and the wafers are pushed into the tube and the doorway is thereafter sealed. If oxygen were somehow allowed to leak into the tube prior to the introduction of hydrogen, the oxygen would oxidize the sidewall surfaces of, for example, tungsten without the benefit of a reducing agent, such as hydrogen to eliminate such oxidation. Therefore, the critical moment during the oxidation step where nitrogen purge of the container is beneficial is the steps between when the tube is purged and when hydrogen is introduced into the sealed tube. To avoid any inadvertent oxygen leaks even though hydrogen-filled containers attempt to mitigate such leaks, a hydrogen reducing agent might be used along with the nitrogen purge gas. Hydrogen must be introduced into a sealed container since its explosive nature (when heated) would be detrimental outside a sealed environment.

30

As hydrogen is being introduced into the tube, the temperature of the tube is stabilized to an oxidation temperature 94 and, thereafter, oxygen is introduced into the tube via torch 40 at step 96. The high temperature H₂O (steam) environment not only oxidizes the silicon, but the hydrogen component of steam substantially prevents
5 oxidation of the refractory metal while, at the same time, the high temperature environment anneals any prior etch damage done to the polysilicon. Oxidation of the silicon with steam and conversion of the amorphous silicon to polysilicon is shown at step 98.

10 Once the proper spacer thickness is achieved, oxygen flow is terminated at step 100, yet hydrogen flow is continued to beneficially reduce any oxide which may have formed on the sidewall surface of the refractory metal 102. The duration of hydrogen flow can be adjusted depending on how much reduction is needed and, thereafter, nitrogen can be introduced within the tube at step 104 before or while the temperature is
15 being ramped down 106. The ramp down step 106 occurs preferably within a hydrogen and nitrogen forming gas, where the hydrogen component will mitigate any oxygen leaks which might somehow still exists even though the hydrogen-filled containers are present. Once the temperature is sufficiently lowered in the tube, the furnace or tube door is opened 108 and the nitrogen purge of the containers is terminated at step 110. Thereafter,
20 the wafers can be pulled from the tube in a nitrogen ambient 112.

It will be appreciated to those skilled in the art having the benefit of this disclosure that the present process steps and leak avoidance measures can be applicable to any high temperature furnace and not simply to an oxidation furnace, much less a vertical
25 oxidation furnace. The primary objective of the present process steps and leak avoidance measures is to substantially minimize, if not entirely avoid, any ambient air which would be deleterious to the processing environment within the furnace during critical moments of furnace operation. The example described above is applicable to oxidation, where ambient air containing oxygen is to be avoided during times when a refractory metal
30 sidewall surface is exposed to a high temperature in the absence of hydrogen. Thus, until

hydrogen is introduced into the tube, oxygen should be eliminated from the tube by ensuring leak areas are properly purged with nitrogen. Approximately 5-10 liters/minute flow of nitrogen into each container surrounding the leak area appear sufficient to prevent any ambient air containing oxygen from entering the tube or torch via the leak area. It is
5 intended that the following claims be interpreted to embrace all such benefits, features, modification, and changes. Accordingly, the specification and drawings are to be regarded in an illustrative rather than a restrictive sense.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. An atmospheric pressure furnace, comprising:

5 a tube; and

a container placed proximate to an external surface of the tube and surrounding an opening into the tube for receiving an inert gas fed into the container and into the opening substantially in place of ambient air that would traverse
10 the opening if the inert gas-filled container were not present.

2. The furnace as recited in claim 1, wherein the tube comprises an inlet line configured to forward a forming gas followed by an oxidizing gas into the tube, and wherein the opening extends between an external surface of the inlet line and the tube.
15

3. The furnace as recited in claim 2, wherein said forming gas comprises hydrogen and nitrogen, and wherein said oxidizing gas comprises steam.

4. The furnace as recited in claim 1, wherein the tube comprises an outlet line
20 configured to forward an exhaust gas from the tube, and wherein the opening extends between an external surface of the outlet line and the tube.

5. The furnace as recited in claim 1, wherein the tube comprises a doorway
25 configured to receive semiconductor wafers into the tube, and wherein the opening extends between the doorway and a door secured against the doorway.

6. The furnace as recited in claim 1, further comprising:

a heating chamber external to and separate from the tube; and

5 a second container partially surrounding an external surface of the heating chamber and at least partially surrounding a second opening into the heating chamber for receiving the inert gas fed into the second container and into the second opening substantially in lieu of air.

10 7. The furnace as recited in claim 6, wherein the heating chamber comprises an inlet line configured to receive a forming gas followed by an oxidizing gas, and wherein the second opening extends between an external surface of the inlet line and the heating chamber.

15 8. The furnace as recited in claim 7, wherein the forming gas comprises hydrogen and nitrogen, and wherein said oxidizing gas comprises steam.

9. The furnace as recited in claim 6, wherein the heating chamber comprises an outlet line configured to receive a heated said forming gas and said oxidizing gas, and
20 wherein the second opening extends between an external surface of the outlet line and the heating chamber.

10. The furnace as recited in claim 2, wherein the forming gas comprises approximately 1-10% hydrogen and 90-99% nitrogen.

25

11. The furnace as recited in claim 2, wherein the forming gas comprises approximately 5% hydrogen and 95% nitrogen.

12. The furnace as recited in claim 1, wherein the opening comprises an inadvertent opening or leak that but for the container would receive inappropriate ambient air into the tube.

5 13. An apparatus, comprising:

a container having an inlet and an opening;

10 wherein the inlet extends through a first portion of the container and the opening is formed through a second portion of the container such that the inlet is adapted to receive an inert gas and the opening is adapted to secure around a leak area or potential leak area of a vessel.

14. The apparatus as recited in claim 13, wherein the vessel is either a heating tube or
15 a torch.

15. The apparatus as recited in claim 13, wherein the vessel is sealed but for the leak area, and the opening is adapted to secure to an outside surface of the vessel to cover the
20 leak area.

16. The apparatus as recited in claim 13, wherein the leak area extends through the vessel or a seal adjacent the vessel.

17. A method of selectively growing an oxide, comprising:

25 pushing wafers through a doorway into a heated tube while flowing inert gas onto an external surface of the tube having a leak area or potential leak area;

closing the doorway and increasing the temperature of the tube; and

30 flowing heated hydrogen and oxygen into the tube to form steam.

18. The method as recited in claim 17, wherein said flowing heated hydrogen and oxygen comprises introducing hydrogen into the tube before introducing oxygen.

19. The method as recited in claim 17, wherein said flowing heated hydrogen and
5 oxygen comprises heating hydrogen in a torch followed by heating oxygen in a torch before sending the heated hydrogen followed by sending the heated oxygen to the tube.

20. The method as recited in claim 17, wherein said increasing comprises ramping the
10 temperature within the tube from approximately 500-650°C to approximately 700-850°C in the presence of hydrogen and nitrogen.

21. The method as recited in claim 17, wherein said flowing inert gas comprises
15 introducing nitrogen into a container that is secured about an inlet gas line seal of the tube, an exhaust gas line seal of the tube, or a seal of a door secured to the doorway of the tube.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

An improved furnace system and method is provided to substantially minimize, if not eliminate, ambient air from entering a heated chamber of the furnace system during a critical processing step. The furnace system can be used in, for example, an oxidation step where ambient air containing oxygen is prevented from entering an atmospheric pressure tube by essentially purging potential leak areas with an inert gas, such as nitrogen, at the critical moment during temperature ramp up and ramp down, and prior to temperature stabilization and the introduction of an oxidizing gas. If oxygen is not present within the tube, then a tungsten sidewall surface of a gate conductor, for example, will not inadvertently oxidize at the critical pre- and post-oxidation moments. However, if steam is present where hydrogen is available with oxygen, the underlying polysilicon sidewall surface will selectively oxidize instead of the overlying tungsten. The inert gas-filled containers are retrofitted to potential leak areas of not only the tube, but also a torch that is used to forward heated gas into the tube.

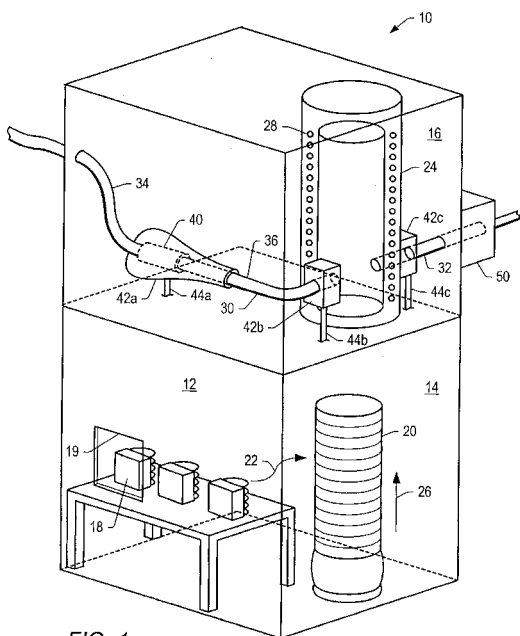


FIG. 1

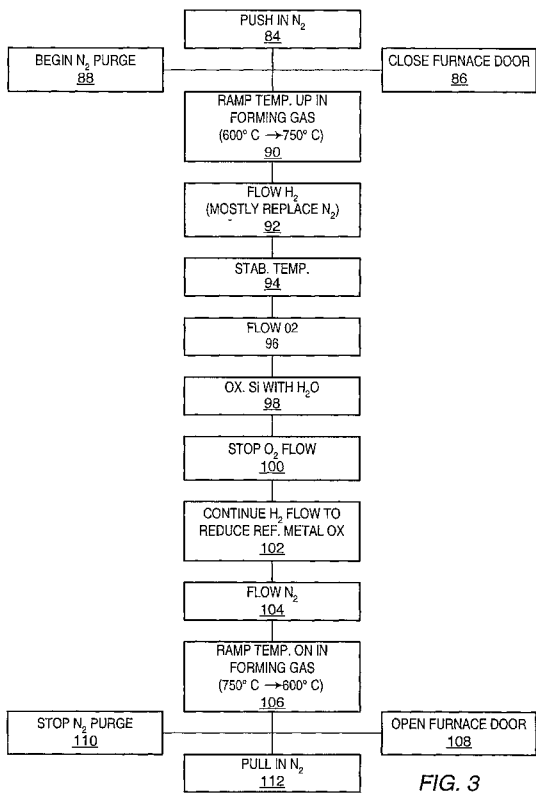
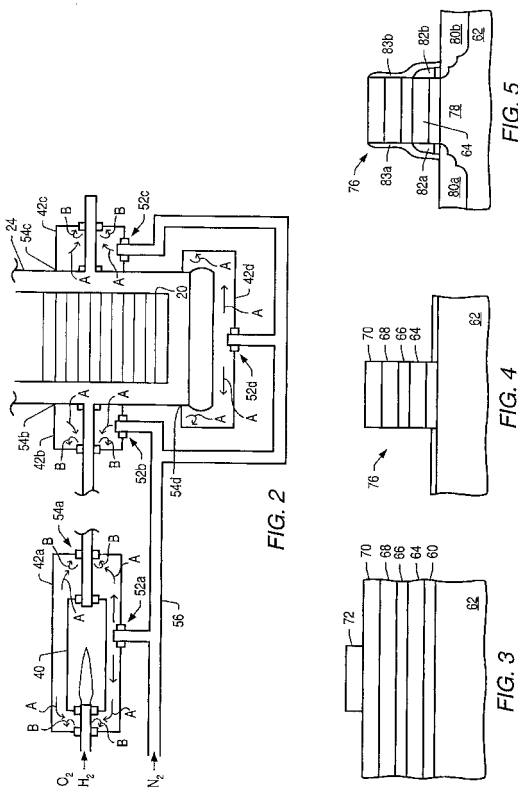


FIG. 3