

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3606588号

(P3606588)

(45) 発行日 平成17年1月5日(2005.1.5)

(24) 登録日 平成16年10月15日(2004.10.15)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 21/304

H O 1 L 21/304 6 4 5 C

C 2 3 C 16/02

C 2 3 C 16/02

H O 1 L 21/28

H O 1 L 21/28 A

H O 1 L 21/285

H O 1 L 21/285 C

H O 1 L 21/768

H O 5 K 3/14 B

請求項の数 16 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-532874
 (86) (22) 出願日 平成9年12月11日(1997.12.11)
 (65) 公表番号 特表2002-505804(P2002-505804A)
 (43) 公表日 平成14年2月19日(2002.2.19)
 (86) 国際出願番号 PCT/US1997/023202
 (87) 国際公開番号 W01998/034445
 (87) 国際公開日 平成10年8月6日(1998.8.6)
 審査請求日 平成13年7月6日(2001.7.6)
 (31) 優先権主張番号 08/791,954
 (32) 優先日 平成9年1月31日(1997.1.31)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂5丁目3番6号
 (73) 特許権者
 トーキョー エレクトロン アリゾナ イ
 ンコーポレイテッド
 アメリカ合衆国85233-8205 ア
 リゾナ州, ジルバート, グアダルーブ ロ
 ード 2120
 (74) 代理人
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人
 弁理士 小堀 貞文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高アスペクト比を持つ珪素半導体デバイス接点を金属化する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動機構を中に有する真空移動モジュール、
 前記移動モジュールに接続されたゲートを有するCVD真空処理室、
 前記処理室中に位置し、支持体上の基体の方へガスの流れを向けるように配向されたガス
 導入構造体、
 前記ガス導入構造体に選択的に接続可能なチタン化合物の反応物ガス源、
チタン又は窒化チタンから本質的になる膜を基体上に蒸着するためのCVD反応を生ずること
ができるCVD真空処理室中のチタン含有反応物ガス、
 真空クリーニング室、前記クリーニング室中の基体支持体、及び前記移動モジュールに接
 続されたゲートを内部に有するクリーニングモジュール、
 前記クリーニングモジュール中のガス流口、
 前記ガス流口に選択的に接続可能な、水素及びアルゴンのクリーニング用ガス源、
20～80体積%の水素を含む、前記クリーニング室中の水素とアルゴンのガス混合物、
 前記クリーニング室を取り巻くコイル、
 前記室中で水素とアルゴンのガス混合物中に誘導結合プラズマを発生させるために、前記
 コイルを通して前記クリーニング室に誘導結合するための、前記コイルに接続されたRFエ
 ネルギー源、
前記クリーニング室中の支持体上の基体を、そのクリーニング中、少なくとも400 の温
度に加熱するため配置された加熱器、並びに

10

20

移動腕により前記クリーニング室中へ及びその中の前記支持体上へ基体を配置するように装置を操作し、前記ガス源から前記クリーニング室へアルゴン及び水素の流れを調整して20～80体積%の水素を有する水素とアルゴンのガスを供給し、前記加熱器を活性化して前記クリーニング室中の支持体上の基体を加熱させ、水素及びアルゴンガス混合物中のプラズマにエネルギーを与え、それにより前記クリーニング室中の前記加熱基体上の接点をクリーニングし、前記真空のクリーニング室からCVD処理室へ前記のクリーニングされた基体を移動させ、そして前記CVD処理室内でCVD反応を生じさせ、チタン又は窒化チタンから本質的になる膜を前記基体上に蒸着させるための制御手段、を具えたCVD装置。

【請求項2】

クリーニング室のガス流口に接続されたターボ分子ポンプで、クリーニング用ガス源からのクリーニング用ガスの流れを、前記室中へのガス流口を通り、前記ガス流口から下流へ基体支持体へ、そして前記基体支持体から前記ポンプを通して前記室の外へ流すように作動することができるターボ分子ポンプを更に具えた、請求項1記載の装置。

【請求項3】

クリーニング室の前記ガス流口に接続されたポンプで、クリーニング用ガス源からクリーニング用ガスの流れを、前記室中へのガス流口を通り、前記ガス流口から下流へ基体支持体の方へ、そして前記基体支持体から前記ポンプを通して前記室の外へ、前記クリーニング室内に1ミリトール～10トールの圧力を維持しながら流すように作動することができるポンプを更に具えた、請求項1記載の装置。

【請求項4】

クリーニング室に接続されたポンプで、クリーニング用ガス源からのクリーニング用ガスの流れを、前記室中へのガス流口を通り、前記ガス流口から下流へ流し、3～12sccmの速度で基体支持体を横切り、前記基体支持体から前記ポンプを通して前記クリーニング室の外へ流すように作動することができるポンプを更に具えた、請求項1記載の装置。

【請求項5】

前記RFエネルギー源のRFエネルギーが、約450kHzの中間周波数を有する、請求項1記載の装置。

【請求項6】

前記クリーニング室中の基体支持体に接続され、前記支持体上の基体を100Vより低い高さの電圧にバイアスするように構成された、RFエネルギー源とは独立に制御可能な、選択的に操作可能なHFエネルギー源を更に具え、然も、前記HFエネルギー源のHFエネルギーが、約13.56MHzの周波数を有するRFエネルギーを生ずる、請求項1記載の装置。

【請求項7】

前記クリーニング室中の基体支持体に接続され、前記支持体上の基体を約100Vの高さの電圧にバイアスするように構成された、RFエネルギー源とは独立に制御可能な、選択的に操作可能なHFエネルギー源を更に具えた、請求項1記載の装置。

【請求項8】

前記クリーニング室中の基体支持体に接続され、前記支持体上の基体をバイアスするように構成された、RFエネルギー源とは独立に制御可能な、選択的に操作可能なHFエネルギー減を更に具えた、請求項1記載の装置。

【請求項9】

半導体ウエーハ上の珪素接点をクリーニングし金属化するインサイチュ方法において、珪素接点を上に有する半導体ウエーハを、CVD処理室中のウエーハ支持体上に置き、室中へ、前記支持体上のウエーハを横切って、水素含有量が20～80体積%である水素とアルゴンとのガス混合物から本質的になるクリーニング用ガスを1ミリトール～10トールの圧力で流し、ウエーハ支持体と、そのウエーハ支持体に平行に伸びる電極との間に接続されたエネルギー源を有する室中へ中間周波RFエネルギーを結合し、それによりクリーニング用ガス中のプラズマにエネルギーを与え、前記ウエーハ上の珪素接点をクリーニングし、

10

20

30

40

50

前記ウエーハ支持体に、前記中間周波RFエネルギーとは別に制御可能なHFエネルギーを供給し、それにより前記支持体上のウエーハを100Vより低い高さの電圧にバイアスし、次いで

前記支持体上のウエーハを少なくとも400 の温度に加熱し、

次に支持体上のウエーハを加熱しながらチタン含有反応物ガスを室中へ導入し、CVD反応を生じさせ、それによって前記ウエーハ上にチタン又はチタン化合物の膜を蒸着する、諸工程からなる上記方法。

【請求項10】

中間周波エネルギー結合工程は、約450kHzの周波数で中間周波RFエネルギーを結合する工程を含み、そして、高周波RFエネルギー供給工程は、約13.56MHzの周波数で高周波RFエネルギーを供給する工程を含む、請求項9記載の方法。

10

【請求項11】

バイアス工程は、室中のアノードに対し - 15 ~ - 35Vの電圧にウエーハをバイアスする工程を含む、請求項9記載の方法。

【請求項12】

バイアス工程は、100Vより低い高さの電圧にウエーハをバイアスする工程を含む、請求項9記載の方法。

【請求項13】

流す工程は、クリーニング用ガス中の水素を3 ~ 12sccmの流量で流す工程を含む、請求項9 ~ 12のいずれか1項に記載の方法。

20

【請求項14】

中間周波エネルギー結合工程は、約450kHzの周波数で中間周波RFエネルギーを結合する工程を含む、請求項12記載の方法。

【請求項15】

加熱工程は、ウエーハをクリーニングする間、該ウエーハを400 ~ 800 の温度に加熱する工程を含む、請求項9 ~ 12のいずれか1項に記載の方法。

【請求項16】

加熱工程は、ウエーハをクリーニングする間、該ウエーハを約550 の温度にウエーハを加熱する工程を含む、請求項9 ~ 12のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

30

本発明は、半導体ウエーハ基体上に形成された半導体デバイスの大きなアスペクト比を有する珪素接点を金属化する (metallizing) 化学蒸着に関し、詳しくは高アスペクト比接点をクリーニングするか、又は他のやり方で調整し、そのような接点を、チタン、窒化チタン等の材料をその上に化学蒸着することにより金属化し、その上に膜を形成し易くし、その方法により金属化された接点の抵抗率を小さくするための装置及び方法に関する。

発明の背景

珪素接点は半導体デバイスの極めて多くの特徴的構成部の一つを形成する。半導体デバイスの珪素接点の典型的な形態は、接点を形成する電気伝導性珪素下層上の露出領域まで、装置上の1 μ以上の厚さを有する絶縁層を通して伸びるサブミクロンの幅を持つ孔又はバイアの形態である。半導体デバイスを製造する場合、これらの珪素接点はチタン (Ti) 又は窒化チタン (TiN) のような金属又は金属化合物の薄膜で先ず被覆し、それが金属化層を形成し、その上にタングステン又はアルミニウムのような伝導性金属を施し、それが孔を埋めて絶縁層を通る伝導体を形成する。Ti又はTiN膜は、時々スパッター被覆のような物理的蒸着法により施されているが、大きなアスペクト比の接点の場合には、その大きなアスペクト比の孔又はバイアは方向性のあるスパッター被覆法の効果を阻害することがあり、Ti及びTiN膜は、屢々化学蒸着 (CVD) により適用されている。そのような方法の一つは、アルゴン及び水素プラズマの存在下でウエーハ表面上でTiCl₄を反応させることによりTi膜を施し、露出珪素接点表面上に珪化チタンを形成し、次に室中へ窒素を導入して表面でTiN CVD反応を起こし、珪化チタンをTiN層で被覆することを含んでいる。

40

Ti/TiN膜は、珪素接点 (この接点上にTi/TiN膜が施されている) との効果的な結合及び伝

50

導性界面を形成し、上に存在するブランケット又は平面化層の形成を促進し、その層が孔を埋める。平面化層がタングステンである場合、それを施すために現在用いられている方法は、WF₆還元を用いたCVD法であり、それによってタングステンがTiN層の上で核生成し、孔及びバイアを埋め、屢々ブランケットタングステン膜で表面を平面化することによりそれらを埋める。そのような半導体製法では、孔又はバイアの底でのTi/TiN膜と珪素接点との間の接合部の抵抗率は低く維持されなければならない。珪素接点の表面の酸化物又は他の不純物は接点の抵抗率を増大し、従って孔の底にある珪素表面から、特に接点の大きさが小さい場合には、クリーニング（綺麗に除去して清浄化）されなければならない。これらの高アスペクト比半導体デバイスの珪素接点をクリーニングする方法に注目して研究が行われてきた。現在の工業的標準として、多段階法、フッ化水素酸浸漬法等の湿式化学的方法が用いられているが、孔が1/4μ以下の大きさを持つ場合、これらの湿式クリーニング法は、屢々ウエーハを汚染する粒子を与えることになるのみならず、これらの深くて細い孔及びバイアの底の接点表面を綺麗にするのに十分な効果を与えるには至っていない。

10

珪素接点を清浄にするインサイチュ（in situ）方法、即ちデバイスを有するウエーハを、金属化を行わせる処理機械中で、その金属蒸着を行う直前に適所でクリーニング（清浄化）する方法では、汚染粒子のない環境を与えることができ、大気中を通して蒸着モジュール中へ移動させる間に、珪素接点上に形成されたその材料の酸化物を還元できる点で極めて大きな関心が持たれている。しかし、従来法のインサイチュ方法は効果的ではなかった。接点とバイアレベルの両方で表面をクリーニングするインサイチュ方法の一つは、プラズマにアルゴンのような不活性ガスを用いた物理的エッチング法を含む。そのようなプラズマは、典型的には、ガスを通して電子を移動させるため電極に反対のバイアスを与え、ガス原子からそれらの電子を奪って正のアルゴンイオンのプラズマを発生させることにより形成されている。電極の一つは、清浄にすべき表面が取付けられているカソード構成体（cathode assembly）であるのが典型的である。プラズマ中に生じた正のアルゴンイオンは、ウエーハ表面に印加された負のバイアスによりウエーハの表面へ加速され、イオンがその表面に衝突することによって運動量移動によりウエーハ表面から物質を離脱させ、ウエーハからその物質を除去する。室壁の形状及び室内の他の物理的構造により、又はエッチングすべき表面に互って電子を生ずるプラズマをトラップする磁場により、プラズマは通常プラズマエッチングされる表面に近く局限されている。

20

30

プラズマエッチングのような物理的方法は、ウエーハの表面及びウエーハ上に形成されている装置に衝突で生じた損傷を与える。従来、基体と緻密なプラズマとの間のスパッタリング電圧差を低く維持する「ソフトエッチング」と呼ばれる方法は、エッチングされる表面が受ける電位損傷の或るものをできるだけ小さくするには充分であったが、サブミクロンの大きさの構造部を有する現在の装置では、これらのソフトエッチング電圧でも、依然としてイオンによってウエーハ上の装置の幾つかに損傷を与えさせるのに十分なエネルギーをそれらイオンに与えることがある。そのようなソフトエッチング法の一つは、加速バイアス電圧とは独立にプラズマに電力を与えるプラズマクリーニング法を用いており、それはバイアス電圧を別個に制御することにより、構造部が余りにも小さくない場合には、その方法を効果的に進行させる適切な密度を持つプラズマを依然として維持しながら、一層低いスパッタリングエネルギーを用いることができるようにしている。それにも拘わらずそのような低いエネルギーのスパッタリング清浄化法は、現在製造されている非常に大きなアスペクト比を持つ装置に対しては幾つかの欠点を依然として有する。スパッタリングのような物理的方法は、そのような高アスペクト比の孔及びバイアの側壁からとった物質を底にある接点表面上に再付着させることがある。更に、スパッタリングは、深い孔及びバイアの底にある接点のスパッタ率（sputtering yields）が低く、そのことがその清浄化方法を不適切なものにするか、又は少なくとも非常に遅い方法にしている。

40

スパッタリングイオンのエネルギーのため与えられる損傷を最小にししながら、半導体ウエーハ表面を清浄にする必要性は、電子サイクロトロン共鳴（ECR）により生ずるもののような高密度低エネルギープラズマを用いて研究されてきた。しかし、ECRプラズマ源はマ

50

マイクロ波発生器及び他の複雑な部品を有し、それらは高価であり、クリーニング位置、又はクリーニング位置に近い幾らか離れた場所で実質的な空間を占めている。これらのECR発生器は清浄にすべきウエーハの表面に向かって、下の方への流れを起こす高密度プラズマを生ずる。そのようなプラズマは低い電圧にバイアスされたウエーハの表面と接触することができ、その結果イオンが、表面損傷を減少するのに十分な低いエネルギーでウエーハ表面に衝突する。しかし、スパッタ率が低く、従って、バイアの底での接点を効果的にクリーニングするのが困難であることが、依然として純粋に物理的なエッチング法の欠点として残っている。

特にスパッタリング収率が低いことは、水素ベースの (hydrogen - based, 水素を主成分とする) 珪素接点クリーニング法を与えるために、水素ラジカル成分等のエッチングのための拡散性化学成分を添加する研究を導いてきた。ECRプラズマ源を用いた水素ベースクリーニングは、CVD - Ti蒸着前にアルゴン/H₂プラズマを用いた珪素接点の清浄化で成功を収めてきた。しかし、それにも拘わらず、遠く離れて位置するECR源は上で述べたように、大型で複雑な高価な装置であると言う欠点を有する。

従って、装置に損傷を与えることなく、大きなアスペクト比の接点を効果的にクリーニング (清浄化) し、然も遥かに簡単な装置でありながらECR源の利点と少なくとも同様に良好な利点を与え、好ましくは後の金属化被覆を適用するために用いる装置又は室と同じ所で行うことができる方法及び装置に対する必要性が依然として存在する。

発明の概要

本発明の第一の目的は、大きなアスペクト比の珪素接点をクリーニングする方法を含み、特に上述のような従来法の問題点を解決するCVD金属化法を与えることにある。

本発明の目的は、ウエーハが有する装置に損傷を与えることなく半導体ウエーハ上の高アスペクト比構造部の底にある接点をクリーニングする方法及び装置を与えることである。本発明の特別な目的は、そのような接点をCVD装置内で、好ましくは後で被覆を施すのに用いるCVD処理室内で、予め清浄化することを含む、特にチタン及び (又は) 窒化チタン金属化層を施すためのCVD金属化法及び装置を与えることにある。

本発明の更に特別な目的は、後で被覆を施す場所に非常に近接した所で、それが行われる環境中でクリーニングを達成することができる、半導体ウエーハの高アスペクト比構造部中の接点をクリーニングすることができる方法及び装置を与えることにある。

本発明の更に別な目的は、一層高価な大きなECRプラズマ源の利点を与えながら、簡単な装置で、好ましくは接点の後の被覆を施す時の装置又はその室と同じ所で、半導体ウエーハ上の装置に損傷を与えることなく、それらウエーハ上の高アスペクト比接点を効果的に清浄にする方法及び装置を与えると言う本発明の目的内に含まれるか又はその目的を達成することができる、複雑でも高価でもなく、簡単な装置を用いて高アスペクト比構造部中の接点をクリーニングするための方法及び装置を与えることにある。

本発明の原理によれば、金属化、特にTi又はTiNでCVDにより金属化する前に、高アスペクト比接点をクリーニングする方法が与えられ、この場合プラズマは結合RFエネルギー、好ましくは中間周波RFエネルギー、例えば、約450kHzのエネルギーにより形成する。装置は、例えば、ウエーハ支持体と室アースとの間に接続された13.56MHzの第二の高周波エネルギー源を有するものも好ましい。ウエーハはHF源により、好ましくはプラズマを持続させる結合MF源からの電力とは独立にバイアスされる。そのようなバイアスは100Vより低いのが好ましく、好ましくは50Vよりも低い。

本発明の一つの態様による方法は、本願と同じ譲受け人に譲渡されている米国特許第5,391,281号明細書 (その明細書は、言及することにより明らかに本願明細書に取り入れられる) に記載されているような二重周波数プラズマ発生器を用いる。室の形は円筒状であるのが好ましく、CVD装置のウエーハ支持体又は盤及び関連する部品を有し、その装置により金属化層も蒸着させる。そのようなCVD装置は、本願と同じ譲受け人に譲渡されている米国特許第5,370,729号明細書 (その明細書は、言及することにより明らかに本願明細書に取り入れる) に記載されている型の装置であるのが好ましい。プラズマクリーニングとCVDハードウェアは一つの処理室内で組合わされているのが好ましい。

10

20

30

40

50

本発明の好ましい態様に従い、Ti/TiNのCVDによる金属化と組合せて、珪素接点を予め清浄化するための方法及び装置は、米国特許第5,391,281号明細書に記載されているプラズマ発生器の場合のようなプラズマを変位させるための突出部を室壁が持たず、それによってウエーハ上の全プラズマ体積を増大し、水素ラジカル形成効率を増大しながら、ポンプで水素を高速で送るためのターボ分子ポンプを有するモジュールを配備したソフトエッチングを用いている。更に好ましくは、装置はMF RFエネルギー付与プラズマ中に、好ましくはアルゴンの外に、3~12sccm(標準 $\text{cm}^3/\text{分}$)で水素ガスを送るように構成されている。水素ガスの添加は、直接電子励起及び衝突過程によりウエーハ上のプラズマ空間中に水素ラジカルを生ずる。ラジカルは下方への流れとなって、加熱ウエーハの表面上へ拡散し、ウエーハの珪素表面をクリーニングする。ガス中に存在する水素を用いたクリーニング法の化学的性質又は反応性は、孔及びパイア中の拡散クリーニング操作を促進し、高度に方向性の物理的スパッタリングの欠点を解決する。

水素含有プラズマを用いた場合、水素含有ガス中のプラズマ点火の持続を助けるため、アルゴン含有量は、全ガス流の少なくとも十分な大きさ、好ましくは少なくとも10~20体積%である水準に維持するのが好ましい。別法として、アルゴン含有量は出来るだけ低くすべきである。ウエーハは、少なくとも400、好ましくは約550の温度にそれを維持する加熱盤上に支持するのが好ましい。ウエーハは、クリーニング中、幾らかの物理的スパッタリングを利用出来るように、バイアスをかけてもよい。クリーニング工程中の圧力は、1ミリトール~10トールの範囲に維持するのが好ましい。水素が20%より遥かに少ないガス混合物を用いることは、アルゴンによる物理的エッチングの望ましくない効果を充分には低下せず、20%より遥かに少ないアルゴンを用いると水素プラズマを維持できなくなることが判明している。20~80%の水素範囲内では、最小のアルゴン含有量を選択することができ、それは、水素中にプラズマを持続する種々のCVD装置のパラメータと共に変動する。異なった用途及び処理室構造については、理想的なガス組成は変動するが、アルゴンによるエッチングの影響を最小にするようにして、水素によるエッチング速度を最大にする理想的な組成を経験的に選択することができる。

本発明は、水素ラジカルがOH物質の形成により SiO_2 を還元する働きをするように、活性化水素雰囲気に出露することにより珪素表面を変化させる利点を有する。水素はCH物質の形成により表面炭素も除去する。この水素は珪素表面を不動態化して、金属蒸着前の酸化又は表面再構成を防ぐ働きをするSi-H結合を残すことも判明している。このことは、後の金属化、特にTi又はTiN金属化により、非常に良好な接合特性を、珪素表面が一層清浄で一層安定になるために達成することが出来るようにしている。

更に、本発明は、ウエーハ温度、水素・アルゴン比、バイアス電圧、及びRFプラズマ電力と言ったパラメータのような、ソフトエッチング法の種々のパラメータを制御することにより、異なったエッチング速度を達成することができる方法を与える。プラズマに水素を存在させることにより、アルゴンによる物理的エッチングによる全エッチング速度に対する影響を減少させる結果になり、一層低いエネルギーのエッチングにより効果的な清浄化を与え、それによりウエーハ上のデバイスが損傷を受ける可能性を更に低くする結果を与える。

本発明の好ましい例示した態様では、二つのRF周波数のエネルギー、即ち室に結合された一つの間周波RF及び独立に制御された低電圧バイアスで基体にエネルギーを与えるように接続された一つのHFを結合することにより、清浄にすべき表面より上流にプラズマを発生させる利点を与えられる。室には、ガス流構造体を配備し、ガスが表面に向かって下流へその表面を横切って流れる間に、清浄にすべき表面から少し離れた所にある妨害物のない解放空間中にプラズマが発生するようにするのが好ましい。ガスはアルゴン等の不活性ガスと水素との混合物を含み、室中へ導入され、ターボ分子ポンプによりそこに真空を維持する。清浄にすべき表面は別個に少し、例えば、-15~-35Vにバイアスし、清浄化中、例えば約550まで加熱するのが好ましい。室は、クリーニング操作に続き、表面に金属化被覆を施すように設備されたCVD装置の室であるのが好ましい。そのようなCVD装置は、本発明の諸段階中のガス流及び温度を制御するために用いることができる構造部を具え

10

20

30

40

50

、好ましい方法の工程についての次の詳細な説明及び図面の詳細な説明から容易に明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

図1は、本発明の好ましい態様に従う高アスペクト比接点をクリーニングする構造部を有するCVD装置を示す模式的図である。

図2は、高アスペクト比接点を有するウエーハの断面を例示する、図1の一部分の拡大図である。

図面の詳細な説明

図1は、本発明の高アスペクト比接点クリーニング構造部を具体化したCVD装置10を例示する。装置10は、化学蒸着(CVD)反応器16へガスを供給するために導入導管12のための接合部を有するタンク及び流量制御器を含むガス供給部11を有する。供給部11は、例示した態様では、四塩化チタン($TiCl_4$)、アンモニア(NH_3)等の反応物ガスのタンク21及び22を有し、それらはチタン(Ti)又は窒化チタン(TiN)を蒸着するためのCVDの化学反応を行うことができる。供給部11には、不活性ガスアルゴン(Ar)のタンク23及び水素ガス(H_2)のタンク24も含まれており、それらは本発明により与えられるクリーニング工程を遂行するのに用いられる。タンク21~24は、選択的に制御可能なバルブ13を通して導管12を通り、密封されたハウジング壁26中のガス導入口16に接続されており、それらの壁は反応器15内で処理室25を取り囲んでいる。タンク21~24から供給されるガスの外に、供給部11には六フッ化タングステン(WF_6)のタンク27、水素(H_2)のタンク24、及びシラン(SiH_4)のタンク28のような付加的反応物ガスのタンクへの接続部も配備されており、それらも反応器壁26中の導入口16へバルブ13及び導管12の夫々一つずつを通して選択的に接続可能になっている。三フッ化窒素(NF_3)ガスの源29等のガス源も、室を清浄化するため、導入口17に接続されており、そのガスはタングステン蒸着で使用された後の付着蓄積物を室から除くプラズマクリーニングのために効果的である。反応器は、CVD法又は半導体ウエーハの製造及び処理で用いられている他の方法により施すことができる多くの他の膜の蒸着にも有用なものにすることができる。

装置10には、反応器15内の真空度を必要な操作圧力レベルに維持し、未使用反応物ガス、反応副生成物、クリーニング用ガス及び不活性ガスを反応器から排出するために、反応器15の室25を減圧にするための一つ以上の真空ポンプに接続されたハウジング壁26の底中の排気口18も含まれている。そのようなポンプには一つ以上の低温ポンプ31が含まれていてもよく、本発明のクリーニング法を実施する間、大きな割合で水素を含むガスを送るため、ターボ分子ポンプ32が含まれていてもよい。

ポンプ31は1~100トールのウエーハ処理圧力、0.1~100ミリトールの反応器クリーニング圧力、及び 10^{-4} トールのウエーハ移動圧力を室25内で達成するために、400~500リットル/秒のポンプ速度で作動する。ターボ分子ポンプ32は、少なくとも0.1~10トールを含む範囲に互る圧力で1~20sccmの水素流量を生ずることができる。残留ガス分析器19を接続するための入口もハウジング壁26内に与えられており、ガスの成分を監視する。

ハウジング又は反応器壁26は、アルミニウム等の非磁性材料から作られているのが好ましく、時々低温壁反応器と一般に呼ばれているものを形成するように、反応器壁の加熱及び冷却の両方を行うため、独立した温度制御が与えられていてもよい。ハウジング26はその頂部に、同じく好ましくはアルミニウムから作られたは室覆い36を有し、それは反応室25を囲んでいる。覆い36はハウジング26の頂部を気密に密封している。覆い36の内側に取付けられた、環状混合室壁37を有する導入ガス混合室30は、工程、例えばタングステン蒸着工程が冷却を必要とするような場合、壁37に形成された環状通路38を通して流れるように冷却用流体を供給することにより活撥に冷却することができ、ハウジング26の温度及び室覆い36の温度とは独立な反応温度よりも低い温度にそれを維持することができる。ハウジング26と同様に、混合室壁37には、窒化タングステン蒸着の場合のように、工程が加熱を必要とする場合、壁及び混合室30を加熱するための抵抗加熱素子(図示せず)も配備されている。この環状壁37は、非熱伝導性材料、又は処理室覆い36のアルミニウム材料から熱絶縁された伝導性材料から作ることができ、その温度制御に一層大きな融通性を与えるこ

10

20

30

40

50

とができる。混合室30の上部は、好ましくはステンレス鋼から作られた取り外し可能な覆い又は頂部板39によって閉ざされており、それは処理室覆い36に密封接続されており、それを通して導入口16が取り付けられている。室ハウジング26、室覆い36、及び頂部板39は、装置10の作動中、真空圧力レベルに維持される内部空間を取り囲む密封容器を形成する。

ガス混合室30の底は、混合室壁39の底に接続された円いシャワーヘッド35によって閉ざされている。シャワーヘッド35は、アルミニウム又は機械加工可能なセラミックス材料から作られ、その中に模様状の孔を有し、室25内で処理されるウエーハ領域からの高い反応温度による輻射熱の吸収を遅らせるため、高度に磨かれた下表面を有する。シャワーヘッド35は、別法として、多孔質金属又はセラミックス板から形成してもよい。ウエーハ支持体又はサセプタ40が室25内に配備されており、好ましくはシャワーヘッド35の直ぐ下にそれと軸を一線に並べて配置されている。サセプタ40は、ハウジング壁26の底を通して垂直に伸びる駆動軸50に室25内で回転可能に取付けられているのが好ましく、サセプタ駆動支持枠47によって保持されており、その枠はベアリング52によりハウジング26の底に固定され、フェロフルイディックシール(ferrofluidic seal, 強磁性流体を使用して密閉機能を果たす回転真空シール)54により取り巻かれている。軸50には駆動プリー56が固定されており、それはサセプタ回転駆動モータ58の出力部と、駆動ベルト57を通して駆動可能に接続されている。サセプタ40は上方へ向いた円状ウエーハ支持表面41を上を有し、その表面41上のウエーハの温度を反応又は処理温度へ上昇させるための加熱器42を有する。加熱器42は抵抗加熱型であるのが好ましく、それは電源43によって加熱され、表面41上のウエーハの温度を少なくとも1000 へ上昇することができる。

ガス混合室30には、複数の同心中空管状リング33が配備されており、好ましくは導入口16の各々に一つずつ接続されており、リング33の各々はそれらに沿って間隔を開けた複数の孔を、サセプタ40の軸と一線になった室25の中心線又は軸の回りに有する。

室25にはプラズマ電極60、好ましくはニッケル等の伝導性材料からシャワーヘッド35を製造することにより形成されたプラズマ電極が配備されており、室覆い37に固定された円筒状石英絶縁体61上に取付けられている。この電極はRF源からの無線周波電気エネルギーによりエネルギーが与えられ、プラズマを発生する。電極60は、室をプラズマクリーニングするための NF_3 にエネルギーを与えるために用いられる。プラズマクリーニングのために、RFエネルギーは電極60と下方プラズマクリーニング電極65との間に接続され、その下方電極は、同じく適当な絶縁材料から形成された電気絶縁体66上の室ハウジング26に取付けられた室25の基底に与えられている。電極65は環状リングの形をしており、それは室25の処理部と真空出口18との間の主たるガス流障壁板として働く。ハウジング26の底と電極65との間には二つの付加的障壁板68及び69が配備されている。

電極60もRF発生器71によってエネルギーが与えられ、その発生器は電極60とサセプタ40との間に接続され、本発明の一つの態様に従ってウエーハ75を処理するための平行板プラズマ発生器を形成する。例えば、発生器は450kHzでMFエネルギーを与え、ウエーハ75に隣接してプラズマを生ずる。

上述の通り、平行板プラズマ発生電極60としてシャワーヘッド35を用いる代わりとして、又は電極60の外に、図2にも例示したように、誘導コイル70を使用することによってRFエネルギーを室中へ誘導結合してもよい。コイル70から室25へのエネルギー結合をやり易くするため、それとハウジング26との間に石英ライナー67を与える。例えば、450kHzの周波数で作動する中間周波(MF)RF発生器71aを、コイル70を通して接続する。発生器71aによってエネルギーが与えられた場合、コイル70からの電気エネルギーはウエーハ支持体又はサセプタ40とシャワーヘッド35との間の空間内で室25中に誘導結合され、この空間にプラズマを生ずる。

プラズマを発生させるために平行板電極60又は誘導結合コイル70を用いて、基体75にバイアスを与えるのが好ましい。バイアス電圧を与えるために、例えば、13.56MHzで高周波数(HF)RFエネルギーを発生するように作動することができる発生器72を配備するのが好ましく、それはサセプタ40と、室壁26のような室アノードとの間に接続する。作動させた場

10

20

30

40

50

合、発生器72はサセプタ40に電気エネルギーを与え、電荷を生じ、サセプタ40から空間中へ流し、それによりサセプタ40に100V未満の大きさの小さな負のバイアスを印加し、サセプタ40上に支持されたウエーハ75上へ低いエネルギーのプラズマから+イオンを引き付けさせる。

上記のように設備された装置10は、図2に拡大図を例示してあるが、ウエーハ75のような半導体ウエーハ上の高アスペクト比接点を効果的に清浄にすることにより本発明の方法を遂行するように作動する。図2では、ウエーハ75は珪素(Si)の基底層又は基体層76を有し、その上に、例えば1 μ の厚さを有する、例えば、二酸化珪素(SiO₂)の層77のような一般的に絶縁性の層が蒸着されている。エッチング又は或る他の方法により、絶縁SiO₂層77を通して多数の孔78又はパイアが形成されており、それらは層77を通して下の伝導性珪素層76を露出する。孔78の底にある露出領域は接点80を構成し、「金属化(metallization,メタライゼーション)」と呼ばれる方法により電気伝導体がそれに接続されなければならない。金属化工程では、典型的にはTi又はTiNの薄層81が接点80の上に蒸着され、その上にタングステンのような伝導性金属のブランケット層82が蒸着されて孔78を埋め、SiO₂層77を通して伸びる接点を形成する。Ti及びTiN層は、タングステンと珪素層76との間の結合及び電気伝導性を向上する。

SiO₂層及び模様状の孔78を形成する工程は、一つ以上の処理機械で行われ、そこからそれらは酸素含有環境を通してCVD装置10へ移され、更に処理されるのが典型的である。部分的に処理されたウエーハ75のこの移動中に、接点80に酸化物が形成される傾向があり、それが接点80のSiへのTi又はTiNの効果的な蒸着を妨げ、接点の抵抗を増大することがある。本発明の方法により、接点80は、CVDによるTi又はTiN層を蒸着するため真空雰囲気中へ導入された後、好ましくはTi又はTiN層の蒸着も行う同じ室25内で、H₂プラズマエッチングされることにより清浄になる。

本発明の方法の好ましい態様に従い、ウエーハ75はSi基体ベース層を上にも有し、そのSi層76の上に横たわる模様状の孔80が通っているSiO₂のような絶縁層77で覆われているが、そのウエーハを、装置10のCVD反応器15の室25中のサセプタ40の上に置く。次に室25をAr源23からのアルゴンガスでフラッシュすることによりパージし、低温ポンプ31を用いて室25を約10⁻⁴トールの真空度へ減圧する。室25から望ましくないガスがパージされた後、H₂及びArガスの混合物をその源24及び23から混合室30中へ入れ、そこからシャワーヘッド35を通して室25中へ入れる。このガス混合物は、サセプタ40上に取付けたウエーハ75の中心部の方へ流され、そこから径方向へ流れ去り、次に下方電極及び障壁板65、68及び69の回りを回って排気口18を通して流れる。流量はH₂では3~12sccmの範囲にあるのが好ましく、H₂は混合物の20~80%である。加熱器42を加熱してウエーハ75の温度を少なくとも400、好ましくは約550 へ上昇させる。

H₂とArのガス混合物の流れが確立された時、発生器71又は71aを駆動してシャワーヘッド35とサセプタ40の頂部上に支持されたウエーハ75の表面との間の前記ガス混合物中のプラズマにエネルギーを与える。混合物中のH₂の濃度は、混合物中でプラズマが点火する限り、維持できるような80%近くに維持するのが好ましい。発生器71aからのエネルギーは、MF帯域で450kHzであるのが典型的である。サセプタ40はこのクリーニング工程中、回転させる必要はない。それら工程条件は約60秒間維持する。典型的には13.56MHzで作動するHF発生器72の励起によりウエーハ75をバイアスし、100Vより小さく、好ましくは50Vより低い高さの負電圧にバイアスする。バイアス電圧は-15~-35Vの電圧に維持するのが好ましい。その工程中、水素に富むプラズマが形成され、ウエーハ75の表面を横切って流れ、水素イオンが生じ、ウエーハ75の表面に引き付けられる。ウエーハは水素イオンを引き付け、それらを表面の方へ僅かに加速する。これらのイオンは接点から酸化物を除去し、接点80の表面上に水素-水素結合を形成する。

上述の方法のクリーニング工程に続き、ウエーハ75を大気に露出する前に、Ti又はTiN CVD法を行い、清浄化された接点の上に膜を蒸着する。本発明の好ましい態様として、Ti又はTiN CVD工程は室25中で行う。Ti被覆工程を行う場合、TiCl₄を源21からバルブ13、導管12及び導入口16を通して混合室30中へ流し、同時にAg及びH₂を源23及び24から、混合室

10

20

30

40

50

30から室25中へ、ウエーハ75の表面を横切るように流す。室25内で加熱されたウエーハ75と接触することにより、水素はTiCl₄を還元し、本発明の原理に従ってプラズマにより清浄化された基体表面上にTiを生ずる。TiN被覆工程の場合、それはTi形成工程後に行うのが好ましいが、NH₃を源22から加熱ウエーハ75の表面へ流し、更にTiCl₄を還元してウエーハ表面上にTiN層を形成する。Ti及びTiN被覆工程では、ウエーハ75を、希望のTi又はTiN膜を蒸着するためのCVD反応を維持するのに十分な反応温度へ加熱する。その反応温度は450 ~ 650 の範囲にあるのが典型的である。CVD法は約10トールの圧力で、全反応物ガスの約2000sccmの流量で約1分間の間行う。

Ti又はTiN層の蒸着に続き、タングステン層を施すのが典型的である。これは室25中で行なってもよいが、通常反応器15の場合と同じ真空環境の装置10へ接続された同様な反応器の同様な室中で行うのが通常一層便利である。そのようなタングステン蒸着法は、米国特許第5,434,110号及び第5,342,652号明細書（その明細書は、言及することによって明らかに本願明細書に取り入れられる）に記載されている方法に従って行うのが好ましい。上に記載した本発明の方法及び装置の好ましい態様についての記述から、本発明の原理から離れることなく開示した態様に変更及び追加を行えることは当業者に明らかであろう。

10

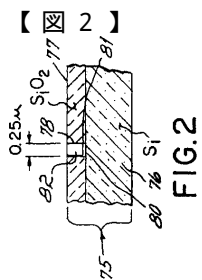


FIG. 2

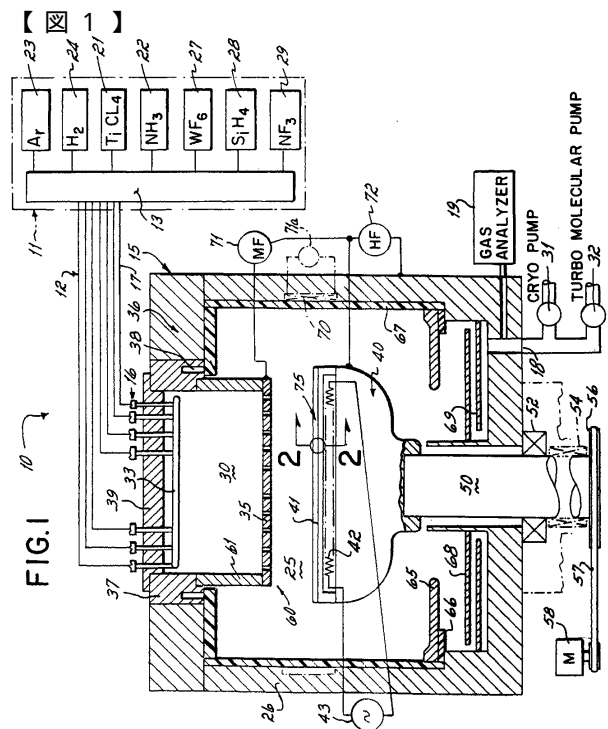


FIG. 1

フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷		F I		
H 0 5 K 3/14		H 0 5 K 3/26		A
H 0 5 K 3/26		H 0 1 L 21/90		C

(74)代理人

弁理士 池田 幸弘

(72)発明者 アミン, マイケル, エス.

アメリカ合衆国, アリゾナ, フェニックス, ノース フィフティセカンド ストリート 3 1 2 8

(72)発明者 ヒルマン, ジョセフ, ティ.

アメリカ合衆国, アリゾナ, スコティスデール, イー.マクレラン ボウルバード 8 0 2 5

審査官 中川 隆司

(56)参考文献 特開平07-045554(JP, A)

特開平02-298270(JP, A)

特開平06-326030(JP, A)

特開平06-077168(JP, A)

特開平04-313373(JP, A)

特開平05-062957(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/304

C23C 16/02

H01L 21/28

H01L 21/285

H01L 21/768

H05K 3/14

H05K 3/26