

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5406191号  
(P5406191)

(45) 発行日 平成26年2月5日 (2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月8日 (2013.11.8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/768 (2006.01)

H O 1 L 21/90 A

H O 1 L 21/28 (2006.01)

H O 1 L 21/28 3 O 1 R

H O 1 L 21/285 (2006.01)

H O 1 L 21/285 C

C 2 3 C 16/16 (2006.01)

C 2 3 C 16/16

C 2 3 C 16/04 (2006.01)

C 2 3 C 16/04

請求項の数 20 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2010-524601 (P2010-524601)  
 (86) (22) 出願日 平成20年9月9日 (2008.9.9)  
 (65) 公表番号 特表2010-539698 (P2010-539698A)  
 (43) 公表日 平成22年12月16日 (2010.12.16)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2008/003805  
 (87) 国際公開番号 W02009/060320  
 (87) 国際公開日 平成21年5月14日 (2009.5.14)  
 審査請求日 平成23年8月22日 (2011.8.22)  
 (31) 優先権主張番号 11/853,393  
 (32) 優先日 平成19年9月11日 (2007.9.11)  
 (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1号  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (72) 発明者 鈴木 健二  
 三重県桑名市藤が丘7丁目705  
 審査官 正山 旭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ルテニウムの選択堆積を半導体デバイスの作製に統合する方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

半導体デバイスの作製方法であって：

堆積システムの処理チャンバ内にパターニングされた基板を供する工程であって、前記パターニングされた基板は誘電層内に凹部を有する部位及び該凹部を有する部位の底部に位置するメタライゼーション層を有する、工程；

$\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$  前駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを生成する工程；

熱化学気相成長法によって、前記パターニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記メタライゼーション層上に第1Ru金属膜を選択的に堆積する工程；

前記第1Ru金属膜上を含む前記凹部を有する部位内にバリア層を堆積する工程；

前記凹部を有する部位をバルクCuで充填する工程；並びに、

前記第1Ru金属膜を選択的に堆積する前にCOガスを有する前処理用ガスによって前記パターニングされた基板を前処理する工程；

を有する方法。

## 【請求項2】

前記プロセスガスを生成する工程が：

前駆体気化システム内の固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体を40 から150 の温度にまで加熱する工程；

前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体を前記温度に維持して前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体の蒸気を生成する工程；

；

10

20

前記加熱中に前記の前駆体気化システム内の固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体と接するように前記COガスを流すことによって、前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体蒸気を蒸気のままの状態の前記COガス中に取り込む工程；及び

前記プロセスガスを前記前駆体気化システムから前記処理チャンバへ輸送する工程；  
を有する、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記バリア層が、Ta、Ta<sub>N</sub>、TaC、TaCN、Ti、TiN、W、若しくはWN、又は前記の混合物を有する、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記バリア層の堆積に続いて、前記パターニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記バリア層上及び前記第1Ru金属膜上に第2Ru金属膜を堆積する工程をさらに有する、請求項1に記載の方法。

10

【請求項5】

前記バルクCuを平坦化する工程であって、前記誘電層の外側の表面から前記バリア層がさらに除去される工程；及び、

前記パターニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記の平坦化されたバルクCu上に第3Ru金属膜を選択的に堆積する工程；

をさらに有する、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記凹部を有する部位が1つ以上の溝及び1つ以上のビアを有する、請求項1に記載の方法。

20

【請求項7】

半導体デバイスの作製方法であって：

堆積システムの処理チャンバ内にパターニングされた基板を供する工程であって、前記パターニングされた基板は誘電層内に凹部を有する部位及び該凹部を有する部位の底部に位置するメタライゼーション層を有する、工程；

前記メタライゼーション層上を含む前記凹部を有する部位内にバリア層を堆積する工程；

前記凹部を有する部位をバルクCuで充填する工程；

前記バルクCuを平坦化する工程であって、前記誘電層の外側の表面から前記バリア層がさらに除去される工程；

30

$\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを生成する工程；並びに、

熱化学気相成長法によって、前記パターニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記の平坦化されたバルクCu上に第1Ru金属膜を選択的に堆積する工程であって、前記パターニングされた基板は、前記第1Ru金属膜を選択的に堆積する前にCOガスを有する前処理用ガスによって前処理される、工程；

を有する方法。

【請求項8】

前記プロセスガスを生成する工程が：

前駆体気化システム内の固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体を40 から150 の温度にまで加熱する工程；

40

前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体を前記温度に維持して前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体の蒸気を生成する工程；

前記加熱中に前記の前駆体気化システム内の固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体と接するように前記COガスを流すことによって、前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体蒸気を蒸気ままの状態の前記COガス中へ流し込む工程；及び

前記プロセスガスを前記前駆体気化システムから前記処理チャンバへ輸送する工程；  
を有する、請求項7に記載の方法。

【請求項9】

前記バリア層が、Ta、Ta<sub>N</sub>、TaC、TaCN、Ti、TiN、W、若しくはWN、又は前記の混合物を

50

有する、請求項7に記載の方法。

【請求項10】

前記バリア層の堆積に続いて、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記バリア層上及び前記第1Ru金属膜上に第2Ru金属膜を堆積する工程をさらに有する、請求項7に記載の方法。

【請求項11】

前記凹部を有する部位が1つ以上の溝及び1つ以上のビアを有する、請求項7に記載の方法。

【請求項12】

誘電層内に凹部を有する部位及び該凹部を有する部位の底部に位置するメタライゼーション層を有するパターンニングされた基板；

熱化学気相成長法によって、COガスを有する前処理用ガスによって前処理された前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記メタライゼーション層上で選択的に堆積された第1Ru金属膜；

前記第1Ru金属膜上を含む前記凹部を有する部位内に堆積されたバリア層；並びに、  
前記凹部を有する部位を充填する平坦化されたバルクCu；  
を有する半導体デバイス。

【請求項13】

前記バリア層上及び前記第1Ru金属膜上に第2Ru金属膜をさらに有する、請求項12に記載の半導体デバイス。

【請求項14】

前記プロセスガスへの曝露によって前記の平坦化されたバルクCu上で選択的に堆積された第3Ru金属膜をさらに有する、請求項12に記載の半導体デバイス。

【請求項15】

前記凹部を有する部位が1つ以上の溝及び1つ以上のビアを有する、請求項12に記載の半導体デバイス。

【請求項16】

誘電層内に凹部を有する部位及び該凹部を有する部位の底部に位置するメタライゼーション層を有するパターンニングされた基板；

第1Ru金属膜上を含む前記凹部を有する部位内に堆積されたバリア層；並びに、  
熱化学気相成長法によって、COガスを有する前処理用ガスによって前処理された前記パターンニングされた基板を、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスに曝露して、前記の平坦化されたバルクCu上で選択的に堆積された第1Ru金属膜；  
を有する半導体デバイス。

【請求項17】

前記バリア層上及び前記バリア層上に第2Ru金属膜をさらに有する、請求項16に記載の半導体デバイス。

【請求項18】

前記凹部を有する部位が1つ以上の溝及び1つ以上のビアを有する、請求項16に記載の半導体デバイス。

【請求項19】

半導体デバイスの作製方法であって：

堆積システムの処理チャンバ内にパターンニングされた基板を供する工程であって、前記パターンニングされた基板は、銅(Cu)線及びlow-k誘電領域と共に平坦な表面を有する、工程；

$\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを生成する工程；並びに、

熱化学気相成長法によって、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、平坦化されたバルクCu上にRu金属膜を選択的に堆積する工程であって、前記パターンニングされた基板は、第1Ru金属膜を選択的に堆積する前にCOガスを有する前処理用ガスによって前処理される、工程；

10

20

30

40

50

を有する方法。

【請求項 20】

前記プロセスガスを生成する工程が：

前駆体気化システム内の固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体を40 から150 の温度にまで加熱する工程；

前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体を前記温度に維持して前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体の蒸気を生成する工程；

前記加熱中に前記の前駆体気化システム内の固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体と接するように前記COガスを流すことによって、前記 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前駆体蒸気を蒸気のままの状態の前記COガス中に取り込む工程；及び

前記プロセスガスを前記前駆体気化システムから前記処理チャンバへ輸送する工程；

を有する、請求項19に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体プロセス及び半導体デバイスに関し、より詳細には、半導体デバイスを作製するためのルテニウム金属膜の選択堆積方法に関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路は、様々な半導体デバイス及び複数の伝導性金属配線を有する。前記複数の伝導性金属配線は、前記半導体デバイスへ電力を与え、かつこれらの半導体デバイスが情報の共有及びやり取りをすることを可能にする。集積回路内部では、複数の金属層は、該複数の金属層を互いに絶縁する金属間又は層間誘電層を用いることによって、互いの上に積層される。通常各金属層は、少なくとも1層の別な金属層への電気的コンタクトを形成しなければならない。そのような電気的コンタクトは、複数の金属層を分離する層間誘電層内にエッチングによって穴（つまりビア）を形成し、かつエッチングの結果形成されたビアを金属で充填することで相互接続を形成することによって実現される。「ビア」とは通常、凹部を有する部位を指称する。凹部を有する部位とはたとえば、穴、線、又は、金属によって充填されるときに、誘電層を介してその誘電層の下に存在する導体層への電気的接続を供する誘電層内に形成される他の同様な部位である。同様に、2つ以上のビアを接続する凹部を有する部位は通常、溝(trench)と指称される。

【0003】

集積回路を作製する多層メタライゼーション法において銅(Cu)を用いることで、解決することを必要とする複数の問題が発生してきた。たとえば誘電材料中及びSi中でCu原子の移動度が高いために、それらの材料中でCu原子のマイグレーションが生じる結果、集積回路を破壊する恐れのある電気的欠陥が生成される。従って、Cu金属層、Cuが充填された溝、及びCuが充填されたビアは通常、誘電材料へのCu原子の拡散を防ぐバリア層によって内部に閉じこめられる。バリア層は通常、Cuの堆積前に、溝及びビアの側壁及び底部に堆積され、かつ好適にはCuに対して反応も混和もせず、誘電材料に対して良好な接合を供し、かつ低電気抵抗を供することが可能な材料を有して良い。

【0004】

集積回路の相互接続における電流密度は、各連続するテクノロジーノードで顕著に増大する。エレクトロマイグレーション(EM)及びストレスマイグレーション(SM)の寿命は電流密度に反比例するので、EM及びSMは急速に重要課題となってきた。Cuデュアルダマシン相互接続構造におけるEMの寿命は、バルクのCuと周囲の材料（たとえばCuキャップ層）との間の界面での原子状Cuの輸送-これはこれらの界面での接合に直接的に相関する-に強く依存する。良好な接合及び良好なEM寿命を供する新たなキャップ材料は広く研究されてきた。たとえば誘電キャップ層（たとえばSiN）は、金属含有キャップ層-たとえば無電解めっき法を用いることによってバルクCu上に選択的堆積されたCoWP-によって置き換えられて良い。CoWPとバルクCuとの間の界面は、長いEM寿命が得られる優れた接合強度を有する。

10

20

30

40

50

しかし、特に密なピッチについてCu配線でのバルクCu上への許容レベルの堆積選択性を維持すること、及び良好な膜の均一性を維持することは、この複雑なプロセスの許容レベルに影響を及ぼしてきた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第7646084号明細書

【特許文献2】国際公開第2006/058310号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

従って、Cuに対する良好な接合を供し、並びにバルクCuのEM及びSM特性を改善する新たな方法が必要とされている。特にこれらの方法は、金属の堆積が、誘電体表面上と比較して金属表面上に、良好に選択されるようにしなければならない。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の実施例は、Ruの選択堆積を半導体デバイスの作製に統合することで、Cuメタライゼーションにおけるエレクトロマイグレーションとストレスマイグレーションを改善する方法を供する。本発明の一の実施例によると、パターンニングされた基板は、1つ以上の溝及び1つ以上のビアを有する1つ以上のデュアルダマシン相互接続構造を有する。

20

【0008】

本発明の一の実施例によると、当該方法は、堆積システムの処理チャンバ内にパターンニングされた基板を供する工程であって、前記パターンニングされた基板は誘電層内に凹部を有する部位及び該凹部を有する部位の底部に位置するメタライゼーション層を有する、工程、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを生成する工程、並びに、熱化学気相成長法によって、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記メタライゼーション層上に第1Ru金属膜を選択的に堆積する工程、を有する。当該方法は、前記凹部を有する部位内-前記第1Ru金属膜上を含む-にバリア層を堆積する工程、及び前記凹部を有する部位をバルクCuで充填する工程、をさらに有する。他の実施例は、前記第1Ru金属膜を選択的に堆積する前に、COガスを有する前処理用ガスによって前記パターニングされた基板を前処理する工程をさらに有する。さらに他の実施例は、前記バリア層の堆積に続いて、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記バリア層上及び前記第1Ru金属膜上に第2Ru金属膜を堆積する工程を有する。さらに他の実施例は、前記バルクCuを平坦化する工程であって、前記誘電層の表面領域から前記バリア層がさらに除去される工程、及び、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記の平坦化されたバルクCu上に第3Ru金属膜を選択的に堆積する工程、をさらに有する。

30

【0009】

本発明の一の実施例によると、当該方法は、前記凹部を有する部位内-前記メタライゼーション層上を含む-にバリア層を堆積する工程、前記凹部を有する部位をバルクCuで充填する工程、前記バルクCuを平坦化する工程であって、前記誘電層の表面領域から前記バリア層がさらに除去される工程、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを生成する工程、並びに、熱化学気相成長法によって、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記の平坦化されたバルクCu上に第1Ru金属膜を選択的に堆積する工程、を有する。他の実施例は、前記第1Ru金属膜を選択的に堆積する前に、前記パターンニングされた基板をCOガスで前処理する工程をさらに有する。さらに他の実施例は、前記バリア層の堆積に続いて、前記パターンニングされた基板を前記プロセスガスに曝露して、前記バリア層上に第2Ru金属膜を堆積する工程をさらに有する。

40

【0010】

本発明の他の実施例によると、1つ以上の選択的に堆積されたRu金属膜を有する半導体

50

デバイスが記載されている。本発明の一の実施例によると、半導体デバイスは、誘電層内に設けられた凹部を有する部位及び該凹部を有する部位に設けられたメタライゼーション層を有するパターニングされた基板、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを用いた熱化学気相成長法によって前記メタライゼーション層上に選択的に堆積された第1Ru金属膜、前記凹部を有する部位内-前記第1Ru金属膜上及び前記誘電層上を含む-に設けられたバリア層、前記凹部を有する部位を充填する平坦化されたバルクCu、を有する。他の実施例はさらに、前記凹部を有する部位内に設けられた前記バリア層上及び前記第1Ru金属膜上に第2Ru金属膜を有する。さらに他の実施例は、前記プロセスガスへの曝露によって前記平坦化されたバルクCu上に選択的に堆積された第3Ru金属膜をさらに有する。

【0011】

10

本発明の一の実施例によると、半導体デバイスは、前記凹部を有する部位内-前記メタライゼーション層上を含む-に設けられたバリア層、前記凹部を有する部位を充填する平坦化されたバルクCu、及び $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを用いた熱化学気相成長法によって前記平坦化されたバルクCu上に選択的に堆積された第1Ru金属膜、を有する。他の実施例はさらに、前記凹部を有する部位内の前記バリア層上に第2Ru金属膜を有する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】A-Bは、本発明の実施例による、Cu及び誘電材料上に堆積されるRu金属膜の厚さを堆積時間の関数として図示している。

20

【図2】A-Fは、本発明の実施例による、デュアルダマシン相互接続構造内に選択的に堆積されたRu金属膜を統合する様子の概略的断面を図示している。

【図3】本発明の実施例による、Ru金属膜を堆積する熱化学気相成長(TCVD)システムの概略図を示している。

【図4】本発明の実施例による、Ru金属膜を堆積する他のTCVDシステムの概略図を示している。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明及びそれに付随する利点は、特に添付図面と併せたうえで以下の詳細な説明を参照することで、すぐにより完全に理解される。

30

【0014】

熱化学気相成長法において $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを用いることによってRu金属膜を選択的に堆積する方法が、様々な実施例に記載されている。ここで当該方法は、Ru金属膜の堆積が、誘電体表面と比較して金属表面上で高い選択性を示すようにする。Ru金属膜は、相互接続構造内のメタライゼーション層及びバルクCuと接する接合層として利用されることで、CuメタライゼーションのEM及びSM特性を改善して良い。当業者は、1つ以上の具体的詳細がなくても、又は他の置換及び/若しくは追加の方法、材料、若しくは部品と共にでも、本発明が実施可能であることを理解する。他の場合では、周知の構造、材料、又は動作は、本発明の様々な実施例の態様が曖昧になるのを回避するため、記載も図示もしていない。同様に説明目的で、本発明の完全な理解を供するため、具体的番号、材料、及び構成が説明されている。さらに図示されている様々な実施例は例示であって縮尺通りに描かれていないことに留意して欲しい。

40

【0015】

図1A-1Bは、本発明の実施例による、Cu及び誘電材料上に堆積されるRu金属膜の厚さを堆積時間の関数として図示している。図1Aでは、Cu及び第1誘電材料(第1層間誘電体ILD<sub>1</sub>)を有する各異なる基板が、基板温度205 °C及び225 °Cで $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスに曝露される。図1Aは、205 °Cと225 °Cのいずれでも、初期におけるRu金属の堆積は、ILD<sub>1</sub>と比較してCu上で、かなり選択的に起こることを示している。たとえば15秒の堆積時間では、205 °Cで厚さ6.3 nmのRu金属膜がCu上に形成され、225 °Cで厚さ9.3 nmのRu金属膜がCu上に形成される。比較のため、同じ曝露時間でもILD<sub>1</sub>上に形成される

50

Ruの厚さは約1 未満である。測定されたRuの厚さが約1 未満であるということは、吸着した $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体が1分子層以下であることに相当すると考えられる。処理条件には、100mTorrの処理チャンバ圧力、100sccmのCOガス流速、10sccmのArガス流速、及び170-190が含まれる。

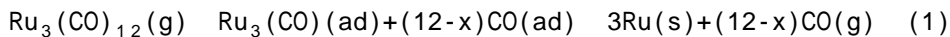
【0016】

図1Bは、Cu及び第2誘電材料（第2層間誘電体ILD<sub>2</sub>）上でのRu金属の選択的堆積を図示している。堆積時間が15秒の場合では、ILD<sub>2</sub>上に形成されるRuの厚さが約0.5 であるため、図1Aと図1B との比較から、Ruの初期堆積は、ILD<sub>1</sub>上でよりもILD<sub>2</sub>上の方がはるかにゆっくり起こることが示される。

【0017】

表面上で $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気が吸着する結果、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体は表面上で吸着した $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ 及びCOとして分解し、その後基板から脱離した $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ はさらにRu金属及びCOに分解すると考えられる。

【0018】



理論に拘泥するつもりはないが、本願発明者らは、金属表面-たとえばCu又はタングステン(W)-上で観察されるRu金属の選択的堆積は、その金属表面上で吸着するCOの濃度が、誘電体表面上で吸着するCOの濃度よりも高いことで、吸着したCOと $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ とが再結合して、その結果式(1)の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ が誘電体表面上で再生成されることが原因の少なくとも一部であると考えている。金属表面上で吸着するCOの濃度が低下することで、誘電体表面上で吸着した $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ がRu金属とCOに分解する率が高くなる。

【0019】

本発明の実施例は、パターニングされた基板内の金属表面上にRu金属膜を選択的に堆積するシステム及び方法、並びに当該Ru金属膜を有する半導体デバイスを供する。前記パターニングされた基板は、高アスペクト比の凹部を有する部位を有して良い。本発明の一の実施例によると、デュアルダマシン相互接続構造は、パターニングされた基板内に形成された溝及びビアを有する。前記溝及びビアは側壁及び底部を有する。前記ビアは、約2:1以上のアスペクト比（深さ/幅）を有して良い。2:1以上とはたとえば、3:1、4:1、5:1、6:1、12:1、15:1、又はそれ以上である。前記ビアは約200nm以下の幅を有して良い。は約200nm以下とはたとえば、150nm、100nm、65nm、45nm、32nm、20nm、又はそれ以下である。しかし本発明の実施例は、これらのアスペクト比又はビア幅に限定されるものではなく、他のアスペクト比又はビア幅が利用されても良い。

【0020】

図2Aは、本発明の実施例によるデュアルダマシン相互接続構造の概略的断面図を示している。デュアルダマシン相互接続構造306は、誘電体300内に第1メタライゼーション層302（たとえばCu又はW）を有する。誘電体300はたとえば、 $\text{SiO}_2$ 、たとえばフッ化ケイ酸ガラス(FSG)のようなlow-k誘電材料、炭素ドープ酸化物、ポリマー、又は他の適切な誘電材料を有して良い。デュアルダマシン相互接続構造306は、誘電体304内でエッチングにより形成された溝308及びビア310を有する。誘電体304は、「外側の(field)」表面314（デュアルダマシン相互接続構造306周辺の領域）及びデュアルダマシン相互接続構造306内の表面316を有する。図示されていないが、デュアルダマシン相互接続構造306は追加の層-たとえば誘電体300と304との間に設けられた溝のエッチストップ層及びビアのエッチストップ層、並びに第1メタライゼーション層302と誘電体300を分離するバリア層-を有しても良い。デュアルダマシン相互接続構造306は、当業者に知られている標準的なリソグラフィ及びエッチング方法を用いることによって形成されて良い。本発明の実施例はまた、単純又は複雑なデュアルダマシン相互接続構造及びメタライゼーション層を有する他の種類の凹部を有する部位にも適用されて良い。

【0021】

10

20

30

40

50

本発明の実施例によると、図2Aのデュアルダマシン相互接続構造の形成後、第1Ru金属膜312が、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスをを用いたTCVD法で、ピア310の底部に設けられた第1メタライゼーション層302上に選択的に堆積される。その結果形成される構造が図2Bで概略的に図示されている。一の実施例では、第1Ru金属膜312の厚さは、2~20、又は5~15、たとえば約10であって良い。本発明の一の実施例によると、図2Aのデュアルダマシン相互接続構造は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスに曝露される前に吸着したCOによって曝露表面314及び316を飽和させるため、COガスを有する前処理用ガスによって前処理されて良い。前処理用ガスは、COガス及び任意でArのような不活性ガスを有する。一例では、前処理用ガスは純粋なCOからなる。他の例では、前処理用ガスは混合比が10:1のCO/Ar混合ガスを有する。

10

## 【0022】

図2Cは、パターニングされた基板全体-デュアルダマシン相互接続構造306内を含む-にわたってバリア層318が堆積される様子を概略的に図示している。バリア層318はたとえば、Ta含有層（たとえばTa、TaC、TaN、若しくはTaCN、又はこれらの混合物）又はW含有層（W、WN、又はこれらの混合物）を有する。一例では、バリア層318は、第3級アミルイミド-トリス-ジメチルアミドタンタル( $\text{Ta}(\text{NC}(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_5)(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$ )と $\text{H}_2$ の交互曝露を用いたプラズマ原子層堆積(PEALD)によって堆積されたTaCNを有して良い。本発明の一の実施例によると、第2Ru金属膜が、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスにパターニングされた基板を曝露することによってバルクCuを充填する前に、バリア層上に堆積されて良い。一の実施例では、第2Ru金属膜312の厚さは、10~30、又は15~25、たとえば約20であって良い。

20

## 【0023】

図2DはバルクCu充填物及びデュアルダマシン相互接続構造を概略的に図示している。バルクCu堆積プロセスは、回路作製の分野の者には周知であり、かつたとえば、電解メッキ法又は無電解メッキ法を含んで良い。バルクCuによるデュアルダマシン相互接続構造の充填後、化学機械研磨(CMP)法が、バルクCu充填物から余剰Cuを除去することによる平坦化されたバルクCu322を形成するのに利用されて良い。さらに平坦化プロセスでは、図2Eで概略的に図示されているように、バリア層318は外側の表面314から除去される。

## 【0024】

本発明の実施例によると、図2Eのデュアルダマシン相互接続構造の形成に続いて、第3Ru金属膜324が、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスにパターニングされた基板を曝露することによって、平坦化されたバルクCu322上に選択的に堆積される。これは図2Fで概略的に図示されている。一の実施例では、第3Ru金属膜324の厚さは、2~20、又は5~15、たとえば約10であって良い。本発明の一の実施例によると、図2EのCuが充填されたデュアルダマシン相互接続構造は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気に曝露される前に吸着したCOによって平坦化されたCu充填物の曝露表面322及び外側の表面314を飽和させるため、COガスを有する前処理用ガスによって前処理されて良い。平坦化されたCu充填物322上への第3Ru金属膜324の選択堆積に続いて、図2Fに図示された部分的に作製された半導体デバイスがさらに処理される。

30

## 【0025】

本発明の追加実施例によると、第1メタライゼーション層302上への第1Ru金属膜312の選択的堆積、又は平坦化されたバルクCu322上への第1Ru金属膜312の堆積は、図2A-2Fに記載された統合プロセスから省略されても良い。

40

## 【0026】

図3は、本発明による、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスからRu金属膜を堆積する熱化学気相成長(TCVD)システム1を概略的に図示している。当該TCVDシステム1は基板ホルダ20を有する処理チャンバ10を有する。基板ホルダ20は、上にRu金属層が堆積される基板25を支持するように備えられている。処理チャンバ10は、気相先駆体供給システム40を介して金属先駆体気化システム50と結合する。

## 【0027】

50



処理チャンバ10はさらに、ダクト36を介して真空排気システム38と結合する。排気システム38は、処理チャンバ10、気相先駆体供給システム40及び金属先駆体気化システム50を、基板25上でのRu金属膜の堆積、及び金属先駆体気化システム50中の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52の気化に適する圧力にまで排気するように備えられている。

#### 【0028】

さらに図3を参照すると、金属先駆体気化システム50は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52を貯蔵し、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52が気化するのに十分な温度になるまで $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52を加熱し、かつ $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気52を気相先駆体供給システム40へ導入するように備えられている。金属カルボニル先駆体52は、選択された加熱条件下では、金属先駆体気化システム50内において固体でも良い。固体 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52を気化させるのに望ましい温度を実現するため、金属先駆体気化システム50は、気化温度を制御するように備えられている気化温度制御システム54と結合する。

#### 【0029】

たとえば $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52の温度は約40 ~ 150 に昇温されて良い。あるいはその代わりに気化温度は約60 ~ 90 に維持されて良い。 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52が昇華を起こすほどに加熱されるので、CO含有ガスは、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体52を通り抜けて、生成された $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気52を流し込む(capture)。CO含有ガスはCO及び任意で不活性ガスを有して良い。不活性ガスとはたとえば、 $\text{N}_2$ 、He、Ne、Ar、Kr若しくはXeのような希ガス又はそれらの混合気体である。COガスが存在した状態で $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体を気化することで、パターンニングされた基板への $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の供給を制限するという問題を緩和することができる。生成された状態の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気にCOガスを加えることで、気化温度を上昇させることが可能であることが示された。気化温度が上昇することで $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の蒸気圧が上昇し、その結果処理チャンバへの $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の供給が増大するので、パターンニングされた基板25上へのRu金属膜の堆積速度が増大する。処理チャンバ10へ $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体を供給する前に、気相先駆体供給システム40内での $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の不十分な分解を減らすためにCOガスを用いることで、処理チャンバへ $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の効率的に搬送されることで、Ru金属膜が堆積されることが促進される。このことは特許文献1に記載されている。

#### 【0030】

一例では、金属先駆体気化システム50は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 蒸気の効率的な揮発及び搬送を行うように備えられたマルチトレイ気化システムであって良い。典型的なマルチトレイ気化システムは特許文献2に記載されている。

#### 【0031】

たとえばガス供給システム60は、金属先駆体気化システム50と結合して、たとえばCO、キャリアガス、若しくはこれらの混合ガスを、供給ライン61を介して $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の付近へ供給するか、又は、供給ライン62を介して $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の全体にわたるように供給するように備えられている。それに加えて、ガス供給システム60は、金属先駆体気化システム50から見て下流に位置する気相先駆体供給システム40と結合することで、ガスが気相先駆体供給システムへ入り込む際又は入り込んだ後、供給ライン63を介してそのガスを $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気へ供給する。さらに供給ライン63は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスに曝露される前に吸着したCOによってパターンニングされた基板25の曝露表面を飽和させるため、COガスを有する前処理用ガスによって前処理されて良い。

#### 【0032】

図示されていないが、ガス供給システム60は、キャリアガス源、COガス源、1つ以上の制御バルブ、1つ以上のフィルタ、及びマスフローコントローラを有して良い。たとえばCO含有ガスの流速は、標準状態で約 $0.1\text{cm}^3/\text{min}(\text{sccm})$  ~ 約1000sccmであって良い。あるいはその代わりに、CO含有ガスの流速は約10sccm ~ 約500sccmであって良い。またあるいはその代わりに、CO含有ガスの流速は約50sccm ~ 約200sccmであって良い。本発明の実施例によると、CO含有ガスの流速は約0.1sccm ~ 約1000sccmの範囲であって良い。あるいはその代わりに、CO含有ガスの流速は約1sccm ~ 約500sccmであって良い。

## 【0033】

金属先駆体気化システム50から見て下流では、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスは、蒸気分配システム30を介して処理チャンバ10へ入り込むまで、気相先駆体供給システム40を貫流する。蒸気ライン温度を制御し、かつ $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の凝集のみならず $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の分解を防ぐため、気相先駆体供給システム40は、蒸気ライン温度制御システム42と結合して良い。気相先駆体供給システム40はたとえば50～100の温度に維持されて良い。

## 【0034】

さらに図3を参照すると、処理チャンバ10と結合してその一部を構成する蒸気分配システム30は蒸気分配プレナム32を有する。蒸気分配プレナム32内部では、蒸気分配プレート34を通過してパターニングされた基板25の上方に位置する処理領域33へ入り込む前に蒸気が分散する。それに加えて、蒸気分配プレート34は分配プレート温度制御システム35と結合して良い。分配プレート温度制御システム35は蒸気分配プレート34の温度を制御するように備えられている。

10

## 【0035】

一旦 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスが処理チャンバ10の処理領域33へ入り込むと、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気は、パターニングされた基板25の温度上昇のため基板表面へ吸着する際に熱分解し、Ru金属膜がパターニングされた基板25上に形成される。基板ホルダ20は、基板温度制御システム22と結合しているため、パターニングされた基板25の温度を昇温させるように備えられている。たとえば基板温度制御システム22は、パターニングされた基板25の温度を最大約500にまで昇温させるように備えられて良い。それに加えて処理チャンバ10は、チャンバ壁の温度を制御するように備えられたチャンバ温度制御システム12と結合して良い。

20

## 【0036】

さらに図3を参照すると、TCVDシステム1は、該TCVDシステム1を動作させ、かつ該TCVDシステム1の動作を制御するように備えられた制御システム80をさらに有して良い。制御システム80は、処理チャンバ10、基板ホルダ20、基板温度制御システム22、チャンバ温度制御システム12、蒸気分配システム30、気相先駆体供給システム40、金属先駆体気化システム50、及びガス供給システム60と結合する。

## 【0037】

30

図4は、本発明の実施例による、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスからRu金属膜を堆積する他のTCVDシステムの概略図を表す。当該TCVDシステム100は基板ホルダ120を有する処理チャンバ110を有する。基板ホルダ120は、上にRu金属膜が形成されるパターニングされた基板25を支持するように備えられている。処理チャンバ110は、金属先駆体気化システム150を有する先駆体供給システム105及び気相先駆体供給システム140と結合する。金属先駆体気化システム150は $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152を貯蔵及び気化するように備えられている。気相先駆体供給システム140は $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152の蒸気を処理チャンバ110へ搬送するように備えられている。

## 【0038】

40

処理チャンバ110は、上部チャンバ部111、下部チャンバ部112、及び排出チャンバ113を有する。開口部114は下部チャンバ部112内部に形成される。下部チャンバ部112は排出チャンバ113と結合する。

## 【0039】

さらに図4を参照すると、基板ホルダ120は、処理されるべきパターニングされた基板（又はウエハ）125を支持する水平面を供する。基板ホルダ120は、排出チャンバ113の下部から上方に延びる円筒形支持部122によって支持されて良い。さらに基板ホルダ120は、基板ホルダ温度制御システム128と結合するヒーター126を有する。ヒーター126はたとえば1つ以上の抵抗加熱素子を有して良い。あるいはその代わりにヒーター126はたとえば放射加熱システム-たとえばタングステン-ハロゲンランプ-を有して良い。基板ホルダ温度制御システム128は電源を有して良い。その電源は、1つ以上の加熱素子、基板温度及び/又

50

は基板ホルダの温度を測定する1つ以上の温度センサ、並びに、パターニングされた基板125若しくは基板ホルダの温度を監視、調節、又は制御のうちの少なくとも1つを実行するように備えられた制御装置に電力を供する。

【0040】

処理中、加熱されたパターニングされた基板125は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気を熱的に分解し、かつパターニングされた基板125上でのRu金属膜の堆積を可能にする。基板ホルダ120は、パターニングされた基板125上への所望のRu金属膜の堆積に適した所定温度に加熱される。それに加えて、チャンバ温度制御システム121と結合するヒーター（図示されていない）は、処理チャンバ110の壁内に埋め込まれることで、その壁を所定温度に加熱して良い。そのヒーターは処理チャンバの壁の温度を約40 ~ 約150、又は約40 ~ 約80に維持して良い。圧力ゲージ（図示されていない）が処理チャンバ圧力の測定に用いられる。本発明の実施例によると、処理チャンバ圧力は約1mTorr ~ 約1000mTorrであって良い。あるいはその代わりに処理チャンバ圧力は約10mTorr ~ 約200mTorrであって良い。

10

【0041】

また図4に図示されているように、蒸気分配システム130は処理チャンバ110の上部チャンバ部111と結合する。蒸気分配システム130は蒸気分配プレート131を有する。蒸気分配プレート131は、蒸気分配システム132から1つ以上のオリフィス134を介してパターニングされた基板125の上方である処理領域133へ先駆体蒸気を導入するように備えられている。

【0042】

さらに上部チャンバ部111には、気相先駆体供給システム140から蒸気分配プレナム132へ $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスを導入するための開口部135が供されている。しかも蒸気分配システム130の温度を制御することで該蒸気分配システム130内部での $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の分解又は凝集を防止するための温度制御素子136-たとえば冷却又は加熱流体を流すように備えられた同心円状の流体チャネル-が供される。たとえば流体-たとえば水-は、蒸気分配温度制御システム138から流体チャネルへ供給されて良い。蒸気分配温度制御システム138は、流体源、熱交換器、流体温度及び/又は蒸気分配プレート温度を測定する1つ以上の温度センサ、並びに蒸気分配プレート131の温度を約20 ~ 約150に制御するように備えられた制御装置を有して良い。 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体については、蒸気分配プレート131の温度は、プレート131上での先駆体の凝集を回避するため約65以上の温度に維持されて良い。

20

30

【0043】

図4に図示されているように、金属先駆体気化システム150は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体を保持し、かつその $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の温度を昇温することによってその $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体を気化（昇華）させるように備えられている。“気化”、“昇華”及び“蒸発”という語は、本明細書では、固相又は液相から気相（ガス）が生成されることを一般的に指すものとして、同義的に用いられている。その際、気相への変換はたとえば、固相から液相を経て気相、固相から気相、又は液相から気相のいずれであるかにはよらない。 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体を加熱して、所望の蒸気圧を生成する温度にその $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体を維持する先駆体用ヒーター154が供される。たとえば先駆体用ヒーター154は、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の温度を約40 ~ 約150 又は約60 ~ 約90に調節するように備えられて良い。

40

【0044】

$\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152が加熱されることで蒸発（又は昇華）する際、CO含有ガスが $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152を通過することで、そのままの状態の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152が流し込まれる(capture)。CO含有ガスはCO及び任意で不活性キャリアガスを有する。不活性キャリアガスとはたとえば $\text{N}_2$ 又は希ガス（つまりHe、Ne、Ar、Kr、Xe）のようなガスである。たとえばガス供給システム160は金属先駆体気化システム150と結合し、かつたとえば $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152全体にわたって又は $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体152を通り抜けるようにCOガスを流すように備えられている。図4には図示されていないが、ガス供給システム160はまた気相先駆体供給システム140と結合して良い。そのような結合により、COガスが気相先駆体供給システム140へ入り込む際又はその後、そのCOガスは金属先駆体152の蒸気へ供給され、たとえ

50

ば $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有するプロセスガスへパターンニングされた基板125を曝露する前に、吸着したCOによってパターンニングされた基板125の曝露表面を飽和させるため、COガスを有する前処理用ガスによってパターンニングされた基板125は前処理される。

【0045】

ガス供給システム160は、不活性キャリアガス、COガス、又はこれらの混合ガスを含むガス源161、1つ以上の制御バルブ162、1つ以上のフィルタ164、及びマスフローコントローラ165を有して良い。たとえばCO含有ガスのマスフロー速度は約0.1sccm～約1000sccmの範囲であって良い。

【0046】

それに加えて金属先駆体気化システム150からの全ガス流を測定するセンサ166が供される。センサ166はたとえば、マスフローコントローラを有して良い。処理チャンバ110へ供給される $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気量は、センサ166及びマスフローコントローラ165を用いて決定されて良い。あるいはその代わりにセンサ166は、処理チャンバ110へのガス流中の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体の濃度を測定する光吸収センサを有して良い。

【0047】

バイパスライン167がセンサ166から見て下流に設けられて良い。バイパスライン167は蒸気先駆体供給システム140を排出ライン116へ接続して良い。蒸気先駆体供給システム140の排気及び処理チャンバ110への $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスの供給の安定化のためにバイパスライン167は供される。それに加えて、蒸気先駆体供給システム140の分岐部から見て下流に設けられたバイパスバルブ168が、バイパスライン167上に供される。

【0048】

さらに図4を参照すると、蒸気先駆体供給システム140は、第1バルブ141及び第2バルブ142を有する高コンダクタンス蒸気ラインを有する。それに加えて蒸気先駆体供給システム140はさらに、ヒーター（図示されていない）を介して蒸気先駆体供給システム140を加熱するように備えられた蒸気ライン温度制御システム143を有して良い。蒸気ラインの温度は、該蒸気ラインでの $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の凝集を回避するように制御されて良い。蒸気ラインの温度は、約20～約100又は約40～約90に制御されて良い。

【0049】

しかもCOガスはガス供給システム190から供給されて良い。たとえば、ガス供給システム190は蒸気先駆体供給システム140と結合し、かつ、ガス供給システム190は、たとえばCOガスを有する前処理用ガスでのパターンニングされた基板25の前処理、又はたとえばバルブ141の下流に位置する蒸気先駆体供給システム140内でのさらなるCOガスと $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気との混合を行うように備えられている。ガス供給システム190は、COガス源191、1つ以上の制御バルブ192、1つ以上のフィルタ194、及びマスフローコントローラ195を有して良い。たとえばCOガスのマスフロー速度は約0.1sccm～約1000 sccmの範囲であって良い。

【0050】

マスフローコントローラ165及び195、並びにバルブ162、192、168、141、及び142は、制御装置196によって制御される。制御装置196は、不活性キャリアガス、COガス、及び $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の供給、供給停止、及び流れを制御する。センサ166もまた制御装置196と接続する。センサ166の出力に基づいて、制御装置196は、処理チャンバ110への所望の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気の流れが得られるように、マスフローコントローラ165を通過するキャリアガスの流れを制御する。

【0051】

図4に図示されているように、排出ライン116は、排出チャンバ113を排気システム118に接続する。排気ポンプ119は、処理チャンバ110を所望の真空度まで排気すること、及び処理中に処理チャンバ110から気体種を除去することに用いられる。自動圧力制御装置(APC)115及びトラップ117が真空ポンプと直列接続した状態で用いられて良い。真空ポンプ119は、毎秒500リットル（以上）の排気速度のターボ分子ポンプ(TMP)を有して良い。あるいは

10

20

30

40

50

はその代わりに真空ポンプ119はドライ粗引きポンプを有して良い。処理中、処理ガスが処理チャンバ110へ導入されて良く、かつ処理圧力はAPC115によって調節されて良い。APC115はバタフライバルブ又はゲートバルブを有して良い。トラップ117は、処理チャンバ110から未反応 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体材料及び副生成物を回収して良い。

【0052】

図4に図示されているように処理チャンバ110内の基板ホルダ120に戻ると、パターンニングされた基板25の保持及び昇降を行う3つの基板リフトピン127（2つしか図示されていない）が供される。基板リフトピン127はプレート123と結合し、かつ基板ホルダ120の上面よりも下に降下して良い。たとえば空気シリンダを利用する駆動機構129は、プレート123を昇降する手段を供する。パターンニングされた基板125は、ロボット搬送システム（図示されていない）によって、ゲートバルブ200及びチャンバ貫通路202を介して、処理チャンバ110に対して搬入出されて良い。一旦パターンニングされた基板125が搬送システムから受け取られると、パターンニングされた基板125は、基板リフトピン127を降下させることによって、基板ホルダ120の上面にまで降下して良い。

【0053】

さらに図4を参照すると、TCVDシステム制御装置180は、マイクロプロセッサ、メモリ、及びデジタルI/Oポートを有する。デジタルI/Oポートは、TCVDシステム100からの出力を監視するのみならず、TCVDシステム100への入力をやり取りし、かつ起動させるのに十分な制御電圧を発生させる能力を有する。しかも制御装置180は、処理チャンバ110、制御装置196、蒸気ライン温度制御システム143、及び気化温度制御システム156を有する先駆体供給システム105、蒸気分配温度制御システム138、真空排気システム118、並びに基板ホルダ温度制御システム128と結合してこれらと情報をやり取りする。真空排気システム118では、制御装置180は、処理チャンバ110内での圧力を制御する自動圧力制御装置115と結合して情報をやり取りする。メモリ内に記憶されたプログラムは、記憶されたプロセスレシピに従って処理システム100の上記構成部品を制御するのに利用される。

【0054】

制御装置180は、汎用コンピュータシステムで実装されても良い。その汎用コンピュータシステムは、基板処理装置に、メモリに格納されている1つ以上の命令に係る1以上のシーケンスを実行するプロセッサにตอบสนองして、本発明に係るマイクロプロセッサに基づく処理工程の一部又は全部を実行させる。係る命令は、他のコンピュータによる読み取り可能な媒体-たとえばハードディスク又は取り外し可能な媒体ドライブ-から制御装置のメモリへ読み取られて良い。多重処理システムでの1つ以上のプロセッサは、主メモリ内に格納される命令のシーケンスを実行する制御装置のマイクロプロセッサとして用いられて良い。代替実施例では、配線回路が、ソフトウェアに代わり、又はソフトウェアと共に用いられて良い。よって実施例は、ハードウェア回路及びソフトウェアの特定の組合せに限定されない。

【0055】

制御装置180は少なくとも1つのコンピュータによる読み取りが可能な媒体又はメモリを有する。コンピュータによる読み取りが可能な媒体又はメモリは、本発明の教示に従ってプログラミングされた命令を保持し、かつ本明細書に記載されたデータ構造、テーブル、レコード又は本発明の実施に必要であると考えられる他のデータを有する。コンピュータによる読み取りが可能な媒体の例には、コンパクトディスク（たとえばCD-ROM）若しくは他の光学式媒体、ハードディスク、フロッピーディスク、テープ、磁気光学ディスク、PROMs（EPROM、EEPROM、フラッシュEPROM）、DRAM、SRAM、SDRAM若しくは他の磁気媒体、パンチカード、紙テープ若しくは穴のパターンを有する他の物理媒体、又は搬送波（後述）若しくはコンピュータによる読み取りが可能な他の媒体がある。

【0056】

コンピュータによる読み取りが可能な媒体のうちの任意の1つ又は複数の媒体の組合せに記憶されることで、本発明は、制御装置180を制御し、本発明を実施する（複数の）装置を駆動させ、かつ/又は制御装置と人間である使用者との相互作用を可能にするソフト

10

20

30

40

50

ウェアを有する。係るソフトウェアは、デバイスドライバ、オペレーティングシステム、開発ツール、及びアプリケーションソフトウェアを有するが、これらに限定されるわけではない。係るコンピュータによる読み取りが可能な媒体はさらに、本発明を実施する際に実行される処理の全部又は一部（処理が分散される場合）を実行するため、本発明に係るコンピュータプログラム製品を有する。

【0057】

コンピュータコード装置は、如何なる解釈可能又は実行可能なコード機構であって良い。コンピュータコード装置には、解釈可能なプログラム、ダイナミックリンクライブラリ(DLLs)、Javaクラス、及び完全に実行可能なプログラムが含まれるが、これらに限定されるわけではない。しかも処理のほとんどは、性能、信頼性、及び/又はコストを向上するために分配されて良い。

10

【0058】

本明細書で用いられている“コンピュータによる読み取りが可能な媒体”という語は、実行するためのデータ処理システム1020のプロセッサへ命令を供することに関与する媒体を意味する。コンピュータによる読み取りが可能な媒体は如何なる形式を取っても良い。コンピュータによる読み取りが可能な媒体には、不揮発性媒体及び透過性媒体が含まれるが、これらに限定されるわけではない。不揮発性媒体にはたとえば、ハードディスクや取り外し可能な媒体ドライブのような、光学ディスク、磁気ディスク、及び磁気光学ディスクが含まれる。揮発性媒体には主メモリのようなダイナミックメモリが含まれる。しかも、実行用の制御装置のプロセッサへ1つ以上の命令を含む1つ以上のシーケンスを実行する際には、様々な形式のコンピュータによる読み取りが可能な媒体が含まれて良い。たとえば命令は最初離れた位置にあるコンピュータの磁気ディスク上で実行されて良い。その離れた位置にあるコンピュータは、離れた場所から命令を読み取ってダイナミックメモリへ送り、ネットワークを介して制御装置180へ送る。

20

【0059】

制御装置180は、TCVDシステム100に対して局所的に設置されても良いし、又はインターネット又はイントラネットを介してTCVDシステム100に対して離れた場所に設置されても良い。たとえば制御装置180は、直接接続、イントラネット、インターネット及びワイヤレス接続のうちの少なくとも1つを用いることによって処理システム1とのデータのやり取りをして良い。制御装置180は、たとえば顧客側（つまりデバイスメーカー等）のイントラネットと結合して良いし、又はたとえば売り手側（つまり装置製造者等）のイントラネットと結合しても良い。さらに別なコンピュータ（つまり制御装置、サーバー等）が、たとえば制御装置180とアクセスすることで、直接接続、イントラネット及びインターネットのうちの少なくとも1つを介してデータのやり取りをして良い。当業者にはすぐに分かるように、制御装置180はワイヤレス接続を介してTCVDシステム100と情報をやり取りして良い。

30

【0060】

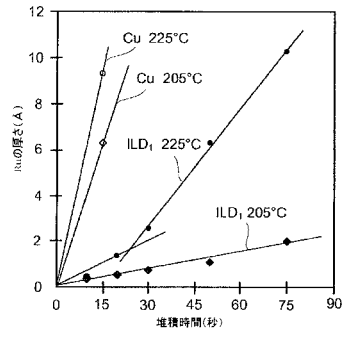
熱化学気相成長法において $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 先駆体蒸気及びCOガスを有する処理ガスを用いることによってRu金属膜を選択的に堆積する複数の実施例が様々な実施例で開示されている。本発明の実施例の上記記載は例示及び説明目的で与えられたものである。上記説明は、網羅的と解されてはならず、又は本発明を開示された厳密な形態に限定するものと解されてもならない。本説明及び以降の特許請求の範囲は、説明目的でのみ用いられる語句であって限定することを意図していない語句を有する。

40

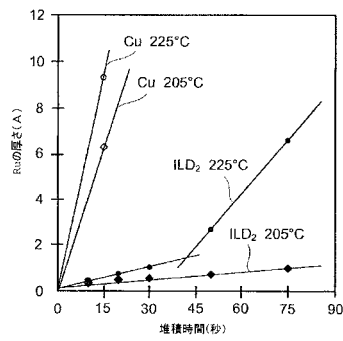
【0061】

たとえ本発明の特定の実施例しか上で記載されていなかったとしても、当業者は、本発明の新規な教示及び利点から実質的に逸脱することなく典型的実施例の範囲内で多くの修正型をすぐに想到する。従って全ての係る修正型は本発明の技術的範囲内に含まれるものと解される。

【図 1 A】



【図 1 B】



【図 2 A】

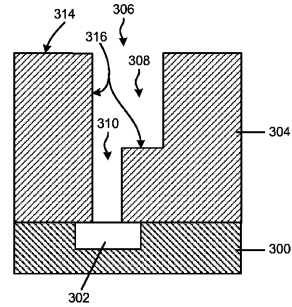


FIG. 2A

【図 2 B】

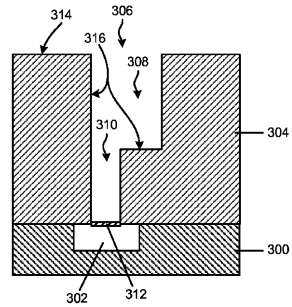


FIG. 2B

【図 2 C】

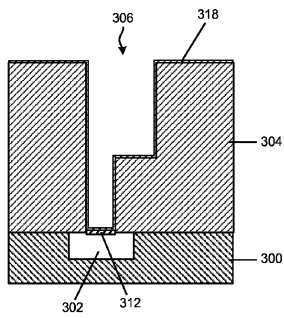


FIG. 2C

【図 2 E】

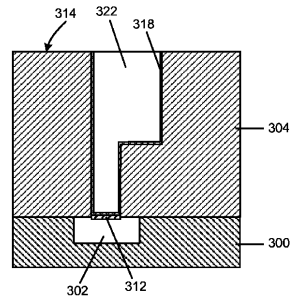


FIG. 2E

【図 2 D】

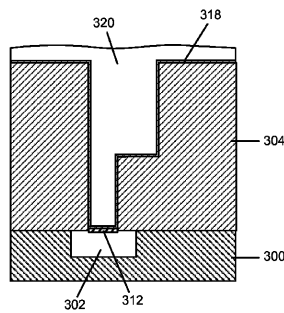


FIG. 2D

【図 2 F】

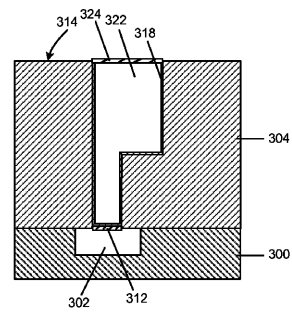


FIG. 2F

【図 3】

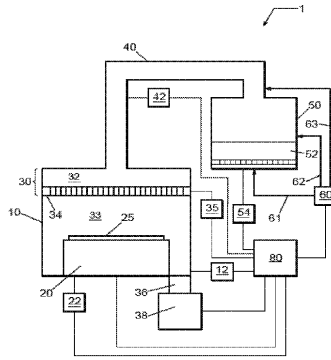


FIG. 3

【図 4】

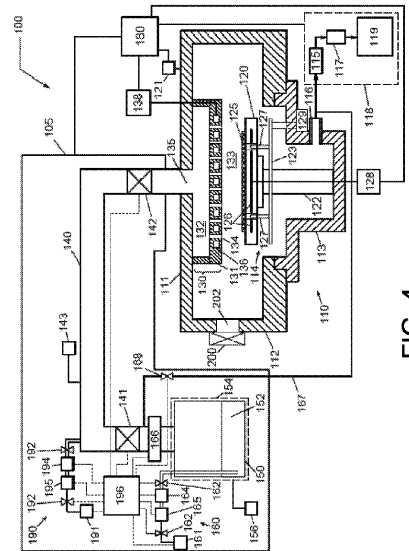


FIG. 4



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-128680(JP,A)  
国際公開第2006/104853(WO,A1)  
特開2004-146516(JP,A)  
特開2007-043018(JP,A)  
特表2008-538129(JP,A)  
特表2009-512191(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/768  
C23C 16/04  
C23C 16/16  
H01L 21/28  
H01L 21/285