

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5791167号
(P5791167)

(45) 発行日 平成27年10月7日(2015. 10. 7)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015. 8. 14)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/285 (2006. 01)

H O 1 L 21/285 C

C 2 3 C 16/08 (2006. 01)

C 2 3 C 16/08

H O 1 L 21/28 (2006. 01)

H O 1 L 21/28 3 O 1 R

H O 1 L 21/3205 (2006. 01)

H O 1 L 21/88 M

H O 1 L 21/768 (2006. 01)

請求項の数 14 外国語出願 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-93544 (P2010-93544)
 (22) 出願日 平成22年4月14日(2010. 4. 14)
 (65) 公開番号 特開2010-251760 (P2010-251760A)
 (43) 公開日 平成22年11月4日(2010. 11. 4)
 審査請求日 平成25年4月12日(2013. 4. 12)
 (31) 優先権主張番号 61/169, 954
 (32) 優先日 平成21年4月16日(2009. 4. 16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/755, 259
 (32) 優先日 平成22年4月6日(2010. 4. 6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 513014695
 ノベラス・システムズ・インコーポレーテッド
 NOVELLUS SYSTEMS IN
 CORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州945
 38 フレモント, クッシング・パークウ
 ェイ, 4650
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 チェン、フェン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州951
 34 サン・ホセ, ノース・ファースト・
 ストリート, 3970 ノベラス・システ
 ムズ・インコーポレーテッド内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サブストレイトの上に堆積する方法、サブストレイトの製造方法及び器具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タングステンフィルムを反応室内でサブストレイトの上に堆積する方法であって、
 タングステン核形成層を前記サブストレイトの上に堆積する工程と、
 前記核形成層を複数の還元剤パルスに当てることを有する低抵抗処理工程を実施する工
 程と、

前記タングステン核形成層の上にバルクタングステン材料を化学蒸着で堆積する工程と
 を備え、

前記低抵抗処理工程の開始から少なくとも前記低抵抗処理工程の終了までの連続した期
 間の間にタングステンが堆積されず、前記低抵抗処理中に前記サブストレイトの温度が 2
 5 0 ° C - 3 5 0 ° C の間に維持されるものである、方法。

【請求項 2】

バルクタングステン材料を堆積する工程が前記タングステン核形成層の上に低温バルク
 タングステン化学蒸着層を低温化学蒸着工程で堆積する工程を有し、前記低温化学蒸着工
 程の間前記サブストレイトの温度が 2 5 0 ° C - 3 5 0 ° C の間に維持されるものである
 、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

低温化学蒸着バルクタングステン化学蒸着層の堆積の後に前記サブストレイトの温度を
 少なくとも 5 0 ° C 上昇させ、前記サブストレイトの温度を上昇させた後に高温バルクタ
 ングステン化学蒸着層を前記低温バルクタングステン化学蒸着層の上に堆積する工程を更

10

20

に備える、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記サブストレイトが陥凹特徴部を有し、タングステン核形成層を堆積する工程が核形成層を前記陥凹特徴部に堆積する工程を有し、タングステンバルク材料を堆積する工程が前記特徴部をタングステンで充填する工程を有する、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記タングステン核形成層を陥凹特徴部に堆積する工程がサブストレイトの温度 $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ の間に於いて前記サブストレイトをホウ素含有還元剤とタングステン含有前駆物質の交互パルスに当てる工程を有し、水素が前記パルスの間に流されないものである、請求項 4 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記低抵抗処理工程の間の前記サブストレイトの温度が $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ の間に維持されるものである、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

低抵抗処理工程の実施が前記核形成層をタングステン前駆物質の介在的パルスに当てることなく複数の還元剤パルスに当てる工程を有する、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記サブストレイトが前記低抵抗処理工程の間 $1\text{E} - 5$ と $1\text{E} - 2$ モルの間のホウ素含有物質に当てられるものである、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

20

【請求項 9】

サブストレイトの上の陥凹特徴部を充填する方法であって、

前記陥凹特徴部は複数の側壁、底面、及び開口を有し、場の領域と、この場の領域より陥凹する第一特徴部を有する前記サブストレイトを準備する工程と、

前記陥凹特徴部の前記複数の側壁と前記底面の上にタングステン核形成層を堆積する工程と、

前記サブストレイトの温度を $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ の間に維持する低温化学蒸着工程によって特徴部を低温化学蒸着タングステンバルク層で部分的に充填する工程と、

前記サブストレイトの温度を前記低温化学蒸着工程に於けるより少なくとも 25°C 高く、 $350^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$ の間に維持する高温化学蒸着工程によって前記特徴部を高温化学蒸着タングステンバルク層で完全に充填する工程とを備え、

30

前記低温化学蒸着工程の終わりにおいて、前記低温化学蒸着タングステンバルク層は露出面を有し、

前記低温化学蒸着タングステンバルク層の前記露出面に前記高温化学蒸着タングステンバルク層を堆積することにより、前記特徴部は完全に充填される方法。

【請求項 10】

前記特徴部を部分的に充填した後、前記特徴部を完全に充填する前に、前記サブストレイトの温度を少なくとも 30°C 上昇させる工程を更に備える、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

40

前記第一特徴部は、少なくとも $20:1$ の縦横比、及び 50nm 未満の開口の幅の少なくとも一方の特徴を有する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

サブストレイトの上の陥凹特徴部を充填する方法であって、

前記陥凹特徴部は複数の側壁、底面、及び開口を有し、場の領域と、この場の領域より陥凹する第一特徴部を有する前記サブストレイトを準備する工程と、

前記陥凹特徴部の前記複数の側壁と前記底面の上にタングステン核形成層を堆積する工程と、

核形成層を複数の還元剤パルスに当てる工程を含み、その間サブストレイトの温度が $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ の間に維持される低抵抗処理工程を実施する工程と、

50

低抵抗処理を実施した後に、複数段階化学蒸着工程を実施して前記特徴部を充填する工程とを備え、

前記複数段階化学蒸着工程は堆積期間中前記サブストレイトの温度が $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ の間に維持される第一段階と堆積期間中前記サブストレイトの温度が $375^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$ の間に維持される第二段階とを備え、前記第二段階は前記第一段階の後に続く段階であり、前記特徴部は第一段階の後部分的にのみ充填され、前記特徴部は第二段階の後完全に充填されるものである、方法。

【請求項 13】

サブストレイトを準備する段階と、

請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の方法によって、前記サブストレイトを処理する段階と

10

を備えるサブストレイトの製造方法。

【請求項 14】

タングステンフィルムをサブストレイトの上に堆積する器具であって、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスのパルスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有するタングステン核形成層堆積部署、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスのパルスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有する低抵抗処理部署、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有する第一タングステンバルク層堆積部署、

20

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有する第二タングステンバルク層堆積部署、

を有する 1 以上の堆積チェンバ、及び

(i) 前記タングステン核形成層堆積部署内で複数の還元剤パルス / パージガスパルス / タングステン含有前駆物質パルスサイクルを脈動させ、前記サブストレイトの表面上のタングステン核形成層の上に堆積させ、

(ii) 還元剤露出部署内で複数の還元剤パルスを脈動させ、

(iii) 同時に、前記サブストレイトの温度を $250^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ の間に維持させながら、還元剤とタングステン含有前駆物質を前記第一タングステンバルク層堆積部署へと流入させ、

30

(iv) 同時に、前記サブストレイトの温度を $375^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$ の間に維持させながら、還元剤とタングステン含有前駆物質を前記第二タングステンバルク層堆積部署へと流入させる、前記 1 以上の堆積チェンバの操作を制御する制御部

を備える器具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、小臨界次元の接点装置及び相互接続子用の超薄低抵抗タングステンフィルムの堆積方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

化学蒸着 (CVD) 技術使用によるタングステンフィルムの成膜は多くの半導体製造工程における重要な部分である。タングステンフィルムは水平方向相互接続子、隣接金属層間のビアホール、及び第一金属層とシリコンサブストレイト間の接点装置の形態で低抵抗電氣的連結に使用されることがある。従来のタングステン堆積工程に於いて、ウエファは真空チェンバ内で加工温度に加熱され、次いで種子即ち核形成層として機能するタングステンの極めて薄い部分が堆積される。その後、タングステンフィルムの残余部 (バルク層) が核形成層の上に堆積される。従来例に於いて、タングステンバルク層は成長中のタングステン層の上で六フッ化タングステン (WF_6) の水素 (H_2) による還元によって形成される。

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

半導体装置の寸法が32nmの技術ノードを超えると、接点装置やビアホールの寸法の縮小がタングステンの化学蒸着の問題点となる。縦横比が増加すると装置特徴部にボイドや大きなシームが生じ、生産高を低下させ、マイクロプロセッサやメモリチップの性能低下の結果となりかねない。ITRS(International Technology Roadmap for Semiconductors)は縦横比が20:1以上の32nm層状DRAM接点装置を要求して居る。論理接点装置はDRAM接点装置程ではないが縦横比が10:1以上となると問題になる。従来例のCVDタングステン堆積技術を使用するのは、これらの積極的特徴部に於けるボイド無しの充填は問題となる。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明はその一面に於いて縦横比の高い特徴部のボイド無しのタングステン充填の方法に関する。種々の実施例に於いて、この方法では特徴部をタングステンの低温化学蒸着(CVD)工程が使用される。或る実施例に於いては特徴部の充填に化学蒸着の間工程温度が250 - 350°C以下に保持される。低温化学蒸着タングステン充填は標準的の化学蒸着充填と同様な薄膜抵抗を可能とする一方、縦横比の高い特徴部への向上されたタングステン充填及び下地層へのフッ素の移動に対する向上されたバリアを提供するものである。その他の面に於いて、本発明は低抵抗のタングステン薄膜を堆積する方法に関する。種々の実施例に於いて、この方法はタングステンバルク層の堆積及び/或は低温化学蒸着工程の後高温化学蒸着工程によるバルク層の堆積をする前に堆積された核形成層に低温低抵抗処理を施行することに関する。

20

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】或る実施例に於けるタングステン核形成及びバルク層で充填された特徴部の略図である。

【図2】12及び50の場合の核形成層で占められた特徴部の体積パーセンテージを技術ノード(特徴部サイズ)の関数として描く図である。

【図3】或る実施例に従い特徴部をタングステンの充填する処理を示すフロー図である。

30

【図4】或る実施例に於ける種々の段階に於ける特徴部の断面の概要を示す図である。

【図5】特徴部充填工程の後に於けるサブストレイトの断面の略図である。

【図6】(1)パルス核形成層(PNL)工程と低温化学蒸着(CVD)工程及び(2)PNL工程のみで堆積されたフィルムについて、欠陥をフィルムの厚さの関数として示す図である。

【図7】32nm特徴部の高温及び低温CVD充填の画像を示す。

【図8】高温及び低温CVDで堆積されたフィルムについて、抵抗をフィルムの厚さの関数として示す図である。

【図9】種々の工程で堆積されたタングステンフィルムについて、抵抗をフィルムの厚さの関数として示す図である。

40

【図10】特徴部をタングステンの充填する方法の種々の実施例を示す工程フロー図である。

【図11】特徴部をタングステンの充填する方法の種々の実施例を示す工程フロー図である。

【図12】特徴部をタングステンの充填する方法の種々の実施例を示す工程フロー図である。

【図13】或る実施例に使用可能なタングステン核形成層堆積方法の工法を示す工程フロー図である。

【図14A】種々の実施例に於ける低抵抗処理のガスパルス順序を示す。

【図14B】種々の実施例に於ける低抵抗処理のガスパルス順序を示す。

50

【図 1 5】或る実施例による特徴部充填工程後の特徴部断面の略図である。

【図 1 6 A】低抵抗処理工程の間の 50 nm 及び 10 nm フィルムの抵抗を還元剤露出の関数として示す図である。

【図 1 6 B】高温化学蒸着のみで充填された特徴部及び低温と高温化学蒸着で充填された特徴部の低抵抗処理のための還元剤露出の関数として 50 nm フィルムの抵抗を示す図である。

【図 1 7】種々の実施例に於ける抵抗をフィルムの厚さの関数として示す図である。

【図 1 8】タングステンで特徴部を充填する種々の実施例に於ける方法の工程を示す工程フロー図である。

【図 1 9】種々の実施例に於ける抵抗をフィルムの厚さの関数として示す図である。

10

【図 2 0】実施例によるタングステン堆積工程の実施に好適なシステムの略図である。

【図 2 1】実施例によるタングステン堆積の原理を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

以下の記述に於いてはタングステン薄膜形成に関する本発明の完全理解のために多くの実施例が開示されるが、ここに示され論じられる特定の方法や装置への変更、実施、変化などは本発明の範囲の中に於いて当業者には明白であろう。

【0007】

タングステンを 32 nm 以下技術に延長することは、メモリ及びロジック両方の装置に於けるビアホール / 接点装置性能及び信頼性を維持するのに重要である。装置の寸法がより小さい技術ノードに進展するにつれ、タングステン充填には種々の課題が起こるもので、その一つとは接点装置やビアホールに於ける薄いフィルムに起因する抵抗増加を防止することである。特徴部が小さくなるに従い、より薄くなるタングステンフィルム内での散乱効果によりタングステン接触及び線抵抗が増加する。効果的タングステン堆積工程はタングステン核形成層を必要とするが、典型的にこれらの層はバルクタングステン層より電気抵抗が高い。特徴部が小さくなると低抵抗タングステンフィルムで集積回路デザインに於ける電力消費と加熱は最小化される。抵抗がより高い薄いバリア及びタングステン核形成フィルムがより小さい特徴部に於いてより大きな割合を占める。

20

【0008】

図 1 はビアホール / 接点装置構成 100 に於ける核形成フィルム 110 及びバルクタングステン材料 120 で占められる容量を示す。図 2 は 12 及び 50 の核形成フィルムで占められた体積パーセンテージを技術ノードの関数として示す。核形成層の抵抗はバルク層のそれより高いので、総抵抗値を可及的に低く保つため、核形成層の厚さは最小化されるべきものである。その一方、下地のサブストレイトを十分に覆って上質のバルク堆積を成就するため、タングステン核形成は十分厚くなくてはならない。

30

【0009】

装置の寸法がより小さい技術ノードの程度になるに従ってのタングステン栓充填の課題とは段差を覆うことである。例えば層状コンデンサ DRAM 接点装置の場合、32 nm ノードに於いて 20 : 1 以上の高縦横比の特徴部のタングステン充填が要求される。より小さい接点装置開口部が要求される縦横比を 10 : 1 に近接させるに従い、ロジック接点装置は DRAM 接点装置ほどに積極的ではないがやはり課題を有する。メモリ装置は典型的にかなり順応的な化学蒸着 TiCl₄ をもとにする Ti / TiN 裏地 / バリアを使用する。しかし、ロジック装置は依然としてリエントラント型或はピンチオフを生成する大きな張り出しに関する追加的段差覆いの課題を生成する PVD / MOCVD をもとにする Ti / TiN フィルムに依頼して居る。裏地 / バリアフィルムからの PVD 張り出しは小さな特徴部の充填の困難を増加するものであり、これは核形成フィルムのみならず終局的にバルク化学蒸着フィルムで特徴部を充填することを困難にする。入り込む張り出しと高い縦横比の構成の寸法とを併せると、従来例の技術ノードに使用される化学蒸着タングステン堆積工法を使用するボイド無しの栓充填の実施が困難または不可能となる。

40

【0010】

50

種々の実施例に於いて、本発明は核形成フィルムの厚さの減少及び充填工程での段差覆いの向上を含め、強烈な縦横比及び裏地／バリヤ段差覆い限定を克服するためのタングステン充填工程を提供するものである。或る実施例に於いて、この方法はフッ素による下地のバリヤ／裏地層への侵略に対する良好なバリヤフィルムを提供するものである。

【 0 0 1 1 】

図 3 は或る実施例に従う充填を提供する方法での工程を示すフロー図である。工法はまず高縦横比の特徴部が中に形成されたサブストレイトを準備することで開始される (3 0 2)。発明の実施例は高縦横比の特徴部に限定されるものではないが、従来の技術ノードでの特徴部の充填に使用される化学蒸着工法が適当な充填を提供しない高縦横比特徴部に良好なボイド無しの充填を実施するのに此処に記載される方法は重要なのである。種々の実施例に於いて、サブストレイト特徴部の縦横比は少なくとも 1 0 : 1、少なくとも 1 5 : 1、少なくとも 2 0 : 1、少なくとも 2 5 : 1、或は少なくとも 3 0 : 1 である。又、種々の実施例に於いて特徴部のサイズは縦横比に加え、或はその代わりに、特徴部開口部サイズで特徴付けされる。開口部の幅は 1 0 n m - 1 0 0 n m、或は 1 0 n m - 5 0 n m でよい。例えば或る実施例に於いて、この方法は縦横比の如何に拘らず開口部の狭い特徴部について有利に使用出来る。

【 0 0 1 2 】

或る実施例に於いて、陥凹特徴部は特徴部の底部が下地の金属層との接点を形成してサブストレイトの上の誘電層の中に形成される。又或る実施例に於いて、特徴部はその側壁及び／或は底部の上に裏地／バリヤ層を含む。裏地層の例には T i / T i N、T i N 及び W N が含まれる。拡散バリヤ層に追加的、或はその代わりに特徴部は粘着層、核形成層、これらの結合、或は特徴部の側壁及び底部の裏地材料に適するその他の物質を含んでよい。

【 0 0 1 3 】

或る実施例の特徴部はリエントラント特徴部、即ち特徴部開口を部分的に閉塞する張り出しを形成する裏地層或はその他の物質である。堆積工法の多くは良好な段差を覆う特性がないので、物質は特徴部の内部より場の領域上開口部によけい堆積され、裏地層は例えば特徴部の内部より開口部の近くで厚くなる。此処での記載では"開口の近く"とは場の領域から測定して特徴部の深さの約 0 - 1 0 % に相当する大略位置或は特徴部の内部領域と定義される。或る実施例に於いて、開口に近くの領域とは開口部の領域に相当する。更に"特徴部の内部"とは特徴部の頂上部の場の領域から測定して特徴部の深さの約 2 0 - 6 0 % に相当する大略位置或は特徴部の内部領域と定義される。典型的に、或るパラメタ (例えば厚さ) の値が"開口の近く"或は"特徴部の内部"と特定された場合、これらの値はこのような位置／領域での複数回の測定値の平均を現すものである。或る実施例の場合、開口の近くでの下地層の厚さは特徴部の内部より少なくとも約 1 0 % 大きい。より特別の実施例に於いては、この相違が約 2 5 %、少なくとも約 5 0 %、或は少なくとも約 1 0 0 % である。物質の特徴部の中での分布はその段差の覆いでも特徴付けられる。此処での記述の目的に於いて、"段差の覆い"は二つの厚さの比、即ち特徴部の内部の物質の厚さを開口部の近くでの物質の厚さで割った比で定義される。或る実施例に於いて、裏地或は他の下地層の段差の覆いは約 5 0 % である。

【 0 0 1 4 】

図 3 に戻り、タングステン核形成層が次いで特徴部の中に堆積され、典型的に順応的に特徴部の側壁と底部とが塗布される (3 0 4)。一般的に、核形成層はその後その上にバルク物質を形成するのを容易にするための薄膜である。下地の特徴部との一致は高質の堆積の為に重要である。核形成層の形成には化学蒸着 (C V D) 工程、原子層堆積 (A L D) 工程、及び脈動核形成層 (P N L) 堆積工法を含みそれに限定されない種々の工法が使用されてよい。

【 0 0 1 5 】

P N L 工法に於いて、反応物質のパルスは典型的に反応物質間の浄化ガスのパルスによって反応室から順々注入され浄化される。第一反応物質は典型的にサブストレイトの上へ

10

20

30

40

50

吸収され、次の反応物質との反応に供される。この工程は所望の厚さが得られるまで周期的に繰り返される。PNLは文献によって報告された原子層堆積技術と同様である。PNLは一般的にALDとはそのより高い工程圧力範囲（1 Torr以上）及びより高い周期毎の成長率（周期毎に1単層フィルム以上の成長）によって相違する。此处での記載のコンテキストに於いて、PNLとは一般的に言って半導体サブストレイトに反応物質を順々に追加する周期的工程を具現するものである。従って、この概念は従来ALDと言及されていた技術を具現する。此处での記載のコンテキストに於いて、CVDは反応物資が蒸気相反応用と一緒に反応器に導入される工程を具現する。PNL及びALD工程はCVDと別個であり、又その逆も真である。

【0016】

10

PNLサイクルを一回以上使用して核形成層を形成する方法は米国特許6844258、7005372、7141494、7262125及び7589017、米国特許公開2008/0254623及び2009/0149022、及び米国特許出願12/407541（すべて全体的に参照して本願に編入されるものとする）に開示されてある。これらPNL核形成層工法に於いては、サブストレイトが種々の順序で還元剤及びタングステン前駆物質に露出され、望まれる厚さの核形成層が成長される。PNL-CVD併合工法での核形成層の堆積は米国特許7655567（これもその全部が編入される）に開示されてある。

【0017】

核形成層は高質の堆積のために十分な厚さとする。或る実施例に於いて、必要とされる厚さは一部核形成層堆積の方法に依存する。以下記載される如く、或る実施例に於いて、厚さ僅かに12（典型的核形成フィルムの厚さ50と比較）で段差の覆いが殆ど100%の核形成フィルムを提供するPNL工法が或る実施例で使用されてもよい。しかし、核形成層堆積に使用される方法に拘らず、特徴部の充填に使用される低温化学蒸着工法が従来の高温化学蒸着に必要な厚さより薄い核形成層に使用可能である。特種の原理に拘束されることなく、これは低温に於ける低速化学が完全に成長されて居ない核形成箇所での成長をも向上させるからであると信じられる。種々の実施例に於いて約30 - 50（3 - 5 nm）の、或る実施例では僅か10 - 15の核形成層が形成できる。

20

【0018】

或る実施例に於いては、核形成層の堆積の後に抵抗の向上の為の堆積後処理工程が実施される。このような処理工程は以下説明され、更なる詳細は米国特許公開2009/0149022及び米国特許出願12/407541（共に全体的に参照して本願に編入されるものとする）に開示されてある。

30

【0019】

一度核形成層が形成されると、特徴部を低温化学蒸着タングステンフィルムで充填して工程は継続する（306）。この工程に於いて、還元剤とタングステン含有前駆物質が堆積室に流入させられ、バルク充填層が特徴部に堆積される。不活性キャリアガスが反応物質の流れの導入に使用されてもよく、これらは事前に混合されて居ても、居なくてもよい。PNL及びALD工程と異なり、この工程は一般的に所望の量が堆積されるまで反応物質を連続的に流入することから成る。或る実施例に於いて、化学蒸着工程は一部の反応物質流が転送される期間を挟んで連続的及び同時に流れる複数の期間を有する複数の段階に分けて実施されてよい。

40

【0020】

タングステン含有前駆物質として使用できるタングステン含有ガスの例にはWF₆、WCl₆及びW(CO)₆があるが、これらに限られるものではない。或る実施例に於いて、タングステン含有前駆物質はWF₆のようなハロゲン含有化合物である。或る実施例に於いて、還元剤は水素ガスであるが、その他、シラン（SiH₄）、ジシラン（Si₂H₆）、ヒドラジン（N₂H₄）、ジボラン（B₂H₆）、ゲルマン（GeH₄）のような還元剤が使用されてもよい。多くの実施例に於いて、水素ガスが化学蒸着工程で還元剤として使用される。

50

【 0 0 2 1 】

特徴部の化学蒸着充填は低温で行われる。種々の実施例に於いて、低温（工程及び／或はサブストレイト温度）とは以下の範囲の中の一つである：約 2 5 0 - 3 5 0 ° C の間、約 2 5 0 - 3 4 0 ° C の間、約 2 5 0 - 3 3 0 ° C の間、約 2 5 0 - 3 2 5 ° C の間、約 2 5 0 - 3 2 0 ° C の間、約 2 5 0 - 3 1 5 ° C の間、約 2 5 0 - 3 1 0 ° C の間、約 2 5 0 - 3 0 5 ° C の間、約 2 5 0 - 3 0 0 ° C の間。また、種々の実施例に於いて、工程及び／或はサブストレイト温度は以下の一つである：約 2 6 0 - 3 1 0 ° C の間、約 2 7 0 - 3 1 0 ° C の間、約 2 8 0 - 3 1 0 ° C の間、約 2 9 0 - 3 1 0 ° C の間。或る実施例に於いて、工程及び／或はサブストレイト温度は約 3 0 0 ° C である。

【 0 0 2 2 】

特徴部が充填された後、高温化学蒸着層の堆積の為に温度が上昇される（3 0 8）。高温とは以下の範囲の中の一つである：約 3 5 0 ° C - 4 5 0 ° C の間；約 3 6 0 ° C - 4 5 0 ° C の間；約 3 7 0 ° C - 4 5 0 ° C の間；約 3 8 0 ° C - 4 5 0 ° C の間；約 3 9 0 ° C - 4 5 0 ° C の間；約 4 0 0 ° C - 4 5 0 ° C の間。或る実施例に於いて、高温化学蒸着は約 3 9 5 ° C で行われる。温度の上昇はサブストレイト温度の上昇によるものでもよい。種々の実施例に於いて、温度は少なくとも約 5 0 ° C、少なくとも約 6 0 ° C、少なくとも約 7 0 ° C、少なくとも約 8 0 ° C、少なくとも約 9 0 ° C、少なくとも約 1 0 0 ° C、或は少なくとも約 1 1 0 ° C 上昇される。高温化学蒸着層はその後堆積される（3 1 0）。或る実施例に於いて、工程 3 0 8 及び 3 1 0 は実施されない。即ち、低温化学蒸着工程の完了し特徴部が充填された後、サブストレイトは平滑化のような工程を更に実施されるべく運搬される。

【 0 0 2 3 】

或る実施例に於いて、工程 3 0 6 から工程 3 0 8 に移るとはサブストレイトを或る堆積部署から複数部署のチェンバ内の別の部署へ移動することに関する。更に工程 3 0 4、堆積後抵抗処理（もし実施されるならば）工程 3 0 6 及び工程 3 0 8 が同じ複数部署チェンバ内の異なる部署で実施される。

【 0 0 2 4 】

代行的実施例に於いて単一部署で工程 3 0 6 と 3 0 8 が実施される場合、工程 3 0 6 から工程 3 0 8 への移行はサブストレイトの温度を上昇させながらタングステン前駆物質の流れの閉鎖（選択的に水素或はその他のガス及び／或はキャリアガスを流す）に関する。一度サブストレイト温度が安定化すると、タングステン前駆物質及びその他のガスが、もし必要ならば、高温堆積用に反応室へと流入される。他の実施例に於いて、工程 3 0 6 からの移行は移行期間に堆積を継続させながらサブストレイト温度を上昇させることに関する。

【 0 0 2 5 】

高温タングステン化学蒸着フィルムが堆積される実施例に於いて、これは充填された特徴部に過重負担層として堆積されてもよい。図 4 は特徴部 4 1 0 が低温化学蒸着で充填された後高温化学蒸着層が堆積される堆積工程の異なる段階に於ける特徴部の断面の一例を示すものである。断面 4 0 1 はタングステン堆積が起こる前の特徴部 4 1 0 の例を現す。この例に於いて、特徴部 4 1 0 は誘電体層 4 1 3 の中に形成されて居り、サブストレイトの上面 4 0 5 に開口 4 2 5 を有し、TiN 層のような裏地層 4 1 3 がある。或る実施例に於いて、開口 4 2 5 近くの空洞の大きさは例えば図 4 に示されるように下地の層 4 1 3 の張り出し 4 1 5 に起因して特徴部内部より狭い。

【 0 0 2 6 】

断面 4 1 1 は低温化学蒸着が実施されて特徴部が低温化学蒸着バルク層 4 5 3 で充填された後の特徴部を現す。（タングステン核形成層は図 4 に示されて居ない。）或る実施例に於いて、低温化学蒸着は少なくとも特徴部隅部 4 1 7（サブストレイトが平面部から陥凹特徴部へ遷移する点）が低温化学蒸着タングステンで覆われるまで実施される。これは或る実施例に於いて裏地、誘電体或は他の下地層が特に特徴部隅部での F₂ による攻撃に弱いからである。下記の如く、低温化学蒸着タングステンが予期された以上に良好なバリ

ヤ性を有して居り、その後の高温化学蒸着堆積の間での F_2 への露出から下地層を保護するのである。

【0027】

断面421は高温化学蒸着が実施されて過重負担層455が堆積された後の特徴部を現す。特徴部側壁及び隅部は F_2 による攻撃から低温化学蒸着フィルム453によって保護されて居る。断面431は従来例の(高温)工程で充填された断面401に示されたような狭い特徴部の比較例を供する。高温工程では、張り出し415及び高温層455の比較的拙劣な段差の覆いにより、閉鎖された特徴部は充填されないポイド429(即ちシーム)を有する。種々の理由、例えば特徴部の抵抗増加及び化学的-機械的平滑化(CMP)工程に於ける問題などによりシームは問題である。略図に於いては見られないが、隅部及び特徴部のその他の部分は F_2 の攻撃に起因する粘着の問題があり、剥離及び/或は欠陥を呈する。このような欠陥については図6を参照して後述する。

10

【0028】

或る実施例に於いて、タングステンによって充填されるべき高縦横比特徴部と低縦横比特徴部と両方有するサブストレイトが提供される。例えば、サブストレイトは少なくとも約10:1の縦横比を有する一個以上の特徴部と、約5:1、或は1:1、或は1:2以下の縦横比を有する一個以上の特徴部を有するかも知れない。此の場合、低温化学蒸着工程が行われて一個以上の高縦横比特徴部が充填され、その後高温化学蒸着工程が実施されて低縦横比特徴部が充填されてもよい。図5はこのようにして充填された高縦横比特徴部510と低縦横比特徴部520の例を示す。特徴部510は低温化学蒸着フィルム553で充填され、これは開口が狭い高縦横比特徴部に良好なポイドのない充填を施行するのに重要である。その広い開口のため(例えば数百ナノメートルから数ミクロンの程度)、特徴部520の中へは些細の量の低温化学蒸着フィルムしか堆積されない。高温化学蒸着工程はその後実施されて高温化学蒸着フィルム555、此の場合堆積過重負担で特徴部520が充填される。

20

【0029】

低温化学蒸着は高質のタングステン充填を狭くて高縦横比の特徴部に実施するのに重要である。現行のタングステン化学蒸着は400°C前後で実施されて居る。良好な栓充填を得ることは課題であり、特徴部が(図4の断面401で例示するような)縮みこんだ開口を有する場合は尚更である。TiNバリアを薄くしてタングステン充填用によけいの空間を特徴部の中に許容することは更に別の課題である。或る実施例に於いて、特徴部は厚さ5nm以下、更には1nm以下のバリア層を有するものである。従来例の化学蒸着工程での WF_6 からTi裏地領域へのフッ素の移動は結果としてフッ素の裏地への攻撃及び生産高のロスを含む集積の問題となる。

30

【0030】

上記による低温化学蒸着は高質の栓充填を得るために重要である。特別な理論に拘束されることなく、低温化学蒸着で提供される高質栓充填は多くの要因によるものと信じられて居る。第一に、より低い化学蒸着温度はタングステン含有前駆物質の熱分解を減少することによりタングステンの分解を軽減する。これは特徴部開口でのタングステンの分解を減少し、従ってよけいの WF_6 (或はその他のタングステン含有前駆物質)分子が特徴部の下部に到着させられ、それによって高縦横比の狭い特徴部の栓充填に役立つものと信じられる。従来例の化学蒸着工程に於いて、特徴部の頂点部への堆積は前駆物質の特徴部の下部への分散を妨害するものである。その結果は図4の断面431に示されるような特徴部の内部領域でのポイドまたはシームである。より良好な栓充填には多くの利点があり、結果として特徴部の中によけいのタングステンが残り、電子運動が向上され、接触及び線抵抗が減少し、CMP後の諸問題を予防する。例えば、CMPスラリがシームやポイドに引き止められる可能性が減少する。

40

【0031】

上記の機構に加え、優秀な栓充填であることは、仮令フッ素原子或は六フッ化タングステン分子が移動するにせよ、タングステン核形成及びフッ素のTiN層を通じての移動を

50

促進する低温に於ける不十分なエネルギー及び / 或は Ti と F の間或は Ti と WF_6 の間の反応から TiF_x を形成するに不十分なエネルギーによるものと信じられる。低温化学蒸着反応はフッ素の Ti 攻撃を最小化する。

【0032】

上記に加えて、低温化学蒸着タングステンフィルムは他の工程で堆積されたタングステンフィルムに比して予期されない良好なフッ素バリア特性を供するものであることが見出された。図6は従来例のPNLTungsten及びPNLTungsten+低温化学蒸着で行った欠陥の試験の結果を示す。PNLTungstenのみ或はPNLTungsten+低温タングステンフィルムは厚さを以下のようにして Ti/TiN サブストレイトに堆積された：

PNLTungstenのみ：34, 54 及び76

PNLTungsten+低温化学蒸着タングステン：22 PNL+8 化学蒸着 (計30), 22 PNL+10 化学蒸着 (計32), 22 PNL+15 化学蒸着 (計37)

【0033】

PNLTungstenも低温化学蒸着も300°Cで起こった。次に、このタングステンフィルムは395°Cで WF_6 に露出される耐久試験に供された。フッ素がタングステンフィルム及び TiN を通じて拡散すると、これは下地の Ti と反応して揮発性の TiF_x 化合物を形成し、結果として局地的剥離、割れ、及びバブリングのみならず典型的な"火山的"欠陥を生じる。このような欠陥は光学的顕微鏡で見ることが出来る。図6に示されるように、PNLTungsten薄膜と共に低温化学蒸着タングstenはPNLTungstenのみの場合より優れたタングsten拡散層として機能した。このことは全体のタングstenフィルムの厚さを同じとして低温化学蒸着フィルムがフッ素バリアとして向上された特性を有するという意味に於いて予期されて居なかった結果である。薄手のPNL+低温化学蒸着層が同じ温度で堆積された薄手のPNL層と同様な欠陥の数を持つであろうとは予期されることであつたろう。

【0034】

フッ素攻撃試験は100nmの開口/PVDの Ti を含む縦横比10:1の特徴部/MOCVDの TiN バリア層でパタニングされたウエファを使用して行った。タングsten核形成層が誇張信号を生成するように使用される薄(12)膜と共に特徴部の中に堆積された。これらの特徴部は395°Cのタングsten或いは350°Cの化学蒸着タングstenで充填された。特徴部充填の試験と比較が実施された。低温化学蒸着充填の方が栓充填は良好であり、フッ素攻撃は減少して居た。減少したフッ素攻撃に加えて結果の示すことは低温に於いて薄手の核形成層に向上された段差の覆いが供されるということである。いずれの特別な理論にも拘束されず、低温工程の低速化学によると完全に成長されて居ない核形成領域でも成長が可能であると信じられる。

【0035】

32nmリエントリ性特徴部の充填が300°Cと395°Cとで実施された。充填された特徴部は比較され、フィルムは火山的欠陥について試験された。低温化学蒸着の方がシームやボイドが少なく、或いは無く、良好な充填を供した。高温化学蒸着充填の特徴部にボイドは観察された。図7は395°Cフィルム(701)と300°Cフィルム(702)の顕微鏡画像を示す。395°Cフィルムには多くの火山的欠陥が見られるが、300°Cフィルムには無い。向上された栓充填及びフッ素攻撃の減少を提供するのみならず、低温フィルムは高温フィルムと同程度の抵抗を有する。このことは図8に示されている。

【0036】

さらに提供されるものは、超低抵抗のタングstenフィルムの向上された堆積方法である。種々の実施例に於いて、これらの方法は薄手のPNL核形成層を堆積し、核形成層に低抵抗処理を実施し、高温化学蒸着層を堆積して特徴部を充填することに関する。或る実施例に於いて、低抵抗処理には低温化学蒸着工程が含まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

厚さ 2 0 n m 以上に低抵抗タングステンを成長させる低抵抗工程では 2 0 n m 以下の厚さの低抵抗タングステンが成長出来ないかも知れないことが見出されている。装置の臨界的大きさが 4 0 n m 以下であると、構成の中でのタングステンの厚さは 2 0 n m 以下である。図 9 は、第一低抵抗工程 (9 0 5) を使用した工程のフィルム及び或る実施例に従い薄膜低抵抗工程を使用した工程のフィルム (9 0 1) について、フィルム抵抗を厚さの関数として示したものである。比較のため、低抵抗処理なしで堆積されたフィルム (9 0 7) の場合も示されている。

【 0 0 3 8 】

9 0 5 で示されるフィルムの堆積に使用される工法は低温の水素なしの雰囲気において P N L 核形成層を堆積し、その後高温低抵抗処理を実施することに関する。処理されないフィルム (データ 9 0 7) は低抵抗処理なしの P N L 核形成層により堆積された。約 2 0 - 2 5 の核形成層が堆積され、残りの厚さは低温化学蒸着で堆積された。1 2 0 (1 2 n m) を超える厚さの場合高温処理の結果は低抵抗のフィルムとなるが、厚さが 1 2 0 の場合にはその逆となる。フィルム堆積の工法パラメタは以下のように示される：

【表 1】

データシリーズ	核形成層	核形成層	低抵抗処理	低抵抗処理	CVD	CVD
	パルス順序	温度	パルス順序	温度	化学的特性	温度
907 (処理なし)	B/W/S/W + 3 x (S/W) (H ₂ 雰囲気)	300°C	n/a	n/a	WF ₆ 及び H ₂	300°C
905 (高温処理)	5 x (B/W) (H ₂ -なしの雰 囲気)	300°C	6 x (B)	395°C	WF ₆ 及び H ₂	300°C
901 (薄膜抵抗処 理)	5 x (B/W) (H ₂ -なしの雰 囲気)	300°C	6 x (B)	300°C	WF ₆ 及び H ₂	300°C (部 分的厚さ) 395°C (残 りの厚さ)

B= B₂H₆ / W = WF₆ / S = SiH₄

【 0 0 3 9 】

高温工法で処理された薄いフィルムの抵抗増加は予期されて居なかったものである。図に見られる如く、本発明の一実施例による低抵抗処理によっては 1 2 0 以下のフィルムにさえ低抵抗が供される。種々の実施例に於いて、薄膜抵抗処理は堆積された核形成層を低温に於いて還元剤の複数のパルスに露出する低温抵抗処理に関するものである。還元剤のこの複数のパルスにはタングステン含有前駆物質の介在的パルスが含まれて居ても居なくてもよい。又、種々の実施例に於いて、この薄膜抵抗処理とは高温化学蒸着による充填の完了前の低温化学蒸着による部分的充填を含むものである。或る量のバルク化学蒸着物質を堆積する一方、この低温化学蒸着工程は低抵抗処理とみなされてもよい。或る実施例に於いては、これらの工程に図 9 のデータシリーズ 9 0 1 で示される如く、還元剤の複数のパルスへの低温露出と低温化学蒸着による部分的充填の両方が含まれる。

【 0 0 4 0 】

此処に記載されるこれらの工程は 4 0 n m 以下の臨界次元を有する特徴部、また特に 3 2 n m 以下の臨界次元を有するフィルムに好適であるが、これらはより厚いフィルムにも使用可能である。下記の如く、より厚いフィルムに於いても向上された抵抗が観察される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

図 1 0 - 1 2 は特徴部を低抵抗タングステンで充填する種々の実施例による方法での工程フロー図である。第一に、図 1 0 に於いて、高縦横比の陥凹特徴部を有するサブストレイトが堆積チェンバに準備される (1 0 0 2)。上記の如く、この特徴部は例えば幅 4 0 n m 以下の狭い開口を有するものであってもよい。また或る実施例に於いて、この方法はより低い縦横比及び / 或はより広い開口を有する特徴部の充填にも使用可能である。タングステンの核形成層はその後特徴部に堆積される (1 0 0 4)。

【 0 0 4 2 】

核形成層は如何なる既知の方法で堆積されてもよいが、或る実施例に於いて、核形成層を低温で堆積した後、次いで複数パルスの低抵抗処理を実施することにより、向上された抵抗が得られる。かような核形成層を堆積する方法は米国特許 7 5 8 9 0 1 7 及び米国特許公開 2 0 0 8 / 0 2 5 4 6 2 3 (共に全体的に参照して本願に編入されるものとする) に記載されてある。

【 0 0 4 3 】

或る例に於いて、核形成層は図 1 3 に示されるように堆積される。核形成層のないサブストレイト (例えば図 4 に於ける 4 0 1) が準備された後、この準備されたようなサブストレイトはホウ素含有の還元剤に露出されてサブストレイト表面にホウ素含有層を形成する (1 3 0 2)。このホウ素含有層は往々ホウ素原子の層であるが、その他化学的種とかホウ素含有種自身或いは反応室の残余ガスの不純物などが或る実施例では含まれていてもよい。ボラン (BH_3)、ジボラン (B_2H_6)、トリボランなど、如何なるホウ素含有種が使用されてもよい。ホウ素含有種のその他の例として、ハロゲンとのハロゲン化ホウ素 (例えば BF_3 , BCl_3) がある。

【 0 0 4 4 】

サブストレイトの温度は低く、約 3 5 0 ° C 以下、例えば約 2 5 0 ° C と 3 5 0 ° C の間、或いは 2 5 0 ° C と 3 2 5 ° C の間である。或る実施例に於いて、この温度は 3 0 0 ° C 前後である。或る実施例に於いて、ジボランは希釈された原料 (例えば 5 % ジボラン + 9 5 % 窒素) から供給される。ジボランは窒素及び / 或はアルゴンのようなその他或いは追加的キャリアガスと使用して反応室に導入されてよい。重要なことは、水素を使用しないということである。

【 0 0 4 5 】

一度十分な厚さまでにホウ素含有層が堆積されると、ホウ素含有種の反応室への流入が停止され、反応室はアルゴン、水素、窒素、或いはヘリウムのようなキャリアガスで浄化される。或る実施例に於いてはアルゴンのみがキャリアガスとして使用される。このガス浄化により、次の反応工程での新鮮なガス状反応物質と反応する可能性のある残留反応性ガスをサブストレイトの表面近くの領域から除去する。

【 0 0 4 6 】

図 1 3 に於ける次の工程に進み、サブストレイトはタングステン含有前駆物質と接触されタングステン核形成層の一部を形成する (1 3 0 4)。如何なる適当なタングステン含有前駆物質が使用されてもよい。或る実施例に於いて、タングステン含有前駆物質として WF_6 , WCl_6 , $W(CO)_6$ の中の一つが使用される。タングステン含有前駆物質は典型的にアルゴン、窒素、或いはこれらの混合の希釈ガスの中に供される。ホウ素含有前駆物質パルスの場合のように、タングステン含有前駆物質も水素のない雰囲気で配達される。サブストレイトの温度は低く、約 3 5 0 ° C 以下、例えば約 2 5 0 ° C と 3 5 0 ° C の間、或いは 2 5 0 ° C と 3 2 5 ° C の間である。或る実施例に於いて、この温度は 3 0 0 ° C 前後である。多くの場合に於いて、サブストレイトの温度はホウ素含有種への露出の期間と同じとする。タングステン含有前駆物質の用量及びサブストレイト露出時間は多くの要因に依存して変化する。一般的に、サブストレイトは吸収されたホウ素種がタングステン含有前駆物質との反応により十分消費されてタングステン核形成層の一部を生成するまで露出される。その後、タングステン含有前駆物質の反応室への流入が停止され、反応室が浄化される。ホウ素含有還元剤 / タングステン含有前駆物質の P N L サイクルに

よる結果のタングステン核形成層の部分は約 5 である。

【 0 0 4 7 】

低温ホウ素含有還元剤パルス及びタングステン前駆物質パルス工程は繰り返されて核形成層が所望の厚さとされる (1 3 0 6)。約 2 - 7 P N L サイクルが或る実施例に於いては非常に薄い核形成層の堆積に必要であるが、或る実施例に於いては 1 サイクルで十分である。サブストレイトによることながら、最初の 1 サイクルまたは 2 サイクルの間、核形成の遅延により、厚さが増加しないこともある。上記の如く、タングステン核形成層は十分薄手であり、タングステンフィルムを不当に増加させることなく、しかも高質のバルクタングステン堆積を支持するのに十分な厚さであるべきものである。上記の工程により、高縦横比及び / 或は幅の狭い特徴部に 1 0 程の高質バルク堆積を支持することが可能なタングステン核形成層を堆積することが出来る。堆積された核形成層の厚さは典型的に約 1 0 と 5 0 の間、或いは例えば 1 0 と 3 0 の間である。

10

【 0 0 4 8 】

温度は堆積されるタングステンの量に影響する工程条件の一つである。その他の条件としては圧力、流量、及び露出時間がある。温度を約 3 5 0 ° C 或はそれ以下に保つと、1 サイクルに堆積される量が少なくなる結果となる。これは更に低い抵抗の結果となる。或る実施例に於いて、温度は約 3 0 0 ° C 或は 2 0 0 ° C である。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 に戻り、タングステン核形成層が堆積された後、堆積された核形成層は低温複数パルス処理によって抵抗を低下される (1 0 0 6)。図 1 4 A 及び 1 4 B は種々の実施例の低抵抗処理に使用可能なパルス順序の例を示す。図 1 4 A は米国特許公開 2 0 0 9 / 0 1 4 9 0 2 2 (全体的に参照して本願に編入されるものとする) に記載されるようなパルス順序の例を示す。此处に記載の処理工程は堆積された核形成層を還元剤の複数のパルスに露出する (その他の反応性化合物のパルスを挟まず) ことを意味する。図 1 4 A に於いてジボランが還元剤とされて居るが、その他の還元剤が使用されてもよい。この処理により良好な粘着性と抵抗の不均一性が供されると共に抵抗が低下される。特に、複数の還元剤パルスを使用すると、全体的露出時間が同じでも、単一パルスを使用する場合より著しく向上した抵抗が供されることが示される。しかし、パルス数が多過ぎると、最終的タングステンフィルムの下地層への粘着が悪化する。最適のパルス数、例えば 2 - 8 のパルス数により、低抵抗、低不均一性、及び容認可能な粘着性が得られる。図 1 3 に示される核形成層堆積と異なり、この処理工程は背景に水素を使用して実施可能である。従って、核形成から処理工程への移行は或る実施例に於ける水素の導入を伴うことにもなる。更に或る実施例に於いて、核形成層は複数部署の堆積チェンバでの第一部署で堆積され、低抵抗処理が第二部署で実施される。核形成層の堆積から低抵抗処理への移行はサブストレイトを第二部署へ移動することを伴う。

20

30

【 0 0 5 0 】

図 1 4 B は核形成層が還元剤とタングステン含有前駆物質との複数の交互パルスに露出されるパルス順序のべつの例を示す。ジボラン B_2H_6 及び六フッ化タングステン WF_6 が夫々還元剤とタングステン含有前駆物質として示されて居るが、或る実施例に於いては他の化合物が使用されてもよい。還元剤とタングステン含有前駆物質の交互パルスはタングステン核形成層の堆積にも使用されるが、処理工程に於いて典型的にタングステンは堆積されない。タングステン含有前駆物質の流量及び / 或はパルス時間は低抵抗処理からの表面上及びチェンバ内の過剰ホウ素を集めてホウ素不純物を減少することのみに限定される。これにより、更に結果として或る実施例に於いては微少剥離及び向上されたフィルム粘着性となる。従って、処理の期間に於けるタングステン含有前駆物質露出時間及び / 或は流量 (還元剤パルスと相対的) は核形成層の堆積の場合より少なくてもよい。

40

【 0 0 5 1 】

図 1 4 A 及び 1 4 B に示されるパルス順序の或るコンビネーションも或る実施例に於いては実施することが出来る。此处に記載される実施例に於いて、複数パルス処理工程は約 3 5 0 ° C 以下、例えば約 2 5 0 ° C と 3 5 0 ° C の間、或いは 2 5 0 ° C と 3 2 5 ° C

50

の間の低温で実施される(1006)。或る実施例に於いて、この温度は300°C前後である。図9で示され、又下記に於いて説明されるように、薄手のフィルムの場合、低温で低抵抗処理を実施すると予期に反して処理を高温で実施する場合より好適な抵抗が得られる。特別な理論に拘束されることなく、これはサブストレイトによって見られるホウ素の量によるものと信じられる。このことは以下に於いて図16Aを参照して説明する。種々の実施例に於いて、ジボラン(或はその他のホウ素含有還元剤)露出の総量は複数パルス処理の期間中約1E-5から1E-2モルの間、特に約1E-4から1E-3モルの間であってよい。次に化学蒸着バルク層が堆積されて特徴部が充填される(1008)。これには低温充填、高温充填、或は或る実施例に於いて両者のコンビネーションが伴ってよい。

10

【0052】

図11は核形成層が堆積された後低温化学蒸着が使用されて部分的に特徴部が充填される或る実施例に従って低抵抗タングステンで特徴部を充填する方法の工程フロー図である。高温化学蒸着がその後実施されて特徴部の充填が完了する。高縦横比及び/或は狭い開口を有するサブストレイトが図10に記載されるように準備される(1102)。次に核形成層が特徴部の中に堆積される(1104)。上記の如く、或る実施例に於いては核形成層が図13に記載のように低温で水素のない環境でジボランとタングステン前駆物質の交互パルスにより堆積される。次いで複数パルス低抵抗処理が任意的に実施される(1106)。この処理には中間のタングステン前駆物質パルスなしで複数の還元剤パルス(図14Aに示される如く)或は複数の還元剤/タングステン前駆物質パルス(図14B

20

【0053】

次に特徴部は低温化学蒸着バルク層で部分的に充填される(1108)。WF₆、WCl₆、W(CO)₆を含みこれらに限られない種々のタングステン含有ガスがタングステン含有前駆物質として使用可能である。或る実施例に於いて、タングステン含有前駆物質はWF₆のようなハロゲン含有化合物である。或る実施例に於いて、還元剤はハロゲン

30

【0054】

種々の実施例に於いて、低温(工程及び/或はサブストレイト温度)とは以下の範囲の中の一つに入るものである: 約250°Cから350°Cの間、約250°Cから340°Cの間、約250°Cから330°Cの間、約250°Cから325°Cの間、約250°Cから320°Cの間、約250°Cから315°Cの間、約250°Cから310°Cの間、約250°Cから305°Cの間、約250°Cから300°Cの間。また、種々の実施例に於いて、工程温度は約260-310°Cの間、約270-310°Cの間、約280-310°Cの間、或は約290-310°Cの間である。或る実施例に於いて、工程及び/或はサブストレイト温度は約300°Cである。

40

【0055】

充填は高温化学充填堆積で完了する(1110)。高温とは以下の範囲の中の一つに入るものである: 約350°Cから450°Cの間、約360°Cから450°Cの間、約370°Cから450°Cの間、約380°Cから450°Cの間、約390°Cから450°Cの間、或いは約400°Cから450°Cの間。或る実施例に於いて、高温化学蒸着は約395°Cで行われる。温度の上昇にはサブストレイトの温度を上昇させてもよい。種々の実施例に於いて、温度は少なくとも約25°C、30°C、50°C、少なくとも約60°C、少なくとも約70°C、少なくとも約80°C、少なくとも約90°C

50

、少なくとも約 100°C 、少なくとも約 110°C 、或いは少なくとも約 125°C 上昇せられる。工程の一例に於いて、低温化学蒸着工程は約 250°C に於いて、高温は 350°C とされる。或る実施例に於いては、熱ショック及びそれによるウエファの破損を防止するために温度は約 150°C 以下とし、或いは 125°C とする。

【0056】

或る実施例に於いて、工程1108から工程1110への移行にはサブストレイトを複数部署チェンバ内での一部署から他の部署へ移動させることが伴う。これらの工程を単一部署で行う代行実施例に於いては、工程1108から工程1110への移行にサブストレイトの温度を上げながらタングステン前駆物質の流れの停止（任意的に水素或いは他の還元ガス及び/或はキャリアガスを流させる）が伴うことがある。一度サブストレイトの温度が安定化すると、必要に応じ、タングステン前駆物質及び他のガスが高温堆積用に反応室に流入される。他の実施例の場合、工程1210からの移行の期間中堆積を継続させながらサブストレイトの温度を上昇させてもよい。

【0057】

種々の実施例に於いては、バルク化学蒸着充填の全体の厚さの約0 - 70%に低温化学蒸着が使用されてもよい。図15は部分的低温化学蒸着充填と高温化学蒸着による完了充填の後の特徴部の断面の一例を模式的に示すものである。断面1501は等角部分充填低温化学蒸着層1553と高温充填1555とを示す。堆積された化学蒸着層の全体的厚さTが示されている（Tは特徴部充填マイナスタングステン核形成層の厚さである）。2Tは低温化学蒸着で堆積された全体の厚さである。或る実施例に於いて、バルク化学蒸着充填の全体の厚さの約30 - 80%或いは30 - 60%を堆積するのに低温化学蒸着が使用されてもよい。低温層はT1を約1 - 10nm或いは約2 - 8nmとして堆積された厚さで特徴付けされてもよい。

【0058】

下記の如く、高温化学蒸着でギャップ充填を完了する前に低温化学蒸着で部分的にギャップ充填を行うことにより抵抗が向上する。一般的に低温化学蒸着工程によって或る量の等角的タングステンが特徴部に堆積されるが、これは低抵抗処理工程とみなされてよい。或る実施例に於いて、低温工程の露出時間及び/或は使用量は短く或いは少ないので実質的にタングstenは堆積されない。

【0059】

図12は高温化学蒸着で充填が完了する前に低温複数パルス処理と低温化学蒸着による部分的充填の両方が実施される工程フロー図を示す。図10及び11を参照した場合と同様に、高縦横比の特徴部を有するサブストレイトが準備され（1202）、特徴部の中に核形成層が堆積される（1204）。或る実施例による核形成層の堆積が図13に示されている。次いで、図10を参照して上記に於いて説明されたように低温複数パルス処理が実施される（1206）。この場合、或る実施例に於いて、核形成層の形成及びその後の複数パルス処理工程にホウ素含有化合物が還元剤としてのみ使用される。即ち、シラン及びその他のホウ素を含有しない還元剤は化学蒸着堆積以前の工程では使用されない。低温化学蒸着による部分的充填が次いで実施される（1208）、その後図11を参照して説明されたような高温化学蒸着を使用した充填を完了する（1210）。

【0060】

或る実施例に於いて、此处に記載される工程では堆積されたタングステン核形成層がジボラン或いは他のホウ素含有還元剤の複数のパルスに順々に露出される。例えば図10に関連した上記の説明を参照されたい。図16A核形成層への低温複数パルス処理工程に於けるブランケットタングステンフィルムの抵抗をジボラン露出総量（モル単位）の関数とした図である。示される如くにジボランが核形成層に添加された後、50nm或いは10nmのブランケットフィルムが化学蒸着で堆積された。50nmのタングステンフィルム抵抗は添加時間の増加と共に低下する。予期に反し、薄手の10nmのフィルムの場合、添加時間の増加と共に抵抗は増加する。約20nm以下の薄手のフィルムの或る実施例に於いて、複数パルス処理は実施されず、ジボラン露出は約 $1\text{E}-5$ から $1\text{E}-3$ モル以下

の露出総量に留められる。

【 0 0 6 1 】

上記の如く、低温化学蒸着による特徴部の部分的充填で抵抗が向上する。図 1 6 B は部分的低温 (3 0 0 ° C) 化学蒸着及び高温 (3 9 5 ° C) 化学蒸着のみで充填された 5 0 n m ブランケットフィルムの抵抗を複数パルス低抵抗タングステン (L R W) ジボランパルスの関数として示す図である。図 1 3 で示された工程で核形成層が堆積された後、図 1 4 A で示されたような複数パルス処理が 3 9 5 ° C で行われた。部分的低温化学蒸着フィルムは 6 n m であり、残りのフィルムの厚さは高温化学蒸着で堆積された。両方のフィルムとも厚さは複数パルス処理に於けるサイクル数の増加と共に減少する。しかし、処理の後に薄手の低温化学蒸着フィルムが堆積されたフィルムは、高温のみの化学蒸着フィルムを有するフィルムより抵抗が低い。示されているように、厚手の (例えば > 4 0 n m) フィルムの場合、低温化学蒸着部分的充填により抵抗は向上する。或る実施例の場合、低温化学蒸着により低抵抗がより少ないジボランパルス数によって達成される。

【 0 0 6 2 】

図 1 7 は図 1 0 - 1 2 を参照して上記に於いて説明された工程によるフィルムの抵抗をフィルムの厚さの関数として示す図である。すべてのフィルムに於いて、厚さ約 2 n m の核形成層が 5 x (B ₂ H ₆ / W F ₆) (H ₂ なしの雰囲気) の順序で 3 0 0 ° C で堆積された。ブランケットフィルムの堆積に使用された工程を以下に示す：

【表 2】

工程	低抵抗処理 パルス順序	低抵抗処理 温度	CVD 化学的特性	CVD 温度
A	6 x (B ₂ H ₆)	395°C	WF ₆ 及び H ₂	395°C (のみ)
B	6 x (B ₂ H ₆)	395°C	WF ₆ 及び H ₂	300°C (のみ)
C (図 12)	6 x (B ₂ H ₆)	300°C	WF ₆ 及び H ₂	300°C (各フィルムの部分的厚さ約 30 Å 或いは 3 nm) 395°C (残りの厚さ)
D	6 x (B ₂ H ₆)	300°C	WF ₆ 及び H ₂	300°C (のみ)
E	6 x (B ₂ H ₆)	300°C	WF ₆ 及び H ₂	395°C (のみ)

【 0 0 6 3 】

8 n m と 1 5 n m の間、工程 C (低温複数パルス処理及び部分的低温化学蒸着) は最低の抵抗であった。予期に反して、部分的低温化学蒸着 (工程 C) の結果は約 7 . 5 n m 以上のフィルムの同一核形成及び処理工程に関し低温のみの化学蒸着 (工程 D) 及び高温のみの化学蒸着 (工程 E) より低い抵抗であった。

【 0 0 6 4 】

工程 A から E を比較するに、低温低抵抗処理の結果は、厚さ約 9 n m 以下のフィルムの場合、より低い抵抗となる。しかし、図 9 を参照して上記に説明したように、低温のみの化学蒸着であると、高温低抵抗処理 (工程 B) は、厚さが約 1 2 0 n m 以下のフィルムの

殆ど全部の場合、低温低抵抗処理（工程D）の場合よりも高い抵抗となる。

【0065】

或る実施例に於いては、低温化学蒸着の前に抵抗軽減の為にタングステン前駆物質の浸潤が行われる。図18はそのような工法の工程を示すフロー図である。第一に高縦横比の特徴部を有するサブストレイトが準備される（1802）。此处に記載されるすべての工程に於けると同様、この工程は他の幾何学的形態の特徴部にも適応される。次いでタングステン核形成層が適当な方法で特徴部の中に堆積され（1804）、その後、図14A及び14Bを参照して上記に於いて説明されたように、複数パルス処理が行われる（1806）。この点に於いて、サブストレイトはタングステン前駆物質浸潤工程に於いて、還元剤の存在なしでタングステン前駆物質に露出される（1808）。浸潤時間は約0.5秒から10秒、例えば約1-5秒でよい。浸潤工程の間の温度はその後の低温化学蒸着、例えば300°Cと同じでよい。タングステン前駆物質の浸潤後、特徴部は低温化学蒸着タングステンフィルムで充填される（1810）。代行的実施例に於いて、タングステン前駆物質浸潤は部分的充填低温化学蒸着の前に実施されてもよい。

10

【0066】

図19はWF。浸潤のある場合とない場合の両方に於ける低温化学蒸着によって堆積されたフィルムに関して薄フィルム抵抗をフィルムの厚さの関数として示す図である。すべてのフィルムについて、図13に示された工程を使用して核形成層が堆積された後、複数パルスジボラン低抵抗処理が行われた。約8-12nmのフィルムにつき、浸潤を行うと浸潤を行わない工程より低い抵抗が達成される。或る実施例に於いては、図3を参照して説明された高質栓充填で低抵抗を達成するのに図18に示された工程が使用される。

20

【0067】

（装置）

本発明の方法は種々の販売業者から購入可能な種々の堆積装置で実行され得る。適当な装置の例にはNovellus Concept-1 AltusTM, Concept 2 AltusTM, Concept-2 ALTUS-STM, Concept 3 Altus 堆積システム、及びAltus MaxTM 或はその他の購入可能な化学蒸着ツールがある。或る場合に於いて、工程は複数の堆積部署で順に行うことが出来る。例えば米国特許6143082（あらゆる目的に参照して本願に編入されるものとする）を参照されたい。或る実施例に於いて、核形成層は単一の堆積チェンバ内に位置する2、5或はそれ以上の数の堆積部署の中の一つである第一部署で例えばパルスによる核形成工程によって堆積される。従って、還元ガス及びタングステン含有ガスは第一部署に於いてサブストレイトの表面に局地的雰囲気を生成する個別のガス供給システムを使用して交互にサブストレイトの表面に導入される。

30

【0068】

第二部署は核形成層堆積の完了或は複数パルス低抵抗処理の実施に使用されてよい。或る実施例に於いて、単一パルス低抵抗処理が行われてもよい。

【0069】

一つ以上の部署が次に使用されて上記のような化学蒸着が実施される。二つ以上の部署が化学蒸着の並列工程に使用されてもよい。代行的に、索引をウエファに付けて化学蒸着工程を二個以上の部署で順番に実施してもよい。例えば低温と高温両方の化学蒸着を要する工程に於いて、ウエファ或はその他のサブストレイトに各工程のために一つの化学蒸着部署から別の部署へと索引を付ける。

40

【0070】

図20は本発明の実施例によるタングステン薄膜堆積工程の実施に好適な工程システムのブロック図である。システム2000は運搬モジュール2003を有する。運搬モジュール2003はサブストレイトが種々の反応器モジュールの間を移動する間に汚染される危険を最小化するため、清潔な加圧された環境を提供する。PNL堆積、所望されるならば複数パルス処理、及び本発明の実施例による化学蒸着の実施が可能である複数部署の反応器2009が運搬モジュール2003の上に設置される。チェンバ2009はこれらの

50

工程を順々に実施する複数の部署 2011、2013、2015 及び 2017 が含まれてもよい。例えばチェンバ 2009 は部署 2011 が PNL 堆積を実施し、部署 2013 が複数パルス処理を実施し、部署 2015 と 2017 とが化学蒸着を実施するように形成されてもよい。各堆積部署は加熱されたウエファ台、及びシャワーヘッド、分散板、或は他のガス流入口を有する。堆積部署 2100 の一例が図 21 に示されて居り、ここにはウエファ支持 2102 とシャワーヘッド 2103 が含まれて居る。台部 2101 の中にはヒータがあってもよい。

【0071】

プラズマ或いは化学（プラズマを除く）予備洗浄を実施可能な単一或いは複数部署の一個以上のモジュール 2007 が更に運搬モジュールの上に設置されていてもよい。モジュールは裏地窒化タングステン後処理のような種々その他の処理のために使用されてもよい。システム 2000 は更に工程の前後にウエファを格納する一個以上（此処の場合には二個）のウエファ源モジュール 2001 を含んでもよい。大気運搬チェンバ 2019 内の大気ロボット（図示せず）が先ずウエファを源モジュール 2001 からロードロック 2021 へと取り出す。運搬モジュール 2003 内のウエファ運搬装置（通常ロボットアームユニット）がロードロック 2021 からウエファを運搬モジュール 2003 に設置されたモジュールへ及びモジュールの間を運搬する。

10

【0072】

或る実施例に於いては、堆積期間の工程条件を制御するシステム制御装置 2029 が使用される。典型的に制御装置は一個以上のメモリ装置と一個以上のプロセッサを有する。プロセッサは CPU 或いはコンピュータ、アナログ及び / 或はデジタル入力 / 出力接続子、ステッパモータ制御盤などから成る。

20

【0073】

制御装置とは堆積装置の行動全体を制御するものでよい。システム制御装置はタイミング、ガスの混合、チェンバの圧力、チェンバの温度、ウエファの温度、RF 電力、ウエファチャック及び台の位置、及び特別な工程の他のパラメタに関する命令などを含むシステム制御ソフトウエアを実施する。或る実施例に於いては、制御装置に関連するメモリ装置に記録されたその他のコンピュータプログラムが実施されてもよい。

【0074】

典型的には制御装置に関連したユーザインタフェースが存在する。このユーザインタフェースには表示スクリーン、装置及び / 或は工程条件図示用ソフトウエア、及び指摘用装置、キーボード、タッチスクリーン、マイクロホンなどのようなユーザ入力装置が含まれてよい。

30

【0075】

堆積及び工程配列内のその他の工程の制御用のコンピュータプログラムコードは C, C++, Pascal, Fortran その他のようなコンピュータが読める如何なる言語で記載されたものであってもよい。コンパイルされたコード或いはスクリプトは、プログラムで特定されたタスクが実行されるようにプロセッサによって実施される。

【0076】

制御装置のパラメタは工程ガス構成及び流量、温度、圧力、RF 電力レベル及び低周波 RF 周波数などのようなプラズマ条件、冷却ガス圧、及びチェンバ壁温度などの工程条件に関する。これらのパラメタはレシピの形態でユーザインタフェースを通じてユーザに供されてよい。

40

【0077】

工程を監視する信号がシステム制御装置のアナログ及び / 或はデジタル入力接続子に与えられてよい。工程制御用のこれらの信号は堆積装置のアナログ及びデジタル出力接続子に出力される。

【0078】

システムソフトウエアは多くの異なる様式に設計或いは形成されたものでよい。例えば、種々のチェンバ部品サブルーテン或いは制御オブジェクトが本発明の堆積工程の実施に

50

必要なチェンバ部品の工程を制御するために書かれてよい。この目的のためのプログラムまたはプログラムの部分にはサブストレイト位置付けコード、工程ガス制御コード、圧力制御コード、ヒータ制御コード、及びプラズマ制御コードが含まれる。

【 0 0 7 9 】

サブストレイト位置付けプログラムはサブストレイトを台或いはチャックに載せたりサブストレイトとガス注入口及び／或は対象物のようなチェンバ内の他の部品との距離を制御したりするのに使用されるチェンバ部品を制御するプログラムコードを含んでよい。工程ガス制御コードはガス構成及び流量の制御の為、及び任意的にチェンバ内の圧力を安定化するように堆積前にガスをチェンバに流入させる為のコードを含んでよい。圧力制御コードは例えばチェンバの排出システムの絞り弁を調整してチェンバ内の圧力を制御するコードを含んでよい。ヒータ制御コードはサブストレイトの加熱用に使用される加熱ユニットへの電流を制御するコードを含んでよい。代行的に、ヒータ制御プログラムがヘリウムのような熱輸送ガスのウエファチャックへの配達を制御してもよい。

10

【 0 0 8 0 】

堆積期間に監視されてよいチェンバセンサの例には質量流制御装置、マノメタのような圧力センサ及び台或いはチャックに位置される熱電対がある。適宜にプログラムされたフィードバック及び制御アルゴリズムがこれらのセンサからのデータと共に所望の工程条件の維持に使用されてよい。本発明の実施例の実行には単一或いは複数チェンバの半導体工程ツールが使用される。

20

【 0 0 8 1 】

(応用)

本発明は多くの応用のための薄手低抵抗タングステン層の堆積に使用可能である。一応用例は電子装置に一般的に見られるピアホール、接点装置及びその他のタングステン構成物である。他の応用例としてメモリチップやマイクロプロセッサのような集積回路での相互接続子がある。相互接続子は単一金属化層の上の電流線であり、一般的に長く薄く平坦な構成である。相互接続子の基本的応用はメモリチップのビット線である。一般的に、本発明は薄くて低抵抗のタングステン層が必要とされる環境に応用面を見出すものである。

【 0 0 8 2 】

(その他の実施例)

本発明は若干の実施例に関して記述されたものであるが、本発明の範囲内には多くの変更、置換、代行、均等のものが入る。例えば、上記の記述は主として特徴部の充填に関するものであったが、上記の方法は低抵抗タングステンフィルムのブランケット面への堆積にも使用できるものである。これらはタングステン層のブランケット堆積(上記の工法による)の後、電流を通すタングステン線の位置を定義するパタニング工程とタングステン線の外側の領域からタングステンを除去する工程を行って形成することが出来る。

30

【 0 0 8 3 】

本発明の方法及び装置を実施する多くの代行的様相の存在することは銘記されるべきことである。従って、此处に添付される請求項は本発明の真の意図と範囲にあるかような変更、置換、代行、均等によるものを含むものとする。

[項目 1]

タングステンフィルムを反応室内でサブストレイトの上に堆積する方法であって、
タングステン核形成層を前記サブストレイトの上に堆積する工程と、
核形成層を複数の還元剤パルスに当てることから成る低抵抗処理工程を実施する工程と

40

、
前記タングステン核形成層の上にバルクタングステン材料を化学蒸着で堆積する工程と
から成り、

低抵抗処理中に実質上タングステンが堆積されず、低抵抗処理中に前記サブストレイトの温度が 2 5 0 ° C - 3 5 0 ° C の間に維持されるものである、方法。

[項目 2]

バルクタングステン材料を堆積する工程が前記タングステン核形成層の上に低温バルク

50

タングステン化学蒸着層を低温化学蒸着工程で堆積する工程から成り、前記低温化学蒸着工程の間前記サブストレイトの温度が250℃-350℃の間に維持されるものである、項目1に記載の方法。

[項目3]

低温化学蒸着バルクタングステン化学蒸着堆積の後に前記サブストレイトの温度を少なくとも50℃上昇させ、前記サブストレイトの温度を上昇させた後に高温バルクタングステン化学蒸着層を低温バルクタングステン化学蒸着層の上に堆積する工程から更に成るものである、項目2に記載の方法。

[項目4]

前記サブストレイトが陥凹特徴部から成り、タングステン核形成層を堆積する工程が等角核形成層を陥凹特徴部に堆積する工程から成り、タングステンバルク材料を堆積する工程が特徴部をタングステンで充填する工程から成る、項目1に記載の方法。

10

[項目5]

等角タングステン核形成層を陥凹特徴部に堆積する工程がサブストレイトの温度250℃-350℃の間に於いて前記サブストレイトをホウ素含有還元剤とタングステン含有前駆物質の交互パルスに当てる工程から成り、水素がパルスの間に流されないものである、項目4に記載の方法。

[項目6]

前記低抵抗処理工程の間前記サブストレイトの温度が250℃-350℃の間に維持されるものである、項目1に記載の方法。

20

[項目7]

低抵抗処理工程の実施が核形成層をタングステン含有前駆物質の介在的パルスに当てることなく複数の還元剤パルスに当てる工程から成るものである、項目1に記載の方法。

[項目8]

還元剤がホウ素含有物質である、項目1に記載の方法。

[項目9]

前記サブストレイトが低抵抗処理の間約1E-5と1E-2モルの間のホウ素含有物質に当てられるものである、項目8に記載の方法。

[項目10]

前記サブストレイトが低抵抗処理の間約1E-4と1E-3モルの間のホウ素含有物質に当てられるものである、項目8に記載の方法。

30

[項目11]

サブストレイトの上の陥凹特徴部を充填する方法であって、

前記陥凹特徴部は側壁、底面、及び開口を有し、場の領域と、この場の領域より陥凹する第一特徴部を有する前記サブストレイトを準備する工程と、

陥凹特徴部の側壁と底面の上に等角タングステン核形成層を堆積する工程と、

前記サブストレイトの温度を250℃-350℃の間に維持する低温化学蒸着工程によって特徴部を低温化学蒸着タングステンバルク層で部分的に充填する工程と、

前記サブストレイトの温度を低温化学蒸着工程に於けるより少なくとも25℃高く、350℃-450℃の間に維持する高温化学蒸着工程によって特徴部を高温化学蒸着タングステンバルク層で完全に充填する工程とから成る、方法。

40

[項目12]

前記特徴部を部分的に充填した後、前記特徴部を完全に充填する前に、前記サブストレイトの温度を少なくとも30℃上昇させる工程から更に成るものである、項目11に記載の方法。

[項目13]

前記陥凹特徴部の縦横比が少なくとも10:1である、項目11に記載の方法。

[項目14]

前記第一特徴部の縦横比が少なくとも20:1である、項目11に記載の方法。

[項目15]

50

前記第一特徴部の開口の幅が 100 nm 未満である、項目 11 に記載の方法。

[項目 16]

前記第一特徴部の開口の幅が 50 nm 未満である、項目 11 に記載の方法。

[項目 17]

前記第一特徴部の開口の幅が 40 nm 未満である、項目 11 に記載の方法。

[項目 18]

サブストレイトの上の陥凹特徴部を充填する方法であって、

前記陥凹特徴部は側壁、底面、及び開口を有し、場の領域と、この場の領域より陥凹する第一特徴部を有する前記サブストレイトを準備する工程と、

核形成層を複数の還元剤パルスに当てる工程を含み、その間サブストレイトの温度が 250 °C - 350 °C の間に維持される低抵抗処理を実施する工程と、

低抵抗処理を実施した後に、複数段階化学蒸着工程を実施して特徴部を充填する工程とから成り、

前記複数段階化学蒸着工程は堆積期間中前記サブストレイトの温度が 250 °C - 350 °C の間に維持される第一段階と堆積期間中前記サブストレイトの温度が 375 °C - 450 °C の間に維持される第二段階とから成るものであり、特徴部は第一段階の後部分的にのみ充填され、第二段階の後完全に充填されるものである、方法。

[項目 19]

前記低抵抗処理の間、タングステンが実質上堆積されないものである、項目 18 に記載の方法。

[項目 20]

タングステンフィルムをサブストレイトの上に堆積する器具であって、

(イ) 多部署サブストレイト堆積チェンバであって、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスのパルスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有するタングステン核形成層堆積部署、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスのパルスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有する低抵抗処理部署、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有する第一タングステンバルク層堆積部署、

サブストレイト支持材及び前記サブストレイトをガスに当てるように形成された一個以上のガス注入口を有する第二タングステンバルク層堆積部署、

から成る前記多部署サブストレイト堆積チェンバ、及び(ロ)多部署堆積チェンバ内の操作を制御する制御部であって、

(i) 前記タングステン核形成層堆積部署内で複数の還元剤パルス / パージガスパルス / タングステン含有前駆物質パルスサイクルを脈動させ、サブストレイト表面の上のタングステン核形成層の上に堆積させ、

(ii) 還元剤露出部署内で複数の還元剤パルスを脈動させ、

(iii) 同時に、前記サブストレイトの温度を 250 °C - 350 °C の間に維持させながら、還元剤とタングステン含有前駆物質を第一タングステンバルク堆積部署へと流入させ、

(iv) 同時に、前記サブストレイトの温度を 375 °C - 450 °C の間に維持させながら、還元剤とタングステン含有前駆物質を第二タングステンバルク堆積部署へと流入させる操作を制御する制御部とから成る器具。

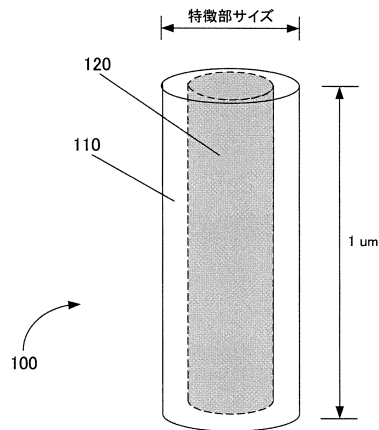
10

20

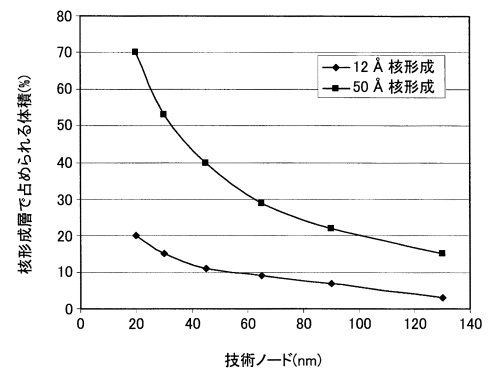
30

40

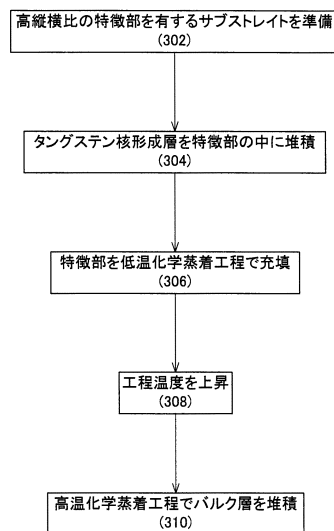
【図 1】



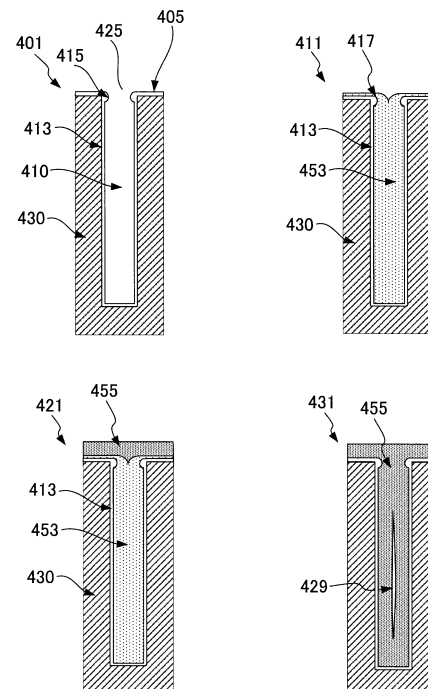
【図 2】



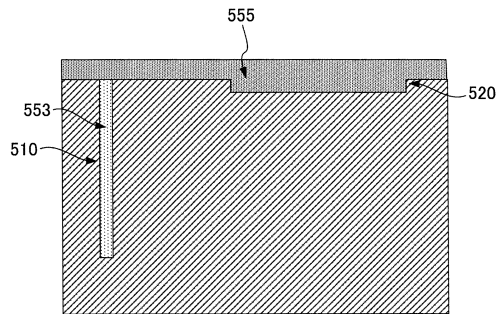
【図 3】



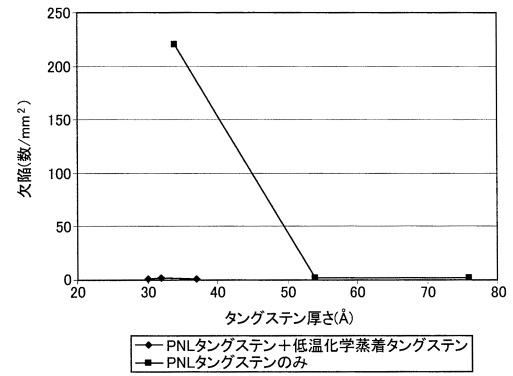
【図 4】



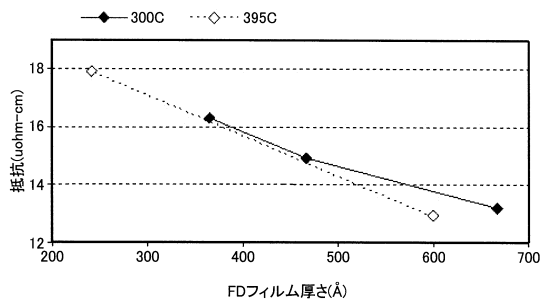
【図 5】



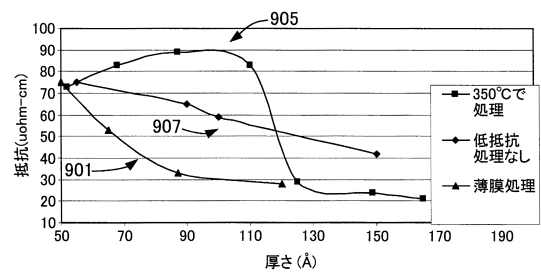
【図 6】



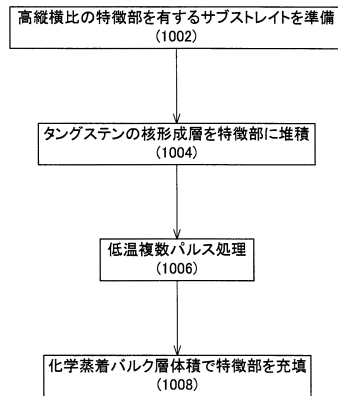
【図 8】



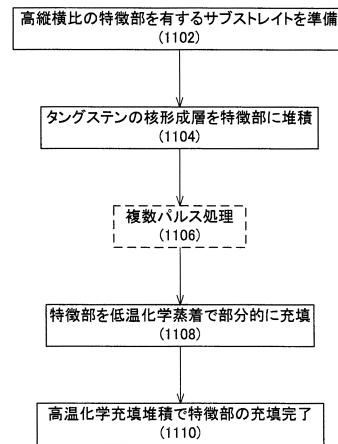
【図 9】



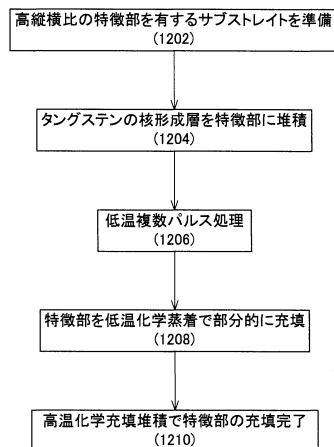
【図 10】



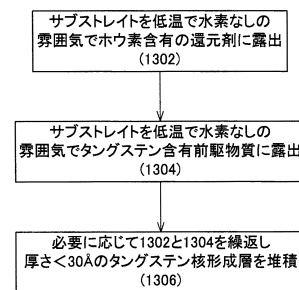
【図 11】



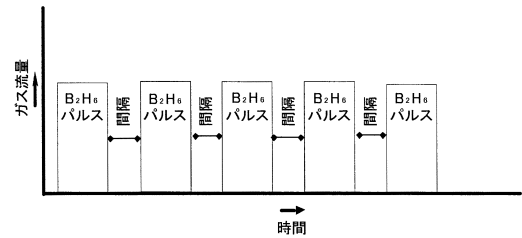
【図 12】



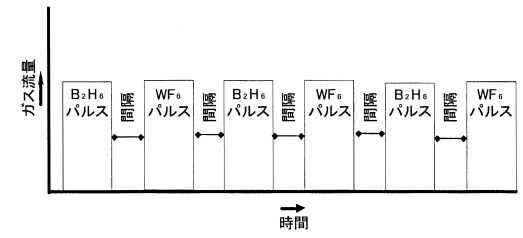
【図 13】



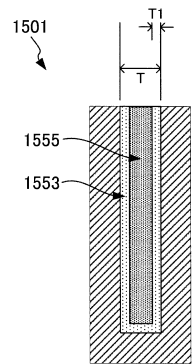
【図 1 4 A】



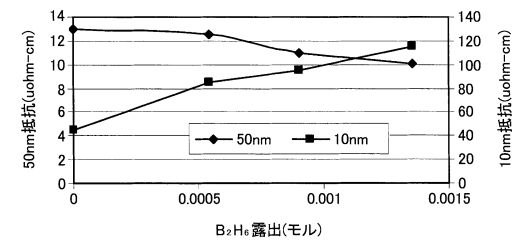
【図 1 4 B】



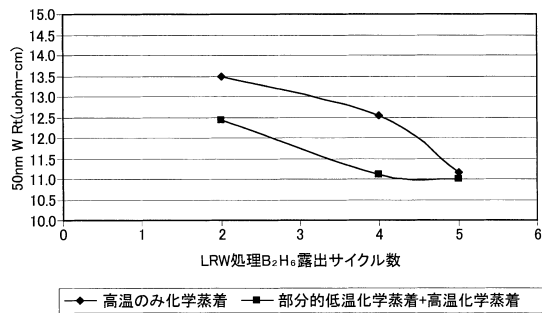
【図 1 5】



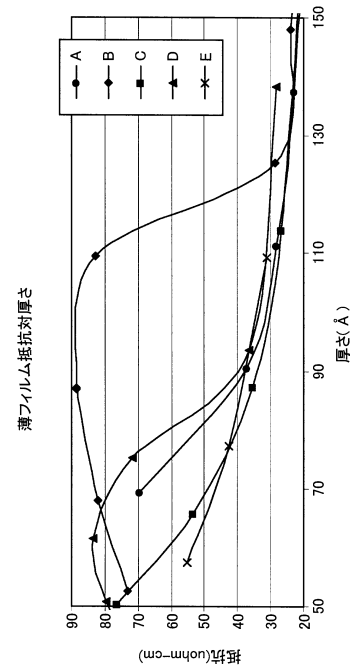
【図 1 6 A】



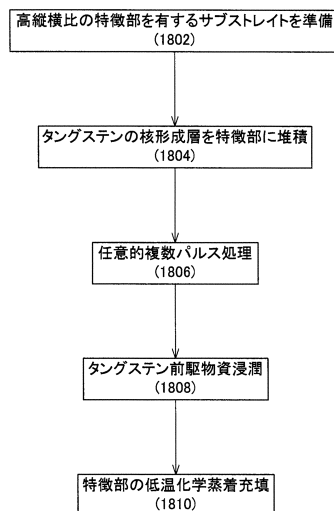
【図 16 B】



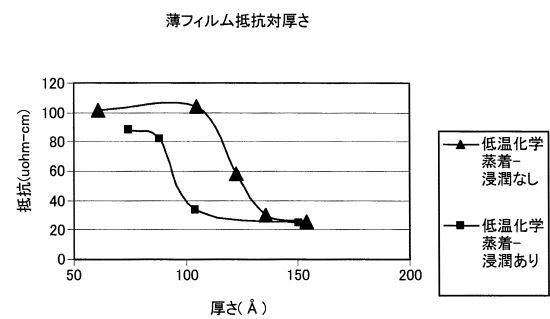
【図 17】



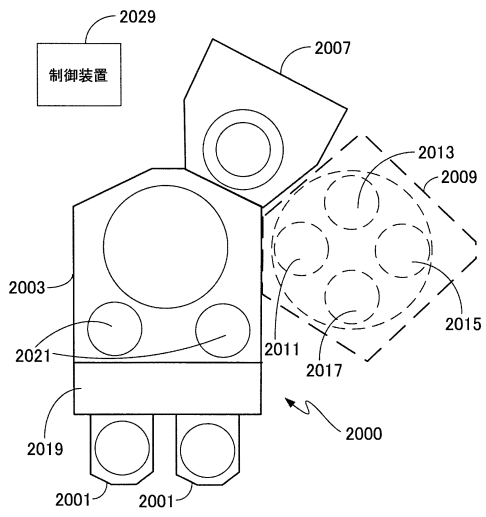
【図 18】



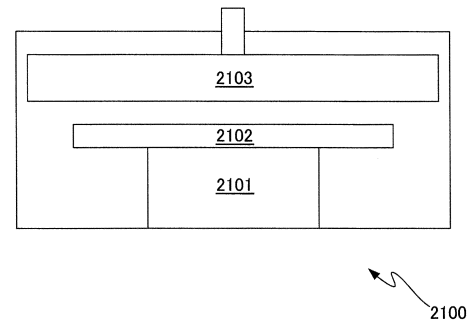
【図 19】



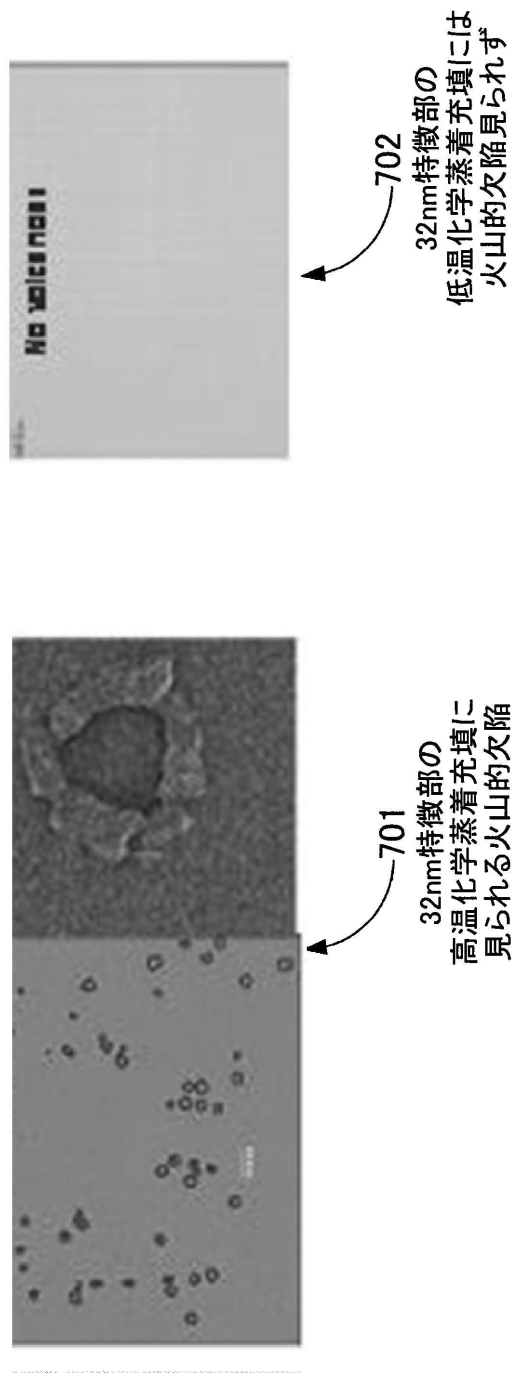
【図 20】



【図 21】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 23/532 (2006.01)

(72)発明者 フマーユーン、ラッシナ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 4 サン・ホセ, ノース・ファースト・ストリート,
3 9 7 0 ノベルス・システムズ・インコーポレーテッド内

(72)発明者 ダネク、マイケル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 4 サン・ホセ, ノース・ファースト・ストリート,
3 9 7 0 ノベルス・システムズ・インコーポレーテッド内

(72)発明者 チャンドラセカール、アナンド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 4 サン・ホセ, ノース・ファースト・ストリート,
3 9 7 0 ノベルス・システムズ・インコーポレーテッド内

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特表 2 0 0 5 - 5 1 8 0 8 8 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 7 3 7 6 4 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 1 9 3 2 3 3 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 0 0 9 2 9 8 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 0 2 4 2 5 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 1 / 2 8 5

C 2 3 C 1 6 / 0 8

H 0 1 L 2 1 / 2 8

H 0 1 L 2 1 / 3 2 0 5

H 0 1 L 2 1 / 7 6 8

H 0 1 L 2 3 / 5 3 2