(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7647185号
(P7647185)

(45)発行日　令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日　令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類		FI		
C23C 16/14 (2006.01)		C23C	16/14	
C23C 16/34 (2006.01)		C23C	16/34	
H01L 21/768 (2006.01)		H01L	21/90	A
H01L 21/285 (2006.01)		H01L	21/285	C

請求項の数　6　（全14頁）

(21)出願番号　特願2021-37737(P2021-37737)
(22)出願日　令和3年3月9日(2021.3.9)
(65)公開番号　特開2022-137982(P2022-137982A)
(43)公開日　令和4年9月22日(2022.9.22)
審査請求日　令和5年12月11日(2023.12.11)

(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　110002756
弁理士法人弥生特許事務所
(72)発明者　▲高▼橋 将史
山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
(72)発明者　鈴木 健二
山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
(72)発明者　高橋 毅
山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　タングステン膜を成膜する方法、及びシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板にタングステン膜を成膜する方法において、

前記基板の表面に形成された縦溝の側面に開口部が開口するように形成された横溝であり、前記開口部の幅が３０ｎｍ以下、アスペクト比が２０～４０の範囲内である凹部が形成された前記基板に対し、チタン原料を含有した金属原料含有ガスであるチタン含有ガスの供給と、窒化ガスの供給と、を交互に繰り返して行うことによる窒化チタンの析出と、前記基板に対してシリコン原料を含有した金属原料含有ガスであるシリコン含有ガスの供給と、窒化ガスの供給と、を交互に繰り返して行うことによる窒化シリコンの析出と、を交互に繰り返して、シリコンを含む窒化チタン下地膜を成膜する工程と、

続いて、前記基板にタングステン原料を含む原料ガスと、前記原料ガスと反応してタングステンを析出させる反応ガスとを交互に繰り返し供給して、前記窒化チタン下地膜が形成された凹部にタングステンが埋め込まれるようにタングステン膜を成膜する工程と、を含み、

前記窒化チタン下地膜は、前記凹部の開口部側の方が奥部側よりも前記シリコンの含有量が多くなるように、前記シリコン含有ガスの供給流量を調節する、方法。

【請求項２】

前記窒化チタン下地膜を成膜する工程と、前記タングステン膜を成膜する工程との間に、前記基板にタングステン原料を含む核生成用の原料ガスと、当該核生成用のガスと反応して、前記タングステン膜を成膜する際の核となるタングステンを析出させる核生成用の

反応ガスとを交互に繰り返し供給して前記窒化チタン下地膜の表面にタングステンの核生成層を形成する工程を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記タングステンの核は、厚さが３ｎｍ以下に形成される、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記シリコン含有ガスは、ジクロロシランである、請求項１ないし３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項５】
基板にタングステン膜を成膜するシステムにおいて、
前記基板の表面に形成された縦溝の側面に開口部が開口するように形成された横溝であり、前記開口部の幅が３０ｎｍ以下、アスペクト比が２０～４０の範囲内である凹部が形成された前記基板に対し、チタン原料を含有した金属原料含有ガスであるチタン含有ガスの供給と、窒化ガスの供給と、を交互に繰り返して行うことによる窒化チタンの析出と、シリコン原料を含有した金属原料含有ガスであるシリコン含有ガスの供給と、窒化ガスの供給と、を交互に繰り返して行うことによる窒化シリコンの析出と、を交互に繰り返して、シリコンを含む窒化チタン下地膜を成膜する装置と、
前記窒化チタン下地膜が成膜された前記基板に対し、タングステンを含む原料ガスと、前記原料ガスと反応してタングステンを析出させる反応ガスとを交互に繰り返し供給して、前記窒化チタン下地膜が形成された凹部にタングステンが埋め込まれるようにタングステン膜を成膜する装置と、を備え、
前記窒化チタン下地膜を成膜する装置は、前記窒化チタン下地膜における前記凹部の開口部側の方が奥部側よりも前記シリコンの含有量が多くなるように、前記シリコン含有ガスの供給流量を調節する制御を行う、システム。
【請求項６】
前記窒化チタン下地膜が成膜された後、前記タングステン膜が成膜される前の前記基板に対し、タングステン原料を含む核生成用の原料ガスと、当該核生成用のガスと反応して、前記タングステン膜を成膜する際の核となるタングステンを析出させる核生成用の反応ガスとを交互に繰り返し供給して前記窒化チタン下地膜の表面にタングステンの核生成層を形成する装置を備えた、請求項５に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、タングステン膜を成膜する方法、及びシステムに関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体デバイスにおいては、例えば基板に配線を形成するため、凹部に金属を埋め込んだ構造が形成されることがある。例えばこのような金属膜としては、タングステン膜が知られている。
【０００３】
特許文献１には、トレンチやホール等の凹部が形成された層間絶縁膜の表面にＴｉＮ膜、ＴｉＳｉＮ膜などのバリア膜を形成し、バリア膜の表面にタングステン膜を形成する技術が記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】特開２０１６－１４５４０９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
本開示は、凹部内における空隙の形成を抑えつつタングステン膜を成膜する技術を提供

する。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本開示の、基板にタングステン膜を成膜する方法は、基板にタングステン膜を成膜する方法において、
前記基板の表面に形成された縦溝の側面に開口部が開口するように形成された横溝であり、前記開口部の幅が３０ｎｍ以下、アスペクト比が２０～４０の範囲内である凹部が形成された前記基板に対し、チタン原料を含有した金属原料含有ガスであるチタン含有ガスの供給と、窒化ガスの供給と、を交互に繰り返して行うことによる窒化チタンの析出と、前記基板に対してシリコン原料を含有した金属原料含有ガスであるシリコン含有ガスの供給と、窒化ガスの供給と、を交互に繰り返して行うことによる窒化シリコンの析出と、を交互に繰り返して、シリコンを含む窒化チタン下地膜を成膜する工程と、
続いて、前記基板にタングステン原料を含む原料ガスと、前記原料ガスと反応してタングステンを析出させる反応ガスとを交互に繰り返し供給して、前記窒化チタン下地膜が形成された凹部にタングステンが埋め込まれるようにタングステン膜を成膜する工程と、を含み、
前記窒化チタン下地膜は、前記凹部の開口部側の方が奥部側よりも前記シリコンの含有量が多くなるように、前記シリコン含有ガスの供給流量を調節する。
【発明の効果】
【０００７】
本開示によれば、凹部内における空隙の形成を抑えつつタングステン膜を成膜することができる。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】本開示の成膜方法が適用されるウエハの表面の拡大縦断面図である。
【図２】本開示の成膜方法を示す第１の工程図である。
【図３】本開示の成膜方法を示す第２の工程図である。
【図４】本開示の成膜方法を示す第３の工程図である。
【図５】本開示の成膜方法を示す第４の工程図である。
【図６】本開示の成膜方法を示す第５の工程図である。
【図７】本開示の成膜方法を示す第６の工程図である。
【図８】本開示に係る成膜方法を実行する成膜システムの平面図である。
【図９】前記成膜システムに設けられるＴｉＳｉＮ膜成膜装置の縦断側面図である。
【図１０】原料ガスの供給サイクル数に対するタングステンの核の厚さの変化を示すグラフである。
【図１１】原料ガスの供給サイクル数に対するタングステン膜の膜厚の変化を示すグラフである。
【図１２】シリコン含有ガスの流量に対するＴｉＳｉＮ膜中のＳｉの含有量を示すグラフである。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
本開示は、基板である半導体ウエハにタングステン膜を成膜することにより、当該ウエハの表面に形成された凹部にタングステンを埋め込む技術に関する。本開示に係るタングステン膜の成膜方法の一例について説明する。
図１に示すように、基板である半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）は、例えば表面に形成された酸化シリコン層１０１に対して縦溝１０２が形成されている。さらに縦溝１０２には、ウエハ１００の厚さ方向に向けて並ぶように複数の横溝２００が形成されている。これらの横溝２００は、縦溝１０２の側壁面に開口する開口部を有し、当該開口部から横方向に延びる凹部として形成されている。横溝２００の開口部の幅は、３０ｎｍ以下、例えば２０ｎｍである。そして本開示に係る成膜方法は、ウエハ１００の表面に成膜を

行うことにより、これらの横溝２００内にタングステンを埋め込む。

【００１０】

ところでウエハ１００の構造の微細化はますます進んでいる。このため、図１に例示した構成のウエハ１００においても、開口部の幅に比して奥行きが長い、アスペクト比の大きな横溝２００へのタングステンの埋め込みが必要となることがある。しかしながら開口部が狭い横溝２００にタングステンを埋め込むように成膜したときに開口部側に先行してタングステン膜が成膜されることにより、当該開口部が塞がってしまうことがある。この結果、横溝２００内に空隙が残ってしまい、配線抵抗増大の要因となることがある。本開示に係る成膜方法は、横溝２００内における空隙の形成を抑えつつタングステン膜の成膜を行うことを目的としている。

【００１１】

本開示に係るタングステン膜の成膜方法では、横溝２００にタングステンを埋め込む前に、ＡＬＤ（Atomic Layer Deposition）法により横溝２００の内面にシリコン（Ｓｉ）を含む窒化チタン（ＴｉＮ）膜（ＴｉＳｉＮ膜）の下地膜の成膜を行う。

【００１２】

先ず、図１に示すウエハ１００を３５０～７５０℃に加熱し、ウエハ１００に、チタン原料である四塩化チタン（$TiCl_4$）を含有した金属原料含有ガスである、チタン含有ガス（以下、「$TiCl_4$ガス」という）を供給する。これによりウエハ１００に形成された横溝２００に$TiCl_4$ガスを進入させ、横溝２００内に$TiCl_4$を吸着させる。次に、窒素（N_2）ガスによるパージを行い、残存する$TiCl_4$ガスを除去する。次いで、ウエハ１００に窒化ガスであるアンモニア（NH_3）ガスを供給して、横溝２００に吸着された$TiCl_4$を窒化させる。これにより横溝２００に吸着された$TiCl_4$が窒化されて横溝２００の表面にＴｉＮが析出する。続いて、N_2ガスによるパージを行い、処理容器１０内に残存するNH_3ガスを除去する。以上に説明したＴｉＮを析出させるサイクルを交互にＸ回、例えば１～１００回程度繰り返し実施することにより、図２に示すように横溝２００の内面にＴｉＮの層２０１が成膜される。なお、本開示では、例えば$TiCl_4$ガスの供給とNH_3ガスの供給とを１回ずつ実施する場合についても、表現の便宜上、「交互に繰り返し供給する」と表現する場合がある（他のガスの供給においても同じ）。

【００１３】

次いでウエハ１００にシリコン原料であるジクロロシラン（ＤＣＳ）を含有した金属原料含有ガスである、シリコン含有ガス以下、「ＤＣＳガス」という）を供給してＴｉＮの層２０１にＤＣＳを吸着させる。次に、N_2ガスによるパージを行い、残存するＤＣＳガスを除去する。このＤＣＳガスを供給する工程においてＤＣＳガスの供給量や供給時間をコントロールすることでＤＣＳ分子の吸着量を調整することができる。

【００１４】

図２に示す構造の横溝２００において、その開口部ではＤＣＳのガスが進入しやすく、開口部を流れるＤＣＳの流量は大きくなりやすい。一方、横溝２００の奥部まではガスが進入しにくく、当該領域を流れるＤＣＳの流量は小さくなりやすい。このとき、後述の評価試験にも示すように、ＤＣＳガスの流量とＤＣＳ分子の吸着量との間には、正の相関関係がある（図１２）。この特性を利用すると、図３に示すように、横溝２００の開口部付近においては、ＴｉＮの層２０１に吸着するＤＣＳ２０２の分子が吸着する密度を高くすることができる一方、奥部側ではＤＣＳ２０２の吸着密度を低くできる。

【００１５】

次いで、ウエハ１００に窒化ガスであるNH_3ガスを供給して、ＴｉＮの層２０１に吸着されたＤＣＳ２０２を窒化させる。これによりＴｉＮの層２０１の表面に窒化シリコン（ＳｉＮ）が析出する。このとき横溝２００の開口部側に吸着しているＤＣＳ２０２の密度が高いため、横溝２００の開口部側ではＳｉＮが多く形成され、奥部側ではＳｉＮが少なく形成される。以上に説明したＳｉＮを形成するサイクルをＹ回例えば１～１０回繰り返し実施することによりＴｉＮの層２０１の表面に所望の量のＳｉＮを形成する。

【００１６】
そして上述のＴｉＮの析出と、ＳｉＮの析出と、を交互に繰り返し行って積層すると、膜中にＳｉを含む窒化チタン下地膜（ＴｉＳｉＮ膜）２０３を形成することができる。そして上述のように、横溝２００の開口部側ではＳｉ２０４が多く、奥部側ではＳｉが少なくなるようにＳｉＮを析出させている。この結果、図４に示すように横溝２００内に形成されるＴｉＳｉＮ膜２０３は、横溝２００の開口部側の部位では、Ｓｉ２０４の含有量が多くなり、奥部側に向かうに従いＳｉ２０４の含有量が少なくなる。即ち横溝２００の開口部側が奥部側と比較してＳｉ２０４の含有量が多くなる。
なお、図３～図７においては、ＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉの濃度分布を表現するため、便宜上、Ｓｉ２０４を粒子形状で表現しているが、これらの図中のＳｉ２０４のサイズは、ＴｉＳｉＮ膜２０３中の実際のＳｉの粒径サイズを示すものではない。
【００１７】
続いて横溝２００に形成したＴｉＳｉＮ膜２０３の表面に、タングステン膜を成膜するが、本開示に係る成膜方法は、ＡＬＤ法により、まずＴｉＳｉＮ膜２０３の表面にタングステンの核からなる核生成（Ｎｕｃｌｅａｔｉｏｎ）層を形成する。図４に示す横溝２００内にＴｉＳｉＮ膜２０３が形成されたウエハ１００を、１５０～４５０℃に加熱し、タングステン原料である六フッ化タングステン（WF_6）を含む原料ガス（以下、「WF_6ガス」という）を供給する。これによりＴｉＳｉＮ膜２０３の表面にWF_6を吸着させる。次いで、ウエハ１００に水素及び水素以外の元素で構成された還元ガスであるB_2H_6（ジボラン）ガスを供給する。これによりＴｉＳｉＮ膜２０３の表面に吸着されたWF_6が還元されて島状にタングステンの層が形成される。上述のウエハ１００へのWF_6の吸着とB_2H_6ガスの供給とを交互に繰り返すサイクルを例えば１～５サイクルの範囲の３サイクル実行する。
上述のサイクルにおいて、WF_6ガスは核生成用の原料ガスに相当し、B_2H_6ガスは、核生成用の反応ガスに相当する。
【００１８】
これにより図５に示すようにＴｉＳｉＮ膜２０３の表面にタングステンの核生成層２０５が形成される。後述の検証試験に示すようにＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉ２０４の含有量が多くなるに従い、ＴｉＳｉＮ膜２０３上に成膜される核生成層２０５の膜厚が薄くなる傾向、即ち、核生成層２０５が成長しにくくなる傾向がある。従って図５に示すように、ＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉ２０４の含有量が高い横溝２００の開口部付近では、核生成層２０５の形成量が少なくなる。一方ＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉ２０４の含有量が高い横溝２００の奥部側では、核生成層２０５の形成量が多くなる。なお、図５に示す島状の核生成層２０５についても、形成量の分布を表現するため、便宜上、粒子形状で表現しているが、実際の核生成層２０５の島のサイズを示すものではない。
【００１９】
続いてＡＬＤ法によりタングステン膜２０６を成膜する。ウエハ１００を３００～５５０℃に加熱し、タングステン原料であるWF_6を含む原料ガス（以下、「WF_6ガス」という）を供給する。これにより横溝２００の内部にWF_6ガスが進入し、核生成層２０５の表面にWF_6が吸着する。次いで、ウエハ１００に反応ガスである水素（H_2）ガスを供給して、横溝２００内に吸着されたWF_6を還元させる。これにより横溝２００内にタングステンが析出する。このウエハ１００へのWF_6の吸着とH_2ガスの供給とを交互に繰り返すサイクルを例えば１～５００サイクルの範囲内の４５０サイクル実行する。これにより核生成層２０５に積層されるようにタングステン膜２０６が成膜される。
【００２０】
後述の検証試験に示すようにＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉ２０４の含有量が少ないと核生成層２０５の形成量が多くなりやすく、その膜厚も厚くなりやすい。さらに多くの核生成層２０５が形成されている領域では、タングステン膜２０６の成膜速度が速くなる。
そのため横溝２００の奥部側にてタングステン膜２０６が成長しやすくなる一方、開口部側では、相対的にタングステン膜２０６が成長しにくくなる。

【００２１】
従って図６に示すようにタングステン膜２０６は、横溝２００の奥部側にて先行して膜厚が増加する。この結果、横溝２００の開口部側が先行して膜厚が厚くなり、開口部側が塞がれてしまう現象の発生を抑制することができる。従ってさらにタングステン膜２０６の成膜を続けたときに図７に示すように横溝２００内に空隙が残りにくくなるようにタングステンを埋め込むことができる。なお、図１に示す構成のウエハ１００の場合、横溝２００へのタングステンの埋め込みに合わせて縦溝１０２にもタングステンが埋め込まれる。
【００２２】
また後述の検証試験で示すように核生成層２０５の成膜のサイクル数を多くし、核生成層２０５の膜厚を厚くすると、ＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉ２０４の含有量に関わらずタングステン膜２０６の成膜速度の差が小さくなる。従って核生成層２０５の膜厚は３ｎｍ以下であることが好ましい。さらに確実にタングステン膜２０６の成膜速度の差を大きくするためには、核生成層２０５の膜厚は１ｎｍ未満であることが好ましい
【００２３】
また横溝２００の構成の一例を挙げておくと、アスペクト比（深さ／開口径）が、２０～４０の範囲を例示できる。このとき、例えば１～２００ｓｃｃｍの範囲内の流量でＤＣＳガスを供給することにより、横溝２００の開口部と奥部との間で十分なＤＣＳガスの供給流量の差を形成することができると考えられる。この結果、図３～図７を用いて説明した、ＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉの濃度分布を形成することができる。
【００２４】
ここで、Ｔｉ含有ガスは、四臭化チタン（$TiBr_4$）や四ヨウ化チタン（TiI_4）でもよい。さらに例えばＴＤＭＡＴ（テトラキスジメチルアミノチタン）などの有機系チタン原料であってもよい。窒化ガスは、モノメチルヒドラジン（ＭＭＨ）でもよい。Ｓｉ含有ガスは、例えばＨＣＤ（六塩化二ケイ素）、SiH_4（モノシラン）などを用いることができる。
【００２５】
またタングステンを含む核生成層２０５やタングステン膜２０６の原料ガスは、例えば六塩化タングステン（WCl_6）ガスであってもよい。また水素と水素以外の元素で構成されたガスは、SiH_4（シラン）、NH_3（アンモニア）ガスであってもよい。また凹部は、ウエハ１００の表面に開口部が開口する縦溝でもよく、縦溝にタングステンを埋め込むように行う成膜であってもよい。
【００２６】
続いて上述のタングステン膜を成膜する方法を実施するための基板処理システムの構成例について説明する。基板処理システムは、例えばマルチチャンバーシステムの真空処理装置として構成される。図８に示すように、真空処理装置は、例えばN_2ガスにより常圧雰囲気とされる横長の常圧搬送室６２を備えている。常圧搬送室６２の手前には、例えばウエハ１００を収容した搬送容器Ｃとの間でウエハ１００の受け渡しを行うためのロードポート６１が設置されている。図８中の符号６７は常圧搬送室６２の正面壁に設けられた開閉ドアである。常圧搬送室６２内には、ウエハ１００を搬送するための搬送アーム６５が設けられている。また常圧搬送室６２のロードポート６１側から見て左側壁には、ウエハ１００の向きや偏心の調整を行うアライメント室６６が設けられている。
【００２７】
常圧搬送室６２におけるロードポート６１の反対側には、ウエハ１００を待機させた状態で内部の雰囲気を常圧雰囲気と真空雰囲気との間で切り替える、例えば２個のロードロック室６３が左右に並ぶように配置されている。ロードロック室６３の常圧搬送室６２側から見て奥部側には、真空搬送室６４が配置されている。真空搬送室６４には、ゲートバルブ７０を介して上述のロードロック室６３が接続されている。
【００２８】
また真空搬送室６４には、ウエハ１００に下地膜となるＴｉＳｉＮ膜２０３を成膜するＴｉＳｉＮ膜成膜装置７が設けられている。さらに真空搬送室６４は、ＴｉＳｉＮ膜２０

３の表面に核生成層２０５を形成する核生成層形成装置８と、タングステン膜２０６を成膜して、横溝２００にタングステンを埋め込むタングステン膜成膜装置９と、を備えている。この例では、真空搬送室６４に対してＴｉＳｉＮ膜成膜装置７と、核生成層形成装置８と、が１台ずつ接続され、タングステン膜成膜装置９が２台接続されている。真空搬送室６４には、搬送アーム６９が設けられており、搬送アーム６９により、各ロードロック室６３、ＴｉＳｉＮ膜成膜装置７、核生成層形成装置８、タングステン膜成膜装置９間でウエハ１００の受け渡しが行われる。

【００２９】

真空処理装置には、例えばコンピュータからなる制御部９０が設けられている。この制御部９０は、プログラム、メモリ、ＣＰＵからなるデータ処理部などを備えている。プログラムには、制御部９０から真空処理装置の各部に制御信号を送り、例えばＴｉＳｉＮ膜２０３、核生成層２０５、及びタングステン膜２０６の成膜を実行する各ステップを進行させるように命令（各ステップ）が組み込まれている。このプログラムは、コンピュータ記憶媒体、例えばフレキシブルディスク、コンパクトディスク、ハードディスク、ＭＯ（光磁気ディスク）などの記憶部に格納されて制御部９０にインストールされる。

【００３０】

続いてＴｉＳｉＮ膜成膜装置７について、図９を参照して説明する。ＴｉＳｉＮ膜成膜装置７は、ウエハ１００を収容する処理容器１０を備えており、この処理容器１０の側壁にはウエハ１００を搬入又は搬出するための搬入出口１１が、ゲートバルブ１２により開閉自在に形成されている。処理容器１０の側壁の上部には、例えば内周面に沿ってスリット１３１が形成されると共に、外壁に排気口１３２が形成された円環状の排気ダクト１３が配置されている。排気ダクト１３の上面には、処理容器１０の上部開口を塞ぐように天壁１４が設けられる。処理容器１０は、排気口１３２を介して、真空排気路１６により、例えば真空ポンプよりなる真空排気部１７に接続され、図示しない圧力調節部により、処理容器１０内の圧力が制御される。

【００３１】

処理容器１０の内部には、ウエハ１００を水平に支持するための載置台２が設けられ、この載置台２には、ウエハ１００を加熱するためのヒータ２１が埋設されている。載置台２は、支持部材２４１を介して、昇降機構２４により処理位置（図９中に実線で示してある）と、その下方のウエハ１００の受け渡し位置（同じく二点鎖線で示してある）との間で昇降自在に構成される。処理容器１０内の載置台２の下方側には、ウエハ１００の受け渡し用の３本（２本のみ図示）の支持ピン２５が設けられている。これらの支持ピン２５は、受け渡し位置にある載置台２の上面に対して突没するように、昇降機構２６により昇降自在に設けられる。図中符号２２は、支持ピン２５用の貫通孔を指し、符号２７、２８は、処理容器１０内の雰囲気を外気と区画し、夫々載置台２、支持ピン２５の昇降動作に伴って伸縮するベローズを指す。

【００３２】

処理容器１０には載置台２と対向するように、処理容器１０内に処理ガスをシャワー状に供給するためのシャワーヘッド３が設けられる。シャワーヘッド３は、処理容器１０の天壁１４に固定された本体部３１と、本体部３１の下に接続されたシャワープレート３２とを備え、その内部はガス拡散空間３３を成している。シャワープレート３２には、ガス吐出孔３４が形成され、ガス拡散空間３３にはガス導入孔３５を介して、ガス供給系４が接続されている。

【００３３】

ガス供給系４は、四塩化チタン（$TiCl_4$）ガスを供給する第１のガス供給部、ジクロロシラン（SiH_2Cl_2：ＤＣＳ）ガスを供給する第２のガス供給部を備えている。また窒化ガスを供給する窒化ガス供給部を備えている。この例では、窒化ガスとしてアンモニア（NH_3）ガスが用いられる。

【００３４】

第１のガス供給部は、$TiCl_4$供給源４１及び供給路４１１を含むものであり、例え

ばＴｉＣｌ$_4$ガス供給路４１１には、上流側から流量調整部４１２、貯留タンク４１３及びバルブＶ１が介設される。第２のガス供給部は、ＤＣＳ供給源４２及び供給路４２１を含むものであり、例えばＤＣＳガス供給路４２１には、上流側から流量調整部４２２、貯留タンク４２３及びバルブＶ２が介設される。

また、窒化ガス供給部は、ＮＨ$_3$供給源４３及び供給路４３１を含むものであり、例えばＮＨ$_3$ガス供給路４３１には、上流側から流量調整部４３２、貯留タンク４３３及びバルブＶ３が介設される。

【００３５】

これら、ＴｉＣｌ$_4$ガス、ＤＣＳガス、ＮＨ$_3$ガスは、夫々貯留タンク４１３、４２３、４３３に一旦貯留されて、これら貯留タンク４１３、４２３、４３３内で所定の圧力に昇圧された後、処理容器１０内に供給される。貯留タンク４１３、４２３、４３３から処理容器１０への夫々のガスの供給及び停止は、バルブＶ１、Ｖ２、Ｖ３の開閉により行われる。

【００３６】

さらに、ガス供給系４は、不活性ガス例えば窒素（Ｎ$_2$）ガスの供給源４４、４５、４６を備えている。本例では、供給源４４から供給されるＮ$_2$ガスはＴｉＣｌ$_4$用のパージガスであり、供給源４４はパージガス供給路４４１を介して、ＴｉＣｌ$_4$ガスのガス供給路４１１におけるバルブＶ１の下流側に接続される。また、供給源４５から供給されるＮ$_2$ガスはＤＣＳ用のパージガスであり、供給源４５は、パージガス供給路４５１を介して、ＤＣＳガスのガス供給路４２１におけるバルブＶ２の下流側に接続される。さらに、供給源４６から供給されるＮ$_2$ガスはＮＨ$_3$用のパージガスであり、パージガス供給路４６１を介して、ＮＨ$_3$ガスのガス供給路４３１におけるバルブＶ３の下流側に接続される。なお、図１中、符号４４２、４５２、４６２は夫々流量調整部を指し、符号Ｖ４、Ｖ５、Ｖ６は夫々バルブを指している。

【００３７】

また核生成層形成装置８、及びタングステン膜成膜装置９は、各々ウエハ１００に供給するガスが異なることと、ウエハ１００の加熱温度が異なることと、を除いてＴｉＳｉＮ膜成膜装置７とほぼ同様に構成されている。

核生成層形成装置８は、処理容器１０内にパージガスと共にＷＦ$_6$ガスを供給するガス供給系４を備えるように構成されると共に、パージガスと共にＢ$_2$Ｈ$_6$ガスを供給するガス供給系４を備えている。さらに載置台２はウエハ１００を加熱するように構成されている。

【００３８】

またタングステン膜成膜装置９は、処理容器１０内にパージガスと共にＷＦ$_6$ガスを供給するガス供給系４を備えると共に、パージガスと共にＨ$_2$ガスを供給するガス供給系４を備えている。さらに載置台２はウエハ１００を加熱するように構成されている。

【００３９】

このような真空処理装置において、例えば図１に示した表面構造を有するウエハ１００を収納した搬送容器Ｃが、真空処理装置のロードポート６１に搬入される。さらにウエハ１００は、搬送容器Ｃから取り出され、常圧搬送室６２を介して、アライメント室６６に搬入される。アライメント室６６にてアライメントが行われた後、ウエハＷは、ロードロック室６３を介して、真空搬送室６４に搬送される。続いてウエハは、搬送アーム６９によりＴｉＳｉＮ膜成膜装置７に搬送され、既述のＡＬＤ法によるＴｉＳｉＮ膜２０３の成膜処理が行われる。その後ウエハ１００は搬送アーム６９により取り出され核生成層形成装置８に搬送され、ＡＬＤ法により核生成層２０５を形成する処理が行われる。次いでウエハ１００は搬送アーム６９により取り出されタングステン膜成膜装置９に搬送され、ＡＬＤ法によりタングステン膜２０６の成膜処理が行われる。

【００４０】

こうして横溝２００にタングステン膜２０６が埋め込まれたウエハ１００を第２の搬送アーム６９により、真空雰囲気のロードロック室６３に搬送する。次いでロードロック室

６３を大気雰囲気に切り替えた後、ウエハ１００を搬送アーム６５により、例えば元の搬送容器Ｃに戻す。

【００４１】

ここで、真空処理装置の構成は図８に示した例に限定されるものではない。例えば、核生成層形成装置８とタングステン膜成膜装置９とを共通化してもよい。この場合には、ＴｉＳｉＮ膜２０３が成膜されたウエハ１００をタングステン膜成膜装置に搬入し、ウエハ１００を加熱して核生成層２０５の成膜を行う。次いで載置台２の温度を上昇させてウエハ１００を加熱しながらウエハ１００タングステン膜を成膜すればよい。但し、既述のように核生成層２０５と、タングステン膜２０６と、は成膜するときのウエハ１００の加熱温度が異なる。そのため核生成層形成装置８とタングステン膜成膜装置９と別の装置とすることで、載置台２の温度の調節に要する時間を削減することができる。

【００４２】

今回開示された実施形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

【００４３】

［検証試験１］

本開示に係るタングステンを成膜する方法の効果を検証するため以下の試験を行った。

［ＴｉＳｉＮ膜１］

図８示す真空処理装置を用い、実施の形態に示したタングステン膜の成膜方法に従って、凹部が形成されていない試験用のウエハ１００にＴｉＳｉＮ膜２０３、核生成層２０５、及びタングステン膜２０６をこの順で積層した例を試験１とした。ＴｉＳｉＮ膜２０３の成膜においてＴｉＮの層２０１の成膜を行うサイクル数Ｘと、ＳｉＮの形成のサイクル数Ｙと、の比はＸ：Ｙ＝１：１とした。

［ＴｉＳｉＮ膜２］

ＴｉＳｉＮ膜２０３の成膜においてＸ：Ｙ＝５：１としたことを除いてＴｉＳｉＮ膜１と同様の処理を行った例をＴｉＳｉＮ膜２とした。

［ＴｉＮ膜３］

ＴｉＳｉＮ膜を成膜する工程においてＳｉＮの形成を行わない、即ちＴｉＮの層２０１のみを成膜したことを除いてＴｉＳｉＮ膜２と同様の処理を行った例をＴｉＮ膜３とした。

【００４４】

ＴｉＳｉＮ膜１、２、ＴｉＮ膜３の各々について、核生成層２０５の形成時のサイクル数を５、１０、及び１５回に設定し、形成された核生成層２０５の厚さを測定した。このとき、試験１～試験３について、核生成層２０５の成膜時のサイクル数に対する核生成層２０５の厚さの変化を図１０に示す。

【００４５】

またＴｉＳｉＮ膜１、２、ＴｉＮ膜３について、核生成層２０５の形成時のサイクル数を２、３、４、６、８、及び１０回に設定し、さらにタングステン膜２０６を実施の形態と同様に成膜したときの核生成層とタングステン膜とを合わせた膜厚（全膜厚）を測定した。ＴｉＳｉＮ膜１、２、ＴｉＮ膜３について、核生成層２０５の形成時のサイクル数に対するタングステンの全膜厚の変化を図１１に示す。

【００４６】

図１０に示すように核生成層２０５の成膜におけるサイクル数が１５回程度になるとＴｉＳｉＮ膜１、２、ＴｉＮ膜３の核生成層２０５の膜厚にほとんど差は見られない。しかしサイクル数が５回の場合には、試験１における核生成層２０５の膜厚が薄くなっていることがわかる。

さらに図１１に示すように核生成層２０５の成膜時のサイクル数を６回以下にすることで、ＴｉＳｉＮ膜１の核生成層２０５、及びタングステン膜２０６がほとんど成膜されないことがわかる。

【００４７】

従って下地膜であるＴｉＳｉＮ膜２０３に含まれるＳｉの含有量を変化させつつ、適切な量の核生成層２０５を形成することタングステン膜２０６の成膜速度を調節することができると言える。

【００４８】

［検証試験２］

またＴｉＳｉＮ膜２０３を成膜するにあたって、凹部が形成されていない試験用のウエハ１００に対し、ＤＣＳガスの流量を２０、３０、８０、１５０ｓｃｃｍに設定して成膜し、ＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉの含有量を測定した。ＤＣＳの流量に対するＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉの含有量のグラフを図１２に示す。

【００４９】

図１２に示すようにＤＣＳガスの流量が高くなることで、Ｓｉの含有量が増加することが分かる。従って、ウエハ１００に形成された凹部においても、凹部の開口部と奥部との間で、ＤＣＳガスの供給流量に差を形成することにより、凹部の開口部と奥部とでＴｉＳｉＮ膜２０３中のＳｉの含有量に差を形成することができると言える。

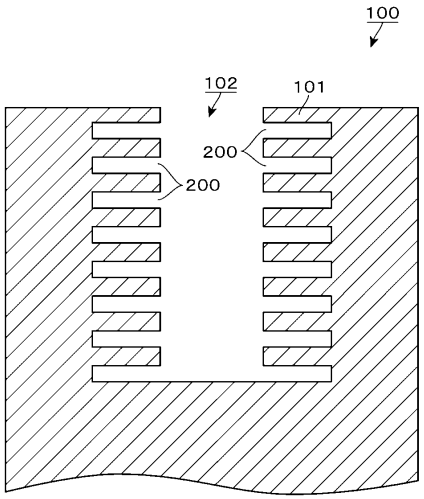
【符号の説明】

【００５０】

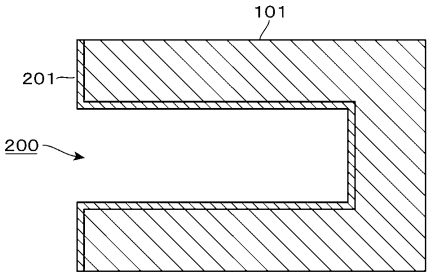
１００	ウエハ
２００	横溝
２０１	ＴｉＮの層
２０３	ＴｉＳｉＮ膜
２０５	核生成層
２０６	タングステン膜

【図面】

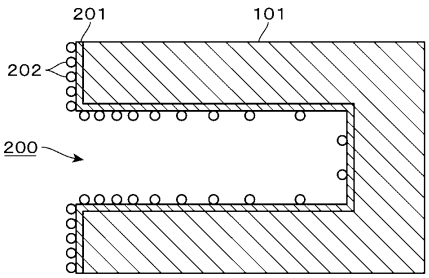
【図１】



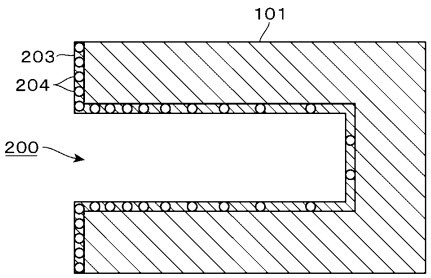
【図２】



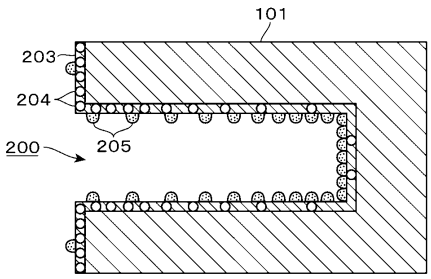
【図３】



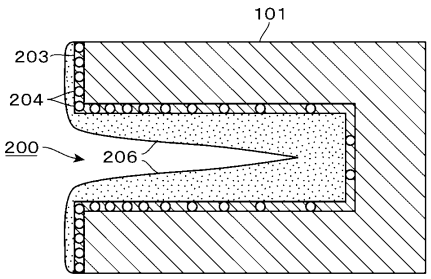
【図４】



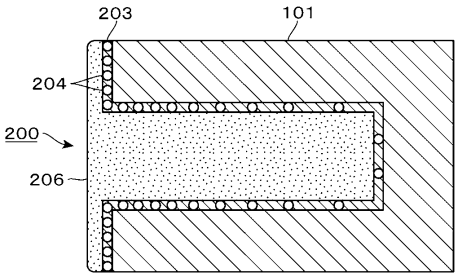
【図５】


101
203
204
205
200

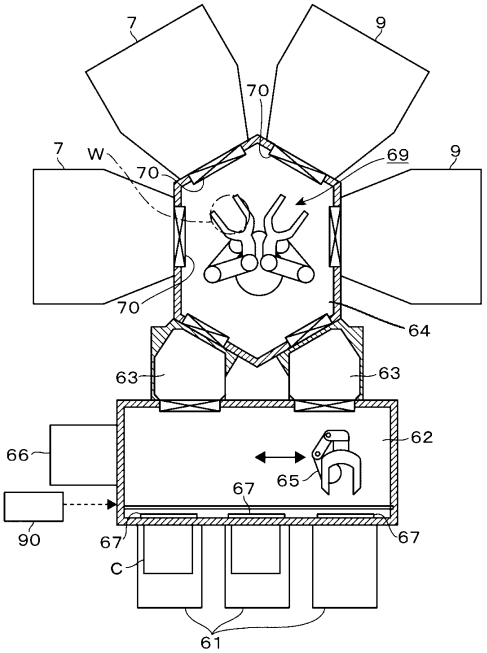
【図６】


101
203
204
200
206

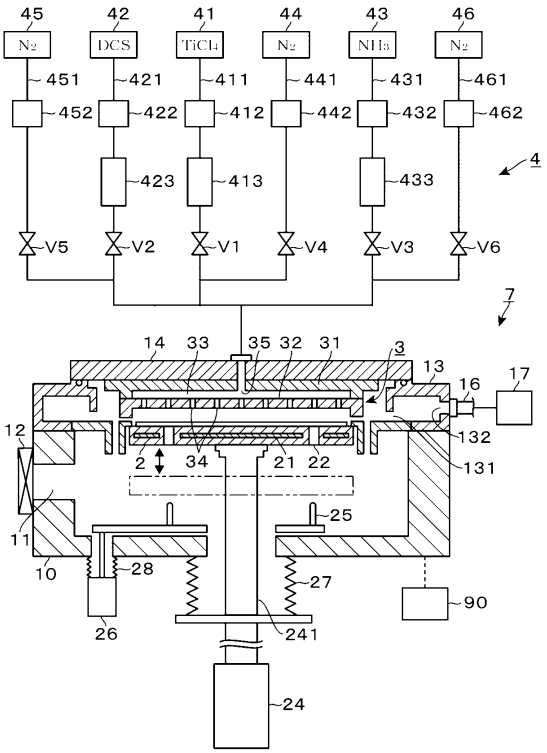
【図７】


203
101
204
200
206

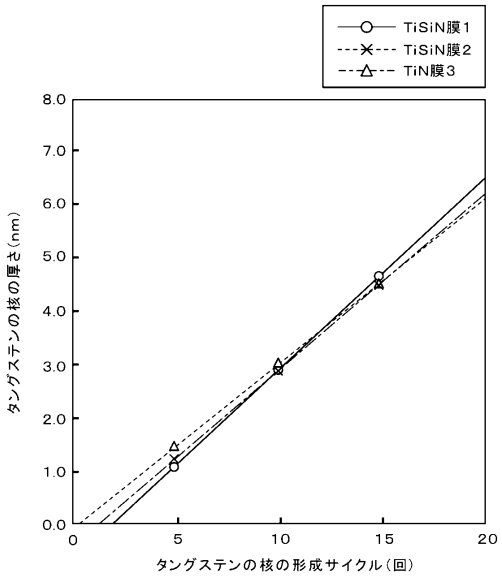
【図８】


7
9
70
7
W
70
69
9
70
64
63
63
62
66
65
67
90
67
67
C
61

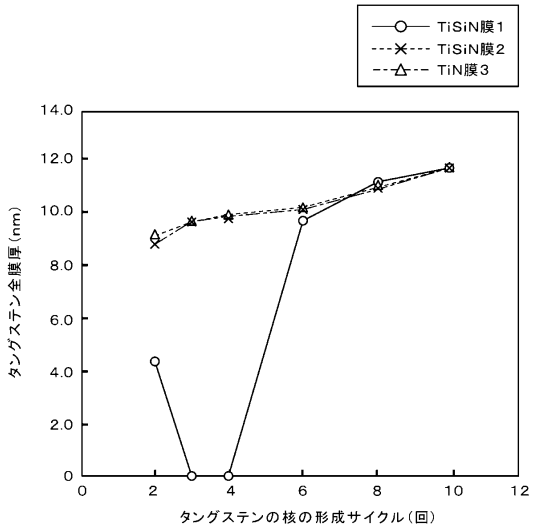
【図９】



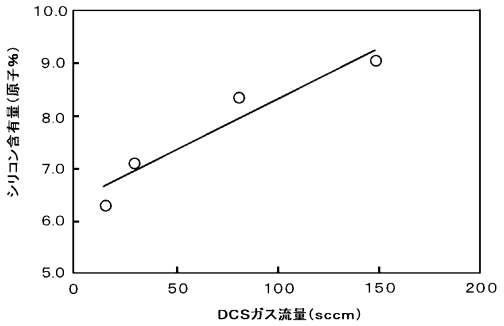
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
(72)発明者 佐野 正樹
山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内

審査官 神▲崎▼ 賢一

(56)参考文献 米国特許出願公開第２００３／０１９０４９７（ＵＳ，Ａ１）
特開２０２０－０２９６０４（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－０３３６３０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－０３８９６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ２３Ｃ １６／１４
Ｃ２３Ｃ １６／３４
Ｈ０１Ｌ ２１／７６８
Ｈ０１Ｌ ２１／２８５