(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5339397号
(P5339397)

(45)発行日　平成25年11月13日(2013.11.13)　(24)登録日　平成25年8月16日(2013.8.16)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/285	(2006.01)	H01L	21/285	C
C23C 16/14	(2006.01)	C23C	16/14	
C23C 16/18	(2006.01)	C23C	16/18	
H01L 21/28	(2006.01)	H01L	21/28	E
H01L 21/768	(2006.01)	H01L	21/28	301R

請求項の数 4　(全 18 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2005-248344 (P2005-248344)
(22)出願日　平成17年8月29日 (2005.8.29)
(65)公開番号　特開2007-67015 (P2007-67015A)
(43)公開日　平成19年3月15日 (2007.3.15)
審査請求日　平成20年8月29日 (2008.8.29)

前置審査

(73)特許権者　000002428
芝浦メカトロニクス株式会社
神奈川県横浜市栄区笠間２丁目５番１号
(72)発明者　吉森　大晃
神奈川県横浜市栄区笠間二丁目５番１号
芝浦メカトロニクス株式会社　横浜事業所内

審査官　小田　浩

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子デバイスの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

結晶構造が体心立方格子構造の金属またはルテニウムからなる金属膜を基体上に形成する成膜工程と、この成膜工程で形成された前記金属膜の少なくとも一部をエッチングするエッチング工程とを有してなる電子デバイスの製造方法において、

前記成膜工程による成膜は、前記金属またはルテニウムを含有するガスと水素ガスとを含むソースガスと、前記ソースガスの流量の２倍以上の添加量の窒素ガスと、を前記基体上に流し前記ソースガスを分解することにより行ない、

前記エッチング工程では、中性活性種を主体としたエッチングであるケミカルドライエッチングにて、前記基体上に形成された前記金属膜の少なくとも一部を除去することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項２】

前記金属は、タングステン、タンタル、モリブデン、クロム、ニオブ、バナジウム及びユウロピウムよりなる群から選択されたいずれかであることを特徴とする請求項１記載の電子デバイスの製造方法。

【請求項３】

前記成膜工程は、

タングステンを含むガスと、シリコンを含むガスと、水素ガスと、を前記基体上に流すことにより前記基体上にタングステンを含む複数の核を形成する工程と、

タングステンを含むガスと、水素ガスと、窒素ガスと、を前記基体上に流すことにより

前記基体上にタングステンを主成分とする連続的な膜を形成する工程と、
を備えたことを特徴とする請求項１または２に記載の電子デバイスの製造方法。
【請求項４】
前記成膜工程による前記金属膜の成膜により、半導体装置のコンタクトホール部に前記金属膜を埋め込むことを特徴とする請求項１～３のいずれか１つに記載の電子デバイスの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電子デバイスの製造方法に関し、特に結晶構造が体心立方格子構造の金属またはルテニウムの成膜を用いた電子デバイスの製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体装置や電子素子、液晶表示装置をはじめとする各種電子デバイスにおいて、成膜とエッチングとを組み合わせたプロセスが必要となっている。例えば、半導体集積回路装置において、多層配線間の接続をとるコンタクトホール部においては、段差被覆性能の優れたタングステンをコンタクトホールに化学的気相成長法（ＣＶＤ法）により埋め込み、エッチバックすることにより、このタングステンを通じて配線層間の接続をとるという方法がとられている（例えば、特許文献１）。
【０００３】
ここで、図１５に示す、従来のコンタクトホールにタングステンを埋め込む工程の概略を説明する。まず、図１５（ａ）に示すように、ウェーハ１上に層間絶縁膜２を形成する。その後、リソグラフィー工程、エッチング工程によりコンタクトホールを開口する。
【０００４】
次に、図１５（ｂ）に示すように、タングステン膜の剥離防止や拡散防止のための導電性膜３（例えば、窒化チタン膜）を堆積させる。その後、図１５（ｃ）に示すように、化学的気相成長法（ＣＶＤ法）によりタングステン膜４を堆積させ、コンタクトホールをタングステンで埋め込む。
【０００５】
次に、図１５（ｄ）に示すように、タングステン膜４をＣＤＥ（Chemical Dry Etching）によりエッチバックし、コンタクトホール内にプラグ状のタングステン膜４及び導電性膜３を残す。この際、タングステン膜４が残渣物４ａとして残ると、配線間の短絡不良などの原因となる。
【０００６】
一方、このような残渣４ａを取り除くために、化学機械研磨（ＣＭＰ：chemical mechanical polishing）を実施する方法も考えられる。しかし、このためには下地の導電性膜３も除去せざるを得ない。つまり、もう一度、導電性膜３を堆積させてから上層の形成を開始する必要がある点で、煩雑となる。
【０００７】
本発明者は、このように問題は、タングステン膜を用いた場合に限られず、その他、結晶構造が体心立方格子構造（Body-Centered Cubic Lattice）である金属や、ルテニウム（Ｒｕ）などを堆積しエッチバックするときにも同様に発生することを発見した。
【０００８】
ここで、特許文献２には、結晶面の方向を所望の方向に制御し得る技術が開示されている。しかしながら、この技術はシリコンの結晶成長にかかるものであり、体心立方格子構造の金属などに関するものではない。
【０００９】
また、特許文献３には、ソースガスに窒素（N_2）ガスを添加しつつタングステンの蒸着膜を形成する技術が開示されている。しかしながら、この技術は、タングステンの結晶格子を歪ませるために窒素を添加するものであり、硬度が高く緻密で平滑な表面を有する

タングステン膜を得ることは開示されているが、中性活性種を主体としたエッチングに適した膜が得られることについては、何らの記載も示唆もない。

【特許文献１】特開平５－１１４５７８号公報
【特許文献２】特開平８－５５８０８号公報
【特許文献３】特公平２－５０１９４号公報

【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１０】
本発明は、結晶構造が体心立方格子構造の金属、または、ルテニウムを確実且つ容易にエッチバック可能とした電子デバイスの製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明の一態様によれば、
結晶構造が体心立方格子構造の金属またはルテニウムからなる金属膜を基体上に形成する成膜工程と、この成膜工程で形成された前記金属膜の少なくとも一部をエッチングするエッチング工程とを有してなる電子デバイスの製造方法において、
前記成膜工程による成膜は、前記金属またはルテニウムを含有するガスと水素ガスとを含むソースガスと、前記ソースガスの流量の２倍以上の添加量の窒素ガスと、を前記基体上に流し前記ソースガスを分解することにより行ない、
前記エッチング工程では、中性活性種を主体としたエッチングであるケミカルドライエッチングにて、前記基体上に形成された前記金属膜の少なくとも一部を除去することを特徴とする電子デバイスの製造方法が提供される。

【発明の効果】
【００１４】
本発明によれば、結晶構造が体心立方格子構造の金属またはルテニウムを、ダメージのない中性活性種を主体とするエッチングを行っても、残渣が発生しない成膜方法及びこの成膜方法を用いた電子デバイスの製造方法を提供することができ、産業上のメリットは多大である。

【発明を実施するための最良の形態】
【００１５】
以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。
図１は、本発明の実施の形態にかかる電子デバイスの製造方法の要部を説明するための概念図である。
すなわち、本実施形態においては、まず、図１（ａ）に表したように、ソースガス２０と窒素ガス３０とを用いて、基体４０の上に金属膜１０を形成する。ここで、金属膜１０は、体心立方格子構造の金属、または、ルテニウム（Ｒｕ）からなるものとする。
この成膜工程では、化学的気相成長法（ＣＶＤ法）により成膜が行われる。便宜上、熱ＣＶＤ法の場合で説明するが、本発明は、これに限定されるものではなくプラズマ、光エネルギー、レーザなどを用いた化学的気相成長法（ＣＶＤ法）にも適用が可能である。なお、本実施形態において用いることができる熱ＣＶＤ装置については後に詳述する。
【００１６】
ソースガス２０と窒素ガス３０とからなる混合ガス２５は、図示しないガス導入手段から基体４０上に導入され、熱エネルギーによりソースガス２０が分解する。すると、金属膜１０が基体４０の主面に形成される。
【００１７】
しかる後に、図１（ｂ）に表したように、この金属膜１０の少なくとも一部をエッチングする。
すると、図１（ｃ）に表したように、残渣を生ずることなく、金属膜１０が除去される。
【００１８】

以下、本実施形態の製造方法について、比較例を参照しつつ詳細に説明する。
図２は、比較例の成膜工程～エッチバック（エッチング）工程を例示する模式図である。　図２（ａ）の成膜工程では、化学的気相成長法（ＣＶＤ法）の一種である熱ＣＶＤ法により成膜が行われる。

【００１９】

本比較例の成膜工程では、図示しないガス導入手段からソースガス２０を基体４０上に導入する。導入したソースガス２０は熱エネルギーにより分解され、例えば、タングステン膜７０を基体４０の主面に略垂直方向に堆積させる。ここで、ソースガス２０としては、WF_6ガスと水素ガスが用いられる。

【００２０】

図２（ｂ）は、成膜工程後のエッチバック（エッチング）工程を説明するための模式図である。図２（ｂ）のエッチバック（エッチング）工程では、中性活性種Ａを主体とするエッチングを行う装置の一種であるケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置）を用いた場合を説明する。本エッチバック（エッチング）工程では、図示しないプラズマ発生室の減圧空間にマイクロ波を導入してプラズマを発生させ、そこにエッチングガス（例えば、CF_4とO_2の混合ガスなど）を導入する。導入したエッチングガスはプラズマにより分解、活性化され中性活性種やイオンなどが生成される。そして、生成されたイオンは基体４０上まで搬送される間に消滅するが、寿命の長い中性活性種は基体４０上まで到達しタングステン膜７０をエッチングする。

【００２１】

前述のように、エッチバック（エッチング）工程で、中性活性種を主体としたエッチングを行うと、図２（ｃ）に示すように残渣８０が発生する不具合が生じる。ここで、残渣８０を除去するためにオーバーエッチングをすることが考えられるが、近年の高集積化，微細化された半導体装置や液晶表示装置などの各種電子デバイスではオーバーエッチング量が厳しく制限されるため、これにより残渣８０を除去することは難しい。また、残渣８０を除去するためにＣＭＰを実施すると下地までエッチングされる点で問題が生ずることは前述した通りである。
これに対して、本実施形態によれば、エッチバックした後に、図１（ｃ）に表したように、残渣を生ずることなく金属膜１０をきれいに除去できる。
またさらに、金属膜１０の材料としてタングステン（Ｗ）を用いる場合、成膜工程を２つのステップに分けて実施するとよい。

【００２２】

図３は、金属膜の材料としてタングステンを用いた場合の本発明の実施の形態にかかる電子デバイスの製造方法の要部を説明するための概念図である。
また、図４は、この具体例の製造方法を例示するフローチャートである。

【００２３】

タングステンを成膜する場合、まず、図３（ａ）に表したように、第１の成膜工程において、図示しないガス導入手段から第１のソースガス２０Ａを基体４０上に導入する。導入したソースガス２０Ａは熱エネルギーにより分解し、多数のタングステン核１０Ａが基体４０の主面上に生成される（ステップＳ１００）。ここで、第１のソースガス２０Ａとしては、例えば、WF_6ガスとモノシラン（SiH_4）と水素（H_2）との混合ガスを用いることができる。これらガスの流量比は、例えば、WF_6ガスを３０ｓｃｃｍ、モノシラン（SiH_4）を３０ｓｃｃｍ、水素（H_2）を１０００ｓｃｃｍとし、さらにキャリアガスとしてアルゴン（Ａｒ）を１０００ｓｃｃｍ程度混合してもよい。ガスを熱分解させるための加熱温度は、例えば、４００～５００℃とすることができる。また、第１の成膜工程における圧力は、例えば４キロパスカル（ＫＰａ）程度とすることができる。

【００２４】

ただし、本発明はこれらに限定されるわけではなく、例えば、WF_6ガスのかわりに同様な機能を果たすタングステン原子を含む無機系のガスやビスシクロペンタジエニルタングステンハイドライドの様な有機系のガスを用いることもできるし、水素ガスのかわりに

アンモニアガス（NH_3）やモノシラン等の還元作用を有するガスを用いることもできる。

【００２５】

次に、図３（ｂ）に表したように、第２の成膜工程として、図示しないガス導入手段から第２のソースガス２０Ｂと窒素ガス３０とからなる混合ガス２５を基体４０上に導入する。すると、タングステン核１０Ａを種としてタングステン膜１０Ｂが、基体４０の主面上に高速で成膜する（ステップＳ１１０）。ここで、第２のソースガス２０Ｂとしては、例えば、WF_6ガスと水素（H_2）との混合ガスを用いることができる。これらガスの流量比は、例えば、WF_6ガスを９５ｓｃｃｍ、水素（H_2）を７００ｓｃｃｍとし、さらにキャリアガスとしてアルゴン（Ａｒ）を１０００ｓｃｃｍ程度混合してもよい。この場合に、窒素ガス３０の流量は５００ｓｃｃｍ程度とするとよい。ガスを熱分解させるための加熱温度は、例えば、３００～５００℃とすることができる。また、第２の成膜工程における圧力は、例えば１５キロパスカル（ＫＰａ）程度とすることができる。

第２の成膜工程においても、例えば、WF_6ガスのかわりに同様な機能を果たすタングステン原子を含む無機系のガスやビスシクロペンタジエニルタングステンハイドライドの様な有機系のガスを用いることもできるし、水素ガスのかわりにアンモニアガス（NH_3）やモノシラン等の還元作用を有するガスを用いることもできる。

【００２６】

このような条件で第２の成膜工程を実施すると、核１０Ａを種として、基体４０の主面上に金属膜１０Ｂを高速で成膜できる。

【００２７】

しかる後に、図３（ｃ）に表したように、エッチバック（エッチング）工程を実施する（ステップＳ１２０）。このエッチバック工程では、図２（ｃ）に関して前述したように、例えば、中性活性種を主体とするエッチングを行う装置の一種であるケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置）を用いることができる。

【００２８】

すなわち、本実施形態におけるエッチバック（エッチング）工程では、図示しないプラズマ発生室の減圧空間にマイクロ波を導入してプラズマを発生させ、そこにエッチングガス（例えば、CF_4とO_2の混合ガスなど）を導入する。導入したエッチングガスはプラズマにより分解、活性化され中性活性種やイオンなどが生成される。生成されたイオンは基体４０上まで搬送される間に消滅するが、寿命の長い中性活性種Ａは基体４０上まで到達しタングステン膜１０をエッチングする。

【００２９】

処理条件としては、例えば、CF_4ガスを３０～１５０ｓｃｃｍ、O_2ガスを１５０～２５０ｓｃｃｍ、四フッ化炭素（CF_4）ガスを１０～１００ｓｃｃｍ、処理圧力３０Ｐａ程度、マイクロ波パワー７００Ｗ程度、処理温度４００～５００℃程度とすることができる。ただし、これに限定されるわけではなくガスの成分やその他の条件はプロセスに合わせて適宜選択、変更が可能である。

このような条件でエッチバックすると、金属膜１０は完全に除去され、残渣の非常に少ないエッチバックができる。

【００３０】

本発明者は、独自の検討の結果、ソースガスに対する窒素（N_2）ガス３０の添加量を変えることで、タングステンなどの金属膜の結晶方向を制御し得るとの知見を得た。また、タングステンの結晶の方向によりエッチング特性が異なるという知見をも得た。そして、これらから、窒素（N_2）ガス３０の添加量を変えることで、エッチング特性に優れた結晶方向を有するタングステン膜１０を基体４０上に堆積させることができれば、前述の中性活性種を主体としたエッチングを行う装置（例えば、ケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置））を使ったエッチバック（エッチング）を行ってもタングステンの残渣が発生しないという知見を得るに至った。

【００３１】

以下、金属膜１０の材料としてタングステンを用いた本発明者の独自の実験により得られた、タングステンの結晶方向とエッチング特性との関係について説明する。
結晶方位が異なると、固体の原子配列や原子間距離、ひいては基質と相互作用する電子軌道などが異なるため、物理的、化学的性質が異なることが多い。
タングステンの結晶は、体心立方格子構造である。そのため、最密面である（１１０）面が配向しやすい性質を有しており、（２００）等の面は逆に配向しにくい性質を有している。

【００３２】
一方、エッチングのしやすさ（エッチングレート）と結晶面との関係を見ると、CF_4とO_2ガスを用いたＣＤＥによりタングステンをエッチングした場合のエッチング速度の比率は、およそ（２００）面：（１１０）面：（１１１）面＝７９０：６７：１となることが分かった。

【００３３】
すなわち、（１１０）面は配向がしやすくこの向きに対して垂直方向に結晶が成長しやすいが、その反面でエッチングレートは低く残渣が発生しやすい。一方、（２００）面はエッチングレートが高く残渣が発生しにくいが、配向がしにくくこの向きに結晶が成長しにくい。

【００３４】
つまり、タングステン膜１０の結晶面のうちで、（１１０）面の割合を下げ、（２００）面の割合を上げることができれば、エッチング特性を改善し、残渣の発生を無くすことができる。

【００３５】
なお、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ：Reactive Ion Etching）を用いた場合は、中性活性種とイオンの相乗効果でエッチングが行えるため、イオン衝撃という物理的エッチングで結晶方向の影響をあまり受けずにエッチングができる。そのため残渣の発生をある程度は抑えることができる。しかし、荷電粒子の影響などにより、基体４０がダメージを受けてしまう。

【００３６】
一方で、イオン衝撃という物理的エッチングを使わず、中性活性種を主体としたＣＤＥのようなエッチング方法によりダメージの少ないエッチングをするときには、前述したように、結晶面の方向の影響をより大きく受けてしまう。

【００３７】
つまり、ダメージの少ない中性活性種を主体としたエッチングをするためには、タングステン膜１０の結晶面の方向をエッチングがしやすい所望の方向に制御し得る技術が必要である。

【００３８】
なお、結晶面の方向を所望の方向に制御し得る技術は、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）においてもエッチング時間を短縮できるので、これに応用してもダメージの軽減を図ることもできる。

【００３９】
ここで、本発明者の得た知見である、ソースガス２０に対する窒素（N_2）ガス３０の添加量とタングステンの結晶方向の関係について説明する。
図５は、上述した第２の成膜工程における窒素（N_2）ガス３０の添加量とタングステン膜１０の結晶面の強度比（（１１０）／（２００））との関係を例示するグラフ図である。　ここで、縦軸の強度比は、Ｘ線回折法から得たＸ線プロファイルの（１１０）ピークと（２００）ピークの半値幅から算出したものであり、横軸は窒素（N_2）ガス３０の添加流量（ｓｃｃｍ）である。

【００４０】
この時の、ソースガス２０としてはWF_6ガスを用いた。またさらに、アルゴンガスと水素ガスも添加した。成膜は、熱ＣＶＤ装置を用い、ソースガス２０としてWF_6ガスを

５０ｓｃｃｍ、水素ガスを１０００ｓｃｃｍとし、さらにキャリアガスとしてアルゴンガスを１０００ｓｃｃｍ添加した。また、成膜時の処理圧力は１０ＫＰａ、基体４０の温度は４７５℃とし、これに所定量の窒素（N_2）ガスを添加した。

【００４１】

同図から分かるように、窒素（N_2）ガスの添加量がゼロの場合、（１１０）／（２００）の強度比は約１７０であり、（１１０）面が（２００）面よりかなり優先的に形成される。ところが、窒素（N_2）ガスを添加すると、（１１０）／（２００）の強度比は対数的に漸近減少を生じる。すなわち、窒素（N_2）ガスを添加しないと、エッチングが困難な（１１０）面が優先して形成されるが、窒素（N_2）ガスを添加することにより、エッチングが容易な（２００）面の割合を増やすことができる。

【００４２】

特に、窒素ガスの流量がソースガスの約半分（５００ｓｃｃｍ）に至るまでの条件では（１１０）／（２００）の強度比は急激に低下している。つまり、窒素ガスの流量をソースガスの半分（５００ｓｃｃｍ）以上とすると、（１１０）配向の傾向を顕著に抑えることができる。

【００４３】

またさらに、窒素（N_2）ガスの添加量をソースガス量の約２倍（２０００ｓｃｃｍ）以上にすると、（１１０）配向は殆ど消失することが判明した。

【００４４】

図６は、エッチバックの前後のウェーハ表面の残渣を観察した結果を表す模式図である。すなわち、同図の上段はエッチバック前の６インチウェーハの表面の残渣の密度を表し、下段はそれぞれのウェーハについて、エッチバックした後の残渣の密度を表す。また、同図に向かって右側のサンプルは成膜時に窒素ガスを添加しなかったウェーハ、中央のサンプルは成膜時の窒素ガス流量を３００ｓｃｃｍとしたウェーハ、左端のサンプルは成膜時の窒素ガス流量を５００ｓｃｃｍとしたウェーハをそれぞれ表す。

【００４５】

ここで、タングステン膜の成膜条件としては、ソースガス２０としてはWF_6ガスと水素ガスを用いた。またさらに、キャリアガスとしてアルゴンガスを添加した。成膜は、熱ＣＶＤ装置を用いた。第１の成膜工程においては、WF_6ガスを３０ｓｃｃｍ、モノシラン（SiH_4）を１５ｓｃｃｍ、水素ガスを１０００ｓｃｃｍ、アルゴンガスを１０００ｓｃｃｍ、処理圧力は４ＫＰａ、基体４０の温度は４７５℃とした。また、第２の成膜工程においては、WF_6ガスを９５ｓｃｃｍ、水素ガスを７００ｓｃｃｍ、アルゴンガスを１０００ｓｃｃｍ、処理圧力は１２ＫＰａ、基体４０の温度は４７５℃とした。

【００４６】

なお、この条件でタングステンを堆積した場合、第２の成膜工程においては、およそ３００～４００ｎｍ／分の堆積速度が得られる。

【００４７】

一方、エッチバックの条件としては、ＣＤＥ法を用い、CF_4ガスを３０～１５０ｓｃｃｍ、O_2ガスを１５０～２５０ｓｃｃｍ、Cl_2ガスを１０～１００ｓｃｃｍ、処理圧力３０Ｐａ程度、マイクロ波パワー７００Ｗ程度、処理温度４０℃程度とした。

【００４８】

それぞれの条件において、エッチバック前（上段）とエッチバック後（下段）とを比較すると、成膜時に窒素を添加しないサンプル（N_2＝０ｓｃｃｍ）では、エッチバック後の残渣が大幅に増加していることが分かる。これは、（１１０）配向したタングステン膜が形成されたためであると考えられる。それぞれのウェーハの下にサイズ（Ｓ、Ｍ、Ｌ）毎の残渣の数と、合計の残渣の数を併せて表した。すなわち、エッチバック前のタングステンの残渣の合計が５０７個であったのに対して、エッチバック後の残渣の合計は２８５１個にまで激増している。

【００４９】

これに対して、成膜時に窒素を３００ｓｃｃｍ添加したサンプルでは、エッチバック前

の残渣の合計が５５９個であるのに対して、エッチバック後の残渣の合計は９１５個であり、残渣の増加は激減している。

【００５０】

またさらに、成膜時に窒素を５００ｓｃｃｍ添加したサンプルでは、エッチバック前の残渣の合計が３０６個であるのに対して、エッチバック後の残渣の合計は４０７個であり、残渣の増加はさらに抑制されていることが分かる。

【００５１】

以上説明したように、成膜時に窒素ガスを添加することにより、エッチバック後の残渣の発生を効果的に抑制できることが確認できた。

なお、WF_6ガスの代わりに、タングステン原子を含む無機系のガスや有機系のガスを用いることができるのは前述したとおりである。また、ソースガス２０に希ガス（Ｈｅ、Ａｒ、Ｎｅなど）をさらに添加したり、水素ガスに変えてアンモニアガスやモノシラン（SiH_4）等の還元性ガスを使用することもできる。そして、ソースガス２０の成分比も適宜変更することが可能である。

【００５２】

さらにまた、処理圧力も前述した具体例に限定されるわけではなく、適宜変更が可能であるが、１Ｐａ～１５ＫＰａ程度であることが望ましい。

同様に、基体温度もこれに限定されるものではなく適宜変更が可能であるが、３５０～５００℃程度であることが望ましく、処理効率を考慮すると４１５～５００℃がより望ましい。

また、本具体例では、成膜元素をタングステンとして説明したが、結晶構造が同じ体心立方格子構造を有するタンタル（Ｔａ）、モリブデン（Ｍｏ）、クロム（Ｃｒ）、ニオブ（Ｎｂ）、バナジウム（Ｖ）、ユウロピウム（Ｅｕ）などでも同様の効果を得ることができる。

【００５３】

また、本発明者は、ルテニウム（Ｒｕ）を成膜元素とした場合でも、本発明の効果が有るとの知見を得た。ルテニウム（Ｒｕ）の結晶構造は、六方最密充填構造であるので前述のタングステンなどの体心立方格子構造とは異なる。そして、ルテニウムの場合、最密面である（０００１）面が配向しやすく、また、（０００１）配向した薄膜はエッチングされにくく残渣が生じやすい傾向が認められた。

これに対しても、ルテニウムの成膜に際して窒素ガスを添加すると、（０００１）配向の傾向が低下し、これに伴ってエッチング工程の際のエッチング速度が上昇し残渣も減少することが分かった。

【００５４】

次に、本発明の実施の形態に用いることができる製造装置を説明する。

図７は、熱ＣＶＤ処理装置の構造を例示する模式図である。

この熱ＣＶＤ装置は、減圧雰囲気が維持可能な処理チャンバ１００と、この処理チャンバ１００の上面および下面に設けられた平板状のヒータ１４０と、処理チャンバ内に位置しウェーハなどの基体４０を載置して保持するための治具１３０とを備える。

【００５５】

また、処理チャンバ１００の側面には、処理空間に混合ガスＧ１（例えば、WF_6ガス＋水素ガス＋窒素ガス）を導入するためのガス導入管１１０と、その対面には排出ガスＥ１を処理チャンバ１００の外部へ排出するためのガス排出管１２０が設けられている。

【００５６】

次に、本装置の作用を説明する。

処理チャンバ１００内に図示しない搬送手段により基体４０を搬入し、治具１３０に載置、保持させる。ガス排出管１２０に接続された図示しない排気手段により、処理チャンバ１００内を所定の圧力まで減圧する。混合ガスＧ１をガス導入管１１０から処理チャンバ１００へ所定量導入する。治具１３０（基体４０）をヒータ１４０により所定温度まで加熱する。混合ガスＧ１は処理チャンバ１００内を矢印の方向に進み、加熱されることに

より活性化され、還元性ガス（例えば、水素ガス）の還元作用によりタングステンを基体４０に析出する。

【００５７】

この時、窒素ガスの添加量をソースガス量の２倍以上、または、通常行われるプロセス条件を考慮して添加流量を２０００ｓｃｃｍ以上にすることで、エッチングのしやすい結晶を成長させることができる。

【００５８】

成膜処理の完了後、処理チャンバ１００の残余の反応生成物をガス排出管１２０から排出し、処理チャンバ１００内を大気圧環境に戻す。その後、図示しない搬送手段により基体４０を搬出する。

【００５９】

なお、前述したとおり、本発明に用いることができる装置は熱ＣＶＤ装置に限定されるわけではなく、プラズマ、光エネルギー、レーザなどを用いた化学的気相成長法（ＣＶＤ法）に使用する装置を適宜選択して使用することができるし、処理条件においても窒素ガスの添加量以外はプロセスに合わせて適宜選択、変更することができる。

【００６０】

図８は、本発明の実施の形態に用いることが出来るケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置）の模式断面図である。

このケミカルドライエッチング装置には、処理チャンバ１００と、この上部天井部分に連通するように接続されたガス輸送管１７１と、が設けられている。このガス輸送管１７１には誘電体（例えば、石英やアルミナ）からなる放電管１７０が接続されている。そして、放電管１７０に対して直交するようにマイクロ波導波管１５０が接続されている。マイクロ波導波管１５０の放電管１７０に面する部分には、マイクロ波Ｍを放電管１７０に向けて放射する環状のスロット１６０が設けられている。放電管１７０の一端には、ガス導入管１１０が取り付けられている。また、処理チャンバ１００の底部には排気管１２０が接続されており、排気管１２０の他端には図示しない真空ポンプなどの排気手段が接続されている。この排気手段により処理チャンバ１００内を排気Ｅ２するとともに、これに連通するガス輸送管１７１や放電管１７０をも排気し、所定の減圧雰囲気を維持する。処理チャンバ１００の内部の処理室１００ａには、基体４０を載置するための載置台１３０が設けられている。

【００６１】

次に、このＣＤＥ装置の作用について説明する。

図示しない真空ポンプなどの排気手段により、処理チャンバ１００内から放電管１７０内が所定の圧力まで減圧される。一方、放電管１７０内にはガス導入管１１０を介して、図示しないガス供給手段からエッチングガスＧ２（例えば、CF_4とO_2の混合ガスなど）が導入される。また、マイクロ波導波管１５０に接続された図示しないマイクロ波発生手段より発生させたマイクロ波Ｍは、マイクロ波導波管１５０により放電管１７０の方向に導かれた後、環状のスロット１６０から放電管１７０内に放射される。このようにして放射されたマイクロ波ＭによりプラズマＰが発生し、エッチングガスＧ２が分解、活性化されて中性活性種やイオンが生成される。生成された中性活性種やイオンはガス輸送管１７１内を処理室１００ａへと送られ、処理室１００ａに載置されている基体４０の処理がおこなわれる。なお、ケミカルドライエッチングの場合は、寿命の短いイオンは輸送途中で消失する。そのため、寿命の長い中性活性種のみが処理室１００ａまで到達し、この処理室１００ａに送られた中性活性種Ａにより基体４０のエッチング処理が行われる。

【００６２】

図９及び図１０は、本発明の実施形態にかかる半導体集積回路装置の製造工程を例示する工程断面図である。

また、図１１～図１４は、半導体集積回路装置の比較例の製造工程を示す模式図である。

すなわち、これらは、半導体集積回路装置の層間接続部の製造工程を例示する模式図で

ある。
まず、先に、図１１～図１４に表した比較例の製造工程について説明する。
【００６３】
図１１（ａ）に表したように、高濃度ｐ型シリコン基体３００の上部に、ＣＶＤ法によりｎチャンネル層３１０、SiO_2層３３０を順次積層する。そして、リソグラフィー工程、エッチング工程をへてSiO_2層３３０にアスペクト比の大きいコンタクトホール３４５を形成する。
【００６４】
スパッタ法でＴｉ膜を堆積させ、アルゴン（Ａｒ）雰囲気中でアニールを行い、このＴｉ層と下地のｎチャンネル層３１０を反応させてコンタクトホール３４５の底面に$TiSi_2$層３２０を形成させる。この時、コンタクトホール３４５の側壁及びSiO_2層３３０上のＴｉ層は下地がSiO_2からなる層間絶縁膜であるため、シリサイド化されない。次に、コンタクトホール３４５の側壁及びSiO_2層３３０上の未反応Ｔｉ層を、アンモニア過水などによってエッチング除去する。その後、ＣＶＤ法によりＴｉＮ膜３４０を形成する。
【００６５】
次に、同図（ｂ）に表したように、窒素（N_2）ガスを添加しないソースガスを用いてＣＶＤ法により、タングステン膜７０を堆積させる。
【００６６】
次に、ケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置）によりエッチバックを行い、不要なタングステン膜を除去し、所望のコンタクトプラグ３６０を形成したところ、図１１（ｃ）に示すように残渣３９０が発生した。
ここで、ＣＶＤ処理は、WF_6ガス５０ｓｃｃｍとH_2ガス５００ｓｃｃｍとからなる混合ガスを用い、圧力２ＫＰａの条件にて実施した。
また、エッチバック処理は、反応ガスとしてCH_4ガス６０ｓｃｃｍ、O_2ガス１９０ｓｃｃｍとの混合ガスを用い、処理圧力を３０Ｐａとした。
【００６７】
残渣３９０をＸ線回折法により調査した結果、基体３００の主面に対して平行な結晶面が（１１０）に近い方位を有するタングステンであることが判明した。この残渣３９０を除去せずに、導電性金属を用いて電極や配線を形成すると、その残渣３９０に起因した表面リーク電流あるいは配線間の短絡が発生する。
【００６８】
この問題を防ぐため、図１２（ａ）に表したように、ＣＭＰ（Chemical Mechanical Polishing）法により、この残渣３９０をＴｉＮ層３４０ごと除去し、同図（ｂ）に表すように、再度ＴｉＮ層３４０をＣＶＤ法を用いて形成させ、タングステンコンタクトプラグ３６０のみを開口するように、リソグラフィー工程、ＲＩＥ（Reactive Ion Etching）装置によるエッチング工程をへて図１２（ｂ）に示すようにＴｉＮ層３４０を開口した。
【００６９】
以上説明したように、ソースガスと水素ガスのみを用いてタングステンコンタクトプラグを形成すると、タングステンの残渣３９０が発生する。そのため、ＣＭＰ工程が必要となり、製造工程の増加に伴うリードタイムの増加、歩留まりの低下、製品品質の低下などが生じる。
【００７０】
次に、図１３に示す、比較例の半導体集積回路装置の製造工程においてＲＩＥ（Reactive Ion Etching）装置によるエッチバックをする場合を説明する。
図１３（ａ）、図１３（ｂ）の工程は、図１１（ａ）、図１１（ｂ）と同様なので説明は省略する。本比較例においては、ＴｉＮ層３４０の上にあるタングステン膜７０をＲＩＥ（Reactive Ion Etching）装置を用い除去し、コンタクトプラグ３６０を形成する。エッチングガスとしては、CF_4ガスとO_2ガスの混合ガスを用いた。
【００７１】

ここで、前述したように、ＲＩＥ（Reactive Ion Etching）装置による処理では、図１３（ｃ）に示すようにＴｉＮ層３４０Ｄ上にダメージが残る。そのため、図１４（ａ）に示すように、ダメージを受けたＴｉＮ層３４０ＤをＣＭＰ処理などにより除去し、図１４（ｂ）に示すように再度ＴｉＮ層３４０を形成した後、リソグラフィー工程、エッチング工程をへてＴｉＮ層３４０を再度開口するか、ダメージ層を回復させる処理が別途必要となる。

【００７２】

以上、この比較例では、タングステン原子を含むソースガスと、水素ガスからなる還元ガスと、を用いてタングステンコンタクトプラグを形成する場合、ＲＩＥ（Reactive Ion Etching）装置でエッチバック（エッチング）処理をすれば、タングステンの残渣を無くすことができるが、ＴｉＮ層３４０Ｄにダメージが残る。そのため、再度ＴｉＮ層３４０を成膜し直すかダメージ回復処理をしなければならない。その結果、製造工程の増加に伴うリードタイムの増加、歩留まりの低下、製品品質の低下などが生じる。

【００７３】

これに対して、本実施形態によれば、結晶構造が体心立方格子構造の金属、または、ルテニウムを確実且つ容易にエッチバック可能とした膜質を得ることができる。

【００７４】

図９に表した本発明の実施形態にかかる半導体集積回路装置の製造工程を説明する。ここで、図１１に関して前述した比較例の製造工程と、同じ部分には同符号を付し説明は省略する。

まず、図９（ａ）に示すように、比較例と同じ手順でコンタクトホール３４５を開口し、ＴｉＮ層３４０を成膜する。

【００７５】

次に、同図（ｂ）に示すように、タングステン原子を含むソースガス２０と、シランガス及び水素ガスの混合ガスを有する第１還元ガス１５と、キャリアガスからなるアルゴンガスと、からなる混合ガスを用いて、以下の成膜条件により成膜すると、ＴｉＮ層３４０の主面上にラングステン原子を含む核１０Ａを複数形成する。

ここで、成膜条件は、WF_6ガスが３０ｓｃｃｍ、SiH_4が１５ｓｃｃｍ、H_2ガスが１０００ｓｃｃｍ、Ａｒガスが１０００ｓｃｃｍとし、チャンバ内圧力を４ＫＰａ程度、チャンバ内温度を４００°とする。

【００７６】

さらに、図９（ｃ）に表すように、上述した同図（ｂ）と同様のタングステン原子を含むソースガス２０と、水素ガスを有する第２還元ガス１５と、窒素ガス３０からなる触媒ガスと、Ａｒガスとしてキャリアガスと、からなる混合ガスを用いて、以下の成膜条件により、再度、タングステン原子を含む核を有するＴｉＮ層３４０の主面上に熱ＣＶＤ法により成膜処理を施し、タングステン膜１０Ｂを成膜する。

【００７７】

ここで、成膜条件は、WF_6ガスが９５ｓｃｃｍ、H_2ガスが７００ｓｃｃｍ、窒素（N_2）ガスとアルゴン（Ａｒ）ガスの混合比が３０体積％以上となるようにN_2ガスが５００ｓｃｃｍ、Ａｒガスが１０００ｓｃｃｍとし、チャンバ内圧力を１２ＫＰａ程度、チャンバ内温度を４７５°からなる。

【００７８】

次に、図１０に示すように、ケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置）によるエッチバック（エッチング）処理を行い、コンタクトプラグ３６０を形成する。この時、タングステンの残渣の有無を、顕微鏡とＸ線回折法により評価した結果、タングステンは実質的に検知されず、タングステンの残渣は存在しないことを確認した。

【００７９】

以上説明したように、本実施形態によれば、タングステン膜１０形成の際に使用するソースガスに所定量の窒素（N_2）ガスを添加することにより、エッチングの容易な結晶面を優先的に成長させることができ、中性活性種を主体としたダメージの少ないエッチバッ

ク（エッチング）処理を行ってもタングステンなどの残渣の発生をなくすことができる。

そのため、製造工程の高信頼化及び簡略化ができ、歩留まりや品質などの向上が可能となる。

【００８０】

なお、説明の便宜上、半導体集積回路装置の製造の場合を説明したが、本発明はこれに限定されるわけではなく、他の種類の半導体装置、液晶表示装置、マイクロアクチュエータなどの各種電子デバイスの製造に適用できる。また、コンタクトプラグ形成のみならず配線などにも適用できるのは言うまでもない。

【００８１】

以上、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれら実施の形態に示した具体例に限定されるわけではない。

【００８２】

例えば、本発明にかかる半導体装置の製造方法において用いる、ＣＶＤ法の窒素（N_2）ガス以外のガスの種類・組成比、処理圧力などや、中性活性種を主体とするエッチバック（エッチング）処理をする際のエッチングガスの種類・組成比・流量、処理圧力などの各種パラメーターについては、前述した具体例に限定されるものではなく、これらを如何ように変えたとしても、本発明の要旨を有するに限りにおいては、本発明の範囲に包含される。

【図面の簡単な説明】

【００８３】

【図１】本発明の実施の形態に係る成膜工程～エッチバック（エッチング）工程を例示する模式図である。

【図２】比較例の成膜工程～エッチバック（エッチング）工程を例示する模式図である。

【図３】タングステンを成膜する場合の成膜工程～エッチバック（エッチング）工程を例示する模式図である。

【図４】タングステンを成膜する場合の製造方法を例示するフローチャートである。

【図５】窒素（N_2）ガス３０の添加量とタングステン膜１０結晶面の強度比（（１１０）／（２００））との関係を示すグラフ図である。

【図６】エッチバック前後のウェーハ表面の残渣を観察した結果を表す模式図である。

【図７】本発明の実施の形態にかかる熱ＣＶＤ処理装置の一例である。

【図８】本発明の実施の形態に用いることが出来るケミカルドライエッチング装置（ＣＤＥ装置）の模式図である。

【図９】本実施形態にかかる半導体集積回路装置の工程断面図の実施例である。

【図１０】本実施形態にかかる半導体集積回路装置の工程断面図の実施例である。

【図１１】比較例の半導体集積回路装置の製造工程を例示する模式図である。

【図１２】比較例の半導体集積回路装置の製造工程を例示する模式図である。

【図１３】比較例の半導体集積回路装置の製造工程を例示する模式図である。

【図１４】比較例の半導体集積回路装置の製造工程を例示する模式図である。

【図１５】従来のコンタクトホールにタングステンを埋め込む工程を表す模式図である。

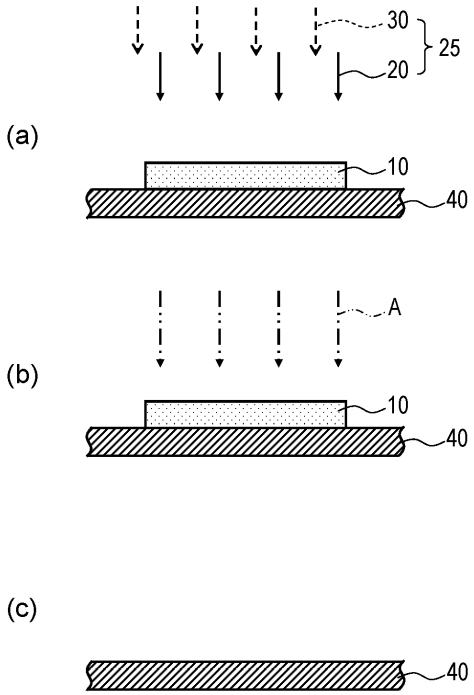
【符号の説明】

【００８４】

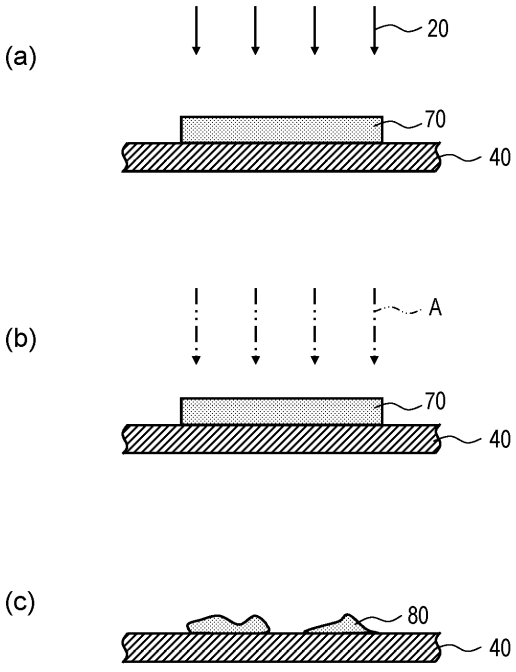
１０　金属膜、タングステン膜
２０　ソースガス
２５　混合ガス
３０　窒素（N_2）ガス
４０　基体
７０　タングステン膜
８０　残渣
３４５　コンタクトホール

３６０　コンタクトプラグ
３９０　残渣
Ａ　中性活性種

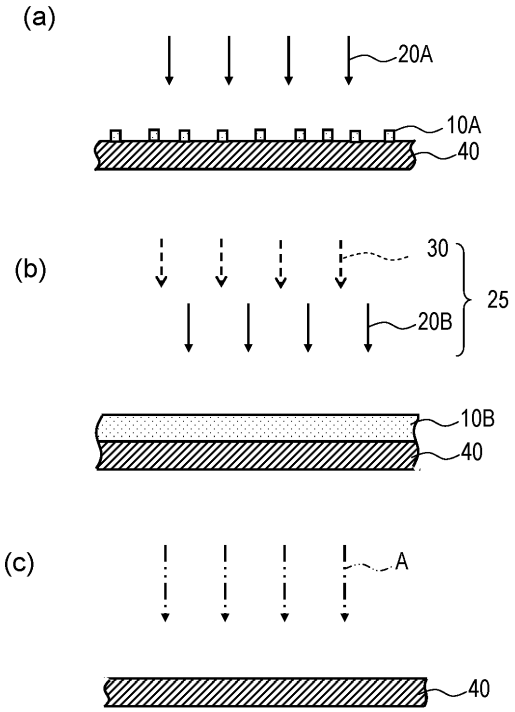
【図１】



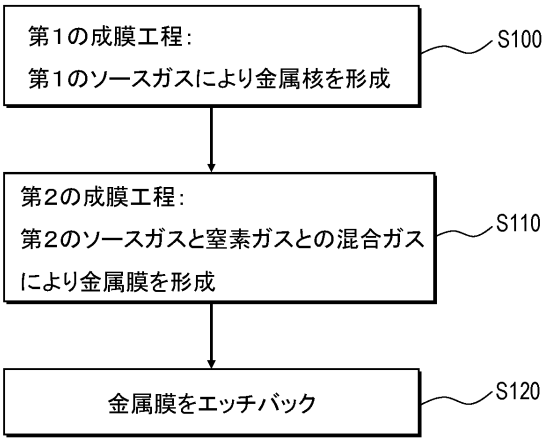
【図２】



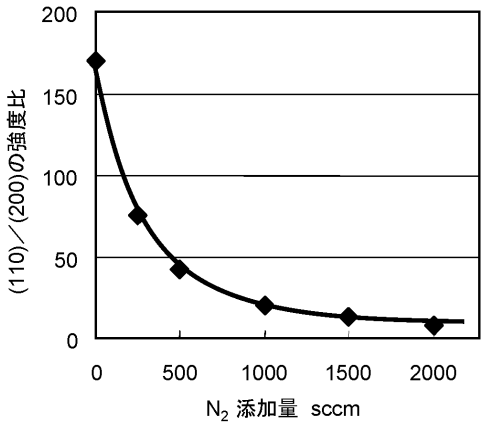
【図３】



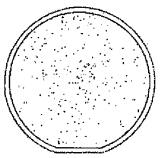
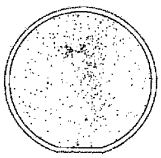
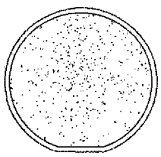
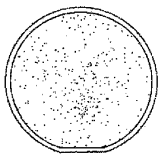
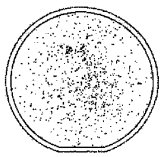
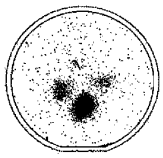
【図４】



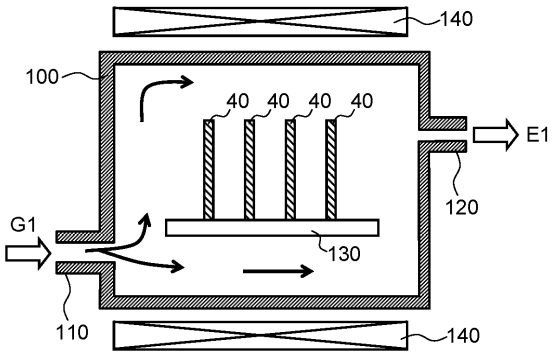
【図５】



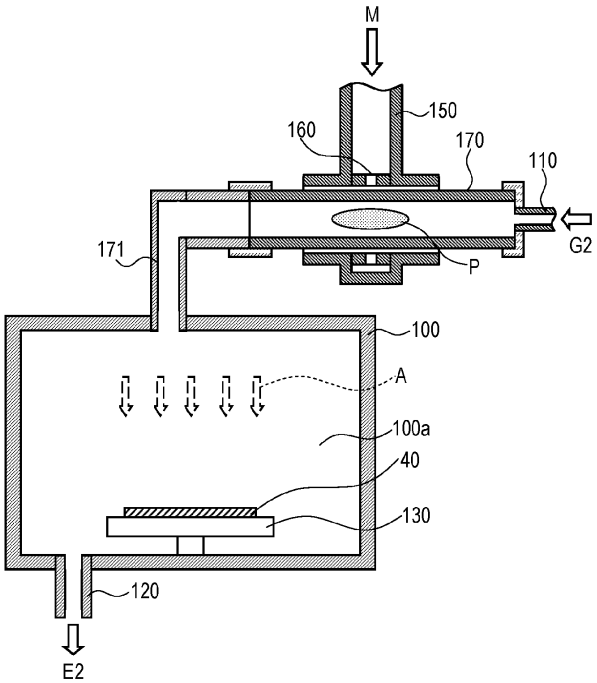
【図６】

	第2の成膜工程時のN2ガス添加量 sccm		
	500	300	0
エッチバック前	 残渣の数 サイズS:235個 サイズM:60個 サイズL:11個 合計:306個	 残渣の数 サイズS:445個 サイズM:95個 サイズL:19個 合計:559個	 残渣の数 サイズS:352個 サイズM:141個 サイズL:14個 合計:507個
エッチバック後	 残渣の数 サイズS:329個 サイズM:69個 サイズL:9個 合計:407個	 残渣の数 サイズS:771個 サイズM:125個 サイズL:19個 合計:915個	 残渣の数 サイズS:2671個 サイズM:133個 サイズL:47個 合計:2851個

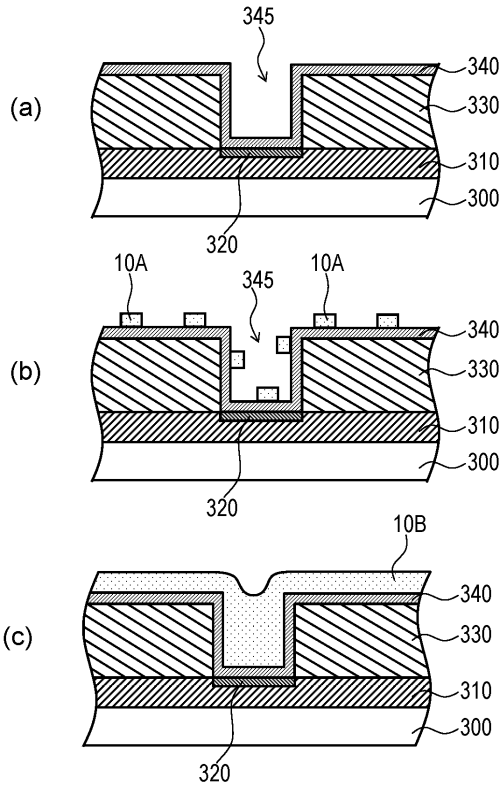
【図７】


140
100
40
40
40
40
E1
120
G1
130
110
140

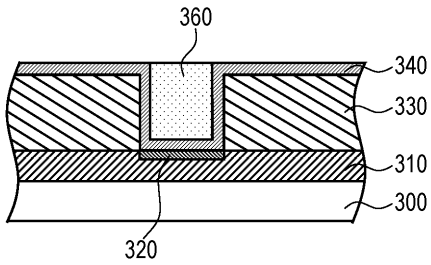
【図８】


M
150
160
170
110
G2
171
P
100
A
100a
40
130
120
E2

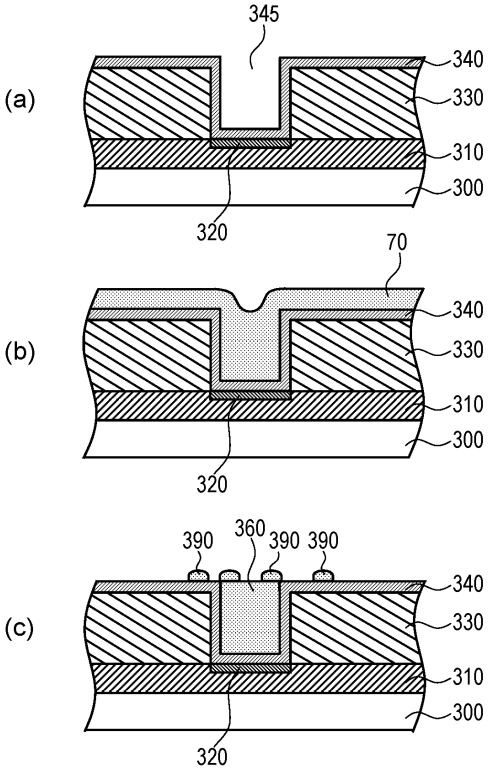
【図９】


(a)
345
340
330
310
300
320
(b)
10A
345
10A
340
330
310
300
320
(c)
10B
340
330
310
300
320

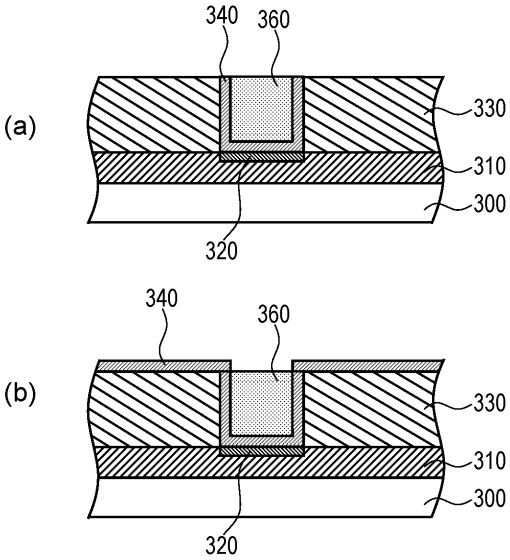
【図１０】


360
340
330
310
300
320

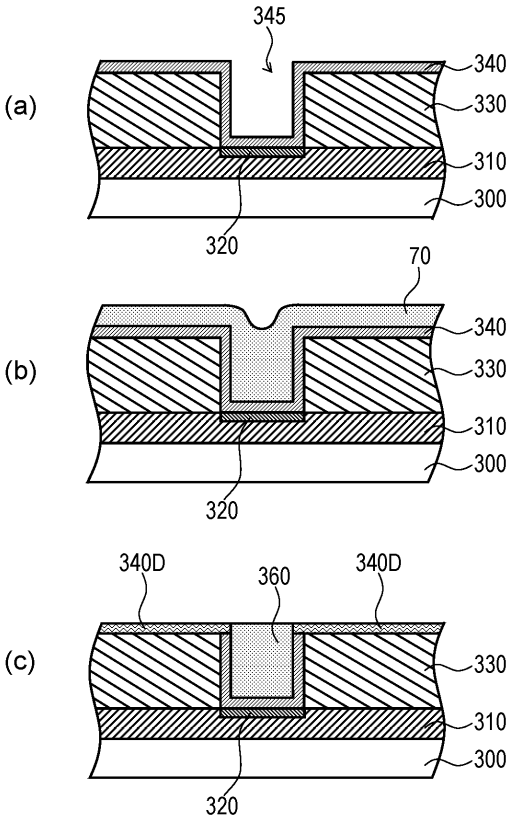
【図１１】



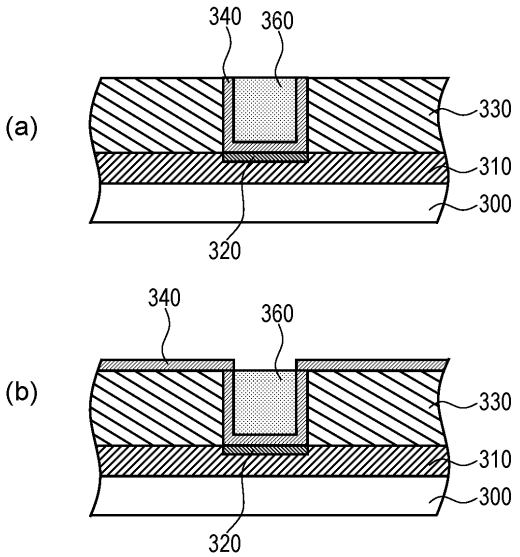
【図１２】



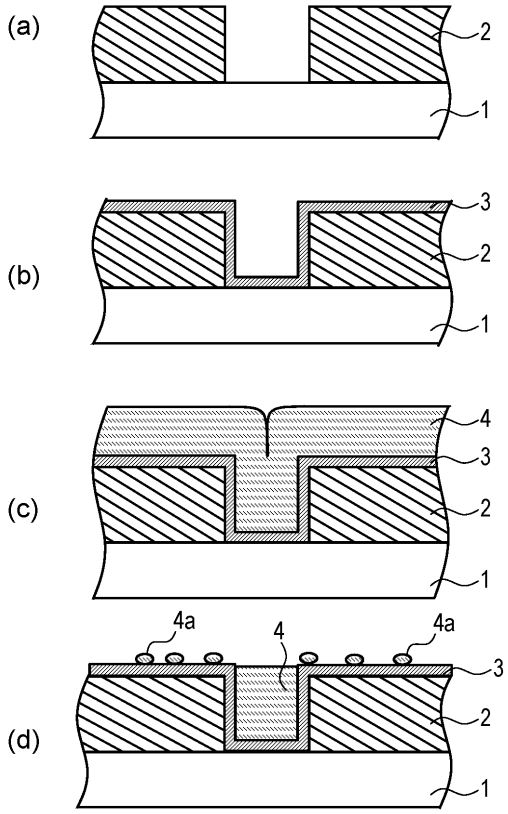
【図１３】



【図１４】



【図１５】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
H01L 21/90 C

(56)参考文献 特開平06－140348（JP, A）
特開平11－087269（JP, A）
特開平08－051153（JP, A）
特開平09－115860（JP, A）
特開平11－202156（JP, A）

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21／285
C23C 16／14
C23C 16／18
H01L 21／28
H01L 21／768