

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

成膜室を隔壁で仕切ることで複数のチャンバーを形成し、且つ各チャンバーを横切るように可動する可動部を有し、
各チャンバーはそれぞれ減圧排気装置、ガス導入口及び蒸気源となるターゲットの保持部を有し、
可動部が各チャンバーを横切るように成膜室を複数のチャンバーに仕切ったことで可動部、隔壁及び成膜室内壁の組み合わせ間に生じ得る隙間を、ガスが他のチャンバーに混入しないように、隣接チャンバー間に形成された隙間断面積 S を粘性流が生じない所定の大きさ以下にしたことを特徴とする複合膜の成膜装置。

10

【請求項 2】

チャンバー内のガス圧を P [Pa] とし、隙間断面積 S を内径 D [m] の円筒断面積に換算した場合に $P \times D < 0.02$ [Pa · m] になるように隙間断面積 S を設定したことを特徴とする請求項 1 記載の成膜装置。

【請求項 3】

前記隔壁の端部に、成膜室内壁又は可動部に沿った仕切り側片部を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の成膜装置。

【請求項 4】

各チャンバーのガス導入量と排気量を調整することで、各チャンバー間で圧力差を生じさせる差動排気手段を有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の成膜装置。

20

【請求項 5】

成膜室を隔壁で仕切ることで複数のチャンバーを形成し、且つ各チャンバーを横切るように可動する可動部を有し、
各チャンバーはそれぞれ減圧排気装置、ガス導入口及び蒸気源となるターゲットの保持部を有し、
可動部は複合膜を成膜させる被処理物を保持するものであり、
可動部が各チャンバーを横切るように成膜室を複数のチャンバーで仕切ったことで可動部、隔壁及び成膜室内壁の組み合わせの間に形成される隙間であって、隣接するチャンバー間に形成された隙間の合計を隙間断面積 S とし、
チャンバー内のガス圧を P [Pa] とし、隙間断面積 S を内径 D [m] の円筒断面積に換算した場合に $P \times D < 0.02$ [Pa · m] になるように隙間断面積 S を設定し、各チャンバー毎に相互に異なる蒸気源又は γ 及びガス種を導入することを特徴とする複合膜の成膜方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はナノメートルサイズレベルのナノコンポジット膜および/またはナノ多層膜からなる複合化された膜を成膜する装置及びその成膜方法に関する。

スパッタリング、イオンプレーティング、蒸着等の PVD や、CVD に適用できる。

40

【背景技術】

【0002】

各種機能性薄膜や硬質保護膜に関する技術分野では、現在、ナノコンポジット膜やナノ多層膜が重要な位置を占めている。

しかし、例えば、ナノメートルサイズレベルの異なる材料で複合化されたナノコンポジット膜で説明すれば、PVD 等を用いて複合化する材料の組み合わせについては、熱力学的性質による制限が存在し、例えば、同一チャンバー内で窒化物と酸化物を複合化し作製する場合、酸化物・窒化物の生成自由エネルギー G の差異が大きな元素の組み合わせの場合に限られる。

例えば、反応スパッタ法で「酸化物 + 金属」のナノコンポジット膜が作製できるのは酸

50

化されにくい金属と酸化されやすい金属との組み合わせに限られる。

何故ならば、同一チャンパーで酸化物と金属のナノコンポジット膜を作製する場合、同じ雰囲気となるので、金属 A、B の酸化物生成自由エネルギー G に大きな差がない場合は両方とも酸化物になるからである。

特許文献 1 に示すような同心円上に複数配置したターゲットを使用しても G に係る制限は基本的に同じであり、膜中の異相間界面の急峻性に劣る。

従って、酸化物と窒化物との組み合わせはさらに困難である。

特許文献 2 に完全に隔離したマルチチャンパー方式を開示する。

しかし、バルブの開閉に時間を要するため、異種膜を積層できてもナノコンポジット膜の作製はできない。

また、特許文献 3 に同一チャンパー内を仕切り部材で仕切り、ソースの加熱温度に高低差を設ける技術を開示する。

しかし、同技術はチャンパー内のガス圧は一定であり、適用できるソースの組み合わせに限界がある。

他方、上記ナノコンポジット膜で問題となるような材料の組み合わせを用い、同一チャンパー内でナノメートルサイズの厚さの膜を積層したナノ多層膜を作製する場合は、各層の成膜ごとに雰囲気ガスを変えることにより、ナノコンポジット膜の作製時に発生するような問題は発生しないと考えられる。

しかし、雰囲気ガスを変更しても変更前の残留ガス成分が残っていると積層界面が不明確になり、積層の効果が十分に得られない恐れがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2000 - 282230 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 242054 号公報

【特許文献 3】特開 2008 - 19459 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は異なる金属間、金属と酸化物、金属と窒化物、酸化物と窒化物等、複合化する材料の組合せが自由に調整できるナノコンポジット膜および/またはナノ多層膜を成膜できる装置及び方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る成膜装置は、成膜室を隔壁で仕切ることで複数のチャンパーを形成し、且つ各チャンパーを横切るように可動する可動部を有し、各チャンパーはそれぞれ減圧排気装置、ガス導入口及び蒸気源となるターゲットの保持部を有し、可動部が各チャンパーを横切るように成膜室を複数のチャンパーに仕切ったことで可動部、隔壁及び成膜室内壁の組み合わせ間に生じ得る隙間を、ガスが他のチャンパーに混入しないように、隣接チャンパー間に形成された隙間断面積 S を粘性流が生じない所定の大きさ以下にしたことを特徴とする。

ここで、隣接するチャンパー間の隙間は、可動部の構造により相違し、例えば図 1 に示した成膜装置は可動部 (11) の表面 (下面) と隔壁 (12) の間に主な隙間ができ、図 12 に示した成膜装置は図 1 における上仕切り板 (19) がなく、円盤状の可動部 (11) が成膜室 (10a) の内壁に沿って回転する場合で、可動部 (11) と成膜室内壁との間にも隙間ができる。

また、図 13 に示した成膜装置は、隔壁 (112) が可動部 (11) とともに公転するから、隔壁と成膜室内壁との間に隙間ができる。

本発明における隙間断面積 S とは上記のように各種構造により形成される隙間のうち、隣接するチャンパー間にガスが移動するのを抑えた隙間の面積の合計をいう。

なお、成膜室内壁とは成膜室の側面内壁のみならず、例えば図1における可動部(11)と上仕切り板(19)の内周側上面との間が摺接していなく、隙間が形成された場合等、成膜室を構成するための仕切板等も含まれる。

本発明は、チャンパー内のガス圧を P [Pa] とし、隙間断面積 S を内径 D [m] の円筒断面積に換算した場合に $P \times D < 0.02$ [Pa・m] になるように隙間断面積 S を設定するのが好ましい。

なお、成膜材料や成膜条件によっては後述するように 0.02 [Pa・m] $P \times D < 0.8$ [Pa・m] の中間流の範囲でもよい。

本発明は、前記隔壁の端部に、成膜室の内壁又は可動部に沿った仕切り側片部を有するようにしてもよく、また各チャンパーのガス導入量と排気量を調整することで、各チャンパー間で圧力差を生じさせる差動排気手段を有するようにすることもできる。

【0006】

本発明にあって、複数のチャンパーに仕切った隣接チャンパー間に形成される隙間を所定の隙間断面積 S 以下にした理由は次のとおりである。

例えば、スパッタリングにおいては、真空(減圧)チャンパー内にターゲットを装着し、イオン化ガスを導入する場合に例えばターゲットに金属アルミを用いる場合と、 SiO_2 等の絶縁性物質を用いる場合では減圧条件が相違し、イオン化ガスとしてアルゴンのような希ガスを用いる場合の他に酸素や窒素のような反応性ガスを導入したい場合もある。

その一方でナノコンポジット膜を成膜するには、被処理物を異なる蒸気源のチャンパー内に連続的に通過させる必要がある。

そこで成膜室を隔壁で仕切り、2つ以上の複数のチャンパーを形成し、チャンパー毎にそれぞれ独立した減圧排気装置、ガス導入口を設けるとともに高電圧を印可し、各チャンパー毎にスパッタリング現象を発現させつつ、被処理物が各チャンパー間に移動できるように隔壁と成膜室内壁又は可動部との間あるいは可動部と成膜室内壁との間に所定の隙間を設定した。

本発明にあっては、この隙間を適正に設定した点に特徴がある。

【0007】

真空ハンドブック改訂版(1982年版 真空ハンドブック編集委員会:編集日本真空技術株式会社), P36には、「円管の直径 d [m] で円管内の平均圧力 p [Pa] の場合に $pd < 0.015$ [Torr・cm] の条件下では気体分子の平均自由行程が管径 d に比べて大きく、気体の分子は他の分子とぶつからず、ほとんど管壁にだけ衝突しながら流れる。」と記載されている。

また、 $pd > 0.6$ [Torr・cm] の条件下では分子同士が衝突しあい、粘性流となり流れに影響を与えると記載してある。

なお、2002年7月発行新版 真空ハンドブック(株式会社アルバック編 オーム社) P.40 第一章 表1.7.1に $pd > 0.8$ [Pa・m] で粘性流になると記載されている。

また、SEIテクニカルレビュー No.176(2010年1月,住友電気工業発行) P.2には、 $pd < 0.02$ [Pa・m] で分子流が、 $pd > 0.68$ [Pa・m] で粘性流がそれぞれ生じると記載されている。

本発明者らは、これらの文献内容をヒントに例えばスパッタリングにおいて、ガス圧を $0.1 \sim 0.3$ Pa レベルにした場合にアルゴン、酸素、窒素等の平均自由行程は $2 \sim 6$ cm と想定されることから隔壁と可動部又は成膜室内との隙間を $1 \sim 3$ mm のレベルに制御できれば各チャンパーの間に分子・イオンの移動(クロスコンタミネーション)を抑えることができることを見出した。

このようにするとガスの導入量と排気量との調整により各チャンパー間でガス圧に差を設けることができ、ターゲット材料に応じた差動排気が可能であり、前記隙間断面積 S は排気口断面積の2%以下であることが好ましい。

【0008】

本発明に係る複合膜の成膜方法は、成膜室を隔壁で仕切ることで複数のチャンパーを形

成し、且つ各チャンバーを横切るように可動する可動部を有し、各チャンバーはそれぞれ減圧排気装置、ガス導入口及び蒸気源となるターゲットの保持部を有し、可動部は複合膜を成膜させる被処理物を保持するものであり、可動部が各チャンバーを横切るように成膜室を複数のチャンバーで仕切ったことで可動部、隔壁及び成膜室内壁の組み合わせの間に形成される隙間であって、隣接するチャンバー間に形成された隙間の合計を隙間断面積 S とし、チャンバー内のガス圧を P [Pa] とし、隙間断面積 S を内径 D [m] の円筒断面積に換算した場合に $P \times D < 0.02$ [Pa・m] になるように隙間断面積 S を設定し、各チャンバー毎に相互に異なる蒸気源又はノ及びガス種を導入することを特徴とする。

ここで異なる蒸気源ターゲットとしては異なる金属、金属と絶縁性材との組み合わせが考えられ、ガス種としては希ガスの他に酸素や窒素等の反応性ガスを組み合わせてもよい。

この際、反応性の強いガス（例えば酸素）を流すチャンバー（A）の圧力を隔壁で仕切った反対側のチャンバー（B）の圧力よりも低く設定すると、チャンバー（A）からのチャンバー（B）への反応性ガスの流入をより効果的に防止することができる。

なお、 $0.02 < P \times D < 0.8$ [Pa・m] の条件下では粘性流と分子流の中間流が生じる。

このような条件下では、通常の PVD 等で用いられる $1 Pa$ 以下のガス圧力において、所定の隙間（隙間断面積）を形成した隔壁であっても、この隔壁で仕切った左右のチャンバーの圧力差を保つことは比較的容易に行えるので、他チャンバーからのガスの流入を防ぎたいチャンバーの圧力をその他チャンバーよりもやや高く保つことによりコンタミネーションを防止することができる。

しかしながら、 $P \times D > 0.8$ [Pa・m] の条件下では粘性流となり左右のチャンバーの圧力差を所定に保つことが実用上難しくなる。

【発明の効果】

【0009】

本装置を用いると、従来の膜では実現できなかった組み合わせでナノコンポジット膜が製造可能であるため、たとえば 1000 を超える超耐熱性を有する耐酸化性硬質保護膜や 700 以下で動作する高性能固体電解質膜を実現できる可能性がある。

磁性膜や半導体膜の分野でも研究対象となりうる材料の組み合わせが拡大できるため、本発明に係る成膜装置、成膜方法は波及効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係る複合膜の成膜装置の構造例を示す。

【図2】成膜室の内部斜視図を示す。

【図3】隔壁上端部の部分拡大図を示し、(a)はプレート状、(b)はL字形状、(c)はT字形状の例を示す。

【図4】実施例2における条件2のプラズマスペクトルのチャートから条件1のプラズマスペクトルのチャートを差し引いた差分チャートを示す。

【図5】実施例2における条件3のプラズマスペクトルのチャートから条件1のプラズマスペクトルのチャートを差し引いた差分チャートを示す。

【図6】 Al/SiO_2 複合膜における Al の分析チャートを示す。

【図7】右チャンバーに流す O_2 ガス量を一定にし、 Ar ガス量を変化させた際の左チャンバーの O_2 分圧測定結果を示す。

【図8】表2の条件A、B、Cにおける左チャンバーのOESチャートを示す。

【図9】条件Aのスペクトルを基準にした(a)条件Bの差分を示し、(b)条件Cの差分を示す。

【図10】(a)左チャンバーにターゲット Al 、 $Ar + N_2$ ガス、右チャンバーにターゲット Al_2O_3 、 Ar ガスの条件にてスパッタリングした皮膜のXRD分析結果を示す。(b)1つのチャンバー内にターゲット Al_2O_3 を装着し、 $Ar + N_2$ ガスにてスパッタリングした皮膜のXRD分析結果を示す。

【図11】(a)左チャンバー Al 、 $N_2 + Ar$ ガスの条件にて成膜した皮膜のTEM像

10

20

30

40

50

を示す。(b)左チャンバー $Al, N_2 + Ar$ ガス及び右チャンバー Al_2O_3, Ar ガスの条件にて成膜した皮膜のTEM像を示す。

【図12】可動部と成膜室内壁に隙間が形成される例を示す。

【図13】3元系の複合膜の成膜装置の例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明に係る成膜装置は、複数のチャンパー間に分子・イオンのコンタミネーションを生じさせないようにした点に特徴があり、2つ以上のチャンパーを有するものであれば仕切ったチャンパー数に制限はない。

図1に模式的に示した構造例は断面円形のドラム形状からなる成膜室10の中央部に隔壁12を設けてチャンパーを2つに仕切った例を示す。

成膜室10の上部には円盤状の可動部11が中央部のモーターからなる駆動源20にて各チャンパーを横切るように回転する。

図2に成膜室10の内部斜視図を示し、図2(c)に示したような成膜室10の上部に(b)に示すように上仕切り板19を取り付け、この上仕切り板19の中央孔19aに(a)に示した可動部11が位置する。

本実施例は、図1に示すように可動部下面(表面)外周部と上仕切り板19の内周部上面とが摺接しながらシールするシール部19bとなっているが、この部分に隙間が形成された場合も含まれる。

また、可動部11が上記中央孔19aの内側に入り込んだ構造も考えられ、その場合に可動部11の側面と中央孔19aの端部との間に隙間が形成されることもある。

可動部11には基板等の平板状の被処理物30の保持部11aを有する。

図1にて可動部11の下面及び被処理物30の表面と、隔壁12の上端部との間に所定の隙間 d_0 を形成するように設定してある。

図2にて、上仕切り板19と隔壁12の上端部12bとは密着しているのが望ましいが、可動部11の下面が回転する中央孔19aの部分においては、この回転する可動部11の下面と隔壁12の上端部との接触・摺動を防止するために所定の隙間を設ける必要があるが、その距離、換言すれば開口部断面積はできる限り小さいことが好ましい。

しかし、各部材の熱膨張や可動部の芯振れなどを考慮して決める必要があり、通常は1~3mm程度以下の隙間を形成するのがよい。

その部分断面図を図3に示す。

(a)は隔壁12と可動部11の下面との隙間 d_1 をプレート状の調整板12aで調整できるようにしたものであり、(b)は調整板の上端部にL字状の側片部12cを形成し、隙間 d_2 を調整した例で、(c)はT字状の側片部12dを形成し、隙間 d_3 を調整した例である。

この側片部12c, 12dの図3では左右方向の幅の長さLに反比例して隙間部分のコンダクタンス(=排気抵抗の逆数)が小さくなるので、Lが長い方が分子・イオンの移動を抑える効果が高く、左右方向の幅の長さは、隙間 $d_1 \sim d_3$ の距離の3倍以上が好ましい。

この調整板は必ずしも剛性の高い金属板で構成する必要はなく、たとえば厚さ100 μ m程度のアルミ foil またはそれにセラミックコーティングしたもの、あるいは成膜条件によっては耐熱性のシリコンゴム製のプレートなどを使用してもよい。

この場合はプレート(調整板)の上端部が可動部と接触しても機器へのダメージがほとんど生じないので、隙間を極力小さくできる利点がある。

【0012】

図1に示すように、各チャンパーにはそれぞれ独立して、ターゲットA, Bの保持部15A, 15Bを有し、この保持部15A, 15Bと被処理物30を保持した可動部の間には、プラズマを出現させるのに必要な高圧の電圧を印可するための電源16A, 16Bをそれぞれ有する。

本実施例では平衡マグネトロン陰極に高周波を印加する例となっている。

10

20

30

40

50

各チャンパーにはそれぞれ独立して排気口 14 A , 14 B を有し、ゲートバルブ G V , 可変オリフイス V O にて排気量の調整が可能であり、ターボ分子ポンプ T M P 及びロータリーポンプ R P 等にて 0 . 5 ~ 0 . 1 P a レベルに減圧可能になっている。

各チャンパーに独立して、ガス導入口 13 A , 13 B を有し、アルゴン等の希ガスやそれに加えて酸素、窒素等の反応性ガスを所定割合導入可能になっていて発光分光分析器 O E S にてプラズマ中のイオンの分析が可能になっている。

また、必要に応じてヒーター 17 にて被処理物 30 の加熱が可能になっている。

この際に、可動部 11 を成膜速度に比べ十分に速い回転速度で連続回転すればナノコンポジット膜が形成され、各ターゲットの直上で被処理物 30 を所定時間停止させる「ステップ回転」を行えばナノ多層膜が形成される。

10

【実施例 1】

【0013】

図 1 に示した内径約 500 mm の成膜室からなる成膜装置を用いて、隙間 $d_0 = 1 \text{ mm}$ 、隙間断面積 $S = \text{約 } 1000 \text{ mm}^2$ に設定し、左チャンパーを 0.3 Pa (SiO_2)、右チャンパーを 0.1 Pa (Al) に保持したままアルゴンガスにて同時放電を行い、10 回 / rpm にて連続回転させることにより SiO_2 と金属 Al の複合膜が得られた。

なお、排気口の断面積は 62800 mm^2 であり、隙間断面積 S はその 2% 以下であった。

【実施例 2】

【0014】

図 1 の装置を用いて左のチャンパーには Al ターゲット、右のチャンパーには SiO_2 ターゲットを装着し、それぞれ下記の条件で放電実験を行った。

その際に左側のチャンパーに取り付けたプラズマ分光分析器によりプラズマのスペクトルを検出し、条件 1 の放電実験でのプラズマスペクトルを基準にして、各放電条件でのスペクトルの変化を調べ、図 4 , 5 に条件 1 を基準にした差分を示す。

20

【0015】

【表 1】

| 条件 No. | 左チャンパー(Al) | | | 右チャンパー(SiO_2) | | |
|--------|------------|--------|------|--------------------------|---------|------|
| | ガス | 圧力 | 放電 | ガス | 圧力 | 放電 |
| 1 | Ar 10sccm | 0.08Pa | 200W | なし | <0.01Pa | なし |
| 2 | Ar 10sccm | 0.09Pa | 200W | Ar10sccm | 0.10Pa | 200W |
| 3 | Ar 10sccm | 0.1Pa | 200W | Ar30sccm | 0.26Pa | 200W |

30

【0016】

条件 2、および 3 では右チャンパーに酸素ガスを流していないが、 SiO_2 ターゲットを Ar 中で放電させると一部が分解して酸素イオンが発生する。

しかしながら、図 4 及び 5 のチャートからプラズマ分光分析器の検出限界以上の酸素イオンは左チャンパーに流入していないことが分かる。

40

これにより、隙間断面積 $S = 1000 \text{ mm}^2$ は円筒内径約 $D = 0.036 \text{ m}$ に相当するから $P = 0.26 [\text{Pa}] \times D = 0.036 [\text{m}] = 0.00936 < 0.02$ の範囲では各チャンパーでのクロスコンタミネーションが生じていないことが分かる。

【実施例 3】

【0017】

図 1 の装置にて左のチャンパーには Al ターゲット、右のチャンパーには SiO_2 ターゲットを装着し、左右とも Ar 流量 30 sccm、基板加熱なしの条件で放電し、可動部を 10 rpm で回転させ Al と SiO_2 を複合化する成膜実験を行った。

Al と SiO_2 の割合は各ターゲットへの印加電力を制御することにより調節した。

50

得られた膜の X 線回折パターンを図 6 に示す。

ピークはいずれも Al の存在を示すものであり、SiO₂ の割合が増加するにつれてピークの半価幅が小さくなっていることから Al の結晶子サイズが小さくなっていることが分かるが、Al が SiO₂ を還元した様子は見られない。

このことから、左右のチャンバーの分離により、Al と SiO₂ がチャンバー内で酸化還元反応を生ずることなく、複合化していることが分かる。

【実施例 4】

【0018】

図 1 の装置を用いて、隙間 $d_0 = 1 \text{ mm}$ 、隙間断面積 $S = \text{約 } 1000 \text{ mm}^2$ に設定し、左チャンバーの Ar ガス流量を 33 sccm に固定し、右チャンバーに O₂ ガス流量：0

10

・1 sccm と混合して流す Ar ガス流量を変化させた。
図 7 (a) に全圧の変化を示し、図 7 (b) に左チャンバーの O₂ 分圧の測定結果を示す。

(a) のグラフから右チャンバーの Ar ガス流量 (右側 Ar 流量) を多くすると右チャンバーの上昇率に比較して左チャンバーの上昇率が低い。

また、図 7 (b) のグラフで、 P_{O_2} が O₂ のバックグランド値を示し、上部の実線が仮に、右チャンバーに流した酸素が全て左チャンバーに流れたと仮定した場合の分圧値を示す。左チャンバーの O₂ 分圧測定値にほとんど変化が認められず、右チャンバーから左チャンバーに酸素がほとんど流れ込まないことが確認できた。

20

【実施例 5】

【0019】

図 1 の装置を用いて、隙間 $d_0 = 1 \text{ mm}$ 、隙間断面積 $S = \text{約 } 1000 \text{ mm}^2$ に設定し、下記表 2 に示すように左チャンバーに Al ターゲットを装着し、右チャンバーに SiO₂ ターゲットを装着した状態にて左チャンバーに所定の流量の Ar ガスを流し、条件 A は右チャンバーにガスを流さずに左チャンバー内のプラズマ発光を OES 装置 (発光分光分析装置) にてスペクトル解析した。

条件 B、C は O₂ ガス量を 5 sccm 一定にして Ar ガス流量をそれぞれ表に示す値に変化させた。

【表 2】

30

| OES No. | Left Chamber (Al) | | | Right Chamber (SiO ₂) | | | Substrate rotation |
|---------|-------------------|----------|-------|-----------------------------------|----------|-------|--------------------|
| | Gas Flow | Pressure | Power | Gas Flow | Pressure | Power | |
| A | Ar: 33sccm | 0.28Pa | 100W | — | <0.01Pa | — | — |
| B | Ar: 33sccm | 0.30Pa | 100W | Ar/O ₂ : 4/5sccm | 0.1Pa | 100W | 10 rpm |
| C | Ar: 33sccm | 0.32Pa | 100W | Ar/O ₂ : 30/5sccm | 0.29Pa | 100W | 10 rpm |

40

【0020】

図 8 (a) は条件 A のときの左チャンバーのスペクトルを示し、(b) は条件 B、(c) は条件 C のときの左チャンバーのスペクトルを示す。

このスペクトルに基づいて条件 B のスペクトルから条件 A のスペクトルを差し引いた差分スペクトルを図 9 (a) に示し、条件 C のスペクトルから条件 A のスペクトルを差し引いた差分スペクトルを図 9 (b) に示す。

50

この結果、条件Cのときに僅かの酸素又はアルゴンが確認されたに過ぎず、左右のチャンパー内でそれぞれの条件で成膜がなされていることが分かる。

【実施例6】

【0021】

図1の装置を用いて、左チャンパーにAlターゲット、 $N_2 + Ar$ ガス、右チャンパーに Al_2O_3 ターゲット、Arガスの条件にて成膜した膜のXRD結果を図10(a)に示し、従来の1つのチャンパー内に Al_2O_3 をターゲットに装着し、 $N_2 + Ar$ の混合ガス中にて得られた成膜のXRD結果を図10(b)に示す。

本発明に係る装置を用いると結晶質のAlNと非晶質の Al_2O_3 からなるナノコンポジット膜になっていると考えられる。

10

従来の方法では図10(b)に示すように複雑な混合膜になっていた。

また、図11(a)に左チャンパーのみを用いてAlターゲット、 $N_2 + Ar$ ガスの条件にて成膜した膜のTEM像を示し、AlNの均一膜であった。

図11(b)は図10(a)の条件にて成膜した膜のTEM像を示し、AlN層中に点線で示した非晶質層が分散したナノコンポジット膜となっていた。

【0022】

上記実施例1~6は成膜室を2つのチャンパーに仕切った2元系の複合膜、ナノコンポジット膜の成膜例であり、ターゲットはAl、 SiO_2 に限定されるものではなく、各種金属や絶縁性材料に適用でき、成膜方法もスパッタリングに限らず、イオンプレーティングや蒸着であってもよく、また隙間断面積Sを制御することで比較的ガス圧が高いCVD

20

【0023】

本発明に係る成膜装置は、チャンパー数に制限がない。

例えば、図13は成膜室10を120度分割の隔壁112にて3つのチャンパーに仕切った例である。

この図13に示した例は、例えばドリル等の立体的な被処理物の表面に複合膜を成膜するのに好適である。

被処理物(ワーク) W_1, W_2, W_3 がそれぞれ例えば矢印に示した方向に自転しつつ、隔壁112とともに可動部11が公転する例となっている。

この場合に、ターゲットA, B, Cに対してワーク W_1, W_2, W_3 が自転しながらターゲットを順次横切るように公転することとなり、隔壁112の外周側端部に成膜室10の内壁10aに沿った方向に側片部112a, 112b, 112cをそれぞれ有し、ガス圧 $P[P_a]$ に対してこの側片部112a, 112b, 112cと、内壁10aとの間の隙間 d_s をその隙間断面積Sが $PD < 0.02$ になるように設定することになる。

30

また、ターゲットA, B, Cのそれぞれに対してガス導入口、排気装置及び放電用電源を備えている。

図13(a)の状態から(b)及び(c)の状態まで回転した状態にて、ワーク W_1 にはターゲットAによる皮膜が形成され、同様にワーク W_2 にターゲットB、ワーク W_3 にターゲットCによる皮膜が形成される。

さらに順次回転することでターゲットA, B, C又はその一部が酸化物あるいは窒化物として三元系のナノコンポジット複合膜が成膜される。

40

【符号の説明】

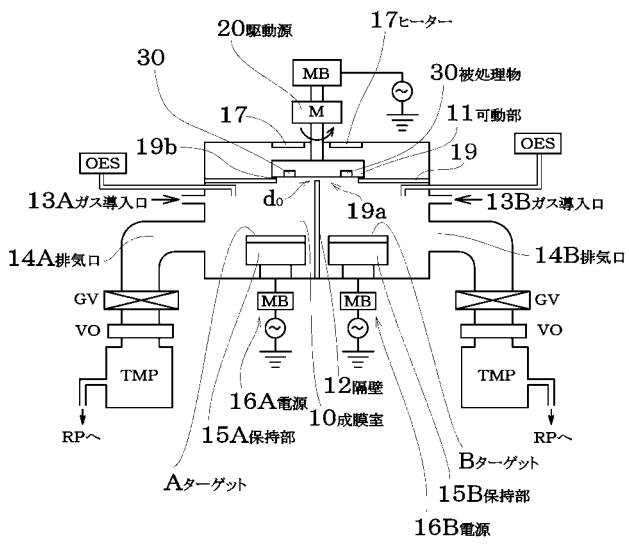
【0024】

| | |
|----------|-------|
| 10 | 成膜室 |
| 11 | 可動部 |
| 12 | 隔壁 |
| 13A, 13B | ガス導入口 |
| 14A, 14B | 排気口 |
| 15A, 15B | 保持部 |
| 16A, 16B | 電源 |

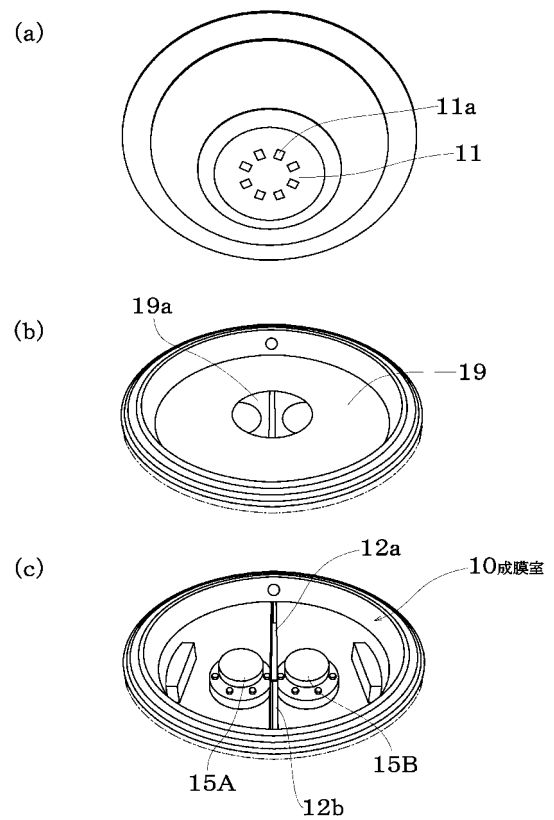
50

- 17 ヒーター
- 20 駆動源
- 30 被処理物
- A, B ターゲット

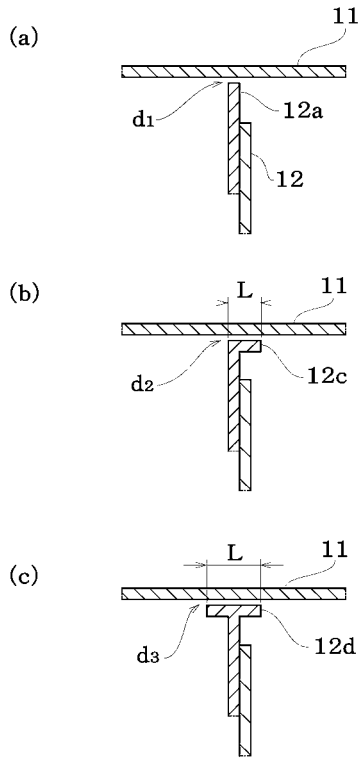
【 図 1 】



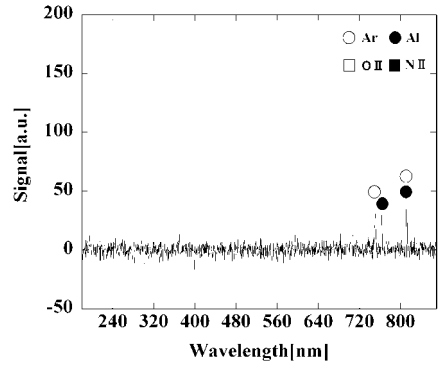
【 図 2 】



【 図 3 】

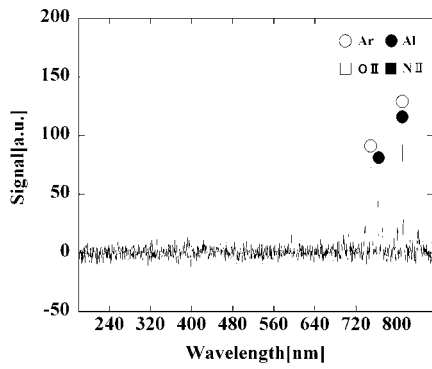


【 図 4 】



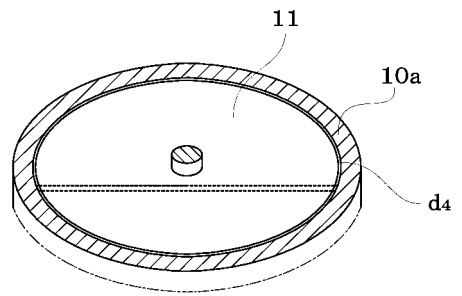
(条件2のスペクトルから条件1のスペクトルを差し引いたもの)

【 図 5 】

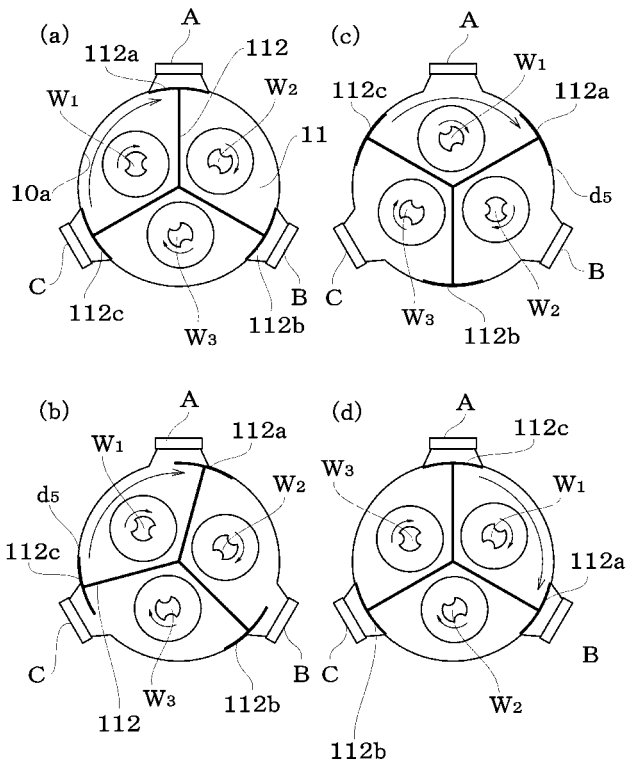


(条件3のスペクトルから条件1のスペクトルを差し引いたもの)

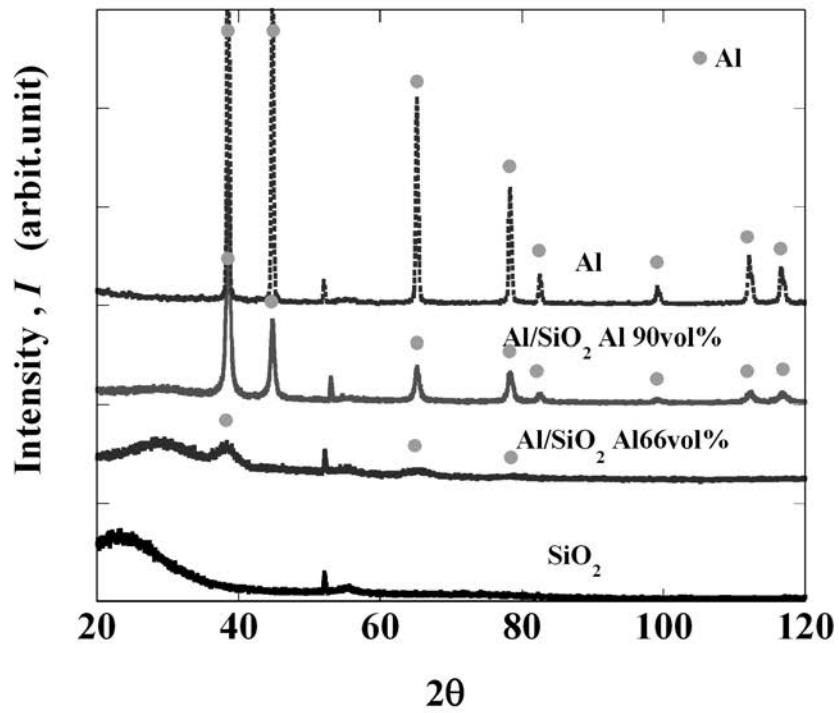
【 図 1 2 】



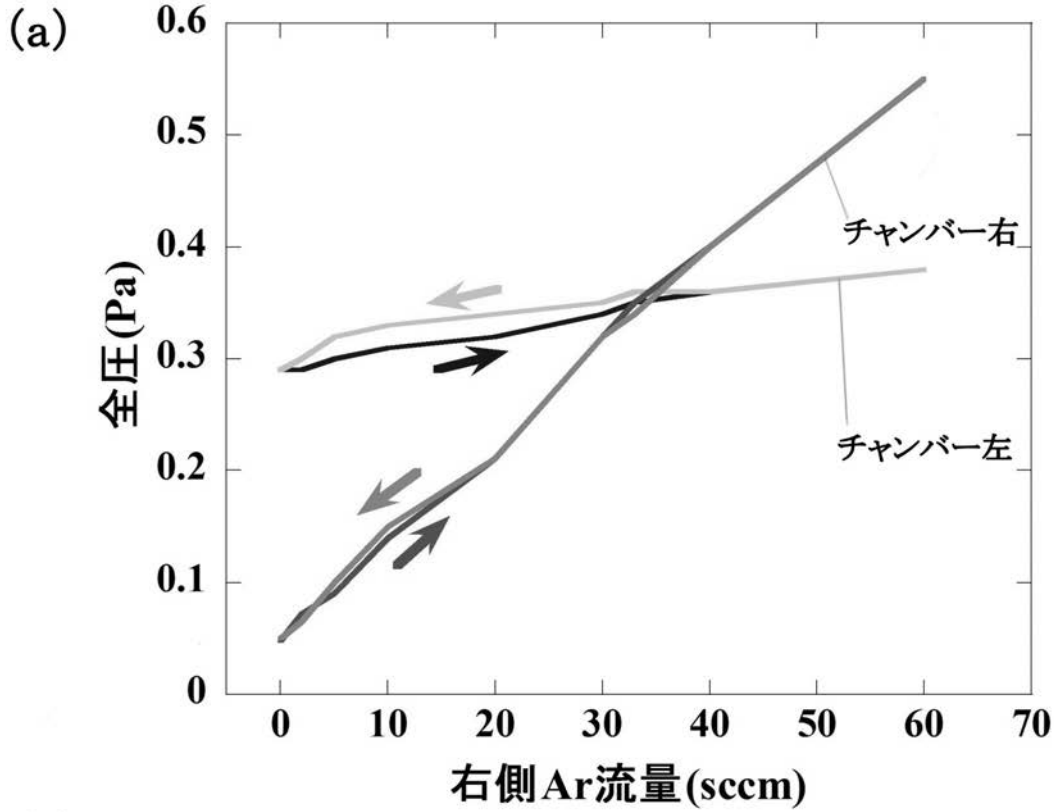
【 図 1 3 】



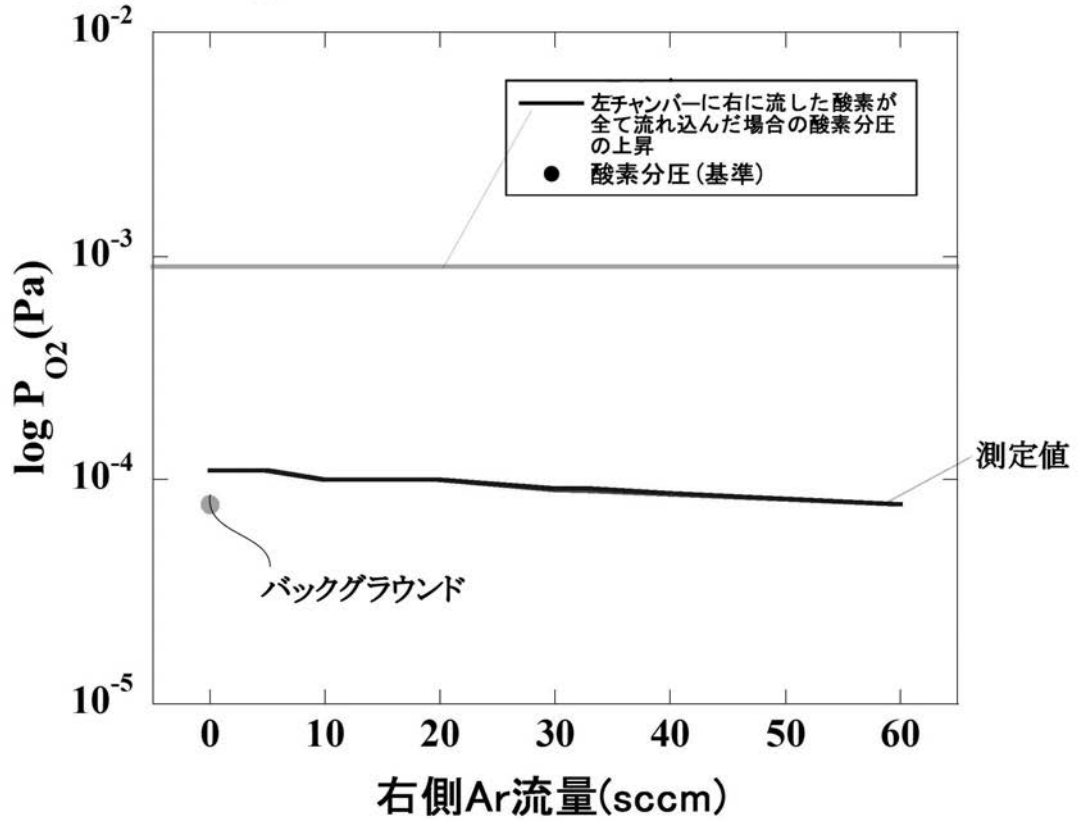
【 図 6 】



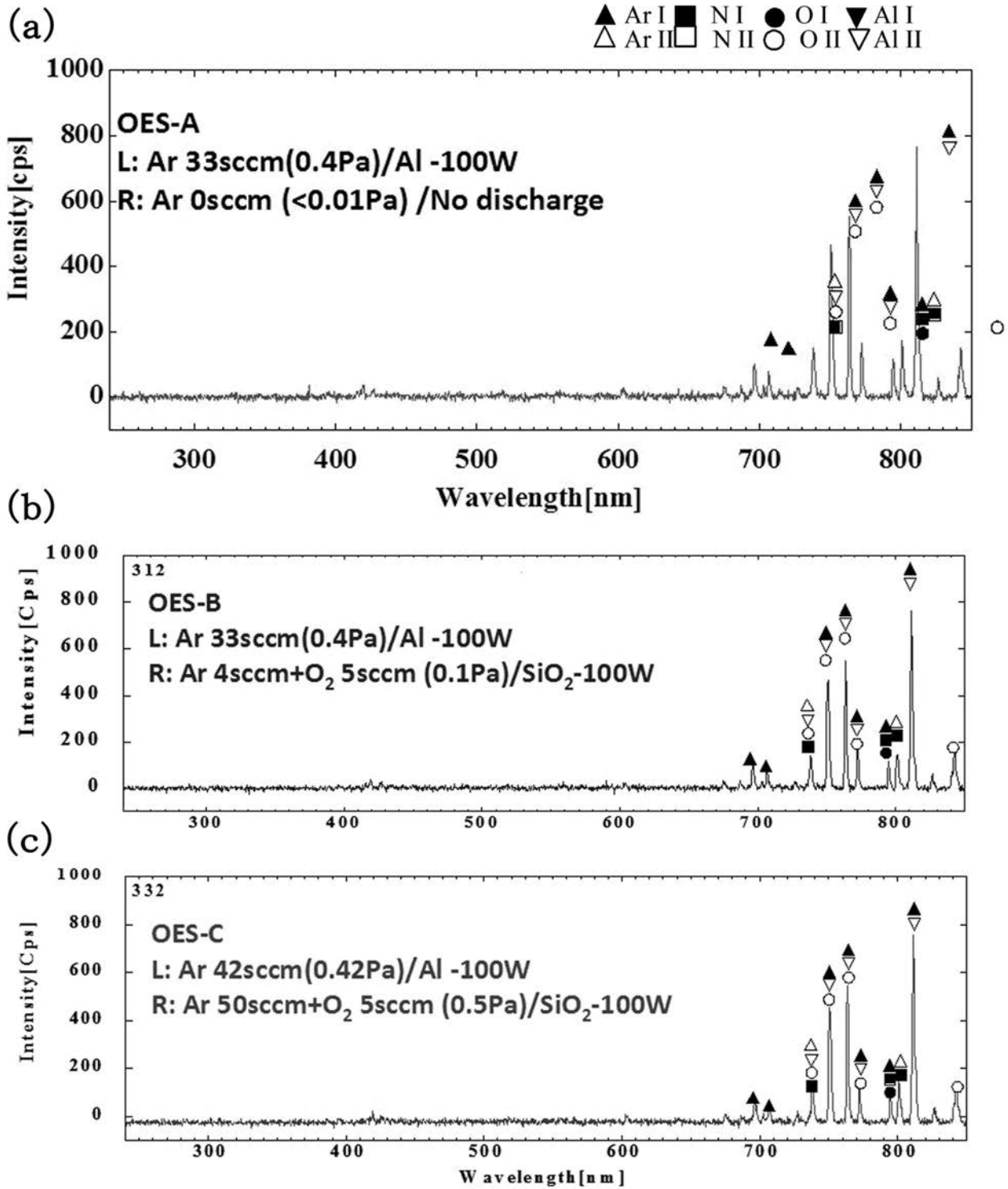
【図7】



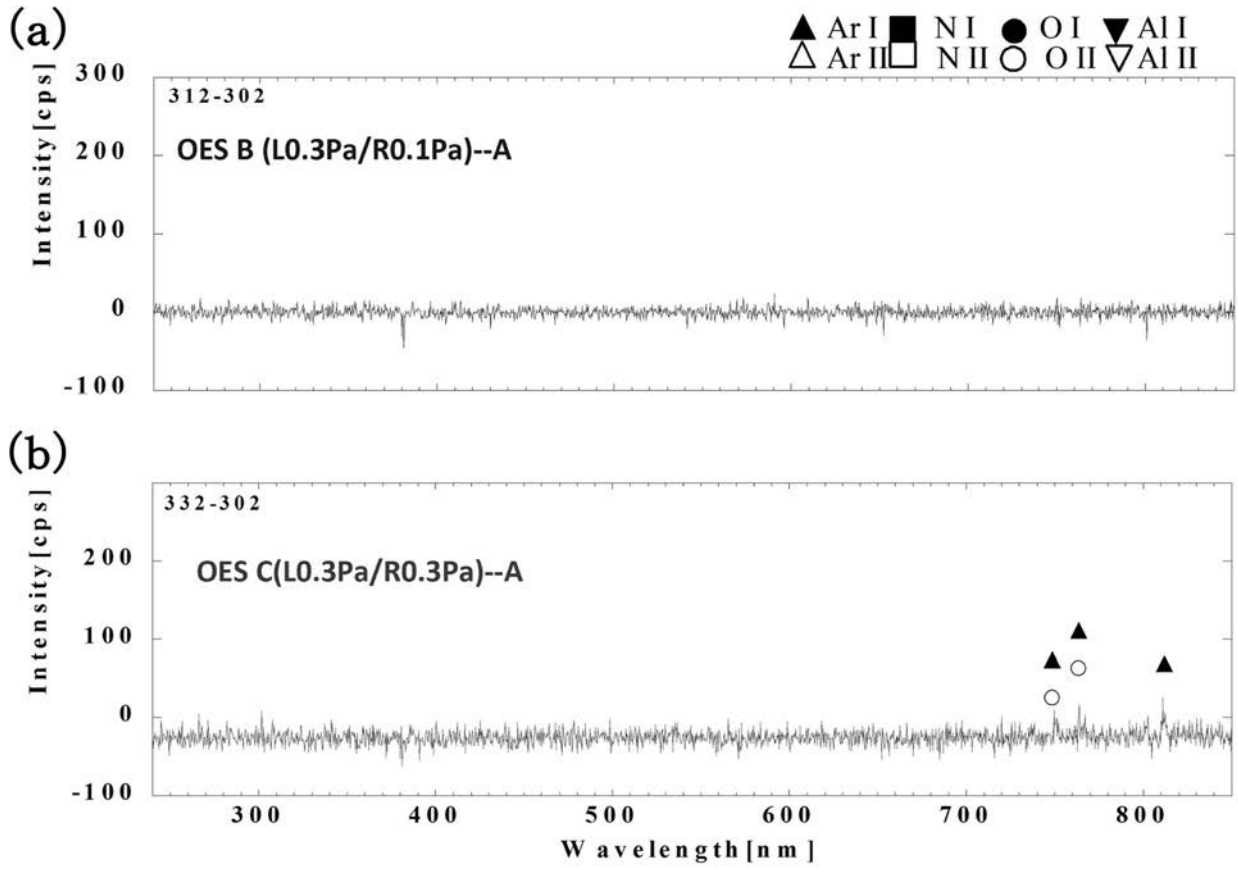
(b) 左チャンバーのO₂分圧



【 図 8 】

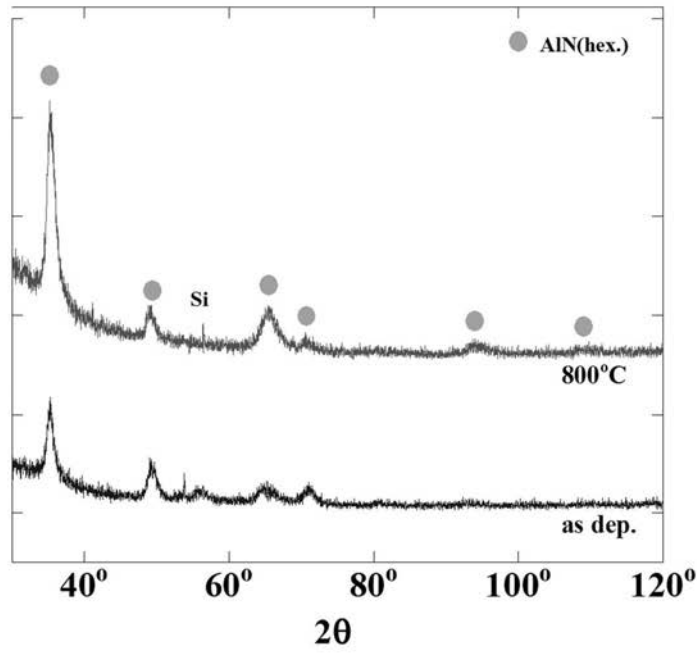


【 図 9 】



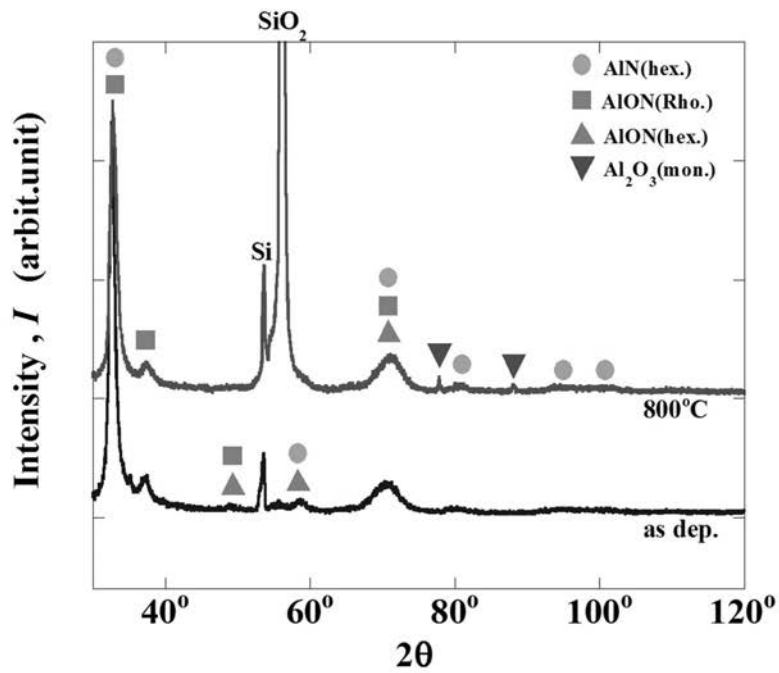
【 図 1 0 】

(a) <本発明例>



(a) AlN/AIO_x (AlN75vol%)

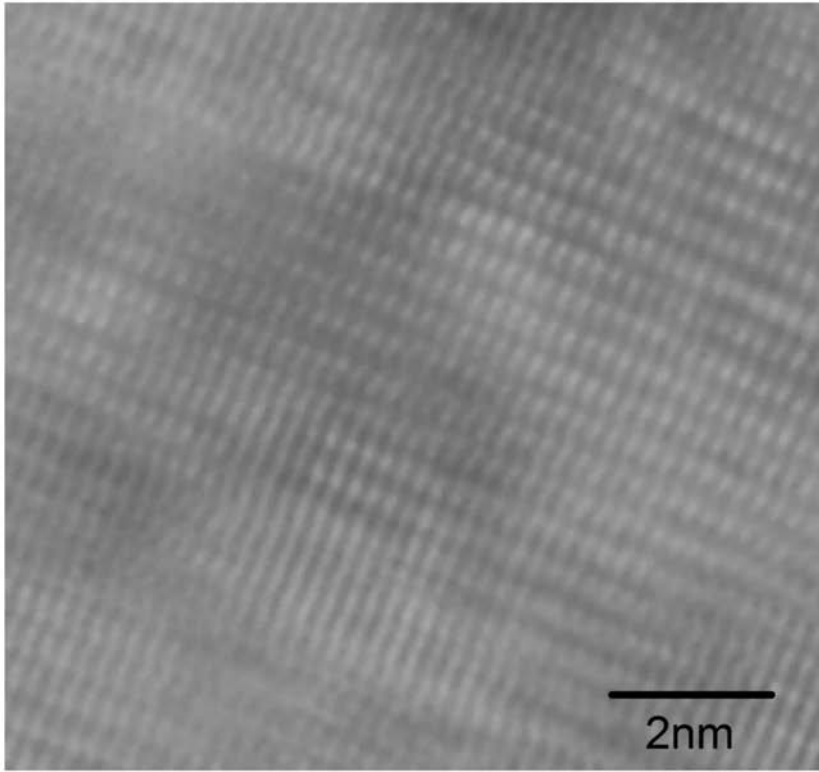
(b) <従来例>



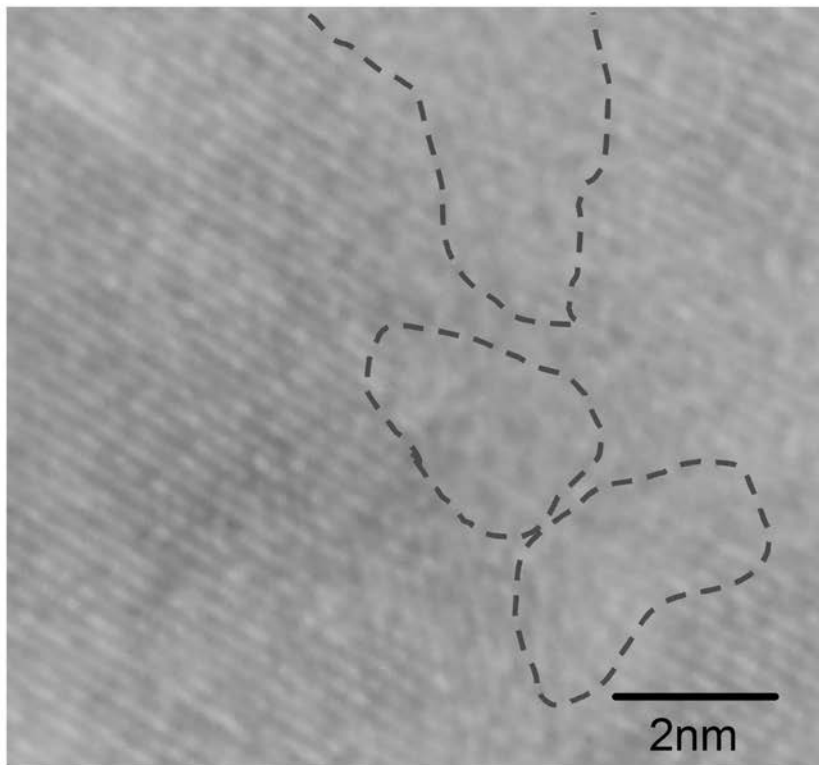
(b) Al, O, Nの複雑な混合膜

【 図 1 1 】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 寺山 清志

富山県富山市五福3190 国立大学法人 富山大学内

(72)発明者 佐伯 淳

富山県富山市五福3190 国立大学法人 富山大学内

Fターム(参考) 4K029 BA64 CA05 CA06 DA01 DA02 DA04 DC16 DC35 DC39 JA02
KA05