

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 12 月 11 日(11.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/196352 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/34 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/063317
- (22) 国際出願日: 2014 年 5 月 20 日(20.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-118147 2013 年 6 月 4 日(04.06.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 茶谷 宗人(CHATANI, Munehito); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 関 仁士(SEKI, Hitoshi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 森 敦史(MORI, Atsushi); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市

北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

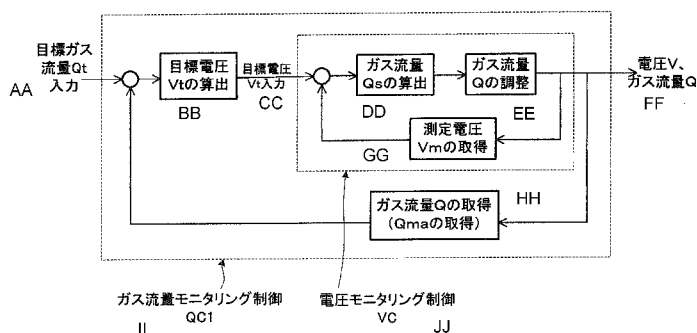
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR FORMING THIN FILM

(54) 発明の名称: 薄膜形成方法

FIG.6



- AA Input target gas flow (Qt)
BB Calculate target voltage (Vt)
CC Input target voltage (Vt)
DD Calculate gas flow rate (Qs)
EE Adjust gas flow rate (Q)
FF Voltage (V), gas flow rate (Q)
GG Acquire measurement voltage (Vm)
HH Acquire gas flow rate (Q) (Acquire Qma)
II Gas flow rate monitoring control (QC1)
JJ Voltage monitoring control (VC)

(57) Abstract: Reactive sputtering, wherein a compound thin film having a stable film quality is obtained at a high film-forming speed. The thin film is formed by voltage monitoring control (VC) and gas flow rate monitoring control (QC1). The voltage monitoring control (VC) is control in which, in a first cycle time (t_v), a subject voltage (V) is monitored, whereby the gas flow rate (Q) is adjusted so that the subject voltage (V) value approaches a target voltage (Vt) value. The gas flow rate monitoring control (QC1) is control in which, in a second cycle time ($t_{q1} > t_v$), the gas flow rate (Q) is monitored, whereby the target voltage (Vt) for the subject voltage (V) is changed so that the gas flow rate (Q) value approaches a target gas flow rate (Qt) value.

(57) 要約: 反応性スパッタリングにおいて、成膜速度が速く、膜質の安定した化合物薄膜を得る。電圧モニタリング制御 (VC)、および、ガス流量モニタリング制御 (QC1) により薄膜を形成する。電圧モニタリング制御 (VC) は、第 1 のサイクルタイム (t_v) において、ターゲット電圧 (V) をモニタリングすることにより、ターゲット電圧 (V) の値を目標電圧 (Vt) の値に近づけるようにガス流量 (Q) を調整する制御である。ガス流量モニタリング制御 (QC1) は、第 2 のサイクルタイム ($t_{q1} > t_v$) において、ガス流量 (Q) をモニタリングすることにより、ガス流量 (Q) の値を目標ガス流量 (Qt) の値に近づけるようにターゲット電圧 (V) の目標電圧 (Vt) を変更する制御である。

1 ($> t_v$) において、ガス流量 (Q) をモニタリングすることにより、ガス流量 (Q) の値を目標ガス流量 (Qt) の値に近づけるようにターゲット電圧 (V) の目標電圧 (Vt) を変更する制御である。

明 細 書

発明の名称： 薄膜形成方法

技術分野

[0001] 本発明は、反応性スパッタ装置を用いて基板に薄膜を形成する薄膜形成方法であって、特に、薄膜形成時における反応性スパッタリングを遷移モード（遷移領域）で行なう薄膜形成方法に関する。

背景技術

[0002] 基板上に酸化物や窒化物などの化合物薄膜を形成する装置として、図1に示すような反応性スパッタ装置110が知られている。反応性スパッタ装置110は、真空チャンバ111と、真空チャンバ111内に設けられる金属ターゲット113と、金属ターゲット113に一定電力を供給する電源112と、を備える。真空チャンバ111内には、金属ターゲット113と対向する位置に基板50が配置される。真空チャンバ111内は、真空ポンプ121により真空引きされるとともに、不活性ガス導入弁116を介して不活性ガスが導入され、反応ガス導入弁115を介して反応ガスが導入される。真空チャンバ111内の圧力は、真空チャンバ111と真空ポンプ121の間に設けられた自動圧力調整弁122により所定の圧力に保たれる。

[0003] 図2および図3は、反応性スパッタリングにおける成膜モードを説明するための図であり、金属ターゲットに印加されるターゲット電圧Vの絶対値と、真空チャンバ内に導入される反応ガスのガス流量Qとの関係が示されている。真空チャンバ内に導入される不活性ガスの流量は一定とする。反応性スパッタリングにおける成膜モードには、メタルモードM、化合物モードCおよび遷移モードTがある。

[0004] 図2には、ガス流量Qを徐々に増やした場合に実線矢印で示すようにターゲット電圧Vが変化すること、また、ガス流量Qを徐々に減らした場合に破線矢印で示すようにターゲット電圧Vが変化すること、が示されている。このように、反応性スパッタリングにおけるガス流量Qおよびターゲット電圧

Vは、ヒステリシス特性を有する。

[0005] 図3には、ターゲット電圧Vを一定に制御するためにガス流量Qを制御した場合のガス流量Qおよびターゲット電圧Vの関係が示されている。ガス流量Qおよびターゲット電圧Vは、実際にはばらつきを有するが、それぞれの平均値をプロットすれば、成膜モード曲線D1に示すような曲線として表される。薄膜形成時は、この成膜モード曲線D1上にあるいずれかの成膜条件でスパッタリングされる。

[0006] 成膜モード曲線D1上にある遷移モードTは、メタルモードMと化合物モードCの間に存在し、金属ターゲット113の浸食（エロージョン）部分をメタル状態に保ちつつ、基板50上に化合物薄膜を形成できるモードである。そのため、遷移モードTは、メタルモードMに近い成膜速度が得られ、化合物モードCに近い組成の化合物薄膜を形成できるという両方の長所を持つ。ただし、遷移モードTは、真空チャンバ内の放電状態の変化により、メタルモードMまたは化合物モードCへ変化しやすいという性質もある。そこで、薄膜形成時において遷移モードTを維持するため、ターゲット電圧Vを一定に維持するインピーダンス制御が一般的に実行される。

[0007] また、特許文献1（特開2007-63623号公報）の実施例9には、放電電圧と、真空チャンバ内における反応ガス（O₂ガス）の分圧との関係に着目した知見が開示されている。これによれば、放電電圧および反応ガスの分圧を所定範囲（プラトー領域）とすることにより、遷移モードTによる反応性スパッタリングを維持することができる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2007-63623号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 定電力制御により長時間にわたりスパッタリングを行なうと、金属ターゲ

ットの浸食によって、ターゲット電圧 V の絶対値が小さくなることが知られている。それに関して発明者らは、図4に示すように、成膜モード曲線D1の位置が矢印SH1の方向（下方）へ経時的にシフトすることを確認している。先述したインピーダンス制御はターゲット電圧 V を一定に維持するように実行されるので、図4に示した成膜モード曲線D1に基づけば、点A1、A2、A3の順で示すような成膜条件でスパッタリングされることになる。しかし、ターゲット電圧 V が終始一定のままだと、成膜モード曲線D1が下方へシフトすることにより、成膜モードが遷移モードTからメタルモードMへ移行してしまう。そのため、単純にインピーダンス制御を実行しただけでは、基板50に形成される化合物薄膜の膜質が異なってしまうこともある。

[0010] また、同じ遷移モードTでスパッタリングしたとしても、メタルモードMに近い成膜条件と、化合物モードCに近い成膜条件と、遷移モードTの中央における成膜条件とでは、薄膜形成後における化合物薄膜中の化合物の含有率が微妙に異なる。それに対し、特許文献1には、遷移モードTの範囲内でスパッタリングするための知見は示されているが、遷移モードTの範囲内の成膜条件によって化合物薄膜中の化合物の含有率が異なることまで考慮されていない。なおかつ、特許文献1には、放電状態の変化しやすい反応性スパッタリングにおいて、放電電圧および反応ガスの分圧をどのようにして所定範囲とするかについて具体的に示されていない。

[0011] 本発明の目的は、これらの課題を解決することにより、成膜速度が速く、膜質が安定した化合物薄膜を形成するための薄膜形成方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係る薄膜形成方法には、以下に示すように、第1の局面と第2の局面とがある。

[0013] 第1の局面における発明は、真空チャンバと、真空チャンバ内に設けられる金属ターゲットと、金属ターゲットに一定電力を供給する電源と、真空チャンバ内に導入される反応ガスのガス流量を調整する反応ガス導入弁と、を

備える反応性スパッタ装置を用いて、真空チャンバ内に配置される基板に薄膜を形成する薄膜形成方法であって、薄膜形成中におけるスパッタリングを、メタルモードと化合物モードの間に存在する遷移モードで行なうため、第1のサイクルタイムにおいて、金属ターゲットに印加されるターゲット電圧をモニタリングすることにより、ターゲット電圧の値を目標電圧の値に近づけるようにガス流量を調整する電圧モニタリング制御を実行するとともに、第1のサイクルタイムよりも長い第2のサイクルタイムにおいて、ガス流量をモニタリングすることにより、ガス流量の値を目標ガス流量の値に近づけるように、第2のサイクルタイムの区切り時間ごとにターゲット電圧の目標電圧を変更するガス流量モニタリング制御を実行する。

[0014] 好ましくは、ガス流量の値は、第2のサイクルタイムにおいてモニタリングされたガス流量の移動平均値である。

[0015] 第2の局面における発明は、真空チャンバと、真空チャンバ内に配置される金属ターゲットと、金属ターゲットに一定電力を供給する電源と、真空チャンバ内に導入される反応ガスのガス流量を調整する反応ガス導入弁と、を備える反応性スパッタ装置を用いて、真空チャンバ内に配置された基板に薄膜を形成する薄膜形成方法であって、薄膜形成中におけるスパッタリングを、メタルモードと化合物モードの間に存在する遷移モードで行なうため、所定のサイクルタイムにおいて、金属ターゲットに流れるターゲット電流をモニタリングすることにより、ターゲット電流の値を目標電流の値に近づけるようにガス流量を調整する電流モニタリング制御を実行するとともに、所定のサイクルタイムよりも長い別のサイクルタイムにおいて、ガス流量をモニタリングすることにより、ガス流量の値を目標ガス流量の値に近づけるように、別のサイクルタイムの区切り時間ごとにターゲット電流の目標電流を変更するガス流量モニタリング制御を実行する。

[0016] 好ましくは、ガス流量の値は、別のサイクルタイムにおいてモニタリングされたガス流量の移動平均値である。

発明の効果

[0017] 第1の局面における発明によれば、第1のサイクルタイムにおいて電圧をモニタリングして、ターゲット電圧の値を目標電圧の値に近づけるようにガス流量を調整し、第2のサイクルタイムにおいてガス流量をモニタリングして、ガス流量の値を目標ガス流量の値に近づけるようにターゲット電圧の目標電圧を変更する。これにより、遷移モードでのスパッタリングを確実に行なうことができ、かつ、遷移モード内の所定のスパッタリング状態を維持することができる。その結果、成膜速度が速く、膜質が安定した化合物薄膜を形成できる。

[0018] 第2の局面における発明によれば、所定のサイクルタイムにおいて電流をモニタリングして、ターゲット電流の値を目標電流の値に近づけるようにガス流量を調整し、別のサイクルタイムにおいてガス流量をモニタリングして、ガス流量の値を目標ガス流量の値に近づけるようにターゲット電流の目標電流を変更する。これにより、遷移モードでのスパッタリングを確実に行なうことができ、かつ、遷移モード内の所定のスパッタリング状態を維持することができる。その結果、成膜速度が速く、膜質が安定した化合物薄膜を形成できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]一般的な反応性スパッタ装置110の正面図である。

[図2]反応性スパッタリングにおける成膜モードを説明するための第1の図である。

[図3]反応性スパッタリングにおける成膜モードを説明するための第2の図である。

[図4]図3に示した成膜モード曲線D1の位置が、スパッタリングを継続することにより下方ヘシフトする様子を示した図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る薄膜形成方法で用いる反応性スパッタ装置110の正面図である。

[図6]本発明の第1実施形態に係る薄膜形成方法を説明するためのブロック線図である。

[図7]図6に示した薄膜形成方法を実行しているときの成膜モードの変化を示した概念図である。

[図8]長時間における目標電圧 V_t およびガス流量 Q の変化の傾向を示した図である。

[図9]短時間における目標電圧 V_t およびガス流量 Q の変化を示した図である。

[図10]図9よりも、さらに短時間における目標電圧 V_t の変化を示した第1の図である。

[図11]図9よりも、さらに短時間におけるガス流量 Q の変化を示した第2の図である。

[図12]反応性スパッタリングにおける成膜モードを説明するための図であり、図2における縦軸をターゲット電流 I の絶対値とした図である。

[図13]反応性スパッタリングにおける成膜モードを説明するための図であり、図3における縦軸をターゲット電流 I の絶対値とした図である。

[図14]図13に示した成膜モード曲線D2の位置が、スパッタリングを継続することにより上方ヘシフトする様子を示した図である。

[図15]本発明の第2実施形態に係る薄膜形成方法を説明するためのブロック線図である。

発明を実施するための形態

[0020] [第1実施形態]

図5は、第1実施形態に係る薄膜形成方法にて用いられる反応性スパッタ装置10を示した図である。反応性スパッタ装置10は、真空チャンバ11と、真空チャンバ11内に設けられる金属ターゲット13と、金属ターゲット13に一定電力を供給する電源12と、真空チャンバ11内に導入される反応ガスの流量を調整する反応ガス導入弁15と、を有する。真空チャンバ11内は、真空ポンプ21により真空引きされるとともに、不活性ガス導入弁16を介して不活性ガスが導入され、反応ガス導入弁15を介して反応ガスが導入される。真空チャンバ11内の圧力は、真空チャンバ11と真空ポ

ンプ 21 の間に設けられた自動圧力調整弁 22 により所定の圧力に保たれる。

[0021] 不活性ガスとしては、たとえば Ar ガスが用いられ、反応ガスとしては、たとえば O₂ ガス、N₂ ガスなどが用いられる。反応ガス導入弁 15 はガス流量を調整する機能を有し、制御装置 18 に接続される。制御装置 18 は、反応ガスのガス流量をモニタリングするとともに、反応ガス導入弁 15 の開閉を制御する。金属ターゲット 13 は、ターゲット固定台 14 に配置される。金属ターゲット 13 の材質としては、たとえば Si、Al、Ti などが挙げられる。ターゲット固定台 14 には図示しないマグネトロンが内蔵される。

[0022] 真空チャンバ 11 内には、金属ターゲット 13 と対向するように基板 50 が配置される。基板 50 は、基板固定台 19 に配置される。金属ターゲット 13 と基板 50 との間には、基板 50 への膜付着を一時的に防止するためのシャッタ 17 が設けられる。シャッタ 17 は図示しない駆動機構により開閉される。

[0023] 金属ターゲット 13 はターゲット固定台 14 を介して電源 12 に接続され、基板 50 は、板固定台 19 を介して、たとえばアースに接続される。電源 12 は、金属ターゲット 13 に供給される電力を一定とするための定電力電源であり、制御装置 18 に接続される。制御装置 18 は、電源 12 を通じてターゲット電圧 V をモニタリングする。この電源 12 により、金属ターゲット 13 と、アースに接続されているアノードとの間に高い電位差が生じて、金属ターゲット 13 がスパッタリングされる。電源 12 は直流電源であってもよいし、高周波電源であってもよい。

[0024] この反応性スパッタ装置 10 を用いた薄膜形成方法について説明する。まず、基板 50 に薄膜を形成するための大まかな流れを、次に示すステップ S1 ～ S10 により順に説明する。

S1：真空チャンバ 11 内を真空ポンプ 21 により真空引きし、真空チャンバ 11 内の圧力を負圧にする。このときの圧力は、たとえば 1.0×10^{-3} Pa である。

S 2 : 基板 5 0 を真空チャンバ 1 1 内に配置する。

S 3 : 真空チャンバ 1 1 内に、不活性ガスとして A r ガスを、反応ガスとして O₂ガスを導入する。

S 4 : 自動圧力調整弁 2 2 により真空チャンバ 1 1 内の圧力を所定圧力とする。このときの所定圧力は、たとえば 1 . 0 P a である。

S 5 : プリスパッタ (P r e - S p u t t e r) する際に、基板 5 0 への膜付着を防止するため、シャッタ 1 7 を閉じる。

S 6 : 電源 1 2 を O N することにより金属ターゲット 1 3 に電圧を印加し、メタルモード M にてプリスパッタを開始する。プリスパッタにより、金属ターゲット 1 3 の表面に付着している汚れなどを除去する。メタルモード M で開始する理由は、いきなり遷移モード T にて放電することが困難なためである。なお、化合物モード C にてプリスパッタを開始してもよい。

S 7 : 薄膜形成時の成膜モードが遷移モード T となるように、金属ターゲット 1 3 に印加されるターゲット電圧 V を変更し、遷移モード T でのスパッタリングに移行させる。このとき、インピーダンス制御を行ない、ターゲット電圧 V が目標範囲に収まるように反応ガスのガス流量 Q を調整する。なお、不活性ガスの流量は一定である。

S 8 : プリスパッタのための時間が経過した後、シャッタ 1 7 を開ける。

S 9 : ステップ S 8 の後、基板 5 0 への薄膜形成を開始する。このとき、ステップ S 7 で示したガス流量 Q を短期的に変化させるとともに、長期的にはガス流量 Q が所定閾値内に収まるようにターゲット電圧 V の指標 (目標電圧) を変える。

S 1 0 : 予め設定された薄膜形成時間が経過した後、シャッタ 1 7 を閉じる。

[0025] 以上に示したステップ S 1 ~ S 1 0 により、基板 5 0 に薄膜が形成される。ステップ S 1 ~ S 1 0 の中で、第 1 実施形態に係る薄膜形成方法の特徴は、ステップ S 9 にある。

[0026] 図 6 は、このステップ S 9 をさらに詳しく説明するためのブロック線図で

ある。ステップS 9において実行される薄膜形成方法は、図6に示すとおり、電圧モニタリング制御V Cと、ガス流量モニタリング制御Q C 1と、により構成される。

[0027] 電圧モニタリング制御V Cは、ターゲット電圧Vの値を目標電圧V tの値に近づけるようにガス流量Qを調整する制御である。薄膜形成時の遷移モードTは不安定な放電状態であるため、ターゲット電圧Vは常時変動する。ガス流量Qおよびターゲット電圧Vは、図2に示したような関係があるので、ガス流量Qを変化させることにより、ターゲット電圧Vを変化させることができる。

[0028] 電圧モニタリング制御V Cでは、まず、入力された目標電圧V tと、フィードバックされた測定電圧V mと、を比較する。目標電圧V tは、薄膜形成を遷移モードTで行なうためのターゲット電圧Vの指標であり、遷移モードTとなるときのターゲット電圧Vを事前にデータ取りすることにより初期設定される。測定電圧V mは、反応性スパッタ装置10を稼働させたときのターゲット電圧Vをモニタリングすることにより得られる測定値である。

[0029] 次に、目標電圧V tと測定電圧V mとの差に応じて、計算上のガス流量Q sを算出する。図2に示すようにガス流量Qを増加させると、ターゲット電圧Vの絶対値は小さくなり、ガス流量Qを減少させると、ターゲット電圧Vの絶対値は大きくなる。よって、計算上のガス流量Q sは、測定電圧V mが目標電圧V tより大きければ実際のガス流量Qを増加させるように、測定電圧V mが目標電圧V tより小さければ実際のガス流量Qを減少させるように算出される。このガス流量Q sの算出には、たとえば、P I D制御（P r o p o r t i o n a l I n t e g r a l D i f f e r e n t i a l C o n t r o l）が採用される。

[0030] 求めた計算上のガス流量Q sにしたがって反応ガス導入弁15の開閉を行ない、真空チャンバ11内に導入される反応ガスのガス流量Qを調整する。ガス流量Qを調整することにより、ターゲット電圧Vの値を目標電圧V tの値に近づけるように制御する。そして再び、電圧モニタリング制御V Cの出

力であるターゲット電圧 V をモニタリングし、その電圧値を測定電圧 V_m としてフィードバックして目標電圧 V_t と比較する。これらの繰り返しにより、ターゲット電圧 V が所定範囲に維持され、遷移モード T によるスパッタリングが確実に行なわれる。なお、ガス流量 Q およびターゲット電圧 V は、実際にはばらつきを有するが、それぞれの平均値をとれば、図3に示す成膜モード曲線 D_1 の遷移モード T 上で制御される。

[0031] 電圧モニタリング制御 VC を実行するサイクルタイムは、非常に短時間であり、たとえば0.1秒である。この電圧モニタリング制御 VC が連続的に複数回繰り返され、その都度、ターゲット電圧 V の値は目標電圧 V_t の値に近づくように制御される。以下、電圧モニタリング制御 VC を実行するサイクルタイムを「第1のサイクルタイム t_v 」と呼ぶ（図10および図11参照）。

[0032] ガス流量モニタリング制御 QC_1 は、ガス流量 Q の値を目標ガス流量 Q_t の値に近づけるように、ターゲット電圧 V の目標電圧 V_t を変更する制御である。前述したとおり、第1のサイクルタイム t_v ごとに電圧モニタリング制御 VC が実行されることにより、ターゲット電圧 V の値は目標電圧 V_t の値を維持するように制御される。しかし、成膜モード曲線 D_1 は、ターゲット電圧 V が小さくなる方向に経時的にシフトするので、目標電圧 V_t が長時間にわたり一定のままだと、メタルモード M に近い成膜条件の遷移モード T に変わってしまう。そこで、遷移モード T 内の所定のスパッタリング状態を維持するために、ガス流量 Q をモニタリングすることにより目標電圧 V_t を適切に変更する制御を行なう。

[0033] ガス流量モニタリング制御 QC_1 を実行するサイクルタイムは第1のサイクルタイム t_v よりも長く、たとえば、数十秒～数時間の間で任意に設定される。以下、ガス流量モニタリング制御 QC_1 を実行するサイクルタイムを「第2のサイクルタイム t_{q1} 」と呼ぶ。ガス流量モニタリング制御 QC_1 は、第2のサイクルタイム t_{q1} の区切り時間 t_1 、 t_2 ごとに行なわれる（図10および図11参照）。なお、サイクルタイムの区切り時間は、サイ

クルタイム終了時であってもよいし、サイクルタイム開始時であってもよいし、サイクルタイム終了から次のサイクルタイム開始までの時間であってもよい。

[0034] ガス流量モニタリング制御QC1では、まず、入力された目標ガス流量 Q_t の値とフィードバックされたガス流量 Q の値とを比較する。

[0035] 目標ガス流量 Q_t は、薄膜形成を遷移モードTで行なうためのガス流量 Q であり、遷移モードTとなるときのガス流量 Q を事前にデータ取りすることにより設定される。この目標ガス流量 Q_t は、所望の膜質を得るために任意の値に設定されるが、同一の膜質を得る場合には固定値とするのが望ましい。

[0036] フィードバックされるガス流量 Q は、具体的には、第2のサイクルタイム t_{q1} においてモニタリングされたガス流量の移動平均 Q_{ma} である。ガス流量の移動平均 Q_{ma} は、直近のガス流量 Q を平均することにより取得される。ガス流量の移動平均 Q_{ma} を取得するための時間は、第1のサイクルタイム t_v よりも長く、好ましくは第2のサイクルタイム t_{q1} よりも短い時間である。以下、ガス流量の移動平均 Q_{ma} を取得するための時間を「移動平均時間 t_a 」と呼ぶ。

[0037] 図10および図11には、第1のサイクルタイム t_v 、第2のサイクルタイム t_{q1} および移動平均時間(t_a)が示されている。また、移動平均時間(t_a)として、具体的に移動平均時間 t_{aa} 、 t_{ab} 、 t_{ac} が示されている。ガス流量の移動平均 Q_{ma} は、たとえば、移動平均時間 t_{ab} のガス流量 Q を平均することにより取得される。このように、ガス流量 Q またはガス流量の移動平均 Q_{ma} を定期的にフィードバックすることにより、金属ターゲット13の浸食状態にあわせた薄膜形成が可能となり、所定のスパッタリング状態を維持することができる。

[0038] 次に、目標ガス流量 Q_t とガス流量 Q との差に応じて、目標電圧 V_t を算出する。この目標電圧 V_t は、ガス流量 Q の値を目標ガス流量 Q_t の値に近づけるように算出される。具体的には、ガス流量 Q としてガス流量の移動平

均 Q_{ma} を用いた上で、ガス流量の移動平均 Q_{ma} が目標ガス流量 Q_t より大きければ現在値より小さくなるように、ガス流量の移動平均 Q_{ma} が目標ガス流量 Q_t より小さければ現在値より大きくなるように算出される。ただし長期的に見れば、成膜モード曲線 D_1 は下方へシフトするので、目標電圧 V_t は時間経過とともに小さくなるように算出される。この目標電圧 V_t の算出にも PID 制御が採用される。

[0039] 求めた目標電圧 V_t を、破線で示された電圧モニタリング制御 VC に対して入力することにより、初期設定された目標電圧 V_t の値を変更する。この変更した目標電圧 V_t に基づいて、先述した電圧モニタリング制御 VC が実行される。そして再び、ガス流量 Q が目標ガス流量 Q_t からずれたときに、ガス流量モニタリング制御 QC_1 により目標電圧 V_t が補正される。これらの繰り返しにより、遷移モード T によるスパッタリングが確実に行なわれ、かつ、遷移モード T 内の所定のスパッタリング状態にて薄膜形成が行なわれる。

[0040] ここで、図7を参照しながら、電圧モニタリング制御 VC およびガス流量モニタリング制御 QC_1 が実行されているときの成膜モードの変化について説明する。図7は、短時間における成膜モードの変化を概念的に示した図である。ここで示す短時間とは、ガス流量モニタリング制御 QC_1 が数回実行される時間であり、たとえば2秒～20秒である。この時間において、成膜モード曲線 D_1 は、成膜モード曲線 D_a から成膜モード曲線 D_b へ、成膜モード曲線 D_b から成膜モード曲線 D_c へ、順にシフトする。成膜モード曲線 D_a 、 D_b 、 D_c 上にあるそれぞれの点 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 は、遷移モード T 内の所定のスパッタリング状態を維持するための成膜条件（ターゲット電圧 V およびガス流量 Q ）を示している。

[0041] 成膜モード曲線 D_a から成膜モード曲線 D_b へシフトする際の成膜条件の変化は、以下に示すとおりである。はじめに、成膜モード曲線 D_a 上の点 a_1 による成膜条件をベースにして電圧モニタリング制御 VC が実行される。電圧モニタリング制御 VC では、ガス流量 Q の平均値を増加させることによ

リターゲット電圧 v_a が一定に維持される。この制御により、成膜条件は、点 a_1 から成膜モード曲線 D_b 上の点 a_2 へ移行する。

[0042] 仮に、ターゲット電圧 v_a をこのまま一定に保ち続けると、はじめに設定した所定のスパッタリング状態から大きくずれてしまう。そこで、第2のサイクルタイム t_{q1} が経過した際に、点 a_2 による成膜条件に対してガス流量モニタリング制御 QC_1 が実行される。このとき、目標とするターゲット電圧 V がターゲット電圧 v_a からターゲット電圧 v_b に引き下げられる。なお、ターゲット電圧 v_b の値は、PID制御により決定される。この制御により、成膜条件は点 a_2 から点 b_1 へ移行する。成膜モード曲線 D_b 上の点 b_1 の位置は、成膜モード曲線 D_a 上の点 a_1 の位置とほぼ同じであるので、遷移モード T 内の所定のスパッタリング状態が維持される。

[0043] 成膜モード曲線 D_b から成膜モード曲線 D_c へシフトする際の成膜条件の変化も同様であり、成膜条件は点 b_1 をベースに電圧モニタリング制御 VC が実行され、点 b_2 へ移行する。成膜モード曲線 D は経時的に変化するが、電圧モニタリング制御 VC およびガス流量モニタリング制御 QC_1 が繰り返し実行されることにより、遷移モード T によるスパッタリングが確実に行なわれ、かつ、遷移モード T 内の所定のスパッタリング状態にて薄膜形成が行なわれる。

[0044] さらに理解を深めるため、目標電圧 V_t およびガス流量 Q の変化について、長期的または短期的な視点で説明する。

[0045] 図8は、長時間における目標電圧 V_t およびガス流量 Q の変化の傾向を示した図である。ここで示す長時間とは、金属ターゲット13が継続して使用される時間であり、たとえば1時間以上である。長時間で見ると、ガス流量の移動平均の変化の傾向は一定である。目標電圧 V_t の変化の傾向は時間経過とともに右下がりとなる。

[0046] 図9は、短時間における目標電圧 V_t およびガス流量 Q の変化を示した図であり、図8におけるE部を拡大した図である。ここで示す短時間とは、ガス流量モニタリング制御 QC_1 が数回実行される時間であり、たとえば2秒

～20秒である。なお、ガス流量 Q に関して実測される微動な振れはカットオフしている。また、図9には、図7に示した点 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 の成膜条件を記している。

[0047] 図9では、目標電圧 v_a は、点 a_1 から点 a_2 への時間経過において、電圧モニタリング制御 VC が実行されることにより、一定となっている。点 a_2 から点 b_1 への移行に際しては、ガス流量モニタリング制御 QC_1 が実行されることにより、目標電圧 V_t が目標電圧 v_a から目標電圧 v_b に変更されて、瞬間的に小さくなっている。そして、点 b_1 から点 b_2 への時間経過において、目標電圧 v_b は一定となっている。これらの繰り返しにより目標電圧 V_t は、階段状に小さくなっている。

[0048] ガス流量 Q は、点 a_1 から点 a_2 への時間経過において、電圧モニタリング制御 VC が実行されることにより、徐々に大きくなっている。点 a_2 から点 b_1 への移行に際しては、ガス流量モニタリング制御 QC_1 が実行されることにより、瞬間的に小さくなっている。そして、点 b_1 から点 b_2 への時間経過において、ガス流量 Q は徐々に大きくなっている。これらの繰り返しによりガス流量 Q は、のこぎり波状に変化している。図9からも、ガス流量 Q の値が目標ガス流量 Q_t の値に近づくように、第2のサイクルタイム t_{q1} の区切り時間ごとに変化していることがわかる。

[0049] このように短期的に見ると、ターゲット電圧 V を一定に維持するスパッタリングが繰り返し行なわれており、長期的に見ると、目標電圧 V_t を右下がり小さくすることにより、成膜モード曲線 D_1 の変化を考慮したスパッタリングが行なわれている。

[0050] 第1実施形態では、第1のサイクルタイム t_v において電圧 V をモニタリングして、ターゲット電圧 V の値を目標電圧 V_t の値に近づけるようにガス流量 Q を調整し、第2のサイクルタイム t_{q1} においてガス流量 Q をモニタリングして、ガス流量 Q の値を目標ガス流量 Q_t の値に近づけるようにターゲット電圧 V の目標電圧 V_t を変更する。これにより、遷移モード T でのスパッタリングを確実に行なうとともに、遷移モード T 内の所定のスパッタリ

ング状態を維持することができる。その結果、成膜速度が速く、膜質の安定した化合物薄膜を形成できる。

[0051] ガス流量 Q の値は、第2のサイクルタイム t_{q1} においてモニタリングされたガス流量の移動平均 Q_{ma} の値とすることが好ましい。ガス流量の移動平均 Q_{ma} を用いることにより、ガス流量の突発的な測定値に左右されることなく、安定した目標電圧 V_t の値を得ることができる。

[0052] また、第1実施形態では高価なプラズマ発光モニタ機器を使用していないので、膜質の安定した化合物薄膜を安価に形成できる。

[0053] [第2実施形態]

第2実施形態は、第1実施形態で示したターゲット電圧 V に替えてターゲット電流 I をモニタリングしながら制御する薄膜形成方法である。基板50へ薄膜形成する際は、第1実施形態で示した反応性スパッタ装置10と同じ装置を用いる。モニタリングするのは電源12のターゲット電流 I であるが、RF電源ではターゲット電流をモニタリングすることができないため、ターゲット電流による制御はDC電源の場合のみとなる。第1実施形態と共通する構成については、説明を省略する。

[0054] 図12および図13は、反応性スパッタリングにおける成膜モードを説明するための図であり、金属ターゲット13に流れるターゲット電流 I の絶対値と、真空チャンバ11内に導入される反応ガスのガス流量 Q との関係が示されている。定電力制御の場合、ターゲット電流 I はターゲット電圧 V の逆数で表される。したがって、成膜モード曲線D2は図13に示す曲線となり、メタルモード(M)、化合物モード(C)、遷移モード(T)は図13に示す配置となる。

[0055] 図12には、ガス流量 Q を徐々に増やした場合に実線矢印で示すようにターゲット電流 I が変化すること、また、ガス流量 Q を徐々に減らした場合に破線矢印で示すようにターゲット電流 I が変化すること、が示されている。このように、反応性スパッタリングにおけるガス流量 Q およびターゲット電流 I は、ヒステリシス特性を有する。

[0056] 図13には、ターゲット電流 I を一定に制御するためにガス流量 Q を制御した場合のガス流量 Q およびターゲット電流 I の関係が示されている。ガス流量 Q およびターゲット電流 I は、実際にはばらつきを有するが、それぞれの平均値をプロットすれば、成膜モード曲線D2に示すような曲線として表される。薄膜形成時は、この成膜モード曲線D2上にあるいずれかの成膜条件でスパッタリングされる。

[0057] 図14に示すように、成膜モード曲線D2の位置は、矢印SH2の方向（上方）へ経時的にシフトする。第2実施形態では、この成膜モード曲線D2の経時変化に対応するように、スパッタリングを制御する。

[0058] 第2実施形態に係る薄膜形成方法は、図15に示したブロック線図のとおり、電流モニタリング制御ICと、ガス流量モニタリング制御QC2と、により構成される。

[0059] 電流モニタリング制御ICは、ターゲット電流 I の値を目標電流 I_t の値に近づけるようにガス流量 Q を調整する制御である。電流モニタリング制御ICでは、まず、入力された目標電流 I_t と、フィードバックされた測定電流 I_m と、を比較する。目標電流 I_t は、薄膜形成を遷移モードTで行なうためのターゲット電流 I であり、遷移モードTとなるときターゲット電流 I を事前にデータ取りすることにより初期設定される。測定電流 I_m は、反応性スパッタ装置10を稼働させたときのターゲット電流 I をモニタリングすることにより得られる測定値である。

[0060] 次に、目標電流 I_t と測定電流 I_m との差に応じて、計算上のガス流量 Q_s を算出する。図12に示すようにガス流量 Q を増加させると、ターゲット電流 I の絶対値は大きくなり、ガス流量 Q を減少させると、ターゲット電流 I の絶対値は小さくなる。計算上のガス流量 Q_s は、測定電流 I_m が目標電流 I_t より大きければ実際のガス流量 Q を減少させるように、測定電流 I_m が目標電流 I_t より小さければ実際のガス流量 Q を増加させるように算出される。このガス流量 Q_s の算出には、たとえば、PID制御が採用される。

[0061] 求めた計算上のガス流量 Q_s にしたがって反応ガス導入弁15の開閉を行

ない、真空チャンバ11内に導入される反応ガスのガス流量 Q を調整する。ガス流量 Q を調整することにより、ターゲット電流 I は目標電流 I_t を維持するように制御される。そして、電流モニタリング制御 IC の出力であるターゲット電流 I を再びモニタリングし、その電流値を測定電流 I_m としてフィードバックして目標電流 I_t と比較する。これらの繰り返しにより、ターゲット電流 I が所定範囲に維持され、遷移モード T によるスパッタリングが確実に行なわれる。なお、ガス流量 Q およびターゲット電流 I は、実際にはばらつきを有するが、それぞれの平均値をとれば、図13に示す成膜モード曲線 D_2 の遷移モード T 上で制御される。

[0062] 電流モニタリング制御 IC を実行するサイクルタイムは、非常に短時間であり、たとえば0.1秒である。この電流モニタリング制御 IC が連続的に複数回繰り返され、その都度、ターゲット電流 I が目標電流 I_t を維持するように制御される。以下、電流モニタリング制御 IC を実行するサイクルタイムを「所定のサイクルタイム t_i 」と呼ぶ。

[0063] ガス流量モニタリング制御 QC_2 は、ガス流量 Q の値を目標ガス流量 Q_t の値に近づけるように、ターゲット電流 I の目標電流 I_t を変更する制御である。ガス流量モニタリング制御 QC_2 を実行するサイクルタイムは所定のサイクルタイム t_i よりも長く、たとえば、数十秒～数時間の間で任意に設定される。以下、ガス流量モニタリング制御 QC_2 を実行するサイクルタイムを「別のサイクルタイム t_{q2} 」と呼ぶ。ガス流量モニタリング制御 QC_2 は、別のサイクルタイム t_{q2} の区切り時間ごとに行なわれる。

[0064] ガス流量モニタリング制御 QC_2 では、まず、入力された目標ガス流量 Q_t の値とフィードバックされたガス流量 Q の値とを比較する。

[0065] 目標ガス流量 Q_t は、薄膜形成を遷移モード T で行なうためのガス流量 Q であり、遷移モード T となるとききのガス流量 Q を事前にデータ取りすることにより設定される。

[0066] フィードバックされるガス流量 Q は、具体的には、別のサイクルタイム t_{q2} においてモニタリングされたガス流量の移動平均 Q_{ma} である。ガス流

量の移動平均 Q_{ma} は、直近のガス流量 Q を平均することにより取得される。ここで、ガス流量の移動平均 Q_{ma} を取得するための時間は、所定のサイクルタイム t_i よりも長く、別のサイクルタイム t_{q2} よりも短い時間である。以下、ガス流量の移動平均 Q_{ma} を取得するための時間を「移動平均時間 t_a 」と呼ぶ。

[0067] 次に、目標ガス流量 Q_t とガス流量 Q との差に応じて、目標電流 I_t を算出する。この目標電流 I_t は、ガス流量 Q の値を目標ガス流量 Q_t の値に近づけるように算出される。具体的には、ガス流量 Q としてガス流量の移動平均 Q_{ma} を用いた上で、ガス流量の移動平均 Q_{ma} が目標ガス流量 Q_t より大きければ現在値より大きくなるように、ガス流量の移動平均 Q_{ma} が目標ガス流量 Q_t より小さければ現在値より小さくなるように算出される。ただし長期的に見れば、成膜モード曲線 $D2$ は上方ヘシフトするので、目標電流 I_t は時間経過とともに大きくなるように算出される。この目標電流 I_t の算出にも PID 制御が採用される。

[0068] 求めた目標電流 I_t を、破線で示された電流モニタリング制御 IC に対して入力することにより、初期設定された目標電流 I_t の値を変更する。この変更した目標電流 I_t に基づいて、先述した電流モニタリング制御 IC が実行される。そして再び、ガス流量 Q が目標ガス流量 Q_t からずれたときに、ガス流量モニタリング制御 $QC2$ により目標電流 I_t が補正される。これらの繰り返しにより、ガス流量モニタリング制御 $QC2$ が実行される。

[0069] 第2実施形態では、所定のサイクルタイム t_i において電流 I をモニタリングして、ターゲット電流 I の値を目標電流 I_t の値に近づけるようにガス流量 Q を調整し、別のサイクルタイム t_{q2} においてガス流量 Q をモニタリングして、ガス流量 Q の値を目標ガス流量 Q_t の値に近づけるようにターゲット電流 I の目標電流 I_t を変更する。これにより、遷移モード T でのスパッタリングを確実に行なうとともに、遷移モード T 内の所定のスパッタリング状態を維持することができる。その結果、成膜速度が速く、膜質の安定した化合物薄膜を形成できる。

[0070] ガス流量 Q の値は、別のサイクルタイム t_{q2} においてモニタリングされたガス流量の移動平均 Q_{ma} の値とすることが好ましい。ガス流量の移動平均 Q_{ma} を用いることにより、ガス流量の突発的な測定値に左右されることなく、安定した目標電流 I_t の値を得ることができる。

[0071] 加えて、第2実施形態でも高価なプラズマ発光モニタ機器を使用することなく、膜質の安定した化合物薄膜を安価に形成できる。

[0072] 上述したそれぞれの実施形態は、請求の範囲に記載された発明を限定するものでなく、技術的思想の同一性が認められる範囲で種々の変形が可能である。たとえば、不活性ガスの流量を変化させることにより反応ガスの占める割合を変化させて、電圧モニタリング制御や電流モニタリング制御を実行してもよい。また、不活性ガスの流量の移動平均と、反応ガスの流量の移動平均との割合を所定範囲とすることによりガス流量モニタリング制御を実行してもよい。

符号の説明

[0073] 10 反応性スパッタ装置、11 真空チャンバ、12 電源、13 金属ターゲット、14 ターゲット固定台、15 反応ガス導入弁、16 不活性ガス導入弁、17 シャッタ、18 制御装置、19 基板固定台、21 真空ポンプ、22 自動圧力調整弁、50 基板、D1, D2 成膜モード曲線、M メタルモード、C 化合物モード、T 遷移モード、V ターゲット電圧、VC 電圧モニタリング制御、 V_t 目標電圧、 V_m 測定電圧、 Q ガス流量、 $QC1$, $QC2$ ガス流量モニタリング制御、 Q_t 目標ガス流量、 Q_s 計算上のガス流量、 Q_{ma} ガス流量の移動平均、 I ターゲット電流、 I_C 電流モニタリング制御、 I_t 目標電流、 I_m 測定電流、 t_v 電圧モニタリング制御VCを実行するサイクルタイム（第1のサイクルタイム）、 t_{q1} ガス流量モニタリング制御QC1を実行するサイクルタイム（第2のサイクルタイム）、 t_1 , t_2 区切り時間、 t_a ガス流量の移動平均を取得するための時間（移動平均時間）、 t_i 電流モニタリング制御ICを実行するサイクルタイム（所定のサイクルタイム）

）、 t_{q2} ガス流量モニタリング制御QC2を実行するサイクルタイム（別のサイクルタイム）。

請求の範囲

[請求項1] 真空チャンバと、前記真空チャンバ内に設けられる金属ターゲットと、前記金属ターゲットに一定電力を供給する電源と、前記真空チャンバ内に導入される反応ガスのガス流量を調整する反応ガス導入弁と、を備える反応性スパッタ装置を用いて、前記真空チャンバ内に配置される基板に薄膜を形成する薄膜形成方法であって、

薄膜形成中におけるスパッタリングを、メタルモードと化合物モードの間に存在する遷移モードで行なうため、第1のサイクルタイムにおいて、前記金属ターゲットに印加されるターゲット電圧をモニタリングすることにより、前記ターゲット電圧の値を目標電圧の値に近づけるように前記ガス流量を調整する電圧モニタリング制御を実行するとともに、前記第1のサイクルタイムよりも長い第2のサイクルタイムにおいて、前記ガス流量をモニタリングすることにより、前記ガス流量の値を目標ガス流量の値に近づけるように、前記第2のサイクルタイムの区切り時間ごとに前記ターゲット電圧の目標電圧を変更するガス流量モニタリング制御を実行することを特徴とする薄膜形成方法。

[請求項2] 前記ガス流量の値は、前記第2のサイクルタイムにおいてモニタリングされたガス流量の移動平均値であることを特徴とする請求項1に記載された薄膜形成方法。

[請求項3] 真空チャンバと、前記真空チャンバ内に配置される金属ターゲットと、前記金属ターゲットに一定電力を供給する電源と、前記真空チャンバ内に導入される反応ガスのガス流量を調整する反応ガス導入弁と、を備える反応性スパッタ装置を用いて、前記真空チャンバ内に配置された基板に薄膜を形成する薄膜形成方法であって、

薄膜形成中におけるスパッタリングを、メタルモードと化合物モードの間に存在する遷移モードで行なうため、所定のサイクルタイムにおいて、前記金属ターゲットに流れるターゲット電流をモニタリング

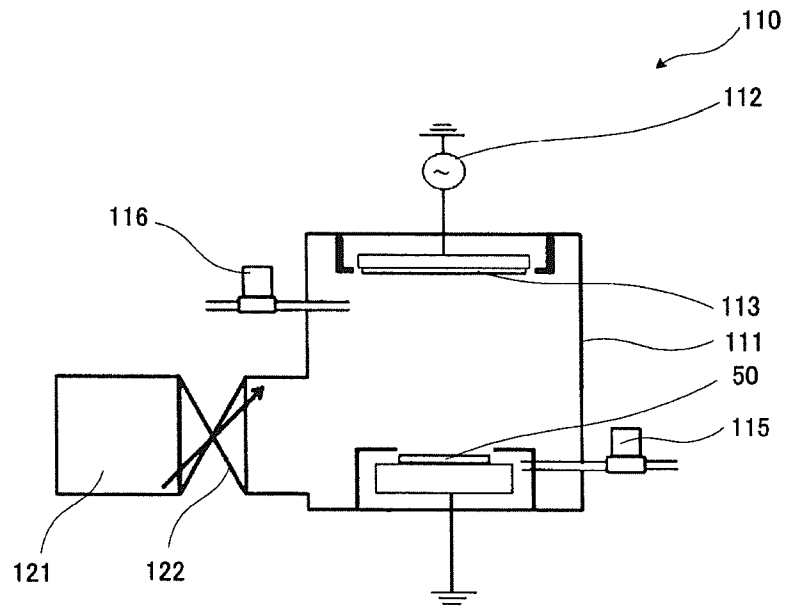
することにより、前記ターゲット電流の値を目標電流の値に近づけるように前記ガス流量を調整する電流モニタリング制御を実行するとともに、

前記所定のサイクルタイムよりも長い別のサイクルタイムにおいて、前記ガス流量をモニタリングすることにより、前記ガス流量の値を目標ガス流量の値に近づけるように、前記別のサイクルタイムの区切り時間ごとに前記ターゲット電流の目標電流を変更するガス流量モニタリング制御を実行することを特徴とする薄膜形成方法。

[請求項4] 前記ガス流量の値は、前記別のサイクルタイムにおいてモニタリングされたガス流量の移動平均値であることを特徴とする請求項3に記載された薄膜形成方法。

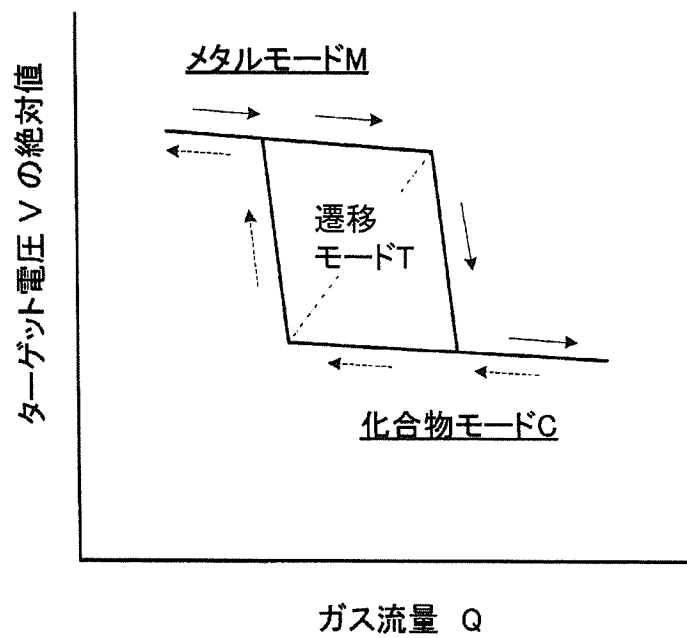
[図1]

FIG.1



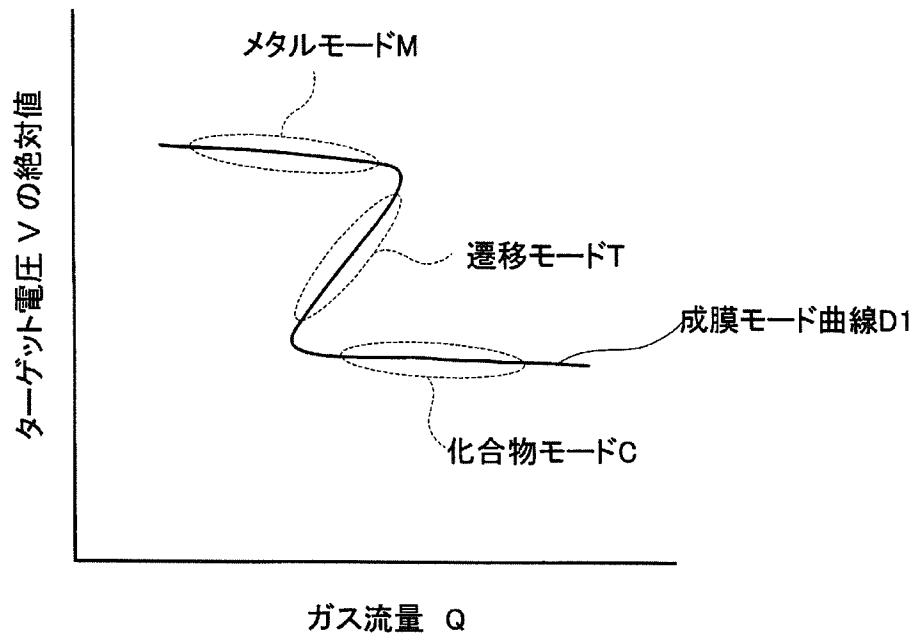
[図2]

FIG.2



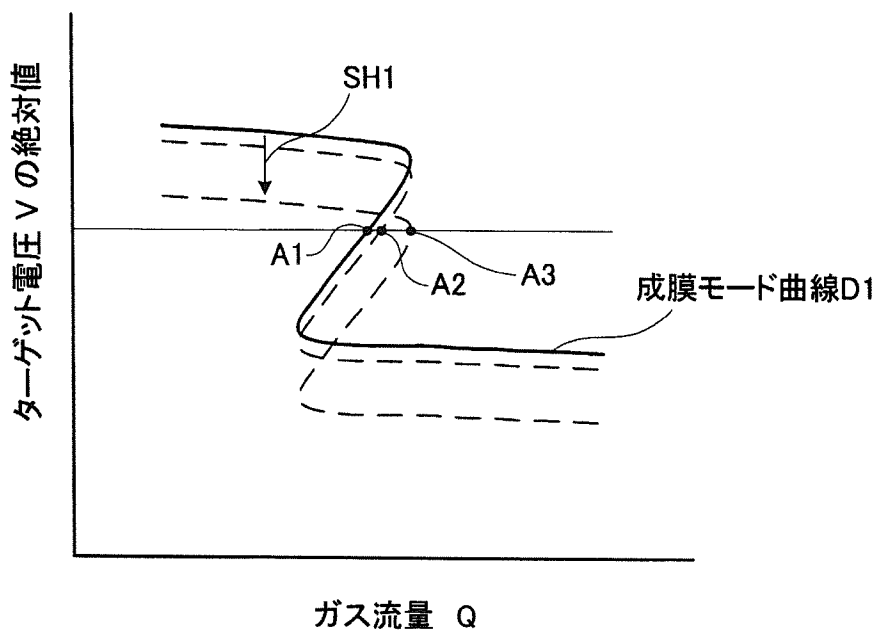
[図3]

FIG.3



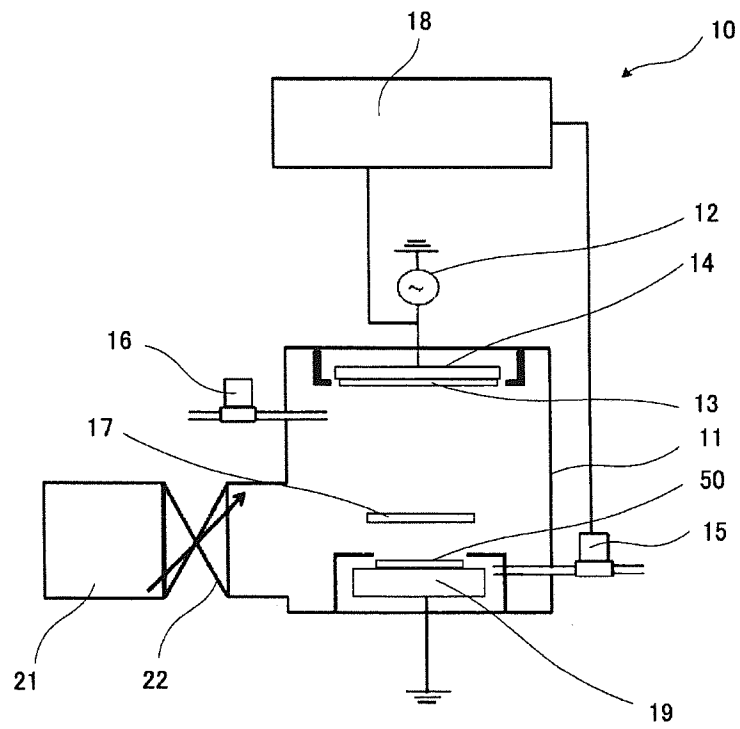
[図4]

FIG.4

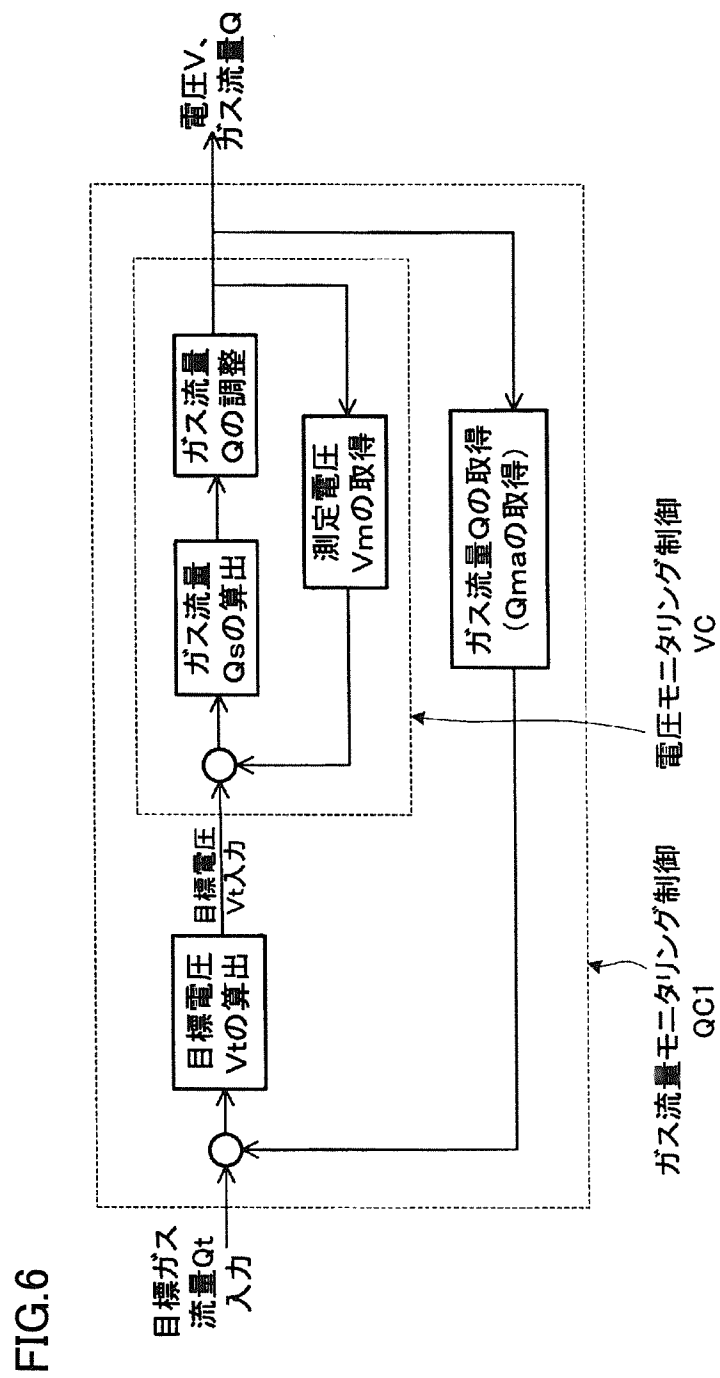


[図5]

FIG.5

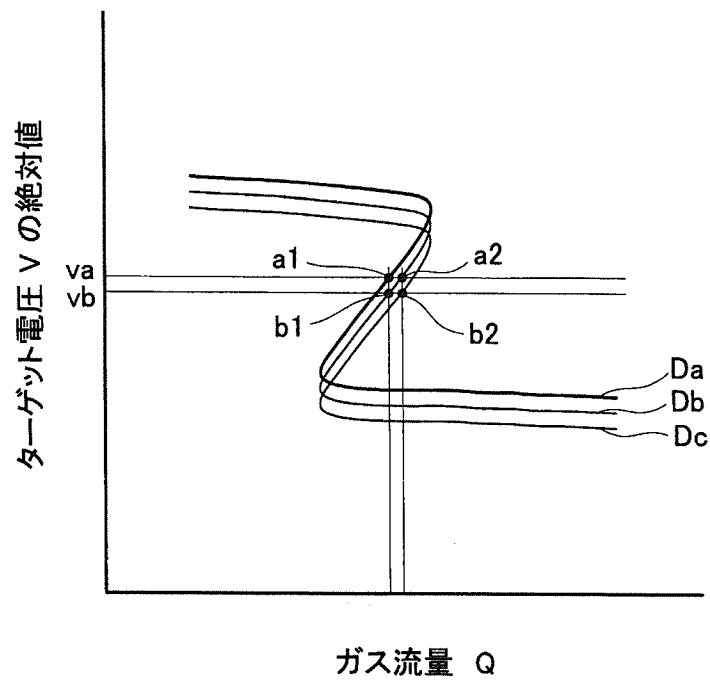


[図6]



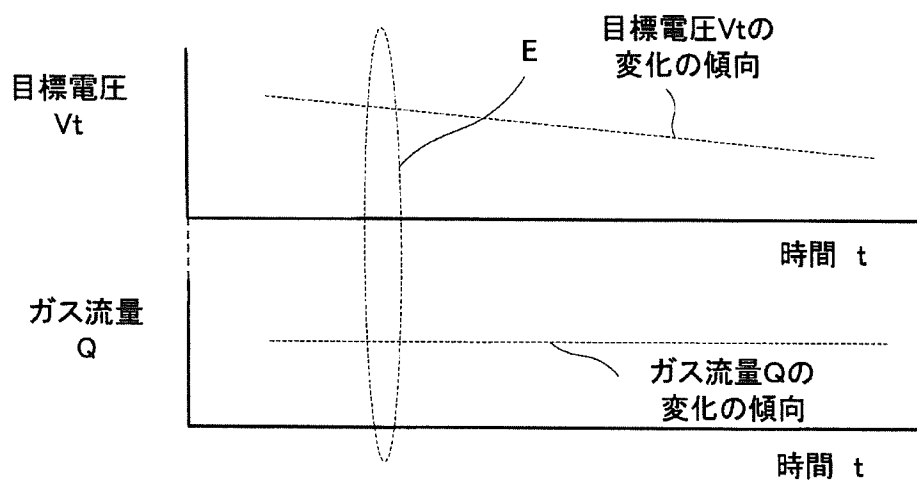
[図7]

FIG.7



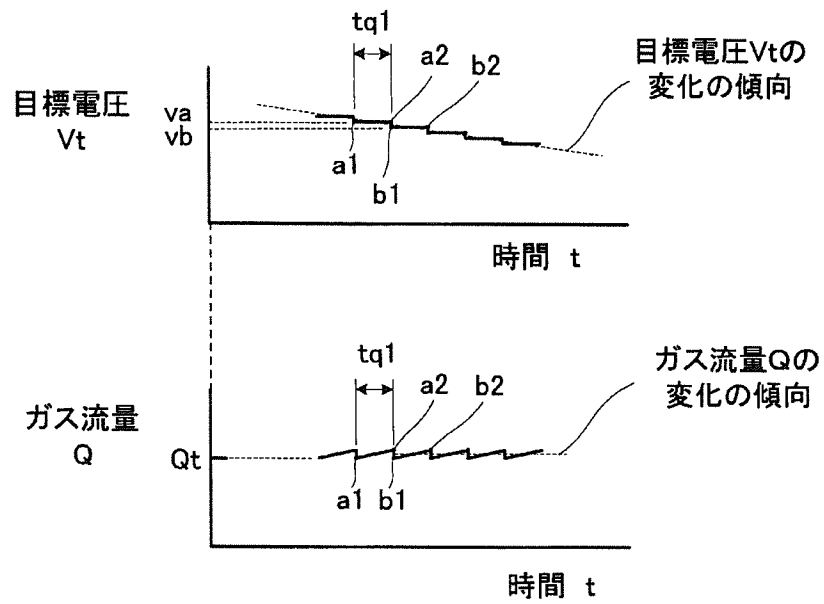
[図8]

FIG.8



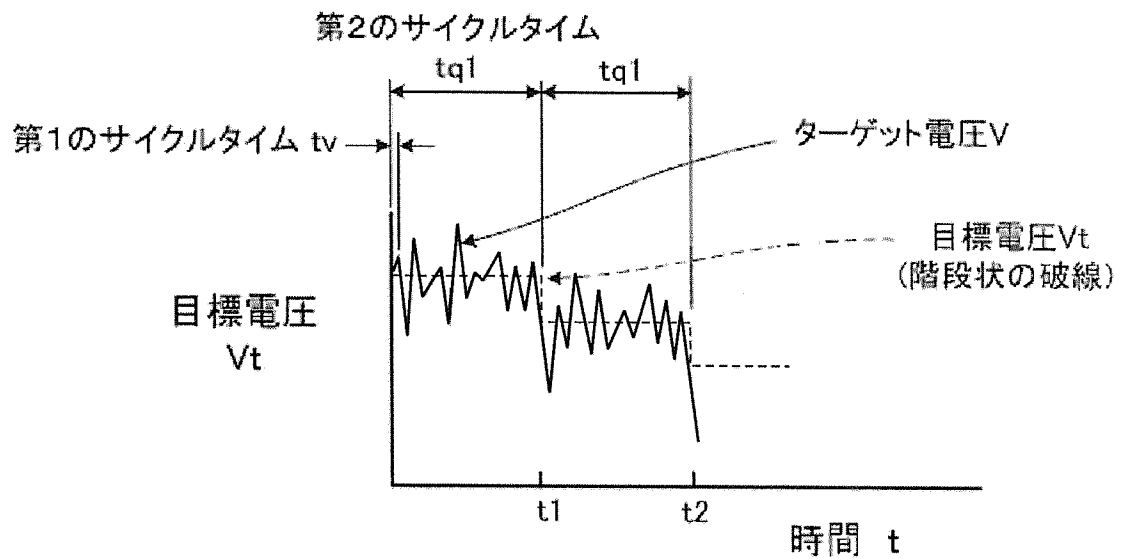
[図9]

FIG.9



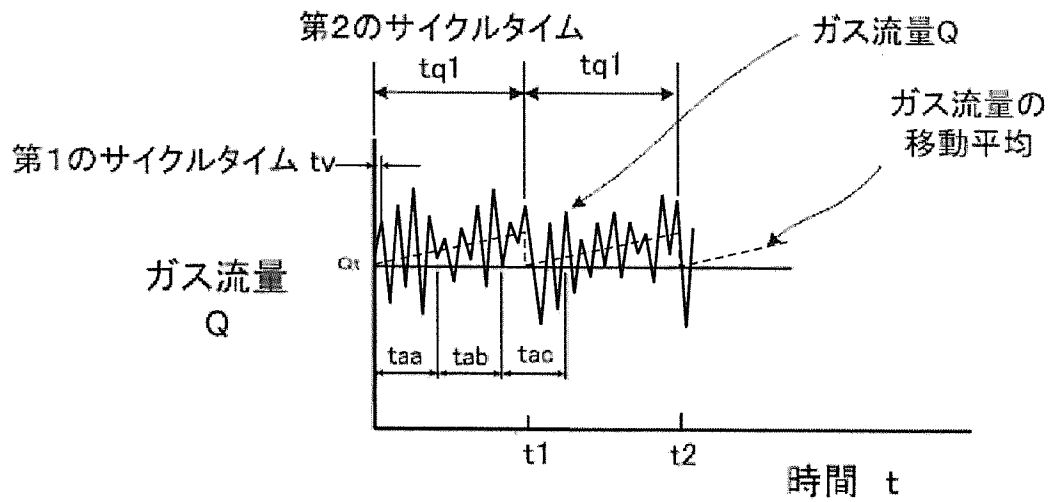
[図10]

FIG.10



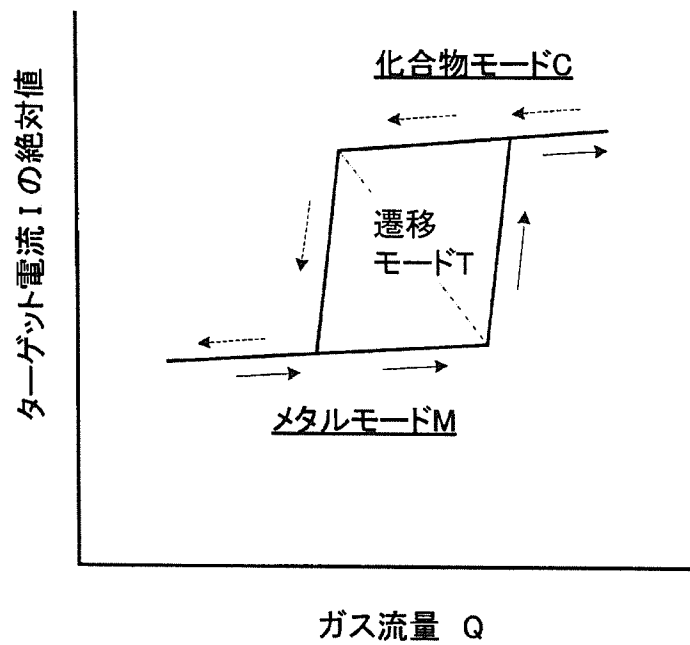
[図11]

FIG.11



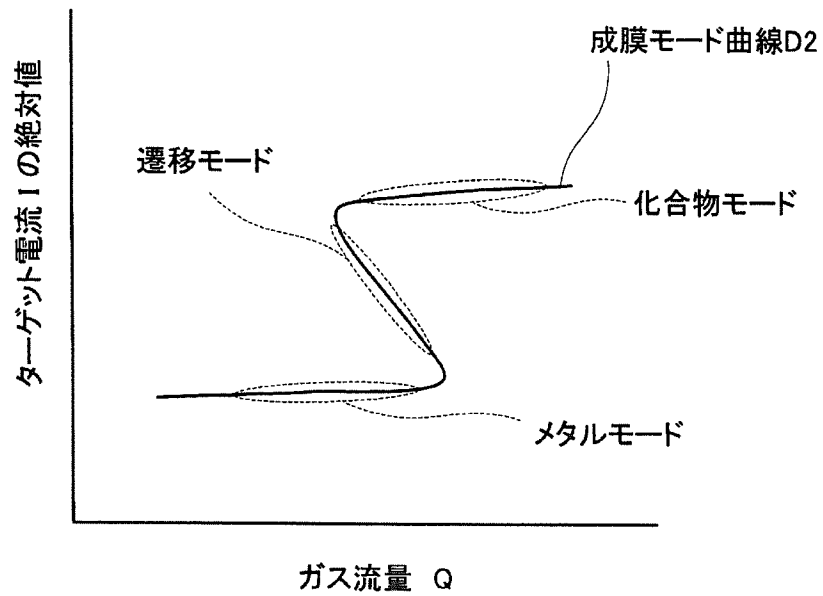
[図12]

FIG.12



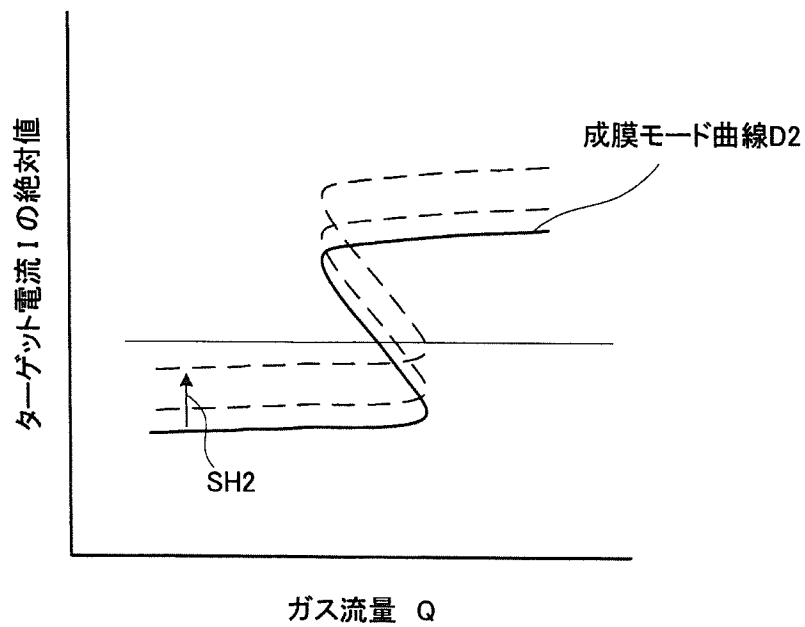
[図13]

FIG.13



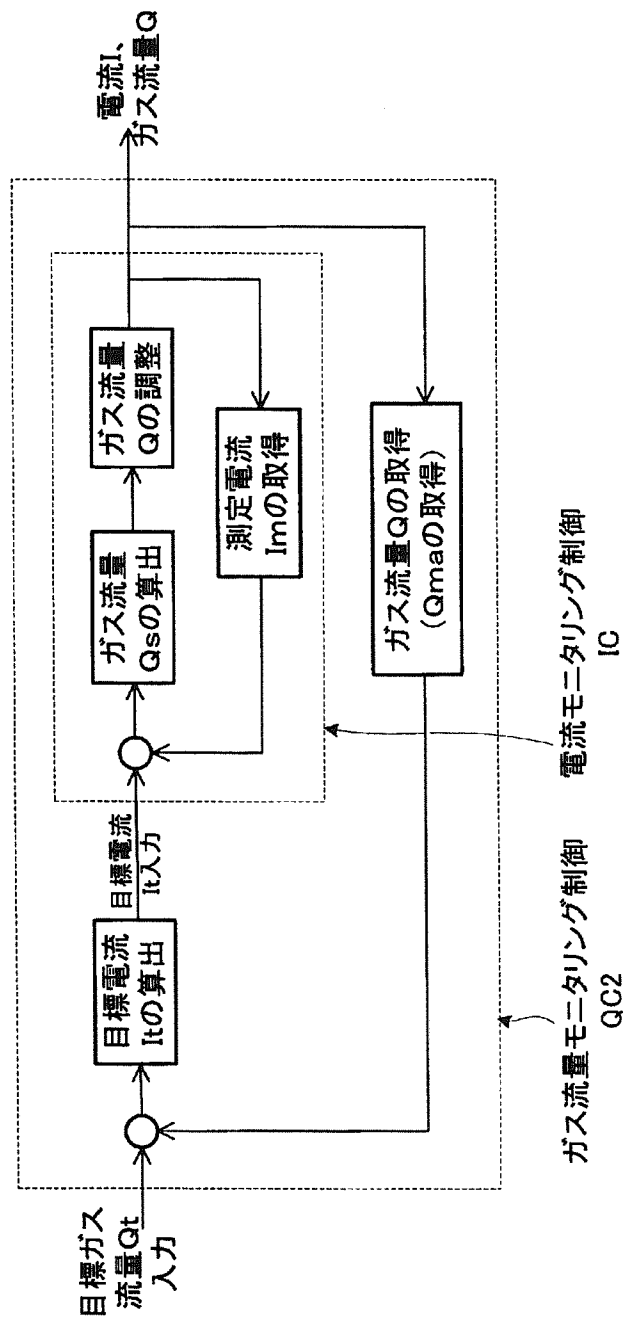
[図14]

FIG.14



[図15]

FIG.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063317

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C23C14/34(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23C14/34		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-26967 A (The BOC Group, Inc.), 25 January 2000 (25.01.2000), entire text; fig. 1A, 3, 4 & US 6106676 A & EP 957184 A2	1-4
A	JP 2003-342725 A (Kobe Steel, Ltd.), 03 December 2003 (03.12.2003), entire text; fig. 1 to 8 & US 2005/0205413 A1 & EP 1553206 A1 & WO 2003/100113 A1	1-4
A	JP 2006-124811 A (Yugen Kaisha Earth Tech), 18 May 2006 (18.05.2006), claims 3, 4; paragraphs [0040], [0053]; fig. 2 (Family: none)	1-4
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 July, 2014 (30.07.14)		Date of mailing of the international search report 12 August, 2014 (12.08.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063317

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-78836 A (Leybold AG.), 30 March 1993 (30.03.1993), claims; fig. 2, 3 & US 5556520 A & EP 501016 A1 & DE 4106513 A & FI 920396 A & KR 10-0249571 B & FI 920396 A0	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. C23C14/34(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. C23C14/34			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求項の番号
A	JP 2000-26967 A（ザ ビーオーシー グループ インコーポレイテッド）2000.01.25, 全文, 図1 A, 図3, 図4 & US 6106676 A & EP 957184 A2	1-4	
A	JP 2003-342725 A（株式会社神戸製鋼所）2003.12.03, 全文, 図1-8 & US 2005/0205413 A1 & EP 1553206 A1 & WO 2003/100113 A1	1-4	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 30.07.2014		国際調査報告の発送日 12.08.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 安齋 美佐子 電話番号 03-3581-1101 内線 3416	4G 9439

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-124811 A (有限会社アーステック) 2006.05.18, 請求項 3, 4, 【0040】, 【0053】, 図 2 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 5-78836 A (ライボルト アクチエンゲゼルシャフト) 1993.03.30, 特許請求の範囲, 図 2, 3 & US 5556520 A & EP 501016 A1 & DE 4106513 A & FI 920396 A & KR 10-0249571 B & FI 920396 A0	1 - 4