

(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
2018年3月29日(29.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/056346 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) C23C 16/52 (2006.01)
C23C 16/448 (2006.01) H01L 21/316 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/034050

(22) 国際出願日: 2017年9月21日(21.09.2017)

(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 2016-184537 2016年9月21日(21.09.2016) JP

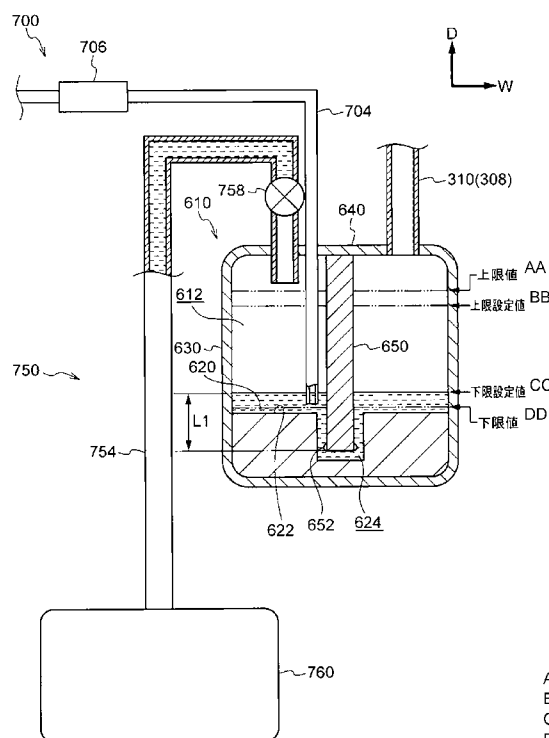
(71) 出願人: 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1058039

東京都港区西新橋二丁目15番1
2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 磯辺 紀之 (ISOBE, Noriyuki); 〒9392393
富山県富山市八尾町保内2丁目1番地 株式
会社日立国際電気内 Toyama (JP). 寿崎 健一
(SUZAKI, Kenichi); 〒9392393 富山県富山市八
尾町保内2丁目1番地 株式会社日立国際電
気内 Toyama (JP). 葛西 健 (KASAI, Takeshi);
〒9392393 富山県富山市八尾町保内2丁目1番
地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 河
原 喜隆 (KAWAHARA, Yoshitaka); 〒9392393
富山県富山市八尾町保内2丁目1番地 株
式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 島田
真一 (SHIMADA, Masakazu); 〒9392393 富山県

(54) Title: SUBSTRATE TREATMENT DEVICE, LIQUID FEEDSTOCK REPLENISHING SYSTEM, SEMICONDUCTOR DEVICE PRODUCTION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 基板処理装置、液体原料補充システム、半導体装置の製造方法、プログラム



AA Upper limit
BB Upper-limit setting
CC Lower-limit setting
DD Lower limit

(57) Abstract: The present invention suppresses variations in the value of in-plane uniformity of a film formed on a substrate. A substrate treatment device comprising: a treatment unit that includes a treatment chamber; a storage tank that stores a liquid feedstock, and is formed so as to include a wall portion and a bottom portion that has a recessed portion; a vaporization unit that vaporizes the liquid feedstock to generate a feedstock gas; a supply unit that supplies the feedstock



富山市八尾町保内2丁目1番地 株式会社
日立国際電気内 Toyama (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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))
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則48.2(h))

gas to the treatment chamber; a continuous level sensor that detects the liquid level of the liquid feedstock stored in the storage tank, and has a sensor element disposed in the recessed portion; a replenishing unit that replenishes the liquid feedstock in the storage tank; and a control unit that controls the supply unit so as to supply the feedstock gas to the treatment chamber, whereby a substrate treatment is performed for treating a substrate, and controls the replenishing unit, on the basis of the liquid level of the liquid feedstock detected by the continuous level sensor each time the substrate treatment is performed a preset number of times, so as to replenish the liquid feedstock in the storage tank such that the liquid level of the liquid feedstock stored in the storage tank reaches a preset level.

(57) 要約: 基板に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまうことを抑制する。処理室を含む処理部と、凹部を有する底部と、壁部とを含んで形成され、液体原料が貯留される貯留タンクと、液体原料を気化して原料ガスを生成する気化部と、原料ガスを処理室に供給する供給部と、貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルを検知すると共に凹部に配置されているセンサ素子を有する連続センサと、貯留タンクに液体原料を補充する補充部と、供給部を制御して、処理室に原料ガスを供給させて基板を処理する基板処理を行わせると共に、基板処理を予め決められた回数行う毎に、連続センサが検知した液体原料の液面レベルに基づいて、補充部を制御し、貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められたレベルとなるように、貯留タンクに液体原料を補充させる制御部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、液体原料補充システム、半導体装置の製造方法、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、基板処理装置、液体原料補充システム、半導体装置の製造方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、処理室内に收容された基板に膜を形成する成膜処理について記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-67877号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 成膜処理には、原料ガス（例えば、トリメチルアルミニウム（ $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ）（略称：TMA））が用いられる。そして、この原料ガスには、ppb（parts per billion）レベルで、不純物が含まれている。この不純物の量に起因して、基板に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまう。

[0005] 本発明の課題は、基板に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまうことを抑制することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明によれば、内部に基板を收容する処理室が形成されている処理部と、凹状の凹部を有する底部と、前記底部の周縁から立ち上がる壁部とを含んで形成され、液体原料が貯留される貯留タンクと、前記貯留タンクに貯留さ

れている液体原料を気化して原料ガスを生成する気化部と、前記気化部によって生成された原料ガスを前記処理室に供給する供給部と、前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルを連続的に検知すると共に前記凹部に配置されているセンサ素子を有するセンサと、前記貯留タンクに液体原料を補充する補充部と、前記供給部を制御して、前記処理室に原料ガスを供給させて前記基板を処理する基板処理を行わせると共に、前記基板処理を予め決められた回数行う毎に、前記センサが検知した液体原料の液面レベルに基づいて、前記補充部を制御し、前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められたレベルとなるように、前記貯留タンクに液体原料を補充させる制御部と、を備える技術が提供される。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、基板に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまうことを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態に係る基板処理装置に備えられた貯留タンク等を示した構成図である。

[図2]本発明の実施形態に係る基板処理装置に備えられた処理室等を示した断面図である。

[図3]本発明の実施形態に係る基板処理装置を示した概略構成図である。

[図4]本発明の実施形態に係る基板処理装置に備えられたコントローラを説明するためのブロック図である。

[図5]本発明の実施形態に係る基板処理装置を用いてウエハに成膜処理を行う場合の成膜シーケンスを示した図面である。

[図6] (A) (B) 本発明の実施形態に係る基板処理装置の必要性を説明するために用いた図面であって、面内均一性と、貯留タンクに残留されている液体原料の量との関係をグラフで示した図面である。

[図7]本発明の実施形態に係る基板処理装置に対する比較形態に係る基板処理装置に備えられた貯留タンク等を示した構成図である。

発明を実施するための形態

- [0009] 本発明者等は、貯留タンクに貯留されている液体原料の量と、この液体原料を気化することで生成された原料ガスによって基板に形成される膜の面内均一性との関係について鋭意研究した。この結果、本発明者等は、以下の知見から本発明に至った。
- [0010] 本発明者等は、貯留タンクに貯留されている液体原料の量（残量）に応じて気化された原料ガスに含まれる不純物濃度が変化することを見出した。これは、貯留タンクに貯留される液体原料（TMA）の残量に応じて気化された原料ガス（TMAガス）に含まれる不純物濃度は変化するためである。つまり、どの残量においても液体原料に不純物が飽和はしているが濃度は微少に変化している。
- [0011] ここで、貯留タンクに貯留されている液体原料の量が小さくなると、基板に形成される膜の面内均一性の値が小さくなる。これに対して、貯留タンクに貯留されている液体原料の量が大きくなると、基板に形成される膜の面内均一性の値が大きくなる。つまり、貯留タンクに貯留されている液体原料の量に応じて、基板に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまう。
- [0012] なお、面内均一性とは、基板に形成されている膜において、面内の最大膜厚と、面内の最小膜厚と、面内の平均膜厚とを用いて、下記式（1）により算出される。
- [0013] 面内均一性＝ $\left[\left(\text{面内最大膜厚} - \text{面内最小膜厚} \right) / \left(\text{面内平均膜厚} \times 2 \right) \right] \times 100 \text{（}\pm\% \text{）} \cdots \text{（1）}$
- [0014] この式から分かるように、面内均一性の値が小さい程、面内最大膜厚と面内最小膜厚との差が小さく、面内均一性の値が大きい場合と比して、面内均一性が向上している。
- [0015] 以下グラフを用いて説明する。図6（A）（B）には、面内均一性と、貯留タンクに貯留されている液体原料の量との関係がグラフで示されている。図6（A）（B）の各グラフの縦軸は、面内均一性を示し、横軸は、貯留タンクに貯留されている液体原料の量を示している。

[0016] 図6（A）は、ボート（詳細は後述）に積載された複数の基板の中で、最上位（TOP）の基板に形成された膜について示し、図6（B）は、ボートに積載された複数の基板の中で、最下位（BTM）の基板に形成された膜について示している。

[0017] 図6（A）（B）に示されるように、貯留タンクに貯留されている液体原料の量が小さくなると、基板に形成される膜の面内均一性の値が小さくなり、貯留タンクに貯留されている液体原料の量が大きくなると、基板に形成される膜の面内均一性の値が大きくなる。

[0018] これは、基板に膜を形成させるために、バッチ処理を終えると、貯留タンクの液体原料の量が小さくなり、液面レベルが低くなる。この状態で、液体原料を気化すると、気化された原料ガスの不純物濃度が低くなるためと考える。

[0019] 以下、本発明の好適な実施形態について説明する。

[0020] （全体構成） 本発明の実施形態に係る基板処理装置、液体原料補充システム、半導体装置の製造方法、及びプログラムの一例を図1～図7に従って説明する。なお、図中に示す矢印Hは装置上下方向（鉛直方向）を示し、矢印Wは装置幅方向（水平方向）を示し、矢印Dは装置幅方向（水平方向）を示す。

[0021] 図3に示されるように、液体原料補充システム780を備えた基板処理装置10は、基板としてのウエハ200を処理する処理炉202を備えている。処理炉202は、装置上下方向に延びる円筒形状のヒータ207を有し、ヒータ207は、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されている。そして、ヒータ207は、後述する処理室201内を所定温度に加熱するようになっている。

[0022] さらに、ヒータ207の内側には、図2、図3に示されるように、ヒータ207と同心の円筒形状とされる処理部としての処理管203が配設されている。処理管203は、例えば石英（ SiO_2 ）または炭化シリコン（ SiC ）等の耐熱性材料から形成され、上端が閉塞し下端が開口している。そして

、処理管 203 の内部には、複数のウエハ 200 を処理する処理室 201 が形成されている。具体的には、基板支持具としてのボート 217 によって、複数（例えば 25 ～ 200 枚）のウエハ 200 が上下方向に積載され、このボート 217 によって積載された状態の複数のウエハ 200 が、処理室 201 の内部に配設されている。ボート 217 は、例えば石英や SiC 等の耐熱性材料から形成されている。ボート 217 の下部には、石英や SiC 等の耐熱性材料から形成されている円筒形状の断熱筒 218 が配設されている。この構成により、ヒータ 207 からの熱が後述するシールキャップ 219 側に伝わりにくくなっている。

[0023] また、処理管 203 の下方には、図 3 に示されるように、処理管 203 と同心の円筒形状とされているマニホールド（インレットフランジ）209 が配設されている。マニホールド 209 は、例えばステンレス（SUS）等の金属から形成され、上端および下端が開口されている。マニホールド 209 の上端は、処理管 203 の下端に対向しており、マニホールド 209 は、シール部材としてのリング 220 を介して処理管 203 を支持している。

[0024] また、処理室 201 には、処理管 203 の壁面と、ボート 217 によって積載された複数のウエハ 200 との間で、上下方向に延びるノズル 410, 420 が、配設されている。さらに、ノズル 410, 420 において、ウエハ 200 と水平方向において対向する範囲には、ガスを供給する複数の供給孔 410a, 420a がそれぞれ形成されている。これにより、供給孔 410a, 420a から噴出したガスは、ウエハ 200 に向けて流れるようになっている。

[0025] さらに、ノズル 410, 420 の下端側の部分は、屈曲して、マニホールド 209 の側壁を貫通し、ノズル 410, 420 の下端側の端部は、マニホールド 209 の外部に突出している。そして、ノズル 410, 420 の下端側の端部には、ガス供給ラインとしてのガス供給管 310, 320 が、それぞれ接続されている。これにより、処理室 201 へ複数種類のガスが供給されるようになっている。

- [0026] ガス供給管 310, 320 には、ガス供給管 310, 320 を流れるガスの流れ方向（以下「ガス流れ方向」）の上流側から順に、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（MFC）312, 322 および開閉弁であるバルブ 314, 324 がそれぞれ設けられている。また、ガス供給管 310, 320 において、バルブ 314, 324 に対してガス流れ方向の下流側の部分には、不活性ガスを供給するガス供給ラインとしてのガス供給管 510, 520 の端部がそれぞれ接続されている。ガス供給管 510, 520 には、ガス供給管 510, 520 を流れるガスの流れ方向の上流側から順に、流量制御器（流量制御部）である MFC 512, 522 および開閉弁であるバルブ 514, 524 がそれぞれ設けられている。
- [0027] ガス供給管 310 からは、処理ガスとしての原料ガスが、MFC 312、バルブ 314、ノズル 410 を介して処理室 201 へ供給されようになっている。このように、原料ガスを処理室 201 に供給する供給部 308 は、ガス供給管 310、MFC 312、バルブ 314、及びノズル 410 を含んで構成されている。
- [0028] また、原料ガスとしては、例えば、金属元素であるアルミニウム（Al）を含む金属含有ガスであるアルミニウム含有原料（Al 含有原料ガス、Al 含有ガス）としてのトリメチルアルミニウム（ $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 、略称：TMA）が用いられる。TMA は有機系原料であり、アルミニウムにリガンドとしてアルキル基が結合したアルキルアルミニウムである。
- [0029] 原料ガスとは、気体状態の原料、例えば、常温常圧下で気体状態である気体原料や、常温常圧下で液体状態である液体原料を気化することで得られるガス等のことである。
- [0030] ガス供給管 310 から所定温度で自己分解する原料ガスを供給する場合、主に、ガス供給管 310、MFC 312、及びバルブ 314 により、原料ガス供給系が構成される。ノズル 410 を原料ガス供給系に含めて考えてもよい。原料ガス供給系を原料供給系と称することもできる。ガス供給管 310 から金属含有ガスを供給する場合、原料ガス供給系を金属含有ガス供給系と

称することもできる。

[0031] 金属含有ガスとしてアルミニウム含有原料（A I 含有原料ガス、A I 含有ガス）を用いる場合、金属含有ガス供給系をアルミニウム含有原料（A I 含有原料ガス、A I 含有ガス）供給系と称することもできる。アルミニウム含有原料としてTMAを用いる場合、アルミニウム含有原料供給系をTMA供給系と称することもできる。

[0032] これに対して、ガス供給管320からは、処理ガスとしての反応ガスが、MFC322、バルブ324、及びノズル420を介して処理室201へ供給されようになっている。反応ガスとして、例えば、酸素（O）を含み、A I と反応する反応ガス（リアクタント）としての酸素含有ガス（酸化ガス、酸化剤）が用いられる。

[0033] ガス供給管320から反応ガス（リアクタント）を供給する場合、主に、ガス供給管320、MFC322、バルブ324により、反応ガス供給系（リアクタント供給系）が構成される。ノズル420を反応ガス供給系に含めて考えてもよい。反応ガスとして酸素含有ガス（酸化ガス、酸化剤）を供給する場合、反応ガス供給系を、酸素含有ガス（酸化ガス、酸化剤）供給系と称することもできる。酸素含有ガスとしてO₃を用いる場合、酸素含有ガス供給系をO₃供給系と称することもできる。ノズル420から反応ガスを流す場合、ノズル420を反応ガスノズルと称してもよい。

[0034] さらに、ガス供給管510、520からは、不活性ガスが、MFC512、522、バルブ514、524、及びノズル410、420を介して処理室201へ供給されようになっている不活性ガスとして、例えば、N₂ガスが用いられる。

[0035] 主に、ガス供給管510、520、MFC512、522、及びバルブ514、325により、不活性ガス供給系が構成される。

[0036] 一方、マニホールド209の壁面には、処理室201の雰囲気気を排気する排気流路としての排気管231の一端が接続されている。排気管231には、処理室201の圧力を検出する圧力検出器（圧力検出部）としての圧力セ

ンサ２４５および排気バルブ（圧力調整部）としてのＡＰＣ（Ａｕｔｏ Ｐｒｅｓｓｕｒｅ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）バルブ２４３が取り付けられ、排気管２３１の端部には、真空排気装置としての真空ポンプ２４６が取り付けられている。

[0037] ＡＰＣバルブ２４３は、真空ポンプ２４６を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室２０１の真空排気および真空排気停止を行うことができ、さらに、真空ポンプ２４６を作動させた状態で、圧力センサ２４５により検出された圧力情報に基づいて弁開度を調節することで、処理室２０１の圧力を調整することができるように構成されているバルブである。主に、排気管２３１、ＡＰＣバルブ２４３、及び圧力センサ２４５により、排気系が構成される。真空ポンプ２４６を排気系に含めて考えてもよい。排気管２３１は、処理管２０３に設ける場合に限らず、ノズル４１０、４２０と同様にマニホールド２０９に設けてもよい。

[0038] マニホールド２０９の下方には、マニホールド２０９の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ２１９が設けられている。シールキャップ２１９は、マニホールド２０９の下端に鉛直方向下側から当接されるように構成されている。シールキャップ２１９は、例えばＳＵＳ等の金属から形成され、円盤状とされている。シールキャップ２１９の上面には、マニホールド２０９の下端と当接するシール部材としてのＯリング２２０が設けられている。シールキャップ２１９に対して処理室２０１の反対側には、後述するボート２１７を回転させる回転機構２６７が設置されている。回転機構２６７の回転軸２５５は、シールキャップ２１９を貫通してボート２１７に接続されている。回転機構２６７は、ボート２１７を回転させることでウエハ２００を回転させるように構成されている。

[0039] シールキャップ２１９は、処理管２０３の外部に鉛直に設置された昇降機構としてのボートエレベータ１１５によって鉛直方向に昇降されるように構成されている。ボートエレベータ１１５は、シールキャップ２１９を昇降させることで、ボート２１７を処理室２０１内外に搬入および搬出することが

可能なように構成されている。ボートエレベータ 115 は、ボート 217 すなわちウエハ 200 を、処理室 201 内外に搬送する搬送装置（搬送機構）として構成されている。また、マニホールド 209 の下方には、ボートエレベータ 115 によりシールキャップ 219 を降下させている間、マニホールド 209 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシャッタ 219 s が設けられている。シャッタ 219 s は、例えば SUS 等の金属により形成され、円盤状とされている。シャッタ 219 s の上面には、マニホールド 209 の下端と当接するシール部材としてのリング 220 c が設けられている。シャッタ 219 s の開閉動作（昇降動作や回動動作等）は、シャッタ開閉機構 115 s により制御される。

[0040] また、処理室 201 には、図 2 に示されるように、温度検出器としての温度センサ 263 が配設されている。温度センサ 263 により検出された温度情報に基づきヒータ 207 への通電具合を調整することで、処理室 201 の温度が所望の温度分布となるようになっている。温度センサ 263 は、ノズル 410、420 と同様に処理管 203 の内壁に沿って設けられている。

[0041] 次に、基板処理装置 10 に備えられた制御部としての制御部 121 について説明する。制御部 121 は、図 4 に示されるように、CPU (Central Processing Unit) 121 a、RAM (Random Access Memory) 121 b、記憶装置 121 c、I/O ポート 121 d を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 121 b、記憶装置 121 c、I/O ポート 121 d は、内部バス 121 e を介して、CPU 121 a とデータ交換可能なように構成されている。制御部 121 には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置 122 が接続されている。

[0042] 記憶装置 121 c は、例えばフラッシュメモリ、HDD (Hard Disk Drive) 等で構成されている。記憶装置 121 c 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラム等が、読み出し可能に格納されている。

- [0043] RAM 121bは、CPU 121aによって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。
- [0044] I/Oポート121dは、前述のMFC 512、522、312、322、バルブ514、524、314、324、圧力センサ245、APCバルブ243、真空ポンプ246、温度センサ263、ヒータ207、回転機構267、ボートエレベータ115、シャッタ開閉機構115s、後述の超音波センサ650、MFC 706、バルブ758等に接続されている。
- [0045] CPU 121aは、記憶装置121cから制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置122からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置121cからデータを読み出すように構成されている。
- [0046] CPU 121aは、読み出したデータの内容に沿うように、MFC 512、522、312、322による各種ガスの流量調整動作、バルブ514、524、314、324の開閉動作、APCバルブ243の開閉動作および圧力センサ245に基づくAPCバルブ243による圧力調整動作、真空ポンプ246の起動および停止、温度センサ263に基づくヒータ207の温度調整動作、回転機構267によるボート217の回転および回転速度調節動作、ボートエレベータ115によるボート217の昇降動作、シャッタ開閉機構115sによるシャッタ219sの開閉動作等を制御するように構成されている。
- [0047] 制御部121は、外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CDやDVD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリやメモリカード等の半導体メモリ）123に格納されたプログラムを、コンピュータにインストールすることにより構成することができる。
- [0048] 記憶装置121cや外部記憶装置123は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成されている。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置

1 2 1 c 単体のみを含む場合、外部記憶装置 1 2 3 単体のみを含む場合、または、それらの両方を含む場合がある。なお、コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置 1 2 3 を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いて行ってもよい。

[0049] また、制御部 1 2 1 による後述の超音波センサ 6 5 0、M F C 7 0 6、バルブ 7 5 8 に対する制御については、後述する作用と共に説明する。

[0050] (要部構成) [貯留タンク] 次に、気化することで原料ガス (TMA ガス) となる液体原料 (TMA) を貯留する貯留タンク 6 1 0 について説明する。

[0051] 貯留タンク 6 1 0 は、直方体状とされている。さらに、貯留タンク 6 1 0 の内部に形成された貯留空間 6 1 2 は、図 1 に示されるように、底部 6 2 0 と、底部 6 2 0 の周縁から立ち上がる複数の壁部 6 3 0 と、複数の壁部 6 3 0 によって囲まれた貯留空間 6 1 2 を上方側から閉止する天井部 6 4 0 とによって形成され、外部から密閉された空間とされている。そして、この貯留空間 6 1 2 は、予め決められた圧力とされている。さらに、前述したガス供給管 3 1 0 の下端側の部分が、天井部 6 4 0 を貫通して貯留空間 6 1 2 に配設されている。

[0052] 底部 6 2 0 は、上方を向く底面 6 2 2 を有し、底面 6 2 2 において装置幅方向、及び装置奥行方向の中央側の部分には、底面 6 2 2 の一部が凹む凹部 6 2 4 が形成されている。この凹部 6 2 4 は、上下方向に延び、断面矩形状とされている。

[0053] そして、この貯留空間 6 1 2 に液体原料が貯留可能な下限値 (Low リミット) に対して、本実施形態での液体原料に対する下限設定値 (Low Setting) は、高く (大きく) されている (図示参照)。また、この貯留空間 6 1 2 に液体原料が貯留可能な上限値 (High リミット) に対して、本実施形態での液体原料に対する上限設定値 (High Setting) は、低く (小さく) されている (図示参照)。

[0054] 下限設定値を貯留可能な下限値より高くする理由は、超音波センサ 6 5 0

が精度よく液面を監視できる下限を達成しつつ、下限値から成膜を行った場合であっても原料不足となることを回避するためである。また、1回の成膜に要する使用量を上限設定値とするが、仮に上限設定値を超えたとしても装置に影響を及ぼさないようにするため貯留可能な上限値より上限設定値は低くされている。ここで、上限設定値を1回の成膜に要する使用量とする場合、毎バッチリフィルされることとなる。2回のリフィルが必要となる場合もある。

[0055] 〔超音波センサ〕 超音波センサ650は、貯留空間612に配設されて上下方向に延び、上端が天井部640に取り付けられている。超音波センサ650の断面形状は、凹部624の断面形状と比して、小さい矩形状とされている。そして、超音波センサ650の下方側の部分は、凹部624に配設され、超音波センサ650の下端部に、センサ素子652が取り付けられている。

[0056] この構成において、センサ素子652によって発生した超音波が、液体原料の液面に反射し、この反射波を超音波センサ650の受波部（図示省略）が受信することで、超音波センサ650は、貯留タンク610に貯留されている液体原料の液面レベルを連続して検知するようになっている。このように、超音波センサ650は、連続センサ（連続式センサ、連続式レベルセンサ、連続液面センサとも称する）として機能している。

[0057] 〔気化部〕 気化部700は、バブリング方式により、貯留タンク610に貯留されている液体原料を気化して原料ガスとする装置であって、キャリアガスが流れるガス供給管704と、マスフローコントローラ（MFC）706とを備えている。

[0058] ガス供給管704は、天井部640を貫通し、ガス供給管704の一端は、貯留タンク610に貯留されている液体原料内に配設されている。また、MFC706は、ガス供給管704において、貯留タンク610の外部に配設された部分に設けられている。

[0059] この構成において、MFC706によって流量が調整されたキャリアガス

は、ガス供給管 704 の一端から液体原料に供給されるようになっている。
そして、キャリアガスが液体原料に作用して、液体原料が気化するようになっている。

[0060] なお、バブリング方式では、貯留タンク 610（バブラ）へ供給するキャリアガス（例えば N_2 ガス）の供給量を制御することができるが、実際の気化量は把握することができない。そこで、本実施形態では、前述した超音波センサ 650 を用いて液体原料の減少量を検知することで、気化量を把握している。

[0061] 〔補充部〕 補充部 750 は、所謂自動供給システム（ARS: Auto Refill System）により、貯留タンク 610 に液体原料を補充する装置であって、液体原料が流れる液体供給管 754 と、開閉弁であるバルブ 758 と、補充される液体原料が内部に貯留される補充タンク 760 とを備えている。

[0062] 液体供給管 754 は、天井部 640 を貫通し、一端が貯留空間 612 に配設されている。補充タンク 760 は、貯留タンク 610 の外部に配設され、液体供給管 754 の他端に接続されている。バルブ 758 は、液体供給管 754 において、貯留タンク 610 の外部に配設された部分に設けられている。

[0063] この構成において、液体供給管 754 において補充タンク 760 とバルブ 758 との間の部分には、常時液体原料が溜まっている。そして、閉止されているバルブ 758 を開放することで、補充部 750 は、液体原料を貯留タンク 610 に補充するようになっている。

[0064] （作用） 次に、基板処理装置 10 を用いて半導体装置を製造する半導体装置の製造方法について説明する。なお、基板処理装置 10 を構成する各部の動作は制御部 121 によって制御される。

[0065] 先ず、基板処理装置 10 を用いて、ウエハ 200 に膜を形成するシーケンス例について、図 5 を用いて説明する。本実施形態では、複数のウエハ 200 が積載された状態で収容された処理室 201 を所定温度で加熱する。そし

て、処理室201に、ノズル410の供給孔410aから原料ガスとしてTMAガスを供給する原料ガス供給工程と、ノズル420の供給孔420aから反応ガスとしてO₃ガスを供給する反応ガス供給工程と、を所定回数（n回）行う。これにより、ウエハ200上に、AlおよびOを含む膜としてアルミニウム酸化膜（AlO膜）を形成する。

[0066] 以下、半導体装置の製造方法について具体的に説明する。

[0067] 〔積載・搬入〕 先ず、複数のウエハ200がポート217に積載（ウエハチャージ）される。シャッタ開閉機構115sによりシャッタ219sが移動させられて、マニホールド209の下端開口が開放される（シャッタオープン）。そして、図3に示すように、複数のウエハ200が積載されたポート217は、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201に搬入（ポートロード）される。この状態で、シールキャップ219は、Oリング220bを介してマニホールド209の下端をシールした状態となる。

[0068] 〔圧力・温度調整〕 次に、処理室201が所望の圧力（真空度）となるように真空ポンプ246によって真空脱気される。この際、処理室201の圧力は、圧力センサ245で測定され、この測定された圧力情報に基づき、APCバルブ243がフィードバック制御される（圧力調整）。真空ポンプ246は、少なくともウエハ200に対する処理が完了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。

[0069] また、処理室201が所望の温度となるようにヒータ207によって加熱される。この際、処理室201が所望の温度分布となるように、温度センサ263（図2参照）が検出した温度情報に基づきヒータ207への通電量がフィードバック制御される（温度調整）。ヒータ207による処理室201の加熱は、少なくともウエハ200に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。

[0070] さらに、ポート217及びウエハ200が、回転機構267により回転する。回転機構267によるポート217及びウエハ200の回転は、少なく

とも、ウエハ２００に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。

[0071] 〔液体原料量の調整（貯留工程の一例）〕 次に、図１に示す貯留タンク６１０に貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められた初期液面レベルとなるように、貯留タンク６１０に液体原料を貯留する。ここで、本実施形態では、初期液面レベルとは、超音波センサ６５０が液面レベルを検知するために要する最小の液体原料の量と、後述する成膜処理を予め決められた回数（１バッチ）行うために要する液体原料の量と、の総量を貯留タンク６１０に貯留した際の液面レベルである。

[0072] 超音波センサ６５０が液面レベルを検知するために要する最小の液体原料の量とは、液面レベルが貯留タンク６１０の下限值（Ｌｏｗリミット）に位置した場合の量である。

[0073] また、成膜処理を予め決められた回数行うために要する液体原料の量とは、後述する原料ガス供給工程、残留ガス除去工程、反応ガス供給工程、残留ガス除去工程を順に行うサイクルを予め決められた回数（１回以上）行ってウエハ２００にＡＩＯ膜を形成させるために要する量である。

[0074] 以下、具体的に液体原料量の調整について説明する。

[0075] 制御部１２１は、超音波センサ６５０によって液体原料の液面レベルを検知する。液体原料の液面レベルが初期液面レベルに達してしない場合には、制御部１２１は、閉止されているバルブ７５８を開放することで、補充部７５０によって液体原料を貯留タンク６１０に補充させる。そして、超音波センサ６５０によって検出された液体原料の液面レベルが初期液面レベルに達した場合には、制御部１２１が開放されているバルブ７５８を閉止することで、液体原料量の調整を終了させる。

[0076] なお、補充部７５０によって初期液面レベルよりも高くなるように液体原料が貯留タンク６１０に補充されることはない。このため、最初に、超音波センサ６５０が液体原料の液面レベルを検知する際の液面レベルが、初期液面レベルよりも高いことはない。

[0077] 〔成膜処理（基板処理の一例）〕 〔気化工程〕 貯留タンク６１０に

貯留されている液体原料を原料ガスに気化する。

[0078] 具体的には、制御部 121 には、後述する原料ガス供給工程で要する原料ガスの量が予め記憶されており、制御部 121 は、気化部 700 の MFC 706 を制御し、貯留タンク 610 に貯留されている液体原料にキャリアガスを供給する。これにより、液体原料が原料ガスに気化される。

[0079] [原料ガス供給工程（処理工程の一例）] 次に、図 3 に示すバルブ 314 を開き、ガス供給管 310 へ原料ガス（TMA ガス）を流す。原料ガスは、MFC 312 により流量調整され、ノズル 410 の供給孔 410a から処理室 201 へ供給される。このとき同時に、バルブ 514 を開き、ガス供給管 510 内にキャリアガス（N₂ ガス）を流す。キャリアガスは、MFC 512 により流量調整され、原料ガスと一緒にノズル 410 の供給孔 410a から処理室 201 内に供給され、排気管 231 から排気される。

[0080] さらに、ノズル 420 への原料ガスの侵入を防止（逆流を防止）するため、バルブ 524 を開き、ガス供給管 520 内へキャリアガスを流す。キャリアガスは、ガス供給管 520、ノズル 420 を介して処理室 201 へ供給され、排気管 231 から排気される。

[0081] このとき、APC バルブ 243 を適正に調整して、処理室 201 の圧力を、例えば 1～1000 Pa の範囲内の圧力とする。なお、本明細書では、数値の範囲として、例えば 1～1000 Pa と記載した場合は、1 Pa 以上 1000 Pa 以下を意味する。すなわち、数値の範囲内には 1 Pa および 1000 Pa が含まれる。圧力のみならず、流量、時間、温度等、本明細書に記載される全ての数値について同様である。

[0082] MFC 312 で制御する原料ガスの供給流量は、例えば、10～2000 sccm、好ましくは 50～1000 sccm、より好ましくは 100～500 sccm の範囲内の流量とする。

[0083] 流量を 2000 sccm 以下とすることで、後述する残留ガス除去を好適に行うことができると共に、ノズル 410 内で原料ガスが自己分解してノズル 410 の内壁に堆積してしまうことを抑制することができる。流量を 10

s c c m以上とすることで、ウエハ200表面での原料ガスの反応速度を高めることができる、実用的な成膜速度を得ることが可能となる。

[0084] MFC512で制御するキャリアガスの供給流量は、例えば、1～30slmの範囲内の流量とする。

[0085] 原料ガスをウエハ200に対して供給する時間は、例えば、1～60秒の範囲内とする。

[0086] ヒータ207は、ウエハ200の温度が、例えば、400～600℃、好ましくは400～550℃、より好ましくは450～550℃の範囲内となるように加熱する。

[0087] 温度を600℃以下とすることで、原料ガスの過剰な熱分解を抑制しつつ成膜速度を適切に得ることができ、不純物が膜内に取り込まれて抵抗率が高くなることが抑制される。なお、原料ガスの熱分解は、当該処理に近い条件下においては450℃程度で開始するため、550℃以下の温度に加熱された処理室201内において本発明を用いるとより有効である。一方、温度が400℃以上であることにより、反応性が高く、効率的な膜形成が可能である。

[0088] 前述の条件下で処理室201へ原料ガスを供給することにより、ウエハ200の最表面上に、例えば、1原子層未満から数原子層程度の厚さのCおよびHを含むAl含有層が形成される。CおよびHを含むAl含有層は、CおよびHを含むAl層であってもよいし、TMAの吸着層であってもよいし、それらの両方を含んでもよい。

[0089] TMAの吸着層は、TMAの物理吸着層であってもよいし、TMAの化学吸着層であってもよいし、それらの両方を含んでもよい。ここで、1原子層未満の厚さの層とは不連続に形成される原子層のことを意味しており、1原子層の厚さの層とは連続的に形成される原子層のことを意味している。

[0090] [残留ガス除去工程（処理工程の一例）] Al含有層が形成された後、バルブ314を閉じ、原料ガスの供給を停止する。このとき、APCバルブ243は開いたままとして、真空ポンプ246により処理室201を真空

排気し、処理室201に残留する未反応又はA1含有層形成に寄与した後の原料ガスを処理室201から排除する。バルブ514, 524は開いた状態でキャリアガスの処理室201への供給を維持する。キャリアガスはパージガスとして作用し、処理室201に残留する未反応又はA1含有層形成に寄与した後の原料ガスを処理室201内から排除する効果を高めることができる。なお、バルブ514, 524からのキャリアガスは残留ガス除去工程の間、常に流し続けてもよいし、断続的（パルスの）に供給してもよい。

[0091] [反応ガス供給工程（処理工程の一例）] 処理室201の残留ガスを除去した後、バルブ324を開き、ガス供給管320内に反応ガス（ O_3 ガス）を流す。反応ガスは、MFC322により流量調整され、ノズル420の供給孔420aから処理室201内のウエハ200に対して供給され、排気管231から排気される。すなわちウエハ200は反応ガスに暴露される。

[0092] このとき、バルブ524を開き、ガス供給管520内にキャリアガスを流す。キャリアガスは、MFC522により流量調整され、反応ガスと共に処理室201内に供給されて、排気管231から排気される。このとき、ノズル410内への反応ガスの侵入を防止（逆流を防止）するために、バルブ514を開き、ガス供給管510内へキャリアガスを流す。キャリアガスは、ガス供給管510、ノズル410を介して処理室201内に供給され、排気管231から排気される。

[0093] このとき、APCバルブ243を適正に調整して、処理室201の圧力を、例えば1～1000Paの範囲内の圧力とする。MFC322で制御する反応ガスの供給流量は、例えば、5～40slm、好ましくは5～30slm、より好ましくは10～20slmの範囲内の流量とする。反応ガスをウエハ200に対して供給する時間は、例えば、1～60秒の範囲内とする。その他の処理条件は、前述の原料ガス供給工程と同様の処理条件とする。

[0094] このとき処理室201に流しているガスは、反応ガスと不活性ガス（ N_2 ガス）のみである。反応ガスは、原料ガス供給工程でウエハ200上に形成されたA1含有層の少なくとも一部と反応する。A1含有層は酸化され、金属

酸化層としてA IとOとを含むアルミニウム酸化層（A I O層）が形成される。すなわちA I含有層はA I O層へと改質される。

[0095] [残留ガス除去工程（処理工程の一例）] A I O層が形成された後、バルブ3 2 4を閉じて、反応ガスの供給を停止する。そして、原料ガス供給工程後の残留ガス除去工程と同様の処理手順により、処理室2 0 1内に残留する未反応もしくはA I O層の形成に寄与した後の反応ガスや反応副生成物を処理室2 0 1内から排除する。

[0096] 以上説明した気化工程、原料ガス供給工程、残留ガス除去工程、反応ガス供給工程、残留ガス除去工程を順に行うサイクルを予め決められた回数（1回以上）行う。このように、バッチ処理され（複数の工程が複数回行われ）ることで、ウエハ2 0 0上にA I O膜が形成される。

[0097] なお、バッチ処理とは、気化工程、原料ガス供給工程、残留ガス除去工程、反応ガス供給工程、残留ガス除去工程を順に行うサイクルを予め決められた回数行い、ウエハ2 0 0上にA I O膜を形成させる処理である。そして、1バッチで、ウエハ2 0 0上にA I O膜が形成させる。

[0098] また、A I O膜の厚さ（膜厚）は、例えば、1 0～1 5 0 n m、好ましくは4 0～1 0 0 n m、より好ましくは6 0～8 0 n mとする。1 5 0 n m以下とすることで表面粗さを小さくすることができ、1 0 n m以上とすることで下地膜との応力差に起因する膜剥がれの発生を抑制することができる。

[0099] [補充工程] このように、ウエハ2 0 0がバッチ処理されることで、ウエハ2 0 0には、A I O膜が形成される。そして、貯留タンク6 1 0に貯留されている液体原料が消費されているため、貯留タンク6 1 0の液体原料の液面レベルは、初期液面レベルより低くなっている。

[0100] そこで、制御部1 2 1は、図1に示す超音波センサ6 5 0によって検出された液体原料の液面レベルを入手する。さらに、制御部1 2 1は、閉止されているバルブ7 5 8を開放することで、補充部7 5 0によって液体原料を貯留タンク6 1 0に補充させる。そして、超音波センサ6 5 0によって検出された液体原料の液面レベルが初期液面レベルに達した場合には、制御部1 2

1 が開放されているバルブ 7 5 8 を閉止することで、補充工程を終了させる。

- [0101] 〔排気・圧力調整〕 A I O 層が形成され、残留ガス除去工程が終了した後、図 3 に示すバルブ 5 1 4, 5 2 4 を開き、ガス供給管 3 1 0, 3 2 0 のそれぞれからキャリアガスを処理室 2 0 1 へ供給し、排気管 2 3 1 から排気する。キャリアガスはパージガスとして作用し、処理室 2 0 1 内に残留するガスや副生成物が処理室 2 0 1 内から除去される（アフターパージ）。その後、処理室 2 0 1 の雰囲気ガスがキャリアガスに置換され（N₂ガス置換）、処理室 2 0 1 内の圧力は常圧に復帰される（大気圧復帰）。
- [0102] 〔搬出・取出し〕 その後、ボートエレベータ 1 1 5 によりシールキャップ 2 1 9 が下降され、マニホールド 2 0 9 の下端が開口され、処理済のウエハ 2 0 0 が、ボート 2 1 7 に支持された状態でマニホールド 2 0 9 の下端から処理管 2 0 3 の外部に搬出（ボートアンロード）される。
- [0103] 搬出の後、シャッタ 2 1 9 s が移動させられ、マニホールド 2 0 9 の下端開口がリング 2 2 0 c を介してシャッタ 2 1 9 s によりシールされる（シャッタクローズ）。処理済のウエハ 2 0 0 は、処理管 2 0 3 の外部に搬出された後、ボート 2 1 7 より取り出される（ウエハディスチャージ）。
- [0104] 以上説明したように、各処理（工程）を経て、A I O 膜が形成されたウエハ 2 0 0 が取り出された後に、さらに、他のウエハ 2 0 0 に A I O 膜を形成する場合には、前述した「液体原料量の調整」を除いた「積載・搬入」、「圧力・温度調整」、「成膜処理」、「排気・圧力調整」、及び「搬出・取出し」が再度行われる。つまり、ウエハ 2 0 0 に対するバッチ処理が再度行われる。
- [0105] 〔その他〕 その後、A I O 膜が形成されたウエハ 2 0 0 に対して、既知のパターン形成工程、ダイシング工程、ワイヤーボンディング工程、モールド工程、トリム工程等が行われ、半導体装置が製造される。
- [0106] （まとめ） 以上説明したように、ウエハ 2 0 0 がバッチ処理される毎に、補充部 7 5 0 によって液体原料が貯留タンク 6 1 0 に補充させる（毎バツ

チリフィル)。これにより、貯留タンク610に貯留されている液体原料の量が、予め定められた範囲内に入る。換言すれば、減った分だけ液体原料を補充することで、ウエハ200を成膜処理する際に貯留タンク610に貯留されている液体原料の量が一定となる(液面レベルが一定となる)。これにより、原料ガスに含まれる不純物濃度のばらつきが抑制されることで、ウエハ200に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまうのを抑制することができる。

[0107] また、上記実施形態では、超音波センサ650を用いて液面レベルを検知することで、貯留タンク610に貯留されている液体原料の量を求めた。従来は、ポイントセンサ(深さ方向に数点のポイントで検知、ポイント式センサとも称する)により、液体原料の量を検知していた。しかし、液体原料の使用量が異なる場合もあり、バッチ処理を開始する際に液体原料の量を常に一定とするためには、ポイント検知では不十分である。そこで、超音波センサ650(連続センサ)を用いることにより、液体原料の量を連続的に検知することができる。

[0108] また、上記実施形態では、貯留空間612を形成する底面622に、一部が凹む凹部624が形成され、この凹部242に超音波センサ650のセンサ素子652が配設されている。このため、例えば、図7に示す比較形態に係る貯留タンク910のように、底面922に凹部が形成されていない場合の液面とセンサ素子652との距離(図7のL2)と比して、液面とセンサ素子652との距離(図1のL1)が長くなる。これにより、本実施形態では、液体原料の量が小さい場合であっても、比較形態と比して、液面レベルを精度良く検知できる。

[0109] また、上記実施形態では、初期液面レベルは、超音波センサ650が液面レベルを検知するために要する最小の液体原料の量と、成膜処理を予め決められた回数行うために要する(ウエハ200にA1O膜を形成するために要する)液体原料の量と、の総量を貯留タンク610に貯留した際の液面レベルとされている。換言すれば、貯留タンク610に貯留されている液体原料

に含まれる不純物の絶対量が出来るだけ少なくなるように、液面レベルは、許容される最も低い位置でキープされている。そして、1バッチで使用する液体原料の量が変化しても、減った分だけ液体原料を補充（リフィル）し、常に補充後の液面レベルは一定の高さとなるようになっている。このため、初期液面レベルが、例えば、貯留タンク610の上限設定値に位置する場合と比して、原料ガスに含まれる不純物濃度が小さくなるため、面内均一性を向上させることができる。

[0110] また、上記実施形態では、貯留タンク610を完全にカラにはしないようになっている。例えば、貯留タンク610に1バッチ分だけ液体原料を貯留させる場合には、A10膜の面内均一性に揺らぎが生じてしまうが、このような揺らぎが生じないようにしている。つまり、本実施形態では、1バッチ処理終了後に貯留タンク610が完全にカラになる場合と比して、ウエハ200に形成されたA10膜の面内均一性を向上させることができる。

[0111] なお、本発明を特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明に係る実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内にて他の種々の実施形態をとることが可能であることは当業者にとって明らかである。例えば、上記実施形態では、バブリング方式によって液体原料を原料ガスに気化したが、ベーキング方式、又は直接気化方式等を用いて液体原料を原料ガスに気化してもよい。

[0112] また、上記実施形態では、超音波センサ650を用いて液体原料の液面レベルを検出したが、超音波センサ650と共にポイントセンサを用いてもよい。超音波センサ650が故障した場合の予備としてポイントセンサを用いることができる。ポイントセンサとしては、例えば、上限設定値（High Setting）のみを検知するものが用いられる。

[0113] また、上記実施形態では、バブリング方式に用いるバブラとして貯留タンク610を用いたが、貯留タンク610とは別にバブラを用意してもよい。この場合には、貯留タンク610から液体原料がバブラに供給され、このバブラに供給された液体原料を気化することとなる。

- [0114] また、上記実施形態では、特に説明しなかったが、液体原料の温度を検出する温度センサを用いてもよい。温度センサを設けることで、成膜処理における品質管理を適切に行うことができる。また、液体原料の消費量に異常が生じた場合に値を参照することで原因究明に役立てることが可能となる。
- [0115] また、上記実施形態では、ウエハ200にAlO膜を形成させるために液体原料としてTMAを用いたが、例えば、ウエハ200に、TaO膜（タンタル酸化膜）を形成させるために液体原料としてトリスエチルメチルアミノターシャリーブチルイミノタンタル（ $\text{Ta}[\text{NC}(\text{CH}_3)_3][\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3]$ 、略称TBTEMT）を用いてもよい。
- [0116] また、上記実施形態では、特に説明しなかったが、貯留タンク610に貯留されている液体原料の液面レベルが、下限値又は上限値のいずれかに達した場合に、アラームで報知したり、インターロックを作動させてもよい。
- [0117] また、上記実施形態では、特に説明しなかったが、初期液面レベルを、貯留タンク610に貯留可能な液体原料に対して半分の量を、貯留タンク610に貯留させた場合の液面レベルであってもよい。これにより、初期液面レベルが、例えば、貯留タンク610の上限設定値に位置する場合と比して、原料ガスに含まれる不純物濃度が小さくなるため、面内均一性を向上させることができる。

産業上の利用可能性

- [0118] 本発明によれば、基板に形成される膜の面内均一性の値がばらついてしまうことを抑制することができる。

符号の説明

- [0119] 10 基板処理装置 121 制御部 200 ウエハ（基板の一例）
 201 処理室 203 処理管（処理部の一例） 308 供給部
 620 底部 624 凹部 630 壁部 650 超音波センサ
 652 センサ素子 700 気化部 750 補充部 780 液体原料補充システム

請求の範囲

- [請求項1] 内部に基板を収容する処理室が形成されている処理部と、 凹状の凹部を有する底部と、前記底部の周縁から立ち上がる壁部とを含んで形成され、液体原料が貯留される貯留タンクと、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料を気化して原料ガスを生成する気化部と、 前記気化部によって生成された原料ガスを前記処理室に供給する供給部と、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルを連続的に検知すると共に前記凹部に配置されているセンサ素子を有するセンサと、 前記貯留タンクに液体原料を補充する補充部と、 前記供給部を制御して、前記処理室に原料ガスを供給させて前記基板を処理する基板処理を行わせると共に、前記基板処理を予め決められた回数行う毎に、前記センサが検知した液体原料の液面レベルに基づいて、前記補充部を制御し、前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められたレベルとなるように、前記貯留タンクに液体原料を補充させる制御部と、 を備える基板処理装置。
- [請求項2] 前記予め決められたレベルは、前記センサが前記液面レベルを検知するために要する最小の前記液体原料の量と、前記基板処理を予め決められた回数行うために要する前記液体原料の量と、の総量を前記貯留タンクに貯留した際の液面レベルとされている請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項3] 凹状の凹部を有する底部と、前記底部の周縁から立ち上がる壁部とを含んで形成され、液体原料が貯留される貯留タンクと、 前記貯留タンクが貯留している液体原料を気化して原料ガスを生成する気化部と、 前記気化部によって生成された原料ガスを対象物に供給する供給部と、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルを連続的に検知すると共に前記凹部に配置されているセンサ素子を有するセンサと、 前記貯留タンクに液体原料を補充する補充部と、 前記供給部を制御して、前記対象物に原料ガスを供給させると共に、前記

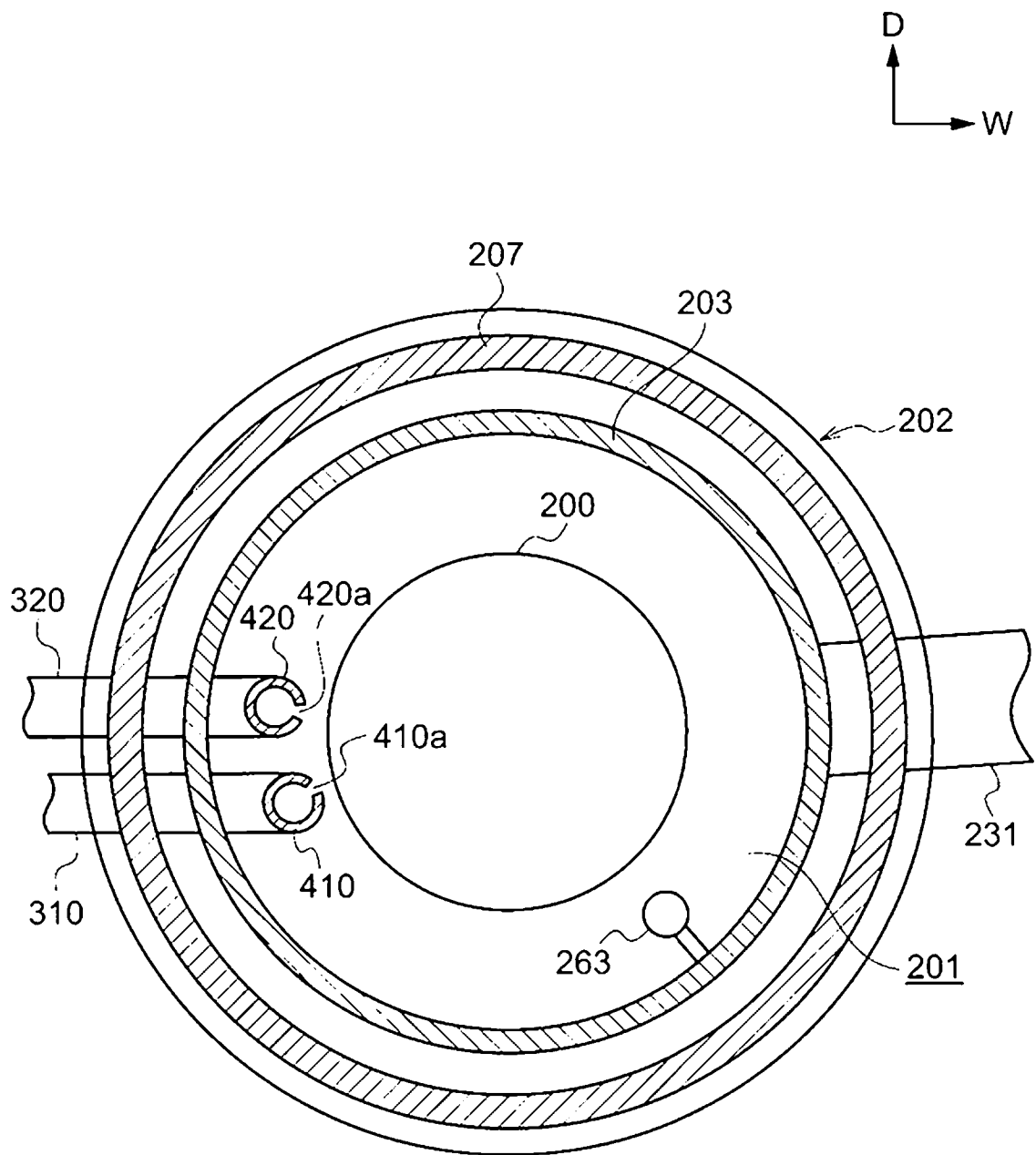
対象物に原料ガスを予め決められた回数供給する毎に、前記センサが検知した液体原料の液面レベルに基づいて、前記補充部を制御し、前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められたレベルとなるように、前記貯留タンクに液体原料を補充させる制御部と、 を備える液体原料補充システム。

[請求項4] 凹状の凹部を有する底部と、前記底部の周縁から立ち上がる壁部とを含んで形成されている貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められたレベルとなるように、前記貯留タンクに液体原料に貯留する貯留工程と、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料を原料ガスに気化する気化工程と、 原料ガスを用いて基板を処理する処理工程と、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルを連続的に検知すると共に前記凹部に配置されているセンサ素子を有するセンサが検知した液体原料の液面レベルに基づいて、前記処理工程を予め決められた回数行う毎に、前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが前記予め決められたレベルとなるように液体原料を前記貯留タンクに補充する補充工程と、 を行う工程を有する半導体装置の製造方法。

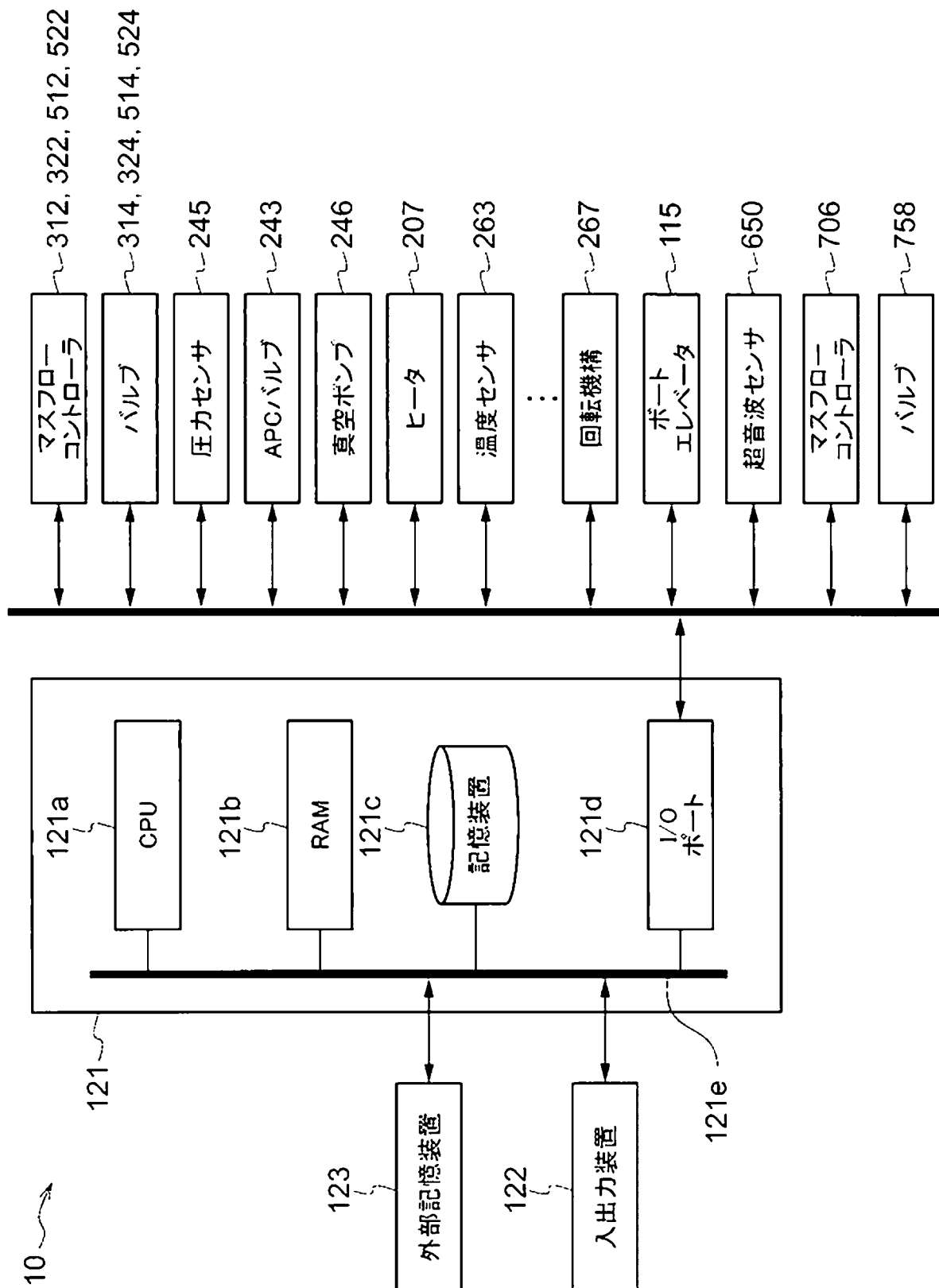
[請求項5] 基板処理装置に備えられ、凹状の凹部を有する底部と、前記底部の周縁から立ち上がる壁部とを含んで形成されている貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが予め決められたレベルとなるように、前記貯留タンクに液体原料に貯留する手順と、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料を原料ガスに気化する手順と、 原料ガスを用いて基板を処理する手順と、 前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルを連続的に検知すると共に前記凹部に配置されているセンサ素子を有するセンサが検知した液体原料の液面レベルに基づいて、原料ガスを用いて前記基板を処理する基板処理を予め決められた回数行う毎に、前記貯留タンクに貯留されている液体原料の液面レベルが前記予め決められたレベルとなるように液体原料を前記貯留

タンクに補充する手順と、 をコンピュータにより前記基板処理装置
に実行させるプログラム。

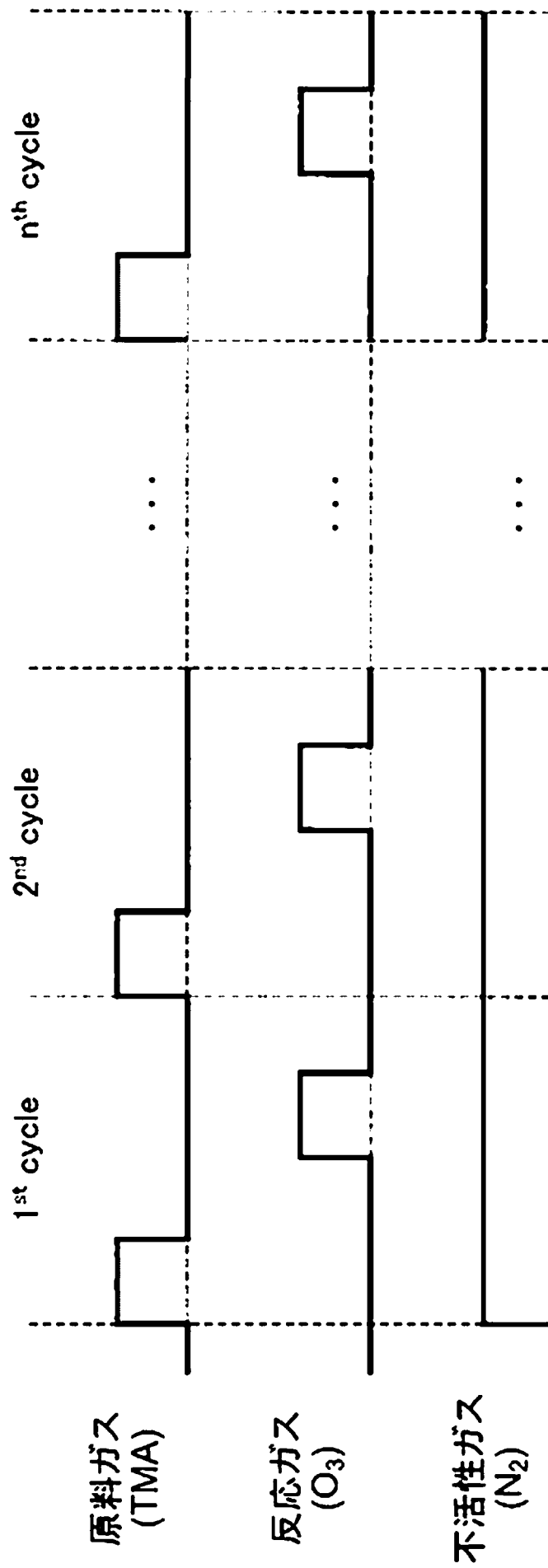
[図2]



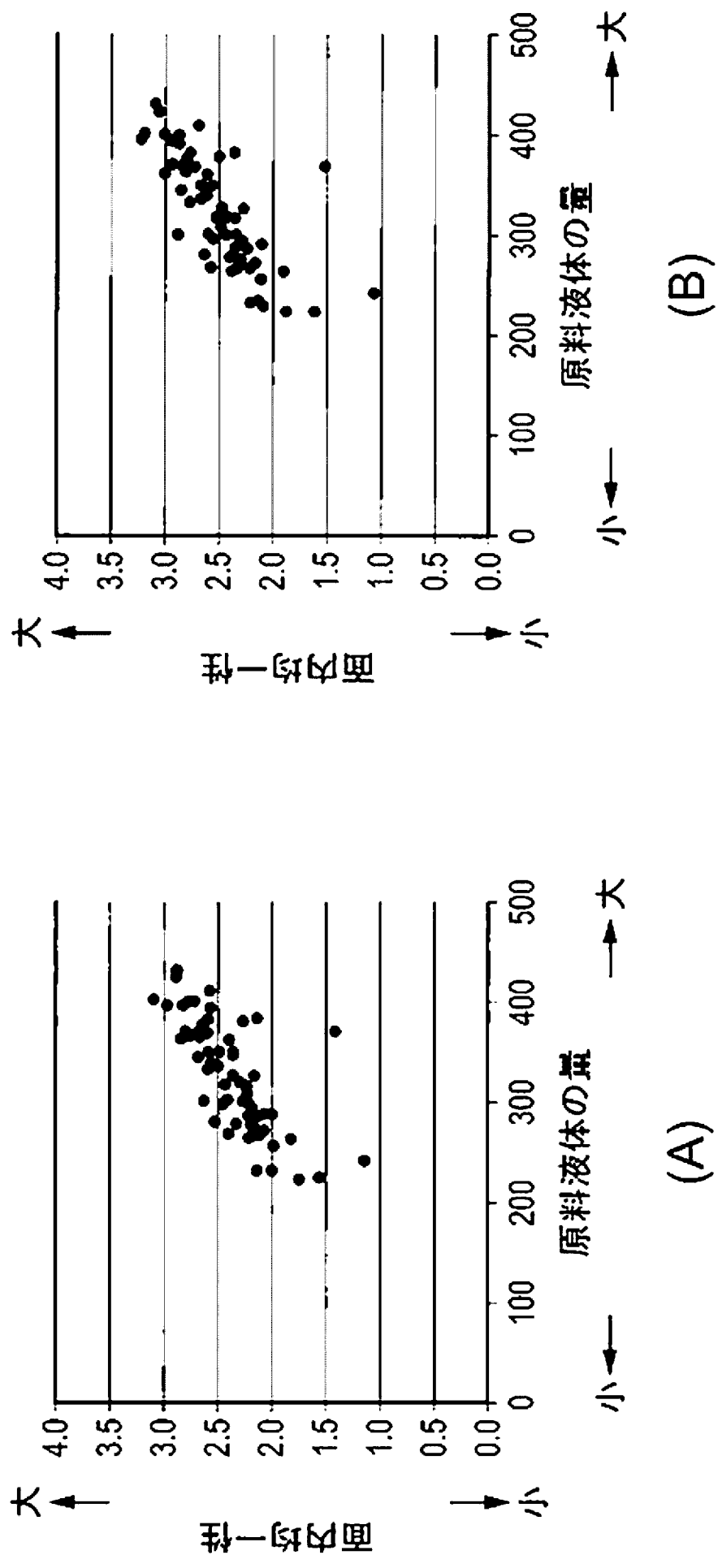
[図4]



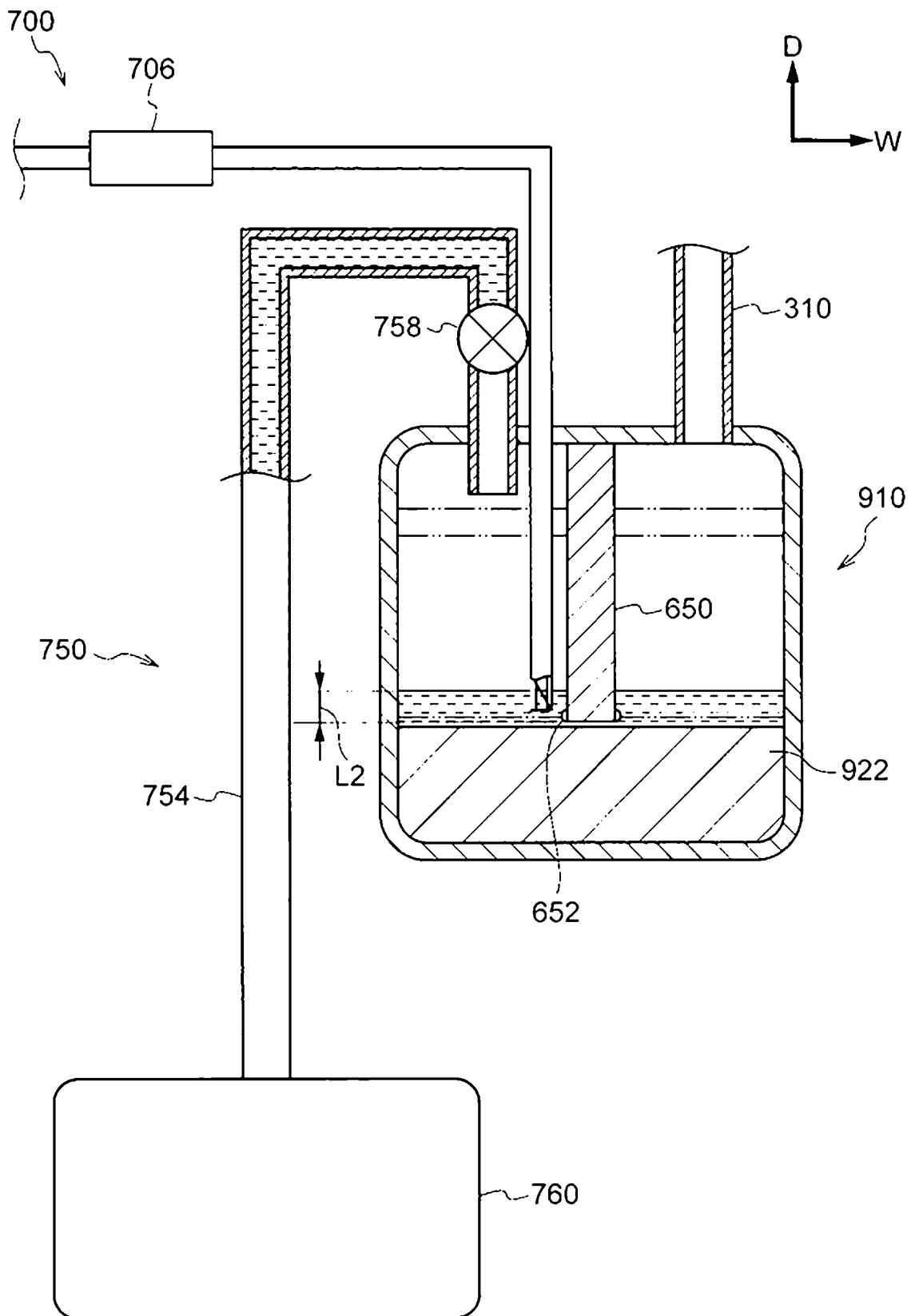
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L21/31 (2006.01) i, C23C16/448 (2006.01) i, C23C16/52 (2006.01) i,
H01L21/316 (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)

Int.Cl. H01L21/31, C23C16/448, C23C16/52, H01L21/316

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model specifications of Japan	1994-2018

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.
Y A	JP 2008-524443 A (PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.) 10 July 2008, paragraphs [0012], [0018]-[0076], fig. 1, 2A-2C & US 2006/0133955 A1, paragraphs [0017], [0039]-[0104] & WO 2006/065627 A2 & EP 1839253 A2 & KR 10-2007-0097038 A & CN 101124605 A & TW 200624596 A	1, 3-5 2



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
05 February 2018 (05.02.2018)

Date of mailing of the international search report
13 February 2018 (13.02.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034050

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-515842 A (VEECO INSTRUMENTS, INC.) 12 July 2012, claims 16-18, paragraphs [0073]-[0078], fig. 9-11 & US 2012/0216712 A1, claims 22-24, paragraphs [0088]-[0094] & GB 2479322 A & WO 2010/083510 A1 & KR 10-2011-0122823 A & CN 102348829 A	1, 3-5 2
A	JP 2001-503106 A (ADVANCED TECHNOLOGY MATERIALS, INC.) 06 March 2001, entire text, all drawings & US 6077356 A & WO 1998/027247 A1 & EP 953064 A1 & DE 69738136 T2 & KR 10-2000-0057606 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/31(2006.01)i, C23C16/448(2006.01)i, C23C16/52(2006.01)i, H01L21/316(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（IPC））

Int.Cl. H01L21/31, C23C16/448, C23C16/52, H01L21/316

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y A	JP 2008-524443 A（プラクスエア・テクノロジー・インコーポレイテッド） 2008.07.10, 段落[0012], [0018]-[0076], 図1, 2A-2C & US 2006/0133955 A1, 段落[0017], [0039]-[0104] & WO 2006/065627 A2 & EP 1839253 A2 & KR 10-2007-0097038 A & CN 101124605 A & TW 200624596 A	1, 3-5 2

☒ 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

の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

05.02.2018

国際調査報告の発送日

13.02.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

長谷川 直也

50

4549

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 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
Y A	JP 2012-515842 A (ビーコ・インスツルメンツ・インコーポレーテッド) 2012.07.12, [請求項 16-18], 段落[0073]-[0078], 図 9-11 & US 2012/0216712 A1, claims 22-24, 段落[0088]-[0094] & GB 2479322 A & WO 2010/083510 A1 & KR 10-2011-0122823 A & CN 102348829 A	1, 3-5 2
A	JP 2001-503106 A (アドバンスド テクノロジー マテリアルズ, インコーポレイテッド) 2001.03.06, 全文, 全図 & US 6077356 A & WO 1998/027247 A1 & EP 953064 A1 & DE 69738136 T2 & KR 10-2000-0057606 A	1-5