

(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
2019年3月28日(28.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/058553 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) *H01L 21/22* (2006.01)
C23C 16/44 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/034542

(22) 国際出願日: 2017年9月25日(25.09.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

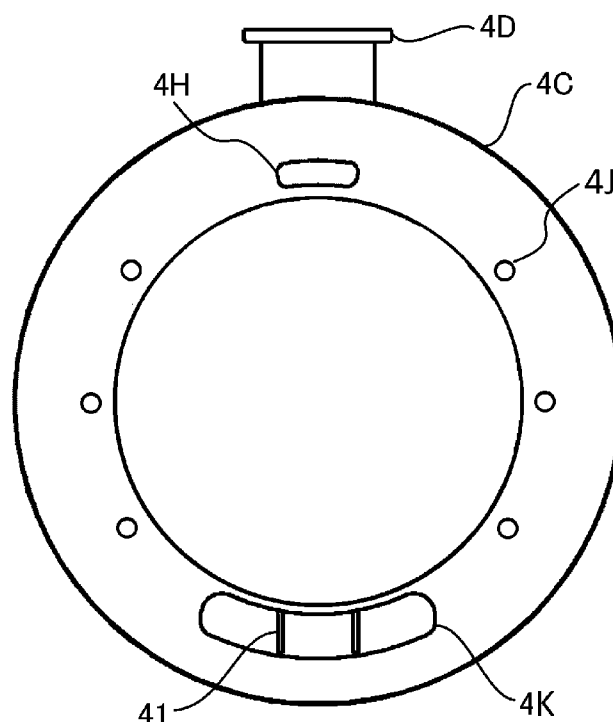
(71) 出願人: 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC (KOKUSAI ELECTRIC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1010045 東京都千代田区神田鍛冶町三丁目4番地 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 岡嶋 優作 (OKAJIMA, Yusaku);
〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1

番地株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 佐々木 隆史(SASAKI, Takafumi); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 吉田 秀成(YOSHIDA, Hidenari); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 西堂 周平(SAIDO, Shuhei); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 石坂 光範(ISHISAKA, Mitsunori); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 三村 英俊(MIMURA, Hidetoshi); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地株式会社日立国際電気内 Toyama (JP).

(54) **Title:** SUBSTRATE PROCESSING DEVICE, QUARTZ REACTION PIPE, CLEANING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 基板処理装置、石英反応管、クリーニング方法並びにプログラム



(57) **Abstract:** Disclosed is a substrate processing device in which a double-pipe reaction pipe having improved exhaust performance is used. The reaction pipe includes: an exhaust port communicating with an exhaust space between an outer pipe and an inner pipe; a first exhaust opening (4E) disposed in the inner pipe to discharge processing gas; a plurality of second exhaust openings (4H, 4J) providing communication between the exhaust space and a space on the inside of a manifold; and a plurality of third exhaust openings (4G) open to the inner pipe at locations facing a heat insulation

(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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

assembly. The second exhaust opening promotes the exhaust of gas accumulated in the exhaust space at a distance from the first exhaust opening.

(57) 要約: 改善された排気性を有する2重管反応管を用いた基板処理装置が開示される。反応管は、外管と内管との間の排気空間に連通する排気ポートと、内管に設けられ処理ガスを排出する第1排気口(4E)と、排気空間とマニホールドの内側の空間とを連通させる複数の第2排気口(4H, 4J)と、断熱アセンブリと対面する箇所の内管に開口した複数の第3排気口(4G)と、を有する。第2排気口は、第1排気口から遠い排気空間に滞留するガスの排気を促進する。

明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、石英反応管、クリーニング方法並びにプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、基板処理装置、石英反応管、クリーニング方法並びにプログラムに関する。

背景技術

[0002] 半導体装置（デバイス）の製造工程における基板（ウェハ）の熱処理では、例えば縦型基板処理装置が使用されている。縦型基板処理装置では基板保持具によって複数の基板を垂直方向に配列して保持し、基板保持具を処理室内に搬入する。その後、処理室外に設置されたヒータによって基板を加熱した状態で処理室内に処理ガスを導入し、基板に対して薄膜形成処理等が行われる。また、処理室内に付着した膜が剥がれる前に、それを除去するドライクリーニング等が行われる。従来、2重管を用いた縦型基板処理装置において、クリーニングを行う技術が知られる（例えば、特許文献1及び2参照）。また、排気を改善するために、反応管等の一部に開口を設ける技術が知られる（例えば、特許文献3及び5参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-119343号公報

特許文献2：特開2014-209572号公報

特許文献3：特開2001-196364号公報

特許文献4：特開平07-193012号公報

特許文献5：米国特許出願公開第2013/0175650号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 処理室のクリーニングにおいては、処理室等へのダメージを抑えつつ、対

象となる膜を効果的に除去できるよう、膜の種類に応じたさまざまなガスや温度条件が適用される。例えば、膜を除去されやすいよう改質（酸化）させる第1のガスに曝露した後、改質された膜を除去する第2のガスに曝露する過程を繰り返す方法がある。また除去反応に伴う副生成物等が処理室を腐食させうるものである場合、それらを速やかに排出するために不活性ガスによるパージが用いられる場合がある。

[0005] しかしながら、石英反応管を2重構造にした場合、外管と内管のすき間にガスが滞留しやすい。そのような場所ではクリーニングガスの供給が少なく、排気も遅い。その結果、クリーニングが不完全になる、或いはクリーニングに要する時間が長くなるという問題があった。また、2重管構造は、基板への成膜時に原料ガスが基板上を流れやすくし、また基板上を流れるガスの流速を速くすることに寄与する一方、内管内の基板処理位置より下側の断熱空間をパージしている不活性ガスが、基板処理空間に流入しやすくなる。その結果、基板が配置される上下位置によって膜厚がばらつく原因になる。

[0006] 本発明の目的は、クリーニング時間を短縮させる技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様では、基板処理装置は、一端がそれぞれ閉塞された外管と内管とを有する反応管と、前記反応管の開口端側に接続される円筒状のマニホールドと、前記マニホールドの、前記反応管に接続される端とは反対の端を塞ぐシールキャップと、前記シールキャップを貫通して回転を伝達する回転機構と、マニホールドの内側の空間をパージするパージガスを供給するガス供給管と、を備える。前記反応管は、外管と内管との間の排気空間に連通する排気ポートと、内管に設けられ処理ガスを排出する第1排気口と、前記排気空間と前記マニホールドの内側の空間とを連通させる複数の第2排気口と、を有し、前記第2排気口の少なくとも1つは、前記第1排気口から遠い排気空間に滞留するガスの排気を促進する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、2重管のすき間でのガスの滞留が改善され、クリーニング時間を短縮させるとともに基板間の膜均一性を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態に係る基板処理装置の模式図。

[図2]実施形態の基板処理装置における断熱アセンブリの縦断面図。

[図3]実施形態の基板処理装置における反応管の断面を含む斜視図。

[図4]実施形態の基板処理装置における反応管の断面図。

[図5]実施形態の基板処理装置における反応管の底面図。

[図6]実施形態の基板処理装置における軸パージガスの流れを示す図。

[図7]実施形態の基板処理装置におけるコントローラの構成図。

[図8]実施形態のクリーニング処理における圧力と温度を示す図。

[図9]変形例に係る基板処理装置の反応管の底面図。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、実施形態について、図面を参照して説明する。

[0011] 図1に示すように、本実施形態の基板処理装置1は、半導体集積回路の製造における熱処理工程を実施する縦型熱処理装置として構成され、処理炉2を備えている。処理炉2は、処理炉8を均一に加熱するために、複数のヒータユニットからなるヒータ3を有する。ヒータ3は円筒形状であり、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されることにより、基板処理装置1の設置床に対して垂直に据え付けられている。ヒータ3は、後述するようにガスを熱で活性化（励起）させる活性化機構（励起部）としても機能する。

[0012] ヒータ3の内側に、反応容器（処理容器）を構成する反応管4が配設されている。反応管4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なり、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。反応管4は、下端のフランジ部4Cにおいて互いに結合した外管4Aと内管4Bとを有する2重管構造を有する。外管4Aと内管4Bの上端は閉じられ、内管4Bの下端は開口している。フランジ部4Cは、外管4Aよ

りも大きな外径を有し、外側へ突出している。反応管4の下端寄りには、外管4 A内と連通する排気ポート4 Dが設けられる。これらを含む反応管4全体は単一の材料で一体に形成される。外管4 Aは、内側を真空にしたときの圧力差に耐えうるように、比較的肉厚に構成されている。

[0013] マニホールド5は、円筒又は円錐台形状で金属製又は石英製であり、反応管4の下端を支えるように設けられる。マニホールド5の内径は、反応管4の内径（フランジ部4 Cの内径）よりも大きく形成されている。これにより、反応管4の下端（フランジ部4 C）と後述するシールキャップ19との間に後述する円環状の空間を形成される。この空間もしくはその周辺の部材を炉口部と総称する。

[0014] 内管4 Bは、排気ポート4 Dよりも反応管の奥側で、その側面において内側と外側を連通させる主排気口4 Eを有し、また、主排気口4 Eと反対の位置において供給スリット4 Fを有する。主排気口4 Eは、ウェハ7が配置されている領域に対して開口する単一の縦長の開口である。供給スリット4 Fは、円周方向に伸びたスリットであり、各ウェハ7に対応するように垂直方向に複数並んで設けられている。

[0015] 内管4 Bは更に、排気ポート4 Dよりも反応管4の奥側で且つ主排気口4 Eよりも開口側の位置に、処理室6と排気空間Sとを連通させる複数の副排気口4 Gが設けられる。また、フランジ4 Cにも、処理室6と排気空間S下端とを連通させる複数の底排気口4 H、4 J及びノズル導入孔4 Kが形成される。言い換えれば、排気空間Sの下端は、フランジ4 Cによって底排気口4 H、4 J等を除き閉塞されている。副排気口4 G、4 Hは、主に後述の軸パージガスを排気するように機能する。

[0016] 外管4 Aと内管4 Bの間の空間（以後、排気空間Sと呼ぶ）には、供給スリット4 Fの位置に対応させて、原料ガス等の処理ガスを供給する1本以上のノズル8が設けられている。ノズル8には、処理ガス（原料ガス）を供給するガス供給管9がマニホールド5を貫通してそれぞれ接続されている。

[0017] それぞれのガス供給管9の流路上には、上流方向から順に、流量制御器で

あるマスフローコントローラ（MFC）10および開閉弁であるバルブ11が設けられている。バルブ11よりも下流側では、不活性ガスを供給するガス供給管12がガス供給管9に接続されている。ガス供給管44bには、上流方向から順に、MFC13およびバルブ14が設けられている。主に、ガス供給管9、MFC10、バルブ11により、処理ガス供給系である処理ガス供給部が構成される。

[0018] ノズル8は、ガス供給空間4内に、反応管4の下部から立ち上がるように設けられている。ノズル8の側面や上端には、ガスを供給する1ないし複数のノズル孔8Hが設けられている。複数のノズル孔8Hは、供給スリット4Fのそれぞれの開口に対応させて、反応管4の中心を向くように開口させることで、内管4Bを通り抜けてウェハ7に向けてガスを噴射することができる。

[0019] 排気ポート4Dには、処理室6内の雰囲気気を排気する排気管15が接続されている。排気管15には、処理室6内の圧力を検出する圧力検出器（圧力計）としての圧力センサ16および圧力調整器（圧力調整部）としてのAPC（Auto Pressure Controller）バルブ17を介して、真空排気装置としての真空ポンプ18が接続されている。APCバルブ17は、真空ポンプ18を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室6内の真空排気および真空排気停止を行うことができる。更に、真空ポンプ18を作動させた状態で、圧力センサ16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6内の圧力を調整することができるよう構成される。主に、排気管15、APCバルブ17、圧力センサ16により、排気系が構成される。真空ポンプ18を排気系に含めて考えてもよい。

[0020] マニホールド5の下方には、マニホールド5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19が設けられている。シールキャップ19は、例えばステンレスやニッケル基合金等の金属からなり、円盤状に形成されている。シールキャップ19の上面には、マニホールド5の下端と当接するシール部材としてのOリング19Aが設けられている。

[0021] また、シールキャップ 19 上面には、マニホールド 5 の下端内周より内側の部分に対し、シールキャップ 19 を保護するカバープレート 20 が設置されている。カバープレート 20 は、例えば、石英、サファイヤ、または SiC 等の耐熱耐蝕性材料からなり、円盤状に形成されている。カバープレート 20 は、機械的強度が要求されないため、薄い肉厚で形成されうる。カバープレート 20 は、蓋部 22 と独立して用意される部品に限らず、蓋部 19 の内面にコーティングされた或いは内面が改質された、窒化物等の薄膜或いは層であってもよい。カバープレート 20 はまた、円周の縁からマニホールド 5 の内面に沿って立ち上がる壁を有しても良い。

[0022] 基板保持具としてのボート 21 は、複数枚、例えば 25 ~ 200 枚のウェハ 7 を、水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で垂直方向に整列させて多段に支持する。そこではウェハ 7 は、一定の間隔を空けて配列させる。ボート 21 は、例えば石英や SiC 等の耐熱性材料からなる。反応管 4 は、ボート 21 を安全に搬入出可能な最小限の内径を有することが望ましい場合がある。

[0023] ボート 21 の下部には後述する断熱アセンブリ 22 が配設されている。断熱アセンブリ 22 は、上下方向の熱の伝導或いは伝達が小さくなるような構造を有し、通常、内部に空洞を有する。内部は軸パージガスによってパージされうる。反応管 4 において、ボート 21 が配置されている上部分を基板処理領域 A、断熱アセンブリ 22 が配置されている下部分を断熱領域 B と呼ぶ。

[0024] シールキャップ 19 の処理室 6 と反対側には、ボート 21 を回転させる回転機構 23 が設置されている。回転機構 23 には、軸パージガスのガス供給管 24 が接続されている。ガス供給管 44 c には、上流方向から順に、MFC 25 およびバルブ 26 が設けられている。このパージガスの 1 つの目的は、回転機構 23 の内部（例えば軸受け）を、処理室 6 内で用いられる腐食性ガスなどから守ることである。パージガスは、回転機構 23 から軸に沿って排出され、断熱アセンブリ 22 内に導かれる。

- [0025] ボートエレベータ 27 は、反応管 4 の外部下方に垂直に備えられ、シールキャップ 19 を昇降させる昇降機構（搬送機構）として動作する。これにより、シールキャップ 19 に支えられたボート 21 およびウェハ 7 が、処理室 6 内外に搬入出される。なお、シールキャップ 19 が最下位置に降りている間、シールキャップ 19 の代わりに反応管 4 の下端開口を塞ぐシャッタ（不図示）が設けられうる。
- [0026] 外管 4 A の外壁には、温度検出器 28 が設置されている。温度検出器 27 は、上下に並んで配列された複数の熱電対によって構成されうる。温度検出器 27 により検出された温度情報に基づきヒータ 3 への通電具合を調整することで、処理室 6 内の温度が所望の温度分布となる。
- [0027] コントローラ 29 は、基板処理装置 1 全体を制御するコンピュータであり、MFC 10、13、バルブ 11、14、圧力センサ 16、APC バルブ 17、真空ポンプ 18、ヒータ 3、キャップヒータ 34、下部キャップヒータ 35、温度検出器 28、回転機構 23、ボートエレベータ 27 等と電氣的に接続され、それらから信号を受け取ったり、それらを制御したりする。
- [0028] 図 2 に断熱アセンブリ 22 及び回転機構 23 の断面が示される。回転機構 23 は、上端が開口し下端が閉塞した略円筒形状に形成されたケーシング（ボディ）23 A を備えており、ケーシング 23 A はシールキャップ 19 の下面にボルトで固定される。ケーシング 23 A の内部では、内側から順に、円筒形状の内軸 23 B と、内軸 23 B の直径よりも大きな直径の円筒形状に形成された外軸 23 C が、同軸に設けられる。そして、外軸 23 C は、内軸 23 B との間に介設された上下で一对の内側ベアリング 23 D、23 E と、ケーシング 23 A との間に介設された上下で一对の外側ベアリング 23 F、23 G とによって回転自在に支承されている。一方、内軸 23 B は、ケーシング 23 A と固定され、回転不能になっている。
- [0029] 内側ベアリング 23 D および外側ベアリング 23 F の上、つまり処理室 6 側には、真空と大気圧の空気とを隔てる磁性流体シール 23 H、23 I が設置されている。外軸 23 C は、電動モータ（不図示）等によって駆動される

、ウオームホイール或いはプーリ 2 3 K が装着される。

[0030] 内軸 2 3 B の内側には、処理室 6 内にてウェハ 7 を下方から加熱する第 1 の補助加熱機構としてのサブヒータ支柱 3 3 が、垂直に挿通されている。サブヒータ支柱 3 3 は、石英製のパイプであり、その上端においてキャップヒータ 3 4 を同心に保持する。サブヒータ支柱 3 3 は、内軸 2 3 B の上端位置において耐熱樹脂で形成された支持部 2 3 N によって支持される。更に下方において、サブヒータ支柱 3 3 は、真空用継手 2 3 P によって内軸 2 3 B との間が密封される。

[0031] フランジ状に形成された外軸 2 3 C の上面には、下端にフランジを有する円筒形状の回転軸 3 6 が固定されている。回転軸 3 6 の空洞を、サブヒータ支柱 3 3 が貫いている。回転軸 3 6 の上端部には、サブヒータ支柱 3 3 を貫通させる貫通穴が中心に形成された円盤形状の回転台 3 7 が、カバープレート 2 0 と所定の間隔 h_1 を空けて固定されている。

[0032] 回転台 3 7 の上面には、断熱体 4 0 を保持する断熱体保持具 3 8 と、円筒部 3 9 が同心に載置され、ネジ等によって固定されている。断熱アセンブリ 2 2 は、回転台 3 7、断熱体保持具 3 8、円筒部 3 9 および断熱体 4 0 により構成されており、回転台 3 7 は底板（受け台）を構成する。回転台 3 7 には、直径（幅） h_2 の排気孔 3 7 A が、縁寄りに回転対称に複数形成されている。

[0033] 断熱体保持具 3 8 は、中心にサブヒータ支柱 3 4 を貫通させる空洞を有する円筒形状に構成される。断熱体保持具 3 8 の下端には、回転台 3 7 よりも小さな外径の外向きフランジ形状の足 3 8 C を有する。一方、断熱体保持具 3 8 の上端は、そこからサブヒータ支柱 3 3 が突き出させるように開口し、パージガスの供給口 3 8 B を構成している。

[0034] 断熱体保持具 3 8 とサブヒータ支柱 3 3 との間に、断熱アセンブリ 2 2 内の上部に軸パージガスを供給する、円環状の断面を有する流路が形成される。供給孔 3 8 B から供給されたパージガスは、断熱体保持具 3 8 と円筒部 3 9 の内壁との間の空間を下向きに流れて、排気孔 3 7 A から円筒部 3 9 外へ

排気される。排気孔 37 A を出た軸パージガスは、回転台 37 とカバープレート 20 の間の隙間を半径方向に流れて炉口部に放出され、そこで炉口部をパージする。

[0035] 断熱体保持具 38 の柱には、断熱体 40 として複数の反射板 40 A と断熱板 40 B が、同軸に設置されている。

[0036] 円筒部 39 は、内管 4 B との間隙 h 6 が所定の値となるような外径を有する。間隙 h 6 は、処理ガスや軸パージガスの通り抜けを抑制するために、狭く設定することが望ましく、例えば、7.5 mm ~ 15 mm とするのが好ましい。

円筒部 39 の上端は、平坦な板で閉じており、そこにボート 21 が設置される。

[0037] 図 3 に、水平に切断された反応管 4 の斜視図が示される。なおこの図では、フランジ部 4 C は省略されている。内管 4 B には、処理室 6 内に処理ガスを供給するための供給スリット 4 F が縦方向にウェハ 7 と同数、横方向に 3 個、格子状に並んで形成されている。供給スリット 4 F の横方向の並びの間や両端の位置において、外管 4 A と内管 4 B の間の排気空間 S を区画するように縦方向に伸びた仕切り板 4 1 が、それぞれ設けられる。複数の仕切り板 4 1 によって、主たる排気空間 S から分離された区画は、ノズル室（ノズルバッファ）4 2 を形成する。結果的に排気空間 S は、断面において C 字型に形成されることになる。ノズル室 4 2 と内管 4 B 内を直接つなぐ開口は、供給スリット 4 F だけである。

[0038] 仕切り板 4 1 は、内管 4 B とは連結されるものの、外管 4 A と内管 4 B の温度差に起因する応力を避けるために外管 4 A とは連結させず、わずかな隙間を有するように構成することができる。ノズル室 4 2 は、排気空間 S から完全に隔離される必要はなく、特に上端や下端において排気空間 S と通じた開口もしくは隙間を有しうる。ノズル室 4 2 は、その外周側が外管 4 A によって区画されるものに限らず、外管 4 A の内面に沿った仕切り版を別途設けても良い。

[0039] 内管 4 B には、断熱アセンブリの側面に向かって開口する位置に、3 個の副排気口 4 G が設けられている。副排気口 4 G の 1 つは、排気ポート 4 D と同じ向きに設けられ、その開口の少なくとも 1 部が、排気ポート 4 D の管と重なるような高さに配置されている。また、残りの 2 つの副排気口 4 G は、ノズル室 4 2 の両側部付近に配置されている。或いは、3 個の副排気口 4 G が、内管 4 B の円周上で 180 度間隔となるような位置に配置されうる。

[0040] 図 4 に示されるように、3 つのノズル室 4 2 には、ノズル 8 a ~ 8 c がそれぞれ設置されている。ノズル 8 a ~ 8 d の側面には、反応管 6 の中心方向を向いて開口したノズル孔 8 H がそれぞれ設けられている。ノズル孔 8 H から噴出されたガスは、供給スリット 4 F から内管 4 B 内に流れるように意図されているが、一部のガスは直接流入しない。

仕切り板 4 1 により、各ノズル 8 a ~ 8 c はそれぞれ独立した空間内に設置されるため、各ノズル 8 a ~ 8 c から供給される処理ガスがノズル室 4 2 内で混ざり合う事を抑制することができる。またノズル室 4 2 に滞留するガスは、ノズル室 4 2 の上端や下端から排気空間へ排出されうる。このような構成により、ノズル室 4 2 内で処理ガスが混ざり合って薄膜が形成されたり、副生成物が生成されたりすることを抑制することができる。なお図 4 においてのみ、ノズル室 4 2 の隣の排気空間 S には、反応管の軸方向（上下方向）に沿って任意で設置されうるパージノズル 8 d が設けられている。以降、パージノズル 8 d は存在しないものとして説明する。

[0041] 図 5 に、反応管 4 の底面図が示される。フランジ部 4 C には、排気空間 S とフランジ下方とを接続する開口として、底排気口 4 H、4 J 及びノズル導入孔 4 K が設けられている。底排気口 4 H は、排気ポート 4 D に最も近い場所に設けられた長穴であり、底排気口 4 J は、C 字型の排気空間 S に沿って 6 箇所設けられた小穴である。ノズル導入孔 4 K は、その開口からノズル 8 a ~ 8 c が挿入され、通常、石英製のノズル導入孔カバー 8 S（図 1）によって塞がれる。底排気口 4 J は、後述するように開口が大きすぎると、そこを通過する軸パージガスの流速が低下し、排気空間 S から原料ガス等が拡

散によって炉口部に侵入してしまう。そのため、中央部の径を小さくした（くびれさせた）穴として形成する場合がある。

[0042] 図6に、軸パージガスの排出経路が示される。排気孔37Aを出た軸パージガスは、回転台37とカバープレート20の間の隙間を半径方向に流れて、炉口部に放出される。そこではパージガスは、原料ガスの炉口部への流入を抑制し、炉口部へ拡散などで侵入した原料ガスを希釈し、パージガスの流れに乗せて排出することで、炉口部に副生成物が付着したり劣化したりすることを防ぐ役割をしている。軸パージガスの排出経路は凡そ以下のように4つある。

経路P1 底排気口4H又は4Jから排気空間Sに入り、排気ポート4Dに至る。

経路P2 内管4Bと断熱アセンブリ22の間の隙間を通り、副排気口4Gから排気空間Sに入り、排気ポート4Dに至る。

経路P3 内管4Bと断熱アセンブリ22の間の隙間を通して処理領域Aに入り、主排気口4Eから排気空間Sに入り、排気ポート4Dに至る。

経路P4 ノズル導入孔4Kからノズル室42に入り、処理領域Aを横断して主排気口4Eから排気空間Sに入り、排気ポート4Dに至る。

[0043] パージガスが処理領域Aに流入する経路P3とP4は、処理領域Aの下方において処理ガスの濃度が低下し、基板間均一性が損なわれるため、基板に対する処理にとっては望ましくない。特に本例の反応管4は、主排気口4Eの圧力損失が小さいことが特徴のひとつのため、経路P3やP4にパージガスが引き込まれやすい。もしノズル導入孔カバー8Sと底排気口4Jを両方とも設けなかった場合、パージガスは専ら経路P4に流れてしまう。そのため本例では、副排気口4Gの開口を大きくするとともに間隙h6を小さくし、経路P3よりも経路P2に流れやすくする。またノズル導入孔4Kは、ノズル導入孔カバー8Sによって塞ぐなどして実質的な開口を十分小さくし、経路P4に流れにくくする。副排気口4Gによって、処理ガス及び軸パージガスを流している時の円筒部39の側面には、処理領域A側および炉口部側

の圧力が高く、副排気口 4 G 付近が最も圧力が低くなるような好ましい圧力勾配が形成される。この圧力勾配においては、経路 P 3 による軸パージガスの処理領域への流入、及び処理ガスの炉口部への流入（拡散）の両方が抑制される。なお軸パージガスの供給が過剰であると、経路 1 や 2 の圧力損失が増加し、この圧力勾配が悪化する。

[0044] 一方で、C 字型の排気空間 S の最奥部は、ノズル室 4 2 に突き当たって袋小路になっているため、クリーニングガス等の処理ガスが滞留しやすい。このとき、底排気口 4 J によって排気空間 S と炉口部とが流通可能になると、軸パージガスが多い（炉口部側の圧力が高い）ときは、P 3 の経路で軸パージガスが排気空間 S に流入して滞留を解消し、軸パージガスが少ないときは、逆に処理ガスが排気空間 S に流入或いは拡散して底排気口 4 G から排出されるので、どちらにおいても滞留ガスの排気に寄与する。なお滞留ガスは、微量であれば炉口部に侵入しても十分希釈されるため問題ない。

[0045] しかし、底排気口 4 J を大きくし、P 1 の経路のコンダクタンスを大きくしすぎると、P 1 を含む全ての経路で軸パージガスの最大流速が低下し、流れに逆らう方向の拡散によって処理ガスが炉口部に侵入しやすくなる。

[0046] 以上を纏めると、経路 P 4 及び P 3 のコンダクタンスを、経路 P 1 及び P 2 のいずれもよりも小さくすること、及び、経路 P 1 及び P 2 のコンダクタンスは、炉口部への処理ガスの侵入が許容量以下になるように上限が設けられることが望ましい。

[0047] 図 7 に示すように、コントローラ 2 9 は、MFC 1 0、1 3、2 5、バルブ 1 1、1 4、2 6、圧力センサ 1 6、APC バルブ 1 7、真空ポンプ 1 8、ヒータ 3、キャップヒータ 3 4、温度検出器 2 8、回転機構 2 3、ボートエレベータ 2 7 等の各構成と電氣的に接続され、それらを自動制御する。コントローラ 2 9 は、CPU (Central Processing Unit) 2 1 2、RAM (Random Access Memory) 2 1 4、記憶装置 2 1 6、I/O ポート 2 1 8 を備えたコンピュータとして構成される。RAM 2 1 4、記憶装置 2 1 6、I/O ポート 2 1 8 は、内部バス 2 2 0 を介して、CPU 2 1 2 とデータ交換可能

なように構成される。I/Oポート218は、上述の各構成に接続されている。コントローラ29には、例えばタッチパネル等との入出力装置222が接続されている。

[0048] 記憶装置216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216内には、基板処理装置1の動作を制御する制御プログラムや、処理条件に応じて基板処理装置1の各構成に成膜処理等を実行させるためのプログラム（プロセスレシピやクリーニングレシピ等のレシピ）が読み出し可能に格納されている。RAM214は、CPU212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。

[0049] CPU212は、記憶装置216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222からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置216からレシピを読み出し、レシピに沿うように各構成を制御する。

[0050] コントローラ29は、外部記憶装置（例えば、USBメモリやメモリカード等の半導体メモリ、CDやDVD等の光ディスク、HDD）224に持続的に格納された上述のプログラムを、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。記憶装置216や外部記憶装置224は、コンピュータ読み取り可能な有体の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。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224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。

[0051] 次に、上述の処理装置4を用い、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、基板上に膜を形成する処理（以下、成膜処理ともいう）のシーケンス例について説明する。

[0052] ここでは、ノズル8を2本以上設け、ノズル8Aから第1の処理ガス（原料ガス）としてヘキサクロロジシラン（HCDS）ガスを、ノズル8Bから第2の処理ガス（反応ガス）としてアンモニア（NH₃）ガスをそれぞれ供給し、ウェハ7上にシリコン窒化（SiN）膜を形成する例について説明す

る。なお、以下の説明において、基板処理装置 1 の各構成の動作はコントローラ 29 により制御される。

[0053] 本実施形態における成膜処理では、処理室 6 内のウェハ 7 に対して H C D S ガスを供給する工程と、処理室 6 内から H C D S ガス（残留ガス）を除去する工程と、処理室 6 内のウェハ 7 に対して N H 3 ガスを供給する工程と、処理室 6 内から N H 3 ガス（残留ガス）を除去する工程と、を所定回数（1 回以上）繰り返すことで、ウェハ 7 上に S i N 膜を形成する。本明細書では、この成膜シーケンスを、便宜上、以下のように表記する：

[0054] $(H C D S \rightarrow N H 3) \times n \Rightarrow S i N$

[0055] （ウェハチャージおよびポートロード）

複数枚のウェハ 7 がポート 21 に装填（ウェハチャージ）されると、ポート 21 は、ポートエレベータ 27 によって処理室 6 内に搬入（ポートロード）される。このとき、シールキャップ 19 は、リング 19 A を介してマニホールド 5 の下端を気密に閉塞（シール）した状態となる。ウェハチャージする前のスタンバイの状態から、バルブ 26 を開き、円筒部 39 内へ少量のパージガスが供給されうる。

[0056] （圧力調整）

処理室 6 内、すなわち、ウェハ 7 が存在する空間が所定の圧力（真空度）となるように、真空ポンプ 18 によって真空排気（減圧排気）される。この際、処理室 6 内の圧力は、圧力センサ 52 で測定され、この測定された圧力情報に基づき A P C バルブ 17 が、フィードバック制御される。円筒部 39 内へのパージガス供給及び真空ポンプ 18 の作動は、少なくともウェハ 7 に対する処理が終了するまでの間は維持する。

[0057] （昇温）

処理室 6 内から酸素等が十分排気された後、処理室 6 内の昇温が開始される。処理室 6 が成膜に好適な所定の温度分布となるように、温度検出器 28 が検出した温度情報に基づきヒータ 34、キャップヒータ 34 及び下部キャップヒータ 35 への通電具合がフィードバック制御される。ヒータ 34 等に

よる処理室6内の加熱は、少なくともウェハ7に対する処理（成膜）が終了するまでの間は継続して行われる。キャップヒータ34への通電期間は、ヒータ34による加熱期間と一致させる必要はない。成膜が開始される直前において、キャップヒータ34の温度は、成膜温度と同温度に到達し、マニホールド5の内面温度は180℃以上（例えば260℃）に到達していることが望ましい。

[0058] また、回転機構23によるポート21およびウェハ7の回転を開始する。回転機構23により、回転軸66、回転台37、円筒部39を介してポート21が回転されることで、サブヒータ64は回転させずにウェハ7を回転させる。これにより加熱のむらが低減される。回転機構23によるポート21およびウェハ7の回転は、少なくとも、ウェハ7に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

[0059] （成膜）

処理室6内の温度が予め設定された処理温度に安定すると、ステップ1～4を繰り返し実行する。なお、ステップ1を開始する前に、バルブ26を開き、パージガスの供給を増加させてもよい。

[0060] [ステップ1：原料ガス供給工程]

ステップ1では、処理室6内のウェハ7に対し、HCDSガスを供給する。バルブ11Aを開くと同時にバルブ14Aを開き、ガス供給管44a内へHCDSガスを、ガス供給管44b内へN2ガスを流す。HCDSガスおよびN2ガスは、それぞれMFC10、13により流量調整され、ノズル42を介して処理室6内へ供給され、排気管15から排気される。ウェハ7に対してHCDSガスを供給することにより、ウェハ7の最表面上に、第1の層として、例えば、1原子層未満から数原子層の厚さのシリコン（Si）含有膜が形成される。

[0061] [ステップ2：原料ガス排気工程]

第1の層が形成された後、バルブ11Aを閉じ、HCDSガスの供給を停止する。このとき、APCバルブ17は開いたままとして、真空ポンプ18

により処理室6内を真空排気し、処理室6内に残留する未反応もしくは第1の層の形成に寄与した後のH C D Sガスを処理室6内から排出する。また、バルブ1 4 Aやバルブ2 6を開いたままとして、供給されたN 2ガスは、ガス供給管9や反応管4内、炉口部をパージする。

[0062] [ステップ3：反応ガス供給工程]

ステップ3では、処理室6内のウェハ7に対してN H 3ガスを供給する。バルブ1 1 B, 1 4 Bの開閉制御を、ステップ1におけるバルブ1 1 A, 1 4 Aの開閉制御と同様の手順で行う。N H 3ガスおよびN 2ガスは、それぞれM F C 1 0、1 3により流量調整され、ノズル4 2を介して処理室6内へ供給され、排気管1 5から排気される。ウェハ7に対して供給されたN H 3ガスは、ステップ1でウェハ7上に形成された第1の層、すなわちS i含有層の少なくとも一部と反応する。これにより第1の層は窒化され、S iおよびNを含む第2の層、すなわち、シリコン窒化層（S i N層）へと変化（改質）される。

[0063] [ステップ4：反応ガス排気工程]

第2の層が形成された後、バルブ1 1を閉じ、N H 3ガスの供給を停止する。そして、ステップ1と同様の処理手順により、処理室6内に残留する未反応もしくは第2の層の形成に寄与した後のN H 3ガスや反応副生成物を処理室6内から排出する。

[0064] 以上の4つのステップを非同時に、すなわち、オーバーラップさせることなく行うサイクルを所定回数（n回）行うことにより、ウェハ7上に、所定組成および所定膜厚のS i N膜を形成することができる。

[0065] 上述のシーケンスの処理条件としては、例えば、

処理温度（ウェハ温度）：2 5 0～7 0 0℃、

処理圧力（処理室内圧力）：1～4 0 0 0 P a、

H C D Sガス供給流量：1～2 0 0 0 s c c m、

N H 3ガス供給流量：1 0 0～1 0 0 0 0 s c c m、

N 2ガス供給流量（ノズル）：1 0 0～1 0 0 0 0 s c c m、

N₂ ガス供給流量（回転軸）：100～500 sccm、
が例示される。それぞれの処理条件を、それぞれの範囲内のある値に設定することで、成膜処理を適正に進行させることが可能となる。

[0066] HCD S等の熱分解性ガスは、石英よりも金属の表面において副生成物の膜を形成しやすい場合がある。HCD S（及びアンモニア）に晒された表面は、特に260℃以下のときにSiO、SiONなどが付着しやすい。

[0067] （パージおよび大気圧復帰）

成膜処理が完了した後、バルブ14 A、14 Bを開き、ガス供給管12 A、12 BからN₂ ガスを処理室6内へ供給し、排気管15から排気する。これにより、処理室6内の雰囲気ガスが不活性ガスに置換され（不活性ガス置換）、残留する原料や副生成物が処理室6内から除去（パージ）される。その後、APCバルブ17が閉じられ、処理室6内の圧力が常圧になるまでN₂ ガスが充填される（大気圧復帰）。

[0068] （ボートアンロードおよびウェハディスチャージ）

ボートエレベータ27によりシールキャップ19が下降され、マニホールド5の下端が開口される。そして、処理済のウェハ7が、ボート21に支持された状態で、マニホールド5の下端から反応管36の外部に搬出される（ボートアンロード）。処理済のウェハ7は、ボート21より取出される。

[0069] 上述の成膜処理を行うと、加熱されていた反応管4内の部材の表面、例えば、外管4 Aの内壁、ノズル8 aの表面、内管4 Bの表面、ボート21の表面等に、窒素を含むSiN膜等が堆積し、薄膜を形成しうる。そこで、これらの堆積物の量、すなわち、累積膜厚が、堆積物に剥離や落下が生じる前の所定の量（厚さ）に達したところで、クリーニング処理が行われる。

[0070] クリーニング処理は、反応管4内へフッ素系ガスとして例えばF₂ ガスを供給することで行われる。以下、本実施形態におけるクリーニング処理の一例を、図8を参照しながら説明する。ここでは、ノズル8 aのガス供給管9 aにF₂ ガス源が接続されるものとする。以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ29により制御される。

[0071] (ボート搬入ステップ)

シャッタが移動させられて、マニホールド5の下端開口が開放される(シャッタオープン)。その後、空のボート21、すなわち、ウェハ7を装填していないボート21が、ボートエレベータ27によって持ち上げられて反応管4内に搬入(ボートロード)される。

[0072] (圧力・温度調整ステップ)

反応管4内が所望の圧力となるように、真空ポンプ246によって真空排气される。真空ポンプ246は、少なくともクリーニング処理が終了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。また、反応管4内が所望の温度(第2温度)となるように、ヒータ3によって加熱される。第2温度は、例えば、成膜ステップにおけるウェハ7の温度(第1温度)より低くすることができる。その場合、加熱をスタンバイ状態よりも弱めることを意味する。また、回転機構23によるボート21の回転を開始する。ボート21の回転は、クリーニング処理が完了するまでの間は、継続されうる。

[0073] (ガスクリーニングステップ)

このステップでは、バルブ10a, 13a, 13bの開閉制御を、成膜処理のステップ1におけるそれらの開閉制御と同様の手順で行う。F2ガスは、MFC10aにより流量調整され、ガス供給管9a、ノズル8aを介して反応管4内へ供給される。ガス供給管12aからN2ガスを流すことで、F2ガスを希釈し、反応管4内へ供給するF2ガスの濃度を制御することができる。このとき、ガス供給管12b、24からN2ガスを少量流しノズル8bや軸・炉口部をパージしてもよい。またF2ガスにフッ化水素(HF)ガス、水素(H2)ガス、一酸化窒素(NO)ガス等を添加するようにしてもよい。

[0074] このステップの間、APCバルブ17を適正に調整して、反応管4内の圧力を、例えば1330~101300Pa、好ましくは13300~53320Paの範囲内の圧力とする。MFC10aで制御するF2ガスの供給流量は、例えば100~3000sccmの範囲内の流量とする。MFC13a制御するN2ガスの供給流量

は、それぞれ例えば100～10000 s c c mの範囲内の流量とする。F₂ガスを反応管4内へ供給する時間は、例えば60～1800秒、好ましくは120～1200秒の範囲内の時間とする。ヒータ3の温度は、反応管4内の温度が、例えば200～450℃、好ましくは200～400℃の範囲内の温度（第2温度）となるように設定する。

[0075] 反応管4内の温度が200℃未満となると、堆積物のエッチング反応が進行しにくくなる場合がある。一方、反応管4内の温度が450℃を超えると、エッチング反応が激しくなり、反応管4内の部材がダメージを受ける場合がある。

[0076] 反応管4内へのF₂ガスの供給は、連続的に行うようにしてもよく、間欠的に行うようにしてもよい。反応管4内へのF₂ガスの供給を間欠的に行う場合は、反応管4内にF₂ガスを封じ込めるようにしてもよい。反応管4内へのF₂ガスの供給を間欠的に行うことで、反応管4内におけるフッ化アンモニウム（NH₄F）やテトラフルオロシラン（SiF₄）等の副生成物の量を適正に制御することができ、エッチング反応が進行しやすい環境を整えることが可能となる。また、F₂ガスの供給を間欠的に行うことで、反応管4内に圧力変動を生じさせ、堆積物に対して圧力の変動に伴う衝撃を与えることができる。これにより、堆積物にクラックや剥離等を生じさせ、堆積物のエッチングを効率的に進めることが可能となる。また、F₂ガスの使用量を適正に抑制することができ、クリーニング処理のコストを低減することが可能となる。図5は、反応管4内へのF₂ガスの供給を間欠的に行い、反応管4内に圧力変動を生じさせる例を示している。

[0077] クリーニングガスとしては、F₂ガスの他、フッ化塩素（ClF₃）ガス、フッ化窒素（NF₃）ガス、HFガス、F₂ガス+HFガス、ClF₃ガス+HFガス、NF₃ガス+HFガス、F₂ガス+H₂ガス、ClF₃ガス+H₂ガス、NF₃ガス+H₂ガス、F₂ガス+NOガス、ClF₃ガス+NOガス、NF₃ガス+NOガス等のフッ素系ガスを用いることができる。また、不活性ガスとしては、N₂ガスの他、例えば、アルゴン等の希ガスを

用いることができる。

[0078] (昇温ステップ) ガスクリーニングステップが完了したら、バルブ 10a を閉じ、反応管 4 内への F₂ ガスの供給を停止する。そして、反応管 4 内が所望の温度 (第 3 温度) となるように、反応管 4 内をヒータ 3 によって加熱する。ここでは、第 3 温度を第 2 温度よりも高い温度とする例、すなわち、反応管 4 内の温度を第 2 温度から第 3 温度へ変更 (昇温) する例について説明する。第 3 温度での加熱は、後述する多段階パージステップが終了するまでの間は継続して行われる。

[0079] 第 3 温度を第 2 温度よりも高くすることで、反応管 4 内の部材の表面からのパーティクル (異物) 源、例えば、堆積物とクリーニングガスとの反応により生成された固体の非常に小さな (数 Å 程度の) 化合物 (以下、残留化合物とも称する) の脱離を促すことが可能となる。これは、反応管 4 内を上述のように加熱することで、NH₄F 等の残留化合物が昇華しやすくなるためと考えられる。

[0080] より好ましくは、第 3 温度は、成膜ステップにおけるウェハ 7 の温度 (第 1 温度) より高くする。反応管 4 内をこのような温度に加熱することで、残留化合物の昇華をさらや脱離をさらに促すことが可能となる。ただし、反応管 4 内の温度が 630℃を超えると、反応管 4 内の部材が熱によりダメージを受けてしまう場合もある。

[0081] ヒータ 3 の温度は、反応管 4 内の温度が、上述の条件を満たす温度であって、例えば 400～630℃、好ましくは 550～620℃の範囲内の温度 (第 3 温度) となるような温度に設定する。

[0082] (多段階パージステップ)

反応管 4 内の温度を第 3 温度とした状態で多段階パージステップ (圧力スイングパージ) を行う。なお、上述の昇温ステップの開始とともに、多段階パージステップを開始するようにしてもよい。このステップでは、以下に示す第 1、第 2 パージステップを順次実施する。

[0083] [第 1 パージステップ]

このステップでは、反応管 4 内の圧力を後述する第 1 の圧力幅で周期的に変動させつつ、反応管 4 内に対してパージ（第 1 パージ）を行う。具体的には、反応管 4 内へ供給するパージガスにより反応管 4 内の圧力を上昇させるステップ（第 1 昇圧ステップ）と、反応管 4 内の排気を強くして反応管 4 内を降圧させるステップ（第 1 降圧ステップ）と、を 1 サイクルとしてこのサイクルを複数回（2 回以上）繰り返す。

[0084] 第 1 昇圧ステップでは、A P C バルブ 1 7 を僅かに開いた状態で、バルブ 1 4 a, 1 4 b、2 6 を開き、反応管 4 内へ N 2 ガスを供給する。M F C 1 3 a, 1 3 b、2 5 で制御する N 2 ガスの供給流量は、それぞれ例えば 1000 ~ 50000 s c c m の範囲内の流量とする。反応管 4 内の最大圧力は、例えば 53200 ~ 66500 P a の範囲内の圧力とする。

[0085] 第 1 昇圧ステップは、A P C バルブ 1 7 を全閉（フルクローズ）とした状態で行うことで、圧力スイングの幅を大きくすることができる一方、排気管 2 3 1 から反応管 4 内へ残留化合物等が逆流（拡散）しやすくなる欠点もある。

[0086] 次の第 1 降圧ステップでは、A P C バルブ 1 7 を全開（フルオープン）とする。また、バルブ 1 4 a, 1 4 b、2 6 が開いた状態は維持するものの、M F C 1 3 a, 1 3 b で制御する N 2 ガスの供給流量を減らし、例えばそれぞれ 50 ~ 500 s c c m の範囲内の流量とする。反応管 4 内の最小圧力は、例えば 300 ~ 665 P a の範囲内の圧力とする。

[0087] なお、第 1 降圧ステップは、バルブ 1 4 a, 1 4 b、2 6 を閉じ、反応管 4 内への N 2 ガスの供給を停止することで、短時間で降圧でき、圧力スイングの幅を大きくすることができる一方、排気管 2 3 1 から反応管 4 内へ向かう残留化合物等が生じる可能性がある。

[0088] 第 1 パージステップにおける圧力スイングの幅、すなわち、昇圧ステップ 1 a の最大圧力と降圧ステップ 2 a の最小圧力との差圧は、例えば 52535 ~ 66101 P a の範囲内の大きさとなる。

[0089] [第 2 パージステップ]

第1パージステップが終了したら、第2パージステップを実施する。このステップでは、反応管4内の圧力を、第1パージステップの圧力スイングの幅よりも小さな幅で周期的に変動させつつ、反応管4内に対してパージ（第2パージ）を行う。圧力以外については、第1パージステップと同様である。

[0090] （降温・大気圧復帰ステップ）

多段階パージステップが完了したら、ヒータ3の出力を調整し、反応管4内の温度を降温させる（降温）。すなわち、反応管4内の温度を第3温度から第1温度へ変更（降温）する。また、バルブ14a, 14b, 26を開いたままとし、反応管4内へN₂ガスを流す。これにより、反応管4内がN₂ガスで満たされ（ガス置換）、反応管4内の圧力が常圧に復帰される（大気圧復帰）。

[0091] （ボート搬出ステップ） その後、ボートエレベータ27によりシールキャップ19が下降され、マニホールド5の下端が開口されるとともに、空のボート21が、マニホールド5の下端から反応管4の外部へ搬出（ボートアンロード）される。これら一連のクリーニング処理が終了すると、上述の成膜処理が再開されることとなる。

[0092] 以上説明したクリーニング処理では、多段階パージステップでガスノズル8a, 8b及びガス供給管24から一定の割合でN₂ガスを供給するものとしたが、割合を周期的に変化させても良い。例えば、ガスノズル8a, 8bからの流量を増やして、残留ガスを底排気口4Jから炉口部へと排出する動作と、ガス供給管24からの流量を増やして、底排気口4Jから軸パージガスを排気空間へ流入させて、残留ガスを主排気口4Eへ押し出す動作とを反復するようにしても良い。

[0093] 本実施形態では、以下に示す1つ又は複数の効果が得られる。

（a）副排気口4Gを設けたことにより、内管4B内に流れたパージガスが外管と内管の間の排気空間Sへ積極的に流れるようになり、基板処理空間Aへ流れ込むパージガスの流量が軽減される。

(b) 底排気口 4 H、4 J 及び副排気口 4 G を設けたことにより、排気空間 S に対して、クリーニングガスの排気効率が向上する

[0094] なお、反応管 4 は、外管 4 A と内管 4 B が一体に形成されたものに限らず、別個の部材として形成され、それぞれマニホールド 5 に載せられてもよい。その場合、外管 4 A と内管 4 B の開口端付近で排気空間と炉口部とを流通させる隙間が、底排気口 4 H、4 J に相当する。或いは、外管 4 A、内管 4 B とマニホールド 5 が、全て石英で一体に形成されても良い。

[0095] 次に、上記実施形態の変形例について説明する。図 9 に、変形された実施形態の基板処理装置の反応管 400 の底面図が示される。本例では、内管 4 G に外側へ盛り上がった膨らみ部 401 を有する。膨らみ部 401 は、その内側に追加のノズルやセンサ類を設けるスペースを提供し、その膨らみは、排気空間 S が部分的に狭められるので内管 4 G の下端から上端まで同じ形状を保ったまま続いている。

[0096] 膨らみ部 401 によって排気空間 S が局所的に狭められたことで、そのままでは滞留が生じやすい。本例では、主排気口 4 E から最も遠い膨らみ部 401 よりも更に奥における内管 4 G に、副排気口 4 G と底排気口 4 J を少なくとも 1 つずつ設け、また膨らみ部 401 によって挟まれた排気空間 S に対しても、底排気口 4 J を少なくとも 1 つ設ける。膨らみ部 401 による排気空間 S の狭窄の間隔は、間隙 h6 よりも広いことが望ましい。

[0097] 上述の実施形態では、ウェハ上に成膜を行った後に反応管をクリーニングする例について説明した。しかしながら、本発明は、このような態様に限定されず、酸化や窒化などの改質処理、拡散処理、エッチング処理等の処理であっても、副生成物が生じたり、反応管の表面が侵されたり、或いは反応管を保護するプリコート膜を形成したりする場合には有用である。

産業上の利用可能性

[0098] 本発明は、半導体デバイスの製造装置の他、ガス状の原料を用いる成膜装置等に好適に利用できる。

符号の説明

[0099] 2 処理炉、 3 ヒータ、 4 反応管、 4 A 外管、
4 B 内管、 4 C フランジ部、 4 D 排気ポート、
4 E 主排気口、 4 F 供給スリット、 4 G 副排気口、
4 H、 4 J 底排気口、 4 K ノズル導入孔 4 K、
5 マニホールド、
6 処理室、 7 ウェハ、
8 ノズル、 9 ガス供給管、
10 MFC、
12 ガス供給管、 13 MFC、 15 排気管、
16 圧力センサ、 17 APCバルブ、 18 真空ポンプ、
19 シールキャップ、 20 カバープレート、 21 ポート、
22 断熱アセンブリ、 23 回転機構、 24 ガス供給管、
25 MFC、 27 ポートエレベータ、 28 温度検出器、
29 コントローラ、 33 サブヒータ支柱、
34 キャップヒータ、 36 回転軸、 37 回転台、
38 断熱体保持具、 39 円筒部、 40 断熱体、
41 仕切り板、 42 ノズル室、

請求の範囲

- [請求項1] 一端がそれぞれ閉塞された外管と内管とを有する反応管と、
前記反応管の開口端側に接続される円筒状のマニホールドと、
前記マニホールドの、前記反応管に接続される端とは反対の端を塞ぐシールキャップと、
前記シールキャップを貫通して回転を伝達する回転機構と、
マニホールドの内側の空間をパージするパージガスを供給するガス供給管と、を備え、
前記反応管は、外管と内管との間の排気空間に連通する排気ポートと、内管に設けられ処理ガスを排出する第1排気口と、前記排気空間と前記マニホールドの内側の空間とを連通させる複数の第2排気口と、を有し、前記第2排気口の少なくとも1つは、前記第1排気口から遠い排気空間に滞留するガスの排気を促進する基板処理装置。
- [請求項2] 前記基板処理装置は、
前記回転機構によって回転する基板保持具と、
前記基板保持具と前記シールキャップの間を断熱する、円筒状の外形の断熱アセンブリと、
前記断熱アセンブリと対面する箇所の前記内管に開口して設けられる複数の第3排気口と、を更に備え、
前記第3排気口は、前記ガス供給管からのパージガスが、断熱アセンブリの側面を通り抜けて前記基板保持具に到達することを抑制することを特徴とする請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項3] 前記基板処理装置は、
前記外管と前記内管との間で且つ前記第1排気口と対向する位置に設けられ、前記内管内に処理ガスを供給するノズルと、
前記内管内との連通を維持しながら前記ノズルの周囲を囲むノズル室と、を更に備える請求項2に記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記パージガスが前記第2排気口から前記排気空間に入って排気さ

れる経路のコンダクタンスは、前記パージガスが断熱アセンブリの側面もしくはノズル室を通して第1排気口から前記排気空間に入って排気される経路のコンダクタンスよりも大きく設定され、

前記第2排気口の大きさ及びパージガスの流量は、前記マニホールドの内側の空間に侵入した前記処理ガスの濃度が規定値以下になるように設定された請求項3に記載の基板処理装置。

[請求項5]

一端がそれぞれ閉塞された外管と内管とを有する反応管と、
前記反応管の開口端側に接続される円筒状のマニホールドと、
前記マニホールドの、前記反応管に接続される端とは反対の端を塞ぐシールキャップと、

前記シールキャップを貫通して回転を伝達する回転機構と、
マニホールドの内側の空間をパージするパージガスを供給するガス供給管と、を備え、

前記反応管は、外管と内管との間の排気空間に連通する排気ポートと、内管に設けられ処理ガスを排出する第1排気口と、前記排気空間と前記マニホールドの内側の空間とを連通させる複数の第2排気口と、を有した基板処理装置を用いて、

ノズルから前記反応管内にクリーニングガスを供給する工程と、
前記反応管内へパージガスを供給することで前記処理室内を昇圧させる副工程と、前記処理室内を真空排気することで前記処理室内を降圧させる副工程とを含むサイクルを複数回繰り返すことにより、前記反応管内の圧力を変動させながらパージする工程と、を有する基板処理装置のクリーニング方法。

[請求項6]

一端がそれぞれ閉塞された外管と内管とを有する反応管と、
前記反応管の開口端側に接続される円筒状のマニホールドと、
前記マニホールドの、前記反応管に接続される端とは反対の端を塞ぐシールキャップと、

前記シールキャップを貫通して回転を伝達する回転機構と、

マニホールドの内側の空間をパージするパージガスを供給するガス供給管と、を備え、

前記反応管は、外管と内管との間の排気空間に連通する排気ポートと、内管に設けられ処理ガスを排出する第1排気口と、前記排気空間と前記マニホールドの内側の空間とを連通させる複数の第2排気口と、を有した基板処理装置を制御するコンピュータに、

ノズルから前記反応管内にクリーニングガスを供給する手順と、

前記ノズルと前記ガス供給管とから交互にパージガスを供給することで前記処理室内を昇圧させる副工程と、前記処理室内を真空排気することで前記処理室内を降圧させる副工程とを含むサイクルを複数回繰り返すことにより、前記反応管内の圧力を変動させながらパージする手順と、を実行させるプログラム。

[請求項7]

一端がそれぞれ閉塞された外管及び内管と、

前記外管及び前記内管のそれぞれ他端を接続するフランジと、

外管と内管との間の排気空間に連通する排気ポートと、

内管に設けられ処理ガスを排出する第1排気口と、

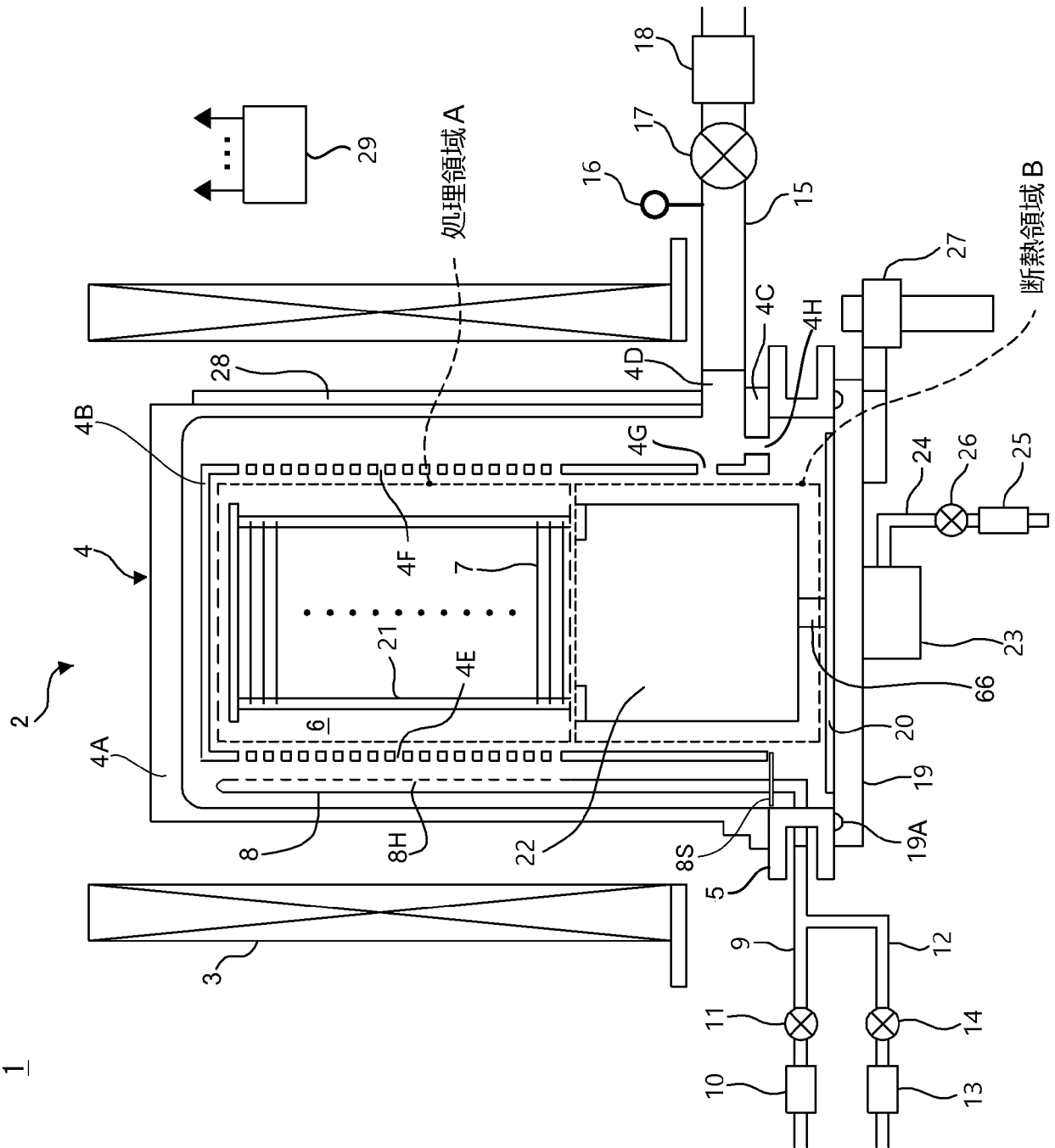
前記外管と前記内管との間で且つ前記第1排気口と対向する位置で、処理ガスを内管内に供給する供給スリットと、

前記フランジに設けられ、前記排気空間の中と外とを連通させる複数の第2排気口と、

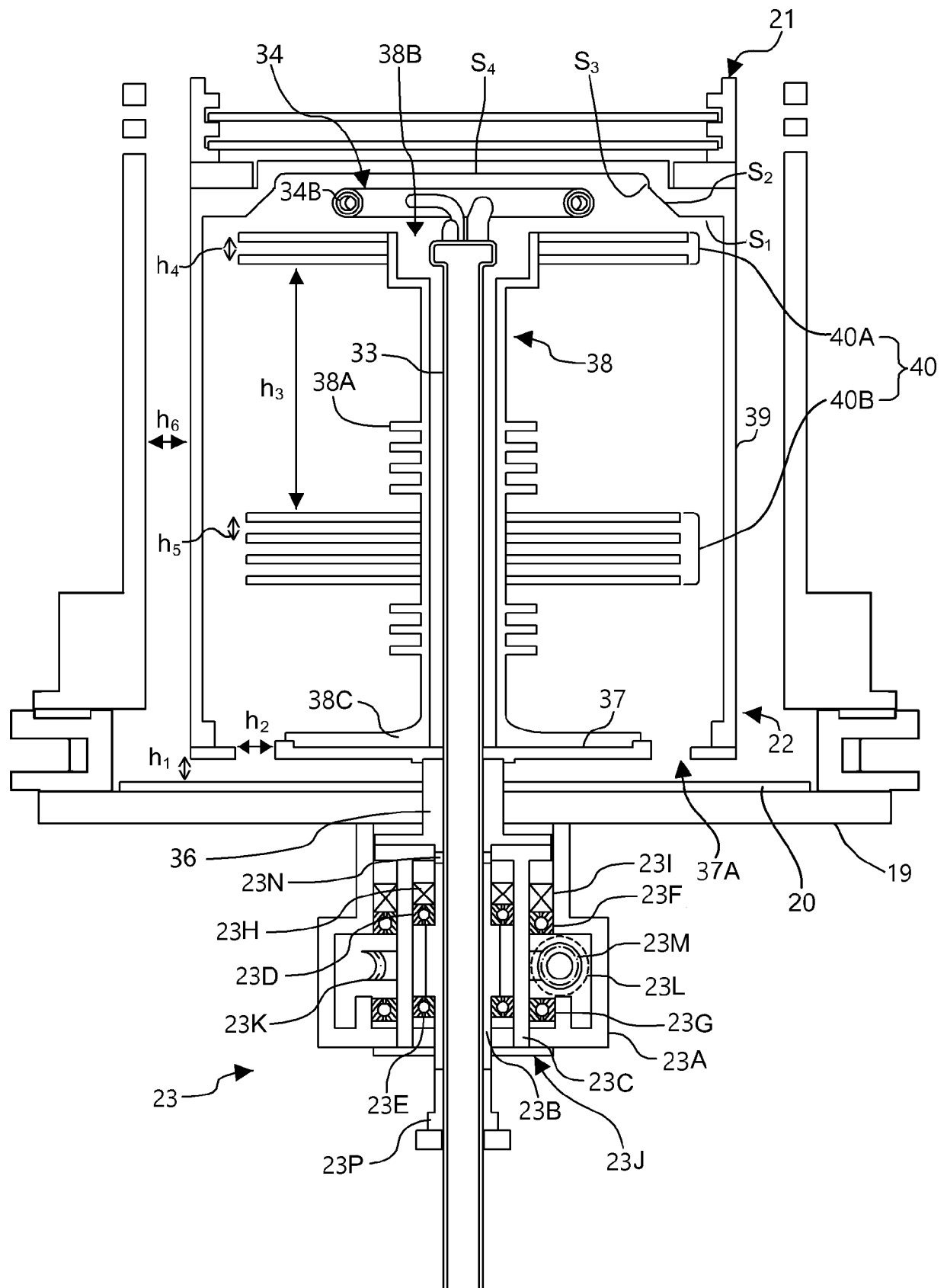
前記内管内の前記フランジ寄りに設けられる断熱アセンブリに対面する位置で、前記内管に開口した複数の第3排気口と、を備え、

前記第2排気口の少なくとも1つは、前記第1排気口から遠い排気空間に滞留するガスの排気を促進する位置に設けられる石英反応管。

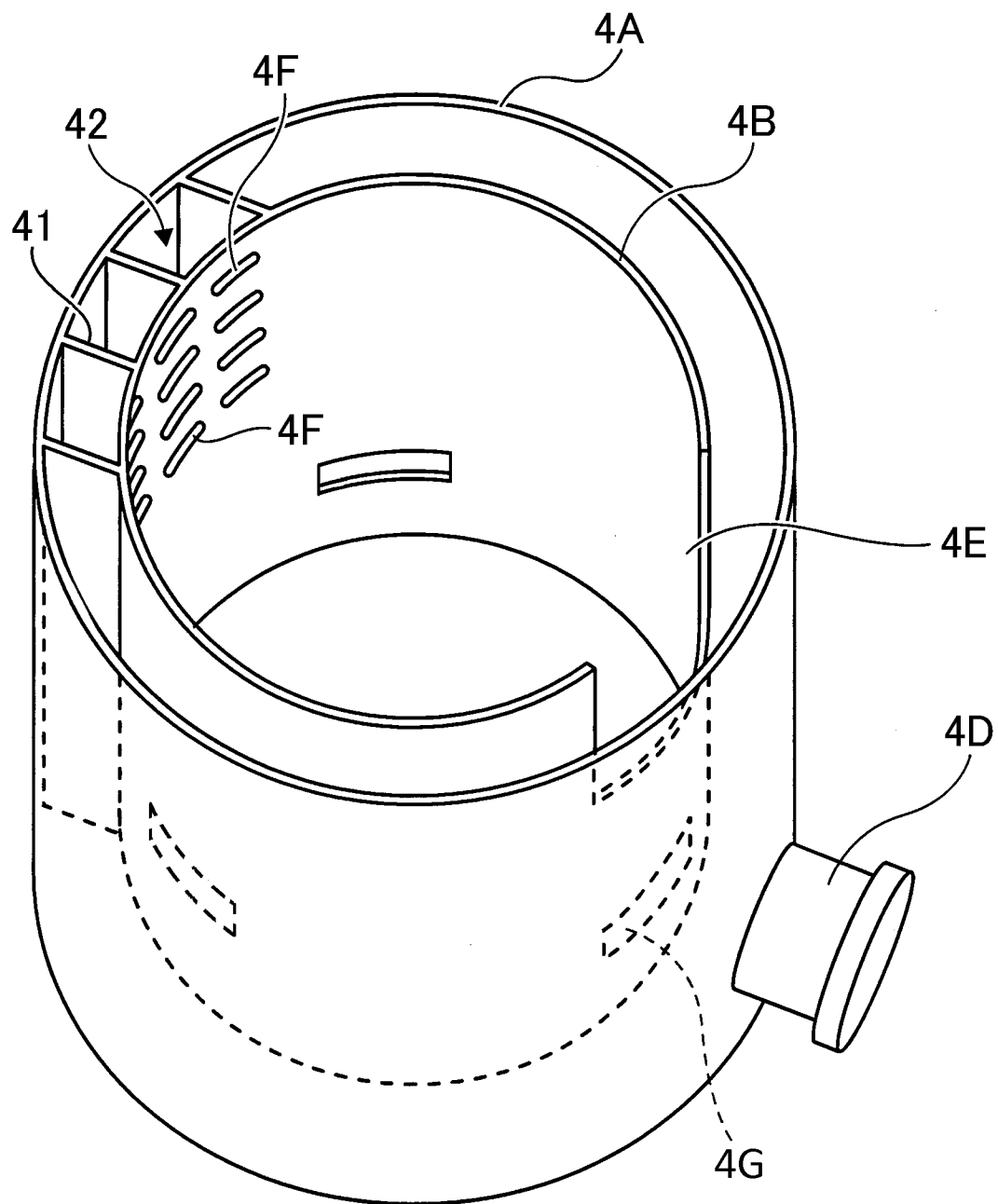
[図1]



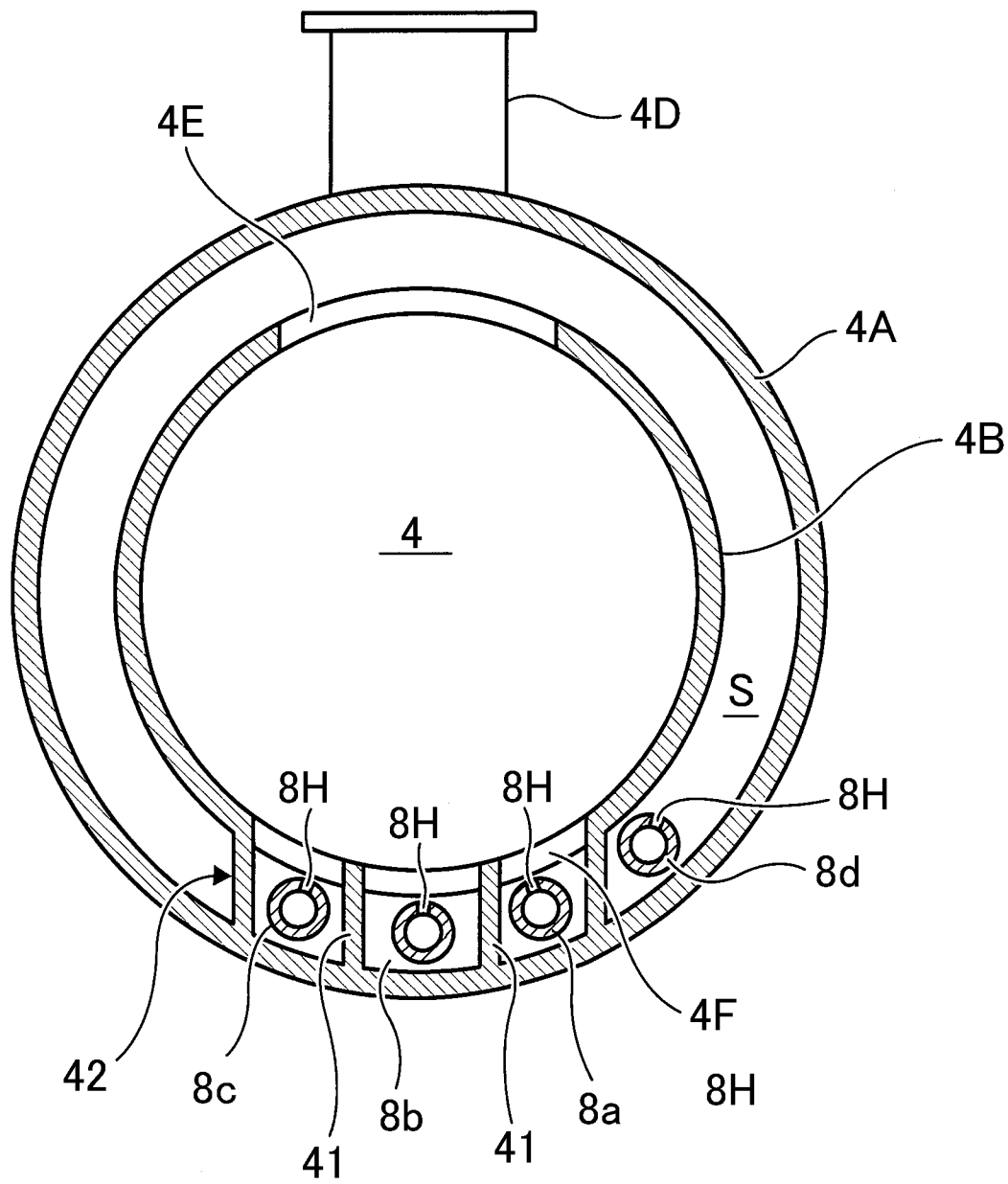
[図2]



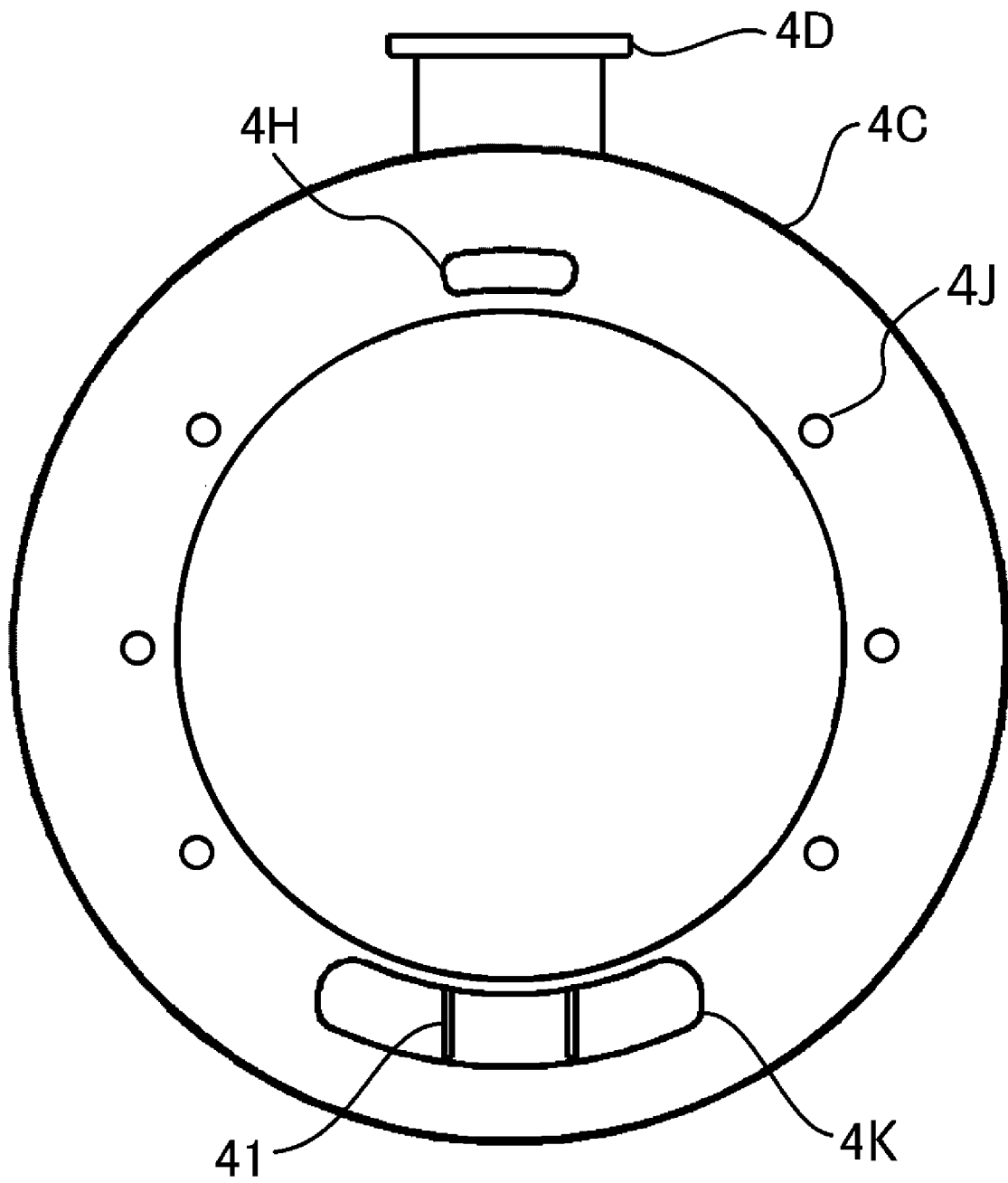
[図3]



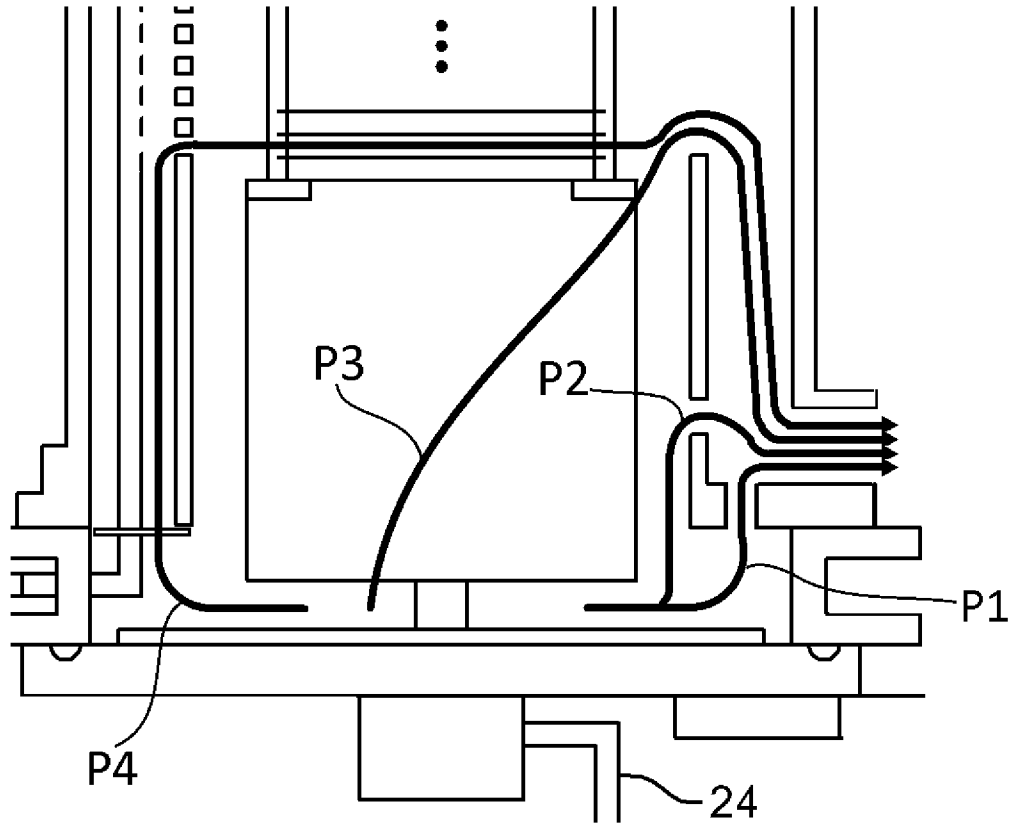
[図4]



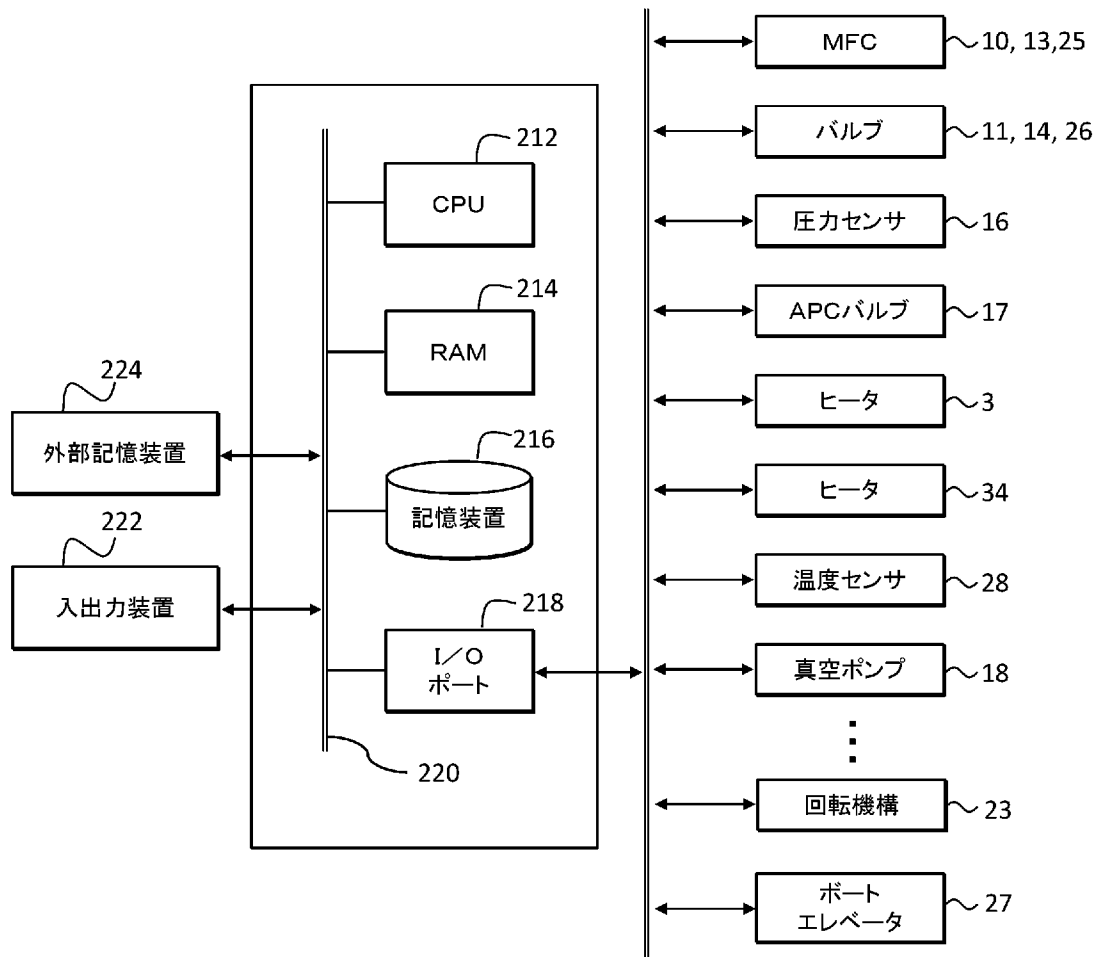
[図5]



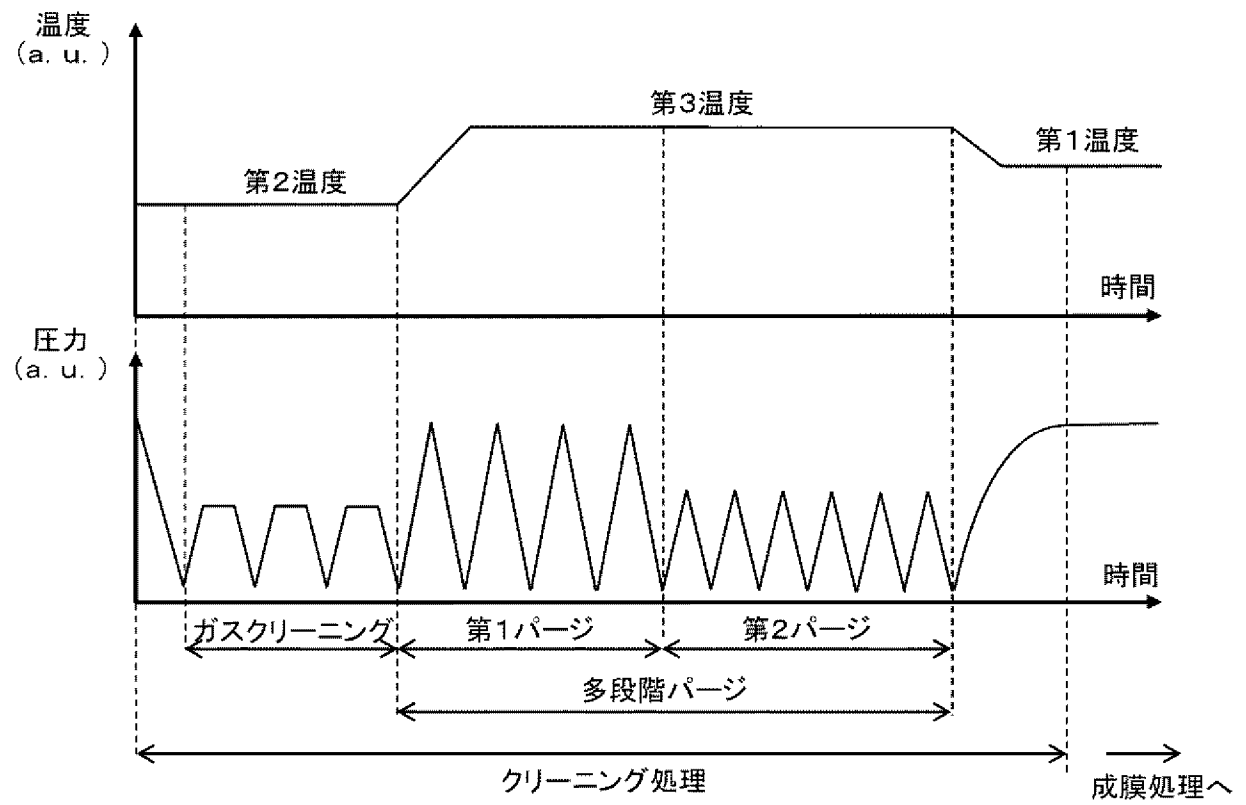
[図6]



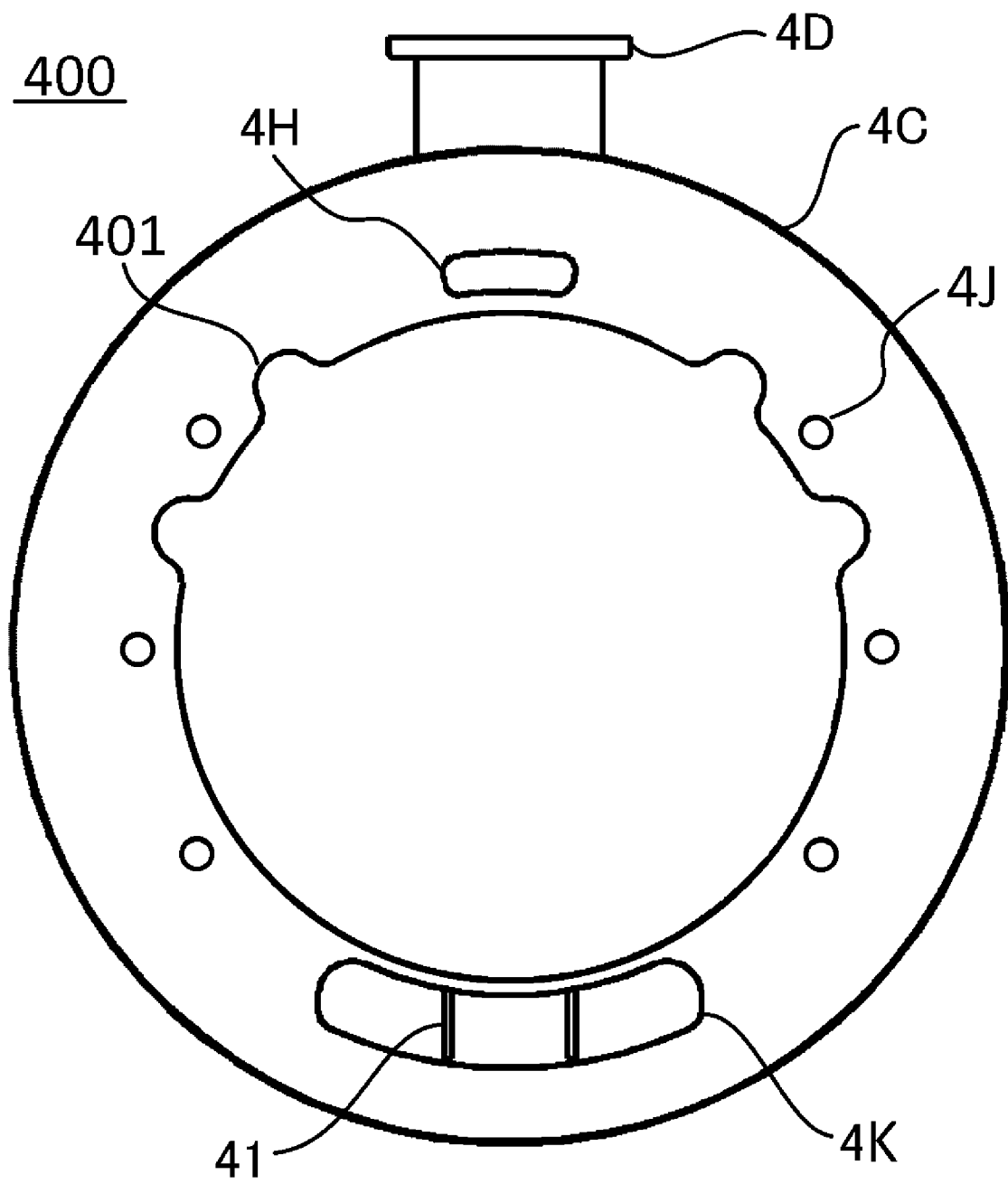
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034542

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/31 (2006.01) i, C23C16/44 (2006.01) i, H01L21/22 (2006.01) i, H01L21/3065 (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, C23C16/44, H01L21/22, H01L21/3065

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 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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	US 2017/0037512 A1 (SAIDO et al.) 09 February 2017, paragraphs [0100], [0101], fig. 13, 14 & CN 106449469 A & KR 10-2017-0016789 A & TW 201716621 A	1-7
Y	JP 7-37832 A (YAMAHA CORP.) 07 February 1995, paragraphs [0015], [0029], [0030], fig. 1 & US 5618349 A, column 2, lines 30-45, column 3, lines 15-36, fig. 1A	1-7
Y	JP 2017-69230 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 06 April 2017, paragraphs [0070]-[0109], fig. 5 & US 2017/0087606 A1, paragraphs [0077]-[0116], fig. 5 & KR 10-2017-0037831 A & TW 201720541 A	5, 6



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
14.12.2017

Date of mailing of the international search report
26.12.2017

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/JP2017/034542

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 2015-183224 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 22 October 2015, entire text, all drawings & US 2015/0270125 A1, entire text, all drawings & KR 10-2015-0110419 A	1-7
A	WO 2015/041376 A1 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 26 March 2015, entire text, all drawings & US 2017/0294318 A1, entire text, all drawings & TW 201630070 A & KR 10-2017-0042789 A	1-7

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, C23C16/44(2006.01)i, H01L21/22(2006.01)i, H01L21/3065(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, C23C16/44, H01L21/22, H01L21/3065

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	US 2017/0037512 A1 (SAIDO et al.) 2017.02.09, 段落 [0100]-[0101]、図 13、14 & CN 106449469 A & KR 10-2017-0016789 A & TW 201716621 A	1-7
Y	JP 7-37832 A (ヤマハ株式会社) 1995.02.07, 段落【0015】、【0029】、【0030】、図 1 & US 5618349 A, 第 2 欄第 30-45 行、 第 3 欄第 15-36 行、図 1A	1-7

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

14.12.2017

国際調査報告の発送日

26.12.2017

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)

正山 旭

50

9276

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	JP 2017-69230 A (株式会社日立国際電気) 2017.04.06, 段落【0070】-【0109】、図5 & US 2017/0087606 A1, 段落[0077]-[0116]、図5 & KR 10-2017-0037831 A & TW 201720541 A	5, 6
A	JP 2015-183224 A (株式会社日立国際電気) 2015.10.22, 全文、全図 & US 2015/0270125 A1, 全文、全図 & KR 10-2015-0110419 A	1-7
A	WO 2015/041376 A1 (株式会社日立国際電気) 2015.03.26, 全文、全図 & US 2017/0294318 A1, 全文、全図 & TW 201630070 A & KR 10-2017-0042789 A	1-7