

(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10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/179157 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) H01L 21/324 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012974

(22) 国際出願日: 2017年3月29日(29.03.2017)

(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: 野内 英博(YANAI, Hidehiro); 〒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). 稲田 哲明(INADA, Tetsuaki); 〒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). 立野 秀人(TATENO, Hideto); 〒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

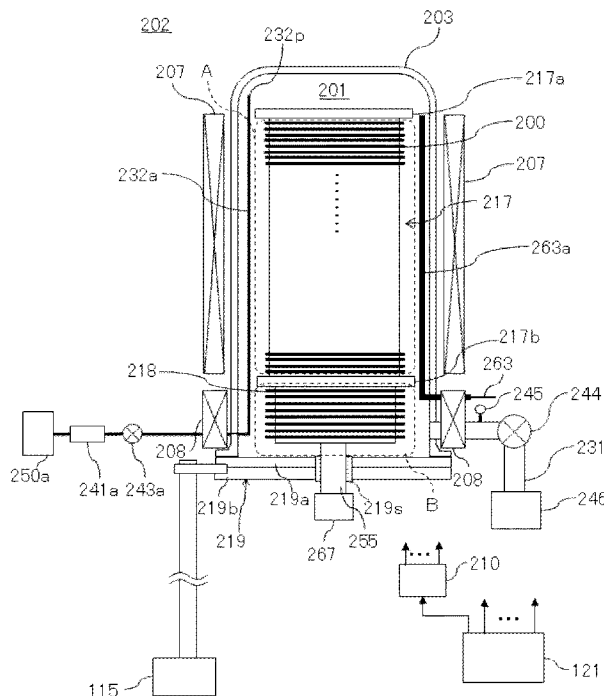
(JP). 宮西 裕也(MIYANISHI, Yuya); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP).

(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, 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,

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING DEVICE, HEATER UNIT, AND SEMICONDUCTOR DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 基板処理装置、ヒータユニットおよび半導体装置の製造方法



(57) Abstract: Provided is a substrate processing device provided with: a reaction tube in which a substrate is housed; a lid portion for closing a furnace opening formed in the reaction tube; a heater disposed on the outer periphery of a side wall in the vicinity of the furnace opening of the reaction tube; a plurality of temperature sensors respectively configured to measure the temperatures at a plurality of mutually different positions in the circumferential direction of the side wall in the vicinity of the furnace opening of the reaction tube; and a control unit configured to control the heater on the basis of respective measurement values according to the plurality of temperature sensors. In this way, heating is performed so as to prevent the development of local deviations in the temperatures of members of which a processing chamber is formed.



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)）

(57) 要約：基板を収容する反応管と、反応管に形成された炉口を閉塞する蓋部と、反応管の炉口近傍の側壁の外周に設けられたヒータと、反応管の炉口近傍の側壁における、側壁の周方向において互いに異なる複数の位置の温度をそれぞれ測定するよう構成された複数の温度センサと、複数の温度センサのそれぞれの測定値に基づいて、ヒータを制御するよう構成された制御部と、を備える基板処理装置を提供する。これにより、処理室を形成する部材の温度に局所的な偏りが生じることを防止するように加熱を行う。

明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、ヒータユニットおよび半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板処理装置、ヒータユニットおよび半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程の一工程として、過酸化水素（ H_2O_2 ）を含む液体原料を気化させて処理ガスとしての気化ガスを生成する工程と、処理室内の基板に対してこの気化ガスを供給する工程と、を含む基板処理が行われることがある（例えば特許文献1，2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2014／069826号

特許文献2：国際公開第2013／070343号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述の基板処理を行うと、条件によっては、処理室内へ供給された気化ガスが処理室内において冷やされて液化したり、液化で生じた液体が加熱されて急激な反応を起こしたりする。このような現象は、処理室を形成する部材の温度が不均一になることによって局所的な低温領域や高温領域が生じることにより起こる場合がある。本発明の目的の一つは、処理室を形成する部材の温度に局所的な偏りが生じることを防止するように加熱を行うことが可能な技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様によれば、基板を収容する反応管と、前記反応管に形成さ

れた炉口を閉塞する蓋部と、前記反応管の炉口近傍の側壁の外周に設けられたヒータと、前記反応管の炉口近傍の側壁における、前記側壁の周方向において互いに異なる複数の位置の温度をそれぞれ測定するよう構成された複数の温度センサと、前記複数の温度センサのそれぞれの測定値に基づいて、前記ヒータを制御するよう構成された制御部と、を備える基板処理装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]本発明の一実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を縦断面図で示す図。

[図2]本発明の一実施形態で好適に用いられる基板処理装置の反応管の炉口周辺構造を示す概略構成図であり、炉口周辺を水平断面図で示す図。

[図3] (a) は、ヒータユニットの一形態の構成、及び当該ヒータユニットの周辺の構成を示す縦断面図。(b) は、(a) に示す方向Aから見た、一点鎖線におけるヒータユニットの縦断面図。

[図4] (a) は、ヒータユニットの他の形態の構成、及び当該ヒータユニットの周辺の構成を示す縦断面図。(b) は、(a) に示す方向Aから見た、一点鎖線におけるヒータユニットの縦断面図。

[図5] (a) は、ヒータユニットの他の形態の構成、及びヒータユニットの周辺の構成を示す縦断面図。(b) は、(a) に示す方向Aから見た、一点鎖線におけるヒータユニットの縦断面図。

[図6]ヒータユニットの他の形態の構成を示す概略構成図であり、排気管の延伸方向に垂直な面を断面とした縦断面図。

[図7]均熱シートの構成を示す縦断面図。

[図8]ヒータユニットに取り付けられる側壁温度センサの取り付け構造を示すヒータユニットの縦断面図。

[図9]ヒータユニット間の接続構造を説明する概略構成図。

[図10]本発明の一実施形態で好適に用いられる基板処理装置のコントローラの概略構成図であり、コントローラの制御系をブロック図で示す図。

[図11]基板処理工程の一例を示すフロー図。

[図12]実施例における温度モニタ点A～Nの位置を示す概略構成図。

[図13]比較例の構成と、温度モニタ点A～Nの位置を示す概略構成図。

[図14]実施例と比較例それぞれにおける温度モニタ点A～Nにおける温度の測定結果を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0007] <本発明の一実施形態>

以下、本発明の一実施形態について、図1～図2を用いて説明する。

[0008] (1) 基板処理装置の構成

図1に示すように、処理炉202は反応管203を備えている。反応管203は、例えば石英(SiO_2)や炭化シリコン(SiC)等の耐熱性材料からなり、下端に炉口(開口)を有する円筒部材として構成されている。反応管203の筒中空部には、処理室201が形成される。処理室201は、基板としてのウエハ200を収容する第1領域としてのウエハ収容領域A(以下、領域A)、および、領域Aの鉛直方向下方に設けられた第2領域としての炉口周辺領域B(以下、領域B)を、内部に備えている。

[0009] 反応管203の下方には、反応管203の下端開口を気密に閉塞可能な蓋部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の下方には、回転機構267が設置されている。シールキャップ219は円盤状に形成されており、上面側を構成する上面ベース部219aと、下面側を構成する下面ベース部219bとが積層するように構成されている。上面ベース部219aは、例えば石英等の非金属部材により構成され、その厚さは10～20mm程度である。下面ベース部219bは、例えばSUS等の金属部材により構成されている。回転機構267の回転軸255は、シールキャップ219を貫通してポート217に接続されている。回転機構267は、ポート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。回転軸255に開設された回転軸255の軸受部219sは、磁気シール等の流体シールとして構成されている。シールキャップ219は

、反応管203の下方に設置されたボートエレベータ115によって垂直方向に昇降させられる。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すなわちウエハ200を処理室201内外に搬入および搬出（搬送）する搬送機構として構成されている。

[0010] 基板支持具としてのボート217は、複数枚、例えば25～200枚のウエハ200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ように、すなわち、間隔を空けて配列させるように構成されている。ボート217は、例えば石英やSiC等の耐熱性材料からなり、上下に天板217a、底板217bを備えている。ボート217の下部に水平姿勢で多段に支持された断熱体218は、例えば石英やSiC等の耐熱性材料からなり、領域Aと領域Bとの間の熱伝導を抑制するように構成されている。断熱体218をボート217の構成部材の一部と考えることもできる。

[0011] 反応管203の外側には、第1加熱部としてのヒータ207と、第2加熱部としてのヒータ208と、が設けられている。ヒータ207、208へは、ヒータ電源ユニット210から電力が供給される。

[0012] ヒータ207は、領域Aを囲うように垂直に据え付けられている。ヒータ207は、後述する基板処理工程において、領域Aに収容されたウエハ200を所定の温度に加熱するように制御される。

[0013] ヒータ208は、領域Bを囲うようにヒータ207の鉛直方向下方に設けられている。ヒータ208は、反応管203の外周方向に配列（分割）された複数のヒータユニット（ヒータユニット208a～208d）により構成されている。ヒータ208は、後述する基板処理工程において、特に反応管203の炉口周辺の側壁の温度や配管の温度をそれぞれ所定の温度に維持するように制御される。なお以下では、反応管203の炉口周辺の側壁を、単に炉口部側壁と称する。

[0014] 処理室201内には、反応管203の側壁を外側から内側に貫通するとともに、反応管203の内壁に沿って延伸する、温度センサ保護管263aが

設けられている。温度センサ保護管 263a の管内には、温度検出部としての温度センサ 263 が反応管 203 の外側から挿通されて設けられている。温度センサ 263 により検出された温度情報に基づいて、ヒータ 207 の出力が調整される。温度センサ 263 は主に熱電対により構成される。なお、温度センサ 263 及び温度センサ保護管 263a は複数設けてもよい。

[0015] 反応管 203 の側壁には、気化ガスを処理室 201 内に供給するガス供給管 232a が接続されている。ガス供給管 232a は、反応管 203 の炉口近傍（すなわち領域 B 周辺）の側壁を外側から内側に貫通して、反応管 203 の内壁に沿って上端近傍まで延伸しており、その先端は開口してガス供給ポート 232p を構成している。なお、高さが互いに異なるガス供給管 232a を複数設けて、それぞれの上端に設けられたガス供給ポートから気化ガスを処理室 201 内に供給するように構成してもよい。ガス供給管 232a には、上流側から順に、ガス発生器 250a、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）241a、開閉弁であるバルブ 243a が設けられている。ガス発生器 250a には、液体原料としての過酸化水素水を供給する液体供給管や、液体を気化させるために用いるキャリアガスを供給するキャリアガス供給管等が接続されている。

[0016] ここで過酸化水素水とは、常温で液体である過酸化水素（ H_2O_2 ）を溶媒としての水（ H_2O ）中に溶解させることで得られる水溶液のことである。ガス発生器 250a は、過酸化水素水を所定の温度（気化温度）に加熱する等し、これを気化或いはミスト化させることによって気化ガスを発生させる。気化ガス中には、ガス状或いはミスト状の H_2O_2 および水蒸気（ H_2O ガス）がそれぞれ所定の濃度で含まれる。気化ガスに含まれる H_2O_2 は、活性酸素の一種であり、不安定であって O を放出しやすく、 OH ラジカルを生成させ、非常に強い酸化力を持つ酸化剤（ O ソース）として作用する。

[0017] 主に、ガス供給管 232a、MFC 241a、バルブ 243a により、気化ガス供給系が構成される。

[0018] 反応管 203 の炉口近傍（炉口周辺）の側壁には、処理室 201 内の雰囲気

気を排気する排気管 231 が接続されている。排気管 231 には、処理室 201 内の圧力を検出する圧力検出器としての圧力センサ 245 および圧力調整器としての APC バルブ 244 を介して、排気装置としての真空ポンプ 246 が接続されている。APC バルブ 244 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 内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 内の圧力を調整することができるように構成されている。主に、排気管 231、APC バルブ 244、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。

[0019] ここで、炉口部側壁では、ガス供給管 232 a、温度センサ保護管 263 a、排気管 231 等のように反応管 203 から外側に突出した部位（突出部）から熱逃げが発生したり、突出部が存在することによりヒータによる均一な加熱が困難であったりする。そのため、炉口部側壁や、処理室 201 内のガス供給管 232 a や温度センサ保護管 263 a 等に局所的な低温領域が生じることがある。また一方で、局所的な低温領域が生じないようにヒータの出力を上げることにより、反対に局所的な高温領域が生じることがある。本実施形態では、主にヒータ 208 を以下のように構成することにより、これらの局所的な低温領域や高温領域が生じることを防止する。

[0020] （ヒータ 208 の構成）

ヒータ 208 を構成するヒータユニット 208 a ~ 208 d のそれぞれの構成について説明する。

[0021] 図 2 に示されるように、ヒータユニット 208 a は、炉口部側壁のうち、ガス供給管 232 a、温度センサ保護管 263 a、及び排気管 231 等の配管が接続されていない部分（以下、「平坦部領域」と称することがある）を加熱するよう配設されたユニットである。本実施形態では、ヒータユニット 208 a が 2 個（208 a 及び 208 a'）設けられている。

[0022] ヒータユニット 208 b は、炉口部側壁のうちガス供給管 232 a が接続

されている箇所の周辺部分と、ガス供給管 232 a のうち反応管 203 の外に露出している接続箇所の周辺部分と、を加熱するよう配設されたユニットである。すなわち、ヒータユニット 208 b は、反応管 203 の側壁とガス供給管 232 a の両者を加熱するように構成されている。

[0023] ヒータユニット 208 c は、炉口部側壁のうち温度センサ保護管 263 a が接続されている箇所の周辺部分と、温度センサ保護管 263 a のうち反応管 203 の外に露出している接続箇所の周辺部分と、を加熱するよう配設されたユニットである。すなわち、ヒータユニット 208 c は、反応管 203 の側壁と温度センサ保護管 263 a の両者を加熱するように構成されている。

[0024] ヒータユニット 208 d は、排気管 231 のうち反応管 203 との接続箇所の周辺部分を加熱するよう配設されたユニットである。

[0025] なお、炉口部側壁のうち、ガス供給管 232 a、温度センサ保護管 263 a、排気管 231 等の配管が接続されている箇所の周辺部分を、以下、総称して「突出部領域」と称することがある。

[0026] ヒータユニット 208 a ～ 208 c は、後述するように、それぞれが炉口部側壁の外周面温度を測定する側壁温度センサ（303 a，303 b）を備えることが可能な構成となっており、ヒータ 208 は、互いに外周方向に離間した位置に配置された、少なくとも複数の側壁温度センサを備えている。これらの複数の側壁温度センサでそれぞれ測定された温度に基づいてヒータ 208 を制御することにより、反応管 203 の側壁の温度を外周方向において均等になるように加熱することができる。なお、側壁温度センサは、ヒータ 208 において少なくとも 2 以上備えられればよく、ヒータユニット 208 a ～ 208 c の全てが側壁温度センサを備える必要はない。

[0027] また、ヒータユニット 208 b ～ 208 d は、後述するように、それぞれがガス供給管 232 a 等の配管周辺の温度を測定するガス供給管温度センサ 304 b や排気管温度センサ 304 d を備えることが可能な構成となっている。これらの配管周辺の温度センサで測定された温度に基づいてヒータ 208

を制御することにより、反応管 203 に接続された配管を個別に加熱して、反応管 203 の側壁の温度を外周方向においてより精密に均等になるように加熱することができる。

[0028] ヒータユニット 208 a ~ 208 d はヒータ電源ユニット 210 に接続されており、ヒータ電源ユニット 210 からは、ヒータユニット 208 a ~ 208 c それぞれに対して電力が供給されるように構成されている。また、複数の側壁温度センサは、後述する制御部としてのコントローラ 121 に接続されており、コントローラ 121 は測定された温度に基づいて、ヒータ電源ユニット 210 を介してヒータユニット 208 a ~ 208 d への供給電力を個別に制御するよう構成されている。反応管 203 の外周方向に配列された複数のヒータユニットそれぞれが個別に温度制御を行うことにより、炉口部側壁を周方向で均等に加熱することが容易になる。なお、ヒータユニット 208 a ~ 208 d は、それぞれが個別のヒータ電源ユニットを備え、それぞれがコントローラ 121 により制御されるように構成されていてもよい。

[0029] (ヒータユニット 208 a)

ヒータユニット 208 a 及びその周辺の構成について、図 3 (a) (b) を参照しながら以下詳述する。ヒータユニット 208 a は、炉口部側壁外周に沿って配設されている。より具体的には、ヒータユニット 208 a は、反応管 203 の下端をなすフランジの上に O リング保護部 273 を介して載置されている。また、ヒータユニット 208 a とヒータ 207 の間には SUS 等で形成された仕切り部 308 が設けられており、その間にはヒータ 207 からの熱影響やヒータユニット 208 a からの熱逃げを抑制するために断熱材 307 が充填されている。

[0030] また、シールキャップ 219 の下面には、シールキャップ 219 の上面 (より具体的には上面ベース 219 a の上面) を所定の温度 (例えば 90℃) とするようにシールキャップ 219 を加熱するキャップヒータ 209 が配設されている。なお、シールキャップ 219 には、反応管 203 の炉口周辺におけるガス供給管 232 a 等のような突出した構造が比較的少ない。そのた

め、キャップ209によってシールキャップ219を均等に加熱することは、比較的容易である。

[0031] 上面ベース部219aの上面には、反応管203の下端と当接するシール部材としてのリング220aが設けられている。また、下面ベース部219bの上面には、上面ベース部219aの下面と当接するシール部材としてのリング220bが設けられている。リング保護部273内に設けられた冷媒流路274、及び下面ベース219b内に設けられた冷媒流路270はそれぞれ、リング220a及びリング220bが所定の温度以上に加熱されないように、それらを冷却するように構成されている。

[0032] ヒータユニット208aは、発熱線301a、発熱線301aを格納するブロック状に一体形成された発熱線格納部305、及び発熱線格納部305を囲うように設けられたヒータカバー306により構成されている。また、発熱線格納部305及びヒータカバー306を貫通して配置された、炉口部側壁の外周面温度を測定する側壁温度センサ303aを備えることができる。

[0033] 発熱線301aは、らせん状（バネ状）に形成されたカンタル線等によって形成され、反応管203の外周に面する位置に、外周の周方向に沿って設けられている。発熱線301aは、1本又は複数本の互いに平行な発熱線により構成される。反応管203の側壁を高さ方向において均等に加熱するためには、互いに平行な発熱線を複数本とすることが好ましい。本実施形態では、発熱線301aは4本の互いに平行に配置されたカンタル線により構成されている。なお、本実施形態では、それぞれが独立した複数本の発熱線により発熱線301aを構成しているが、1本のカンタル線を複数回折り返すことにより4本の互いに平行な発熱線を形成することもできる。

[0034] 発熱線301aは、80～100℃付近で発熱する時に放射する熱線のピーク波長が5～10μm付近となる特性を有するもの（例えばカンタル線）を用いることが特に好ましい。これらの波長は石英に吸収され易く、石英で形成された、反応管203やガス供給管232a等の構造物を効率的に加熱す

るために適している。後述する発熱線 301b, 302b, 302d についても同様である。

[0035] 発熱線格納部 305 は、ポーラス状の工業用アルミナボード等の低熱伝導率材料（熱伝導率が $0.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下）により形成されており、発熱線 301a を構成する各発熱線間の温度干渉を抑制している。すなわち、発熱線間格納部 305 は、発熱線間の温度干渉を防止する離間部材として機能する。

[0036] ただし、発熱線 301a を構成する各発熱線間における温度干渉を完全に遮断することは一般に困難である。そのため、本実施形態では、平行に配置された複数本の発熱線のうち、上下端に配置された発熱線の発熱量が、それらの発熱線に挟まれた他の発熱線の発熱量よりも大きくなるように発熱線 301a を構成することにより、反応管 203 の側壁が高さ方向において均等に加熱されるようにしている。より具体的には、上下端に配置された発熱線の太さが、それらの発熱線に挟まれた他の発熱線の太さよりも細くなるように構成している。これにより、各発熱線の電気抵抗値を異ならせて、同じ供給電流量に対して発熱量を異ならせている。

[0037] ヒータ電源ユニット 210 から発熱線 301a へ供給される電力は、主に側壁温度センサ 303a の測定温度に基づいて、コントローラ 121 により制御される。但し、当該ヒータユニット 208a に側壁温度センサ 303a が設けられていない場合には、他のヒータユニットに設けられた側壁温度センサの測定温度に基づいて供給電力を制御することもできる。また、側壁温度センサ 303a の測定温度と他の側壁温度センサの測定温度の両方に基づいて供給電力を制御することもできる。

[0038] （ヒータユニット 208b）

ヒータユニット 208b 及びその周辺の構成について、図 4（a）（b）を参照しながら以下詳述する。ヒータユニット 208b は、ヒータユニット 208a と同様に、炉口部側壁外周に沿って配設されている。具体的な構成のうち、ヒータユニット 208a 及びその周辺の構成と同じものについて

は、図4（a）（b）において同じ符号を付しており説明を省略する。

[0039] ヒータユニット208bは、発熱線301b及び発熱線302b、発熱線301a及び302bを格納する発熱線格納部305、及びガス供給管232aの近傍温度を測定する配管温度センサとしてのガス供給管温度センサ304bを備えている。また、ヒータユニット208aと同様に、炉口部側壁の外周面温度を測定する側壁温度センサ303bを備えることができる。なお、ガス供給管温度センサ304bは、反応管203の側壁近傍のガス供給管232aの温度状態を把握できれば、ガス供給管232a自体の温度を直接測定するものであってもよい。

[0040] 発熱線301bは、反応管203の外周に面する位置に、外周の周方向に沿って設けられており、発熱線301aと同様の構成を備えている。ただし、発熱線301bは発熱線301aと異なり、ガス供給管232aが配置された位置を避ける位置にのみ配置されている。

[0041] 発熱線302bは、ガス供給管232aの近傍に配置され、且つガス供給管232aの延伸方向に沿って（延伸方向に対して平行に）配置された、1本又は複数本の発熱線により構成される。複数本の発熱線により構成されている場合、これらの発熱線はガス供給管232aを取り囲むように配置される。ここで、発熱線301bのみでは、反応管203の側壁から突出したガス供給管232aのうち、反応管203の側壁直近部分のみを加熱するととどまり、ガス供給管232aを延伸方向において十分に加熱することが困難である。そのため、反応管203の側壁からガス供給管232aへの熱逃げを防ぐことができない。一方、本実施形態によれば、発熱線302bはガス供給管232aに対して平行に配置されているため、ガス供給管232aを延伸方向において均等に加熱することができる。

[0042] ガス供給管温度測定センサ304bは、ガス供給管232aに対して平行に発熱線格納部305内に挿入されている。発熱線302bの複数本の発熱線からは均等な距離をもって離間していることが好ましい。

[0043] 発熱線格納部305は、発熱線301bと発熱線302bを格納する、一

体形成された部材（格納ブロック）として構成されており、発熱線 301b と発熱線 302b の間の温度干渉を抑制している。後述するように、発熱線 301b 及び発熱線 302b の温度（供給電力）は制御部により個別に制御され、反応管 203 の側壁とガス供給管 232a をそれぞれ個別に加熱するように構成されている。ここで、発熱線 301b と発熱線 302b の間の温度干渉を抑えることにより、反応管 203 の側壁とガス供給管 232a に対して、独立した緻密な加熱制御を行うことが容易になる。

[0044] 発熱線 301b 及び発熱線 302b に対するヒータ電源ユニット 210 からの電力供給は、コントローラ 121 によりそれぞれ個別に制御される。コントローラ 121 は、ヒータ電源ユニット 210 を介して、発熱線 301b への供給電力を、主に側壁温度センサ 303b の測定温度に基づいて制御する。また、コントローラ 121 は、ヒータ電源ユニット 210 を介して、発熱線 302b への供給電力を、主にガス供給管温度センサ 304b の測定温度に基づいて制御する。但し、発熱線 301b 及び発熱線 302b の少なくとも一方の供給電力を、側壁温度センサ 303b の測定温度とガス供給管温度センサ 204b の測定温度の両方に基づいて制御することもできる。

[0045] （ヒータユニット 208b の変形例）

本実施形態では、ヒータユニット 208b が配置された反応管 203 の側壁の突出部領域に対して、1 本のガス供給管 232a が接続されている。これに対して、1 つのヒータユニットヒータが配置された突出部領域に対して、複数本のガス供給管が接続される変形例が考えられる。図 5（a）（b）は、この変形例におけるヒータユニット 208b-1 及びその周辺の構成を示している。具体的な構成のうち、ヒータユニット 208b 及びその周辺の構成と同じものについては、図 5（a）（b）において同じ符号を付しており説明を省略する。

[0046] ヒータユニット 208b-1 は特に、複数のガス供給管 232a のそれぞれに対して、発熱線 302b が 1 本又は複数本配置されている。図 5（b）に示した構成のように、本変形例では、複数のガス供給管 232a の間隔が

狭くなっており、このような場合、従来は発熱線の配置が困難であった。一方、本変形例によれば、発熱線 302b がガス供給管 232a に対して平行に配置されているため、ガス供給管の間隔が狭い場合であっても、ガス供給管を均等に加熱することができる。また、複数のガス供給管 232a の間隔が狭い場合、隣り合うガス供給管 232a の間に発熱線 302b を配置することにより、1 本の発熱線で複数のガス供給管を加熱するよう構成することができる。

[0047] また、ガス供給管温度測定センサ 304b は、複数のガス供給管 232a の少なくとも 1 本に対して設けられるが、複数のガス供給管 232a それぞれに対して設けてもよい。

[0048] (ヒータユニット 208c)

ヒータユニット 208c 及びその周辺の構成は、ヒータユニット 208b と同様である。ヒータユニット 208b はガス供給管 232a の接続箇所を加熱する一方、ヒータユニット 208c は温度センサ保護管 263a の接続箇所を加熱することのみが異なる。

[0049] (ヒータユニット 208d)

ヒータユニット 208d は、ヒータユニット 208a ~ 208c と同様に、炉口部側壁外周に沿って配設されている。ヒータユニット 208d 及びその周辺の構成について、図 6 を参照しながら以下詳述する。

[0050] ヒータユニット 208d は、発熱線 302d、発熱線 302d を格納する格納部材 305a と、発熱線 302d を格納しない格納部材 305b 及び 305c、及び排気管 231 の外周と発熱線 302d の間に、排気管 231 を覆うように設けられた均熱シート 320 を備えている。また、ヒータユニット 208b におけるガス供給管温度センサ 304b と同様に、排気管 231 の近傍の温度を測定する配管温度センサとしての排気管温度センサ 304d を備えることができる。

[0051] 発熱線 302d は、発熱線 302b と同様に、排気管 231 の近傍に配置され、且つ排気管 231 に対して平行に配置された複数本の発熱線により構

成される。ここで、例えばヒータユニットの設置位置等の理由により、発熱線 302d を排気管 231 の外周面の全面を取り囲むように配置できない場合がある。そこで、ヒータユニット 208d は、これらの発熱線の少なくとも 1 本が、排気管 231 の外周面の一部のみに沿うように配置され、発熱線が配置できない残りの外周面に沿う位置には配置されない。

[0052] 格納部材 305a～305c は、発熱線格納部 305 と同様に、低熱伝導率材料により形成されている。また、格納部材 305a～305c は分割されており、排気管 231 への取り付けを容易にしている。

[0053] 均熱シート 320 は、排気管 231 の外周面の一部のみに沿うように配置された発熱線 302d からの熱を外周面の全体に伝導させて、排気管 231 の外周面を均等に加熱するように設けられている。

[0054] 均熱シート 320 は、図 7 に示すように、アルミナクロス等の材料で構成された絶縁材 321 の内部に、アルミニウムシート等の材料で構成された高熱伝導材 322 と、カーボンシート等の材料で構成されたクッション材 323 とが積層されて配置された構造を有している。高熱伝導材 322 は発熱線 302d に近い側に配置され、発熱線 302d の熱を排気管 231 の外周方向全体に均等に伝導させる。クッション材 323 は排気管 231 に近い側に配置され、均熱シート 320 を排気管 231 の外周面に密着させる。均熱シート 320 の厚さは 3～5mm 程度である。

[0055] 均熱シート 320 を設けることにより、発熱線 302d に面した排気管 231 の外周面において局所的な高温部が発生するのを抑制し、発熱線 302d が配置されていない排気管 231 の外周面において局所的な低温部が発生するのを抑制することができる。

[0056] ヒータ電源ユニット 210 から発熱線 302d へ供給される電力は、主に排気管温度センサや、他のヒータユニットに設けられた側壁温度センサの測定温度に基づいて、コントローラ 121 により制御される。

[0057] (側壁温度センサの取り付け構造)

側壁温度センサ 303a の温度測定センサ部である先端部は、図 8 に示す

構造により、炉口部側壁に押し付けられるように接触している。ヒータカバー３０６には固定部材３０９が固定されており、側壁温度センサ３０３ａの突出部と固定部材３０９の間には、弾性部材であるバネ３１０が設けられている。バネ３１０は固定部材３０９を支点として、側壁温度センサ３０３ａを反応管２０３の側壁に押付けるように構成されている。なお、側壁温度センサ３０３ｂも同様の構造により設置されている。

[0058] (側壁温度センサの設置位置)

ヒータユニット２０８ａが設置されている反応管２０３側壁の平坦部領域は、ヒータユニット２０８ｂ、２０８ｃ、２０８ｄが設置されている突出部領域よりも高温になり易く、逆に突出部領域は、平坦部領域よりも低温になり易い傾向がある。これは、平坦部領域ではガス供給管２３２ａ等の突出部からの熱逃げが起こりにくいことや、突出部領域では発熱線３０１ｂや３０１ｃ等が配置される面積が限られるため、高さ方向における均等な加熱が難しいことなどが理由としてある。

[0059] 本実施形態では、最も長い平坦部領域を加熱するヒータユニット２０８ａに側壁温度センサ３０３ａを設け、ヒータ２０８ａと対向する位置に配置されたヒータユニット２０８ａ'に側壁温度センサ３０３ａ'を設け、突出部領域を加熱するヒータユニット２０８ｂ'に側壁温度センサ３０３ｂを設けている。

[0060] 反応管２０３の外周方向において互いに離間した位置をヒータ制御点として、これらの位置に各側壁温度センサを配置しているため、それぞれで測定された温度に基づいて、反応管２０３の側壁の温度が外周方向において均等になるように、ヒータユニット２０８ａ～２０８ｄを個別に制御することができる。

[0061] ここで、ヒータユニット２０８ａ～２０８ｄを個別に制御する際に、高温になり易い平坦部領域の温度を測定する側壁温度センサ３０３ａ、３０３ａ'により測定される温度の目標値（第１目標温度）は、低温になり易い突出部領域の温度を測定する側壁温度センサ３０３ｂにより測定される温度の目

標値（第２目標温度）よりも低く設定することが好ましい。これにより、反応管２０３の側壁の温度が外周方向において均等になるようにヒータ２０８を制御することが容易になる。

[0062] さらに、平坦部領域の温度を測定する側壁温度センサ３０３ａ，３０３ａ'により測定された温度が所定の温度（例えば後述する第１上限温度）を超えないように、主にヒータユニット２０８ａ，２０８ａ'を制御することにより、炉口周辺の側壁において局所的な高温領域が発生することを防ぐことが容易になる。

[0063] また、突出部領域の温度を測定する側壁温度センサ３０３ｂにより測定された温度が所定の温度（例えば後述する第１下限温度）未滿とならないように、主にヒータユニット２０８ｂ'を制御することにより、炉口周辺の側壁において局所的な低温領域が発生することを防ぐことが容易になる。

[0064] したがって、反応管２０３の側壁の温度が外周方向において所定の温度範囲（例えば第１下限温度以上、第１上限温度以下）になるように、ヒータ２０８を制御することをより容易にすることができる。

[0065] なお、本実施形態では側壁温度センサを３個設けているが、ヒータユニット２０８ａが配置される平坦部領域と、ヒータユニット２０８ｂ～２０８ｄが配置される突出部領域のそれぞれに少なくとも１個ずつ側壁温度センサを設けることによって、上述の効果を得ることができる。ただし、反応管２０３の側壁の温度を外周方向においてより均等に近づけるためには、側壁温度センサは３個以上設けることが望ましい。

[0066] （ヒータユニット間の接続構造）

ヒータユニット２０８ａ～２０８ｄは互いに、図９に示すようなクランク状の端面が組み合わされる構造により接続されている。また、ヒータユニット２０８ａ～２０８ｄの接続箇所の外周面は、ＳＵＳ等の材料で構成された保護カバー３３０によりカバー（被覆）される。このような接続構造を有することにより、ヒータ２０８と反応管２０３の側壁との間の空間（内周空間）の雰囲気（ガス）がヒータ２０８の外周側に漏れることを防止し、内周空間と外周

側との間の気流置換による温度低下を最小限にすることができる。なお、各ヒータユニットの端面の形状はクランク状に限らず、凸形状と凹形状の組合せなど、端面に凹凸が形成された形状の組合せであればよい。

[0067] 図2に示すように、制御部であるコントローラ121は、CPU121a、RAM121b、記憶装置121c、I/Oポート121dを備えたコンピュータとして構成されている。RAM121b、記憶装置121c、I/Oポート121dは、内部バス121eを介してCPU121aとデータ交換可能なように構成されている。コントローラ121には、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。

[0068] 記憶装置121cはフラッシュメモリやHDD等により構成されている。記憶装置121c内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する基板処理の手順や条件が記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する各手順をコントローラ121に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わせられたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。また、プロセスレシピを、単に、レシピともいう。本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、レシピ単体のみを含む場合、制御プログラム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。RAM121bは、CPU121a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として構成されている。

[0069] I/Oポート121dは、上述のMFC241a、バルブ243a、ガス発生器250a、圧力センサ245、APCバルブ244、真空ポンプ246、ヒータ電源ユニット210、温度センサ263、側壁温度センサ303a、303b、ガス供給管温度センサ304b、排気管温度センサ304d、回転機構267、ボートエレベータ115等に接続されている。

[0070] CPU121a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 1 2 1 c からレシピを読み出すように構成されている。CPU 1 2 1 a は、読み出したレシピの内容に沿うように、ガス発生器 2 5 0 a によるガス生成動作、MFC 2 4 1 a によるガスの流量調整動作、バルブ 2 4 3 a の開閉動作、圧力センサ 2 4 5 に基づく APC バルブ 2 4 4 による圧力調整動作、真空ポンプ 2 4 6 の起動および停止、温度センサ 2 6 3、側壁温度センサ 3 0 3 a、3 0 3 b、ガス供給管温度センサ 3 0 4 b、排気管温度センサ 3 0 4 d に基づくヒータ電源ユニット 2 1 0 からヒータ 2 0 7、2 0 8、キャップヒータ 2 0 9 への電力供給量の調整動作、回転機構 2 6 7 によるポート 2 1 7 の回転および回転速度調節動作、ポートエレベータ 1 1 5 によるポート 2 1 7 の昇降動作等を制御するように構成されている。

[0071] コントローラ 1 2 1 は、外部記憶装置（例えば、HDD等の磁気ディスク、CD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ）1 2 3 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 1 2 1 c や外部記憶装置 1 2 3 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。

[0072] (2) 基板処理工程

続いて、上述の基板処理装置を用い、半導体装置の製造工程の一工程として実施される基板処理工程の一例について、図 1 1 を用いて説明する。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 1 2 1 により制御される。なお、この基板処理工程において所定の処理が施される基板の表面には、シラザン結合（ $-Si-N-$ ）を有する膜（ポリシラザン膜）が形成されている。この膜には、シリコン（Si）の他、窒素（N）、水素（H）が含まれ、さらに、炭素（C）や他の不純物が混ざっている

場合がある。この基板処理工程では、ウエハ２００上に形成されたポリシラザン膜に対し、比較的低温の条件下で H_2O_2 を含む気化ガスを供給することで、この膜を改質（酸化）する。

[0073] （基板搬入工程）

表面にポリシラザン膜が形成された複数枚のウエハ２００が、ポート２１７に装填される。その後、図１に示すように、複数枚のウエハ２００を支持したポート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内へ搬入される。この状態で、シールキャップ２１９は、Ｏリング２２０ａを介して反応管２０３の下端をシールした状態となる。

[0074] （圧力・温度調整工程）

処理室２０１内、すなわち、ウエハ２００が存在する空間が所定の圧力（改質圧力）となるように、真空ポンプ２４６によって処理室２０１内が真空排気される。また、ヒータ２０７、２０８、キャップヒータ２０９により、反応管２０３、処理室２０１に収容されたウエハ２００、シールキャップ２１９、等が加熱される。

[0075] この際、領域Ａに収容されたウエハ２００が所定の温度となるように、温度センサ２６３が検出した温度情報に基づいて、ヒータ電源ユニット２１０からヒータ２０７への通電具合がフィードバック制御される。

[0076] また、ヒータ２０８に設けられた温度センサ（側壁温度センサ３０３ａ、３０３ｂ、ガス供給管温度センサ３０４ｂ、排気管温度センサ３０４ｄ）が検出した温度情報に基づいて、反応管２０３の炉口部の側壁の温度と、ガス供給管２３２ａ、温度センサ保護管２６３ａ及び排気管２３１の温度とがそれぞれ所定の温度（又は所定の温度分布）となるように、ヒータ電源ユニット２１０からヒータユニット２０８ａ～２０８ｄそれぞれへの通電具合がフィードバック制御される。

[0077] ヒータ２０７、２０８のフィードバック制御は、少なくともウエハ２００に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。また、回転機構２６７によるウエハ２００の回転を開始する。真空ポンプ２４６の稼働、ウエハ

200の加熱および回転は、いずれも、少なくとも、ウエハ200に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

[0078] (改質工程)

続いて、ガス発生器250aへの液体原料及びキャリアガスの供給を開始し、ガス発生器250aにより H_2O_2 ガスおよび H_2O ガスを含む気化ガスを発生させる。気化ガスの発生量や濃度等が安定したら、バルブ243aを開き、MFC241aにより流量制御しながら、ガス供給ポート232pを介した処理室201内への気化ガスの供給を開始する。処理室201内へ供給された気化ガスは、排気管231から排気される。このとき、ウエハ200に対して気化ガスが供給される。その結果、ウエハ200の表面で酸化反応が生じ、ウエハ200上のポリシラザン膜は、シリコン酸化膜(SiO膜)へと改質される。

[0079] 所定時間が経過し、ポリシラザン膜のSiO膜への改質が終了したら、バルブ243aを閉じ、処理室201内への気化ガスの供給を停止する。

[0080] 改質工程の処理条件としては、以下が例示される。

液体原料の H_2O_2 濃度：20～40%、好ましくは25～35%

液体原料の気化条件：略大気圧下で120～200℃に加熱

改質圧力：700～1000hPa（大気圧、微減圧および微加圧のうちいずれか）

ウエハ200の温度：70～110℃、好ましくは70～80℃

[0081] ここで述べた温度条件下では、処理室201内へ供給された気化ガスが処理室201内で再液化し、これにより生じた液体が炉口周辺（シールキャップ219の上面等）に滞留する可能性がある。特に、炉口部側壁や、処理室201内のガス供給管232a、温度センサ保護管263a等では、上述の通り、局所的な低温領域が生じることがあり、局所的に発生した低温領域に接触することで気化ガスが再液化しやすい。

[0082] 本実施形態では、上述の通り構成されたヒータ208を制御することにより、反応管203の炉口の側壁等を均等に加熱し、局所的な低温領域が生じ

るのを防止する。ここで、再液化を防止するため、炉口周辺の側壁等において、所定温度（第1下限温度）を下回る領域が発生しないように温度制御を行う。下限温度は気化ガスの濃度等の条件により異なるが、例えば上述の処理条件においては80℃以上である。

[0083] また、気化ガスの再液化によって生じた液体は、 H_2O_2 が高濃度に濃縮された状態、すなわち、高濃度 H_2O_2 液となる傾向がある。また、滞留した高濃度 H_2O_2 液は、 H_2O_2 がさらに高濃度に濃縮された状態に変化する傾向がある。高濃度 H_2O_2 液は、非常に反応性が高く、強力な腐食作用を有することから、炉口部の部材に深刻なダメージを与える可能性がある。

[0084] また、炉口付近に滞留した高濃度 H_2O_2 液が何らかの要因で再気化した場合、これにより発生した再気化ガスは H_2O_2 を非常に高濃度に含むガスとなり、作業の安全性をさらに脅かす可能性がある。例えば、再気化ガスに含まれる H_2O_2 の濃度が大気圧下において26モル%を超える状態では、高濃度 H_2O_2 液に含まれる H_2O_2 が O_2 ガスと H_2O ガスとに急激に分解して膨張し、上述の爆発的分解反応を引き起こす懸念もある。

[0085] ここで、爆発的分解反応とは、 H_2O_2 を含む液体が酸素ガス（ O_2 ）と水蒸気（ H_2O ）とに急激に分解して膨張し、爆発や燃焼、或いは、これらに近い現象を起こすことである。爆発的分解反応は、ある H_2O_2 液の濃度及び圧力において、 H_2O_2 液が決まった温度（爆発臨界温度）を超えた場合に起こり得る。そのため、再液化により滞留した高濃度 H_2O_2 液は、爆発臨界温度を超えないように維持されなければならない。爆発臨界温度は、高濃度 H_2O_2 液における H_2O_2 の濃度によって変動し、具体的には、 H_2O_2 の濃度の増加に伴って低温化する。但し、爆発臨界温度の低温化は、高濃度 H_2O_2 液の濃度が100%に到達した時点で下限となる。従って、処理圧力を大気圧とした場合、高濃度 H_2O_2 液の温度を、濃度が100%の場合における爆発臨界温度である112℃未満の温度に維持することにより、爆発的分解反応の発生を確実に回避することが可能となる。

[0086] 本実施形態では、上述の通り構成されたヒータ208を制御することによ

り、反応管 203 の炉口の側壁等を均等に加熱し、局所的な高温領域が生じるのを防止する。ここで、滞留した高濃度 H_2O_2 液の爆発的分解反応の発生を防止するため、炉口周辺の側壁等において、所定温度（第 1 上限温度）を上回る領域が発生しないように温度制御を行う。第 1 上限温度は、処理圧力を大気圧とした場合、 $112^{\circ}C$ 以下とする。

[0087] また、本実施形態は、輻射による熱伝達よりも熱伝導による熱伝達の影響が大きい温度領域（すなわち $120^{\circ}C$ 以下、より好ましくは $100^{\circ}C$ 以下の温度領域）における温度制御を行う際に適用することにより、温度制御性を高めることができる。例えば、側壁温度センサ 303a 等の測定温度が、これらの温度領域内となる範囲で温度制御を行うことが好ましい。また、キャップヒータ 209 による加熱制御についても、これらの温度領域内となる範囲で実施することで、ヒータ 208 による温度制御性を維持することができる。

[0088] （乾燥工程）

改質工程が終了したら、ヒータ 207 を制御し、ウエハ 200 を、上述の改質温度よりも高い温度に加熱する。この温度を保持することにより、ウエハ 200 と処理室 201 内とを緩やかに乾燥させる。

[0089] （降温・大気圧復帰工程）

乾燥工程が終了した後、処理室 201 内を真空排気する。その後、処理室 201 内を大気圧に復帰させ、所定時間経過した後、処理室 201 内を所定の搬出可能温度に降温させる。

[0090] （基板搬出工程）

ボートエレベータ 115 によりシールキャップ 219 が下降され、反応管 203 の下端が開口される。そして、処理済のウエハ 200 が反応管 203 の下端から反応管 203 の外部に搬出される。

[0091] （3）実施例

本実施形態の実施例と比較例について以下説明する。実施例として、本実施形態におけるヒータ 208 の温度制御を行い、図 12 に示す温度モニタ点

A～Nにおける温度を測定した。モニタ点A～Hは上面ベース219a上の点であり、モニタ点I～Nは炉口周辺の側壁の外周面上の点である。一方、比較例として、本実施形態のヒータ208に替えて以下に示す構成を有するヒータにより温度制御を行い、実施例と同様に、温度モニタ点A, B, E, F, I, K, L, Nにおける温度を測定した。なお、実施例及び比較例のいずれについても、モニタ点A～Hにおける目標温度を80～112℃に設定し制御を行った。

[0092] 比較例における基板処理装置は、図13に示すように、炉口周辺の側壁を加熱するヒータ400と、ガス供給管232a等の突出部を加熱するジャケットヒータ401を備えている。ヒータ400は本実施形態の側壁温度センサ303a等を備えておらず、ヒータ出力のみにより温度制御を行うよう構成されている。ジャケットヒータ401は、ガス供給管232a等の突出部それぞれに巻き付けるように設置され、主に突出部のみを加熱することを目的として設けられている。

[0093] 図14に、実施例と比較例それぞれにおけるモニタ点A～Nにおける温度の測定結果を示す。比較例においては、特に突出部からの距離が大きいモニタ点AやIにおいて、局所的な高温領域の発生が特に顕著にみられた。また、他のモニタ点においても第1上限温度としての112℃を超える結果となった。これに対して実施例においては、全てのモニタ点において、第1下限温度としての80℃以上、且つ第1上限温度としての112℃以下の温度範囲を実現することができた。

[0094] <本発明の他の実施形態>

以上、本発明の実施形態を具体的に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0095] 上述の実施形態では、ポリシラザン膜が形成された基板を処理する例を示したが、本発明はこれに限定されない。すなわち、処理対象の膜がポリシラザン膜でなくとも、上述の実施形態と同様の効果が得られる。

[0096] 上述の実施形態や変形例等は、適宜組み合わせて用いることができる。また、このときの処理手順、処理条件は、例えば上述の実施形態と同様な処理手順、処理条件とすることができる。

産業上の利用可能性

[0097] 本発明によれば、処理室を形成する部材の温度に局所的な偏りが生じることを防止するように加熱を行うことが可能な技術を提供することが可能となる。

符号の説明

[0098] 200 ウエハ（基板）
 203 反応管
 208 ヒータ
 232 a ガス供給管
 121 コントローラ

請求の範囲

- [請求項1] 基板を収容する反応管と、
前記反応管に形成された炉口を閉塞する蓋部と、
前記反応管の炉口近傍の側壁の外周に設けられたヒータと、
前記反応管の炉口近傍の側壁における、前記側壁の周方向において互いに異なる複数の位置の温度をそれぞれ測定するよう構成された複数の温度センサと、
前記複数の温度センサのそれぞれの測定値に基づいて、前記ヒータを制御するよう構成された制御部と、
を備える基板処理装置。
- [請求項2] 前記ヒータは、
前記側壁の周方向において分割された複数のヒータユニットによって構成されている、
請求項1記載の基板処理装置。
- [請求項3] 前記反応管の炉口近傍の側壁に接続する配管を備え、
前記複数のヒータユニットの少なくとも1つは、前記反応管の炉口近傍の側壁の一部であって前記配管が接続された箇所の周辺部分及び前記配管を、共に加熱するよう構成された第1のヒータユニットであり、
前記複数のヒータユニットの少なくとも他の1つは、前記反応管の炉口近傍の側壁の一部であって前記配管が接続されていない部分を加熱するよう構成された第2のヒータユニットである、
請求項2記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記制御部は、
前記第1のヒータユニットと前記第2のヒータユニットとへ供給される電力をそれぞれ個別に制御して、前記反応管の炉口近傍の側壁及び前記配管を加熱させるよう構成される、
請求項3記載の基板処理装置。

- [請求項5] 前記複数の温度センサは、
前記第1のヒータユニットにより加熱される前記反応管の側壁の部分の温度を測定するよう構成された第1の温度センサと、
前記第2のヒータユニットにより加熱される前記反応管の側壁の部分の温度を測定するよう構成された第2の温度センサと、を含む、
請求項3記載の基板処理装置。
- [請求項6] 前記制御部は、
前記第1の温度センサの測定値が第1温度となるように、前記第1のヒータユニットに供給される電力を制御し、
前記第2の温度センサの測定値が前記第1温度よりも低い第2温度となるように、前記第2のヒータユニットに供給される電力を制御する、
よう構成される、
請求項5記載の基板処理装置。
- [請求項7] 前記第1のヒータユニットは、
複数の前記配管、及び前記反応管の炉口近傍の側壁の一部であって前記複数の配管のそれぞれが接続される箇所の周辺部分を、共に加熱するように構成されている、
請求項3記載の基板処理装置。
- [請求項8] 前記配管は、
前記反応管内に処理ガスを供給するガス供給配管、前記反応管内の雰囲気を排出するガス排気管、及び前記反応管内に挿入される温度センサを保護するように管状に構成され温度センサ保護管、より構成される群より選択される少なくとも1つである、
請求項3記載の基板処理装置。
- [請求項9] 前記第1のヒータユニットは、
前記側壁に対向するように前記側壁の周方向に沿って配置された第1の発熱線と、
前記配管の周囲に前記配管の延伸方向に沿って配置された第2の発熱

線と、を備える、

請求項 3 記載の基板処理装置。

[請求項10]

前記制御部は、

前記第 1 の発熱線と前記第 2 の発熱線へ供給される電力をそれぞれ個別に制御して、前記側壁及び前記配管を加熱させるよう構成される、
請求項 9 記載の基板処理装置。

[請求項11]

前記第 1 のヒータユニットは、

前記配管の温度を測定する配管温度センサを備え、

前記制御部は、

前記配管温度センサの測定値に基づいて前記第 2 の発熱線へ供給される電力を制御して、前記配管を加熱させるよう構成される、
請求項 9 記載の基板処理装置。

[請求項12]

前記第 1 のヒータユニットは、

前記第 2 の発熱線と前記配管との間に高熱伝導率を有するシートを備えている、

請求項 9 記載の基板処理装置。

[請求項13]

前記第 1 のヒータユニットは、

前記第 1 の発熱線及び前記第 2 の発熱線を格納する、ブロック状に一体形成された格納部材を備え、

前記格納部材の熱伝導率は、 $0.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下である、

請求項 9 記載の基板処理装置。

[請求項14]

前記反応管は石英で構成され、

前記ヒータは、

$80 \sim 100^\circ\text{C}$ で発熱する時に放射する熱線のピーク波長が $5 \sim 10 \mu\text{m}$ となる特性を有する発熱線を備える、

請求項 1 記載の基板処理装置。

[請求項15]

前記制御部は、

前記複数の温度センサの測定値が 120°C 以下となるように、前記ヒ

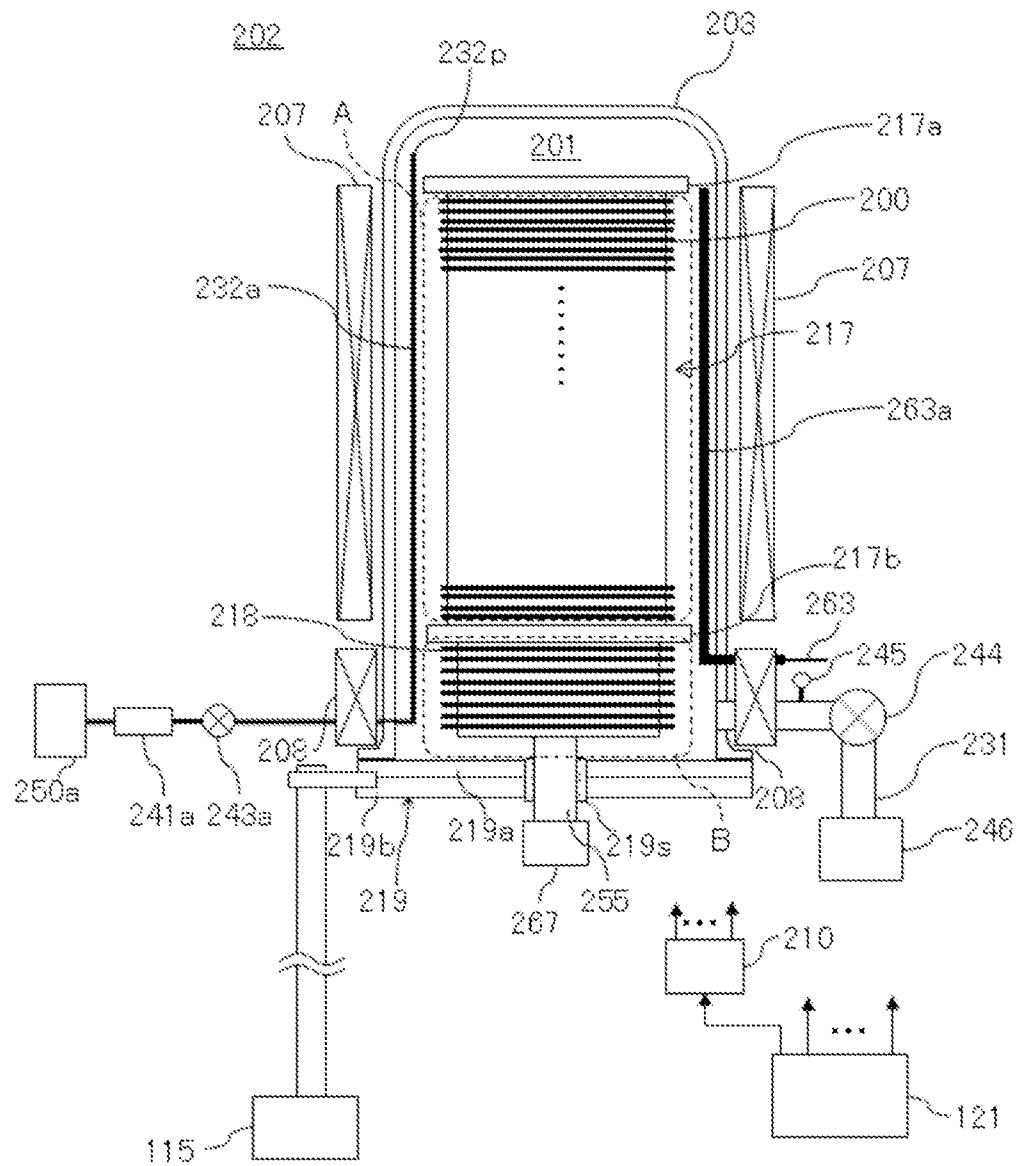
一タに供給される電力を制御するよう構成される、
請求項 1 記載の基板処理装置。

[請求項16] 前記反応管内に過酸化水素を含むガスを供給するよう構成されたガス供給系を備え、
前記制御部は、
前記複数の温度センサの測定値が 80°C 以上 112°C 未満となるように、前記ヒータに供給され電力を制御するよう構成される、
請求項 1 記載の基板処理装置。

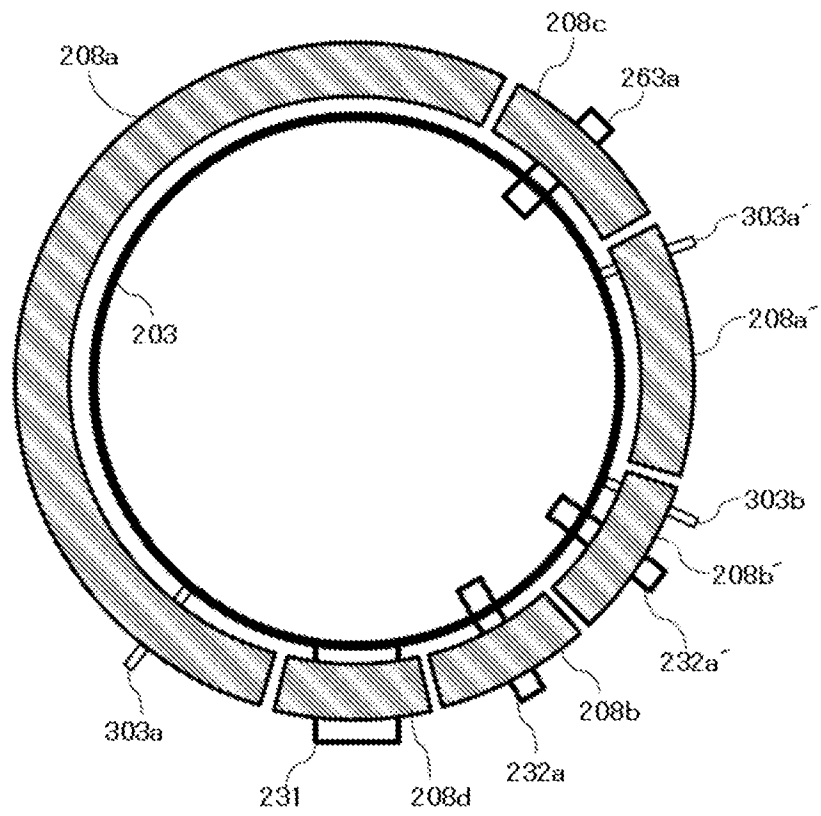
[請求項17] 基板を収容する反応管と、前記反応管に形成された炉口を閉塞する蓋部と、前記反応管の炉口近傍の側壁に接続する配管と、を備える基板処理装置に設けられ、
前記反応管の炉口近傍の側壁の外周に設けられて、前記側壁の周方向において複数の分割されたヒータを構成し、
前記側壁に対向するように前記側壁の周方向に沿って配置された第 1 の発熱線と、前記配管の周囲に前記配管の延伸方向に沿って配置された第 2 の発熱線と、を備えるヒータユニット。

[請求項18] 基板を収容する反応管と、前記反応管に形成された炉口を閉塞する蓋部と、前記反応管の炉口近傍の側壁の外周に設けられたヒータと、前記反応管の炉口近傍の側壁における、前記側壁の周方向において互いに異なる複数の位置の温度をそれぞれ測定するよう構成された複数の温度センサと、を備えた基板処理装置を提供する工程と、
前記反応管内に前記基板を収容する工程と、
前記基板を加熱する工程と、を有し、
前記基板を加熱する工程では、前記複数の温度センサのそれぞれの測定値に基づいて、前記ヒータに供給される電力を制御して前記炉口近傍の側壁を加熱する、半導体装置の製造方法。

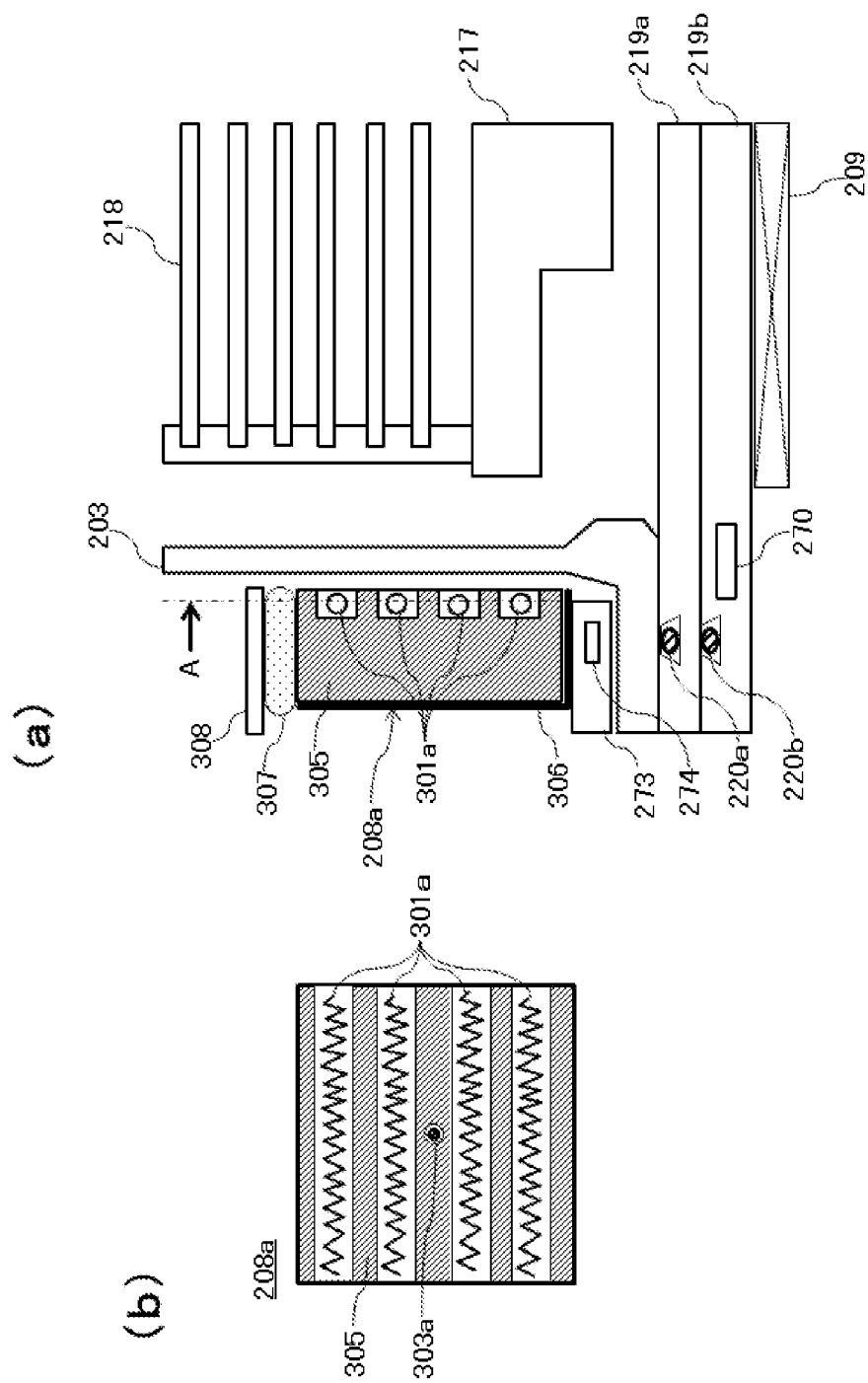
[図1]



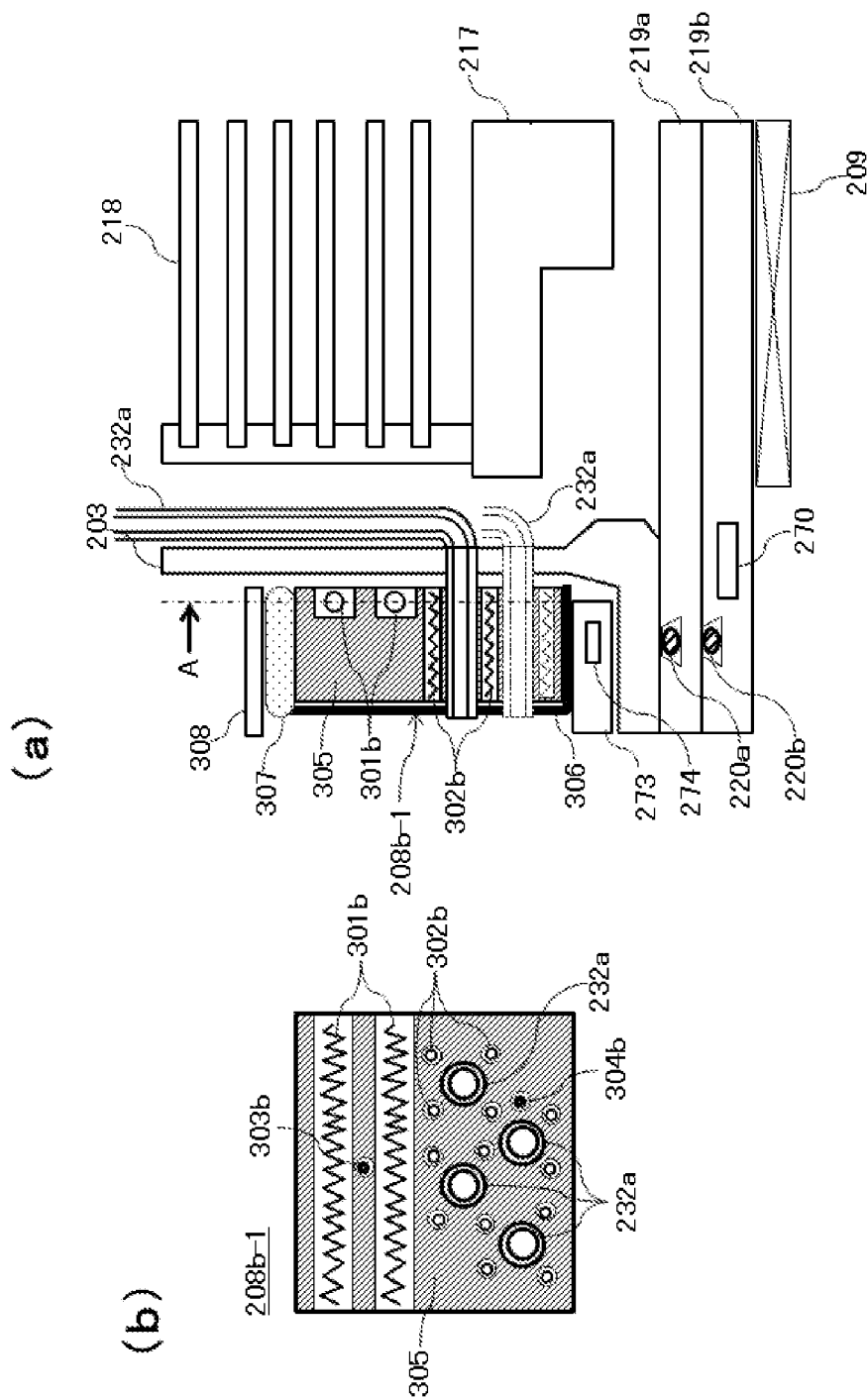
[図2]



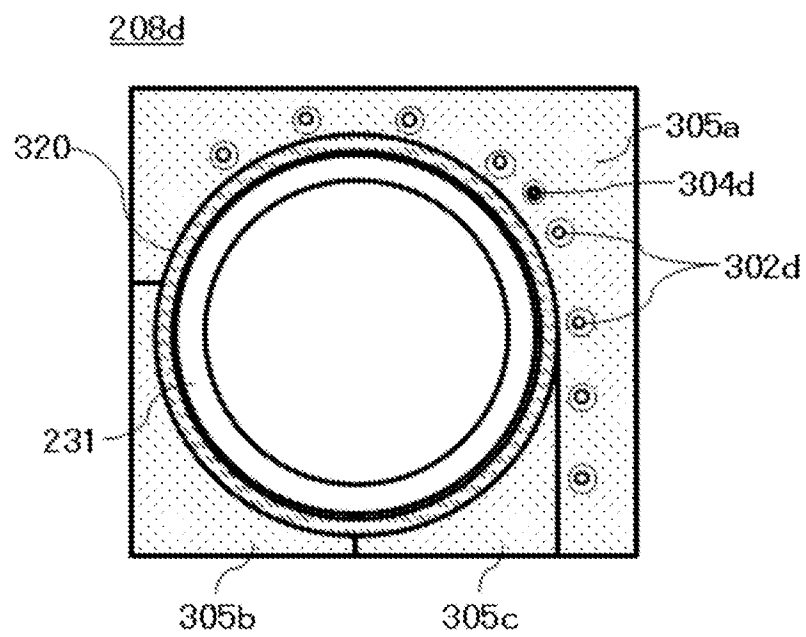
[図3]



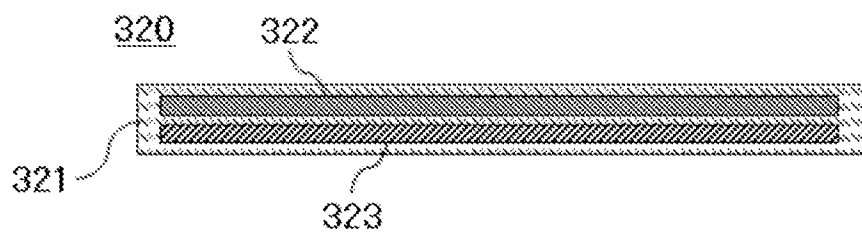
[図5]



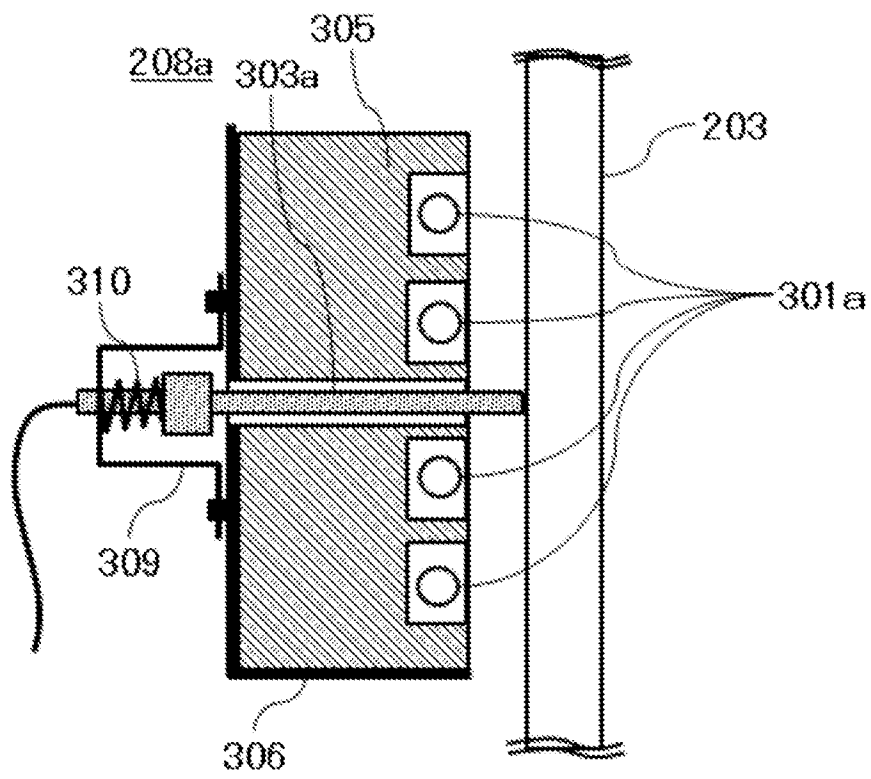
[図6]



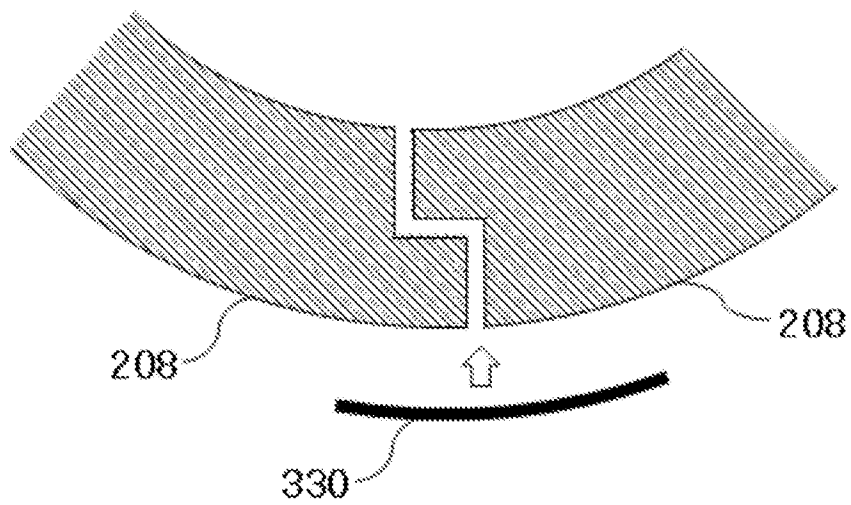
[図7]



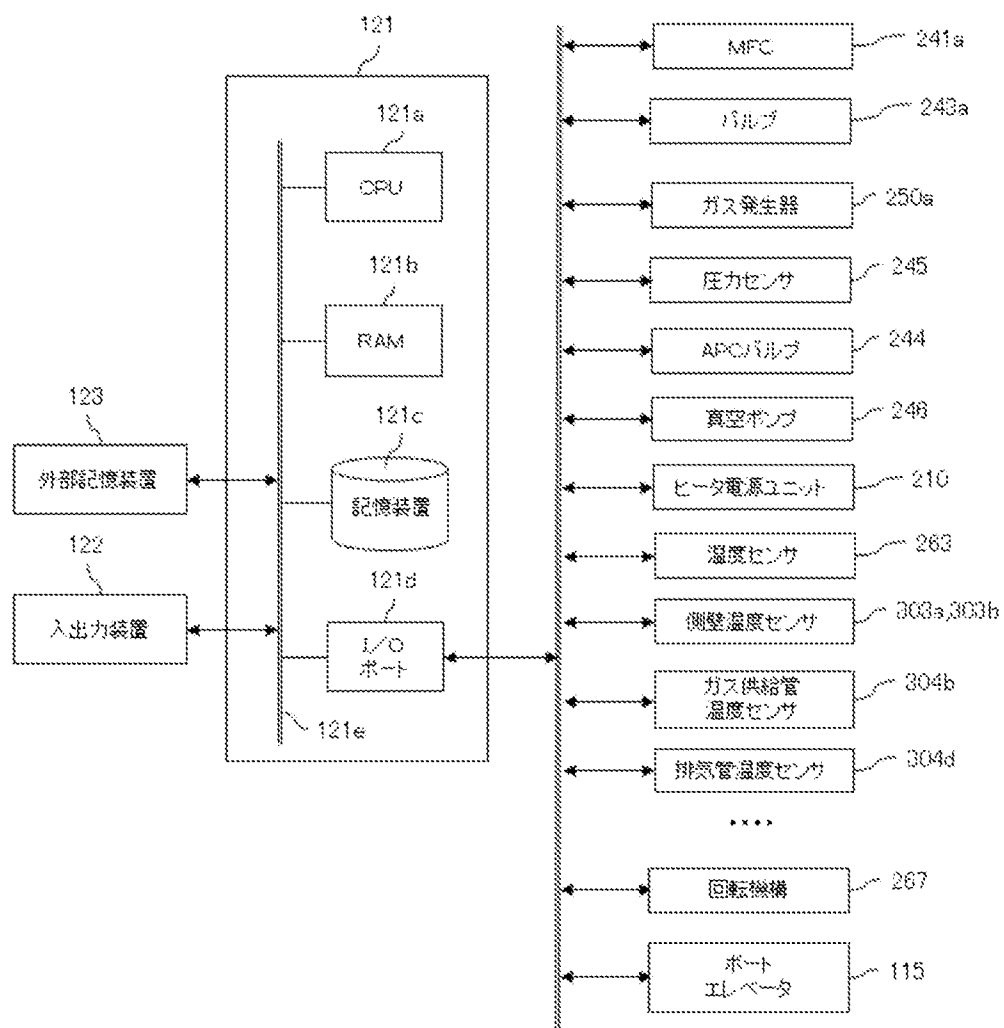
[図8]



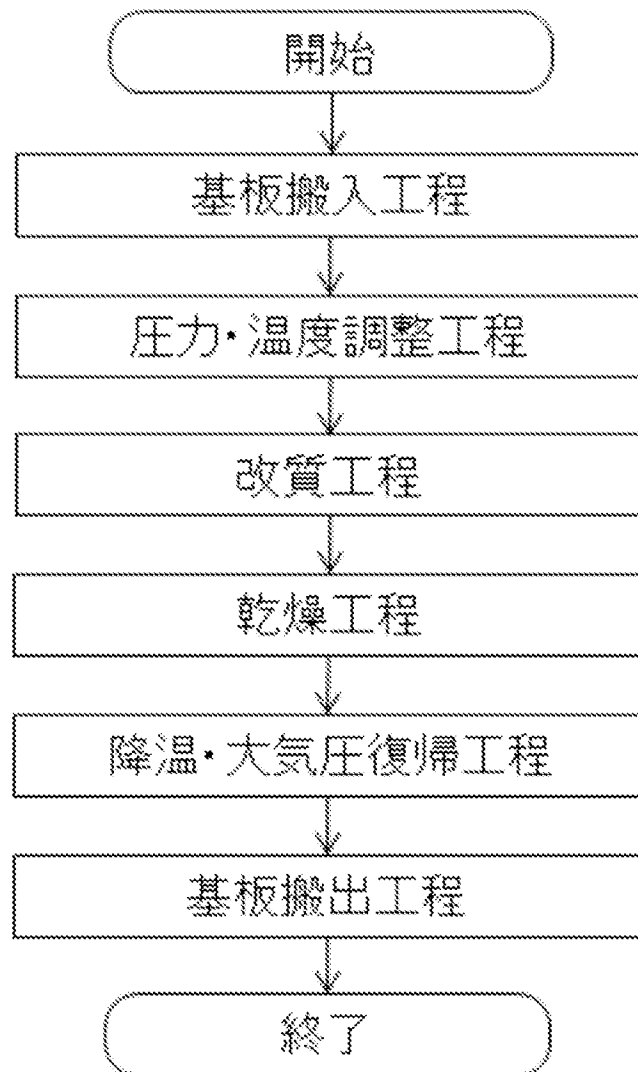
[図9]



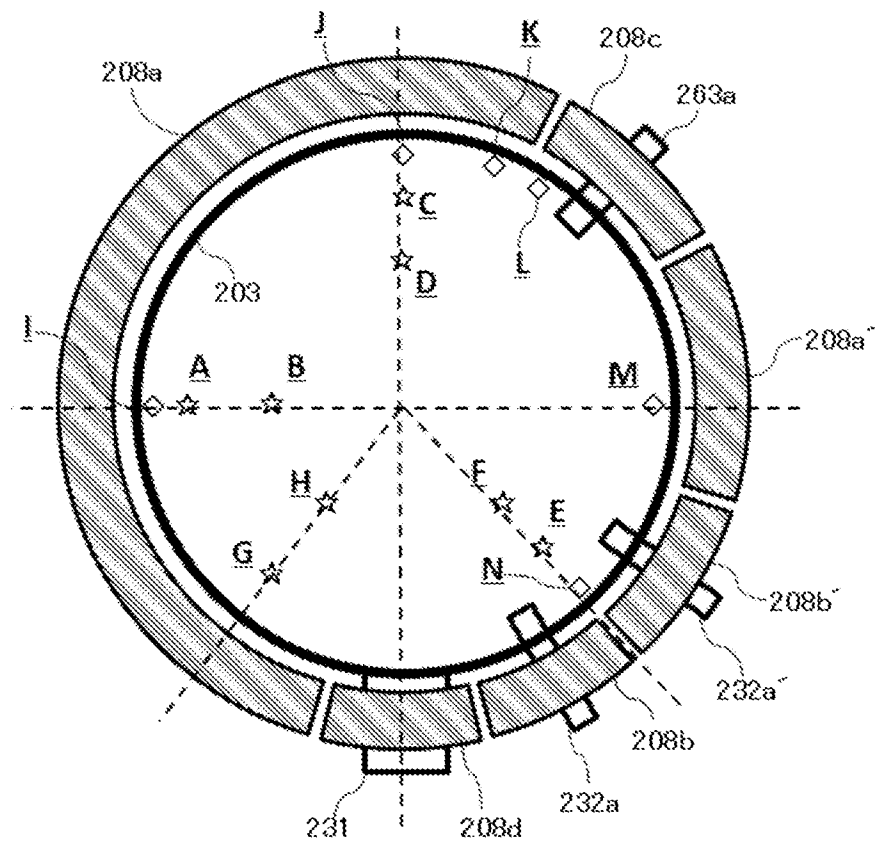
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/31(2006.01)i, H01L21/324(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)

H01L21/31, H01L21/324

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	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.
X Y A	JP 2007-258307 A (Fujitsu Ltd.), 04 October 2007 (04.10.2007), paragraphs [0062] to [0077]; fig. 7 to 9 (Family: none)	1, 2, 18 14-16 3-13, 17
X Y A	JP 5-144746 A (NEC Corp.), 11 June 1993 (11.06.1993), paragraphs [0016] to [0031]; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 18 14-16 3-13, 17

☒ 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
20 June 2017 (20.06.17)

Date of mailing of the international search report
27 June 2017 (27.06.17)

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/JP2017/012974

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-40952 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 18 February 2010 (18.02.2010), paragraph [0055]; fig. 12 & US 2010/0032425 A1 paragraph [0092]; fig. 12 & CN 101645393 A & KR 10-2010-0019312 A & TW 201007869 A	14
Y	WO 2014/192871 A1 (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 04 December 2014 (04.12.2014), paragraph [0089] & US 2016/0076149 A1 paragraph [0120] & CN 105247664 A & KR 10-2015-0145240 A	15,16
A	JP 2011-23514 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 03 February 2011 (03.02.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 2009-4715 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 08 January 2009 (08.01.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-18

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, H01L21/324(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, H01L21/324

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
X Y A	JP 2007-258307 A（富士通株式会社）2007.10.04, 段落【0062】 －【0077】、図7-9（ファミリーなし）	1, 2, 18 14-16 3-13, 17
X Y A	JP 5-144746 A（日本電気株式会社）1993.06.11, 段落【0016】 －【0031】、図1、2（ファミリーなし）	1, 2, 18 14-16 3-13, 17

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

20.06.2017

国際調査報告の発送日

27.06.2017

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 2010-40952 A (株式会社日立国際電気) 2010.02.18, 段落【0055】、図12 & US 2010/0032425 A1, 段落[0092]、図12 & CN 101645393 A & KR 10-2010-0019312 A & TW 201007869 A	14
Y	WO 2014/192871 A1 (株式会社日立国際電気) 2014.12.04, 段落[0089] & US 2016/0076149 A1, 段落[0120] & CN 105247664 A & KR 10-2015-0145240 A	15, 16
A	JP 2011-23514 A (株式会社日立国際電気) 2011.02.03, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2009-4715 A (株式会社日立国際電気) 2009.01.08, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-18