

(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
2017 年 9 月 8 日(08.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/149663 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/324 (2006.01) *H01L 21/265* (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 21/268* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056275
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 1 日(01.03.2016)
- (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: 株式会社日立国際電気(HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1058039 東京都港区西新橋二丁目 1 5 番 1 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 廣地 志有(HIROCHI, Yukitomo); 〒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, 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, KN, KP, KR, 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:

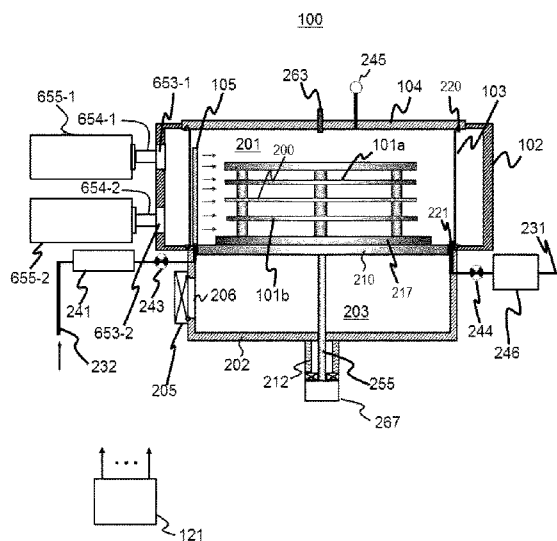
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SUBSTRATE TREATMENT APPARATUS, METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 基板処理装置、半導体装置の製造方法および記録媒体

(57) Abstract: Provided is art having: a treatment chamber, into which a substrate holding tool holding a substrate and a heat insulating plate are carried, and in which the substrate is treated; a heating apparatus having a microwave supply unit that supplies microwaves to the inside of the treatment chamber; a gas supply unit that supplies a cooling gas to the inside of the treatment chamber; and a control unit configured to control the heating apparatus and the gas supply unit such that the substrate is maintained at a predetermined temperature by supplying the cooling gas from the gas supply unit at the time of heating the substrate by means of the heating apparatus.

(57) 要約: 基板と断熱板を保持する基板保持具が搬入されて前記基板を処理する処理室と、前記処理室内にマイクロ波を供給するマイクロ波供給部を有する加熱装置と、前記処理室内に冷却ガスを供給するガス供給部と、前記加熱装置によって前記基板を加熱する加熱時に前記ガス供給部から冷却ガスを供給することで前記基板を所定の温度に維持するように前記加熱装置と前記ガス供給部とを制御するように構成される制御部とを有する技術が提供できる。



明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、半導体装置の製造方法および記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、基板処理装置、半導体装置の製造方法および記録媒体に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程の一工程として、例えば、加熱装置を用いて処理室内の基板を加熱し、基板の表面に成膜された薄膜中の組成や結晶構造を変化させるアニール処理がある。近年の半導体デバイスにおいては、微細化に伴い、高いアスペクト比を有するパターンが形成された高密度の基板へのアニール処理が求められている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 従来のアニール処理では、基板を均一に加熱することができず、対象膜の均一な処理ができなかった。

[0004] 本発明の目的は、均一な基板処理を行うことが可能とな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

[0005] 本発明の一態様によれば、
基板と断熱板を保持する基板保持具が搬入されて前記基板を処理する処理室と、
前記処理室内にマイクロ波を供給するマイクロ波供給部を有する加熱装置と、
前記処理室内に冷却ガスを供給するガス供給部と、
前記加熱装置によって前記基板を加熱する加熱時に前記ガス供給部から冷却ガスを供給することで前記基板を所定の温度に維持するように前記加熱装置

と前記ガス供給部とを制御するよう構成される制御部とを有する技術が提供される。

発明の効果

[0006] 本発明によれば、均一な基板処理を行うことが可能となる技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本発明における第1の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の枚葉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である。

[図2]本発明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る。

[図3]本発明における基板処理のフローを示す図である。

[図4]本発明における基板のキャリア密度と温度の関係性を示した図である。

[図5] (A) 本発明の第1の実施形態で冷却ガスの供給タイミングと冷却ガス供給時の処理室内圧力の関係の一例を示した図である。(B) 本発明の第1の実施形態で冷却ガスの供給タイミングと処理室内温度の関係の一例を示した図である。

[図6] (A) 本発明における第1の実施形態の変形例1を示した図である。(B) 本発明における第1の実施形態の変形例2を示した図である。

[図7]本発明における第2の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の枚葉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である。

[図8] (A) 本発明における第2の実施形態の変形例1を示した図である。(B) 本発明における第2の実施形態の変形例2を示した図である。

[図9]本発明における第3の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の枚葉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である。

発明を実施するための形態

[0008] <本発明の第1の実施形態>

以下に本発明の第1の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0009] (1) 基板処理装置の構成

本実施の形態において、本発明に係る基板処理装置１００は、ウエハに各種の熱処理を施す枚葉式熱処理装置として構成されている。

[0010] (処理室)

図１に示すように、本実施形態に係る基板処理装置１００は、金属などの電磁波を反射する材料で構成されるキャビティとしてのケース１０２と、ケース１０２の内部に收容され、垂直方向の上下端部が開放された筒形状の反応管１０３を有している。反応管１０３は、石英などの電磁波を透過する材料で構成される。また、金属材料で構成されたキャップフランジ（閉塞板）１０４が、封止部材（シール部材）としてのＯリング２２０を介して反応管１０３の上端と当接されて反応管の上端を閉塞する。主にケース１０２と反応管１０３、および、キャップフランジ１０４によってシリコンウエハ等の基板を処理する処理容器を構成し、特に反応管１０３の内側空間を処理室２０１として構成している。

[0011] 反応管１０３の下方には載置台２１０が設けられており、載置台２１０の上面には、ウエハ２００を保持する基板保持具としてのポート２１７が載置されている。ポート２１７には、処理対象としてのウエハ２００と、例えばダミーウエハなどの石英板やシリコンプレート（Ｓｉ板）などで形成されたウエハ２００の温度を維持（保温）するための断熱板１０１ａ、１０１ｂが、所定の間隔でウエハ２００を挟み込むようにウエハ２００の上下にそれぞれ保持されている。また、載置台２１０の側壁には、載置台２１０の径方向に向かって突出した図示しない突出部が載置台２１０の底面側に設けられる。この突出部が、処理室２０１と後述する搬送空間２０３との間に設けられる図示しないしきり板と接近または接触することで処理室２０１内の雰囲気（ガス）が搬送空間２０３内へ移動することや、搬送空間２０３内の雰囲気が処理室２０１内へ移動することを抑制する。

ここで、断熱板１０１ａ、１０１ｂは基板処理温度に応じて複数枚ずつ設置してもよい。このように複数枚ずつ設置することによってウエハ２００が載置されている領域において放熱されることを抑制することが可能となり、ウ

エハ２００の面内または面間温度均一性を向上させることが可能となる。また、ポート２１７の端板（天井板）には、温度センサ２６３の測定窓が設けられており、温度センサ２６３によって断熱板１０１aの表面温度が測定され、測定された温度に基づいてウエハ２００の処理温度が制御される。

[0012] 上部容器としてのケース１０２は、例えば横断面が円形であり、平らな密閉容器として構成されている。また、下部容器としての搬送容器２０２は、例えばアルミニウム（Ａ１）やステンレス（ＳＵＳ）などの金属材料または、石英などにより構成されている。処理容器の下方には、基板としてのシリコンウエハ等のウエハ２００を搬送する搬送空間２０３が形成されている。なお、ケース１０２に囲まれた空間、または、反応管１０３に囲まれた空間であって、ケース１０２の底部よりも上方の空間を処理室２０１又は反応エリア２０１と称し、搬送容器２０２に囲まれた空間であって、ケース１０２の底部よりも下方の空間を搬送エリア２０３と称する場合もある。

[0013] 搬送容器２０２の側面には、ゲートバルブ２０５に隣接した基板搬入出口２０６が設けられており、ウエハ２は基板搬入出口２０６を介して図示しない基板搬送室との間を移動する。

[0014] ケース１０２の側面には、電磁波導入ポート６５３－１、６５３－２が穿設されている。電磁波導入ポート６５３－１、６５３－２のそれぞれには処理室２０１内にマイクロ波を供給するための導波管６５４－１、６５４－２の一端が接続されている。導波管６５４－１、６５４－２の他端のそれぞれには処理室２０１内に電磁波を供給して加熱する加熱源としてのマイクロ波発振器（電磁波源）６５５－１、６５５－２が接続されている。

ここで、電磁波導入ポート６５３－１、６５３－２、導波管６５４－１、６５４－２、マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２は、一般的な説明等をする場合には、それぞれを代表して電磁波導入ポート６５３、導波管６５４、マイクロ波発振器６５５と記載する。

[0015] 載置台２１０は回転軸としてのシャフト２５５によって支持される。シャフト２５５は、搬送容器２０２の底部を貫通しており、更には搬送容器２０２

の外部で回転、昇降動作を行う駆動機構 267 に接続されている。駆動機構 267 を作動させてシャフト 255 及び載置台 210 を回転、昇降させることにより、ポート 217 上に載置されるウエハ 200 を回転または昇降させることが可能となっている。なお、シャフト 255 下端部の周囲はベローズ 212 により覆われており、処理空間 201 および搬送空間 203 内は気密に保持されている。

[0016] 載置台 210 は、ウエハ 200 の搬送時には、載置台上面が基板搬入出口 206 の位置（ウエハ搬送位置）となるよう下降し、ウエハ 200 の処理時には図 1 で示されるように、ウエハ 200 が処理室 201 内の処理位置（ウエハ処理位置）まで上昇する。

[0017] （排気部）

処理室 201 の下方であって、載置台 210 の外周側には、処理室 201 の雰囲気気を排気する排気部が設けられている。図 1 に示すように、排気部には排気口 221 が設けられている。排気口 221 には排気管 231 が接続されており、排気管 231 には、処理室 201 内の圧力に応じて弁開度を制御する APC バルブなどの圧力調整器 244、真空ポンプ 246 が順に直列に接続されている。

ここで、圧力調整器 244 は、処理室 201 内の圧力情報（後述する圧力センサ 245 からのフィードバック信号）を受信して排気量を調整することができるものであれば APC バルブに限らず、通常の開閉バルブと圧力調整弁を併用するように構成されていてもよい。

[0018] 主に、排気口 221、排気管 231、圧力調整器 244 により排気部（排気系または排気ラインとも称する）が構成される。なお、処理室 201 を囲むように排気路を設け、ウエハ 200 の全周からガスを排気可能に構成してもよい。また、排気部の構成に、真空ポンプ 246 を加えるようにしてもよい。

[0019] （ガス供給部）

反応管 103 の内側には不活性ガス、原料ガス、反応ガスなどの各種基板処

理のための処理ガスを処理室 201 内に供給するためのノズル 105 がケース 102 の下面を介して設けられている。ノズル 105 の側面にはガスを供給するガス供給孔 105 a が設けられている。ガス供給孔 105 a はウエハ 200 の中心を向くように開口し、ウエハ 200 の表面と平行にガスを供給する。このガス供給孔 105 a は反応管 103 の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、さらに同じ開口ピッチで設けられている。ノズル 105 には、ガス供給管 232 が接続されている。ガス供給管 232 には、上流から順に、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）241、開閉弁であるバルブ 243 が設けられている。ガス供給管 232 の上流側には、例えば不活性ガスである窒素（ N_2 ）ガス源が接続され、MFC 241、バルブ 243 を介して処理室 201 内へ供給される。基板処理の際に複数種類のガスを使用する場合には、ガス供給管 232 のバルブ 243 よりも下流側に上流方向から順に、流量制御器である MFC および開閉弁であるバルブが設けられたガス供給管が接続されていてもよいし、使用するガスの種類に応じて複数のノズルが独立して設けられるように構成されていても良い。主に、ガス供給管 232、MFC 241、バルブ 243 によりガス供給部（ガス供給系とも称する）が構成される。

[0020] ガス供給管 232 から不活性ガスを供給する場合、主に、ガス供給管 232、MFC 241、バルブ 243 により不活性ガス供給部（不活性ガス供給系とも称する）が構成される。不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他、例えば、Ar ガス、He ガス、Ne ガス、Xe ガス等の希ガスを用いることができる。

[0021] （温度センサ）

キャップフランジ 104 には、非接触式の温度検出器として温度センサ 263 が設置されている。温度センサ 263 により検出された温度情報に基づき後述するマイクロ波発振器 655 の出力を調整することで、基板を加熱し、基板温度が所望の温度分布となる。温度センサ 263 は、例えば IR（Infrared Radiation）センサなどの放射温度計で構成されて

いる。

なお、基板の温度を測定する方法として、上述した放射温度計に限らず、熱電対を用いて温度測定を行ってもよいし、熱電対と放射温度計を併用して温度測定を行ってもよい。ただし、熱電対を用いて温度測定を行った場合、熱電対の測温精度を向上させるために処理ウエハ200の近傍に配置して温度測定を行う必要があることから、後述するマイクロ波発振器から供給されたマイクロ波によって熱電対自体が加熱されてしまうため、放射温度計を温度センサ263として用いることが好ましい。

また、温度センサ263は、キャップフランジ104に設けることに限らず、載置台210に設けるようにしてもよい。このように構成することによって、上端が閉塞された反応管を用いることが可能となり、処理室201に供給されるマイクロ波や処理ガス等が漏洩する可能性を低減することが可能となる。

また、温度センサ263は、キャップフランジ104や載置台210に直接設置するだけでなく、キャップフランジ104や載置台210に設けられた測定窓からの放射光を鏡等で反射させて間接的に測定するように構成されていてもよい。このように構成することによって、温度センサ263を設置する場所の制限を緩和することが可能となる。

[0022] (マイクロ波供給部)

ケース102の側壁には電磁波導入ポート653-1、653-2が設置されている。電磁波導入ポート653-1、653-2のそれぞれには処理室201内に電磁波を供給するための導波管654-1、654-2のそれぞれの一端が接続されている。導波管654-1、654-2それぞれの他端には処理室201内に電磁波を供給して加熱する加熱源としてのマイクロ波発振器(電磁波源)655-1、655-2が接続されている。マイクロ波発振器655-1、655-2はマイクロ波などの電磁波を導波管654-1、654-2にそれぞれ供給する。また、マイクロ波発振器655-1、655-2は、マグネトロンやクライストロンなどが用いられる。マイクロ

波発振器 655 によって生じる電磁波の周波数は、好ましくは 13.56 MHz 以上 24.125 GHz 以下の周波数範囲となるように制御される。さらに好適には、2.45 GHz または 5.8 GHz の周波数となるように制御されることが好ましい。

また、本実施形態において、マイクロ波発振器 655 は、ケース 102 の側面に 2 つ配置されるように記載されているが、これに限らず、1 つ以上設けられていればよい。

また、マイクロ波発振器 655 は、ケース 102 の対向する側面等の異なる側面に設けられるように配置してもよい。このように構成することによって、後述するマイクロ波がウエハ 200 上で部分的に吸収される領域が生じることを抑制する、すなわち、ウエハ 200 が部分的に加熱されることを抑制することが可能となり、ウエハ 200 の面内温度均一性を向上させることが可能となる。

主に、マイクロ波発振器 655-1、655-2、導波管 654-1、654-2 および電磁波導入ポート 653-1、653-2 によってマイクロ波供給部（電磁波供給装置、電磁波供給部、マイクロ波供給装置）としての加熱装置が構成される。

[0023] マイクロ波発振器 655-1、655-2 それぞれには後述するコントローラ 121 が接続されている。コントローラ 121 には処理室 201 内に収容される断熱板 101a または 101b、若しくはウエハ 200 の温度を測定する温度センサ 263 が接続されている。温度センサ 263 は、断熱板 101a または 101b、若しくはウエハ 200 の温度を測定してコントローラ 121 に送信し、コントローラ 121 によってマイクロ波発振器 655-1、655-2 の出力を制御し、ウエハ 200 の加熱を制御する。

ここで、マイクロ波発振器 655-1、655-2 は、コントローラ 121 から送信される同一の制御信号によって制御される。しかし、これに限らず、マイクロ波発振器 655-1、655-2 それぞれにコントローラ 121 から個別の制御信号を送信することでマイクロ波発振器 655-1、655

ー 2 が個々に制御されるように構成してもよい。

[0024] (制御装置)

図 2 に示すように、制御部（制御手段）であるコントローラ 121 は、CPU (Central Processing Unit) 121a、RAM (Random Access Memory) 121b、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。RAM 121b、記憶装置 121c、I/Oポート 121d は、内部バス 121e を介して、CPU 121a 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、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。

[0025] 記憶装置 121c 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 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、後述するノズルのエッチング処理や成膜処理の手順や条件等が記載されたエッチングレシピやプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。エッチングレシピやプロセスレシピは、後述する基板処理工程におけ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、エッチングレシピやプロセスレシピを、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、その両方を含む場合がある。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。

[0026] I/Oポート 121d は、上述の MFC 241a~241d、バルブ 243a~243d、圧力センサ 245、APCバルブ 244、真空ポンプ 246、温度センサ 263、駆動機構 267、マイクロ波発振器 655 等に接続されている。

[0027] 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からレシピを読み出すように構成されている。CPU 121aは、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC 241a～241dによる各種ガスの流量調整動作、バルブ243a～243dの開閉動作、APCバルブ244の開閉動作および圧力センサ245に基づくAPCバルブ244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に基づくマイクロ波発振器の出力調整動作、駆動機構267による載置台210（またはポート217）の回転および回転速度調節動作、または、昇降動作等を制御するように構成されている。

[0028] コントローラ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121c単体のみを含む場合、外部記憶装置123単体のみを含む場合、または、そ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123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。

[0029] （２）基板処理工程

次に、上述の基板処理装置100の処理炉を用いて、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、例えば、基板上に形成されたシリコン含有膜としてのアモルファスシリコン膜の改質（結晶化）方法の一例について図3に示した処理フローに沿って説明する。以下の説明において、基板処理装置100を構成する各部の動作はコントローラ121により制御される。

[0030] ここで、本明細書において「ウエハ」という言葉を用いた場合は、「ウエハ

（プロダクトウエハ）そのもの」を意味する場合や、「ウエハとその表面に形成された所定の層や膜等との積層体（集合体）」を意味する場合、すなわち、表面に形成された所定の層や膜等を含めてウエハと称する場合、後述する「ターゲット基板（ターゲットウエハ）」または後述する「ダミー基板（ダミーウエハ）」もしくは「ターゲット基板（ターゲットウエハ）とダミー基板（ダミーウエハ）の両方」を意味する場合がある。また、本明細書において「ウエハの表面」という言葉を用いた場合は、上述した「ウエハ」の定義を用いた「ウエハそのものの表面（露出面）」を意味する場合や、「ウエハ上に形成された所定の層や膜等の表面、すなわち、積層体としてのウエハの最表面」を意味する場合がある。

[0031] 従って、本明細書において「ウエハに対して所定のガスを供給する」と記載した場合は、上述した「ウエハ」の定義を用いた「ウエハそのものの表面（露出面）に対して所定のガスを供給する」ことを意味する場合や、「ウエハ上に形成されている層や膜等に対して、すなわち、積層体としてのウエハの最表面に対して所定のガスを供給する」ことを意味する場合がある。また、本明細書において「ウエハ上に所定の層（または膜）を形成する」と記載した場合は、「ウエハそのものの表面（露出面）上に所定の層（または膜）を形成する」ことを意味する場合や、「ウエハ上に形成されている層や膜等の上、すなわち、積層体としてのウエハの最表面の上に所定の層（または膜）を形成する」ことを意味する場合がある。

[0032] また、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」という言葉を用いた場合と同義である。

[0033] （基板搬入工程（S301））

図1に示されているように、所定枚数のウエハ200がボート217に移載されると、駆動機構267は、載置台210を上昇させることでボート217を反応管103内側の処理室201に搬入（ボートローディング）する（S301）。

[0034] （炉内圧力・温度調整工程（S302））

処理室 201 内へのポート 217 の搬入が完了したら、処理室 201 内が所定の圧力（例えば 10～100 Pa）となるよう処理室 201 内の雰囲気気を排気する。具体的には、真空ポンプ 246 により排気しつつ、圧力センサ 245 により検出された圧力情報に基づいて圧力調整器 244 の弁開度をフィードバック制御し、処理室 201 内を所定の圧力とする。また、同時に予備加熱としてマイクロ波供給部を制御し、所定の温度まで加熱を行うように制御してもよい（S302）。

[0035] （不活性ガス供給工程（S303））

駆動機構 267 は、シャフト 255 を回転させ、載置台 210 上のポート 217 を介してウエハ 200 を回転させる。このとき、窒素ガス等の不活性ガスがガス供給管 232 を介してノズル 105 から供給される（S303）。処理室 201 内の圧力は 0 Pa 以上 200, 000 Pa 以下の範囲となる所定の値であって、例えば 101300 Pa 以上 101566 Pa 以下となるように調整される。

[0036] （基板処理工程（S304））

処理室 201 内を所定の圧力となるように維持すると、マイクロ波発振器 655-1、655-2 はウエハ 200 を 100℃ 以上 700℃ 以下の温度帯、好適には 200℃ 以上 600℃ 以下の温度帯となるように加熱し、さらに好適には、200℃ 以上 400℃ 以下となるように加熱する。ウエハ 200 が 100℃ より低い温度で処理しようとした場合や、700℃ よりも高い温度で処理しようとした場合、ウエハ 200 がマイクロ波を吸収し難くなってしまい、ウエハ 200 を効率的に加熱することができなくなってしまう。

[0037] ウエハ 200 の温度は、石英サセプタ 101a の表面温度を温度センサ 263 によって測定した値から、記憶装置 121c または外部記憶装置 122 に予め記憶された温度変換データによって推測される。マイクロ波発振器 655-1、655-2 は、導波管 654-1 と 654-2 を介して電磁波導入ポート 653-1 と 653-2 からマイクロ波を処理室 201 内に供給する。処理室 201 内に供給されたマイクロ波はウエハ 200 に入射して効率的

に吸収されるために、ウエハ２００を極めて効果的に加熱することが可能となる。

[0038] マイクロ波発振器６５５を制御することでウエハ２００を上述した所定の処理温度まで加熱すると、予め定められた時間、当該処理温度を維持する。このようにマイクロ波発振器６５５を制御することでマイクロ波ウエハ２００の表面上に形成されたアモルファスシリコン膜の改質処理を行う。

[0039] ウエハ２００を加熱する場合、マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２は、マイクロ波を間欠的に供給しながらマイクロ波発振器６５５－１、６５５－２の出力を大きくするように制御されることが好ましい。すなわち、マイクロ波発振器からのマイクロ波供給を間欠的に供給するパルス制御と、マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２の出力を線形的に制御するパワーリミット制御を組合せて行うようにすることが好ましい。

このようにウエハ２００の昇温時にマイクロ波をパルス制御して供給することによって処理室２０１内に定在波が形成されてウエハ表面に集中して加熱される領域（マイクロ波集中領域、ホットスポット）が形成されたとしても、マイクロ波を供給しない時間（ＯＦＦ時間）を設けることができる。マイクロ波を供給しないタイミングを設けることによって、マイクロ波集中領域に生じた熱がウエハ２００の面内全体に伝達され、ウエハ２００の面内温度を均一に維持することが可能となる。このようにウエハ２００の面内で熱伝達が起きる期間を設けることによって、マイクロ波集中領域が集中して加熱されてしまうことを抑制することが可能となる。

したがって、マイクロ波をパルス制御して供給することによって、マイクロ波集中領域だけが集中して加熱され、マイクロ波集中領域とその他のウエハ面との温度差が大きくなることを抑制することができる。すなわち、マイクロ波集中領域のみが集中的かつ連続的に加熱されることによってウエハ２００の表面に温度差が生じることを抑制でき、生じた温度差によってウエハ２００が割れたり、反ったり、歪んだりするといったウエハ変形を抑制することが可能となる。

[0040] ここで、ウエハ２００を効率よく加熱する、すなわち、ウエハ２００がマイクロ波を効率よく吸収させるためには、ウエハ２００のキャリア密度とキャリア温度依存性について検討する必要がある。図４に示すように、縦軸をキャリア密度（導電率に比例）、横軸を温度としたウエハ２００のキャリア密度の温度依存性の一例を示した場合、温度によって、領域（Ａ）、領域（Ｂ）、領域（Ｃ）に分けることができる。ウエハ２００がシリコン（Ｓｉ）基板である場合、例えば領域（Ａ）と（Ｂ）を分ける温度は３２７℃、領域（Ｂ）と（Ｃ）とを分ける温度は－７３℃である。図４から明らかであるように、領域（Ａ）と（Ｃ）は温度上昇とともに、キャリア密度も大きく上昇するが、領域（Ｂ）は温度が上昇した場合であっても、キャリア密度は大きく上昇しない。

[0041] ウエハ２００の単位時間当たりの発熱量はウエハ２００のキャリア密度に比例するため、キャリア密度が変動するとそれに伴って発熱量も変化する。このため、キャリア密度の変化が大きい領域（Ａ）で、マイクロ波加熱を行った場合、温度変化に応じてキャリア密度が増加する割合が大きいため、照射されるマイクロ波の電力が同じでも、ウエハ２００の昇温速度が大きくなる。したがって、領域（Ａ）において、マイクロ波による加熱が行われることが好ましい。

[0042] また、領域（Ａ）は、上述したようにウエハ２００の昇温速度が大きいため、マイクロ波が局所的に集中すると、集中した箇所が高温となりウエハ２００の面内で部分的に温度差が大きくなり、熱膨張差でウエハ２００が変形してしまう。このため、領域（Ａ）の温度帯でマイクロ波による加熱を行いつつウエハ２００を冷却することで、ウエハ２００の面内温度差を小さくしてウエハ２００が変形することを抑制しつつ、ウエハ２００の改質処理速度を向上させることが可能となる。

[0043] マイクロ波による加熱を行いつつウエハ２００を冷却するためには、例えば図５に示すようにマイクロ波発振器６５５のＯＮ／ＯＦＦに合わせて冷却ガスとしての不活性ガス（例えばＮ_２ガスなど）の供給流量を増減するように

制御するとよい。具体的には、図5に示すように、マイクロ波発振器655がONとなったタイミングにおける冷却ガスとしての不活性ガス（N₂ガス）の流量が0.1slm以上10slm以下となるようにMFC241を制御し、マイクロ波発振器655がOFFとなったタイミングにおけるN₂ガスの流量が0.1slm以上30slm以下となるようにMFC241を制御することで、ウエハ200を一定の温度帯に維持することができる。マイクロ波発振器655がONとなったタイミングで供給する冷却ガスの流量を0.1slm以下とした場合、マイクロ波を供給する際に処理室201内の圧力が下がり、プラズマ放電が生じる可能性がある。処理室201内でプラズマ放電が生じてしまうと、ウエハ200がプラズマ放電によるダメージを受ける可能性がある。同様に、マイクロ波発振器655がONとなったタイミングで供給する冷却ガスの流量を10slm以上とした場合、ウエハ200を加熱することができなくなってしまい、効率よく基板処理を行うことができなくなってしまう。また、マイクロ波発振器655がOFFとなったタイミングで供給する冷却ガスの流量を0.1slm以下とした場合、ウエハ200を効率よく冷却することができず、基板処理時間が長くなってしまう。同様に、マイクロ波発振器655がOFFとなったタイミングで供給する冷却ガスの流量を30slm以上とした場合、処理室201内の圧力が過加圧となってしまう、ウエハ200や処理装置が破損してしまう可能性も生じてしまう。このようにガス供給部とマイクロ波供給部とを制御することによって、ウエハ200の温度を最適な温度に維持することが可能となる。

[0044] また、ガス供給流量を増減するタイミングに合わせて処理室201内の圧力を増減するようにガス供給部と排気部を制御することとしてもよい。すなわち、マイクロ波発振器655がONとなっているタイミングにおいては、処理室201内の圧力は基板処理に適した所定の圧力となるように制御され、マイクロ波発振器655がOFFとなっているタイミングにおいては、処理室201内の圧力は特に制御しないようにする、すなわち、排気部（特に圧力調整部244）の制御をOFFにすることで、基板処理工程の制御を単純

化することができる。

[0045] 例えば、図5（A）に示すようにマイクロ波発振器655がONとなっているタイミングにおいては、MFC241を制御して冷却ガスを5slm供給するとともに、処理室201内の圧力が101300Pa（または101300Pa以上101566Pa以下の範囲）となるように圧力調整器244を制御する。また、マイクロ波発振器655がOFFとなっているタイミングにおいては、MFC241を制御して冷却ガスを制御して冷却ガスを15slm供給し、圧力調整部244をOFFとする為、処理室201内の圧力は冷却ガスを供給した分だけ昇圧された略101966Pa（または、101433Pa以上102232Pa以下の範囲）となるようにマイクロ波供給部とガス供給部を制御する。このように処理室201内の圧力について積極的に制御しない場合であっても、冷却ガスの供給流量を制御することによって、処理室201内を過加圧などの不具合が生じる圧力以下に抑えることが可能であるため、圧力について詳細な制御を不要とする処理を行う場合には有効である。

[0046] また、図5（B）に示すように、温度センサ263によって測定した温度、または、上述した予め記憶された温度変換データによって推測された温度に応じてガス供給部を制御するようにしてもよい。すなわち、マイクロ波発振器655を常時ONとし、加熱されたウエハ200の温度が所定の目標温度（閾値となる温度、例えば図5（B）では400℃）よりも高い温度となったタイミングでガス供給部、具体的にはMFC241の開度を大きくして冷却ガスの流量を増加させ、ウエハ200を冷却する。逆にウエハ200の温度が所定の目標温度よりも低い温度となったタイミングでMFC241の開度を小さくして冷却ガスの流量を低下させ、ウエハ200を加熱する。このようにマイクロ波供給部とガス供給部を制御することによって、ガス供給部のみを詳細に制御することで足りるため、ウエハ200の温度制御を単純化することが可能となる。

[0047] さらに、マイクロ波発振器655-1、655-2によってマイクロ波を供

給する時間（ＯＮ時間）と、マイクロ波を供給しない時間（ＯＦＦ時間）の間隔、すなわちパルス幅は、例えば 1×10^{-4} sec 間隔で制御できるようにすることが好ましい。このように構成することで、ウエハ昇温時とウエハ処理時の両方において正確な温度制御を可能とする。

なお、ウエハ昇温時とウエハ処理時で異なるパルス幅になるよう制御してもよい。このように構成することによって、ウエハ２００の表面におけるマイクロ波集中領域とそれ以外の面の温度差が大きくなり易い（マイクロ波集中領域以外の領域が加熱されていない）ウエハ昇温時にはパルス幅を小さくすることで、面内温度均一性を向上させることが可能となる。同様に、ウエハ２００の表面におけるマイクロ波集中領域とそれ以外の面の温度差が大きくなり難い（マイクロ波集中領域以外の領域がある程度加熱されている）ウエハ処理時にはパルス幅を大きくすることで、ウエハ表面にマイクロ波を十分に照射することが可能となり、十分なウエハ処理を行うことが可能となる。また、パルス幅のＯＮ時間とＯＦＦ時間との時間間隔をそれぞれ異なるように制御してもよい。

以上のようにウエハ２００を加熱処理することによってウエハ２００表面上に形成されているアモルファスシリコン膜がポリシリコン膜へと改質（結晶化）されることとなる。すなわち、ウエハ２００を均一に改質することが可能となる（Ｓ３０４）。

[0048] 予め設定された処理時間が経過すると、ボート２１７の回転、ガスの供給、マイクロ波の供給および排気管の排気が停止する。

[0049] 基板処理工程の終了後、 N_2 ガスなどの不活性ガスを供給し、処理室２０１内の圧力を大気圧に復帰する。

[0050] （基板搬出工程（Ｓ３０５））

処理室２０１内の圧力を大気圧復帰させた後に、駆動機構２６７は載置台２１０を下降させることにより、炉口を開口するとともに、ボート２１７を搬送空間２０３に搬出（ボートアンローディング）する。その後ボートに載置されているウエハ２００を搬送空間２０３の外部に位置する搬送室に搬出す

る（S305）。

以上の動作が繰り返されることにより、ウエハ200が改質処理されることとなる。

[0051] （3）本実施形態による効果

本実施形態によれば以下に示す1つまたは複数の効果を奏する。

[0052] （a）ウエハの加熱を行うとともに冷却ガスとしての不活性ガスを供給することによって、ウエハの温度を所定の温度に維持することが可能となり、効率的にウエハを昇温することが可能となる。

[0053] （b）効率的にウエハを昇温することが可能となるため、基板処理時間を短くすることが可能となる。

[0054] （c）マイクロ波発振器のON/OFFに連動して不活性ガスの流量を増減させることで、効率的にウエハ温度を維持することが可能となる。

[0055] （d）ウエハを冷却するタイミングでは処理室内の圧力制御を行わないようにすることで、圧力制御を単純化することが可能となる。

[0056] （4）第1の実施形態の変形例

本実施形態における基板処理装置は、上述の態様に限定されず、以下に示す変形例のように変更することができる。

[0057] （変形例1）

図6（A）に示すように、第1の実施形態における変形例1は、ポート217がウエハ200を複数多段に保持可能に構成している。具体的には、ポート217に保持された断熱板101aと101bの間に複数枚のウエハ200を所定の間隔で水平多段に保持するように構成し、上述した基板処理工程の順番で保持された複数枚のウエハ200が均等に処理される。このように構成することによって、一度の処理で複数枚のウエハ200が処理可能となり、基板処理のスループットを向上させることが可能となる。

ここで、図6（A）では、複数枚のウエハ200は断熱板101a、101bの間に挟まれるように保持されているが、これに限らず、複数のウエハ200それぞれを複数の断熱板101a、101bで挟み込んで保持するよう

に構成してもよい。この場合、断熱板 101a と 101b も複数枚設けられることとなる。このように構成することによって、第 1 の実施形態と比較してウエハ 200 をより早く加熱することが可能となるばかりでなく、ウエハ面内の温度均一性を向上させることが可能となる。

[0058] (変形例 2)

図 6 (B) に示すように、第 1 の実施形態における変形例 2 は、ポート 217 を挟んでノズル 105 に対向する位置に排気用の排気ノズル 601 を設置するように構成している。ガス供給ノズル側に面する排気ノズル 601 の側面には処理室 201 内の雰囲気気を排気するための排気口が設けられ、排気ノズル 601 の下流側には排気管 231 が接続されている。このように構成することによって、処理室 201 内の圧力が大気圧または微加圧の状態であっても、ウエハ側面から水平に冷却ガスを供給し、水平なガス流れを形成することが可能となり、ウエハ 200 を均一に冷却することが可能となる。したがって、ウエハ面内の温度均一性を向上させることが可能となる。

[0059] <本発明の第 2 の実施形態>

次に本発明の第 2 の実施形態を図 7 を用いて説明する。

[0060] 第 2 の実施形態において、本発明に係る基板処理装置が第 1 の実施形態と異なる点は、図 7 に示すように、ガス供給部がガス供給ノズルを設けずにキャップフランジ 104 を貫通するように設けられ、ウエハ上方より冷却ガスが供給される点と、冷却ガスがポート 217 の上側端板（天板とも称する）に直接噴射されることを抑制するガス整流部 700 を有する点である。

なお、本実施形態において、第 1 の実施形態と同一の機能を有する構成要素には、同一の参照番号を付し、説明を省略する。

[0061] 図 7 に示すように、本実施形態では、処理室 201 の上方に設けられたキャップフランジ 104 を貫通するようにガス供給管 232 を設置し、処理室 201 の上方に設けられたガス供給口 703 から冷却ガスを供給している。処理室 201 の上方に設けられたガス供給口 703 に対向する位置には、冷却ガスがポート 217 に直接当たることでポート 217 の温度が局所的に冷

却され、ウエハ２００の面内温度均一性に影響が生じることを避けるため、ガスの流れを整流するガス整流板７０１と、ガス整流板７０１をキャップフランジ１０４に固定するための固定部７０２によって構成されるガス整流部７００が設けられている。

[0062] ガス整流部７００は、ガス供給口７０３に対向する位置に設けられることで、キャップフランジ１０４の略中心部から供給される冷却ガスがガス整流板７０１の外周側から流れるように冷却ガス流れの方向を変えるために設けられており、ガス整流板７０１の直径を変化させることで所望する位置に冷却ガスが流れるように制御することが可能となる。例えば、ガス整流板７０１はポート２１７の天板外径よりも大きな直径を有する円盤形状に形成され、ポート２１７の外周に冷却ガスが流れるように構成される。このように構成することによって、装置構造を複雑化することなく第１の実施形態と比べてガス供給部の制御を単純化することが可能となる。また、ウエハ外周から均等に冷却することが可能となるため、ウエハ２００の面内温度均一性を向上させることが可能となる。

[0063] （５）本実施形態による効果

本実施形態によれば、第１の実施形態と同様の効果を得られるだけでなく、以下に示す１つまたは複数の効果を奏する。

[0064] （ｅ）冷却ガスを上方から供給するとともにガス整流部を設けることによって、ウエハ外周から均等に冷却することが可能となる。

[0065] （ｆ）ガス整流部を設けることによって、装置構造を複雑化することなく、ガス供給部の制御を単純化することが可能となる。

[0066] （６）第２の実施形態の変形例

本実施形態における基板処理装置は、上述の態様に限定されず、以下に示す変形例のように変更することができる。

[0067] （変形例１）

図８（Ａ）に示すように、第２の実施形態における変形例１は、ポート２１７の高さ方向を高くし、ポート２１７の天板部をガス整流部として機能さ

せることで冷却ガスがウエハ２００の面内温度均一性に影響を与えることを抑制するように構成している。このように構成することによって、新たな部品を処理室内に設置する必要が無くなるため、コスト低減となるだけでなく、パーティクルの発生を抑制することが可能となる。

（変形例２）

図８（Ｂ）に示すように、第２の実施形態における変形例２は、変形例１と同様にポート２１７の高さ方向を高くし、ポート２１７の天板部をガス整流部として機能させるとともに、断熱板１０１ａの上方に位置するように断熱板８０１－１、８０１－２をポート２１７に保持させる構成している。このように構成することによって、変形例１よりもさらに高い断熱性を有することが可能となり、ポート２１７からの伝導熱によってウエハ２００の処理に影響を与えることをより抑制することが可能となる。ここで、断熱板８０１－１、８０１－２は、断熱板１０１ａ、１０１ｂと同一のものであってもよいし、異なる材質、断熱性を有するものであってもよい。

[0068] ＜本発明の第３の実施形態＞

次に本発明の第３の実施形態を図９を用いて説明する。

[0069] 第３の実施形態において、本発明に係る基板処理装置が第１の実施形態および第２の実施形態と異なる点は、図９に示すように、処理室２０１上方にシャワーヘッドを設けて冷却ガスを供給する点である。

なお、本実施形態において、第１の実施形態と同一の機能を有する構成要素には、同一の参照番号を付し、説明を省略する。

[0070] 図９に示すように、本実施形態では、ガス供給管２３２の下流端にシャワーヘッド９０１を設置し、シャワーヘッド９０１の分散板９０１ａから冷却ガスを分散して処理室２０１上方から下方に向けてガス流れを形成する。

[0071] シャワーヘッド９０１は、ガス供給管２３２から供給された冷却ガスを分散板９０１ａに設けた複数のガス供給口９０１ｂを介して供給する。また、シャワーヘッド９０１は、分散板９０１に設けられた複数のガス供給口９０１ｂの設置位置や設置数、ガス供給口の供給面積を変化させることで所望のガ

ス流れを形成することを可能としている。例えば、最外側に設けられたガス供給口 901 をポート 217 の天板外径よりも外側に設けるように形成することで、ポート 217 の外周側にも冷却ガスが流れる様に構成される。このように構成することによって、ポート 217 の天板に直接冷却ガスが供給される場合であっても、冷却ガスを分散して供給することが可能となるため、ウエハ 200 の改質処理に影響を与えるほどの冷却が行われることを抑制することができる。

[0072] (7) 本実施形態による効果

本実施形態によれば、第 1 の実施形態または第 2 の実施形態と同様の効果を得られるだけでなく、以下に示す 1 つまたは複数の効果を奏する。

[0073] (g) 冷却ガスをシャワーヘッドを介して供給することによって、処理室内に供給する冷却ガスを分散して供給することが可能となり、ウエハ 200 の処理時に影響を与えるほど冷却されてしまうことを抑制することが可能となる。

[0074] 以上、本発明を実施形態に沿って説明してきたが、上述の各実施形態や各変形例等は、適宜組み合わせる用いることができ、その効果も得ることができる。

[0075] また、例えば、上述の各実施形態では、シリコンを主成分とする膜として、アモルファスシリコン膜をポリシリコン膜に改質する処理について記載したが、これに限らず、酸素 (O)、窒素 (N)、炭素 (C)、水素 (H) のうち、少なくとも 1 つ以上を含むガスを供給させて、ウエハ 200 の表面に形成された膜を改質しても良い。例えば、ウエハ 200 に、高誘電体膜としてのハフニウム酸化膜 (Hf_xO_y 膜) が形成されている場合に、酸素を含むガスを供給しながらマイクロ波を供給して加熱させることによって、ハフニウム酸化膜中の欠損した酸素を補充し、高誘電体膜の特性を向上させたり、窒素ガス (N_2 ガス) を供給しながらマイクロ波を供給して加熱させることによって、ハフニウム酸化膜中の未結晶化部分を結晶化し、高誘電体膜の特性を向上させたりすることができる。

なお、ここでは、ハフニウム酸化膜について示したが、これに限らず、Al、Ti、Zr、Ta、Nb、La、Ce、Y、Ba、Sr、Ca、Pb、Mo、W等の少なくともいずれかを含む金属元素を含む酸化膜、すなわち、金属系酸化膜を形成する場合においても、好適に適用可能である。すなわち、上述の成膜シーケンスは、ウエハ200上に、Ti膜、TiN膜、TiOCN膜、TiOC膜、TiON膜、TiO膜、ZrN膜、ZrOCN膜、ZrOC膜、ZrON膜、ZrO膜、HfOCN膜、HfOC膜、HfON膜、HfO膜、TaOCN膜、TaOC膜、TaON膜、TaO膜、NbOCN膜、NbOC膜、NbON膜、NbO膜、AlOCN膜、AlOC膜、AlON膜、AlO膜、MoOCN膜、MoOC膜、MoON膜、MoO膜、W膜、WOCN膜、WOC膜、WON膜、WO膜を形成する場合にも、好適に適用することが可能となる。

[0076] また、高誘電体膜に限らず、不純物がドーピングされたシリコンを主成分とする膜を加熱させるようにしてもよい。シリコンを主成分とする膜としては、SiN膜、SiO膜、SiOC膜、SiOCN膜、SiON膜等のSi系酸化膜、Epi-Si膜、Epi-SiGe膜等がある。不純物としては、例えば、B、C、N、Al、P、Ga、Asなどの少なくとも1つ以上を含む。なお、上述したシリコンを主成分とする膜や金属酸化膜の他、Epi-Ge膜や、3-5族元素を用いて形成する膜を加熱するようにしてもよい。

[0077] また、メタクリル酸メチル樹脂（Polymethyl methacrylate：PMMA）、エポキシ樹脂、ノボラック樹脂、ポリビニルフェニール樹脂などの少なくともいずれかをベースとするレジスト膜であってもよい。

[0078] また、上述では、半導体装置の製造工程の一工程について記したが、これに限らず、液晶パネルの製造工程のパターニング処理、太陽電池の製造工程のパターニング処理や、パワーデバイスの製造工程のパターニング処理などの、基板を処理する技術にも適用可能である。

産業上の利用可能性

[0079] 以上述べたように、本発明は、均一な基板処理を行うことが可能となる技術を提供することができる。

符号の説明

[0080] 100・・・基板処理装置、
101a、101b・・・断熱板（石英板、Si板）
102・・・ケース（キャビティ）、
103・・・反応管、
105・・・ノズル、
121・・・コントローラ（制御部）、
200・・・ウエハ（基板）、
201・・・処理室、
217・・・ボート（基板保持具）、
655・・・マイクロ波発振器（加熱装置）。

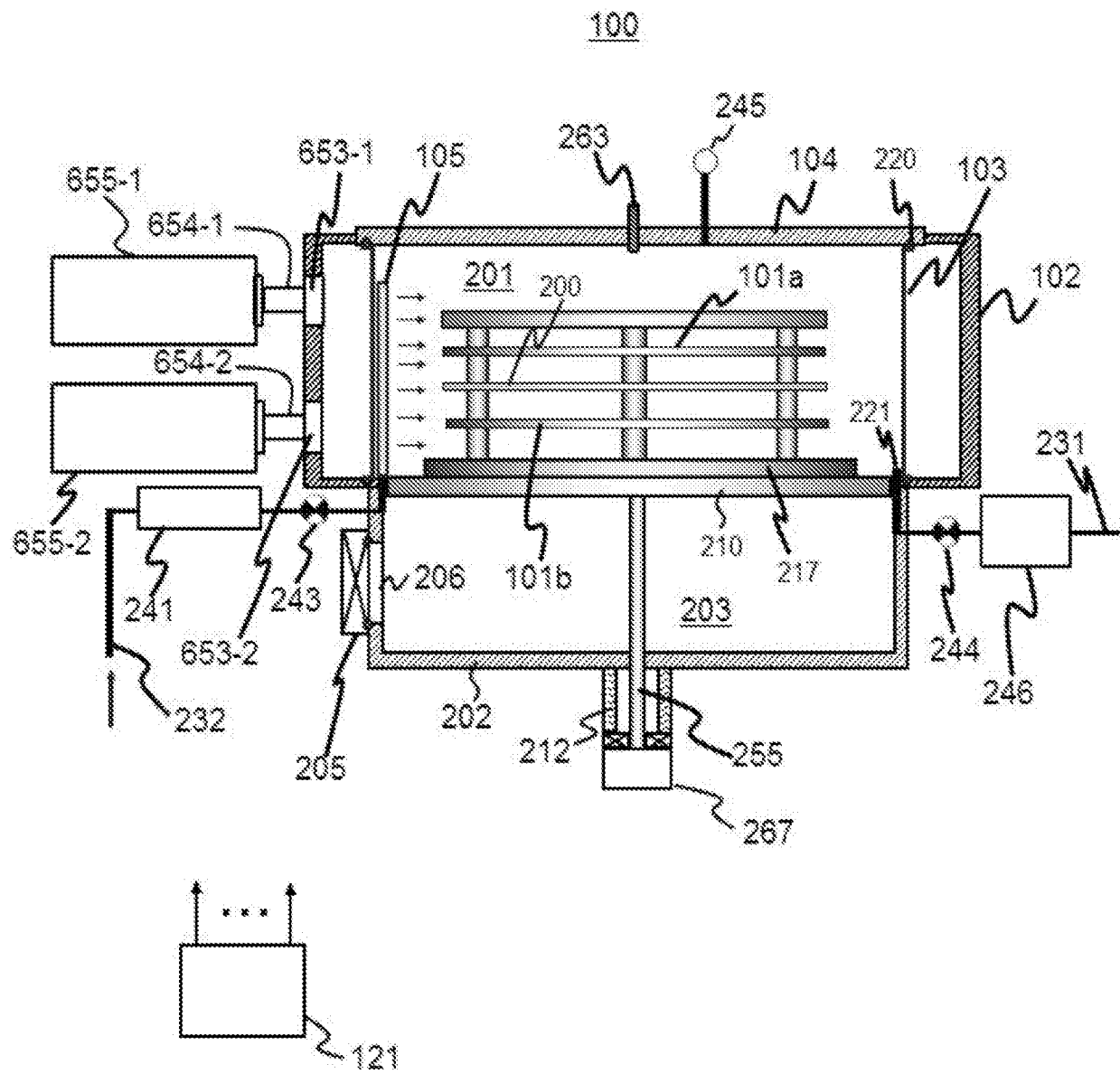
請求の範囲

- [請求項1] 基板と断熱板を保持する基板保持具が搬入されて前記基板を処理する処理室と、
前記処理室内にマイクロ波を供給するマイクロ波供給部を有する加熱装置と、
前記処理室内に冷却ガスを供給するガス供給部と、
前記加熱装置によって前記基板を加熱する加熱時に前記ガス供給部から冷却ガスを供給することで前記基板を所定の温度に維持するように前記加熱装置と前記ガス供給部とを制御するよう構成される制御部と、
を有する基板処理装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記基板の加熱を間欠的に行うように前記加熱装置を制御するよう構成され、
さらに、前記加熱装置による加熱を行うタイミングでは前記冷却ガスの供給流量を少なくし、前記加熱装置による加熱を停止しているタイミングで前記冷却ガスの供給流量を増加させるように前記ガス供給部を制御するよう構成される請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記加熱装置による加熱を行うタイミングで供給する前記冷却ガスの流量を0.1 s l m以上10 s l m以下とし、前記加熱装置による加熱を停止しているタイミングで供給する前記冷却ガスの流量を0.1 s l m以上30 s l m以下とするように前記ガス供給部を制御するよう構成される請求項2に記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記基板が100℃以上700℃以下の温度で処理されるように前記加熱装置と前記冷却装置を制御するよう構成される請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項5] 前記ガス供給部に対向する位置に設けられ、前記処理室内の雰囲気気を排気する排気ノズルをさらに有する請求項1に記載の基板処理装置。

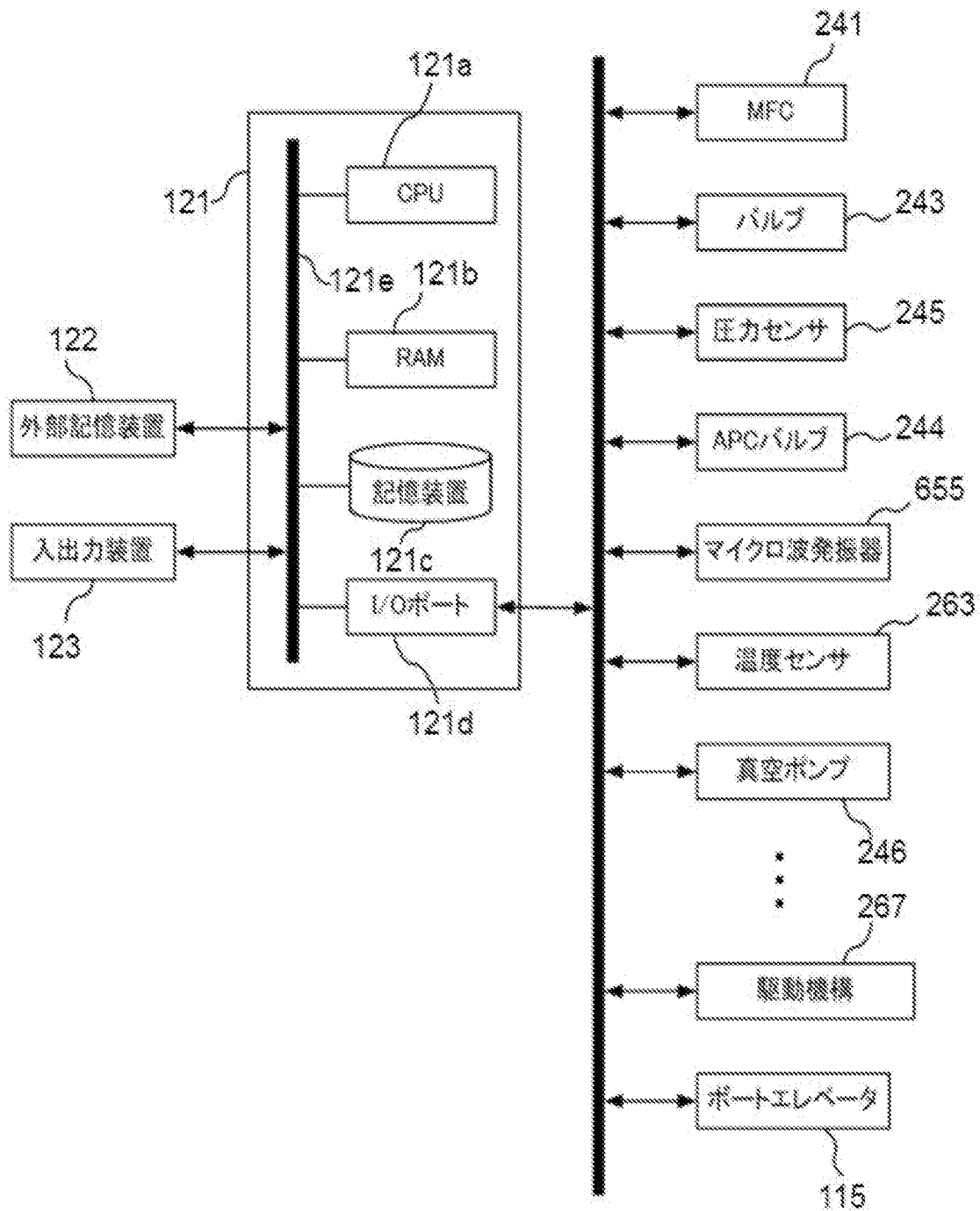
- [請求項6] 前記ガス供給部は、前記処理室の天井面から前記冷却ガスを供給するように設置され、
前記ガス供給部に対向する位置であって前記基板保持具よりも上方に前記冷却ガスを整流するガス整流部をさらに有する請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項7] 前記ガス供給部は、前記処理室の天井部に前記冷却ガスを分散して供給するシャワーヘッドを有する請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項8] 前記断熱板は前記基板を挟み込むように上下に配置されて前記基板保持具に保持される請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項9] 基板と断熱板を保持する基板保持具が搬入されて前記基板を処理する処理室と、前記処理室内にマイクロ波を供給するマイクロ波供給部を有する加熱装置と、前記処理室内に冷却ガスを供給するガス供給部と、前記加熱装置によって前記基板を加熱する加熱時に前記ガス供給部から冷却ガスを供給することで前記基板を所定の温度に維持するように前記加熱装置と前記ガス供給部とを制御する制御部と、を有する基板処理装置の前記処理室内に前記基板を搬入する工程と、
前記基板を加熱して所定の処理を行う工程と、
前記基板を前記処理室から搬出する工程と、
を有する半導体装置の製造方法。
- [請求項10] 基板と断熱板を保持する基板保持具が搬入されて前記基板を処理する処理室と、前記処理室内にマイクロ波を供給するマイクロ波供給部を有する加熱装置と、前記処理室内に冷却ガスを供給するガス供給部と、前記加熱装置によって前記基板を加熱する加熱時に前記ガス供給部から冷却ガスを供給することで前記基板を所定の温度に維持するように前記加熱装置と前記ガス供給部とを制御する制御部と、を有する基板処理装置の前記処理室内に前記基板を搬入する手順と、
前記基板を加熱して所定の処理を行う手順と、
前記基板を前記処理室から搬出する手順と、

をコンピュータによって基板処理装置に実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

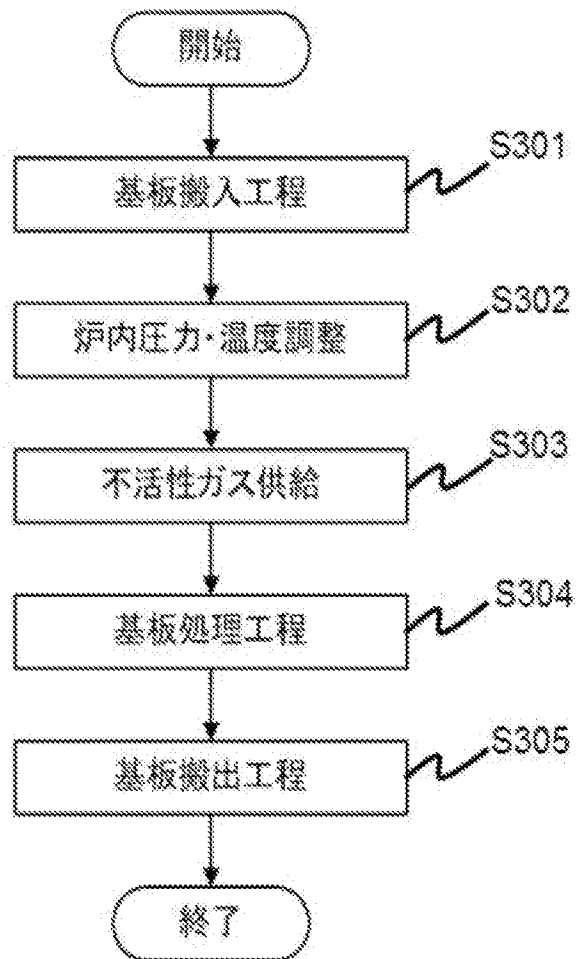
[図1]



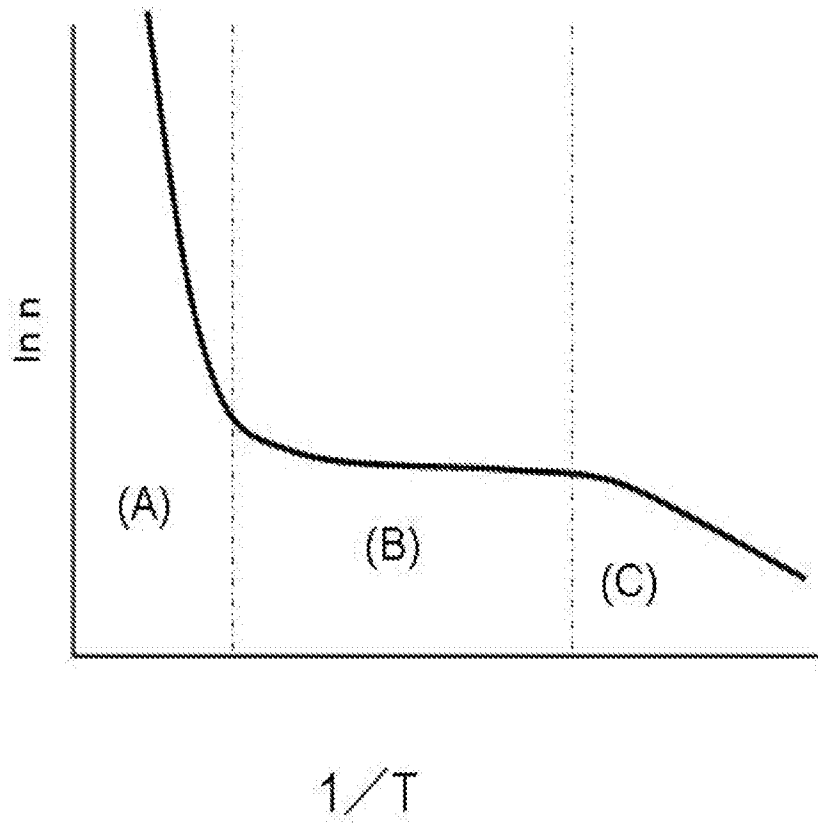
[図2]



[図3]



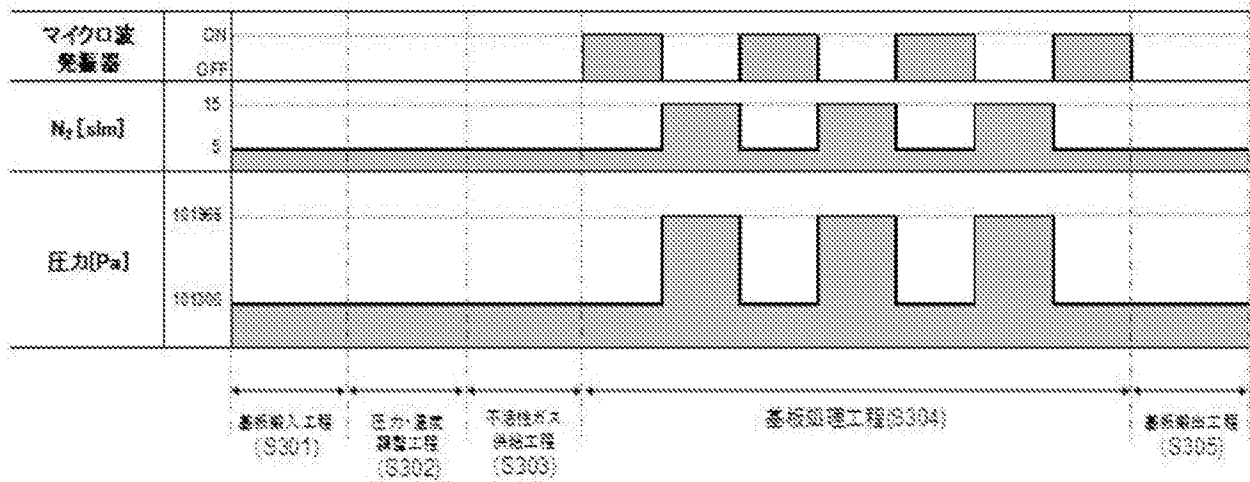
[図4]



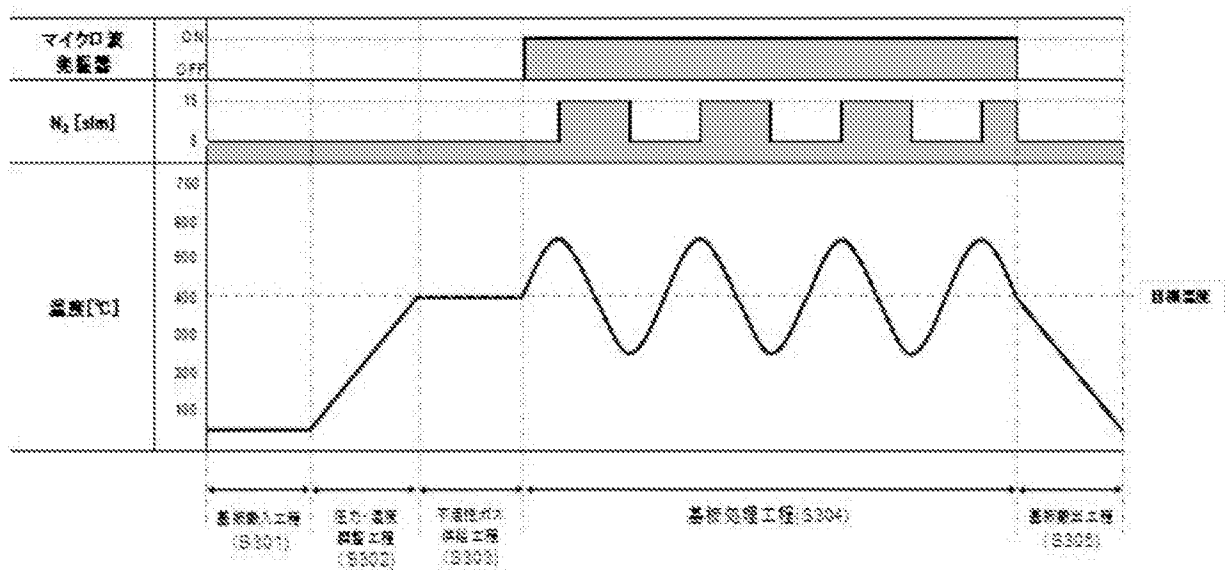
n:キャリア密度 T:温度

[図5]

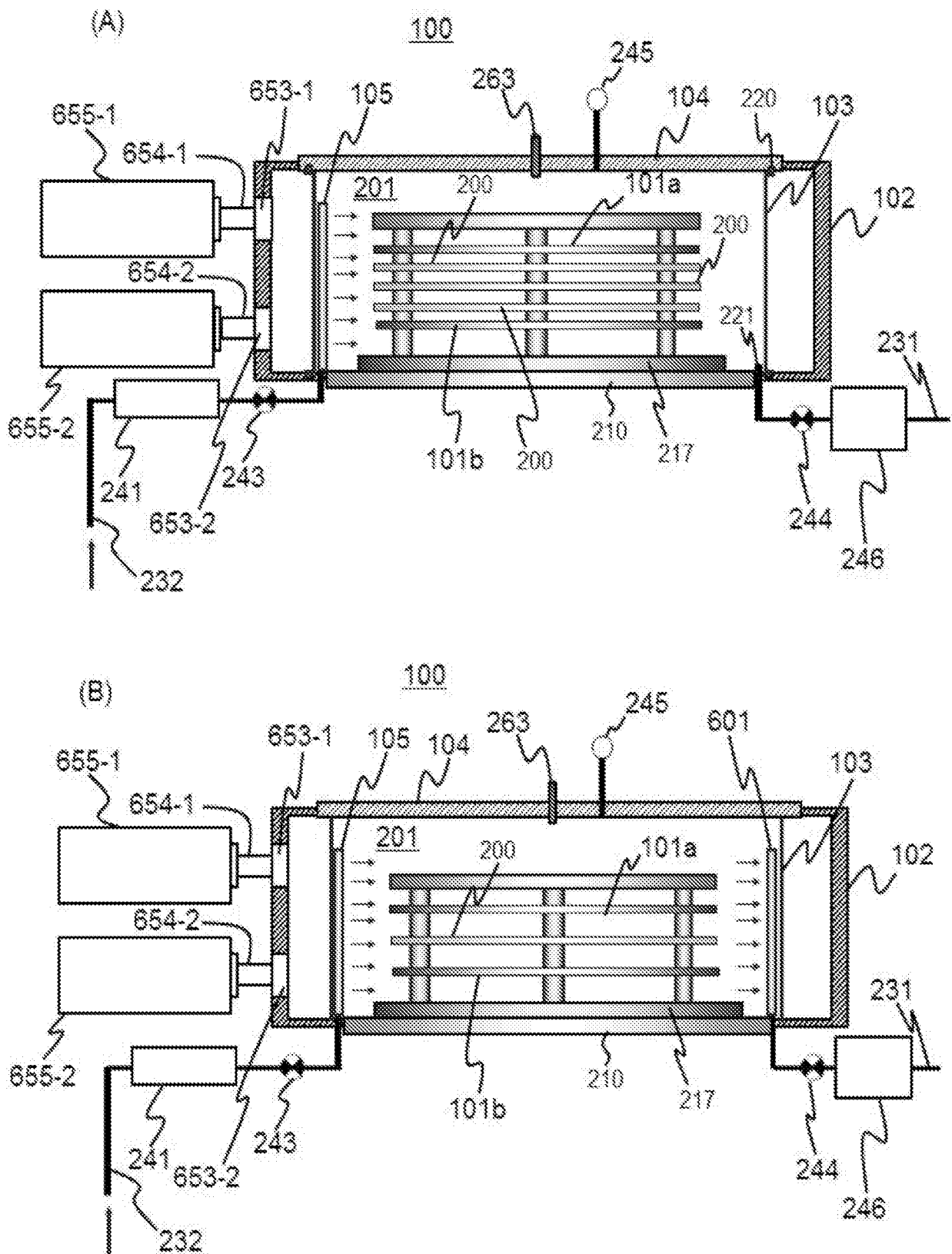
(A)



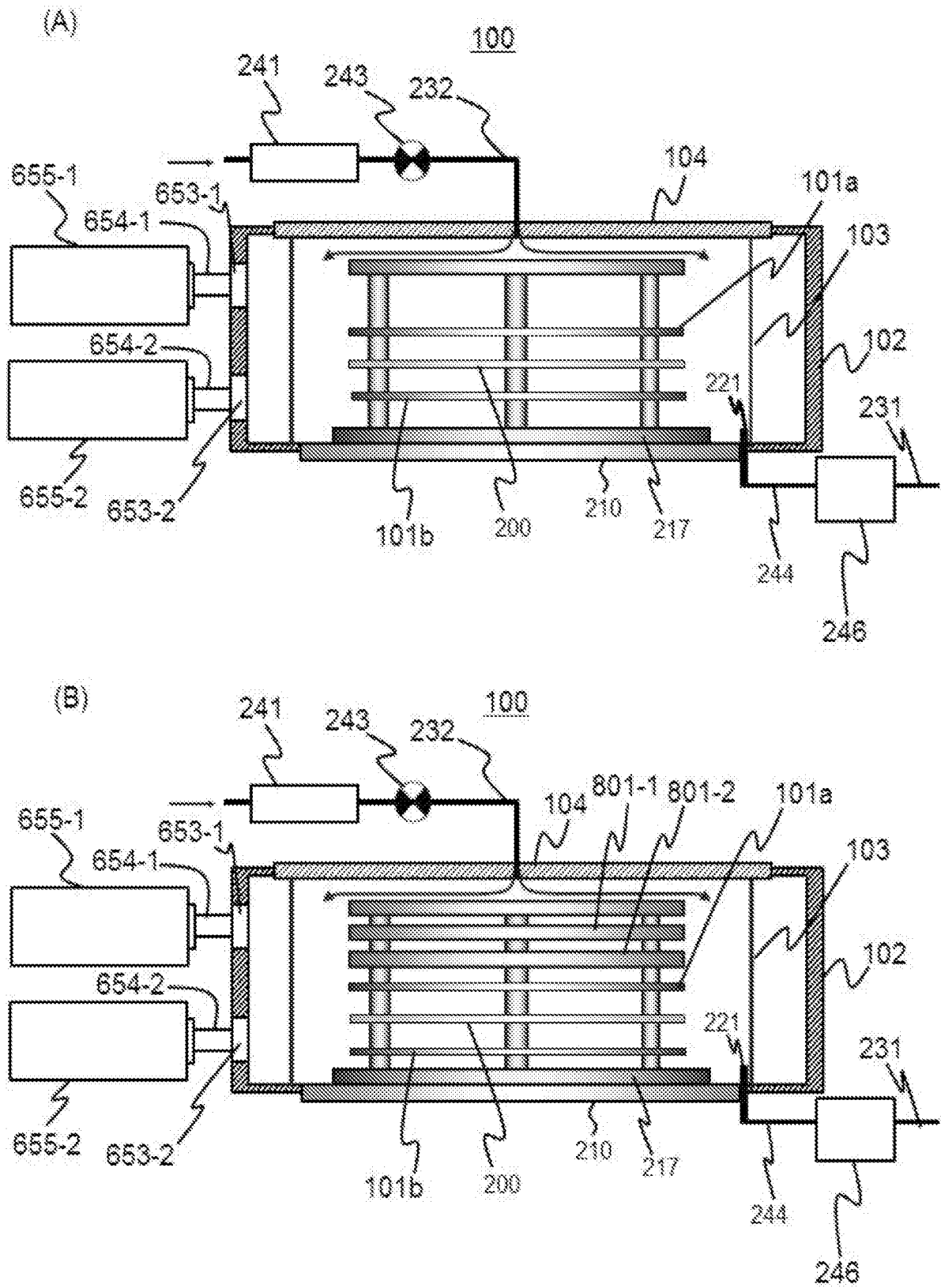
(B)



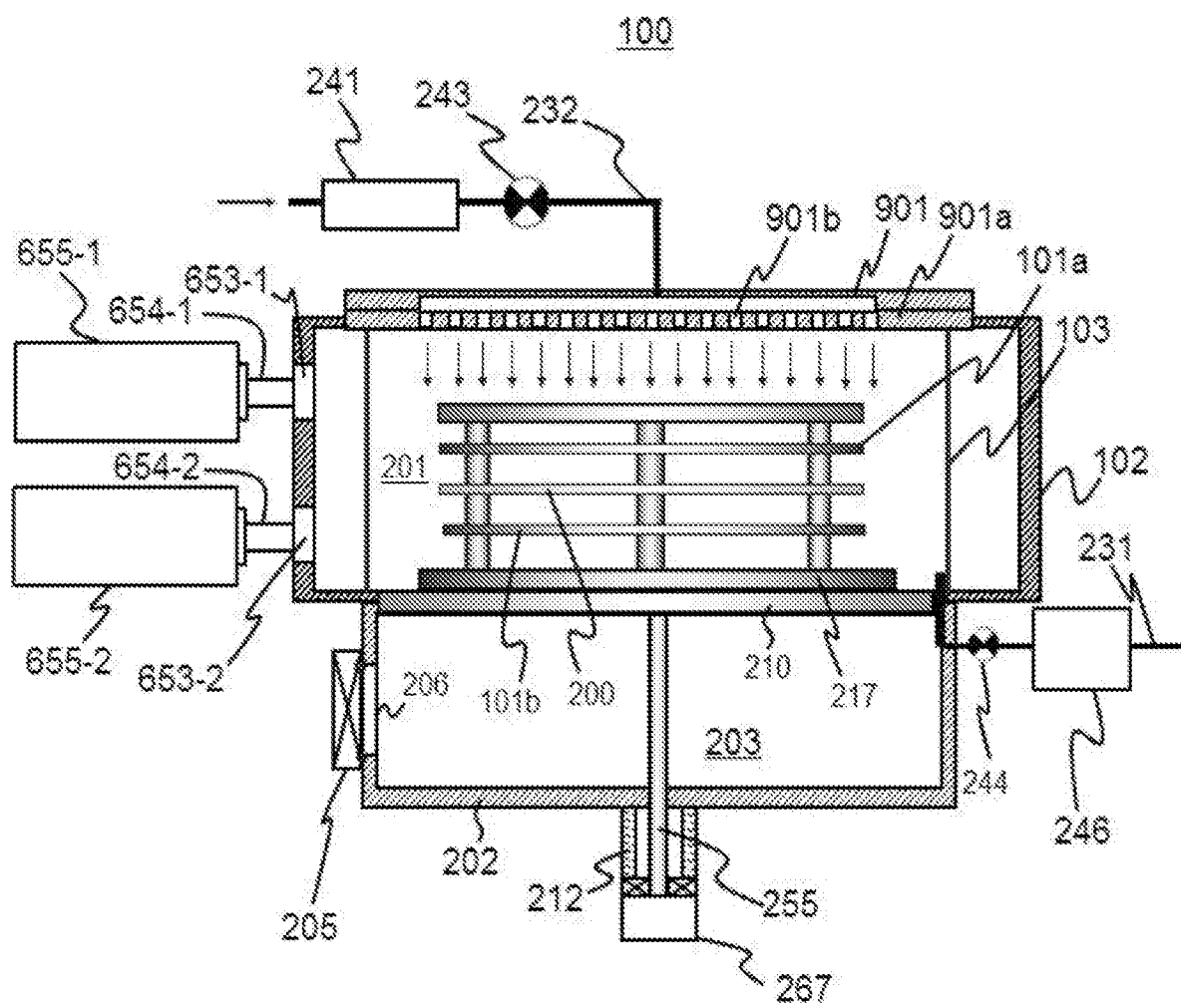
[図6]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/324(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i,
H01L21/268(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)

H01L21/324, H01L21/20, H01L21/265, H01L21/268

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	JP 2015-103726 A (Tokyo Electron Ltd.), 04 June 2015 (04.06.2015), paragraphs [0014] to [0092]; fig. 1 to 10 & US 2015/0144622 A1 paragraphs [0019] to [0102]; fig. 1 to 10 & KR 10-2015-0061570 A	1-10
Y	JP 61-043417 A (Hitachi, Ltd.), 03 March 1986 (03.03.1986), claims (Family: none)	2-4
A	JP 2010-080555 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 08 April 2010 (08.04.2010), (Family: none)	1-10

☒ 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
25 May 2016 (25.05.16)

Date of mailing of the international search report
07 June 2016 (07.06.16)

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/JP2016/056275

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 2006-32386 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 02 February 2006 (02.02.2006), (Family: none)	1-10
A	JP 2012-191158 A (Tokyo Electron Ltd.), 04 October 2012 (04.10.2012), & US 2012/0211486 A1 & CN 102651923 A & KR 10-2012-0096892 A & TW 201251515 A	1-10
A	JP 2014-033014 A (Tokyo Electron Ltd.), 20 February 2014 (20.02.2014), (Family: none)	1-10
A	JP 2014-033003 A (Tokyo Electron Ltd.), 20 February 2014 (20.02.2014), & US 2014/0038430 A1 & TW 201421545 A	1-10
A	JP 2013-152919 A (Tokyo Electron Ltd.), 08 August 2013 (08.08.2013), & US 2013/0168390 A1 & CN 103188835 A & KR 10-2013-0076725 A & TW 201343003 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/324(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/268(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/324, H01L21/20, H01L21/265, H01L21/268

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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	JP 2015-103726 A (東京エレクトロン株式会社) 2015.06.04, [0014]-[0092], 図 1-10 & US 2015/0144622 A1, [0019]-[0102], Figs. 1-10 & KR 10-2015-0061570 A	1 - 1 0
Y	JP 61-043417 A (株式会社日立製作所) 1986.03.03, 特許請求の範 囲 (ファミリーなし)	2 - 4

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

2 5 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 6 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

右田 勝則

5 0

9 1 7 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 9

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
A	JP 2010-080555 A (株式会社日立国際電気) 2010.04.08, (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2006-32386 A (株式会社日立国際電気) 2006.02.02, (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2012-191158 A (東京エレクトロン株式会社) 2012.10.04, & US 2012/0211486 A1 & CN 102651923 A & KR 10-2012-0096892 A & TW 201251515 A	1 - 1 0
A	JP 2014-033014 A (東京エレクトロン株式会社) 2014.02.20, (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2014-033003 A (東京エレクトロン株式会社) 2014.02.20, & US 2014/0038430 A1 & TW 201421545 A	1 - 1 0
A	JP 2013-152919 A (東京エレクトロン株式会社) 2013.08.08, & US 2013/0168390 A1 & CN 103188835 A & KR 10-2013-0076725 A & TW 201343003 A	1 - 1 0