

(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
2020年6月18日(18.06.2020)



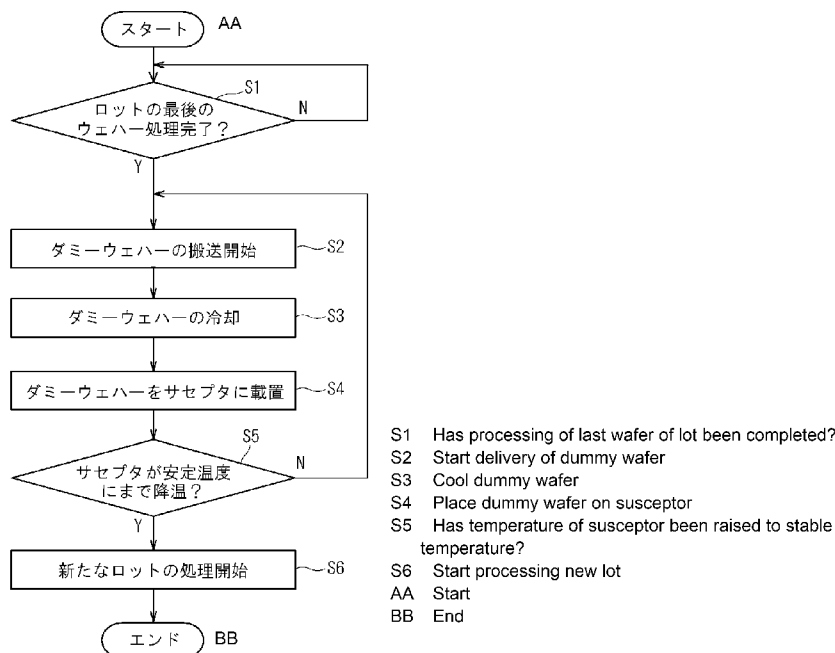
(10) 国際公開番号

WO 2020/121895 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/26 (2006.01) *H01L 21/677* (2006.01)
H01L 21/324 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/047236
- (22) 国際出願日: 2019年12月3日(03.12.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-233272 2018年12月13日(13.12.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社 S C R E E N ホールディングス (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP];
- 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 禎朗 (ITO Yoshio); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N セミコンダクターソリューションズ内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外 (YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区域見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: HEAT TREATMENT METHOD AND HEAT TREATMENT APPARATUS

(54) 発明の名称: 熱処理方法および熱処理装置



(57) Abstract: After the processing of a last semiconductor wafer of a preceding lot is completed, when a processing temperature of a subsequent lot is lower than that of the preceding lot and a stable temperature decreases, a dummy wafer is cooled down to room temperature or lower. The cooled dummy wafer is placed on a quartz susceptor inside a processing chamber and the temperature of the susceptor is lowered. The temperature of the susceptor can be quickly lowered to the stable temperature of the subsequent lot by repeatedly cooling the susceptor by a plurality of the dummy wafers.

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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))

(57) 要約: 先行するロットの最後の半導体ウェハーの処理が完了した後、後続ロットの処理温度が先行ロットよりも低くて安定温度が低下する場合にはダミーウェハーを室温以下にまで冷却する。冷却されたダミーウェハーは処理チャンバー内の石英のサセプタに載置され、そのサセプタの温度を降温させる。複数枚のダミーウェハーによって繰り返しサセプタを冷却することにより、サセプタの温度を迅速に後続ロットの安定温度にまで降温させることができる。

明 細 書

発明の名称：熱処理方法および熱処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウェハー等の薄板状精密電子基板（以下、単に「基板」と称する）に対して熱処理を行う熱処理方法および熱処理装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造プロセスにおいて、極めて短時間で半導体ウェハーを加熱するフラッシュランプアニール（F L A）が注目されている。フラッシュランプアニールは、キセノンフラッシュランプ（以下、単に「フラッシュランプ」とするときにはキセノンフラッシュランプを意味する）を使用して半導体ウェハーの表面にフラッシュ光を照射することにより、半導体ウェハーの表面のみを極めて短時間（数ミリ秒以下）に昇温させる熱処理技術である。

[0003] キセノンフラッシュランプの放射分光分布は紫外域から近赤外域であり、従来のハロゲンランプよりも波長が短く、シリコンの半導体ウェハーの基礎吸収帯とほぼ一致している。よって、キセノンフラッシュランプから半導体ウェハーにフラッシュ光を照射したときには、透過光が少なく半導体ウェハーを急速に昇温することが可能である。また、数ミリ秒以下の極めて短時間のフラッシュ光照射であれば、半導体ウェハーの表面近傍のみを選択的に昇温できることも判明している。

[0004] このようなフラッシュランプアニールは、極短時間の加熱が必要とされる処理、例えば典型的には半導体ウェハーに注入された不純物の活性化に利用される。イオン注入法によって不純物が注入された半導体ウェハーの表面にフラッシュランプからフラッシュ光を照射すれば、当該半導体ウェハーの表面を極短時間だけ活性化温度にまで昇温することができ、不純物を深く拡散させることなく、不純物活性化のみを実行することができるのである。

[0005] 典型的には、熱処理に限らず半導体ウェハーの処理はロット（同一条件に

て同一内容の処理を行う対象となる1組の半導体ウェハー)単位で行われる。枚葉式の基板処理装置では、ロットを構成する複数枚の半導体ウェハーに対して連続して順次に処理が行われる。フラッシュランプアニール装置においても、ロットを構成する複数の半導体ウェハーが1枚ずつチャンバーに搬入されて順次に熱処理が行われる。

[0006] ところが、ロットを構成する複数の半導体ウェハーを順次に処理する過程で半導体ウェハーを保持するサセプタ等のチャンバー内構造物の温度が変化することがある。このような現象は、暫く稼働停止状態にあったフラッシュランプアニール装置にて新たに処理を開始する場合や半導体ウェハーの処理温度等の処理条件を変化させた場合に生じる。ロットの複数の半導体ウェハーを処理する過程でサセプタ等のチャンバー内構造物の温度が変化すると、ロットの初期の半導体ウェハーと後半の半導体ウェハーとで処理時の温度履歴が異なるという問題が生じる。

[0007] このような問題を解決するために、製品ロットの処理を開始する前に、処理対象ではないダミーウェハーをチャンバー内に搬入してサセプタに支持し、当該ダミーウェハーに加熱処理を行うことにより、事前にサセプタ等のチャンバー内構造物を昇温しておくことが行われていた(ダミーランニング)。特許文献1には、10枚程度のダミーウェハーにダミーランニングを行ってサセプタ等のチャンバー内構造物の温度を処理時の安定温度に到達させることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2017-092102号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] サセプタ等のチャンバー内構造物を安定温度に昇温する場合には、特許文献1に開示されるようなダミーランニングを行うことによって実行すること

が可能である。しかしながら、先行するロットよりも後続のロットの処理温度が低い場合には、サセプタ等の温度を後続ロットでの安定温度に降温させなければならないこともある。このような場合には、上記のようなダミーランニングではサセプタ等を降温させることはできず、自然冷却によってサセプタ等のチャンバー内構造物が安定温度にまで降温するのを待つ必要があった。そうすると、後続ロットの処理を開始するまでの待機時間が長くなり、スループットが低下することとなっていた。

[0010] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、サセプタの温度を迅速に降温させることができる熱処理方法および熱処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するため、この発明の第1の態様は、基板に対して熱処理を行う熱処理方法において、チャンバー内にてサセプタに載置した基板に加熱源から加熱を行う加熱工程と、ダミーウェハーを冷却する冷却工程と、前記加熱工程が終了した後に、前記冷却工程で冷却された前記ダミーウェハーを前記サセプタに載置して前記サセプタの温度を降温させる温調工程と、を備える。

[0012] また、第2の態様は、第1の態様に係る熱処理方法において、前記温調工程では、前記サセプタの温度を前記基板の後続のロットの熱処理を行うときの安定温度に降温させる。

[0013] また、第3の態様は、第1または第2の態様に係る熱処理方法において、前記冷却工程では、前記ダミーウェハーを室温以下にまで冷却する。

[0014] また、第4の態様は、基板に対して熱処理を行う熱処理装置において、基板を収容するチャンバーと、前記チャンバー内にて前記基板を載置するサセプタと、前記サセプタに載置された前記基板を加熱する加熱源と、ダミーウェハーを冷却する冷却部と、前記ダミーウェハーを前記冷却部から前記チャンバーに搬送する搬送部と、を備え、前記基板に対する加熱処理が終了した後に、前記冷却部にて冷却された前記ダミーウェハーを前記サセプタに載置

して前記サセプタの温度を降温させる。

[0015] また、第5の態様は、第4の態様に係る熱処理装置において、前記基板に対する加熱処理が終了した後に、前記サセプタの温度を前記基板の後続のロットの熱処理を行うときの安定温度に降温させる。

[0016] また、第6の態様は、第4または第5の態様に係る熱処理装置において、前記冷却部は、前記ダミーウェハーを室温以下にまで冷却する。

発明の効果

[0017] 第1から第3の態様に係る熱処理方法によれば、加熱工程が終了した後に、冷却工程で冷却されたダミーウェハーをサセプタに載置してサセプタの温度を降温させるため、自然冷却に比較してサセプタの温度を迅速に降温させることができる。

[0018] 第4から第6の態様に係る熱処理装置によれば、基板に対する加熱処理が終了した後に、冷却部にて冷却されたダミーウェハーをサセプタに載置してサセプタの温度を降温させるため、自然冷却に比較してサセプタの温度を迅速に降温させることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明に係る熱処理装置を示す平面図である。

[図2]図1の熱処理装置の正面図である。

[図3]熱処理部の構成を示す縦断面図である。

[図4]保持部の全体外観を示す斜視図である。

[図5]サセプタの平面図である。

[図6]サセプタの断面図である。

[図7]移載機構の平面図である。

[図8]移載機構の側面図である。

[図9]複数のハロゲンランプの配置を示す平面図である。

[図10]ダミーウェハーを用いたサセプタの温調手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

[0021] まず、本発明に係る熱処理装置について説明する。図1は、本発明に係る熱処理装置100を示す平面図であり、図2はその正面図である。熱処理装置100は基板として円板形状の半導体ウェハ－Wにフラッシュ光を照射してその半導体ウェハ－Wを加熱するフラッシュランプアニール装置である。処理対象となる半導体ウェハ－Wのサイズは特に限定されるものではないが、例えばφ300mmやφ450mmである。熱処理装置100に搬入される前の半導体ウェハ－Wには不純物が注入されており、熱処理装置100による加熱処理によって注入された不純物の活性化処理が実行される。なお、図1および以降の各図においては、理解容易のため、必要に応じて各部の寸法や数を誇張または簡略化して描いている。また、図1～図3の各図においては、それらの方向関係を明確にするためZ軸方向を鉛直方向とし、XY平面を水平面とするXYZ直交座標系を付している。

[0022] 図1および図2に示すように、熱処理装置100は、未処理の半導体ウェハ－Wを外部から装置内に搬入するとともに処理済みの半導体ウェハ－Wを装置外に搬出するためのインデクサ部101、未処理の半導体ウェハ－Wの位置決めを行うアライメント部230、加熱処理後の半導体ウェハ－Wの冷却を行う2つの冷却部130、140、半導体ウェハ－Wにフラッシュ加熱処理を施す熱処理部160並びに冷却部130、140および熱処理部160に対して半導体ウェハ－Wの受け渡しを行う搬送ロボット150を備える。また、熱処理装置100は、上記の各処理部に設けられた動作機構および搬送ロボット150を制御して半導体ウェハ－Wのフラッシュ加熱処理を進行させる制御部3を備える。

[0023] インデクサ部101は、複数のキャリアCを並べて載置するロードポート110と、各キャリアCから未処理の半導体ウェハ－Wを取り出すとともに、各キャリアCに処理済みの半導体ウェハ－Wを収納する受渡ロボット120とを備えている。正確にはインデクサ部101には3つのロードポートが設けられており、ロードポート110は、第1ロードポート110a、第2

ロードポート 110b および第3ロードポート 110c を含む総称である（3つのロードポートを特に区別しない場合には単にロードポート 110 とする）。3つのロードポートのうち第1ロードポート 110a および第2ロードポート 110b には製品となる半導体ウェハ W（以下、プロダクトウェハ W と称する）を収容したキャリア C が載置される。一方、第3ロードポート 110c は、ダミーウェハ DW を収容したダミーキャリア DC 専用のロードポートである。すなわち、第3ロードポート 110c にはダミーキャリア DC のみが載置される。

[0024] 未処理の半導体ウェハ W を収容したキャリア C およびダミーキャリア DC は無人搬送車（AGV、OHT）等によって搬送されてロードポート 110 に載置される。また、処理済みの半導体ウェハ W を収容したキャリア C およびダミーキャリア DC も無人搬送車によってロードポート 110 から持ち去られる。

[0025] また、ロードポート 110 においては、受渡ロボット 120 がキャリア C およびダミーキャリア DC に対して任意の半導体ウェハ W（またはダミーウェハ DW）の出し入れを行うことができるように、キャリア C およびダミーキャリア DC が図2の矢印 CU にて示す如く昇降移動可能に構成されている。なお、キャリア C およびダミーキャリア DC の形態としては、半導体ウェハ W を密閉空間に収納する F O U P (front opening unified pod) の他に、S M I F (Standard Mechanical Inter Face) ポッドや収納した半導体ウェハ W を外気に曝す O C (open cassette) であっても良い。

[0026] また、受渡ロボット 120 は、図1の矢印 120S にて示すようなスライド移動、矢印 120R にて示すような旋回動作および昇降動作が可能とされている。これにより、受渡ロボット 120 は、キャリア C およびダミーキャリア DC に対して半導体ウェハ W の出し入れを行うとともに、アライメント部 230 および2つの冷却部 130, 140 に対して半導体ウェハ W の受け渡しを行う。受渡ロボット 120 によるキャリア C（またはダミーキャリア DC）に対する半導体ウェハ W の出し入れは、ハンド 121 のスライ

ド移動、および、キャリアCの昇降移動により行われる。また、受渡口ロボット120とアライメント部230または冷却部130、140との半導体ウェハWの受け渡しは、ハンド121のスライド移動、および、受渡口ロボット120の昇降動作によって行われる。

[0027] アライメント部230は、Y軸方向に沿ったインデクサ部101の側方に接続されて設けられている。アライメント部230は、半導体ウェハWを水平面内で回転させてフラッシュ加熱に適切な向きに向ける処理部である。アライメント部230は、アルミニウム合金製の筐体であるアライメントチャンバー231の内部に、半導体ウェハWを水平姿勢に支持して回転させる機構、および、半導体ウェハWの周縁部に形成されたノッチやオリフラ等を光学的に検出する機構などを設けて構成される。

[0028] アライメント部230への半導体ウェハWの受け渡しは受渡口ロボット120によって行われる。受渡口ロボット120からアライメントチャンバー231へはウェハ中心が所定の位置に位置するように半導体ウェハWが渡される。アライメント部230では、インデクサ部101から受け取った半導体ウェハWの中心部を回転中心として鉛直方向軸まわりで半導体ウェハWを回転させ、ノッチ等を光学的に検出することによって半導体ウェハWの向きを調整する。向き調整の終了した半導体ウェハWは受渡口ロボット120によってアライメントチャンバー231から取り出される。

[0029] 搬送口ロボット150による半導体ウェハWの搬送空間として搬送口ロボット150を収容する搬送チャンバー170が設けられている。その搬送チャンバー170の三方に熱処理部160の処理チャンバー6、冷却部130の第1クールチャンバー131および冷却部140の第2クールチャンバー141が連通接続されている。

[0030] 熱処理装置100の主要部である熱処理部160は、予備加熱を行った半導体ウェハWにキセノンフラッシュランプFLからの閃光（フラッシュ光）を照射してフラッシュ加熱処理を行う基板処理部である。この熱処理部160の構成についてはさらに後述する。

[0031] 2つの冷却部130, 140は、概ね同様の構成を備える。冷却部130, 140はそれぞれ、アルミニウム合金製の筐体である第1クールチャンバー131, 第2クールチャンバー141の内部に、金属製の冷却プレートと、その上面に載置された石英板とを備える（いずれも図示省略）。当該冷却プレートは、ペルチェ素子または冷却水循環によって10℃～15℃に温調されている。熱処理部160にてフラッシュ加熱処理が施された半導体ウェハWは、第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141に搬入されて当該石英板に載置されて冷却される。

[0032] 第1クールチャンバー131および第2クールチャンバー141はともに、インデクサ部101と搬送チャンバー170との間にて、それらの双方に接続されている。第1クールチャンバー131および第2クールチャンバー141には、半導体ウェハWを搬入出するための2つの開口が形設されている。第1クールチャンバー131の2つの開口のうちインデクサ部101に接続される開口はゲートバルブ181によって開閉可能とされている。一方、第1クールチャンバー131の搬送チャンバー170に接続される開口はゲートバルブ183によって開閉可能とされている。すなわち、第1クールチャンバー131とインデクサ部101とはゲートバルブ181を介して接続され、第1クールチャンバー131と搬送チャンバー170とはゲートバルブ183を介して接続されている。

[0033] インデクサ部101と第1クールチャンバー131との間で半導体ウェハWの受け渡しを行う際には、ゲートバルブ181が開放される。また、第1クールチャンバー131と搬送チャンバー170との間で半導体ウェハWの受け渡しを行う際には、ゲートバルブ183が開放される。ゲートバルブ181およびゲートバルブ183が閉鎖されているときには、第1クールチャンバー131の内部が密閉空間となる。

[0034] また、第2クールチャンバー141の2つの開口のうちインデクサ部101に接続される開口はゲートバルブ182によって開閉可能とされている。一方、第2クールチャンバー141の搬送チャンバー170に接続される開

口はゲートバルブ１８４によって開閉可能とされている。すなわち、第２クールチャンバー１４１とインデクサ部１０１とはゲートバルブ１８２を介して接続され、第２クールチャンバー１４１と搬送チャンバー１７０とはゲートバルブ１８４を介して接続されている。

[0035] インデクサ部１０１と第２クールチャンバー１４１との間で半導体ウェハーＷの受け渡しを行う際には、ゲートバルブ１８２が開放される。また、第２クールチャンバー１４１と搬送チャンバー１７０との間で半導体ウェハーＷの受け渡しを行う際には、ゲートバルブ１８４が開放される。ゲートバルブ１８２およびゲートバルブ１８４が閉鎖されているときには、第２クールチャンバー１４１の内部が密閉空間となる。

[0036] さらに、冷却部１３０，１４０はそれぞれ、第１クールチャンバー１３１，第２クールチャンバー１４１に清浄な窒素ガスを供給するガス供給機構とチャンバー内の雰囲気気を排気する排気機構とを備える。これらのガス供給機構および排気機構は、流量を２段階に切り換え可能とされていても良い。

[0037] 搬送チャンバー１７０に設けられた搬送ロボット１５０は、鉛直方向に沿った軸を中心に矢印１５０Ｒにて示すように旋回可能とされる。搬送ロボット１５０は、複数のアームセグメントからなる２つのリンク機構を有し、それら２つのリンク機構の先端にはそれぞれ半導体ウェハーＷを保持する搬送ハンド１５１ａ，１５１ｂが設けられている。これらの搬送ハンド１５１ａ，１５１ｂは上下に所定のピッチだけ隔てて配置され、リンク機構によりそれぞれ独立して同一水平方向に直線的にスライド移動可能とされている。また、搬送ロボット１５０は、２つのリンク機構が設けられるベースを昇降移動することにより、所定のピッチだけ離れた状態のまま２つの搬送ハンド１５１ａ，１５１ｂを昇降移動させる。

[0038] 搬送ロボット１５０が第１クールチャンバー１３１、第２クールチャンバー１４１または熱処理部１６０の処理チャンバー６を受け渡し相手として半導体ウェハーＷの受け渡し（出し入れ）を行う際には、まず、両搬送ハンド１５１ａ，１５１ｂが受け渡し相手と対向するように旋回し、その後（また

は旋回している間に)昇降移動していずれかの搬送ハンドが受け渡し相手と半導体ウェハ－Wを受け渡しする高さに位置する。そして、搬送ハンド151a(151b)を水平方向に直線的にスライド移動させて受け渡し相手と半導体ウェハ－Wの受け渡しを行う。

[0039] 搬送ロボット150と受渡ロボット120との半導体ウェハ－Wの受け渡しは冷却部130,140を介して行うことができる。すなわち、冷却部130の第1クールチャンバー131および冷却部140の第2クールチャンバー141は、搬送ロボット150と受渡ロボット120との間で半導体ウェハ－Wを受け渡すためのパスとしても機能するものである。具体的には、搬送ロボット150または受渡ロボット120のうちの一方が第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141に渡した半導体ウェハ－Wを他方が受け取ることによって半導体ウェハ－Wの受け渡しが行われる。搬送ロボット150および受渡ロボット120によって半導体ウェハ－WをキャリアCから熱処理部160にまで搬送する搬送機構が構成される。

[0040] 上述したように、第1クールチャンバー131および第2クールチャンバー141とインデクサ部101の間にはそれぞれゲートバルブ181,182が設けられている。また、搬送チャンバー170と第1クールチャンバー131および第2クールチャンバー141の間にはそれぞれゲートバルブ183,184が設けられている。さらに、搬送チャンバー170と熱処理部160の処理チャンバー6の間にはゲートバルブ185が設けられている。熱処理装置100内にて半導体ウェハ－Wが搬送される際には、適宜これらのゲートバルブが開閉される。また、搬送チャンバー170およびアライメントチャンバー231にもガス供給部から窒素ガスが供給されるとともに、それらの内部の雰囲気気は排気部によって排気される(いずれも図示省略)。

[0041] 次に、熱処理部160の構成について説明する。図3は、熱処理部160の構成を示す縦断面図である。熱処理部160は、半導体ウェハ－Wを収容して加熱処理を行う処理チャンバー6と、複数のフラッシュランプFLを内

蔵するフラッシュランプハウス5と、複数のハロゲンランプHLを内蔵するハロゲンランプハウス4と、を備える。処理チャンバー6の上側にフラッシュランプハウス5が設けられるとともに、下側にハロゲンランプハウス4が設けられている。また、熱処理部160は、処理チャンバー6の内部に、半導体ウェハーWを水平姿勢に保持する保持部7と、保持部7と搬送ロボット150との間で半導体ウェハーWの受け渡しを行う移載機構10と、を備える。

[0042] 処理チャンバー6は、筒状のチャンバー側部61の上下に石英製のチャンバー窓を装着して構成されている。チャンバー側部61は上下が開口された概略筒形状を有しており、上側開口には上側チャンバー窓63が装着されて閉塞され、下側開口には下側チャンバー窓64が装着されて閉塞されている。処理チャンバー6の天井部を構成する上側チャンバー窓63は、石英により形成された円板形状部材であり、フラッシュランプFLから出射されたフラッシュ光を処理チャンバー6内に透過する石英窓として機能する。また、処理チャンバー6の床部を構成する下側チャンバー窓64も、石英により形成された円板形状部材であり、ハロゲンランプHLからの光を処理チャンバー6内に透過する石英窓として機能する。

[0043] また、チャンバー側部61の内側の壁面の上部には反射リング68が装着され、下部には反射リング69が装着されている。反射リング68、69は、ともに円環状に形成されている。上側の反射リング68は、チャンバー側部61の上側から嵌め込むことによって装着される。一方、下側の反射リング69は、チャンバー側部61の下側から嵌め込んで図示省略のビスで留めることによって装着される。すなわち、反射リング68、69は、ともに着脱自在にチャンバー側部61に装着されるものである。処理チャンバー6の内側空間、すなわち上側チャンバー窓63、下側チャンバー窓64、チャンバー側部61および反射リング68、69によって囲まれる空間が熱処理空間65として規定される。

[0044] チャンバー側部61に反射リング68、69が装着されることによって、

処理チャンバー 6 の内壁面に凹部 6 2 が形成される。すなわち、チャンバー側部 6 1 の内壁面のうち反射リング 6 8, 6 9 が装着されていない中央部分と、反射リング 6 8 の下端面と、反射リング 6 9 の上端面とで囲まれた凹部 6 2 が形成される。凹部 6 2 は、処理チャンバー 6 の内壁面に水平方向に沿って円環状に形成され、半導体ウェハー W を保持する保持部 7 を囲繞する。チャンバー側部 6 1 および反射リング 6 8, 6 9 は、強度と耐熱性に優れた金属材料（例えば、ステンレススチール）にて形成されている。

[0045] また、チャンバー側部 6 1 には、処理チャンバー 6 に対して半導体ウェハー W の搬入および搬出を行うための搬送開口部（炉口） 6 6 が形設されている。搬送開口部 6 6 は、ゲートバルブ 1 8 5 によって開閉可能とされている。搬送開口部 6 6 は凹部 6 2 の外周面に連通接続されている。このため、ゲートバルブ 1 8 5 が搬送開口部 6 6 を開放しているときには、搬送開口部 6 6 から凹部 6 2 を通過して熱処理空間 6 5 への半導体ウェハー W の搬入および熱処理空間 6 5 からの半導体ウェハー W の搬出を行うことができる。また、ゲートバルブ 1 8 5 が搬送開口部 6 6 を閉鎖すると処理チャンバー 6 内の熱処理空間 6 5 が密閉空間とされる。

[0046] また、処理チャンバー 6 の内壁上部には熱処理空間 6 5 に処理ガスを供給するガス供給孔 8 1 が形設されている。ガス供給孔 8 1 は、凹部 6 2 よりも上側位置に形設されており、反射リング 6 8 に設けられていても良い。ガス供給孔 8 1 は処理チャンバー 6 の側壁内部に円環状に形成された緩衝空間 8 2 を介してガス供給管 8 3 に連通接続されている。ガス供給管 8 3 は処理ガス供給源 8 5 に接続されている。また、ガス供給管 8 3 の経路途中にはバルブ 8 4 が介挿されている。バルブ 8 4 が開放されると、処理ガス供給源 8 5 から緩衝空間 8 2 に処理ガスが送給される。緩衝空間 8 2 に流入した処理ガスは、ガス供給孔 8 1 よりも流体抵抗の小さい緩衝空間 8 2 内を拡がるように流れてガス供給孔 8 1 から熱処理空間 6 5 内へと供給される。処理ガスとしては、窒素（ N_2 ）等の不活性ガス、または、水素（ H_2 ）、アンモニア（ NH_3 ）等の反応性ガスを用いることができる（本実施形態では窒素）。

[0047] 一方、処理チャンバー 6 の内壁下部には熱処理空間 6 5 内の気体を排気するガス排気孔 8 6 が形設されている。ガス排気孔 8 6 は、凹部 6 2 よりも下側位置に形設されており、反射リング 6 9 に設けられていても良い。ガス排気孔 8 6 は処理チャンバー 6 の側壁内部に円環状に形成された緩衝空間 8 7 を介してガス排気管 8 8 に連通接続されている。ガス排気管 8 8 は排気機構 1 9 0 に接続されている。また、ガス排気管 8 8 の経路途中にはバルブ 8 9 が介挿されている。バルブ 8 9 が開放されると、熱処理空間 6 5 の気体がガス排気孔 8 6 から緩衝空間 8 7 を経てガス排気管 8 8 へと排出される。なお、ガス供給孔 8 1 およびガス排気孔 8 6 は、処理チャンバー 6 の周方向に沿って複数設けられていても良いし、スリット状のものであっても良い。また、処理ガス供給源 8 5 および排気機構 1 9 0 は、熱処理装置 1 0 0 に設けられた機構であっても良いし、熱処理装置 1 0 0 が設置される工場のユーティリティであっても良い。

[0048] また、搬送開口部 6 6 の先端にも熱処理空間 6 5 内の気体を排出するガス排気管 1 9 1 が接続されている。ガス排気管 1 9 1 はバルブ 1 9 2 を介して排気機構 1 9 0 に接続されている。バルブ 1 9 2 を開放することによって、搬送開口部 6 6 を介して処理チャンバー 6 内の気体が排気される。

[0049] 図 4 は、保持部 7 の全体外観を示す斜視図である。保持部 7 は、基台リング 7 1、連結部 7 2 およびサセプタ 7 4 を備えて構成される。基台リング 7 1、連結部 7 2 およびサセプタ 7 4 はいずれも石英にて形成されている。すなわち、保持部 7 の全体が石英にて形成されている。

[0050] 基台リング 7 1 は円環形状から一部が欠落した円弧形状の石英部材である。この欠落部分は、後述する移載機構 1 0 の移載アーム 1 1 と基台リング 7 1 との干渉を防ぐために設けられている。基台リング 7 1 は凹部 6 2 の底面に載置されることによって、処理チャンバー 6 の壁面に支持されることとなる（図 3 参照）。基台リング 7 1 の上面に、その円環形状の周方向に沿って複数の連結部 7 2（本実施形態では 4 個）が立設される。連結部 7 2 も石英の部材であり、溶接によって基台リング 7 1 に固着される。

[0051] サセプタ 7 4 は基台リング 7 1 に設けられた 4 個の連結部 7 2 によって支持される。図 5 は、サセプタ 7 4 の平面図である。また、図 6 は、サセプタ 7 4 の断面図である。サセプタ 7 4 は、保持プレート 7 5、ガイドリング 7 6 および複数の基板支持ピン 7 7 を備える。保持プレート 7 5 は、石英にて形成された略円形の平板状部材である。保持プレート 7 5 の直径は半導体ウェハ W の直径よりも大きい。すなわち、保持プレート 7 5 は、半導体ウェハ W よりも大きな平面サイズを有する。

[0052] 保持プレート 7 5 の上面周縁部にガイドリング 7 6 が設置されている。ガイドリング 7 6 は、半導体ウェハ W の直径よりも大きな内径を有する円環形状の部材である。例えば、半導体ウェハ W の直径が $\phi 300\text{ mm}$ の場合、ガイドリング 7 6 の内径は $\phi 320\text{ mm}$ である。ガイドリング 7 6 の内周は、保持プレート 7 5 から上方に向けて広くなるようなテーパ面とされている。ガイドリング 7 6 は、保持プレート 7 5 と同様の石英にて形成される。ガイドリング 7 6 は、保持プレート 7 5 の上面に溶着するようにしても良いし、別途加工したピンなどによって保持プレート 7 5 に固定するようにしても良い。或いは、保持プレート 7 5 とガイドリング 7 6 とを一体の部材として加工するようにしても良い。

[0053] 保持プレート 7 5 の上面のうちガイドリング 7 6 よりも内側の領域が半導体ウェハ W を保持する平面状の保持面 7 5 a とされる。保持プレート 7 5 の保持面 7 5 a には、複数の基板支持ピン 7 7 が立設されている。本実施形態においては、保持面 7 5 a の外周円（ガイドリング 7 6 の内周円）と同心円の周上に沿って 30° 毎に計 12 個の基板支持ピン 7 7 が立設されている。12 個の基板支持ピン 7 7 を配置した円の径（対向する基板支持ピン 7 7 間の距離）は半導体ウェハ W の径よりも小さく、半導体ウェハ W の径が $\phi 300\text{ mm}$ であれば $\phi 270\text{ mm} \sim \phi 280\text{ mm}$ （本実施形態では $\phi 270\text{ mm}$ ）である。それぞれの基板支持ピン 7 7 は石英にて形成されている。複数の基板支持ピン 7 7 は、保持プレート 7 5 の上面に溶接によって設けるようにしても良いし、保持プレート 7 5 と一体に加工するようにしても良い。

。

[0054] 図4に戻り、基台リング71に立設された4個の連結部72とサセプタ74の保持プレート75の周縁部とが溶接によって固着される。すなわち、サセプタ74と基台リング71とは連結部72によって固定的に連結されている。このような保持部7の基台リング71が処理チャンバー6の壁面に支持されることによって、保持部7が処理チャンバー6に装着される。保持部7が処理チャンバー6に装着された状態においては、サセプタ74の保持プレート75は水平姿勢（法線が鉛直方向と一致する姿勢）となる。すなわち、保持プレート75の保持面75aは水平面となる。

[0055] 処理チャンバー6に搬入された半導体ウェハーWは、処理チャンバー6に装着された保持部7のサセプタ74の上に水平姿勢にて載置されて保持される。このとき、半導体ウェハーWは保持プレート75上に立設された12個の基板支持ピン77によって支持されてサセプタ74に保持される。より厳密には、12個の基板支持ピン77の上端部が半導体ウェハーWの下面に接触して当該半導体ウェハーWを支持する。12個の基板支持ピン77の高さ（基板支持ピン77の上端から保持プレート75の保持面75aまでの距離）は均一であるため、12個の基板支持ピン77によって半導体ウェハーWを水平姿勢に支持することができる。

[0056] また、半導体ウェハーWは複数の基板支持ピン77によって保持プレート75の保持面75aから所定の間隔を隔てて支持されることとなる。基板支持ピン77の高さよりもガイドリング76の厚さの方が大きい。従って、複数の基板支持ピン77によって支持された半導体ウェハーWの水平方向の位置ずれはガイドリング76によって防止される。

[0057] また、図4および図5に示すように、サセプタ74の保持プレート75には、上下に貫通して開口部78が形成されている。開口部78は、端縁部放射温度計20（図3参照）がサセプタ74に保持された半導体ウェハーWの下面から放射される放射光（赤外光）を受光するために設けられている。すなわち、端縁部放射温度計20が開口部78を介してサセプタ74に保持さ

れた半導体ウェハ－Wの下面から放射された光を受光してその半導体ウェハ－Wの温度を測定する。さらに、サセプタ74の保持プレート75には、後述する移載機構10のリフトピン12が半導体ウェハ－Wの受け渡しのために貫通する4個の貫通孔79が穿設されている。

[0058] 図7は、移載機構10の平面図である。また、図8は、移載機構10の側面図である。移載機構10は、2本の移載アーム11を備える。移載アーム11は、概ね円環状の凹部62に沿うような円弧形状とされている。それぞれの移載アーム11には2本のリフトピン12が立設されている。各移載アーム11は水平移動機構13によって回動可能とされている。水平移動機構13は、一对の移載アーム11を保持部7に対して半導体ウェハ－Wの移載を行う移載動作位置（図7の実線位置）と保持部7に保持された半導体ウェハ－Wと平面視で重ならない退避位置（図7の二点鎖線位置）との間で水平移動させる。移載動作位置はサセプタ74の下方であり、退避位置はサセプタ74よりも外方である。水平移動機構13としては、個別のモータによって各移載アーム11をそれぞれ回動させるものであっても良いし、リンク機構を用いて1個のモータによって一对の移載アーム11を連動させて回動させるものであっても良い。

[0059] また、一对の移載アーム11は、昇降機構14によって水平移動機構13とともに昇降移動される。昇降機構14が一对の移載アーム11を移載動作位置にて上昇させると、計4本のリフトピン12がサセプタ74に穿設された貫通孔79（図4，5参照）を通過し、リフトピン12の上端がサセプタ74の上面から突き出る。一方、昇降機構14が一对の移載アーム11を移載動作位置にて下降させてリフトピン12を貫通孔79から抜き取り、水平移動機構13が一对の移載アーム11を開くように移動させると各移載アーム11が退避位置に移動する。一对の移載アーム11の退避位置は、保持部7の基台リング71の直上である。基台リング71は凹部62の底面に載置されているため、移載アーム11の退避位置は凹部62の内側となる。なお、移載機構10の駆動部（水平移動機構13および昇降機構14）が設けら

れている部位の近傍にも図示省略の排気機構が設けられており、移載機構 10 の駆動部周辺の雰囲気処理チャンバー 6 の外部に排出されるように構成されている。

[0060] 図 3 に戻り、熱処理部 160 は端縁部放射温度計（エッジパイロメーター）20 および中央部放射温度計（センターパイロメーター）25 の 2 つの放射温度計を備える。上述の通り、端縁部放射温度計 20 は、サセプタ 74 の開口部 78 を介して半導体ウェハ W の下面から放射された赤外光を受光し、その赤外光の強度から半導体ウェハ W の温度を測定するウェハ温度計である。一方、中央部放射温度計 25 は、サセプタ 74 の中央部から放射された赤外光を受光し、その赤外光の強度からサセプタ 74 の温度を測定するサセプタ温度計である。なお、図示の便宜上、図 3 では端縁部放射温度計 20 および中央部放射温度計 25 を処理チャンバー 6 の内部に記載しているが、これらはいずれも処理チャンバー 6 の外壁面に取り付けられ、外壁面に設けられた貫通孔を通して赤外光を受光する。

[0061] 処理チャンバー 6 の上方に設けられたフラッシュランプハウス 5 は、筐体 51 の内側に、複数本（本実施形態では 30 本）のキセノンフラッシュランプ FL からなる光源と、その光源の上方を覆うように設けられたリフレクタ 52 と、を備えて構成される。また、フラッシュランプハウス 5 の筐体 51 の底部にはランプ光放射窓 53 が装着されている。フラッシュランプハウス 5 の床部を構成するランプ光放射窓 53 は、石英により形成された板状の石英窓である。フラッシュランプハウス 5 が処理チャンバー 6 の上方に設置されることにより、ランプ光放射窓 53 が上側チャンバー窓 63 と相対向することとなる。フラッシュランプ FL は処理チャンバー 6 の上方からランプ光放射窓 53 および上側チャンバー窓 63 を介して熱処理空間 65 にフラッシュ光を照射する。

[0062] 複数のフラッシュランプ FL は、それぞれが長尺の円筒形状を有する棒状ランプであり、それぞれの長手方向が保持部 7 に保持される半導体ウェハ W の主面に沿って（つまり水平方向に沿って）互いに平行となるように平面

状に配列されている。よって、フラッシュランプFLの配列によって形成される平面も水平面である。

[0063] キセノンフラッシュランプFLは、その内部にキセノンガスが封入されその両端部にコンデンサーに接続された陽極および陰極が配設された棒状のガラス管（放電管）と、該ガラス管の外周面上に付設されたトリガー電極とを備える。キセノンガスは電氣的には絶縁体であることから、コンデンサーに電荷が蓄積されていたとしても通常の状態ではガラス管内に電気は流れない。しかしながら、トリガー電極に高電圧を印加して絶縁を破壊した場合には、コンデンサーに蓄えられた電気がガラス管内に瞬時に流れ、そのときのキセノンの原子あるいは分子の励起によって光が放出される。このようなキセノンフラッシュランプFLにおいては、予めコンデンサーに蓄えられていた静電エネルギーが0.1ミリセカンドないし100ミリセカンドという極めて短い光パルスに変換されることから、ハロゲンランプHLの如き連続点灯の光源に比べて極めて強い光を照射し得るという特徴を有する。すなわち、フラッシュランプFLは、1秒未満の極めて短い時間で瞬間的に発光するパルス発光ランプである。なお、フラッシュランプFLの発光時間は、フラッシュランプFLに電力供給を行うランプ電源のコイル定数によって調整することができる。

[0064] また、リフレクタ52は、複数のフラッシュランプFLの上方にそれら全体を覆うように設けられている。リフレクタ52の基本的な機能は、複数のフラッシュランプFLから出射されたフラッシュ光を熱処理空間65の側に反射するというものである。リフレクタ52はアルミニウム合金板にて形成されており、その表面（フラッシュランプFLに臨む側の面）はブラスト処理により粗面化加工が施されている。

[0065] 処理チャンバー6の下方に設けられたハロゲンランプハウス4は、筐体41の内側に複数本（本実施形態では40本）のハロゲンランプHLを内蔵している。複数のハロゲンランプHLは処理チャンバー6の下方から下側チャンバー窓64を介して熱処理空間65への光照射を行う。

[0066] 図9は、複数のハロゲンランプHLの配置を示す平面図である。本実施形態では、上下2段に各20本ずつのハロゲンランプHLが配設されている。各ハロゲンランプHLは、長尺の円筒形状を有する棒状ランプである。上段、下段ともに20本のハロゲンランプHLは、それぞれの長手方向が保持部7に保持される半導体ウェハWの主面に沿って（つまり水平方向に沿って）互いに平行となるように配列されている。よって、上段、下段ともにハロゲンランプHLの配列によって形成される平面は水平面である。

[0067] また、図9に示すように、上段、下段ともに保持部7に保持される半導体ウェハWの中央部に対向する領域よりも周縁部に対向する領域におけるハロゲンランプHLの配設密度が高くなっている。すなわち、上下段ともに、ランプ配列の中央部よりも周縁部の方がハロゲンランプHLの配設ピッチが短い。このため、ハロゲンランプHLからの光照射による加熱時に温度低下が生じやすい半導体ウェハWの周縁部により多い光量の照射を行うことができる。

[0068] また、上段のハロゲンランプHLからなるランプ群と下段のハロゲンランプHLからなるランプ群とが格子状に交差するように配列されている。すなわち、上段の各ハロゲンランプHLの長手方向と下段の各ハロゲンランプHLの長手方向とが直交するように計40本のハロゲンランプHLが配設されている。

[0069] ハロゲンランプHLは、ガラス管内部に配設されたフィラメントに通電することでフィラメントを白熱化させて発光させるフィラメント方式の光源である。ガラス管の内部には、窒素やアルゴン等の不活性ガスにハロゲン元素（ヨウ素、臭素等）を微量導入した気体が封入されている。ハロゲン元素を導入することによって、フィラメントの折損を抑制しつつフィラメントの温度を高温に設定することが可能となる。したがって、ハロゲンランプHLは、通常の白熱電球に比べて寿命が長くかつ強い光を連続的に照射できるという特性を有する。すなわち、ハロゲンランプHLは少なくとも1秒以上連続して発光する連続点灯ランプである。また、ハロゲンランプHLは棒状ラン

プであるため長寿命であり、ハロゲンランプHLを水平方向に沿わせて配置することにより上方の半導体ウェハ－Wへの放射効率が優れたものとなる。

[0070] また、ハロゲンランプハウス4の筐体41内にも、2段のハロゲンランプHLの下側にリフレクタ43が設けられている（図3）。リフレクタ43は、複数のハロゲンランプHLから出射された光を熱処理空間65の側に反射する。

[0071] 制御部3は、熱処理装置100に設けられた上記の種々の動作機構を制御する。制御部3のハードウェアとしての構成は一般的なコンピュータと同様である。すなわち、制御部3は、各種演算処理を行う回路であるCPU、基本プログラムを記憶する読み出し専用のメモリであるROM、各種情報を記憶する読み書き自在のメモリであるRAMおよび制御用ソフトウェアやデータなどを記憶しておく磁気ディスクを備えている。制御部3のCPUが所定の処理プログラムを実行することによって熱処理装置100における処理が進行する。なお、図1においては、インデкса部101内に制御部3を示しているが、これに限定されるものではなく、制御部3は熱処理装置100内の任意の位置に配置することができる。

[0072] 上記の構成以外にも熱処理部160は、半導体ウェハ－Wの熱処理時にハロゲンランプHLおよびフラッシュランプFLから発生する熱エネルギーによるハロゲンランプハウス4、フラッシュランプハウス5および処理チャンバー6の過剰な温度上昇を防止するため、様々な冷却用の構造を備えている。例えば、処理チャンバー6の壁体には水冷管（図示省略）が設けられている。また、ハロゲンランプハウス4およびフラッシュランプハウス5は、内部に気体流を形成して排熱する空冷構造とされている。また、上側チャンバー窓63とランプ光放射窓53との間隙にも空気が供給され、フラッシュランプハウス5および上側チャンバー窓63を冷却する。

[0073] 次に、本発明に係る熱処理装置100の処理動作について説明する。ここでは、製品となる半導体ウェハ－（プロダクトウェハ－）Wに対する通常の処理動作について説明した後、ダミーウェハ－DWを用いた温調処理につい

て説明する。処理対象となる半導体ウェハーWはイオン注入法により不純物（イオン）が添加された半導体基板である。その不純物の活性化が熱処理装置100によるフラッシュ光照射加熱処理（アニール）により実行される。

[0074] まず、不純物が注入された未処理の半導体ウェハーWがキャリアCに複数枚収容された状態でインデクサ部101の第1ロードポート110aまたは第2ロードポート110bに載置される。そして、受渡ロボット120がキャリアCから未処理の半導体ウェハーWを1枚ずつ取り出し、アライメント部230のアライメントチャンバー231に搬入する。アライメントチャンバー231では、半導体ウェハーWをその中心部を回転中心として水平面内にて鉛直方向軸まわりで回転させ、ノッチ等を光学的に検出することによって半導体ウェハーWの向きを調整する。

[0075] 次に、インデクサ部101の受渡ロボット120がアライメントチャンバー231から向きの調整された半導体ウェハーWを取り出し、冷却部130の第1クールチャンバー131または冷却部140の第2クールチャンバー141に搬入する。第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141に搬入された未処理の半導体ウェハーWは搬送ロボット150によって搬送チャンバー170に搬出される。未処理の半導体ウェハーWがインデクサ部101から第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141を経て搬送チャンバー170に移送される際には、第1クールチャンバー131および第2クールチャンバー141は半導体ウェハーWの受け渡しのためのパスとして機能するのである。

[0076] 半導体ウェハーWを取り出した搬送ロボット150は熱処理部160を向くように旋回する。続いて、ゲートバルブ185が処理チャンバー6と搬送チャンバー170との間を開放し、搬送ロボット150が未処理の半導体ウェハーWを処理チャンバー6に搬入する。このときに、先行する加熱処理済みの半導体ウェハーWが処理チャンバー6に存在している場合には、搬送ハンド151a, 151bの一方によって加熱処理後の半導体ウェハーWを取り出してから未処理の半導体ウェハーWを処理チャンバー6に搬入してウェ

ハー入れ替えを行う。その後、ゲートバルブ１８５が処理チャンバー６と搬送チャンバー１７０との間を閉鎖する。

[0077] 処理チャンバー６に搬入された半導体ウェハーＷには、ハロゲンランプＨＬによって予備加熱が行われた後、フラッシュランプＦＬからのフラッシュ光照射によってフラッシュ加熱処理が行われる。このフラッシュ加熱処理により半導体ウェハーＷに注入された不純物の活性化が行われる。

[0078] フラッシュ加熱処理が終了した後、ゲートバルブ１８５が処理チャンバー６と搬送チャンバー１７０との間を再び開放し、搬送ロボット１５０が処理チャンバー６からフラッシュ加熱処理後の半導体ウェハーＷを搬送チャンバー１７０に搬出する。半導体ウェハーＷを取り出した搬送ロボット１５０は、処理チャンバー６から第１クールチャンバー１３１または第２クールチャンバー１４１に向くように旋回する。また、ゲートバルブ１８５が処理チャンバー６と搬送チャンバー１７０との間を閉鎖する。

[0079] その後、搬送ロボット１５０が加熱処理後の半導体ウェハーＷを冷却部１３０の第１クールチャンバー１３１または冷却部１４０の第２クールチャンバー１４１に搬入する。このとき、当該半導体ウェハーＷが加熱処理前に第１クールチャンバー１３１を通過している場合には加熱処理後にも第１クールチャンバー１３１に搬入され、加熱処理前に第２クールチャンバー１４１を通過している場合には加熱処理後にも第２クールチャンバー１４１に搬入される。第１クールチャンバー１３１または第２クールチャンバー１４１では、フラッシュ加熱処理後の半導体ウェハーＷの冷却処理が行われる。熱処理部１６０の処理チャンバー６から搬出された時点での半導体ウェハーＷ全体の温度は比較的高温であるため、これを第１クールチャンバー１３１または第２クールチャンバー１４１にて常温近傍にまで冷却するのである。

[0080] 所定の冷却処理時間が経過した後、受渡ロボット１２０が冷却後の半導体ウェハーＷを第１クールチャンバー１３１または第２クールチャンバー１４１から搬出し、キャリアＣへと返却する。キャリアＣに所定枚数の処理済み半導体ウェハーＷが収容されると、そのキャリアＣはインデクサ部１０１の

第1ロードポート110aまたは第2ロードポート110bから搬出される。

[0081] 熱処理部160における加熱処理について説明を続ける。処理チャンバー6への半導体ウェハWの搬入に先立って、給気のためのバルブ84が開放されるとともに、排気用のバルブ89、192が開放されて処理チャンバー6内に対する給排気が始まる。バルブ84が開放されると、ガス供給孔81から熱処理空間65に窒素ガスが供給される。また、バルブ89が開放されると、ガス排気孔86から処理チャンバー6内の気体が排気される。これにより、処理チャンバー6内の熱処理空間65の上部から供給された窒素ガスが下方へと流れ、熱処理空間65の下部から排気される。

[0082] また、バルブ192が開放されることによって、搬送開口部66からも処理チャンバー6内の気体が排気される。さらに、図示省略の排気機構によって移載機構10の駆動部周辺の雰囲気も排気される。なお、熱処理部160における半導体ウェハWの熱処理時には窒素ガスが熱処理空間65に継続的に供給されており、その供給量は処理工程に応じて適宜変更される。

[0083] 続いて、ゲートバルブ185が開いて搬送開口部66が開放され、搬送ロボット150により搬送開口部66を介して処理対象となる半導体ウェハWが処理チャンバー6内の熱処理空間65に搬入される。搬送ロボット150は、未処理の半導体ウェハWを保持する搬送ハンド151a（または搬送ハンド151b）を保持部7の直上位置まで進出させて停止させる。そして、移載機構10の一对の移載アーム11が退避位置から移載動作位置に水平移動して上昇することにより、リフトピン12が貫通孔79を通してサセプタ74の保持プレート75の上面から突き出て半導体ウェハWを受け取る。このとき、リフトピン12は基板支持ピン77の上端よりも上方にまで上昇する。

[0084] 未処理の半導体ウェハWがリフトピン12に載置された後、搬送ロボット150が搬送ハンド151aを熱処理空間65から退出させ、ゲートバルブ185によって搬送開口部66が閉鎖される。そして、一对の移載アーム

11が下降することにより、半導体ウェハ－Wは移載機構10から保持部7のサセプタ74に受け渡されて水平姿勢にて下方より保持される。半導体ウェハ－Wは、保持プレート75上に立設された複数の基板支持ピン77によって支持されてサセプタ74に保持される。また、半導体ウェハ－Wは、パターン形成がなされて不純物が注入された表面を上面として保持部7に保持される。複数の基板支持ピン77によって支持された半導体ウェハ－Wの裏面（表面とは反対側の主面）と保持プレート75の保持面75aとの間には所定の間隔が形成される。サセプタ74の下方にまで下降した一对の移載アーム11は水平移動機構13によって退避位置、すなわち凹部62の内側に退避する。

[0085] 半導体ウェハ－Wが保持部7のサセプタ74によって水平姿勢にて下方より保持された後、40本のハロゲンランプHLが一斉に点灯して予備加熱（アシスト加熱）が開始される。ハロゲンランプHLから出射されたハロゲン光は、石英にて形成された下側チャンバー窓64およびサセプタ74を透過して半導体ウェハ－Wの下面から照射される。ハロゲンランプHLからの光照射を受けることによって半導体ウェハ－Wが予備加熱されて温度が上昇する。なお、移載機構10の移載アーム11は凹部62の内側に退避しているため、ハロゲンランプHLによる加熱の障害となることは無い。

[0086] ハロゲンランプHLによる予備加熱を行うときには、半導体ウェハ－Wの温度が端縁部放射温度計20によって測定されている。すなわち、サセプタ74に保持された半導体ウェハ－Wの下面から開口部78を介して放射された赤外光を端縁部放射温度計20が受光して昇温中のウェハ－温度を測定する。測定された半導体ウェハ－Wの温度は制御部3に伝達される。制御部3は、ハロゲンランプHLからの光照射によって昇温する半導体ウェハ－Wの温度が所定の予備加熱温度T1に到達したか否かを監視しつつ、ハロゲンランプHLの出力を制御する。すなわち、制御部3は、端縁部放射温度計20による測定値に基づいて、半導体ウェハ－Wの温度が予備加熱温度T1となるようにハロゲンランプHLの出力をフィードバック制御する。予備加熱温

度 T_1 は、半導体ウェハー W に添加された不純物が熱により拡散する恐れのない、 600°C ないし 800°C 程度とされる（本実施の形態では 700°C ）。

[0087] 半導体ウェハー W の温度が予備加熱温度 T_1 に到達した後、制御部3は半導体ウェハー W をその予備加熱温度 T_1 に暫時維持する。具体的には、端縁部放射温度計20によって測定される半導体ウェハー W の温度が予備加熱温度 T_1 に到達した時点にて制御部3がハロゲンランプ HL の出力を調整し、半導体ウェハー W の温度をほぼ予備加熱温度 T_1 に維持している。

[0088] このようなハロゲンランプ HL による予備加熱を行うことによって、半導体ウェハー W の全体を予備加熱温度 T_1 に均一に昇温している。ハロゲンランプ HL による予備加熱の段階においては、より放熱が生じやすい半導体ウェハー W の周縁部の温度が中央部よりも低下する傾向にあるが、ハロゲンランプハウス4におけるハロゲンランプ HL の配設密度は、半導体ウェハー W の中央部に対向する領域よりも周縁部に対向する領域の方が高くなっている。このため、放熱が生じやすい半導体ウェハー W の周縁部に照射される光量が多くなり、予備加熱段階における半導体ウェハー W の面内温度分布を均一なものとすることができる。

[0089] 半導体ウェハー W の温度が予備加熱温度 T_1 に到達して所定時間が経過した時点にてフラッシュランプ FL が半導体ウェハー W の表面にフラッシュ光照射を行う。このとき、フラッシュランプ FL から放射されるフラッシュ光の一部は直接に処理チャンバー6内へと向かい、他の一部は一旦リフレクタ52により反射されてから処理チャンバー6内へと向かい、これらのフラッシュ光の照射により半導体ウェハー W のフラッシュ加熱が行われる。

[0090] フラッシュ加熱は、フラッシュランプ FL からのフラッシュ光（閃光）照射により行われるため、半導体ウェハー W の表面温度を短時間で上昇することができる。すなわち、フラッシュランプ FL から照射されるフラッシュ光は、予めコンデンサーに蓄えられていた静電エネルギーが極めて短い光パルスに変換された、照射時間が0.1ミリ秒以上100ミリ秒以下

下程度の極めて短く強い閃光である。そして、フラッシュランプFLからのフラッシュ光照射によりフラッシュ加熱される半導体ウェハ－Wの表面温度は、瞬間的に1000℃以上の処理温度T2まで上昇し、半導体ウェハ－Wに注入された不純物が活性化された後、表面温度が急速に下降する。このように、フラッシュ加熱では半導体ウェハ－Wの表面温度を極めて短時間で昇降することができるため、半導体ウェハ－Wに注入された不純物の熱による拡散を抑制しつつ不純物の活性化を行うことができる。なお、不純物の活性化に必要な時間はその熱拡散に必要な時間に比較して極めて短いため、0.1ミリ秒ないし100ミリ秒程度の拡散が生じない短時間であっても活性化は完了する。

[0091] フラッシュ加熱処理が終了した後、所定時間経過後にハロゲンランプHLが消灯する。これにより、半導体ウェハ－Wが予備加熱温度T1から急速に降温する。降温中の半導体ウェハ－Wの温度は端縁部放射温度計20によって測定され、その測定結果は制御部3に伝達される。制御部3は、端縁部放射温度計20の測定結果より半導体ウェハ－Wの温度が所定温度まで降温したか否かを監視する。そして、半導体ウェハ－Wの温度が所定以下にまで降温した後、移載機構10の一对の移載アーム11が再び退避位置から移載動作位置に水平移動して上昇することにより、リフトピン12がサセプタ74の上面から突き出て熱処理後の半導体ウェハ－Wをサセプタ74から受け取る。続いて、ゲートバルブ185により閉鎖されていた搬送開口部66が開放され、リフトピン12上に載置された処理後の半導体ウェハ－Wが搬送ロボット150の搬送ハンド151b（または搬送ハンド151a）により搬出される。搬送ロボット150は、搬送ハンド151bをリフトピン12によって突き上げられた半導体ウェハ－Wの直下位置にまで進出させて停止させる。そして、一对の移載アーム11が下降することにより、フラッシュ加熱後の半導体ウェハ－Wが搬送ハンド151bに渡されて載置される。その後、搬送ロボット150が搬送ハンド151bを処理チャンバ－6から退出させて処理後の半導体ウェハ－Wを搬出する。

[0092] ところで、典型的には、半導体ウェハーWの処理はロット単位で行われる。ロットとは、同一条件にて同一内容の処理を行う対象となる1組の半導体ウェハーWである。本実施形態の熱処理装置100においても、ロットを構成する複数枚（例えば、25枚）の半導体ウェハーWが1つのキャリアCに收容されてインデクサ部101の第1ロードポート110aまたは第2ロードポート110bに載置され、そのキャリアCから半導体ウェハーWが1枚ずつ順次に処理チャンバー6に搬入されて加熱処理が行われる。

[0093] ここで、しばらく処理を行っていなかった熱処理装置100にてロットの処理を開始する場合、概ね室温の処理チャンバー6にロットの最初の半導体ウェハーWが搬入されて予備加熱およびフラッシュ加熱処理が行われることとなる。このような場合は、例えばメンテナンス後に熱処理装置100が起動されてから最初のロットを処理する場合や先のロットを処理した後に長時間が経過した場合などである。加熱処理時には、昇温した半導体ウェハーWからサセプタ74等のチャンバー内構造物に熱伝導が生じるため、初期には室温であったサセプタ74が半導体ウェハーWの処理枚数が増えるにつれて徐々に蓄熱により昇温することとなる。また、ハロゲンランプHLから出射された赤外光の一部は下側チャンバー窓64に吸収されるため、半導体ウェハーWの処理枚数が増えるにつれて下側チャンバー窓64の温度も徐々に昇温することとなる。

[0094] そして、約10枚の半導体ウェハーWの加熱処理が行われたときにサセプタ74および下側チャンバー窓64の温度が一定の安定温度に到達する。安定温度に到達したサセプタ74では、半導体ウェハーWからサセプタ74への伝熱量とサセプタ74からの放熱量とが均衡する。サセプタ74の温度が安定温度に到達するまでは、半導体ウェハーWからの伝熱量がサセプタ74からの放熱量よりも多いため、半導体ウェハーWの処理枚数が増えるにつれてサセプタ74の温度が徐々に蓄熱により上昇する。これに対して、サセプタ74の温度が安定温度に到達した後は、半導体ウェハーWからの伝熱量とサセプタ74からの放熱量とが均衡するため、サセプタ74の温度は一定の

安定温度に維持されることとなる。なお、安定温度とは、サセプタ 7 4 等のチャンバー内構造物を予熱することなく、処理チャンバー 6 内にてロットの複数の半導体ウェハー W に連続して加熱処理を行うことにより、サセプタ 7 4 等の温度が上昇して一定となったときの当該サセプタ 7 4 等の温度である。また、下側チャンバー窓 6 4 の温度が安定温度に到達した後は、下側チャンバー窓 6 4 がハロゲンランプ HL の照射光から吸収する熱量と下側チャンバー窓 6 4 から放出される熱量とが均衡するため、下側チャンバー窓 6 4 の温度も一定の安定温度に維持されることとなる。

[0095] このように室温の処理チャンバー 6 にて処理を開始すると、ロットの初期の半導体ウェハー W と途中からの半導体ウェハー W とで処理チャンバー 6 の構造物の温度が異なることに起因して温度履歴が不均一になるという問題があった。また、初期の半導体ウェハー W については低温のサセプタ 7 4 に支持されてフラッシュ加熱処理が行われるためにウェハー反りが生じることもあった。このため、製品ロットの処理を開始する前に、処理対象ではないダミーウェハー DW を処理チャンバー 6 内に搬入して加熱処理を行ってサセプタ 7 4 等のチャンバー内構造物を安定温度に昇温するダミーランニング（ダミー処理）が実施されている。10 枚程度のダミーウェハー DW に加熱処理を行うことにより、サセプタ 7 4 等のチャンバー内構造物を安定温度に昇温することができる。このようなダミー処理は、室温の処理チャンバー 6 にて処理を開始する場合のみならず、予備加熱温度 T 1 や処理温度 T 2 を変更する場合にも実行される。

[0096] ここで、先行するロットに比較して後続ロットの予備加熱温度 T 1 や処理温度 T 2 を高くする場合には、サセプタ 7 4 にダミーウェハー DW を支持して加熱する上記のダミー処理によってサセプタ 7 4 を安定温度に昇温することができる。ところが、先行ロットに比較して後続ロットの予備加熱温度 T 1 や処理温度 T 2 を低くする場合には、上記のようなダミー処理ではサセプタ 7 4 の温度を低下させることはできない。そこで、本実施形態においては、以下のようにしてサセプタ 7 4 の温度を降温させている。なお、処理チャ

ンバー 6 の壁体は水冷管によって水冷され、上側チャンバー窓 6 3 も空冷されているため比較的早く降温するものの、処理チャンバー 6 内に設けられたサセプタ 7 4 は外部から冷却することが不可能であるため降温に時間を要するのである。

[0097] 図 1 0 は、ダミーウェハー DW を用いたサセプタ 7 4 の温調手順を示すフローチャートである。ダミーウェハー DW は、製品となる半導体ウェハー W と同様の円板形状のシリコンウェハーであり、半導体ウェハー W と同様のサイズおよび形状を有する。但し、ダミーウェハー DW には、パターン形成やイオン注入はなされていない。すなわち、ダミーウェハー DW はいわゆるベアウェハーである。また、ダミーキャリア DC の形態自体は製品となる半導体ウェハー W を収容するキャリア C と同じであり、本実施形態では F O U P である。但し、ダミーキャリア DC は、ダミーウェハー DW のみが収容されるダミーウェハー DW 専用のキャリアである。

[0098] まず、先行するロットの最後の半導体ウェハー W の処理が完了するまで待機する（ステップ S 1）。先行するロットの処理中は、サセプタ 7 4 等のチャンバー内構造物の温度は当該先行ロットでの安定温度に維持されている。

[0099] 先行ロットの最後の半導体ウェハー W の処理が完了した後、後続ロットの予備加熱温度 T 1 や処理温度 T 2 が先行ロットよりも低くて安定温度が低下する場合には、ステップ S 2 に進んでダミーウェハー DW の搬送が開始される。具体的には、第 3 ロードポート 1 1 0 c に載置されたダミーキャリア DC から受渡口ボット 1 2 0 がダミーウェハー DW を取り出して冷却部 1 3 0 の第 1 クールチャンバー 1 3 1 または冷却部 1 4 0 の第 2 クールチャンバー 1 4 1 に搬入する。第 1 クールチャンバー 1 3 1 または第 2 クールチャンバー 1 4 1 では、ダミーウェハー DW の冷却処理が行われる（ステップ S 3）。

[0100] 第 1 クールチャンバー 1 3 1 または第 2 クールチャンバー 1 4 1 の冷却プレートは 1 0 °C ～ 1 5 °C に温調されている。従って、第 1 クールチャンバー 1 3 1 または第 2 クールチャンバー 1 4 1 において、ダミーウェハー DW は

室温（20℃～25℃）以下にまで冷却されることとなる。

[0101] 次に、第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141にて室温以下に冷却されたダミーウェハーDWは搬送ロボット150によって搬送チャンバー170に搬出される。ダミーウェハーDWを取り出した搬送ロボット150は熱処理部160を向くように旋回する。続いて、ゲートバルブ185が処理チャンバー6と搬送チャンバー170との間を開放し、搬送ロボット150がダミーウェハーDWを処理チャンバー6に搬入する。

[0102] ダミーウェハーDWの処理チャンバー6への搬入動作は、上述した半導体ウェハーWの搬入動作と同じである。すなわち、移載機構10によってダミーウェハーDWは搬送ロボット150の搬送ハンド151a（または搬送ハンド151b）からサセプタ74に受け渡される。冷却されたダミーウェハーDWは、水平姿勢にてサセプタ74に載置されて支持される（ステップS4）。

[0103] 冷却されたダミーウェハーDWがサセプタ74に載置されることにより、先行ロットでの安定温度近傍にまで昇温しているサセプタ74からダミーウェハーDWへの熱伝導が生じ、結果的にダミーウェハーDWによってサセプタ74が冷却されることとなる。これにより、サセプタ74の温度が先行ロットでの安定温度から降温する。サセプタ74にはダミーウェハーDWが例えば45秒以上は載置されている。ダミーウェハーDWがサセプタ74に載置されてから所定時間が経過した後、当該ダミーウェハーDWが処理チャンバー6から搬出される。このときの動作も、上述した半導体ウェハーWの搬出動作と同じである。すなわち、搬送機構10によってダミーウェハーDWはサセプタ74から搬送ロボット150に受け渡される。

[0104] ダミーウェハーDWを受け取った搬送ロボット150は、当該ダミーウェハーDWを処理チャンバー6から搬送チャンバー170に搬出する。続いて、搬送ロボット150は、処理チャンバー6から第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141に向くように旋回し、ダミーウェハーDWを第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141に搬

入する。そして、受渡ロボット120が第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141からダミーウェハーDWを搬出し、第3ロードポート110cに載置されたダミーキャリアDCに戻す。このようにして1枚のダミーウェハーDWによるサセプタ74の降温処理が行われる。

[0105] 次に、中央部放射温度計25によって測定されるサセプタ74の温度が後続のロットの熱処理を行うときの安定温度にまで降温していない場合には、ステップS5からステップS2に戻り、ステップS2からステップS4までの処理が繰り返される。すなわち、新たなダミーウェハーDWがダミーキャリアDCから取り出されて第1クールチャンバー131または第2クールチャンバー141で冷却され、処理チャンバー6内のサセプタ74に載置される。そして、そのダミーウェハーDWによってサセプタ74の温度がさらに降温される。

[0106] 一方、中央部放射温度計25によって測定されるサセプタ74の温度が後続のロットの熱処理を行うときの安定温度にまで降温している場合には、ステップS5からステップS6に進み、後続ロットの最初の半導体ウェハーWの処理が開始される。この処理の内容は、上述の通りである。すなわち、サセプタ74の温度が後続ロットの安定温度に降温するまで、ダミーウェハーDWによるサセプタ74の冷却を繰り返すのである。サセプタ74の温度が後続ロットの安定温度にまで降温されているため、当該後続ロットを構成する全ての半導体ウェハーWについて熱処理履歴を均一にすることができる。

[0107] 本実施形態においては、先行ロットから後続ロットへの移行時にサセプタ74等の安定温度が低下する場合に、室温以下にまで冷却されたダミーウェハーDWをサセプタ74に載置してサセプタ74の温度を後続のロットの安定温度にまで降温させるようにしている。このため、自然冷却に比較してサセプタ74の温度を迅速に降温させることができる。その結果、後続のロットの処理を早期に開始することができ、スループットの低下を抑止することが可能となる。

[0108] また、ダミーウェハーDWは、第1クールチャンバー131または第2ク

ールチャンバー 141 によって室温以下にまで冷却されている。第 1 クールチャンバー 131 および第 2 クールチャンバー 141 は、本来はフラッシュ加熱処理後の半導体ウェハー W を冷却するためのものであり、それを利用してダミーウェハー DW を冷却しているのである。すなわち、本実施形態においては、ダミーウェハー DW を冷却するための新たな専用の処理部を設けることなく、既存の処理部を転用してダミーウェハー DW を冷却してサセプタ 74 の温度を降温させているのである。

[0109] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、この発明はその趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。例えば、上記実施形態においては、ダミーウェハー DW がシリコンのベアウェハーであったが、これに限定されるものではなく、ダミーウェハー DW としては熱伝導性および熱容量に優れた素材の基板であれば良い。例えば、ダミーウェハー DW は、炭化ケイ素 (SiC) やセラミックスのウェハーであっても良い。

[0110] また、ダミーウェハー DW を第 1 クールチャンバー 131 または第 2 クールチャンバー 141 と処理チャンバー 6 との間で搬送ロボット 150 によって往復移動させてサセプタ 74 を冷却するようにしても良い。すなわち、サセプタ 74 の冷却後に第 1 クールチャンバー 131 または第 2 クールチャンバー 141 に搬入されたダミーウェハー DW をダミーキャリア DC に戻すのではなく、再度冷却して再び処理チャンバー 6 に搬入してサセプタ 74 に載置してサセプタ 74 を降温させるようにしても良い。

[0111] また、上記実施形態においては、フラッシュランプハウス 5 に 30 本のフラッシュランプ FL を備えるようにしていたが、これに限定されるものではなく、フラッシュランプ FL の本数は任意の数とすることができる。また、フラッシュランプ FL はキセノンフラッシュランプに限定されるものではなく、クリプトンフラッシュランプであっても良い。また、ハロゲンランプハウス 4 に備えるハロゲンランプ HL の本数も 40 本に限定されるものではなく、任意の数とすることができる。

- [0112] また、上記実施形態においては、1秒以上連続して発光する連続点灯ランプとしてフィラメント方式のハロゲンランプHLを用いて半導体ウェハーWの予備加熱を行っていたが、これに限定されるものではなく、ハロゲンランプHLに代えて放電型のアークランプ（例えば、キセノンアークランプ）を連続点灯ランプとして用いて予備加熱を行うようにしても良い。
- [0113] また、熱処理装置100によって処理対象となる基板は半導体ウェハーに限定されるものではなく、液晶表示装置などのフラットパネルディスプレイに用いるガラス基板や太陽電池用の基板であっても良い。
- [0114] また、本発明に係る熱処理装置はフラッシュランプアニール装置に限定されるものではなく、連続点灯ランプを使用したRTP(Rapid thermal processing)装置やホットプレートを用いて基板を加熱する装置であっても良い。

符号の説明

- [0115] 3 制御部
- 4 ハロゲンランプハウス
- 5 フラッシュランプハウス
- 6 処理チャンバー
- 7 保持部
- 10 移載機構
- 65 熱処理空間
- 74 サセプタ
- 100 熱処理装置
- 101 インデкса部
- 110 ロードポート
- 110a 第1ロードポート
- 110b 第2ロードポート
- 110c 第3ロードポート
- 120 受渡口ボット
- 130, 140 冷却部

- 1 3 1 第1クールチャンバー
- 1 4 1 第2クールチャンバー
- 1 5 0 搬送ロボット
- 1 5 1 a, 1 5 1 b 搬送ハンド
- 1 6 0 熱処理部
- C キャリア
- D C ダミーキャリア
- D W ダミーウェハー
- F L フラッシュランプ
- H L ハロゲンランプ
- W 半導体ウェハー

請求の範囲

- [請求項1] 基板に対して熱処理を行う熱処理方法であって、
 チャンバー内にてサセプタに載置した基板に加熱源から加熱を行う加熱工程と、
 ダミーウェハーを冷却する冷却工程と、
 前記加熱工程が終了した後に、前記冷却工程で冷却された前記ダミーウェハーを前記サセプタに載置して前記サセプタの温度を降温させる温調工程と、
 を備える熱処理方法。
- [請求項2] 請求項1記載の熱処理方法において、
 前記温調工程では、前記サセプタの温度を前記基板の後続のロットの熱処理を行うときの安定温度に降温させる熱処理方法。
- [請求項3] 請求項1または請求項2記載の熱処理方法において、
 前記冷却工程では、前記ダミーウェハーを室温以下にまで冷却する熱処理方法。
- [請求項4] 基板に対して熱処理を行う熱処理装置であって、
 基板を収容するチャンバーと、
 前記チャンバー内にて前記基板を載置するサセプタと、
 前記サセプタに載置された前記基板を加熱する加熱源と、
 ダミーウェハーを冷却する冷却部と、
 前記ダミーウェハーを前記冷却部から前記チャンバーに搬送する搬送部と、
 を備え、
 前記基板に対する加熱処理が終了した後に、前記冷却部にて冷却された前記ダミーウェハーを前記サセプタに載置して前記サセプタの温度を降温させる熱処理装置。
- [請求項5] 請求項4記載の熱処理装置において、
 前記基板に対する加熱処理が終了した後に、前記サセプタの温度を

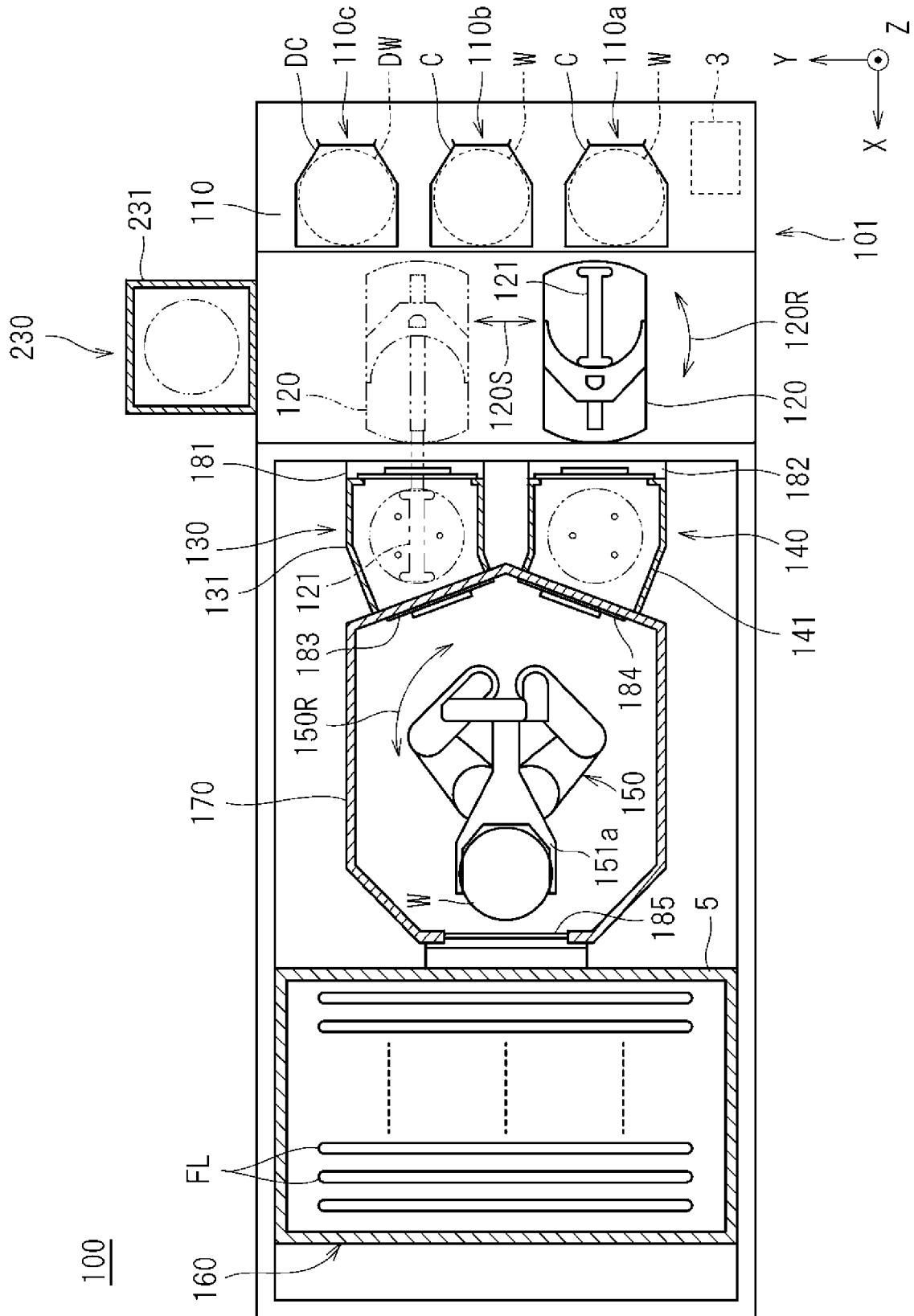
前記基板の後続のロットの熱処理を行うときの安定温度に降温させる熱処理装置。

[請求項6]

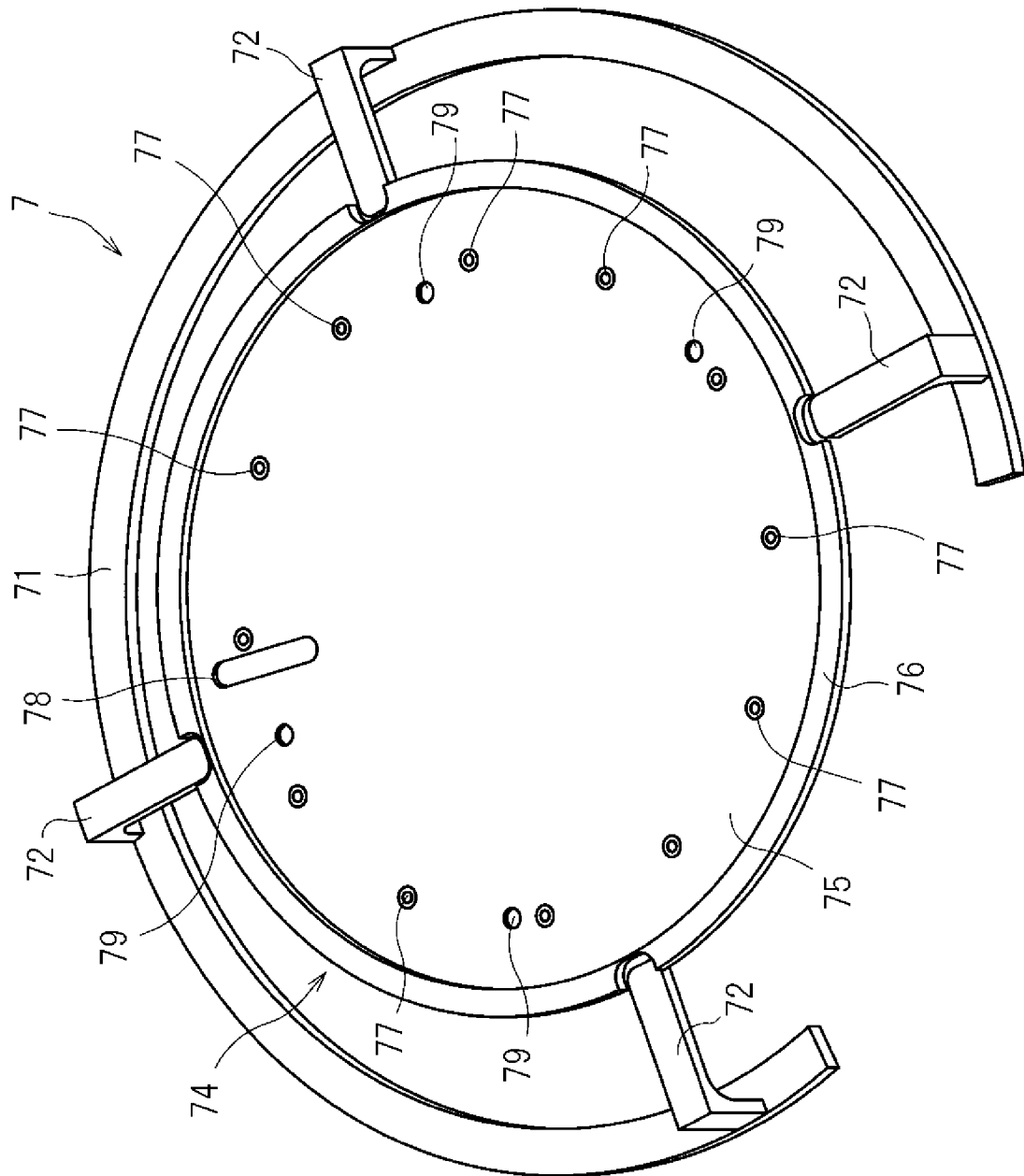
請求項4または請求項5記載の熱処理装置において、

前記冷却部は、前記ダミーウェハーを室温以下にまで冷却する熱処理装置。

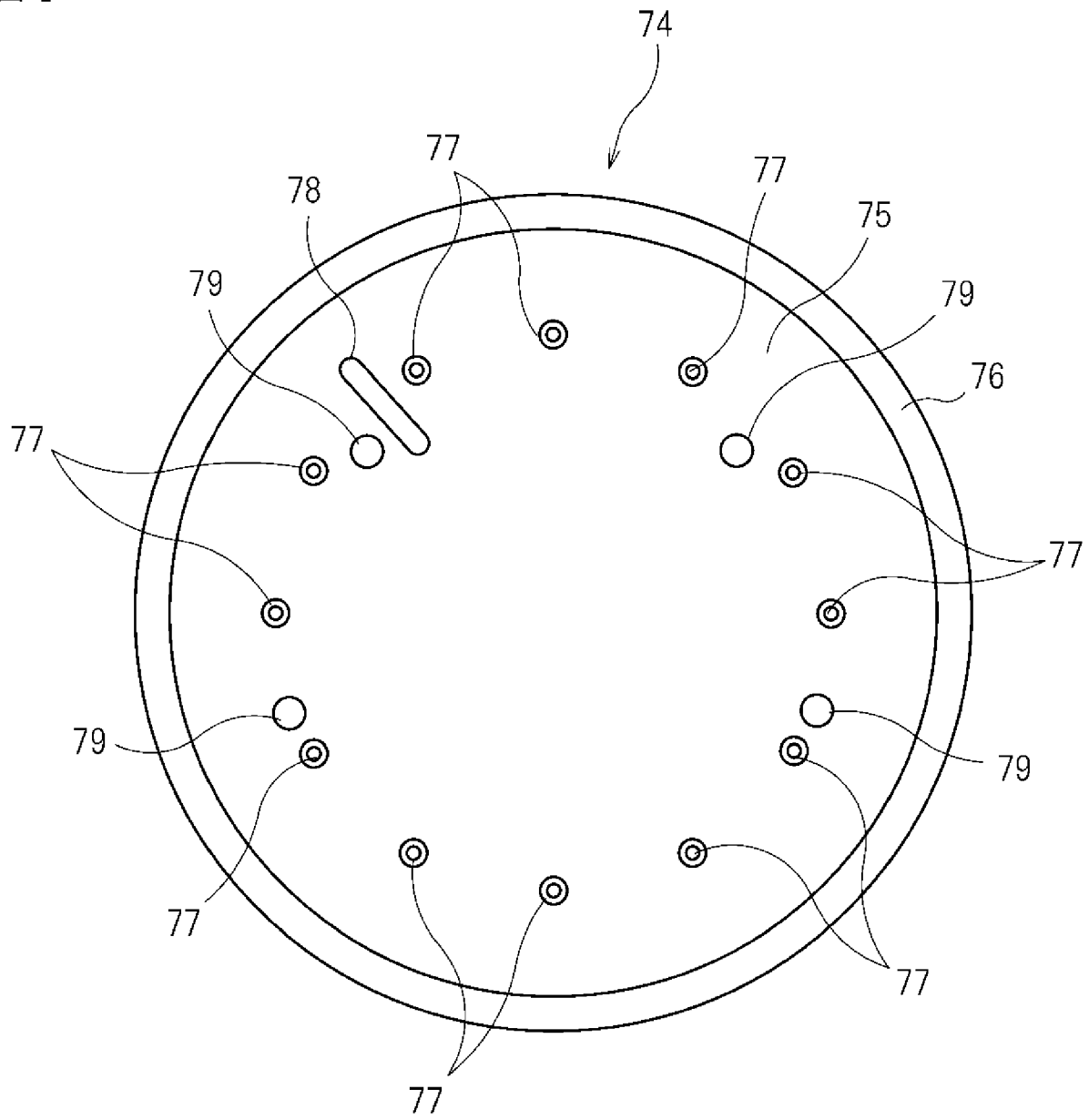
[図1]



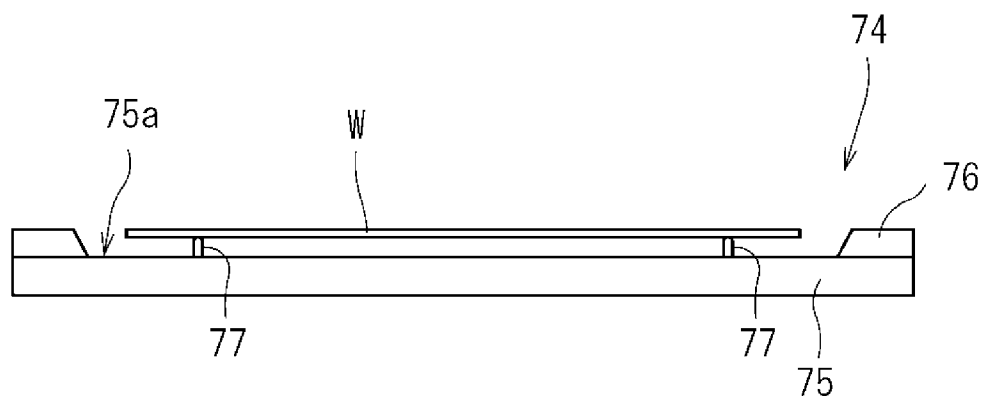
[図4]



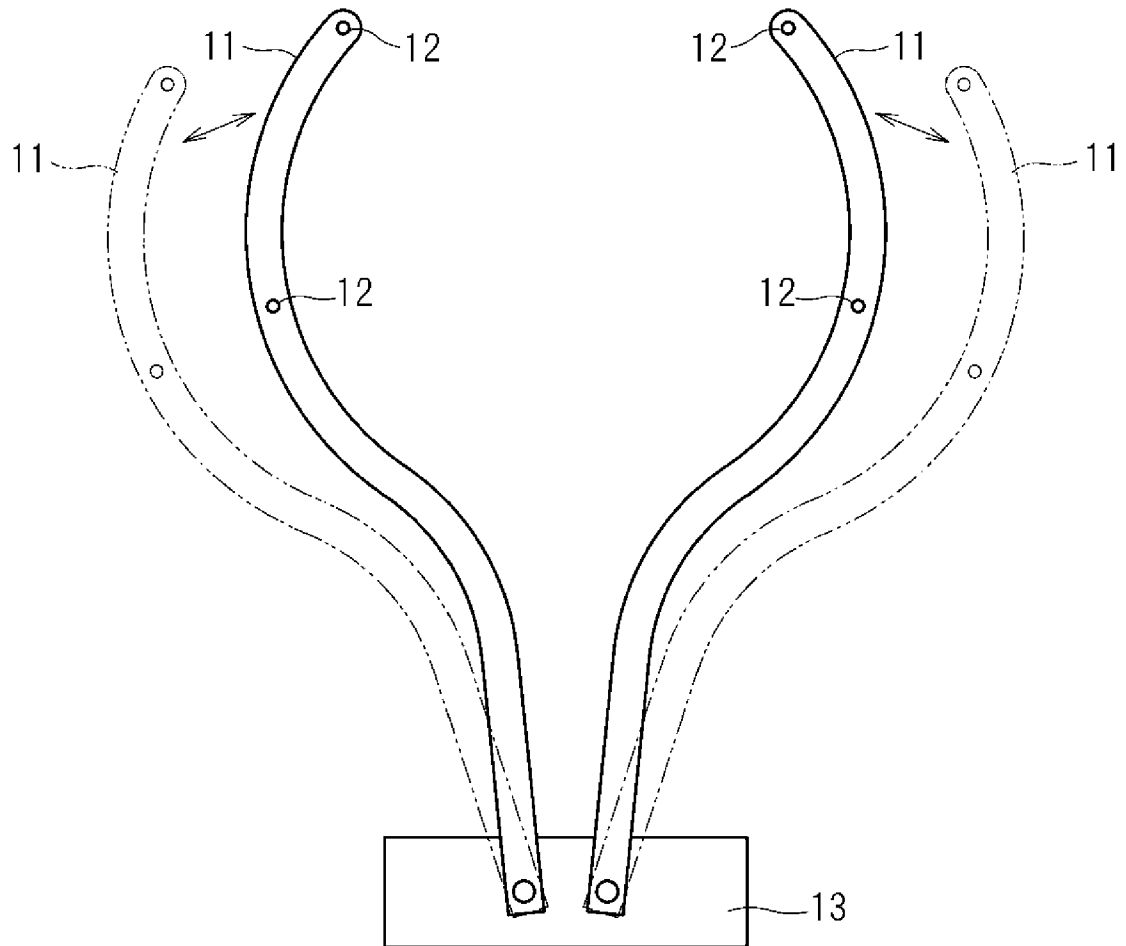
[図5]



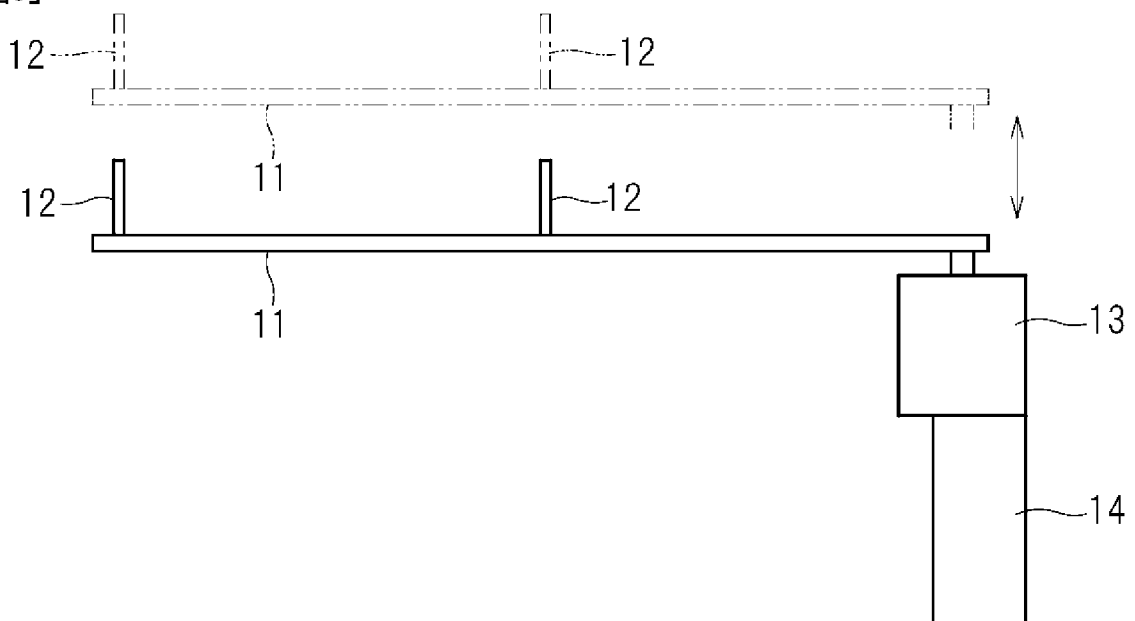
[図6]



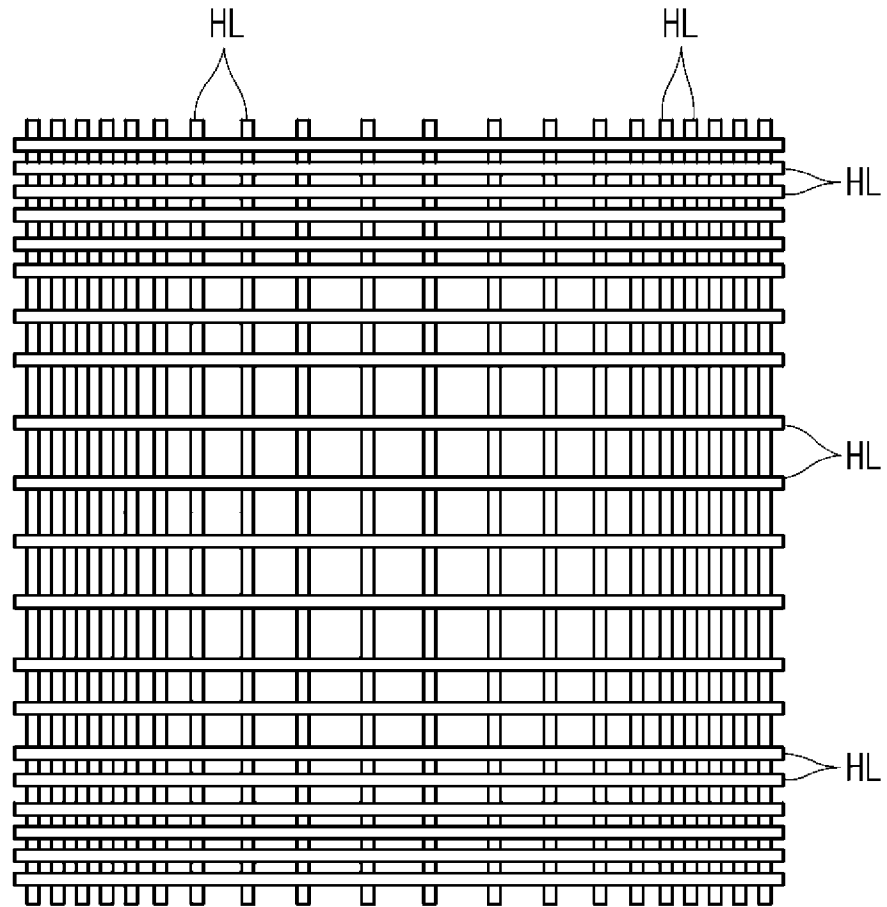
[図7]



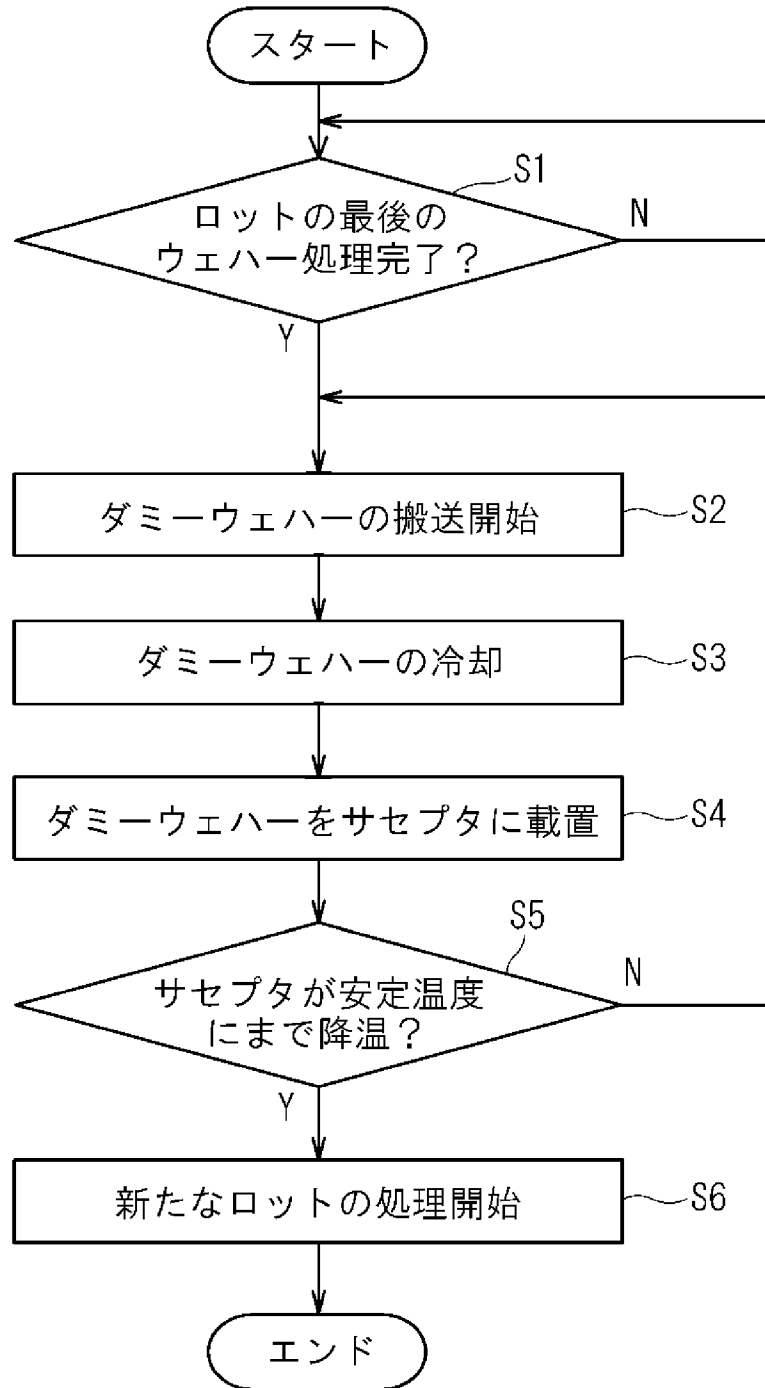
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/047236

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/26(2006.01)i; H01L 21/324(2006.01)i; H01L 21/677(2006.01)i
FI: H01L21/324 W; H01L21/26 T; H01L21/68 A

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)

H01L21/26; H01L21/324; H01L21/677

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2018-085369 A (NISSIN ION EQUIPMENT CO., LTD.) 31.05.2018 (2018-05-31) paragraphs [0001]-[0008], [0020]-[0045], fig. 1-6	1-6
A	WO 2011/043490 A1 (CANON ANELVA CORP.) 14.04.2011 (2011-04-14)	1-6
A	JP 07-045523 A (NEC CORP.) 14.02.1995 (1995-02-14)	1-6
A	JP 08-037158 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 06.02.1996 (1996-02-06)	1-6
A	JP 2002-299319 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 11.10.2002 (2002-10-11)	1-6



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

"I" 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 February 2020 (20.02.2020)

Date of mailing of the international search report
03 March 2020 (03.03.2020)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/047236

Patent referred in the Report	Documents in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-085369 A		31 May 2018	US 2018/0144956 A1 paragraphs [0002]- [0009], [0032]- [0066], fig. 1-6 CN 108091590 A	
WO 2011/043490 A1		14 Apr. 2011	US 2011/0253037 A1 GB 2477446 A KR 10-2011-0074598 A TW 201135845 A	
JP 07-045523 A		14 Feb. 1995	(Family: none)	
JP 08-037158 A		06 Feb. 1996	(Family: none)	
JP 2002-299319 A		11 Oct. 2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/26(2006.01)i; H01L 21/324(2006.01)i; H01L 21/677(2006.01)i FI: H01L21/324 W; H01L21/26 T; H01L21/68 A														
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）） H01L21/26; H01L21/324; H01L21/677														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 2018-085369 A（日新イオン機器株式会社）31.05.2018（2018 - 05 - 31） 段落[0001]-[0008], [0020]-[0045], 第1-6図	1-6												
A	WO 2011/043490 A1（キヤノンアネルバ株式会社）14.04.2011（2011 - 04 - 14）	1-6												
A	JP 07-045523 A（日本電気株式会社）14.02.1995（1995 - 02 - 14）	1-6												
A	JP 08-037158 A（大日本スクリーン製造株式会社）06.02.1996（1996 - 02 - 06）	1-6												
A	JP 2002-299319 A（株式会社日立国際電気）11.10.2002（2002 - 10 - 11）	1-6												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 20.02.2020	国際調査報告の発送日 03.03.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 桑原 清 50 9375 電話番号 03-3581-1101 内線 3559													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/047236

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-085369	A	31.05.2018	US 2018/0144956 A1 段落[0002]-[0009], [0032]- [0066], 第1-6図 CN 108091590 A	
WO	2011/043490	A1	14.04.2011	US 2011/0253037 A1 GB 2477446 A KR 10-2011-0074598 A TW 201135845 A	
JP	07-045523	A	14.02.1995	(ファミリーなし)	
JP	08-037158	A	06.02.1996	(ファミリーなし)	
JP	2002-299319	A	11.10.2002	(ファミリーなし)	