

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年8月1日(01.08.2019)



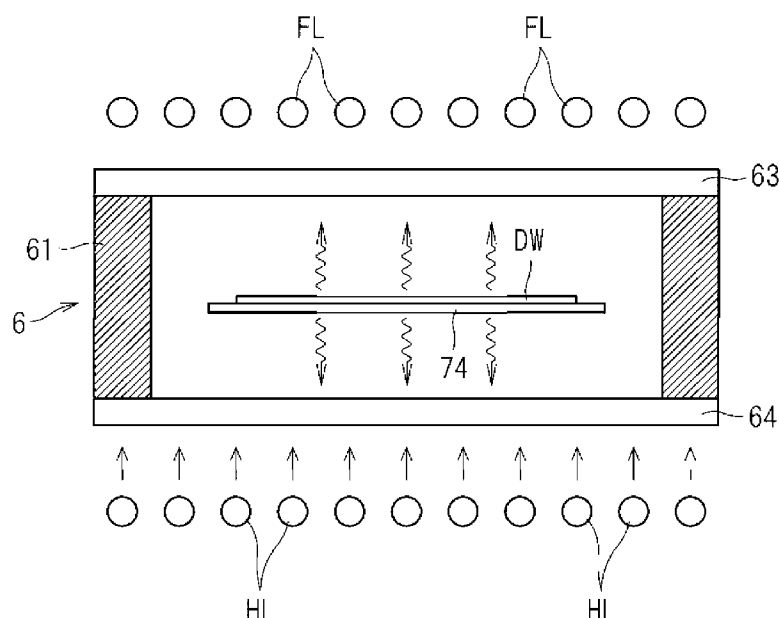
(10) 国際公開番号

WO 2019/146166 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/265 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)
H01L 21/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/037010
- (22) 国際出願日: 2018年10月3日(03.10.2018)
- (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 2018-011269 2018年1月26日(26.01.2018) 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: 小野 行雄(ONO Yukio); 〒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 大阪府大阪府中央区域見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, 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,

(54) Title: THERMAL PROCESSING METHOD AND THERMAL PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 熱処理方法および熱処理装置



(57) Abstract: In this invention, prior to starting the processing of a semiconductor wafer to be initially processed in a lot, a dummy wafer is introduced into a chamber 6, and an atmosphere containing helium gas having high thermal conductivity is formed. By heating the dummy wafer through irradiation of light from a halogen lamp, heat is conducted from the dummy wafer which has risen in temperature to an upper side chamber window and a lower side chamber window through the helium gas which serves as a thermal medium. By the time the semiconductor wafer to be initially processed is introduced into the chamber, the upper side chamber window and the lower side chamber window have been heated, thus allowing the temperature history to be uniform for all the semiconductor wafers constituting the lot and allowing for the omission of a dummy run.

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: ロットの最初の処理対象となる半導体ウェハーの処理を開始する前に、チャンバー6内にダミーウェハーを搬入し、高い熱伝導率を有するヘリウムガスを含む雰囲気を形成する。ハロゲンランプからの光照射によってダミーウェハーを加熱することにより、昇温したダミーウェハーからヘリウムガスを熱媒体として上側チャンバー窓および下側チャンバー窓に熱伝導が生じる。最初の処理対象となる半導体ウェハーがチャンバー内に搬入されたときには、上側チャンバー窓および下側チャンバー窓が加熱されているため、ロットを構成する全ての半導体ウェハーの温度履歴を均一にすることができ、ダミーランニングを省略することができる。

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）に光を照射することによって該基板を加熱する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、不純物導入は半導体ウェハー内に p n 接合を形成するための必須の工程である。現在、不純物導入は、イオン打ち込み法とその後のアニール法によってなされるのが一般的である。イオン打ち込み法は、ボロン（B）、ヒ素（As）、リン（P）といった不純物の元素をイオン化させて高加速電圧で半導体ウェハーに衝突させて物理的に不純物注入を行う技術である。注入された不純物はアニール処理によって活性化される。この際に、アニール時間が数秒程度以上であると、打ち込まれた不純物が熱によって深く拡散し、その結果接合深さが要求よりも深くなり過ぎて良好なデバイス形成に支障が生じるおそれがある。

[0003] そこで、極めて短時間で半導体ウェハーを加熱するアニール技術として、近年フラッシュランプアニール（FLA）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、不純物が注入された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。

[0004] 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

一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。このため、キセノンフラッシュランプによる極短時間の昇温であれば、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] このようなキセノンフラッシュランプを使用した熱処理装置として、例えば特許文献1には、半導体ウェハーの表面側にフラッシュランプを配置し、裏面側にハロゲンランプを配置し、それらの組み合わせによって所望の熱処理を行うものが開示されている。特許文献1に開示の熱処理装置においては、ハロゲンランプによって半導体ウェハーをある程度の温度まで予備加熱し、その後フラッシュランプからのフラッシュ光照射によって半導体ウェハーの表面を所望の処理温度にまで昇温している。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2010-225645号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 一般に、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。

[0008] 稼働停止状態のフラッシュランプアニール装置がロットの処理を開始する場合、概ね室温のチャンバーにロットの最初の半導体ウェハーが搬入されて加熱処理が行われることとなる。加熱処理時には、チャンバー内にてサセプタに支持された半導体ウェハーが所定温度に予備加熱され、さらにフラッシ

ユ加熱によってウェハー表面が処理温度にまで昇温される。その結果、昇温した半導体ウェハーによってサセプタやチャンバー窓等のチャンバー内構造物が加熱され、そのチャンバー内構造物の温度も上昇することとなる。このような、半導体ウェハーの加熱処理に伴うチャンバー内構造物の温度上昇は、ロットの最初から数枚程度継続し、やがて約10枚の半導体ウェハーの加熱処理が行われたときにチャンバー内構造物の温度は一定の安定温度に到達する。すなわち、ロットの最初の半導体ウェハーは室温のチャンバーにて処理されるのに対して、10枚目以降の半導体ウェハーは安定温度に昇温しているチャンバーにて処理されるのである。

[0009] 従って、ロットを構成する複数の半導体ウェハーの温度履歴が不均一になるという問題が生じる。特に、ロットの最初から数枚程度の半導体ウェハーについては、比較的低温のチャンバー内にて処理されるため、フラッシュ光照射時の表面到達温度が処理温度に届かないおそれもある。

[0010] このため、従来より、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保持し、処理対象のロットと同一条件にて予備加熱およびフラッシュ加熱処理を行うことにより、事前に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）。約10枚程度のダミーウェハーについて予備加熱およびフラッシュ加熱処理を行うことにより、チャンバー内構造物が安定温度に到達するので、その後処理対象となるロットの最初の半導体ウェハーの処理を開始する。このようにすれば、ロットを構成する複数の半導体ウェハーの温度履歴を均一にすることができる。

[0011] しかしながら、このようなダミーランニングは、処理とは無関係なダミーウェハーを消費するだけでなく、10枚程度のダミーウェハーにフラッシュ加熱処理を行うのに相当の時間を要するため、フラッシュランプアニール装置の効率的な運用が妨げられるという問題があった。

[0012] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、ダミーランニングを省略す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

- [0013] 上記課題を解決するため、この発明の第1の態様は、基板に光を照射することによって該基板を加熱する熱処理方法において、チャンバー内のサセプタに載置された基板に連続点灯ランプから光を照射して当該基板を加熱する光照射工程と、処理対象となる基板を前記チャンバーに搬入する前に、前記サセプタに予熱用基板を載置し、前記光照射工程にて使用する処理ガスよりも熱伝導率の高い伝熱ガスを前記チャンバー内に供給して前記伝熱ガスを含む雰囲気を形成する雰囲気形成工程と、前記連続点灯ランプからの光照射によって前記予熱用基板を加熱し、前記予熱用基板から前記伝熱ガスを介して前記チャンバーに設けられた石英窓を昇温する予熱工程と、を備える。
- [0014] 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、前記雰囲気形成工程では、加熱された前記伝熱ガスを前記チャンバー内に供給する。
- [0015] 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、前記伝熱ガスがヘリウムである。
- [0016] また、第4の態様は、基板に光を照射することによって該基板を加熱する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基板を支持するサセプタと、前記サセプタに支持された基板に光を照射して当該基板を加熱する連続点灯ランプと、前記チャンバー内にガスを供給するガス供給部と、を備え、処理対象となる基板を前記チャンバーに搬入する前に、前記サセプタに予熱用基板を載置し、前記処理対象となる基板の熱処理時に使用する処理ガスよりも熱伝導率の高い伝熱ガスを前記ガス供給部から前記チャンバー内に供給して前記伝熱ガスを含む雰囲気を形成した後、前記連続点灯ランプからの光照射によって前記予熱用基板を加熱して前記予熱用基板から前記伝熱ガスを介して前記チャンバーに設けられた石英窓を昇温する。
- [0017] 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、前記伝熱ガスを加熱するガス加熱部をさらに備える。

[0018] 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、前記伝熱ガスがヘリウムである。

発明の効果

[0019] 第1から第3の態様に係る熱処理方法によれば、処理対象となる基板をチャンバーに搬入する前に、連続点灯ランプからの光照射によって予熱用基板を加熱し、予熱用基板から伝熱ガスを介してチャンバーに設けられた石英窓を昇温するため、処理対象となる基板がチャンバーに搬入されたときには石英窓が昇温しており、ダミーランニングを省略することができる。

[0020] 特に、第2の態様に係る熱処理方法によれば、加熱された伝熱ガスをチャンバー内に供給するため、石英窓をより効率良く昇温させることができる。

[0021] 第4から第6の態様に係る熱処理装置によれば、処理対象となる基板をチャンバーに搬入する前に、連続点灯ランプからの光照射によって予熱用基板を加熱して予熱用基板から伝熱ガスを介してチャンバーに設けられた石英窓を昇温するため、処理対象となる基板がチャンバーに搬入されたときには石英窓が昇温しており、ダミーランニングを省略することができる。

[0022] 特に、第5の態様に係る熱処理装置によれば、伝熱ガスを加熱するガス加熱部をさらに備えるため、石英窓をより効率良く昇温させることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明に係る熱処理装置の構成を示す縦断面図である。

[図2]保持部の全体外観を示す斜視図である。

[図3]サセプタの平面図である。

[図4]サセプタの断面図である。

[図5]移載機構の平面図である。

[図6]移載機構の側面図である。

[図7]複数のハロゲンランプの配置を示す平面図である。

[図8]本発明に係る熱処理方法の処理手順を示すフローチャートである。

[図9]ヘリウム雰囲気中にてダミーウェハーが加熱された状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 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。

[0025] 図1は、本発明に係る熱処理装置1の構成を示す縦断面図である。図1の熱処理装置1は、基板として円板形状の半導体ウェハーWに対してフラッシュ光照射を行うことによってその半導体ウェハー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ー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。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。

[0026] 熱処理装置1は、半導体ウェハーWを収容するチャンバー6と、複数のフラッシュランプFLを内蔵するフラッシュ加熱部5と、複数のハロゲンランプHLを内蔵するハロゲン加熱部4と、を備える。チャンバー6の上側にフラッシュ加熱部5が設けられるとともに、下側にハロゲン加熱部4が設けられている。また、熱処理装置1は、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と装置外部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。さらに、熱処理装置1は、ハロゲン加熱部4、フラッシュ加熱部5およびチャンバー6に設けられた各動作機構を制御して半導体ウェハーWの熱処理を実行させる制御部3を備える。

[0027] 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。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、フラッシュ加熱部5から出射されたフラッシュ光をチャンバー6内に透過する石英窓として機能する。また、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、ハロゲン加熱部4からの光をチャンバー6内に透過する石英窓と

して機能する。

[0028] 本実施形態のチャンバー6は、内部を大気圧未満に減圧することができる減圧対応であるため、耐圧性を増すために上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64の厚さを常圧対応のものよりも厚くしている。例えば、常圧対応であればチャンバー窓の厚さが8mmであるところ、本実施形態の上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64の厚さは28mmとしている。

[0029] 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。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。

[0030] 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、チャンバー6の内壁面に凹部62が形成される。すなわち、チャンバー側部61の内壁面のうち反射リング68、69が装着されていない中央部分と、反射リング68の下端面と、反射リング69の上端面とで囲まれた凹部62が形成される。凹部62は、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61および反射リング68、69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。

[0031] また、チャンバー側部61には、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）66が形設されている。搬送開口部66は、ゲートバルブ185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 W の搬入および熱処理空間 6 5 からの半導体ウェハ 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 を閉鎖するとチャンバー 6 内の熱処理空間 6 5 が密閉空間とされる。

[0032] また、チャンバー 6 の内壁上部には熱処理空間 6 5 に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 およびヒータ 2 2 が介挿されている。ガス供給源 8 5 が供給するガスの種類は特に限定されるものではなく、適宜に選択されるものであるが、例えば、窒素 (N_2)、アルゴン (Ar)、ヘリウム (He) などの不活性ガス、または、酸素 (O_2)、水素 (H_2)、塩素 (Cl_2)、塩化水素 (HCl)、オゾン (O_3)、アンモニア (NH_3) などの反応性ガス、或いはそれらを混合した混合ガスを用いることができる。

[0033] バルブ 8 4 が開放されると、ガス供給源 8 5 から緩衝空間 8 2 にガスが供給される。緩衝空間 8 2 に流入したガスは、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。すなわち、ガス供給源 8 5 およびバルブ 8 4 がチャンバー 6 内にガスを供給するガス供給部に相当する。また、ヒータ 2 2 は、ガス供給管 8 3 を流れるガスを加熱する。ヒータ 2 2 によって加熱されたガスがガス供給孔 8 1 から熱処理空間 6 5 に供給される。すなわち、ヒータ 2 2 がチャンバー 6 に供給されるガスを加熱するガス加熱部に相当する。

[0034] 一方、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 は排気部 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、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。

[0035] 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 を介して排気部 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 を介してチャンバー 6 内の気体が排気される。

[0036] 排気部 1 9 0 としては、真空ポンプや熱処理装置 1 が設置される工場の排気ユーティリティを用いることができる。排気部 1 9 0 として真空ポンプを採用し、バルブ 8 4 を閉止してガス供給孔 8 1 から何らのガス供給を行うことなく密閉空間である熱処理空間 6 5 の雰囲気気を排気すると、チャンバー 6 内を真空雰囲気にまで減圧することができる。また、排気部 1 9 0 として真空ポンプを用いていない場合であっても、ガス供給孔 8 1 からガス供給を行うことなく排気を行うことにより、チャンバー 6 内を大気圧未満の気圧に減圧することができる。

[0037] 図 2 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。

[0038] 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、チャンバー 6 の壁面に支持されることとなる（

図1参照)。基台リング71の上面に、その円環形状の周方向に沿って複数の連結部72（本実施形態では4個）が立設される。連結部72も石英の部材であり、溶接によって基台リング71に固着される。

[0039] サセプタ74は基台リング71に設けられた4個の連結部72によって支持される。図3は、サセプタ74の平面図である。また、図4は、サセプタ74の断面図である。サセプタ74は、保持プレート75、ガイドリング76および複数の基板支持ピン77を備える。保持プレート75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75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75は、半導体ウェハWよりも大きな平面サイズを有する。

[0040] 保持プレート75の上面周縁部にガイドリング76が設置されている。ガイドリング76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76の内径は $\phi 320\text{ mm}$ である。ガイドリング76の内周は、保持プレート75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76は、保持プレート75と同様の石英にて形成される。ガイドリング76は、保持プレート75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75に固定するようにしても良い。或いは、保持プレート75とガイドリング76とを一体の部材として加工するようにしても良い。

[0041] 保持プレート75の上面のうちガイドリング76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75aとされる。保持プレート75の保持面75aには、複数の基板支持ピン77が立設されている。本実施形態においては、保持面75aの外周円（ガイドリング76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77が立設されている。12個の基板支持ピン77を配置した円の径（対向する基板支持ピン77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 $\phi 27$

0 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。

[0042] 図 2 に戻り、基台リング 7 1 に立設された 4 個の連結部 7 2 とサセプタ 7 4 の保持プレート 7 5 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 7 4 と基台リング 7 1 とは連結部 7 2 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 7 1 がチャンバー 6 の壁面に支持されることによって、保持部 7 がチャンバー 6 に装着される。保持部 7 がチャンバー 6 に装着された状態においては、サセプタ 7 4 の保持プレート 7 5 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 7 5 の保持面 7 5 a は水平面となる。

[0043] チャンバー 6 に搬入された半導体ウェハ W は、チャンバー 6 に装着された保持部 7 のサセプタ 7 4 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 W は保持プレート 7 5 上に立設された 1 2 個の基板支持ピン 7 7 によって支持されてサセプタ 7 4 に保持される。より厳密には、1 2 個の基板支持ピン 7 7 の上端部が半導体ウェハ W の下面に接触して当該半導体ウェハ W を支持する。1 2 個の基板支持ピン 7 7 の高さ（基板支持ピン 7 7 の上端から保持プレート 7 5 の保持面 7 5 a までの距離）は均一であるため、1 2 個の基板支持ピン 7 7 によって半導体ウェハ W を水平姿勢に支持することができる。

[0044] また、半導体ウェハ W は複数の基板支持ピン 7 7 によって保持プレート 7 5 の保持面 7 5 a 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 7 7 の高さよりもガイドリング 7 6 の厚さの方が大きい。従って、複数の基板支持ピン 7 7 によって支持された半導体ウェハ W の水平方向の位置ずれはガイドリング 7 6 によって防止される。

[0045] また、図 2 および図 3 に示すように、サセプタ 7 4 の保持プレート 7 5 には、上下に貫通して開口部 7 8 が形成されている。開口部 7 8 は、放射温度

計 1 2 0 (図 1 参照) が半導体ウェハー 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、放射温度計 1 2 0 が開口部 7 8 を介して半導体ウェハー W の下面から放射された光を受光し、別置のディテクタによってその半導体ウェハー W の温度が測定される。さらに、サセプタ 7 4 の保持プレート 7 5 には、後述する移載機構 1 0 のリフトピン 1 2 が半導体ウェハー W の受け渡しのために貫通する 4 個の貫通孔 7 9 が穿設されている。

[0046] 図 5 は、移載機構 1 0 の平面図である。また、図 6 は、移載機構 1 0 の側面図である。移載機構 1 0 は、2 本の移載アーム 1 1 を備える。移載アーム 1 1 は、概ね円環状の凹部 6 2 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 1 1 には 2 本のリフトピン 1 2 が立設されている。移載アーム 1 1 およびリフトピン 1 2 は石英にて形成されている。各移載アーム 1 1 は水平移動機構 1 3 によって回動可能とされている。水平移動機構 1 3 は、一对の移載アーム 1 1 を保持部 7 に対して半導体ウェハー W の移載を行う移載動作位置 (図 5 の実線位置) と保持部 7 に保持された半導体ウェハー W と平面視で重ならない退避位置 (図 5 の二点鎖線位置) との間で水平移動させる。水平移動機構 1 3 としては、個別のモータによって各移載アーム 1 1 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 1 1 を連動させて回動させるものであっても良い。

[0047] また、一对の移載アーム 1 1 は、昇降機構 1 4 によって水平移動機構 1 3 とともに昇降移動される。昇降機構 1 4 が一对の移載アーム 1 1 を移載動作位置にて上昇させると、計 4 本のリフトピン 1 2 がサセプタ 7 4 に穿設された貫通孔 7 9 (図 2, 3 参照) を通過し、リフトピン 1 2 の上端がサセプタ 7 4 の上面から突き出る。一方、昇降機構 1 4 が一对の移載アーム 1 1 を移載動作位置にて下降させてリフトピン 1 2 を貫通孔 7 9 から抜き取り、水平移動機構 1 3 が一对の移載アーム 1 1 を開くように移動させると各移載アーム 1 1 が退避位置に移動する。一对の移載アーム 1 1 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。

[0048] 図1に示すように、チャンバー6の内部には3つの放射温度計120, 130, 140が設けられている。上述した通り、放射温度計120は、サセプタ74に設けられた開口部78を介して半導体ウェハWの温度を測定する。放射温度計130は、上側チャンバー窓63から放射された赤外光を検知して上側チャンバー窓63の温度を測定する。一方、放射温度計140は、下側チャンバー窓64から放射された赤外光を検知して下側チャンバー窓64の温度を測定する。

[0049] チャンバー6の上方に設けられたフラッシュ加熱部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、フラッシュ加熱部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。フラッシュ加熱部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。フラッシュ加熱部5がチャンバー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と対向することとなる。フラッシュランプFLはチャンバー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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] チャンバー6の下方に設けられたハロゲン加熱部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。ハロゲン加熱部4は、複数のハロゲンランプHLによってチャンバー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への光照射を行って半導体ウェハーWを加熱する光照射部である。ハロゲン加熱部4がチャンバー6の下方に設置されることにより、複数本のハロゲンランプHLは下側チャン

バー窓64と対向することとなる。

[0054] 図7は、複数のハロゲンランプHLの配置を示す平面図である。40本のハロゲンランプHLは上下2段に分けて配置されている。保持部7に近い上段に20本のハロゲンランプHLが配設されるとともに、上段よりも保持部7から遠い下段にも20本のハロゲンランプ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。

[0055] また、図7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、ハロゲン加熱部4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。

[0056] 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、上段に配置された20本のハロゲンランプHLの長手方向と下段に配置された20本のハロゲンランプHLの長手方向とが互いに直交するように計40本のハロゲンランプHLが配設されている。

[0057] 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。

[0058] また、ハロゲン加熱部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1）。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。

[0059] 制御部3は、熱処理装置1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1における処理が進行する。

[0060] 次に、熱処理装置1における処理動作について説明する。まず、処理対象となる半導体ウェハWに対する通常の熱処理手順について説明する。ここで処理対象となる半導体ウェハ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1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。以下に説明する半導体ウェハWの処理手順は、制御部3が熱処理装置1の各動作機構を制御することにより進行する。

[0061] まず、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に処理ガスとして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からチャンバー6内の気体が排気される。これにより、チャンバー6内の

熱処理空間 6 5 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 6 5 の下部から排気される。

[0062] また、バルブ 1 9 2 が開放されることによって、搬送開口部 6 6 からチャンバー 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 1 0 の駆動部周辺の雰囲気も排気される。なお、熱処理装置 1 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 6 5 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。

[0063] 続いて、ゲートバルブ 1 8 5 が開いて搬送開口部 6 6 が開放され、装置外部の搬送ロボットにより搬送開口部 6 6 を介して処理対象となる半導体ウェハ W がチャンバー 6 内の熱処理空間 6 5 に搬入される。このときには、半導体ウェハ W の搬入にともなう装置外部の雰囲気を巻き込むおそれがあるが、チャンバー 6 には窒素ガスが供給され続けているため、搬送開口部 6 6 から窒素ガスが流出して、そのような外部雰囲気の巻き込みを最小限に抑制することができる。

[0064] 搬送ロボットによって搬入された半導体ウェハ W は保持部 7 の直上位置まで進出して停止する。そして、移載機構 1 0 の一对の移載アーム 1 1 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 1 2 が貫通孔 7 9 を通ってサセプタ 7 4 の保持プレート 7 5 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 1 2 は基板支持ピン 7 7 の上端よりも上方にまで上昇する。

[0065] 半導体ウェハ W がリフトピン 1 2 に載置された後、搬送ロボットが熱処理空間 6 5 から退出し、ゲートバルブ 1 8 5 によって搬送開口部 6 6 が閉鎖される。そして、一对の移載アーム 1 1 が下降することにより、半導体ウェハ W は移載機構 1 0 から保持部 7 のサセプタ 7 4 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 7 5 上に立設された複数の基板支持ピン 7 7 によって支持されてサセプタ 7 4 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 7 7 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対の移載アーム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。

[0066] 半導体ウェハ－Wが石英にて形成された保持部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、ハロゲン加熱部4の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の下面に照射される。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。

[0067] 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の温度が放射温度計120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放射温度計120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、放射温度計120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T1は、半導体ウェハ－Wに添加された不純物が熱により拡散する恐れのない、200℃ないし800℃程度、好ましくは350℃ないし600℃程度とされる（本実施の形態では600℃）。

[0068] 半導体ウェハ－Wの温度が予備加熱温度T1に到達した後、制御部3は半導体ウェハ－Wをその予備加熱温度T1に暫時維持する。具体的には、放射

温度計 120 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 T1 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 T1 に維持している。

[0069] 半導体ウェハーWの温度が予備加熱温度 T1 に到達して所定時間が経過した時点にてフラッシュ加熱部 5 のフラッシュランプ FL がサセプタ 74 に保持された半導体ウェハー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。

[0070] 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 ミリセカンド以上 100 ミリセカンド以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ー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、半導体ウェハー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、熱処理装置 1 では、半導体ウェハー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、半導体ウェハー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 ミリセカンドないし 100 ミリセカンド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。

[0071] 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、半導体ウェハー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ーWの温度は放射温度計 120 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、放射温度計 120 の測定結果より半導体ウェハー 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、半導体ウェハー 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ー 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 上に載置された半導体ウェハー W が装置外部の搬送ロボットにより搬出され、熱処理装置 1 における半導体ウェハー W の加熱処理が完了する。

[0072] 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 1 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 枚ずつ順次にチャンバー 6 に搬入されて加熱処理が行われる。

[0073] ここで、しばらく処理を行っていなかった熱処理装置 1 にてロットの処理を開始する場合、概ね室温のチャンバー 6 にロットの最初の半導体ウェハー W が搬入されてフラッシュ加熱処理が行われることとなる。このよう場合は、例えばメンテナンス後に熱処理装置 1 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への熱伝導および熱輻射が生じるため、初期には室温であったチャンバー内構造物が半導体ウェハー 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。

[0074] 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下側チ

チャンバー窓 6 4 を含むチャンバー内構造物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チャンバー 6 では、半導体ウェハー W からチャンバー内構造物への伝熱量とチャンバー内構造物からの放熱量とが均衡する。チャンバー 6 の温度が安定温度に到達するまでは、半導体ウェハー W からの伝熱量がチャンバー内構造物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チャンバー内構造物の温度が徐々に蓄熱により上昇する。これに対して、チャンバー 6 の温度が安定温度に到達した後は、半導体ウェハー W からの伝熱量とチャンバー内構造物からの放熱量とが均衡するため、チャンバー内構造物の温度は一定の安定温度に維持されることとなる。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 H L 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。

[0075] 従って、室温のチャンバー 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 とではチャンバー 6 の構造物の温度が異なることとなる。具体的には、ロットの初期の半導体ウェハー W は室温近傍のチャンバー 6 内にて処理されるのに対して、10 枚目以降の半導体ウェハー W は安定温度に昇温しているチャンバー 6 内にて処理されることとなる。その結果、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 とでは、周辺温度が異なるために温度履歴が不均一になるという問題があった。このため、既述したように、従来では、ロットの処理を開始する前に、処理対象ではない約 10 枚のダミーウェハーを順次にチャンバー 6 内に搬入して処理対象の半導体ウェハー W と同様の予備加熱およびフラッシュ加熱処理を行ってサセプタ 7 4 および下側チャンバー窓 6 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が実施されていた。このようなダミーランニングが熱処理装置 1 の効率的な運用を阻害することも既述した通りである。

[0076] そこで、本実施形態においては、処理対象となる半導体ウェハー W をチャ

ンバー 6 に搬入する前に、下側チャンバー窓 6 4 および上側チャンバー窓 6 3 を含むチャンバー内構造物を予め事前加熱しておく。図 8 は、本発明に係る熱処理方法の処理手順を示すフローチャートである。

[0077] まず、室温のチャンバー 6 にて処理を開始する前に、そのチャンバー 6 内にダミーウェハー DW を搬入する（ステップ S 1）。ダミーウェハー DW は、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（いわゆるベアウェハー）。

[0078] ダミーウェハー DW のチャンバー 6 への搬入手順は、上述した半導体ウェハー W の搬入手順と同じである。すなわち、装置外部の搬送ロボットによってダミーウェハー DW がチャンバー 6 内に搬入され、移載機構 1 0 のリフトピン 1 2 がダミーウェハー DW を受け取る。そして、リフトピン 1 2 が下降することにより、ダミーウェハー DW がサセプタ 7 4 に保持される（ステップ S 2）。なお、ダミーウェハー DW の搬入時にはチャンバー 6 内は窒素雰囲気とされている。

[0079] 次に、チャンバー 6 内をヘリウム雰囲気に置換する（ステップ S 3）。このときには、一旦ガス供給孔 8 1 から何らのガス供給を行うことなく密閉空間である熱処理空間 6 5 の雰囲気を排気してチャンバー 6 内を大気圧未満に減圧する。続いて、バルブ 8 9 およびバルブ 1 9 2 を閉止してバルブ 8 4 を開放し、ガス供給源 8 5 からチャンバー 6 内にヘリウムと窒素との混合ガスを供給する。これにより、チャンバー 6 内の熱処理空間 6 5 にヘリウムガスを含む雰囲気が形成される。一旦チャンバー 6 内を減圧してからヘリウムと窒素との混合ガスを供給することにより、チャンバー 6 内を速やかに窒素雰囲気からヘリウム雰囲気に置換することができる。

[0080] 次に、4 0 本のハロゲンランプ HL が点灯し、ハロゲンランプ HL からの光照射によってダミーウェハー DW を加熱する（ステップ S 4）。ハロゲンランプ HL から出射された光は、石英にて形成された下側チャンバー窓 6 4

およびサセプタ 74 を透過してダミーウェハー DW の下面に照射される。ハロゲンランプ HL からの光照射を受けることによってダミーウェハー DW が加熱されてその温度が上昇する。

[0081] 図 9 は、ヘリウム雰囲気中にてダミーウェハー DW が加熱された状態を示す図である。ヘリウムガスは半導体ウェハー W の熱処理時に使用する処理ガスである窒素ガスよりも高い熱伝導率を有する。0℃での窒素ガスの熱伝導率が 0.024 W/mK であるのに対して 0℃でのヘリウムガスの熱伝導率は 0.144 W/mK である。このような高い熱伝導率を有するヘリウムガスは伝熱ガスとして機能し、ヘリウムガスを含む雰囲気中にてダミーウェハー DW が昇温すると、そのダミーウェハー DW からヘリウムガスを熱媒体としてチャンバー 6 内の構造物に熱伝導が生じる。これにより、チャンバー 6 の上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 が加熱される（ステップ S5）。また、昇温したダミーウェハー DW からの熱伝導および熱輻射によってサセプタ 74 も加熱される。

[0082] このときには、上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 の温度が安定温度に到達するようにダミーウェハー DW によってチャンバー 6 内の構造物が加熱される。上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 の安定温度とは、ロットの 10 枚以上の半導体ウェハー W の加熱処理を連続して行った後に、上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 の温度が上昇して一定となる安定状態に到達したときの当該上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 の温度である。具体的には、上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 を安定温度に昇温するために必要な温度にまでダミーウェハー DW を加熱することができるハロゲンランプ HL の出力を予め実験またはシミュレーションによって求めて制御部 3 に設定しておく。そして、制御部 3 の制御下にて、ハロゲンランプ HL の出力が当該設定出力に調整される。その結果、ハロゲンランプ HL からの光照射によってダミーウェハー DW が所定温度に加熱され、そのダミーウェハー DW からヘリウムガスを熱媒体として上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 が安

定温度に昇温されることとなる。或いは、放射温度計 130, 140 によって測定した測定値に基づいて、上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 が安定温度となるように制御部 3 がハロゲンランプ HL の出力をフィードバック制御するようにしても良い。

[0083] ダミーウェハー DW によって上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 が安定温度に昇温された後、40 本のハロゲンランプ HL が消灯する（ステップ S6）。ハロゲンランプ HL が消灯することによって、ダミーウェハー DW の温度は降温するものの、熱容量の大きな上側チャンバー窓 63、下側チャンバー窓 64 およびサセプタ 74 の石英部材はすぐには降温せずに概ね安定温度に維持される。

[0084] 続いて、チャンバー 6 内を窒素雰囲気中に置換する（ステップ S7）。このときには、上述したヘリウム雰囲気への置換と同様に、一旦チャンバー 6 内を大気圧未満に減圧してから窒素ガスを供給することにより、チャンバー 6 内を速やかにヘリウム雰囲気から窒素雰囲気中に置換する。

[0085] 次に、チャンバー 6 からダミーウェハー DW を搬出する（ステップ S8）。チャンバー 6 からのダミーウェハー DW の搬出手順も、上述した半導体ウェハー W の搬出手順と同じである。すなわち、リフトピン 12 が上昇してサセプタ 74 からダミーウェハー DW を受け取り、そのダミーウェハー DW を装置外部の搬送ロボットによってチャンバー 6 から搬出する。

[0086] ダミーウェハー DW がチャンバー 6 から搬出された後、速やかにロットの最初の処理対象となる半導体ウェハー W をチャンバー 6 に搬入してサセプタ 74 に保持する（ステップ S9）。そして、上述した処理手順に沿って処理対象となる半導体ウェハー W の加熱処理を実行する（ステップ S10）。

[0087] 本実施形態においては、ロットの最初の処理対象となる半導体ウェハー W の処理を開始する前に、チャンバー 6 内にダミーウェハー DW を搬入してサセプタ 74 に載置し、窒素ガスよりも高い熱伝導率を有するヘリウムガスをチャンバー 6 内に供給してヘリウムガスを含む雰囲気中を形成している。そして、ヘリウムガスを含む雰囲気中にてハロゲンランプ HL からの光照射によ

ってダミーウェハーDWを加熱することにより、昇温したダミーウェハーDWからヘリウムガスを熱媒体として上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64を含むチャンバー6内の構造物に熱伝導が生じる。特に、チャンバー6内を高い熱伝導率を有するヘリウムガスを含む雰囲気としておくことにより、ダミーウェハーDWの熱を効率良く上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64を含むチャンバー6内の構造物に伝達させることができる。

[0088] ダミーウェハーDWからヘリウムガスを介して上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64を含むチャンバー6内の構造物に熱を伝達して当該構造物を昇温することにより、ロットの最初の処理対象となる半導体ウェハーWがチャンバー6内に搬入されたときには、上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64が安定温度に加熱されている。このため、ロットを構成する全ての半導体ウェハーWにわたって上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64が等しい温度（安定温度）であり、温度履歴を均一にすることができる。その結果、従来のような複数枚（10枚以上）のダミーウェハーに実際の半導体ウェハーWに対するのと同様の加熱処理を行うダミーランニングを省略することができるため、チャンバー内構造物が安定温度に到達する時間を短縮して基板処理装置1の効率的な運用が可能となる。

[0089] 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の熱を上側チャンバー窓63および下側チャンバー窓64に伝達する伝熱ガスとしてヘリウムガスを用いていたが、これに限定されるものではない。伝熱ガスとしては、処理対象となる半導体ウェハーWの熱処理時に使用する処理ガスである窒素ガスよりも高い熱伝導率を有するガスであれば良く、例えば水素ガス（0℃での熱伝導率は0.168W/mK）を用いるようにしても良い。

[0090] また、複数種類の伝熱ガスを混合してチャンバー6内に供給するようにしても良い。この場合、マスフローコントローラ等によって伝熱ガスの混合比

率を変更可能とするのが好ましい。

- [0091] また、ヘリウムガス等の伝熱ガスをヒータ 22 によって加熱してチャンバー 6 内に供給するようにしても良い。加熱した伝熱ガスをチャンバー 6 内に供給することにより、上側チャンバー窓 63 および下側チャンバー窓 64 を含むチャンバー 6 内の構造物をより効率良く昇温させることが可能となる。
- [0092] また、上記実施形態においては、フラッシュ加熱部 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、ハロゲン加熱部 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。
- [0093] 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。この場合、事前加熱時には放電型のアークランプによってダミーウェハー DW を加熱することとなる。
- [0094] また、熱処理装置 1 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。また、本発明に係る技術は、高誘電率ゲート絶縁膜（High-k 膜）の熱処理、金属とシリコンとの接合、或いはポリシリコンの結晶化に適用するようにしても良い。
- [0095] また、本発明に係る熱処理技術は、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、ハロゲンランプを使用した枚葉式のランプアニール装置や CVD 装置などのフラッシュランプ以外の熱源の装置にも適用することができる。特に、チャンバーの下方にハロゲンランプを配置し、半導体ウェ

ハーの裏面から光照射を行って熱処理を行うバックサイドアニール装置に本発明に係る技術は好適に適用することができる。

符号の説明

- [0096] 1 熱処理装置
- 3 制御部
- 4 ハロゲン加熱部
- 5 フラッシュ加熱部
- 6 チャンバー
- 7 保持部
- 10 移載機構
- 22 ヒータ
- 63 上側チャンバー窓
- 64 下側チャンバー窓
- 65 熱処理空間
- 74 サセプタ
- 84 バルブ
- 85 ガス供給源
- 120, 130, 140 放射温度計
- DW ダミーウェハー
- FL フラッシュランプ
- HL ハロゲンランプ
- W 半導体ウェハー

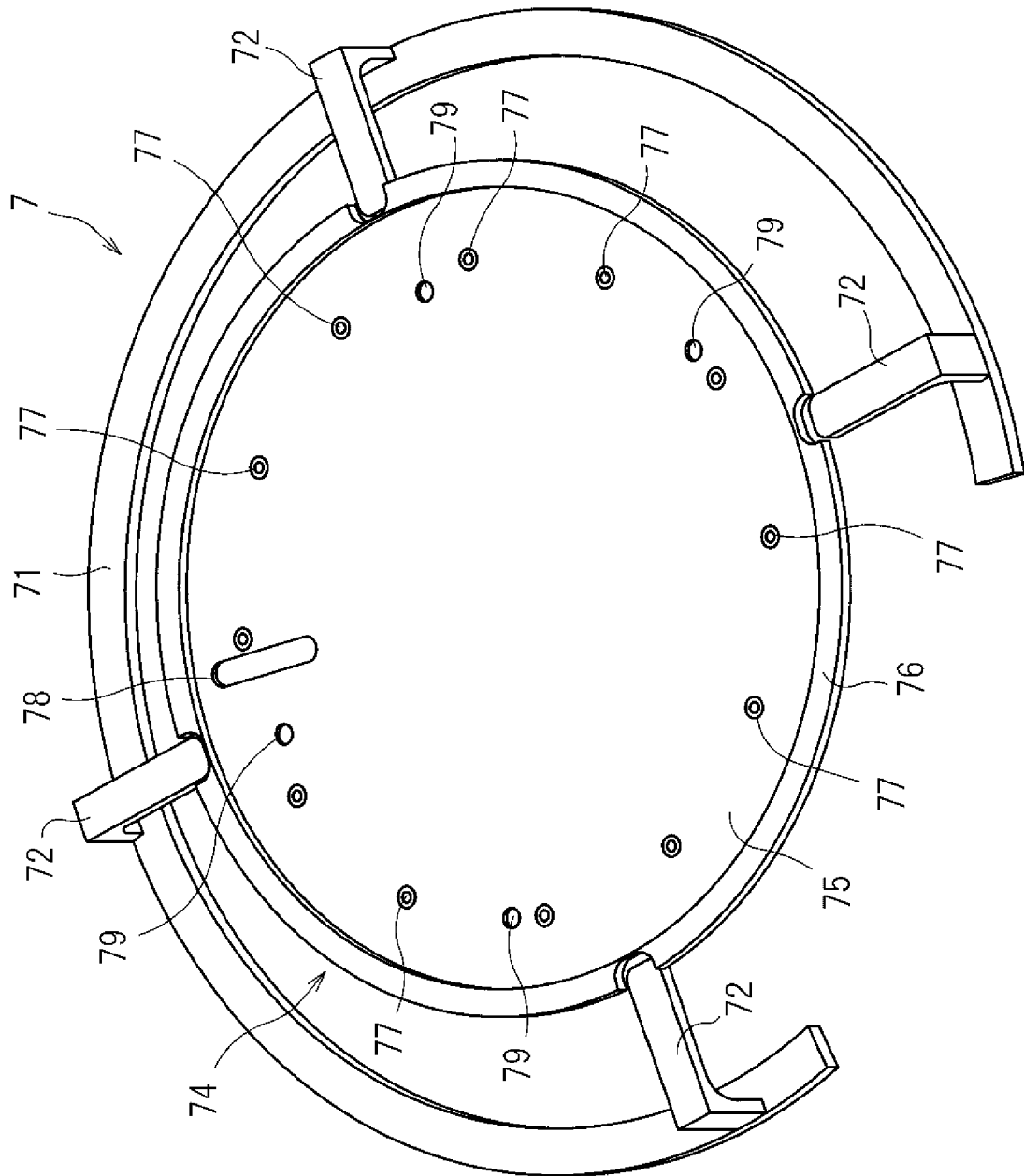
請求の範囲

- [請求項1] 基板に光を照射することによって該基板を加熱する熱処理方法であって、
- チャンバー内のサセプタに載置された基板に連続点灯ランプから光を照射して当該基板を加熱する光照射工程と、
- 処理対象となる基板を前記チャンバーに搬入する前に、前記サセプタに予熱用基板を載置し、前記光照射工程にて使用する処理ガスよりも熱伝導率の高い伝熱ガスを前記チャンバー内に供給して前記伝熱ガスを含む雰囲気気を形成する雰囲気気形成工程と、
- 前記連続点灯ランプからの光照射によって前記予熱用基板を加熱し、前記予熱用基板から前記伝熱ガスを介して前記チャンバーに設けられた石英窓を昇温する予熱工程と、
- 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、
- 前記雰囲気気形成工程では、加熱された前記伝熱ガスを前記チャンバー内に供給する熱処理方法。
- [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、
- 前記伝熱ガスがヘリウムである熱処理方法。
- [請求項4] 基板に光を照射することによって該基板を加熱する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基板を支持するサセプタと、
- 前記サセプタに支持された基板に光を照射して当該基板を加熱する連続点灯ランプと、
- 前記チャンバー内にガスを供給するガス供給部と、
- を備え、
- 処理対象となる基板を前記チャンバーに搬入する前に、前記サセプタに予熱用基板を載置し、前記処理対象となる基板の熱処理時に使用

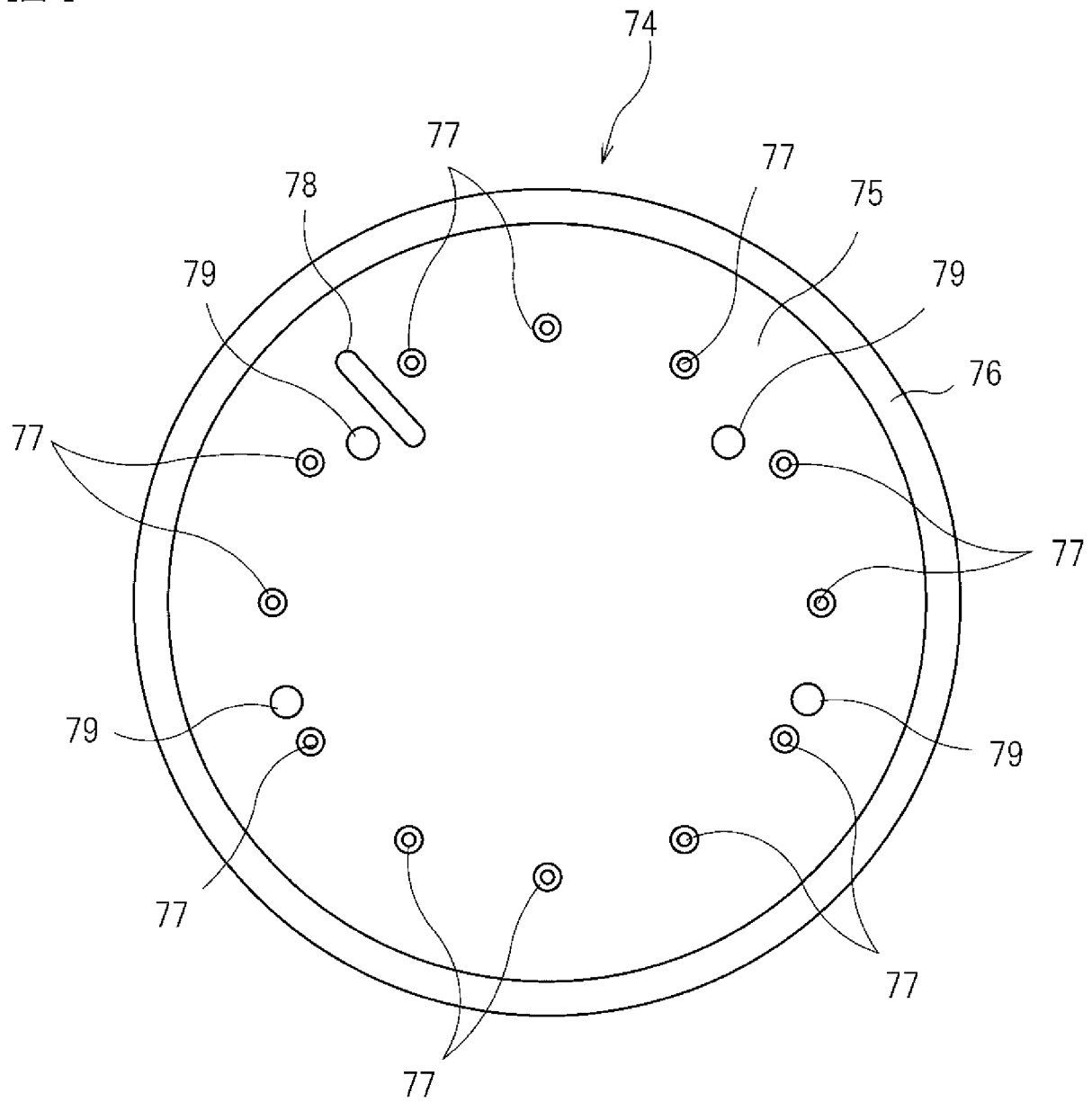
する処理ガスよりも熱伝導率の高い伝熱ガスを前記ガス供給部から前記チャンバー内に供給して前記伝熱ガスを含む雰囲気を形成した後、前記連続点灯ランプからの光照射によって前記予熱用基板を加熱して前記予熱用基板から前記伝熱ガスを介して前記チャンバーに設けられた石英窓を昇温する熱処理装置。

- [請求項5] 請求項4記載の熱処理装置において、
前記伝熱ガスを加熱するガス加熱部をさらに備える熱処理装置。
- [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、
前記伝熱ガスがヘリウムである熱処理装置。

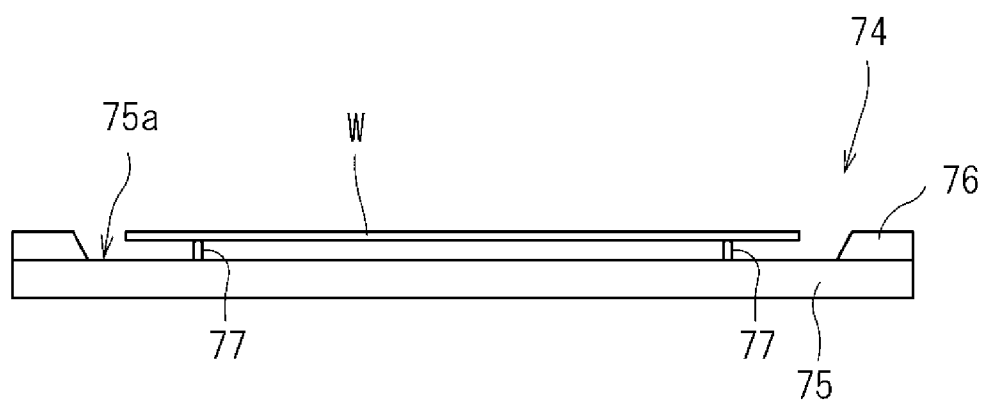
[図2]



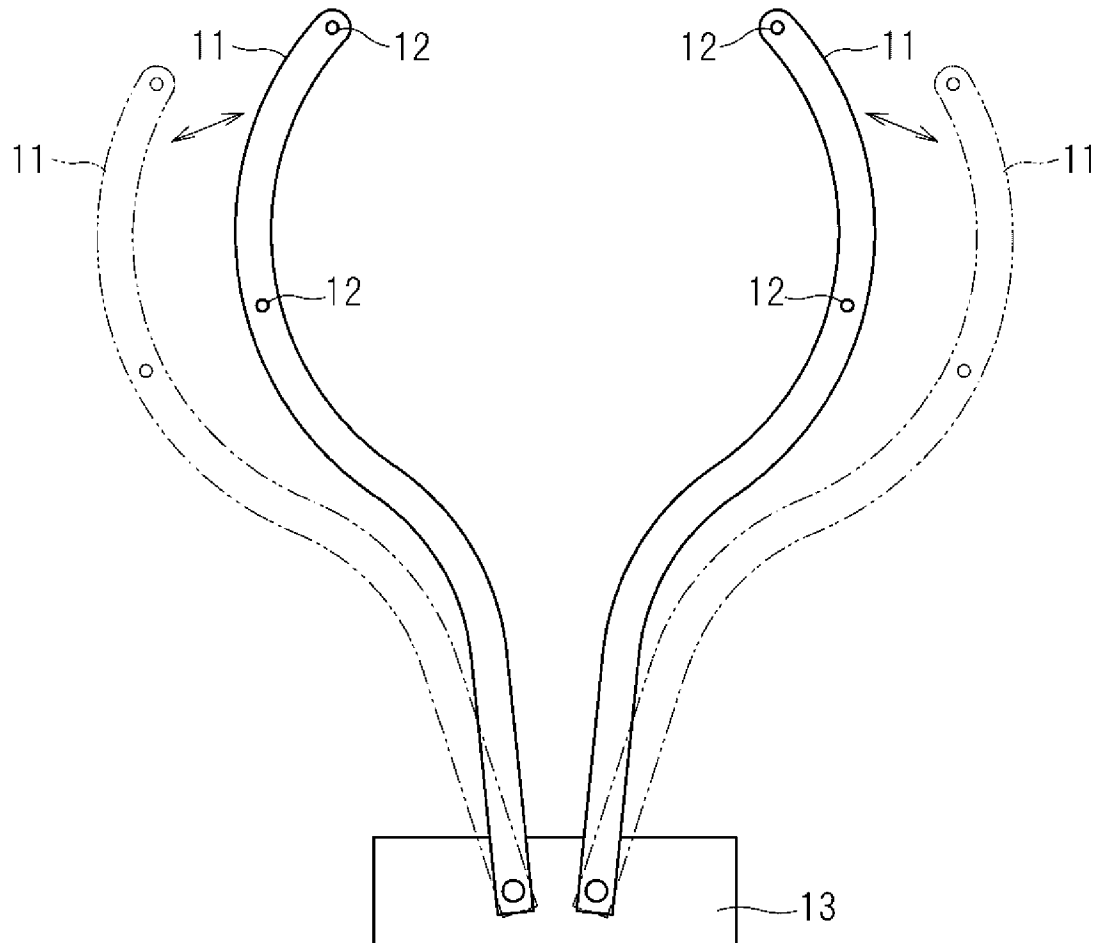
[図3]



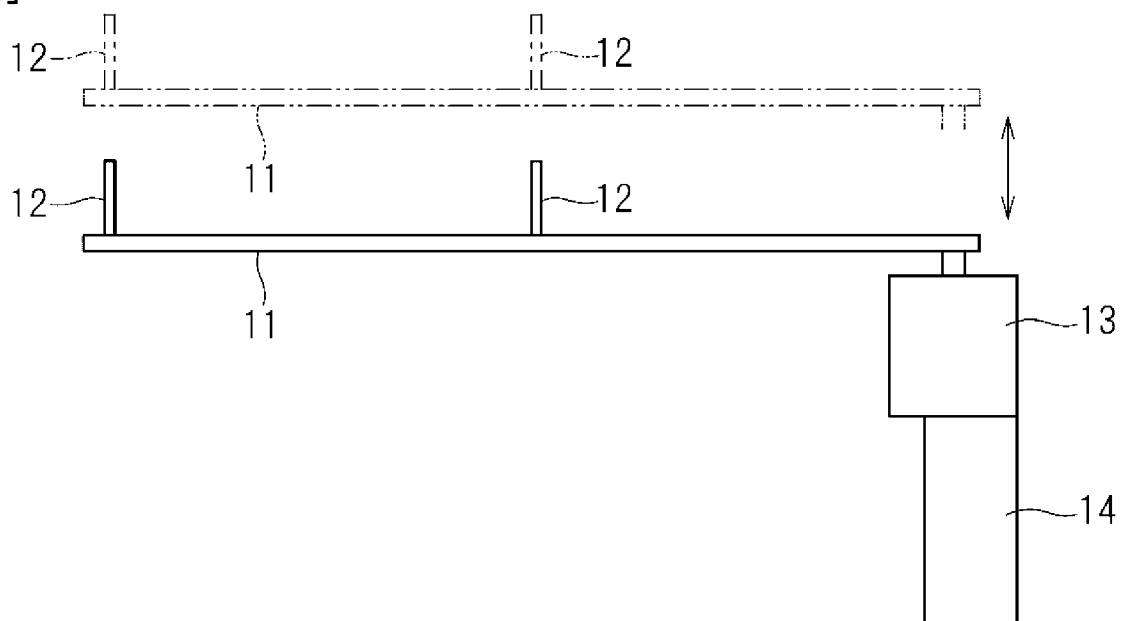
[図4]



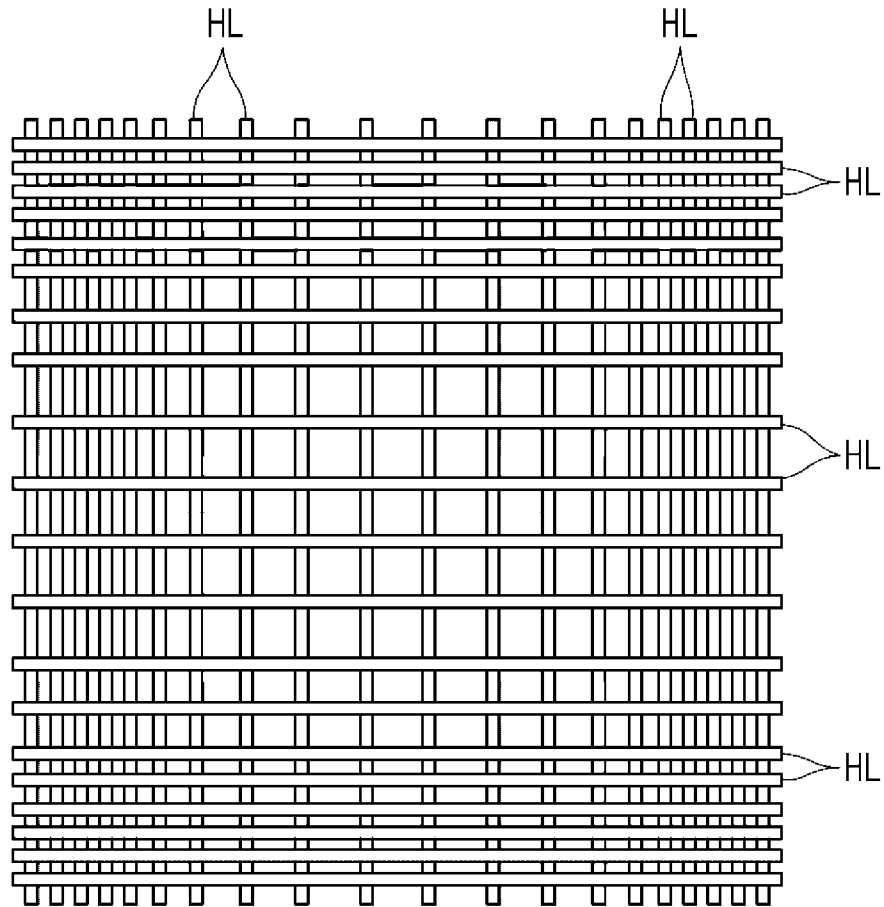
[図5]



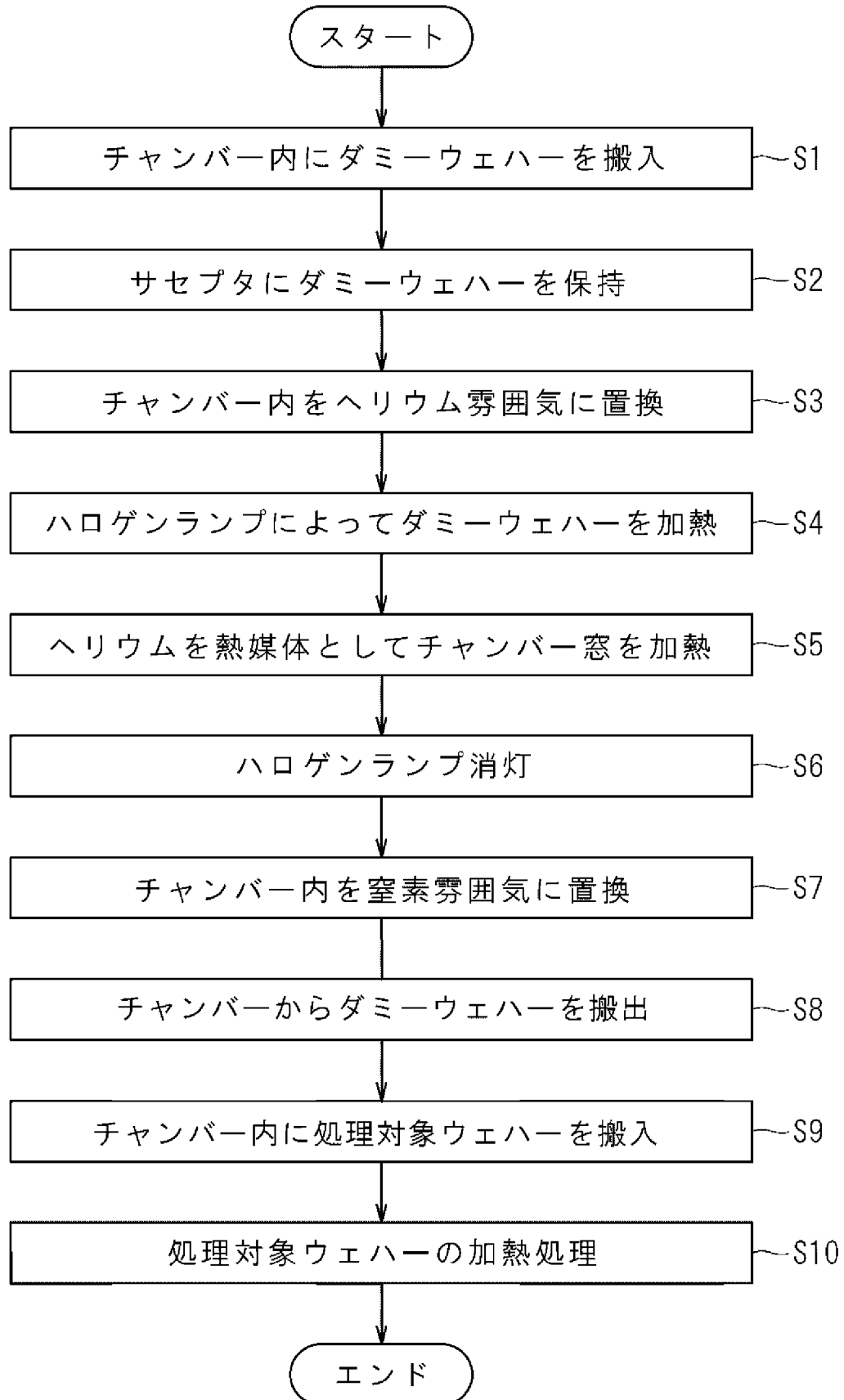
[図6]



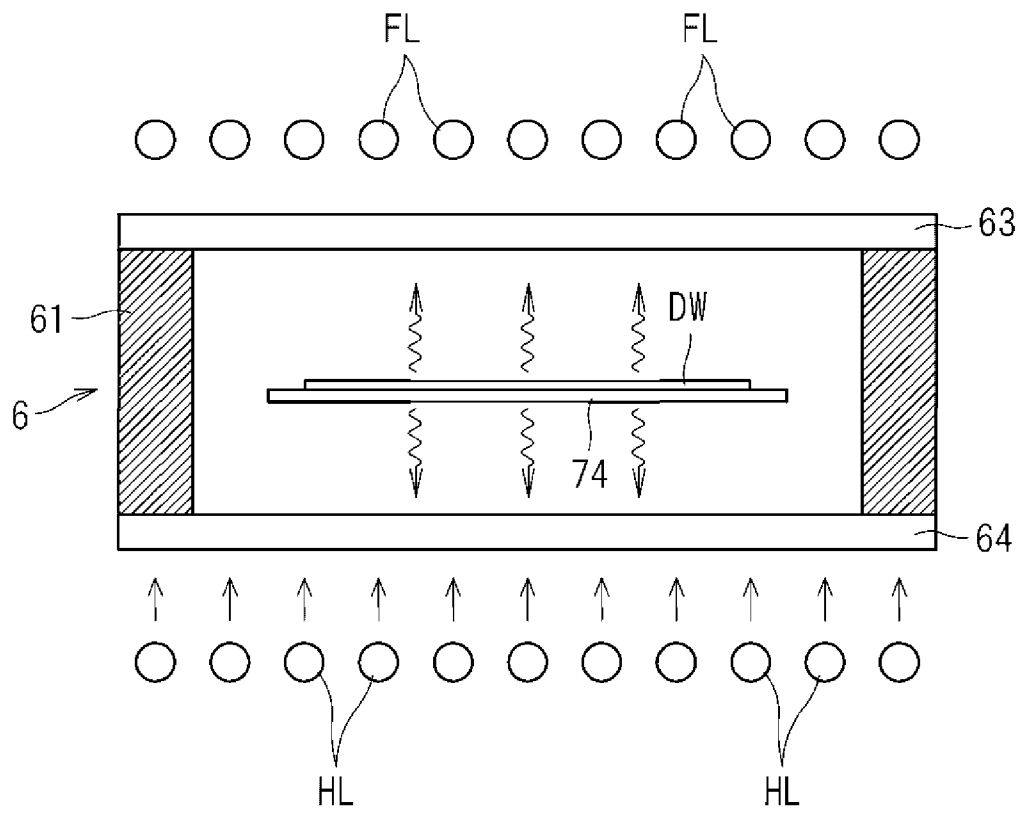
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/037010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L21/265 (2006.01) i, H01L21/26 (2006.01) i, H01L21/683 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01L21/265, H01L21/26, H01L21/683

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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97/22142 A1 (SEIKO EPSON CORP.) 19 June 1997 & JP 2003-289046 A & US 2002/0006689 A1 & EP 810640 A1 & CN 1173948 A	1-6
A	JP 09-156916 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 17 June 1997 (Family: none)	1-6
A	JP 09-162124 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 20 June 1997 (Family: none)	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
13 November 2018 (13.11.2018)

Date of mailing of the international search report
27 November 2018 (27.11.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/037010

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 07-235507 A (TOSHIBA CORP.) 05 September 1995 (Family: none)	1-6
A	JP 2010-225645 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 07 October 2010 (Family: none)	1-6
P,A	JP 2018-148178 A (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) 20 September 2018 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/265(2006.01)i, H01L21/26(2006.01)i, H01L21/683(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. H01L21/265, H01L21/26, H01L21/683

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 97/22142 A1（セイコーエプソン株式会社）1997.06.19, & JP 2003-289046 A & US 2002/0006689 A1 & EP 810640 A1 & CN 1173948 A	1-6
A	JP 09-156916 A（株式会社半導体エネルギー研究所）1997.06.17,（ファミリーなし）	1-6
A	JP 09-162124 A（株式会社半導体エネルギー研究所）1997.06.20,（ファミリーなし）	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。

* 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

13.11.2018

国際調査報告の発送日

27.11.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

桑原 清

50

9375

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
A	JP 07-235507 A (株式会社東芝) 1995. 09. 05, (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 2010-225645 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2010. 10. 07, (ファミリーなし)	1 - 6
P, A	JP 2018-148178 A (株式会社SCREENホールディングス) 2018. 09. 20, (ファミリーなし)	1 - 6