



(51) 国際特許分類：

H01L 21/26 (2006.01) H01L 21/336 (2006.01)
H01L 21/265 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)

(21) 国際出願番号：

PCT/JP20 12/0769 14

(22) 国際出願日：

2012 年 10 月 18 日 (18.10.2012)

(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 201 1-267548 201 1 年 12 月 7 日 (07.12.201 1) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について) : 大日本スクリーン製造株式会社 (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上 4 丁目天神北町 1 - 1 Kyoto (JP).

() 発明者 ; および

() 出願人 (米国についてのみ) : 横内 健一 (YOKOUCHI Kenichi) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上 4 丁目天神北町 1 - 1 大日本スクリーン製造株式会社内 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城見 1 丁目 4

番 7 0 号 住 友 生 命 O B P プ ラ ザ ビ ル 1 0 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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) :

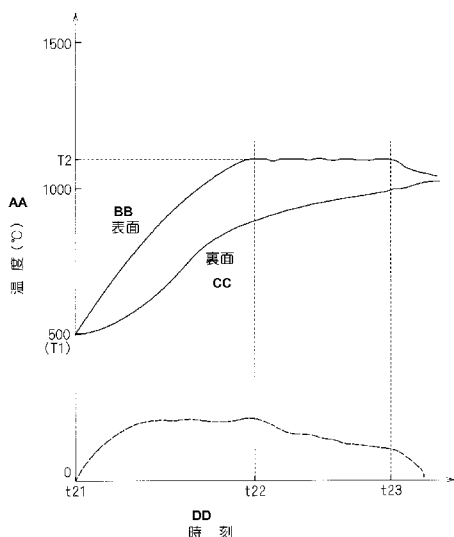
ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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: HEAT TREATMENT METHOD AND HEAT TREATMENT DEVICE

(54) 発明の名称 : 熱処理方法および熱処理装置



AA Temperature (°C)
BB Obverse surface
CC Reverse surface
DD Time

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to irradiate a substrate with flash light and heat the substrate to the required temperature while preventing cracking of the substrate. An impurity-injected substrate is heated to a preliminary heating temperature. Then, the surface of the substrate is irradiated with flash light and heated to a target temperature. Flash light irradiation is continued and the surface temperature is held for a predetermined time near the target temperature. The time of flash light irradiation in the flash heating step is set so as to be longer than the heat conduction time required for heat to be conducted from the obverse surface to the reverse surface of the substrate. While the flash light irradiation is taking place, the difference in temperature between the obverse surface and the reverse surface of the substrate is consistently no greater than half the increase in temperature from the preliminary heating temperature to the target temperature. It is therefore possible to moderate the concentration of stress due to the difference in thermal expansion between the obverse and reverse surfaces of the substrate, and to prevent cracking of the substrate.

(57) 要約：基板の割れを防止しつつ、基板にフラッシュ光を照射して必要な温度にまで加熱することを目的とする。不純物注入を行った基板を予備加熱温度にまで加熱した後、基板の表面にフラッシュ光を照射して目標温度にまで加熱し、さらにフラッシュ光照射を継続して表面温度を目標温度近傍に所定時間維持する。このときに、フラッシュ加熱工程におけるフラッシュ光の照射時間を基板の表面から裏面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間とし、さらにフラッシュ光を照射している間は常に基板の表面と裏面との温度差を予備加熱温度から目標温度までの昇温温度の半分以下としている。

る。このため、基板の表裏面の熱膨張差に起因した応力集中を緩和することができ、基板の割れを防止することができる。

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、半導体ウェハーや液晶表示装置用ガラス基板等の薄板状の精密電子基板（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

—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] ところで、イオン打ち込み法によって高エネルギーのイオンを打ち込んだ結果、半導体ウェハーのシリコン結晶には多数の欠陥が導入される。このような欠陥は、イオン注入層よりもやや深い位置に導入される傾向がある。イオン注入後のアニール処理を行う際には、不純物の活性化とともに導入された欠陥の回復をも併せて行うことが望ましい。このような欠陥回復のためには、アニール処理の時間を長くすれば良いのであるが、そうすると上述の如き打ち込まれた不純物が要求よりも深く拡散するという問題が発生する。

[0006] そこで、特許文献 1 には、発光出力のピークが過ぎた後に比較的弱い発光出力にて追加の光照射を行うフラッシュランプアニール技術が開示されている。特許文献 1 に開示の技術によれば、半導体ウェハーの表面を処理温度にまで昇温した後、追加の光照射によってその表面温度を処理温度に数ミリ秒程度以上維持しているため、表面よりもやや深い位置をもある程度加熱することができ、不純物の活性化のみならず、導入された結晶欠陥の回復をも行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献 1 :特開 2 0 0 9 _ 2 6 0 0 1 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、フラッシュランプアニールにおいて、半導体ウェハーの表面を処理温度にまで昇温した後、その処理温度に維持するとウェハー割れの頻度が高まるおそれがある。これは、極めて短時間の表面照射にて加熱を行

うフラッシュランプアニールにおいては、半導体ウェハーの表裏に不可避免的に温度差が生じるのであるが、ウェハー表面温度を処理温度に維持すると、表裏面に大きな温度差が生じている時間も長くなり、ウェハー裏面に表裏の熱膨張差に起因した応力が集中することによるものと考えられる。

[0009] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、基板の割れを防止しつつ、基板にフラッシュ光を照射して必要な温度にまで加熱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

[001 0] 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、基板を所定の予備加熱温度にて加熱する予備加熱工程と、前記基板の一方面にフラッシュランプからフラッシュ光を照射し、前記一方面を目標温度に加熱するフラッシュ加熱工程と、を備え、前記フラッシュ加熱工程におけるフラッシュ光の照射時間は前記一方面から前記一方面とは反対側の面である他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間であり、前記フラッシュ加熱工程における前記一方面と前記他方面との温度差は、前記予備加熱温度から前記目標温度までの昇温温度の半分以下である。

[001 1] 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、前記フラッシュ加熱工程における前記一方面の昇温速度が $1000^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上である。

[001 2] また、第 3 の態様は、第 1 の態様に係る熱処理方法において、前記基板はシリコンの半導体ウェハーである。

[001 3] また、第 4 の態様は、第 1 の態様に係る熱処理方法において、前記フラッシュ加熱工程では、コンデンサから前記フラッシュランプへの電荷の供給をスイッチング素子によって断続することにより前記フラッシュランプの発光出力を制御する。

[0014] また、第 5 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て基板を保持する保持手段と、前記保持手段に保持された基板を所定の予備加

熱温度に加熱する予備加熱手段と、前記保持手段に保持された基板にフラッシュ光を照射するフラッシュランプと、前記フラッシュランプの発光出力を制御する発光制御手段と、を備え、前記発光制御手段は、前記保持手段に保持された基板の一方面に、前記一方面から前記一方面とは反対側の面である他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間にわたってフラッシュ光を照射して前記一方面を目標温度に加熱し、前記一方面と前記他方面との温度差が前記予備加熱温度から前記目標温度までの昇温温度の半分以下となるように前記フラッシュランプの発光出力を制御する。

[001 5] また、第6の態様は、第5の態様に係る熱処理装置において、前記発光制御手段は、前記一方面の温度が1000℃/秒以上の昇温速度にて前記予備加熱温度から前記目標温度にまで昇温するように前記フラッシュランプの発光出力を制御する。

[001 6] また、第7の態様は、第5の態様に係る熱処理装置において、前記基板はシリコンの半導体ウェハである。

[001 7] また、第8の態様は、第5の態様に係る熱処理装置において、前記発光制御手段は、コンデンサから前記フラッシュランプへの電荷の供給を断続することにより前記フラッシュランプの発光出力を制御するスイッチング素子を含む。

発明の効果

[001 8] 第1から第4の態様に係る熱処理方法によれば、基板の一方面にフラッシュランプからフラッシュ光を照射して目標温度に加熱するフラッシュ加熱工程におけるフラッシュ光の照射時間は、基板の一方面からその一方面とは反対側の面である他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間であり、フラッシュ加熱工程における一方面と他方面との温度差は、予備加熱温度から目標温度までの昇温温度の半分以下であるため、基板の表裏面の温度差が過大となることが抑制され、表裏面の熱膨張差に起因した応力集中を緩和することができ、基板の割れを防止しつつ、基板にフラッシュ光を照射して必要な温度にまで加熱することができる。

[00 19] また、第5 から第8 の態様に係る熱処理装置によれば、保持手段に保持された基板の一方面に、その一方面から一方面とは反対側の面である他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間にわたってフラッシュ光を照射して当該一方面を目標温度に加熱し、一方面と他方面との温度差が予備加熱温度から目標温度までの昇温温度の半分以下となるようにフラッシュランプの発光出力を制御するため、基板の表裏面の温度差が過大となることが抑制され、表裏面の熱膨張差に起因した応力集中を緩和することができ、基板の割れを防止しつつ、基板にフラッシュ光を照射して必要な温度にまで加熱することができる。

図面の簡単な説明

- [0020] [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] 保持部を上面から見た平面図である。
- [図4] 保持部を側方から見た側面図である。
- [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] フラッシュランプの駆動回路を示す図である。
- [図9] 図1の熱処理装置での処理対象となる半導体ウェハーに形成された素子の構造を示す図である。
- [図10] 図1の熱処理装置における半導体ウェハーの処理手順を示すフローチャートである。
- [図11] 半導体ウェハーの表面温度の変化を示す図である。
- [図12] パルス信号の波形とフラッシュランプに流れる電流との相関の一例を示す図である。
- [図13] フラッシュランプの発光出力プロファイルの一例を示す図である。
- [図14] 半導体ウェハーの表面および裏面の温度プロファイルの一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 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。

[0022] 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。本実施形態の熱処理装置 1 は、基板として $\phi 300$ mm の円板形状のシリコン半導体ウェハー 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。熱処理装置 1 に搬入される前の半導体ウェハー W には不純物が注入されており、熱処理装置 1 による加熱処理によつて注入された不純物の活性化処理が実行される。

[0023] 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、シャッター機構 2 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、シャッター機構 2、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。

[0024] 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。

[0025] また、チャンバー側部 6 1 の内側の壁面の上部には反射 リング 6 8 が装着され、下部には反射 リング 6 9 が装着されている。反射 リング 6 8 , 6 9 は、ともに円環状に形成されている。上側の反射 リング 6 8 は、チャンバー側部 6 1 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 6 9 は、チャンバー側部 6 1 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 6 8 , 6 9 は、ともに着脱自在にチャンバー側部 6 1 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 6 3、下側チャンバー窓 6 4、チャンバー側部 6 1 および反射 リング 6 8 , 6 9 によって囲まれる空間が熱処理空間 6 5 として規定される。

[0026] チャンバー側部 6 1 に反射 リング 6 8 , 6 9 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 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、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。

[0027] 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。また、反射 リング 6 8 , 6 9 の内周面は電解ニッケルメッキによって鏡面とされている。

[0028] また、チャンバー側部 6 1 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）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 を閉鎖するとチャンバー 6 内の熱処理空

間 6 5 が密閉空間とされる。

[0029] また、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（本実施形態では窒素ガス（ N_2 ））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 は窒素ガス供給源 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、窒素ガス供給源 8 5 から緩衝空間 8 2 に窒素ガスが送給される。緩衝空間 8 2 に流入した窒素ガスは、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。

[0030] 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。また、窒素ガス供給源 8 5 および排気部 1 9 0 は、熱処理装置 1 に設けられた機構であつても良いし、熱処理装置 1 が設置される工場のユーティリティであつても良い。

[0031] 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。

[0032] 図2は、保持部7の全体外観を示す斜視図である。また、図3は保持部7を上面から見た平面図であり、図4は保持部7を側方から見た側面図である。保持部7は、基台リング71、連結部72およびサセプター74を備えて構成される。基台リング71、連結部72およびサセプター74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。

[0033] 基台リング71は円環形状の石英部材である。基台リング71は凹部62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)。円環形状を有する基台リング71の上面に、そ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。なお、基台リング71の形状は、円環形状から一部が欠落した円弧状であっても良い。

[0034] 平板状のサセプター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。サセプター74は石英にて形成された略円形の平板状部材である。サセプター74の直径は半導体ウェハーWの直径よりも大きい。すなわち、サセプター74は、半導体ウェハーWよりも大きな平面サイズを有する。サセプター74の上面には複数個(本実施形態では5個)のガイドピン76が立設されている。5個のガイドピン76はサセプター74の外周円と同心円の周上に沿って設けられている。5個のガイドピン76を配置した円の径は半導体ウェハーWの径よりも若干大きい。各ガイドピン76も石英にて形成されている。なお、ガイドピン76は、サセプター74と一体に石英のインゴットから加工するようにしても良いし、別途に加工したものをサセプター74に溶接等によって取り付けのようにしても良い。

[0035] 基台リング71に立設された4個の連結部72とサセプター74の周縁部の下面とが溶接によって固着される。すなわち、サセプター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おり、保持部7は石英の一体成形部材となる。このような保持部7の基台リング71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、略円板形状のサセプター 7 4 は水平姿勢（法線が鉛直方向と一致する姿勢）となる。チャンバー 6 に搬入された半導体ウェハー W は、チャンバー 6 に装着された保持部 7 のサセプター 7 4 の上に水平姿勢にて載置されて保持される。半導体ウェハー W は、5 個のガイドピン 7 6 によって形成される円の内側に載置されることにより、水平方向の位置ずれが防止される。なお、ガイドピン 7 6 の個数は 5 個に限定されるものではなく、半導体ウェハー W の位置ずれを防止できる数であれば良い。

[0036] また、図 2 および図 3 に示すように、サセプター 7 4 には、上下に貫通して開口部 7 8 および切り欠き部 7 7 が形成されている。切り欠き部 7 7 は、熱電対を使用した接触式温度計 1 3 0 のプローブ先端部を通すために設けられている。一方、開口部 7 8 は、放射温度計 1 2 0 がサセプター 7 4 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。さらに、サセプター 7 4 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。

[0037] 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。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。

[0038] 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 がサセプター 74 に穿設された貫通孔 79 (図 2, 3 参照) を通過し、リフトピン 12 の上端がサセプター 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。

[0039] 図 1 に戻り、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 と相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。

[0040] 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ー 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。

[0041] 図8は、フラッシュランプFLの駆動回路を示す図である。同図に示すように、コンデンサ93と、コイル94と、フラッシュランプFLと、IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）96とが直列に接続されている。また、図8に示すように、制御部3は、パルス発生器31および波形設定部32を備えるとともに、入力部33に接続されている。入力部33としては、キーボード、マウス、タッチパネル等の種々の公知の入力機器を採用することができる。入力部33からの入力内容に基づいて波形設定部32がパルス信号の波形を設定し、その波形に従ってパルス発生器31がパルス信号を発生する。

[0042] 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陽極および陰極が配設された棒状のガラス管（放電管）92と、該ガラス管92の外周面上に付設されたトリガー電極91とを備える。コンデンサ93には、電源ユニット95によって所定の電圧が印加され、その印加電圧（充電電圧）に応じた電荷が充電される。また、トリガー電極91にはトリガー回路97から高電圧を印加することができる。トリガー回路97がトリガー電極91に電圧を印加するタイミングは制御部3によって制御される。

[0043] IGBT96は、ゲート部にMOSFET（Meta L Oxide Semiconductor Field effect transistor）を組み込んだバイポーラトランジスタであり、大電力を取り扱うのに適したスイッチング素子である。IGBT96のゲートには制御部3のパルス発生器31からパルス信号が印加される。IGBT96のゲートに所定値以上の電圧（Highの電圧）が印加されるとIGBT96がオン状態となり、所定値未満の電圧（Lowの電圧）が印加されるとIGBT96がオフ状態となる。このようにして、フラッシュランプFLを含む駆動回路はIGBT96によってオンオフされる。IGBT96がオンオフすることによってフラッシュランプFLと対応するコンデンサ93との接続が断続される。

[0044] コンデンサ 9 3 が充電された状態で I G B T 9 6 がオン状態となつてガラス管 9 2 の両端電極に高電圧が印加されたとしても、キセノンガスは電氣的には絶縁体であることから、通常の状態ではガラス管 9 2 内に電気は流れない。しかしながら、トリガー回路 9 7 がトリガー電極 9 1 に高電圧を印加して絶縁を破壊した場合には両端電極間の放電によってガラス管 9 2 内に電流が瞬時に流れ、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。

[0045] また、図 1 のリフレクタ 5 2 は、複数のフラッシュランプ F L 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 5 2 の基本的な機能は、複数のフラッシュランプ F L から出射された光を保持部 7 の側に反射するというものである。リフレクタ 5 2 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 F L に臨む側の面）はプラスト処理により粗面化加工が施されて梨地模様を呈する。

[0046] チャンバー 6 の下方に設けられたハロゲン加熱部 4 の内部には複数本（本実施形態では 4 0 本）のハロゲンランプ H L が内蔵されている。複数のハロゲンランプ H L はチャンバー 6 の下方から下側チャンバー窓 6 4 を介して熱処理空間 6 5 への光照射を行う。図 7 は、複数のハロゲンランプ H L 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 2 0 本ずつのハロゲンランプ H L が配設されている。各ハロゲンランプ H L 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 2 0 本のハロゲンランプ H L 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ー 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 H L の配列によって形成される平面は水平面である。

[0047] 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におけるハロゲンランプ H L 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 H L 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ー W の周縁部により多い光量の照射を行うことができる。

[0048] また、上段のハロゲンランプ H L からなるランプ群と下段のハロゲンランプ H L 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 H L の長手方向と下段の各ハロゲンランプ H L 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 H L が配設されている。

[0049] ハロゲンランプ H L 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 H L は、通常の白熱電球に比べて寿命が長かつ強い光を連続的に照射できるという特性を有する。また、ハロゲンランプ H L は棒状ランプであるため長寿命であり、ハロゲンランプ H L 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ー W への放射効率が優れたものとなる。

[0050] また、図 1 に示すように、熱処理装置 1 は、ハロゲン加熱部 4 およびチャンバー 6 の側方にシャッター機構 2 を備える。シャッター機構 2 は、シャッター板 21 およびスライト駆動機構 22 を備える。シャッター板 21 は、ハロゲン光に対して不透明な板であり、例えばチタン (Ti) にて形成されている。スライト駆動機構 22 は、シャッター板 21 を水平方向に沿ってスライト移動させ、ハロゲン加熱部 4 と保持部 7 との間の遮光位置にシャッター板 21 を挿脱する。スライト駆動機構 22 がシャッター板 21 を前進させると、チャンバー 6 とハロゲン加熱部 4 との間の遮光位置（図 1 の二点鎖線位置）にシャッター板 21 が挿入され、下側チャンバー窓 64 と複数のハロゲンランプ H L とが遮断される。これによつて、複数のハロゲンランプ H L が

ら熱処理空間 6 5 の保持部 7 へと向かう光は遮光される。逆に、スライド駆動機構 2 2 がシャッター板 2 1 を後退させると、チャンバー 6 とハロゲン加熱部 4 との間の遮光位置からシャッター板 2 1 が退出して下側チャンバー窓 6 4 の下方が開放される。

[0051] また、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 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構成される。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。また、図 8 に示したように、制御部 3 は、パルス発生器 3 1 および波形設定部 3 2 を備える。上述のように、入力部 3 3 からの入力内容に基づいて、波形設定部 3 2 がパルス信号の波形を設定し、それに従ってパルス発生器 3 1 が IGBT 9 6 のゲートにパルス信号を出力する。この制御部 3 および IGBT 9 6 によってフラッシュランプ FL の発光出力を制御する発光制御手段が構成される。

[0052] 上記の構成以外にも熱処理装置 1 は、半導体ウェハー 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加熱部 4、フラッシュ加熱部 5 およびチャンバー 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、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、ハロゲン加熱部 4 およびフラッシュ加熱部 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 6 3 とランプ光放射窓 5 3 との間隙にも空気が供給され、フラッシュ加熱部 5 および上側チャンバー窓 6 3 を冷却する。

[0053] 次に、熱処理装置 1 における半導体ウェハー W の処理手順について説明する。本実施形態で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。図 9 は、熱処理装置 1 での処理対象となる半導体ウェハー W に形成された素子の構造を示す図である。シリコン基板 111 にはソース・ドレイン領域 112 とエクステンション領域 113 とが形成されるとともに、その上面にはゲート電極 115 が設けられる。エクステンション領域 113 はソース・ドレイン領域 112 とチャネルとの電氣的接続部である。金属のゲート電極 115 はゲート絶縁膜 114 を介してシリコン基板 111 上に設けられており、その測方には SiN のサイドウォール 116 が形成される。ソース・ドレイン領域 112 およびエクステンション領域 113 にはイオン注入法によって不純物が導入されており、その不純物の活性化が熱処理装置 1 による光照射加熱処理（アニール）により実行される。以下に説明する熱処理装置 1 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。

[0054] 図 10 は、熱処理装置 1 における半導体ウェハー W の処理手順を示すフローチャートである。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（ステップ S1）。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 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。

[0055] 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動機構 10 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ー 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、その供給量は図 10 の処理ステップに応じて適宜変更される。

[0056] 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、装置外部の搬送口ボットにより搬送開口部 66 を介して不純物注入後の半導体ウェ

ハ－Wがチャンバー6内の熱処理空間65に搬入される（ステップS2）。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を通してサセプター74の上面から突き出て半導体ウェハ－Wを受け取る。

[0057] 半導体ウェハ－Wがリフトピン12に載置された後、搬送ロボットが熱処理空間65から退出し、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のサセプター74に受け渡されて水平姿勢に保持される。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サセプター74に保持される。また、半導体ウェハ－Wは、サセプター74の上面にて5個のガイドピン76の内側に保持される。サセプター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。

[0058] 半導体ウェハ－Wが保持部7のサセプター74に載置されて保持された後、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（ステップS3）。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およびサセプター74を透過して半導体ウェハ－Wの裏面（表面とは反対側の主面）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り半導体ウェハ－Wの温度が上昇する。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。

[0059] 図11は、半導体ウェハ－Wの表面温度の変化を示す図である。半導体ウェハ－Wが搬入されてサセプター74に載置された後、制御部3が時刻t0に40本のハロゲンランプHLを点灯させてハロゲン光照射によって半導体ウェハ－Wを予備加熱温度T1にまで昇温している。予備加熱温度T1は3

0 0 ℃ 以上 8 0 0 ℃ 以下であり、本実施形態では 5 0 0 ℃ としている。

[0060] ハロゲンランプ H L による予備加熱を行うときには、半導体ウェハー W の温度が接触式温度計 1 3 0 によって測定されている。すなわち、熱電対を内蔵する接触式温度計 1 3 0 がサセプター 7 4 に保持された半導体ウェハー W の下面に切り欠き部 7 7 を介して接触して昇温中のウェハー温度を測定する。測定された半導体ウェハー 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 H L からの光照射によって昇温する半導体ウェハー W の温度が所定の予備加熱温度 T 1 に到達したか否かを監視しつつ、ハロゲンランプ H L の出力を制御する。すなわち、制御部 3 は、接触式温度計 1 3 0 による測定値に基づいて、半導体ウェハー W の温度が予備加熱温度 T 1 となるようにハロゲンランプ H L の出力をフィードバック制御している。なお、ハロゲンランプ H L からの光照射によって半導体ウェハー W を昇温するときには、放射温度計 1 2 0 による温度測定は行わない。これは、ハロゲンランプ H L から照射されるハロゲン光が放射温度計 1 2 0 に外乱光として入射し、正確な温度測定ができないためである。

[0061] 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、接触式温度計 1 3 0 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 に到達した時刻 t 1 にて制御部 3 がハロゲンランプ H L の出力を制御して半導体ウェハー W の温度をほぼ予備加熱温度 T 1 に維持している。

[0062] このようなハロゲンランプ H L 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 H L 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、ハロゲン加熱部 4 におけるハロゲンランプ H L 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。さらに、チャンバー側部 6 1 に装着された反射 リング 6 9 の内周面は鏡面とされているため、この反射 リング 6 9 の内周面によって半導体 ウエハー W の周縁部に向けて反射する光量が多くなり、予備加熱段階における半導体 ウエハー W の面内温度分布をより均一なものとすることができる。

[0063] 次に、半導体 ウエハー 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刻 t_2 にフラッシュランプ FL からフラッシュ光を照射することによる加熱処理を実行する（ステップ S 4）。なお、半導体 ウエハー W の温度が室温から予備加熱温度 T_1 に到達するまでの時間（時刻 t_0 から時刻 t_1 までの時間）および予備加熱温度 T_1 に到達してからフラッシュランプ FL が発光するまでの時間（時刻 t_1 から時刻 t_2 までの時間）はいずれも数秒程度である。フラッシュランプ FL がフラッシュ光照射を行うに際しては、予め電源ユニット 9 5 によってコンデンサ 9 3 に電荷を蓄積しておく。そして、コンデンサ 9 3 に電荷が蓄積された状態にて、制御部 3 のパルス発生器 3 1 から IGBT 9 6 にパルス信号を出力して IGBT 9 6 をオンオフ駆動する。

[0064] 図 1 2 は、パルス信号の波形とフラッシュランプ FL に流れる電流との相関の一例を示す図である。ここでは、図 1 2 (a) に示すような波形のパルス信号がパルス発生器 3 1 から出力される。パルス信号の波形は、パルス幅の時間（オン時間）とパルス間隔の時間（オフ時間）とをパラメータとして順次設定したレシピを入力部 3 3 から入力することによって規定することができる。このようなレシピをオペレータが入力部 3 3 から制御部 3 に入力すると、それによって制御部 3 の波形設定部 3 2 は図 1 2 (a) に示すようなオンオフを繰り返すパルス波形を設定する。図 1 2 (a) に示すパルス波形においては、前段に比較的パルス幅が長くて間隔が短い複数のパルス PA が設定され、後段に比較的パルス幅が短くて間隔が長い複数のパルス PB が設定されている。そして、波形設定部 3 2 によって設定されたパルス波形に従ってパルス発生器 3 1 がパルス信号を出力する。その結果、IGBT 9 6 の

ゲートには図 12 (a) のような波形のパルス信号が印加され、IGBT 96 のオンオフ駆動が制御されることとなる。具体的には、IGBT 96 のゲートに入力されるパルス信号がオンのときには IGBT 96 がオン状態となり、パルス信号がオフのときには IGBT 96 がオフ状態となる。

[0065] また、パルス発生器 31 から出力するパルス信号がオンになるタイミングと同期して制御部 3 がトリガー回路 97 を制御してトリガー電極 91 に高電圧 (トリガー電圧) を印加する。コンデンサ 93 に電荷が蓄積された状態にて IGBT 96 のゲートにパルス信号が入力され、かつ、そのパルス信号がオンになるタイミングと同期してトリガー電極 91 に高電圧が印加されることにより、パルス信号がオンのときにはガラス管 92 内の両端電極間で必ず電流が流れ、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。

[0066] 制御部 3 から IGBT 96 のゲートに図 12 (a) の波形のパルス信号を出力するとともに、該パルス信号がオンになるタイミングと同期してトリガー電極 91 に高電圧を印加することにより、フラッシュランプ FL を含む回路中に図 12 (b) に示すような波形の電流が流れる。すなわち、IGBT 96 のゲートに入力されるパルス信号がオンのときにはフラッシュランプ FL のガラス管 92 内に流れる電流値が増加し、オフのときには電流値が減少する。なお、各パルスに対応する個々の電流波形はコイル 94 の定数によって規定される。

[0067] 図 12 (b) に示すような波形の電流が流れてフラッシュランプ FL が発光する。フラッシュランプ FL の発光出力は、フラッシュランプ FL に流れる電流にほぼ比例する。従って、フラッシュランプ FL の発光出力の出力波形 (プロファイル) は図 13 に示すようなパターンとなる。図 13 に示す如きフラッシュランプ FL からの出力波形にて、保持部 7 に保持された半導体ウェハ W の表面にフラッシュ光照射が行われる。

[0068] IGBT 96 を使用することなくフラッシュランプ FL を発光させた場合には、コンデンサ 93 に蓄積されていた電荷が 1 回の発光で消費され、フラ

ッシュュランプFLからの出力波形は幅が0.1ミリセカンドないし10ミリセカンド程度のシングルパルスとなる。これに対して、本実施の形態では、回路中にスイッチング素子たるIGBT96を接続してそのゲートに図12(a)のようなパルス信号を出力することにより、コンデンサ93からフラッシュュランプFLへの電荷の供給をIGBT96によって断続してフラッシュュランプFLに流れる電流を制御している。その結果、いわばフラッシュュランプFLの発光がチヨツバ制御されることとなり、コンデンサ93に蓄積された電荷が分割して消費され、極めて短い時間の間にフラッシュュランプFLが点滅を繰り返す。なお、図12に示すように、電流値が完全に"0"になる前に次のパルスがIGBT96のゲートに印加されて電流値が再度増加するため、フラッシュュランプFLが点滅を繰り返している間も発光出力が完全に"0"になるものではない。

[0069] 図13に示す光の出力波形は、2段階の光照射を行っているものとみなすことができる。すなわち、フラッシュュランプFLが発光を開始した時刻 t_{21} から発光出力が最大となる時刻 t_{22} までの第1照射と、時刻 t_{22} から時刻 t_{23} にかけて発光出力が徐々に低下する第2照射と、によって構成される2段階照射を行っている。

[0070] より詳細に述べれば、まずパルス発生器31がIGBT96のゲートに比較的パルス幅が長くて間隔が短い複数のパルスPAを断続的に印加することによって、IGBT96がオンオフを繰り返してフラッシュュランプFLを含む回路に電流が流れる。この段階では、パルス幅が長くて間隔が短い複数のパルスPAがIGBT96のゲートに印加されるため、IGBT96のオン時間がオフ時間よりも長くなり、フラッシュュランプFLに流れる電流は全体概観としては増大するようなこぎり波形となる(図12(b)の前段)。このような波形の電流が流れてフラッシュュランプFLは、時刻 t_{21} から時刻 t_{22} に向けて発光出力が増大する第1照射を行う。

[0071] 次に、パルス発生器31がIGBT96のゲートにパルス幅が短くて間隔が長い複数のパルスPBを断続的に印加する。この段階では、パルス幅が短

くて間隔が長い複数のパルスPBがIGBT96のゲートに印加されるため、上記とは逆にIGBT96のオン時間がオフ時間よりも短くなり、フラッシュランプFLに流れる電流は全体概観としては徐々に減少するようなのこぎり波形となる(図12(b)の後段)。このような波形の電流が流れてフラッシュランプFLは、時刻 t_{22} から時刻 t_{23} に向けて発光出力が徐々に低下するような第2照射を行う。

[0072] 図13に示すような2段階のフラッシュ光照射を半導体ウェハ－Wの表面に対して行うことによって、半導体ウェハ－Wの表面温度は予備加熱温度 T_1 から目標温度 T_2 にまで昇温し、当該表面の加熱処理が行われる。図14は、半導体ウェハ－Wの表面および裏面の温度プロファイルの一例を示す図である。同図においては、表面および裏面の温度プロファイルを実線にて示し、表裏面の温度差のプロファイルを点線にて示している。

[0073] まず、時刻 t_{21} から時刻 t_{22} までの第1照射によって半導体ウェハ－Wの表面温度が予備加熱温度 T_1 から目標温度 T_2 にまで昇温する。目標温度 T_2 は注入された不純物の活性化が達成される 1000°C 以上 1400°C 以下であり、本実施形態では 1100°C としている。時刻 t_{21} から時刻 t_{22} までの第1照射によって半導体ウェハ－Wの表面温度が目標温度 T_2 にまで昇温するときの昇温速度(表面の昇温速度)は $1000^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上である。次に、時刻 t_{22} から時刻 t_{23} までの第2照射によって半導体ウェハ－Wの表面温度が目標温度 T_2 から $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 以内の範囲内に所定時間維持される。

[0074] ステップS4のフラッシュ加熱工程におけるフラッシュ光の照射時間、つまりフラッシュ光照射を開始する時刻 t_{21} から終了する時刻 t_{23} までの時間は、半導体ウェハ－Wの表面から裏面への熱伝導時間よりも長時間である。ここで、「熱伝導時間」とは、フラッシュ光照射によって半導体ウェハ－Wの表面に発生した熱が裏面に伝導するのに要する時間である。熱伝導時間は、半導体ウェハ－Wの材質および外寸によって規定されるものであり、本実施形態の如き $\phi 300\text{mm}$ のシリコンウェハ－(規格により厚さは0.

775 mmに標準化されている)であれば約15ミリ秒である。すなわち、ステップS4のフラッシュ加熱工程においては、半導体ウェハ－Wの表面から裏面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間である15ミリ秒以上にわたってフラッシュ光を照射して半導体ウェハ－Wの表面を目標温度T2にフラッシュ加熱している。

[0075] フラッシュ光照射によって半導体ウェハ－Wの表面に発生した熱は裏面へと伝わり、裏面の温度も次第に上昇する。但し、半導体ウェハ－Wの表面温度を1000℃/秒以上で急激に昇温するフラッシュ加熱では、表面が先行して昇温した後に表面からの熱伝導によつて裏面が遅れて昇温するため、表裏に温度差が生じる。ステップS4のフラッシュ加熱工程における半導体ウェハ－Wの表面と裏面との温度差は、予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度(ジャンプ温度)の半分以下となるようにしている。半導体ウェハ－Wの表面と裏面との温度差は、フラッシュ加熱工程の全体にわたって、すなわちフラッシュ光が照射されている時刻t21から時刻t23の間は常に昇温温度の半分以下となるようにしている。本実施形態においては、予備加熱温度T1 = 500℃から目標温度T2 = 1100℃までの昇温温度が600℃であるため、フラッシュ加熱工程における半導体ウェハ－Wの表面と裏面との温度差が300℃以下となるようにしている。

[0076] 具体的には、IGBT96は、半導体ウェハ－Wの表面から裏面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間にわたって半導体ウェハ－Wの表面にフラッシュ光を照射して当該ウェハ－表面を目標温度T2に加熱するようにフラッシュランプFLへの通電を制御する。また、IGBT96は、半導体ウェハ－Wの表面温度が1000℃/秒以上の昇温速度にて予備加熱温度T1から目標温度T2にまで昇温するようにフラッシュランプFLへの通電を制御する。さらに、IGBT96は、フラッシュランプFLがフラッシュ光を照射している期間の全体にわたって常に半導体ウェハ－Wの表面と裏面との温度差が予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下となるようにフラッシュランプFLへの通電を制御する。なお、図11の時刻ス

ケールは秒であるのに対して、図 14 の時刻スケールはミリ秒であるため、図 14 の t_{21} から t_{23} はいずれも図 11 では t_2 に重ねて表示されるものである。

[0077] フラッシュランプ FL による第 2 照射が終了すると、IGBT 96 がオフ状態となってフラッシュランプ FL の発光が停止し（ステップ S5）、半導体ウェハ W の表面温度は目標温度 T_2 から降温する。このときに、半導体ウェハ W の表面温度と裏面温度とが等しくなる。図 11 に戻り、第 2 照射が終了した後、所定時間が経過した時刻 t_3 にハロゲンランプ HL が消灯する（ステップ S6）。これにより、半導体ウェハ W が予備加熱温度 T_1 からの降温を開始する。また、ハロゲンランプ HL が消灯すると同時に、シャッター機構 2 がシャッター板 21 をハロゲン加熱部 4 とチャンバー 6 との間の遮光位置に挿入する（ステップ S7）。ハロゲンランプ HL が消灯しても、すぐにフィラメントや管壁の温度が低下するものではなく、暫時高温のフィラメントおよび管壁から輻射熱が放射され続け、これが半導体ウェハ W の降温を妨げる。シャッター板 21 が挿入されることによって、消灯直後のハロゲンランプ HL から熱処理空間 65 に放射される輻射熱が遮断されることとなり、半導体ウェハ W の降温速度を高めることができる。

[0078] また、シャッター板 21 が遮光位置に挿入された時点で放射温度計 120 による温度測定を開始する。すなわち、保持部 7 に保持された半導体ウェハ W の下面からサセプター 74 の開口部 78 を介して放射された赤外光の強度を放射温度計 120 が測定して降温中の半導体ウェハ W の温度を測定する。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。

[0079] 消灯直後の高温のハロゲンランプ HL からは多少の放射光が放射され続けるのであるが、放射温度計 120 はシャッター板 21 が遮光位置に挿入されているときに半導体ウェハ W の温度測定を行うため、ハロゲンランプ HL からチャンバー 6 内の熱処理空間 65 へと向かう放射光は遮光される。従って、放射温度計 120 は外乱光の影響を受けることなく、サセプター 74 に保持された半導体ウェハ W の温度を正確に測定することができる。

[0080] 制御部 3 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 がサセプター 74 の上面から突き出て熱処理後の半導体ウェハー W をサセプター 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（ステップ S8）、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。

[0081] 本実施形態においては、IGBT 96 のゲートにパルス幅が長くて間隔が短い複数のパルス PA を断続的に印加することにより、フラッシュランプ FL の発光出力をゼロから最大値にまで到達させる第 1 照射を行っている。そして、このような第 1 照射によって半導体ウェハー W の表面温度を予備加熱温度 T1 から目標温度 T2 にまで昇温している。このときの半導体ウェハー W の表面の昇温速度は 1000℃/秒以上である。

[0082] 続いて、IGBT 96 のゲートにパルス幅が短くて間隔が長い複数のパルス PB を断続的に印加することにより、フラッシュランプ FL の発光出力を最大値から徐々に低下させる第 2 照射を行っている。そして、このような第 2 照射によって半導体ウェハー W の表面温度を目標温度 T2 から $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 以内の範囲内に所定時間維持している。

[0083] 注入された不純物の活性化に要する時間は極めて短く、フラッシュ加熱により半導体ウェハー W の表面温度が目標温度 T2 まで昇温されることによって不純物の活性化は瞬時に達成される。また、半導体ウェハー W の表面温度が目標温度 T2 の近傍に所定時間以上維持されることによって、不純物注入時に半導体ウェハー W に導入された点欠陥が回復される。

[0084] また、本実施形態においては、フラッシュ加熱工程におけるフラッシュ光の照射時間を半導体ウェハー W の表面から裏面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間とし、さらにフラッシュ光を照射している間は常に半導体ウ

エハーWの表面と裏面との温度差を予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下としている。このため、フラッシュ加熱工程にて半導体ウエハーWの表裏面の温度差が過大となることが抑制され、表裏面の熱膨張差に起因したウエハー裏面への応力集中を緩和することができる。そして、その結果、フラッシュ加熱時における半導体ウエハーWの割れを防止することができる。

[0085] 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、2段階のフラッシュ光照射によって半導体ウエハーWの表面温度を目標温度T2まで昇温してからその目標温度T2の近傍に所定時間維持しているが、表面温度の温度プロファイルはこのようなパターンに限定されるものではない。例えば、熱伝導時間よりも長時間をかけて半導体ウエハーWの表面温度を予備加熱温度T1から目標温度T2にまで昇温し、目標温度T2に到達すると同時にフラッシュランプFLの発光を停止して表面を降温するようにしても良い。また、熱伝導時間よりも短時間で半導体ウエハーWの表面温度を目標温度T2にまで昇温し、その後も引き続きフラッシュ光照射を継続して半導体ウエハーWの表面加熱処理を行うようにしても良い。

[0086] すなわち、本発明は、フラッシュ加熱工程全体におけるフラッシュ光の照射時間を半導体ウエハーWの表面から裏面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間とし、さらにフラッシュ光を照射している間は常に半導体ウエハーWの表面と裏面との温度差を予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下とするものであれば、半導体ウエハーWの表面温度のプロファイルについては任意のものとすることができる。

[0087] また、上記実施形態においては、半導体ウエハーWの表面にフラッシュ光を照射して熱処理を行うようにしていたが、半導体ウエハーWの裏面にフラッシュ光を照射するようにしても良い。具体的には、半導体ウエハーWの表裏を反転させて保持部7に保持（つまり、表面を下面として保持）させて上

記実施形態と同様の処理を行うようにすれば良い。また、熱処理装置の構成をチャンバー6の上側にハロゲン加熱部4を配置するとともに、下側にフラッシュ加熱部5を配置し、その熱処理装置にてフラッシュ加熱処理を行うようにしても良い。半導体ウェハーWの裏面からフラッシュ光照射を行うようにしても、フラッシュ加熱工程全体におけるフラッシュ光の照射時間を熱伝導時間よりも長時間とし、さらにフラッシュ光を照射している間は常に半導体ウェハーWの表面と裏面との温度差を予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下とする形態であれば良い。これにより、フラッシュ加熱時の表裏面の温度差が過大になるのを抑制し、表裏面の熱膨張差に起因したウェハー表面への応力集中を緩和することができ、半導体ウェハーWの割れを防止することができる。

[0088] 要するに、半導体ウェハーWの一方面にフラッシュランプFLからフラッシュ光を照射し、そのフラッシュ光の照射時間を半導体ウェハーWの一方面から当該一方面とは反対側の主面である他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間とし、さらにフラッシュ光を照射している間は常に半導体ウェハーWの一方面と他方面との温度差を予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下とする形態であれば良い。このようにすれば、フラッシュ加熱時の半導体ウェハーWの表裏面の温度差が過大となるのが抑制され、表裏面の熱膨張差に起因したウェハー一方面（または他方面）への応力集中を緩和することができ、半導体ウェハーWの割れを防止することができる。

[0089] また、パルス信号の波形の設定は、入力部33から逐一パルス幅等のパラメータを入力することに限定されるものではなく、例えば、オペレータが入力部33から波形を直接グラフィカルに入力するようにしても良いし、以前に設定されて磁気ディスク等の記憶部に記憶されていた波形を読み出すようにしても良いし、或いは熱処理装置1の外部からダウンロードするようにしても良い。

[0090] また、上記実施形態においては、パルス信号がオンになるタイミングと同

期してトリガー電極 91 に電圧を印加するようにしていたが、トリガー電圧を印加するタイミングはこれに限定されるものではなく、パルス信号の波形とは無関係に一定間隔で印加するようにしても良い。また、パルス信号の間隔が短く、あるパルスによってフラッシュランプ FL を流れた電流の電流値が所定値以上残っている状態で次のパルスによって通電を開始されるような場合であれば、そのままフラッシュランプ FL に電流が流れ続けるため、パルス毎にトリガー電圧を印加する必要はない。上記実施形態の図 12 (a) のように、パルス信号の全てのパルス間隔が所定値より短い場合には、最初のパルスが印加されたときのみにトリガー電圧を印加するようにしても良く、その後はトリガー電圧を印加せずとも IGBT 96 のゲートに図 12 (a) のパルス信号を出力するだけで図 12 (b) のような電流波形を形成することができる。つまり、パルス信号がオンになるときに、フラッシュランプ FL に電流が流れるタイミングであれば、トリガー電圧の印加タイミングは任意である。

[0091] また、上記実施形態においては、スイッチング素子として IGBT 96 を用いていたが、これに代えてゲートに入力された信号レベルに応じて回路をオンオフできる他のトランジスタを用いるようにしても良い。もっとも、フラッシュランプ FL の発光には相当に大きな電力が消費されるため、大電力の取り扱いに適した IGBT タグト (Gate Turn Off) サイリスタをスイッチング素子として採用するのが好ましい。

[0092] また、フラッシュランプ FL からの多段階の光照射を行うことができれば、図 8 とは異なる回路構成であっても良い。例えば、コイル定数の異なる複数の電力供給回路を 1 つのフラッシュランプ FL に接続するようにしても良い。さらに、多段階の光照射を行うことができれば、光源としてはフラッシュランプ FL に限定されるものではなく、照射時間が 1 秒以下の光照射が可能なものであれば良く、例えばレーザであっても良い。

[0093] 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。

[0094] また、上記実施形態においては、ハロゲンランプHLからのハロゲン光照射によって半導体ウェハ－Wを予備加熱するようにしていたが、予備加熱の手法はこれに限定されるものではなく、ホットプレートに載置することによって半導体ウェハ－Wを予備加熱するようにしても良い。

[0095] また、本発明に係る熱処理装置によって処理対象となる基板は $\phi 300\text{ mm}$ のシリコンの半導体ウェハ－に限定されるものではなく、例えば $\phi 200\text{ mm}$ または $\phi 450\text{ mm}$ の半導体ウェハ－であっても良い。半導体ウェハ－の径が異なると規格に基づく厚さも異なるため、一方面から他方面への熱伝導に要する熱伝導時間が異なる。この場合であっても、フラッシュ光の照射時間を一方面から他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間とし、フラッシュ光を照射している間は常に半導体ウェハ－の一方面と他方面との温度差を予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下とすれば、表裏面の熱膨張差に起因したウェハ－一方面（または他方面）への応力集中を緩和して半導体ウェハ－の割れを防止することができる。

[0096] また、本発明に係る熱処理装置によって処理対象となる基板は、シリコンの半導体ウェハ－の表面に所定の膜を形成したものであっても良い。例えば、半導体ウェハ－の表面にレジスト膜を形成した場合には、フラッシュ光照射によって露光後ベーク処理（PEB: Post Exposure Bake）や塗布後ベーク処理（PAB: Post Applied Bake）を行うことができる。これらの熱処理に必要な目標温度は比較的低い（ $100^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ ）ため、レジスト膜を形成した半導体ウェハ－に対しては裏面からフラッシュ光照射を行うのが好適である。

[0097] また、半導体ウェハ－の表面にニッケル膜を成膜し、本発明に係る熱処理装置によってフラッシュ加熱処理を施してニッケルシリサイドを形成するよ

うにしても良い（シリサイド化）。さらに、半導体ウェハーの表面にハフニウムなどを含む高誘電率膜（high-k膜）を形成し、本発明に係る熱処理装置によってフラッシュ加熱処理を施して高誘電率膜の結晶化を促進するようにしても良い。これらの熱処理には、不純物の活性化よりは長時間が必要であり、フラッシュ加熱工程全体におけるフラッシュ光の照射時間を熱伝導時間よりも長時間とすることにより、半導体ウェハーWの表面を必要な温度に必要な時間加熱して所望の処理を行うことができる。そして、フラッシュ光を照射している間は常に半導体ウェハーの表面と裏面との温度差を予備加熱温度T1から目標温度T2までの昇温温度の半分以下とすることにより、表裏面の温度差が過大となるのを抑制し、表裏面の熱膨張差に起因した応力集中を緩和して半導体ウェハーの割れを防止することができる。

[0098] また、本発明に係る熱処理装置によって処理対象となる基板は、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、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。

符号の説明

- [0099]
- 1 熱処理装置
 - 2 シャッター機構
 - 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
 - 21 シャッター板
 - 22 スライト駆動機構
 - 31 パルス発生器
 - 32 波形設定部

- 3 3 入力部
- 6 1 チャンバー側部
- 6 2 凹部
- 6 3 上側チャンバー窓
- 6 4 下側チャンバー窓
- 6 5 熱処理空間
- 7 4 サセプター
- 9 1 トリガー電極
- 9 2 ガラス管
- 9 3 コンデンサ
- 9 4 コイル
- 9 6 I G B T
- 9 7 トリガー回路
- F し フラッシュランプ
- H し 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つて、
- 基板を所定の予備加熱温度にて加熱する予備加熱工程と、
- 前記基板の一方面にフラッシュランプからフラッシュ光を照射し、
- 前記一方面を目標温度に加熱するフラッシュ加熱工程と、
- を備え、
- 前記フラッシュ加熱工程におけるフラッシュ光の照射時間は前記一方面から前記一方面とは反対側の面である他方面への熱伝導に要する熱伝導時間よりも長時間であり、
- 前記フラッシュ加熱工程における前記一方面と前記他方面との温度差は、前記予備加熱温度から前記目標温度までの昇温温度の半分以下である熱処理方法。
- [請求項2] 請求項1記載の熱処理方法において、
- 前記フラッシュ加熱工程における前記一方面の昇温速度は1000℃/秒以上である熱処理方法。
- [請求項3] 請求項1記載の熱処理方法において、
- 前記基板はシリコンの半導体ウエハーである熱処理方法。
- [請求項4] 請求項1記載の熱処理方法において、
- 前記フラッシュ加熱工程では、コンデンサから前記フラッシュランプへの電荷の供給をスイッチング素子によって断続することにより前記フラッシュランプの発光出力を制御する熱処理方法。
- [請求項5] 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つて、
- 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保持する保持手段と、
- 前記保持手段に保持された基板を所定の予備加熱温度に加熱する予備加熱手段と、

前記保持手段に保持された基板にフラッシュ光を照射するフラッシュランプと、

前記フラッシュランプの発光出力を制御する発光制御手段と、
を備え、

前記発光制御手段は、前記保持手段に保持された基板の一方面に、
前記一方面から前記一方面とは反対側の面である他方面への熱伝導に
要する熱伝導時間よりも長時間にわたってフラッシュ光を照射して前
記一方面を目標温度に加熱し、前記一方面と前記他方面との温度差が
前記予備加熱温度から前記目標温度までの昇温温度の半分以下となる
ように前記フラッシュランプの発光出力を制御する熱処理装置。

[請求項6]

請求項5記載の熱処理装置において、

前記発光制御手段は、前記一方面の温度が1000℃/秒以上の昇
温速度にて前記予備加熱温度から前記目標温度にまで昇温するように
前記フラッシュランプの発光出力を制御する熱処理装置。

[請求項7]

請求項5記載の熱処理装置において、

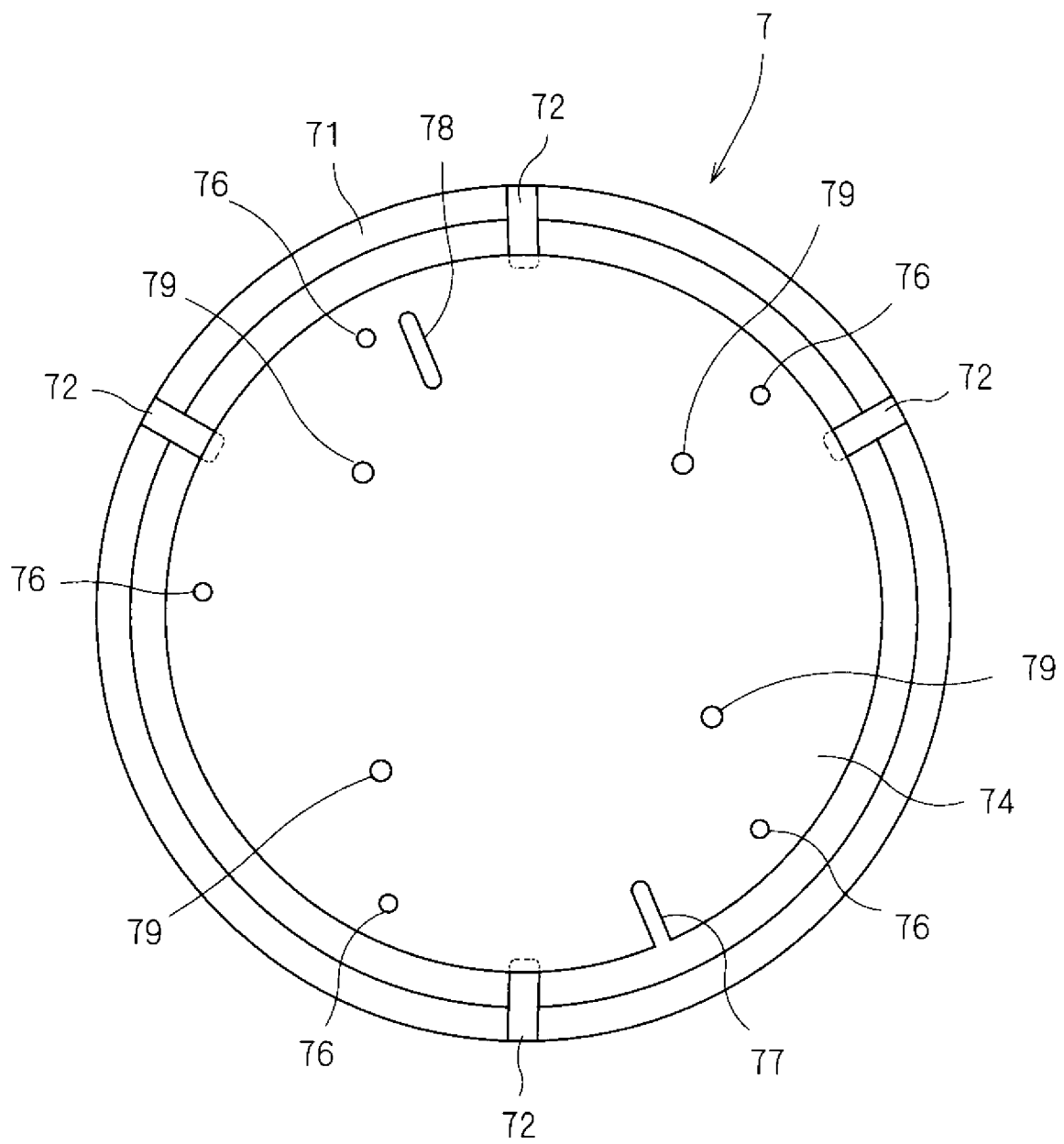
前記基板はシリコンの半導体ウェハである熱処理装置。

[請求項8]

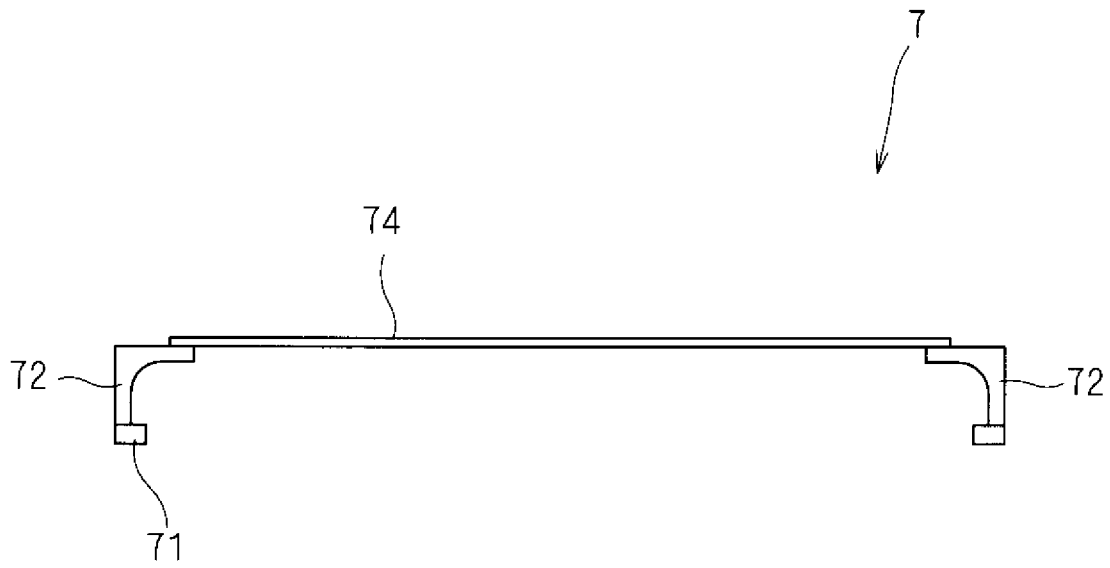
請求項5記載の熱処理装置において、

前記発光制御手段は、コンデンサから前記フラッシュランプへの電
荷の供給を断続することにより前記フラッシュランプの発光出力を制
御するスイッチング素子を含む熱処理装置。

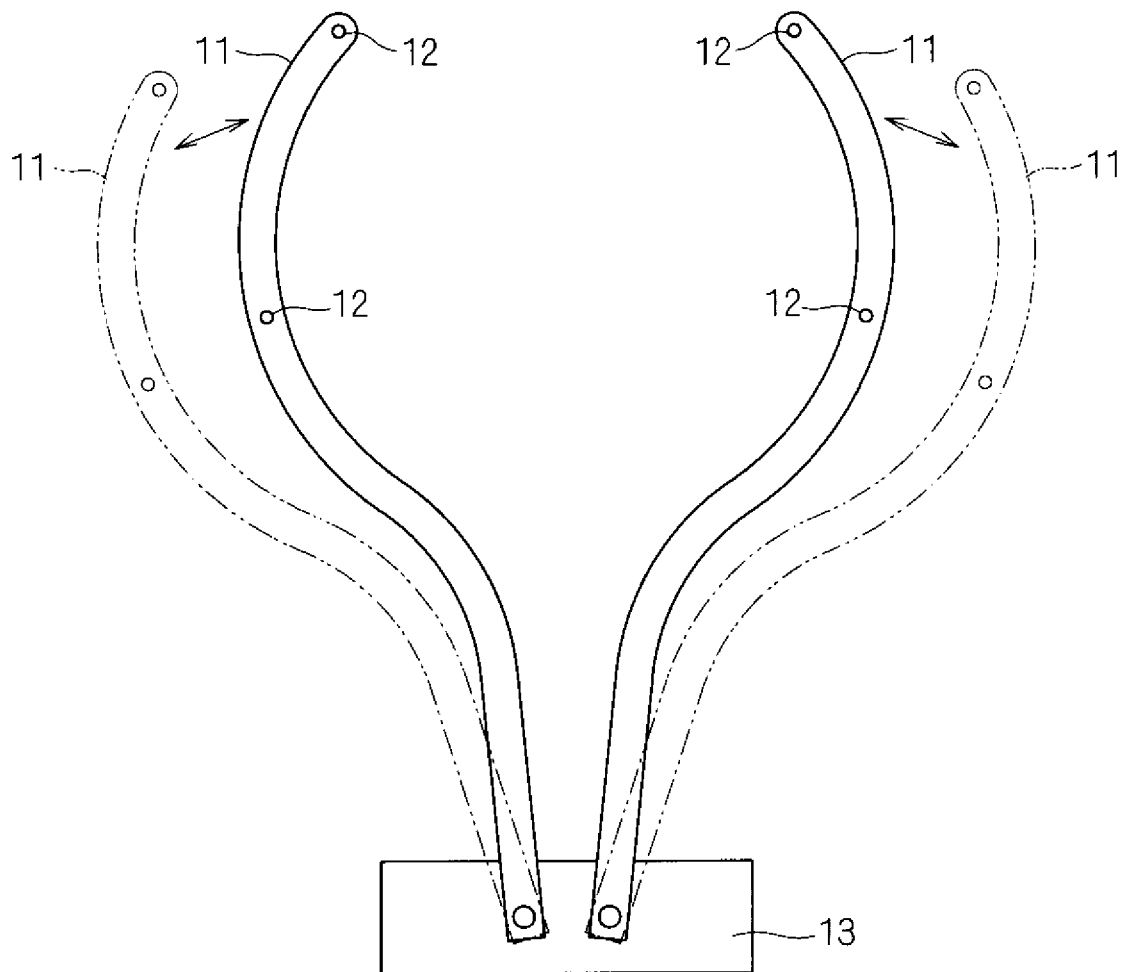
[図3]



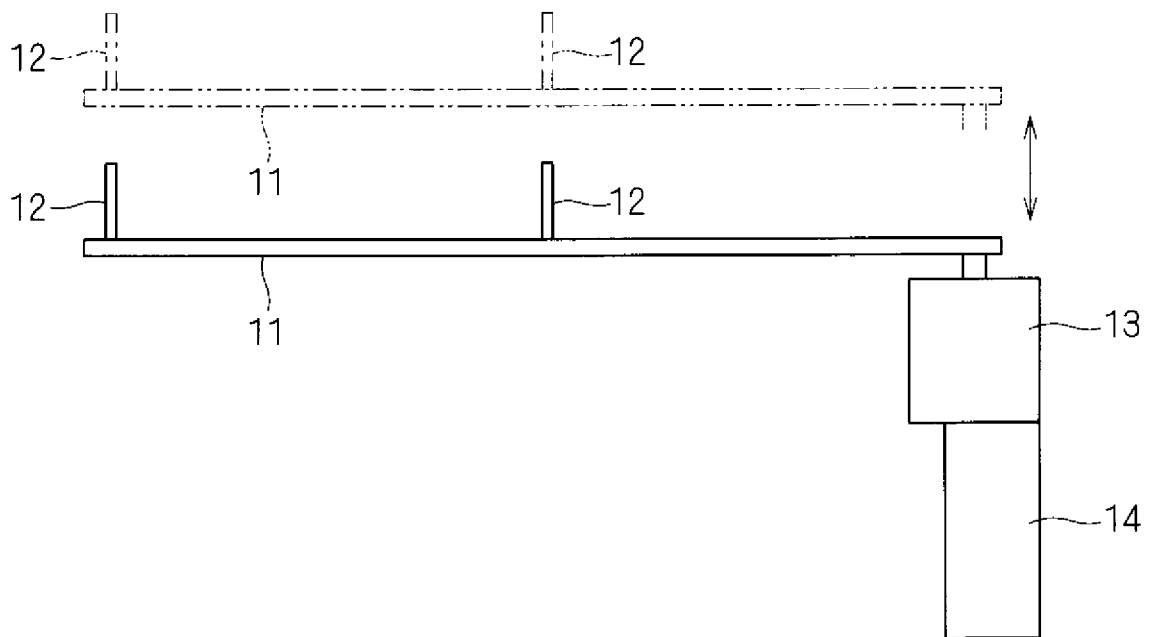
[図4]



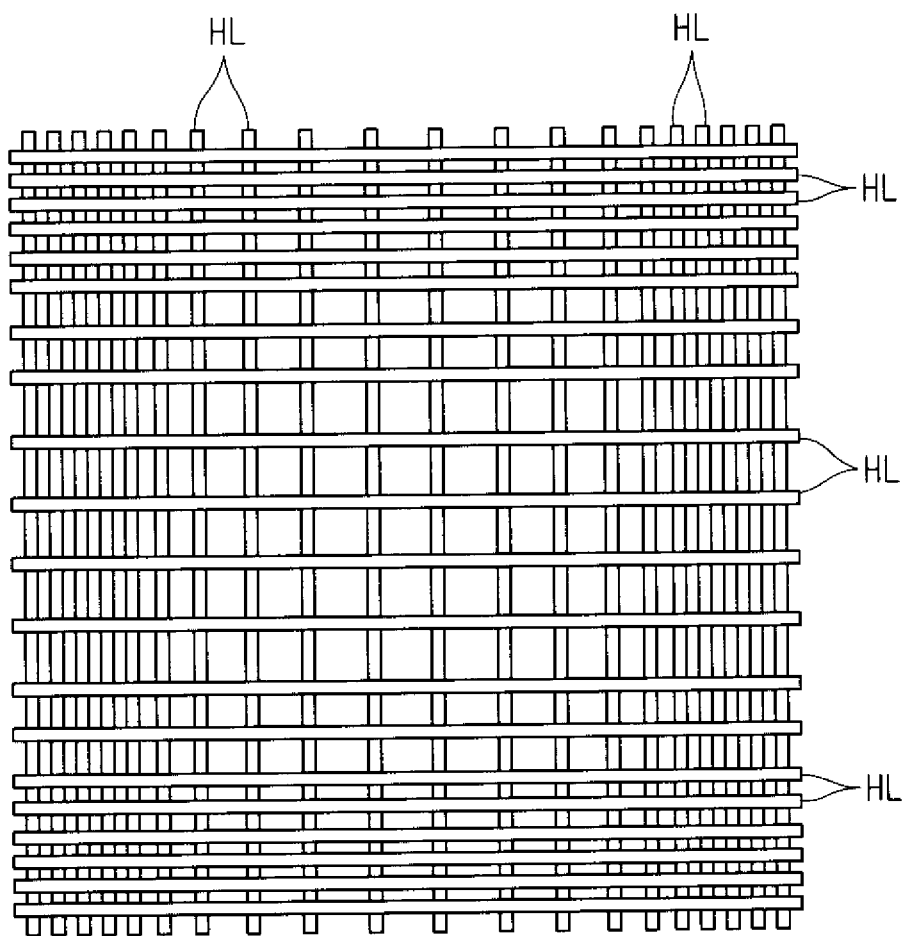
[図5]



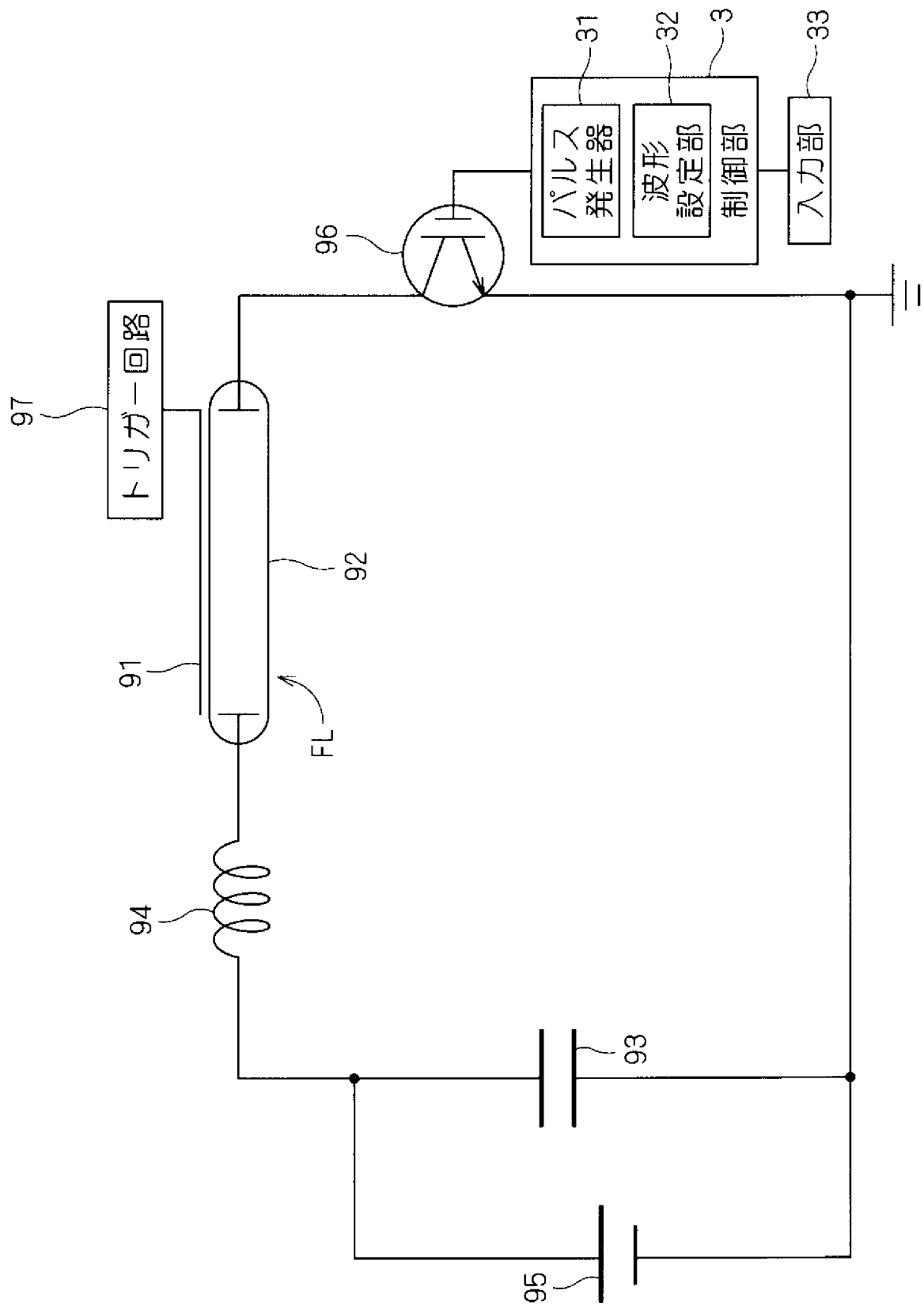
[図6]



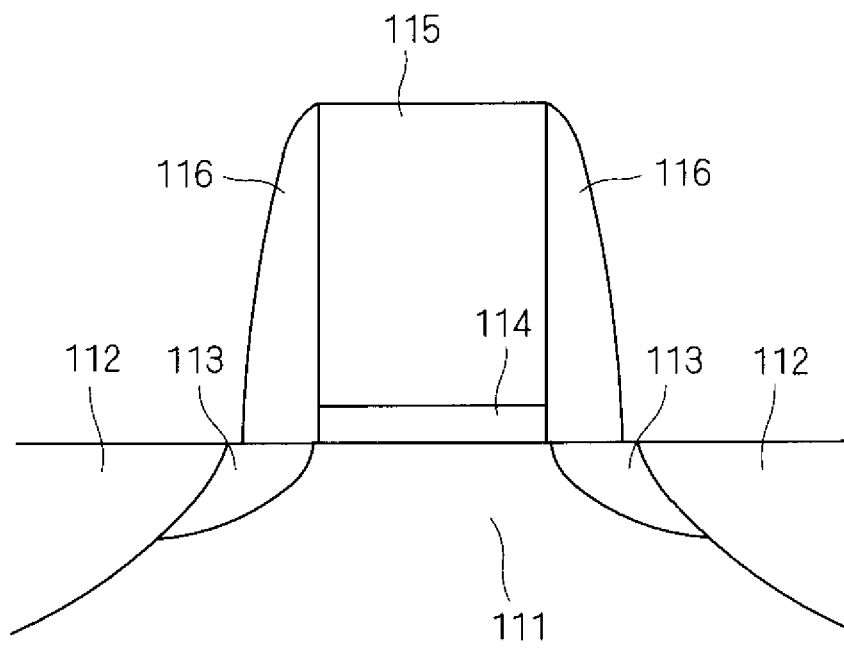
[図7]



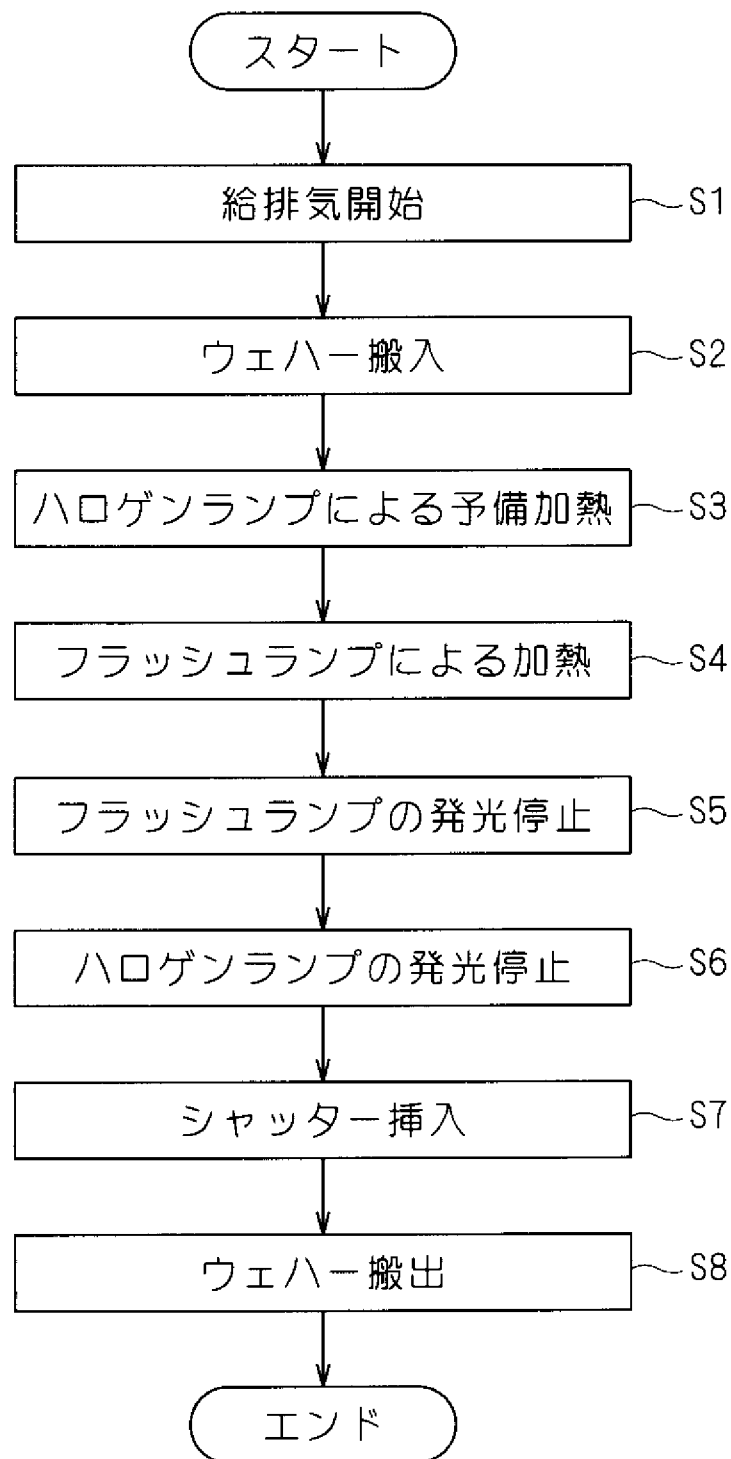
[図8]



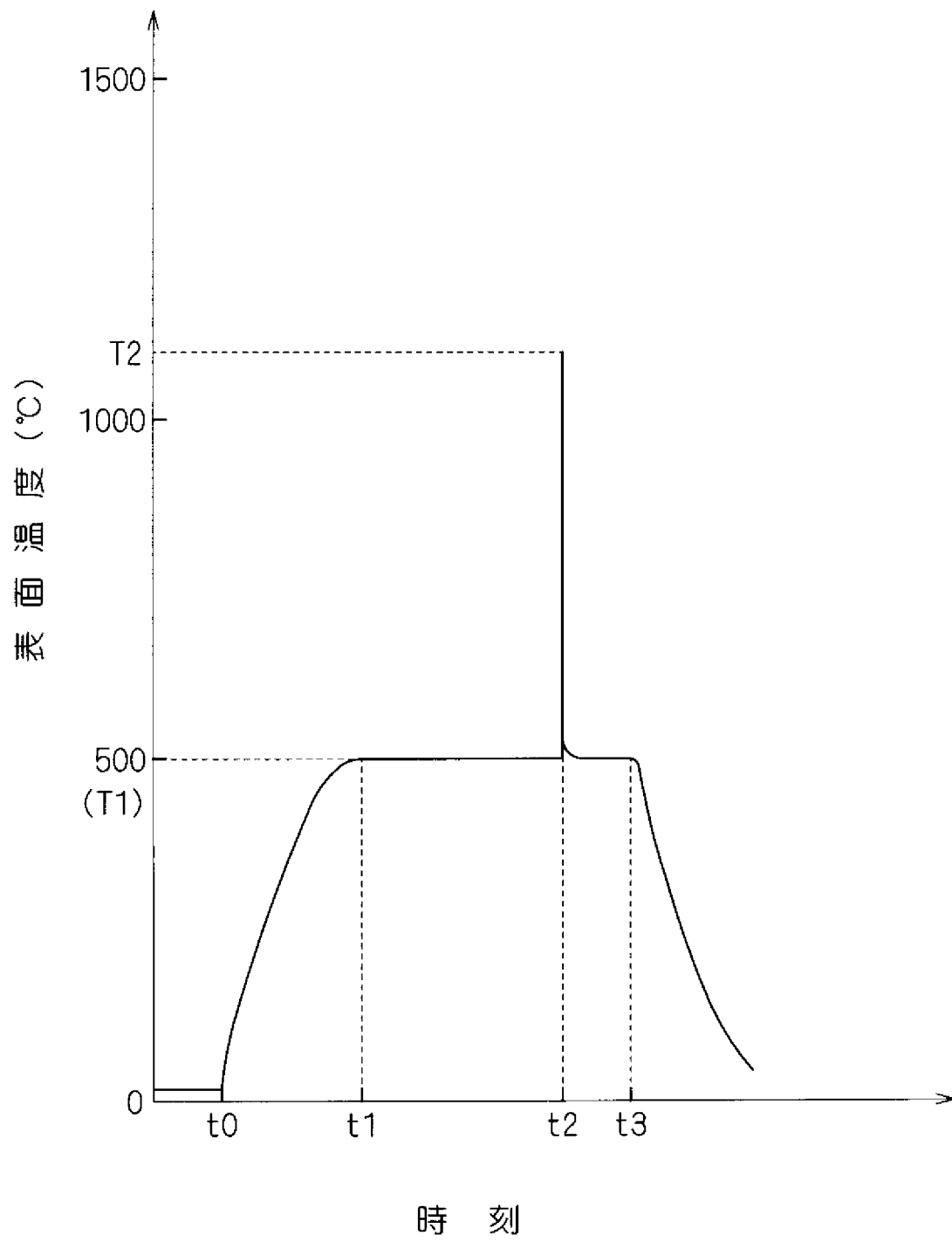
[図9]



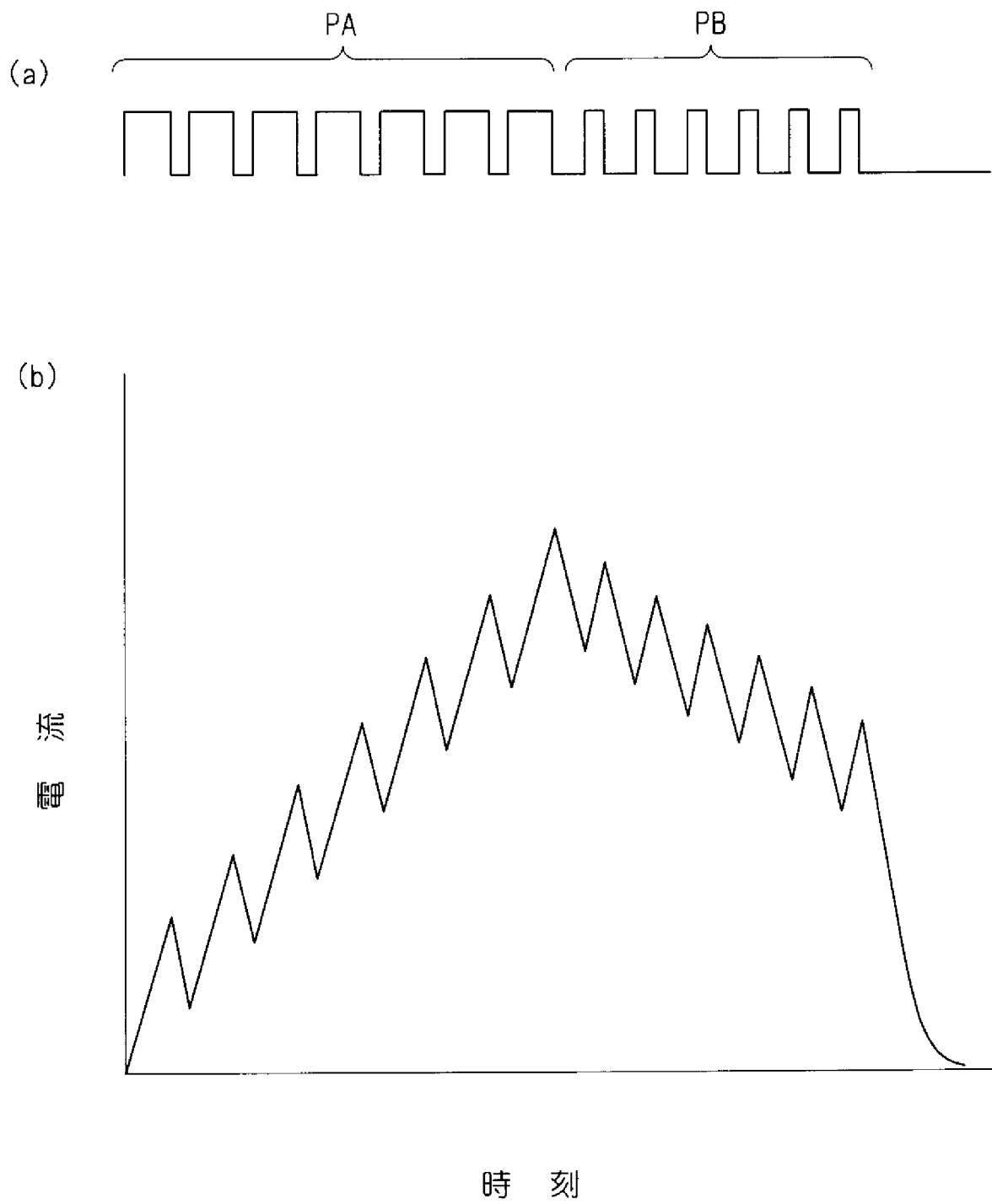
[図10]



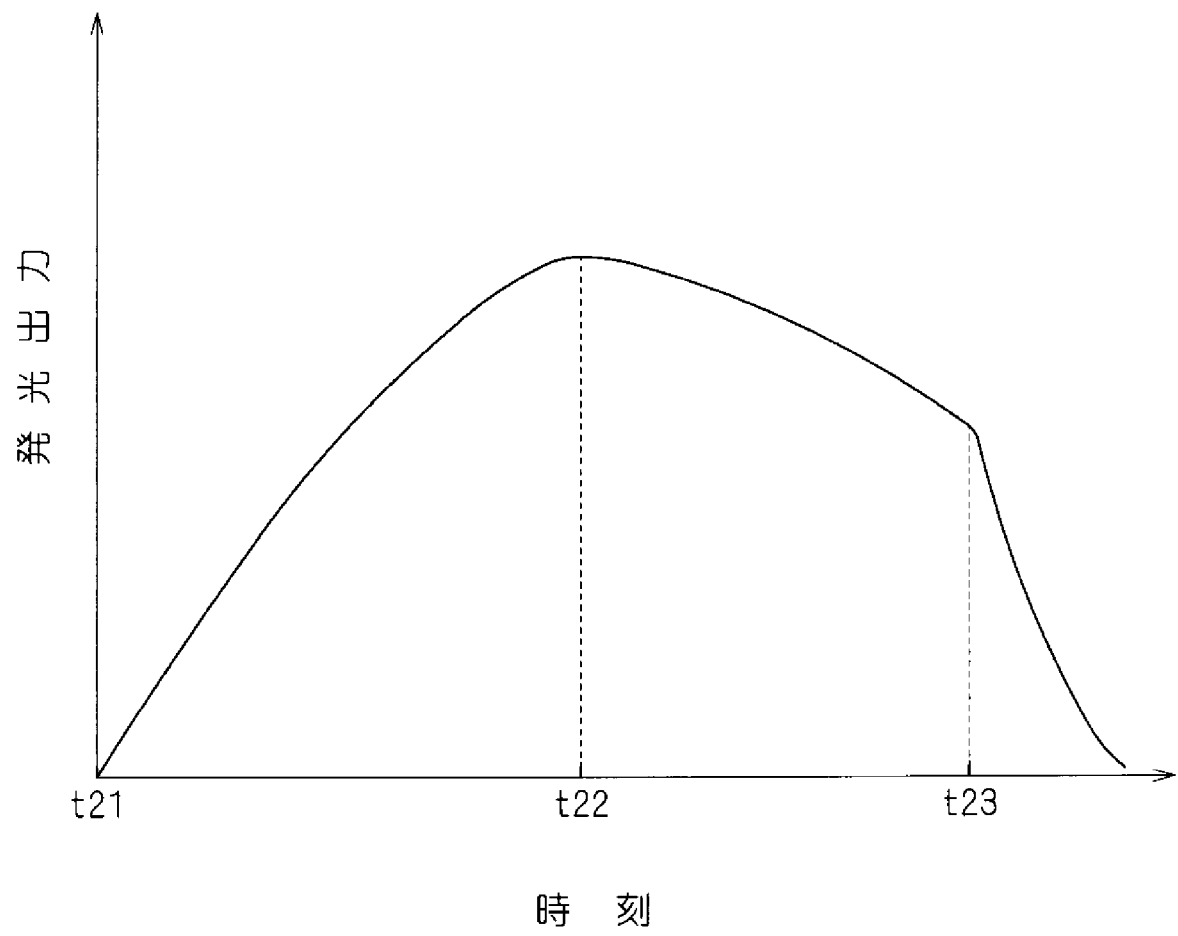
[図11]



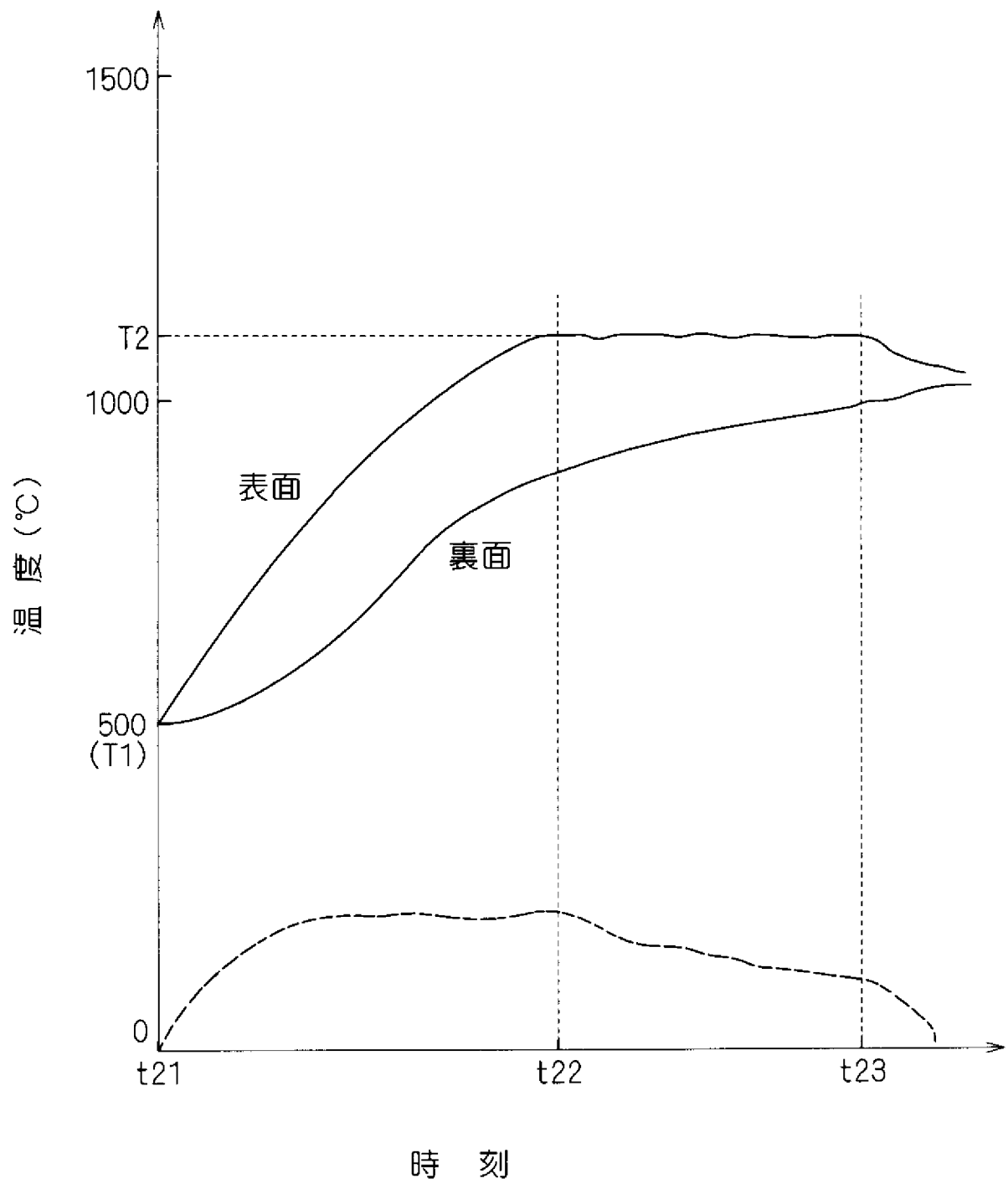
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/076914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01 L21 / 2 6 (2006.01) i , H01L21 / 2 6 5 (2006.01) i , H01 L21 /33 6 (2006.01) i ,
H01 L29/ 7 8 {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)

H01L21/26, H01L21/265, H01L21/336, H01L29/78

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1 996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2012	
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2012	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2012

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	J P 2009-099758 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 07 May 2009 (07.05.2009), paragraphs [0018] to [0060] & US 2009/0103906 A1	1-8
A	J P 2009-070948 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 02 April 2009 (02.04.2009), paragraphs [0018] to [0057] & US 2009/0067823 A1 & CN 101388334 A & KR 10-2009-0027579 A & TW 200926302 A	1-8



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
18 December, 2012 (18.12.12)

Date of mailing of the international search report
08 January, 2013 (08.01.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/076914

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 2010-114145 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 20 May 2010 (20.05.2010), paragraphs [0062] to [0065], [0071] to [0074] & US 2010/0111513 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/26 (2006. 01) i , H01L21/265 (2006. 01) i , H01L21/336 (2006. 01) i , H01L29/78 (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. H01L21/26, H01L21/265, H01L21/336, H01L29/78

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
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0

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)
年

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 2009-099758 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2009. 05. 07, 段落 0 0 1 8 — 0 0 6 0 & US 2009/0103906 A1	1-8
A	JP 2009-070948 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2009. 04. 02, 段落 0 0 1 8 — 0 0 5 7 & US 2009/0067823 A1 & CN 101388334 A & KR 10-2009-0027579 A & TW 200926302 A	1-8
A	JP 2010-114145 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2010. 05. 20, 段落 0 0 6 2 — 0 0 6 5、0 0 7 1 — 0 0 7 4 & US 2010/0111513 A1	1-8

Γ 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

IA 「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」
 IE 「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」
 I 「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)」
 IΘ 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
 IP 「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

「IY」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

「I&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 1 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 1 . 2 0 1 3

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)

岩本 勉

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

5 F

9 3 5 5