

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-146830

(P2014-146830A)

(43) 公開日 平成26年8月14日(2014.8.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/265 (2006.01)	HO 1 L 21/265	6 O 2 B
HO 1 L 21/26 (2006.01)	HO 1 L 21/26	F
	HO 1 L 21/26	G

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-79471 (P2014-79471)	(71) 出願人	000207551 大日本スクリーン製造株式会社
(22) 出願日	平成26年4月8日(2014.4.8)		京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1
(62) 分割の表示	特願2009-109318 (P2009-109318)の分割	(74) 代理人	100088672 弁理士 吉竹 英俊
原出願日	平成21年4月28日(2009.4.28)	(74) 代理人	100088845 弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	加藤 慎一 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1-1 大日本スクリーン製造株式会社内

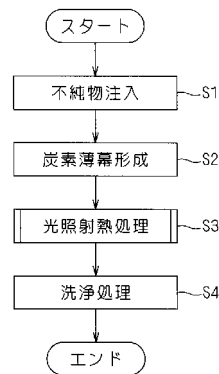
(54) 【発明の名称】 熱処理方法

(57) 【要約】

【課題】基板表面をより高温に昇温してシート抵抗値を低下させることができる熱処理方法を提供する。

【解決手段】シリコン基板の表面にパターンを形成してボロン等の不純物(イオン)を注入する。そのシリコン基板の表面に炭素の薄膜を形成した後に、酸素雰囲気中にてフラッシュランプからフラッシュ光を照射する。フラッシュ光を吸収することによって炭素の薄膜が昇温し、薄膜が形成されていない場合に比較して不純物が注入されているシリコン基板の表面をより高温に昇温してシート抵抗値を低下させることができる。また、酸素雰囲気中にて炭素の薄膜が加熱されて酸化されることによって消費されるため、その後にアッシング処理等を行うことなく、通常のSPM洗浄やAPM洗浄のみによって炭素の残膜を除去することができる。

【選択図】 図7



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

不純物が注入された基板にフラッシュ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、

不純物が注入された基板の表面に炭素または炭素化合物の薄膜を形成する工程と、  
薄膜が形成された基板をチャンバー内に収容する工程と、

前記チャンバーに前記基板を収容した後、フラッシュ光を照射する前に前記チャンバー内に酸素ガスを導入する工程と、

前記チャンバーに収容された前記基板にフラッシュランプからフラッシュ光を照射して酸素雰囲気中にて前記基板を加熱し、前記薄膜を酸化させて気化させることによって消費する工程と、

前記チャンバーから搬出された前記基板に洗浄処理を行って残留している前記薄膜を除去する工程と、

を備えることを特徴とする熱処理方法。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の熱処理方法において、

前記洗浄処理では、硫酸と過酸化水素水との混合液およびアンモニア水と過酸化水素水との混合液を用いることを特徴とする熱処理方法。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 に記載の熱処理方法において、

フラッシュ光を照射する時点での前記チャンバー内の酸素濃度を 90% 以上とすることを特徴とする熱処理方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、不純物（イオン）が注入された半導体ウェハー、液晶表示装置用ガラス基板、フォトマスク用ガラス基板、光ディスク用基板等の薄板状の精密電子基板（以下、単に「基板」と称する）にフラッシュ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関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来より、不純物注入後の半導体ウェハーの不純物活性化工程においては、ハロゲンランプを使用したランプアニール装置が一般的に使用されていた。このようなランプアニール装置においては、半導体ウェハーを、例えば、1000 ないし 1100 程度の温度に加熱（アニール）することにより、半導体ウェハーの不純物活性化を実行している。そして、このような熱処理装置においては、ハロゲンランプより照射される光のエネルギーを利用することにより、毎秒数百程度で速度で基板を昇温する構成となっている。

**【0003】**

一方、近年、半導体デバイスの高集積化が進展し、ゲート長が短くなるにつれて接合深さも浅くすることが望まれている。しかしながら、毎秒数百程度で速度で半導体ウェハーを昇温する上記ランプアニール装置を使用して半導体ウェハーの不純物活性化を実行した場合においても、半導体ウェハーに打ち込まれたボロンやリン等の不純物が熱によって深く拡散するという現象が生ずることが判明した。このような現象が発生した場合においては、接合深さが要求よりも深くなり過ぎ、良好なデバイス形成に支障が生じることが懸念される。

**【0004】**

このため、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）に昇温させる技術が提案されている（例えば、特許文献 1, 2）

10

20

30

40

50

。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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-55821号公報

【特許文献2】特開2004-88052号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、不純物が打ち込まれた半導体ウェハの特性を示す代表的な指標としてシート抵抗値 $R_s$ が用いられている。不純物の活性化によって半導体ウェハの表面のシート抵抗値が低下し、一般にはシート抵抗値が低くなっているほど良好な不純物活性化処理がなされたとされる。このため、さらなるシート抵抗値の低下が望まれている。シート抵抗値をより低下させるためには、半導体ウェハの表面の温度をより高温に昇温すれば良い。

【0007】

しかしながら、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の表面到達温度をより高温に昇温するためには、極めて短時間の間にさらに大きな照射エネルギーにてフラッシュ光を照射する必要があり、フラッシュランプやその駆動回路の負荷も大きなものとならざるを得ない。その結果、フラッシュランプの寿命が短くなるという問題も生じる。

【0008】

また、半導体ウェハの面内におけるフラッシュ光の強度分布は完全に均一ではなく、さらに半導体ウェハの表面には微細なパターンが形成されているため、光吸収率の面内分布も均一ではない。その結果、フラッシュ光照射時の半導体ウェハの面内温度分布にもバラツキが発生していた。しかも、照射時間が極めて短いフラッシュ光の照射による加熱処理では、面内温度分布のバラツキを解消することは極めて困難である。

【0009】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、基板表面をより高温に昇温してシート抵抗値を低下させることができる熱処理方法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】

【0010】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、不純物が注入された基板にフラッシュ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、不純物が注入された基板の表面に炭素または炭素化合物の薄膜を形成する工程と、薄膜が形成された基板をチャンパー内に収容する工程と、前記チャンパーに前記基板を収容した後、フラッシュ光を照射する前に前記チャンパー内に酸素ガスを導入する工程と、前記チャンパーに収容された前記基板にフラッシュランプからフラッシュ光を照射して酸素雰囲気中にて前記基板を加熱し、前記薄膜を酸化させて気化させることによって消費する工程と、前記チャンパーから搬出された前記基板に洗浄処理を行って残留している前記薄膜を除去する工程と、を備えることを特徴とする。

【0011】

また、請求項2の発明は、請求項1の発明に係る熱処理方法において、前記洗浄処理で

10

20

30

40

50

は、硫酸と過酸化水素水との混合液およびアンモニア水と過酸化水素水との混合液を用いることを特徴とする。

【0012】

また、請求項3の発明では、請求項1または請求項2の発明に係る熱処理方法において、フラッシュ光を照射する時点での前記チャンパー内の酸素濃度を90%以上とすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、不純物が注入された基板の表面に炭素または炭素化合物の薄膜を形成し、その基板にフラッシュランプからフラッシュ光を照射するため、当該薄膜がフラッシュ光を吸収して昇温し、基板表面をより高温に昇温してシート抵抗値を低下させることができる。また、酸素雰囲気中にてフラッシュ光を照射して基板を加熱し、薄膜を酸化させて気化させることによって消費するため、その後特別なアッシング処理等を行うことなく、通常の洗浄処理のみによって残留している薄膜を除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【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】図1の熱処理装置のガス路を示す断面図である。

【図3】保持部の構成を示す断面図である。

【図4】ホットプレートを示す平面図である。

【図5】図1の熱処理装置の構成を示す縦断面図である。

【図6】制御部の構成を示すブロック図である。

【図7】半導体ウェハに対する処理フローの一部を示すフローチャートである。

【図8】図1の熱処理装置における半導体ウェハの処理手順を示すフローチャートである。

【図9】シリコン基板の表面に炭素の薄膜を形成してなる半導体ウェハの断面図である。

【図10】炭素の薄膜が形成された半導体ウェハにフラッシュ光が照射された状態を示す模式図である。

【図11】チャージ電圧とシート抵抗値との相関関係を示す図である。

【図12】炭素薄膜の膜厚低下のバラツキを模式的に示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

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。

【0016】

まず、本発明に係る熱処理装置の全体構成について概説する。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。熱処理装置1は基板として略円形の半導体ウェハWにフラッシュ光（閃光）を照射してその半導体ウェハWを加熱するランプアニール装置である。

【0017】

熱処理装置1は、半導体ウェハWを収容する略円筒形状のチャンパー6と、複数のフラッシュランプFLを内蔵するランプハウス5と、を備える。また、熱処理装置1は、チャンパー6およびランプハウス5に設けられた各動作機構を制御して半導体ウェハWの熱処理を実行させる制御部3を備える。

【0018】

チャンパー6は、ランプハウス5の下方に設けられており、略円筒状の内壁を有するチャンパー側部63、および、チャンパー側部63の下部を覆うチャンパー底部62によって構成される。また、チャンパー側部63およびチャンパー底部62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。熱処理空間65の上方は上部開口60とされており、上部開口60にはチャンパー窓61が装着されて閉塞されている。

## 【 0 0 1 9 】

チャンパー 6 の天井部を構成するチャンパー窓 6 1 は、石英により形成された円板形状部材であり、ランプハウス 5 から出射されたフラッシュ光を熱処理空間 6 5 に透過する石英窓として機能する。チャンパー 6 の本体を構成するチャンパー底部 6 2 およびチャンパー側部 6 3 は、例えば、ステンレススチール等の強度と耐熱性に優れた金属材料にて形成されており、チャンパー側部 6 3 の内側面の上部のリング 6 3 1 は、光照射による劣化に対してステンレススチールより優れた耐久性を有するアルミニウム ( A l ) 合金等で形成されている。

## 【 0 0 2 0 】

また、熱処理空間 6 5 の気密性を維持するために、チャンパー窓 6 1 とチャンパー側部 6 3 とは O リングによってシールされている。すなわち、チャンパー窓 6 1 の下面周縁部とチャンパー側部 6 3 との間に O リングを挟み込むとともに、クランプリング 9 0 をチャンパー窓 6 1 の上面周縁部に当接させ、そのクランプリング 9 0 をチャンパー側部 6 3 にネジ止めすることによって、チャンパー窓 6 1 を O リングに押し付けている。

10

## 【 0 0 2 1 】

チャンパー底部 6 2 には、保持部 7 を貫通して半導体ウェハー W をその下面 ( ランプハウス 5 からの光が照射される側とは反対側の面 ) から支持するための複数 ( 本実施の形態では 3 本 ) の支持ピン 7 0 が立設されている。支持ピン 7 0 は、例えば石英により形成されており、チャンパー 6 の外部から固定されているため、容易に取り替えることができる。

20

## 【 0 0 2 2 】

チャンパー側部 6 3 は、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 6 6 を有し、搬送開口部 6 6 は、軸 6 6 2 を中心に回転するゲートバルブ 1 8 5 により開閉可能とされる。チャンパー側部 6 3 における搬送開口部 6 6 とは反対側の部位には熱処理空間 6 5 に処理ガスを導入するガス導入路 8 1 が接続されている。ガス導入路 8 1 の一端はチャンパー側部 6 3 の内部に形成されるガス導入バッファ 8 3 に接続され、他端はガス供給源 8 8 に連通接続されている。ガス導入路 8 1 の経路途中にはガスバルブ 8 2 および流量調整弁 8 5 が介挿されている。ガス供給源 8 8 は、窒素ガス ( N<sub>2</sub> )、ヘリウムガス ( He )、アルゴンガス ( Ar ) 等の不活性ガス、または、酸素ガス ( O<sub>2</sub> )、アンモニアガス ( NH<sub>3</sub> ) 等の反応性ガスをガス導入路 8 1 に送給する。ガス供給源 8 8 は、これらのガスを択一的に、または、混合して処理ガスとして供給する。また、搬送開口部 6 6 には熱処理空間 6 5 内の気体を排出する排出路 8 6 が形成され、ガスバルブ 8 7 を介して図示省略の排気機構に接続される。

30

## 【 0 0 2 3 】

図 2 は、チャンパー 6 をガス導入バッファ 8 3 の位置にて水平面で切断した断面図である。図 2 に示すように、ガス導入バッファ 8 3 は、図 1 に示す搬送開口部 6 6 の反対側においてチャンパー側部 6 3 の内周の約 1 / 3 に亘って形成されている。ガスバルブ 8 2 を開放することによって処理ガスはガス供給源 8 8 からガス導入路 8 1 に送給されてガス導入バッファ 8 3 へと導かれ、複数のガス供給孔 8 4 から熱処理空間 6 5 内へと供給される。処理ガスの供給流量は流量調整弁 8 5 によって定められる。また、ガスバルブ 8 7 を開放することによって熱処理空間 6 5 内の雰囲気は排出路 8 6 から排気される。これによって、熱処理空間 6 5 に図 2 の矢印 A R 4 にて示すような処理ガスの気流が形成される。

40

## 【 0 0 2 4 】

図 1 に戻り、熱処理装置 1 は、チャンパー 6 の内部において半導体ウェハー W を水平姿勢にて載置して保持しつつフラッシュ光照射前にその保持する半導体ウェハー W の予備加熱を行う略円板状の保持部 7 と、保持部 7 をチャンパー 6 の底面であるチャンパー底部 6 2 に対して昇降させる保持部昇降機構 4 と、を備える。図 1 に示す保持部昇降機構 4 は、略円筒状のシャフト 4 1、移動板 4 2、ガイド部材 4 3 ( 本実施の形態ではシャフト 4 1 の周りに 3 本配置される )、固定板 4 4、ボールネジ 4 5、ナット 4 6 およびモータ 4 0 を有する。チャンパー 6 の下部であるチャンパー底部 6 2 には保持部 7 よりも小さい直径

50

を有する略円形の下部開口 6 4 が形成されており、ステンレススチール製のシャフト 4 1 は、下部開口 6 4 を挿通して、保持部 7 ( 厳密には保持部 7 のホットプレート 7 1 ) の下面に接続されて保持部 7 を支持する。

【 0 0 2 5 】

移動板 4 2 にはボールネジ 4 5 と螺合するナット 4 6 が固定されている。また、移動板 4 2 は、チャンパー底部 6 2 に固定されて下方へと伸びるガイド部材 4 3 により摺動自在に案内されて上下方向に移動可能とされる。また、移動板 4 2 は、シャフト 4 1 を介して保持部 7 に連結される。

【 0 0 2 6 】

モータ 4 0 は、ガイド部材 4 3 の下端部に取り付けられる固定板 4 4 に設置され、タイミングベルト 4 0 1 を介してボールネジ 4 5 に接続される。保持部昇降機構 4 により保持部 7 が昇降する際には、駆動部であるモータ 4 0 が制御部 3 の制御によりボールネジ 4 5 を回転し、ナット 4 6 が固定された移動板 4 2 がガイド部材 4 3 に沿って鉛直方向に移動する。この結果、移動板 4 2 に固定されたシャフト 4 1 が鉛直方向に沿って移動し、シャフト 4 1 に接続された保持部 7 が図 1 に示す半導体ウェハ W の受渡位置と図 5 に示す半導体ウェハ W の処理位置との間で滑らかに昇降する。

【 0 0 2 7 】

移動板 4 2 の上面には略半円筒状 ( 円筒を長手方向に沿って半分に切断した形状 ) のメカストッパ 4 5 1 がボールネジ 4 5 に沿うように立設されており、仮に何らかの異常により移動板 4 2 が所定の上昇限界を超えて上昇しようとしても、メカストッパ 4 5 1 の上端がボールネジ 4 5 の端部に設けられた端板 4 5 2 に突き当たることによって移動板 4 2 の異常上昇が防止される。これにより、保持部 7 がチャンパー窓 6 1 の下方の所定位置以上に上昇することはなく、保持部 7 とチャンパー窓 6 1 との衝突が防止される。

【 0 0 2 8 】

また、保持部昇降機構 4 は、チャンパー 6 の内部のメンテナンスを行う際に保持部 7 を手動にて昇降させる手動昇降部 4 9 を有する。手動昇降部 4 9 はハンドル 4 9 1 および回転軸 4 9 2 を有し、ハンドル 4 9 1 を介して回転軸 4 9 2 を回転することより、タイミングベルト 4 9 5 を介して回転軸 4 9 2 に接続されるボールネジ 4 5 を回転して保持部 7 の昇降を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

チャンパー底部 6 2 の下側には、シャフト 4 1 の周囲を囲み下方へと伸びる伸縮自在のベローズ 4 7 が設けられ、その上端はチャンパー底部 6 2 の下面に接続される。一方、ベローズ 4 7 の下端はベローズ下端板 4 7 1 に取り付けられている。ベローズ下端板 4 7 1 は、鈎状部材 4 1 1 によってシャフト 4 1 にネジ止めされて取り付けられている。保持部昇降機構 4 により保持部 7 がチャンパー底部 6 2 に対して上昇する際にはベローズ 4 7 が収縮され、下降する際にはベローズ 4 7 が伸張される。そして、保持部 7 が昇降する際にも、ベローズ 4 7 が伸縮することによって熱処理空間 6 5 内の気密状態が維持される。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、保持部 7 の構成を示す断面図である。保持部 7 は、半導体ウェハ W よりも大きな径の略円板状を有する。保持部 7 は、半導体ウェハ W を予備加熱 ( いわゆるアシスト加熱 ) するホットプレート ( 加熱プレート ) 7 1、および、ホットプレート 7 1 の上面 ( 保持部 7 が半導体ウェハ W を保持する側の面 ) に設置されるサセプタ 7 2 を有する。保持部 7 の下面には、既述のように保持部 7 を昇降するシャフト 4 1 が接続される。サセプタ 7 2 は石英 ( あるいは、窒化アルミニウム ( A I N ) 等であってもよい ) により形成され、その上面には半導体ウェハ W の位置ずれを防止するピン 7 5 が設けられる。サセプタ 7 2 は、その下面をホットプレート 7 1 の上面に面接触させてホットプレート 7 1 上に設置される。これにより、サセプタ 7 2 は、ホットプレート 7 1 からの熱エネルギーを拡散してサセプタ 7 2 上面に載置された半導体ウェハ W に伝達するとともに、メンテナンス時にはホットプレート 7 1 から取り外して洗浄可能とされる。

【 0 0 3 1 】

ホットプレート71は、ステンレススチール製の上部プレート73および下部プレート74にて構成される。上部プレート73と下部プレート74との間には、ホットプレート71を加熱するニクロム線等の抵抗加熱線76が配設され、導電性のニッケル(Ni)ロウが充填されて封止されている。また、上部プレート73および下部プレート74の端部はロウ付けにより接着されている。

#### 【0032】

図4は、ホットプレート71を示す平面図である。図4に示すように、ホットプレート71は、保持される半導体ウェハ-Wと対向する領域の中央部に同心円状に配置される円板状のゾーン711および円環状のゾーン712、並びに、ゾーン712の周囲の略円環状の領域を周方向に4等分割した4つのゾーン713~716を備え、各ゾーン間には若干の間隙が形成されている。また、ホットプレート71には、支持ピン70が挿通される3つの貫通孔77が、ゾーン711とゾーン712との隙間の周上に120°毎に設けられる。

10

#### 【0033】

6つのゾーン711~716のそれぞれには、相互に独立した抵抗加熱線76が周回するように配設されてヒータが個別に形成されており、各ゾーンに内蔵されたヒータにより各ゾーンが個別に加熱される。保持部7に保持された半導体ウェハ-Wは、6つのゾーン711~716に内蔵されたヒータにより加熱される。また、ゾーン711~716のそれぞれには、熱電対を用いて各ゾーンの温度を計測するセンサ710が設けられている。各センサ710は略円筒状のシャフト41の内部を通り制御部3に接続される。

20

#### 【0034】

ホットプレート71が加熱される際には、センサ710により計測される6つのゾーン711~716のそれぞれの温度が予め設定された所定の温度になるように、各ゾーンに配設された抵抗加熱線76への電力供給量が制御部3により制御される。制御部3による各ゾーンの温度制御はPID(Proportional, Integral, Derivative)制御により行われる。ホットプレート71では、半導体ウェハ-Wの熱処理(複数の半導体ウェハ-Wを連続的に処理する場合は、全ての半導体ウェハ-Wの熱処理)が終了するまでゾーン711~716のそれぞれの温度が継続的に計測され、各ゾーンに配設された抵抗加熱線76への電力供給量が個別に制御されて、すなわち、各ゾーンに内蔵されたヒータの温度が個別に制御されて各ゾーンの温度が設定温度に維持される。なお、各ゾーンの設定温度は、基準となる温度から個別に設定されたオフセット値だけ変更することが可能とされる。

30

#### 【0035】

6つのゾーン711~716にそれぞれ配設される抵抗加熱線76は、シャフト41の内部を通る電力線を介してプレート電源98(図6参照)に接続されている。プレート電源98から各ゾーンに至る経路途中において、プレート電源98からの電力線は、マグネシア(マグネシウム酸化物)等の絶縁体を充填したステンレスチューブの内部に互いに電氣的に絶縁状態となるように配置される。なお、シャフト41の内部は大気開放されている。

#### 【0036】

次に、ランプハウス5は、チャンパー6の上方に設けられている。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、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。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部材である。ランプハウス5がチャンパー6の上方に設置されることにより、ランプ光放射窓53がチャンパー窓61と相対向することとなる。ランプハウス5は、チャンパー6内にて保持部7に保持される半導体ウェハ-Wにランプ光放射窓53およびチャンパー窓61を介してフラッシュランプFLからフラッシュ光を照射することにより半導体ウェハ-Wを加熱する。

40

#### 【0037】

50

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。複数のフラッシュランプFLの配列によって形成される平面の平面エリアは少なくとも保持部7に保持される半導体ウェハWよりも大きい。

【0038】

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。キセノンガスは電気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、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。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99（図6参照）のコイル定数によって調整することができる。

10

【0039】

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保持部7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梨地模様を呈する。このような粗面化加工を施しているのは、リフレクタ52の表面が完全な鏡面であると、複数のフラッシュランプFLからの反射光の強度に規則パターンが生じて半導体ウェハWの表面温度分布の均一性が低下するためである。

20

【0040】

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。図6は、制御部3の構成を示すブロック図である。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CPU31、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ROM32、各種情報を記憶する読み書き自在のメモリであるRAM33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34をバスライン39に接続して構成されている。

30

【0041】

また、バスライン39には、チャンバー6内にて保持部7を昇降させる保持部昇降機構4のモータ40、フラッシュランプFLに電力供給を行うランプ電源99、チャンバー6内への処理ガスの給排を行うガスバルブ82、87、流量調整弁85、搬送開口部66を開閉するゲートバルブ185およびホットプレート71のゾーン711～716への電力供給を行うプレート電源98等が電気的に接続されている。制御部3のCPU31は、磁気ディスク34に格納された制御用ソフトウェアを実行することにより、これらの各動作機構を制御して、半導体ウェハWの加熱処理を進行する。

40

【0042】

さらに、バスライン39には、表示部35および入力部36が電気的に接続されている。表示部35は、例えば液晶ディスプレイ等を用いて構成されており、処理結果やレシピ内容等の種々の情報を表示する。入力部36は、例えばキーボードやマウス等を用いて構成されており、コマンドやパラメータ等の入力を受け付ける。装置のオペレータは、表示部35に表示された内容を確認しつつ入力部36からコマンドやパラメータ等の入力を行うことができる。なお、表示部35と入力部36とを一体化してタッチパネルとして構成

50

するようにしても良い。

【0043】

上記の構成以外にも熱処理装置1は、半導体ウェハ-Wの熱処理時にフラッシュランプFLおよびホットプレート71から発生する熱エネルギーによるチャンバ-6およびランプハウス5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-6のチャンバ-側部63およびチャンバ-底部62には水冷管(図示省略)が設けられている。また、ランプハウス5は、内部に気体流を形成して排熱するための気体供給管55および排気管56が設けられて空冷構造とされている(図1, 5参照)。また、チャンバ-窓61とランプ光放射窓53との間隙にも空気が供給され、ランプハウス5およびチャンバ-窓61を冷却する。

10

【0044】

次に、半導体ウェハ-Wの処理手順について説明する。図7は、半導体ウェハ-Wに対する処理フローの一部を示すフローチャートである。まず、シリコン基板11(図9参照)の表面にフォトリソグラフィ-技術を用いてパターンを形成し、ソース・ドレイン領域にボロン(B)やヒ素(As)等の不純物(イオン)を注入する(ステップS1)。不純物の注入はイオン打ち込み法によって実行される。

【0045】

次に、不純物が注入されたシリコン基板11の表面に炭素(C)の薄膜12を形成する(ステップS2)。炭素の薄膜12の形成には公知の種々の手法を採用することができ、例えばプラズマ蒸着によって形成するようにすれば良い。図9は、シリコン基板11の表面に炭素の薄膜12を形成してなる半導体ウェハ-Wの断面図である。本実施形態においては、イオン打ち込み法によって不純物が注入されたシリコン基板11の表面にプラズマ蒸着によってアモルファス炭素の薄膜12を形成している。本実施形態においては、シリコン基板11の表面に形成するアモルファス炭素の薄膜12の膜厚t(膜厚の初期値)を70nmとしている。

20

【0046】

次に、炭素の薄膜12が形成された半導体ウェハ-Wに対して熱処理装置1による照射熱処理が実行される(ステップS3)。熱処理装置1における半導体ウェハ-Wの照射熱処理についてはさらに後述する。

【0047】

熱処理装置1での照射熱処理が終了した半導体ウェハ-Wには洗浄処理が行われる(ステップS4)。ここでの洗浄処理は、いわゆるSPM洗浄(硫酸と過酸化水素水との混合液を用いた洗浄)およびAPM洗浄(アンモニア水と過酸化水素水との混合液を用いた洗浄)である。この洗浄処理によってシリコン基板11の表面から炭素の薄膜12を完全に除去する。なお、本明細書において「半導体ウェハ-W」は、表面に薄膜形成がなされていないシリコン基板11および表面に薄膜12が形成されたシリコン基板11の双方を含む。

30

【0048】

図8は、熱処理装置1における半導体ウェハ-Wの処理手順を示すフローチャートである。図8に示す半導体ウェハ-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って実行される。

40

【0049】

まず、保持部7が図5に示す処理位置から図1に示す受渡位置に下降する(ステップS20)。「処理位置」とは、フラッシュランプFLから半導体ウェハ-Wに照射が行われるときの保持部7の位置であり、図5に示す保持部7のチャンバ-6内における位置である。また、「受渡位置」とは、チャンバ-6に半導体ウェハ-Wの搬出入が行われるときの保持部7の位置であり、図1に示す保持部7のチャンバ-6内における位置である。熱処理装置1における保持部7の基準位置は処理位置であり、処理前には保持部7は処理位置に位置しており、これが処理開始に際して受渡位置に下降するのである。

【0050】

50

保持部 7 はチャンバ 6 に固定設置された支持ピン 7 0 に対して昇降するものであり、図 1 に示すように、保持部 7 が受渡位置にまで下降するとチャンバ 6 底部 6 2 に近接し、支持ピン 7 0 の先端が保持部 7 を貫通して保持部 7 の上方に突出する。

【 0 0 5 1 】

次に、保持部 7 が受渡位置に下降した後、ガスバルブ 8 2 が開かれてガス供給源 8 8 からチャンバ 6 の熱処理空間 6 5 内に不活性ガス（本実施形態では、窒素ガス）が供給される。それと同時に、ガスバルブ 8 7 が開かれて熱処理空間 6 5 内の気体が排気される（ステップ S 2 1）。チャンバ 6 に供給された窒素ガスは、熱処理空間 6 5 においてガス導入パツファ 8 3 から図 2 中に示す矢印 A R 4 の方向へと流れ、排出路 8 6 およびガスバルブ 8 7 を介してユーティリティ排気により排気される。また、チャンバ 6 に供給された窒素ガスの一部は、ベローズ 4 7 の内側に設けられる排出口（図示省略）からも排出される。

10

【 0 0 5 2 】

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 を介して表面に炭素の薄膜 1 2 が形成された半導体ウェハ W がチャンバ 6 内に搬入され、複数の支持ピン 7 0 上に載置される（ステップ S 2 2）。半導体ウェハ W がチャンバ 6 内に搬入されると、ゲートバルブ 1 8 5 により搬送開口部 6 6 が閉鎖される。そして、保持部昇降機構 4 により保持部 7 が受渡位置からチャンバ 6 窓 6 1 に近接した処理位置にまで上昇する（ステップ S 2 3）。保持部 7 が受渡位置から上昇する過程において、半導体ウェハ W は支持ピン 7 0 から保持部 7 のサセプタ 7 2 へと渡され、サセプタ 7 2 の上面に載置・保持される。保持部 7 が処理位置にまで上昇するとサセプタ 7 2 に保持された半導体ウェハ W も処理位置に保持されることとなる。

20

【 0 0 5 3 】

ホットプレート 7 1 の 6 つのゾーン 7 1 1 ~ 7 1 6 のそれぞれは、各ゾーンの内部（上部プレート 7 3 と下部プレート 7 4 との間）に個別に内蔵されたヒータ（抵抗加熱線 7 6）により所定の温度まで加熱されている。保持部 7 が処理位置まで上昇して半導体ウェハ W が保持部 7 と接触することにより、その半導体ウェハ W はホットプレート 7 1 に内蔵されたヒータによって予備加熱されて温度が次第に上昇する（ステップ S 2 4）。

【 0 0 5 4 】

この処理位置にて約 6 0 秒間の予備加熱が行われ、半導体ウェハ W の温度が予め設定された予備加熱温度 T 1 まで上昇する。予備加熱温度 T 1 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、2 0 0 ないし 6 0 0 程度、好ましくは 3 5 0 ないし 5 5 0 程度とされる。また、保持部 7 とチャンバ 6 窓 6 1 との間の距離は、保持部昇降機構 4 のモータ 4 0 の回転量を制御することにより任意に調整することが可能とされている。

30

【 0 0 5 5 】

また、処理位置にて半導体ウェハ W の予備加熱が行われるのと並行して、チャンバ 6 の熱処理空間 6 5 に酸素ガスが導入される（ステップ S 2 5）。すなわち、ガス供給源 8 8 からガス導入路 8 1 を経由して熱処理空間 6 5 に酸素ガスが供給される。このときに、酸素ガスのみを供給しても良いし、酸素ガスを窒素ガスに混合した混合ガスとして供給するようにしても良い。ガス供給源 8 8 から熱処理空間 6 5 に供給される酸素ガスの流量は制御部 3 がガスバルブ 8 2 および流量調整弁 8 5 を制御することによって調整される。本実施形態においては、ステップ S 2 5 の酸素ガス供給によって、チャンバ 6 内の熱処理空間 6 5 の酸素濃度が 9 0 % 以上とされる。

40

【 0 0 5 6 】

約 6 0 秒間の予備加熱時間が経過し、チャンバ 6 内の酸素濃度が 9 0 % 以上となった後、保持部 7 が処理位置に位置したまま制御部 3 の制御によりランプハウス 5 のフラッシュランプ F L から半導体ウェハ W へ向けてフラッシュ光が照射される（ステップ S 2 6）。このとき、フラッシュランプ F L から放射されるフラッシュ光の一部は直接にチャンバ 6 内の保持部 7 へと向かい、他の一部は一旦リフレクタ 5 2 により反射されてからチ

50

ャンパー 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。フラッシュ加熱は、フラッシュランプ FL からの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。

【 0 0 5 7 】

すなわち、ランプハウス 5 のフラッシュランプ 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 1 0 0 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 からの閃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（正確には炭素の薄膜 1 2 の表面温度）は、瞬間的に処理温度 T 2 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 1 0 0 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。

10

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、炭素の薄膜 1 2 が形成された半導体ウェハー W にフラッシュ光が照射された状態を示す模式図である。表面に形成する炭素の薄膜 1 2 の膜厚が厚くなるにしたがって半導体ウェハー W の表面反射率が低下し、本実施形態の膜厚 7 0 nm では約 6 0 % 程度となる。表面反射率の低下は、半導体ウェハー W のフラッシュ光吸収率の上昇、より具体的には炭素の薄膜 1 2 のフラッシュ光吸収率が增大していることを意味している。なお、キセノンフラッシュランプ FL からのフラッシュ光の放射分光分布は紫外域から近赤外域であり、シリコン基板 1 1 をほとんど透過しない。

20

【 0 0 5 9 】

炭素の薄膜 1 2 の膜厚増加に伴う半導体ウェハー W の表面反射率の低下は、膜厚が厚くなるにしたがって薄膜 1 2 自体のフラッシュ光吸収率が高まることによるものである。すなわち、炭素の薄膜 1 2 がある程度以上に厚くなると、図 1 0 の矢印 AR 1 0 にて示すように照射されたフラッシュ光の一部が薄膜 1 2 に吸収される。その吸収率は薄膜 1 2 の膜厚が厚くなるほど大きくなる。フラッシュ光を吸収した炭素の薄膜 1 2 の表面では熱が発生し、その熱が矢印 AR 1 1 にて示すようにシリコン基板 1 1 の表面に伝導する。

30

【 0 0 6 0 】

このように、ある一定以上の膜厚を有する炭素の薄膜 1 2 は光吸収膜として機能し、半導体ウェハー W のフラッシュ光吸収率を高める。そして、半導体ウェハー W のフラッシュ光吸収率が高まった結果、フラッシュ光照射時の半導体ウェハー W の表面到達温度（厳密には不純物が注入されているシリコン基板 1 1 の表面到達温度）は薄膜 1 2 が形成されていないときよりも上昇し、より良好な不純物の活性化処理が行われることとなる。

【 0 0 6 1 】

図 1 1 は、チャージ電圧とシート抵抗値との相関関係を示す図である。横軸に示すチャージ電圧は、フラッシュランプ FL に電力供給を行うランプ電源 9 9（図 6 参照）のコンデンサに印加する電圧であり、フラッシュランプ FL から出射されるフラッシュ光のエネルギーの大きさを示す指標である。縦軸に示すシート抵抗値 R s は、不純物の活性化の程度を示す指標であり、シート抵抗値が低いほど半導体ウェハー W の表面が高温に加熱されて良好な不純物の活性化処理が行われたことを示している。また、図 1 1 において、実線で示すのは炭素の薄膜 1 2 を形成した本実施形態の半導体ウェハー W についての相関関係であり、点線で示すのは炭素の薄膜 1 2 を形成していない半導体ウェハーについての相関関係である。

40

【 0 0 6 2 】

同図に示すように、同じチャージ電圧であれば、炭素の薄膜 1 2 を形成した場合の方がよりシート抵抗値が低く、すなわち半導体ウェハー W の表面がより高温に昇温することとなる。シート抵抗値の差異はチャージ電圧が低い場合において特に顕著であり、本実施形

50

態のように炭素の薄膜 12 を形成した半導体ウェハ W であれば低いチャージ電圧であっても十分に低いシート抵抗値を得ることができる。すなわち、半導体ウェハ W の表面に炭素の薄膜 12 を形成すれば、フラッシュランプ FL からのフラッシュ光のエネルギーが比較的小さかったとしても表面温度をより高温に昇温させてシート抵抗値を低下させることができるのである。

#### 【0063】

また、図 10 に示すように、フラッシュランプ FL から照射されたフラッシュ光は均一に形成された炭素の薄膜 12 に一旦吸収されて薄膜 12 に熱が発生し、その熱が矢印 AR 11 のようにシリコン基板 11 の表面に伝導することとなる。このため、シリコン基板 11 の表面にパターン形成にともなう吸収率のバラツキが存在していたとしても、薄膜 12 が形成されていない場合と比較して吸収率のバラツキは緩和され、不純物が注入されているシリコン基板 11 の表面は均一に加熱されることとなる。

10

#### 【0064】

また、本実施形態においては、フラッシュランプ FL からフラッシュ光を照射する時点でのチャンパー 6 内の酸素濃度を 90% 以上としている。このため、フラッシュ光照射によって加熱された薄膜 12 の炭素と酸素とが反応して二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) または一酸化炭素 ( $\text{CO}$ ) が生成される。これによって薄膜 12 の炭素が気化されて消費され、薄膜 12 の膜厚が低下する。すなわち、フラッシュ光照射時に炭素の薄膜 12 を光吸収膜として機能させると同時に、チャンパー 6 内に酸素を導入することによって炭素の薄膜 12 の剥離処理をも行っているのである。なお、生成した炭素の酸化物は気体であるため、チャンパー 6 内の雰囲気ガスとともに排出路 86 およびガスバルブ 87 を介して熱処理装置 1 の外部へと排気される。

20

#### 【0065】

フラッシュ光照射時に炭素が消費されて薄膜 12 の膜厚が低下するレートは半導体ウェハ W の面内において均一ではない。すなわち、フラッシュランプ FL からランプ光放射窓 53 およびチャンパー窓 61 を介して熱処理空間 65 に照射されるフラッシュ光の強度も必ずしも均一ではなく、半導体ウェハ W の面内において強度分布にバラツキが生じている。このため、薄膜 12 の面内温度分布にもバラツキが生じた結果、膜厚低下レートが不均一となるのである。

#### 【0066】

図 12 は、炭素薄膜 12 の膜厚低下のバラツキを模式的に示した図である。フラッシュランプ FL からランプ光放射窓 53 およびチャンパー窓 61 を介して熱処理空間 65 に照射されるフラッシュ光に、矢印 AR 12 にて示すような強度の弱いフラッシュ光と矢印 AR 13 にて示すような強度の強いフラッシュ光とが含まれているとする。この場合、炭素の薄膜 12 の表面のうち弱いフラッシュ光によって照射された領域よりも強いフラッシュ光によって照射された領域の方が高温に加熱される。その結果、弱いフラッシュ光によって照射された領域よりも強いフラッシュ光によって照射された領域の方が周辺雰囲気中の酸素との反応が活性化され、膜厚低下レートも大きくなり、炭素の薄膜 12 の膜厚が図 12 に示すように不均一となる。

30

#### 【0067】

炭素の薄膜 12 のフラッシュ光吸収率は膜厚に依存しており、膜厚が厚いほど吸収率も大きくなる。よって、上記のようにして薄膜 12 の膜厚が不均一となった結果、強いフラッシュ光によって照射された領域よりも弱いフラッシュ光によって照射された領域の方が残存膜厚が大きくなってフラッシュ光吸収率が大きくなる。照射されるフラッシュ光の強度が強い領域ほど薄膜 12 の膜厚が薄くなってフラッシュ光吸収率が小さくなり、その結果当該領域の表面温度が低下することとなり、薄膜 12 全体としては面内温度分布が均一となるのである。すなわち、フラッシュ光の強度差によって生じた薄膜 12 の膜厚の不均一性が面内温度分布のバラツキを解消するように作用するのである。薄膜 12 全体としての面内温度分布が均一となれば、不純物が注入されているシリコン基板 11 の表面も均一に加熱されることとなる。

40

50

## 【 0 0 6 8 】

フラッシュ加熱が終了して所定時間（数秒）が経過した時点で再びガス供給源 8 8 から熱処理空間 6 5 に窒素ガスを供給するとともに、排出路 8 6 から熱処理空間 6 5 内の酸素ガスを含む気体を排気する。これによって、チャンパー 6 内の雰囲気窒素ガスに置換される（ステップ S 2 7）。

## 【 0 0 6 9 】

その後、保持部 7 が保持部昇降機構 4 により再び図 1 に示す受渡位置まで下降し、半導体ウェハ W が保持部 7 から支持ピン 7 0 へと渡される（ステップ S 2 8）。続いて、ゲートバルブ 1 8 5 により閉鎖されていた搬送開口部 6 6 が開放され、支持ピン 7 0 上に載置された半導体ウェハ W は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 W のフラッシュ加熱処理（アニール処理）が完了する（ステップ S 2 9）。

10

## 【 0 0 7 0 】

以上のように、本実施形態においては、半導体ウェハ W の表面に炭素の薄膜 1 2 を形成することによってその炭素薄膜 1 2 にフラッシュ光を吸収させている。フラッシュ光を吸収することによって炭素の薄膜 1 2 が昇温し、薄膜 1 2 が形成されていない場合に比較して不純物が注入されているシリコン基板 1 1 の表面をより高温に昇温してシート抵抗値を低下させることができる。

## 【 0 0 7 1 】

特に、半導体ウェハ W の表面に炭素の薄膜 1 2 を形成すれば、図 1 1 に示すように、低いチャージ電圧であっても十分に低いシート抵抗値を得ることができる。従って、フラッシュランプ F L およびランプ電源 9 9 の負荷を増大させることなく、低いシート抵抗値を実現することができる。

20

## 【 0 0 7 2 】

また、チャンパー 6 内の酸素濃度を 9 0 % 以上とし、炭素の薄膜 1 2 が形成された半導体ウェハ W にフラッシュ光を照射しているため、加熱された薄膜 1 2 の炭素が酸化されて気化することにより消費される。これによって、フラッシュ加熱時に炭素の薄膜 1 2 の剥離処理が進行することとなり、続く洗浄処理工程（ステップ S 4）において通常の S P M 洗浄および A P M 洗浄のみによって炭素の残膜を除去することができる。チャンパー 6 内に酸素ガスを導入することなくフラッシュ光を照射した場合には、薄膜 1 2 の炭素が消費されないためフラッシュ加熱後も当初の膜厚が概ねそのまま維持される。この場合、通常の S P M 洗浄や A P M 洗浄のみでは十分に薄膜 1 2 を除去することができず、ステップ S 4 の洗浄処理工程の前に別途アッシング処理工程を行う必要がある。本実施形態のように、チャンパー 6 内に酸素ガスを導入してフラッシュ光照射時点での酸素濃度を 9 0 % 以上とすれば、フラッシュ光照射によって薄膜 1 2 の剥離処理をも同時に行うことができ、アッシング処理工程を省略して通常の洗浄処理のみによって残膜を確実に除去することができる。なお、フラッシュ光照射時に炭素の薄膜 1 2 の全てが気化することは無く、残膜はシリコン基板 1 1 の表面の酸化防止膜としても機能することとなる。

30

## 【 0 0 7 3 】

さらに、本実施形態においては、フラッシュランプ F L からのフラッシュ光にバラツキがある場合には薄膜 1 2 の膜厚低下レートにもバラツキが生じて膜厚が不均一となるのであるが、その不均一性が半導体ウェハ W の面内温度分布のバラツキを解消するように作用する。すなわち、照射されるフラッシュ光の強度が強い領域ほど炭素の薄膜 1 2 の膜厚が薄くなってフラッシュ光吸収率が小さくなり、その結果当該領域の表面温度が低下することとなり、半導体ウェハ W の表面全体としては面内温度分布が均一となるのである。

40

## 【 0 0 7 4 】

ところで、炭素の薄膜 1 2 を形成した半導体ウェハ W のフラッシュ加熱処理を行った際に、チャンパー 6 の内部に炭素系の汚染が付着することがある。このような汚染が発生した場合には、チャンパー 6 内に半導体ウェハ W を収容することなく、チャンパー 6 内に酸素ガスを導入して酸素濃度を 9 0 % 以上とし、フラッシュランプ F L からフラッシュ

50

光を照射する。すなわち、チャンバー 6 内の酸素濃度を 90% 以上として空フラッシュ処理を行うのである。このような空フラッシュ処理も半導体ウェハ W のフラッシュ加熱処理と同様に、制御部 3 が熱処理装置 1 の各動作機構（ガスバルブ 82, 87、流量調整弁 85 およびランプ電源 99 等）を制御することによって実行される。チャンバー 6 内に半導体ウェハ W を収容することなく、チャンバー 6 内の酸素濃度を 90% 以上としてフラッシュランプ FL からフラッシュ光を照射することにより、炭素系の汚染物質は酸化されて取り除かれる。すなわち、チャンバー 6 内の酸素濃度を 90% 以上として空フラッシュ処理を行うことにより、チャンバー 6 内のクリーニング処理を実行しているのである。

【0075】

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、不純物が注入されたシリコン基板 11 の表面にアモルファス炭素の薄膜 12 を形成していたが、アモルファス炭素に代えて結晶構造を有する炭素（例えば、グラファイト）にて薄膜 12 を形成するようにしても良い。結晶構造を有する炭素にて薄膜 12 を形成するようにしても上記実施形態と同様の効果を得ることができる。もっとも、アモルファス炭素にて薄膜 12 を形成するようにした方がフラッシュ加熱時に酸化されやすく薄膜 12 の剥離処理が進行しやすい。

10

【0076】

また、炭素化合物にて薄膜 12 を形成するようにしても良い。光吸収膜としての薄膜 12 を形成するのに適した炭素化合物としては、特に有機化合物が挙げられ、炭素と水素、或いはそれらに加えて酸素を含む化合物が好適である。すなわち、不純物が注入されたシリコン基板 11 の表面に炭素または炭素化合物の薄膜 12 を形成する形態であれば良い。

20

【0077】

また、上記実施形態においては、シリコン基板 11 の表面に形成するアモルファス炭素の薄膜 12 の膜厚  $t$  を 70 nm としていたが、これに限定されるものではなく、少なくとも膜厚  $t$  が 20 nm 以上の炭素または炭素化合物の薄膜 12 が形成されていれば光吸収膜としての効果を得ることができる。もっとも、薄膜 12 のフラッシュ光吸収率は、薄膜 12 の膜厚が厚いほど大きくなるため、フラッシュ光を吸収してシリコン基板 11 の表面をより効果的に昇温するためには薄膜 12 の膜厚  $t$  が 70 nm 以上であることが好ましい。一方、薄膜 12 の膜厚  $t$  が 280 nm を超えて厚くなったとしても光吸収膜としての昇温効果に大きな変化が無く、むしろフラッシュ加熱後の残膜の厚さが厚くなってその後の洗浄処理のみでは十分に除去できなくなるおそれがある。よって、シリコン基板 11 の表面に形成する炭素または炭素化合物の薄膜 12 の好適な膜厚  $t$  は 70 nm 以上 280 nm 以下である。

30

【0078】

また、上記実施形態においては、フラッシュ光を照射する時点でのチャンバー 6 内の酸素濃度を 90% 以上としていたが、これに限定されるものではなく、フラッシュ光照射時に半導体ウェハ W の周辺に僅かでも酸素ガスが存在していれば、薄膜 12 の炭素を酸化して剥離する効果が得られる。もっとも、薄膜 12 の十分な剥離効果を得るとともに、フラッシュ光の強度分布のバラツキに起因した面内温度分布の不均一を解消する効果を得るためにはフラッシュ光を照射する時点でのチャンバー 6 内の酸素濃度が高いほど好ましく、特に酸素濃度を 90% 以上とするのが好ましい。チャンバー 6 内の酸素濃度が 90% 以上であれば、フラッシュ光を照射したときにチャンバー 6 の内部に炭素系の汚染が付着するのを防止することもできる。

40

【0079】

一方、より低いシート抵抗値を得るという観点からはフラッシュ光を照射する時点でのチャンバー 6 内の酸素濃度が低い方が好ましい。但し、有効な薄膜 12 の剥離効果、チャンバー 6 の内部への汚染付着防止効果および面内温度分布の不均一を解消する効果を得るためには、フラッシュ光を照射する時点でのチャンバー 6 内の酸素濃度が大気中の酸素濃度よりも高い、すなわち酸素濃度を 21% 以上とするのが望ましい。従って、フラッシュ

50

光を照射する時点でのチャンバー 6 内の酸素濃度については、要求されるシート抵抗値、面内温度分布の均一性、薄膜 1 2 の剥離効果等のバランスを勘案して 2 1 % 以上 1 0 0 % 以下の間の任意と値とすることができる。なお、単に低いシート抵抗値を得るためだけであれば、チャンバー 6 の内部に酸素ガスを導入することなく（例えば、チャンバー 6 の内部を窒素雰囲気として）、表面に炭素の薄膜 1 2 を形成した半導体ウェハ W にフラッシュ光を照射するようにしても良い。

【 0 0 8 0 】

また、チャンバー 6 内に酸素ガスを導入するタイミングは図 8 の例に限定されるものではなく、予備加熱よりも前から導入するようにしていても良い。すなわち、フラッシュ光を照射する時点でのチャンバー 6 内の酸素濃度が所定値となるのであれば、チャンバー 6 内に酸素ガスを導入するタイミングは任意である。

10

【 0 0 8 1 】

また、上記実施形態においては、ランプハウス 5 に 3 0 本のフラッシュランプ F L 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 F L 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 F L 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。

【 0 0 8 2 】

また、上記実施形態においては、ホットプレート 7 1 を含む保持部 7 からの伝熱によって半導体ウェハ W の予備加熱を行っていたが、チャンバー 6 の底部にハロゲンランプを設け、そのハロゲンランプからの光照射によって半導体ウェハ W の予備加熱を行うようにしても良い。

20

【 0 0 8 3 】

また、本発明に係る技術は、シリコン膜が形成されたガラス基板に対して適用することもできる。

【 符号の説明 】

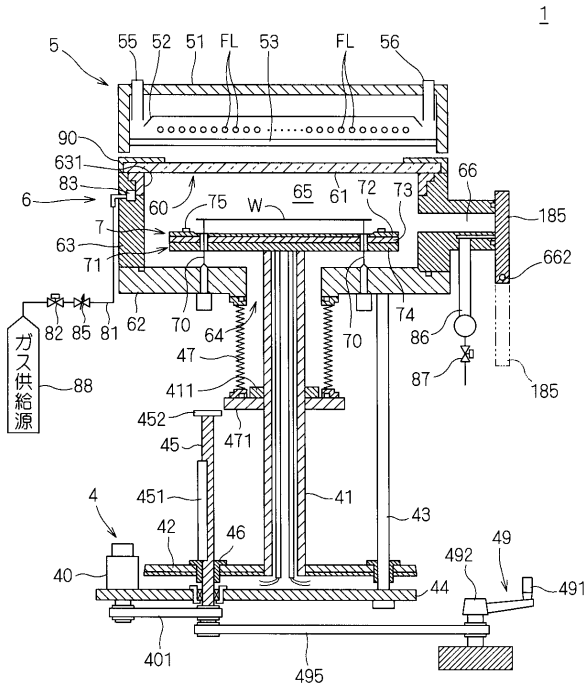
【 0 0 8 4 】

- 1 熱処理装置
- 3 制御部
- 4 保持部昇降機構
- 5 ランプハウス
- 6 チャンバー
- 7 保持部
- 1 1 シリコン基板
- 1 2 薄膜
- 6 0 上部開口
- 6 1 チャンバー窓
- 6 5 熱処理空間
- 7 1 ホットプレート
- 7 2 サセプタ
- 8 1 ガス導入路
- 8 2 , 8 7 ガスバルブ
- 8 5 流量調整弁
- 8 8 ガス供給源
- 9 9 ランプ電源
- F L フラッシュランプ
- W 半導体ウェハ

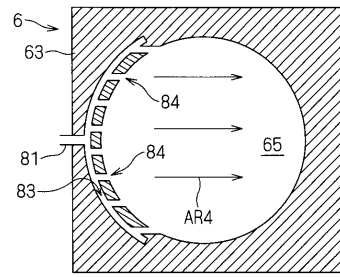
30

40

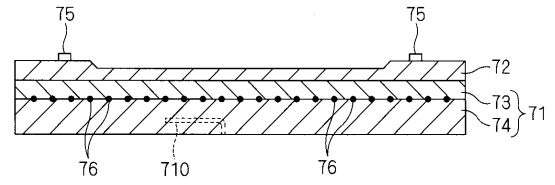
【図1】



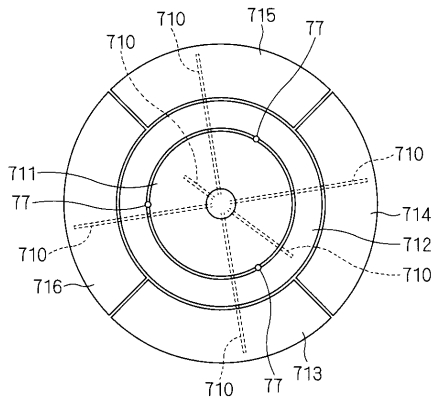
【図2】



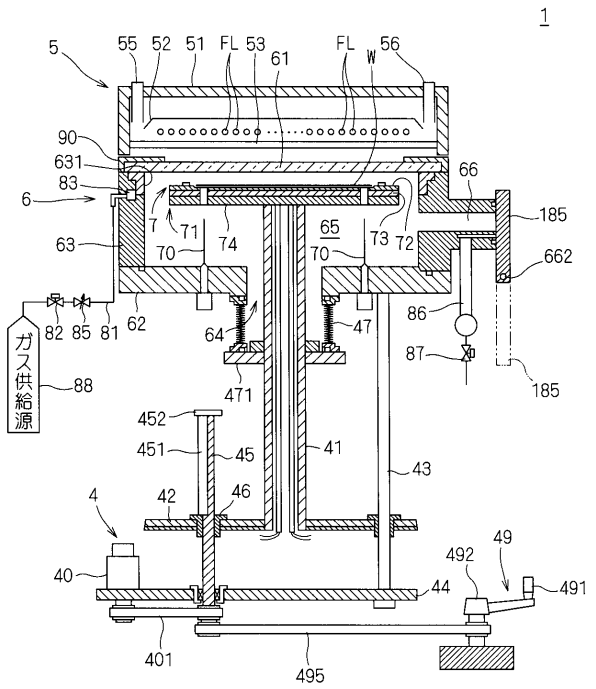
【図3】



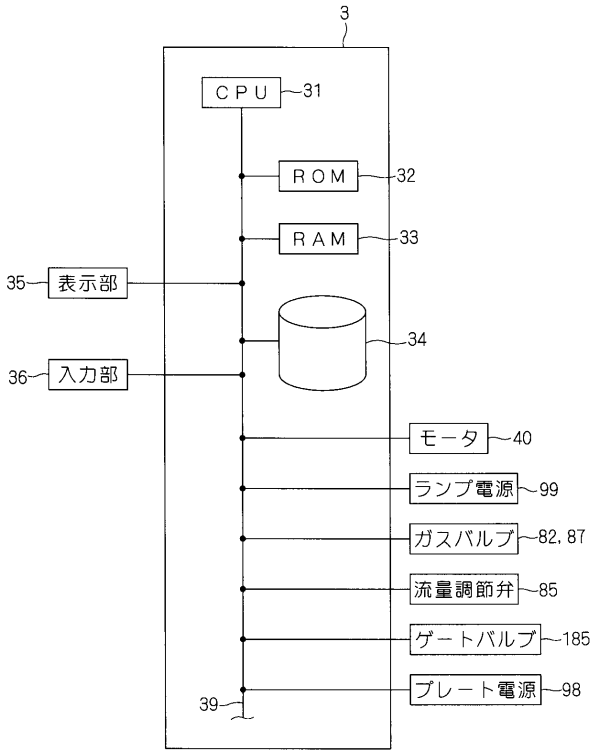
【図4】



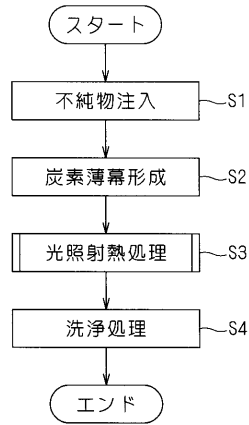
【図5】



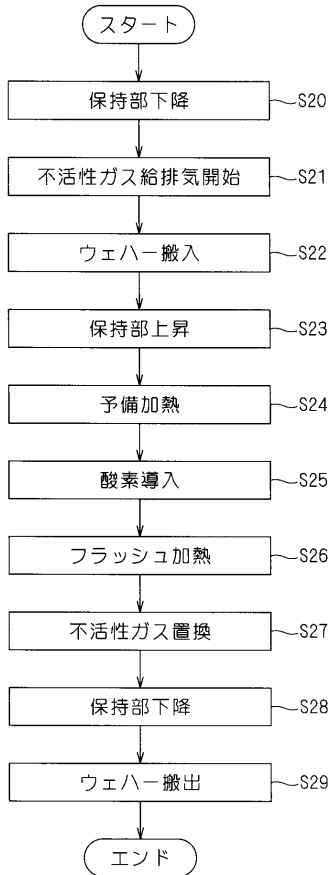
【 図 6 】



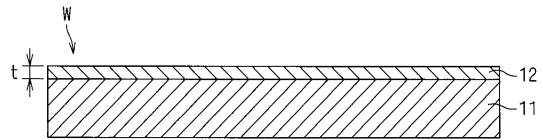
【 図 7 】



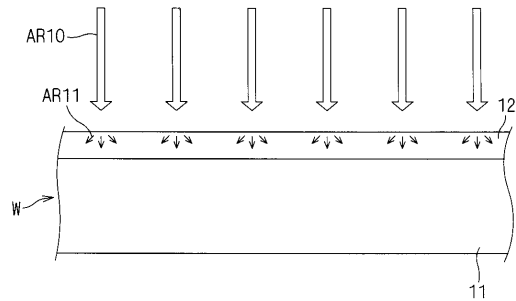
【 図 8 】



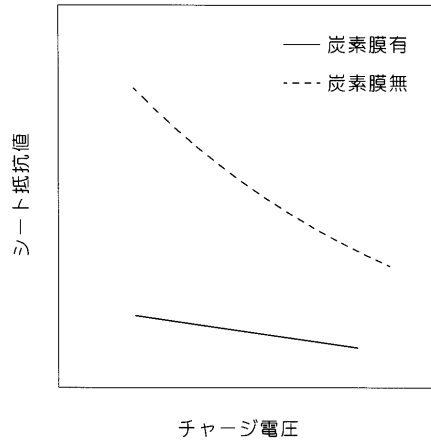
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】

