

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4273200号  
(P4273200)

(45) 発行日 平成21年6月3日(2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月13日(2009.3.13)

(51) Int. Cl.

F I

<b>H05B</b>	<b>7/144</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	7/144	Z
<b>H01J</b>	<b>61/30</b>	<b>(2006.01)</b>	H01J	61/30	A
<b>H01J</b>	<b>61/54</b>	<b>(2006.01)</b>	H01J	61/54	H
<b>H01L</b>	<b>21/26</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L	21/26	J
<b>H05B</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	7/00	Z

請求項の数 8 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-302377 (P2003-302377)  
 (22) 出願日 平成15年8月27日(2003.8.27)  
 (65) 公開番号 特開2005-71898 (P2005-71898A)  
 (43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)  
 審査請求日 平成18年4月11日(2006.4.11)

(73) 特許権者 502128800  
 株式会社オクテック  
 東京都新宿区若葉一丁目2番1号  
 (73) 特許権者 000102212  
 ウシオ電機株式会社  
 東京都千代田区大手町二丁目6番1号  
 (74) 代理人 100108338  
 弁理士 七條 耕司  
 (72) 発明者 奥村 勝弥  
 東京都新宿区若葉1丁目2番1 株式会社  
 オクテック内  
 (72) 発明者 森本 幸裕  
 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウ  
 シオ電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フラッシュランプ発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フラッシュランプと、このフラッシュランプを発光制御する給電装置とから構成されるフラッシュランプ発光装置において、  
 前記フラッシュランプの発光管外表面に高電圧を供給する複数個のトリガー電極を設け、  
 前記フラッシュランプの1または複数回の発光毎に、前記複数個のトリガー電極のうち1  
 または複数個のトリガー電極と残余の1または複数個のトリガー電極に交互に高電圧を供  
 給することにより、前記フラッシュランプを発光させるようにしたことを特徴とするフラ  
 ッシュランプ発光装置。

【請求項2】

前記トリガー電極は、プリント印刷または蒸着により、前記発光管外表面に密着して設  
 けられていることを特徴とする請求項1に記載のフラッシュランプ発光装置。

【請求項3】

前記プリント印刷または蒸着は、セラミック酸化物層が塗布された発光管外表面上に  
 施されていることを特徴とする請求項2に記載のフラッシュランプ発光装置。

【請求項4】

前記トリガー電極は、高融点酸化物により被覆されていることを特徴とする請求項1乃  
 至請求項3のいずれか1つの請求項に記載のフラッシュランプ発光装置。

【請求項5】

前記高融点酸化物は、アルミナまたはイットリアであることを特徴とする請求項4に記

10

20

載のフラッシュランプ発光装置。

【請求項 6】

前記トリガー電極は、誘電体材料からなるパイプの中に線状導体が配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のフラッシュランプ発光装置。

【請求項 7】

前記発光管は、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) を主成分とする材質から構成され、前記トリガー電極はタングステンまたはモリブデンを主成分とする材質から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つの請求項に記載のフラッシュランプ発光装置。

【請求項 8】

前記フラッシュランプは、複数本が並べて配置され、前記トリガー電極は隣合うフラッシュランプに対して共用するように配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 つの請求項に記載のフラッシュランプ発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はフラッシュランプ発光装置に関し、特に、シリコンウエハ等の基板を光照射することにより急速に加熱処理するフラッシュランプ発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来からシリコンウエハ等の基板を光照射により加熱する加熱装置が知られている。これは半導体製造工程においてウエハを急速加熱、高温保持、急速冷却するものであり、成膜（ウエハ表面に酸化膜を形成する）、拡散（ウエハ内部に不純物を拡散させる）等広い範囲で利用されている。拡散についていえば、シリコンウエハの表層部分におけるシリコン結晶に対してホウ素やヒ素のイオンを注入して、この状態のシリコンウエハに、例えば 1000 以上の熱処理を施すことによって不純物を拡散させるものである。

【0003】

シリコンウエハを加熱処理する装置としては、ランプを加熱源として用い、この加熱源から放射される光をウエハに対して照射することによって急速に加熱し、その後、急速に冷却することができる RTP (Rapid Thermal Process) 装置が知られている。この装置の加熱源は従来からハロゲンランプが用いられている。

【0004】

しかしながら、近年は、半導体集積回路の高集積化、微細化がますます要求されきており、例えば 20 nm 以下というより浅いレベルで不純物拡散を形成することが必要となっており、ハロゲンランプを加熱源とした装置では、25 ~ 30 nm レベルの深さで処理することは可能であるが、上記深度では十分に対応することが困難になっている。

【0005】

また、極めて浅い領域に不純物拡散を達成させる方法としては、レーザ照射 (XeCL) するものが知られており、これは数ミリメートルの照射幅を持つレーザ光によりシリコンウエハをスキャンする方法である。しかし、レーザ光を使う装置は非常に高価であり、また、シリコンウエハの表面上を小さなスポット径のレーザビームでスキャンしながら熱処理するため、スループットという点で問題がある。

【0006】

そこで、加熱源として、フラッシュランプを使い、シリコンウエハに対して極めて短時間で加熱する方法が提案されている。フラッシュランプによる加熱方法は、シリコンウエハが受ける温度を下げることができ、照射時間も極めて短いことから大きなメリットがある。

【0007】

従来のフラッシュランプとしては、例えば、特開 2001 - 185088 号に開示されたものが知られている。

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2001-185088号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、フラッシュランプを用いたフラッシュランプ発光装置においては、フラッシュランプが点灯時間の経過に伴い発光管表面が白く変色してしまい、これに伴い放射光の被処理物における照度も低下したり、または不均一になるという問題が発生していた。

【0009】

本発明の目的は、上記の問題点に鑑み、シリコンウエハ等を加熱するフラッシュランプ発光装置において、フラッシュランプの発光管に白濁が生じないフラッシュランプ発光装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上記の課題を解決するために、次のような手段を採用した。

第1の手段は、フラッシュランプと、このフラッシュランプを発光制御する給電装置とから構成されるフラッシュランプ発光装置において、前記フラッシュランプの発光管外表面に高電圧を供給する複数個のトリガー電極を設け、前記フラッシュランプの1または複数回の発光毎に、前記複数個のトリガー電極のうち1または複数個のトリガー電極と残余の1または複数個のトリガー電極に交互に高電圧を供給することにより、前記フラッシュランプを発光させるようにしたことを特徴とする。

20

【0011】

第2の手段は、第1の手段において、前記トリガー電極は、プリント印刷または蒸着により、前記発光管外表面に密着して設けられていることを特徴とする。

【0012】

第3の手段は、第2の手段において、前記プリント印刷または蒸着は、セラミックス酸化物層が塗布された発光管外表面上に施されていることを特徴とする。

【0013】

第4の手段は、第1の手段乃至第3の手段のいずれか1つの手段において、前記トリガー電極は、高融点酸化物により被覆されていることを特徴とする。

【0014】

第5の手段は、第4の手段において、前記高融点酸化物は、アルミナまたはイットリアであることを特徴とする。

30

【0015】

第6の手段は、第1の手段において、前記トリガー電極は、誘電体材料からなるパイプの中に線状導体が配置されていることを特徴とする。

【0016】

第7の手段は、第1の手段乃至第6の手段のいずれか1つの手段において、前記発光管は、酸化アルミニウム( $Al_2O_3$ )を主成分とする材質から構成され、前記トリガー電極はタングステンまたはモリブデンを主成分とする材質から構成されることを特徴とする。

40

【0017】

第8の手段は、第1の手段乃至第7の手段のいずれか1つの手段において、前記フラッシュランプは、複数本が並べて配置され、前記トリガー電極は隣合うフラッシュランプに対して共用するように配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

請求項1に記載の発明によれば、フラッシュランプと、このフラッシュランプを発光制御する給電装置とから構成されるフラッシュランプ発光装置において、前記フラッシュランプの発光管外表面に高電圧を供給する複数個のトリガー電極を設け、前記フラッシュランプの1または複数回の発光毎に、前記複数個のトリガー電極のうち1または複数個のト

50

リガー電極と残余の1または複数個のトリガー電極に交互に高電圧を供給することにより、前記フラッシュランプを発光させるようにしたので、フラッシュランプの発光毎に、トリガー電極が交互に高電圧が供給されるので、プラズマの発生位置が放電容器内の一定位置に固定されず、放電容器の白濁化を防止することができる。

【0021】

請求項2に記載の発明によれば、トリガー電極は、プリント印刷または蒸着により、前記発光管外表面に密着して設けられるので、フラッシュランプの発光に伴いその位置が変化しないので、トリガー電極の放電容器に対する高電圧の印加を確実に行うことができ、また、幅や高さの小さいトリガー電極を正確に塗布することができるので、トリガー電極の数を容易に増加することができる。

10

【0022】

請求項3に記載の発明によれば、プリント印刷または蒸着は、セラミックス酸化物層を塗布された発光管外表面上に施されるので、放電容器の外表面に凹凸が形成されていても、前記プリント印刷または蒸着を確実に行うことができる。

【0023】

請求項4に記載の発明によれば、トリガー電極は、高融点酸化物により被覆されているので、トリガー電極の酸化や接触による滑落による断線を防止できる。

【0024】

請求項5に記載の発明によれば、高融点酸化物は、アルミナまたはイットリアを用いたので、これによって真空蒸着、スパッタリング蒸着やゾルーゲル法を用いたガラスや結晶性の薄膜を容易に形成することができる。

20

【0025】

請求項6に記載の発明によれば、トリガー電極は、誘電体材料からなるパイプの中に線状導体が配置されているので、線状導体の構成材料がスパッタにより飛散した場合でも、放電容器の外表面に付着して汚したり、被照射物面上に落下することを防止することができる。

【0026】

請求項7に記載の発明によれば、発光管は、酸化アルミニウム( $Al_2O_3$ )を主成分とする材質から構成され、トリガー電極はタングステンまたはモリブデンを主成分とする材質から構成したので、発光管の白濁防止を最も効果的に奏することができる。

30

【0027】

請求項8に記載の発明によれば、フラッシュランプは、複数本が並べて配置され、トリガー電極は隣合うフラッシュランプに対して共用するように配置されているので、トリガー電極の使用数を抑えることができ、トリガー電極の損耗を防止することができる。さらにトリガー回路の小型化を図ることもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

本発明の一実施形態を図1乃至図8を用いて説明する。

40

図1は、本発明に係るフラッシュランプ発光装置の概略構成を示す図である。

同図において、フラッシュランプ10の直管型の石英ガラス製放電容器11には、例えば、キセノンガスが封入されており、両端は封止されて内部に放電空間が区画されている。放電空間には一対の電極である陽極12と陰極13が対向配置されており、放電容器11の外表面には長手方向に沿って2本の線状トリガー電極14a、14bが配設され、各線状トリガー電極14a、14bはトリガーバンド15によって保持されている。

【0029】

フラッシュランプ10は、一例として、放電容器11の内径が6～15mmの範囲から選択され、例えば10mm、放電容器11の長さは200～550mmの範囲から選択され、例えば300mmである。

50

封入ガスであるキセノンガスの封入量は、200～1500 torrの範囲から選択され、例えば500 torrである。また、主要な封入ガスとしてはキセノンガスに限らず、アルゴンやクリプトンガスを採用することもできる。また、キセノンガスに加えて水銀等他の物質を添加することも可能である。

放電容器11は、石英ガラス、アルミナ、サファイア、YAG、イットリア等が使われる。

電極12, 13は、タングステンを主成分とする焼結型電極であって、大きさは外径が4～10mmの範囲から選択され、例えば5mm、長さは5～9mmの範囲から選択され、例えば7mmである。電極間距離は160～500mmの範囲から選択され、例えば280mmである。また、陰極13にはエミッターとして酸化バリウム(BaO)、酸化カルシウム(CaO)、酸化ストロンチウム(SrO)、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等が混入されている。

#### 【0030】

また、トリガー電極14a、14bはフラッシュランプ10の全長にわたり配設されており、トリガーバンド15は、複数個のトリガー電極同士を電氣的に絶縁する必要があるため、テフロン(登録商標)、ポリ塩化ビニル等の絶縁体が用いられる。

#### 【0031】

また、給電装置20は、発光回路21とトリガー回路22とから構成され、発光回路20は陽極11と陰極12に電氣的に接続され、トリガー回路21はトリガー電極14a、14bに接続される。発光回路21とトリガー回路22は相互に信号を送受信しており、後述するように発光回路21内の主コンデンサに放電可能な充電が完了すると、その信号がトリガー回路22に送信されてトリガー回路22からトリガー電極14に対して高電圧が印加され、フラッシュランプ10が発光するようになっている。

#### 【0032】

それぞれのトリガー電極14a、14bは、トリガー回路22からの信号を独立して受信することが可能なように構成されており、トリガー回路22が選択したトリガー電極14aまたはトリガー電極14bを使ってランプを発光させている。

フラッシュランプ10の発光間隔は、例えば1分間に1発光であり、この場合、それぞれのトリガー電極14a、14bは2分毎に高電圧が印加されることになる。各トリガー電極14a、14bに印加される高電圧は、例えば-15KVである。

#### 【0033】

図2(a)は、トリガー電極14aに高電圧を印加したときの放電容器11内の状態を示す放電容器の断面図、図2(b)は、トリガー電極14bに高電圧を印加したときの放電容器11内の状態を示す放電容器の断面図である。

これら図に示すように、放電容器11の外表面2箇所にトリガー電極14a、14bがほぼ対称的に配置されており、最初に、図2(a)に示すように、トリガー電極14aに高電圧(15KV)を印加すると、放電容器11のトリガー電極14aに近い領域でプラズマP1が発生し、フラッシュランプ10は発光する。次に、図2(b)に示すように、トリガー電極14bに高電圧を印加すると放電容器11のトリガー電極14bに近い領域でプラズマP2が発生し、フラッシュランプ10は発光する。同様に、発光毎にトリガー電極を順次代えてフラッシュランプ10を発光させる。

#### 【0034】

ここで、従来の放電容器内面の白濁を引き起す原因について説明すると、従来から知られているフラッシュランプは、1つのトリガー電極が放電容器外面のいずれかの位置に配置される構造であるため、放電容器内のトリガー電極に近い部分に常にプラズマが発生してフラッシュ発光する。そのため、放電容器内面に白濁を引き起こし、放射光の光量低下や位置的な放射光のパラッキを発生させるものと推測される。また、白濁化が進行すると、放電容器を構成する材料、例えば、石英ガラスが微小な粉状体となって放電容器内に落下し、堆積してしまい、上記の放射光量低下と位置的パラッキを一層助長させてしまう。さらに、プラズマは放電容器の構成材料に対して歪を発生されることもある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 5 】

これに対し、本発明のフラッシュランプ発光装置では、複数個のトリガー電極 1 4 a、1 4 b を交互に、かつ規則性をもってバランス良く活用するため、プラズマの発生位置が放電容器内の一定位置に固定されることがない。そのため、放電容器の特定位置における白濁化を防止することができる。

## 【 0 0 3 6 】

ここで、複数個のトリガー電極 1 4 a、1 4 b を交互に使った場合の放電容器 1 1 内の現象について説明する。まず、最初の発光で、放電容器 1 1 内の動作させたトリガー電極（例えば、1 4 a）に近い領域でプラズマ P 1 が発生し、このプラズマ P 1 に近接した発光管内壁の表面は、熱伝導と光による加熱で昇温して溶融する。そのため、放電容器 1 1 内でシリカ（ $SiO_x$ （ $0 < x < 2$ ））なる組成の蒸発が起る。さらに、発光管には強力な紫外光の作用によって歪みが発生する（いわゆる、UV歪み）。他方、動作したトリガー電極 1 4 a と相対する側の発光管内壁には前記蒸発したシリカが飛来して堆積して、白色変色を起こす原因となる。

10

次に、他方のトリガー電極（例えば、1 4 b）を動作させると、トリガー電極 1 4 b に近い領域でプラズマ P 2 が発生するが、トリガー電極 1 4 b に近接する発光管内壁には、先に飛来したシリカが堆積しており、発光管はシリカを介してプラズマに曝されることになる。従って、トリガー電極 1 4 b に近接する発光管内壁は、最初の発光の場合と同じく加熱されるが、蒸発するのは先に堆積したシリカの部分であり、発光管内壁面は殆ど蒸発しない。また、シリカが紫外光を吸収するため、UV歪みは殆ど誘起されず、発光管の機械的強度の低下は殆ど起こらないことになる。

20

## 【 0 0 3 7 】

要するに、繰り返される発光サイクルの中で、最初の発光で飛散したシリカはプラズマからの熱と光により加熱を受けて発光管内を移動し続けるので、発光管の白色化進行が抑制され、また、UV歪みの発生または蓄積が防止される。

## 【 0 0 3 8 】

特に、半導体ウエハや液晶基板等の被処理物の急速加熱に使うフラッシュランプでは、発光エネルギーが 6 0 0 0 J という大きなものであり、被処理物の温度は瞬間的に 1 5 0 0 という高温に昇温される。このようなフラッシュランプに対するエネルギー的負荷や熱的負荷は極めて厳しく過酷なものにおいては、上記のトリガー電極への高電圧の供給方法は極めて有効に機能する。即ち、フラッシュランプそのものは、カメラのストロボやプリンターの定着光源等に従来から広く使用されているが、このような発光エネルギーの小さい用途においては、放電容器の白濁は決して起こらず、上記のようなトリガー電極への高電圧の供給方法を採用する必要はない。

30

## 【 0 0 3 9 】

なお、ここでトリガー電極 1 4 a、1 4 b は、1 回のフラッシュ発光毎に切り替える場合について説明したが、このような態様に限定されるものではなく、数回、同じトリガー電極を使ってフラッシュ発光することも可能である。例えば、トリガー電極 1 4 a を使って 1 0 0 回続けてフラッシュ発光を行い、次にトリガー電極 1 4 b を使って同様に 1 0 0 回続けてフラッシュ発光させるようにしてもよい。また、トリガー電極は規則的に駆動させてもよいし、ランダムに駆動させてもよい。

40

また、トリガー電極の数は 2 個に限定されず、多数個設けてもよい。この場合、多数個のトリガー電極を 1 個ずつ発光させてもよいし、複数個のトリガー電極をグループ化し、グループ単位で発光させてもよい。例えば、トリガー電極が 4 個配置されている場合、任意の 2 個のトリガー電極を一つのグループ、残りの 2 個のトリガー電極をもう一つのグループとして、これらをグループ毎に使用するようにしてもよい。

## 【 0 0 4 0 】

このように本発明のフラッシュランプ発光装置は、フラッシュランプの放電容器外表面に複数個配設されたトリガー電極のうち、いずれかのトリガー電極を交互かつ規則性をもって選択することにより、放電容器内における片寄ったフラッシュ発光を防止することが

50

でき、これにより放電容器の白濁等の問題を解決することができる。

【0041】

なお、本発明者らは、放電容器11の構成材料がアルミナ( $Al_2O_3$ )であって、トリガー電極としてタングステンを主成分とする材料を蒸着させた場合に、上記白濁防止の効果が最も優れていることを確認した。

【0042】

図3(a)乃至図3(c)は、それぞれ図2に示したトリガー電極構造とは異なるトリガー電極構造を有する放電容器の断面図である。

【0043】

図3(a)は、放電容器11の外表面8箇所にトリガー電極14a~14hを均等間隔をもってバランス良く配置した放電容器の断面図であり、これらのトリガー電極14a~14hは、放電容器11の外表面にプリント印刷もしくは蒸着によって形成される。

【0044】

このトリガー電極構造の利点は、トリガー電極14a~14hが放電容器11の外表面に密着して固定されるので、フラッシュランプ10の発光に伴いその位置が変化しないことである。即ち、線状導体の場合は発光時の高温により、トリガー電極自身が伸縮したり、振動等により放電容器から部分的に離間することがある。このためトリガー電極の放電容器に対する高電圧の印加が不十分なものとなったり、または位置的に不均一を生じる。特に、半導体ウエハや液晶基板の加熱においては、ランプ発光時の放電容器が100程度であるのに対し、線状トリガー電極は数百の高温となるため、両者の温度の違いからその傾向が著しい。

【0045】

プリント印刷または蒸着による利点は、トリガー電極14a~14hを形成する場合、幅や高さの小さい電極を正確に塗布することができ、図示するようにトリガー電極の数を容易に増加することができる。

【0046】

トリガー電極14a~14hの材料は、例えば、タングステン、ニッケル、アルミニウム、白金、銀、パラジウム、ロジウム、インコネル(ニッケル-クロム-鉄合金)、モリブデン金、珪化モリブデン、金合金等であり、トリガー電極14a~14hの幅、厚さは数百 $\mu m$ のレベルで作ることができる。

さらに、フラッシュランプ10は、数ミリ程度、具体的には2mm程度の間隔を置いて配置する場合があるが、このようなフラッシュランプの配置構造の場合には、トリガー電極14a~14hの高さが低いのは有利である。

【0047】

また、トリガー電極14a~14hの放電容器11への密着性を向上させるために、放電容器11に高融点セラミックス酸化物を塗布して、その上にトリガー電極14a~14hを形成する。これにより放電容器の外表面は凹凸が形成されている場合でも、トリガー電極の塗布作業を容易に行うことができる。

【0048】

図3(b)は放電容器11の外表面8箇所に高融点酸化物で外表面を被膜したトリガー電極14a~14hを均等間隔をもってバランス良く配置した放電容器の断面図であり、これらのトリガー電極14a~14hは放電容器11の外表面にプリント印刷もしくは蒸着によって形成される。

上記高融点酸化物の被膜材料としては、アルミナ、イットリアが用いられ、これによって真空蒸着、スパッタリング蒸着やゾルーゲル法を用いたガラスや結晶性の薄膜を形成することができる。

トリガー電極14a~14hをこのように構成することにより、トリガー電極の酸化や接触による滑落による断線を防止できる。

【0049】

図3(c)は放電容器11の外表面3箇所にトリガー電極14a~14cを配置した放

10

20

30

40

50

電容器の断面図であり、トリガー電極 14 a ~ 14 c は被照射物が配置される側（図示下方）には配置されておらず、また、各トリガー電極 14 a ~ 14 c は石英ガラス等の誘電体材料からなるパイプ管 14 1 の中に線状導体 14 2 を配置した構造となっている。

トリガー電極 14 a ~ 14 c をこのように構成することにより、線状導体 14 2 の構成材料がスパッタにより飛散した場合に、放電容器 1 1 の外表面に付着して汚したり、または、被照射物面上に落下することを防止することができる。なお、トリガー電極 14 a ~ 14 c の酸化を防止するためにパイプ管 14 1 の中には窒素やアルゴン等の不活性ガスを封入することも可能である。

#### 【0050】

放電容器 1 1 の外表面であって被照射物が配置される側にトリガー電極 14 a ~ 14 c を配置しないのは、被照射物に対する遮光を防止するためであり、またプラズマの片寄せ発生による白濁の発生が実用上の影響のないレベルであれば、特定の位置においてはトリガー電極を配置させないことも可能ということである。

#### 【0051】

なお、ここで、図 2 および図 3 ( a ) に示すトリガー電極の線状導体としては、例えば、タングステン、ニッケル、アルミニウム、白金、インコネル（ニッケルクロム鉄合金）、モリブデン等が使用される。外径は、例えば 0.5 ~ 3.0 mm の範囲から選択されて、例えば 1.0 mm のものが採用される。

また、トリガー電極の構造、数、配置は図 2 および図 3 ( a ) ~ ( c ) に示す構造に限定されるものではなく、その他の形態も適宜可能である。例えば、図 3 ( c ) に示す構造のトリガー電極を図 3 ( a ) に示すように 8ヶ所配設することや、図 2 および図 3 ( a ) ~ ( c ) に示す構造のトリガー電極を組み合わせて使うことも可能である。

また、図 2 および図 3 ( a ) ~ ( c ) に示すトリガー電極は直線形状に限定されるものではなく、例えば、螺旋状に放電容器に巻き付けることも可能であり、この場合は電氣的に絶縁された複数の螺旋状電極を交互に放電容器に巻き付けることになる。

#### 【0052】

図 4 は、図 1 に示した給電装置 2 0 の発光回路 2 1 とトリガー回路 2 2 の具体的構成を示す図である。

同図に示すように、発光回路 2 1 は、交流電源 AC に接続されて、スイッチングインバータ回路、トランス T、整流回路、インバータ回路の制御回路、および、整流回路の二次側に逆流防止用ダイオード D、抵抗 R、主コンデンサ C、コイル L から構成される。

抵抗 R は、主コンデンサ C の充電電圧を検出するもので、その信号は制御回路に送信される。

フラッシュランプ 1 0 にはトリガー電極 14 a、14 b が配設され、各トリガー電極 14 a、14 b はトリガー回路 2 2 に接続される。

#### 【0053】

発光回路 2 1 において、スイッチングインバータ回路や整流回路等を経て主コンデンサ C にエネルギーが充電される。主コンデンサ C に十分なエネルギーが充電されると、抵抗 R からの検出値が制御回路に送信され、制御回路からの指令がトリガー回路 2 2 に伝達される。トリガー回路 2 2 は指令を受けると、トリガー電極 14 を駆動する。これによって、トリガー電極 14 に高電圧が発生して、放電容器 1 0 を誘電体として電界を誘発すると共に、それにつれて主コンデンサ C のエネルギーが瞬時に放電してフラッシュ発光（閃光発光）する。

ここで、トリガー回路 2 2 には、複数個のトリガー電極 14 a、14 b のうち、いずれのトリガー電極を使うかを定める選択機能を有しており、選択されたトリガー電極に対して高電圧を発生させる。

#### 【0054】

この給電装置 2 0 におけるフラッシュランプ 1 0 の発光について、数値例をあげると、主コンデンサ C の充放電は、例えば 1 分間に 0.5 ~ 2 回、具体的には 1 回の割合で繰り返され、主コンデンサ C には、例えば、2000 ~ 5000 V の範囲から選択され、例え

10

20

30

40

50



ば4500V、エネルギーで表現すると1200~7500Jの範囲から選択され、例えば6000Jのエネルギーが充放電を起こし、フラッシュランプに供給される。

トリガー電極には、例えば-5~-15KVの高電圧が印加される。因みに、トリガー電極にマイナス高電圧が印加することが、放電容器11内のトリガー電極に近い領域にプラズマを発生させる原因となる。

通常、フラッシュランプ10は、図1に示すようなフラッシュランプを複数並べて配置するが、具体的には5~30本から選択され、例えば、10本である。また、被照射面における光強度は、フラッシュランプ10の本数が5~30の範囲として、10~50J/cm<sup>2</sup>範囲から選択され、例えば20J/cm<sup>2</sup>となる。

#### 【0055】

図5は、本発明に係るフラッシュランプ発光装置を用いた光加熱装置の概略構成を示す図である。

同図に示すように、この光加熱装置はフラッシュランプ発光装置30と加熱装置本体50とから構成される。

#### 【0056】

フラッシュランプ10はケーシング41の中に反射ミラー42とともに収納されており、フラッシュランプ10は複数本、例えば、5本配置されているが、現実には、約30本のフラッシュランプ10が2~3mmの間隙で並べて配置される。各フラッシュランプ10毎にトリガー電極14が、例えば、3つ配設される。なお、ケーシング41の前面に透光性ガラスを配置して後述するチャンバー51と区画してもよい。

チャンバー51は、雰囲気ガス導入口51Aと排出口51Bとを有する石英ガラス製であって、内部に被処理物の一例としてのシリコンウエハWを載せるステージ52を備えている。チャンバー51の天井面(図示上面)には、石英の平板54が気密な透光部材として設けられる。また、ステージ52にはヒータランプ53が埋設されており、ヒータランプ53は、チャンバー制御回路55により温度制御される。このチャンバー制御回路55は、ステージ52の昇降機能やガス導入口51A、ガス排出口51Bの開閉制御等も行う。

なお、その他の構成は図1に示した同符号の構成に対応するので説明を省略する。

#### 【0057】

加熱装置本体50のチャンバー51に、不純物が注入されたシリコンウエハWが搬入されると、ヒータランプ53によりシリコンウエハWを不純物の熱拡散が問題にならない所定温度まで予備加熱する。その後、フラッシュランプ10を発光させて、シリコンウエハWへの閃光放射による熱処理を行なう。

この熱処理により、シリコンウエハWは20nm以内の表層部分が急速に高温化され、その後、急速に冷却される。なお、予備加熱は、ウエハの厚み方向の温度勾配を小さくすることと被照射面の温度を必要な程度まで上昇させるために必要なランプに注入するエネルギーを最小に留めるという理由で行なうことが好ましく、加熱温度は、300~500の範囲から選択され、例えば、350である。

また、ヒータランプ53とフラッシュランプ10による熱処理中におけるウエハの表面温度は1000以上になり、具体的には1000~1300の範囲で熱処理される。このように、ウエハにおける最大温度を1000以上にまで加熱することにより、ウエハ表層部分に確実に不純物拡散層を形成することができる。

#### 【0058】

このフラッシュランプ発光装置30においては、各フラッシュランプ10毎にトリガー電極14を3つ配設したが、後述するように、隣接するフラッシュランプ10の間にトリガー電極を配置させた場合は、互いに隣接するトリガー電極は両方のフラッシュランプに対して共用することが可能である。

#### 【0059】

図6は、隣接するフラッシュランプ間に配設されたトリガー電極を隣接するフラッシュランプに対して共用させた構成を示す図である。

10

20

30

40

50

同図に示すように、ここでは便宜的に4本のフラッシュランプ10a~10dと5個のトリガー電極14a~14eが反射ミラー42の中に配置された構成を示している。

これらのトリガー電極14a~14eは、図3(c)に示したものと同様であり、石英ガラス管の中に例えばモリブデンからなる線状導体が配設されている。

【0060】

このような構成において、5個のトリガー電極14a~14eのうちトリガー電極14b、14dに高電圧を印加すると、全てのフラッシュランプ10a~10dを同時に発光させることができる。次の発光時、5個のトリガー電極14a~14eのうちトリガー電極14a、14c、14eに高電圧を印加すると、同様に全てのフラッシュランプ10a~10dを同時に発光させることができる。

10

このようにフラッシュランプが近接して配置される構造であって、トリガー電極に高い電圧を印加するような場合には、1つのトリガー電極によって隣接する2つのフラッシュランプを発光させることができる。

【0061】

トリガー電極をこのように構成することにより、トリガー電極の使用数を抑えることができ、トリガー電極の損耗を防止することができる。また、トリガー回路の小型化を図ることもできる。さらに、当然のこととして、トリガー電極の選択を交互かつ規則的に行うことにより、放電容器の白濁の発生を良好に防止することができる。

【0062】

図7は、図5に示したシリコンウエハWに照射される放射光のスペクトルを表す。縦軸は波長500nmの強度に対する相対放射強度を示し、横軸は波長(nm)を示している。

20

このうち、波長220nm~波長370nmを短波長の光、波長370~800nmを長波長の光とすれば、短波長の光と長波長の光は、シリコンウエハの厚み方向において吸収量が異なる。

具体的には、波長220nm~波長370nmの光は、大きな光強度として表面のごく浅い部分のみを加熱するのに対し、波長370~800nmの光は表面から深さ400nmの領域まで同じ程度(短波長に比較すると)の光強度をもって加熱に寄与する。

ここで、シリコンウエハの厚さは、概略725μmであり、イオン注入等で導入された不純物を活性化させるためには、表層部10nmを含む約100nmの深さまでを加熱せなければならない。

30

【0063】

次に、本発明のフラッシュランプ発光装置の効果を立証するための実験について説明する。

図8は、従来例、発明1および発明2の実験結果を示す図であり、縦軸は相対照度、横軸は発光回数を示す。

同図において、従来例は、フラッシュランプの放電容器外面にモリブデンからなる線状導体を1本だけ配置した場合であり、発明1および発明2は、フラッシュランプの放電容器外面に図3(b)に示す構造のトリガー電極を用いたものであり、モリブデン材料をプリント印刷して高融点酸化物で被覆したものである。発明1と発明2の違いは、発明1は1つのフラッシュランプの放電容器外面に8本のトリガー電極を設け、フラッシュ発光毎に3本のトリガー電極を選択して点灯する点灯方式であるのに対して、発明2は、1つのフラッシュランプの放電容器外面に8本のトリガー電極を設け、フラッシュ発光毎に3本のトリガー電極を選択してフラッシュ発光させるが、100回は続けて同一のトリガー電極により発光させる点灯方式である。

40

なお、実験に使ったフラッシュランプは上記のトリガー電極に関する構造、点灯方式以外は全て同一の条件であって、電極間距離300mm、内径10mm、1本当たりの入力エネルギー900J、放電時間幅は200μ秒である。

【0064】

照度の測定は、フラッシュランプから50mm離れた位置に、5mmのピンホールを

50

設け、光ファイバーを通して瞬時分光器（スペクトルラジオメータ）によって波長分解能 0.5 nm、時間分解能 5 m秒で測定し、波長 200 nm ~ 波長 800 nm の光放射強度を求めた。

この照度測定は、従来例、発明 1 および発明 2 のそれぞれについて、1 回目のフラッシュ発光、1000 回目のフラッシュ発光、5000 回目のフラッシュ発光、10000 回目のフラッシュ発光時における照度を測定した。

同図に示すように、従来例のフラッシュランプでは、初期照度を 1 としたとき、1000 回の発光では 0.9、5000 回の発光では 0.5、10000 回の発光では 0.4 まで低下した。

これに対し、本発明のフラッシュランプでは、発明 1 および発明 2 はほぼ共に、1000 回の発光で 0.9、10000 回の発光でも約 0.9 の相対照度値を維持することが確認された。

なお、10000 回発光させた後の放電容器を見ると、従来例のフラッシュランプは内表面に白濁が激しく形成されていたのに対し、発明 1 および発明 2 の各フラッシュランプはいずれも目視で観察できる白濁は形成されていなかった。

#### 【0065】

以上説明したように、本発明のフラッシュランプ発光装置は、複数個のトリガー電極のうちいくつかの電極を交互にかつ規則的に選択することにより、過酷な条件で使用する場合においても放電容器の白濁を良好に防止することが明らかとなった。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0066】

【図 1】本発明に係るフラッシュランプ発光装置の概略構成を示す図である。

【図 2】トリガー電極 14 a、14 b に高電圧を印加したときの放電容器 11 内の状態を示す放電容器の断面図である。

【図 3】図 2 に示したトリガー電極構造とは異なるトリガー電極構造を有する放電容器の断面図である。

【図 4】図 1 に示した給電装置 20 の発光回路 21 とトリガー回路 22 の具体的構成を示す図である。

【図 5】本発明に係るフラッシュランプ発光装置を用いた光加熱装置の概略構成を示す図である。

【図 6】隣接するフラッシュランプ間に配設されたトリガー電極を隣接するフラッシュランプに対して共用させた構成を示す図である。

【図 7】図 5 に示したシリコンウエハ W に照射される放射光のスペクトルを表す図である。

【図 8】従来例、発明 1 および発明 2 の実験結果を示す図である。

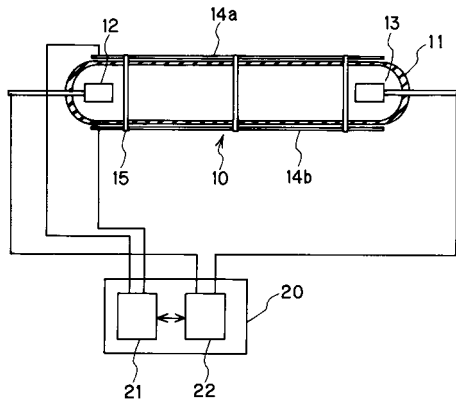
#### 【符号の説明】

#### 【0067】

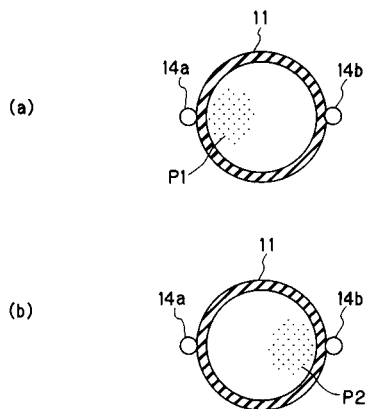
- 10、10 a ~ 10 d フラッシュランプ
- 11 石英ガラス製放電容器
- 12 陽極
- 13 陰極
- 14、14 a ~ 14 h トリガー電極
- 141 パイプ管
- 142 線状導体
- 15 トリガーバンド
- 20 給電装置
- 21 発光回路
- 22 トリガー回路
- 30 フラッシュランプ発光装置
- 41 ケーシング

- 4 2 反射ミラー
- 5 0 光加熱装置本体
- 5 1 チャンバー
- 5 1 A 雰囲気ガス導入口
- 5 1 B 排出口
- 5 2 ステージ
- 5 3 ヒータランプ
- 5 4 石英平板
- 5 5 チャンバー制御回路
- W シリコンウエハ

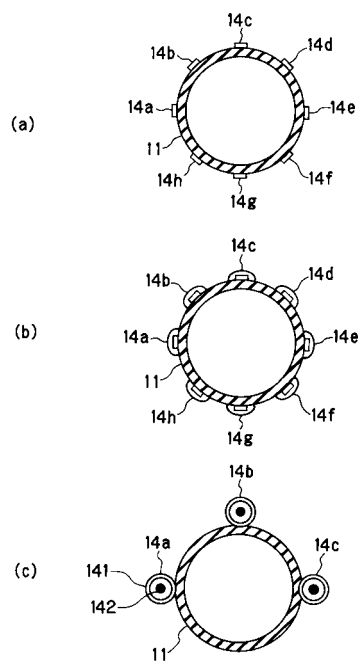
【 図 1 】



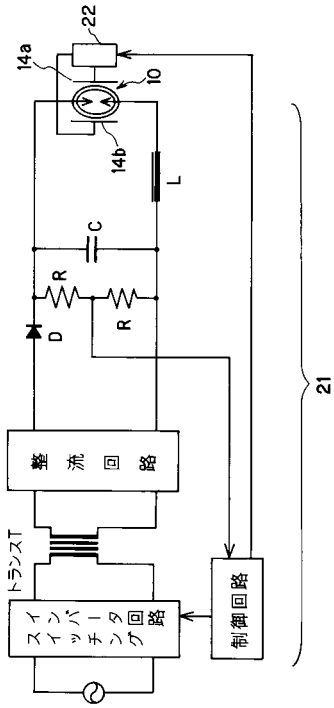
【 図 2 】



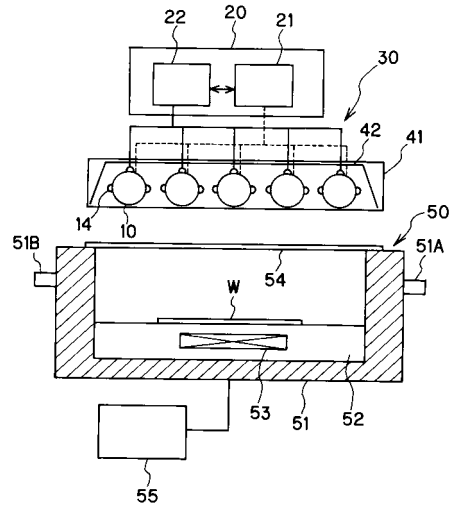
【 図 3 】



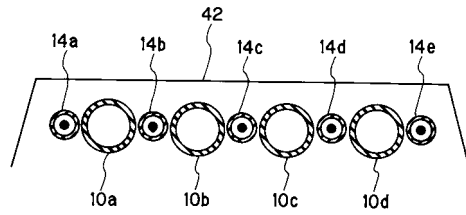
【図4】



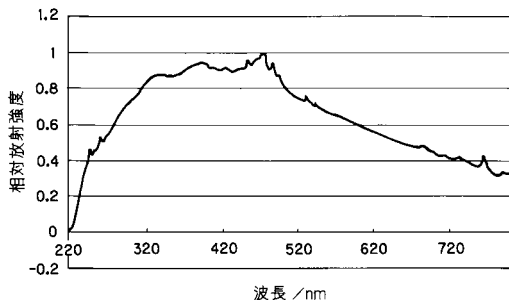
【図5】



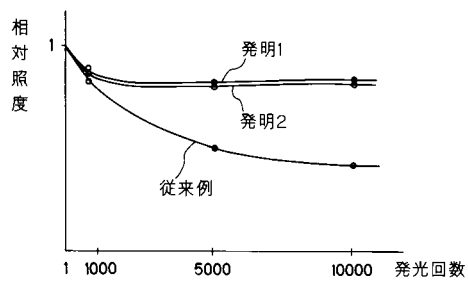
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 5 B 41/32 (2006.01) H 0 5 B 41/32 H

審査官 氏原 康宏

(56)参考文献 実開昭58-163937(JP,U)  
特開昭57-162202(JP,A)  
特開昭62-206761(JP,A)  
国際公開第02/067289(WO,A1)  
特開2003-203606(JP,A)  
実開昭63-060265(JP,U)  
特開2003-288861(JP,A)  
特開2004-327359(JP,A)  
特開2005-71942(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 5 B 7 / 1 4 4  
H 0 1 J 6 1 / 3 0  
H 0 1 J 6 1 / 5 4  
H 0 1 L 2 1 / 2 6  
H 0 5 B 7 / 0 0  
H 0 5 B 4 1 / 3 2