

(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
2012 年 12 月 20 日(20.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/173008 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/268 (2006.01) B23K 26/08 (2006.01)
B23K 26/00 (2006.01) H01L 21/20 (2006.01)
B23K 26/06 (2006.01) H01L 21/265 (2006.01)
B23K 26/073 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064376
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 4 日(04.06.2012)
- (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 2011-132772 2011 年 6 月 15 日(15.06.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日本製鋼所 (THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.) [JP/JP]; 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小林 直之 (KOBAYASHI Naoyuki) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP). 山口 芳広(YAMAGU-

CHI Yoshihiro) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP). 清野 俊明 (SEINO Toshiaki) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP). 工藤 利雄 (KUDO Toshio) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2 丁目 2 番 1 号株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 横井 幸喜(YOKOI Koki); 〒1080073 東京都港区三田 3 丁目 4 番 1 号三田 3 丁目ビル 2 階 Tokyo (JP).

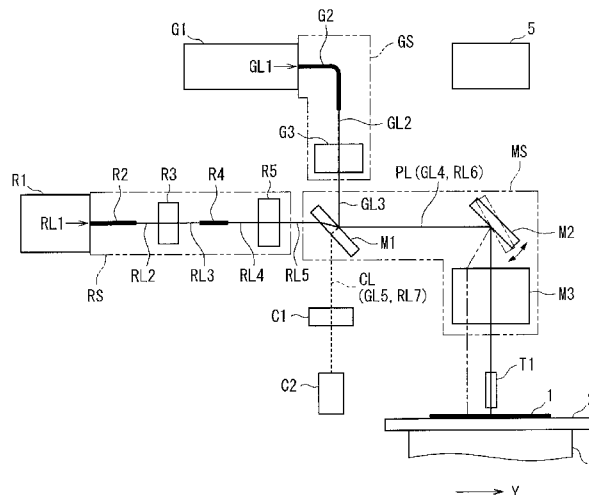
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, 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.

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: レーザ処理装置およびレーザ処理方法

【図1】



(57) Abstract: An objective of the present invention is to allow projecting a visible light laser beam and a near-infrared laser beam on a body to be processed such as a wafer with an inexpensive device configuration with a high degree of controllability, and to allow laser processing the body to be processed with a high degree of productivity. A laser beam processing device comprises: a visible light laser light source (G1) which outputs a visible light laser beam; a visible light optical assembly (GS (an optical fiber (G2) and a collimator lens (G3)) which wave guides the visible light laser beam; a near-infrared laser light source (R1) which outputs a near-infrared laser beam; a near-infrared optical assembly (RS (an optical fiber (R2), a light collection lens (R3), an optical fiber (R4), and a collimator lens (R5)) which wave guides the near-infrared laser beam; and a multiplexing optical assembly (MS (a dichroic mirror (M1), a galvano mirror (M2), and an fθ lens (M3)), which multiplexes the visible light laser beam which is wave guided by the visible light optical assembly (GS) and the near-infrared laser beam which is wave guided by the near-infrared optical assembly (RS) and wave guides same to a body to be processed (1).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/173008 A1



(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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

可視レーザー光および近赤外レーザー光を、安価な装置構成で高い制御性をもってウエハーなどの被処理体に照射することができ、高い生産性で被処理体をレーザー処理することを可能にする。レーザー光処理装置が、可視レーザー光を出力する可視レーザー光源 G 1 と、可視光レーザー光を導波する可視光学系 G S (光ファイバ G 2 およびコリメートレンズ G 3) と、近赤外レーザー光を出力する近赤外レーザー光源 R 1 と、近赤外レーザー光を導波する近赤外光学系 R S (光ファイバ R 2、集光レンズ R 3、光ファイバ R 4、およびコリメートレンズ R 5) と、可視光学系 G S により導波された可視レーザー光と、近赤外光学系 R S により導波された近赤外レーザー光とを合波して被処理体 1 に導波する合波光学系 M S (ダイクロイックミラー M 1、ガルバノミラー M 2、および f θ レンズ M 3) を有する。

明 細 書

発明の名称： レーザ処理装置およびレーザ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、被処理体にレーザ光を照射して所定の処理を行うレーザ処理装置およびレーザ処理方法に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造プロセスでは、イオン注入などにより不純物が導入された半導体ウエハーに対して、不純物の活性化や結晶のダメージ回復を目的とする熱処理などが行われている。この熱処理の方法としては、加熱炉内で半導体ウエハーを加熱する炉アニールのほか、レーザ光を半導体ウエハーに照射して加熱するレーザアニールが知られている。

[0003] レーザアニールとしては、例えば、波長の異なる2つのレーザ光を半導体ウエハーなどの基板に照射する方法が提案されている（特許文献1および特許文献2参照）。

特許文献1には、いずれも連続発振レーザ光である第1のレーザ光と、第1のレーザ光とは異なる波長を有する第2のレーザ光とを、半導体ウエハーの同じ面に同時に照射して半導体ウエハー中に注入された不純物の活性化を行う半導体装置の製造方法が記載されている。特許文献1には、第1のレーザ光および第2のレーザ光の半導体ウエハー上での移動速度は同一であり、第1のレーザ光および第2のレーザ光の移動方向のビームスポットサイズを制御することにより両レーザ光の照射時間を制御して、半導体ウエハーの深さ方向の温度分布を制御することが記載されている。また、特許文献1には、ステージを駆動して半導体ウエハーを一定速度で移動させることにより、第1のレーザ光および第2のレーザ光の半導体ウエハー上の照射位置を一定速度で移動させることが記載されている。

また、特許文献2には、基本波光パルスと高調波光パルスとを被照射試料に集光照射する二波長レーザ表面処理装置において、基本波光パルスあるい

は高調波光パルスのいずれかを遅延させて、両パルスの中に、少なくとも光パルスのパルス時間幅以上の遅延を与えることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許4 1 1 7 0 2 0号公報

特許文献2：特開昭5 6－2 9 3 2 3号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載されるように連続発振レーザ光を使用する場合には、以下に述べる問題が存在する。

まず、連続発振レーザ光を使用する場合に、ステージを移動させることによりレーザ光の半導体ウエハー上の照射位置を移動させたのでは、1 μ 秒以下のような短時間の照射時間を実現することが困難である。例えば、1 μ 秒以下の照射時間を実現するためには、半導体ウエハー上に集光するレーザ光のビーム幅が1 0 μ mの場合、1 0 m／秒もの高速度でステージを移動させる必要がある。このように高速度でステージを移動させると、レーザ光の照射位置周辺に乱気流などが発生し、その結果、半導体ウエハーを安定して所定の温度に加熱することが困難になると考えられる。

[0006] また、連続発振するレーザ光を使用する場合、波長の異なる2つのレーザ光の照射時間を互いに独立して制御することが困難である。例えば、可視レーザ光と近赤外レーザ光とを半導体ウエハーに照射する場合、半導体ウエハーへの吸収が良好な可視レーザ光については、短時間の照射時間で照射して半導体ウエハーを溶融することが好ましい。これに対して、近赤外レーザ光については、半導体ウエハー全体の温度を上昇させるために可視レーザ光と比較して長時間の照射時間で照射することが好ましい。具体的には、可視レーザ光の照射時間は1 μ 秒程度であることが好ましいのに対して、近赤外レーザ光の照射時間は1 0 0 μ 秒程度であることが好ましいと考えられる。連

続発振するレーザ光を使用する場合には、このようにレーザ光の波長に応じて異なる照射時間でレーザ光を照射することが困難である。

[0007] さらに、可視レーザ光を連続発振するレーザ発振器が高価であるという難点もある。例えば、緑色レーザ光を連続発振するレーザ発振器は、出力10Wのものが数百万円ほどの価格で販売されている。これに対して、緑色レーザ光をパルス発振するレーザ発振器は、出力100Wのものが1千万円ほどの価格で販売されている。このように、緑色レーザ光を発振するレーザ発振器の場合、出力当たりの価格でみると、連続発振するレーザ発振器は、パルス発振するレーザ発振器より約5倍も高価になっている。

[0008] また、特許文献1に記載されるようにステージを移動させてレーザ光の半導体ウエハーへの照射位置を移動させる場合、連続発振するレーザ光に対する温度モニタの相対的な位置関係が一定に固定される。このため、半導体ウエハーにおける照射位置での温度履歴を測定することが困難である。この結果、半導体ウエハーに導入した不純物を活性化する活性化アニールを行う場合には、このプロセスに重要なアニール後の冷却時間を見積もることが困難である。

[0009] また、特許文献2には、レーザ光の走査に関し、被照射試料が移動微動載物台上に取り付けられており、表面処理すべき位置、部位を任意に選択することができることが記載されている。しかしながら、この場合も、上記のようにアニール後の冷却時間を見積もることが困難である。

[0010] ところで、レーザ光のビーム形状については、例えばライン状に整形することが考えられる。しかしながら、ライン状にビーム形状を整形した2波長のレーザ光を照射する場合、これらライン状のレーザ光をビーム長全体にわたって同一条件で合波されるように光学系などを調整することは容易ではない。

また、ステージを移動させてレーザ光を走査する構成では、半導体ウエハー全面にレーザ光を照射するためにステージの移動を折り返す必要がある。この場合、ライン状に整形したレーザ光のビーム長が数mmであると、半導

体ウエハの大きさと比較してビーム長が小さいため、ステージの移動を折り返す回数が多くなる。ステージは重量があるため、移動の折り返しのための加減速には1秒程度の時間を要する。このため、例えば、ビーム長2mm程度のレーザ光を200mm半導体ウエハの全面に照射する場合には、半導体ウエハ1枚当たり、100回×1秒＝100秒の折り返しに要する時間が照射時間以外に必要となり、生産性が低いものとなる。

[0011] 本発明は、上記事情を背景としてなされたものであり、可視レーザ光および近赤外レーザ光を、安価な装置構成で高い制御性をもって照射することができ、高い生産性で被処理体をレーザ処理することができるレーザ処理装置およびレーザ処理方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] すなわち、本発明のレーザ処理装置のうち、第1の本発明は、可視レーザ光を出力する可視レーザ光源と、近赤外レーザ光を出力する近赤外レーザ光源と、

前記可視レーザ光と前記近赤外レーザ光とを合波して被処理体に導波する合波光学系と、を有することを特徴とする。

[0013] 第2の本発明のレーザ処理装置は、前記第1の本発明において、前記可視光レーザ光を導波する可視光学系と、前記近赤外レーザ光を導波する近赤外光学系と、を備え、

前記合波光学系は、前記可視光学系により導波された前記可視レーザ光と、前記近赤外光学系により導波された前記近赤外レーザ光とを合波して前記被処理体に導波することを特徴とする。

[0014] 第3の本発明のレーザ処理装置は、前記第1または第2の本発明において、前記合波光学系で導波される前記可視レーザ光がパルス波であり、前記合波光学系で導波される近赤外レーザ光が連続波であることを特徴とする。

[0015] 第4の本発明のレーザ処理装置は、前記第1～第3の本発明のいずれかにおいて、前記合波光学系は、前記被処理体に対する前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射方向を連続的または間欠的に変えて前記被処理体

上で前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置を移動させる走査部を有することを特徴とする。

[0016] 第5の本発明のレーザ処理装置は、前記第4の本発明において、前記走査部は、ガルバノミラーとf θ レンズとを有することを特徴とする。

[0017] 第6の本発明のレーザ処理装置は、前記第1～第5の本発明のいずれかににおいて、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射に際し、前記被処理体を保持する保持部を移動させる保持部移動装置を備えることを特徴とする。

[0018] 第7の本発明のレーザ処理装置は、前記第1～第6の本発明のいずれかににおいて、前記合波光学系は、前記可視光レーザ光と前記近赤外レーザ光を合波する合波部を有することを特徴とする。

[0019] 第8の本発明のレーザ処理装置は、前記第7の本発明において、前記合波部は、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一方を透過し、他方を前記透過の方向と同一の方向に反射して、両者を合波するダイクロイックミラーからなることを特徴とする。

[0020] 第9の本発明のレーザ処理装置は、前記第1～第8の本発明のいずれかににおいて、前記合波光学系で導波される前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一部を検査光として合波光学系から取り出す検査光取出し部と、前記検査光によって、前記被処理体への照射を想定した前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置を検出する検査光検出部と、を備えることを特徴とする。

[0021] 第10の本発明のレーザ処理装置は、前記第9の本発明において、前記可視光レーザ光を導波する可視光学系と、前記近赤外レーザ光を導波する近赤外光学系と、前記可視光学系および前記近赤外光学系の位置または／および導波方向を調整する調整機構と、該調整機構を制御する照射位置制御部とを有し、前記照射位置制御部は、前記検査光検出部の検出結果を受けて前記被処理体上における前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置が所定の位置になるように前記調整機構を調整する制御を行うことを特徴とす

る。

[0022] 第 11 の本発明のレーザ処理装置は、前記第 1 ～第 10 の本発明のいずれかにおいて、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光が照射された前記被処理体上の照射面から発生する放射光の強度を検出する放射光検出部と、前記放射光検出部の検出結果を受けて、放射光強度と照射面温度との相関関係に基づいて、前記照射面が所定の温度を有するように、前記合波前の前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光のエネルギー密度を調整する温度制御部と、前記可視レーザ光源および近赤外レーザ光源の出力をそれぞれ調整する出力調整部と、前記可視光学系の可視レーザ光の透過率および近赤外光学系の近赤外レーザ光の透過率をそれぞれ調整する減衰器とを備え、前記温度制御部は、前記出力調整部および減衰器の一方または両方を制御して照射面上の前記エネルギー密度の調整を行うことを特徴とする。

[0023] 第 12 の本発明のレーザ処理装置は、前記第 1 ～第 11 の本発明のいずれかにおいて、前記合波光学系で導波される前記可視レーザ光がパルス波であり、前合波光学系で導波される近赤外レーザ光が連続波であり、

前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光が照射された前記被処理体上の照射面から反射される前記近赤外レーザ光を受光する反射光検出部と、

前記反射光検出部の検出結果を受けて、前記被処理体照射面の状態を計測する照射面計測部と、を備えることを特徴とする。

[0024] 第 13 の本発明のレーザ処理装置は、前記第 12 の本発明において、前記被処理体上の照射面から前記反射光検出部に至る光路に光路の開閉を行うシャッターが備えられており、前記シャッターは、間欠的に開くように動作制御されることを特徴とする。

[0025] 第 14 の本発明のレーザ処理装置は、前記第 12 の本発明において、前記シャッターは、前記パルス波の周期に合わせてパルス毎に前記被処理体に照射されている時間内でのみ開くように動作制御されることを特徴とする。

[0026] 第 15 の本発明のレーザ処理方法は、可視レーザ光源から出力された可視レーザ光と、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光とを合波して

共通する光学系で導波して被処理体に照射することを特徴とする。

[0027] 第 16 の本発明のレーザ処理方法は、前記第 15 の本発明において、可視レーザ光源から出力された可視レーザ光と、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光とをそれぞれ異なる光学系によって導波し、前記導波がされた前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光を合波して共通する光学系で導波して被処理体に照射することを特徴とする。

[0028] 第 17 の本発明のレーザ処理方法は、前記第 16 の本発明において、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光を異なる前記光学系で導波する際に、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一方または両方のビーム形状を整形することを特徴とする。

[0029] 第 18 の本発明のレーザ処理方法は、前記第 15 ～第 17 の本発明のいずれかにおいて、合波された前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射方向を連続的または間欠的に変えて前記被処理体上で前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置を移動させるとともに、前記被処理体を移動させることによって、前記被処理体に対し、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光を走査しつつ照射することを特徴とする。

[0030] 第 19 の本発明のレーザ処理方法は、前記第 15 ～第 18 の本発明のいずれかにおいて、合波された前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一部を検査光として取り出し、前記検査光によって、前記被処理体への照射を想定した前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の相対的な照射位置を検出し、検出結果に基づいて前記被処理体上における前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置が所定の位置になるように、前記可視レーザ光を導波する光学系と前記近赤外レーザ光を導波する光学系の一方または両方を調整することを特徴とする。

[0031] 第 20 の本発明のレーザ処理方法は、前記第 15 ～第 19 の本発明のいずれかにおいて、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光が照射された前記被処理体の照射面から発生する放射光の強度を検出し、前記放射光の強度と前記照射面の温度との相関関係に基づいて、前記照射面が所定の温度とな

るように、合波前の前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一方または両方のエネルギー密度を調整することを特徴とする。

[0032] 第21の本発明のレーザ処理方法は、前記第15～第20の本発明のいずれかにおいて、前記共通する光学系で導波される前記可視レーザ光がパルス波であり、前記共通する光学系で導波される近赤外レーザ光が連続波であり、

前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光が照射された前記被処理体上の照射面から反射される前記近赤外レーザ光を検出し、

前記検出結果に基づいて、前記被処理体照射面の状態を判定することを特徴とする。

[0033] 第22の本発明のレーザ処理方法は、前記第21の本発明において、前記被処理体上の照射面から前記反射光の検出に至る間で、光路を間欠的に開閉して反射光を間欠的に検出することを特徴とする。

[0034] 第23の本発明のレーザ処理方法は、前記第21の本発明において、前記被処理体上の照射面から前記検出に至る反射光を、前記パルス波の周期に合わせて前記パルス毎に前記被処理体に照射されている時間内の全部または一部で検出することを特徴とする。

[0035] 本発明によれば、可視レーザ光源から出力された可視レーザ光と、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光とを合波して共通する光学系で導波して被処理体に照射する。したがって、可視レーザ光および近赤外レーザ光を、安価な装置構成で高い制御性をもって照射することができ、高い生産性で基板を熱処理することができる。

なお、可視レーザ光および近赤外レーザ光は、それぞれ異なる光学系によって導波し、合波光学系で合波して導波することができる。

[0036] 本発明におけるレーザ処理は、可視レーザ光および近赤外レーザ光を被処理体に照射して被処理体を例えば熱処理するものである。本発明としては処理の内容が特に限定されるものではない。レーザ処理の対象となる被処理体は特に限定されるものではないが、被処理体としては、例えば、半導体ウエ

ハ一、ガラス基板などの基板上に形成された半導体層などを挙げることができる。例えば、被処理体として、イオン注入などにより不純物が導入されたSiウエハー、SiCウエハーその他の半導体ウエハーを挙げることができる、この場合のレーザ処理は、半導体ウエハーにレーザ光を照射することにより熱処理して、半導体ウエハーに導入された不純物を活性化するものである。

[0037] 本発明のレーザ処理装置は、被処理体に照射するレーザ光の光源として、可視レーザ光源と近赤外レーザ光源とを有している。可視レーザ光源としては、YAGレーザの2倍波を出力する緑色レーザ発振器を例示することができる。また、近赤外レーザ光源としては、半導体レーザを例示することができる。これらの、一般的に高出力とされるレーザ発振器により出力されるレーザ光は、可干渉性が低く、例えば光ファイバで導波しても著しい干渉縞が発生することがないため、光ファイバ出射端での強度分布は均一なトップフラットになる。

なお、後述の合波光学系で導波される可視レーザ光は、パルス波であることが好ましく、合波光学系で導波される近赤外レーザ光は、連続波であることが好ましい。被処理体に対して短時間照射することが好ましい可視レーザ光をパルス波とする一方で、可視レーザ光よりも長時間照射することが好ましい近赤外レーザ光を連続波とすることにより、複数のパルス発振レーザのみを用いる場合と比較して高価な連続発振レーザを使用する数を低減するとともに、レーザ照射による被処理体の熱処理を高いエネルギー効率で行うことができる。

[0038] 可視光学系は、可視レーザ光源から出力された可視レーザ光を導波することができるものであればよいが、例えば、可視レーザ光のビーム形状を、方形状、円形状、楕円形状その他の所定の形状に整形するビーム形状整形部を有するものであってもよい。可視光学系におけるビーム形状整形部としては、所定の断面形状を有する光ファイバや、カライドスコープなどを用いることができる。

また、可視光学系は、ビーム形状整形部によりビーム形状が整形された可視レーザ光を平行光とするコリメートレンズやホモジナイザなどを有するものであってもよい。

[0039] 近赤外光学系は、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光を導波することができるものであればよいが、例えば、近赤外レーザ光のビーム形状を、方形状、円形状、楕円形状その他の所定の形状に整形するビーム形状整形部を有するものであってもよい。近赤外光学系におけるビーム形状整形部としても、所定の断面形状を有する光ファイバや、カライドスコープなどを用いることができる。

また、近赤外光学系は、ビーム形状整形部によりビーム形状が整形された近赤外レーザ光を平行光とするコリメートレンズやホモジナイザなどを有するものであってもよい。

[0040] なお、上記ビーム形状整形部によるビーム形状の整形は、可視レーザ光および近赤外レーザ光のいずれか一方に対して行ってもよいし、両方に対して行ってもよい。例えば、レーザ光源において所定のビーム形状で出力できるものでは、光学系でビーム整形を行わないものとしてもよい。

[0041] 合波光学系は、可視光学系により導波された可視レーザ光と、近赤外光学系により導波された近赤外レーザ光とを合波して被処理体に導波するものである。合波光学系に合波されたレーザ光のビーム形状を、方形状、円形状、楕円形状その他の所定の形状に整形するビーム形状整形部を有するものであってもよい。

[0042] 合波光学系に合波部を有する場合、合波部は、例えば、ダイクロイックミラーからなるものとすることができる。ダイクロイックミラーは、可視レーザ光および近赤外レーザ光の一方を透過し、他方を前記透過の方向と同一の方向に反射して、両者を合波する。

[0043] また、合波光学系に走査部を備えることができる。走査部は、被処理体に対する可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置を連続的または間欠的に移動させるものである。走査部では、例えば可視レーザ光および近赤外レ

ーザ光の光路を連続的または間欠的に移動させたり、反射方向を連続的または間欠的に変えることで被処理体上の照射位置を移動させることができる。

合波光学系が有する走査部により可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置を移動させることにより、被処理体を保持するステージを頻繁に折り返し移動させる必要をなくすか、その頻度を大幅に小さくすることができる。これにより、高い生産性で被処理体に対してレーザ処理を行うことができる。

なお、走査部は、例えば、可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射方向を連続的または間欠的に変化させるガルバノミラーと、ガルバノミラーにより照射方向が変えられた可視レーザ光および近赤外レーザ光を被処理体上で集光しつつ等速度で移動させる $f \theta$ レンズとを有するもので構成することができる。

[0044] また、被処理体を保持する保持部を移動させる保持部移動装置を設けることができる。この場合、合波光学系に備える走査部による可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置の移動と、保持部移動装置による被処理体の移動とにより、被処理体上で可視レーザ光および近赤外レーザ光が走査されるようにすることができる。

例えば、保持部移動装置により保持部を一定方向に移動させることにより、被処理体を一定方向に移動させつつ、被処理体が移動する方向と交差する方向に、走査部により可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置を繰り返し往復して移動させる。これにより、被処理体の処理領域全面にわたって可視レーザ光および近赤外レーザ光を効率よく照射することができる。

[0045] また、本発明のレーザ処理装置は、合波光学系で導波される可視レーザ光および近赤外レーザ光の一部を検査光として合波光学系から取り出す検査光取出し部と、検査光によって、被処理体への照射を想定した可視レーザ光および近赤外レーザ光の相対的な照射位置を検出する検査光検出部とを備えていてもよい。この場合、検査光検出部による検査光の検出結果に基づき、被処理体上における可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置が所定の位

置になるように可視光学系および近赤外光学系の位置および／または導波方向を調整することが可能となる。したがって、可視レーザ光および近赤外レーザ光を常に被処理体に対し適正な位置関係で照射することができる。

[0046] 検査光取出し部としては、例えば、上記合波部を構成するダイクロイックミラーを兼用することができる。ダイクロイックミラーでは、上記のように可視レーザ光と近赤外レーザ光とが合波されるとともに、可視レーザ光および近赤外レーザ光の一方の一部が反射され、他方の一部が前記反射の方向と同一の方向に透過されて、可視レーザ光および近赤外レーザ光の一部が検査光として取り出される。

なお、本発明としては検査光の取り出し位置が特に限定されるものではなく、合波光学系の光学部材や、合波光学系の領域にある光路の任意の位置で取り出すことができる。

また、検査光検出部としては、例えば、CCDカメラを用いることができるが、本発明としては特に限定されるものではなく、適宜の光学センサを用いるものであってもよい。

また、検査光取出し部と検査光検出部との間には、上記走査部における $f\theta$ レンズの焦点距離と同一の焦点距離を有する集光レンズを配置し、この集光レンズにより、検査光を検査光検出部に集光するようにしてもよい。この場合、実際に被処理体上に可視レーザ光および近赤外レーザ光を集光する $f\theta$ レンズの焦点距離と同一の焦点距離を有する集光レンズにより検査光検出部に検査光を集光するため、被処理体上における可視レーザ光および近赤外レーザ光の相対的な照射位置をより正確に把握して管理することができる。

[0047] 上記検査光検出部による検出結果に基づく可視光学系および近赤外光学系の位置および／または導波方向の調整は、作業者による手動で行うこともできるが、自動的に行うように構成することもできる。この場合、本発明のレーザ処理装置には、可視光学系および近赤外光学系の位置および／または導波方向を調整可能な調整機構と、該調整機構を制御する照射位置制御部とを設けることができる。調整機構は、可視光学系および近赤外光学系の一方を

単独で調整できるものが望ましく、両方をそれぞれ調整できるものが望ましい。ただし、本発明としては、可視光学系および近赤外光学系の一方のみを調整できるものであってもよい。調整内容としては、可視光学系、近赤外光学系の位置と導波方向の一方または両方が挙げられる。調整される光学系の位置としては、導波方向と交差する方向における縦横の位置や導波方向における位置が挙げられる。また、導波方向は、所定の基準線に対する傾きなどが挙げられる。基準線は任意に設定することができる。

上記調整では、光学系全体の位置や導波方向を調整してもよく、光学系の一部、例えば光ファイバやミラー、レンズの位置や配置方向、傾斜方向を変えることで調整してもよい。光ファイバは、配置位置や配置方向の変更によってレーザ光の照射位置を容易に変更することができる。

可視レーザ光と近赤外レーザ光とを異なる光学系で導波し、それぞれの光学系の調整を可能にすれば、照射面における各レーザ光の位置を容易に調整することができる。

[0048] 上記調整機構による調整を自動的に行う場合、照射位置制御部によって制御することができる。照射位置制御部は、検査光検出部の検出結果を受けて被処理体上における可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置が所定の位置になるように調整機構を調整する制御を行う。照射位置の制御では、可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置の調整とともに、両レーザ光の照射位置が相対的に適正な位置にあるように調整するのが望ましい。ただし、各レーザ光の照射位置の調整を行うのみであってもよく、また、相対的な位置を調整するのみであってもよい。照射位置制御部は、CPUとこれを動作させるプログラムなどによって構成でき、また、照射位置と調整機構による調整量に関連付けたデータを保持し、前記検出結果から必要な調整量を算出して調整機構に備える駆動部などを制御することができる。駆動部はモータや油圧装置などによって構成することができ、本発明としては特定のものに限定されない。

[0049] なお、被処理体に対するレーザ処理では、可視レーザ光および近赤外レー

ザ光が照射された被処理体の照射面の温度が所定の温度となるように管理することが好ましい。

そこで、本発明のレーザ処理装置には、可視レーザ光および近赤外レーザ光が照射された被処理体上の照射面から発生する放射光の強度を検出する放射光検出部と、放射光検出部の検出結果を受けて、放射光強度と照射面温度との相関関係に基づいて、照射面が所定の温度を有するように、合波前の可視レーザ光および近赤外レーザ光のエネルギー密度を調整する温度制御部とを設けることができる。放射光強度と照射面温度との相関関係を予め取得しておき、この相関関係に基づき、検出された放射光強度から照射面の温度を判定することができる。この温度の判定結果に基づき、合波前の可視レーザ光および近赤外レーザ光のエネルギー密度を調整することにより、照射面の温度を所定の温度とすることができる。放射光検出部は、固定された位置に配置したり、保持部と連動して移動するように配置したりすることができる。これにより、可視レーザ光および近赤外レーザ光が合波光学系の走査部で走査される際に、また照射位置が移動する際に、レーザ光が照射された照射面の温度変動を検知することができる。従来装置のように、レーザ光と放射光検出部とが固定された位置関係にあると、現に照射されている位置のみ、温度の測定を行うことができ、照射時以降の温度の経時変化を検知することができない。

[0050] 上記レーザ光が被処理体に照射されるエネルギー密度やパワー密度の調整は、レーザ光源の出力を調整することにより行うことができる。この場合、可視レーザ光源および近赤外レーザ光源の出力をそれぞれ調整する出力調整部を温度制御部により制御することで、可視レーザ光および近赤外レーザ光のエネルギー密度を調整することができる。また、可視光学系の可視レーザ光の透過率および近赤外光学系の近赤外レーザ光の透過率をそれぞれ調整する減衰器を温度制御部により制御することで、可視レーザ光および近赤外レーザ光のエネルギー密度を調整することができる。温度制御部は、出力調整部および減衰器の一方を制御してもよいし、両方を制御してもよい。

[0051] また、被処理体に対するレーザ処理では、可視レーザ光および近赤外レーザ光が照射された被処理体の照射面の状態（溶融、非溶融、固化など）を把握することが好ましい。

そこで、被処理体に照射された連続波である近赤外レーザ光の反射光を検出し、その検出結果を利用して被処理体の照射面状態を測定することができる。該測定は、検出結果をデータ化したり、視認化したりすることにより行うことができ、照射面状態の判定は、観察者が行ったり、コンピュータにより自動的に行ったりすることができる。

なお、上記反射光の検出では、出力が安定した連続波を用いることでよりの確な判定を行うことができるが、連続波を間欠的に受光することで測定効果を上げることができる。さらに、パルス波の周期に合わせてパルス毎に照射時間内で反射光を間欠的に受光することで、よりの確な照射面状態の判定を行うことができる。照射時間内で受光時期や受光時間を設定することで多様な判定を行うことができる。間欠的な受光は、反射光を検出するカメラなどのシャッターで行うこともできるが、反射光の光路にシャッターを配置し、このシャッターによって受光を調整することもできる。

また、この反射光が合波光学系に戻らないように、被処理体の照射面に対し、可視レーザ光および近赤外レーザ光を斜め方向から照射することができる。また、可視レーザ光および近赤外レーザ光が照射される光路にハーフミラーなどを配置し、照射方向ではレーザ光が透過し、反射光の進行方向ではレーザ光が反射されるようにしてもよい。

発明の効果

[0052] 以上のとおり、本発明によれば、可視レーザ光源から出力された可視レーザ光と、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光とをそれぞれ異なる光学系によって導波し、導波がされた可視レーザ光および近赤外レーザ光を合波して共通する光学系で導波して被処理体に照射するので、可視レーザ光および近赤外レーザ光を、安価な装置構成で高い制御性をもって照射することができ、高い生産性で被処理体をレーザ処理することができる。

図面の簡単な説明

[0053] [図1]本発明の一実施形態のレーザ処理装置の全体構成を示す概略図である。

[図2]同じく、走査部およびステージを含む構成部分をレーザ光源配置側からみた概略図である。

[図3]同じく、一実施形態のレーザ処理装置における可視レーザ光および近赤外レーザ光の被処理体上での走査の軌跡を示す平面図である。

[図4]同じく、他の実施形態のレーザ処理装置を示す概略図である。

[図5]同じく、可視レーザ光および近赤外レーザ光の照射位置を調整する制御手順を示すフローチャートである。

[図6]同じく、被処理体に照射された近赤外レーザ光の反射光を受光して照射面状態を検出する装置の概略を示す図である。

[図7]同じく、照射面状態を検出する装置に、反射光の光路においてシャッターを配置した概略を示す図である。

[図8]同じく、パルス波とシャッターの開閉タイミングとを示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0054] (実施形態1)

本発明の一実施形態のレーザ処理装置を図1、図2に基づいて説明する。

本実施形態のレーザ処理装置は、パルス波である可視レーザ光GL1を出力する可視レーザ光源G1と、連続波である近赤外レーザ光RL1を出力する近赤外レーザ光源R1とを有している。

可視レーザ光源G1は、例えば、出力50W、発振周波数10kHz、パルスエネルギー5mJでパルス発振して、YAGレーザの2倍波である波長532nmの緑色レーザ光を発生するレーザ発振器である。なお、本発明としては可視レーザ光の波長は特定のものに限定されないが、例えば355～577nmのものを例示することができる。

また、近赤外レーザ光源R1は、例えば、出力350Wで連続発振して、波長808nmの近赤外レーザ光を発生する半導体レーザである。なお、本

発明としては近赤外レーザ光の波長は特定のものに限定されないが、例えば 795～980 nm のものを例示することができる。

[0055] 可視レーザ光源 G 1 のレーザ光出射側には、可視レーザ光 G L 1 を導波する光ファイバ G 2 が配置されている。光ファイバ G 2 は、可視レーザ光源 G 1 の光出射口に接続してもよく、また、可視レーザ光源 G 1 から出射された可視レーザ光を導入するものであってもよい。光ファイバ G 2 は、例えば $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の方形状の導波断面形状を有しており、光ファイバ G 2 内を導波される可視レーザ光 G L 1 は、光ファイバ G 2 の導波断面形状に従ってビーム形状が当該形状に整形される。また、光ファイバ G 2 の開口数は、例えば 0.1 である。

[0056] 光ファイバ G 2 のレーザ光出射端以降の光路上には、コリメートレンズ G 3 が配置され、さらにコリメートレンズ G 3 を透過したレーザ光の照射方向に反射面が傾斜して対向するようにダイクロイックミラー M 1 が配置されている。コリメートレンズ G 3 の焦点距離は、例えば 50 mm である。

光ファイバ G 2、コリメートレンズ G 3 は、本発明の可視光学系 G S の構成要素である。なお、可視光学系 G S には、その他の光学部材を含むものであってもよい。

[0057] また、近赤外レーザ光源 R 1 のレーザ光出射側には、近赤外レーザ光 R L 1 を導波する光ファイバ R 2 が配置されている。光ファイバ R 2 は、近赤外レーザ光源 R 1 の光出射口に接続してもよく、また、近赤外レーザ光源 R 1 から出射された後の近赤外レーザ光 R L 1 を導入するものであってもよい。光ファイバ R 2 は、例えば $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$ の方形状の導波断面形状を有しており、光ファイバ R 2 内を導波される近赤外レーザ光 R L 1 は、光ファイバ R 2 の導波断面形状に従ってビーム形状が当該形状に整形される。また、光ファイバ R 2 の開口数は、例えば 0.22 である。

[0058] 光ファイバ R 2 のレーザ光出射端以降の光路上には、近赤外レーザ光 R L 2 を集光する集光レンズ R 3、光ファイバ R 4 がレーザ光進行方向に沿って順次配置されている。集光レンズ R 3 の焦点距離は、例えば 100 mm であ

る。光ファイバR 4は、例えば $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ の方形状の断面形状を有しており、集光レンズR 3により集光されて光ファイバR 4内を導波される近赤外レーザ光RL 3は、光ファイバR 4の導波断面形状に従ってビーム形状が当該形状に整形される。また、光ファイバR 4の開口数は、例えば0.1である。

[0059] 光ファイバR 4のレーザ光出射端以降の光路上には、コリメートレンズR 5が配置され、コリメートレンズR 5を透過したレーザ光の進行方向に、前記したダイクロイックミラーM 1が配置されており、ダイクロイックミラーM 1は、近赤外レーザ光の進行方向に対し、透過面が傾斜して対向するように位置している。コリメートレンズR 5の焦点距離は、例えば50mmである。ダイクロイックミラーM 1では、可視レーザ光GL 3が主に反射する方向と、近赤外レーザ光RL 5が主に透過する方向とが一致するように配置されている。

光ファイバR 2、集光レンズR 3、光ファイバR 4、コリメートレンズR 5は、本発明の近赤外光学系RSの構成要素である。なお、近赤外光学系RSには、その他の光学部材を含むものであってもよい。

[0060] ダイクロイックミラーM 1で主となる反射方向および主となる透過方向の光路上には、ガルバノミラーM 2が配置されており、ガルバノミラーM 2による反射方向にf θ レンズM 3が配置されている。f θ レンズM 3の透過方向に、半導体ウェハーなどの被処理体1を保持するステージ2が配置されている。f θ レンズM 3の焦点距離は、例えば100mmである。ガルバノミラーM 1は、反射面を所定の角度範囲で揺動させることができ、これによりガルバノミラーM 1に入射するレーザ光の反射方向を変えることができる。ガルバノミラーM 1によって被処理体1上で移動するレーザ光の移動速度は、本発明としては特に限定されないが、例えば、0.01~2m/秒の範囲を例示することができる。

[0061] ダイクロイックミラーM 1、ガルバノミラーM 2、f θ レンズM 3は、本発明の合波光学系MSの構成要素である。合波光学系MSには、その他の光

学部材を含むものであってもよい。

ダイクロイックミラーM1は、本発明の合波部に相当し、ガルバノミラーM2およびf θ レンズM3は、本発明の走査部を構成する。また、ステージ2は、本発明の保持部に相当する。

ステージ2は、ステージ2をX、Y方向に移動可能なステージ移動装置3上に設けられている。ステージ移動装置3は、本発明の保持部移動装置に相当する。

ステージ移動装置3による移動速度は、本発明としては特に限定されるものではないが、例えば、0.01～1mm/秒の範囲を好適例として例示することができる。

[0062] また、上記ダイクロイックミラーM1では、可視レーザ光GL3の一部が透過する方向および近赤外レーザ光RL5の一部が反射する方向が一致しており、この光路上にf θ レンズM3と同一の焦点距離を有する集光レンズC1を有し、集光レンズC1による結像位置にCCDカメラC2が配置されている。集光レンズC1の焦点距離は、上記f θ レンズM3の焦点距離と同一で、例えば100mmである。

集光レンズC1およびCCDカメラC2は、本発明の検査光検出部に相当する。ダイクロイックミラーM1は、可視レーザ光の一部と近赤外レーザ光RL5の一部を検査光として取り出すものであり、本発明の検査光取り出し部に相当する。

なお、この実施形態では、ダイクロイックミラーM1によって検査光を取り出すものとして説明したが、取り出し位置や取り出し方法はこれに限定されるものではなく、例えば取り出し位置は、合波光学系が含まれる領域のどの地点においても取り出しが可能である。取り出しは、例えばハーフミラーなどを用いて取り出すことができる。

[0063] ステージ2に保持された被処理体1の照射面近傍上方には、可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6が照射された被処理体1の照射面から発生する放射光の強度を検出する放射光検出部T1が配置されている。放射光

検出部 T 1 は、合波光学系 M S に対し固定された位置にある。

[0064] 制御部 5 は、本実施形態のレーザ処理装置全体を制御するものであり、C P U とこれを動作させるプログラムとを主にして構成される。

制御部 5 では、ステージ移動装置 3 の移動を制御し、さらにガルバノミラー M 2 の揺動を制御する。さらに、制御部 5 では、可視レーザ光源 G 1、近赤外レーザ光源 R 1 の出力を制御する。また、制御部 5 では、可視光学系、近赤外光学系に図示していない調整可能な減衰器を備える場合、該減衰器の減衰率を調整する制御を行うことができる。

さらに、制御部 5 では、放射光検出部 T 1 の検出結果に応じて、可視レーザ光源 G 1、近赤外レーザ光源 R 1 の出力や、可視光学系、近赤外光学系に備えられる減衰器の減衰率を調整する制御を行うことができる。すなわち、放射光検出部 T 1 によって検出される温度が所定の範囲になるように、レーザ光源の出力や減衰器の調整を行う。この場合、制御部 5 は、本発明の温度制御部としての機能を果たす。なお、上記放射光検出部 T 1 では、被処理体 1 の照射面における最高温度を検知することができ、さらにレーザ光が走査されて検知位置から移動することで照射面における経時的な温度変化を検知することもできる。

また、制御部 5 では、C C D カメラ C 2 の撮像データを受けて、合波光学系で導波される可視レーザ光と近赤外レーザ光の、前記被処理体 1 上での照射位置を判定することができる。したがって、集光レンズ C 1、C C D カメラ 2 は、本発明の検査光検出部を構成する。

[0065] 次に、図 1 に示すレーザ処理装置の動作について説明する。

ステージ 2 上には、レーザ処理を行うべき半導体ウエハーなどの被処理体 1 が載置されて保持される。

可視レーザ光源 G 1 では、可視レーザ光 G L 1 が出力される。これとともに、近赤外レーザ光源 R 1 では、近赤外レーザ光 R L 1 が出力される。

可視レーザ光源 G 1 から出力された可視レーザ光 G L 1 は、光ファイバ G 2 の長尺方向一端に入射される。光ファイバ G 1 に入射された可視レーザ光

G L 1 は、光ファイバ G 1 内を導波し、方形状の導波断面形状を有する光ファイバ G 2 によってビーム形状が方形状に整形され、光ファイバ G 2 の長尺方向他端から可視レーザ光 G L 2 として出射される。

光ファイバ G 2 のレーザ光出射端から出射された可視レーザ光 G L 2 は、コリメートレンズ G 3 により平行光の可視レーザ光 G L 3 とされた後、ダイクロイックミラー M 1 の一反射面側に入射され、可視レーザ光 G L 3 は主にこの反射面で反射され、一部はダイクロイックミラー M 1 を透過する。

[0066] 近赤外レーザ光源 R 1 から出力された近赤外レーザ光 R L 1 は、光ファイバ R 2 の長尺方向一端に入射される。光ファイバ R 2 に入射された近赤外レーザ光 R L 1 は、光ファイバ R 2 内で導波され、方形状の断面形状を有する光ファイバ R 2 によりビーム形状が方形状に整形されて光ファイバ R 2 の長尺方向他端から近赤外レーザ光 R L 2 として出射される。

[0067] 光ファイバ R 2 から出射された近赤外レーザ光 R L 2 は、集光レンズ R 3 により集光されて近赤外レーザ光 R L 3 とされる。近赤外レーザ光 R L 3 は光ファイバ R 4 の長尺方向一端に入射される。光ファイバ R 4 に入射された近赤外レーザ光 R L 3 は、光ファイバ R 4 内で導波され、方形状の断面形状を有する光ファイバ R 4 によりのビーム形状が方形状に整形されて光ファイバ R 4 の長尺方向他端から近赤外レーザ光 R L 4 として出射される。

光ファイバ R 4 から出射された近赤外レーザ光 R L 4 は、コリメートレンズ R 5 により平行光の近赤外レーザ光 R L 5 とされた後、ダイクロイックミラー M 1 の透過面側に入射される。近赤外レーザ光 R L 5 は主にダイクロイックミラー M 1 を透過し、一部は反射面側で反射する。

[0068] ダイクロイックミラー M 1 で、可視レーザ光 G L 3 の反射により得られる可視レーザ光 G L 4 と近赤外レーザ光 R L 5 の透過により得られる近赤外レーザ光 R L 6 とが処理光 P L として合波される。

また、ダイクロイックミラー M 1 では、可視レーザ光 G L 3 の一部が透過して得られる可視レーザ光 G L 5 と近赤外レーザ光 R L 5 の一部が反射して得られる近赤外レーザ光 R L 7 とが検査光 C L として取り出される。

[0069] 検査光CLは、集光レンズC1により集光されてCCDカメラ2上に結像される。CCDカメラC2では、検査光CLを構成する可視レーザ光GL5および近赤外レーザ光RL7の撮像がなされる。CCDカメラC2による撮像データは、前記したように制御部5に送信され、被処理体1上における可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の照射位置を検出することが可能になる。制御部5に送信された撮像データは適宜のディスプレイに表示して可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の照射位置を確認するようにしてもよく、また、撮像データの画像分析を行って、可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の照射位置を算出して、適正位置との関係を判定するようにしてもよい。

[0070] ダイクロイックミラーM1で処理光PLとして合波された可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6は、揺動するガルバノミラーM2により反射方向を変えつつ反射される。ガルバノミラーM2で反射された可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6は、 $f\theta$ レンズM3により被処理体1上に集光されるとともに被処理体1上を等速度で移動する。ガルバノミラーM2の揺動は、連続的または間欠的のいずれであってもよい。

また、上記ガルバノミラーM2の揺動に加えて、ステージ移動装置3によってステージ2を移動させることで、被処理体1上での可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の照射位置を広範囲に移動させることが可能になり、被処理体1の被処理領域全面にわたって可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6を照射することができる。ステージ移動装置3によるステージ2の移動は、連続的、間欠的のいずれであってもよい。

なお、ガルバノミラーM2によって可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6を被処理体1上で比較的高速に走査し、ステージ移動装置3によってステージ2を比較的低速で移動させることで、ステージ移動装置3の負担を軽減でき、また、ステージ移動装置3の動作による振動の発生などを極力小さくすることができる。

[0071] 上記のように被処理体1上での照射位置が移動されて走査される可視レー

ザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の軌跡の一例を図3に示す。

被処理体1は、ステージ移動装置3によってX方向に速度 U_x で移動されるものとする。ステージ移動装置3によるステージ2の移動は、連続的に行うもの、間欠的に行うもののいずれであってもよい。この実施形態では、ステージ2の移動は連続的に行われるものとする。

X方向に速度 U_x で移動する被処理体1上では、可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の照射位置は、ガルバノミラーM2によりY方向に速度 V_y で移動し、被処理体1の移動に伴って相対的にX方向に速度 $-V_x$ ($=-U_x$)で移動する。なお、可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6の照射位置は、実際には、Y方向速度 V_y 、X方向速度 $-V_x$ が合成された方向および速度で移動することになり、X方向およびY方向で可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6が被処理体1上にオーバーラップ照射されることになる。図3では、速度の合成は示さず、照射位置を簡略に示している。

[0072] 可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6は、Y方向にガルバノミラーM2の揺動によるスキャン長だけ移動し、その後、Y方向の向きを反転してY方向に速度 $-V_y$ 、X方向に速度 $-V_x$ で移動する。この照射位置のY方向での往復移動とX方向の移動を繰り返すことにより、被処理体1の広範囲面に亘って可視レーザ光GL4および近赤外レーザ光RL6を照射することができる。上記Y方向の往復移動およびX方向の移動によって処理した領域以外を処理する際には、被処理体1をステージ移動装置3によって必要なだけY方向に移動させ、上記と同様の動作を繰り返すことで、被処理体1の必要な領域全面に対しレーザ光照射による処理を行うことができる。

[0073] なお、照射位置を往復移動させるスキャン長は、被処理体1上に形成される各デバイス幅よりも大きいことが好ましい。これは、照射位置を移動させる向きを反転する際にレーザ光の照射条件が変わるため、このような移動方向を変える領域はデバイス領域に使わない方がプロセス管理が容易である。

また、スキャン長は短い方が好ましい。これは、スキャン長が短いほど、

放射光検出部 T 1 による温度測定点を被処理体 1 上により多く確保することができ、また、より小さい $f \theta$ レンズ M 3 を用いることができ、装置コストを低減することができるからである。

[0074] ここで、被処理体 1 としてシリコンウエハーに可視光レーザ光である緑色レーザ光および近赤外レーザ光を照射する場合の具体例について説明する。

可視レーザ光源 G 1 として、出力 50 W、発振周波数 10 kHz、パルスエネルギー 5 mJ でパルス発振して波長 532 nm の緑色レーザ光を発生するレーザ発振器を使用し、光ファイバ G 2 として、 $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ の方形状の断面形状を有し、開口数が 0.1 のものを使用する。

[0075] 光ファイバ G 2 から出射された可視レーザ光 GL 2 は、 $f 50 \text{ mm}$ のコリメートレンズ G 3 によって平行光束の可視レーザ光 GL 3 としてダイクロイックミラー M 1 で反射され、さらに揺動するガルバノミラー M 2 で反射されて $f 100 \text{ mm}$ の $f \theta$ レンズ M 3 で集光され、ステージ 2 上で $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ のビーム形状でトップフラット強度、波長 532 nm の可視レーザ光 GL 4 がシリコンウエハーに照射される。可視レーザ光 GL 4 は、シリコンウエハーの照射面上で $10 \text{ J} / \text{cm}^2$ の最大エネルギー密度を有し、シリコンウエハーを溶融するのに十分なエネルギー密度を有している。

[0076] 一方、近赤外レーザ光源 R 1 として、出力 350 W で連続発振によって波長 808 nm の近赤外レーザ光を発生する半導体レーザ光源を使用し、光ファイバ R 2 として、 $400 \mu\text{m} \times 400 \mu\text{m}$ の方形状の断面形状を有し、開口数が 0.22 の光ファイバを使用し、光ファイバ R 4 として、 $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ の方形状の断面形状を有し、開口数が 0.1 の光ファイバを使用する。光ファイバ R 4 から出射された近赤外レーザ光 RL 4 は、 $f 50 \text{ mm}$ のコリメートレンズ R 5 で平行光束にして近赤外レーザ光 RL 5 とし、ダイクロイックミラー M 1 を通過後、揺動するガルバノミラー M 2 で反射させ、 $f 100 \text{ mm}$ の $f \theta$ レンズ M 3 で集光され、 $400 \mu\text{m} \times 400 \mu\text{m}$ のビーム形状でトップフラット強度、波長 808 nm の可視レーザ光 GL 4 がシリコンウエハー上で可視レーザ光 GL 4 と同じ位置に照射される。近赤外レ

ーザ光 R L 5 は、シリコンウエハーの照射面上で 175 kW/cm^2 の最大パワー密度を有し、シリコンウエハーを溶融するのに十分なパワー密度を有している。

[0077] また、X方向に速度 U_x で移動するシリコンウエハー上で、 $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ の照射領域で照射される波長 532 nm の可視光レーザ光 G L 4 と、 $400 \mu\text{m} \times 400 \mu\text{m}$ の照射領域で照射される波長 808 nm の近赤外レーザ光 R L 6 は、X方向に $V_x (= -U_x)$ 、Y方向に V_y の速度で相対的に移動する。

ここで、速度 V_y および V_x は、下記式によりそれぞれ算出される。

$$V_y = \text{ビーム幅 } W \times (1 - S_y) \times \text{発振周波数 } R$$

$$V_x = \text{ビーム長 } L \times (1 - S_x) \times V_y / \text{スキャン長 } D$$

ただし、 S_y は、Y方向におけるオーバーラップ率、 S_x は、X方向におけるオーバーラップ率である。

トップフラットビームのため、 $S_x = S_y = 0$ 、 $L = W = 200 \mu\text{m}$ 、 $R = 10 \text{ kHz}$ とし、Dがシリコンウエハー上に製作するデバイスの大きさより長くして $D = 20 \text{ mm}$ のとき、 $V_y = 2 \text{ m/秒}$ 、 $V_x = 20 \text{ mm/秒}$ となる。

このとき、 200 mm ウエハー一枚あたりの照射時間は 100 秒 、近赤外レーザ光の1箇所あたりの照射時間は $0.4 \text{ mm} \div 2 \text{ m/秒} = 200 \mu\text{秒}$ 、最大エネルギー密度 $175 \text{ kW/cm}^2 \times 200 \mu\text{秒} = 35 \text{ J/cm}^2$ である。

[0078] (実施形態2)

次に、本発明の他の実施形態のレーザ処理装置を図4に基づいて説明する。なお、上記実施形態1と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略または簡略化する。

被処理体1上での可視レーザ光 G L 4 および近赤外レーザ光 R L 6 の照射位置は、適正位置に揃う場合のみならず、互いにずれる場合がある。両レーザ光の照射位置がずれた場合には、処理が適正に行われなくなるおそれがある。

る。この実施形態は、可視レーザ光G L 4 および近赤外レーザ光R L 6 の照射位置のずれを調整する機構を有するものである。

[0079] この実施形態では、可視光学系G Sを構成する光ファイバG 2、コリメートレンズG 3に対して、これらの位置および導波方向を調整する調整機構4 aが設けられている。

また、近赤外光学系R Sを構成する光ファイバR 2、集光レンズR 3、光ファイバR 4、コリメートレンズR 5に対して、これらの位置および導波方向を調整する調整機構4 bが設けられている。

[0080] C C DカメラC 2には、制御部5が接続されており、C C DカメラC 2で撮像された撮像データが制御部5に送信される。制御部5には、上記調整機構4 a、4 bが制御可能に接続されている。この実施形態の制御部5は、本発明の照射位置制御部として機能する。

[0081] 次に、上記図4に示すレーザ処理装置の動作について図5のフローチャートを参照しつつ説明する。

本実施形態のレーザ処理装置においても、上記実施形態1のレーザ処理装置と同様に、被処理体1に対して可視レーザ光G L 4 および近赤外レーザ光R L 6が照射される。その間に、C C DカメラC 2では、集光レンズC 1で集光された検査光C Lにおける可視レーザ光G L 5 および近赤外レーザ光R L 7が撮像され、両レーザ光の撮像データが制御部5に送信される。C C DカメラC 2は、両レーザ光の照射位置を検出することになる（ステップs 1）。したがって、集光レンズC 1およびC C DカメラC 2は、協働して検査光検出部として機能する。

[0082] 制御部5では、C C DカメラC 2から送信される撮像データを取得し、画像分析によって可視レーザ光G L 5 および近赤外レーザ光R L 7の照射位置を判定する（ステップs 2）。なお、この実施形態では、可視レーザ光G L 5 および近赤外レーザ光R L 7が同一のC C DカメラC 2で撮像されるものとしたが、可視レーザ光G L 5 および近赤外レーザ光R L 7を波長の相違などを利用して分離してそれぞれの照射位置の検出を可能にするものであって

もよい。

[0083] 制御部 5 は、判定した照射位置に基づき、想定される被処理体 1 上における可視レーザ光 G L 4 および近赤外レーザ光 R L 6 の照射位置に適正位置からのずれがあるか否かの判定を行う（ステップ s 3）。適正位置のデータは予め確保しておき、適正位置からのずれ量の閾値を定めておき、所定位置のずれが閾値以上の場合にずれ有り、閾値未満の場合にずれなしと判定することができる（ステップ s 3）。閾値は、適正位置のデータとともに制御部 5 に備える不揮発の記憶部に格納しておき、必要に応じて読み出すように構成することができる。

照射位置のずれ判定においてずれなしと判定される場合（ステップ s 3、N O）、検査光による照射位置のずれ判定処理を終了する。

[0084] 照射位置のずれ判定においてずれ有りと判定される場合（ステップ s 3、Y E S）、可視レーザ光の位置ずれがあるか否かの判定が行われる（ステップ s 4）。可視レーザ光の位置ずれがある場合（ステップ s 4、Y E S）、その位置ずれが解消されるように調整機構 4 a を制御して可視光学系の位置、導波方向の調整を行う（ステップ s 5）。その後、近赤外レーザ光の位置ずれがあるか否かの判定を行う（ステップ s 6）。また、ステップ s 4 で可視レーザ光の位置ずれがない場合、ステップ s 6 に移行して近赤外レーザ光の位置ずれがあるか否かの判定が行われる。近赤外レーザ光の位置ずれがある場合（ステップ s 6、Y E S）、その位置ずれが解消されるように調整機構 4 b を制御して近赤外光学系の位置、導波方向の調整を行う（ステップ s 7）。その後、可視レーザ光と近赤外レーザ光の相対的な位置にずれがないか否かの判定が行われる（ステップ s 8）。また、ステップ s 6 で近赤外レーザ光の位置ずれがない場合もステップ s 8 に移行する。ステップ s 8 で、相対的な位置ずれがなければ処理を終了する。相対的な位置ずれがあれば、ステップ s 4 に戻って可視レーザ光、近赤外レーザ光の位置ずれの判定を繰り返す。相対的な位置ずれがある場合、ステップ s 3 で照射位置のズレの判定を行う閾値により厳しいものを用いて、相対的な照射位置のズレを解消でき

るようにしてもよい。

上記手順によって、検査光に基づいて可視レーザ光と近赤外レーザ光の被処理体上における照射位置を適正に維持することが可能になる。

[0085] なお、上記実施形態では、可視レーザ光および近赤外レーザ光それぞれの位置ずれと、両者の相対的な位置のずれについて判定を行ったが、可視レーザ光および近赤外レーザ光それぞれの位置ずれのみの判定を行って、その位置ずれを修正するようにしてもよく、また、両レーザ光の相対的な位置ずれのみの判定を行って、その位置ずれを修正するようにしてもよい。

[0086] (実施形態3)

次に、他の実施形態を図6に基づいて説明する。なお、前記各実施形態と同様の構成については同一の符号を付してその説明を簡略にする。

本実施形態のレーザ処理装置は、パルス波である可視レーザ光GL10を出力する可視レーザ光源G1と、連続波である近赤外レーザ光RL10を出力する近赤外レーザ光源R1とを有している。

この形態で、可視レーザ光源G1は、例えば、出力50W、発振周波数10kHz、パルスエネルギー5mJでパルス発振して、YAGレーザの2倍波である波長532nm、パルス幅100nsの緑色レーザ光を発生する。可視レーザ光源G1における可視レーザ光の波長は特定のものに限定されないが、例えば355～577nmのものを例示することができる。

[0087] また、この形態で近赤外レーザ光源R1は、例えば、出力350Wで連続発振して、波長808nmの近赤外レーザ光を発生する。なお、近赤外レーザ光源R1における近赤外レーザ光RL10の波長は特定のものに限定されないが、例えば795～980nmのものを例示することができる。

[0088] 可視レーザ光源G1のレーザ光出射側には、可視レーザ光GL10を導波する光ファイバG2が配置されている。光ファイバG2は、例えば100μm×100μmの方形状の導波断面形状を有しており、光ファイバG2内を導波される可視レーザ光GL10は、光ファイバG2の導波断面形状に従ってビーム形状が当該形状に整形される。

[0089] 光ファイバG 2のレーザ光出射端以降の光路上には、コリメートレンズG 3が配置され、さらにコリメートレンズG 3を透過したレーザ光の照射方向に、該照射方向に対し反射面が傾斜して位置するようにしてダイクロイックミラーM 1が配置されている。コリメートレンズG 3の焦点距離は、例えば50 mmである。

光ファイバG 2、コリメートレンズG 3は、可視光学系GS 1の構成要素である。なお、可視光学系GS 1には、その他の光学部材を含むものであってもよい。

[0090] また、近赤外レーザ光源R 1のレーザ光出射側には、近赤外レーザ光RL 10を導波する光ファイバR 2が配置されている。光ファイバR 2は、例えば400 μ m $\times$ 400 μ mの方形状の導波断面形状を有しており、光ファイバR 2内を導波される近赤外レーザ光RL 10は、光ファイバR 2の導波断面形状に従ってビーム形状が当該形状に整形され、近赤外レーザ光RL 11が出射される。

光ファイバR 2のレーザ光出射端以降の光路上には、コリメートレンズR 5が配置され、コリメートレンズR 5を透過したレーザ光の進行方向に、ダイクロイックミラーM 6が配置されている。ダイクロイックミラーM 6は、近赤外レーザ光RL 12の進行方向に対し、透過面が傾斜して位置している。コリメートレンズR 5の焦点距離は、例えば50 mmである。ダイクロイックミラーM 1では、808 nmの光が透過し、532 nmの光が反射し、可視レーザ光GL 12が反射面で反射する方向と、近赤外レーザ光RL 12が透過面を通して透過する方向とが一致する。

光ファイバR 2、コリメートレンズR 5は、近赤外光学系RS 1の構成要素である。なお、近赤外光学系RS 1には、その他の光学部材を含むものであってもよい。

[0091] ダイクロイックミラーM 1で可視レーザ光GL 12が反射面で反射する方向および近赤外レーザ光RL 12が透過面を通して透過する方向の光路上に、光ファイバM 4が配置されている。光ファイバM 4は、例えば400 μ m

× 200 μ m の方形状の導波断面形状を有しており、光ファイバ M4 内を導波される可視レーザ光 GL12 と近赤外レーザ光 RL12 とは、光ファイバ R2 の導波断面形状に従ってビーム形状が当該形状に整形される。

光ファイバ M4 のレーザ光出射端以降の光路上には、コリメートレンズ M5 が配置され、コリメートレンズ M5 を透過したレーザ光の進行方向に、ミラー M6 が配置されている。ミラー M6 は、レーザ光の進行方向と交差する方向にレーザ光を往復しつつ走査することができ、ガルバノミラーなどで構成することができる。コリメートレンズ M5 の焦点距離は、例えば 100 mm である。

[0092] ミラー M6 による反射方向に投影レンズ M7 が配置されている。投影レンズ M7 の透過方向に、半導体ウエハーなどの被処理体 1 を保持するステージ 2 が配置されている。投影レンズ M7 は、 $f\theta$ レンズなどにより構成することができる。投影レンズ M7 を透過するレーザ光の照射光路は、被処理体 1 の表面に対し傾斜しており、被処理体 1 表面で反射した光がレーザ光の照射光路に戻らないように構成されている。なお、斜めに照射しない場合でも、照射光路にハーフミラーなどを配置し、照射されるレーザ光は透過して被処理体 1 に到達し、被処理体 1 から反射される光はハーフミラーで反射されるように構成することで、照射光路に反射した光が戻らないようにすることもできる。

[0093] ダイクロイックミラー M1、光ファイバ M4、コリメートレンズ M5、ミラー M6、投影レンズ M7 は、合波光学系 MS1 の構成要素である。合波光学系 MS1 には、その他の光学部材を含むものであってもよい。

[0094] さらに、ステージ 2 に保持された被処理体 1 の照射面近傍上方には、可視レーザ光および近赤外レーザ光からなる処理光 PL3 が照射された被処理体 1 の照射面から反射する反射光 F1 を受光して検出する反射光検出部 T2 が配置されている。

反射光検出部 T2 は、合波光学系 MS1 に対し固定された位置にある。反射光検出部 T2 は、連続波である近赤外レーザ光を受光して検出するもので

あるが、反射光の光路や反射光検出部 T 2 に波長フィルタなどを配置して近赤外レーザ光のみが透過して反射光検出部 T 2 で受光、検出されるようにしてもよく、また、可視光レーザ光および近赤外レーザ光を受光し、その後、近赤外レーザ光を分離検出するようにしてもよい。反射光検出部 T 2 の検出結果は、反射光測定部 T 3 に送信される。

[0095] 次に、図 6 に示すレーザ処理装置の動作について説明する。

ステージ 2 上には、半導体ウエハーなどの被処理体 1 が載置、保持される。可視レーザ光源 G 1 では、可視レーザ光 G L 1 0 が出力さ、近赤外レーザ光源 R 1 では、近赤外レーザ光 R L 1 0 が出力される。

可視レーザ光源 G 1 から出力された可視レーザ光 G L 1 0 は、光ファイバ G 2 に入射され、光ファイバ G 1 内を導波して、方形状の導波断面形状を有する光ファイバ G 2 によってビーム形状が方形状に整形され、光ファイバ G 2 のレーザ光出射端から可視レーザ光 G L 1 1 として出射される。

可視レーザ光 G L 1 1 は、コリメートレンズ G 3 により平行光の可視レーザ光 G L 1 2 に整形され、ダイクロイックミラー M 1 の一反射面側に入射され、可視レーザ光 G L 1 2 は主に反射面で反射され、一部はダイクロイックミラー M 1 を透過する。

[0096] 近赤外レーザ光源 R 1 から出力された近赤外レーザ光 R L 1 0 は、光ファイバ R 2 に入射され、光ファイバ R 2 内で導波されて、方形状の断面形状を有する光ファイバ R 2 によりビーム形状が方形状に整形されて光ファイバ R 2 のレーザ光出射端から近赤外レーザ光 R L 1 1 として出射される。

[0097] 近赤外レーザ光 R L 1 1 は、コリメートレンズ R 5 により平行光の近赤外レーザ光 R L 1 2 に整形され、ダイクロイックミラー M 1 の一透過面側に入射され、近赤外レーザ光 R L 1 2 は主に透過面を透過し、一部はダイクロイックミラー M 1 で反射する。

ダイクロイックミラー M 1 を透過した可視レーザ光 G L 1 2 とダイクロイックミラー M 1 で反射した近赤外レーザ光 R L 1 2 とは、前記した実施形態と同様に検査光として取り出して利用することができる。

[0098] ダイクロイックミラーM1で反射した可視レーザ光GL12とダイクロイックミラーM1を透過した近赤外レーザ光RL12とは、処理光PL1として合波される。

処理光PL1は、光ファイバM4の長手方向一端に入射され、光ファイバM4内で導波され、方形状の断面形状を有する光ファイバM4によりのビーム形状が方形状に整形され、光ファイバM4の長手方向他端から処理光PL2として出射される。

[0099] 処理光PL2は、コリメートレンズM5に入射され、コリメートレンズM5により平行光の処理光PL3とされた後、ミラーM6に入射され、ミラーM6で反射した処理光PL3は、投影レンズM7を通して被処理体1に斜め方向からY方向で往復して走査されつつ照射され、一方、レーザ光の照射中にステージ2上の被処理体1はステージ移動装置3でX方向に移動されて所定の処理がなされる。この照射により一部の処理光PL3が反射し、反射光F1は照射光路と異なる光路を通り、ミラーTM1で反射された後、反射光検出部T2で近赤外レーザ光が受光、検出される。この際に前記したように波長フィルタで近赤外レーザ光のみを透過させるようにしてもよい。

[0100] 反射光検出部T2の検出結果は、反射光測定部T3に送信され、反射光測定部T3で画像化したり、画像分析をしたり、数値化したりして照射面の状態の評価を行えるようにする。反射光測定部T3では、操作者が測定結果を観察して照射面の状態の評価をするものであってもよく、また、反射光測定部T3で評価を自動的に行うものであってもよい。反射光測定部T3は、受光した連続波を測定できるものであればよく、その構成は特に限定されない。

この実施形態によれば、複雑な装置構成を要することなく、処理に使用する連続波をモニタ用に利用して、照射面上の反射率の状態変化により被処理体の状態（溶融、固化など）を計測することができる。これは、連続波が連続発振によって一定の強度を有するため、反射光の強度変化を照射面の状態変化として捉えることができるためである。

なお、連続波を処理に使用しない場合でも、連続波をモニタ専用に使用することができる。

[0101] (実施形態3-1)

上記実施形態3では、連続波を連続して受光、検出することで照射面の状態把握を行っている。ただし、反射光受光部としてカメラなどを用いる場合、カメラの撮影速度の性能によっては、パルス照射による照射面の状態変化を的確に検出することが難しくなる。このため、反射光検出部で極短時間ごとに光を検出するようにして状態変化の把握をよりの確にすることができる。この形態を図7、8に基づいて説明する。

図7において、図6と同様の構成については同一の符号を付してその説明を省略または簡略にすることができる。

[0102] この実施形態では、被処理体の照射面からレーザ光が反射する反射光路であって、反射光受光部T2に至る前側に、反射光路の開閉を行うシャッターTM2が配置されている。シャッターTM2は、反射光路上において、ミラーTM1の前側、後側のいずれであってもよい。この実施形態では、ミラーTM1の後側に配置されている。

シャッターTM2は、例えば、レーザ処理装置全体を制御する制御部によって開閉が制御され、可視レーザ光のパルス毎に、照射時間内でのみ開くように制御される。図8は、パルス波とシャッターTM2の開閉タイミングとの関係を示すグラフである。反射光受光部T2では、シャッターTM2が開いている極短い時間内で連続波を受光することで、被処理体1の照射面の状態を残像効果を利用してよりの確に把握することができる。なお、シャッターTM2が開いている時間は、パルス毎の照射時間内であれば適宜選定することができる。また、シャッターTM2の開はパルス波の周期に合わせて行うのが望ましいが、開の時期、すなわちパルス波に対するシャッターTM2開動作の位相差は適宜選定することができる。例えば、溶融が最も進む時間帯に合わせてシャッターTM2が開くように制御することもできる。

[0103] 以上、本発明について上記実施形態に基づいて説明を行ったが、本発明と

しては、上記説明の内容に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りは適宜の変更が可能である。

[0104] 本発明のレーザ処理装置は、被処理体に可視レーザ光と近赤外レーザ光を照射して被処理体の処理を行うものであり、被処理体および処理の内容は特定のものに限定されないが、半導体を被処理体としてアニール処理するものに好適である。半導体としては半導体ウエハー、基板に半導体薄膜を形成したものが挙げられる。処理内容としては、アモルファスの結晶化や半導体の改質などを好適なものとして例示することができる。

符号の説明

[0105]	1	被処理体
	2	ステージ
	3	ステージ移動装置
	4 a	調整機構
	4 b	調整機構
	5	制御部
	G 1	可視レーザ光源
	G 2	光ファイバ
	G 3	コリメートレンズ
	R 1	近赤外レーザ光源
	R 2	光ファイバ
	R 3	集光レンズ
	R 4	光ファイバ
	R 5	コリメートレンズ
	M 1	ダイクロイックミラー
	M 2	ガルバノミラー
	M 3	f θ レンズ
	C 1	集光レンズ
	C 2	CCDカメラ

T 1 放射光検出部
T 2 反射光受光部
T 3 反射光測定部
T M 2 シャッター
G L 1 ～ G L 5 可視レーザ光
R L 1 ～ R L 7 近赤外レーザ光
G L 1 0 ～ G L 1 2 可視レーザ光
R L 1 0 ～ R L 1 2 近赤外レーザ光
P L 処理光
P L 1 処理光
P L 2 処理光
P L 3 処理光
C L 検査光

請求の範囲

- [請求項1] 可視レーザ光を出力する可視レーザ光源と、
近赤外レーザ光を出力する近赤外レーザ光源と、
前記可視レーザ光と前記近赤外レーザ光とを合波して被処理体に導波する合波光学系と、を有することを特徴とするレーザ処理装置。
- [請求項2] 前記可視光レーザ光を導波する可視光学系と、
前記近赤外レーザ光を導波する近赤外光学系と、を備え、
前記合波光学系は、前記可視光学系により導波された前記可視レーザ光と、前記近赤外光学系により導波された前記近赤外レーザ光とを合波して前記被処理体に導波することを特徴とする請求項1記載のレーザ処理装置。
- [請求項3] 前記合波光学系で導波される前記可視レーザ光がパルス波であり、
前記合波光学系で導波される近赤外レーザ光が連続波であることを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ処理装置。
- [請求項4] 前記合波光学系は、前記被処理体に対する前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射方向を連続的または間欠的に変えて前記被処理体上で前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置を移動させる走査部を有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のレーザ処理装置。
- [請求項5] 前記走査部は、ガルバノミラーとf θ レンズとを有することを特徴とする請求項4記載のレーザ処理装置。
- [請求項6] 前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射に際し、前記被処理体を保持する保持部を移動させる保持部移動装置を備えることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のレーザ処理装置。
- [請求項7] 前記合波光学系は、前記可視光レーザ光と前記近赤外レーザ光とを合波する合波部を有することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のレーザ処理装置。
- [請求項8] 前記合波部は、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一方

を透過し、他方を前記透過の方向と同一の方向に反射して、両者を合波するダイクロイックミラーからなることを特徴とする請求項 7 記載のレーザ処理装置。

[請求項9] 前記合波光学系で導波される前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一部を検査光として合波光学系から取り出す検査光取出し部と、前記検査光によって、前記被処理体への照射を想定した前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置を検出する検査光検出部と、を備えることを特徴とする請求項 1～8 のいずれかに記載のレーザ処理装置。

[請求項10] 前記可視光レーザ光を導波する可視光学系と、前記近赤外レーザ光を導波する近赤外光学系と、前記可視光学系および前記近赤外光学系の位置または／および導波方向をそれぞれ調整する調整機構と、該調整機構を制御する照射位置制御部とを有し、

前記照射位置制御部は、前記検査光検出部の検出結果を受けて前記被処理体上における前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の照射位置が所定の位置になるように前記調整機構を調整する制御を行うことを特徴とする請求項 9 記載のレーザ処理装置。

[請求項11] 前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光が照射された前記被処理体上の照射面から発生する放射光の強度を検出する放射光検出部と、

前記放射光検出部の検出結果を受けて、放射光強度と照射面温度との相関関係に基づいて、前記照射面が所定の温度を有するように、前記合波前の前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光のエネルギー密度を調整する温度制御部と、

前記可視レーザ光源および近赤外レーザ光源の出力をそれぞれ調整する出力調整部と、前記可視光学系の可視レーザ光の透過率および近赤外光学系の近赤外レーザ光の透過率をそれぞれ調整する減衰器とを備え、

前記温度制御部は、前記出力調整部および減衰器の一方または両方を制御して照射面上の前記エネルギー密度の調整を行うことを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載のレーザ処理装置。

[請求項12] 前記合波光学系で導波される前記可視レーザ光がパルス波であり、前合波光学系で導波される近赤外レーザ光が連続波であり、

前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光が照射された前記被処理体上の照射面から反射される前記近赤外レーザ光を受光する反射光検出部と、

前記反射光検出部の検出結果を受けて、前記被処理体照射面の状態を計測する照射面計測部と、を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載のレーザ処理装置。

[請求項13] 前記被処理体上の照射面から前記反射光検出部に至る光路に光路の開閉を行うシャッターが備えられており、前記シャッターは、間欠的に開くように動作制御されることを特徴とする請求項 12 に記載のレーザ処理装置。

[請求項14] 前記シャッターは、前記パルス波の周期に合わせてパルス毎に前記被処理体に照射されている時間内でのみ開くように動作制御されることを特徴とする請求項 12 に記載のレーザ処理装置。

[請求項15] 可視レーザ光源から出力された可視レーザ光と、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光とを合波して共通する光学系で導波して被処理体に照射することを特徴とするレーザ処理方法。

[請求項16] 可視レーザ光源から出力された可視レーザ光と、近赤外レーザ光源から出力された近赤外レーザ光とをそれぞれ異なる光学系によって導波し、前記導波がされた前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光を合波して共通する光学系で導波して被処理体に照射することを特徴とする請求項 15 に記載のレーザ処理方法。

[請求項17] 前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光を異なる前記光学系で導波する際に、前記可視レーザ光および前記近赤外レーザ光の一方ま

たは両方のビーム形状を整形することを特徴とする請求項 16 記載のレーザー処理方法。

[請求項18] 合波された前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光の照射方向を連続的または間欠的に変えて前記被処理体上で前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光の照射位置を移動させるとともに、前記被処理体を移動させることによって、前記被処理体に対し、前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光を走査しつつ照射することを特徴とする請求項 15～17 のいずれかに記載のレーザー処理方法。

[請求項19] 合波された前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光の一部を検査光として取り出し、前記検査光によって、前記被処理体への照射を想定した前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光の相対的な照射位置を検出し、検出結果に基づいて前記被処理体上における前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光の照射位置が所定の位置になるように、前記可視レーザー光を導波する光学系と前記近赤外レーザー光を導波する光学系の一方または両方の調整を行うことを特徴とする請求項 15～18 のいずれかに記載のレーザー処理方法。

[請求項20] 前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光が照射された前記被処理体の照射面から発生する放射光の強度を検出し、前記放射光の強度と前記照射面の温度との相関関係に基づいて、前記照射面が所定の温度となるように、合波前の前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光の一方または両方のエネルギー密度を調整することを特徴とする請求項 15～19 のいずれかに記載のレーザー処理方法。

[請求項21] 前記共通する光学系で導波される前記可視レーザー光がパルス波であり、前記共通する光学系で導波される近赤外レーザー光が連続波であり、

前記可視レーザー光および前記近赤外レーザー光が照射された前記被処理体上の照射面から反射される前記近赤外レーザー光を検出し、

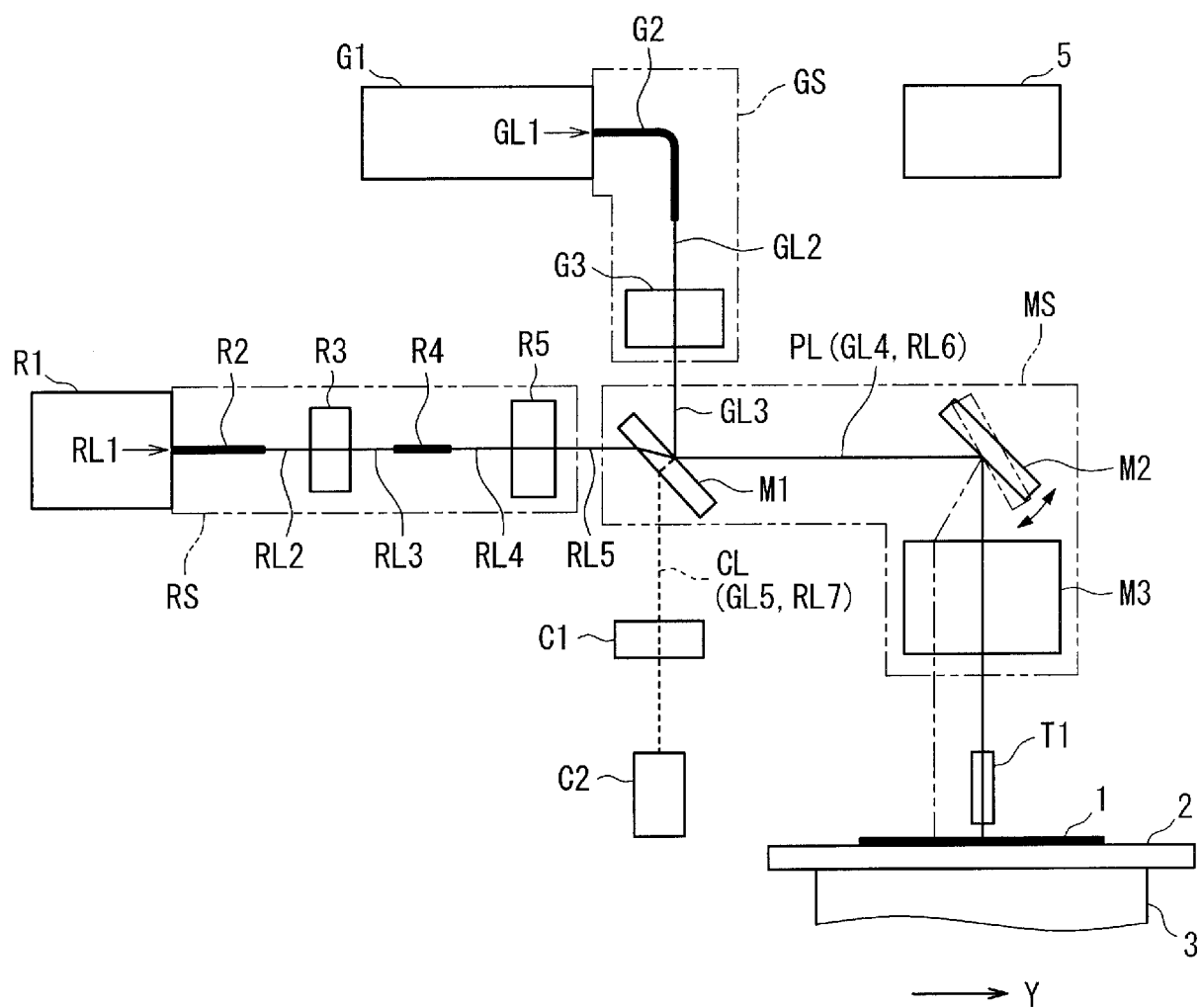
前記検出結果に基づいて、前記被処理体照射面の状態を判定するこ

とを特徴とする請求項 15～20 のいずれかに記載のレーザ処理方法。
。

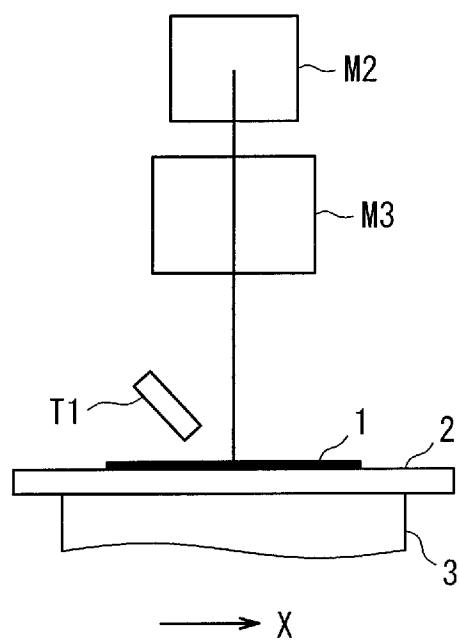
[請求項22] 前記被処理体上の照射面から前記反射光の検出に至る間で、光路を間欠的に開閉して反射光を間欠的に検出することを特徴とする請求項 21 に記載のレーザ処理方法。

[請求項23] 前記被処理体上の照射面から前記検出に至る反射光を、前記パルス波の周期に合わせて前記パルス毎に前記被処理体に照射されている時間内の全部または一部で検出することを特徴とする請求項 21 に記載のレーザ処理方法。

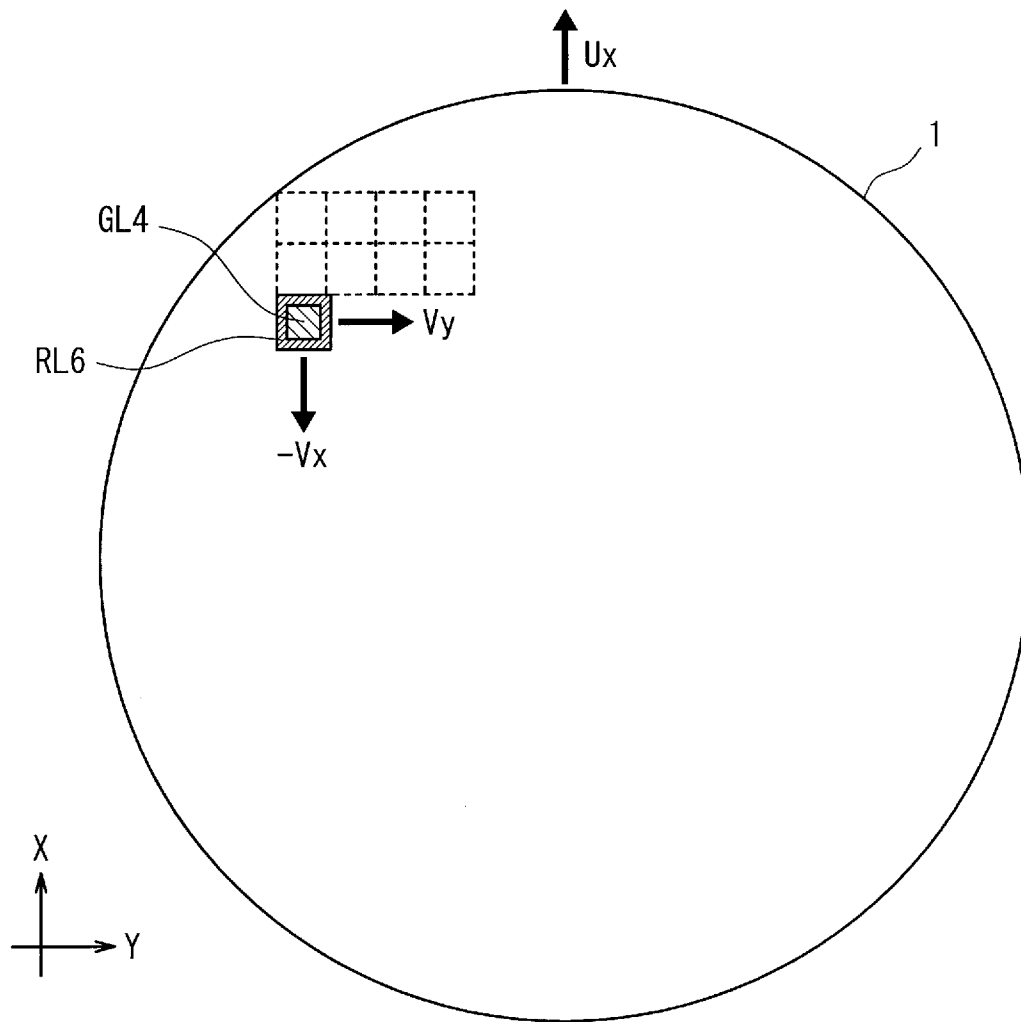
[図1]



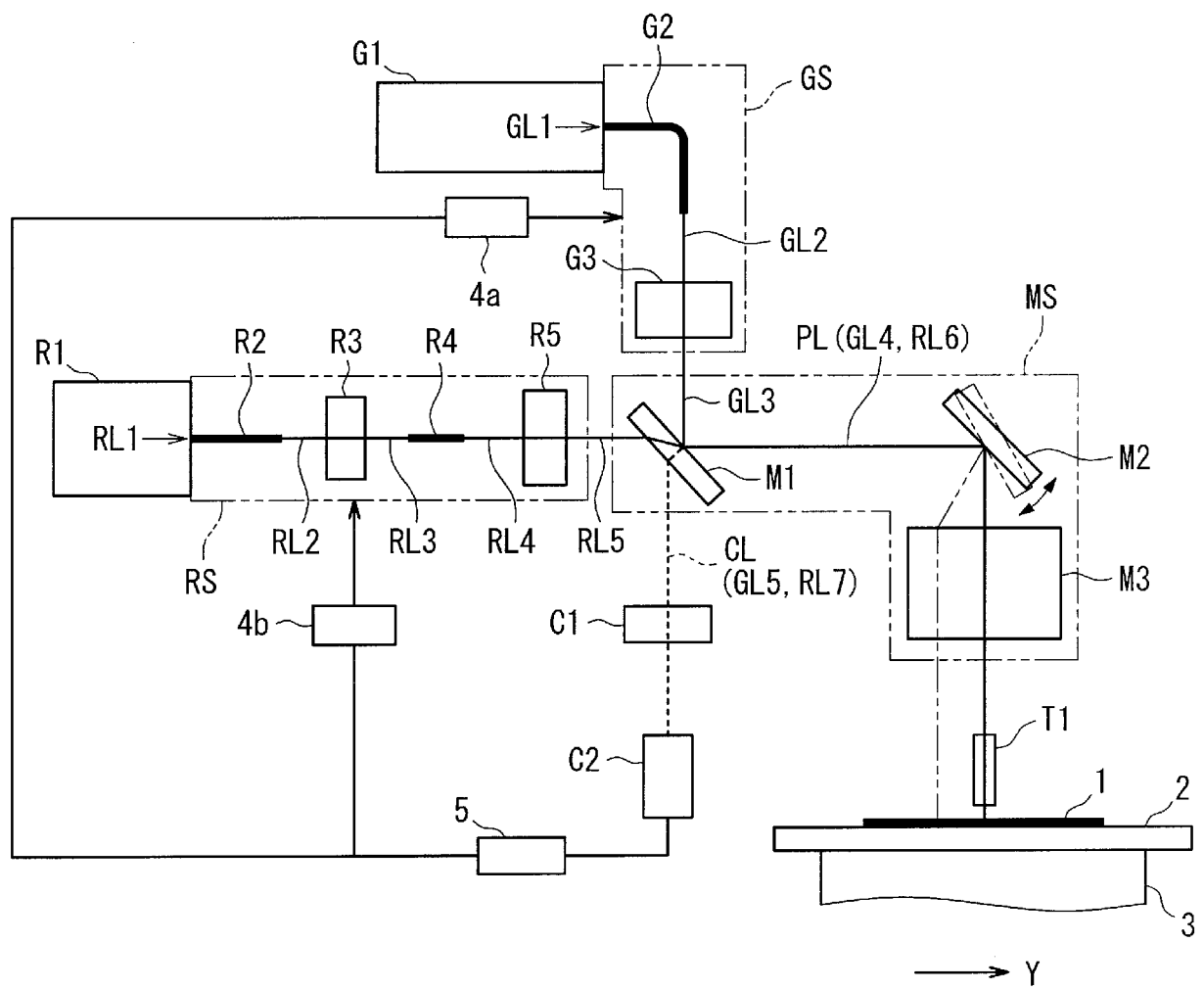
[図2]



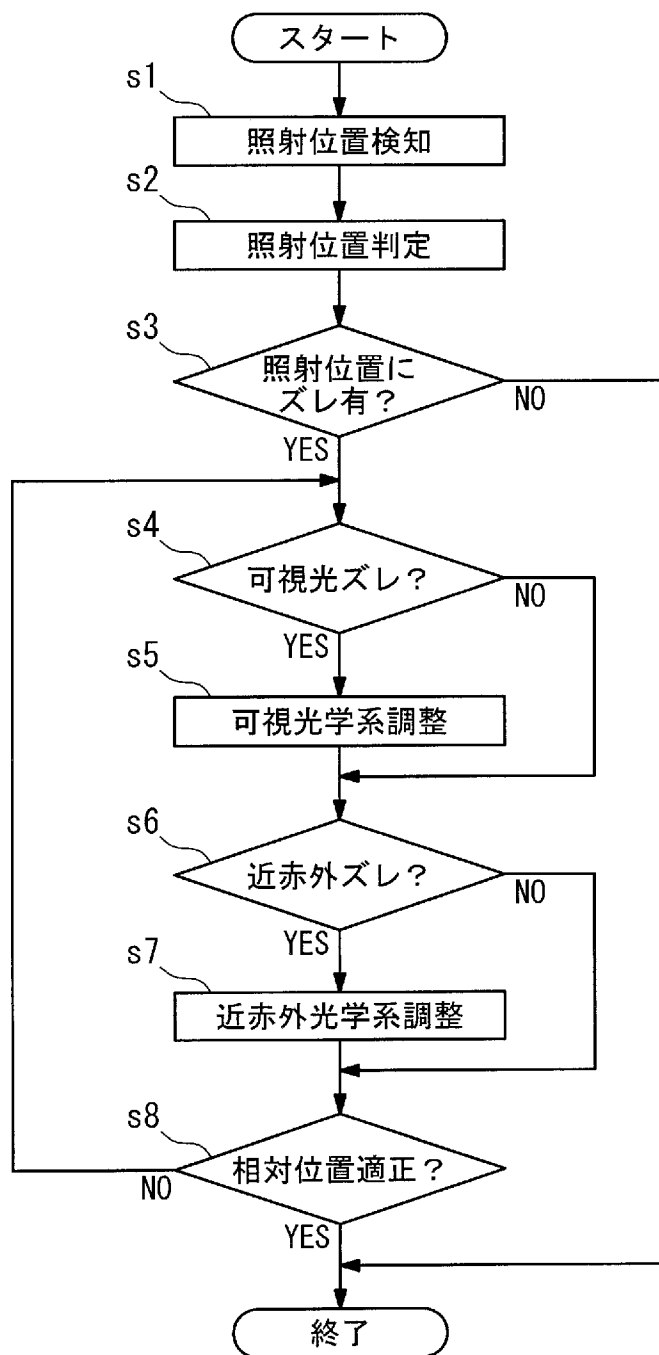
[図3]



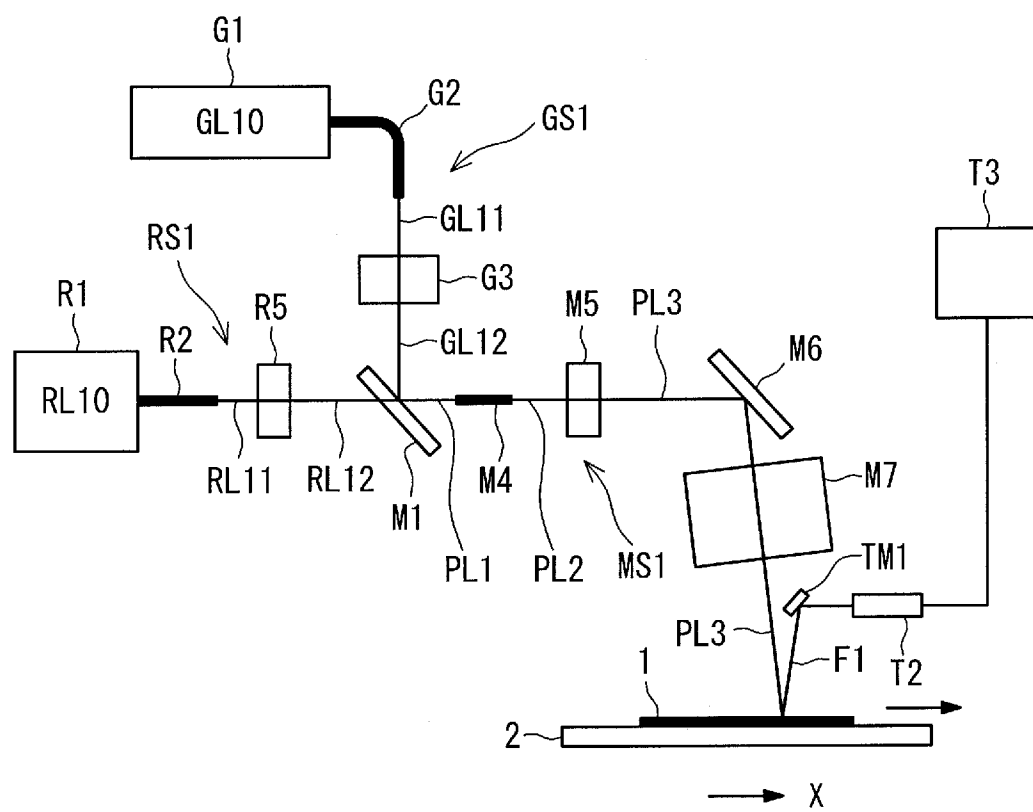
[図4]



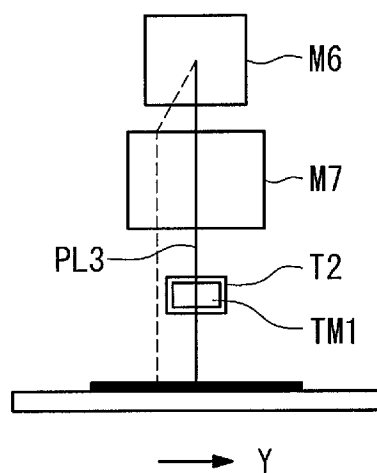
[図5]



[図6]

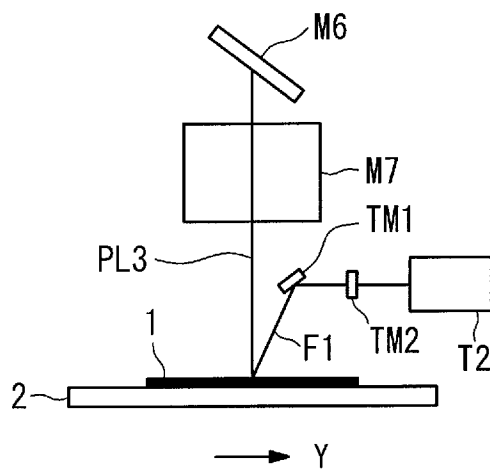


(a)

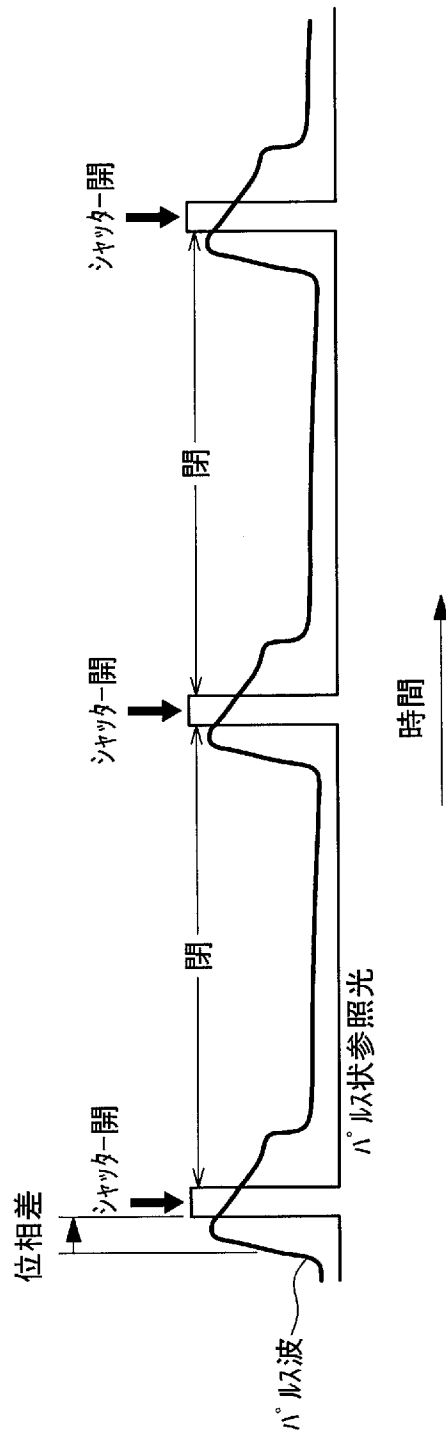


(b)

[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064376

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/268(2006.01)i, B23K26/00(2006.01)i, B23K26/06(2006.01)i,
B23K26/073(2006.01)i, B23K26/08(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i,
H01L21/265(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)

H01L21/268, B23K26/00, B23K26/06, B23K26/073, B23K26/08, H01L21/20,
H01L21/265

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	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	JP 2008-098595 A (Samsung SDI Co., Ltd.), 24 April 2008 (24.04.2008),	1-3, 7, 8, 15-17
Y	paragraphs [0053] to [0062]; fig. 9 & US 2008/0087895 A1 & EP 1912252 A1 & KR 10-0740124 B1 & CN 101162690 A	4-6, 9-11, 18-20
Y	JP 2004-304171 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 28 October 2004 (28.10.2004), paragraphs [0176] to [0178]; fig. 16 & US 2004/0253838 A1 & US 2008/0132041 A1 & KR 10-2004-0082312 A & CN 1531023 A	4-6, 18



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

"T" 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
22 August, 2012 (22.08.12)

Date of mailing of the international search report
04 September, 2012 (04.09.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064376

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 01-138712 A (Fujitsu Ltd.), 31 May 1989 (31.05.1989), page 2, lower left column, line 17 to lower right column, line 5; fig. 5 (Family: none)	9, 10, 19
Y	JP 2005-347694 A (Sharp Corp.), 15 December 2005 (15.12.2005), paragraphs [0039], [0041], [0044]; fig. 5 & US 2005/0272185 A1 & KR 10-2006-0048219 A	11, 20
A	WO 2007/015388 A1 (Phoeton Corp.), 08 February 2007 (08.02.2007), claims & JP 4117020 B & US 2009/0227121 A1 & DE 112006002027 T & KR 10-2008-0015149 A & KR 10-0968687 B	1, 15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/268(2006.01)i, B23K26/00(2006.01)i, B23K26/06(2006.01)i, B23K26/073(2006.01)i, B23K26/08(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/265(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. H01L21/268, B23K26/00, B23K26/06, B23K26/073, B23K26/08, H01L21/20, H01L21/265

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2008-098595 A (三星エスディアイ株式会社) 2008. 04. 24, 段落 0 0 5 3 - 0 0 6 2、図 9	1-3, 7, 8, 15-17
Y	& US 2008/0087895 A1 & EP 1912252 A1 & KR 10-0740124 B1 & CN 101162690 A	4-6, 9-11, 18-20
Y	JP 2004-304171 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2004. 10. 28, 段落 0 1 7 6 - 0 1 7 8、図 1 6 & US 2004/0253838 A1 & US 2008/0132041 A1 & KR 10-2004-0082312 A & CN 1531023 A	4-6, 18

☒ 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

2 2 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 9 . 2 0 1 2

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

5 F

9 3 5 5

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

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
Y	JP 01-138712 A (富士通株式会社) 1989.05.31, 2 ページ左下欄 1 7 行ー右下欄 5 行、第 5 図 (ファミリーなし)	9, 10, 19
Y	JP 2005-347694 A (シャープ株式会社) 2005.12.15, 段落 0 0 3 9, 0 0 4 1, 0 0 4 4、図 5 & US 2005/0272185 A1 & KR 10-2006-0048219 A	11, 20
A	WO 2007/015388 A1 (フエトン株式会社) 2007.02.08, 請求の範囲 & JP 4117020 B & US 2009/0227121 A1 & DE 112006002027 T & KR 10-2008-0015149 A & KR 10-0968687 B	1, 15