

(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
2024年1月25日(25.01.2024)



(10) 国際公開番号

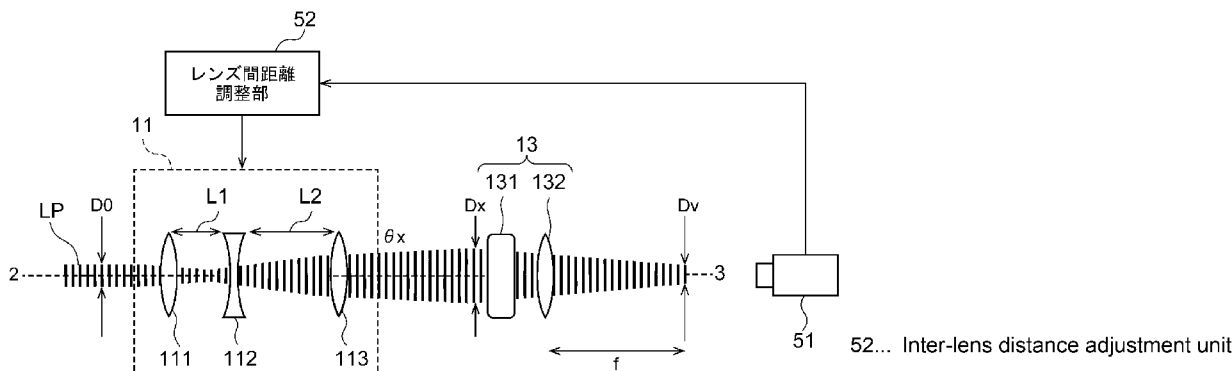
WO 2024/018785 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/268 (2006.01) *B23K 26/064* (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/022019
- (22) 国際出願日: 2023年6月14日(14.06.2023)
- (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 2022-114797 2022年7月19日(19.07.2022) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社
(SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 萬 雅 史 (YOROZU Masafumi); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 岡田 康弘(OKADA Yasuhiro); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA Sakaki); 〒1530061 東京都目黒区中目黒1-8-1 VORT中目黒13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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

(54) Title: BEAM ADJUSTING DEVICE AND LASER ANNEALING DEVICE

(54) 発明の名称: ビーム調整装置、レーザアニール装置

[図3]



(57) Abstract: This beam adjusting device comprises: a beam expander 11 that adjusts the size of a laser pulse LP by using a first lens 111, a second lens 112, and a third lens 113, which includes at least two convex lenses; and a beam shaping optical element 131 that shapes the cross section of the laser pulse LP for which the size has been adjusted by the beam expander 11. The laser pulse LP for which the size has been adjusted by the beam expander 11 has a non-zero divergence angle θx with respect to the direction going from the beam expander 11 toward the beam shaping optical element 131.

(57) 要約: ビーム調整装置は、少なくとも二つの凸レンズを含む第1レンズ111、第2レンズ112、第3レンズ113によって、レーザパルスLPのサイズを調整するビームエキスパンダ11と、ビームエキスパンダ11によってサイズが調整されたレーザパルスLPの断面を整形するビーム整形光学素子131と、を備え、ビームエキスパンダ11によってサイズが調整されたレーザパルスLPは、当該ビームエキスパンダ11からビーム整形光学素子131に向かう方向に対して非零の発散角 θx を有する。

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： ビーム調整装置、レーザアニール装置

技術分野

[0001] 本発明は、レーザアニール装置等に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、レーザ光を半導体ウエハに照射するレーザアニール技術が開示されている。レーザ装置が発振したレーザ光は、ビームエキスパンダ、ビーム整形光学素子、結像レンズ等を介して、半導体ウエハまで導かれる。ビームエキスパンダは、レーザ装置から出射されたレーザ光を所定のサイズに調整する。ビーム整形光学素子は回折光学素子等によって構成され、ビームエキスパンダによってサイズが調整されたレーザ光を整形して、その形状および／または強度分布を調整する。結像レンズは、ビーム整形光学素子によって整形されたレーザ光をアニール対象の半導体ウエハに集光する。

[0003] 典型的な回折光学素子では、ビームエキスパンダから提供されるべきレーザ光またはビームのサイズ（以下では「入力サイズ」ともいい「D1」の符号を付す）や、結像レンズが設けられる所定の結像位置 f で結像させるべきレーザ光またはビームのサイズ（以下では「出力サイズ」ともいい「D2」の符号を付す）が仕様で厳密に定められている。このため、ビームエキスパンダには、パルスレーザ装置2から出射されたレーザ光またはビームのサイズ（以下では「初期サイズ」ともいい「D0」の符号を付す）を、回折光学素子の仕様で定められた入力サイズD1に変換することが求められる。また、回折光学素子が結像位置 f で結像させるレーザ光またはビームの固定的な出力サイズD2は、必ずしも半導体ウエハのアニールに適したものとは限らず、特に様々なアニールの目的や対象に応じてレーザ光またはビームのサイズを可変にする必要がある場合には、結像レンズを含むズーム光学系によって適切なサイズ（以下では「照射サイズ」ともいい「Dv」（「v」は可変の意）の符号を付す）に変換される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2021/256434号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 以上のように、回折光学素子等のビーム整形光学素子を利用する従来の典型的なレーザアニール装置では、レーザ光を所定の入力サイズ D_1 に調整するビームエキスパンダ等がビーム整形光学素子の前に設けられ、所定の出力サイズ D_2 のレーザ光を所望の照射サイズ D_v に変換する結像レンズを含むズーム光学系がビーム整形光学素子の後に設けられる。このようなビームエキスパンダやズーム光学系のために、レーザアニール装置が大型および／または高価になってしまう。また、ビームエキスパンダおよびズーム光学系を、それぞれ個別に調整する必要があるため煩雑である。

[0006] 本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、簡素な構成で効率的にビームを調整できるビーム調整装置等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

[0007] 上記課題を解決するために、本発明のある態様のビーム調整装置は、複数のレンズによって、ビームのサイズを調整するビームサイズ調整部と、ビームサイズ調整部によってサイズが調整されたビームの断面を整形するビーム整形光学素子と、を備える。ビームサイズ調整部によってサイズが調整されたビームは、当該ビームサイズ調整部からビーム整形光学素子に向かう方向に対して非零の発散角を有する。

[0008] 従来の典型的なレーザアニール装置では、ビームエキスパンダがビーム整形光学素子に対して、サイズが D_1 で発散角が零のレーザ光を提供していたが、本態様におけるビームサイズ調整部は、非零の発散角を有するビームをビーム整形光学素子に対して提供する。ビーム整形光学素子にとっては「仕様外」の発散角を有するビームが提供されるため、厳密に仕様に沿ったビー

ム整形精度は期待できないが、ビームサイズ調整部を構成するレンズ間の距離を調整することで、アニール等の典型的な目的や対象にとって実用上問題のないレベルのビーム整形精度を実現できることが分かった。更に、ビームサイズ調整部を構成するレンズ間の距離を調整することで、ズーム光学系がなくても所望の照射サイズ D_v のビームを形成できることが分かった。

[0009] このように、本態様によればズーム光学系を設ける必要がなくなるため、レーザアニール装置等の装置を小型および安価に構成できる。また、ビームサイズ調整部を構成するレンズ間の距離を調整するだけで、ビーム整形光学素子によるビーム整形精度と照射サイズ D_v の両方を効率的に調整できる。

[0010] 本発明の別の態様は、レーザアニール装置である。この装置は、複数のレンズによって、レーザ装置が発振するレーザ光のサイズを調整するビームサイズ調整部と、ビームサイズ調整部によってサイズが調整されたレーザ光の断面を整形するビーム整形光学素子と、を備える。ビームサイズ調整部によってサイズが調整されたレーザ光は、当該ビームサイズ調整部からビーム整形光学素子に向かう方向に対して非零の発散角を有する。ビーム整形光学素子によって断面が整形されたレーザ光は、半導体ウエハに照射される。

[0011] なお、以上の構成要素の任意の組合せや、これらの表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラム等に変換したのも、本発明に包含される。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、簡素な構成で効率的にビームを調整できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]レーザアニール装置の構成を模式的に示す斜視図である。

[図2]図1に示されるレーザアニール装置の主要な光学系のみを抽出して模式的に示す。

[図3]レーザアニール装置の光学系（ビーム調整装置）の構成例を模式的に示す。

[図4]レンズ間距離の調整の具体例を示す。

発明を実施するための形態

- [0014] 以下では、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態（以下では実施形態ともいう）について詳細に説明する。説明および／または図面においては、同一または同等の構成要素、部材、処理等に同一の符号を付して重複する説明を省略する。図示される各部の縮尺や形状は、説明の簡易化のために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。実施形態は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。実施形態に記載される全ての特徴やそれらの組合せは、必ずしも本発明の本質的なものであるとは限らない。
- [0015] 図1は、レーザアニール装置1の構成を模式的に示す斜視図である。レーザアニール装置1は、レーザ装置としてのパルスレーザ装置2が発振するレーザ光としてのレーザパルスを半導体ウエハ3に照射してアニール処理（加熱処理）を施す装置である。なお、レーザ装置はパルスレーザ装置2に限らず、他の任意のタイプのレーザ装置でもよい。例えば、レーザ装置は、連続波（CW: Continuous Wave）レーザ装置でもよいし、ダイオードレーザ装置でもよい。
- [0016] ウエハテーブル31に固定的に載置された半導体ウエハ3は、後述するステージ装置4によってウエハテーブル31と一体的に図示のx方向に駆動可能である。また、パルスレーザ装置2によって発振されたレーザパルス（レーザ光）は、後述するガルバノスキャナ14によってx方向と直交するy方向に走査（スキャン）可能である。ガルバノスキャナ14によってy方向に走査されたレーザパルス（レーザ光）は、後述するミラー16によって反射されてx方向およびy方向と直交するz方向に半導体ウエハ3に入射する。
- [0017] 以下では、互いに直交するXYZの各軸を座標軸とする三次元直交座標系に基づいて、レーザアニール装置1の構成および／または作用に関する方向を記述する。半導体ウエハ3の駆動方向であるx方向はX軸方向（X方向）と平行であり、レーザパルス（レーザ光）の走査方向であるy方向はY軸方向（Y方向）と平行であり、半導体ウエハ3に対するレーザパルス（レーザ

光)の入射方向である z 方向は Z 軸方向(Z 方向)と平行である。以下では便宜的に、 x 方向および X 方向を縦方向ともいい、 y 方向および Y 方向を横方向ともいい、 z 方向および Z 方向を高さ方向ともいう。

- [0018] パルスレーザ装置2は、100kHz以上の周波数でレーザパルスLPを発振するレーザ装置である。パルスレーザ装置2によって発振されるレーザパルスLPの周波数は、例えば100kHzと10MHzの間であり、500kHzと5MHzの間であるのが好ましく、700kHzと3MHzの間であるのが更に好ましい。パルスレーザ装置2は、例えば、光ファイバによってレーザパルスLPを発振するファイバレーザ装置によって構成される。
- [0019] レーザ光としてのレーザパルスLPは、パルスレーザ装置2の出力点OPから X 方向に出射される。このレーザパルスLPを照射対象の半導体ウエハ3まで導くレーザアニール装置1は、ビームエキスパンダ11と、ミラー12と、ビーム整形光学系13と、ガルバノスキャナ14と、ズーム光学系15と、ミラー16を備える。
- [0020] ビームサイズ調整部としてのビームエキスパンダ11は、パルスレーザ装置2の出力点OPから出射されたレーザパルスLP(レーザ光)を所定のサイズ(径)に調整する。例えば、パルスレーザ装置2の出力点OPから出射されたレーザパルスLP(レーザ光)の断面が径 D_0 (初期サイズ)の略円形である場合、ビームエキスパンダ11は当該レーザパルスLP(レーザ光)の断面を所定の径 D_1 (入力サイズ)の略円形に変換(典型的には拡大)する。ビームエキスパンダ11は、複数のレンズ111、112、113によって構成される。典型的には、第1レンズ111は凸レンズであり、第2レンズ112は凹レンズであり、第3レンズ113は凸レンズである。但し、ビームエキスパンダ11を構成するレンズその他の光学素子の数や種類は、レーザパルスLPのサイズを調整するという所期の作用および/または効果が得られる限り任意である。例えば、ビームエキスパンダ11は、任意の順に配置される二つ以上の凸レンズと一つ以上の凹レンズによって構成されてもよいし、三つ以上の凸レンズのみによって構成されてもよい。

- [0021] ミラー12は、ビームエキスパンダ11によってサイズが調整されたレーザーパルスLPを反射し、その進行方向をX方向からY方向に変える。
- [0022] ビーム整形光学系13は、ビームエキスパンダ11によってサイズが調整されたレーザーパルスLPを整形して、その形状および/または強度分布を調整するビーム整形部である。例えば、ビームエキスパンダ11によってサイズが調整されたレーザーパルスLPの断面は、略円形でガウス分布または正規分布に従う強度分布を有するが、ビーム整形光学系13によって略矩形で強度分布が略均一に整形される。このようなビーム整形光学系13は、例えば、回折光学素子(DOE: Diffractive Optical Element)や、平面でも球面でもない非球面を有する非球面光学素子等のビーム整形光学素子131と、中間結像レンズ132によって構成される。
- [0023] ガルバノスキャナ14は、ビーム整形光学系13によって整形されたレーザーパルスLPをy方向(Y方向)に沿って走査するビーム走査部である。ガルバノスキャナ14は、入射するレーザーパルスLPを反射してy方向における所期の走査位置に向ける駆動可能な光学素子としてのガルバノミラー141と、当該ガルバノミラー141をZ軸周りに回転駆動するモータ142を備える。モータ142によってガルバノミラー141のZ軸周りの回転位置または回転角度が調整されることで、ガルバノミラー141に入射するレーザーパルスLPが任意のy方向位置に反射される。
- [0024] なお、入射するレーザーパルスLPをy方向における所期の走査位置に向けるビーム走査部はガルバノスキャナ14に限らず、回転駆動可能なポリゴンミラー(光学素子)を備えるポリゴンミラーズキャナや、駆動可能なMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)ミラー等の光学素子によって構成されてもよい。また、ガルバノスキャナ14等のビーム走査部によるレーザーパルスLPの走査方向もy方向(Y方向)に限らず、x方向(X方向)等のy方向(Y方向)に交差する方向でもよいし、x方向(X方向)およびy方向(Y方向)の二方向でもよい。後者の場合のように、ガルバノスキャナ14等のビーム走査部が、xy平面内(XY平面内)すなわち半導体ウエハ3面内でレーザー

パルスLPを走査できる場合、半導体ウエハ3およびウエハテーブル31をx方向(X方向)等に駆動するステージ装置4を設けなくてもよい。この場合、ガルバノスキャナ14等によって、X方向およびY方向の二軸のビーム走査部が構成される。

[0025] ズーム光学系15は、ガルバノスキャナ14の前後に配置される凸レンズ151と、凹レンズ152と、結像レンズ153を備える。図示の例では、凸レンズ151および凹レンズ152がガルバノスキャナ14の前段に配置され、結像レンズ153がガルバノスキャナ14の後段に配置される。結像レンズ153は、凸レンズ151および凹レンズ152と共に、ガルバノスキャナ14によってy方向(Y方向)に走査されたレーザパルスLPをアニール対象の半導体ウエハ3に集光する。結像レンズ153と半導体ウエハ3の間に設けられるミラー16は、結像レンズ153からのX方向のレーザパルスLPを反射してZ方向(z方向)に半導体ウエハ3に照射する。このように結像レンズ153およびミラー16によって半導体ウエハ3に集光されるレーザパルスLPは、ガルバノスキャナ14によるy方向の走査によって半導体ウエハ3面内をY方向に移動する。半導体ウエハ3に集光されるレーザパルスLPのサイズ(照射サイズDv)は任意に設計できるが、例えば0.10mm四方と0.15mm四方の間とするのが好ましく、0.12mm四方と0.13mm四方とするのが更に好ましい。また、半導体ウエハ3面におけるレーザパルスLPのY方向の走査速度(および/または、ステージ装置4による半導体ウエハ3のX方向の駆動速度)も任意に設計できるが、例えば100 cm/sと500 cm/sの間とするのが好ましく、250 cm/sと350 cm/sの間とするのが更に好ましい。

[0026] また、ステージ装置4は、半導体ウエハ3およびウエハテーブル31を、レーザパルスLPに対してx方向(X方向)に沿って相対駆動する駆動装置であり、半導体ウエハ3に対してx方向(X方向)に沿ってレーザパルスLPを走査するビーム走査部を構成する。このステージ装置4によって、レーザパルスLPは半導体ウエハ3面内をX方向に相対移動する。

[0027] このように、Y方向のビーム走査部としてのガルバノスキャナ14による

レーザパルスLPのy方向の走査と、X方向のビーム走査部としてのステージ装置4による半導体ウエハ3のx方向の駆動を組み合わせることで、レーザパルスLPをxy平面内(XY平面内)すなわち半導体ウエハ3面内で走査できる。なお、ステージ装置4による半導体ウエハ3の駆動方向はx方向(X方向)に限らず、y方向(Y方向)等のx方向(X方向)に交差する方向でもよいし、x方向(X方向)およびy方向(Y方向)の二方向でもよい。後者の場合のように、ステージ装置4がxy平面内(XY平面内)で半導体ウエハ3をレーザパルスLPに対して相対駆動できる場合、レーザパルスLPをy方向(Y方向)等に走査するガルバノスキャナ14を設けなくてもよい。この場合、ステージ装置4によって、X方向およびY方向の二軸のビーム走査部が構成される。

[0028] 図2は、図1に示されるレーザアニール装置1の主要な光学系のみを抽出して模式的に示す。

[0029] パルスレーザ装置2が発振するレーザパルスLP(レーザ光)の断面は、略円形でガウス分布または正規分布に従う強度分布を有し、そのサイズ(径)は初期サイズD0である。ビームエキスパンダ11は、パルスレーザ装置2から提供されるレーザパルスLPの形状(略円形)および強度分布(ガウス分布)を維持しながら、そのサイズ(径)を初期サイズD0から回折光学素子等のビーム整形光学素子131の仕様で定められた入力サイズD1に変換(典型的には拡大)する。また、回折光学素子等のビーム整形光学素子131の仕様に準拠して、ビームエキスパンダ11が形成する入力サイズD1のレーザパルスLPの発散角は零になっている。

[0030] 回折光学素子等のビーム整形光学素子131は、ビームエキスパンダ11から提供されるレーザパルスLPの形状を略円形から略矩形に整形すると共に、ガウス分布から略均一な強度分布に調整する。このような略均一な強度分布を有する略矩形のレーザパルスLPは、ビーム整形光学素子131の後段に配置される中間結像レンズ132から一定の距離にある結像位置fにおいて出力サイズD2で結像される。前述の入力サイズD1に限らず出力サイ

ズD2も、回折光学素子等のビーム整形光学素子131の仕様で厳密に定められている。

[0031] ビーム整形光学系13の結像位置fの後段に設けられるズーム光学系15は、ビーム整形光学系13によって整形された略均一な強度分布を有する略矩形のレーザパルスLPのサイズ(径)を、出力サイズD2から半導体ウエハ3のアニールに適した照射サイズDvに変換する。

[0032] 以上のように、回折光学素子等のビーム整形光学素子131の仕様に厳密に準拠してレーザアニール装置1の光学系を構成する場合には、パルスレーザ装置2が発振するレーザパルスLPを当該仕様に基づく入力サイズD1に調整するビームエキスパンダ11等のビームサイズ調整部をビーム整形光学系13の前段に設ける必要があり、当該仕様に基づく出力サイズD2のレーザパルスLPを所望の照射サイズDvに変換するズーム光学系15をビーム整形光学系13の後段に設ける必要がある。このようなビームエキスパンダ11およびズーム光学系15のために、レーザアニール装置1が大型および/または高価になってしまう。また、ビームエキスパンダ11およびズーム光学系15を、それぞれ個別に調整する必要があるため煩雑である。

[0033] このような課題を解決するためのレーザアニール装置1の光学系(ビーム調整装置)の構成例を図3に模式的に示す。この例では、図2におけるズーム光学系15が設けられず、実質的にビームサイズ調整部としてのビームエキスパンダ11と、回折光学素子等のビーム整形光学素子131および中間結像レンズ132によって構成されるビーム整形光学系13によって、レーザアニール装置1の光学系が構成される。

[0034] ビームエキスパンダ11は、パルスレーザ装置2から提供される初期サイズD0のレーザパルスLPの形状(略円形)および強度分布(ガウス分布)を維持しながら、ビーム整形光学素子131の仕様で定められた入力サイズD1(図2)と異なるサイズDxに調整する。また、ビームエキスパンダ11によってサイズDx($\neq D1$)に調整されたレーザパルスLPは、回折光学素子等のビーム整形光学素子131の仕様に準拠せず、ビームエキスパン

ダ11からビーム整形光学素子131に向かう方向に対して非零の発散角 θ_x を有する。後述するように、発散角 θ_x はビームエキスパンダ11におけるレンズ間距離に応じて所望の大きさに調整できるが、典型的には1 mradと10 mradの間にあることが好ましい（図3における θ_x は可視化のために過大に示されている）。非零の発散角 θ_x のために、レーザパルスLPのサイズ（径）は、ビームエキスパンダ11（第3レンズ113）からビーム整形光学素子131に向かって単調に増加または減少する。図示されるように、サイズ D_x は、ビーム整形光学素子131の入射面におけるレーザパルスLPのサイズ（径）である。

[0035] 回折光学素子等のビーム整形光学素子131は、ビームエキスパンダ11から提供される発散角 θ_x およびサイズ D_x のレーザパルスLPの形状を略円形から略矩形に整形すると共に、ガウス分布から略均一な強度分布に調整する。このような略均一な強度分布を有する略矩形のレーザパルスLPは、ビーム整形光学素子131の後段に配置される中間結像レンズ132から一定の距離にある結像位置 f において可変の照射サイズ D_v で結像される。この照射サイズ D_v は、典型的にはビーム整形光学素子131の仕様で定められた出力サイズ D_2 （図2）と異なる。このようにビーム整形光学素子131によって可変の照射サイズ D_v に調整されたレーザパルスLPは、結像位置 f の近傍に配置される半導体ウエハ3に対して（図2のようなズーム光学系15を介さずに）直接的に照射される。

[0036] 続いて、図3の光学系（ビーム調整装置）の設計方法または調整方法について説明する。具体的には、ビームエキスパンダ11における第1レンズ111、第2レンズ112、第3レンズ113の間のレンズ間距離を調整することで、所望の形状（略矩形）、所望の強度分布（略均一）、所望の照射サイズ D_v の半導体ウエハ3に対する照射ビームが形成される。特に本実施形態では、凸レンズである第1レンズ111および凹レンズである第2レンズ112の間の第1レンズ間距離 L_1 と、凹レンズである第2レンズ112および凸レンズである第3レンズ113の間の第2レンズ間距離 L_2 の二つが

主要パラメータとなる。

- [0037] 例えば、主に第1レンズ間距離 L_1 を調整することで、レーザパルス L_P のサイズ(D_x および/または D_v)が調整される。この結果、ビームエキスパンダ11からビーム整形光学素子131に対して出射されるレーザパルス L_P のサイズは、仕様値の D_1 (図2)からずれてしまう。このような「仕様外」のサイズのレーザパルス L_P がビーム整形光学素子131に入射されることで、半導体ウエハ3に対する照射ビームの強度分布の均一性が悪化する。具体的には、照射サイズ D_v が仕様値の D_2 より小さい場合は、中央部の強度が周辺部の強度より大きい「凸形」の不均一な強度分布となり、照射サイズ D_v が仕様値の D_2 より大きい場合は、中央部の強度が周辺部の強度より小さい「凹形」の不均一な強度分布となる。
- [0038] そこで、主に第2レンズ間距離 L_2 を調整することで、非零の発散角 θ_x が調整される。このような非零の発散角 θ_x もビーム整形光学素子131の「仕様外」であるが、同じく「仕様外」のサイズ D_x ($\neq D_1$)と相俟って、結果的にレーザアニール等の典型的な目的や対象にとって実用上問題のない品質の照射ビームを実現できることが分かった。
- [0039] 図4は、第1レンズ間距離 L_1 を「64mm」と「150mm」の二通りに設定して異なる照射サイズ D_v の照射ビームを形成した上で、第2レンズ間距離 L_2 を適宜調整して強度分布の均一性を向上させた具体例を示す。図2のようにビーム整形光学素子131の仕様に厳密に準拠した光学系によって実現される照射ビームと比較すれば、形状、強度分布、サイズ等の精度は低くなるものの、実用上問題のない品質の照射ビームをズーム光学系15(図2)なしで実現できるため、レーザアニール装置1を小型および安価に構成できる。また、ビームエキスパンダ11を構成するレンズ111~113間の距離を調整するだけで、ビーム整形光学系13によるビーム整形精度と照射サイズ D_v の両方を効率的に調整できる。
- [0040] 以上のような光学系の調整、具体的にはビームエキスパンダ11を構成するレンズ111~113間の距離の調整は、カメラ等の光学センサ51およ

びレンズ間距離調整部52によって自動的に行われてもよい。光学センサ51は、半導体ウエハ3に対する照射ビームの形状、強度分布、サイズ等を検知し、レンズ間距離調整部52は、それらが所望の形状、強度分布、サイズ等になるように、ビームエキスパンダ11を構成するレンズ111~113間の距離を自動的に調整する。

[0041] 以上の例では、主に第1レンズ間距離L1によってレーザパルスLPのサイズを調整し、主に第2レンズ間距離L2によって発散角 θ_x （すなわち強度分布の均一性）を調整したが、主に第1レンズ間距離L1によって発散角 θ_x を調整し、主に第2レンズ間距離L2によってサイズを調整してもよい。また、第1レンズ間距離L1および第2レンズ間距離L2をレーザパルスLPの特定のパラメータに紐付けずに、当該両距離を総合的に調整することで所望のパラメータ（形状、強度分布、サイズ等）を実現してもよい。また、第1レンズ間距離L1および／または第2レンズ間距離L2に加えてまたは代えて、第1レンズ111と第3レンズの間の第3レンズ間距離を調整パラメータとしてもよい。

[0042] また、以上の例では、レーザパルスLPが通過する順番に、第1レンズ111としての凸レンズ、第2レンズ112としての凹レンズ、第3レンズ113としての凸レンズが配置されたが、ビームエキスパンダ11におけるレンズの種類（凸レンズ、凹レンズ等）、数、配置順は、本実施形態の上記の作用および／または効果を奏する限り任意である。具体的には、ビームエキスパンダ11は、少なくとも二つの凸レンズを含む少なくとも三つのレンズによって構成されればよく、その配置順は任意である。例えば、図3等の例のように、二つ以上の凸レンズと一つ以上の凹レンズによってビームエキスパンダ11を構成してもよいし、三つ以上の凸レンズによってビームエキスパンダ11を構成してもよい。

[0043] 以上、本発明を実施形態に基づいて説明した。例示としての実施形態における各構成要素や各処理の組合せには様々な変形例が可能であり、そのような変形例が本発明の範囲に含まれることは当業者にとって自明である。

[0044] なお、実施形態で説明した各装置や各方法の構成、作用、機能は、ハードウェア資源またはソフトウェア資源によって、あるいは、ハードウェア資源とソフトウェア資源の協働によって実現できる。ハードウェア資源としては、例えば、プロセッサ、ROM、RAM、各種の集積回路を利用できる。ソフトウェア資源としては、例えば、オペレーティングシステム、アプリケーション等のプログラムを利用できる。

産業上の利用可能性

[0045] 本発明は、レーザアニール装置等に関する。

符号の説明

[0046] 1 レーザアニール装置、2 パルスレーザ装置、3 半導体ウエハ、4 ステージ装置、11 ビームエキスパンダ、13 ビーム整形光学系、14 ガルバノスキャナ、15 ズーム光学系、51 光学センサ、52 レンズ間距離調整部、111 第1レンズ、112 第2レンズ、113 第3レンズ、131 ビーム整形光学素子、132 中間結像レンズ、L1 第1レンズ間距離、L2 第2レンズ間距離、LP レーザパルス。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のレンズによって、ビームのサイズを調整するビームサイズ調整部と、
前記ビームサイズ調整部によってサイズが調整された前記ビームの断面を整形するビーム整形光学素子と、
を備え、
前記ビームサイズ調整部によってサイズが調整された前記ビームは、当該ビームサイズ調整部から前記ビーム整形光学素子に向かう方向に対して非零の発散角を有する、
ビーム調整装置。
- [請求項2] 前記複数のレンズは、少なくとも二つの凸レンズを含む第1レンズ、第2レンズ、第3レンズである、請求項1に記載のビーム調整装置。
- [請求項3] 前記ビームは、前記第1レンズ、前記第2レンズ、前記第3レンズを、この順番で通過し、
前記第1レンズは凸レンズであり、前記第2レンズは凹レンズであり、前記第3レンズは凸レンズである、
請求項2に記載のビーム調整装置。
- [請求項4] 前記ビームのサイズは、主に前記第1レンズおよび前記第2レンズの間の第1レンズ間距離によって調整され、
前記非零の発散角は、主に前記第2レンズおよび前記第3レンズの間の第2レンズ間距離によって調整される、
請求項2または3に記載のビーム調整装置。
- [請求項5] 前記ビームサイズ調整部は、前記ビーム整形光学素子の仕様で定められた入力サイズと異なるサイズに前記ビームを調整する、請求項1から3のいずれかに記載のビーム調整装置。
- [請求項6] 前記ビーム整形光学素子は、その仕様で定められた出力サイズと異なるサイズに前記ビームを整形する、請求項5に記載のビーム調整装置。

置。

[請求項7] 前記ビーム整形光学素子は回折光学素子によって構成される、請求項5に記載のビーム調整装置。

[請求項8] 前記回折光学素子は、前記ビームサイズ調整部によってサイズが調整された前記ビームの断面を略矩形に整形する、請求項7に記載のビーム調整装置。

[請求項9] 複数のレンズによって、レーザ装置が発振するレーザ光のサイズを調整するビームサイズ調整部と、

前記ビームサイズ調整部によってサイズが調整された前記レーザ光の断面を整形するビーム整形光学素子と、

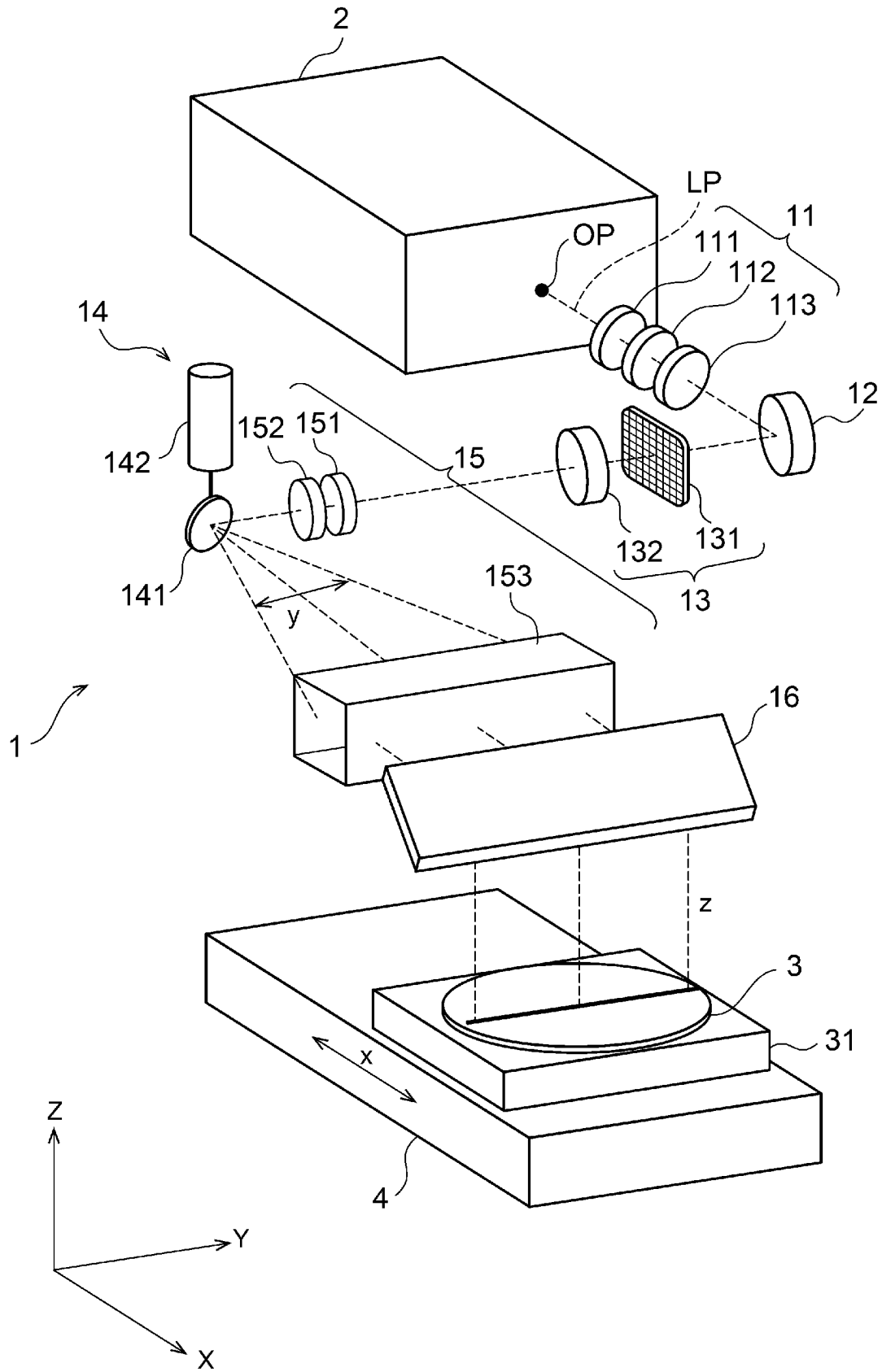
を備え、

前記ビームサイズ調整部によってサイズが調整された前記レーザ光は、当該ビームサイズ調整部から前記ビーム整形光学素子に向かう方向に対して非零の発散角を有し、

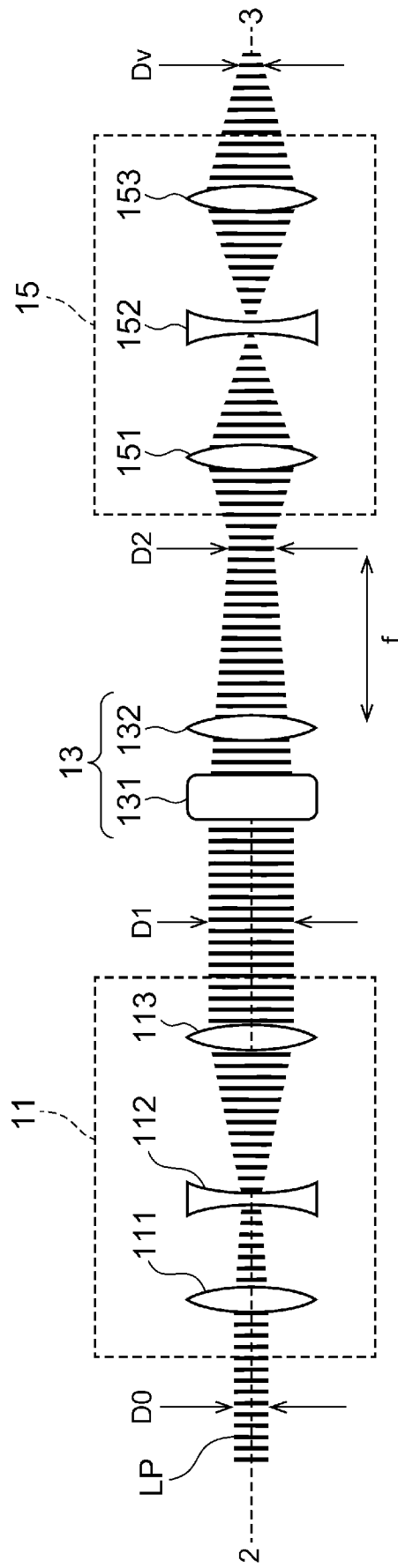
前記ビーム整形光学素子によって断面が整形された前記レーザ光は、半導体ウエハに照射される、

レーザアニール装置。

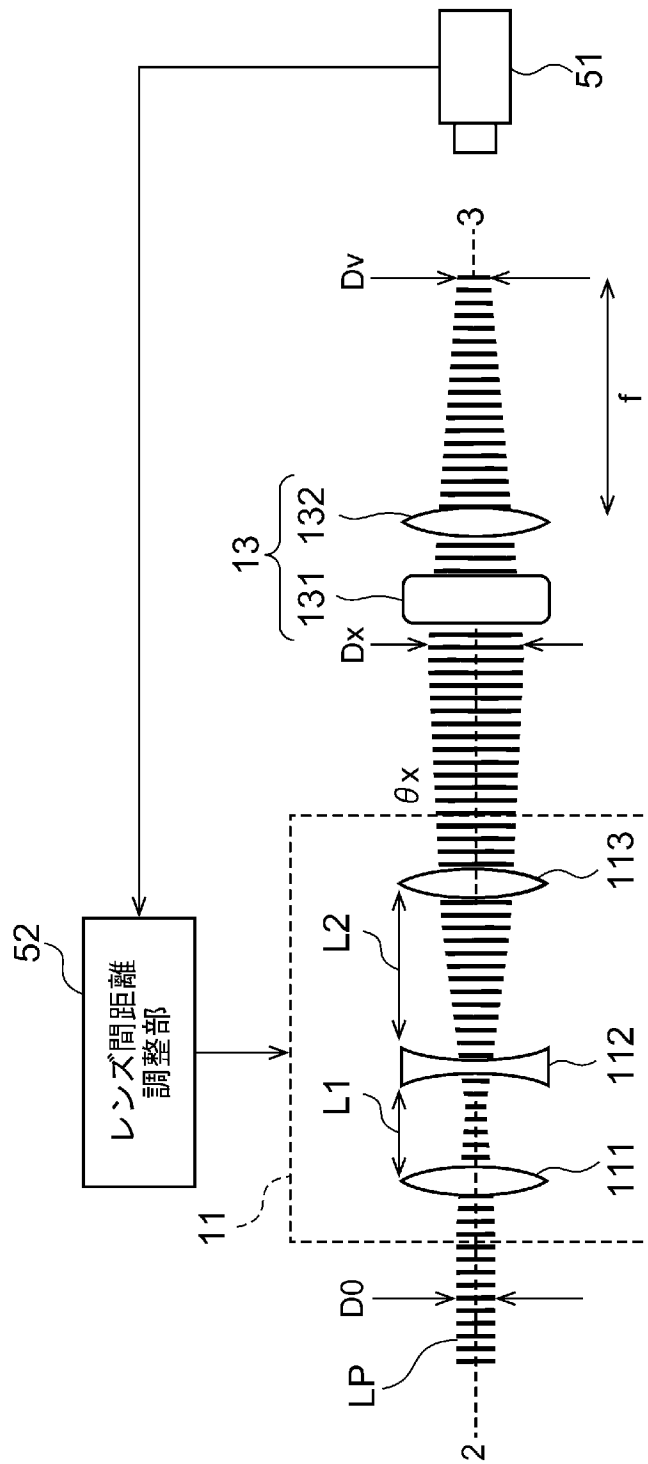
[図1]



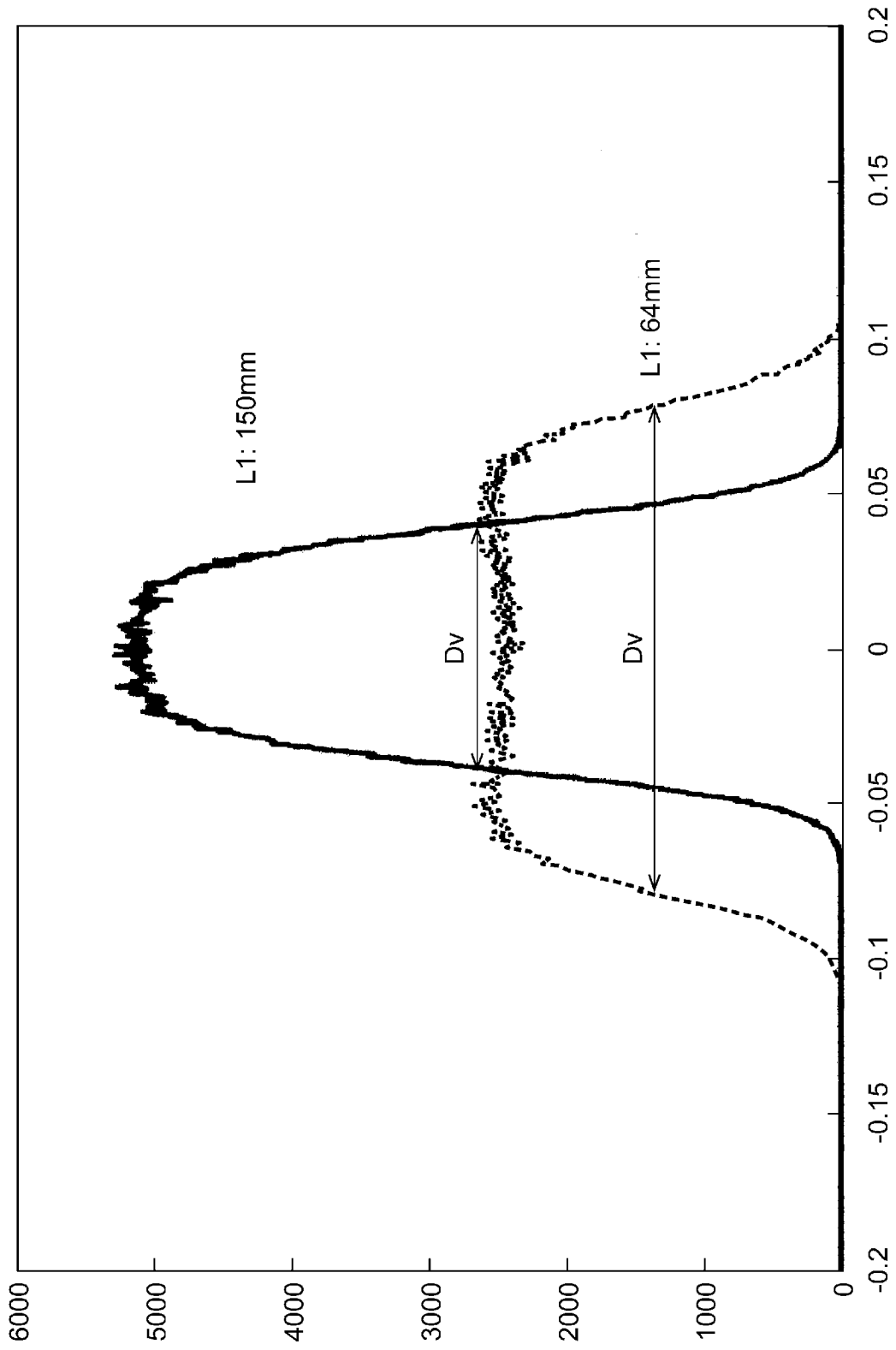
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/022019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H01L 21/268</i> (2006.01)i; <i>B23K 26/064</i> (2014.01)i FI: H01L21/268 J; B23K26/064 Z 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; B23K26/064		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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 2008-181918 A (IHI CORP) 07 August 2008 (2008-08-07) paragraphs [0021], [0033]-[0049], fig. 2	1, 5, 6, 9
Y	paragraphs [0021], [0033]-[0049], fig. 2	2-4, 7, 8
Y	JP 2008-098621 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD) 24 April 2008 (2008-04-24) paragraphs [0059]-[0068]	2-4, 7, 8
Y	JP 2021-197521 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES) 27 December 2021 (2021-12-27) paragraph [0015]	7, 8
A	JP 2007-214554 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD) 23 August 2007 (2007-08-23) entire text, all drawings	1-9
A	US 2009/0323739 A1 (UV TECH SYSTEMS) 31 December 2009 (2009-12-31) entire text, all drawings	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 02 August 2023		Date of mailing of the international search report 15 August 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/022019

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2008-181918	A	07 August 2008	(Family: none)	
JP	2008-098621	A	24 April 2008	US 2008/0174864	A1
				paragraphs [0075]-[0084]	
				KR 10-2008-0025334	A
				TW 200816289	A
JP	2021-197521	A	27 December 2021	(Family: none)	
JP	2007-214554	A	23 August 2007	US 2007/0160096	A1
				entire text, all drawings	
				EP 1808723	A1
				CN 101000863	A
US	2009/0323739	A1	31 December 2009	WO 2008/080099	A2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/268(2006.01)i; B23K 26/064(2014.01)i FI: H01L21/268 J; B23K26/064 Z		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L21/268; B23K26/064 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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 2008-181918 A (株式会社 I H I) 07.08.2008 (2008 - 08 - 07) [0021], [0033]-[0049], 図2	1, 5, 6, 9
Y	[0021], [0033]-[0049], 図2	2-4, 7, 8
Y	JP 2008-098621 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 24.04.2008 (2008 - 04 - 24) [0059]-[0068]	2-4, 7, 8
Y	JP 2021-197521 A (住友重機械工業株式会社) 27.12.2021 (2021 - 12 - 27) [0015]	7, 8
A	JP 2007-214554 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 23.08.2007 (2007 - 08 - 23) 全文, 全図	1-9
A	US 2009/0323739 A1 (UV TECH SYSTEMS) 31.12.2009 (2009 - 12 - 31) 全文, 全図	1-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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	02.08.2023	国際調査報告の発送日 15.08.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 鈴木 智之 50 1163 電話番号 03-3581-1101 内線 3559	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/022019

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-181918 A	07.08.2008	(ファミリーなし)	
JP 2008-098621 A	24.04.2008	US 2008/0174864 A1 [0075]-[0084] KR 10-2008-0025334 A TW 200816289 A	
JP 2021-197521 A	27.12.2021	(ファミリーなし)	
JP 2007-214554 A	23.08.2007	US 2007/0160096 A1 全文,全図 EP 1808723 A1 CN 101000863 A	
US 2009/0323739 A1	31.12.2009	WO 2008/080099 A2	