

(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
2020年6月25日(25.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/129601 A1

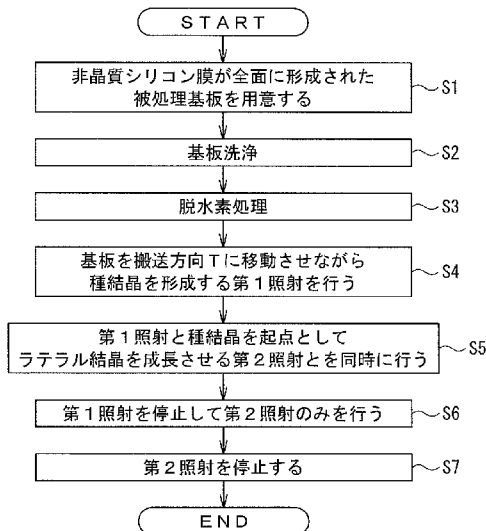
(51) 国際特許分類:
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 21/268* (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/047137
(22) 国際出願日: 2019年12月3日(03.12.2019)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2018-237457 2018年12月19日(19.12.2018) JP
(71) 出願人: 株式会社 ブイ・テクノロジー(V
TECHNOLOGY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2400005
神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町 1
3 4 番地 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 水村 通伸(MIZUMURA, Michinobu);
〒2400005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神
戸町 1 3 4 番地 株式会社 ブイ・テク
ノロジー内 Kanagawa (JP).
(74) 代理人: 特許業務法人日誠国際特許
事務所(NISSAY INTERNATIONAL PATENT
OFFICE); 〒1056033 東京都港区虎ノ門
四丁目 3 番 1 号 城山トラストタワ
ー 3 3 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: LASER ANNEALING METHOD AND LASER ANNEALING APPARATUS

(54) 発明の名称: レーザアニール方法およびレーザアニール装置

[図1]



S1... PREPARE SUBSTRATE TO BE TREATED ON WHICH AMORPHOUS SILICON FILM HAS BEEN FORMED OVER THE ENTIRE SURFACE
S2... CLEAN SUBSTRATE
S3... PERFORM HYDROGEN REMOVAL TREATMENT
S4... PERFORM FIRST IRRADIATION TO FORM SEED CRYSTAL WHILE MOVING THE SUBSTRATE IN CONVEYING DIRECTION T
S5... PERFORM SECOND IRRADIATION FOR GROWING LATERAL CRYSTALS SIMULTANEOUSLY WITH FIRST IRRADIATION STARTING FROM SEED CRYSTAL
S6... STOP FIRST IRRADIATION AND PERFORM SECOND IRRADIATION ALONE
S7... STOP SECOND IRRADIATION

(57) Abstract: A laser annealing method comprises: a seed crystal region formation step for performing first irradiation by irradiating the surface of an amorphous silicon film with a first laser beam spot formed by a first laser beam in a wavelength range that is absorbed by amorphous silicon and melting the amorphous silicon to form a seed crystal region; and a modified region formation step for performing second irradiation by irradiating a region adjacent to the first laser beam spot with a second laser beam spot formed by a second laser beam in a wavelength range that is absorbed by the molten silicon after the silicon in the seed crystal region has been melted by performing the first irradiation, and growing

[続葉有]

WO 2020/129601 A1

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

crystallized silicon in a modified region continuous with the seed crystal region starting from the seed crystal region.

(57) 要約：非晶質シリコン膜の表面に、非晶質シリコンに吸収される波長域の第1レーザ光でなる第1レーザビームスポットを照射して、非晶質シリコンを熔融させる第1照射を行って種結晶領域を形成する種結晶領域形成工程と、前記種結晶領域に前記第1照射を行ってシリコンを熔融させた状態で、熔融されたシリコンに吸収される波長域の第2レーザ光でなる第2レーザビームスポットを、前記第1レーザスポットと隣接する領域に照射する第2照射を行い、前記種結晶領域を起点として当該種結晶領域と連続する改質領域の結晶化シリコンを成長させる改質領域形成工程と、を備える。

明 細 書

発明の名称： レーザアニール方法およびレーザアニール装置

技術分野

[0001] 本発明は、レーザアニール方法およびレーザアニール装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、非晶質シリコン膜に連続発振レーザ光を照射することにより、非晶質シリコン膜内に形成される結晶の粒径が大きくなって疑似単結晶シリコン膜が形成されることが知られている。この疑似単結晶シリコン膜を薄膜トランジスタ（TFT）のチャネル層に適用することにより、チャネル層の移動度を大きくすることが可能となる。

[0003] 従来の連続発振レーザ光によるレーザアニール方法では、アニールされる非晶質シリコン膜への吸収がある波長で単一波長のレーザを使用してレーザアニール処理を行っていた。特に、非晶質シリコン膜に対して吸収率の高いレーザ波長は紫外になるため、半導体レーザでは波長域が400～450 nm程度のものが必要である。しかし、半導体レーザの出力は、数W程度であり、広い領域にレーザアニール処理を行うためには、複数の半導体レーザをまとめて出力を得るような構造が提案されていた。そのため、従来の連続発振レーザ光によるレーザアニール方法では、レーザアニール処理の効率が悪く、また高コストとなる問題があった。

[0004] この他の従来のレーザアニール方法としては、可視光線以下の波長の第1のレーザビームを照射面で長いビームになるように加工し、この第1のレーザビームにおいてエネルギー密度の低い部分に、基本波でなる第2のレーザビームを照射する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。この従来のレーザアニール方法では、レーザとしては、気体レーザ、固体レーザ、および金属レーザを用いる。

[0005] 特許文献1に開示されたレーザアニール方法では、第1のレーザビームの照射面でのビームの外周を取り囲んで覆うように第2のレーザビームを配置

してエネルギー密度を補完している。第1のレーザビームのエネルギー密度の分布から第2のレーザビームを重ね合わせる領域を算出して、重ね合わせた領域全体におけるエネルギー密度を平均化している。特許文献1に開示されたレーザアニール方法では、エネルギー密度の平均化を行うために、レーザビームの所定の入射角度のときに、基板の表面での反射光と、基板の裏面からの反射光と、が干渉せずに一様なレーザビームとなるように工夫されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2010-283073号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1に開示されたレーザアニール方法では、レーザビームのエネルギー密度の平均化を達成しても、被処理膜である非晶質シリコン膜で吸収されない波長のレーザビームが照射された領域では、結晶化することができず、仮に結晶化することができたとしても結晶成長が不規則となる虞がある。また、特許文献1に開示されたレーザアニール方法では、気体レーザや固体レーザを用いるため、設備コストならびに維持コストが高くなるという問題がある。

[0008] 本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであって、低コストで、結晶化シリコン膜を必要な面積の領域に形成することができるレーザアニール方法およびレーザアニール装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の態様は、レーザビームのビームスポットに対して、非晶質シリコン膜が表面に成膜された被処理基板を相対的に移動させ、前記非晶質シリコン膜を前記ビームスポットで照射して結晶化シリコン膜に改質させるレーザアニール方法であって、前

記非晶質シリコン膜の表面に、非晶質シリコンに吸収される波長域の第1レーザ光でなる第1レーザビームスポットを照射して、非晶質シリコンを溶融させる第1照射を行って種結晶領域を形成する種結晶領域形成工程と、前記種結晶領域に前記第1照射を行ってシリコンを溶融させた状態で、溶融されたシリコンに吸収される波長域の第2レーザ光でなる第2レーザビームスポットを、前記第1レーザビームスポットと隣接する領域に照射する第2照射を行い、前記種結晶領域を起点として当該種結晶領域と連続する改質領域の結晶化シリコンを成長させる改質領域形成工程と、を備えることを特徴とする。

[0010] 上記態様としては、前記第1レーザ光の波長域は、近紫外から可視光であり、前記第2レーザ光の波長域は、可視光以上であることが好ましい。

[0011] 上記態様としては、前記第1レーザ光および前記第2レーザ光は、それぞれ半導体レーザから発振されることが好ましい。

[0012] 上記態様としては、前記第1レーザ光のパワー密度は、前記第2レーザ光のパワー密度よりも低いことが好ましい。

[0013] 上記態様としては、前記第1レーザビームスポットは、前記第2レーザビームスポットよりも、前記被処理基板の搬送方向の同じ位置か下流側に配置することが好ましい。

[0014] 上記態様としては、前記第1レーザビームスポットを、前記改質領域の一部を通過するように配置し、前記第2レーザビームスポットを、前記改質領域の全面を通過するように形成することが好ましい。

[0015] 上記態様としては、複数の前記第2レーザビームスポットが、前記第1レーザビームスポットから延びるように形成することが好ましい。

[0016] 上記態様としては、前記第2レーザビームスポットは、前記第1レーザビームスポットから前記被処理基板の搬送方向の斜め上流側へ向けて延びるように配置されていることが好ましい。

[0017] 本発明の他の態様としては、レーザビームのビームスポットに対して、非晶質シリコン膜が表面に成膜された被処理基板を相対的に移動するように設

定され、前記非晶質シリコン膜を前記ビームスポットで前記レーザビームを照射して結晶化シリコン膜に改質させるレーザアニール装置であって、前記非晶質シリコン膜に吸収される波長域の第1レーザ光を発振する第1光源部と、熔融されたシリコンに吸収される波長域の第2レーザ光を発振する第1光源部と、を備え、前記第1レーザ光でなる第1レーザビームスポットを照射して前記非晶質シリコン膜を熔融させ、前記第1レーザ光により熔融されたシリコンに前記第2レーザ光でなる第2レーザビームスポットを前記第1レーザビームスポットと隣接する領域に照射することを特徴とする。

[0018] 上記態様としては、前記第1レーザ光の波長域は、近紫外から可視光であり、前記第2レーザ光の波長域は、可視光以上であることが好ましい。

[0019] 上記態様としては、前記第1レーザ光および前記第2レーザ光は、それぞれ半導体レーザから発振されることが好ましい。

[0020] 上記態様としては、前記第1レーザ光のパワー密度は、前記第2レーザ光のパワー密度よりも低く設定されていることが好ましい。

[0021] 上記態様としては、前記第1レーザビームスポットは、前記第2レーザビームスポットよりも、前記被処理基板の搬送方向の同じ位置か下流側に配置されていることが好ましい。

[0022] 上記態様としては、前記第1レーザビームスポットは、改質領域の一部を通過するように配置され、前記第2レーザビームスポットは、前記改質領域の全面を通過するように形成されていることが好ましい。

[0023] 上記態様としては、複数の前記第2レーザビームスポットが前記第1レーザビームスポットから延びるように形成されることが好ましい。

[0024] 上記態様としては、前記第2レーザビームスポットは、前記第1レーザビームスポットから前記被処理基板の搬送方向の斜め上流側へ向けて延びるように配置されていることが好ましい。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、低コストで、結晶化シリコン膜を必要な面積の領域に形成することができるレーザアニール方法およびレーザアニール装置を実現で

きる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]図1は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法を示すフローチャートである。

[図2]図2は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法に用いるレーザアニール装置の概略構成図である。

[図3]図3は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法に用いるレーザアニール装置におけるマイクロミラーの配置例を模式的に示す説明図である。

[図4]図4は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法において、非晶質シリコン膜に種結晶領域を形成する第1照射を行ったときのビームスポット（斜めハッチングで示す）を示す説明図である。

[図5]図5は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法において、第1照射と第2照射とを同時に行ったときのビームスポット（格子状のハッチングで示す）を示し、種結晶領域を起点にして疑似単結晶シリコン膜を形成し始めた状態を示す説明図である。

[図6]図6は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法において、第1照射を停止して第2照射のみを行っているときのビームスポット（斜めハッチングで示す）を示す説明図である。

[図7]図7は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法において、広い領域に疑似単結晶シリコン膜を成長させた状態を示す説明図である。

[図8]図8は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法に用いる他のレーザアニール装置としてのMLAレーザアニール装置における結像光学系を示す説明図である。

[図9]図9は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法に用いる他のレーザアニール装置としてのMLAレーザアニール装置におけるマスクを示す平面説明図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下に、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法およびレーザアニール装置の詳細を図面に基づいて説明する。但し、図面は模式的なものであり、各部材の数、各部材の寸法、寸法の比率、形状などは現実のものと異なることに留意すべきである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率や形状が異なる部分が含まれている。

[0028] [実施の形態] (被処理基板)

レーザアニール方法は、図2に示すような、レーザアニール装置10を用いて被処理基板1に対してレーザアニール処理を行う。図2に示すように、被処理基板1は、ガラス基板2と、このガラス基板2の表面に配置された複数のゲート配線3と、ガラス基板2およびゲート配線3の上に形成されたゲート絶縁膜4と、このゲート絶縁膜4の上に全面に堆積された非晶質シリコン膜5と、を備える。なお、この被処理基板1は、最終的に薄膜トランジスタ(TFT)などが作り込まれたTFT基板となる。

[0029] (レーザアニール装置の概略構成)

以下、本実施の形態に係るレーザアニール方法の説明に先駆けて、本実施の形態に係るレーザアニール装置10の概略構成を説明する。図2に示すように、レーザアニール装置10は、基台11と、第1レーザ光源部12Aと、第2レーザ光源部12Bと、レーザビーム照射部13と、制御部14と、を備える。

[0030] 本実施の形態では、アニール処理時にはレーザビーム照射部13は移動せず、被処理基板1を移動させるようになっている。基台11は、図示しない基板搬送手段を備えている。このレーザアニール装置10においては、被処理基板1を基台11の上に配置した状態で、図示しない基板搬送手段によって、搬送方向(スキャン方向)Tに向けて搬送する。

本実施の形態においては、図4から図7に示す搬送方向Tは、ゲート配線3の長手方向でもよいし、長手方向に直交する方向であってもよい。

[0031] 図2に示すように、第1レーザ光源部12Aは、第1レーザ光を発振する第1半導体レーザ25と、第1レーザ光をレーザビーム照射部13へ向けて

レーザビームLBを出射する光出射部26と、を備える。

[0032] 第1半導体レーザ25は、第1レーザ光として、波長域が400～500nmの紫、青、緑青、青緑、緑などの色の連続発振レーザ光（CWレーザ光）を発振するものを用いる。このような波長域の第1レーザ光は、非晶質シリコン膜5を構成する非晶質シリコンに吸収されてこの非晶質シリコンを溶融させることができる。レーザビーム照射部13は、第1レーザ光を選択的に反射して、図4に示すように、非晶質シリコン膜5の表面に第1レーザビームスポットLBS1を照射（第1照射）するようになっている。なお、第1半導体レーザ25の出力は、DMDのスポット領域にあたる部分にのみ照射するので、例えば数W程度でよい。

[0033] 図2に示すように、第2レーザ光源部12Bは、第2レーザ光を発振する第2半導体レーザ15と、第2レーザ光をレーザビーム照射部13へ向けてレーザビームLBを出射する光出射部17と、を備える。

[0034] 第2半導体レーザ15は、第2レーザ光として、波長域が可視光以上の例えば、近赤外光の連続発振レーザ光（CWレーザ光）を発振する。この波長域の第2レーザ光は、上記の第1レーザビームスポットLBS1による第1照射により溶融したシリコンに吸収されて、第1レーザビームスポットLBS1で照射された領域に隣接する領域の非晶質シリコン膜5を搬送方向Tおよび搬送方向Tに直交する方向に向けて溶融させる。

[0035] この第2レーザ光は、レーザビーム照射部13で選択的に反射され、図5に示すように、非晶質シリコン膜5の表面に第1レーザビームスポットLBS1とこれに隣接する第2レーザビームスポットLBS2の両方に照射（第2照射）するようになっている。図4に示すように、第2レーザビームスポットLBS2は、例えば、略V字形状となるように一対で構成されている。それぞれの第2レーザビームスポットLBS2は、小円状に示した第1レーザビームスポットLBS1から延びるように形成されている。なお、この第2レーザビームスポットLBS2は、第1レーザビームスポットLBS1から被処理基板の搬送方向Tの斜め上流側へ向けて延びるように配置されてい

る。なお、第2半導体レーザ15の出力は、DMDのスポット領域にあたる部分にのみ照射するので、例えば50W程度となる。

[0036] 上述のように、第1レーザ光源部12Aと第2レーザ光源部12Bでは、レーザビーム照射部13へ向けて第1レーザ光および第2レーザ光を出射する。レーザビーム照射部13は、後述するデジタルマイクロミラーデバイス18にてこれら第1レーザ光および第2レーザ光のレーザビームを受けて、選択的に被処理基板1の表面へ第1レーザビームスポットLBS1と第2レーザビームスポットLBS2とを照射する。

[0037] 図2に示すように、レーザビーム照射部13は、図示しない支持フレームなどにより、基台11の上方に配置されている。レーザビーム照射部13は、空間光変調器としてのデジタルマイクロミラーデバイス（DMD：Digital Micro-mirror Device, Texas Instruments社の登録商標）18と、ダンパ（アブソーバ）19と、マイクロレンズアレイ20と、投影レンズ21と、を備える。

[0038] 図2および図3に示すように、デジタルマイクロミラーデバイス（以下、DMDという）18は、駆動基板（CMOS基板）22と、多数のマイクロミラー（薄膜ミラー）23（23A～23F：A～Fの列にそれぞれ1～6の符号を付す）と、を備えている。本実施の形態では、説明の便宜上、マイクロミラー23の数を36として説明するが、実際の数はいびじョンの画素数以上である。マイクロミラー23は、一辺の長さが例えば、十数μm程度の正形状に形成されている。駆動基板22には、多数のピクセル領域がマトリクス状に配置され、個々のピクセル領域にはCMOSSRAMセルが構成されている。

[0039] マイクロミラー23は、駆動基板22の上にそれぞれのCMOSSRAMセルに対応して配置されている。マイクロミラー23は、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術により設けられている。それぞれのマイクロミラー23は、2つの位置に移動可能に設けられている。具体的には、基板面に対して例えば、+10度の角度と-10度の角度をなす2つの位置に回

転移動するようになっている。マイクロミラー23は、CMOS SRAMセル側からの出力データに対応して、上記2つの位置に変位するように駆動される。

[0040] 図3に示すように、アレイを構成する多数のマイクロミラー23には、第1レーザ光源部12Aおよび第2レーザ光源部12B側からの第1レーザビームスポットLBS1が、同時にまたはいずれか一方が一括して入射するようになっている。そして、それぞれのマイクロミラー23(23A~23F)は、上記の2つの位置に選択的に移動することにより、レーザビームLBの一部のレーザ光を2つの方向に反射するように設定されている。

これら2つの方向のうちの一方の方向は、レーザビームLBの一部のレーザ光をダンパ19に向かわせる方向であり、2つの方向のうちの他方の方向は、レーザビームLBの一部のレーザ光を被処理基板1の表面に向かわせる方向である。

[0041] 図3においては、一对のマイクロミラー23A3, 23A4が第1レーザビームスポットLBS1を作成するために用いられ、略V字状に並ぶ23D1, 23C2, 23B3, 23B4, 23C5, 23D6が第2レーザビームスポットLBS2を作成するために用いられる。

[0042] ダンパ19は、マイクロミラー23がオフ状態(例えば、駆動基板22に対する角度が-10度の状態、非照射状態)のときに、オフ状態のマイクロミラー23で反射されたレーザ光を受け入れる位置に配置されている。

[0043] マイクロレンズアレイ20は、オン状態(例えば、駆動基板22に対する角度が+10度の状態、照射状態)のマイクロミラー23で反射されたそれぞれのレーザビームを投影レンズ21に向けて集光する。投影レンズ21は、導入されたレーザビームを被処理基板1の表面に、第1レーザビームスポットLBS1や第2レーザビームスポットLBS2の一部として結像させるように設定されている。

[0044] 制御部14は、基台11に設けられた図示しない基板搬送手段と、第1レーザ光源部12Aと、第2レーザ光源部12Bと、DMD18と、の制御を

行う。

[0045] まず、制御部 1 4 は、図示しない基板搬送手段を駆動制御して被処理基板 1 を搬送方向 T へ向けて所定の速度で移動させるように設定されている。

[0046] また、制御部 1 4 は、第 1 レーザ光源部 1 2 A と、第 2 レーザ光源部 1 2 B と、レーザビーム照射部 1 3 と、を駆動制御して、被処理基板 1 に対して上記の第 1 照射および第 2 照射とを行わせるように設定されている。

[0047] 第 1 照射は、第 1 レーザ光源部 1 2 A から第 1 レーザ光を出射させて、マイクロミラー 2 3 A 3, 2 3 A 4 で反射したレーザビームを被処理基板 1 の非晶質シリコン膜 5 の表面に第 1 レーザビームスポット L B S 1 として照射する。

[0048] 第 2 照射は、第 2 レーザ光源部 1 2 B から第 2 レーザ光を出射させて、マイクロミラー 2 3 D 1, 2 3 C 2, 2 3 B 3, 2 3 B 4, 2 3 C 5, 2 3 D 6 で反射したレーザビームを被処理基板 1 の非晶質シリコン膜 5 の表面に第 2 レーザビームスポット L B S 2 として照射する。なお、本実施の形態では、第 2 レーザ光を第 1 レーザビームスポット L B S 1 にも照射する。

[0049] 制御部 1 4 は、第 2 照射において、レーザ光源部 1 2 から第 2 レーザ光としての CW レーザ光を連続して出射させる。第 1 照射および第 2 照射を行わないときは、レーザ光源部 1 2 をオフにするか、または DMD 1 8 における全てのマイクロミラー 2 3 (2 3 A ~ 2 3 F) を、レーザビーム L B をダンパ 1 9 に向けて反射させるオフ状態にするように設定されている。また、第 1 照射および第 2 照射は、マイクロミラー 2 3 (2 3 A ~ 2 3 F) を選択的にオン・オフすることにより、マイクロミラー 2 3 A 3, 2 3 A 4 の対と、略 V 状をなすように配列されたマイクロミラー 2 3 D 1, 2 3 C 2, 2 3 B 3, 2 3 B 4, 2 3 C 5, 2 3 D 6 の群と、を選択することもできる。

[0050] 制御部 1 4 は、改質を行う改質領域の搬送方向の最下流部で第 1 照射を開始するように制御する。また、制御部 1 4 は、上記の第 1 照射が開始と同時にまたは第 1 照射の所定時間後に第 2 照射を開始するように設定されている。本実施の形態において、制御部 1 4 は、図示しない基板位置検出センサの位

置情報データに基づいて、非晶質シリコン膜 5 が所定の位置に移動したときに、DMD 18 へ駆動信号を出力するように設定されている。上記駆動信号が入力された DMD 18 は、所定のマイクロミラー 23 をオン状態にするように制御される。

[0051] 上記の複数のマイクロミラー 23 がオン状態になると、第 1 レーザ光源部 12 A または第 2 レーザ光源部 12 B から出射されたレーザ光でなるレーザビーム L B は、所定のマイクロミラー 23 で反射されて被処理基板 1 の表面に入射する。

[0052] 図 4 に示すように、それぞれのマイクロミラー 23 から反射されたレーザビームは、非晶質シリコン膜 5 の所定位置に第 1 照射を行って第 1 レーザビームスポット L B S 1 を照射する。第 1 照射が行われた非晶質シリコン膜 5 では、図 5 に示すように、微結晶シリコンでなる種結晶領域 5 A が形成できる。

[0053] 制御部 14 は、図 5 に示すように、上記位置情報に基づいて非晶質シリコン膜 5 が僅かに移動した時点で、第 1 レーザ光源部 12 A、第 2 レーザ光源部 12 B およびレーザビーム照射部 13 を駆動制御して、第 1 照射および第 2 照射を同時に行うように設定されている。

[0054] その後、図 6 に示すように、制御部 14 は、第 1 照射を停止させた状態で、上記の種結晶領域 5 A を起点として、第 2 レーザ光でなる第 2 レーザビームスポット L B S 2 を照射する第 2 照射を行うように設定されている。

[0055] 制御部 14 は、第 2 レーザビームスポット L B S 2 の軌跡が改質領域の全面を通過したときに第 2 照射を停止するように設定されている。

[0056] 図 6 および図 7 に示すように、この第 2 照射によって、非晶質シリコン膜 5 が結晶化シリコン膜としての疑似単結晶（以下、ラテラル結晶ともいう）シリコン膜 5 B になるように条件設定されている。なお、この疑似単結晶シリコン膜 5 B は、改質領域を構成する。

[0057] 以上、本実施の形態に係るレーザアニール方法で用いる被処理基板 1、レーザアニール装置 10 およびその作用・動作について説明したが、以下に、

これらを用いたレーザアニール方法について説明する。

[0058] (レーザアニール方法)

本発明のレーザアニール方法では、非晶質シリコン膜5の表面に、非晶質シリコンに吸収される波長域の第1レーザ光の第1レーザビームスポットLBS1を照射して、非晶質シリコンを溶融させる第1照射を行って種結晶領域5Aを形成する種結晶領域形成工程と、種結晶領域5Aに第1照射を行ってシリコンを溶融させた状態で、溶融されたシリコンに吸収される波長域の第2レーザ光の第2レーザビームスポットLBS2を、第1レーザビームスポットLBS1と隣接する領域に照射する第2照射を行い、種結晶領域5Aを起点として種結晶領域5Aと連なる改質領域の結晶化シリコン（疑似単結晶シリコン）を成長させる改質領域形成工程と、を備える。

[0059] 以下、本実施の形態に係るレーザアニール方法を、図1のフローチャートに基づいて説明する。なお、本実施の形態に係るレーザアニール方法は、薄膜トランジスタの製造方法に用いられるものであり、以下に説明するステップS4～7で構成されている。

[0060] まず、図1に示すような、ガラス基板2の上にゲート配線3、ゲート絶縁膜4および非晶質シリコン膜5が形成された被処理基板1を用意する（ステップS1）。

[0061] 次に、被処理基板1を洗浄する（ステップS2）。洗浄した被処理基板1の非晶質シリコン膜5は、水素を含んでいるため、例えば、約450℃で数時間程度の脱水素処理を行う（ステップS3）。

[0062] 図2に示すように、被処理基板1をレーザアニール装置10の基台11の上にセットして、搬送方向Tに沿って所定のスキャン速度で走行させる。

[0063] 次に、種結晶領域形成工程として、種結晶を形成する第1照射を行う（ステップS4）。このステップS4において、制御部14は、非晶質シリコン膜5の位置情報に基づいて改質を予定する領域が所定の位置に到達したときに、DMD18へ駆動信号を出力する。

駆動信号に基づいて、DMD18は、予め設定した対のマイクロミラー23

A 3, 2 3 A 4 のみをオン状態にする。

[0064] 図4は、第1レーザ光源部1 2 Aから出射されたレーザビームL Bが、オン状態の2 3 A 3, 2 3 A 4で反射され、第1レーザビームスポットL B S 1のみが非晶質シリコン膜5に照射された状態を示す。なお、図4において、第2レーザビームスポットL B S 2の照射領域を示すが、実際には第2レーザ光は非晶質シリコン膜5に照射されていない。この第1レーザビームスポットL B S 1が照射された領域は、第1レーザ光（波長域4 0 0～5 0 0 n m）により溶融される。

[0065] その後、被処理基板1が搬送方向Tへ極僅か移動すると、溶融されていたシリコンは冷却されて微結晶シリコンでなる種結晶領域5 Aとなる。

[0066] 次に、図5に示すように、種結晶領域5 Aに第1レーザビームスポットL B S 1が照射しているときに、第2照射を同時に行う（ステップS 5）。第2照射は、マイクロミラー2 3 D 1, 2 3 C 2, 2 3 B 3, 2 3 B 4, 2 3 C 5, 2 3 D 6をオン状態にして第2レーザ光（波長域8 0 0 n m以上）を第2レーザビームスポットL B S 2として照射する。

なお、このとき、第2レーザ光は、第1レーザビームスポットL B S 1の領域にもマイクロミラー2 3 A 3, 2 3 A 4を介して照射される。また、第1レーザ光は、第2レーザビームスポットL B S 2の領域にマイクロミラー2 3 D 1, 2 3 C 2, 2 3 B 3, 2 3 B 4, 2 3 C 5, 2 3 D 6を介して照射される。このため、図5では、第1レーザビームスポットL B S 1と第2レーザビームスポットL B S 2を同じ格子状のハッチングで示す。

[0067] ステップS 5を行った結果、図6に示すように、種結晶領域5 Aを起点として、この種結晶領域5 Aに連続するように、搬送方向Tおよび搬送方向Tと直交する方向にも疑似単結晶シリコン膜5 Bが幅広く成長して改質領域となる。

[0068] 次に、図6に示すように、第1照射を停止させた状態で、第2照射のみを行う（ステップS 6）。なお、図6に示すように、この第2照射では、第1レーザビームスポットL B S 1の領域にも第2レーザ光が照射される。この

ため、図6において第1レーザビームスポットLBS1は、第2レーザビームスポットLBS2と同様のハッチングを用いる。そして、所定の領域に亘って疑似単結晶（ラテラル結晶）シリコン膜5Bを形成した後は、第2照射を停止してレーザアニール処理が終了する（ステップS7）。

[0069] 本実施の形態に係るレーザアニール方法では、種結晶領域5Aを形成する領域は面積の小さい領域であるにも拘わらず、疑似単結晶シリコン膜5Bを、種結晶領域5Aを起点として、搬送方向Tならびに搬送方向Tと直交する方向にも幅広く成長させることができる。疑似単結晶シリコン膜5Bには、図7に示すような粒界5GBが形成される。この粒界5GBは、種結晶領域5Aから幅方向（搬送方向Tに直交する方向）に拡がった後、搬送方向Tに沿って平行に規則正しく延びている。なお、図4から図7に示すように、本実施の形態においては、被処理基板1を搬送方向Tに沿って移動させたが、この搬送方向Tと逆向きとしてもよい。

[0070] 本実施の形態では、パワー密度が低く安価な第1半導体レーザ25を用いて第1照射を行うことができる。加えて、本実施の形態によれば、従来、非晶質シリコン膜5のアニールに用いることができなかった近赤外光を発振する第2半導体レーザ15をも用いることが可能となる。したがって、本実施の形態に係るレーザアニール方法およびレーザアニール装置では、設備コストを大幅に低減させることが可能となる。

[0071] 本実施の形態に係るレーザアニール方法およびレーザアニール装置10では、空間光変調器としてDMD18を用いることにより、マイクロミラー23のオン・オフ動作だけで、レーザビームを簡単に作成することが可能となる。

[0072] また、本実施の形態に係るレーザアニール装置10では、第1照射や第2照射で出射する第1レーザビームスポットLBS1や第2レーザビームスポットLBS2の形状を任意に形成することが容易になり、レーザアニール処理を行う領域の大きさに容易に追従できる。

[0073] 本実施の形態では、第1レーザ光源部12A、第2レーザ光源部12Bが

半導体レーザを用いるため、装置の軽量化を図ることができ、被処理基板 1 を固定し、第 1 レーザ光源部 1 2 A、第 2 レーザ光源部 1 2 B、およびレーザビーム照射部 1 3 を移動させる構成としてもよい。このため、装置のフットプリントの増加を抑制できる。

[0074] (レーザアニール方法に用いる他のレーザアニール装置)

図 8 は、本発明の実施の形態に係るレーザアニール方法に用いることができる M L A レーザアニール装置の結像光学系を示す。図 9 は、この M L A レーザアニール装置の結像光学系に用いるマスク 2 8 を示す。この M L A レーザアニール装置においても、上記実施の形態に係るレーザアニール装置 1 0 と同様に第 1 レーザ光源部 1 2 A と第 2 レーザ光源部 1 2 B を備える。

[0075] この M L A レーザアニール装置においては、図 9 に示すように、マスク 2 8 において、第 1 レーザビームスポット L B S 1 を形成する第 1 照射用開口部 2 8 S 1 と、第 2 レーザビームスポット L B S 2 を形成するための第 2 照射用開口部 2 8 S 2 と、が形成されている。第 1 照射用開口部 2 8 S 1 は、種結晶領域 5 A を形成するために用いられ、第 2 照射用開口部 2 8 S 2 は、疑似単結晶シリコン膜 5 B を形成するために用いる。

[0076] [その他の実施の形態]

以上、実施の形態について説明したが、この実施の形態の開示の一部をなす論述および図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例および運用技術が明らかとなろう。

[0077] 上記の実施の形態では、図 4 に示したように、種結晶領域 5 A を形成する第 1 照射の際に、第 2 照射を停止した状態としたが、第 1 照射と第 2 照射を同時に混合した状態で行ってもよい。また、図 6 に示すように、種結晶領域 5 A を形成した後は、第 1 照射を停止して第 2 照射のみを行ったが、第 1 照射を停止させずに両方の照射を行うことも可能である。

[0078] 上記の実施の形態では、図 4 から図 7 に示すように、第 2 レーザビームスポット L B S 2 を略 V 字形状としたが、このような形状に限定されるもので

はない。第1レーザビームスポットLBS1は、第2レーザビームスポットLBS2よりも、被処理基板1の搬送方向Tの下流側に配置することが好ましいが、第2レーザビームスポットLBS2の照射により非晶質シリコン膜5が速い速度で溶融する条件であればこの限りではない。また、第1レーザビームスポットLBS1および第2レーザビームスポットLBS2の形状は、第1レーザビームスポットLBS1が改質領域の一部を通過するように配置し、第2レーザビームスポットLBS2が改質領域の全面を通過するように形成することができる範囲であれば、各種の形状のものを用いることができる。

[0079] 上記の実施の形態では、DMD18を用いたが、空間光変調器としては、光シャッタ機能を有する液晶セル、グレーティングライトバルブ（GLV：Grating Light Valve、シリコン・ライト・マシンズ社の登録商標）、薄膜マイクロミラーアレイ（TMA：Thin-film Micro mirror Array）などを用いることも可能である。また、上記の実施の形態では、空間光変調器を用いたが、単に集光レンズを用いて第1レーザビームスポットLBS1を作ってもよいし、シリンドリカルレンズをV字型になるように配置して第2レーザビームスポットLBS2を形成することも可能である。

[0080] 上記の実施の形態では、結晶化シリコン膜として、疑似単結晶シリコン膜5Bを形成したが、種結晶領域から多結晶シリコン膜を成長させる構成としても勿論よい。この場合も、種結晶領域を起点として、良質な多結晶シリコン膜を形成することが可能となる。

符号の説明

[0081] LB レーザビーム

T 搬送方向

1 被処理基板

2 ガラス基板

3 ゲート配線

4 ゲート絶縁膜

5 非晶質シリコン膜

5 A 種結晶領域

5 B 疑似単結晶シリコン膜（改質領域：結晶化シリコン膜）

5 G B 粒界

1 0 レーザアニール装置

1 1 基台

1 2 A 第1レーザ光源部

1 2 B 第2レーザ光源部

1 3 レーザビーム照射部

1 4 制御部

1 5 第2半導体レーザ

1 7 光出射部

1 8 デジタルマイクロミラーデバイス（DMD、空間光変調器）

1 9 ダンパ

2 0 マイクロレンズアレイ

2 1 投影レンズ

2 2 駆動基板

2 3 マイクロミラー

2 5 第1半導体レーザ

2 6 光出射部

2 7 ミラー

2 8 マスク

請求の範囲

- [請求項1] レーザビームのビームスポットに対して、非晶質シリコン膜が表面に成膜された被処理基板を相対的に移動させ、前記非晶質シリコン膜を前記ビームスポットで照射して結晶化シリコン膜に改質させるレーザアニール方法であって、
- 前記非晶質シリコン膜の表面に、非晶質シリコンに吸収される波長域の第1レーザ光でなる第1レーザビームスポットを照射して、非晶質シリコンを溶融させる第1照射を行って種結晶領域を形成する種結晶領域形成工程と、
- 前記種結晶領域に前記第1照射を行ってシリコンを溶融させた状態で、溶融されたシリコンに吸収される波長域の第2レーザ光でなる第2レーザビームスポットを、前記第1レーザビームスポットと隣接する領域に照射する第2照射を行い、前記種結晶領域を起点として当該種結晶領域と連続する改質領域の結晶化シリコンを成長させる改質領域形成工程と、
- を備えるレーザアニール方法。
- [請求項2] 前記第1レーザ光の波長域は、近紫外から可視光であり、
- 前記第2レーザ光の波長域は、可視光以上である
- 請求項1に記載のレーザアニール方法。
- [請求項3] 前記第1レーザ光および前記第2レーザ光は、それぞれ半導体レーザから発振される
- 請求項1または請求項2に記載のレーザアニール方法。
- [請求項4] 前記第1レーザ光のパワー密度は、前記第2レーザ光のパワー密度よりも低い
- 請求項1から請求項3のいずれか一項に記載のレーザアニール方法。
- [請求項5] 前記第1レーザビームスポットは、前記第2レーザビームスポットよりも、前記被処理基板の搬送方向の同じ位置か下流側に配置する

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のレーザアニール方法

。

[請求項6] 前記第 1 レーザビームスポットを、前記改質領域の一部を通過するように配置し、

前記第 2 レーザビームスポットを、前記改質領域の全面を通過するように形成する

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のレーザアニール方法

。

[請求項7] 複数の前記第 2 レーザビームスポットが、前記第 1 レーザビームスポットから延びるように形成する

請求項 5 または請求項 6 に記載のレーザアニール方法。

[請求項8] 前記第 2 レーザビームスポットは、前記第 1 レーザビームスポットから前記被処理基板の搬送方向の斜め上流側へ向けて延びるように配置されている

請求項 5 から請求項 7 のいずれか一項に記載のレーザアニール方法

。

[請求項9] レーザビームのビームスポットに対して、非晶質シリコン膜が表面に成膜された被処理基板を相対的に移動するように設定され、前記非晶質シリコン膜を前記ビームスポットで前記レーザビームを照射して結晶化シリコン膜に改質させるレーザアニール装置であって、

前記非晶質シリコン膜に吸収される波長域の第 1 レーザ光を発振する第 1 光源部と、

熔融されたシリコンに吸収される波長域の第 2 レーザ光を発振する第 1 光源部と、

を備え、

前記第 1 レーザ光でなる第 1 レーザビームスポットを照射して前記非晶質シリコン膜を熔融させ、前記第 1 レーザ光により熔融されたシリコンに前記第 2 レーザ光でなる第 2 レーザビームスポットを、前記

第1レーザビームスポットと隣接する領域に照射する
レーザアニール装置。

[請求項10] 前記第1レーザ光の波長域は、近紫外から可視光であり、
前記第2レーザ光の波長域は、可視光以上である
請求項9に記載のレーザアニール装置。

[請求項11] 前記第1レーザ光および前記第2レーザ光は、それぞれ半導体レーザから発振される
請求項9または請求項10に記載のレーザアニール装置。

[請求項12] 前記第1レーザ光のパワー密度は、前記第2レーザ光のパワー密度よりも低く設定されている
請求項9から請求項11のいずれか一項に記載のレーザアニール装置。

[請求項13] 前記第1レーザビームスポットは、前記第2レーザビームスポットよりも、前記被処理基板の搬送方向の同じ位置か下流側に配置されている
請求項9から請求項12のいずれか一項に記載のレーザアニール装置。

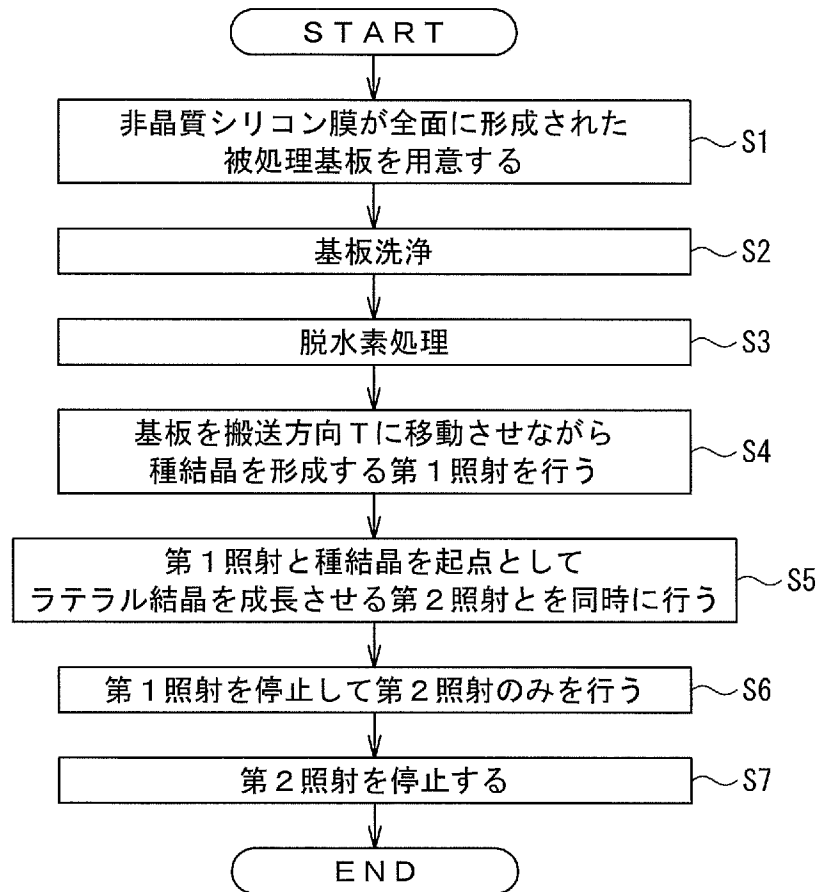
[請求項14] 前記第1レーザビームスポットは、改質領域の一部を通過するように配置され、
前記第2レーザビームスポットは、前記改質領域の全面を通過するように形成されている
請求項9から請求項13のいずれか一項に記載のレーザアニール装置。

[請求項15] 複数の前記第2レーザビームスポットが前記第1レーザビームスポットから延びるように形成される
請求項13または請求項14に記載のレーザアニール装置。

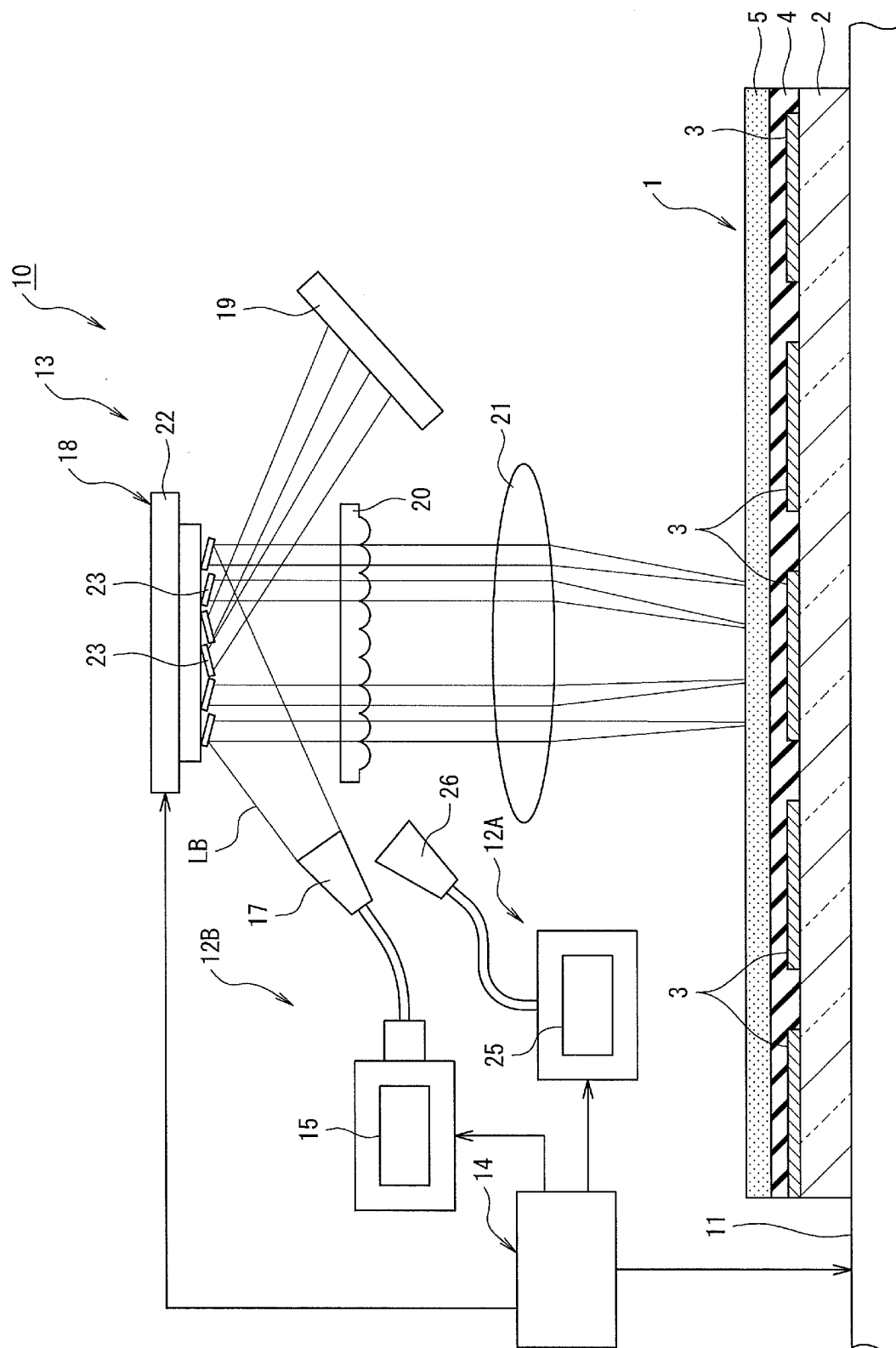
[請求項16] 前記第2レーザビームスポットは、前記第1レーザビームスポットから前記被処理基板の搬送方向の斜め上流側へ向けて延びるように配

置されている 請求項 1 3 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載のレーザーアニール装置。

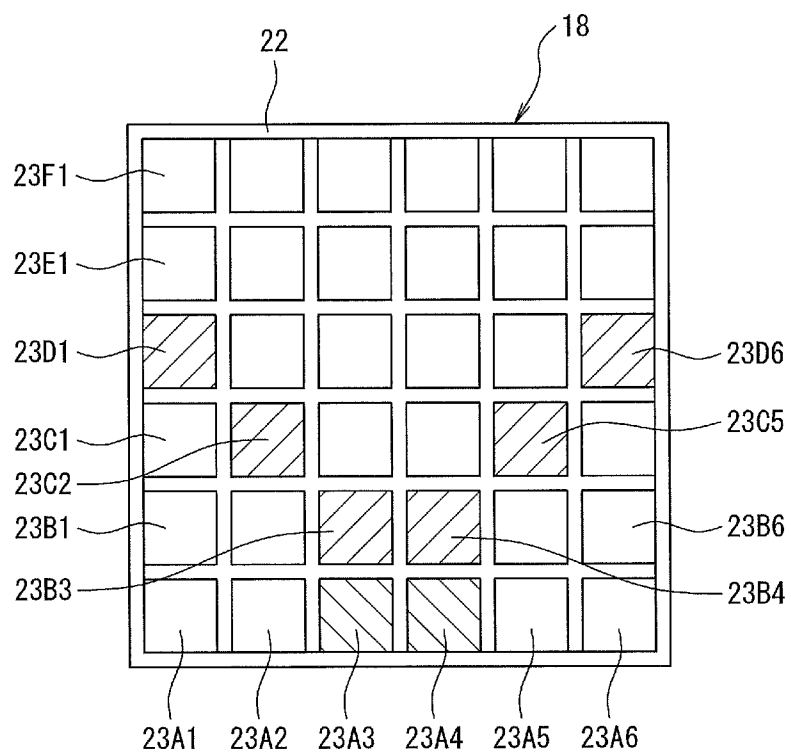
[図1]



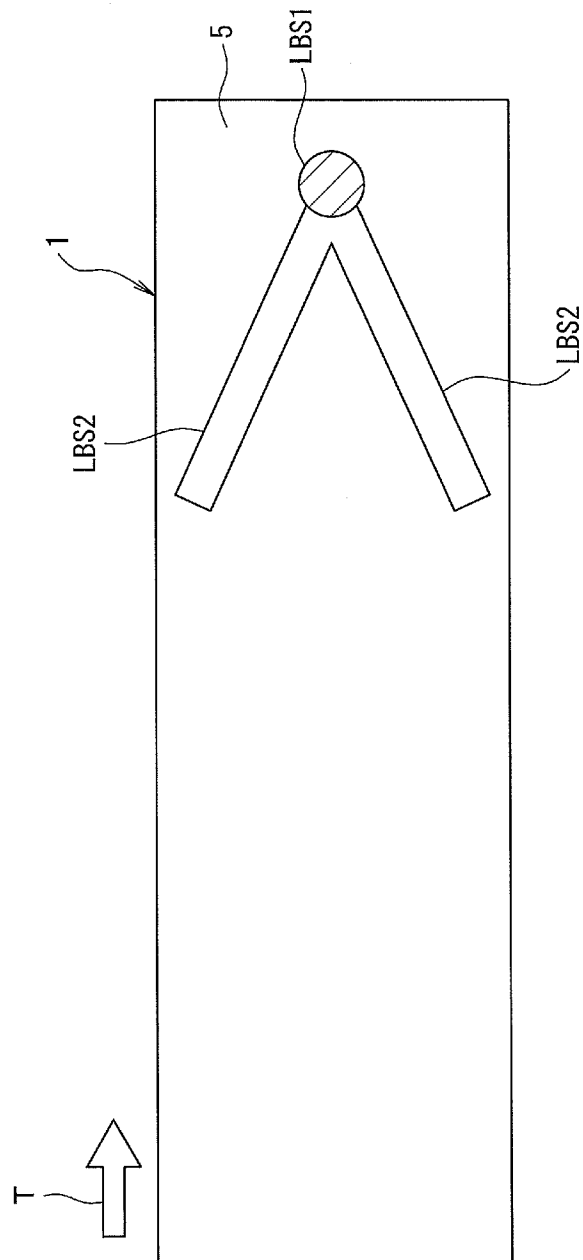
[図2]



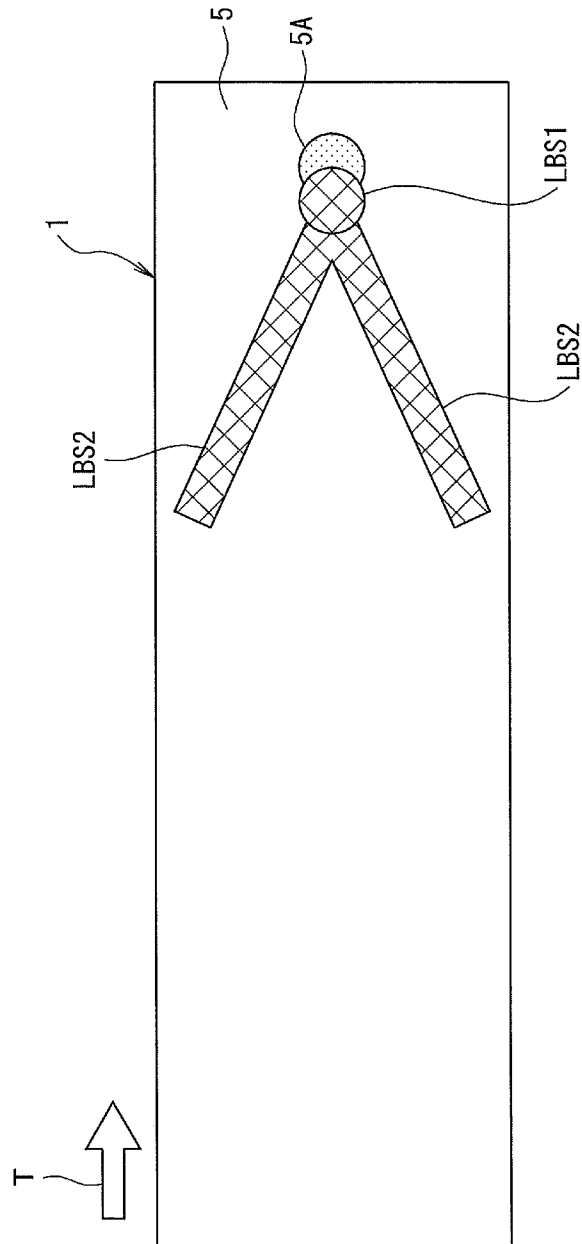
[図3]



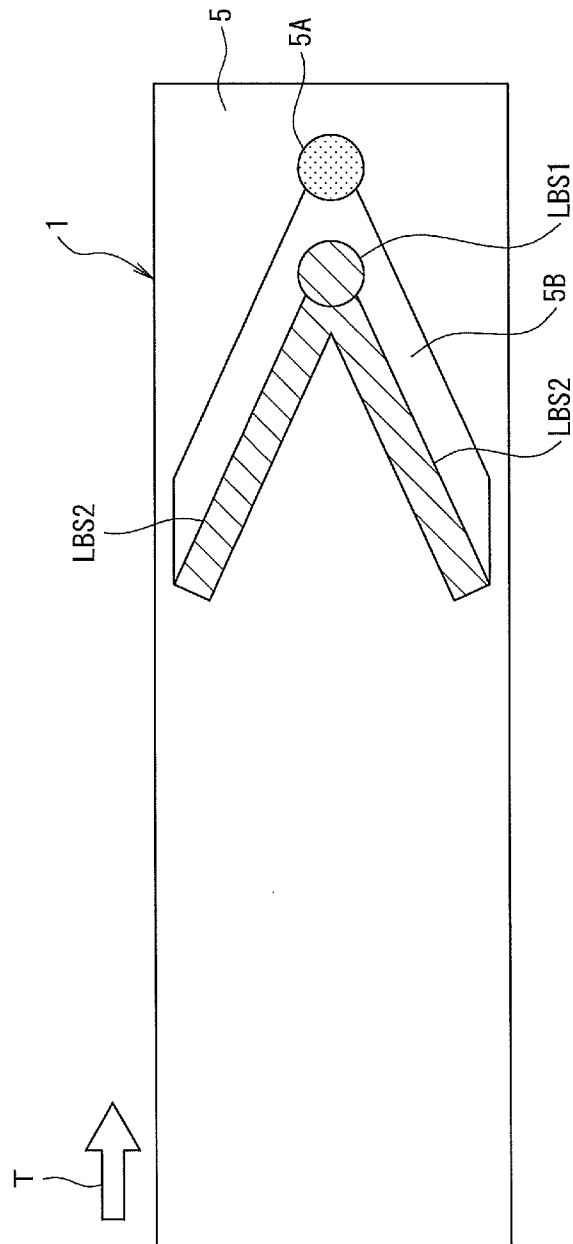
[図4]



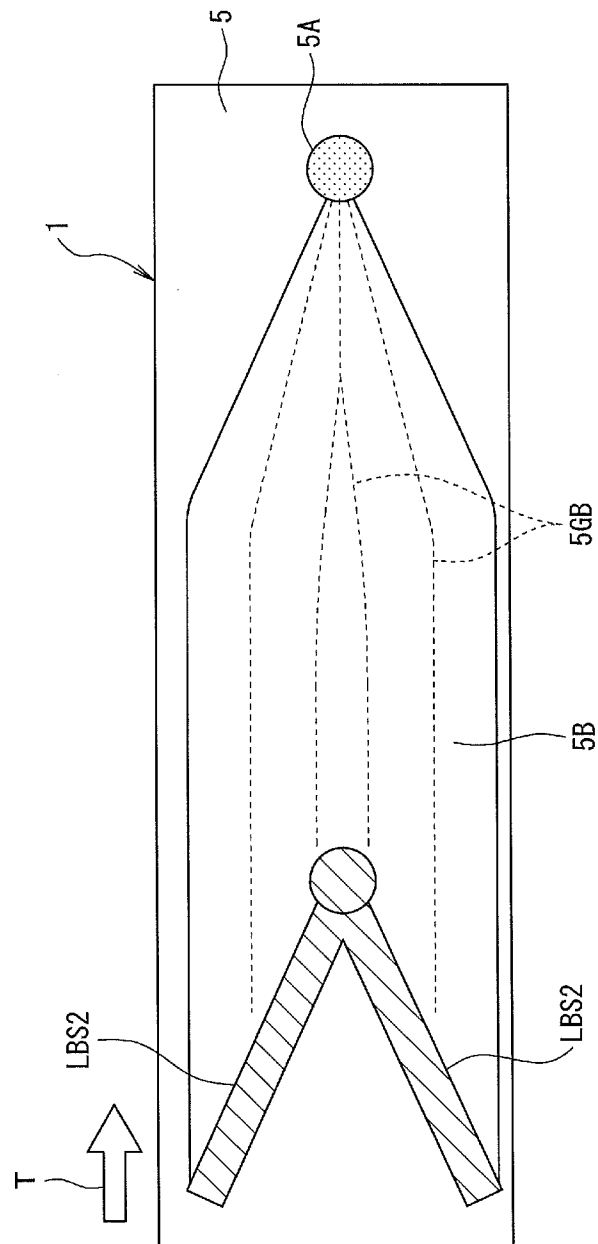
[図5]



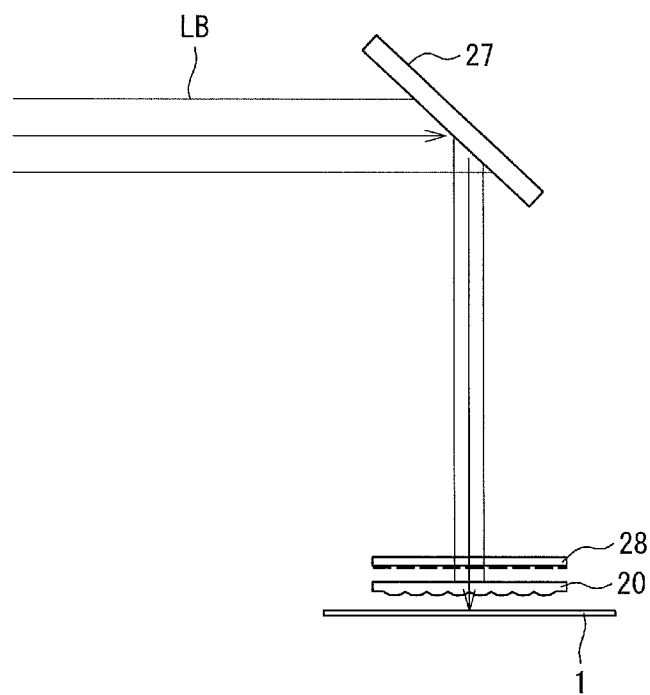
[図6]



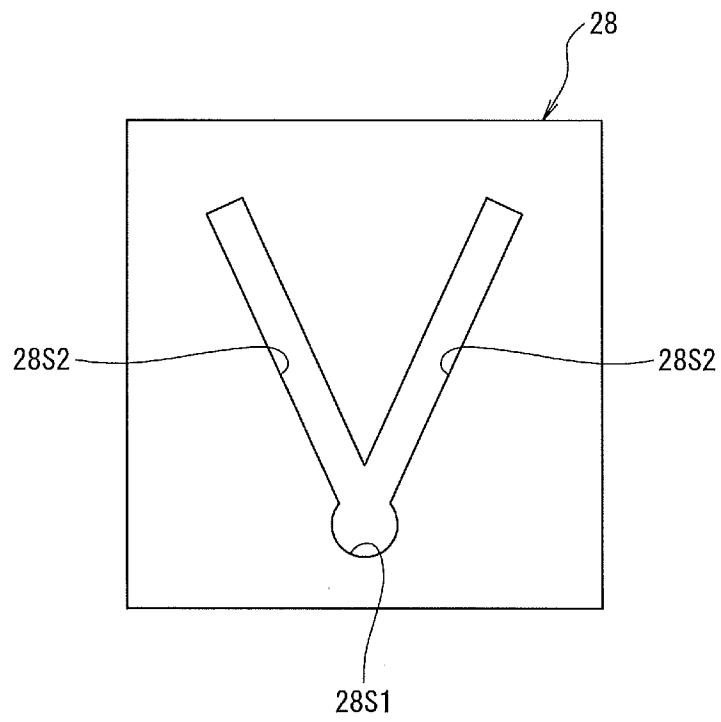
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/047137

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/20 (2006.01) i, H01L21/268 (2006.01) i
FI: H01L21/20, H01L21/268 F

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)

Int. Cl. H01L21/20, H01L21/268

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2008-085236 A (HITACHI COMPUTER PERIPHERALS CO., LTD.) 10 April 2008, paragraphs [0015]-[0028], fig. 1-4, paragraphs [0015]-[0028], fig. 1-4	1-6, 9-14
Y		7-8, 15-16
Y	JP 2017-017292 A (SHIMANE UNIVERSITY) 19 January 2017, paragraph [0034]	7-8, 15-16
Y	JP 2003-100628 A (SHARP CORP.) 04 April 2003, paragraph [0024]	7-8, 15-16
Y	JP 2002-057105 A (NEC CORP.) 22 February 2002, paragraph [0046]	7-8, 15-16

☐ 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
28.01.2020

Date of mailing of the international search report
10.02.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2019/047137

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2008-085236 A	10.04.2008	(Family: none)	
JP 2017-017292 A	19.01.2017	(Family: none)	
JP 2003-100628 A	04.04.2003	(Family: none)	
JP 2002-057105 A	22.02.2002	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/20(2006.01)i; H01L 21/268(2006.01)i FI: H01L21/20; H01L21/268 F		
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）） H01L21/20; H01L21/268 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2008-085236 A（日立コンピュータ機器株式会社）10.04.2008（2008-04-10） [0015]-[0028], 図1-4	1-6, 9-14
Y	[0015]-[0028], 図1-4	7-8, 15-16
Y	JP 2017-017292 A（国立大学法人島根大学）19.01.2017（2017-01-19） [0034]	7-8, 15-16
Y	JP 2003-100628 A（シャープ株式会社）04.04.2003（2003-04-04） [0024]	7-8, 15-16
Y	JP 2002-057105 A（日本電気株式会社）22.02.2002（2002-02-22） [0046]	7-8, 15-16
☐ 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 28.01.2020		国際調査報告の発送日 10.02.2020
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 聡一郎 50 1163 電話番号 03-3581-1101 内線 3516

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/JP2019/047137

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2008-085236	A	10.04.2008	(ファミリーなし)	
JP	2017-017292	A	19.01.2017	(ファミリーなし)	
JP	2003-100628	A	04.04.2003	(ファミリーなし)	
JP	2002-057105	A	22.02.2002	(ファミリーなし)	