

(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
2022年5月19日(19.05.2022)



(10) 国際公開番号

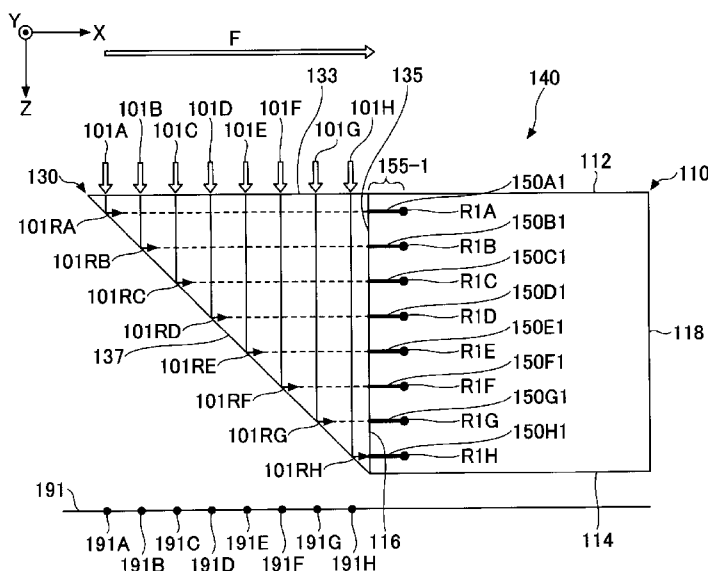
WO 2022/102452 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/53 (2014.01) *C03B 33/09* (2006.01)
B28D 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/040232
- (22) 国際出願日: 2021年11月1日(01.11.2021)
- (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 2020-189672 2020年11月13日(13.11.2020) JP
- (71) 出願人: A G C 株式会社 (AGC INC.) [JP/JP];
〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 磯 岳成 (ISO, Takashige); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社内 Tokyo (JP). 及川 誠二 (OIKAWA, Seiji); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16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,

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING TRANSPARENT MEMBER

(54) 発明の名称: 透明部材を加工する方法

[図4]



(57) Abstract: Provided is a method for processing a transparent member, said transparent member having a first surface which extends perpendicularly to the irradiation direction of laser light, and a second surface and third surface which are connected to the first surface, said method comprising a step for irradiation with the laser light from a direction perpendicular to the first surface and scanning the laser light along a direction parallel to the first surface, wherein the second surface of the transparent member is an inclined surface, or a inclined surface is disposed on the second surface

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
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,
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, 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))

side of the transparent member, and the laser light is reflected by the inclined surface toward the third surface of the transparent member, such that a modified region is formed in the third surface of the transparent member, from the first surface to the lower end of the third surface, in the irradiation direction of the laser light and in a region that is 2 mm deep from the third surface.

(57) 要約：透明部材を加工する方法であって、前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第2の表面および第3の表面とを有し、前記第1の表面に対して垂直な方向からレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に沿って走査する工程であって、前記透明部材の前記第2の表面は、傾斜面であり、または前記透明部材の前記第2の表面の側には、傾斜面が配置され、前記傾斜面で前記レーザ光を、前記透明部材の前記第3の表面の方向に反射させることにより、前記透明部材の前記第3の表面において、前記第3の表面から深さ2mmまでの領域に、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端にわたって改質領域を形成する工程を有する方法。

明 細 書

発明の名称：透明部材を加工する方法

技術分野

[0001] 本発明は、透明部材を加工する方法に関する。

背景技術

[0002] 超短パルスレーザ光を用いて、ガラス基板を切断・分離し、切断片を形成する方法が知られている（例えば特許文献１）。

[0003] 透明部材に超短パルスレーザ光を照射した場合、透明部材の内部に、レーザ光の照射方向に沿って改質部が形成される。従って、レーザ光を走査することにより、複数の改質部を含む改質面を形成することができる。また、この改質面に沿って、透明部材を切断することにより、切断片を分離することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特表２０１６－５２０５０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の方法を用いて、透明部材から物品を形成（割断）した際に、しばしば、物品が目標とする位置で割断されないという問題が生じ得る。特に、物品の端面では、割断位置が目標位置からずれる傾向が高くなり、この場合、所望の形状の物品が得られなくなる可能性が生じる。

[0006] 本発明は、このような背景に鑑みなされたものであり、本発明では、より高い精度で、透明部材を加工する方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明では、透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第１の表面と、前記第１の表面に接続された第２の表面および第３の表面とを有し、

前記第 1 の表面に対して垂直な方向からレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第 1 の表面と平行な方向に沿って走査する工程であって、

前記透明部材の前記第 2 の表面は、傾斜面であり、または前記透明部材の前記第 2 の表面の側には、傾斜面が配置され、

前記傾斜面で前記レーザ光を、前記透明部材の前記第 3 の表面の方向に反射させることにより、

前記透明部材の前記第 3 の表面において、前記第 3 の表面から深さ 2 mm までの領域に、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 3 の表面の下端にわたって改質領域を形成する工程

を有する方法が提供される。

[0008] また、本発明では、透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第 1 の表面と、前記第 1 の表面に接続された第 1 の側面および第 2 の側面とを有し、前記透明部材の前記第 1 の側面の側には、前記第 1 の側面に対面または接触するように反射部材が設けられ、

(1) 前記第 1 の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第 1 の表面と平行な方向に走査し、

前記焦点深さは、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から、前記第 2 の側面の下端よりも遠い位置に設定され、前記レーザ光は、前記反射部材で反射され、前記第 1 の側面に入射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも 2 回実施され、

第 1 のレーザ光の照射および走査では、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 2 の側面の下端にわたって、第 1 の改質領域が形成され、第 2 のレーザ光の照射および走査では、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 2 の側面の下端にわたって、第 2 の改質領域が形成され、

前記第 1 または第 2 の改質領域は、前記第 2 の側面の表面から深さ 2 mm

までの領域に形成され、

(2) 前記第1の改質領域および前記第2の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、前記透明部材を加工する、方法が提供される。

[0009] さらに、本発明では、透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第2の表面および第3の表面を有し、前記第2の表面は、傾斜面であり、

(1) 前記第1の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に走査し、

前記焦点深さは、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端の間の深さ位置に設定され、前記レーザ光は、前記第2の表面で反射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも2回実施され、

第1のレーザ光の照射および走査では、前記第1のレーザ光の走査方向において、前記第2の表面から前記第3の表面にわたって、第1の改質領域が形成され、

第2のレーザ光の照射および走査では、前記第3の表面から深さ2 mmまでの領域に、前記第2のレーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端にわたって、第2の改質領域が形成され、

(2) 前記第1の改質領域および前記第2の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、前記透明部材を加工する、方法が提供される。

発明の効果

[0010] 本発明では、より高い精度で、透明部材を加工する方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]従来の方法により、透明部材から物品を分離する際の問題を説明するための概略図である。

[図2]本発明の一実施形態による方法に使用され得る透明部材の形状を模式的に示した斜視図である。

[図3]本発明の一実施形態による、透明部材を加工する方法のフローを概略的に示した図である。

[図4]本発明の一実施形態による方法の一工程を模式的に示した図である。

[図5]本発明の一実施形態による方法の一工程を模式的に示した図である。

[図6]本発明の一実施形態による方法の一工程を模式的に示した図である。

[図7]本発明の別の実施形態による方法に使用され得る透明部材の形状を模式的に示した斜視図である。

[図8]本発明の別の実施形態による、透明部材を加工する方法のフローを概略的に示した図である。

[図9]本発明の別の実施形態による方法の一工程を模式的に示した図である。

[図10]本発明の別の実施形態による方法の一工程を模式的に示した図である。

。

[図11]本発明の別の実施形態による方法の一工程を模式的に示した図である。

。

[図12]本発明の別の実施形態による方法により、透明部材の内部に形成された改質領域の態様の一例を模式的に示した図である。

[図13]本発明の一実施形態による方法により得られた、ガラス部材の断面の一例を示した写真である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

[0013] 前述のように、従来の方法では、透明部材から物品を割断した際に、しばしば、物品が目標とする位置で割断されないという問題が生じ得る。特に、物品の端面では、割断位置が目標位置からずれる傾向が高くなり、この場合、所望の形状の物品が得られなくなる可能性が生じる。

[0014] 図1を用いて、このような問題の要因について検討する。

[0015] 図1には、従来の方法により、透明部材を割断する際の一工程を模式的に

示す。

[0016] 図1に示すように、この方法では、超短パルスレーザ光1を用いて、透明部材10が加工される。透明部材10は、上面12、下面14および側面16を有する。切断の際には、透明部材10の上面12の側から、レーザ光1が垂直に照射される。また、レーザ光1は、上面12にわたって矢印Fの方向に走査される。

[0017] ここで、レーザ光1が図1の左の位置にある場合、レーザ光1の光束1Aは、透明部材10の下面14の点C1で焦点化される。従って、透明部材10には、点C1を通るように、上面12から下面14にわたって、改質部50が形成される。

[0018] なお、図1では、改質部50は、線状に記載されている。ただし、実際には、改質部50は、走査方向Fの方向に、ある程度の幅を有する領域として形成される。従って、レーザ光1を矢印Fの方向に走査させることにより、複数の改質部50を含む改質面が形成される。

[0019] ただし、レーザ光1が図1の右の位置にある場合、レーザ光1の光束1Bは、透明部材10の下面14で焦点化することができなくなる。この位置では、レーザ光1の光束1Bの右端側が、上面12ではなく、側面16に入射される結果、光束1Bの右端が、光束1Bの左端の集束点C2とは異なる点C3に集束されるためである。

[0020] このような現象のため、透明部材10の側面16では、上面12から下面14にわたって、適正な改質部を形成することは難しくなる。透明部材10の側面16とは反対の側面（図示されていない）においても、同様の現象が生じる。

[0021] その結果、レーザ光1の照射後には、側面16の側に適正な改質部を有しない透明部材10が得られる。従って、その後、そのような透明部材10を改質面に沿って切断した場合、端面（側面16）では、所望の位置に沿った分離を行うことができなくなってしまう。

[0022] 以上のことから、従来の方法では、所望の形状の物品を得ることが難しい

場合がある。特に、透明部材が厚い場合、このような問題は、より顕著になる。

[0023] これに対して、本発明の一実施形態では、透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第2の表面および第3の表面とを有し、

前記第1の表面に対して垂直な方向からレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に沿って走査する工程であって、

前記透明部材の前記第2の表面は、傾斜面であり、または前記透明部材の前記第2の表面の側には、傾斜面が配置され、

前記傾斜面で前記レーザ光を、前記透明部材の前記第3の表面の方向に反射させることにより、

前記透明部材の前記第3の表面において、前記第3の表面から深さ2 mmまでの領域に、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端にわたって改質領域を形成する工程

を有する方法が提供される。

[0024] 本発明の一実施形態では、透明部材の第2の表面の側に、傾斜面が配置される。この傾斜面は、透明部材とは別の部材により提供されてもよい。あるいは、傾斜面は、透明部材の第2の表面そのものであってもよい。

[0025] また、本発明の一実施形態では、前記透明部材に、第1の表面に対して垂直な方向から入射されるレーザ光は、傾斜面によって反射される。この反射されたレーザ光は、透明部材の内部を、第3の表面に向かって進行する。

[0026] 従って、レーザ光の焦点深さを調整することにより、レーザ光を第1の表面に平行な方向に沿って走査した際に、透明部材の第3の表面の近傍に、レーザ光の照射方向において、第1の表面から第3の表面の下端にわたって延伸する改質領域を形成することができる。

具体的には、第3の表面から深さ2 mmまでの領域に、第1の表面から第3の表面の下端にわたって延伸する改質領域を形成することができる。

[0027] ここで、「対象の表面から深さ 2 mm までの領域に改質領域を形成する」とは、改質領域の対象の表面に近い方の先端が、前記対象の表面から深さ 2 mm までの領域内に存在することを意味する。従って、「表面から深さ 2 mm までの領域に改質領域を形成する」という表現は、必ずしも、対象の表面から深さ 2 mm までの領域全体に、改質領域が形成されることを意味しない。なお、通常、改質領域の対象の表面から遠い側の先端は、別のレーザ光の照射により生じた改質領域との重なりの結果、しばしば、正確に判別できないことが生じ得る。

[0028] 本願では、以降、改質領域の対象の表面に近い方の先端が、前記対象の表面から深さ 2 mm までの領域内に存在する改質領域を、特に「端面改質領域」とも称する。

[0029] 改質領域の対象の表面に近い方の先端は、対象の表面上にある（すなわち深さ 0 の位置にある）ことが好ましい。

[0030] また、第 3 の表面の「下端」とは、第 3 の表面の端部のうち、第 1 の表面とは反対側にある端部を意味する。例えば、図 1 に示す透明部材 10 の場合、側面 16 の「下端」は、側面 16 が下面 14 と接触する位置に相当する。

[0031] また、本願において、レーザ光の照射方向に関して使用される「垂直」という用語は、レーザ光の照射方向と被照射面とのなす角度が厳密に 90° である場合の他、なす角度が $75^\circ \sim 105^\circ$ の範囲を含むものとする。なす角度は、好ましくは $80^\circ \sim 100^\circ$ であり、より好ましくは $85^\circ \sim 95^\circ$ であり、最も好ましくは 90° である。

[0032] 本発明の一実施形態では、レーザ光の焦点深さを変えて、前述のようなレーザ光の照射および走査を繰り返すことにより、透明部材の内部に、端面改質領域を含む改質面を形成することができる。従って、その後、改質面に沿って、透明部材に外力を加えることにより、透明部材を割断することができる。

[0033] 本発明の一実施形態による方法では、透明部材の第 3 の表面の端部には、端面改質領域が形成される。このため、透明部材を改質面に沿って割断した

際に、端面側が目的としない位置で分断される可能性を有意に抑制することができる。従って、本発明の一実施形態による方法では、より高い精度で透明部材を割断することが可能となる。

[0034] 特に、本発明の一実施形態による方法では、透明部材が厚い場合であっても、高い精度で透明部材を割断することが可能となる。

[0035] なお、本願において、「改質領域」とは、レーザ光によって改質された透明部材の領域を意味する。「改質領域」には、通常、ボイドおよび／または微細亀裂が形成される。また、「改質部」とは、レーザ光の進行方向に沿って形成された、透明部材の表面および内部における略線状の改質部分を意味する。「改質部」にも、通常、ボイドおよび／または微細亀裂が形成される。

[0036] 「改質領域」と「改質部」の主な違いは、「改質部」がレーザ光の透明部材内の進行方向に沿って延伸する方向性を有するのに対して、「改質領域」は、必ずしもそのような方向性を有しないことである。すなわち、「改質部」は、レーザ光の透明部材内の進行方向に沿って延在する。一方、「改質領域」は、レーザ光の透明部材内の進行方向とは異なる方向に沿って延在し、例えばレーザ光の透明部材内の進行方向に対して垂直な方向（例えば、レーザ光の走査方向）に延在する。通常の場合、複数の「改質部」が所定の方に配列されることにより、前記所定の方に延在する「改質領域」が形成される。

[0037] なお、レーザ光の進行方向は、透明部材の内部に生じるレーザ痕を観察することにより判断できる。

[0038] また、本発明の一実施形態では、透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第1の側面および第2の側面とを有し、前記透明部材の前記第1の側面の側には、前記第1の側面に対面または接触するように反射部材が設けられ、

(1) 前記第1の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレ

ーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第 1 の表面と平行な方向に走査し、

前記焦点深さは、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から、前記第 2 の側面の下端よりも遠い位置に設定され、前記レーザ光は、前記反射部材で反射され、前記第 1 の側面に入射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも 2 回実施され、

第 1 のレーザ光の照射および走査では、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 2 の側面の下端にわたって、第 1 の改質領域が形成され、第 2 のレーザ光の照射および走査では、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 2 の側面の下端にわたって、第 2 の改質領域が形成され、

前記第 1 または第 2 の改質領域は、前記第 2 の側面の表面から深さ 2 mm までの領域に形成され、

(2) 前記第 1 の改質領域および前記第 2 の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、前記透明部材を加工する、方法が提供される。

[0039] このような実施形態は、例えば、直方体形状の透明部材を切断する際に有意である。

[0040] なお、本願において、レーザ光の照射方向に関して使用される「平行」と言う用語は、レーザ光の照射方向と被照射面とが厳密に平行である場合の他、両者のなす角度が $\pm 15^\circ$ 以内の範囲を含むものとする。両者のなす角度は、好ましくは $\pm 10^\circ$ 以内であり、より好ましくは $\pm 5^\circ$ 以内であり、最も好ましくは 0° である。

[0041] また、本発明の一実施形態では、透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第 1 の表面と、前記第 1 の表面に接続された第 2 の表面および第 3 の表面を有し、前記第 2 の表面は、傾斜面であり、

(1) 前記第 1 の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第 1 の表面と平行な方向に走査し、

前記焦点深さは、前記レーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 3 の表面の下端の間の深さ位置に設定され、前記レーザ光は、前記第 2 の表面で反射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも 2 回実施され、

第 1 のレーザ光の照射および走査では、前記第 1 のレーザ光の走査方向において、前記第 2 の表面から前記第 3 の表面にわたって、第 1 の改質領域が形成され、

第 2 のレーザ光の照射および走査では、前記第 3 の表面から深さ 2 mm までの領域に、前記第 2 のレーザ光の照射方向において、前記第 1 の表面から前記第 3 の表面の下端にわたって、第 2 の改質領域が形成され、

(2) 前記第 1 の改質領域および前記第 2 の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、前記透明部材を加工する、方法が提供される。

[0042] このような実施形態は、例えば、傾斜面を有する角柱状の透明部材を切断する際に有意である。

[0043] (本発明の一実施形態による方法が適用され得る透明部材)

本発明の一実施形態による方法に使用される透明部材は、透明である限り、特に限られない。例えば、透明部材は、レーザ光の少なくとも一部が線形吸収形態で伝達されるような吸収スペクトルおよび厚さを有する部材であればよい。透明部材は、例えば、ガラスで構成されてもよい。

[0044] また、透明部材は、いかなる形状を有してもよい。透明部材は、例えば、板状、ブロック状、または棒状であってもよい。

[0045] 透明部材は、例えば、直方体形状または角柱形状（例えば三角柱または四角柱など）を有してもよい。

[0046] 透明部材の厚さは、特に限られない。透明部材の厚さは、例えば、1 mm 以上であり、2 mm 以上であることが好ましく、5 mm 以上であることがより好ましい。透明部材の厚さは、例えば 19 mm 以下であってもよい。前述のように、本発明の一実施形態では、「厚い」透明部材に対しても、適正な

位置で切断を行うことができる。

[0047] なお、透明部材の「厚さ」とは、透明部材の最も短い寸法を意味する。例えば、透明部材が直方体の場合、厚さは、縦、横、および高さの寸法のうち、最も短い寸法を表す。また、透明部材が角柱の場合、通常、厚さは、延伸軸に垂直な断面における各辺の中の最小寸法である。

[0048] (レーザ光)

本発明の一実施形態による方法に使用されるレーザ光は、透明部材の内部に改質領域を形成することができる限り、特に限られない。

[0049] レーザ光は、例えば、パルス幅がフェムト秒オーダー～ナノ秒オーダー、すなわち $1.0 \times 10^{-15} \sim 9.9 \times 10^{-9}$ 秒の短パルスレーザである。短パルスレーザは、バーストパルスであることが好ましい。短パルスレーザの平均出力は、例えば 30 W 以上である。

[0050] バーストパルスのレーザ光のレーザ出力は、定格 (50 W) の 90 % 程度、バーストの周波数は 60 kHz 程度、バーストの時間幅は 20 ピコ秒～165 ナノ秒が挙げられる。バーストの時間幅としては、好ましい範囲として、10 ナノ秒～100 ナノ秒が挙げられる。

[0051] なお、レーザ光の走査は、一つの焦点深さに対して 1 回だけ実施されても、複数回実施されてもよい。

[0052] 本発明の一実施形態により透明部材を加工して得られる物品は、例えば光学部材である。

[0053] (本発明の一実施形態による透明部材を加工する方法)

以下、図 2～図 6 を参照して、本発明の一実施形態による透明部材を加工する方法について、より詳しく説明する。

[0054] 図 2 には、本発明の一実施形態による方法に用いられ得る透明部材の模式的な斜視図を示す。

[0055] 図 2 に示すように、この透明部材 110 は、実質的に直方体形状を有する。すなわち、透明部材 110 は、相互に対向する第 1 の表面 112 および第 2 の表面 114 と、4 つの側面 115、116、117 および 118 とを有

する。側面 115 と側面 117 は、相互に対向しており、側面 116 と側面 118 も、相互に対向している。なお、側面 116 および側面 118 を、それぞれ、特に、「第 1 の側面 116」および「第 2 の側面 118」とも称する。

[0056] 透明部材 110 に対して、図 2 に示すように、X 方向、Y 方向および Z 方向を定める。この規定によれば、透明部材 110 の第 1 の表面 112 および第 2 の表面 114 は、XY 平面に平行であり、第 1 の側面 116 および第 2 の側面 118 は、YZ 平面に平行である。

[0057] また、図 2 には、透明部材 110 に接触するようにして配置された、反射部材 130 も示されている。

[0058] 反射部材 130 は、略三角柱状の形状を有し、上面 131 および底面 132 と、前記上面 131 および底面 132 の間に延在する 3 つの面とを有する。3 つの面は、それぞれ、第 1 の面 133、第 2 の面 135、および傾斜面 137 と称される。このうち、第 1 の面 133 と第 2 の面 135 は、直交している。一方、傾斜面 137 は、第 1 の面 133 に対して傾斜角 α で傾斜し、第 2 の面 135 に対して傾斜角 β で傾斜するように配置される。

[0059] 図 2 の例では、傾斜角 $\alpha = \beta = 45^\circ$ である。

[0060] 反射部材 130 の傾斜面 137 は、レーザ光を反射する機能を有する。

[0061] 反射部材 130 の第 2 の面 135 は、透明部材 110 の第 1 の側面 116 と同一の形状を有する。

[0062] 反射部材 130 は、透明部材 110 の第 1 の側面 116 の側に設けられる。具体的には、反射部材 130 は、前記反射部材 130 の第 2 の面 135 の全ての辺が、透明部材 110 の第 1 の側面 116 の全ての辺と一致するようにして、透明部材 110 に対して密着して配置される。また、反射部材 130 は、前記反射部材 130 の第 1 の面 133 が、透明部材 110 の第 1 の表面 112 と同一平面となるようにして、透明部材 110 に対して配置される。

[0063] ただし、図 2 に示した反射部材 130 の寸法および透明部材 110 に対す

る配置は、単なる一例である。例えば、反射部材 130 は、第 2 の面 135 が透明部材 110 の第 1 の側面と非接触な状態で配置されてもよい。また、反射部材 130 の第 1 の面 133 は、透明部材 110 の第 1 の表面 112 よりも突出しており、反射部材 130 と透明部材 110 との境界は、段差になっていてもよい。

[0064] 図 3 には、図 2 に示したような透明部材 110 を加工する方法（以下、「第 1 の方法」と称する）のフローを概略的に示す。

[0065] 図 3 に示すように、第 1 の方法は、

（1）透明部材の第 1 の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を第 1 の表面と平行な方向に走査する工程であって、

焦点深さは、第 1 の表面から、第 2 の側面の下端よりも遠い位置に設定され、レーザ光は、反射部材の傾斜面で反射され、透明部材の第 1 の側面に入射され、

前記照射および走査は、焦点深さを変えて、少なくとも 2 回実施され、

第 1 のレーザ光の照射および走査では、第 1 のレーザ光の照射方向において、第 1 の表面から第 2 の側面の下端にわたって、第 1 の改質領域が形成され、

第 2 のレーザ光の照射および走査では、第 2 のレーザ光の照射方向において、第 1 の表面から第 2 の側面の下端にわたって、第 2 の改質領域が形成され、

第 1 または第 2 の改質領域は、第 2 の側面の表面から深さ 2 mm までの領域に形成される、工程（S110）と、

（2）第 1 の改質領域および第 2 の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、透明部材を加工する工程（S120）と、
を有する。

[0066] 以下、図 4～図 6 を参照して、各工程について説明する。

[0067] （工程 S110）

まず、前述の図2に示したような、透明部材110および反射部材130（以下、これらをまとめて、「組立体」140と称する）に、レーザ光が照射される。また、レーザ光が組立体140の上面に沿って走査される。

[0068] 図2には、組立体140に対するレーザ光の走査線L1の一例が模式的に示されている。なお、図2に示した例では、レーザ光の走査線L1は、反射部材130の第1の面133上に留まっており、レーザ光は、透明部材110の第1の表面112上には走査されていない。

[0069] しかしながら、走査線L1をさらに延伸させて、レーザ光を、透明部材110の第1の表面112も含むように走査してもよい。

[0070] 図4には、図2に示した走査線L1を含む切断面に沿った、組立体140の断面を模式的に示す。

[0071] 図4に示すように、レーザ光は、反射部材130の第1の面133（すなわち透明部材110の第1の表面112）に対して垂直に照射される。

[0072] レーザ光は、図4の左から右（X軸の正方向）に沿って、矢印Fの方向に走査される。ただし、前述のように、この例では、レーザ光は、透明部材110の第1の表面112上には走査されない。

[0073] ここで、組立体140が存在しない場合、レーザ光の走査に伴い、レーザ光の焦点は、X軸の正方向に沿って移動する。以下、レーザ光の走査に伴って移動する、この仮想的なレーザ光の焦点の軌跡を、「焦点線191」と称する。

[0074] 焦点線191は、レーザ光の照射方向（図4のZ方向）において、透明部材110の第2の側面118の下端、すなわち第2の表面114よりも遠い位置に設定される。

[0075] ここで、レーザ光が矢印Fの方向に走査されると、最も左側に記載された、組立体140に対して垂直に照射される第1のレーザ光101Aは、反射部材130の傾斜面137で反射され、第1の反射レーザ光101RAとなり、X方向に沿って進行する。

[0076] 第1のレーザ光101Aの焦点は、焦点線191上の点191Aに設定さ

れているため、第1の反射レーザ光101RAは、第1のレーザ光101Aと傾斜面137との交点から焦点位置191Aまでの距離に対応する距離だけ、X方向に進行する。その結果、第1の反射レーザ光101RAは、反射部材130の第2の面135と接する透明部材110の第1の側面116から、透明部材110の内部に進行し、内部の点R1Aで焦点化される。

[0077] これにより、X方向に沿って、点R1Aを含む所定の長さの改質部が形成される。図4では、この改質部は、概略的に線150A1（改質部150A1）で表されている。

[0078] 次に、走査によって、第1のレーザ光101Aよりも右側で照射される第2のレーザ光101Bは、傾斜面137で反射され、第2の反射レーザ光101RBとなり、X方向に沿って進行する。

[0079] 第2のレーザ光101Bの焦点は、焦点線191上の点191Bに設定されているため、第2の反射レーザ光101RBは、第2のレーザ光101Bと傾斜面137との交点から焦点位置191Bまでの距離に対応する距離だけ、X方向に進行する。その結果、第2の反射レーザ光101RBは、透明部材110の内部に進行し、内部の点R1Bで焦点化される。

[0080] これに伴い、X方向に沿って、点R1Bを含む所定の長さの改質部150B1が形成される。

[0081] 以下同様に、第3のレーザ光101C～第8のレーザ光101Hに対応して、透明部材110の内部に、所定の長さの改質部150C1～150H1が形成される。

[0082] その結果、透明部材110の内部に、レーザ光の照射方向（Z方向）、すなわち第1の表面112から第2の表面114に沿って、第1の改質領域155-1が形成される。

[0083] 第1の改質領域155-1の延在方向は、Z方向であり、これは、第1の改質領域155-1に含まれる各改質部150A1～150H1の延在方向（X方向）とは垂直であることに留意する必要がある。

[0084] 次に、レーザ光の焦点深さを変えて、前述の工程S110が繰り返される

。

[0085] 図5には、図4と同様の組立体140の断面が模式的に示されている。ただし、図5では、レーザ光は、組立体140が存在しない場合の走査による焦点の軌跡が、焦点線191ではなく、焦点線192となるように調整される。焦点線192は、レーザ光の照射方向（図5のZ方向）において、反射部材130の第1の面133、すなわち透明部材110の第1の表面112から、焦点線191よりも遠い位置に設定される。

[0086] 本工程においても、最も左側に記載された、反射部材130の第1の面133に対して垂直に照射される第1のレーザ光102Aは、反射部材130の傾斜面137で反射され、第1の反射レーザ光102RAとなり、X方向に沿って進行する。

[0087] 第1のレーザ光102Aの焦点は、焦点線192上の点192Aに設定されているため、第1の反射レーザ光102RAは、第1のレーザ光102Aと傾斜面137との交点から焦点192Aまでの距離に対応する距離だけ、X方向に進行する。その結果、第1の反射レーザ光102RAは、反射部材130の第2の面135と接する透明部材110の第1の側面116から、透明部材110の内部に進行し、点R2Aで焦点化される。

[0088] これに伴い、点R2Aを起点として、X方向に沿って、所定の長さの改質部150A2が形成される。

[0089] 次に、走査によって、第1のレーザ光102Aよりも右側で照射される第2のレーザ光102Bは、傾斜面137で反射され、第2の反射レーザ光102RBとなり、X方向に沿って進行する。

[0090] 第2のレーザ光102Bの焦点は、焦点線192上の点192Bに設定されているため、第2の反射レーザ光102RBは、第2のレーザ光102Bと傾斜面137との交点から焦点位置192Bまでの距離に対応する距離だけ、X方向に進行する。その結果、第2の反射レーザ光102RBは、透明部材110の内部に進行し、点R2Bで焦点化される。

[0091] これに伴い、X方向に沿って、点R2Bを含む所定の長さの改質部150

B 2 が形成される。

[0092] 以下同様に、第 3 のレーザ光 1 0 2 C ~ 第 8 のレーザ光 1 0 2 H に対応して、透明部材 1 1 0 の内部に、所定の長さの改質部 1 5 0 C 2 ~ 1 5 0 H 2 が形成される。

[0093] その結果、透明部材 1 1 0 の内部に、Z 方向に沿った第 2 の改質領域 1 5 5 - 2 が形成される。前述の走査で形成された第 1 の改質領域 1 5 5 - 1 と、第 2 の改質領域 1 5 5 - 2 とは、一体化されてもよい。

[0094] 必要な場合、さらに、レーザ光の焦点深さを変えて、同様の工程が繰り返される。

[0095] 図 6 には、図 4 および図 5 と同様の、組立体 1 4 0 の断面が模式的に示されている。ただし、図 6 では、レーザ光の焦点の軌跡が、透明部材 1 1 0 の第 1 の表面 1 1 2 から焦点線 1 9 1 および 1 9 2 よりも遠い、焦点線 1 9 3 に設定されている。

[0096] この場合も、最も左側に記載された、反射部材 1 3 0 の第 1 の面 1 3 3 に対して垂直に照射される第 1 のレーザ光 1 0 3 A は、反射部材 1 3 0 の傾斜面 1 3 7 で反射され、第 1 の反射レーザ光 1 0 3 R A となり、X 方向に沿って進行する。

[0097] 第 1 のレーザ光 1 0 3 A の焦点は、焦点線 1 9 3 上の点 1 9 3 A に設定されているため、第 1 の反射レーザ光 1 0 3 R A は、第 1 のレーザ光 1 0 3 A と傾斜面 1 3 7 との交点から焦点位置 1 9 3 A までの距離に対応する距離だけ、X 方向に進行する。その結果、第 1 の反射レーザ光 1 0 3 R A は、透明部材 1 1 0 の点 R n A で焦点化される。

[0098] これに伴い、X 方向に沿って、点 R n A を含む所定の長さの改質部 1 5 0 A n が形成される。

[0099] 次に、走査によって、第 1 のレーザ光 1 0 3 A よりも右側で照射される第 2 のレーザ光 1 0 3 B は、傾斜面 1 3 7 で反射され、第 2 の反射レーザ光 1 0 3 R B となり、X 方向に沿って進行する。

[0100] 第 2 のレーザ光 1 0 3 B の焦点は、焦点線 1 9 3 上の点 1 9 3 B に設定さ

れているため、第2の反射レーザ光103RBは、第2のレーザ光103Bと傾斜面137との交点から焦点位置193Bまでの距離に対応する距離だけ、X方向に進行する。その結果、第2の反射レーザ光103RBは、透明部材110の内部に進行し、点RnBで焦点化される。

[0101] これに伴い、X方向に沿って、点RnBを含む所定の長さの改質部150Bnが形成される。

[0102] 以下同様に、第3のレーザ光103C～第8のレーザ光103Hに対応して、透明部材110の内部に、所定の長さの改質部150Cn～150Hnが形成される。

[0103] その結果、透明部材110の内部に、Z方向に沿った第nの改質領域155-nが形成される。また、それまでの工程で形成された改質領域全てを含む、改質面157が形成される。

[0104] 工程S110では、このように、焦点線の位置を変えて走査を行うことにより、透明部材110の第2の側面118に、「端面改質領域」155-nが形成される。

[0105] なお、第1の方法では、必要な場合、透明部材110の第1の側面116にも「端面改質領域」が形成されるように、レーザ光の焦点線を調整してもよい（図4参照）。

[0106] 透明部材110の第1の側面116の近傍と第2の側面118の近傍の両方に、Z方向に沿って「端面改質領域」を形成した場合、次の工程S120において、よりいっそう高い精度で、透明部材110を割断することが可能となる。

[0107] （工程S120）

次に、前述までの工程により形成された改質面157に沿って、外力を加えることにより、透明部材110が割断される。

[0108] 割断の方法は、特に限られない。

[0109] 透明部材110の割断は、例えば、透明部材110を局部的に加熱する方法、または局部的に冷却する方法などにより、実施されてもよい。

- [0110] 例えば、切断用レーザを用いて、透明部材 110 の第 1 の表面 112 にレーザ光を照射し、透明部材 110 の改質面 157 に沿ってレーザ光を走査することにより、透明部材 110 を切断してもよい。あるいは、切断用レーザは、透明部材 110 の第 2 の表面 114 の側から照射されてもよい。
- [0111] そのような切断用レーザは、CO₂レーザであってもよい。
- [0112] 以上の工程により、透明部材 110 を切断することができる。
- [0113] 第 1 の方法では、透明部材 110 の第 2 の側面 118 に形成された端面改質領域 155-n を有する改質面 157 が形成される。
- [0114] 従って、透明部材 110 を改質面 157 に沿って切断した際に、第 2 の側面 118 のような端面側が、目的としない位置で分断される可能性を有意に抑制することができる。
- [0115] 第 1 の方法では、反射レーザ光の進行方向（図 4 ～図 6 における X 方向）に沿って延在する複数のレーザ加工痕を有する、特徴的な切断面が得られる。
- [0116] なお、第 1 の方法では、前述の図 2 における走査線 L1 に示したように、レーザ光の走査は、反射部材 130 の領域に留まり、透明部材 110 の第 1 の表面 112 に、レーザ光は走査されない。
- [0117] しかしながら、従来のように、透明部材 110 の第 1 の表面 112 の上部から、レーザ光の焦点位置が透明部材 110 の内部に配置されるようにして、レーザ光を照射、走査した場合、透明部材 110 の内部に、Z 方向に延伸する改質部を形成することができる。従って、この場合、縦横に格子状に延在するレーザ加工痕を有する切断面が得られる。
- [0118] 以上、第 1 の方法を用いて、略直方体形状の透明部材 110 を加工する方法について説明した。
- [0119] しかしながら、上記記載は単なる一例であって、第 1 の方法の一部は変更されてもよい。
- [0120] 例えば、上記記載では、図 4 から図 6 に示したように、改質領域（155-1、155-2、155-n）は、透明部材 110 の第 1 の側面 116 か

ら、第2の側面118に向かって順次形成される。しかしながら、改質領域の形成の順番は、特に限られない。例えば、最初に、第2の側面118に改質領域（端面改質領域155-n）が形成され、以降、第1の側面116に向かって、順次改質領域が形成されてもよい。あるいは、その他の順番でそれぞれの改質領域が形成されてもよい。

[0121] また、上記記載では、傾斜面137を有する略三角柱状の反射部材130が透明部材110の横に配置される。

[0122] しかしながら、このような立体形状を有する反射部材130の代わりに、ミラーのような平面状の反射部材を使用してもよい。この場合、反射部材は、図2に示した反射部材130の傾斜面137のみを構成するように配置される。

[0123] すなわち、第1の方法では、透明部材110の第1の側面116に対面するようにして傾斜面が構成される限り（非平行に向き合う場合を含む）、反射部材の構成は特に限られないことに留意する必要がある。

[0124] （本発明の別の実施形態による透明部材を加工する方法）

以下、図7～図12を参照して、本発明の別の実施形態による透明部材を加工する方法について説明する。

[0125] 図7には、本発明の別の実施形態による方法に用いられ得る透明部材の模式的な斜視図を示す。

[0126] 図7に示すように、この透明部材210は、略三角柱形状を有する。すなわち、透明部材210は、相互に対向する上面221および下面223と、3つの側面225、227、229とを有する。

[0127] 以降、側面225～側面229を、それぞれ、特に、「第1の表面225」、「第2の側面227」、および「傾斜面229」とも称する。

[0128] 上面221および下面223は、相互に合同の直角三角形である。従って、第1の表面225と第2の側面227は、直交している。一方、傾斜面229は、第1の表面225に対して傾斜角 γ で傾斜し、第2の側面227に対して傾斜角 θ で傾斜している。

[0129] 図7の例では、上面221および下面223が直角二等辺三角形であるため、傾斜角 $\gamma = \theta = 45^\circ$ である。

[0130] 透明部材210に対して、図7に示すように、X方向、Y方向およびZ方向を定める。この規定によれば、透明部材210の上面221および下面223は、XZ平面に平行であり、第1の表面225は、XY平面に平行であり、第2の側面227は、YZ平面に平行である。

[0131] 図8には、図7に示したような透明部材210を加工する方法（以下、「第2の方法」と称する）のフローを概略的に示す。

[0132] 図8に示すように、第2の方法は、

透明部材の第1の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に走査する工程であって、

前記焦点深さは、第1の表面から第2の側面の下端までの範囲の高さレベルに設定され、前記レーザ光は、傾斜面で反射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも2回実施され、

第1のレーザ光の照射および走査では、前記第1のレーザ光の走査方向において、傾斜面から第2の側面にわたって、第1の改質領域が形成され、

第2のレーザ光の照射および走査では、第2の側面の表面から深さ2mmまでの領域に、前記第2のレーザ光の照射方向において、前記第1の表面から第2の側面の下端にわたって、第2の改質領域が形成される、工程（工程S210）と、

第1の改質領域および第2の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、透明部材を加工する工程（工程S220）と、

を有する。

[0133] 以下、図9～図12を参照して、各工程について説明する。

[0134] （工程S210）

まず、前述の図7に示したような透明部材210にレーザ光が照射され、

前記レーザ光が走査される。

[0135] 前述の図 7 には、透明部材 210 に対するレーザ光の走査線 L2 の一例が模式的に示されている。

[0136] 図 9 には、図 7 に示した走査線 L2 を含む切断面に沿った、透明部材 210 の断面を模式的に示す。

[0137] 図 9 に示すように、レーザ光は、透明部材 210 の第 1 の表面 225 に対して垂直に照射される。

[0138] レーザ光は、図 9 の左から右（X 軸の正方向）に沿って、矢印 F の方向に走査される。

[0139] 透明部材 210 が存在しない場合、レーザ光の走査に伴い、レーザ光の焦点は、X 軸の正方向に沿って移動する。以下、レーザ光の走査に伴って移動する、この仮想的なレーザ光の焦点の軌跡を、「焦点線 291」と称する。

[0140] 焦点線 291 は、レーザ光の照射方向（図 9 の Z 方向）において、透明部材 210 の第 1 の表面 225 から第 2 の側面 227 の下端までの範囲に設定される。

[0141] ここで、レーザ光が矢印 F の方向に走査されると、図 9 において最も左側に記載された、透明部材 210 の第 1 の表面 225 に対して垂直に照射される第 1 のレーザ光 201A は、傾斜面 229 で反射され、第 1 の反射レーザ光となり、X 方向に沿って進行する。

[0142] 第 1 のレーザ光 201A の焦点は、焦点線 291 上の焦点 291A に設定されているため、第 1 の反射レーザ光は、第 1 のレーザ光 201A と傾斜面 229 との交点から焦点位置 291A までの距離に対応する距離だけ、X 方向に進行する。その結果、第 1 の反射レーザ光は、透明部材 210 の内部の点 S1A で焦点化される。

[0143] これにより、X 方向に沿って、点 S1A を含む所定の長さの改質部が形成される。図 9 では、この改質部は、概略的に線 250A1 で表されている。

[0144] 次に、走査によって、第 1 のレーザ光 201A よりも右側で照射される第 2 のレーザ光 201B は、第 1 の表面 225 から焦点 291B までの距離が

傾斜面 229 までの距離よりも短いため、傾斜面 229 には到達しない。従って、第 2 のレーザ光 201B は、透明部材 210 の内部に、焦点 291B を含む所定の長さの改質部 250B1 を形成する。改質部 250B1 は、改質部 250A1 とは異なり、Z 方向に延在する。

[0145] 以下同様に、第 3 のレーザ光 201C ～第 8 のレーザ光 201H に対応して、透明部材 210 の内部に、Z 方向に沿って、所定の長さの改質部 250C1 ～250H1 が形成される。

[0146] その結果、透明部材 210 の内部に、X 方向に沿った第 1 の改質領域 255-1 が形成される。

[0147] 次に、レーザ光の焦点深さを変えて、前述の走査が繰り返される。

[0148] 図 10 には、図 9 と同様の透明部材 210 の断面が模式的に示されている。ただし、図 10 では、レーザ光は、走査による焦点の軌跡が、焦点線 291 ではなく、焦点線 292 となるように調整される。焦点線 292 は、レーザ光の照射方向（図 10 の Z 方向）において、第 1 の表面 225 から、焦点線 291 よりも遠い位置に設定される。

[0149] ただし、焦点線 292 は、依然として、第 1 の表面 225 から第 2 の側面 227 の下端までの間の高さに設定される。

[0150] この走査においても、最も左側に記載された、透明部材 210 の第 1 の表面 225 に対して垂直に照射される第 1 のレーザ光 202A は、透明部材 210 の傾斜面 229 で反射され、第 1 の反射レーザ光となり、X 方向に沿って進行する。

[0151] 第 1 のレーザ光 202A の焦点は、焦点線 292 上の点 292A に設定されているため、第 1 の反射レーザ光は、第 1 のレーザ光 202A と傾斜面 229 との交点から焦点 292A までの距離に対応する距離だけ、X 方向に進行する。その結果、第 1 の反射レーザ光は、透明部材 210 の内部の点 S2A で焦点化される。

[0152] これに伴い、X 方向に沿って、点 S2A を含む所定の長さの改質部 250A2 が形成される。

- [0153] 次に、走査によって、第1のレーザ光202Aよりも右側で照射される第2のレーザ光202Bは、傾斜面229で反射され、第2の反射レーザ光となり、X方向に沿って進行する。
- [0154] 第2のレーザ光202Bの焦点は、焦点線292上の点292Bに設定されているため、第2の反射レーザ光は、第2のレーザ光202Bと傾斜面229との交点から焦点位置292Bまでの距離に対応する距離だけ、X方向に進行する。その結果、第2の反射レーザ光は、透明部材210の内部の点S2Bで焦点化される。
- [0155] これに伴い、X方向に沿って、点S2Bを含む所定の長さの改質部250B2が形成される。
- [0156] 一方、走査によって、第2のレーザ光202Bよりも右側で照射される第3のレーザ光202Cは、第1の表面225から焦点292Cまでの距離が傾斜面229までの距離よりも短いため、傾斜面229には到達しない。
- [0157] 従って、第3のレーザ光202Cは、透明部材210の内部に、焦点292Cを含む所定の長さの改質部250C2を形成する。改質部250C2は、改質部250A2およびB2とは異なり、Z方向に延在する。
- [0158] 以下同様に、第4のレーザ光202D～第8のレーザ光202Hに対応して、透明部材210の内部に、所定の長さの改質部250D2～250H2が形成される。
- [0159] その結果、透明部材210の内部に、X方向に沿った第2の改質領域255-2が形成される。これまでの走査で形成された第1の改質領域255-1と、第2の改質領域255-2とは、一体化されてもよい。
- [0160] なお、この工程では、X方向に沿った第2の改質領域255-2に加えて、前述の第1の改質領域255-1内に、X方向に伸びる改質部250A2が形成される。
- [0161] 必要な場合、さらに、レーザ光の焦点深さを変えて、同様の工程が繰り返される。
- [0162] 図11には、図9および図10と同様の、透明部材210の断面が模式的

に示されている。ただし、図 11 では、レーザ光の焦点の軌跡が、焦点線 291 および 292 よりも遠い、焦点線 293 に設定されている。

[0163] この場合も、最も左側に記載された、透明部材 210 の第 1 の表面 225 に対して垂直に照射される第 1 のレーザ光 203A は、透明部材 210 の傾斜面 229 で反射され、第 1 の反射レーザ光となり、X 方向に沿って進行する。

[0164] 第 1 のレーザ光 203A の焦点は、焦点線 293 上の点 293A に設定されているため、第 1 の反射レーザ光は、第 1 のレーザ光 203A と傾斜面 229 との交点から焦点位置 293A までの距離に対応する距離だけ、X 方向に進行する。その結果、第 1 の反射レーザ光は、透明部材 210 の点 S_nA で焦点化される。

[0165] これに伴い、X 方向に沿って、点 S_nA を含む所定の長さの改質部 250A_n が形成される。

[0166] 次に、走査によって、第 1 のレーザ光 203A よりも右側で照射される第 2 のレーザ光 203B は、傾斜面 229 で反射され、第 2 の反射レーザ光となり、X 方向に沿って進行する。

[0167] 第 2 のレーザ光 203B の焦点は、焦点線 293 上の点 293B に設定されているため、第 2 の反射レーザ光は、第 2 のレーザ光 203B と傾斜面 229 との交点から焦点位置 293B までの距離に対応する距離だけ、X 方向に進行する。その結果、第 2 の反射レーザ光は、透明部材 210 の内部の点 S_nB で焦点化される。

[0168] これに伴い、X 方向に沿って、点 S_nB を含む所定の長さの改質部 250B_n が形成される。

[0169] 以下同様に、第 3 のレーザ光 203C ~ 第 8 のレーザ光 203H に対応して、透明部材 210 の内部に、X 方向に延在する所定の長さの改質部 250C_n ~ 250H_n が形成される。

[0170] その結果、透明部材 210 の第 2 の側面 227 に、レーザ光の照射方向（Z 方向）において、第 1 の表面 225 から第 2 の側面 227 の下端にわたっ

て、端面改質領域 255-n を形成することができる。

[0171] なお、必要な場合、透明部材 210 の傾斜面 229 の表面の近傍、具体的には傾斜面 229 の表面から深さ 2 mm までの領域にも、端面改質領域を形成してもよい。

[0172] このような工程の実施により、透明部材 210 の内部に、X 方向および Z 方向に沿った複数の改質領域が形成される。また、形成された改質領域を含むように、改質面が形成される。

[0173] 図 12 には、レーザ光の焦点線の位置を変えて、複数回、レーザ光の走査を行った後に得られる、透明部材 210 の内部の改質部の態様の一例を模式的に示す。

[0174] 図 12 に示すように、焦点線の位置を変えた、複数回のレーザ光の走査により、透明部材 210 の内部に、X 方向および Z 方向に沿った改質領域が形成され、さらには XZ 平面全体にわたって改質面 257 を形成することができる。

[0175] (工程 S220)

次に、前述までの工程により形成された改質面 257 に沿って、外力を加えることにより、透明部材 210 が割断される。

[0176] 割断の方法は、特に限られず、前述の第 1 の方法において説明したような方法が採用されてもよい。

[0177] 以上の工程により、透明部材 210 を所定の切断面に沿って、割断することができる。

[0178] 第 2 の方法では、透明部材 210 の第 2 の側面 227 に、端面改質領域 255-n を有する改質面 257 が形成される。

[0179] 従って、透明部材 210 を改質面 257 に沿って割断した際に、第 2 の側面 227 のような端面側が、目的としない位置で分断される可能性を有意に抑制することができる。

[0180] このような第 2 の方法では、レーザ加工による加工痕が 2 方向に延在する、特徴的な割断面が得られる。例えば、図 12 に示すような、レーザ加工に

よる加工痕が縦横の格子状に延在する割断面を形成することができる。

[0181] 以上、第2の方法を用いて、略三角柱形状の透明部材210を加工する方法について説明した。

[0182] しかしながら、上記記載は単なる一例であって、第2の方法の一部は、変更されてもよい。

[0183] 例えば、上記記載では、図9から図11に示したように、各種改質領域(255-1、255-2)が形成されてから、最後に、端面改質領域255-nが形成される。しかしながら、端面改質領域255-nが形成される順番は、特に限られない。例えば、最初に端面改質領域255-nが形成され、その後、その他の改質領域(255-1、255-2)が形成されてもよい。あるいは、あるいは、その他の順番で、端面改質領域255-nが形成されてもよい。

[0184] また、上記記載では、傾斜面229を有する略三角柱状の透明部材210が使用され、この傾斜面229を利用して、レーザ光が反射される。しかしながら、透明部材210の傾斜面229に、平面状の反射部材を取り付けてもよい。

[0185] また、図7に示した例では、傾斜面229と第1の表面225の間の角度 γ は、 45° である。また、傾斜面229と第2の側面227の間の角度 θ は、 45° である。しかしながら、 γ および θ として、 45° 以外の角度が使用されてもよい。

[0186] この他にも、各種変更が可能である。

実施例

[0187] 以下、本発明の実施例について説明する。

[0188] 本発明の一実施形態による方法を採用して、透明部材を加工した。

[0189] 透明部材は、ガラス部材とし、前述の第2の方法を用いてガラス部材を加工した。ガラス部材は、三角柱状とし、三角柱の上面および下面の形状は、直角二等辺三角形とした。

[0190] 前述の図7に示したように、ガラス部材の傾斜面が鉛直方向に対して 45°

°に配向され、かつレーザ光の走査面（第1の表面225）が上向きとなるようにして、台座の上にガラス部材を固定した。このように配置されたガラス部材の走査面に対して、上方から垂直にレーザ光を照射した。レーザ光の走査方向は、ガラス部材の延伸軸に対して垂直な方向とし、図7に示した走査線L2に沿ってレーザ光を走査した。

[0191] レーザ光には、波長が1064nmの超短パルスレーザ光を使用した。レーザ光のパルス幅は、10ピコ秒であり、バーストのパルス周波数は、75kHzであり、出力は、定格（50W）の90%である。走査線L2上のスポットの中心の間隔は、5μmとした。

[0192] 最初に、ガラス部材の第2の側面の下端の高さをレーザ光の焦点深さとし、第1回目のレーザ光走査を行った（第1ラン）。次に、第1ランよりもレーザ光の焦点深さを0.5mm浅くし、第2回目のレーザ光走査を行った（第2ラン）。以降、0.5mmピッチずつ焦点深さを減少させ、同様のレーザ光の走査を繰り返した。最後に、ガラス部材の第1の表面上をレーザ光の焦点深さとして、レーザ光走査を行った。

[0193] なお、各ランにおいて、レーザ光の走査は1回とした。

[0194] 最後のレーザ光の走査を行った後、ガラス部材に対して割断処理を実施した。

[0195] 割断処理には、波長10.6μmのCO₂レーザを使用した。CO₂レーザは、前述の走査線L2に沿って走査した。走査速度は、40mm/sとした。

[0196] CO₂レーザの走査後に、ガラス部材が割断された。

[0197] 図13には、ガラス部材の割断面の一例を示す。

[0198] 図13に示すように、割断面は、全面にわたって平滑な状態であり、端部においても、凹凸や段差などは認められなかった。

[0199] なお、図13に示すように、割断面には、レーザ痕が縦および横に延在する、格子状の模様が認められた。

[0200] このように、本発明の一実施形態による方法を利用することにより、透明

部材を所望の位置で正確に切断できることが確認された。

[0201] 本願は、2020年11月13日に出願した日本国特許出願第2020-189672号に基づく優先権を主張するものであり、同日本国出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

[0202] 1 レーザ光

1 A 光束

1 B 光束

1 O 透明部材

1 2 上面

1 4 下面

1 6 側面

5 O 改質部

1 0 1 A ~ 1 0 1 H、1 0 2 A ~ 1 0 2 H、1 0 3 A ~ 1 0 3 H レーザ光

1 0 1 R A ~ 1 0 1 R H、1 0 2 R A ~ 1 0 2 R H、1 0 3 R A ~ 1 0 3 R H 反射レーザー光

1 1 0 透明部材

1 1 2 第1の表面

1 1 4 第2の表面

1 1 5 側面

1 1 6 第1の側面

1 1 7 側面

1 1 8 第2の側面

1 3 0 反射部材

1 3 1 上面

1 3 2 底面

1 3 3 第1の面

135 第2の面

137 傾斜面

140 組立体

150A1~150H1、150A2~150H2、150An~150

Hn 改質部

155-1、155-2、155-n 改質領域

157 改質面

191~193 焦点線

191A~191H、192A~192H、193A~193H 焦点

201A~201H、202A~202H、203A~203H レーザ

光

210 透明部材

221 上面

223 下面

225 第1の表面

227 第2の側面

229 傾斜面

250A1~250H1、250A2~250H2、250An~250

Hn 改質部

255-1、255-2、255-n 改質領域

257 改質面

291~293 焦点線

291A~291H、292A~292H、293A~293H 焦点

C1~C3 点

L1、L2 走査線

R1A~R1H、R2A~R2H、RnA~RnH 焦点

S1A、S2A、S2B、SnA~SnH 焦点

請求の範囲

[請求項1]

透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第2の表面および第3の表面とを有し、

前記第1の表面に対して垂直な方向からレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に沿って走査する工程であって、

前記透明部材の前記第2の表面は、傾斜面であり、または前記透明部材の前記第2の表面の側には、傾斜面が配置され、

前記傾斜面で前記レーザ光を、前記透明部材の前記第3の表面の方向に反射させることにより、

前記透明部材の前記第3の表面において、前記第3の表面から深さ2 mmまでの領域に、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端にわたって改質領域を形成する工程を有する方法。

[請求項2]

透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第1の側面および第2の側面とを有し、前記透明部材の前記第1の側面の側には、前記第1の側面に対面または接触するように反射部材が設けられ、

(1) 前記第1の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に走査し、

前記焦点深さは、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から、前記第2の側面の下端よりも遠い位置に設定され、前記レーザ光は、前記反射部材で反射され、前記第1の側面に入射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも2回実

施され、

第1のレーザ光の照射および走査では、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第2の側面の下端にわたって、第1の改質領域が形成され、第2のレーザ光の照射および走査では、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第2の側面の下端にわたって、第2の改質領域が形成され、

前記第1または第2の改質領域は、前記第2の側面の表面から深さ2 mmまでの領域に形成され、

(2) 前記第1の改質領域および前記第2の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、前記透明部材を加工する、方法。

[請求項3] 前記反射部材は、傾斜面を有し、前記レーザ光は、前記傾斜面において反射される、請求項2に記載の方法。

[請求項4] 前記第1の改質領域および／または前記第2の改質領域は、前記第1の表面の深さ方向にわたって、前記第1の表面に平行な方向に延在する複数の改質部を含む、請求項2または3に記載の方法。

[請求項5] 透明部材を加工する方法であって、

前記透明部材は、レーザ光の照射方向に対して垂直に延在する第1の表面と、前記第1の表面に接続された第2の表面および第3の表面を有し、前記第2の表面は、傾斜面であり、

(1) 前記第1の表面に対して垂直な方向から、所定の焦点深さを有するレーザ光を照射し、前記レーザ光を前記第1の表面と平行な方向に走査し、

前記焦点深さは、前記レーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端の間の深さ位置に設定され、前記レーザ光は、前記第2の表面で反射され、

前記照射および走査は、前記焦点深さを変えて、少なくとも2回実施され、

第1のレーザ光の照射および走査では、前記第1のレーザ光の走査

方向において、前記第2の表面から前記第3の表面にわたって、第1の改質領域が形成され、

第2のレーザ光の照射および走査では、前記第3の表面から深さ2 mmまでの領域に、前記第2のレーザ光の照射方向において、前記第1の表面から前記第3の表面の下端にわたって、第2の改質領域が形成され、

(2) 前記第1の改質領域および前記第2の改質領域を含む面に沿って外力を加えることにより、前記透明部材を加工する、方法。

[請求項6]

前記(1)の後に、

前記第1の表面の深さ方向にわたって、前記第1の表面に平行な方向に延在する、複数の改質部と、

前記第1の表面と平行な方向にわたって、前記第1の表面に垂直な方向に延在する、複数の改質部と、

が形成される、請求項4に記載の方法。

[請求項7]

格子状のレーザ痕を有する割断面が生じる、請求項5または6に記載の方法。

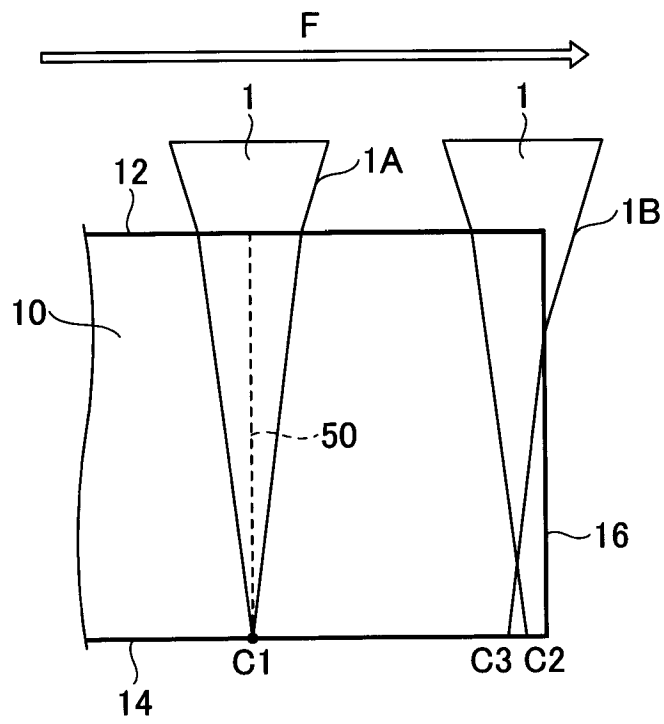
[請求項8]

前記割断する工程は、前記透明部材の前記第1の表面、前記第1の表面とは反対側の表面、または前記第1の表面に接続された少なくとも一つの面に、別のレーザを照射する工程を含む、請求項2から7のいずれか一項に記載の方法。

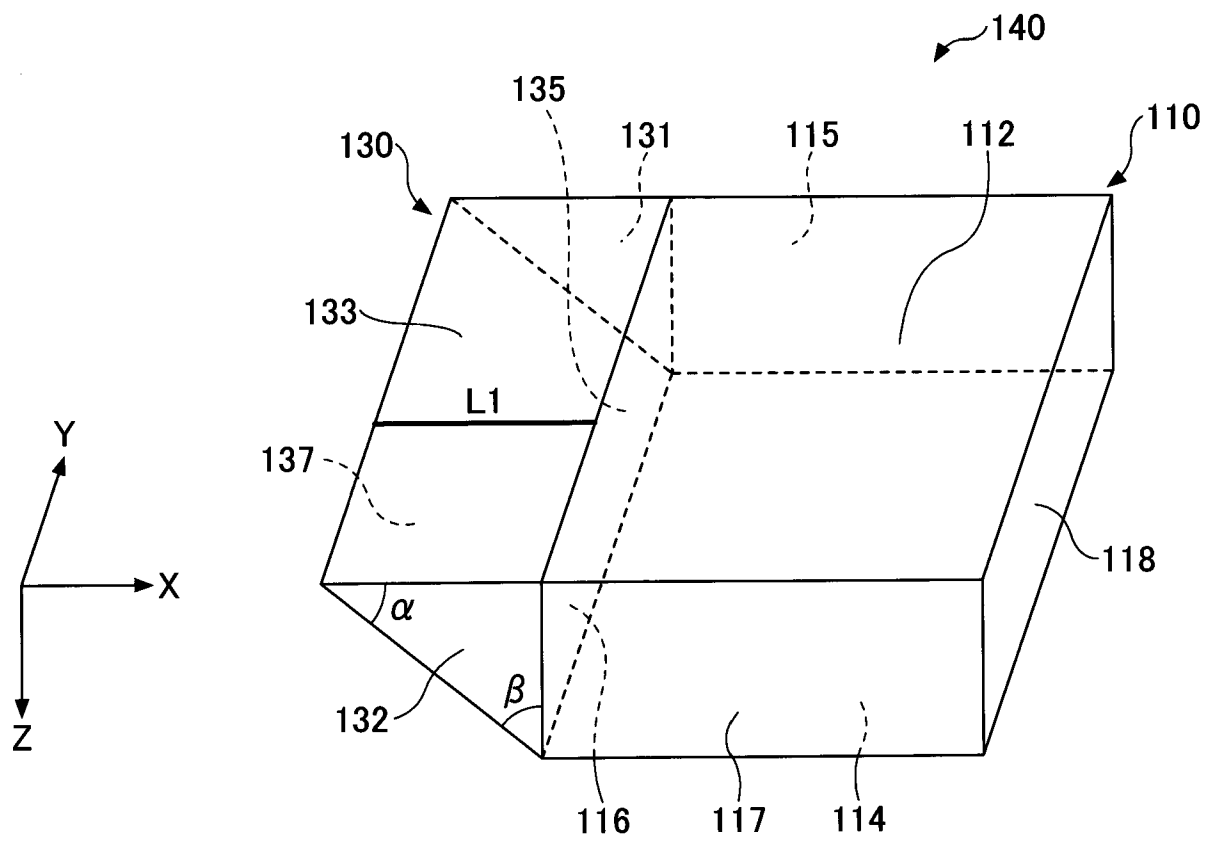
[請求項9]

前記第1の表面から前記下端までの距離が1 mm以上である、請求項1から8のいずれか一項に記載の方法。

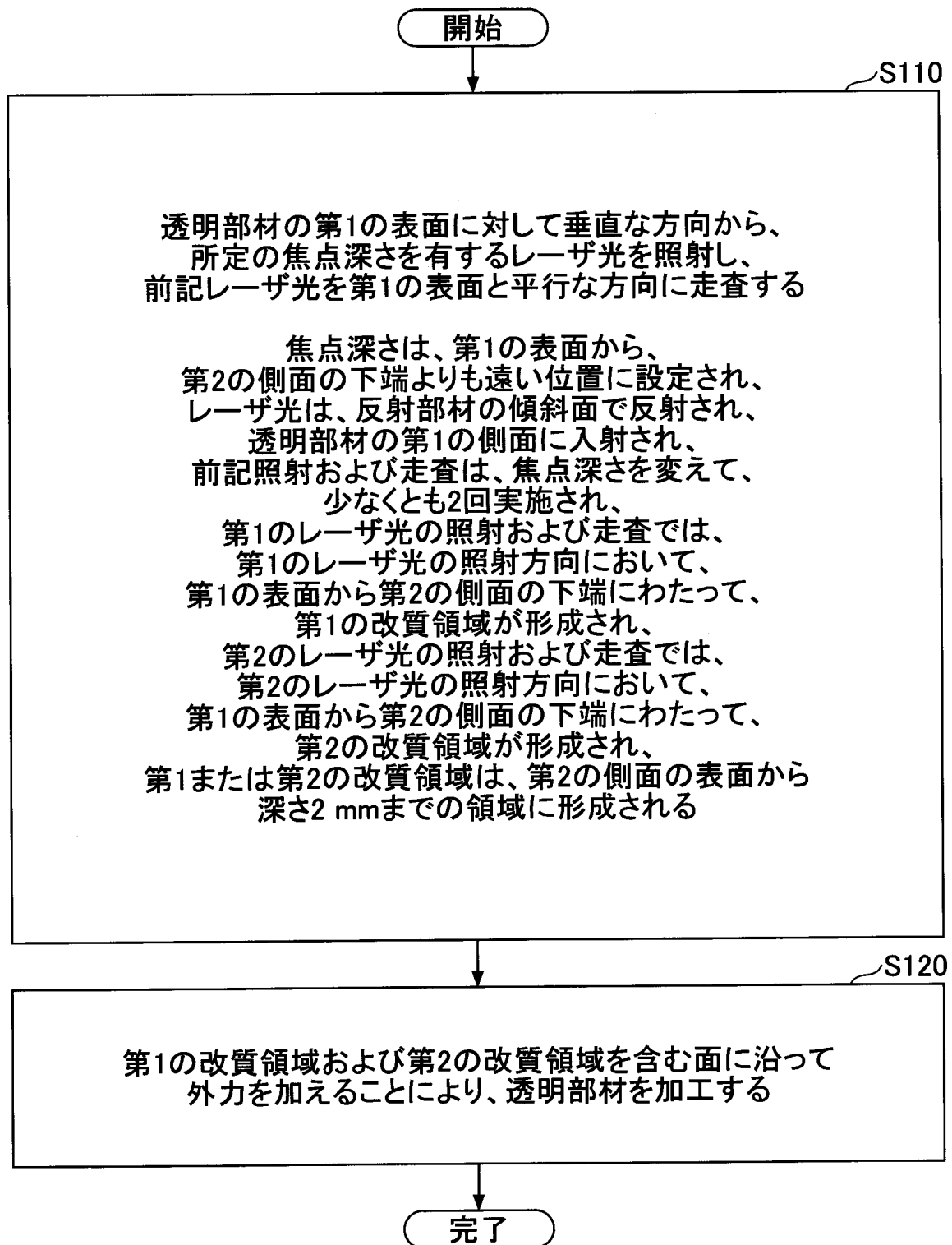
[図1]



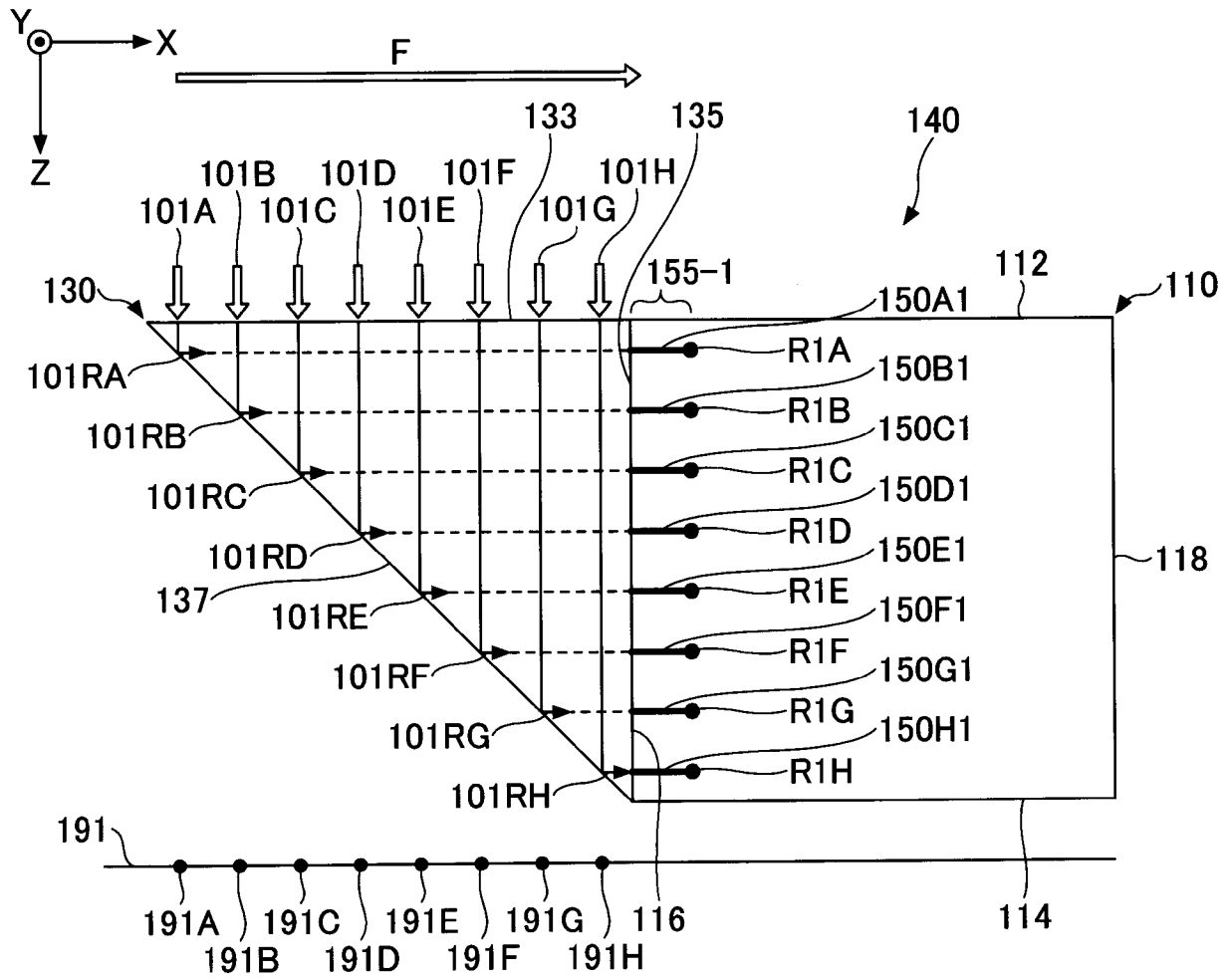
[図2]



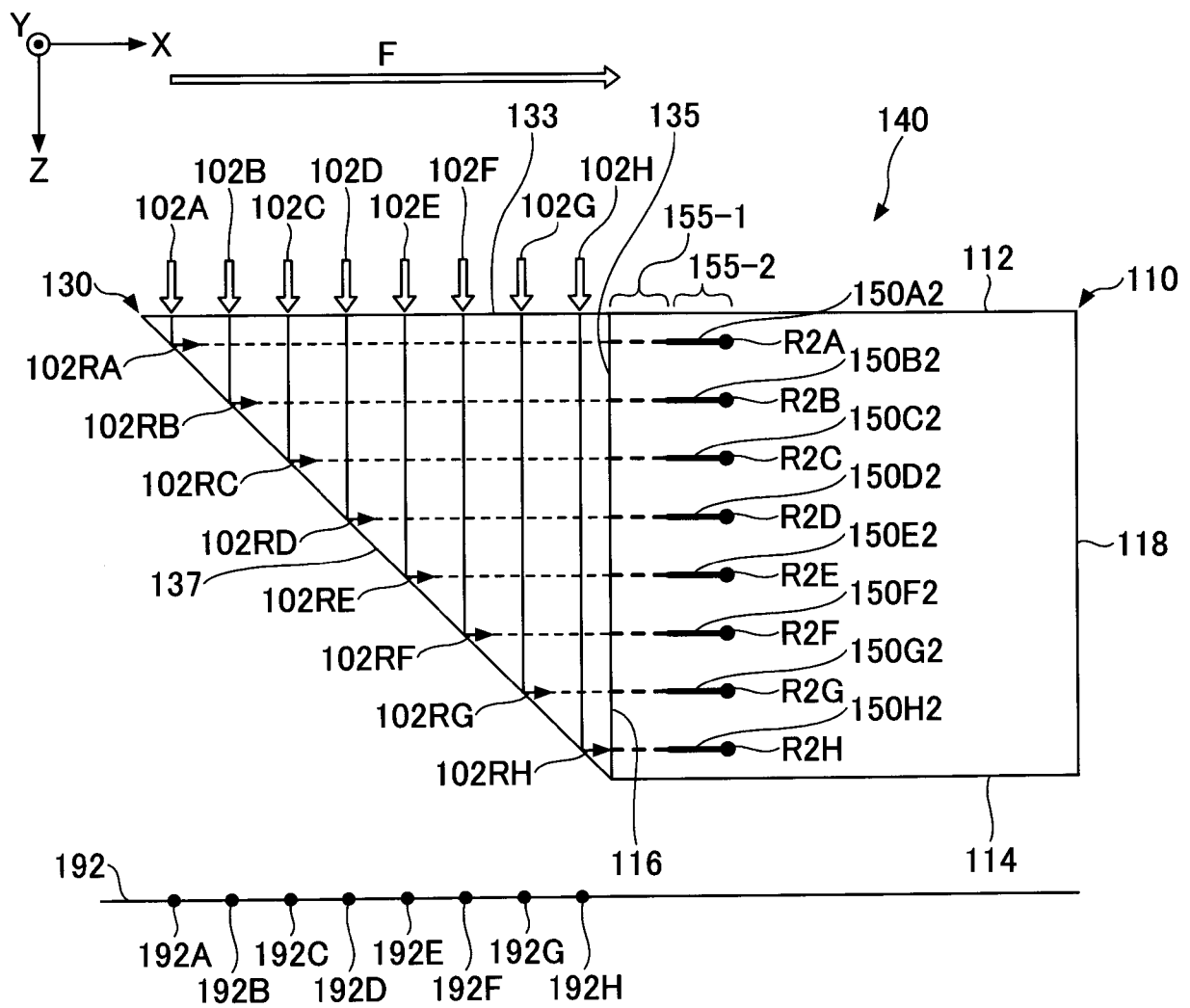
[図3]



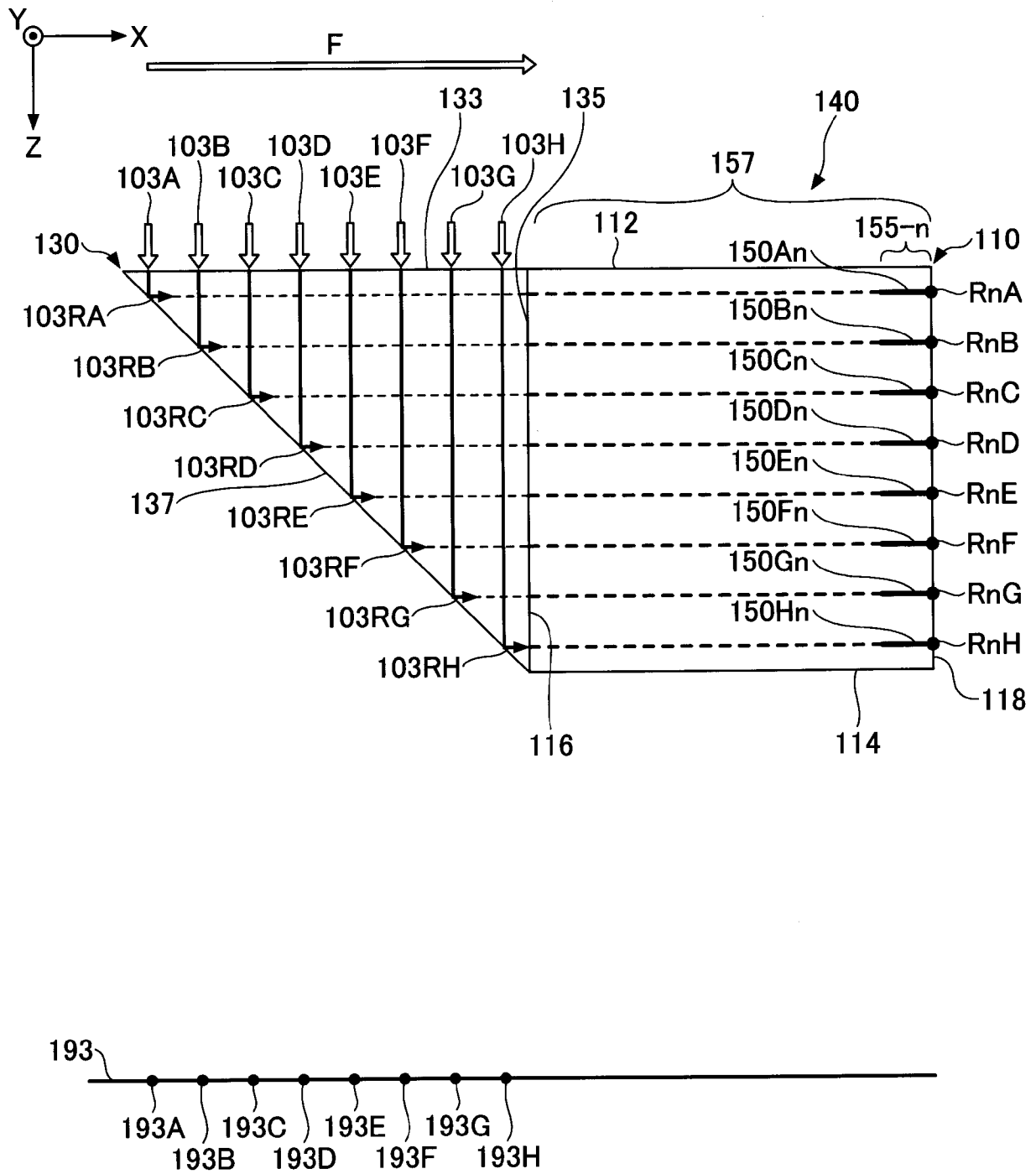
[図4]



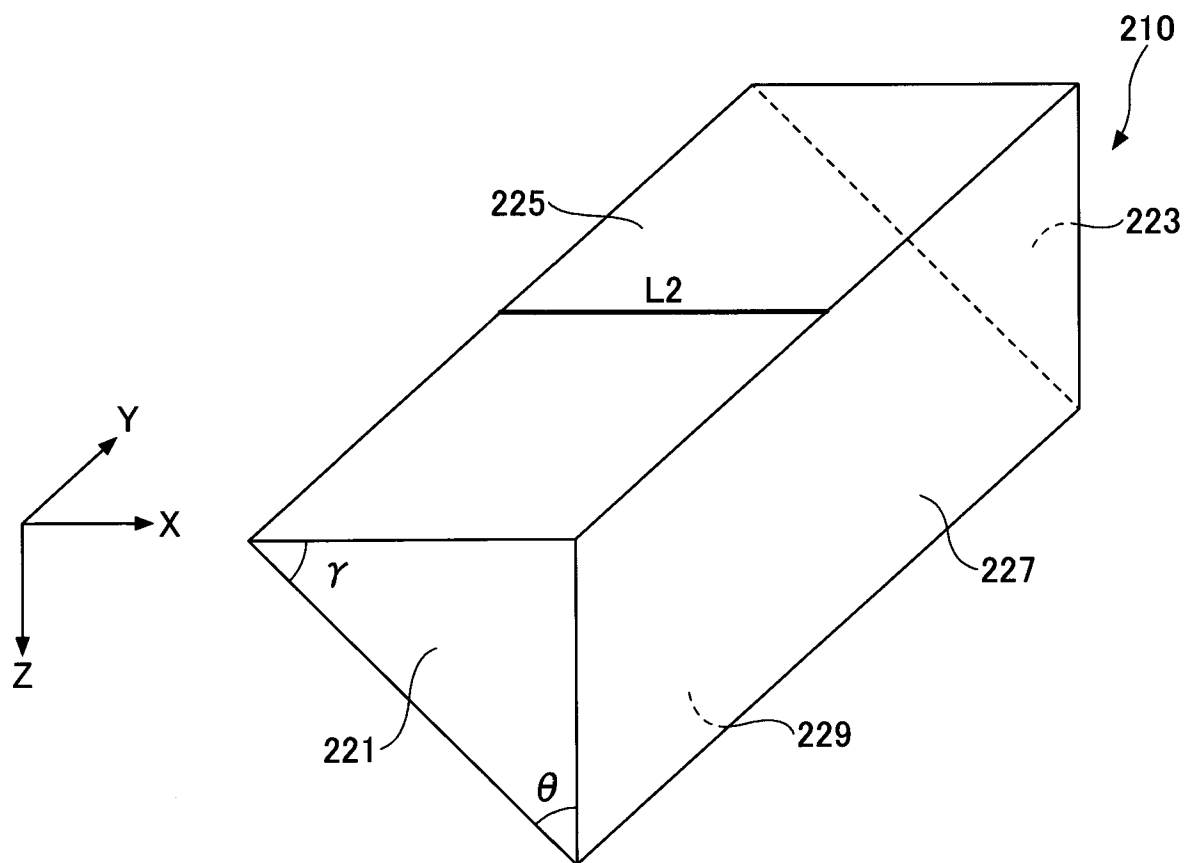
[図5]



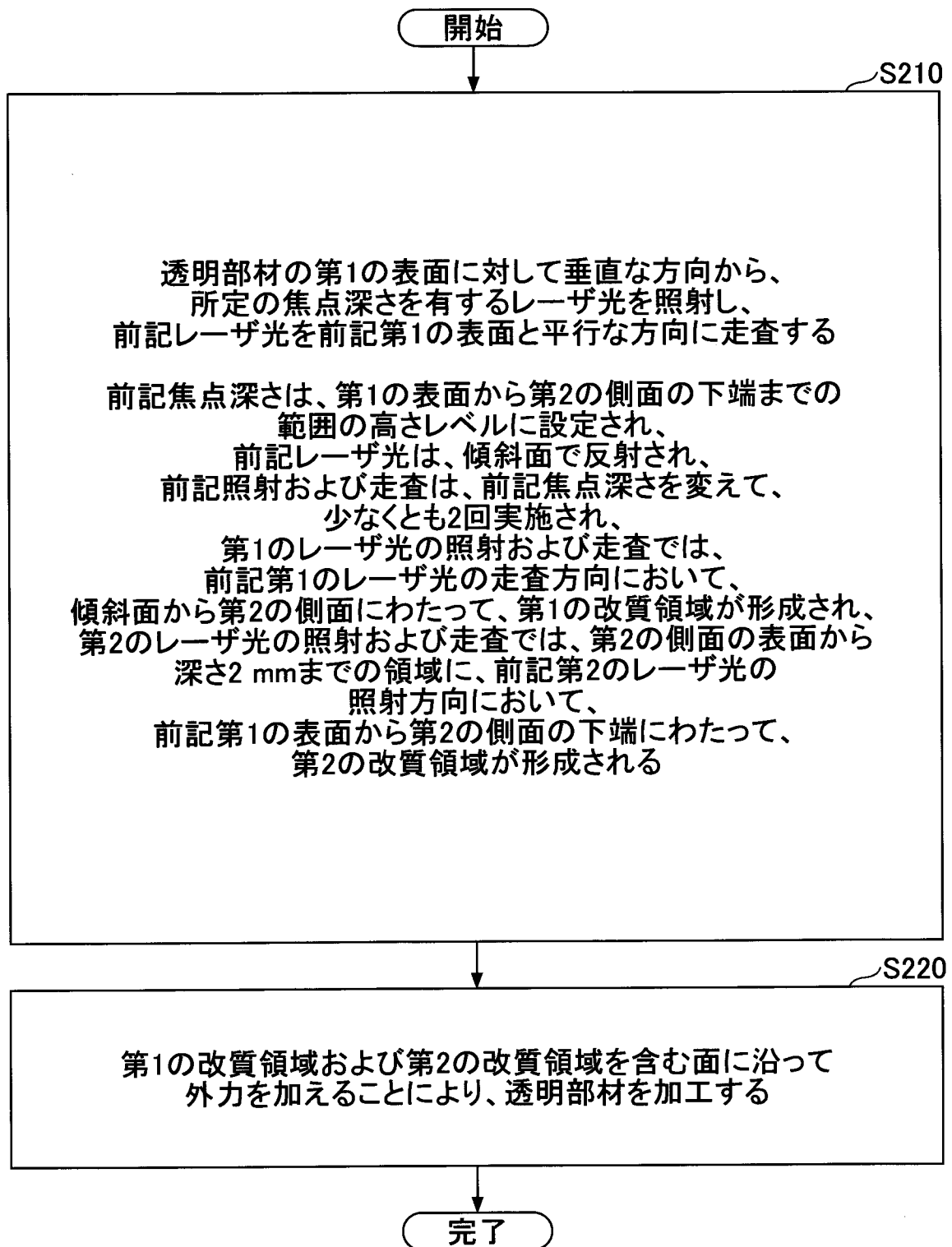
[図6]



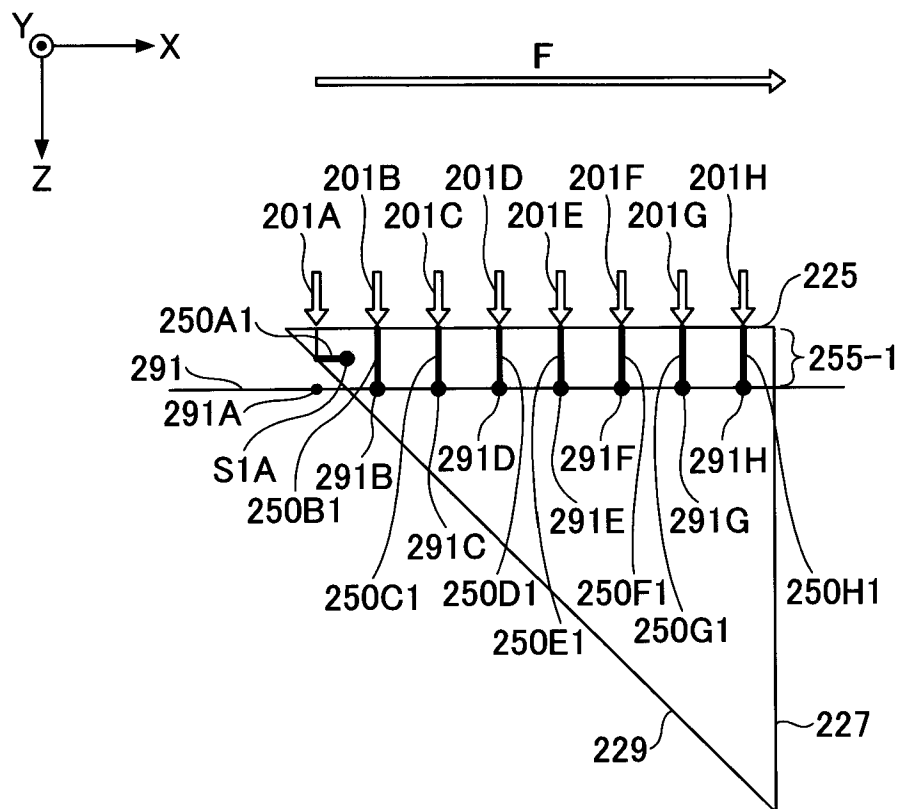
[図7]



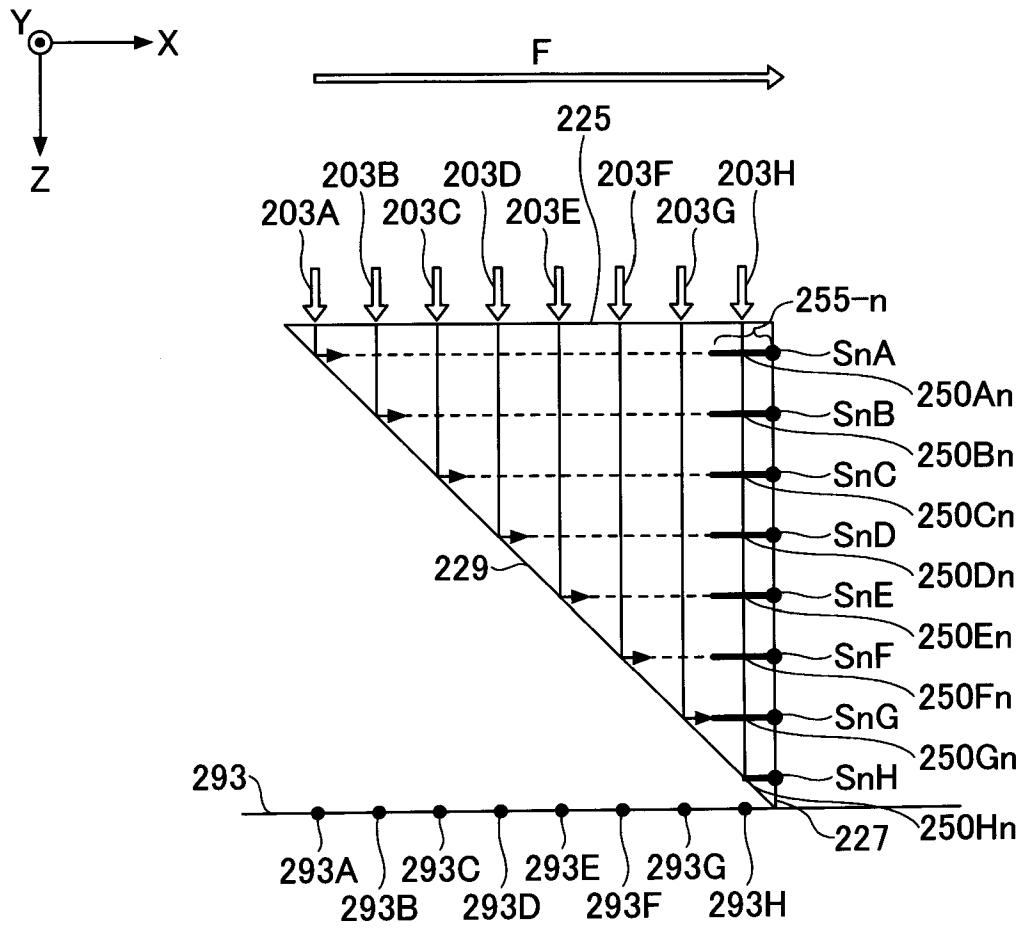
[図8]



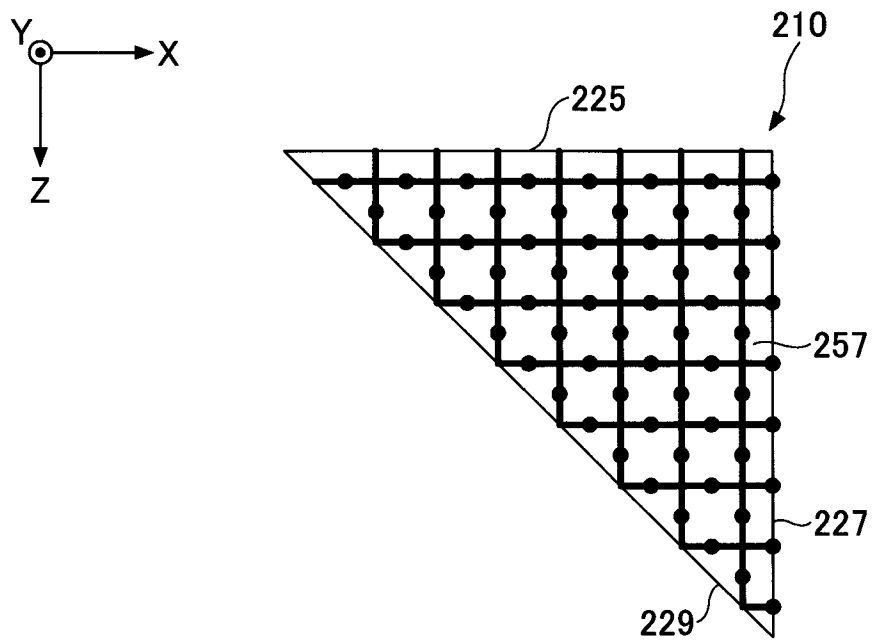
[図9]



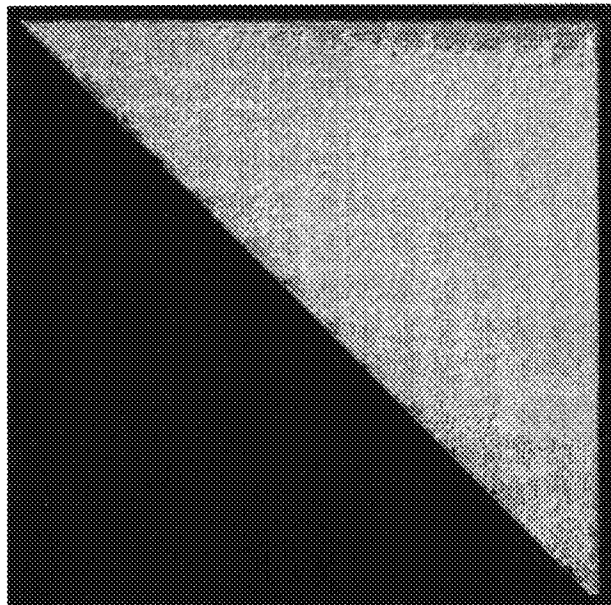
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/040232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 26/53**(2014.01)i; **B28D 5/00**(2006.01)i; **C03B 33/09**(2006.01)i

FI: B23K26/53; B28D5/00 Z; C03B33/09

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)

B23K26/53; B28D5/00; C03B33/09

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	JP 2003-340588 A (INST. OF PHYSICAL & CHEMICAL RESEARCH) 02 December 2003 (2003-12-02) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2005-230863 A (INST. OF PHYSICAL & CHEMICAL RESEARCH) 02 September 2005 (2005-09-02) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2016-215231 A (PANASONIC IP MANAGEMENT CORP.) 22 December 2016 (2016-12-22) entire text, all drawings	1-9



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

09 December 2021

Date of mailing of the international search report

18 January 2022

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/JP2021/040232

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2003-340588	A	02 December 2003	US 2006/0091122 A1 entire text, all drawings EP 1514635 A1	
JP	2005-230863	A	02 September 2005	(Family: none)	
JP	2016-215231	A	22 December 2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/53(2014.01)i; B28D 5/00(2006.01)i; C03B 33/09(2006.01)i FI: B23K26/53; B28D5/00 Z; C03B33/09										
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）） B23K26/53; B28D5/00; C03B33/09 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年									
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								
A	JP 2003-340588 A（理化学研究所）02.12.2003（2003 - 12 - 02） 全文, 全図	1-9								
A	JP 2005-230863 A（独立行政法人理化学研究所）02.09.2005（2005 - 09 - 02） 全文, 全図	1-9								
A	JP 2016-215231 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）22.12.2016（2016 - 12 - 22） 全文, 全図	1-9								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 09.12.2021		国際調査報告の発送日 18.01.2022								
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） 柏原 郁昭 3P 3113 電話番号 03-3581-1101 内線 3363								

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/JP2021/040232

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2003-340588	A	02.12.2003	US 2006/0091122 A1 全文, 全図 EP 1514635 A1	
JP	2005-230863	A	02.09.2005	(ファミリーなし)	
JP	2016-215231	A	22.12.2016	(ファミリーなし)	