

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-30625
(P2015-30625A)

(43) 公開日 平成27年2月16日(2015.2.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C O 3 B 23/203 (2006.01)	C O 3 B 23/203	4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/32 (2014.01)	B 2 3 K 26/32	
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00	G
	B 2 3 K 26/00	N

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-158615 (P2013-158615)
(22) 出願日 平成25年7月31日 (2013.7.31)

(71) 出願人 390000608
三星ダイヤモンド工業株式会社
大阪府摂津市香露園32番12号
(74) 代理人 110000202
新樹グローバル・アイピー特許業務法人
(72) 発明者 村上 政直
大阪府摂津市香露園32番12号 三星ダイヤモンド工業株式会社内
(72) 発明者 清水 政二
大阪府摂津市香露園32番12号 三星ダイヤモンド工業株式会社内
(72) 発明者 服部 聡史
大阪府摂津市香露園32番12号 三星ダイヤモンド工業株式会社内
Fターム(参考) 4E068 CA01 CA02 CA04 CA15 DB13

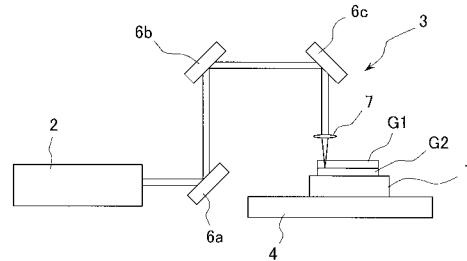
(54) 【発明の名称】 レーザ光によるガラス基板融着方法及びレーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】安価なレーザ光を用いて、光学系も簡単であり、さらにレーザ光吸収材が不要なガラス基板の融着方法及びそれを用いた装置を提供する。

【解決手段】このガラス基板の融着方法は、重ね合わされたガラス基板にレーザ光を照射してガラス基板同士を融着させる方法であって、第1工程と第2工程とを備えている。第1工程は、2枚のガラス基板を、2枚のガラス基板の間にレーザ光吸収材を介在させることなしに重ね合わせる。第2工程は、重ね合わされたガラス基板の一方側の主面から波長が2.7 μm以上6.0 μm以下の中赤外光のレーザ光を照射しながら融着予定ラインに沿って走査し、2枚のガラス基板を融着する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重ね合わされたガラス基板にレーザ光を照射してガラス基板同士を融着させるガラス基板の融着方法であって、

2枚のガラス基板を、前記2枚のガラス基板の間にレーザ光吸収材を介在させることなしに重ね合わせる第1工程と、

前記重ね合わされたガラス基板の一方側の主面から波長が $2.7\mu\text{m}$ 以上 $6.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザ光を照射しながら融着予定ラインに沿って走査し、前記2枚のガラス基板を融着する第2工程と、

を備えたレーザ光によるガラス基板融着方法。

10

【請求項 2】

前記第2工程では、波長が $2.7\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザ光をガラス基板に対して照射する、請求項1に記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

【請求項 3】

前記第2工程では、連続発振のレーザ光をガラス基板に対して照射する、請求項1に記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

【請求項 4】

前記第2工程では、繰り返し周波数が 1MHz 以上の擬似連続発振のパルスレーザ光をガラス基板に対して照射する、請求項1に記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

【請求項 5】

前記第2工程では、繰り返し周波数が 10kHz 以上のパルスレーザ光をガラス基板に対して照射する、請求項1に記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

20

【請求項 6】

前記第1工程では、2枚のガラス基板を押圧することなく重ね合わせる、請求項1から5のいずれかに記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

【請求項 7】

前記第2工程では、前記レーザ光の照射及び走査により、2枚のガラス基板の対向面にそれぞれ凸部を形成するとともに前記凸部同士を融着させ、前記2枚のガラス基板の間に所定の隙間を介在させる、請求項1から6のいずれかに記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

30

【請求項 8】

前記第2工程では、 $\text{Er}:\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Er}:\text{ZBLAN}$ 、 $\text{Er}:\text{YSGG}$ 、 $\text{Er}:\text{GGG}$ 、 $\text{Er}:\text{YLF}$ 、 $\text{Er}:\text{YAG}$ 、 $\text{Dy}:\text{ZBLAN}$ 、 $\text{Ho}:\text{ZBLAN}$ 、 CO 、 $\text{Cr}:\text{ZnSe}$ 、 $\text{Cr}:\text{ZnS}$ 、 $\text{Fe}:\text{ZnSe}$ 、 $\text{Fe}:\text{ZnS}$ 、半導体レーザの中赤外のレーザ光群の中から選択されたいずれかのレーザ光をガラス基板に対して照射する、請求項1から7のいずれかに記載のレーザ光によるガラス基板融着方法。

【請求項 9】

重ね合わされたガラス基板にレーザ光を照射してガラス基板同士を融着させるレーザ加工装置であって、

それらの間にレーザ光吸収材を介在させることなしに重ね合わされた2枚のガラス基板が載置されるワークテーブルと、

40

波長が 2.7 以上 $6.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザ光を発振するレーザ発振器と、

前記レーザ発振器からのレーザ光を集光して前記2枚のガラス基板の間を通過するように照射する光学系と、

前記光学系と前記ワークテーブルとを相対的に移動させて、集光されたレーザ光を融着予定ラインに沿って走査する走査機構と、

を備えたレーザ加工装置。

【請求項 10】

前記レーザ発振器は波長が 2.7 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザ光を発振する、請求項9に記載のレーザ加工装置。

50

【請求項 1 1】

前記レーザ発振器は前記レーザ光を連続発振する、請求項 9 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 1 2】

前記レーザ発振器は繰り返し周波数が 1 MHz 以上のパルスレーザ光を擬似連続発振する、請求項 9 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 1 3】

前記レーザ発振器は繰り返し周波数が 10 kHz 以上のパルスレーザ光を発振する、請求項 9 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 1 4】

前記レーザ発振器は、Er:Y₂O₃、Er:ZBLAN、Er:YSGG、Er:GGG、Er:YLF、Er:YAG、Dy:ZBLAN、Ho:ZBLAN、CO、Cr:ZnSe、Cr:ZnS、Fe:ZnSe、Fe:ZnS、半導体レーザの中赤外のレーザ光群の中から選択されたいずれかのレーザ光をガラス基板に対して照射する、請求項 9 から 1 3 のいずれかに記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ガラス基板融着方法、特に、重ね合わされたガラス基板にレーザ光を照射してガラス基板同士を融着させるガラス基板融着方法及びそれを用いたレーザ加工装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

例えば、IT 機器用の装置においては、2 枚のガラス基板を重ね合わせたデバイスが用いられている。このような積層された 2 枚のガラス基板を接合するための方法及び装置が、特許文献 1 に示されている。

【0003】

特許文献 1 に示されたガラス基板の接合方法は、2 枚のガラス基板の接合界面にレーザ光を照射して接合する方法である。この方法は、まず、2 枚のガラス基板のそれぞれの接合面に黒色の油性塗料等からなるレーザ光吸収材が塗布される。そして、このレーザ光吸収材にレーザ光を吸収させることにより、吸収熱によって接合部のガラス同士が熔融して接合する。

【0004】

また、特許文献 2 には、短パルスレーザ光により多光子吸収現象を生成させ、2 枚のガラス基板を接合する方法が示されている。この特許文献 2 の方法では、まず、2 枚のガラス基板を積層するとともに、互いが接近する方向に圧力が付与される。次に、2 枚のガラス基板の間でアブレーションが生じないように、その間隙がレーザ光の中心波長の 1/4 程度以下となるようにして互いに当接させ、レーザ光の焦点を 2 枚のガラス基板の当接部近傍に位置させて短パルスレーザ光を照射するようにしている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】 特開 2003 - 170290 号公報

【特許文献 2】 特許第 4709482 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

特許文献 1 の方法では、2 枚のガラス基板の間にレーザ光吸収材を介在させる必要があり、そのための工程が必要になる。

【0007】

また、特許文献 2 の方法では、短パルスレーザ光が用いられるが、短パルスレーザ光は

10

20

30

40

50

高価である。また、この特許文献2の方法では、多光子吸収現象を生成させるために、レーザー光のスポット径を小さくする必要があり、このため、集光光学系と焦点位置制御のために複雑な装置が必要となる。

【0008】

本発明の課題は、安価なレーザー光を用いて、光学系も簡単であり、さらにレーザー光吸収材が不要なガラス基板の融着方法及びそれを用いたレーザー加工装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、ガラス基板にレーザー光を照射して重ね合わされたガラス基板を融着させる方法であって、以下の工程を備えている。

【0010】

第1工程：2枚のガラス基板を、2枚のガラス基板の間にレーザー光吸収材を介在させることなしに重ね合わせる。

【0011】

第2工程：重ね合わされたガラス基板の一方側の主面から波長が $2.7\mu\text{m}$ 以上 $6.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザー光を照射しながら融着予定ラインに沿って走査し、2枚のガラス基板を融着する。

【0012】

この方法では、波長が $2.7\mu\text{m}$ 以上 $6.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザー光がガラス基板に対して照射される。中赤外光はガラス基板の内部まで浸透しながら吸収されるために、ガラス基板の表面から内部にわたって、熱分布の偏りが少なくなる。すなわち、ガラス基板の内部は比較的均一に加熱される。したがって、ガラス基板の熱損傷を抑制しつつ、ガラス基板を溶融させることが可能となる。

【0013】

ここでは、2枚のガラス基板の間にレーザー光吸収材を用いる必要がなく、工程が簡素になる。また、中赤外光のレーザー光を用いるために、集光光学系と焦点位置制御のための構成が簡単になる。

【0014】

本発明の第2側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1側面の方法において、第2工程では、波長が 2.7 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下の中赤外光のレーザー光をガラス基板に対して照射する。

【0015】

ここでは、ガラスに対する透過率が比較的高い中赤外のレーザー光が用いられるので、レーザー光が照射される一方のガラス基板の厚さが比較的厚い場合でも、他方のガラス基板までレーザー光が届き、安定してガラス基板を融着させることができる。

【0016】

本発明の第3側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1側面の方法において、第2工程では、連続発振のレーザー光をガラス基板に対して照射する。

【0017】

ここでは、連続発振のレーザー光が用いられるので、均一な連続する溶融部を簡単に形成することができる。

【0018】

本発明の第4側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1側面の方法において、第2工程では、繰り返し周波数が 1MHz 以上の擬似連続発振のパルスレーザー光をガラス基板に対して照射する。

【0019】

ここでは、擬似連続発振のレーザー光が用いられるので、連続発振のレーザー光と同様にほぼ均一な連続する溶融部を簡単に形成することができる。

10

20

30

40

50

【0020】

本発明の第5側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1側面の方法において、第2工程では、繰り返し周波数が10kHz以上のパルスレーザー光をガラス基板に対して照射する。

【0021】

ここでは、繰り返し周波数が10kHz以上のパルスレーザー光が用いられるので、パルスレーザーの1パルスごとに形成された各溶融部を互いに重ねて連続させた溶融部を形成できる。

【0022】

本発明の第6側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1から第5側面のいずれかの方法において、第1工程では、2枚のガラス基板を押圧することなく重ね合わせる。

10

【0023】

ここでは、2枚のガラス基板を互いに圧接する必要がなく、装置構成が簡単になる。

【0024】

本発明の第7側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1から第6側面のいずれかの方法において、第2工程では、レーザー光の照射及び走査により、2枚のガラス基板の対向面にそれぞれ凸部を形成するとともに凸部同士を融着させ、2枚のガラス基板の間に所定の隙間を介在させる。

【0025】

ここでは、液晶表示装置等のように、2枚のガラス基板を、それらの間に隙間を介在させて接合するような場合に有効である。

20

【0026】

本発明の第8側面に係るレーザー光によるガラス基板融着方法は、第1から第7側面のいずれかの方法において、第2工程では、Er:Y₂O₃、Er:ZBLAN、Er:YSGG、Er:GGG、Er:YLF、Er:YAG、Dy:ZBLAN、Ho:ZBLAN、CO、Cr:ZnSe、Cr:ZnS、Fe:ZnSe、Fe:ZnS、半導体レーザーの中赤外のレーザー光群の中から選択されたいずれかのレーザー光をガラス基板に対して照射する。

【0027】

本発明の第9側面に係るレーザー加工装置は、重ね合わされたガラス基板にレーザー光を照射してガラス基板同士を融着させる装置であって、ワークテーブルと、レーザー発振器と、光学系と、走査機構と、を備えている。ワークテーブルはそれらの間にレーザー光吸収材を介在させることなしに重ね合わされた2枚のガラス基板が載置される。レーザー発振器は波長が2.7以上6.0μm以下の中赤外光のレーザー光を発振する。光学系はレーザー発振器からのレーザー光を集光して2枚のガラス基板の間を通過するように照射する。走査機構は、光学系とワークテーブルとを相対的に移動させて、集光されたレーザー光を融着予定ラインに沿って走査する。

30

【0028】

本発明の第10側面に係るレーザー加工装置は、第9側面の装置において、レーザー発振器は波長が2.7以上5.0μm以下の中赤外光のレーザー光を連続発振する。

40

【0029】

本発明の第11側面に係るレーザー加工装置は、第9側面の装置において、レーザー発振器はレーザー光を連続発振する。

【0030】

本発明の第12側面に係るレーザー加工装置は、第9側面の装置において、レーザー発振器は繰り返し周波数が1MHz以上のパルスレーザー光を擬似連続発振する。

【0031】

本発明の第13側面に係るレーザー加工装置は、第9側面の装置において、レーザー発振器は繰り返し周波数が10kHz以上のパルスレーザー光を発振する。

50

【0032】

本発明の第14側面に係るレーザ加工装置は、第9から第13側面のいずれかの装置において、レーザ発振器は、Er:Y₂O₃、Er:ZBLAN、Er:YSGG、Er:GGG、Er:YLF、Er:YAG、Dy:ZBLAN、Ho:ZBLAN、CO、Cr:ZnSe、Cr:ZnS、Fe:ZnSe、Fe:ZnS、半導体レーザの中赤外のレーザ光群の中から選択されたいずれかのレーザ光をガラス基板に対して照射する。

【発明の効果】

【0033】

以上のような本発明では、中赤外光のレーザ光を用いて、かつ2枚のガラス基板の間にレーザ光吸収材を介在させることなく融着を行うので、安価にガラス基板を接合することができ、しかも光学系の装置構成を簡単にすることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の一実施形態によるレーザ加工装置の概略構成図。

【図2】無アルカリガラスに対するレーザ光の波長と透過率との関係を示す図。

【図3】ソーダガラスに対するレーザ光の波長と透過率との関係を示す図。

【図4】焦点位置とガラス基板に形成される凸部の高さとの関係を示す顕微鏡写真。

【図5】2枚のガラス基板を融着させた場合の断面を示す顕微鏡写真。

【発明を実施するための形態】

【0035】

20

[レーザ加工装置]

本発明の一実施形態によるレーザ加工装置を図1に示す。このレーザ加工装置は、重ね合わされた2枚のガラス基板G1、G2が載置されるワークテーブル1と、レーザ発振器2と、光学系3と、走査機構としてのテーブル移動機構4と、を備えている。

【0036】

レーザ発振器2は、波長が2.7μm以上6.0μm以下の中赤外光のレーザ光を発振する。ここで、レーザ発振器2としては、Er:Y₂O₃、Er:ZBLAN、Er:YSGG、Er:GGG、Er:YLF、Er:YAG、Dy:ZBLAN、Ho:ZBLAN、CO、Cr:ZnSe、Cr:ZnS、Fe:ZnSe、Fe:ZnS、半導体レーザの中赤外のレーザ光群の中から選択されたレーザ光で、前述のように、波長が2.7~6.0μmのものを射出するものであればよい。また、ここでは、連続発振のレーザ光を射出する。

30

【0037】

光学系3は、複数の反射ミラー6a、6b、6c及び集光レンズ7を含んでいる。集光レンズ7は、レーザ光を集光して2枚のガラス基板G1、G2の間、すなわち両者の接合部にレーザ光を通過させるように設定されている。

【0038】

テーブル移動機構4は、互いに直交するX及びY方向にワークテーブル1を移動させるための機構である。このテーブル移動機構4によって、集光点を融着予定ラインに沿って走査することができる。

40

【0039】

[ガラス基板の融着方法]

以上のレーザ加工装置を用いて、2枚のガラス基板を融着させる場合は、以下の工程によって行われる。

【0040】

まず、融着すべき2枚のガラス基板G1、G2を重ねあわせ、ワークテーブル1上の所定位置にセットする。このとき、2枚のガラス基板G1、G2の間には、レーザ光吸収材を介在させず、かつ2枚のガラス基板G1、G2を圧接するための圧力を加えることもしない。

【0041】

50

以上のような2枚のガラス基板G1, G2に対して、前述のような中赤外光のレーザー光が両ガラス基板G1, G2間を通過するように照射し、さらに融着予定ラインに沿って走査する。

【0042】

以上のようなレーザー光の連続照射及び走査によって、両ガラス基板G1, G2におけるレーザー光の照射部分には、相手側のガラス基板に向かって突出する凸部が形成される。そして、この凸部の先端同士が融着し、結果的に2枚のガラス基板G1, G2が、その間に所定の間隙をあけて、走査ライン（融着予定ライン）に沿って融着する。

【0043】

特に、波長3 μm 程度の中赤外光のレーザー光を利用することによって、レーザー光はガラス基板の内部まで透過しながら吸収される。このため、ガラス基板の表面から内部まで、熱分布の偏りが少なくなる。また、ガラス基板の熱損傷を抑えて溶融、融着させることができる。

10

【0044】

[透過率と波長]

図2に、板厚が0.2mmの無アルカリガラス（例えばOA10（製品名：日本電気硝子社製））のガラス基板に対するレーザー光の波長と透過率との関係を示している。また、図3に、板厚が0.5mmのソーダガラスのガラス基板に対するレーザー光の波長と透過率との関係を示している。

【0045】

図2から明らかなように、板厚0.2mmの無アルカリガラスに対しては、波長が10.6 μm のCO₂レーザーでは透過率が「0」であるので、レーザー光は基板の表面で吸収されることになる。また、波長が1 μm のYAGレーザーや、波長が532nmのグリーンレーザーでは、透過率が90%以上であり、透過しない約10%のレーザー光もそのほとんどは表面で反射され、基板内部に吸収されない。そして、波長が2.8 μm のレーザー光であれば、基板内部でほぼ均一に吸収され、基板内部を溶融させて、重ね合わされた2枚の基板を融着することができる。

20

【0046】

また、図3の板厚0.5mmのソーダガラスでは、波長が2.8 μm のレーザー光では、基板の内部までレーザー光が透過しながら吸収され、したがって基板内部を溶融させて、重ね合わされた2枚の基板を融着することができる。なお、図2と図3に示したグラフの透過率の値の差は、試料の厚さの違いに起因するものであり、厚さが同じであれば、無アルカリガラスとソーダガラスとで透過率に差は無いと思われる。

30

【0047】

以上のことから、波長が2.7 μm 以上6.0 μm 以下のレーザー光を用いることによって、多くのガラス基板に対して、基板内部を溶融させて2枚の基板を融着できると推察される。また、レーザー光を照射する基板の厚さが比較的厚い場合でも、波長2.7 μm 以上5.0 μm 以下のレーザー光を用いることにより、安定して2枚の基板を融着することができる。

【0048】

[実験例：凸部の形成]

ガラス基板に前述のような中赤外光のレーザー光を照射した場合に、ガラス基板表面に凸部が形成される様子を図4に示している。この図4の例のガラス基板及びレーザー照射条件は以下の通りである。

40

【0049】

基板：無アルカリガラス（OA10＝製品名：日本電気硝子社製）、板厚0.2mm

レーザー光：ZBLANファイバーレーザー、波長2.7 μm 、出力7W、連続発振、走査速度20mm/s

また、この実験例では、レーザー光の焦点位置を変えた場合に、凸部の高さがどの程度変わるかも確認した。焦点位置は、図4(a)では左側が基板内部に0.8mm入った位置

50

、同図右側は基板内部に0.6mm入った位置、(b)は基板内部に0.2mm入った位置、(c)は基板表面から0.2mmの高さの位置、(d)は基板表面から1mmの高さの位置である。

【0050】

この図4の実験例からも明らかなように、レーザ光の集光位置を変えても、凸部の高さ位置はほぼ一定であり、6~7 μ mであった。

【0051】

2枚のガラス基板を重ね合わせてレーザ光によって融着する場合、図4に示した凸部の先端が溶融し、互いに融着するが、集光位置(焦点位置)を変えても凸部の高さはほぼ一定である。したがって、2枚のガラス基板を融着させるに際して、集光位置を高精度に制御する必要がないことがわかる。

10

【0052】

[実験例：融着]

図5に、図4と同じ条件で2枚のガラス基板を融着した場合の断面を示している。この顕微鏡写真で示すように、上側のガラス基板の裏面の溶融幅は70 μ mであり、両ガラス基板が強固に融着されていることがわかる。

【0053】

[特徴]

(1)中赤外光のレーザ光をガラス基板に照射することによって、レーザ光はガラス基板の内部まで浸透しながら吸収され、このためガラス基板の表面から内部にわたって均一に加熱される。したがって、ガラス基板の熱損傷を抑制しつつ、ガラス基板を溶融させることが可能となる。

20

【0054】

(2)2枚のガラス基板の間にレーザ光吸収材を用いる必要がなく、工程が簡素になる。

【0055】

(3)レーザ光の集光位置に誤差があっても、融着の起点となると凸部の高さはほぼ一定である。したがって、集光光学系と焦点位置制御のための構成が簡単になる。

【0056】

(4)2枚のガラス基板を重ね合わせる際に、両ガラス基板を互いに押圧する必要がない。したがって、装置構成が簡単になる。

30

【0057】

[他の実施形態]

本発明は以上のような実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱することなく種々の変形又は修正が可能である。

【0058】

前記実施形態では、連続発振のレーザ光を用いたが、繰り返し周波数1MHz以上の擬似連続発振のパルスレーザ光や、繰り返し周波数が10kHz以上のパルスレーザ光を照射するようにしてもよい。

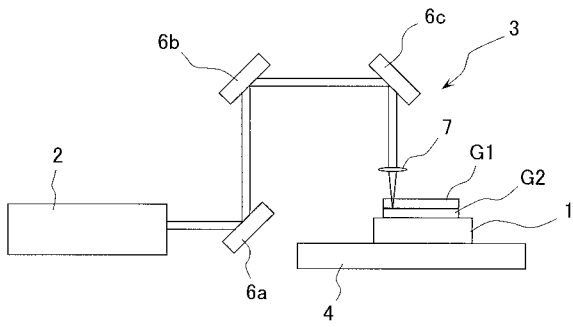
【符号の説明】

40

【0059】

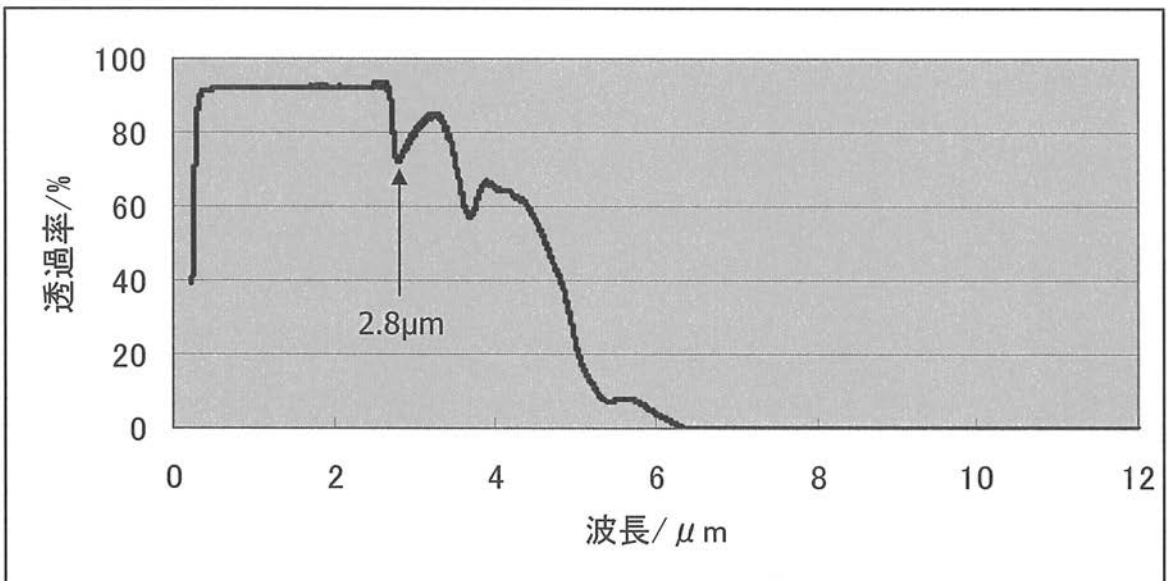
- 1 ワークテーブル
- 2 レーザ発振器
- 3 光学系
- 4 テーブル移動機構
- G1, G2 ガラス基板

【 図 1 】



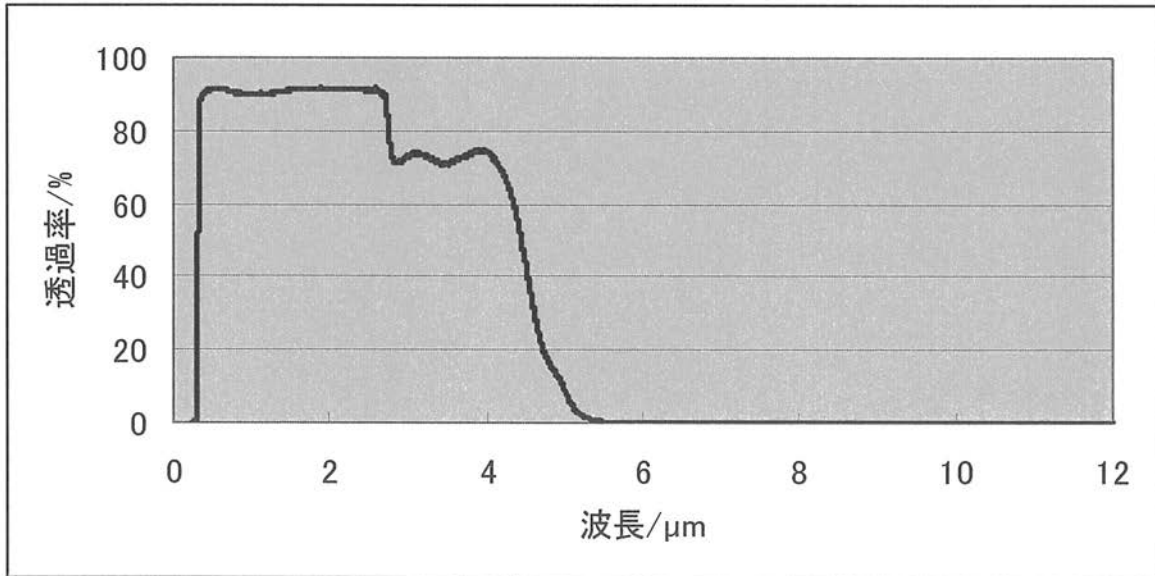
【 図 2 】

無アルカリガラス、板厚0.2mm

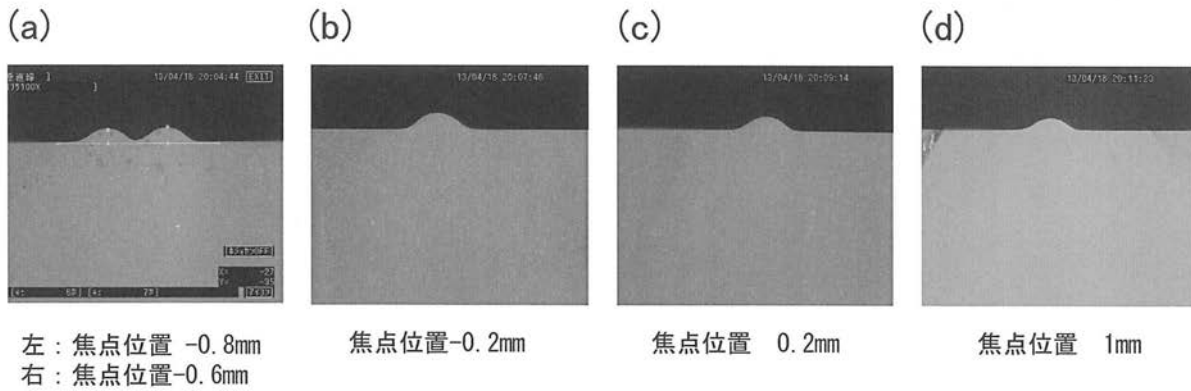


【 図 3 】

ソーダガラス、板厚0.5mm



【 図 4 】



【 図 5 】

