

(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2014-42921

(P2014-42921A)

(43) 公開日 平成26年3月13日(2014.3.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23K 26/36 (2014.01)	B23K 26/36	3C069
B23K 26/40 (2014.01)	B23K 26/40	4E068
B28D 5/00 (2006.01)	B28D 5/00	4G015
C03C 23/00 (2006.01)	C03C 23/00	4G059
B23K 26/60 (2014.01)	B23K 26/42	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-185679 (P2012-185679)
 (22) 出願日 平成24年8月24日 (2012.8.24)

(71) 出願人 000236436
 浜松ホトニクス株式会社
 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1

(74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹

(74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹

(74) 代理人 100124291
 弁理士 石田 悟

(72) 発明者 下井 英樹
 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
 浜松ホトニクス株式会社内

(72) 発明者 荒木 佳祐
 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
 浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

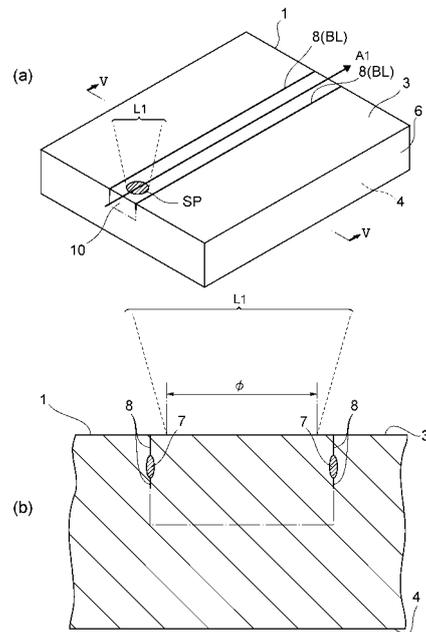
(54) 【発明の名称】 レーザ加工方法

(57) 【要約】

【課題】 レーザ光の照射により加工対象物の一部分を所望の形状に剥離可能なレーザ加工方法を提供する。

【解決手段】 レーザ光L1の照射により加工対象物1から剥離予定部分10を剥離する工程に先だって、剥離予定部分10を規定する基準線BLに沿って亀裂8を形成する。このようにすると、剥離予定部分10を剥離する工程において、その亀裂8に沿って剥離予定部分10の剥離を生じさせることができる。よって、基準線BL及び亀裂8の態様を制御することによって、所望の形状に剥離予定部分10を剥離することが可能となる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

剥離予定部分を含む加工対象物を用意する工程と、
 前記加工対象物を用意した後に、前記剥離予定部分を規定する基準線に沿って前記加工対象物に亀裂を形成する工程と、
 前記加工対象物に前記亀裂を形成した後に、前記剥離予定部分に第 1 のレーザ光を照射することによって、前記加工対象物から前記剥離予定部分を剥離する工程と、
 を備えることを特徴するレーザ加工方法。

【請求項 2】

前記亀裂を形成する工程においては、第 2 のレーザ光の集光点を前記加工対象物の内部に位置させた状態で前記基準線に沿って前記第 2 のレーザ光を前記加工対象物に照射することにより、前記基準線に沿って前記加工対象物の少なくとも内部に前記亀裂を形成する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

10

【請求項 3】

前記剥離予定部分は、前記加工対象物の表面を含み、
 前記基準線は、前記加工対象物の前記表面に沿って複数設定されており、
 前記亀裂を形成する工程においては、複数の前記基準線のそれぞれに沿って前記加工対象物に前記亀裂を形成し、
 前記剥離予定部分を剥離する工程においては、複数の前記基準線のそれぞれに沿って前記剥離予定部分に前記第 1 のレーザ光を照射することによって、前記加工対象物から前記剥離予定部分を剥離する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーザ加工方法。

20

【請求項 4】

前記剥離予定部分は、前記加工対象物の縁部を含み、
 前記基準線は、前記加工対象物の前記縁部を形成する表面及び側面に設定されており、
 前記剥離予定部分を剥離する工程においては、前記加工対象物の前記縁部に沿って前記剥離予定部分に前記第 1 のレーザ光を照射することによって前記剥離予定部分を剥離し、前記加工対象物の面取りを行う、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 5】

前記亀裂を形成する工程においては、前記加工対象物の面取り形状が前記基準線に沿って延びる複数の面から構成されるように複数列の前記亀裂を形成する、ことを特徴とする請求項 4 に記載のレーザ加工方法。

30

【請求項 6】

前記亀裂を形成する工程においては、前記基準線に沿って連続的に前記亀裂を形成する、ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 7】

前記亀裂を形成する工程においては、前記基準線に沿って断続的に前記亀裂を形成する、ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、レーザ光の照射によって加工対象物の一部分を剥離するレーザ加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

上記技術分野の従来技術として、例えば、特許文献 1 に記載の U 字状溝加工方法が知られている。この U 字状溝加工方法においては、ガラス基板の表面にレーザビームを走査してガラス基板を急加熱することによって、加熱部分の熱膨張により非加熱部分との境界近傍から加熱部分を剥離し、ガラス基板の表面に断面 U 字状の溝を形成している。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】再公表特許WO2009/050938号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述したように、特許文献1に記載の方法によれば、レーザー光の照射によってガラス基板等の加工対象物の一部分を剥離することができる。しかしながら、特許文献1に記載の方法にあっては、加工対象物から一部分を剥離して形成される溝の断面形状がU字状に限定されたり、剥離される部分の幅にばらつきが生じたりするため、所望する形状の加工を行うことができないという問題がある。

10

【0005】

本発明は、そのような事情に鑑みてなされたものであり、レーザー光の照射により加工対象物の一部分を所望の形状に剥離可能なレーザー加工方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明に係るレーザー加工方法は、剥離予定部分を含む加工対象物を用意する工程と、加工対象物を用意した後に、剥離予定部分を規定する基準線に沿って加工対象物に亀裂を形成する工程と、加工対象物に亀裂を形成した後に、剥離予定部分に第1のレーザー光を照射することによって、加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程と、を備えることを特徴とする。

20

【0007】

このレーザー加工方法においては、第1のレーザー光の照射により加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程に先だって、剥離予定部分を規定する基準線に沿って亀裂を形成する。このようにすると、剥離予定部分を剥離する工程において、その亀裂に沿って剥離予定部分の剥離を生じさせることができる。よって、このレーザー加工方法によれば、基準線及び亀裂の態様を制御することによって、所望の形状に剥離予定部分を剥離することが可能となる。

【0008】

本発明に係るレーザー加工方法においては、亀裂を形成する工程において、第2のレーザー光の集光点を加工対象物の内部に位置させた状態で基準線に沿って第2のレーザー光を加工対象物に照射することにより、基準線に沿って加工対象物の少なくとも内部に亀裂を形成することができる。この場合には、例えばスクライブ等の方法によって表面に亀裂を形成することが困難な材料からなる加工対象物に対しても、基準線に沿って好適に亀裂を形成することができる。

30

【0009】

本発明に係るレーザー加工方法においては、剥離予定部分は、加工対象物の表面を含み、基準線は、加工対象物の表面に沿って複数設定されており、亀裂を形成する工程においては、複数の基準線のそれぞれに沿って加工対象物に亀裂を形成し、剥離予定部分を剥離する工程においては、複数の基準線のそれぞれに沿って剥離予定部分に第1のレーザー光を照射することによって、加工対象物から剥離予定部分を剥離することができる。この場合には、加工対象物の表面を含む剥離予定部分を剥離して加工対象物の平滑な面を露出させることにより、加工対象物の表面平滑化を行うことができる。

40

【0010】

本発明に係るレーザー加工方法においては、剥離予定部分は、加工対象物の縁部を含み、基準線は、加工対象物の縁部を形成する表面及び側面に設定されており、剥離予定部分を剥離する工程においては、加工対象物の縁部に沿って剥離予定部分に第1のレーザー光を照射することによって剥離予定部分を剥離し、加工対象物の面取りを行うことができる。この場合には、加工対象物の縁部を含む剥離予定部分を剥離することにより、加工対象物の面取りを行うことができる。特に、上述したように、亀裂に沿って剥離予定部分の剥離を

50

生じさせることができるので、基準線及び亀裂の態様を制御することによって、所望の形状に面取り加工を行うことができる。

【0011】

本発明に係るレーザ加工方法においては、亀裂を形成する工程において、加工対象物の面取り形状が基準線に沿って延びる複数の面から構成されるように複数列の亀裂を形成することができる。このようにすれば、加工対象物の面取り形状を複数の面から構成される形状にすることができる。

【0012】

本発明に係るレーザ加工方法においては、亀裂を形成する工程において、基準線に沿って連続的に亀裂を形成することができる。この場合、剥離予定部分の剥離を、基準線及び亀裂に確実に沿うように生じさせることができる。

10

【0013】

本発明に係るレーザ加工方法においては、亀裂を形成する工程において、基準線に沿って断続的に亀裂を形成することができる。この場合、亀裂の形成量を低減させることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、レーザ光の照射により加工対象物の一部分を所望の形状に剥離可能なレーザ加工方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0015】

【図1】第1実施形態に係るレーザ加工方法における加工対象物の斜視図である。

【図2】加工対象物に亀裂を形成する工程の要部を示す図である。

【図3】加工対象物に亀裂を形成する工程の要部を示す図である。

【図4】加工対象物に亀裂を形成する工程の要部を示す図である。

【図5】加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程の要部を示す図である。

【図6】加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程の要部を示す図である。

【図7】第1実施形態に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための図である。

【図8】第1実施形態に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための図である。

【図9】本実施形態における亀裂の変形例を示す図である。

30

【図10】本実施形態における亀裂の変形例を示す図である。

【図11】第2実施形態に係るレーザ加工方法における加工対象物の斜視図である。

【図12】加工対象物に亀裂を形成する工程を示す図である。

【図13】加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程を示す図である。

【図14】第3実施形態に係るレーザ加工方法における加工対象物の斜視図である。

【図15】加工対象物に亀裂を形成する工程の要部を示す図である。

【図16】加工対象物に亀裂を形成する工程の要部を示す図である。

【図17】加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程を示す図である。

【図18】第3実施形態に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための図である。

【図19】第3実施形態に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための図である。

40

【図20】本実施形態に係るレーザ加工方法の変形例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の一実施形態に係るレーザ加工方法について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において、同一又は相当部分には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。以下に説明するレーザ加工方法では、レーザ光の照射によって加工対象物の一部分を剥離する。

[第1実施形態]

【0017】

まず、本発明の第1実施形態に係るレーザ加工方法について説明する。このレーザ加工

50

方法では、まず、図1の(a)に示されるように、加工対象物1を用意する。加工対象物1は、例えば、ガラス(強化ガラスを含む)、SiC、シリコン、又はサファイア等となる。加工対象物1は、矩形板状を呈している。加工対象物1は、表面3と、表面3の反対側の裏面4と、表面3と裏面4とを互いに接続する側面6とを有している。加工対象物1は剥離予定部分10を含む。剥離予定部分10は、加工対象物1の表面3に設定された一対の基準線BLによって規定されている。

【0018】

基準線BLは、所定の間隔をもって互いに平行になるように、加工対象物1の一端から他端にわたって延在する仮想線である。したがって、剥離予定部分10は、加工対象物1の表面3の一部分を含むように、加工対象物1の一端から他端にわたって一定の幅で延在するストライプ状に設定されている。後に、この剥離予定部分10にレーザ光を照射して加工対象物1から剥離予定部分10を剥離(除去)し、図1の(b)に示されるように加工対象物1の表面3に溝11を形成する。

10

【0019】

続く工程では、基準線BLに沿って加工対象物1に亀裂(初亀裂)を形成する。この工程について詳細に説明する。図2~図4は、加工対象物に亀裂を形成する工程の要部を示す図である。特に、図2の(b)は図2の(a)のII-II線に沿って部分断面図であり、図3の(b)は図3の(a)のIII-III線に沿っての部分断面図であり、図4の(b)は図4の(a)のIV-IV線に沿っての部分断面図である。

20

【0020】

この工程では、まず、図2に示されるように、一方の基準線BLに沿ってレーザ光(第2のレーザ光)L2を照射する。より具体的には、加工対象物1の表面3をレーザ光L2の入射面としてレーザ光L2の集光点Pを加工対象物1の内部に位置させた状態において、一方の基準線BLに沿って(矢印A2の方向に)集光点Pを相対移動させることにより、その基準線BLに沿って加工対象物1にレーザ光L2を照射(走査)する。これにより、図3に示されるように、一方の基準線BLに沿って加工対象物1の内部に改質領域7が形成される。

【0021】

レーザ光L2は、加工対象物1を透過すると共に加工対象物1の内部の集光点P近傍において特に吸収され、これにより、加工対象物1に改質領域7が形成される。改質領域7は、密度、屈折率、機械的強度やその他の物理特性が周囲と異なる状態になった領域を含む。改質領域7としては、例えば、熔融処理領域(一旦熔融後に再固化した領域、熔融状態にある領域、及び熔融状態から再固化する途中の状態にある領域の少なくとも一つを含む領域を意味する)、クラック領域、絶縁破壊領域、及び、屈折率変化領域等があり、これらが混在した領域もある。

30

【0022】

さらに、改質領域7としては、加工対象物1の材料において改質領域7の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域や、格子欠陥が形成された領域がある(これらをまとめて高密転移領域ともいう)。また、熔融処理領域や屈折率変化領域、改質領域7の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域、格子欠陥が形成された領域は、さらに、これらの領域の内部や改質領域7と非改質領域との界面に亀裂(割れ、マイクロクラック等)を内包している場合がある。内包される亀裂は、改質領域7の全体に渡る場合や一部分のみや複数部分に形成される場合がある。

40

【0023】

また、レーザ光L2がパルスレーザ光である場合には、改質領域7は、1パルスのショット(つまり1パルスのレーザ照射:レーザショット)によって形成される改質スポットの集合として構成される。さらに、改質領域7は、改質スポットから延びる複数の亀裂を含む場合がある。改質スポットとしては、クラックスポット、熔融処理スポット、若しくは屈率変化スポット、またはそれらの少なくとも2つが混在するもの等が挙げられる。

【0024】

50

ここでは、レーザ光 L 2 の照射条件を、例えば以下のように設定することができる。

波長：532 nm

エネルギー：18 μJ

パルス幅：500 ps

走査速度：500 mm / s

【0025】

これにより、加工対象物 1 の内部に上述したように改質領域 7 を形成すると共に、改質領域 7 から亀裂 8 を生じさせる。亀裂 8 は、基準線 B L に沿うように加工対象物 1 の一端から他端にわたって連続的に形成されている。また、亀裂 8 は、加工対象物 1 の表面 3 に至っている。そして、同様の手順で他方の基準線 B L に沿ってレーザ光 L 2 を照射することにより、図 4 に示されるように、その基準線 B L に沿って改質領域 7 及び亀裂 8 を形成する。

10

【0026】

続く工程では、剥離予定部分 10 にレーザ光を照射することによって、加工対象物 1 から剥離予定部分 10 を剥離する。この工程について詳細に説明する。図 5 は、加工対象物から剥離予定部分を剥離する工程の要部を示す図である。特に、図 5 の (b) は図 5 の (a) の V - V 線に沿っての部分断面図であり、図 6 の (b) は図 6 の (a) の VI - VI 線に沿っての部分断面図である。

【0027】

この工程では、まず、図 5 に示されるように、加工対象物 1 の表面 3 をレーザ光 (第 1 のレーザ光) L 1 の入射面としてレーザ光 L 1 のビームスポット S P を剥離予定部分 10 に位置させた状態において、ビームスポット S P を基準線 B L に沿って (矢印 A 1 の方向に) 相対移動させることにより、加工対象物 1 の一端から他端にわたって基準線 B L に沿って剥離予定部分 10 にレーザ光 L 1 を照射 (走査) する。

20

【0028】

これにより、図 6 に示されるように、レーザ光 L 1 のビームスポット S P の移動に伴って (すなわち、レーザ光 L 1 の走査に伴って)、加工対象物 1 から剥離予定部分 10 がめくり上がるようにして剥離される。このとき、加工対象物 1 には、基準線 B L に沿って亀裂 8 が形成されているので、剥離予定部分 10 の剥離は亀裂 8 によって規定され、亀裂 8 に沿って (基準線 B L に沿って) 進行することとなる。これにより、先に図 1 の (b) に示したように、基準線 B L に沿って加工対象物 1 から剥離予定部分 10 が剥離され、剥離予定部分 10 の表面 3 にストライプ状の溝 11 が形成される。

30

【0029】

なお、剥離予定部分 10 の剥離は、レーザ光 L 1 の照射で加工対象物 1 が加熱され、その加熱によって生じるせん断力に応じてビームスポット S P の移動方向 (レーザ光 L 1 の走査方向) に連続的に加工対象物 1 に亀裂が生じ、その後に、加工対象物 1 の表面 3 が自然空冷により収縮することによって生じるものと考えられる。このような剥離を生じさせるためのレーザ光 L 1 の照射条件は、例えば以下のように設定することができる。レーザ光 L 1 の光源としては例えば CO₂ レーザ等を用いることができる。

ビームスポット径：1.0 mm

出力：100 W

走査速度：1000 mm / s

40

【0030】

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工方法においては、レーザ光 L 1 の照射により加工対象物 1 から剥離予定部分 10 を剥離する工程に先だって、剥離予定部分 10 を規定する基準線 B L に沿って亀裂 8 を形成する。このようにすると、剥離予定部分 10 を剥離する工程において、その亀裂 8 に沿って剥離予定部分 10 の剥離を生じさせることができる。よって、このレーザ加工方法によれば、基準線 B L 及び亀裂 8 を所望の態様 (位置・形状等) に制御することによって、例えば加工形状の直線性を向上させる等、所望の形状に剥離予定部分 10 を剥離することが可能となる。

50

【 0 0 3 1 】

なお、上述したように、基準線 B L 及び亀裂 8 の形状は、所望する加工形状に応じて任意に設定することができる。例えば、図 7 の (a) に示されるように、基準線 B L を、加工対象物 1 の外周部から所定距離内側において矩形環状に設定すると共に、その基準線 B L に沿って (矢印 A 2 の方向に) レーザ光 L 2 を照射して亀裂 8 を形成することができる。この場合には、図 7 の (b) に示されるように、その基準線 B L 及び亀裂 8 で規定される矩形の剥離予定部分 1 0 に対してレーザ光 L 1 を照射することにより剥離予定部分 1 0 を剥離し、図 7 の (c) に示されるように、加工対象物 1 の表面 3 に矩形の溝 1 1 を形成することができる。

【 0 0 3 2 】

同様に、基準線 B L を円環状に設定して円環状の亀裂 8 を形成することもできるが、例えば、図 8 の (a) に示されるように、剥離予定部分 1 0 を剥離するためのレーザ光 L 1 のビームスポット S P の径に対して、基準線 B L で規定された剥離予定部分 1 0 が広い場合には、図 8 の (b) に示されるように、剥離予定部分 1 0 を複数 (ここでは 2 つ) の領域 1 0 a に分割するように亀裂 8 を形成することができる。このようにすれば、その複数の領域 1 0 a のそれぞれにレーザ光 L 1 を照射して剥離し、剥離予定部分 1 0 の全体を剥離することができる。

【 0 0 3 3 】

また、亀裂 8 は、上述したものに限定されず、以下のようなものを含む。すなわち、亀裂 8 は、図 9 の (a) に示されるように、加工対象物 1 の表面 3 に到達していなくてもよい。この場合には、レーザ光 L 1 の照射によって、亀裂 8 が加工対象物 1 の表面 3 に到達し、剥離予定部分 1 0 の剥離を生じさせることができる。このように、亀裂 8 は、加工対象物 1 の少なくとも内部に形成されていけばよい。

【 0 0 3 4 】

また、亀裂 8 は、図 9 の (b) に示されるように、加工対象物 1 の表面 3 及び裏面 4 に垂直な方向に対して傾斜するように形成されてもよい。この場合には、断面台形状の剥離予定部分 1 0 が剥離され、加工対象物 1 に断面台形状の溝が形成されることとなる。また、亀裂 8 は、上述したように改質領域 7 から生じるものに限定されない。つまり、亀裂 8 は、所定のレーザ光の照射により改質領域 7 の形成を伴わずに形成されたものであってもよいし、図 9 の (c) に示されるように、工具切削やレーザスクライブ等によって加工対象物 1 の表面 3 に形成されたスクライブ溝であってもよい。

【 0 0 3 5 】

また、亀裂 8 は、図 9 の (d) に示されるように、剥離される剥離予定部分 1 0 の断面形状の外形が直線と曲線とで形成されるように形成することができる。さらに、亀裂 8 は、基準線 B L に沿って連続的に形成されるものに限定されず、図 1 0 に示されるように、基準線 B L に沿って断続的に形成されるものであってもよい。以上の亀裂 8 の変形例については、以下の実施形態においても同様に適用することができる。

[第 2 実施形態]

【 0 0 3 6 】

引き続き、本発明の第 2 実施形態に係るレーザ加工方法について説明する。このレーザ加工方法では、まず、図 1 1 の (a) に示されるように、加工対象物 1 A を用意する。加工対象物 1 A は、例えば、ガラス (強化ガラスを含む)、SiC、シリコン、又はサファイア等からなる。加工対象物 1 A は剥離予定部分 1 0 A を含む。剥離予定部分 1 0 A は、複数 (ここでは 5 つ) の基準線 B L によって規定されている。

【 0 0 3 7 】

基準線 B L は、所定の間隔をもって互いに平行となるように加工対象物 1 A の一端から他端にわたって延在する仮想線であり、加工対象物 1 A の表面 3 に沿って (表面 3 の全体にわたって) 配列されている。したがって、剥離予定部分 1 0 A は、一对の基準線 B L で規定されるストライプ状の領域 1 0 a の集合として、加工対象物 1 の表面 3 の全体を含むように設定されている。後の工程においては、図 1 1 の (b) に示されるように、この剥

10

20

30

40

50

離予定部分 10A にレーザ光を照射して加工対象物 1A から剥離予定部分 10A を剥離（除去）し、加工対象物 1A の加工面 3A を露出させる。

【0038】

続く工程では、上記第 1 実施形態と同様にして、基準線 BL のそれぞれに沿ってレーザ光 L2 を照射することにより、図 12 に示されるように、基準線 BL のそれぞれに沿って加工対象物 1A の内部に改質領域 7 を形成すると共に、改質領域 7 から亀裂 8 を生じさせる。これにより、加工対象物 1A の内部から加工対象物 1A の表面 3 に至る亀裂 8 を、基準線 BL のそれぞれに沿って加工対象物 1A の一端から他端にわたって連続的に形成する。なお、図 12 の (b) は、図 12 の (a) の XII - XII 線に沿っての断面図である。

【0039】

続いて、剥離予定部分 10A にレーザ光 L1 を照射することによって、加工対象物 1A から剥離予定部分 10A を剥離する。より具体的には、図 13 の (a) に示されるように、加工対象物 1A の表面 3 をレーザ光 L1 の入射面として、剥離予定部分 10A のうちの 1 つの領域 10a にレーザ光 L1 のビームスポット SP を位置させる。その状態において、ビームスポット SP を基準線 BL に沿って（矢印 A1 の方向に）相対移動させることにより、その領域 10a にレーザ光 L1 を照射（走査）する。これにより、図 13 の (b) に示されるように、その領域 10a を加工対象物 1A から剥離する。

【0040】

同様の手順を他の領域 10a に対して繰り返し行うことにより、全ての領域 10a を剥離して、図 11 の (b) に示されるように、剥離予定部分 10A 全体を剥離する。これにより、加工対象物 1A の表面 3 の全体が剥離され、加工対象物 1A の加工面 3A が露出する。

【0041】

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工方法によれば、加工対象物 1A の表面 3 の全体を含む剥離予定部分 10A を剥離することにより、加工対象物 1 の平滑な加工面 3A を露出させて、加工対象物 1A の表面平滑化を行うことができる。

[第 3 実施形態]

【0042】

引き続き、本発明の第 3 実施形態に係るレーザ加工方法について説明する。このレーザ加工方法では、まず、図 14 の (a) に示されるように、加工対象物 1B を用意する。加工対象物 1B は、例えば、ガラス（強化ガラスを含む）、SiC、シリコン、又はサファイア等からなる。加工対象物 1B は剥離予定部分 10B を含む。剥離予定部分 10B は、一対の基準線 BL によって規定されている。

【0043】

基準線 BL は、加工対象物 1B の縁部 12 を形成する加工対象物 1B の表面 3 及び側面 6 のそれぞれに設定されている。基準線 BL のそれぞれは、加工対象物 1B の一端から他端にわたって延在している。したがって、剥離予定部分 10B は、加工対象物 1B の一端から他端にわたって、加工対象物 1B の縁部 12 を含むように延在している。後に、図 14 の (b) に示されるように、この剥離予定部分 10B にレーザ光を照射して加工対象物 1B から剥離予定部分 10B（及び縁部 12）を剥離（除去）し、加工対象物 1B の面取りを行う。

【0044】

続く工程では、図 15, 16 に示されるように、基準線 BL に沿ってレーザ光 L2 を照射して、加工対象物 1 の内部に改質領域 7 を形成する。より具体的には、まず、図 15 に示されるように、加工対象物 1B の表面 3 をレーザ光 L2 の入射面としてレーザ光 L2 の集光点 P を加工対象物 1B の内部に位置させた状態において、基準線 BL に沿って（矢印 A2 の方向に）集光点 P を相対移動させることにより、基準線 BL に沿って加工対象物 1B にレーザ光 L2 を照射（走査）する。

【0045】

これにより、図 16 に示されるように、基準線 BL に沿って一列の改質領域 7 が形成さ

10

20

30

40

50

れる。ここでは、改質領域 7 は、上述したような亀裂を内包しているので、この工程においては、基準線 B L に沿って一列の亀裂が形成されることとなる。なお、図 15 の (b) は、図 15 の (a) の XV - XV 線に沿っての部分断面図であり、図 16 の (b) は、図 16 の (a) の XVI - XVI 線に沿っての部分断面図である。

【 0 0 4 6 】

続いて、図 17 に示されるように、剥離予定部分 10 B にレーザ光 L 1 を照射し、加工対象物 1 B から剥離予定部分 10 B を剥離する。より具体的には、図 17 の (a) に示されるように、加工対象物 1 B の表面 3 をレーザ光 L 1 の入射面として、レーザ光 L 1 のビームスポット S P の少なくとも一部分を剥離予定部分 10 B に位置させた状態において、ビームスポット S P を基準線 B L に沿って (矢印 A 1 の方向に) 相対移動させることにより、縁部 12 に沿って剥離予定部分 10 B にレーザ光 L 1 を照射 (走査) する。

10

【 0 0 4 7 】

これにより、図 17 の (b) 及び図 14 の (b) に示されるように、加工対象物 1 B の縁部 12 を含む剥離予定部分 10 B を加工対象物 1 B から剥離し、加工対象物 1 B の面取りを行う。その後、必要に応じて、剥離予定部分 10 B の他の縁部を含む剥離予定部分に対して同様の手順を繰り返し行うことによって、加工対象物 1 B の全体の面取りを行うことができる。

【 0 0 4 8 】

なお、ここでのレーザ光 L 1 の照射条件は、例えば以下のように設定することができる。

20

ビームスポット径 : 0 . 3 4 mm

出力 : 1 0 0 W

走査速度 : 3 0 0 mm / s

【 0 0 4 9 】

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工方法によれば、加工対象物 1 B の面取り加工を行うことができる。特に、剥離予定部分 10 B の剥離が改質領域 7 (改質領域 7 に内包される亀裂) によって規定されることとなるので、改質領域 7 の形成位置を制御することによって、加工対象物 1 B の面取り形状 (例えば深さ) を制御することができる。

【 0 0 5 0 】

30

なお、本実施形態に係るレーザ加工方法においては、剥離予定部分 10 B の剥離を規定する改質領域 7 の形成の態様は、上述したものに限定されない。例えば、図 18 に示されるように、一对の基準線 B L のそれぞれに沿って改質領域 7 を形成してもよい。この場合、2 列の改質領域 7 及び亀裂 8 が形成されることとなる。図 18 の (b) は、図 18 の (a) の XVIII - XVIII 線に沿っての部分断面図である。

【 0 0 5 1 】

これにより、図 19 の (a) に示されるように、加工対象物 1 B の面取り形状 F が、2 列の亀裂 8 のそれぞれによって規定されることとなるので、基準線 B L に沿って延びる 2 つの面から形成されることとなる。このように、このレーザ加工方法においては、加工対象物 1 B の面取り形状が基準線 B L に沿って延びる任意の複数の面から構成されるように、加工対象物 1 B に複数列の改質領域 7 及び亀裂 8 を形成することができる。なお、面取り形状 F を形成する各面の基準線 B L に直交する面内 (図中の紙面内) における延在方向は、基準線 B L に直交する面内における亀裂 8 の延在方向に対応している。

40

【 0 0 5 2 】

また、本実施形態に係るレーザ加工方法においては、図 19 の (b) に示されるように、レーザ光 L 2 の入射面として、表面 3 に比べて改質領域 7 の形成位置に近い側面 6 を用いてもよい。このように、このレーザ加工方法においては、改質領域 7 の形成の態様に応じて、任意の面をレーザ光 L 2 の入射面とすることができる。

【 0 0 5 3 】

以上の実施形態は、本発明に係るレーザ加工方法の一実施形態を説明したものである。

50

したがって、本発明に係るレーザ加工方法は、上述したものに限定されない。本発明に係るレーザ加工方法は、特許請求の範囲に記した各請求項の要旨を変更しない範囲において、上述したものを任意に変更することができる。

【0054】

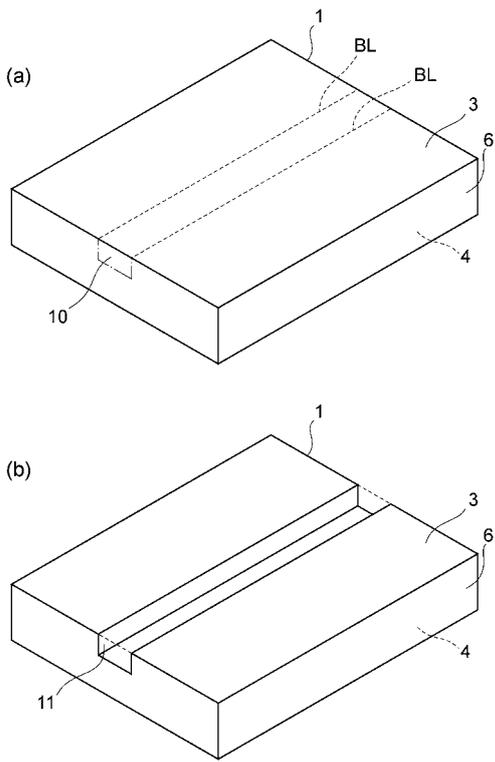
例えば、図20に示されるように、加工対象物の表面3が3次元的に湾曲している場合、上記実施形態における亀裂8を形成する工程において、加工対象物の厚さ方向についてのレーザ光L2の集光点Pの位置を表面3の変位に応じて変更しながら（すなわち、加工対象物の厚さ方向における集光点Pの表面3からの距離を一定に保ちながら）レーザ光L2を加工対象物に照射することによって、加工対象物の厚さ方向において表面3から一定の位置に亀裂8を形成することができる。

【符号の説明】

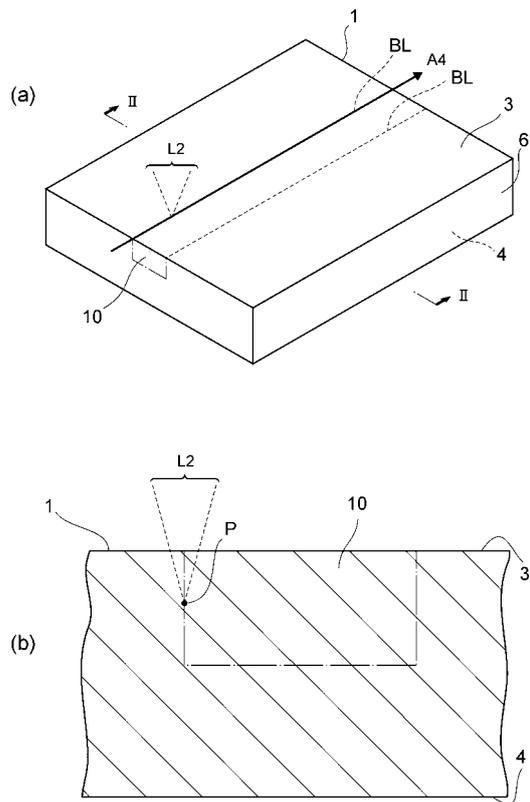
【0055】

1, 1A, 1B ... 加工対象物、3 ... 表面、6 ... 側面、8 ... 亀裂、10, 10A, 10B ... 剥離予定部分、12 ... 縁部、L1 ... レーザ光（第1のレーザ光）、L2 ... レーザ光（第2のレーザ光）、P ... 集光点、F ... 面取り形状、BL ... 基準線。

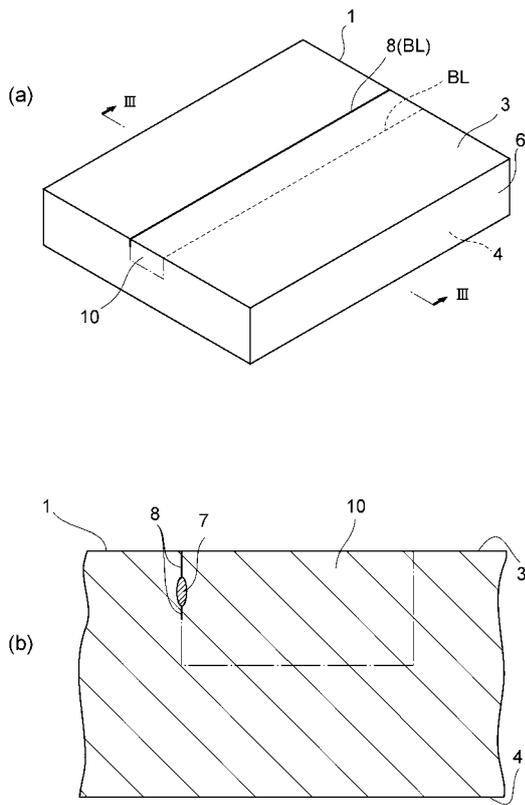
【図1】



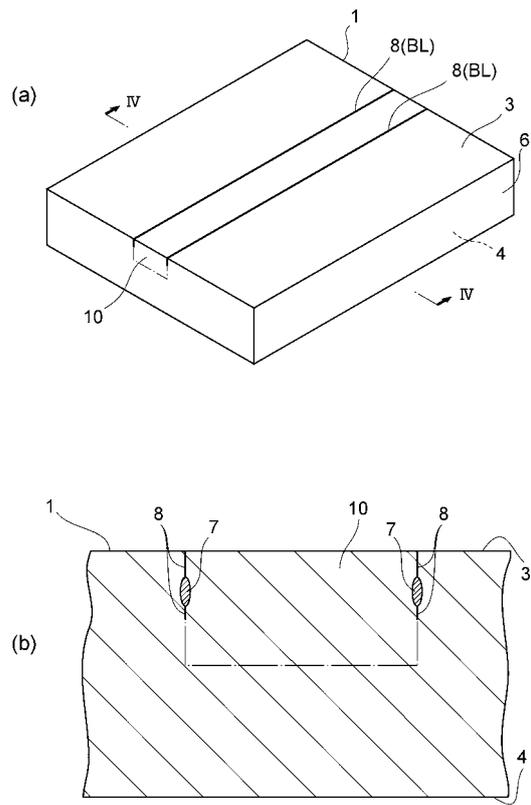
【図2】



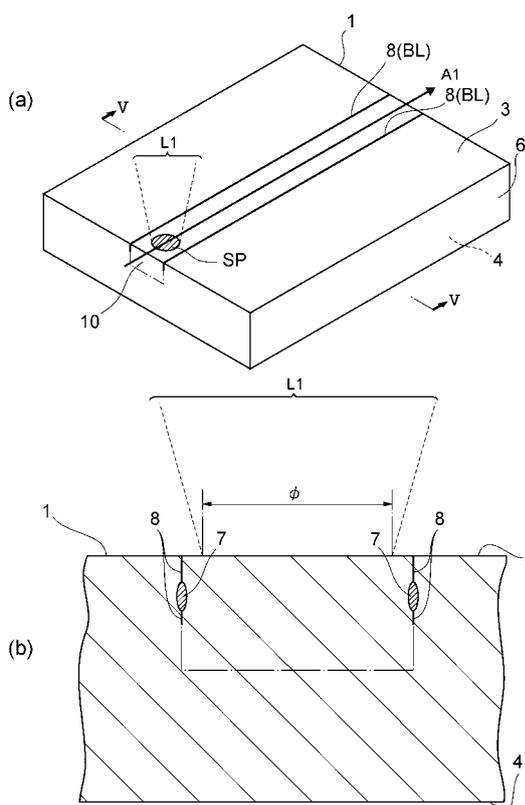
【 図 3 】



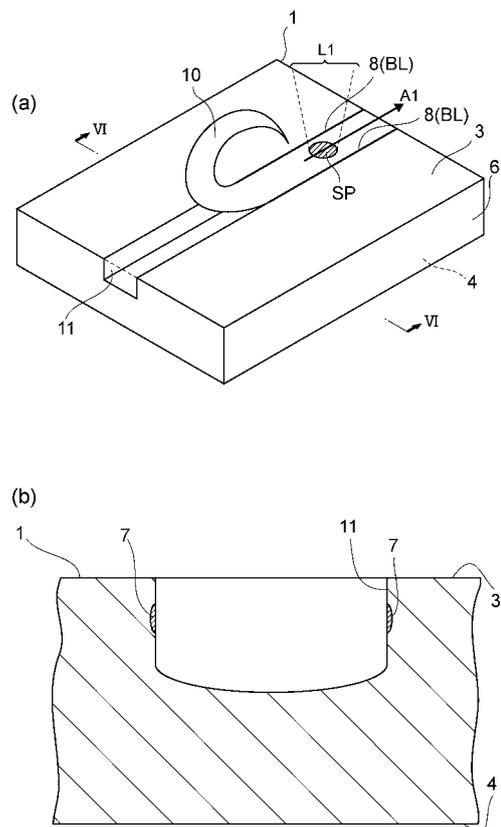
【 図 4 】



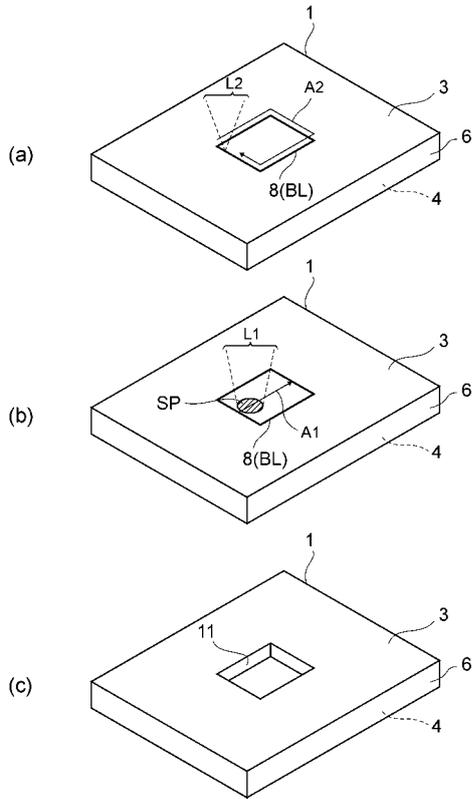
【 図 5 】



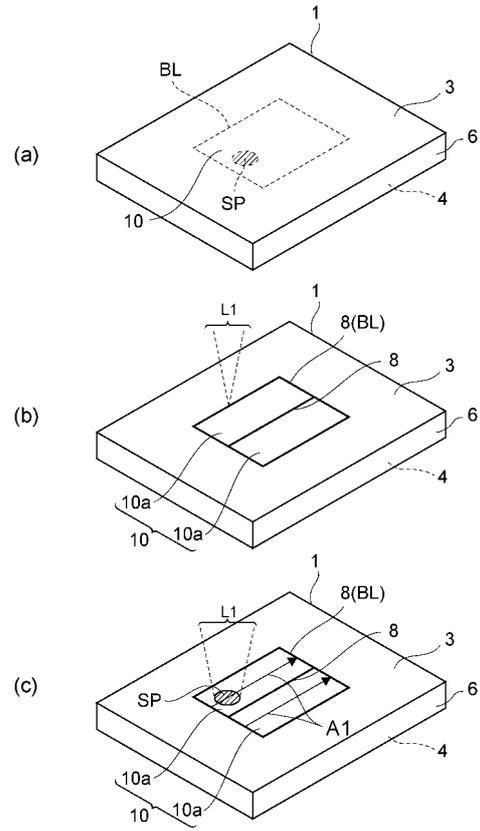
【 図 6 】



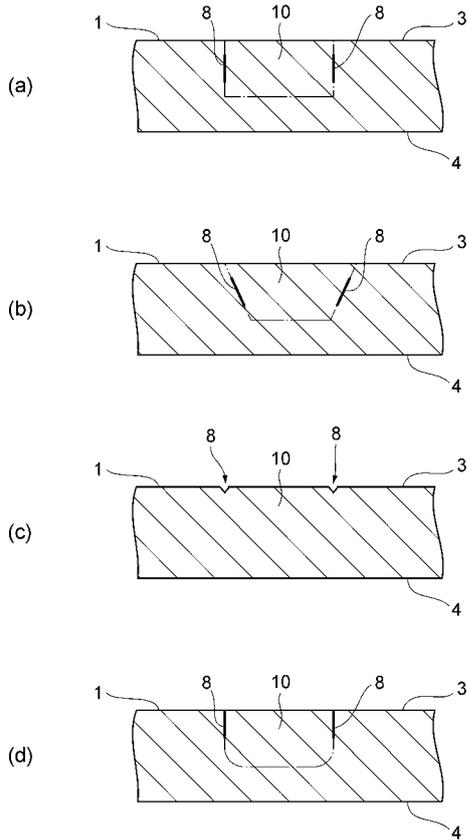
【 図 7 】



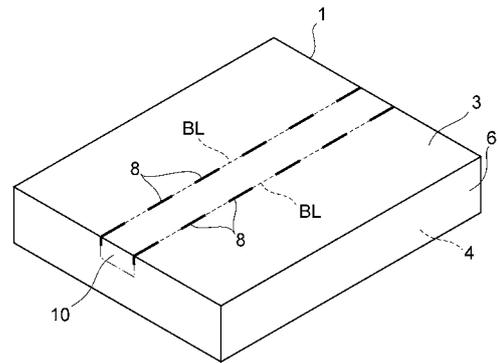
【 図 8 】



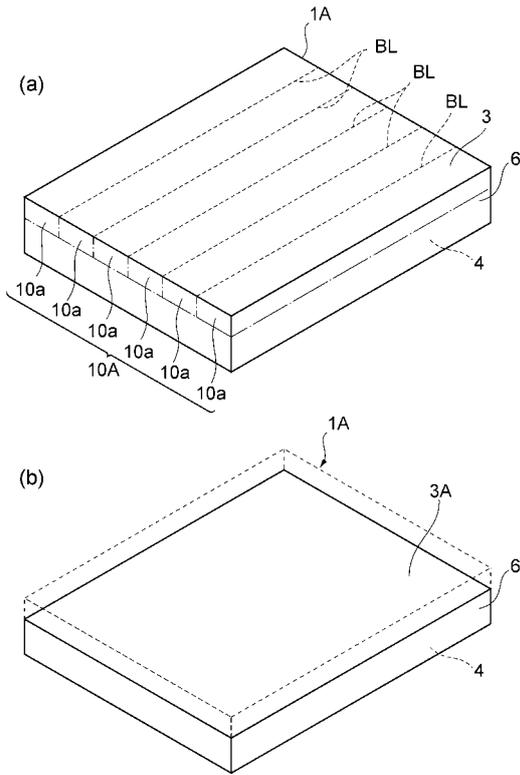
【 図 9 】



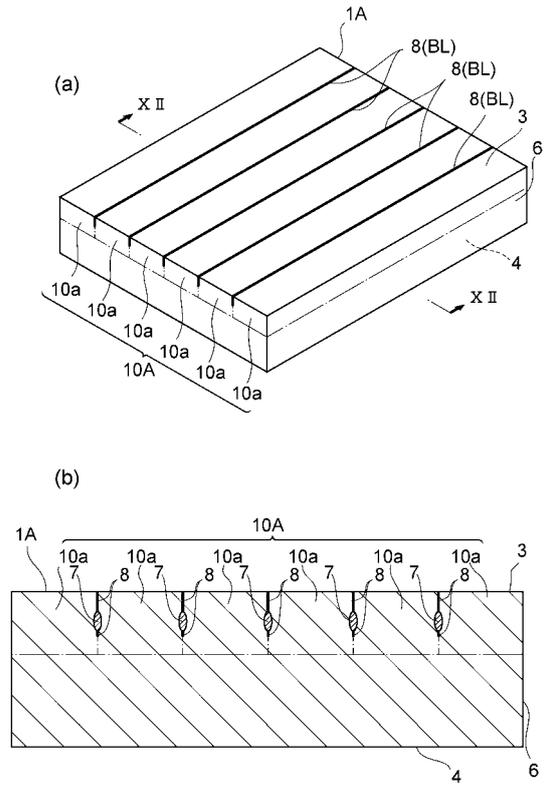
【 図 10 】



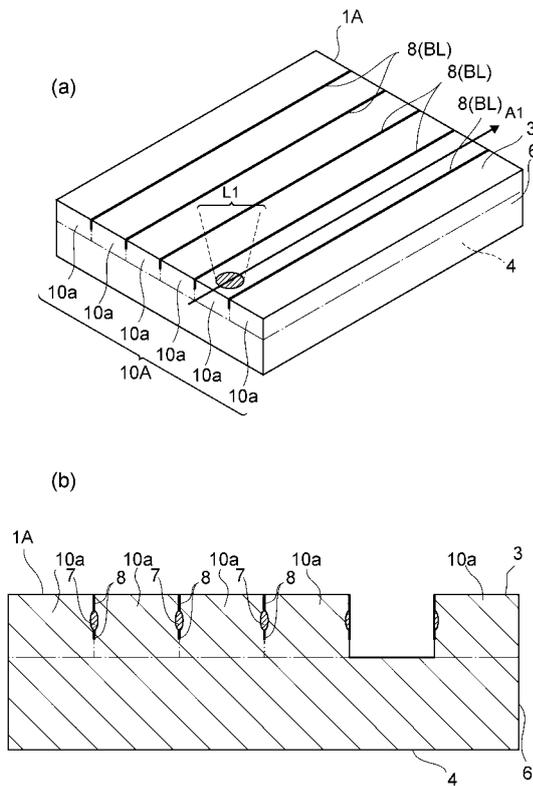
【 図 1 1 】



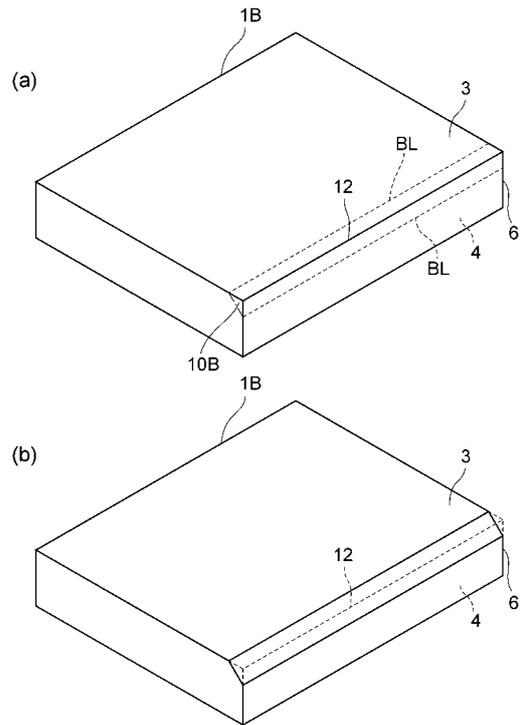
【 図 1 2 】



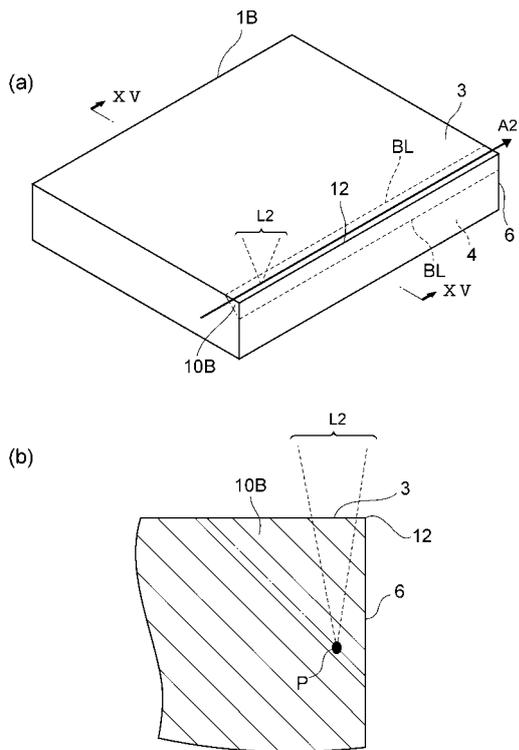
【 図 1 3 】



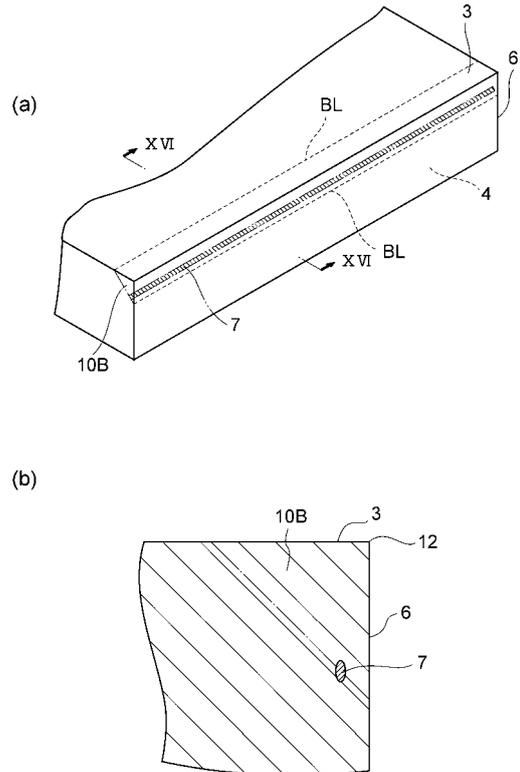
【 図 1 4 】



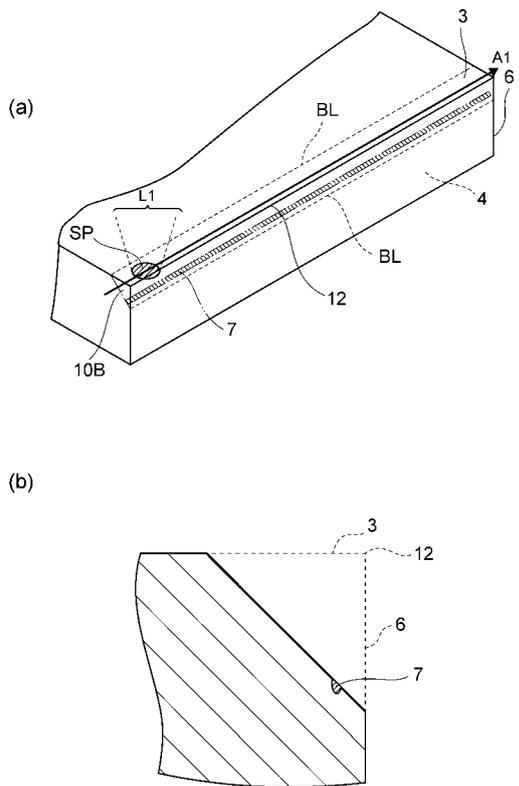
【 図 1 5 】



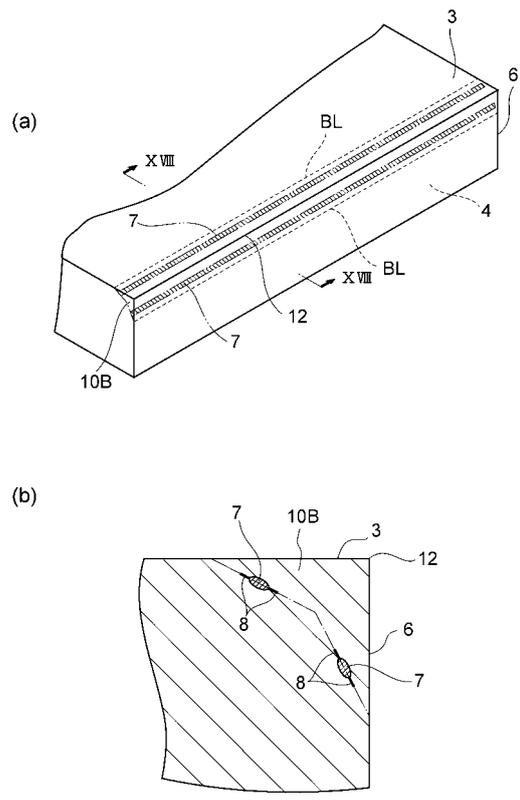
【 図 1 6 】



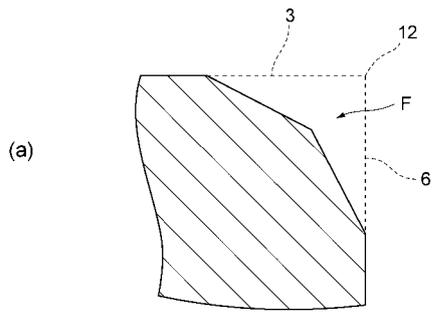
【 図 1 7 】



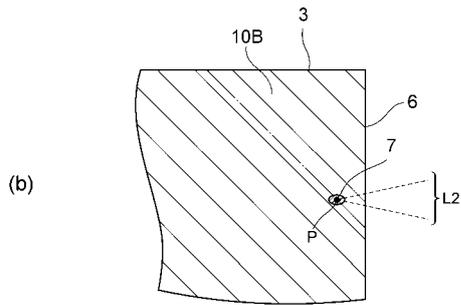
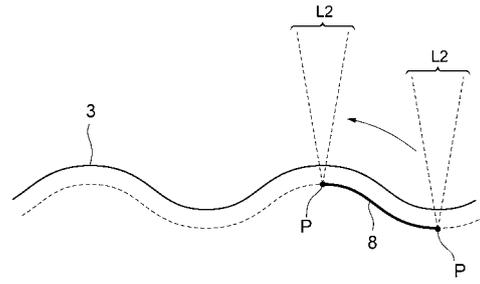
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 2 3 K 26/70	(2014.01)	C 0 3 B 33/09	
C 0 3 B 33/09	(2006.01)		

Fターム(参考) 3C069 AA07 BA08 CA11
4E068 AA05 AC01 AF01 CA02 CA03 CA07 CA09 CA15 CA17 DB11
DB13
4G015 FA06 FB01 FC14
4G059 AA08 AB05 AB17 AC01