



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201420249 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：102123572

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 02 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/38 (2006.01)**

B23K26/40 (2006.01)

(30)優先權：2012/11/29 日本

JP2012-260984

(71)申請人：三星鑽石工業股份有限公司 (日本) MITSUBOSHI DIAMOND INDUSTRIAL CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：福原健司 FUKUHARA, KENJI (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：5 項 圖式數：8 共 24 頁

(54)名稱

雷射加工方法及雷射加工裝置

(57)摘要

本發明之課題在於能夠利用簡單步驟，於不產生分斷不良之情形下確實地分斷基板。本發明之雷射加工方法係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽之方法，且包含第 1 步驟及第 2 步驟。第 1 步驟為沿第 1 加工預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽。第 2 步驟為沿第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而形成脆性材料基板之第 2 方向之溝槽。

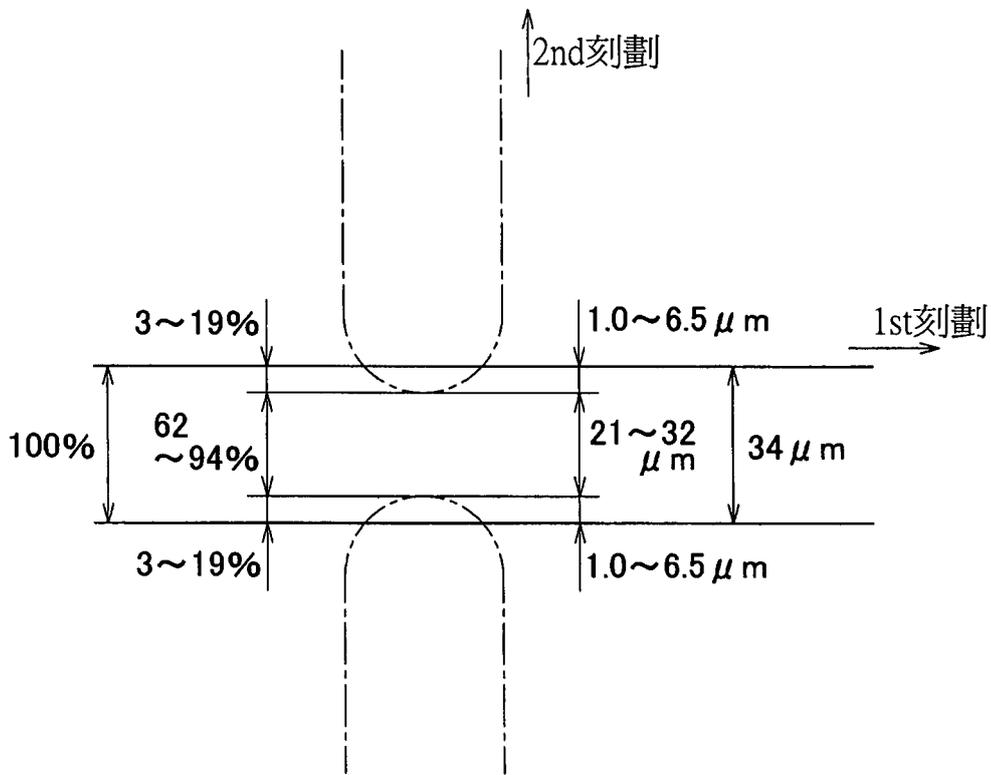


圖8



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201420249 A

(43) 公開日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：102123572

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 02 日

(51) Int. Cl. : **B23K26/38 (2006.01)**

B23K26/40 (2006.01)

(30) 優先權：2012/11/29 日本

JP2012-260984

(71) 申請人：三星鑽石工業股份有限公司 (日本) MITSUBOSHI DIAMOND INDUSTRIAL CO., LTD. (JP)

日本

(72) 發明人：福原健司 FUKUHARA, KENJI (JP)

(74) 代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：5 項 圖式數：8 共 24 頁

(54) 名稱

雷射加工方法及雷射加工裝置

(57) 摘要

本發明之課題在於能夠利用簡單步驟，於不產生分斷不良之情形下確實地分斷基板。本發明之雷射加工方法係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽之方法，且包含第 1 步驟及第 2 步驟。第 1 步驟為沿第 1 加工預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽。第 2 步驟為沿第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而形成脆性材料基板之第 2 方向之溝槽。

發明摘要

※ 申請案號： 102123572

B23K 26/38 (2006.01)

※ 申請日： 1020702

※IPC 分類： B23K 26/40 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

雷射加工方法及雷射加工裝置

【中文】

本發明之課題在於能夠利用簡單步驟，於不產生分斷不良之情形下確實地分斷基板。

本發明之雷射加工方法係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽之方法，且包含第 1 步驟及第 2 步驟。第 1 步驟為沿第 1 加工預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽。第 2 步驟為沿第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而形成脆性材料基板之第 2 方向之溝槽。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 8 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

雷射加工方法及雷射加工裝置

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種雷射加工方法及雷射加工裝置，尤其係關於一種沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽之雷射加工方法及用於實施該方法之雷射加工裝置。

【先前技術】

【0002】 作為電子零件材料而使用之矩形玻璃係藉由沿相互正交之方向分斷作為母材之一片較大之基板（玻璃板）而獲得。作為分斷方法，廣泛進行有如下方法：使刀輪等壓接滾動而形成溝槽後，自垂直方向沿形成之溝槽對基板施加外力，從而分斷基板。

【0003】 再者，於專利文獻 1 中，亦提出有如下方法：沿相互正交之加工預定線對基板表面照射雷射光，沿各加工預定線形成溝槽後，對基板施加外力從而進行分斷。

【0004】 而且，於專利文獻 2 中，揭示有另一雷射加工方法。於該方法中，藉由沿加工預定線照射脈衝雷射光而對基板表面進行燒蝕加工，與此同時，使利用燒蝕加工而形成之溝槽之表面熔融，從而減少因燒蝕加工而產生之微龜裂。利用這種方法，於基板形成溝槽。

[先行技術文獻]

[專利文獻]

【0005】

[專利文獻 1]日本特開 2012-31035 號公報

[專利文獻 2]日本特開 2010-274328 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0006】 於專利文獻 1 所示之方法中，需要於兩條加工預定線交叉之部分之四個角部分別設置反射構件，導致加工步驟變得繁雜。

【0007】 再者，亦可使用專利文獻 2 所示之方法形成兩條正交之溝槽（以下記為「交叉刻劃」）。然而，於該情形時，當形成第 1 方向之溝槽後，形成第 2 方向之溝槽時，容易於溝槽交叉部分附近產生加工不良。

【0008】 具體而言，當形成第 2 方向之溝槽時，存在由於雷射光之照射所產生之熱影響，而於第 1 方向之溝槽中產生龜裂，或於交點部基板（玻璃）固著而產生分斷不良之情形。再者，於第 2 方向之溝槽之分斷面之角部容易產生碎屑（凹凸）。

【0009】 因此，例如，需要將作為後續步驟之第 2 方向之溝槽形成時之雷射光之輸出設定為比第 1 方向之溝槽形成時低等控制。然而，根據基板之種類，存在若使雷射光之輸出降低至不會產生缺陷或分斷不良之程度，則會無法分斷等問題。因此，交叉刻劃時之雷射光之條件設定非常困難。

【0010】 本發明之課題在於能夠利用簡單步驟於不產生分斷不良之情形時確實地分斷基板。

[解決問題之手段]

【0011】 本發明之第 1 方面中之雷射加工方法係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽之方法，且包含第 1 步驟及第 2 步驟。第 1 步驟為沿第 1 加工

預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽。第 2 步驟為沿第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而於脆性材料基板形成第 2 方向之溝槽。

【0012】 此處，當形成第 2 方向之溝槽時，於與先形成之第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射。因此，於交叉之部分及其附近不易產生因熱影響而造成之龜裂或碎屑等缺陷。再者，能夠於相同之雷射光之照射條件下加工第 1 及第 2 方向之溝槽，使加工變得容易。而且可形成適當之深度之溝槽，而於後續步驟中可容易地分斷基板。

【0013】 本發明之第 2 方面中雷射加工方法係於第 1 方面之方法中，於第 2 步驟中，於第 1 方向之溝槽寬度內實施脈衝雷射光之照射停止及照射重新開始。

【0014】 此處，當形成第 2 方向之溝槽時，若於未形成有第 1 方向之溝槽之未加工部分進行脈衝雷射光之照射停止及照射重新開始，則停止脈衝雷射光之照射之位置及重新開始之位置附近容易產生龜裂，導致製品之不良率變高。

【0015】 因此，於該第 2 方面之方法中，於已經形成之第 1 方向之溝槽寬度內停止及重新開始脈衝雷射光之照射。由此，可抑制於製品部分產生龜裂等缺陷。

【0016】 本發明之第 3 方面中之雷射加工方法係於第 2 方面之方法中，於第 2 步驟中，隔著第 1 方向之溝槽之中心而於第 1 方向之溝槽寬度之 62%以上 94%以下之範圍內停止雷射光之照射。

【0017】 此處，可進一步抑制兩方向之溝槽之交叉部分附近之缺陷。

【0018】 本發明之第 4 方面中之雷射加工方法係於第 1 至第 3 方面中任一項之方法中，於第 1 步驟及第 2 步驟中，利用脈衝雷射光對脆性材料基板進行燒蝕加工，同時使加工部熔融而形成第 1 及第 2 方向之溝槽。

【0019】 此處，利用脈衝雷射光而對基板進行燒蝕加工，同時使加工部熔融而於基板表面形成第 1 及第 2 方向之溝槽。於這種加工方法中，由於對溝槽之附近進行加熱，因此容易產生因熱影響而造成之缺陷。

【0020】 因此，於這種加工方法中，藉由採用本發明之方法，而可有效地抑制因熱影響而產生之缺陷。

【0021】 本發明之第 5 方面中之雷射加工裝置係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽之裝置。該加工裝置具備雷射光照射機構、移動機構、及加工控制部。雷射光照射機構具有使脈衝雷射光振盪之雷射振盪器、及使經振盪之脈衝雷射光聚光並進行照射之光學系統。移動機構使雷射光照射機構沿脆性材料基板表面之加工預定線相對移動。加工控制部控制雷射光照射機構及移動機構而於脆性材料基板形成交叉之溝槽。再者，加工控制部具有第 1 功能與第 2 功能。第 1 功能沿第 1 加工預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽。第 2 功能沿第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而形成脆性材料基板之第 2 方向之溝槽。

[發明之效果]

【0022】 如上所述，於本發明，能夠利用簡單步驟於不產生分斷不良之情形下確實地分斷基板。

【圖式簡單說明】

【0023】

圖 1 係用於實施本發明之加工方法之雷射加工裝置之概略構成圖。

圖 2 係示意地表示本發明之一實施形態中之燒蝕加工之圖。

圖 3 係表示脈衝雷射光之控制之時序圖例之圖。

圖 4 係表示利用現有之雷射加工方法來進行交叉刻劃之情形時之基板表面及分斷面之照片。

圖 5 係表示利用現有及本發明之一實施形態中之雷射加工方法來進行交叉刻劃之情形時之基板表面之照片。

圖 6 係表示利用現有及本發明之一實施形態中之雷射加工方法來進行交叉刻劃之情形時之分斷面之照片。

圖 7 係表示於最佳條件下進行交叉刻劃之情形時之基板表面及分斷面之照片。

圖 8 係表示脈衝雷射光之控制例之示意圖。

【實施方式】

[雷射加工裝置]

【0024】 將本發明之一實施形態中之雷射加工裝置示於圖 1。該雷射加工裝置具備雷射振盪器 1、反射鏡機構 2、透鏡機構 3、及 XY 平台 4。由雷射振盪器 1、反射鏡機構 2、及透鏡機構 3 而構成雷射光照射機構，再者，由 XY 平台而構成移動機構。再者，該雷射加工裝置具有包含雷射控制部 11 及移動控制部 12 之控制部 10。雷射控制部 11 控制雷射光之照射及輸出等加工條件。移動控制部 12 控制 XY 平台 4 之移動。

【0025】 雷射振盪器 1 使脈衝雷射光振盪。該雷射振盪器 1 若為 YAG 雷射、IR 雷射等眾所周知之脈衝雷射光之振盪器，則並無特別限定。根據加工之脆性材料基板（以下僅稱為「基板」）5 之材質，適當選擇可進行燒蝕加工之波長之雷射即可。

【0026】 反射鏡機構 2 與透鏡機構 3 共同形成聚光光學機構，以可自大致鉛垂方向對基板 5 照射脈衝雷射光之方式，變更脈衝雷射光之行進方向。作為反射鏡機構 2，可使用一個或多個鏡面，亦可利用稜鏡、繞射光柵

等。

【0027】 透鏡機構 3 使脈衝雷射光聚光。更詳細而言，該透鏡機構 3 根據基板 5 之厚度，調整使脈衝雷射光聚光之位置即焦點位置之上下方向之位置。該焦點位置之調整可藉由交換透鏡機構 3 之透鏡來進行調整，亦可利用未圖示之致動器變更透鏡機構 3 之上下方向之位置來進行調整。

【0028】 XY 平台 4 係載置成爲分斷之對象之玻璃基板等應加工之基板 5 之載台，可沿相互正交之 X 方向及 Y 方向移動。利用移動控制部 12 來控制該 XY 平台 4 以規定之沿速度 X 方向及 Y 方向移動，由此可自如地變更載置於 XY 平台 4 上之基板 5 與脈衝雷射光之相對位置。通常爲使 XY 平台 4 移動，從而使脈衝雷射光沿形成於基板 5 之表面之刻劃溝槽 6 之加工預定線移動。再者，加工時之 XY 平台 4 之移動速度係由移動控制部 12 控制。

[關於燒蝕加工]

【0029】 圖 2 表示利用脈衝雷射光進行之燒蝕加工之一例。如該圖所示，自雷射振盪器 1 出射之脈衝雷射光利用透鏡機構 3 而於基板 5 之上表面附近聚光。當脈衝雷射光被吸收時，如圖 2 (a) 所示，基板 5 之焦點位置附近被加熱。

【0030】 於基板 5 之焦點位置附近之溫度超過基板 5 之沸點之情形時，如圖 2 (b) 所示，於超過沸點之部分成分蒸發。另一方面，於稍微離開焦點位置之部分，存在未到達基板 5 之沸點但超過熔點之部分。當該部分如圖 2 (c) 所示表面熔融，且因該後散熱而使溫度降低時，如圖 2 (d) 所示，藉由固著而形成熔融痕。

【0031】 當利用如上之加工方法來形成刻劃溝槽時，若於未於刻劃溝槽形成熔融痕之條件下、即於抑制熱影響之條件下使用脈衝雷射光進行燒蝕加工，則容易沿刻劃溝槽產生缺陷。再者，於成爲熔融過多之情形時，

會自刻劃溝槽產生龜裂。因此，需要設定脈衝雷射光之輸出或掃描速度等適當之條件而進行加工。

[雷射加工方法]

【0032】 於對基板 5 沿相互正交之 X 方向及 Y 方向形成刻劃溝槽之情形時，首先，使脈衝雷射光聚光而照射於基板 5 之表面。然後，沿 X 方向之加工預定線掃描該脈衝雷射光（以下將該步驟記為「1st 刻劃」）。由此，沿 X 方向之加工預定線形成刻劃溝槽。其次，於與 X 方向之加工相同之條件下，沿 Y 方向之加工預定線掃描脈衝雷射光（以下將該步驟記為「2nd 刻劃」）。此時，於形成有 X 方向之刻劃溝槽之溝槽寬度內，以規定期間使脈衝雷射光之照射停止。如圖 3 之時序圖所示，於每個兩方向之溝槽之交點部分進行該脈衝雷射光之暫時性照射停止。於圖 3 中，(a) 為脈衝雷射光之驅動用信號之波形，「H」表示脈衝雷射光之斷開（照射停止），「L」表示脈衝雷射光之接通（照射）。再者，(b) 表示於每個交點雷射輸出為規定期間「0」。

【0033】 又，於進行 X 方向及 Y 方向之溝槽加工之情形時，對基板 5 使用脈衝雷射光進行燒蝕加工，同時對基板 5 施加熱影響而使加工部熔融，而形成溝槽。

[實驗例]

—實驗 1—

【0034】 於圖 4 中表示未進行脈衝雷射光之控制（照射停止及重新開始）而進行交叉刻劃之情形時之基板表面及分斷面之情形。脈衝雷射光之波長為 266 nm，平均輸出為 7 W，基板係厚度為 0.3 mm 之 OA-10（日本電氣玻璃公司製造）。再者，自圖中之 2nd 側起進行加工，加工寬度為 34 μm ，加工深度為 44 μm 。

【0035】 圖 4 (a) 表示分斷前之基板表面，(b) 表示分斷後之基板

表面，(c) 表示 1st 刻劃側之分斷面，(d) 表示 2nd 刻劃側之分斷面。

【0036】 根據該實驗 1，於未進行脈衝雷射光之控制之情形時成爲如下結果。

【0037】 於 1st 側之溝槽（刻劃）產生龜裂。

【0038】 存在基板（玻璃）於交點部固著而產生分斷不良之情形。

【0039】 於 2nd 刻劃側之分斷面之角部產生碎屑。

—實驗 2—

【0040】 圖 5 表示未進行脈衝雷射光之暫時性照射停止之控制（以下僅記爲「控制」）之情形（a）與進行控制之情形（b）下之基板表面之加工狀態。此處，自 1st 刻劃側起進行加工，於 2nd 刻劃時於交點部進行脈衝雷射光之控制。關於脈衝雷射光之條件、基板、加工寬度及深度，與實驗 1 相同。

【0041】 又，於各圖中，所謂「指令值」係指於控制部 10 中指示之停止脈衝雷射光之照射之距離。該指令值所對應之實際之照射停止距離爲使照射停止位置及照射開始位置分別變短脈衝聚光徑之 1/2，結果成爲較指令值變短相當於大致脈衝之聚光徑之距離。

【0042】 根據圖 5 (b) 可知，藉由進行脈衝雷射光之控制，於 1st 刻劃未產生龜裂。再者，當以指令值爲 50 μm 以上、即於未於 1st 刻劃上形成溝槽之未加工區域中進行脈衝雷射光之照射停止及重新開始時，加工線中斷，於 2nd 刻劃側產生碎片。

【0043】 由以上可知，於溝槽之加工寬度爲 34 μm 之情形時，作爲指令值需要設爲 40 μm （實際之距離爲 32 μm （實測））以下。

【0044】 再者，圖 6 表示實驗 2 中之未進行脈衝雷射光之控制之情形（a）與進行控制之情形（b）下之分斷面之加工狀態。此處，比較地表示 2nd 刻劃側之分斷面。

【0045】 根據圖 6 (b)，於進行脈衝雷射光之控制之情形時，當以指令值為 $20 \mu\text{m}$ 以下進行加工時，於 2nd 刻劃側分斷面之角部產生碎屑。

【0046】 由以上可知，於溝槽之加工寬度為 $34 \mu\text{m}$ 之情形時，作為指令值需要設為 $30 \mu\text{m}$ (實際之距離為 $21 \mu\text{m}$ (實測)) 以上。

—實驗 3—

【0047】 於圖 7 中表示於最佳條件下執行脈衝雷射光之控制而進行加工之情形。

【0048】 脈衝雷射光之波長為 266 nm ，平均輸出為 7 W ，脈衝雷射光之控制指令值 (照射停止距離) 為 $40 \mu\text{m}$ (實際之距離為 $32 \mu\text{m}$)。基板係厚度為 0.3 mm 之 OA-10 (日本電氣玻璃公司製造)。再者，自圖中之 1st 側起進行加工，加工寬度為 $34 \mu\text{m}$ ，加工深度為 $44 \mu\text{m}$ 。

【0049】 圖 7 (a) 表示分斷前之基板表面，(b) 表示分斷後之基板表面，(c) 表示 1st 刻劃側之分斷面，(d) 表示 2nd 刻劃側之分斷面。

【0050】 根據該等圖明顯可知，未觀察到因基板 (玻璃) 之固著或熱影響而產生之缺陷。

[總結]

【0051】 總結以上之實驗結果，可知以下情形。

【0052】 (1) 當於經加工之刻劃溝槽以外之部分 (未加工部分) 停止或重新開始脈衝雷射光之照射時，會產生龜裂。

【0053】 (2) 若指令值為 $50 \mu\text{m}$ (實際之距離為 $45 \mu\text{m}$) 以上，則於基板表面會產生碎片。再者，若指令值為 $20 \mu\text{m}$ (實際之距離為 $9 \mu\text{m}$) 以下，則於分斷面之角部會產生碎屑。因此，當 1st 刻劃之加工寬度 (溝槽寬度) 為 $34 \mu\text{m}$ 之情形時，需要將 2nd 刻劃側交點部之脈衝斷開之指令值設定為 $30 \mu\text{m}$ 以上 $40 \mu\text{m}$ 以下 (實際之距離為 $21 \mu\text{m}$ 以上 $32 \mu\text{m}$ 以下)。

【0054】 將以上一般化，最佳為如圖 8 中示意地表示，停止 2nd 側之

脈衝雷射光之照射之區域於 1st 側之刻劃溝槽之溝槽寬度內，隔著溝槽之中心而設為 1st 側之加工寬度（溝槽寬度）之 62%以上 94%以下。

[其他實施形態]

【0055】 本發明並不限定於以上之實施形態，於不脫離本發明之範圍之情形時可進行各種變形或修正。

【0056】 成爲對象之基板並不限定於實驗例中所示之基板，對各種玻璃基板或其他脆性材料基板均可應用本發明。

【符號說明】

【0057】

1：雷射振盪器

2：反射鏡機構

3：透鏡機構

4：XY 平台

5：基板

10：控制部

11：雷射控制部

12：移動控制部

申請專利範圍

1.一種雷射加工方法，其係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽，包含：

第 1 步驟，其係沿該第 1 加工預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽；及

第 2 步驟，其係沿該第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與該第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而於脆性材料基板形成第 2 方向之溝槽。

2.如申請專利範圍第 1 項之雷射加工方法，其中，於該第 2 步驟中，於該第 1 方向之溝槽寬度內實施脈衝雷射光之照射停止及照射重新開始。

3.如申請專利範圍第 2 項之雷射加工方法，其中，於該第 2 步驟中，隔著該第 1 方向之溝槽之中心而於該第 1 方向之溝槽寬度之 62%以上 94%以下之範圍內停止雷射光之照射。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之雷射加工方法，其中，於該第 1 步驟及該第 2 步驟中，利用脈衝雷射光對脆性材料基板進行燒蝕加工，同時使加工部熔融而形成該第 1 及第 2 方向之溝槽。

5.一種雷射加工裝置，其係沿脆性材料基板表面之交叉之第 1 及第 2 加工預定線照射雷射光，而於脆性材料基板表面形成複數條溝槽，具備：

雷射光照射機構，其具有使脈衝雷射光振盪之雷射振盪器、及使經振盪之脈衝雷射光聚光而進行照射之光學系統；

移動機構，其用於使該雷射光照射機構沿脆性材料基板表面之加工預定線相對移動；及

加工控制部，其控制該雷射光照射機構及該移動機構，於該脆性材料基板形成交叉之溝槽；

該加工控制部具有：

第 1 功能，其係沿該第 1 加工預定線照射脈衝雷射光而於脆性材料基板形成第 1 方向之溝槽；及

第 2 功能，其係沿該第 2 加工預定線照射脈衝雷射光，並且於與該第 1 方向之溝槽交叉之部分停止脈衝雷射光之照射，而形成脆性材料基板之第 2 方向之溝槽。

圖式

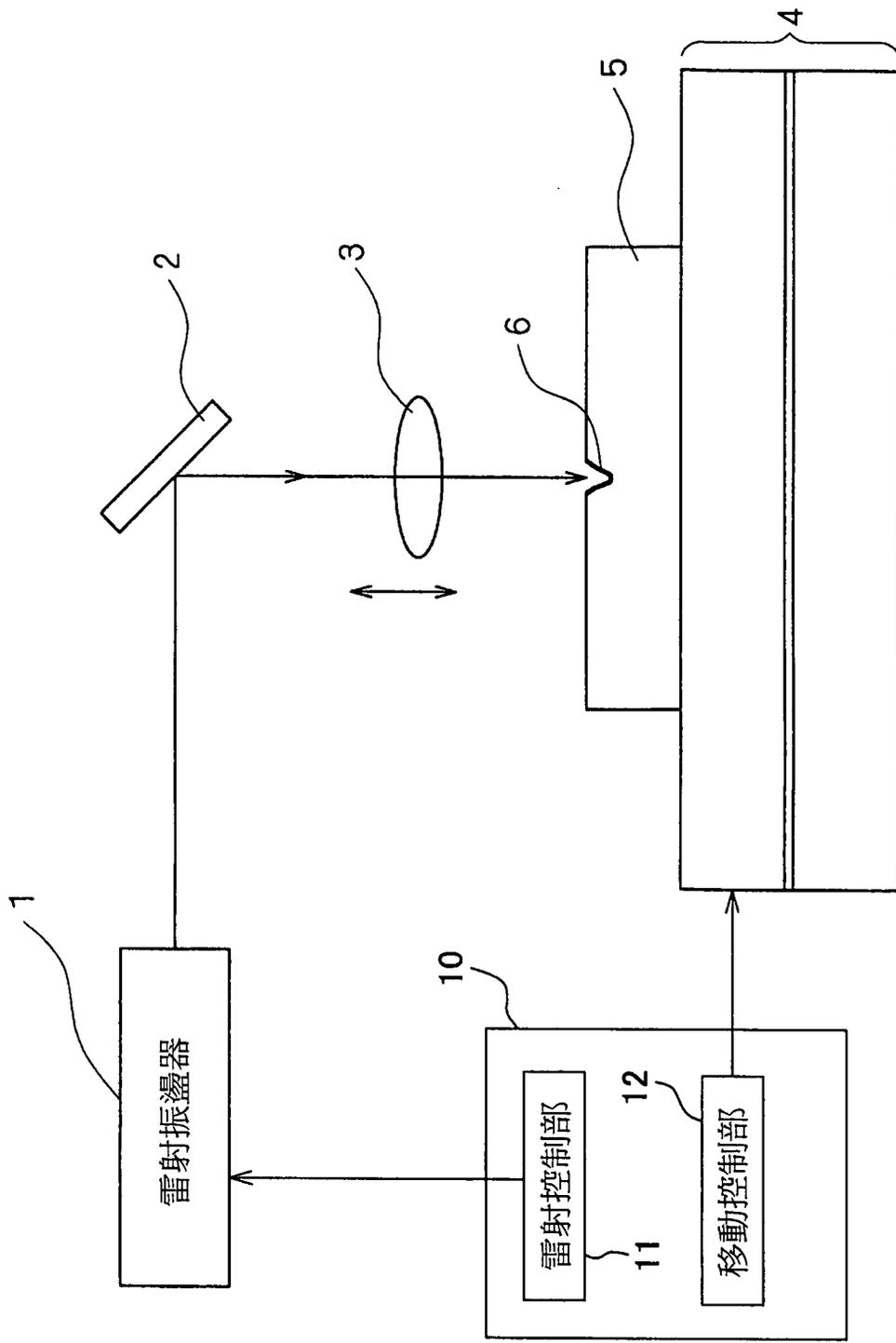


圖1

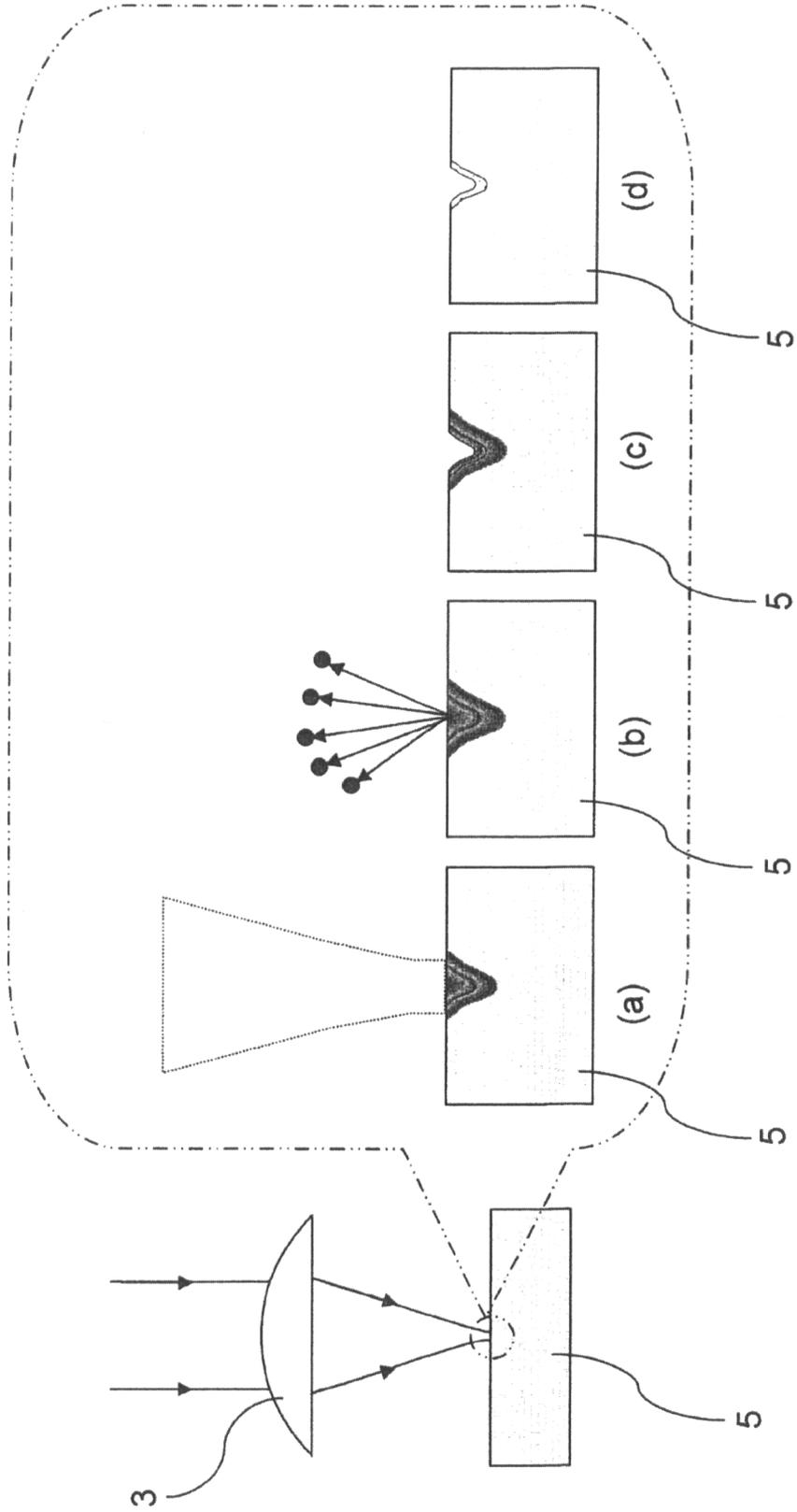


圖2

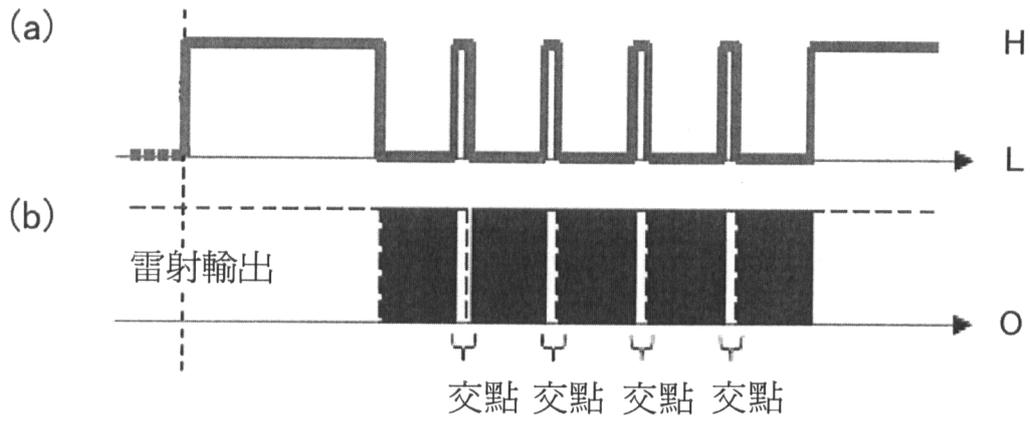


圖3

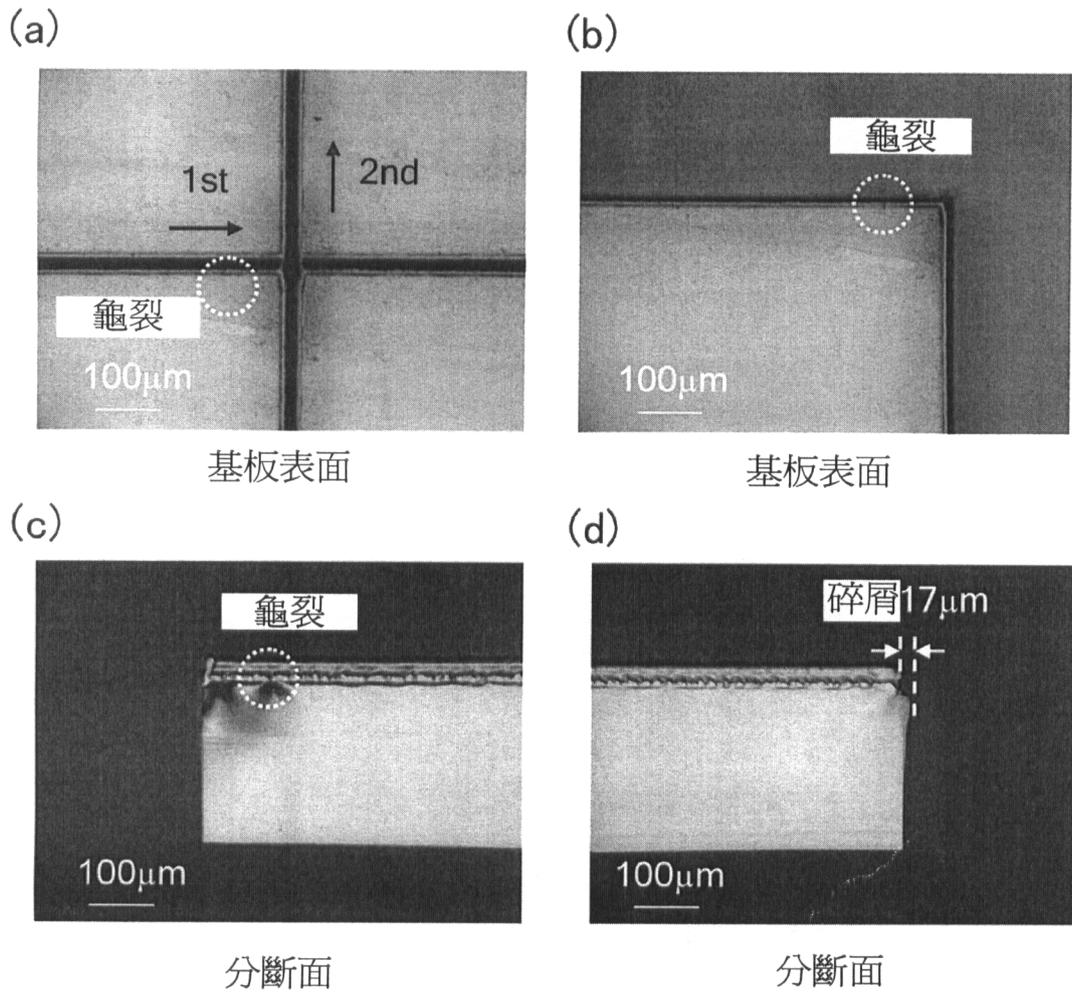
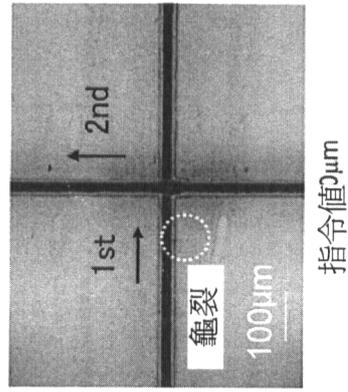


圖4

(a) ·無脈衝控制



(b) ·2nd刻畫時於交點部進行脈衝控制

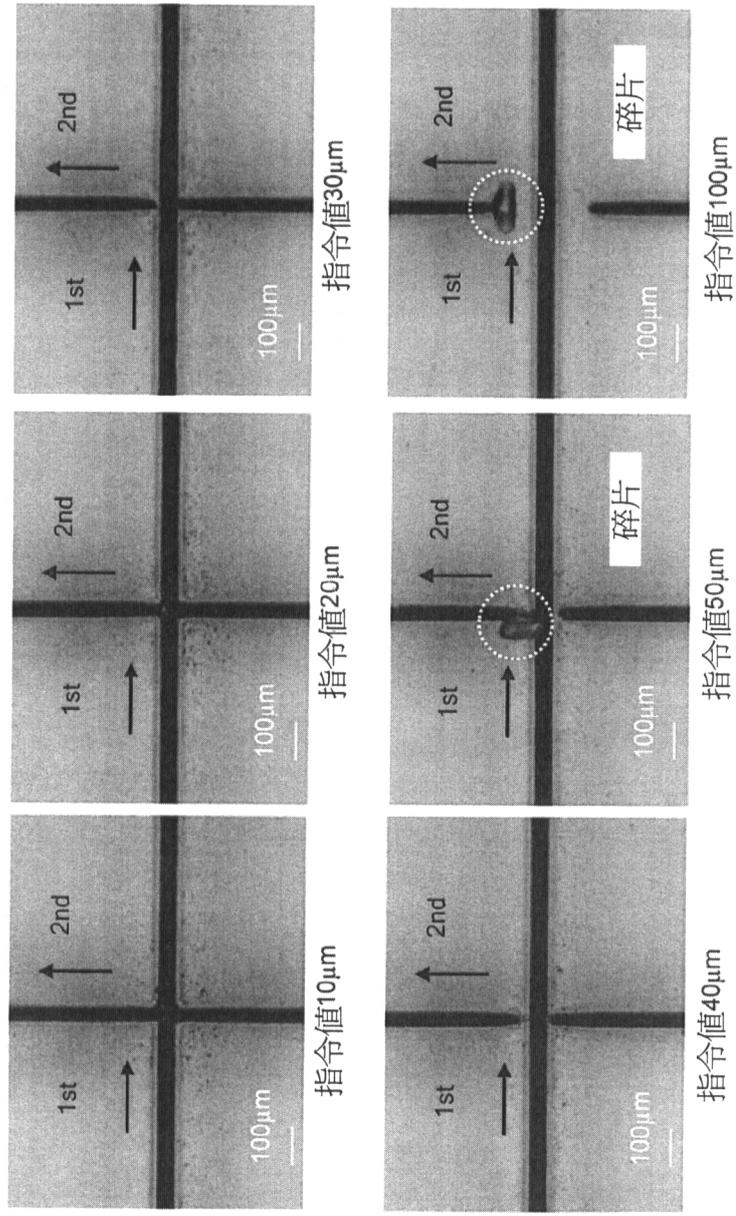


圖5

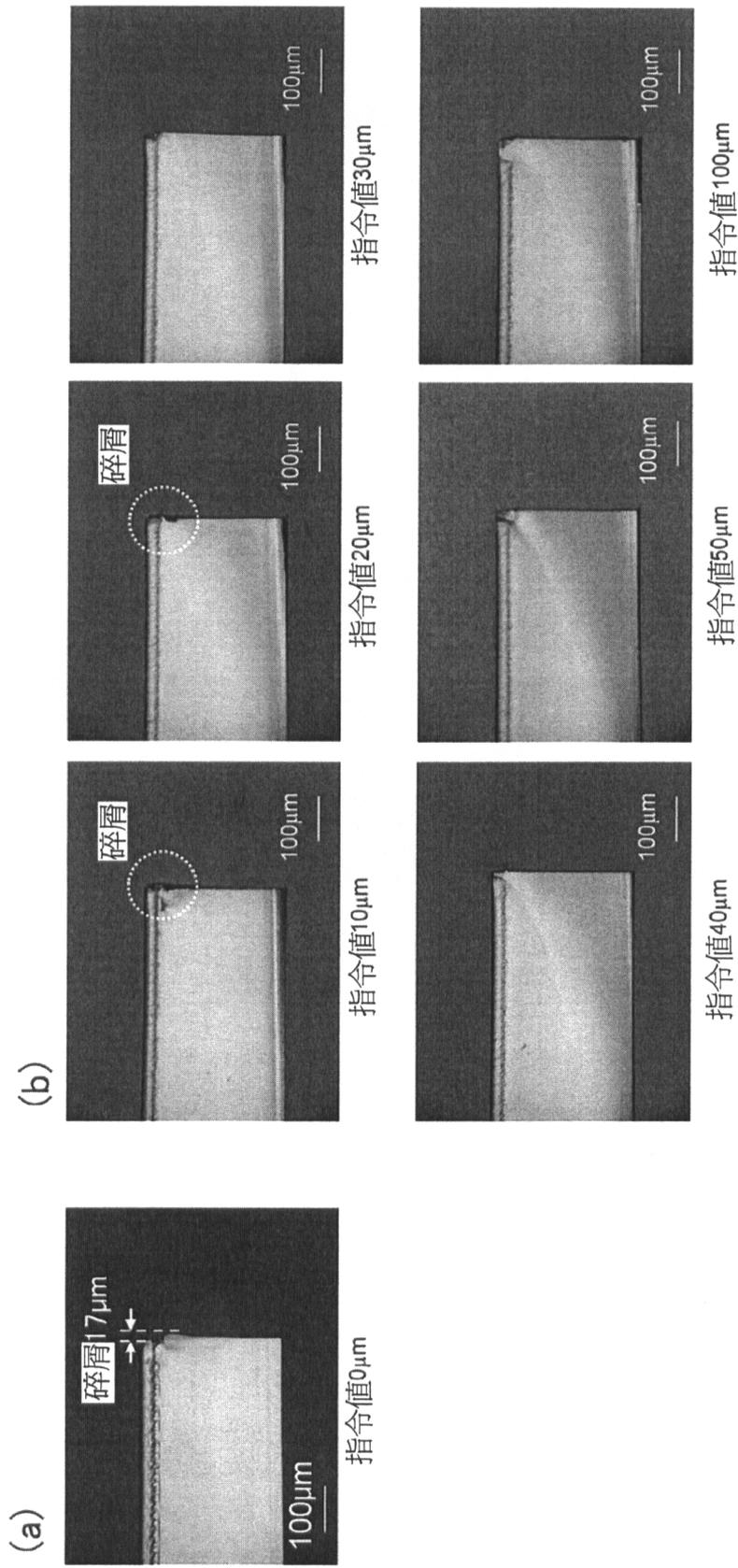
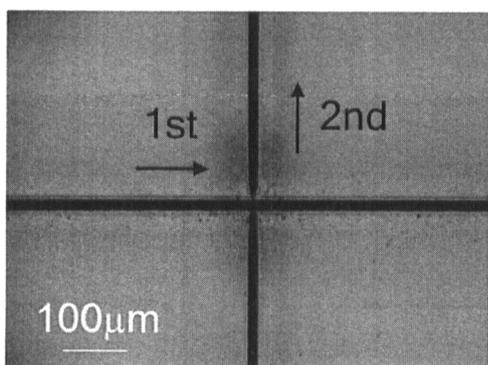


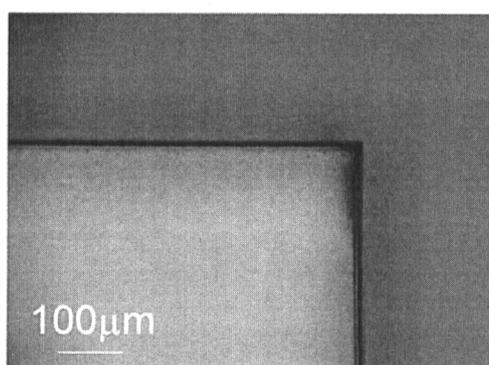
圖6

(a)



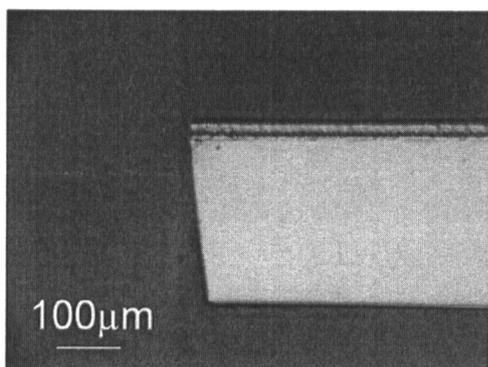
基板表面

(b)



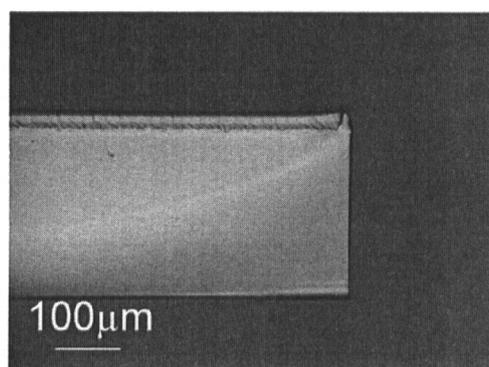
基板表面

(c)



分断面

(d)



分断面

圖7

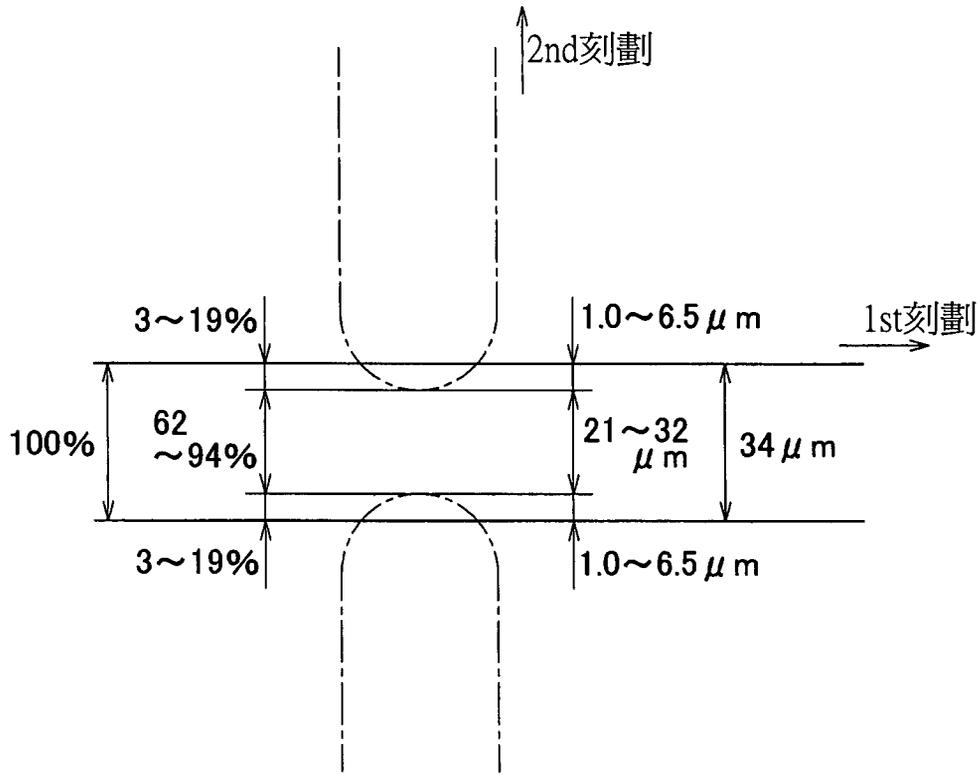


圖8