

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 14124481

※ 申請日期： 14.07.20

※IPC 分類： B23K 26 / 64

B23K 26 / 38

一、發明名稱：(中文/英文)

雷射加工方法

LASER PROCESSING METHOD

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

濱松赫德尼古斯股份有限公司(浜松ホトニクス株式会社)

HAMAMATSU PHOTONICS K.K.

代表人：(中文/英文)

晝馬輝夫/HIRUMA, TERUO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國靜岡縣浜松市市野町 1126 番地の 1

1126-1, Ichino-cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka 435-8558 Japan

國 籍：(中文/英文)

日本/Japan

三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

坂本剛志/SAKAMOTO, TAKESHI

國 籍：(中文/英文)

日本/Japan

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

日本 2004.07.30 特願 2004-224505

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關切斷板狀的加工對象物所使用之雷射加工方法。

【先前技術】

在以往此種技術方面，係有藉由在晶圓狀之加工對象物的內部使集光點對準以照射雷射光，以使沿著切斷預定線的改質區域在加工對象物之內部形成複數列，而將其改質區域作為切斷起點之雷射加工方法（例如，參照專利文獻 1）。

〔專利文獻 1〕日本國專利特開 2002-205180 號公報

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

在欲使用上述那樣的雷射加工方法將板狀加工對象物切斷成格子狀的場合，例如，如第 20 圖（A）及第 20 圖（B）、在加工對象物的內部形成改質區域。第 20 圖（A）及第 20 圖（B）係在加工對象物 101 之內部形成改質區域 171，172 之際的順序之一例的說明用模式圖，第 21 圖係沿著第 20 圖（B）所示之加工對象物的 XXI-XXI 線之斷面圖。

改質區域 171，172 係以如下順序來形成。首先，如第 20 圖（A）所示，藉由使集光點對準厚度 100 d 之加工對象物 101 內部而照射雷射光 100L，以將沿著切斷預定線 105 a 的改質區域 171 形成在加工對象物 101 的內部。其次，如第 20 圖（B）所示，藉由使集光點對準加工對象物 101 的內部再照射雷射光 100L，使得沿著與切斷預定線 105 a 交叉的切斷預

定線 105 b 之改質區域 172 形成在加工對象物 101 的內部。改質區域 171, 172 係由並設在加工對象物 101 之厚度方向的複數列的改質區域所構成, 此等複數列的改質區域係以距離雷射光 100L 之入射面 101a 遠而被依序形成。

在以上述順序形成改質區域 171, 172 後, 如第 21 圖所示, 在改質區域 171 和改質區域 172 所交叉的場所, 係殘存有未形成改質區域 172 之未改質區域 (三角區域) 101b。此未改質區域 101b 之寬度 W1 係離雷射光 100L 之入射面 101a 越遠會變越寬。此種未改質區域 101b 係在加工對象物 101 之厚度 100 d 為大的場合可被顯著確定。接著, 將攝影第 21 圖中之區域 A1 的照片例顯示於第 22 圖, 將攝影第 21 圖中之區域 B1 的照片例顯示於第 23 圖 (A) 及第 23 圖 (B)。第 22 圖, 第 23 圖 (A) 及第 23 圖 (B) 係表示利用上述順序來形成改質區域 171, 172 而被切斷之加工對象物 101 的切斷面之照片的圖。此外, 第 22 圖, 第 23 圖 (A) 及第 23 圖 (B) 係表示加工對象物 101 之厚度 100 d 為 300 μ m 以上的大小場合之例。

第 22 圖中之區域 P1 內, 未形成改質區域 172 的未改質區域 101b 係被確定。在利用擴展裝置將形成有未改質區域 101b 的加工對象物 101 予以切斷之後, 具有起因於未改質區域 101b 而造成加工對象物 101 未被高精度切斷之虞。例如, 第 23 圖 (A) 中之區域 P2 內的碎片 (chipping) 被確定, 且第 23 圖 (B) 中之區域 P3 內之邊緣 (從切斷面 171 s 突出的部分) 被確定。

如此一來，可以說在藉由以上述順序形成改質區域而將加工對象物切斷成格子狀的場合，其切斷精度尚有改善之餘地。

於是，本發明係有鑒於此種情事而完成者，且以提供一種可高精度切斷加工對象物之雷射加工方法為目的。

〔解決課題之手段〕

為解決上述課題，本發明們係針對形成未改質區域 101b 之機構 (mechanism) 作詳細檢討。針對其檢討結果係使用第 24 圖作說明。第 24 圖係顯示以上述的順序形成改質區域 171, 172 時之一工程中的加工對象物 101 之概略斷面圖。第 24 圖係顯示用以形成改質區域 172 之工程。成為改質區域 172 的一部分之改質區域 172a 藉由使透鏡 100 LL 所集光的雷射光 100L 掃描而被形成在加工對象物 101 的內部。因為此時改質區域 171 既形成，所以用以形成改質區域 172a 的位置距離入射面 101a 越遠則雷射光 100L 係越傾向被改質區域 171 所遮蔽。其結果，認為未改質區域 101b 的寬度 $W1$ 伴隨著遠離入射面 101a 而變寬。

於是，本發明之雷射加工方法之特徵為包含有：藉由使集光點對準板狀加工對象物的內部並照射雷射光而沿著加工對象物的第 1 切斷預定線，將切斷起點之第 1 改質區域形成在加工對象物的內部，且沿著與第 1 切斷預定線交叉的第 2 切斷預定線，以與第 1 改質區域的至少一部分交叉的方式，將作為切斷起點的第 2 改質區域形成在加工對象物的內部之第 1 工程；以及在第 1 工程之後，藉由使集光點對準加工對

象物的內部並照射雷射光，以於第 1 改質區域和雷射光所入射之加工對象物的入射面之間的加工對象物之內部，沿著第 1 切斷預定線形成作為切斷起點的第 3 改質區域，且於第 2 改質區域和入射面之間的加工對象物之內部，沿著第 2 切斷預定線、以與第 3 改質區域之至少一部分交叉的方式形成作為切斷起點之第 4 改質區域的第 2 工程。

在此雷射加工方法中，與形成第 1 及第 3 改質區域之後再形成第 2 及第 4 改質區域的方法相較下，在照射雷射光之際，遮蔽該雷射光之改質區域在加工對象物之厚度方向的高度係變低。因此，難以生成未形成改質區域的未改質區域，所以可高精度切斷加工對象物。

此外，在第 1 工程中，形成第 1 及第 2 改質區域的順序未被特別限定。又，第 2 工程中，形成第 3 及第 4 改質區域的順序也未被特別限定。

又，在第 1 工程中，形成第 1 改質區域之後再形成第 2 改質區域，而第 2 工程中，以形成第 3 改質區域之後再形成第 4 改質區域者係較佳。

又，在第 1 工程中，形成第 1 改質區域之後再形成第 2 改質區域，而第 2 工程中，以形成第 4 改質區域之後再形成第 3 改質區域者係較佳。

在此雷射加工方法中，在形成第 2 及第 4 改質區域時，均使雷射光沿著第 2 切斷預定線移動。因此，沒有必要在第 1 工程和第 2 工程之間改變雷射光之移動方向。因而可短時間且高精度地形成第 4 改質區域。

又，在形成第 1 改質區域時、記錄入射面之第 1 入射面資訊，使用其第 1 入射面資訊以形成第 3 改質區域，而在形成第 2 改質區域時、記錄入射面之第 2 入射面資訊，再使用其第 2 入射面資訊以形成第 4 改質區域者係較佳。在此，所謂的「入射面資訊」係指例如存在於入射面之凹凸加工對象物在厚度方向之高度資訊。

在此場合，可使第 3 改質區域對準入射面之凹凸或起伏而形成與第 1 改質區域略相同的形狀。同樣地，可使第 4 改質區域對準入射面之凹凸或起伏而形成與第 2 改質區域略相同形狀。

又，第 1～第 4 改質區域之至少 1 個係由並設於加工對象物之厚度方向的複數列的改質區域所構成者較佳。

在此場合，加工對象物之厚度方向中的第 1～第 4 改質區域之高度均可作高。

又，第 1 及第 2 改質區域或第 3 及第 4 改質區域當中一方係由配置在加工對象物之厚度方向之同數列之改質區域所構成者較佳。例如可舉出有、(i) 第 1 及第 2 改質區域為由配置在加工對象物的厚度方向之同數列的改質區域所構成的場合，(ii) 第 3 及第 4 改質區域為由配置在加工對象物的厚度方向之同數列的改質區域所構成的場合，(iii) 第 1 及第 2 改質區域為由配置在加工對象物的厚度方向之同數列的改質區域所構成，且第 3 及第 4 改質區域為由配置在加工對象物之厚度方向之同數列之改質區域所構成的場合。

在上述 (i) 的場合，加工對象物之厚度方向之第 1 及第

2 改質區域的高度成爲容易一致。又，在上述 (ii) 的場合，加工對象物之厚度方向的第 3 及第 4 改質區域的高度成爲容易一致。又，在上述 (iii) 的場合，加工對象物之厚度方向的第 1 及第 2 改質區域的高度成爲容易一致，且加工對象物之厚度方向的第 3 及第 4 改質區域之高度成爲容易一致。

〔發明效果〕

若依本發明，則可提供一種可高精度切斷加工對象物的雷射加工方法。

【實施方式】

以下，針對本發明之最佳實施形態，並參照圖面作詳細說明。在本實施形態之雷射加工方法，爲了在加工對象物的內部形成改質區域、係利用所謂的多光子吸收之現象。於是，最初茲針對依多光子吸收以形成改質區域的雷射加工方法作說明。

在光子的能量 $h\nu$ 比材料之吸收的帶隙 (band gap) EG 還小時、則在光學上係成爲透明。因此，在材料上產生吸收的條件係 $h\nu > EG$ 。然而即便是在光學上係透明，當使雷射光的強度增加非常大時、在 $nh\nu > EG$ 的條件 ($n = 2, 3, 4, \dots$) 下材料係會產生吸收。將此現象稱爲多光子吸收。在爲脈衝波之場合，雷射光的強度係以雷射光之集光點的峰值功率密度 (W/cm^2) 所決定，例如在峰值功率密度爲 1×10^8 (W/cm^2) 以上的條件下會產生多光子吸收。峰值功率密度係可由 (集光點中之雷射光的每 1 脈衝的能量) \div (雷射光之射束點斷面積 \times 脈寬) 的方式求得。又，在連續波的場合，雷射光之

強度係以雷射光的集光點之電場強度 (W/cm^2) 所決定。

針對利用此種多光子吸收的本實施形態相關之雷射加工方法的原理，茲參照第 1 圖～第 6 圖作說明。如第 1 圖所示，在晶圓狀（板狀）之加工對象物 1 的表面 3 係具有用以切斷加工對象物 1 之切斷預定線 5。切斷預定線 5 係直線狀延伸的假想線。在本實施形態相關之雷射加工方法中，如第 2 圖所示，係以會產生多光子吸收的條件下在加工對象物 1 的內部使集光點 P 對準而照射雷射光 L 以形成改質區域 7。此外，所謂的集光點 P 係指雷射光 L 會集光的部位。又，切斷預定線 5 並不限為直線狀、亦可為曲線狀，且不限為假想線、亦可為在加工對象物 1 上實際被繪製的線。

而且，藉由使雷射光 L 沿著切斷預定線 5 作（亦即，第 1 圖之箭頭 A 方向）相對移動，使得集光點 P 沿著切斷預定線 5 移動。依此，如第 3 圖～第 5 圖所示，改質區域 7 係沿著切斷預定線 5 而被形成在加工對象物 1 的內部，此改質區域 7 係成為切斷起點區域 8。在此，所謂的切斷起點區域 8 係意味著在加工對象物 1 被切斷之際要作為切斷（破裂）起點的區域。此切斷起點區域 8 有時是依連續地形成改質區域 7 而形成，有時是依斷續地形成改質區域 7 而形成者。

本實施形態相關之雷射加工方法並不藉由加工對象物 1 吸收雷射光 L 以使加工對象物 1 發熱而形成改質區域 7 者。而是使雷射光 L 透射加工對象物 1 而在加工對象物 1 內部發生多光子吸收以形成改質區域 7。因此，在加工對象物 1 的表面 3、雷射光 L 幾乎不被吸收，所以加工對象物 1 的表面 3

不會熔融。

在加工對象物 1 內部形成切斷起點區域 8 時，因為以此切斷起點區域 8 為起點係容易發生破裂，所以如第 6 圖所示，能以比較小的力量將加工對象物 1 切斷。因此，可在未使加工對象物 1 表面 3 產生不必要之遠離切斷預定線 5 的破裂之下，成為可將加工對象物 1 高精度地切斷。

在切斷以此切斷起點區域 8 為起點的加工對象物 1 方面係考量如次 2 種方式。其一為，在切斷起點區域 8 形成後，對加工對象物 1 施加人為力量，依此、加工對象物 1 係以切斷起點區域 8 為起點而破裂，而加工對象物 1 被切斷的場合。此乃係例如加工對象物 1 的厚度為大的場合時之切斷。所謂的人為力量的施加係指例如，沿著加工對象物 1 之切斷起點區域 8 對加工對象物 1 施加彎曲應力或剪應力，對加工對象物 1 賦予溫度差而產生熱應力者。其二為，利用形成切斷起點區域 8，而以切斷起點區域 8 為起點朝加工對象物 1 的斷面方向（厚度方向）自然地破裂，最後使加工對象物 1 被切斷的場合。此乃係例如在加工對象物 1 的厚度為小的場合，成為可藉由 1 列的改質區域 7 而形成切斷起點區域 8，而在加工對象物 1 的厚度為大的場合，係可藉由在厚度方向所形成複數列的改質區域 7 而形成切斷起點區域 8。此外，即使是此自然破裂的場合，在欲切斷的部位，可於破裂沒有先到達與未形成有切斷起點區域 8 之部位對應之部分的表面 3 上之下，僅將與形成有切斷起點區域 8 的部位相對應之部分割斷，所以可控制良好地作割斷。近年，因為矽晶圓等之加工

對象物 1 的厚度有變薄之傾向，所以此種控制性好的割斷方法係非常有效。

順道一提，在本實施形態相關之雷射加工方法中，依多光子吸收所形成之改質區域係具有如次 (1) ~ (3) 的場合。

(1) 在改質區域為包含 1 個或複數個裂縫 (crack) 之裂縫區域的場合

在加工對象物 (例如由玻璃或 LiTaO_3 所成之壓電材料) 之內部使集光點對準，並以集光點中之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈寬為 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件下照射雷射光。此脈寬的大小係為在一邊使產生多光子吸收且不對加工對象物的表面造成多餘損傷之下，可僅在加工對象物內部形成裂縫區域之條件。依此，加工對象物之內部係發生所謂的因多光子吸收所造成之光學損傷的現象。依此光學的損傷而在加工對象物的內部誘發熱變形，依此而在加工對象物之內部形成裂縫區域。以電場強度的上限值而言，例如為 1×10^{12} (W/cm^2)。脈寬係以例如 $1 \text{ns} \sim 200 \text{ns}$ 者較佳。此外，利用多光子吸收以形成裂縫區域，乃例如第 45 回雷射熱加工研究會論文集 (1998 年 12 月) 之第 23 頁 ~ 第 28 頁的「依固體雷射高次諧波之玻璃基板的內部標記」中所記載。

本發明者係利用實驗求得電場強度與裂縫的大小間之關係。實驗條件如次。

(A) 加工對象物：派勒斯 (Pyrex; (登錄商標) 玻璃 (厚度 $700 \mu\text{m}$))

(B) 雷射

光源：半導體雷射激發 Nd：YAG 雷射

波長：1064nm

雷射光點斷面積： $3.14 \times 10^{-8} \text{cm}^2$

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率：100KHz

脈寬：30ns

輸出：輸出 < 1mJ / 脈衝

雷射光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用透鏡

對雷射光波長之透射率：60%

(D) 載置加工對象物之載置台的移動速度：100mm/秒

此外，所謂的雷射光品質 TEM₀₀ 係意味著集光性高而可集光至雷射光之波長程度。

第 7 圖係顯示上述實驗結果之圖表。橫軸為峰值功率密度，因為雷射光為脈衝雷射光、所以電場強度係以峰值功率密度表示。縱軸係顯示依 1 脈衝雷射光而被形成在加工對象物內部之裂縫部分（裂縫點）的大小。裂縫點係匯集而成為裂縫區域。裂縫點的大小係為裂縫點之形狀當中之成為最大長度的部分之大小。圖表中以黑圈所表示的資料係在集光用透鏡 (C) 之倍率為 100 倍、數值孔徑 (NA) 為 0.80 的場合。一方面，圖表中以白圈所表示的資料係在集光用透鏡 (C) 之倍率為 50 倍、數值孔徑 (NA) 為 0.55 的場合。可以了解到從峰值功率密度為 10^{11} (W/cm²) 左右，加工對象物的內

部產生裂縫點，裂縫點也隨著峰值功率密度變大而變大。

其次，針對利用裂縫區域形成而切斷加工對象物之機構，茲參照第 8 圖～第 11 圖作說明。如第 8 圖所示，以產生多光子吸收的條件下使集光點 P 對準加工對象物 1 的內部並照射雷射光 L 以沿著切斷預定線在內部形成裂縫區域 9。裂縫區域 9 係包含 1 個或複數個裂縫之區域。如此形成的裂縫區域 9 係成為切斷起點區域。如第 9 圖所示，裂縫係以裂縫區域 9 為起點（亦即，以切斷起點區域為起點）而再成長，如第 10 圖所示，裂縫係到達加工對象物 1 之表面 3 和背面 21，如第 11 圖所示，藉由加工對象物 1 分裂而切斷加工對象物 1。到達加工對象物 1 之表面 3 和背面 21 之裂縫有時係自然成長，有時係藉由對加工對象物 1 施加力量而成長的。

（2）在改質區域為熔融處理區域的場合

在加工對象物（例如矽之半導體材料）之內部使集光點對準，且在集光點中之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈寬為 $1 \mu s$ 以下的條件下照射雷射光。依此、加工對象物的內部係因多光子吸收而被局部加熱。利用此加熱而在加工對象物之內部形成熔融處理區域。所謂的熔融處理區域係指一旦熔融後再固化的區域或，即將熔融狀態之區域或從熔融狀態再固化的狀態之區域，亦可稱為既相變化的區域或結晶構造既變化的區域。又，所謂的熔融處理區域亦可說是在單結晶構造、非晶質構造、多結晶構造中，某構造變化成別的構造之區域。亦即，意味著例如從單結晶構造變化成非晶質構造的區域、從單結晶構造變化成多結晶構造之區域、從單結晶

構造變化成包含有非晶質構造及多結晶構造的構造之區域。在加工對象物為單晶矽構造的場合，熔融處理區域係例如為非晶質矽構造。以電場強度的上限值而言，例如為 1×10^{12} (W/cm²)。脈寬係以例如 1ns~200ns 者較佳。

本發明者係利用實驗確認在矽晶圓之內部會形成熔融處理區域。實驗條件如次。

(A) 加工對象物：矽晶圓(厚度 350 μ m，外徑 4 吋(inch))

(B) 雷射

光源：半導體雷射激發 Nd:YAG 雷射

波長：1064nm

雷射光點斷面積： 3.14×10^{-8} cm²

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率：100kHz

脈寬：30ns

輸出：20 μ J / 脈衝

雷射光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用透鏡

倍率：50 倍

N.A.：0.55

對雷射光波長之透射率：60%

(D) 載置加工對象物之載置台的移動速度：100mm/秒

第 12 圖顯示由上述條件之雷射加工方法所切斷之矽晶圓的一部分之斷面的照片圖。矽晶圓 11 之內部係形成有熔融

處理區域 13。此外，依上述條件所形成之熔融處理區域 13 的厚度方向之大小為 $100\mu\text{m}$ 左右。

茲說明利用多光子吸收而形成熔融處理區域 13。第 13 圖は顯示雷射光之波長與矽基板之內部透射率間之關係圖表。其中，除去矽基板之表面側與背面側各自的反射成分，僅顯示內部的透射率。針對矽基板之厚度 t 為 $50\mu\text{m}$ ， $100\mu\text{m}$ ， $200\mu\text{m}$ ， $500\mu\text{m}$ ，及 $1000\mu\text{m}$ 各自的上述關係作顯示。

例如，在 Nd:YAG 雷射之波長 1064nm 中，在矽基板之厚度為 $500\mu\text{m}$ 以下的場合，可知矽基板的內部、雷射光係透射 80% 以上。第 12 圖所示之矽晶圓 11 的厚度為 $350\mu\text{m}$ ，所以依多光子吸收的熔融處理區域 13 係在矽晶圓 11 之中心附近，亦即形成在距離表面 $175\mu\text{m}$ 的部分。在此場合的透射率係為，若以厚度 $200\mu\text{m}$ 的矽晶圓為參考，則為 90% 以上，所以在矽晶圓 11 內部雷射光僅被吸收少許，幾乎都會透射。此乃意味著並非雷射光在矽晶圓 11 內部被吸收而使熔融處理區域 13 形成在矽晶圓 11 內部（亦即依雷射光之通常的加熱而形成熔融處理區域），而是熔融處理區域 13 係依多光子吸收而形成。利用多光子吸收以形成熔融處理區域係例如，熔接學會全國大會講演概要第 66 集（2000 年 4 月）之第 72 頁～第 73 頁的「利用微微秒（pico second）脈衝雷射對矽加工之特性評價」所記載。

此外，矽晶圓係為，以熔融處理區域所形成的切斷起點區域為起點而朝斷面方向產生破裂，且藉由在其破裂到達矽晶圓之表面和背面而使得最後被切斷。到達矽晶圓之表面和背

面的破裂有時是自然成長的場合，而有時是依對矽晶圓施加力量而成長的場合。而且，在破裂是從切斷起點區域自然成長至矽晶圓之表面和背面之場合，有時破裂是從形成切斷起點區域之熔融處理區域正熔融的狀態成長之場合，有時破裂是從形成切斷起點區域之熔融處理區域正熔融之狀態要再固化之際而成長的場合。其中，在任一場合、熔融處理區域係僅形成在矽晶圓之內部，切斷後之切斷面乃如同第 12 圖、僅在內部形成熔融處理區域。如此一來，在加工對象物的內部依熔融處理區域而形成切斷起點區域之後，在割斷時，因為切斷起點區域線以外之不必要的破裂難以產生，所以割斷控制係成為容易。

(3) 在改質區域為折射率變化區域的場合

在加工對象物（例如玻璃）的內部使集光點對準，且在集光點中的電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈寬為 1ns 以下的條件下照射雷射光。當設定脈寬為極短，且使多光子吸收產生在加工對象物之內部後，在多光子吸收的能量未變換成熱能之下，在加工對象物的內部誘發離子價數變化、結晶化或分極配向等之永續的構造變化而形成折射率變化區域。以電場強度的上限值而言，例如為 1×10^{12} (W/cm^2)。脈寬係以例如 1ns 以下者為佳，1ps 以下者更佳。利用多光子吸收以形成折射率變化區域，乃例如第 42 次雷射熱加工研究會論文集（1997 年 11 月）之第 105 頁～第 111 頁的「依毫微微秒（femtosecond）雷射照射形成玻璃內部之光誘起構造」中所記載。

以上，係以利用多光子吸收所形成之改質區域的（1）～（3）之場合所作的說明，然而在考慮晶圓狀之加工對象物的結晶構造或其劈開性等而將切斷起點區域形成如次的形態時，係能以其切斷起點區域為起點而以更小的力且精度佳地將加工對象物切斷。

亦即，在由矽等之鑽石構造的單結晶半導體所成的基板之場合，係以在沿著（111）面（第1劈開面）或（110）面（第2劈開面）之方向形成切斷起點區域者係較佳。又，在由GaAs等之閃鋅礦型構造的Ⅲ－Ⅴ族化合物半導體所成的基板之場合，係以在沿著（110）面的方向形成切斷起點區域者較佳。再者，在具有藍寶石（ Al_2O_3 ）等之六方晶系的結晶構造之基板的場合，係以（0001）面（C面）為主面而在沿著（1120）面（A面）或（1100）面（M面）的方向形成切斷起點區域者較佳。

此外，若在沿著應形成上述切斷起點區域的方向（例如，沿著單結晶矽基板中的（111）面之方向），或沿著應與應形成切斷起點區域的方向正直的方向、在基板形成定向面（orientation flat）的話，則可以其定向面為基準而將沿著應形成切斷起點區域的方向之切斷起點區域容易且正確地形成在基板上。

其次，針對本發明之最佳實施形態作說明。第14圖（A）～第14圖（C）及第15圖（A）～第15圖（C）係以顯示本實施形態相關之雷射加工方法的各工程之一例的模式斜視圖。本實施形態相關之雷射加工方法中，乃如第14圖（A）

～第 14 圖 (C) 及第 15 圖 (A) ～第 15 圖 (C) 所示，係以以下的第 1～第 3 工程之順序而實施者為佳。

(第 1 工程)

首先，使集光點 P 對準厚度 d 之板狀加工對象物 1 的內部以照射雷射光 L，並沿著加工對象物 1 之第 1 切斷預定線 5a 使雷射光 L 移動 (參照第 14 圖 (A))。依此，在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收，而可沿著切斷預定線 5a 將作為切斷起點的第 1 改質區域 71 形成在加工對象物 1 的內部。具體言之，例如，藉由使載置加工對象物 1 的載物台 (stage; 未圖示) 移動，使得雷射光 L 對加工對象物 1 相對移動。

作為加工對象物 1 係可舉出、矽晶圓等之基板、在表面形成有包含著機能元件的積層部之基板等。在機能元件方面，例如可舉出，依結晶成長所形成的半導體動作層、光電二極體等之受光元件、雷射二極體等之發光元件、及作為回路而形成之電路元件等等。又，機能元件也可以形成在加工對象物 1 的入射面 1a，也可形成在與入射面 1a 相反側的面。

在形成改質區域 71 之後，使集光點 P 對準加工對象物 1 的內部並照射雷射光 L，且使雷射光 L 沿著與切斷預定線 5a 交叉的第 2 切斷預定線 5b 移動 (參照第 14 圖 (B))。依此而在加工對象物 1 內部產生多光子吸收，而可沿著切斷預定線 5b 並以與改質區域 71 之至少一部分交叉的方式而將作為切斷起點的第 2 改質區域 72 形成在加工對象物 1 的內部。雷射光 L 之移動方向係可藉由例如使載置加工對象物 1

的載物台（未圖示）旋轉 90° 而改變。

（第 2 工程）

在形成改質區域 72 之後，使集光點 P 對準改質區域 72 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 之內部並照射雷射光 L，而使雷射光 L 沿著切斷預定線 5 b 移動（參照第 14 圖（C））。依此以在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收，而可在改質區域 72 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 內部，沿著切斷預定線 5 b 形成作為切斷起點之第 4 改質區域 73。亦即，改質區域 73 係設置在改質區域 72 上。此外，改質區域 72，73 也可相互分離地配置。

在形成改質區域 73 之後，使集光點 P 對準改質區域 71 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 之內部並照射雷射光 L，而使雷射光 L 沿著切斷預定線 5 a 移動（參照第 15 圖（A））。依此以在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收，而可在改質區域 71 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 內部，沿著切斷預定線 5 a 以與改質區域 73 之至少一部分交叉的方式形成作為切斷起點之第 3 改質區域 74。亦即，改質區域 74 係設置在改質區域 71 上。此外，改質區域 71，74 也可相互分離地配置。

（第 3 工程）

在形成改質區域 74 之後，使集光點 P 對準改質區域 74 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 之內部並照射雷射光 L，而使雷射光 L 沿著切斷預定線 5 a 移動（參照第 15 圖（B））。依此以在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收，而可在改質

區域 74 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 內部，沿著切斷預定線 5 b 形成作為切斷起點之改質區域 75。亦即，改質區域 75 係設置在改質區域 74 上。此外，改質區域 74，75 也可相互分離地配置。

在形成改質區域 75 之後，使集光點 P 對準改質區域 73 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 之內部並照射雷射光 L，而使雷射光 L 沿著切斷預定線 5 b 移動（參照第 15 圖（C））。依此以在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收，而可在改質區域 73 和入射面 1 a 之間的加工對象物 1 內部，沿著切斷預定線 5 b，以與改質區域 75 之至少一部分交叉的方式形成作為切斷起點之改質區域 76。亦即，改質區域 76 係設置在改質區域 73 上。此外，改質區域 73，76 也可相互分離地配置。

又，改質區域 71~76 係與上述改質區域 7 同樣地，也可為由連續形成的改質區域所構成，也可為由隔以規定間隔而斷續形成的改質區域所構成。又，切斷預定線 5 a，5 b 乃與上述切斷預定線 5 同樣，可以是直線狀或曲線狀之假想線，但不限定為假想線、也可為在加工對象物 1 實際繪製的線。

在藉由經過上述第 1~第 3 工程而形成改質區域 71~76 之後，例如可將擴展帶（未圖示）貼附在加工對象物 1 並使用擴展裝置（未圖示）沿著切斷預定線 5 a，5 b 將加工對象物 1 切斷。此外，擴展帶也可以是在形成改質區域 71~76 之前預先被貼附在加工對象物 1 上。

第 16 圖係沿著第 15 圖（C）所示加工對象物 1 之 XVI-XVI 線的斷面圖。如同第 16 圖所示，加工對象物 1 未殘存

未改質區域 101 b。將第 16 圖中之區域 C 1 作攝影後的照片例係顯示在第 17 圖。第 17 圖係顯示藉由利用本實施形態相關之雷射加工方法形成改質區域 71~76 所切斷的加工對象物 1 之切斷面的照片圖。第 17 圖中無法看到與第 22 圖之區域 P1 內被確認之未改質區域 101 b 對應的區域。

在本實施形態相關之雷射加工方法中，與如同第 20 圖(A)及第 20 圖(B)那樣、在形成改質區域 171 之後最形成改質區域 172 的方法相較之下，在照射雷射光 L 之際、會遮蔽雷射光 L 的改質區域其在加工對象物 1 之厚度方向的高度係變低。因此，第 21 圖所示那樣的未改質區域 101 b 變難以產生，所以可防止碎片或邊緣的產生並可高精度切斷加工對象物 1。因此，可使加工對象物 1 的割斷品質提升。又，在加工對象物 1 之厚度 d 為 300 μ m 以上的場合，本實施形態相關之雷射加工方法的效果係變顯著。以下，茲使用第 18 圖來作詳細說明。

第 18 圖係使用本實施形態相關之雷射加工方法形成改質區域 71~76 時之一工程中的加工對象物 1 之概略斷面圖。第 18 圖係顯示形成改質區域 72 之一工程例。成為改質區域 72 之一部分的改質區域 72 a 係為使透鏡 LL 所集光的雷射光 L 進行掃描而被形成在加工對象物 1 的內部。此時，加工對象物 1 之厚度方向的改質區域 71 之高度與第 24 圖所示改質區域 171 相較下係較低。因此，第 18 圖中幾乎不存在有第 24 圖所示未改質區域 101 b。

又，在本實施形態中，於第 1 工程中形成改質區域 71 之

後再形成改質區域 72，而在第 2 工程中形成改質區域 73 之後再形成改質區域 74。而在以此種順序形成改質區域 71~74 的場合，因為在形成改質區域 72，73 時皆使雷射光 L 沿著切斷預定線 5b 作移動，所以在第 1 工程和第 2 工程之間沒有必要改變雷射光 L 之移動方向(參照第 14 圖(B)及第 14 圖(C))。因而可短時間且高精度地形成改質區域 73。

同樣地，係在第 2 工程中形成改質區域 73 之後、再形成改質區域 74，而在第 3 工程中形成改質區域 75 之後再形成改質區域 76，所以可短時間且高精度地形成改質區域 75(參照第 15 圖(A)及第 15 圖(B))。

又，在形成改質區域 71 時、記錄入射面 1a 之第 1 入射面資訊，而使用其第 1 入射面資訊來形成改質區域 74 者係較佳。第 1 入射面資訊係例如，可沿著切斷預定線 5a 而收集存在於入射面 1a 之凹凸在加工對象物 1 之厚度方向的高度資訊而獲得。當使用第 1 入射面資訊時，係可將改質區域 74，75 對準沿著切斷預定線 5a 之入射面 1a 的凹凸或起伏而以與改質區域 71 略相同的形狀來形成。

同樣地，在形成改質區域 72 時、記錄入射面 1a 之第 2 入射面資訊，而使用其第 2 入射面資訊來形成改質區域 73 者係較佳。第 2 入射面資訊係例如，可沿著切斷預定線 5b 而收集存在於入射面 1a 之凹凸在加工對象物 1 之厚度方向的高度資訊而獲得。當使用第 2 入射面資訊時，係可將改質區域 73，76 對準沿著切斷預定線 5b 之入射面 1a 的凹凸或起伏而以與改質區域 72 略相同的形狀來形成。

上述的高度資訊，例如以如次方式作測定。亦即，首先，以測定用雷射光を透鏡集光並對入射面 1 a 照射而檢測該測定用雷射光之反射光。而且，依據所檢測的反射光，以測定用雷射光的集光點會位在入射面 1 a 上的方式以運用有壓電元件的致動器使透鏡變位。而將此變位量取得作為高度資訊。

又，如第 19 圖所示，例如改質區域 71 可以是由在加工對象物 1 之厚度方向並設之複數列的改質區域 71 a ~ 71 f 所構成。第 19 圖係顯示改質區域 71 之一例的斜視圖。同樣地，改質區域 72 ~ 76 亦可為由加工對象物 1 之厚度方向所並設之複數列的改質區域（未圖示）所構成。在此場合，加工對象物 1 之厚度方向的改質區域 71 ~ 76 之高度均變高，且可控制其高度。此外，為防止既形成之改質區域會遮蔽雷射光 L，所以改質區域 71 a ~ 71 f 係以離入射面 1 a 遠而依序被形成者較佳。又，改質區域 71 a ~ 71 f 係與上述改質區域 7 同樣，亦可作成由連續形成的改質區域所構成，亦可作成由隔以規定的間隔而斷續形成的改質區域所構成。

此外，改質區域 71 ~ 76 中的至少 1 個係由數列的改質區域所構成者亦可，全部的改質區域 71 ~ 76 為由複數列的改質區域所構成者亦可。

又，改質區域 71 與改質區域 72 係由配置在加工對象物 1 之厚度方向的同數列之改質區域所構成者也可以。依此，加工對象物 1 之厚度方向的改質區域 71 及改質區域 72 之高度變容易一致。例如第 19 圖所示，在改質區域 71 為由 6 列的

改質區域 71 a ~ 71 f 所成的場合，改質區域 72 也為由 6 列的改質區域（未圖示）所構成者較佳。

同樣地，改質區域 73 和改質區域 74 亦可作成為由配置在加工對象物 1 之厚度方向的同數列之改質區域所構成，亦可作成為改質區域 75 和改質區域 76 係由配置在加工對象物 1 之厚度方向的同數列之改質區域所構成。此外，亦可為（A）改質區域 71，72，（b）改質區域 73，74，及（C）改質區域 75，76，當中之至少 1 個係由同數列的改質區域所構成。例如可舉出、改質區域 71 和改質區域 72 係由同數列的改質區域所構成，但是改質區域 73 和改質區域 74 係由相互不同列數之改質區域所構成，改質區域 75 和改質區域 76 皆由相異列數的改質區域所構成之場合。

在其他例子方面，係可舉出、改質區域 71 和改質區域 72 係由同數列（列數 a）之改質區域所構成，改質區域 73 和改質區域 74 係由同數列（列數 b）之改質區域所構成，改質區域 75 和改質區域 76 係由同數列（列數 c）的改質區域所構成之場合。在此場合，列數 a，列數 b 及列數 c 可以相同，亦可為互異。

以上係針對本發明之最佳實施形態所作詳細說明，然而本發明並不受限於上述實施形態。

例如，在第 1 工程中，用以形成改質區域 71，72 之順序並未被特別限定。又，在第 2 工程中，形成改質區域 73，74 之順序也未被特別限定。而且，在第 3 工程中，形成改質區域 75，76 之順序也未被特別限定。具體言之，也可在第 1

工程中形成改質區域 71 之後再形成改質區域 72。又，也可在第 2 工程中形成改質區域 74 之後再形成改質區域 73。再言，也可以是第 3 工程中形成改質區域 76 之後再形成改質區域 75。

又，也可以是藉由再反覆第 1~第 3 工程而在加工對象物 1 之厚度方向再形成改質區域。例如，在第 3 工程之後，再將沿著切斷預定線 5a 的改質區域和沿著切斷預定線 5b 的改質區域，在加工對象物 1 之厚度方向上交互地形成就可以。依此，可因應加工對象物 1 的厚度而調整在加工對象物 1 之厚度方向的改質區域之高度。

又，改質區域 71~76 並不限定為藉由在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收而被形成者。改質區域 71~76 也可以是藉由使加工對象物 1 內部產生與多光子吸收同等的光吸收而被形成者。

又，在本實施形態中，係使用矽製的半導體晶圓作為加工對象物 1，但是半導體晶圓的材料不受限於此。在半導體晶圓之材料方面，例如可舉出，矽以外的 IV 族元素半導體、包含有像 SiC 之類的 IV 族元素之化合物半導體、包含 III-V 族元素的化合物半導體、包含 II-VI 族元素的化合物半導體、以及摻雜有各種雜質（不純物）之半導體等等。

在此，茲針對上述之第 17 圖所示之一實施例中的加工對象物 1 之切斷程序作詳細說明，但本發明並非受限定於此實施例。在此實施例中，加工對象物 1 係厚度 725 μm 之矽晶圓。又，例如改質區域 71 係由在加工對象物 1 之厚度方向

並設之 6 列的改質區域 71 a ~ 71 f 所形成 (參照第 19 圖) 。亦即，改質區域 71 係藉由進行 6 次使雷射光 L 沿著切斷預定線 5 a 移動的掃描工程而被形成 (參照第 15 圖 (A)) 。各掃描工程係使集光點 P 的位置在接近入射面 1 a 的朝向依序移動 6 階段而被進行。

同樣地，改質區域 72 ~ 74 係由在加工對象物 1 之厚度方向並設之 6 列的改質區域所形成，改質區域 75，76 係由在加工對象物 1 之厚度方向並設之 7 列的改質區域所形成。因此，改質區域 71，74，75 係合計由 19 列的改質區域所構成，改質區域 72，73，76 也是合計由 19 列的改質區域所構成 (參照第 16 圖) 。

在形成這樣的改質區域 71 ~ 76 之後，對加工對象物 1 貼附擴展帶，再利用擴展裝置連同該擴展帶將加工對象物 1 一起切斷。將如此切斷之加工對象物 1 的切斷面作攝影的照片係在第 17 圖作為圖示來顯示。

接著，針對在上述實施例中形成改質區域 71 ~ 76 之際的雷射加工條件作說明。雷射光 L 之脈寬為 180 ns，雷射光 L 之照射位置間隔 (脈衝間距) 為 4 μ m，雷射光 L 之頻率數為 75 KHz。又，載置有加工對象物 1 的載物台之移動速度係 300 mm / s。再者，入射面 1 a 到集光點 P 為止的距離 (集光點位置) 與雷射光 L 的能量之關係如表 1 所示者。

【表 1】

	集光點位置 (μm)	能量 (μJ)
改質區域 76	50	9
	86	9
	142	15
	182	15
	214	15
	250	15
	286	15
改質區域 73	322	15
	358	15
	394	15
	426	15
	458	15
	490	15
改質區域 72	522	15
	570	15
	618	15
	666	15
	694	15
	722	15

〔 產業上可利用性 〕

若依本發明，則可提供一種可高精度切斷加工對象物之雷射加工方法。

【圖面簡單說明】

【第 1 圖】本實施形態相關之雷射加工方法的雷射加工中之加工對象物的平面圖。

【第 2 圖】係沿著第 1 圖所示之加工對象物的 II - II 線之斷面圖。

【第 3 圖】本實施形態相關之雷射加工方法的雷射加工後之加工對象物的平面圖。

【第 4 圖】係沿著第 3 圖所示之加工對象物的 IV - IV 線之斷面圖。

【第 5 圖】係沿著第 3 圖所示之加工對象物的 V - V 線之斷面圖。

【第 6 圖】由本實施形態相關之雷射加工方法所切斷之加工對象物的平面圖。

【第 7 圖】顯示本實施形態相關之雷射加工方法中之電場強度與裂縫點的大小之關係圖表。

【第 8 圖】使用本實施形態相關之雷射加工方法而切斷加工對象物之際的裂縫區域形成工程中之加工對象物的斷面圖。

【第 9 圖】使用本實施形態相關之雷射加工方法以切斷加工對象物之際的裂縫成長工程中之加工對象物的斷面圖。

【第 10 圖】使用本實施形態相關之雷射加工方法以切斷加工對象物之際的裂縫成長工程中之加工對象物的斷面圖。

【第 11 圖】使用本實施形態相關之雷射加工方法以切

斷加工對象物之際的切斷工程中之加工對象物的斷面圖。

【第 12 圖】顯示由本實施形態相關之雷射加工方法所切斷之矽晶圓的一部分之斷面的照片圖。

【第 13 圖】顯示本實施形態相關之雷射加工方法的雷射光之波長與矽基板之內部透射率間之關係圖表。

【第 14 圖 (A)~(C)】以模式方式本實施形態相關之雷射加工方法的各工程例之斜視圖。

【第 15 圖 (A)~(C)】以模式方式本實施形態相關之雷射加工方法的各工程例之斜視圖。

【第 16 圖】係沿著第 15 圖 (C) 所示加工對象物的 XVI - XVI 線之斷面圖。

【第 17 圖】顯示藉由利用本實施形態相關之雷射加工方法形成改質區域所切斷的加工對象物之切斷面的照片圖。

【第 18 圖】使用本實施形態相關之雷射加工方法形成改質區域時之一工程中的加工對象物之概略斷面圖。

【第 19 圖】顯示使用本實施形態相關之雷射加工方法所形成改質區域的一例子的斜視圖。

【第 20 圖 (A)、(B)】用以說明在加工對象物的內部形成改質區域之際的一順序例之模式圖。

【第 21 圖】係沿著第 20 圖 (B) 所示加工對象物之 XXI - XXI 線的斷面圖。

【第 22 圖】顯示藉由第 20 圖 (A) 及第 20 圖 (B) 所示順序形成改質區域所切斷之加工對象物的切斷面之照片圖。

【第 23 圖】顯示藉由第 20 圖 (A) 及第 20 圖 (B) 所示順

序形成改質區域所切斷之加工對象物的切斷面之照片圖。

【第 24 圖】顯示藉由第 20 圖 (A) 及第 20 圖 (B) 所示順序形成改質區域時之一工程中的加工對象物之概略斷面圖。

【元件符號說明】

- 1 ... 加工對象物
- 1 a ... 入射面
- 3 ... 表面
- 4 a ... 切斷面 (側面)
- 5 ... 切斷預定線
- 5 a ... 第 1 切斷預定線
- 5 b ... 第 2 切斷預定線
- 7 ... 改質區域
- 71 ... 第 1 改質區域
- 71 a ~ 71 f ... 複數列的改質區域
- 72 ... 第 2 改質區域
- 73 ... 第 4 改質區域
- 74 ... 第 3 改質區域
- 8 ... 切斷起點區域
- 13 ... 熔融處理區域
- L ... 雷射光
- P ... 集光點。

五、中文發明摘要：

提供一種能將高精度切斷加工對象物的雷射加工方法。

在本發明之雷射加工方法中，係使集光點 P 對準板狀加工對象物 1 的內部以照射雷射光 L。首先，沿著加工對象物 1 之第 1 切斷預定線 5 a，形成作為切斷起點之第 1 改質區域 71。其次，以沿著與切斷預定線 5 a 交叉之第 2 切斷預定線 5 b、以與改質區域 71 之至少一部分呈交叉的方式，形成作為切斷起點之第 2 改質區域 72。其次，沿著切斷預定線 5 b 而形成作為切斷起點之第 4 改質區域 73。其次，在改質區域 71 與雷射光 L 所入射之加工對象物 1 的入射面 1 a 之間，以沿著切斷預定線 5 a、與改質區域 73 之至少一部分交叉的方式，形成作為切斷起點之第 3 改質區域 74。

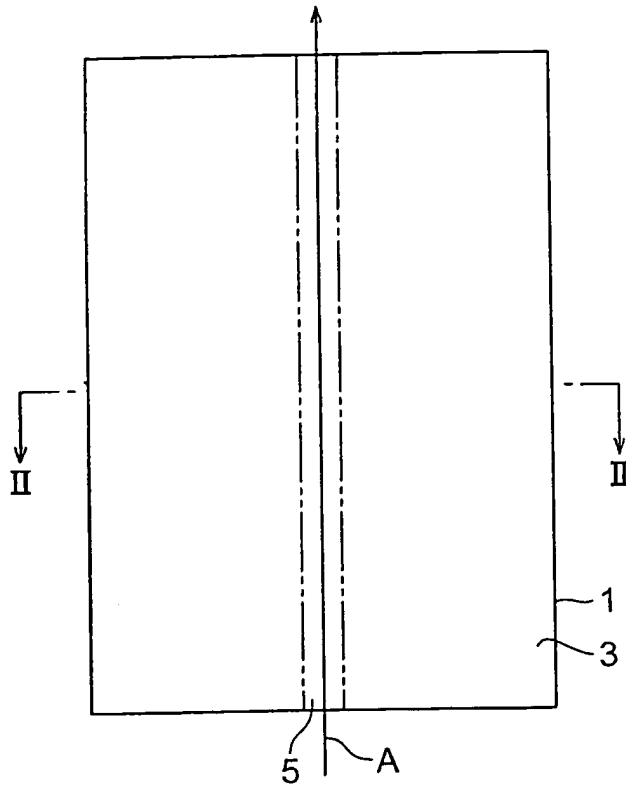
六、英文發明摘要：

This invention provides a laser processing method which can cut a processing object high accurately.

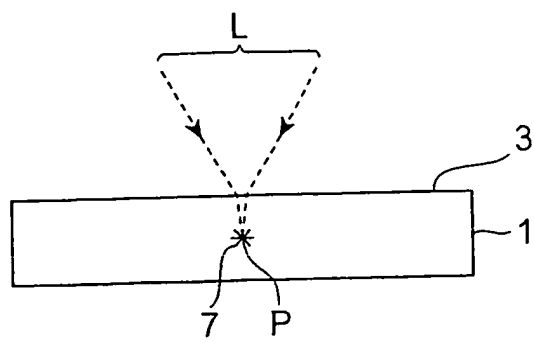
By the laser processing method of this invention, focusing on a focus point P inside a plate processing object 1 and irradiating a laser beam L. First, a first reforming area 71, being the starting of the cut, is formed along a first predetermined line 5a of the processing object 1. Next, a second reforming area 72 which is the starting of the cut is formed, as cross at least one portion of the first reforming area 71, along a second predetermined line 5b cross the first predetermined line 5a. Next, a fourth reforming area 73, being the starting of the cut, is formed along the predetermined line 5b. Next, between the reforming area 71 and a face of incidence 1a of the processing object 1 where the laser beam enters, a third reforming area 72 which is the starting of the cut is formed, as cross at least one portion of the first reforming area 73, along the predetermined line 5a.

十一、圖式：

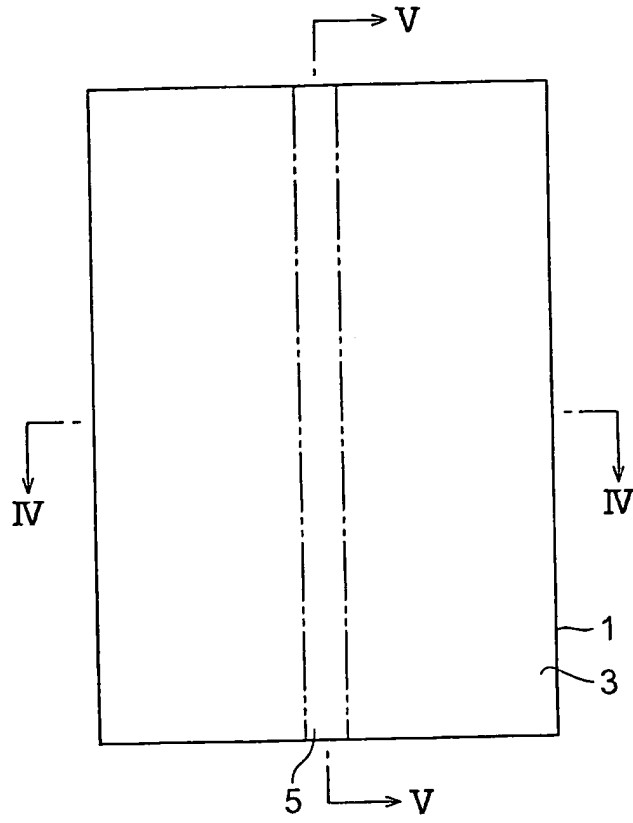
第 1 圖



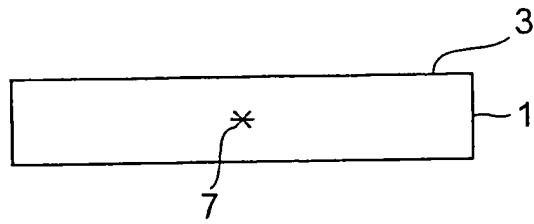
第 2 圖



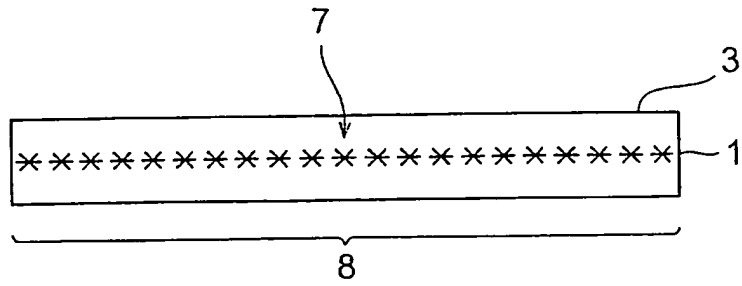
第 3 圖



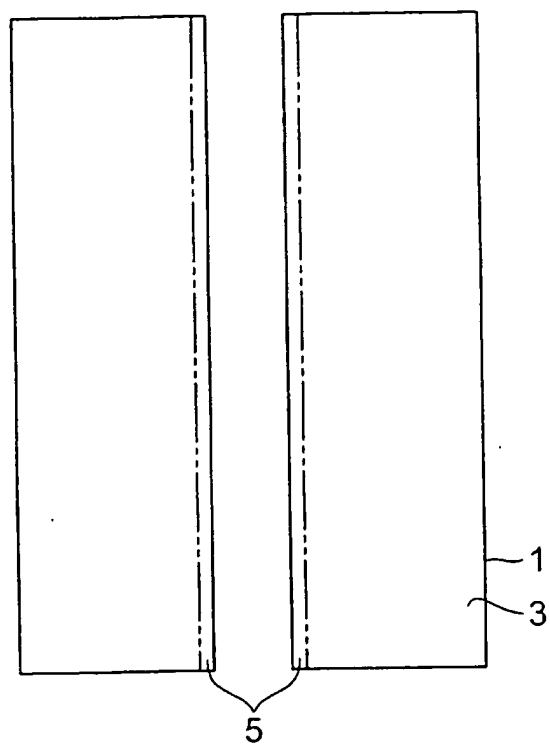
第 4 圖



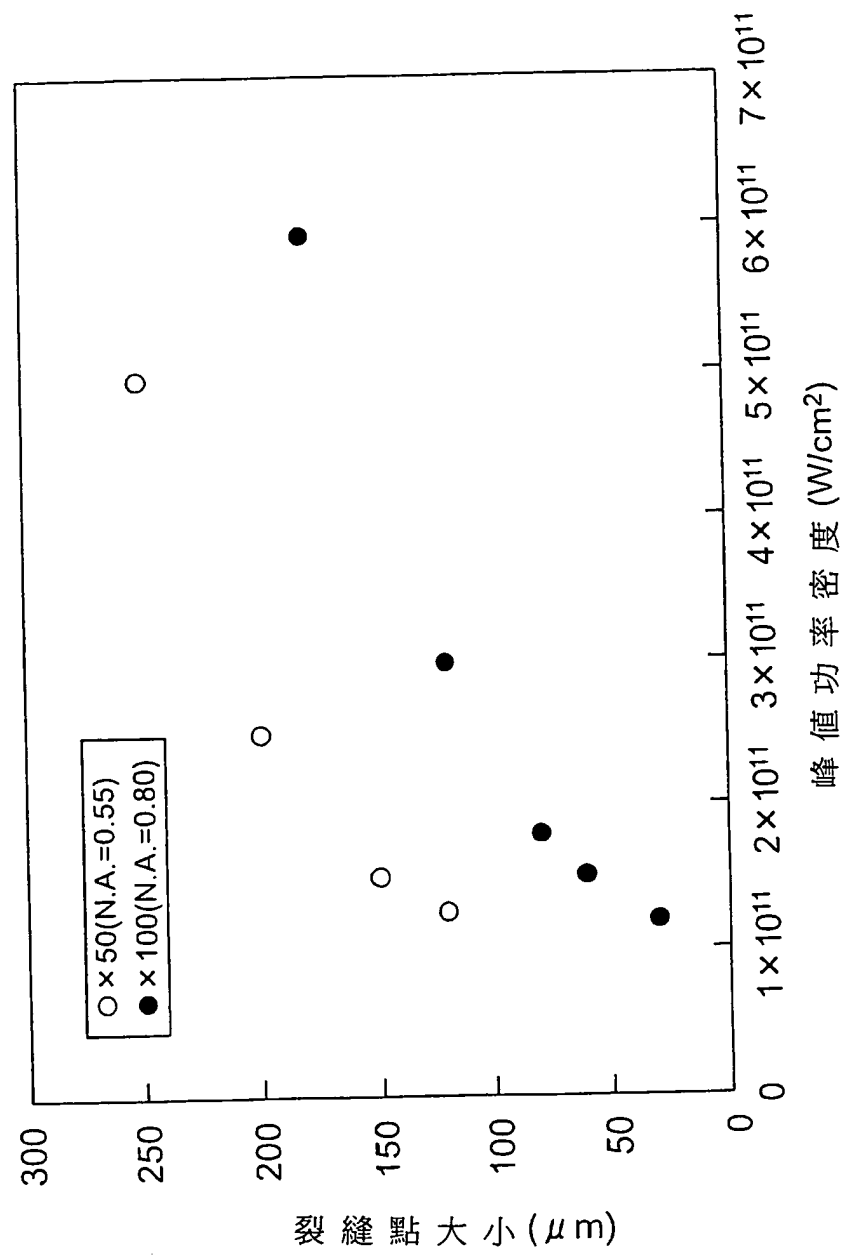
第 5 圖



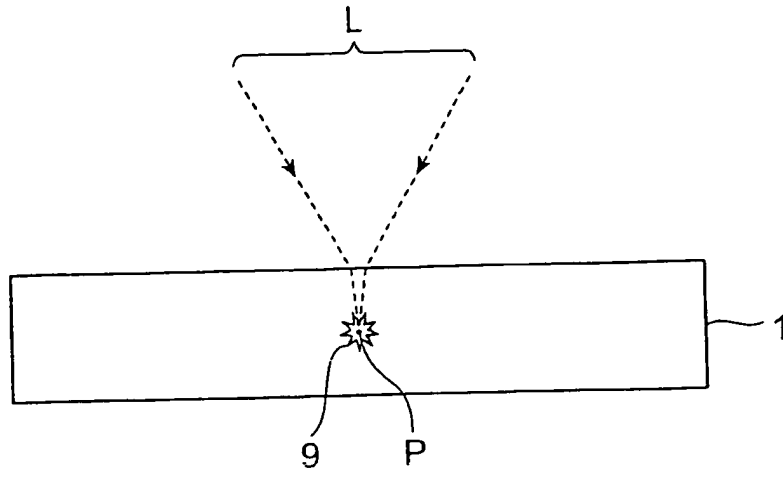
第 6 圖



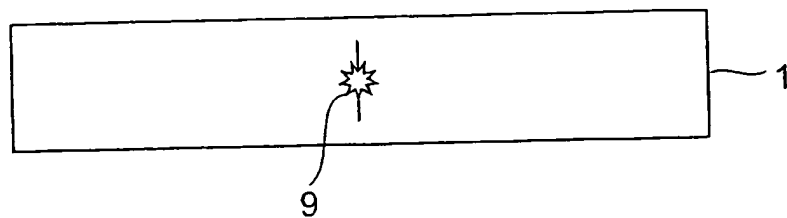
第 7 圖



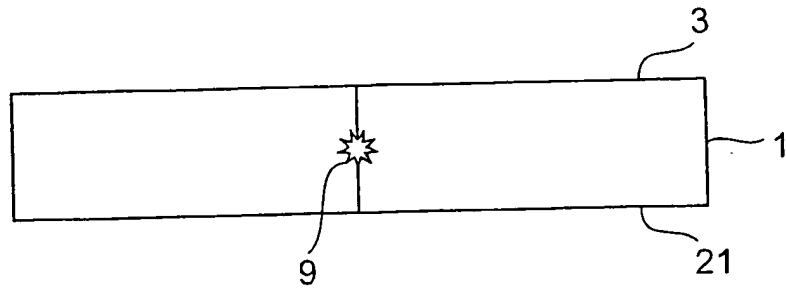
第 8 圖



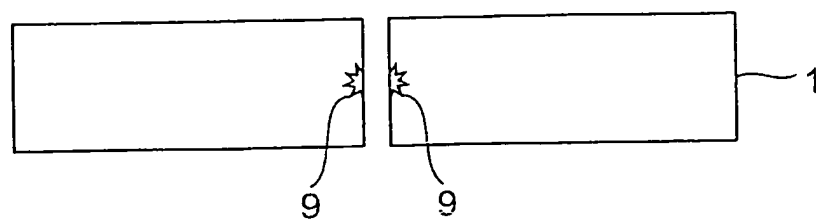
第 9 圖



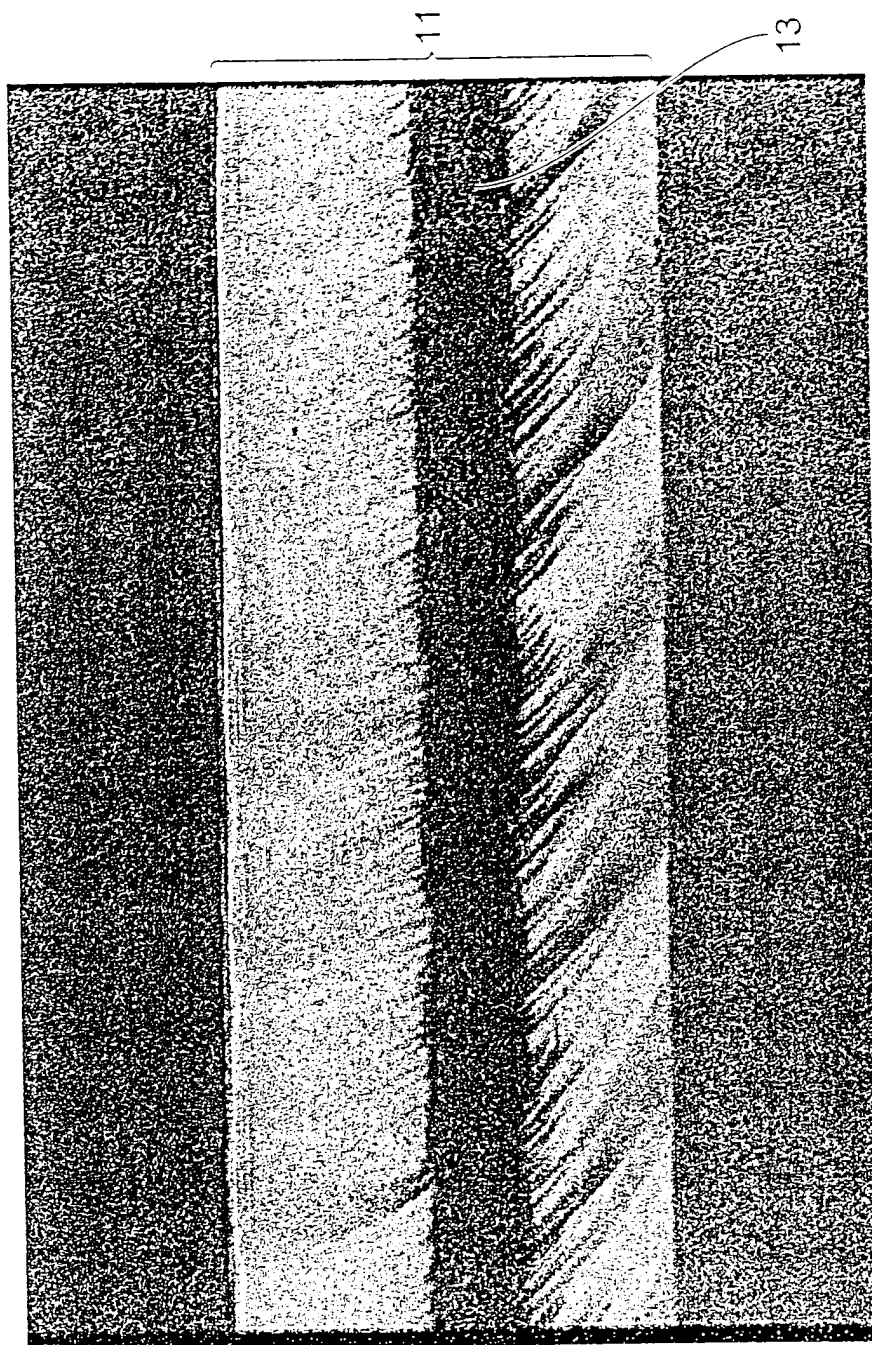
第 10 圖



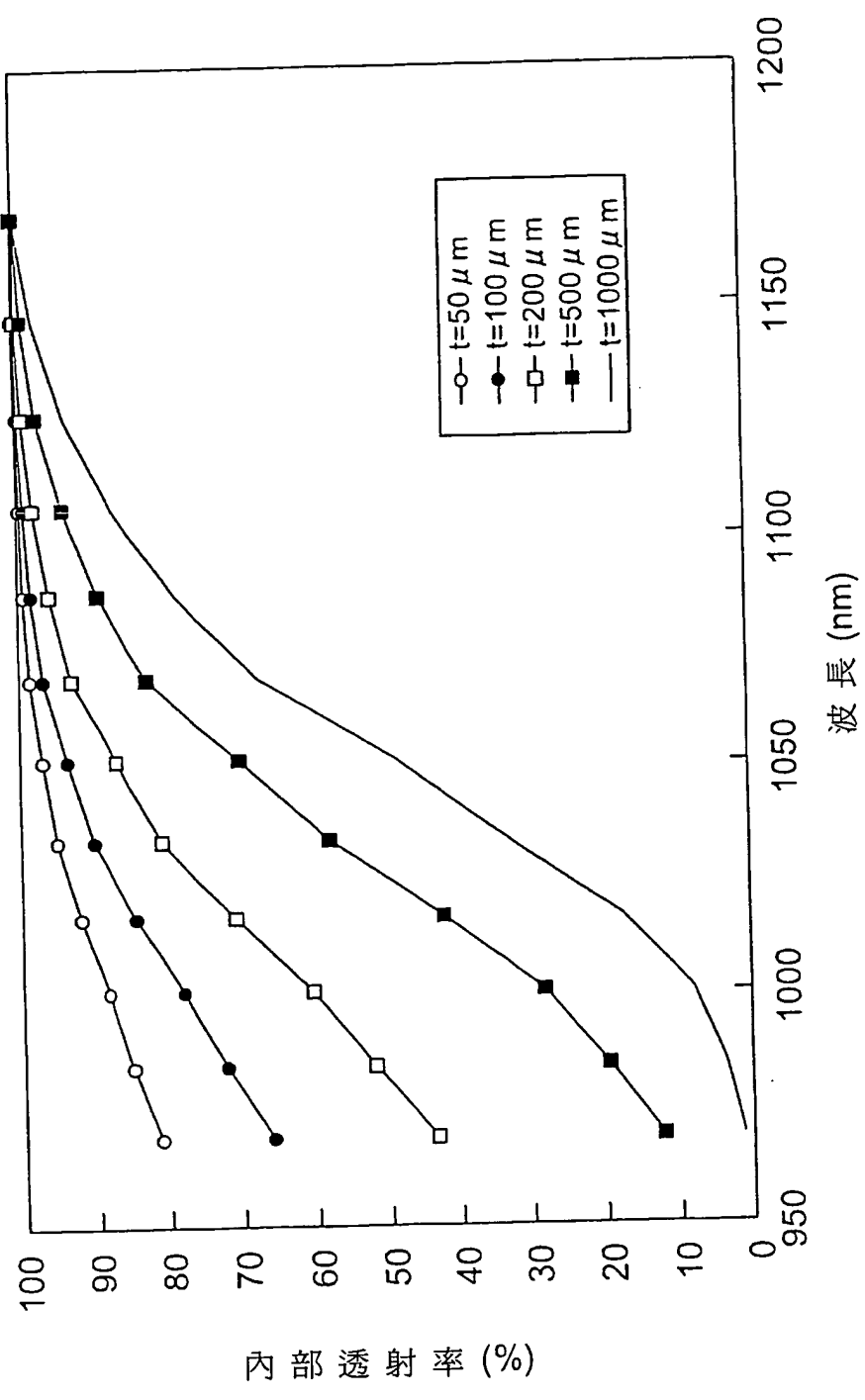
第 11 圖



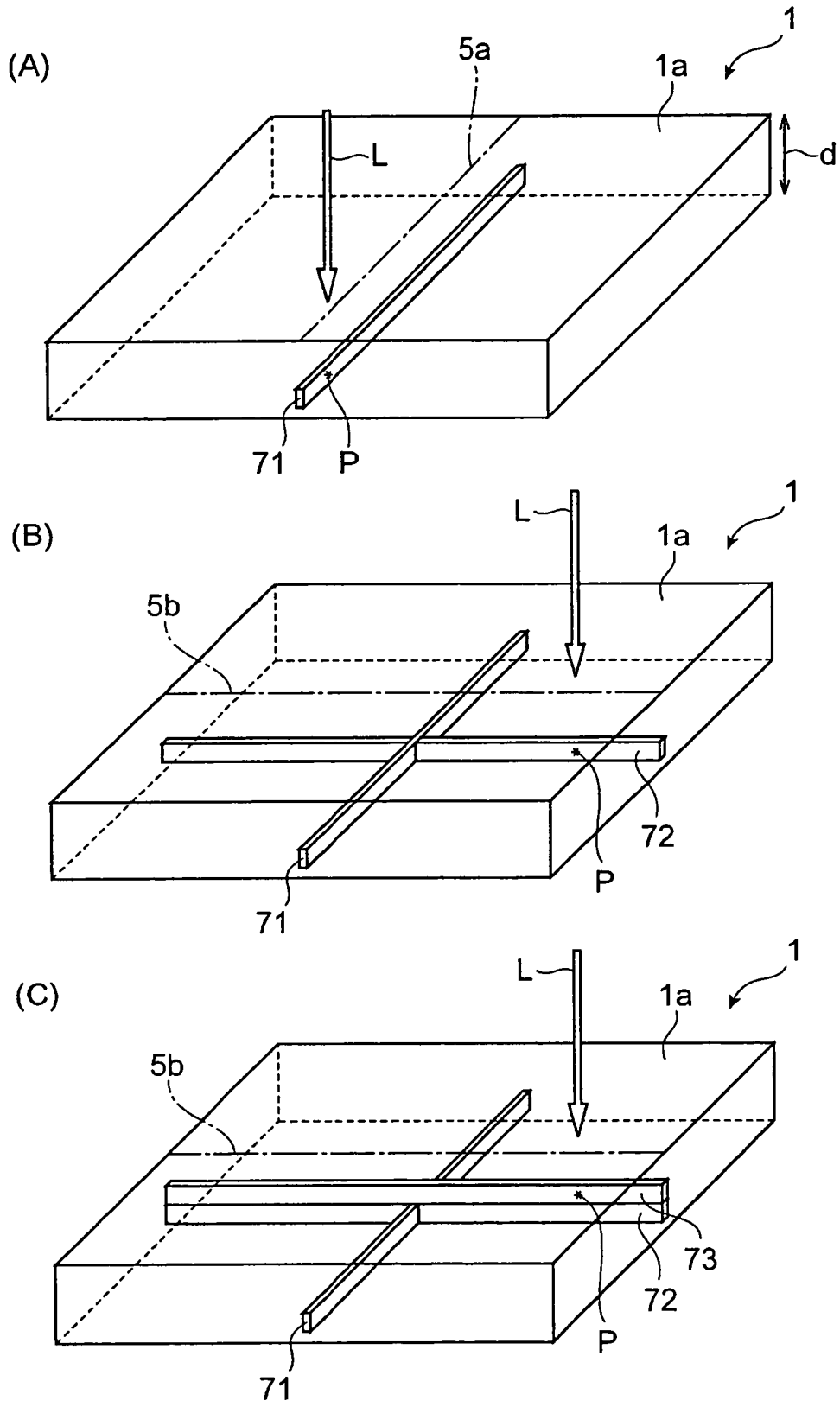
第 12 圖



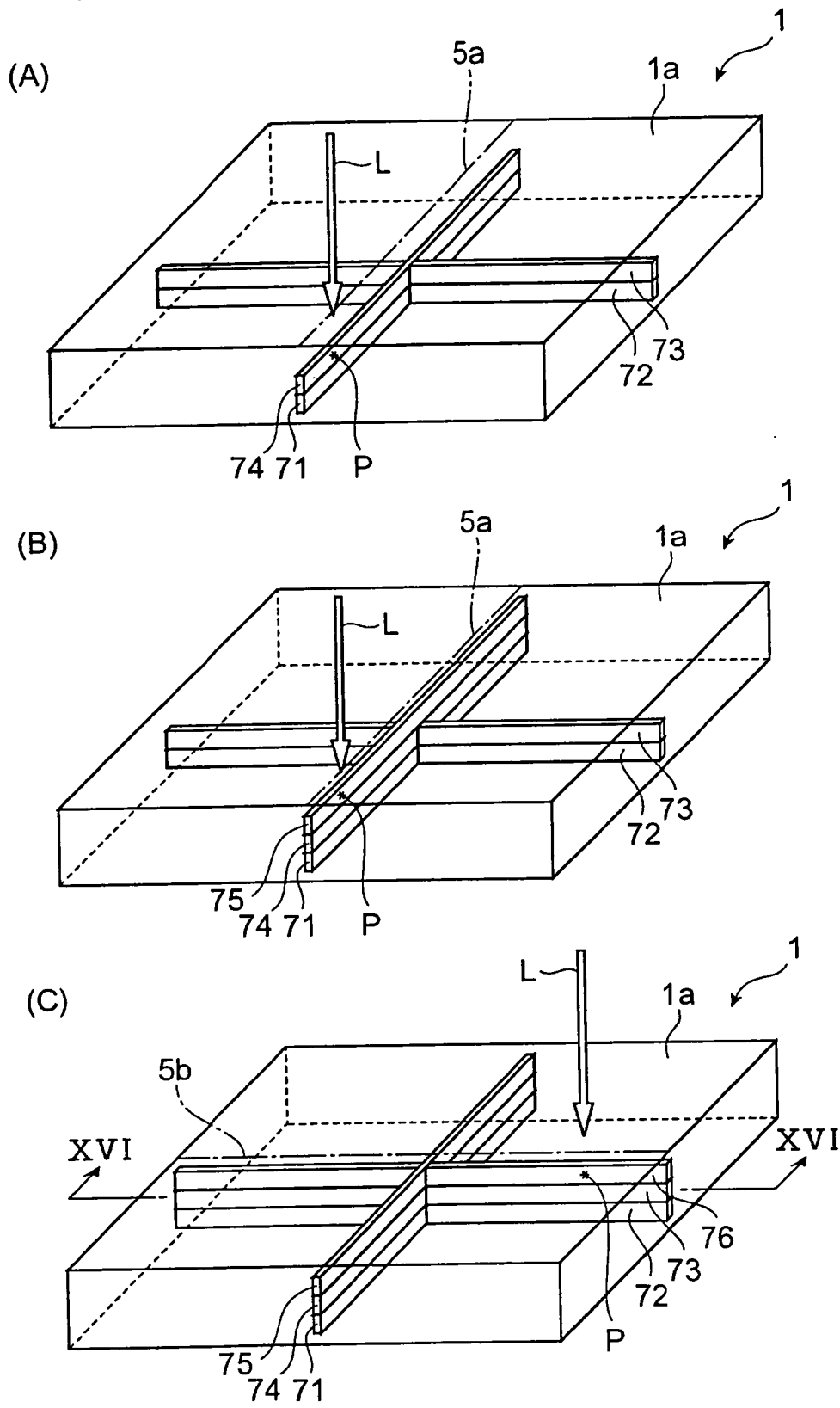
第 13 圖



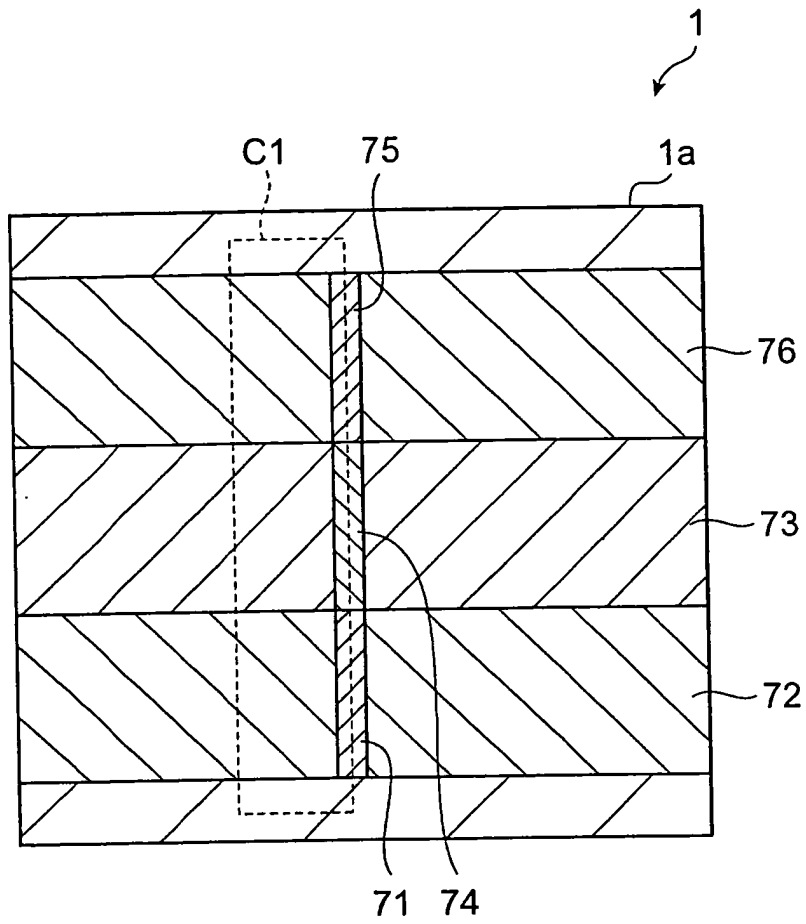
第 14 圖



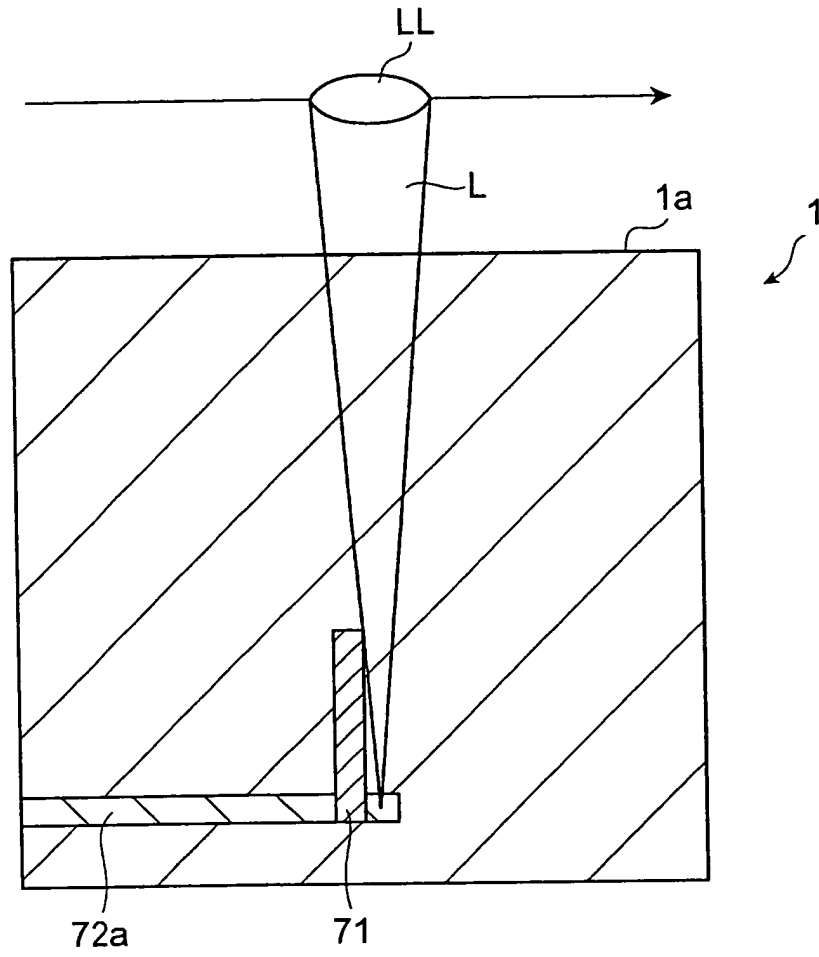
第 15 圖



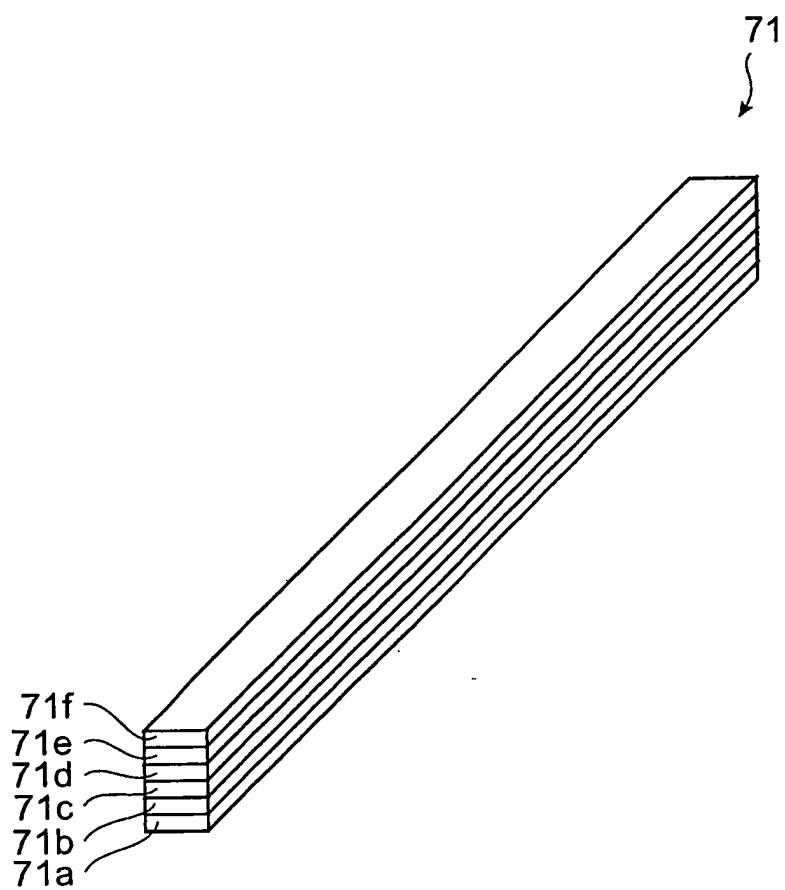
第 16 圖



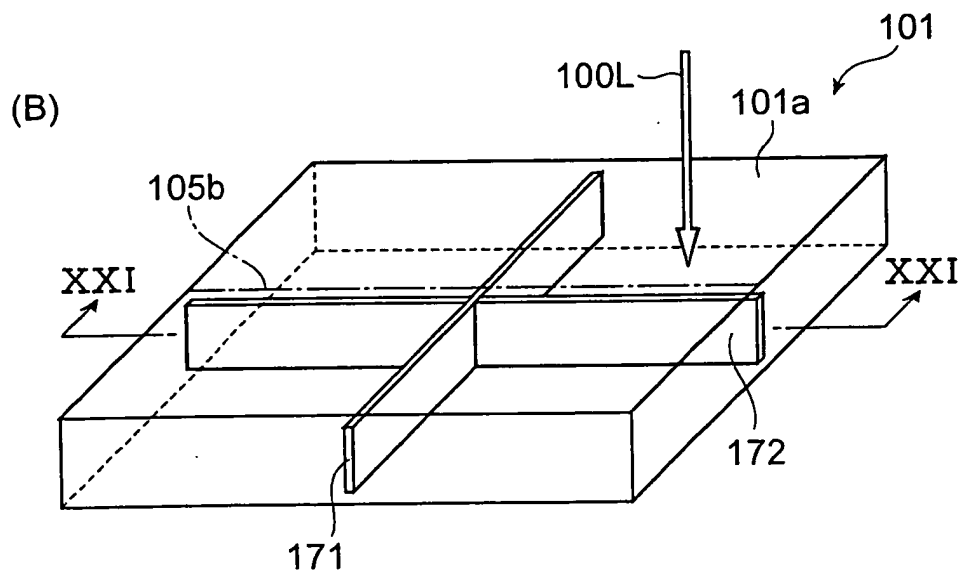
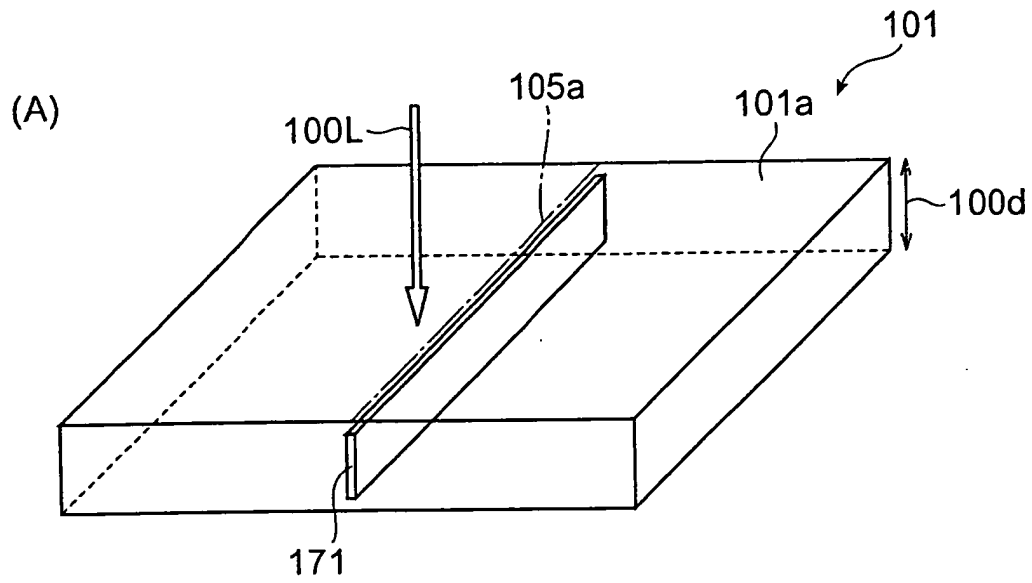
第 18 圖



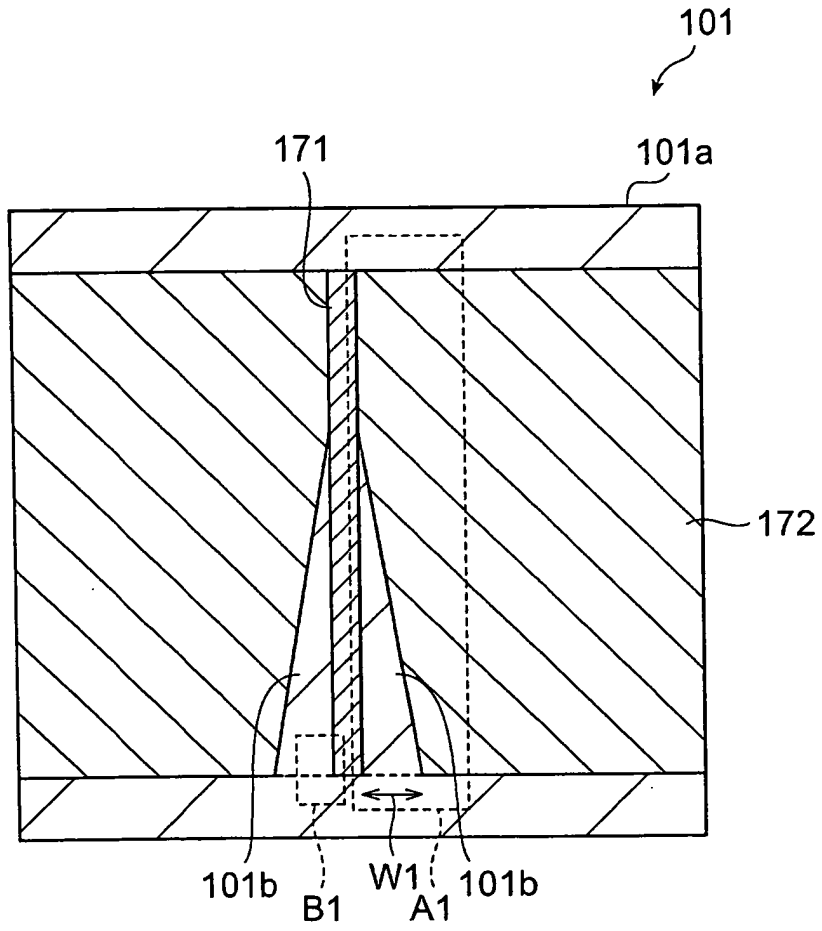
第 19 圖



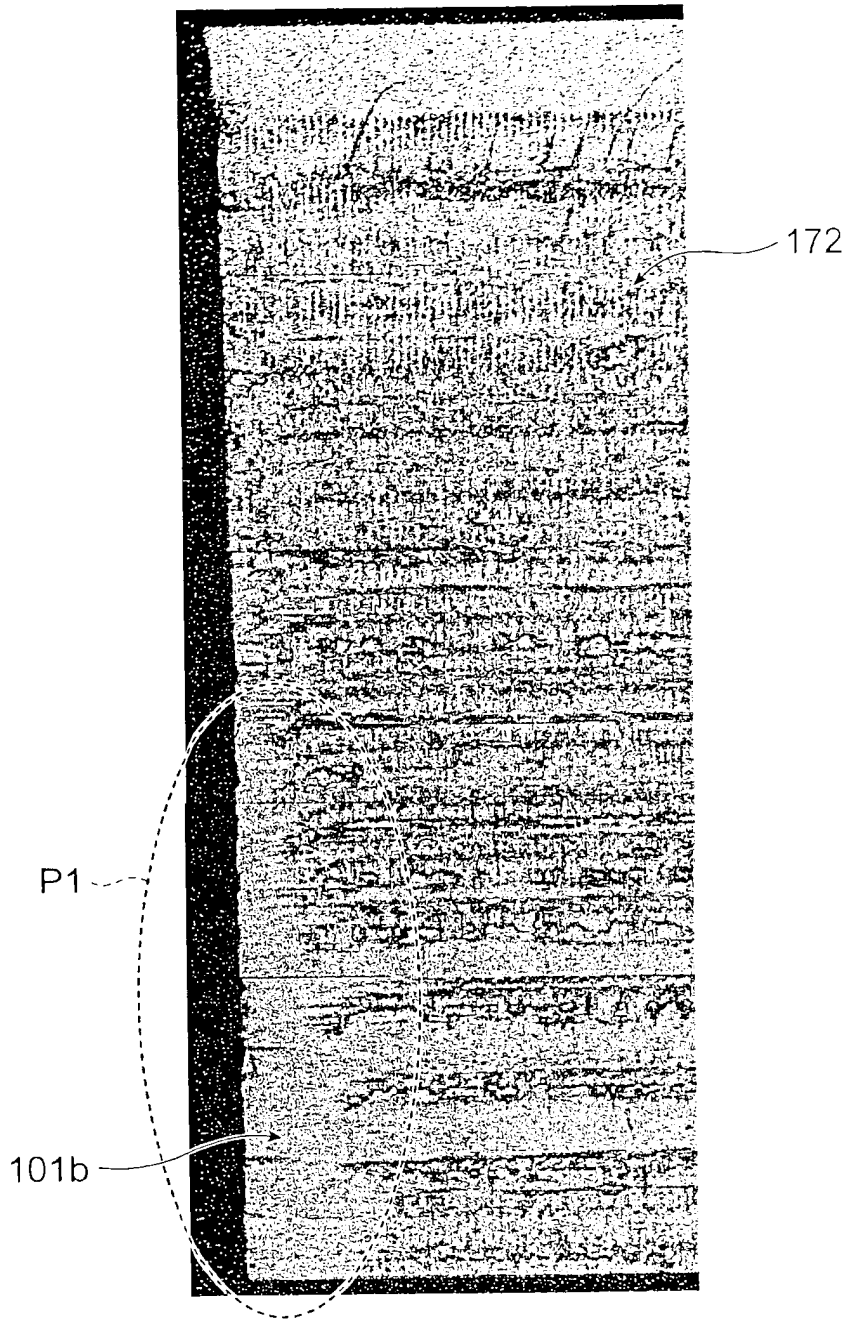
第 20 圖



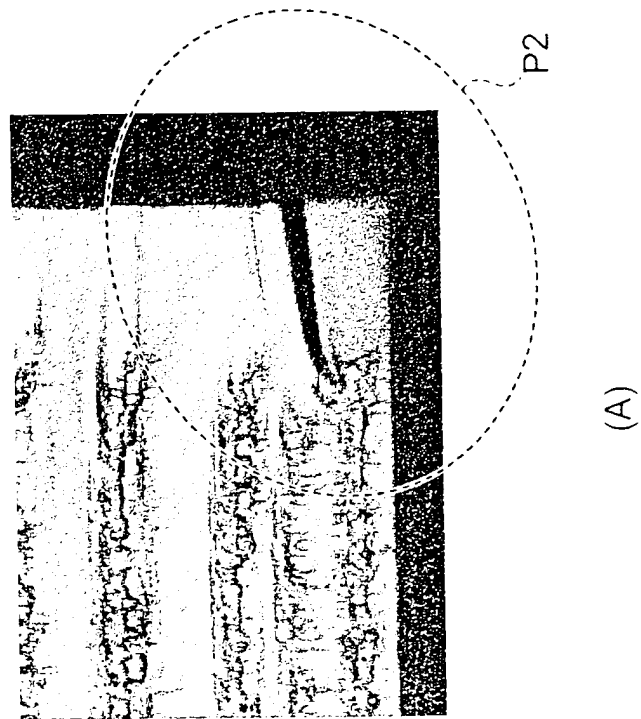
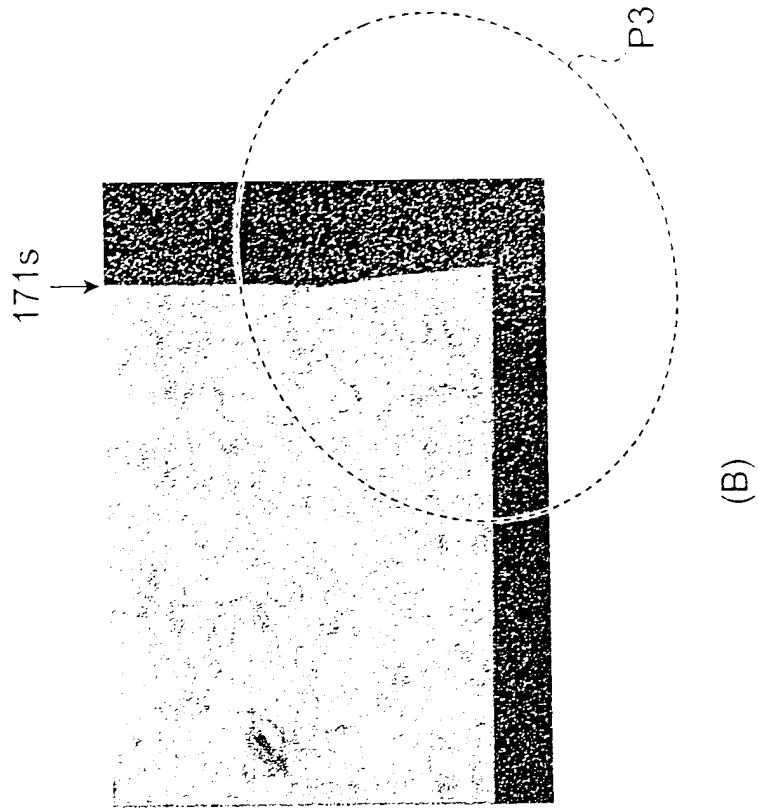
第 21 圖



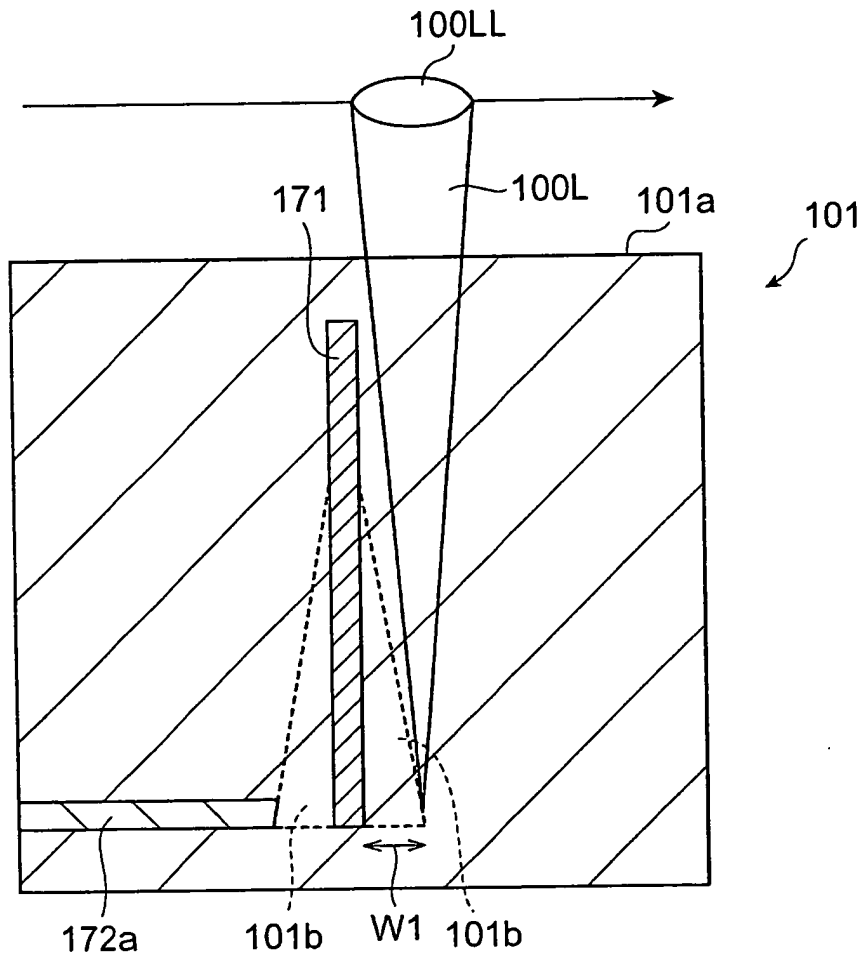
第 22 圖



第 23 圖



第 24 圖



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 14 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1...加工對象物

1 a ...入射面

5 a 、 5 b ...切斷預定線

71、72、73...改質區域

P ...集光點

L ...雷射光

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

100年9月6日修(更)正替換頁

第094124481號專利申請案中文申請專利範圍修正本

民國 100 年 9 月 6 日修正

十、申請專利範圍

1.一種雷射加工方法，其特徵為包含：第 1 工程，藉由使集光點對準板狀加工對象物的內部並照射雷射光而沿著前述加工對象物的第 1 切斷預定線，將作為切斷起點之第 1 改質區域形成在前述加工對象物的內部，且沿著與第 1 切斷預定線交叉之第 2 切斷預定線，以至少與第 1 改質區域的至少一部分交叉的方式，將作為切斷起點的第 2 改質區域形成在前述加工對象物的內部；以及第 2 工程，係在第 1 工程之後，藉由使集光點對準前述加工對象物的內部並照射雷射光，以於前述第 1 改質區域和前述雷射光所入射之前述加工對象物的入射面之間的前述加工對象物之內部，沿著第 1 切斷預定線形成作為切斷起點的第 3 改質區域，且於前述第 2 改質區域和前述入射面之間的前述加工對象物之內部，沿著第 2 切斷預定線、以與前述第 3 改質區域之至少一部分交叉的方式形成作為切斷起點之第 4 改質區域。

2.如申請專利範圍第 1 項所記載之雷射加工方法，其中

前述第 1 工程中，係在形成前述第 1 改質區域之後再形成前述第 2 改質區域，

前述第 2 工程中，係在形成前述第 3 改質區域之後再形成前述第 4 改質區域。

100年9月6日修(更)正替換頁

3.如申請專利範圍第 1 項所記載之雷射加工方法，其中

前述第 1 工程中，係在形成前述第 1 改質區域之後再形成前述第 2 改質區域，

前述第 2 工程中，係在形成前述第 4 改質區域之後再形成前述第 3 改質區域。

4.如申請專利範圍第 1 項所記載之雷射加工方法，其中

在形成前述第 1 改質區域時，取得存在於前述入射面的凹凸之前述加工對象物的厚度方向之第 1 高度資訊，並使用該第 1 高度資訊而形成前述第 3 改質區域，

在形成前述第 2 改質區域時，取得存在於前述入射面的凹凸之加工對象物的厚度方向之第 2 高度資訊，並使用該第 2 高度資訊而形成前述第 4 改質區域。

5.如申請專利範圍第 1 項所記載之雷射加工方法，其中

前述第 1~第 4 改質區域之至少 1 個係由在前述加工對象物之厚度方向並設之複數列的改質區域所構成。

6.如申請專利範圍第 1 項所記載之雷射加工方法，其中

前述第 1 及第 2 改質區域或者前述第 3 及第 4 改質區域之至少一方係由設置在前述加工對象物之厚度方向上的同數列之改質區域所構成。