

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

763160

發明專利說明書

公告本

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95134354

※申請日期：95年09月15日

※IPC分類：H01L 21/301 (2006.01)
H01L 21/268 (2006.01)
B23K 26/36 (2014.01)

一、發明名稱：

(中) 雷射加工方法及雷射加工裝置

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 濱松赫德尼古斯股份有限公司
(英) HAMAMATSU PHOTONICS K.K.

代表人：(中) 1. 晝馬輝夫

(英) 1. HIRUMA, TERUO

地 址：(中) 日本國靜岡縣濱松市市野町一一二六番地之一

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

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 3 人)

1. 姓 名：(中) 箴島哲也
(英) OSAJIMA, TETSUYA

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 杉浦隆二
(英) SUGIURA, RYUJI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

3. 姓 名：(中) 渥美一弘
(英) ATSUMI, KAZUHIRO

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2005/09/16 ; 2005-270817 ☒有主張優先權

五、中文發明摘要

發明名稱：雷射加工方法及雷射加工裝置

在該雷射加工方法中，聚光點 P 的雷射光 L 的斷面形狀做成，垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀。因此，形成在矽晶圓 11 之內部的改性區域 7 的形狀，由雷射光 L 的入射方向觀看的話，為垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀。具有此種形狀的改性區域 7，形成在加工對象物 1 之內部的話，在以改性區域 7 為切斷的起點，來切斷加工對象物 1 之際，可抑制在切斷面出現扭梳紋，就能提昇切斷面的平坦度。

六、英文發明摘要

發明名稱：

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (17) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 1：加工對象物
- 3：表面（雷射光入射面）
- 5：切斷預定線
- 7：改性區域
- 11：矽晶圓（半導體基板）
- 11a：表面
- 15：機能元件
- 16：機能元件層
- 21：背面
- 23：擴張膠帶
- 24：裂縫
- 50：雷射加工裝置
- 52：雷射頭（雷射光源）
- 54：細縫
- 55：刀口（可變手段）
- 56：物鏡（聚光用透鏡）
- 57：壓電元件
- L：雷射光
- P：聚光點

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關一種爲了沿著切斷預定線來切斷加工對象物所使用的雷射加工方法及雷射加工裝置。

【先前技術】

習知之此種雷射加工方法，具有藉由使聚光點對準加工對象物的內部，來照射雷射光，將成爲切斷之起點的改性區域，沿著切斷預定線，形成在加工對象物之內部的雷射加工方法（例如參照專利文獻 1）。

[專利文獻 1]日本特開 2004-179302 號公報

【發明內容】

[發明欲解決的課題]

但是，如果使用如上述的雷射加工方法，以改性區域作爲切斷之起點，來切斷加工對象物，會有在切斷面出現扭梳紋（twist hackle），在切斷面產生彎曲和凹凸等，切斷面的平坦度受損之虞。

於是，本發明是有鑑於此種事情的發明，其目的在於提供一種可提昇以改性區域爲切斷的起點，來切斷加工對象物之際的切斷面之平坦度的雷射加工方法及雷射加工裝置。

[用以解決課題的手段]

(2)

爲了達成上述目的，有關本發明的雷射加工方法，是藉由使聚光點對準加工對象物的內部，來照射雷射光，沿著加工對象物的切斷預定線，將成爲切斷之起點的改性區域，形成在加工對象物之內部的雷射加工方法，其特徵爲：照射在聚光點有具，垂直於切斷預定線之方向的最大長度，比平行於切斷預定線之方向的最大長度還短的斷面形狀的特定的雷射光，藉此形成特定的改性區域。

在該雷射加工方法中，將聚光點之特定的雷射光之斷面形狀（垂直於光軸的斷面形狀）形成，垂直於切斷預定線之方向的最大長度，比平行於切斷預定線之方向的最大長度還短的形狀。因此，形成在加工對象物之內部的特定之改性區域的形狀，由雷射光之入射方向觀看的話，爲垂直於切斷預定線之方向的最大長度，比平行於切斷預定線之方向的最大長度還短的形狀。具有此種形狀的特定之改性區域，形成在加工對象物之內部的話，在以改性區域爲切斷的起點，來切斷加工對象物之際，可抑制切斷面出現扭梳紋，就能提昇切斷面的平坦度。

再者，成爲切斷之起點的改性區域，是使聚光點對準加工對象物的內部，照射雷射光，在加工對象物的內部產生多光子吸收其他的光吸收，藉此所形成。

在有關本發明的雷射加工方法中，形成特定的改性區域，藉此自特定的改性區域起，在加工對象物的雷射光入射面，產生沿著切斷預定線的裂縫爲佳。如上述，特定之改性區域的形狀，由雷射光的入射方向觀看的話，因垂直

(3)

於切斷預定線之方向的最大長度，比平行於切斷預定線之方向的最大長度還短的形狀，故針對自特定之改性區域起，在加工對象物的雷射光入射面產生的裂縫，會抑制扭梳紋的出現。因而，能抑制裂縫蛇行，或者裂痕狀行進，使裂縫大致直線行進，就能提昇以改性區域為切斷的起點，來切斷加工對象物之際的切斷面之平坦度。再者，加工對象物之厚度比較薄的時候，沿著切斷預定線的斷層，自特定之改性區域起，產生在加工對象物之雷射光入射面的話，就能以改性區域為切斷之起點，確實的切斷加工對象物。

在有關本發明的雷射加工方法中，在將改性區域，形成在加工對象物的內部之後，以改性區域為切斷的起點，沿著切斷預定線，切斷加工對象物為佳。藉此就能將加工對象物，沿著切斷預定線，精度良好的切斷。

在有關本發明的雷射加工方法中，有加工對象物具備半導體基板，改性區域包含融解處理區域的情形。

[發明效果]

藉由本發明，就能提昇以改性區域為切斷的起點，來切斷加工對象物之際的切斷面之平坦度。

【實施方式】

[用以實施發明的最佳形態]

以下，針對本發明的最佳實施形態，參照圖面做詳細

(4)

說明。在本實施形態的雷射加工方法中，爲了在加工對象物的內部形成改性區域，利用所謂多光子吸收的現象。於是，首先，針對爲了藉由多光子吸收，來形成改性區域的雷射加工方法做說明。

如果光子的能量 $h\nu$ 比材料之吸收的頻帶間隙 E_G 還小，光學上爲透明。因而，材料產生吸收的條件爲 $h\nu > E_G$ 。可是，就算光學上是透明，但雷射光的強度還是非常大的話，在 $nh\nu > E_G$ 的條件（ $n = 2, 3, 4, \dots$ ），材料產生吸收。此現象稱爲多光子吸收。脈衝波的情形，雷射光的強度是以雷射光之聚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，產生多光子吸收。峰值功率密度是根據（相當聚光點之雷射光的 1 脈衝的能量） $\div$ （雷射光的射束點斷面積 $\times$ 脈衝寬）所求得。又，連續波的情形，雷射光的強度是以雷射光之聚光點的電場強度（ W/cm^2 ）所決定。

針對有關利用此種多光子吸收的本實施形態的雷射加工方法之原理，參照第 1 圖～第 6 圖做說明。如第 1 圖所示，在晶圓狀（平板狀）的加工對象物 1 的表面 3，具有爲了切斷加工對象物 1 的切斷預定線 5。切斷預定線 5 是直線狀延伸的假想線。在有關本實施形態的雷射加工方法，是如第 2 圖所示，在產生多光子吸收的條件下，使聚光點 P 對準加工對象物 1 的內部，照射雷射光 L，形成改性區域 7。再者，聚光點 P 是指雷射光 L 聚光之處。又，切斷預定線 5 不限於直線狀，也可爲曲線狀，不限於假想線

(5)

，也可為實際拉在加工對象物 1 的線。

而且，藉由讓雷射光 L，沿著切斷預定線 5（即，第 1 圖的箭頭 A 方向），相對性的移動，使聚光點 P 沿著切斷預定線 5 移動。藉此，如第 3 圖～第 5 圖所示，改性區域 7 會沿著切斷預定線 5，形成加工對象物 1 的內部，該改性區域 7 會成為切斷起點區域 8。在此，切斷起點區域 8 意思是加工對象物 1 被切斷之際，成為切斷（裂縫）之起點的區域。該切斷起點區域 8 有連續性形成改性區域 7 所形成的情形，也有斷續性形成改性區域 7 所形成的情形。

有關本實施形態的雷射加工方法，是藉由加工對象物 1 吸收雷射光 L，不使加工對象物 1 發熱，來形成改性區域 7。讓雷射光 L 穿透加工對象物 1，使加工對象物 1 的內部發生多光子吸收，形成改性區域 7。因而，因雷射光 L 幾乎不會被加工對象物 1 的表面 3 吸收，故加工對象物 1 的表面 3 不會融解。

如果在加工對象物 1 的內部，形成切斷起點區域 8，以該切斷起點區域 8 作為起點，由於易發生裂縫，如第 6 圖所示，故能以比較小的力來切斷加工對象物 1。因而，加工對象物 1 的表面 3，不會發生不必要的裂縫，就能高精度切斷加工對象物 1。

以該切斷起點區域 8 為起點的加工對象物 1 的切斷，是考慮以下兩點。一為，切斷起點區域 8 形成後，人為的力施加於加工對象物 1，藉此加工對象物 1 會因以切斷起

(6)

點區域 8 為起點而產生裂縫，故會有加工對象物 1 被切斷的情形。這是例如加工對象物 1 之厚度較大時的切斷。如果施加人為上的力，例如沿著加工對象物 1 的切斷起點區域 8，在加工對象物 1 加上彎曲應力和剪應力，或者使加工對象物 1 賦予溫度差，藉此發生熱應力。另一為，藉由形成切斷起點區域 8，以切斷起點區域 8 為起點，向著加工對象物 1 的斷面方向（厚度方向），自然裂縫，結果會有加工對象物 1 被切斷的情形。這是例如加工對象物 1 之厚度較小時，可藉由一列改性區域 7，形成有切斷起點區域 8，加工對象物 1 之厚度較大時，可藉由複數列形成在厚度方向的改性區域 7，形成有切斷起點區域 8。再者，該自然裂縫的情形，也是在切斷之處，裂縫不搶先到對應於未形成切斷起點區域 8 之部位的部分的表面 3 上，因只能割斷對應於形成切斷起點區域 8 之部位的部分，故可控制佳的進行割斷。近年來因矽晶圓等之加工對象物 1 的厚度有變薄的傾向，故此種控制性佳的割斷方法非常有效。

那麼，針對有關本實施形態的雷射加工方法，藉由多光子吸收所形成的改性區域，有以下（1）～（3）的情形。

（1）改性區域為包含一個或複數個裂痕的裂痕區域之情形

使聚光點對準加工對象物（例如像是由玻璃或 LiTaO_3 所形成的壓電材料）的內部，聚光點的電場強度

(7)

爲 1×10^8 (W/cm²) 以上，且脈衝寬爲 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件下，照射雷射光。該脈衝寬的大小，是一邊產生多光子吸收、一邊不使加工對象物的表面賦予多餘的損傷，只在加工對象物的內部形成裂痕區域的條件。藉此，在加工對象物的內部，會因多光子吸收產生光學性損傷的現象。因該光學性損傷，在加工對象物的內部引起熱彎曲，藉此，在加工對象物的內部會形成裂痕區域。電場強度的上限值，例如爲 1×10^{12} (W/cm²)。脈衝寬例如 $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ 爲佳。再者，因多光子吸收形成裂痕區域，是例如記載於日本第 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「固體雷射高調波的玻璃基板的內部記號」。

本發明人是根據實驗求得電場強度與裂痕之大小的關係。實驗條件如下。

(A) 加工對象物：派瑞克斯（註冊商標）玻璃（厚度 $700 \mu\text{m}$ ）

(B) 雷射

光源：半導體雷射激勵 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

脈衝寬： 30ns

輸出：輸出 $< 1\text{mJ}$ / 脈衝

(8)

雷射光品質： TEM_{00}

偏光特性：直線偏光

(C) 聚光用透鏡

對雷射光波長的穿透率：60%

(D) 載置有加工對象物之載置台的移動速度：
100mm / 秒

再者，雷射光品質 TEM_{00} 是指聚光性較高，可聚光到雷射光之波長程度。

第 7 圖是表示上述實驗之結果的座標圖。橫軸是峰值功率密度，雷射光為脈衝雷射光，電場強度以峰值功率密度表示。縱軸是表示藉由 1 脈衝的雷射光，形成在加工對象物之內部的裂痕部分（裂痕點）的大小。裂痕點集中成為裂痕區域。裂痕點的大小，是裂痕點之形狀中，最大之長度的部分之大小。座標圖中以黑圓圈所示的資料，是聚光用透鏡 (C) 的倍率為 100 倍、開口數 (NA) 為 0.80 的情形。另一方面，座標圖中以白圓圈所示的資料，是聚光用透鏡 (C) 的倍率為 50 倍、開口數 (NA) 為 0.55 的情形。峰值功率密度會自 10^{11} (W/cm^2) 左右起，在加工對象物的內部產生裂痕點，得知隨著峰值功率密度變大，裂痕點也會變大。

其次，針對因形成裂痕區域，加工對象物之切斷的機構，參照第 8 圖～第 11 圖做說明。如第 8 圖所示，在產生多光子吸收的條件，使聚光點 P 對準加工對象物 1 的內部，來照射雷射光 L，沿著切斷預定線，在內部形成裂痕

(9)

區域 9。裂痕區域 9 是包含一個複數個裂痕的區域。像這樣所形成的裂痕區域 9 則為切斷起點區域。如第 9 圖所示，以裂痕區域 9 為起點（即，以切斷起點區域為起點），進一步長成裂痕，如第 10 圖所示，裂痕會到達加工對象物 1 的表面 3 與背面 21，如第 11 圖所示，加工對象物 1 會裂縫，藉此加工對象物 1 就會被切斷。到達加工對象物 1 的表面 3 與背面 21 的裂痕，會自然長成的情形，也有對加工對象物 1 施加力，藉此所長成的情形。

（2）改性區域為融解處理區域的情形

使聚光點對準加工對象物（例如像是矽的半導體材料）的內部，聚光點的電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上，且脈衝寬為 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件下，照射雷射光。藉此，加工對象物的內部會因多光子吸收，局部性加熱。藉由該加熱，在加工對象物的內部形成有融解處理區域。融解處理區域是指暫時融解後再固化的區域，或正好為融解狀態的區域、由融解狀態進行再固化之狀態的區域，也可稱為相變化的區域或結晶構造變化的區域。又，融解處理區域是指於單結晶構造、非晶質構造、多結晶構造，也可稱為某一構造變成別的構造的區域。就是，例如由單結晶構造變為非晶質構造的區域、由單結晶構造變為多結晶構造的區域、由單結晶構造變為包含非晶質構造及多結晶構造的構造的區域。加工對象物為矽單結晶構造時，融解處理區域是例如非晶質矽構造。電場強度的上限值，例如為 1×10^{12}

(10)

(W/cm^2)。脈衝寬例如 $1ns \sim 200ns$ 為佳。

本發明人是根據實驗確認在矽晶圓的內部，形成有融解處理區域。實驗條件如下。

(A) 加工對象物：矽晶圓（厚度 $350\mu m$ 、外徑 4 吋）

(B) 雷射

光源：半導體雷射激勵 Nd:YAG 雷射

波長： $1064nm$

雷射光點斷面積： $3.14 \times 10^{-8} cm^2$

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率： $100kHz$

脈衝寬： $30ns$

輸出： $20\mu J$ / 脈衝

雷射光品質： TEM_{00}

偏光特性：直線偏光

(C) 聚光用透鏡

倍率：50 倍

N.A.： 0.55

對雷射光波長的穿透率： 60%

(D) 載置有加工對象物之載置台的移動速度：
 $100mm / 秒$

第 12 圖是表示在上述條件藉由雷射加工所切斷的矽晶圓的一部分的斷面照片的圖。在矽晶圓 11 的內部，形成有融解處理區域 13。再者，藉由上述條件所形成的融解

(11)

處理區域 13 的厚度方向之大小為 $100\ \mu\text{m}$ 左右。

說明融解處理區域 13 為藉由多光子吸收所形成。第 13 圖是表示雷射光之波長與矽基板的內部之穿透率的關係的座標圖。但分別除去矽基板之表面側與背面側的反射成分，只表示內部的穿透率。針對矽基板的厚度 t 分別為 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ 、 $1000\ \mu\text{m}$ ，來表示上述關係。

例如，Nd:YAG 雷射之波長於 1064nm ，矽基板之厚度為 $500\ \mu\text{m}$ 以下時，得知在矽基板的內部，雷射光會穿透 80% 以上。因第 12 圖所示的矽晶圓 11 之厚度為 $350\ \mu\text{m}$ ，利用多光子吸收的融解處理區域 13，是形成在矽晶圓 11 的中心附近，就是自表面起 $175\ \mu\text{m}$ 的部分。若此時的穿透率，以厚度 $200\ \mu\text{m}$ 的矽晶圓為參考，在 90% 以上，雷射光在矽晶圓 11 的內部稍微被吸收，幾乎是穿透。這是雷射光在矽晶圓 11 的內部被吸收，並未在矽晶圓 11 的內部形成融解處理區域 13（就是利用雷射光以普通的加熱，形成融解處理區域），藉由多光子吸收形成融解處理區域 13。利用多光子吸收形成融解處理區域，是記載在例如日本焊接學會全國大會講演概要第 66 集（2000 年 4 月）的第 72 頁～第 73 頁之「藉由微秒脈衝雷射之矽的加工特性評估」。

再者，矽晶圓是以藉由融解處理區域所形成的切斷起點區域為起點，向著斷面方向產生裂縫，其裂縫會到達矽晶圓的表面與背面，結果就會被切斷。到達矽晶圓的表面

(12)

與背面的該裂縫，有自然產生的情形，也有藉由對矽晶圓施加力所產生的情形。而且，由切斷起點區域，在矽晶圓的表面與背面，自然產生裂縫的情形，也有由形成切斷起點區域的融解處理區域開始融解的狀態，產生裂縫的情形；和由形成切斷起點區域的融解處理區域開始融解的狀態，予以再固化之際，產生裂縫的情形之任一種情形。但，無論哪種情形，融解處理區域都只是形成在矽晶圓的內部，在切斷後的切斷面，如第 12 圖，只有內部形成融解處理區域。這樣，如果在加工對象物的內部，藉由融解處理區域來形成切斷起點區域，因割斷時難以產生偏離切斷起點區域線之不必要的裂縫，故割斷控制變很容易。

(3) 改性區域為折射率變化區域的情形

使聚光點對準加工對象物（例如玻璃）的內部，聚光點的電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上，且脈衝寬為 1ns 以下的條件下，來照射雷射光。脈衝寬極短，在加工對象物的內部引起多光子吸收的話，因多光子吸收的能量不會轉化為熱能，在加工對象物的內部會引起，離子價數變化、結晶化或分極配向等之永久性的構造變化，形成折射率變化區域。電場強度的上限值，例如為 1×10^{12} (W/cm^2)。脈衝寬例如為 1ns 以下為佳， 1ps 以下更佳。因多光子吸收形成折射率變化區域，是記載於例如日本第 42 回雷射熱加工研究會論文集（1997 年 11 月）之第 105 頁～第 111 頁的「藉由飛秒雷射照射之對玻璃內部形成光感應構

(13)

造」。

以上，雖是藉由多光子吸收所形成的改性區域，說明（1）～（3）的情形，但考慮到晶圓狀之加工對象物的結晶構造或其劈開性等，只要如以下形成切斷起點區域，以其切斷起點區域為起點，就能更進一步以較小的力，且精度良好的來切斷加工對象物。

即，由矽等之鑽石構造的單結晶半導體所形成的基板之情形，最好是在沿著（111）面（第1劈開面）或（110）面（第2劈開面）的方向，形成切斷起點區域為佳。又，由GaAs等之閃鋅礦型構造的III-V族化合物半導體所形成的基板之情形，最好是在沿著（110）面的方向，形成切斷起點區域。進而，具有藍寶石（ Al_2O_3 ）等之六方晶系的結晶構造的基板之情形，最好是以（0001）面（C面）為主面，在沿著（1120）面（A面）或（1100）面（M面）的方向，形成切斷起點區域。

再者，只要沿著為了形成上述的切斷起點區域的方向（例如，沿著單結晶矽基板的（111）面的方向）、或正交於為了形成切斷起點區域之方向的方向，在基板形成定向平面，就能以該定向平面為基準，容易且正確的沿著為了形成切斷起點區域的方向，在基板形成切斷起點區域。

其次，針對本發明之最佳實施形態做說明。第14圖是本實施形態之雷射加工方法的加工對象物的平面圖，第15圖是沿著第14圖所示的加工對象物之XV-XV線的部分剖面圖。

(14)

如第 14 圖及第 15 圖所示，加工對象物 1 是具備：厚度 $50\mu\text{m}$ 的矽晶圓 11（半導體基板）；和包含複數個機能元件 15，形成在矽晶圓 11 之表面 11a 的機能元件層 16。機能元件 15 是例如藉由結晶成長所形成的半導體動作層、光二極體等的受光元件、雷射二極體等的發光元件，或作為電路所形成的電路元件等，多數矩陣狀形成在平行及垂直於矽晶圓 11 之定向平面 6 之方向的方向。

如以上所構成的加工對象物 1，是如以下切斷成每個機能元件 15。首先，如第 16 圖所示，在加工對象物 1 的背面 21 張貼擴張膠帶（expanded tape）23。接著，如第 17 圖所示，以機能元件層 16 為上側，將加工對象物 1 固定在雷射加工裝置 50 的載置台 51 上。而且，以加工對象物 1 的表面 3 為雷射光入射面，讓聚光點 P 對準矽晶圓 11 的內部，以產生多光子吸收的條件來照射雷射光 L，藉由載置台的移動，通過相鄰接的機能元件 15，15 間，讓聚光點 P 分別沿著設定成格子狀的切斷預定線 5（參照第 14 圖的虛線）進行掃描。

藉此，對一條切斷預定線 5，形成沿著切斷預定線 5 的一列改性區域 7，並且讓沿著切斷預定線 5 的裂縫 24，自改性區域 7 起，產生在加工對象物 1 的表面 3。再者，改性區域 7 雖為融解處理區域，但也有混合裂痕的情形。

在此，針對雷射加工裝置 50 做說明。如第 17 圖所示，雷射加工裝置 50 具備有：射出雷射光 L 的雷射頭（雷射光源）52；和讓射出的雷射光 L 的光束徑予以擴張的雷

(15)

射整形光學系 53；和位於被擴張的雷射光 L 之光軸上，且形成朝向平行於切斷預定線 5 之方向延伸的細縫 54 的一對刀口（可變手段）55。進而，雷射加工裝置 50 具備有：讓通過細縫 54 的雷射光 L 予以聚光的物鏡（聚光用透鏡）56；和爲了讓聚光點對準於深度自加工對象物 1 之表面 3 起爲一定位置，使物鏡 56 上下動作的壓電元件 57。再者，例如藉由雷射整形光學系 53 被擴張的雷射光 L 的光束徑爲 5mm，細縫 54 的寬度爲 1mm，物鏡 56 的入射光瞳之瞳徑爲 2.7mm。

藉此，聚光點 P 的雷射光 L 之斷面形狀（垂直於光軸的斷面形狀），乃如第 18 圖（a）所示，爲垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀。又，聚光點 P 的雷射光 L 之強度分布，乃如第 18 圖（b）所示，成爲朝垂直於切斷預定線 5 的方向，切過高斯分布之兩側的下擺部之分布。再者，由於刀口 55，可對著雷射光 L 的光軸，朝水平方向進退，因此改變細縫 54 的寬度，就能改變垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度。

形成改性區域 7，並且產生裂縫 24 之後，如第 19 圖所示，讓擴張膠帶 23 擴張開，以改性區域 7 爲起點，讓裂縫 24 也到達加工對象物 1 的背面 21，將矽晶圓 11 及機能元件層 16 沿著切斷預定線 5 切斷，並且使得被切斷所得到的各半導體晶片 25 互相分離。

如以上說明，在上述雷射加工方法中，將聚光點 P 的

(16)

雷射光 L 的斷面形狀形成，垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀。因此，形成在矽晶圓 11 之內部的改性區域 7 的形狀，由雷射光 L 之入射方向觀看的話，為垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀。具有此種形狀的改性區域 7，形成在加工對象物 1 之內部的話，在以改性區域 7 為切斷的起點，來切斷加工對象物 1 之際，可抑制切斷面出現扭梳紋，就能提昇切斷面的平坦度。

又，如上述，改性區域 7 的形狀，由雷射光 L 的入射方向觀看的話，因垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀，故針對自改性區域 7 起，在加工對象物 1 之表面 3 產生的裂縫 24，會抑制扭梳紋的出現。因而，能抑制裂縫 24 蛇行，或者裂痕狀行進，使裂縫 24 大致直線行進，此時也有助於以改性區域 7 為切斷的起點，來切斷加工對象物 1 之際，提昇切斷面的平坦度。

又，加工對象物 1 的厚度為 $50\mu\text{m}$ ，比較薄的情形下，讓沿著切斷預定線 5 的裂縫 24，自改性區域 7 起，產生在加工對象物 1 的表面 3，就能以改性區域 7 為切斷的起點，確實的將加工對象物 1（即，沒有切剩的）切斷成半導體晶片 25。

進而，雷射光 L，連在加工對象物 1 的表面 3，也具有垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度，比平行於切斷

(17)

預定線 5 之方向的最大長度還短的形狀。因此，即使機能元件 15 為熱度較弱的情形下，都能將相鄰接的機能元件 15，15 間の間隔變窄，由一片加工對象物 1 得到更多的半導體晶片 25。

本發明並不限於上述的實施形態。

例如，對一條切斷預定線 5，形成在加工對象物 1 之內部的改性區域 7 的列數，是因應於加工對象物 1 之厚度等而變化，不限於一列。又，讓沿著切斷預定線 5 的裂縫 24，自改性區域 7 起，產生在加工對象物 1 的表面 3，形成在改性區域 7 亦可。

對一條切斷預定線 5，形成複數列的改性區域 7 的情形下，照射在聚光點具有，垂直於切斷預定線 5 之方向的最大長度（以下稱「垂直方向長度」），比平行於切斷預定線 5 之方向的最大長度（以下稱「平行方向長度」）還短的斷面形狀的雷射光 L，藉此形成所有的改性區域 7 亦可。但，位置形成在自加工對象物 1 之雷射光入射面起較深的改性區域 7，比起位置形成在較淺的改性區域 7，由於雷射光 L 的能量，會因在加工對象物 1 內受到雷射光 L 之聚光率的影響而下降，因此有未適當之分斷作用的情形。於是，希望在將改性區域 7 形成在自加工對象物 1 之雷射光入射面起較淺的位置之際，照射具有垂直方向長度比平行方向長度還短的斷面形狀的雷射光 L，且在將改性區域 7 形成在自加工對象物 1 之雷射光入射面起較深的位置之際，比起將改性區域 7 形成在較淺的位置之際，照射具

(18)

有垂直方向長度較長的斷面形狀的雷射光 L。

又，對一條切斷預定線 5，形成複數列的改性區域 7 的情形下，照射具有垂直方向長度比平行方向長度還短的斷面形狀的雷射光（以下稱「整形雷射光」），藉此，自加工對象物 1 的雷射光入射面起，形成第 1 列及第 2 列的改性區域 7 的至少一方，且照射具有垂直方向長度與平行方向長度大致相等的斷面形狀的雷射光（以下稱「非整形雷射光」），藉此形成剩下的改性區域 7 亦可。像這樣，自加工對象物 1 的雷射光入射面起，藉由整形雷射光形成第 1 列及第 2 列的改性區域 7 的至少一方，就能以改性區域 7 為切斷的起點，在切斷加工對象物 1 之際，提昇雷射光入射面的切斷品質。再者，整形雷射光與非整形雷射光的切換，於上述的雷射加工裝置 50 中，如以下進行。即，使刀口 55 相對於雷射光 L 的光軸前進，將細縫 54 的寬度變窄，得到整形雷射光。另一方面，使刀口 55 相對於雷射光 L 的光軸後退，將細縫 54 的寬度變寬，得到非整形雷射光。

第 20 圖是對一條切斷預定線 5 形成有 5 列改性區域 $7_1 \sim 7_5$ 的加工對象物 1 的部分剖面圖，（a）是自加工對象物 1 的背面 21，藉由整形雷射光的照射，形成第 1 列及第 2 列的改性區域 $7_4, 7_5$ ，且藉由非整形雷射光的照射，形成剩下的改性區域 $7_1 \sim 7_3$ 之情形，（b）是自加工對象物 1 的背面 21，藉由整形雷射光的照射，形成第 2 列的改性區域 7_4 ，且藉由非整形雷射光的照射，形成剩下

(19)

的改性區域 $7_1 \sim 7_3$ ， 7_5 之情形，（c）是自加工對象物 1 的背面 21，藉由整形雷射光的照射，形成第 1 列的改性區域 7_5 ，且藉由非整形雷射光的照射，形成剩下的改性區域 $7_1 \sim 7_4$ 之情形。再者，雖然第 20 圖（a）的情形，是對於在背面 21 沿著切斷預定線 5 產生較深的裂縫很有效，第 20 圖（b）的情形，對於在背面 21 沿著切斷預定線 5 產生較淺的裂縫很有效，但其目的不一定要產生裂縫。

又，上述實施形態雖是以加工對象物 1 的表面 3 為雷射光入射面的情形，但也可以加工對象物 1 的背面 21 為雷射光入射面。進而，上述實施形態雖是在切斷預定線 5 上存在著機能元件層 16 的情形，但在切斷預定線 5 上不存在機能元件層 16，以露出矽晶圓 11 之表面 11a 的狀態，以矽晶圓 11 的表面 11a 為雷射光入射面亦可。

[產業上的可利用性]

藉由本發明，就能以改性區域為切斷的起點，來切斷加工對象物之際，提昇切斷面的平坦度。

【圖式簡單說明】

[第 1 圖]藉由有關本實施形態的雷射加工方法的雷射加工中的加工對象物的平面圖。

[第 2 圖]沿著第 1 圖所示的加工對象物的 II-II 線的剖面圖。

(20)

[第 3 圖]藉由有關本實施形態的雷射加工方法的雷射加工後的加工對象物的平面圖。

[第 4 圖]沿著第 3 圖所示的加工對象物的 IV-IV 線的剖面圖。

[第 5 圖]沿著第 3 圖所示的加工對象物的 V-V 線的剖面圖。

[第 6 圖]藉由有關本實施形態的雷射加工方法所切斷的加工對象物的平面圖。

[第 7 圖]表示藉由有關本實施形態的雷射加工方法的電場強度與裂痕點之大小的關係的座標圖。

[第 8 圖]有關本實施形態之雷射加工方法的第 1 工程的加工對象物的剖面圖。

[第 9 圖]有關本實施形態之雷射加工方法的第 2 工程的加工對象物的剖面圖。

[第 10 圖]有關本實施形態之雷射加工方法的第 3 工程的加工對象物的剖面圖。

[第 11 圖]有關本實施形態之雷射加工方法的第 4 工程的加工對象物的剖面圖。

[第 12 圖]表示藉由有關本實施形態之雷射加工方法所切斷的矽晶圓之一部分的斷面照片的圖。

[第 13 圖]表示有關本實施形態之雷射加工方法的雷射光之波長與矽基板之內部的穿透率之關係的座標圖。

[第 14 圖]本實施形態之雷射加工方法的加工對象物的平面圖。

(21)

[第 15 圖]沿著第 14 圖所示的加工對象物之 XV-XV 線的部分剖面圖。

[第 16 圖]表示在第 14 圖所示的加工對象物之背面，張貼擴張膠帶之狀態的部分剖面圖。

[第 17 圖]表示對第 14 圖第示的加工對象物，照射雷射光之狀態的部分剖面圖。

[第 18 圖]表示聚光點的雷射光之狀態的圖，(a)是聚光點的雷射光之斷面形狀，(b)是聚光點的雷射光之強度分布。

[第 19 圖]表示使張貼在第 14 圖所示的加工對象物之背面的擴張膠帶擴張之狀態的部分剖面圖。

[第 20 圖]對一條切斷預定線形成有 5 列改性區域的加工對象物的部分剖面圖，(a)是自加工對象物的背面，藉由整形雷射光的照射，形成第 1 列及第 2 列的改性區域，且藉由非整形雷射光的照射，形成剩下的改性區域之情形，(b)是自加工對象物的背面，藉由整形雷射光的照射，形成第 2 列的改性區域，且藉由非整形雷射光的照射，形成剩下的改性區域之情形，(c)是自加工對象物的背面，藉由整形雷射光的照射，形成第 1 列的改性區域，且藉由非整形雷射光的照射，形成剩下的改性區域之情形。

【主要元件符號說明】

1：加工對象物

(22)

3：表面（雷射光入射面）

5：切斷預定線

7：改性區域

11：矽晶圓（半導體基板）

13：融解處理區域

24：裂縫

50：雷射加工裝置

52：雷射頭（雷射光源）

55：刀口（可變手段）

56：物鏡（聚光用透鏡）

L：雷射光

P：聚光點

十、申請專利範圍

1. 一種雷射加工方法，是藉由使聚光點對準加工對象物的內部，來照射雷射光，且沿著前述加工對象物的切斷預定線，將成為切斷之起點的改性區域，形成在前述加工對象物之內部的雷射加工方法，其特徵為：

照射在聚光點具有垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度，比平行於前述切斷預定線之方向的最大長度還短的斷面形狀的特定之雷射光，藉此形成特定的改性區域，

在對一條前述切斷預定線，形成複數列的前述改性區域的情形下，照射前述特定的雷射光，藉此自前述加工對象物的雷射光入射面起，在淺位置形成前述特定之改性區域之際，照射在前述聚光點具有垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度，比平行於前述切斷預定線之方向的最大長度還短的斷面形狀的前述特定之雷射光，自前述雷射光入射面起，在深位置形成前述特定之改性區域之際，照射在前述聚光點具有比在淺位置形成前述特定之改性區域之際，垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度還長的斷面形狀的前述特定之雷射光。

2. 一種雷射加工方法，是藉由使聚光點對準加工對象物的內部，來照射雷射光，且前述沿著加工對象物的切斷預定線，將成為切斷之起點的改性區域，形成在前述加工對象物之內部的雷射加工方法，其特徵為：

照射在聚光點具有垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度，比平行於前述切斷預定線之方向的最大長度還短

的斷面形狀的特定之雷射光，藉此形成特定的改性區域，

在對一條前述切斷預定線，形成複數列的前述改性區域的情形下，照射前述特定的雷射光，藉此自前述加工對象物的雷射光入射面起，在淺位置形成前述特定之改性區域之際，照射在前述聚光點具有垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度，比平行於前述切斷預定線之方向的最大長度還短的斷面形狀的前述特定之雷射光，自前述雷射光入射面起，在深位置形成前述特定之改性區域之際，照射在前述聚光點具有比在淺位置形成前述特定之改性區域之際，垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度還長的斷面形狀的前述特定之雷射光。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載的雷射加工方法，其中，

形成前述特定的改性區域，藉此自前述特定的改性區域起，在前述加工對象物的雷射光入射面，產生沿著前述切斷預定線的裂縫。

4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載的雷射加工方法，其中，

在將前述改性區域形成在前述加工對象物的內部之後，以前述改性區域為切斷的起點，且沿著前述切斷預定線，來切斷前述加工對象物。

5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載的雷射加工方法，其中，

前述加工對象物具備半導體基板，前述改性區域包含

融解處理區域。

6. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載的雷射加工方法，其中，

前述聚光點的前述特定的雷射光的強度分布，是成為在垂直於前述切斷預定線之方向，高斯（Gaussian）分布的兩側下端部被切斷的分布。

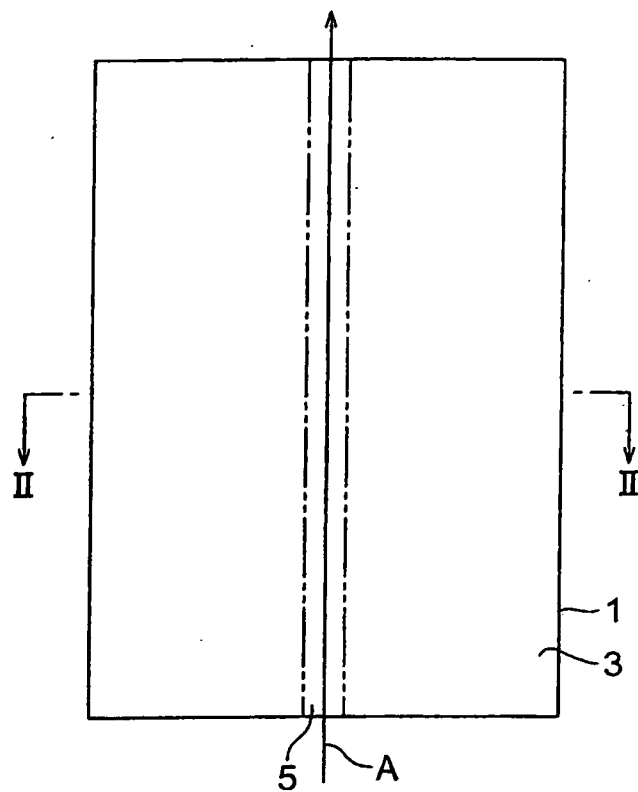
7. 一種雷射加工裝置，是藉由使聚光點對準加工對象物的內部，來照射雷射光，且沿著前述加工對象物的切斷預定線，將成為切斷之起點的改性區域，形成在前述加工對象物之內部的雷射加工裝置，其特徵為具備：

射出前述雷射光的雷射光源；和

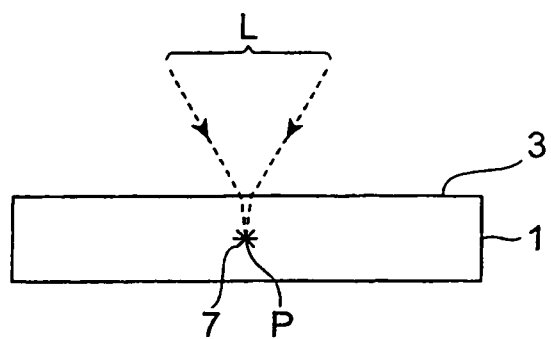
將從前述雷射光源射出的前述雷射光，聚光在前述加工對象物之內部的聚光用透鏡；和

針對前述聚光點之前述雷射光的斷面形狀，可改變垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度的可變手段，

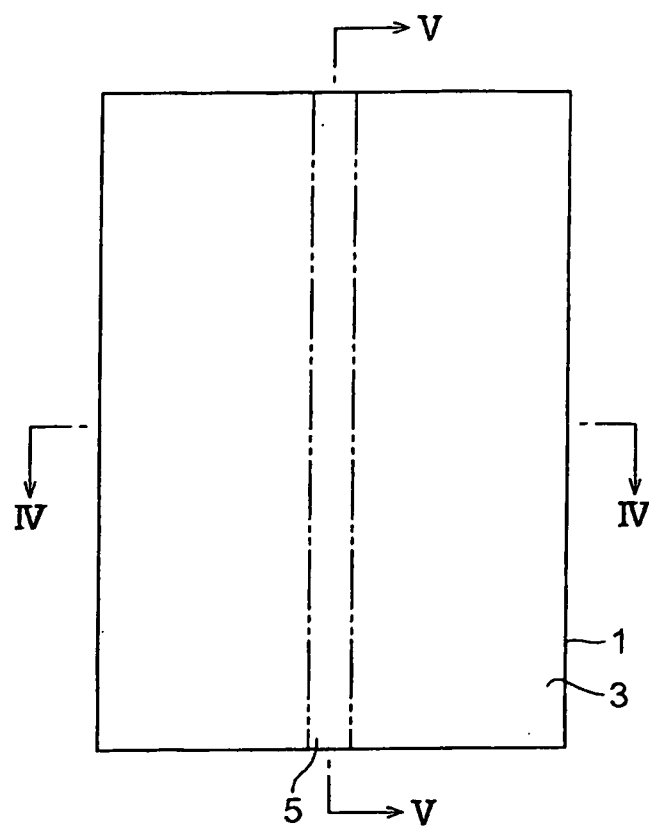
因應加工對象物相距雷射光入射面之深度，前述雷射光是藉由前述可變手段切換而成為，前述聚光點具有，垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度，比平行於前述切斷預定線之方向的最大長度還短的斷面形狀的前述雷射光，及前述聚光點具有，垂直於前述切斷預定線之方向的最大長度，比平行於前述切斷預定線之方向的最大長度大約相等的斷面形狀的前述雷射光。



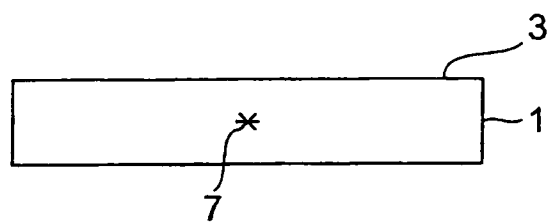
第1圖



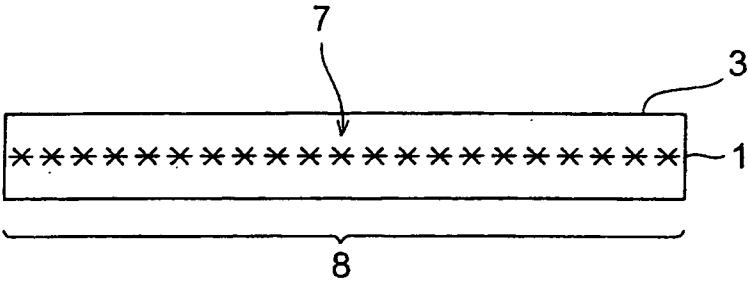
第2圖



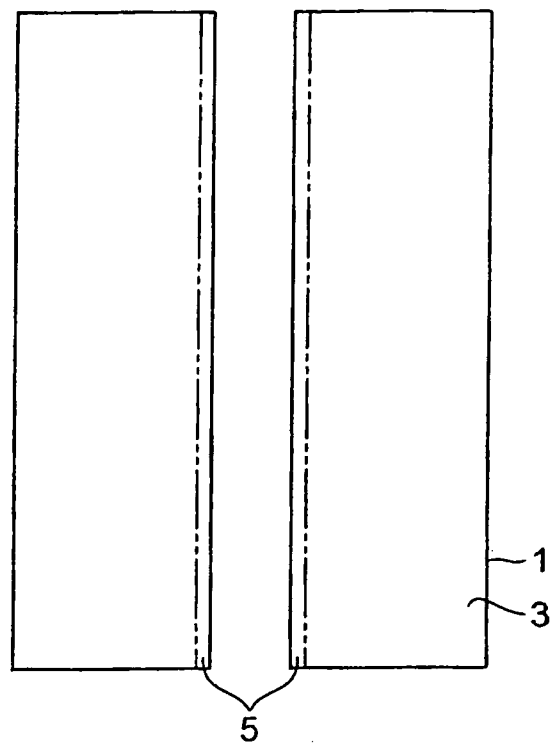
第3圖



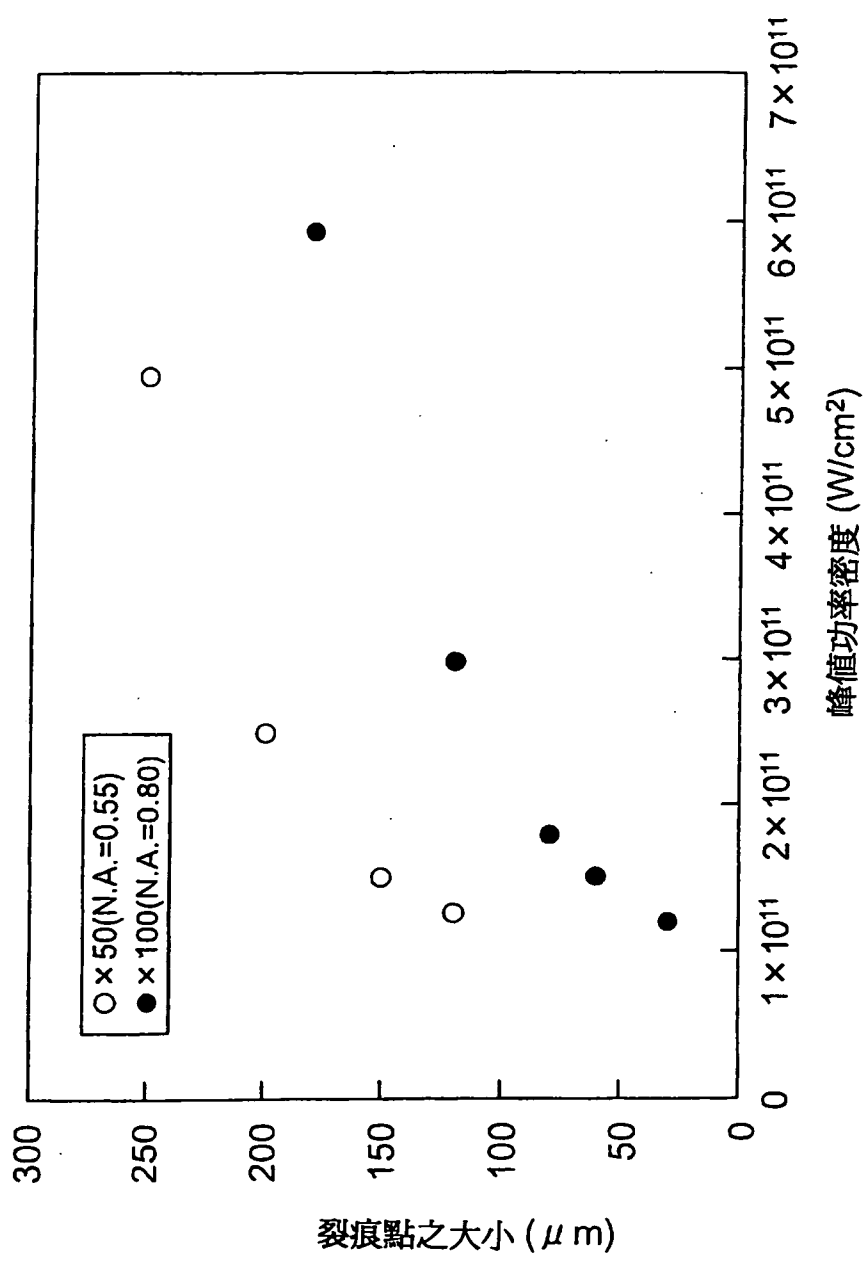
第4圖



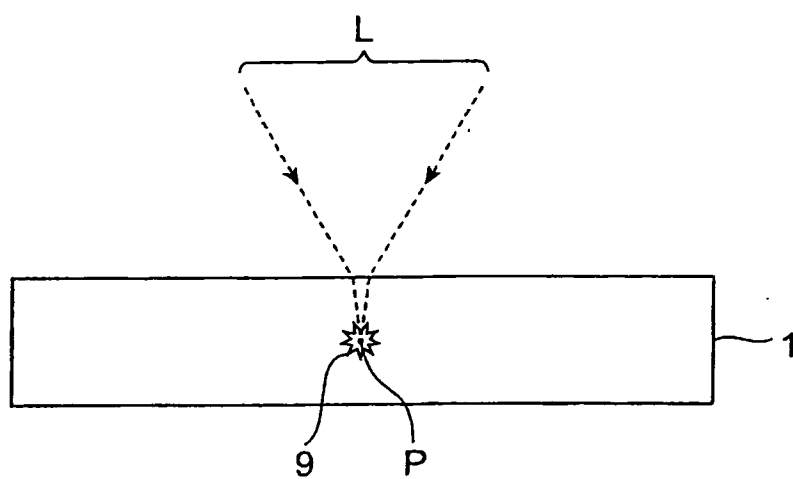
第5圖



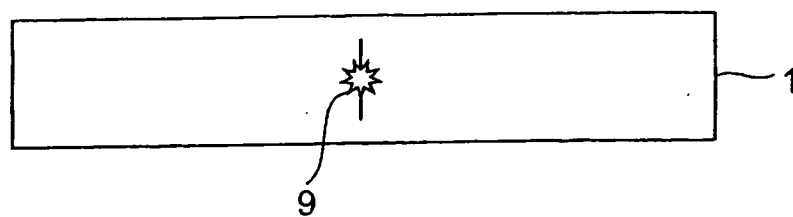
第6圖



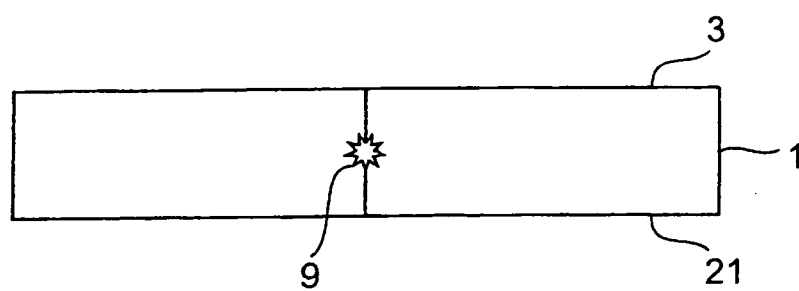
第7圖



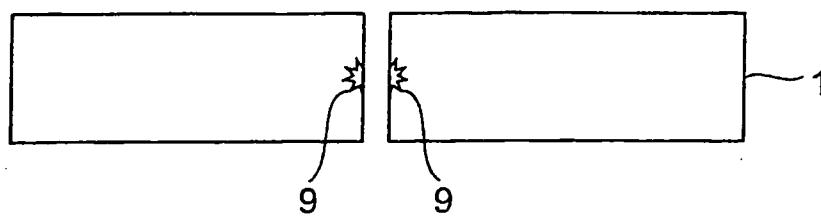
第8圖



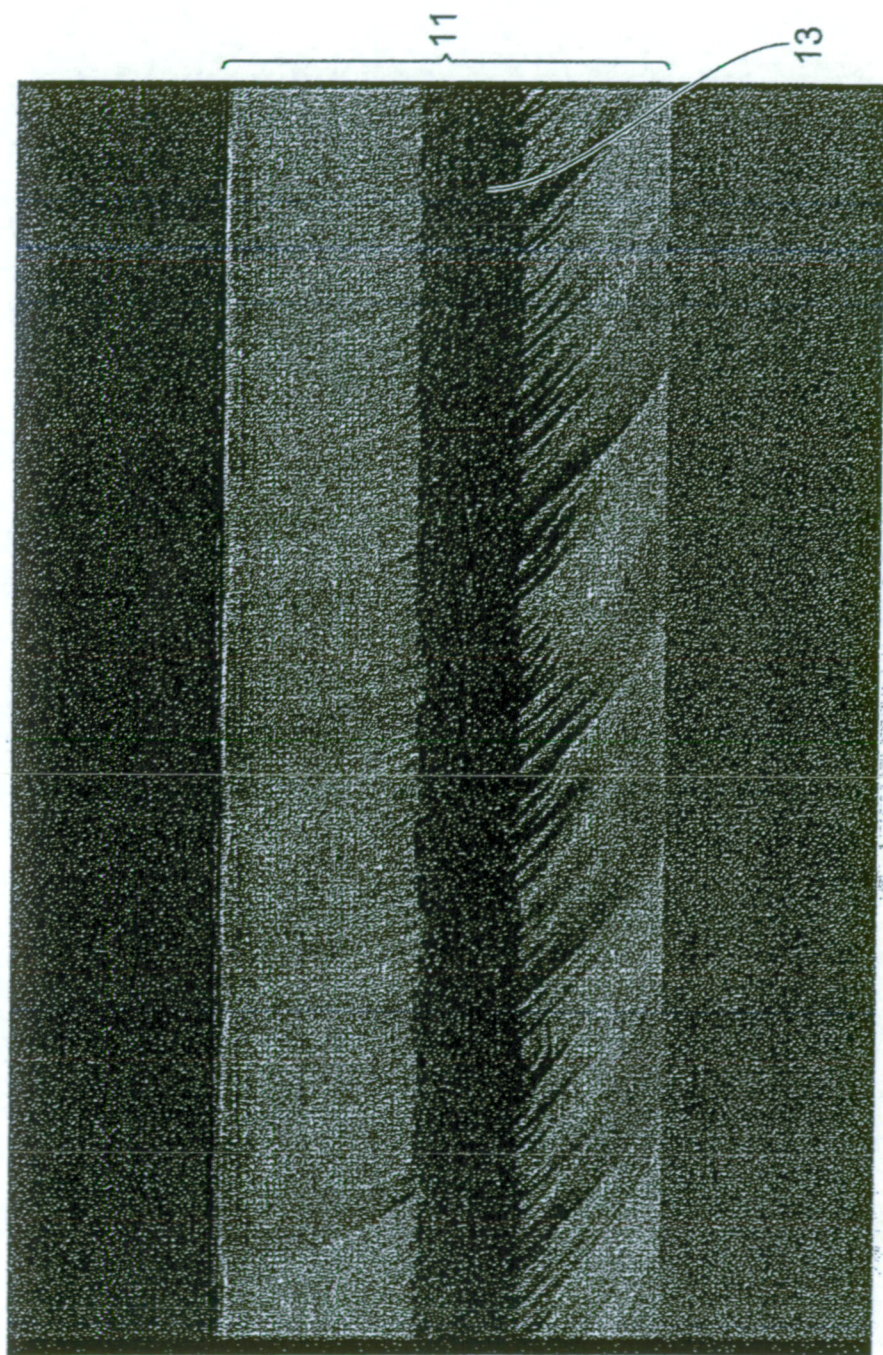
第9圖



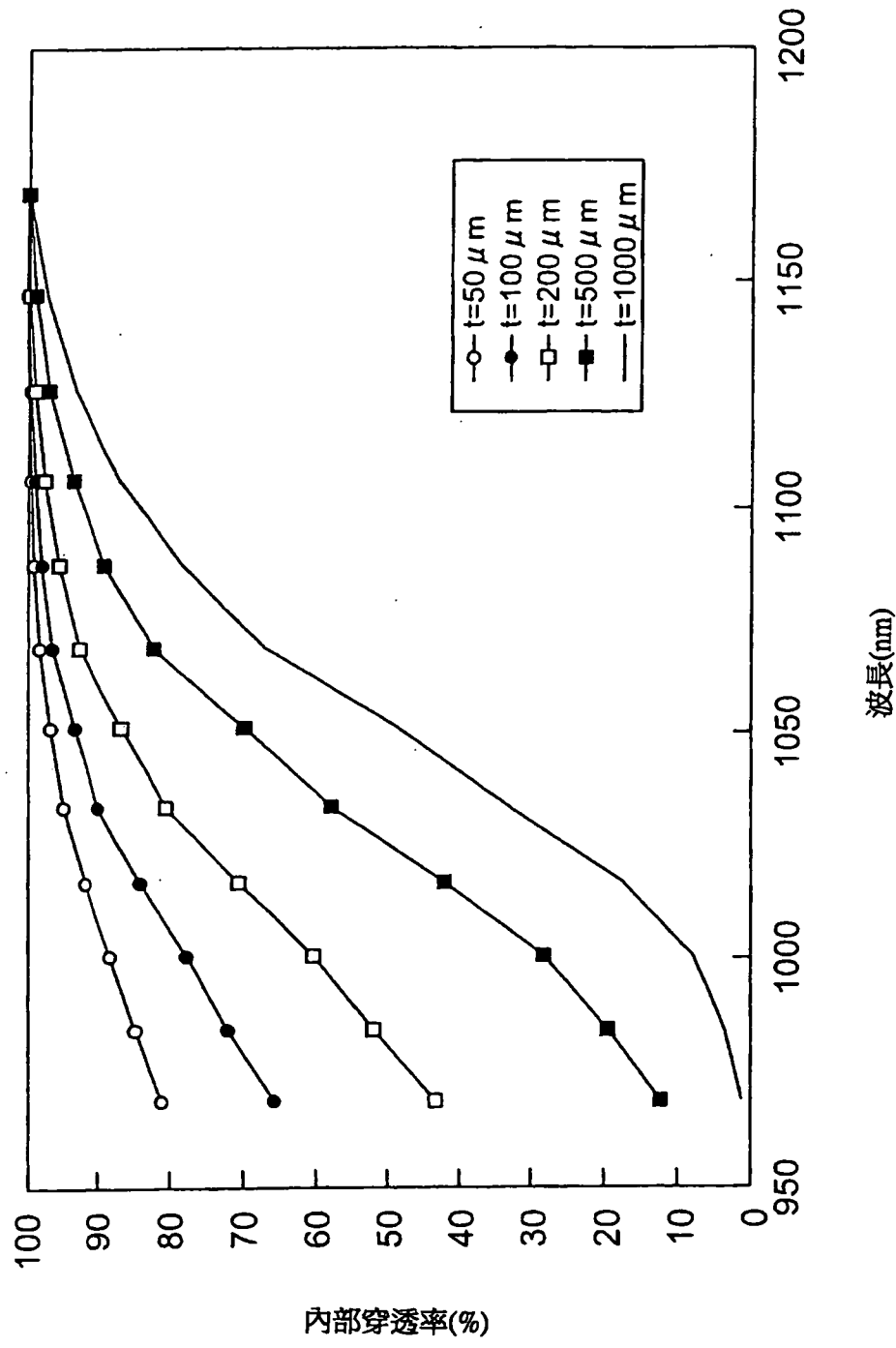
第10圖



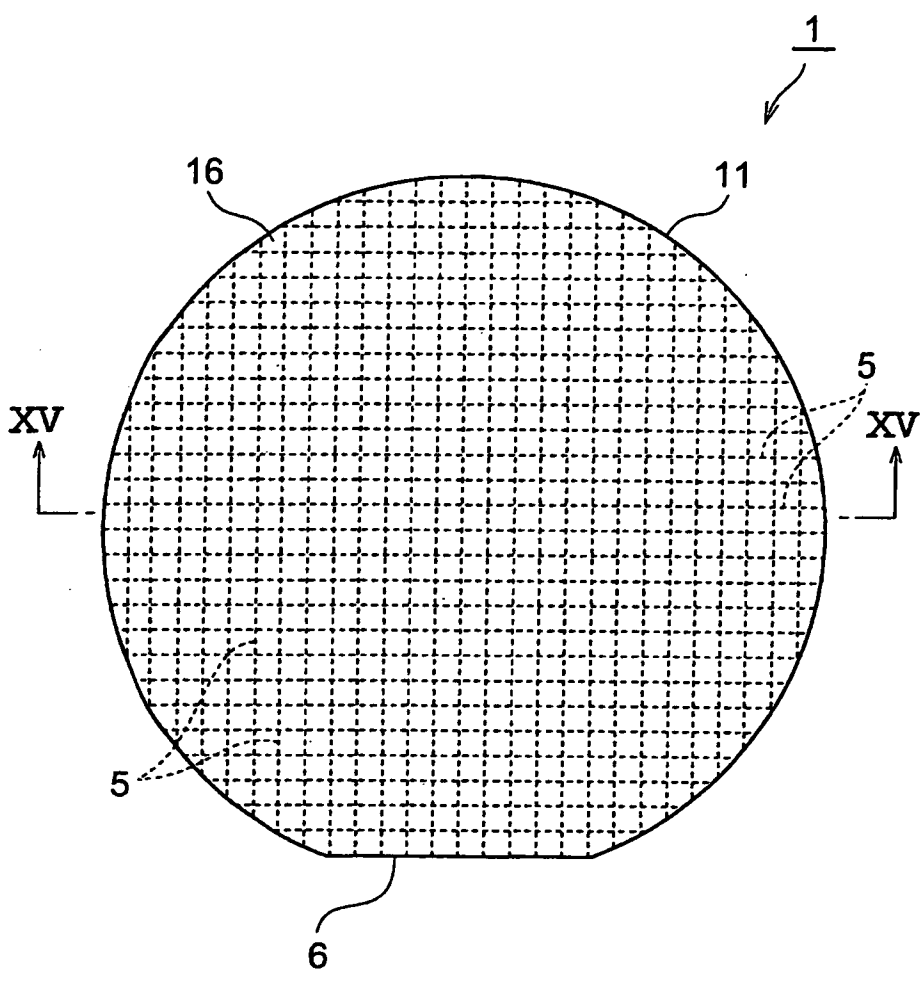
第11圖



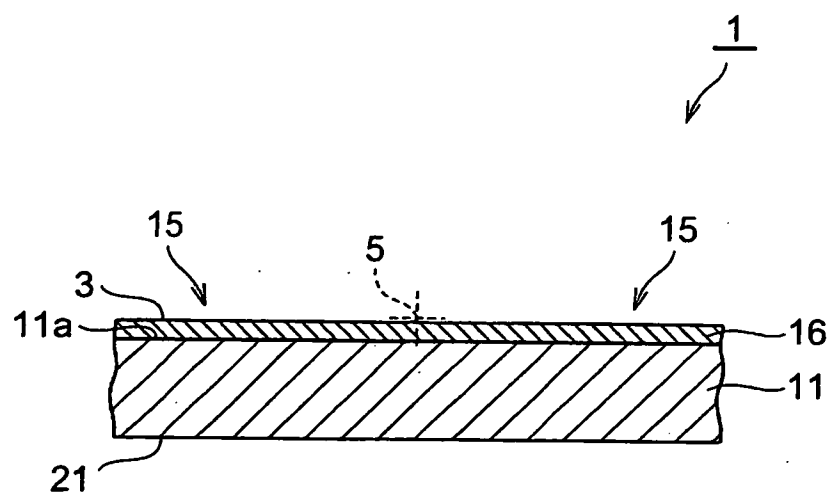
第12圖



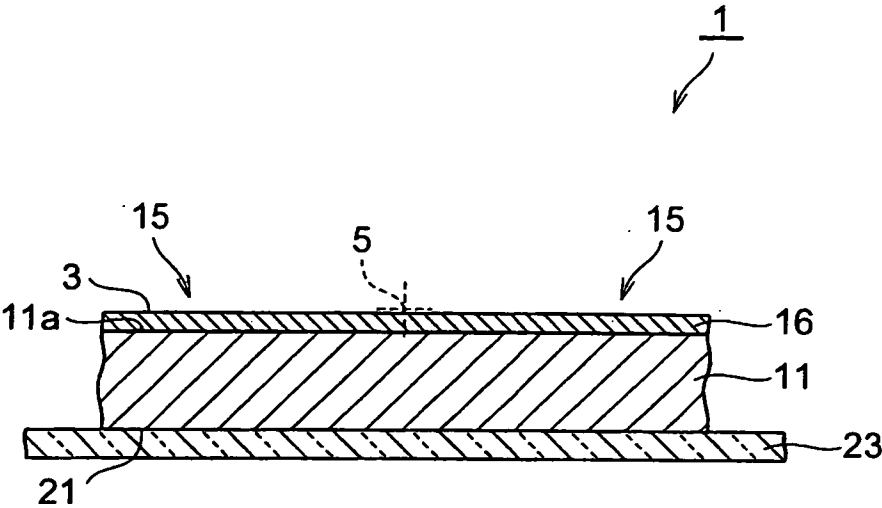
第13圖



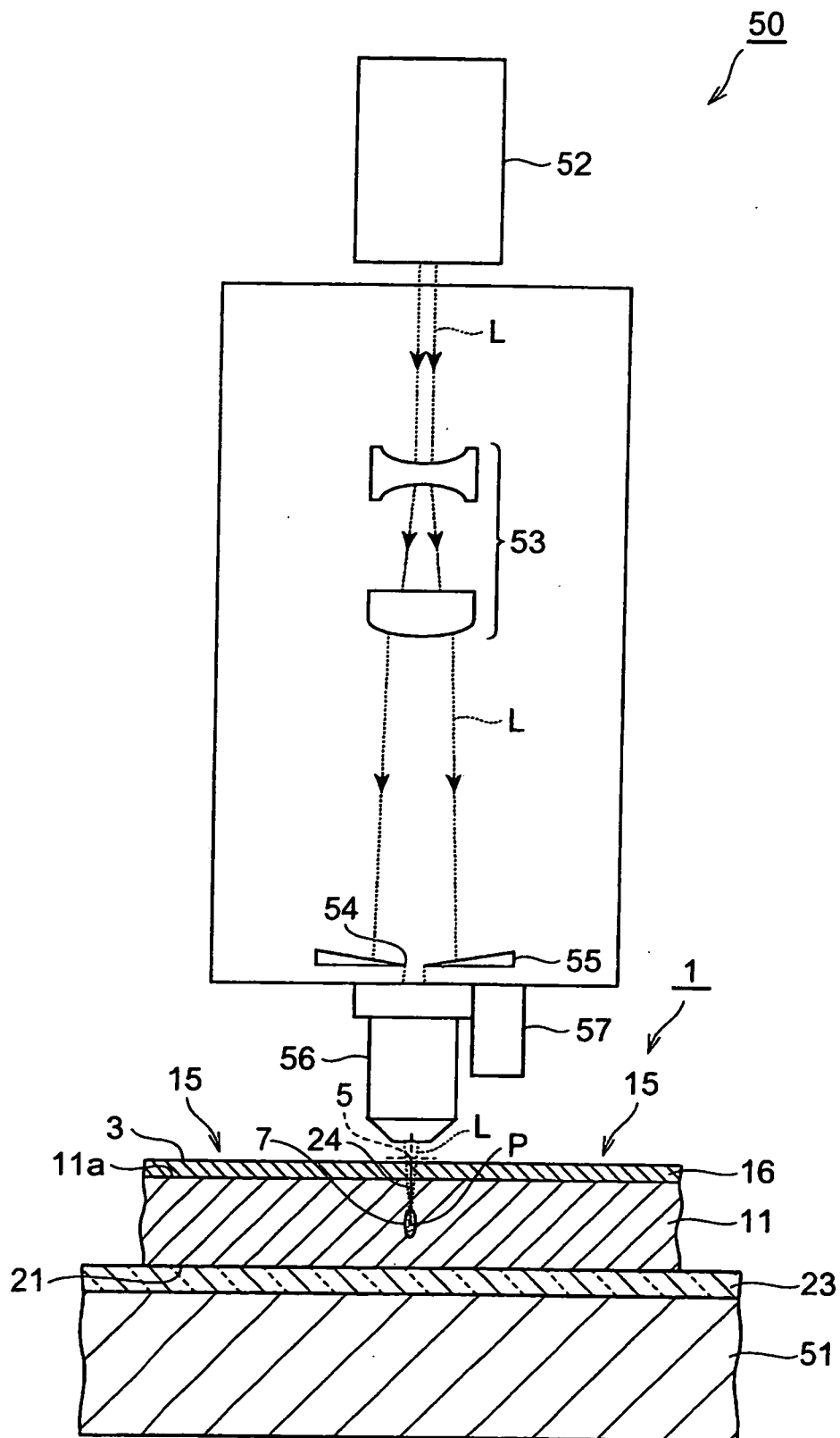
第14圖



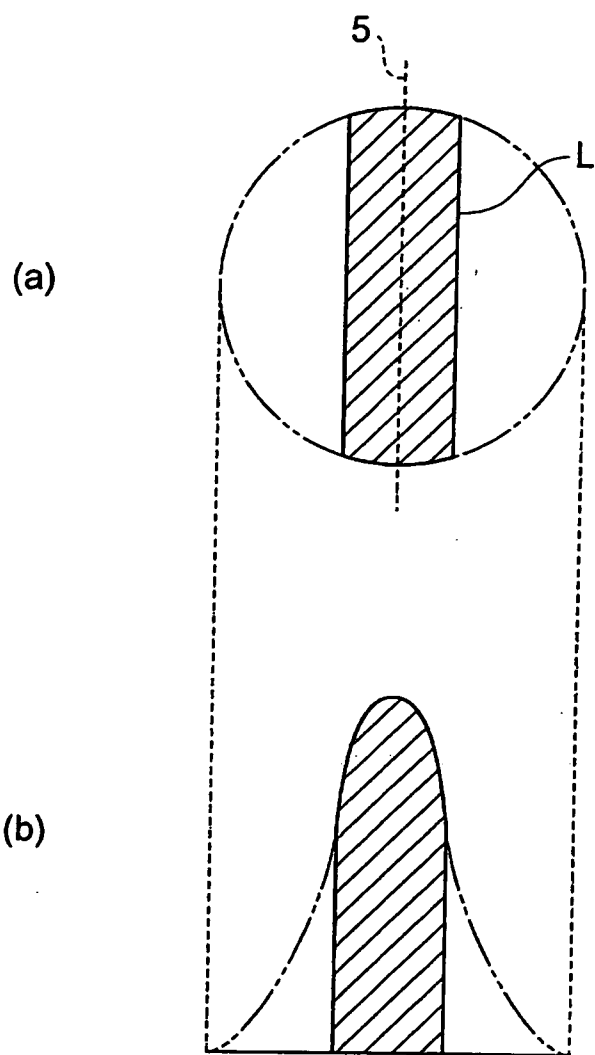
第15圖



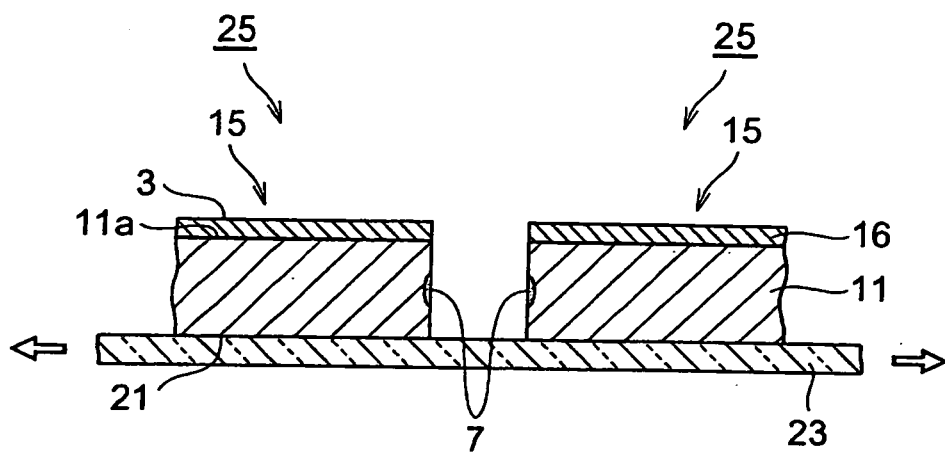
第16圖



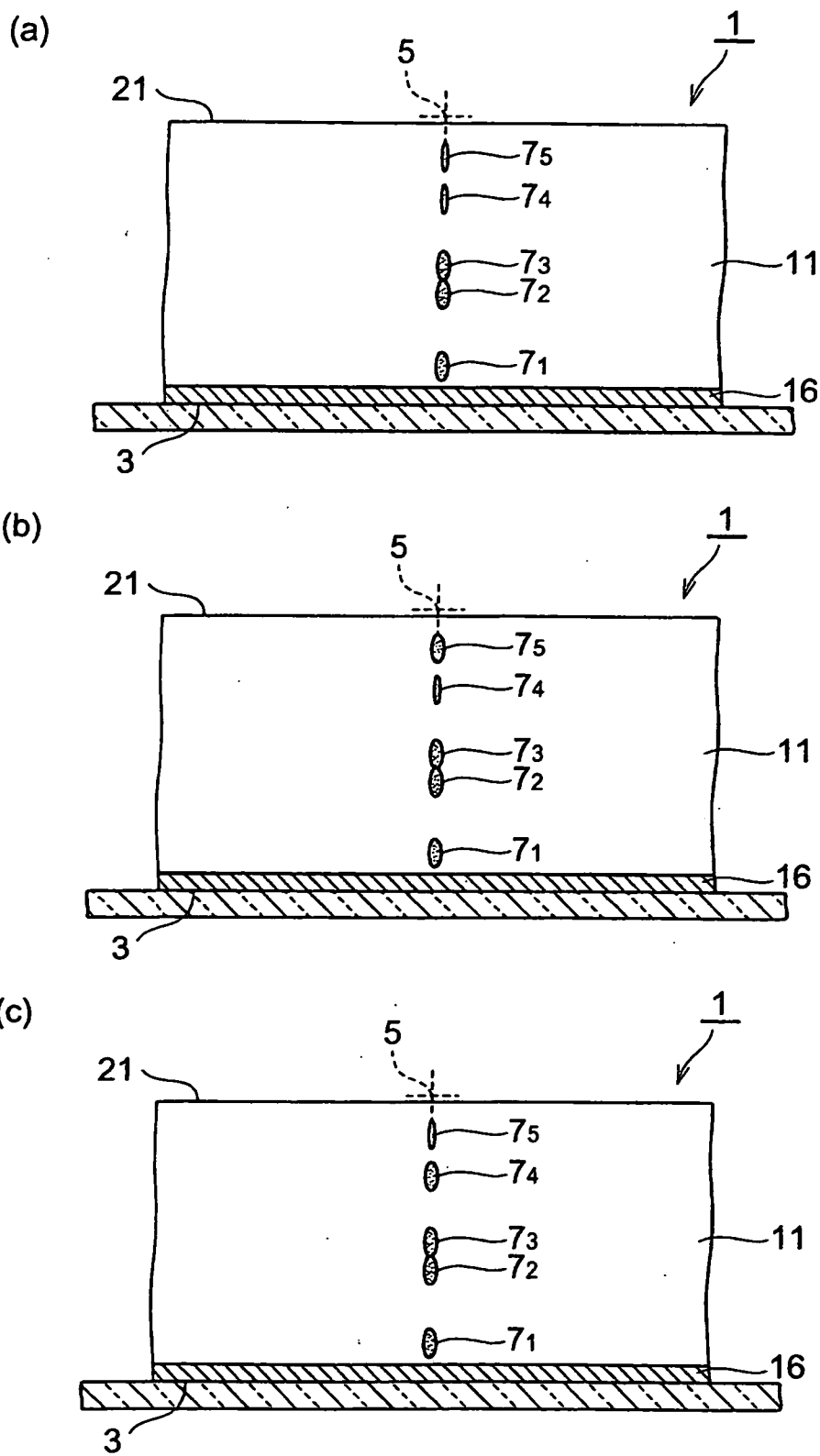
第17圖



第18圖



第19圖



第20圖