

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

係第 1-32 頁

公告本

發明專利說明書

(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：096123106

※申請日期：96 年 06 月 26 日

※IPC 分類：
H01L 21/301 (2006.01)
B23K 26/00 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 雷射加工方法
(英)

●、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東區市野町一一二六番地之一
(英) 1126-1, Ichino-cho, Higashi-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka
435-8558 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

● 姓名：(中) 坂本剛志
(英) SAKAMOTO, TAKESHI

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 ; 2006/07/03 ; 2006-183476 有主張優先權

五、中文發明摘要

發明之名稱：雷射加工方法

抑制雷射加工時加工對象物之彎曲。在矽晶圓 11 之內部形成改質區域 M2，由改質區域 M2 產生沿著和矽晶圓 11 之厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的傾斜方向延伸的裂痕 a2、b2。在矽晶圓 11 之內部形成改質區域 M3，以連結於裂痕 b2 的方式，由改質區域 M3 之產生沿著和矽晶圓 11 之厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的傾斜方向延伸的裂痕 a3。亦即，以連結裂痕 a2、a3、b2 的方式產生。因此，雷射加工時，藉由彼等裂痕，挾持矽晶圓 11 之切斷預定線 5 的兩側部分分別咬合，可以減輕因改質區域之形成而在和矽晶圓 11 之厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的垂直方向所產生的內部應力。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

七、指定代表圖

- (一)、本案指定代表圖為：第 (16) 圖
- (二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

1：加工對象物
5：切斷預定線
11：矽晶圓
11a：表面
15：功能性元件
16：功能性元件層
21：背面
a1~a3、b1~b3：裂痕
M1~M3：改質區域

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明關於使板狀加工對象物沿著切斷預定線進行切斷的雷射加工方法。

【先前技術】

習知揭示之雷射加工方法有，在板狀加工對象物內部調整聚光點照射雷射光，沿著加工對象物之切斷預定線，使成為切斷起點之改質區域於加工對象物之內部被形成（參照例如專利文獻 1）。

專利文獻 1：特開 2005-129851 號公報

【發明內容】

（發明所欲解決之課題）

但是，於上述雷射加工方法，使改質區域於加工對象物之內部被形成時，於雷射加工時會產生以下問題。亦即，於加工對象物之內部形成改質區域時，在和加工對象物之厚度方向平行、而且相對於包含切斷預定線之面之垂直方向會產生內部應力，於加工對象物有可能產生彎曲。該加工對象物之彎曲程度，例如製造分離元件等極小晶片時，或者對 1 條切斷預定線形成多數列改質區域時特別顯著。結果有可能產生以下問題：例如加工對象物之表面變位，自雷射加工裝置所搭載之用於控制雷射光聚光點位置的自動聚焦功能之從動可能區域偏離，加工對象物之切斷不

符合原來意圖等不良情況下。

本發明目的在於提供一種，雷射加工時可抑制加工對象物之彎曲的雷射加工方法。

(用以解決課題的手段)

1、一種雷射加工方法，係在板狀加工對象物之內部調整聚光點照射雷射光，而沿著上述加工對象物之切斷預定線，使成為切斷起點之改質區域形成於上述加工對象物之內部者；其特徵為包含：於上述加工對象物之內部形成第 1 改質區域，由上述第 1 改質區域產生第 1 裂痕的工程，該第 1 裂痕為朝向平行於上述加工對象物之厚度方向而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸者；及於上述加工對象物之內部形成上述第 2 改質區域，以和上述第 1 裂痕連結的方式由上述第 2 改質區域產生第 2 裂痕的工程，該第 2 裂痕為朝向平行於上述加工對象物之厚度方向而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸者。

於該雷射加工方法，係在加工對象物之內部調整聚光點照射雷射光，沿著上述加工對象物之切斷預定線，使成為切斷起點之第 1 改質區域及第 2 改質區域形成於上述加工對象物之內部。如此而在與平行於加工對象物之厚度方向而且包含切斷預定線之面呈傾斜的方向，產生自第 1 改質區域延伸之第 1 裂痕之同時，在與加工對象物之厚度方向平行而且包含切斷預定線之面呈傾斜的方向，產生自第 2 改質區域延伸之第 2 裂痕，第 1 裂痕與第 2 裂痕成為連

結。亦即，雷射加工時，挾持加工對象物之切斷預定線的兩側部分分別被咬合。如此則，可以減少因為改質區域形成而產生之在和加工對象物之厚度方向平行而且包含切斷預定線之面的垂直方向之內部應力。結果，可抑制雷射加工時加工對象物之彎曲。

其中，較好是包含：在上述加工對象物之內部調整聚光點照射雷射光，而沿著上述切斷預定線，使成為切斷起點之第 3 改質區域形成於上述加工對象物之內部，由上述第 3 改質區域產生第 3 裂痕的工程，該第 3 裂痕為朝向平行於上述加工對象物之厚度方向而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸者；於形成上述第 2 改質區域之同時產生第 2 裂痕的工程中，係以和上述第 3 裂痕連結的方式由上述第 2 改質區域產生上述第 2 裂痕。

此情況下，於雷射加工時，使朝向平行於上述加工對象物之厚度方向而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸之第 3 裂痕自第 3 改質區域產生，使第 2 裂痕與第 3 裂痕成為連結。亦即，雷射加工時，藉由第 1 裂痕、第 2 裂痕及第 3 裂痕，使挾持加工對象物之切斷預定線的兩側部分分別被咬合。如此則，因為改質區域形成而產生之在和加工對象物之厚度方向平行而且包含切斷預定線之面的垂直方向之內部應力可以更進一步減少。結果，更能抑制雷射加工時加工對象物之彎曲。又，形成第 1 改質區域之同時產生第 1 裂痕之工程，和形成第 3 改質區域之同時產生第 3 裂痕之工程之順序不同。

又，較好是加工對象物為具有劈開面的結晶構造體，該劈開面係朝向平行於加工對象物之厚度方向而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸者。該加工對象物，係沿著平行於其厚度方向而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向容易裂開，因此可形成改質區域而於該方向確實產生裂痕。

又，可設為上述加工對象物具備半導體基板，上述改質區域包含熔融處理區域。

又，較好是包含：以上述改質區域為切斷起點沿著上述切斷預定線切斷上述加工對象物之工程。如此則，加工對象物可沿著切斷預定線於良好精確度下進行切斷。

【實施方式】

以下參照圖面說明本發明較佳實施形態。於本實施形態之雷射加工方法，利用多光子吸收之現象而於加工對象物內部形成改質區域。首先，說明藉由多光子吸收而形成改質區域之雷射加工方法。

相較於材料之吸收能隙 (band gap) E_G ，光子之能量 (energy) $h\nu$ 較小時成為光學透明。因此，材料吸收產生之條件為 $h\nu > E_G$ 。但是，即使於光學透明，在雷射光強度設為極大時於 $nh\nu > E_G$ 之條件 ($n=2、3、4、\dots$) 下產生材料之吸收，該現象稱為多光子吸收。脈波時，雷射光強度由雷射光之聚光點之峰值電力 (peak power) 密度 (W/cm^2) 決定，例如峰值電力密度於 1×10^8 (W/cm^2)

) 以上之條件下產生多光子吸收。峰值電力密度，可由（聚光點之雷射光之相當於 1 脈衝之能量）÷（雷射光之光點斷面積×脈寬）算出。又，連續波時，雷射光強度由雷射光之聚光點之電場強度（ W/cm^2 ）決定。

參照圖 1-6 說明利用多光子吸收之本實施形態之雷射加工方法之原理。如圖 1 所示，於晶圓狀（板狀）加工對象物 1 之表面 3 存在切斷預定線 5 用於切斷加工對象物 1。切斷預定線 5 為直線狀延伸之假想線。於本實施形態之雷射加工方法，如圖 2 所示，在產生多光子吸收之條件下使聚光點 P 調整於加工對象物 1 之內部而進行雷射光照射形成改質區域 7。又，聚光點 P，係指雷射光 L 聚光之處。切斷預定線 5，不限定於直線狀，可為曲線狀。不限定於假想線，可為描繪於加工對象物 1 之實際之線。

使雷射光 L 沿著切斷預定線 5（亦即圖 1 之箭頭 A 之方向）相對移動，而使聚光點 P 沿著切斷預定線 5 移動。如此則，如圖 3-5 所示，改質區域 7 沿著切斷預定線 5 被形成於加工對象物 1 內部，該改質區域 7 成為切斷起點區域 8。切斷起點區域 8 表示，加工對象物 1 被切斷時成為切斷（切割）起點之區域。該切斷起點區域 8，有依改質區域 7 之連續形成而被形成，亦有依改質區域 7 之斷續形成而被形成。

本實施形態之雷射加工方法，於加工對象物 1 之表面 3 幾乎不吸收雷射光 L，加工對象物 1 之表面 3 不會被溶解。

於加工對象物 1 內部形成切斷起點區域 8 時，以該切斷起點區域 8 作為起點容易產生切割，因此如圖 6 所示，可以較小之力量切斷加工對象物 1。因此，於加工對象物 1 之表面 3 不會產生不必要之切割之情況下，可以高精確度地切斷加工對象物 1。

以該切斷起點區域 8 作為起點之加工對象物 1 之切斷時，可考慮以下 2 種方法。其一為，切斷起點區域 8 形成後，藉由人為力量施加於加工對象物 1，而以切斷起點區域 8 為起點使加工對象物 1 被切割，使加工對象物 1 被切斷。此為例如加工對象物 1 之厚度大時之切斷。人為力量之施加，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 施加彎曲應力或切斷應力，對加工對象物 1 供給溫度差而產生熱應力。其二為，藉由形成切斷起點區域 8，以該切斷起點區域 8 作為起點朝加工對象物 1 之斷面方向（厚度方向）自然切割，而使加工對象物 1 被切斷。此為，例如加工對象物 1 之厚度小時，藉由 1 列改質區域 7 可形成切斷起點區域 8，加工對象物 1 之厚度大時，於厚度方向藉由多數列改質區域 7 可形成切斷起點區域 8。又，自然切割時，於切斷處，切割不會先行到達未形成切斷起點區域 8 之部位所對應部分之表面 3 上，僅形成有切斷起點區域 8 部位所對應之部分會被切斷，切斷之控制良好。近年來，矽晶圓等加工對象物 1 之厚度有變薄之傾向，因此此種控制性良好之切斷方法大為有效。

又，本實施形態之雷射加工方法中，改質區域有以下

(1) ~ (3) 之情況。

(1) 改質區域包含 1 或多數裂痕 (crack) 之裂痕區域時，

於加工對象物 1 (例如玻璃或 LiTaO_3 構成之壓電材料) 內部調整聚光點，於聚光點之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上、且脈寬為 $1 \mu\text{s}$ 以下之條件下照射雷射光。該脈寬之大小為，可產生多光子吸收，且於加工對象物 1 之表面不會產生不必要之損傷，僅於加工對象物 1 之內部形成裂痕區域之條件。依此則，可於加工對象物 1 之內部產生多光子吸收之光學損傷現象。藉由該光學損傷現象而於加工對象物內部誘發熱變形，如此則，可於加工對象物內部形成裂痕區域。電場強度之上限值例如為 1×10^{12} (W/cm^2)、脈寬較好是例如 $1 \text{ns} \sim 200 \text{ns}$ 。又，藉由多光子吸收形成裂痕區域，被揭示於例如第 45 次雷射熱加工研究會論文集 (1998 年，12 月) 之第 23~28 頁之「藉由固體雷射高頻對玻璃基板內部之標記 (marking)」。

本發明人藉由實驗算出電場強度與裂痕大小之關係。實驗條件如下：

(A) 加工對象物：Pyrex (派熱克斯 (登記商標)) 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) 聚光透鏡

對雷射光波長之透過率：60%

(D) 加工對象物被載置之載置台之移動速度：
100mm/秒

雷射光品質為 TEM00 意味著，聚光性高可以聚光至雷射光波長之程度。

圖 7 為上述實驗結果之圖。橫軸表示峰值電力密度，雷射光為脈衝雷射光，因此電場強度以峰值電力密度表示。縱軸表示介面 1 脈衝之雷射光施加形成於加工對象物內部之裂痕部分（裂點）之大小，裂點聚集成為裂痕區域，裂點之大小為，裂點形狀之中成為最大部分之大小。分布圖中之黑圈表示之資料，表示聚光透鏡（C）之倍率為 100 倍，開口數（NA）為 0.80。分布圖中之白圈表示之資料，表示聚光透鏡（C）之倍率為 50 倍，開口數（NA）為 0.55。自峰值電力密度約 10^{11} (W/cm²) 起於加工對象物內部產生裂點，隨峰值電力密度變大，裂點亦變大。

以下參照圖 8-11 說明藉由裂痕區域之形成對加工對

象物 1 之切斷之機制。如圖 8 所示，在產生多光子吸收之條件下於加工對象物 1 內部調整聚光點照射雷射光 L 沿著切斷預定線於內部形成裂痕區域 9。裂痕區域 9 為包含 1 或多數裂痕之區域。如此形成之裂痕區域 9 成為切斷起點區域。如圖 9 所示，以裂痕區域 9 為起點（亦即以切斷起點區域為起點）裂痕繼續成長，如圖 10 所示，裂痕到達加工對象物 1 之表面 3 與背面 21，如圖 11 所示，加工對象物 1 被切割，加工對象物 1 被切斷。到達加工對象物 1 之表面 3 與背面 21 之裂痕，有自然成長者，也有對加工對象物 1 施加力而成長者。

（2）改質區域為熔融處理區域時，

於加工對象物（例如矽之半導體材料）內部調整聚光點，於聚光點之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上、且脈寬為 $1 \mu s$ 以下之條件下照射雷射光。依此則，加工對象物內部因多光子吸收而被局部加熱。藉由該加熱於加工對象物內部形成熔融處理區域。熔融處理區域為暫時熔融之後再度固化之區域，或熔融狀態之區域，或由熔融狀態再度固化之狀態之區域，亦可為相變化區域或結晶構造變化區域。又，熔融處理區域亦可為，單結晶構造、非晶質構造、多結晶構造之中，某一構造變化為其他構造之區域，亦即，例如由單結晶構造變化為非晶質構造之區域，由單結晶構造變化為多結晶構造之區域，由單結晶構造變化為包含非晶質構造與多結晶構造之區域。加工對象物 1 為單晶矽時，熔融處理區域為例如非晶質矽。電場強度之上限值

爲例如 1×10^{12} (W/cm^2)，脈寬較好是例如 $1ns \sim 200ns$ 。

本發明人藉由實驗確認於矽晶圓（半導體基板）內部形成熔融處理區域。實驗條件如下：

(A) 加工對象物：矽晶圓（厚度 $350\mu m$ ，外徑 4 英寸）

(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： $3.14 \times 10^{-8} cm^2$

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率： $100kHz$

脈寬： $30ns$

輸出： $20 mJ/脈衝$

雷射光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 聚光透鏡

倍率： 50 倍

N.A.： 0.55

對雷射光波長之透過率： 60%

(D) 加工對象物被載置之載置台之移動速度：
 $100mm/秒$

圖 12 爲藉由上述條件之雷射加工切斷之矽晶圓之一部分之斷面照片圖。於矽晶圓 11 之內部形成熔融處理區

域 13。藉由上述條件形成之熔融處理區域 13 之厚度方向尺寸（大小）約為 $100\mu\text{m}$ 。

說明熔融處理區域 13 藉由多光子吸收被形成。圖 13 為雷射光波長與矽基板內部之透過率之關係圖，分別除去矽基板表面側與背面側之反射成份，僅表示內部之透過率，矽基板厚度分別為 $50\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ 、 $1000\mu\text{m}$ 。

例如於 Nd:YAG 雷射之波長 1064nm ，矽基板厚度為 $500\mu\text{m}$ 以下時，於矽基板內部，雷射光有 80% 以上透過。圖 12 所示矽晶圓 11 之厚度為 $350\mu\text{m}$ ，多光子吸收產生之熔融處理區域 13 被形成於矽晶圓 11 之中心附近、亦即表面起 $175\mu\text{m}$ 之部分。此情況下之透過率，參考厚度 $200\mu\text{m}$ 之矽晶圓時為 90% 以上，因此雷射光於矽晶圓 11 內部僅些微被吸收，大部分均透過。此意味著，並非雷射光於矽晶圓 11 內部被吸收，熔融處理區域 13 被形成於矽晶圓 11 內部（亦即藉由雷射光之通常加熱而形成熔融處理區域者，而是藉由多光子吸收形成熔融處理區域。藉由多光子吸收之熔融處理區域之形成，揭示於例如溶接協會全國大會言講概要第 66 集（2000 年 4 月）第 72-73 頁之「 10^{-12} 秒脈衝雷射對矽之加工特性評估」。

又，矽晶圓係以熔融處理區域形成之切斷起點區域作為起點朝斷面方向產生裂痕，藉由該裂痕之到達矽晶圓表面與背面而被切斷。到達矽晶圓表面與背面之裂痕，有自然成長者，也有對矽晶圓施加力而成長者。由切斷起點區

域起裂痕自然成長於矽晶圓表面與背面時包含以下任一情況，亦即包含：形成切斷起點區域之熔融處理區域由熔融狀態成長裂痕之情況，及形成切斷起點區域之熔融處理區域由熔融狀態再度固化時成長裂痕之情況，但是任一情況下，熔融處理區域均僅形成於矽晶圓內部，切斷後之切斷面如圖 12 所示僅於內部形成熔融處理區域。如上述說明，於加工對象物內部藉由熔融處理區域形成切斷起點區域，則切斷時不容易產生偏移切斷起點區域線之不必要之裂痕，切斷控制變為容易，亦即熔融處理區域之形成不僅根據多光子吸收，亦根據其他之吸收作用。

(3) 改質區域為折射率變化區域時

於加工對象物（例如玻璃）內部調整聚光點，於聚光點之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上、且脈寬為 1 ns 以下之條件下照射雷射光。極度縮短脈寬，於加工對象物內部產生多光子吸收，如此則，多光子吸收引起之能不會轉化為熱能，於加工對象物內部誘發離子價數變化、結晶化或分極配向等之永續構造變化而形成折射率變化區域。電場強度之上限值為例如 1×10^{12} (W/cm^2)，脈寬較好是例如 1 ns 以下，更好為 1 ps 以下。藉由多光子吸收引起之折射率變化區域之形成，被揭示於例如第 42 次雷射熱加工研究會論文集（1997 年 11 月）第 105 頁~111 頁之「 10^{-15} 秒雷射照射對玻璃內部之光誘發構造形成」。

以上以 (1) ~ (3) 之情況說明改質區域，但只要考慮晶圓形狀加工對象物之結晶構造或其之劈開性而如下形

成切斷起點區域，以該切斷起點區域為起點可以更小之力、而且可以良好精確度切斷加工對象物。

亦即，矽等鑽石構造之單晶半導體構成之基板之情況下，較好是在沿著(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。GaAs等之閃鋅礦型構造之III-V族化合物半導體構成之基板之情況下，較好是在沿著(110)面之方向形成切斷起點區域。又，具有藍寶石(Al_2O_3)等六方晶系結晶構造之基板之情況下，較好是以(0001)面為主面，在沿著(1120)面(A面)或(1100)面(M面)之方向形成切斷起點區域。

又，沿著應形成上述切斷起點區域之方向(例如單晶矽基板之沿著(111)面之方向)、或和應形成切斷起點區域之方向正交之方向，於基板形成定位平面，以該定位平面為基準，則可以容易、且正確於基板形成，沿著應形成切斷起點區域之方向的切斷起點區域。

以下說明本發明較佳實施形態。

(第1實施形態)

如圖14、15所示，加工對象物1具備：直徑6英吋、厚度 $132\mu m$ 之矽晶圓11，及包含多數功能性元件15而形成於矽晶圓11之表面11a的功能性元件層16。矽晶圓11為具有在和其厚度方向 t (以下單稱為「厚度方向」)不同的方向裂痕容易延伸之結晶方位者。具體言之為，矽晶圓11具有：在與平行於其厚度方向而且包含切斷預定

線 5 之面呈傾斜之方向延伸之劈開面的結晶構造體，例如矽晶圓 11 之表面 11a 成爲 (111) 面。

功能性元件 15 爲例如結晶成長形成之半導體動作層、光二極體等受光元件、雷射二極體等之發光元件、或作爲電路被形成之電路元件等，於矽晶圓 11 之定位平面 6 於平行方向及垂直方向以多數矩陣狀形成。此種加工對象物 1 以通過相鄰之功能性元件間的方式沿著以格子狀設定之切斷預定線 5 (參照圖 14 之虛線)，藉由雷射加工被切斷，成爲微小晶片之分離元件。

說明切斷該加工對象物 1 之一例。首先，於加工對象物 1 之背面 21 黏貼例如擴展捲帶。之後，以矽晶圓 11 之表面 3 作爲雷射光照射面調整聚光點於矽晶圓 11 內部而照射雷射光，沿著各切斷預定線 5 形成改質區域 (雷射加工)。之後，使擴展捲帶擴張。如此則，以改質區域爲切斷起點使加工對象物 1 沿著切斷預定線 5 被切斷，使多數半導體晶片互相分離。又，改質區域除熔融處理區域以外，亦有包含裂痕區域之情況。

關於上述雷射加工方法，以沿著切斷預定線 5 之掃描爲例更詳細說明。

首先，如圖 16 (a) 所示，於矽晶圓 11 內部之背面 21 附近調整聚光點，以雷射光輸出爲 0.92W 之雷射光照射加工對象物 1，自背面 21 起於厚度方向 $4\mu\text{m}\sim 32\mu\text{m}$ 之位置形成改質區域 M1。例如以加工速度 300mm/sec 使聚光點沿著切斷預定線 5 掃描，使改質區域 M1 於矽晶圓 11 內

部形成一系列。如此則，朝向和矽晶圓 11 之厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的傾斜方向延伸之裂痕 a1、b1，係分別由改質區域 M1 之上端及下端產生。

此時，如上述說明，矽晶圓 11 為具有劈開面的結晶構造體，因此，在和其厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的傾斜方向容易裂開。因此，形成改質區域 M1 時，可於該方向產生較佳之裂痕 a1、b1。其中，裂痕 a1 為朝矽晶圓 11 之第 1 劈開方向延伸者，具體言之為在具有 54.7 度之角度方向延伸者，裂痕 b1 為朝矽晶圓 11 之第 2 劈開方向延伸者，具體言之為在具有 19.5 度之角度方向延伸者。

之後，如圖 16 (b) 所示，於矽晶圓 11 內部之表面 11a 附近調整聚光點，以雷射光輸出為 0.40W 之雷射光照射加工對象物 1，自矽晶圓 11 之表面 11a 起，於厚度方向 16 μ m~34 μ m 之位置形成改質區域 M2。例如以加工速度 300mm/sec 使聚光點沿著切斷預定線 5 掃描，使改質區域 M2 於矽晶圓 11 內部形成一系列。如此則，朝矽晶圓 11 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a2 及朝矽晶圓 11 之第 2 劈開方向延伸之裂痕 b2 分別自改質區域 M2 之上端及下端產生。其中，以自改質區域 M2 之上端延伸之裂痕 a2 到達矽晶圓 11 之表面 3 的方式，換言之，以裂痕 a2 沿著表面 3 之切斷預定線 5 而露出（所謂半切割（half cut））的方式形成第 2 層配線 M2。如此則，實施擴展捲帶之擴展而將加工對象物 1 切斷為多數個半導體晶片時可以良好精確度沿

著切斷預定線 5 進行切斷。

之後，如圖 16 (c) 所示，於矽晶圓 11 內部之改質區域 M1 與第 2 層配線 M2 之間調整聚光點，以雷射光輸出為 0.80W 之雷射光照射加工對象物 1，自矽晶圓 11 之表面 11a 起，於厚度方向 $59\mu\text{m}\sim 69\mu\text{m}$ 之位置形成改質區域 M3。例如以加工速度 300mm/sec 使聚光點沿著切斷預定線 5 掃描，使改質區域 M2 於矽晶圓 11 內部形成一列。如此則，以連結於自改質區域 M2 之下端延伸之裂痕 b2 的方式，由改質區域 M3 之上端產生朝矽晶圓 11 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a3。另外，以連結於自改質區域 M1 之上端延伸之裂痕 a1 的方式，由改質區域 M3 之下端產生朝矽晶圓 11 之第 2 劈開方向延伸之裂痕 b3。又，形成改質區域 M3 時，在雷射光射入之表面 3 與雷射光聚光點之間存在改質區域 M2，雖因已形成之改質區域 M2 而有可能引起雷射光散亂或吸收等，但本實施形態中，如上述說明，可沿著切斷預定線 5 使改質區域 3 確實形成於矽晶圓 11 內部。

如上述說明，藉由形成改質區域 M1~M3，利用矽晶圓 11 具有之至少 2 方向之劈開方向之同時，利用裂痕在已產生之裂痕之方向容易延伸之現象，以連結於裂痕 a1、a2、b1、b2 的方式由改質區域 M3 產生裂痕 a3、b3。亦即，於矽晶圓 11 具有之劈開方向引導裂痕，藉由彼等裂痕而形成沿著該裂痕之凹凸狀之面。

以改質區域 M1 作為第 1 改質區域時，改質區域 M3

相當於第 2 改質區域，改質區域 M2 相當於第 3 改質區域。此情況下，裂痕 a1、b1 相當於第 1 裂痕，裂痕 a3、b3 相當於第 2 裂痕，裂痕 a2、b2 相當於第 3 裂痕。另外，以改質區域 M2 作為第 1 改質區域時，改質區域 M3 相當於第 2 改質區域，改質區域 M1 相當於第 3 改質區域。此情況下，裂痕 a2、b2 相當於第 1 裂痕，裂痕 a3、b3 相當於第 2 裂痕，裂痕 a1、b1 相當於第 3 裂痕。

如圖 17 (a) 所示，於雷射加工時，在矽晶圓 11 之內部調整聚光點對加工對象物 1 照射雷射光，而沿著其內部形成改質區域時，在和矽晶圓 11 之厚度方向平行、而且包含切斷預定線之面的垂直方向 H 會產生內部應力，加工對象物 1 有可能產生彎曲。因而，於習雷射加工方法，如圖 17 (b) 所示，例如使雷射光聚光點沿著切斷預定線 5 掃描時，加工對象物 1 有可能非計畫地被切斷。

相對於此，本實施形態之雷射加工方法中，如上述說明，係在矽晶圓 11 之內部調整聚光點對加工對象物 1 照射雷射光，沿著切斷預定線 5，於加工對象物 1 之內部形成成為切斷起點的改質區域 M1~M3，在和矽晶圓 11 之厚度方向平行、而且包含切斷預定線之面的傾斜方向使裂痕 a1、a2、a3、b1、b2、b3 呈連結的方式產生。因此，如圖 17 (c) 所示，雷射加工時，藉由彼等裂痕，挾持矽晶圓 11 之切斷預定線 5 的兩側部分分別咬合，可以減輕改質區域 M1~M3 之形成而產生之內部應力。換言之，藉由裂痕 a1、a2、a3、b1、b2、b3 使沿著裂痕之凹凸狀之面形成於

矽晶圓 11，基於作用於該面之剪切應力（shear stress），而可以減輕內部應力。結果，雷射加工時，加工對象物 1 之彎曲可被抑制之同時，加工對象物 1 之非計畫性切斷可以被防止。如此則，雷射加工裝置搭載之雷射光聚光點位置控制用的自動聚焦功能可確實追蹤加工對象物 1 之表面，因此可對加工對象物 1 進行良好精確度之雷射加工。

如上述說明，矽晶圓 11，係表面 3 之結晶方位為（111）面，在和厚度方向不同之方向容易延伸裂痕，亦即，在和厚度方向不同之方向具有劈開方向的結晶構造體。因此，對這種結晶構造體進行雷射加工時，於習知雷射加工方法，為使加工對象物 1 不受其劈開方向影響而可以進行良好精確度之切斷，而採取沿著 1 個切斷預定線使改質區域重疊於厚度方向而掃描的方式。但是，此情況下，將增加掃描次數，另外，劈開方向和切斷面不同之故，使加工對象物 1 切斷為多數個半導體晶片時之切斷力變大，能製造之晶片尺寸受限定。

另外，對這種結晶構造體進行雷射加工時，習知雷射加工方法有可能採取，將改質區域形成於矽晶圓 11 之表面附近或背面附近，施加外力予以切斷的方式。此情況下，雖可減少掃描次數，但未利用至少 2 方向之劈開方向，換言之，僅藉由和厚度方向不同之 1 個劈開方向進行切斷，切斷時裂痕於該 1 個劈開方向大幅成長，切斷面相對於厚度方向成為大幅傾斜。

相對於此，本實施形態之雷射加工方法中，係利用矽

晶圓 11 具有之至少 2 方向之劈開方向，於矽晶圓 11 內部形成成爲切斷起點之改質區域 M1~M3 時，係在和其厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的傾斜方向產生連結狀之裂痕 a1、a2、a3、b1、b2、b3。因此，切斷面與劈開方向一致，可以較小外力切斷加工對象物 1，亦可保持其切斷面之良好品質。

圖 18 爲藉由本實施形態之雷射加工方法切斷之加工對象物 1 之切斷面狀態之斷面圖。依據本實施形態，切斷加工對象物 1 時其切斷面可設爲凹凸狀，另外自該切斷面之最大凹部深度至最大凸部高度爲止成爲 12~13 μm ，可以充分滿足例如一般分離元件之規格值之 20 μm 以下。

圖 19 爲本實施形態之雷射加工方法之沿著任意切斷預定線 5 之掃描之另一例。該另一例和圖 16 所示例之不同點在於，形成改質區域 M2 時，產生由其下端朝矽晶圓 11 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a4，形成改質區域 M3 時，產生由其上端朝矽晶圓 11 之第 2 劈開方向延伸之裂痕 b4，裂痕 a1、a2、a4、b1、b2、b4 呈連結。

於該另一例，於矽晶圓 11 之劈開方向被誘發裂痕，藉由彼等裂痕形成沿著裂痕之凹凸狀之面，雷射加工時，挾持矽晶圓 11 之切斷預定線 5 的兩側部分分別咬合，加工對象物 1 之彎曲可被抑制之同時，加工對象物 1 之非預期性切斷可以被防止，可達成和上述同樣效果。如上述說明，裂痕之方向不限定於如圖 16 所示例，可延伸於矽晶圓 11 之第 1 劈開方向或第 2 劈開方向之任一方向。另外

，裂痕之方向，亦可延伸於矽晶圓 11 具有之其他劈開方向（亦即朝向和第 1 劈開方向及第 2 劈開方向為不同之方向，和矽晶圓 11 之厚度方向平行而且包含切斷預定線 5 之面的傾斜方向延伸的方向）。該裂痕之方向對於後述之裂痕亦同樣。

又，以改質區域 M1 作為第 1 改質區域時，改質區域 M3 相當於第 2 改質區域，改質區域 M2 相當於第 3 改質區域。此情況下，裂痕 a1、b1 相當於第 1 裂痕，裂痕 b3、b4 相當於第 2 裂痕，裂痕 a2、a4 相當於第 3 裂痕。另外，以改質區域 M2 作為第 1 改質區域時，改質區域 M3 相當於第 2 改質區域，改質區域 M1 相當於第 3 改質區域。此情況下，裂痕 a2、a4 相當於第 1 裂痕，裂痕 b3、b4 相當於第 2 裂痕，裂痕 a1、b1 相當於第 3 裂痕。

（第 2 實施形態）

第 2 實施形態之雷射加工方法，其之加工對象物 50 為，具備將如圖 14、15 所示矽晶圓 11 之厚度設為 $96\mu\text{m}$ 之矽晶圓 51 者。其和第 1 實施形態之雷射加工方法之不同點為，在矽晶圓之內部調整聚光點照射雷射光，沿著切斷預定線形成改質區域時，如圖 16（c）所示改質區域 M3 不形成於矽晶圓內部之改質區域 M1 與改質區域 M2 之間。

亦即，如圖 20（a）所示，將改質區域 M5 形成於矽晶圓 51 內部之背面 51 附近，分別由改質區域 M5 之上端

及下端產生朝矽晶圓 51 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a5 及朝第 2 劈開方向延伸之裂痕 b5。之後，如圖 20 (b) 所示，將改質區域 M6 形成於矽晶圓 51 內部之表面 51a 附近，由改質區域 M6 之上端產生朝矽晶圓 51 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a6 之同時，以連結於裂痕 a5 的方式由改質區域 M6 之下端產生朝第 2 劈開方向延伸之裂痕 b6。如此則，裂痕 a5、a6、b5、b6 呈連結，形成沿著彼等裂痕之凹凸狀之面。

藉由第 2 實施形態之雷射加工方法，雷射加工時，挾持矽晶圓 51 之切斷預定線 5 的兩側部分分別咬合，加工對象物 50 之彎曲可被抑制之同時，加工對象物 50 之非預期性切斷可以被防止。

又，改質區域 M5 相當於第 1 改質區域，改質區域 M6 相當於第 2 改質區域。裂痕 a5、b5 相當於第 1 裂痕，裂痕 a6、b6 相當於第 2 裂痕。

(第 3 實施形態)

第 3 實施形態之雷射加工方法，其之加工對象物 60 為，具備將如圖 14、15 所示矽晶圓 11 之厚度設為 $169\mu\text{m}$ 之矽晶圓 61 者。其和第 1 實施形態之雷射加工方法之不同點為，在矽晶圓之內部調整聚光點照射雷射光，沿著切斷預定線形成改質區域時，如圖 16 (c) 所示改質區域 M3 形成於矽晶圓內部之改質區域 M1 與改質區域 M2 之間之後，於矽晶圓內部之改質區域 M2 與改質區域 M3 之間另

形成改質區域。

亦即，如圖 21 (a) 所示，將改質區域 M7 形成於矽晶圓 61 內部之背面 61b 附近，分別由改質區域 M7 之上端及下端產生朝矽晶圓 61 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a7 及朝第 2 劈開方向延伸之裂痕 b7。之後，如圖 21 (b) 所示，將改質區域 M8 形成於矽晶圓 61 內部之前面 61a 附近，分別由改質區域 M8 之上端及下端產生朝矽晶圓 61' 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a8 及朝第 2 劈開方向延伸之裂痕 b8。

之後，如圖 21 (c) 所示，將改質區域 M9 形成於矽晶圓 61 內部之改質區域 M7 與改質區域 M8 之間之改質區域 M7 側，由改質區域 M9 之上端產生朝矽晶圓 61 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a9 之同時，以連結於由改質區域 M7 之上端延伸之裂痕 a7 的方式由改質區域 M9 之下端產生朝第 2 劈開方向延伸之裂痕 b9。

之後，如圖 21 (d) 所示，將改質區域 M10 形成於矽晶圓 61 內部之改質區域 M7 與改質區域 M8 之間之改質區域 M8 側，換言之，將改質區域 M10 形成於改質區域 M8 與改質區域 M9 之間，以連結於由改質區域 M8 之下端延伸之裂痕 b8 的方式由改質區域 M10 之上端產生朝矽晶圓 61 之第 1 劈開方向延伸之裂痕 a10 之同時，以連結於由改質區域 M9 之上端延伸之裂痕 a9 的方式由改質區域 M10 之下端產生朝第 2 劈開方向延伸之裂痕 b10。如此則，裂痕 a7、a8、a9、a10、b7、b8、b9、b10 呈連結，形成沿著彼等裂痕之凹凸狀之面。

藉由第 3 實施形態之雷射加工方法，雷射加工時，挾持矽晶圓 61 之切斷預定線 5 的兩側部分分別咬合，可減輕因改質區域 M7、M8、M9、M10 之形成而產生之內部應力。另外，本實施形態中，挾持矽晶圓 61 之切斷預定線 5 的兩側部分之咬合區域大於上述實施形態，內部應力更能被減輕。結果，雷射加工時，加工對象物 60 之彎曲更加被抑制之同時，加工對象物 60 之非預期性切斷更能被防止。

又，以改質區域 M8 作為第 1 改質區域時，改質區域 M10 相當於第 2 改質區域，改質區域 M9 相當於第 3 改質區域。此情況下，裂痕 a8、b8 相當於第 1 裂痕，裂痕 a10、b10 相當於第 2 裂痕，裂痕 a9、b9 相當於第 3 裂痕。另外，以改質區域 M9 作為第 1 改質區域時，改質區域 M10 相當於第 2 改質區域，改質區域 M8 相當於第 3 改質區域。此情況下，裂痕 a9、b9 相當於第 1 裂痕，裂痕 a10、b10 相當於第 2 裂痕，裂痕 a8、b8 相當於第 3 裂痕。

以上說明本發明較佳實施形態，但本實施形態不限定於上述實施形態。

例如上述實施形態中，加工對象物使用表面為 (111) 面之矽晶圓，但是只要於厚度方向在不同之方向具有劈開面之晶圓即可。另外，在沿著和厚度方向平行而且包含切斷預定線之面的傾斜方向產生裂痕時，即使不是在厚度方向在不同之方向具有劈開面之矽晶圓亦可。

又，亦可以不是矽晶圓，而為例如鎵砷等半導體化合物

物材料、壓電材料、藍寶石等具有結晶性之材料等。

(產業上可利用性)

依據本發明，可抑制雷射加工時加工對象物之彎曲。

(發明效果)

依據本發明，可抑制雷射加工時加工對象物之彎曲。

【圖式簡單說明】

圖 1 為本實施形態之雷射加工裝置之雷射加工中之加工對象物之平面圖。

圖 2 為圖 1 所示加工對象物之 II-II 線斷面圖。

圖 3 為本實施形態之雷射加工裝置之雷射加工後之加工對象物之平面圖。

圖 4 為圖 3 所示加工對象物之 IV-IV 線斷面圖。

圖 5 為圖 3 所示加工對象物之 V-V 線斷面圖。

圖 6 為藉由本實施形態之雷射加工裝置切斷之加工對象物之平面圖。

圖 7 為本實施形態之雷射加工裝置中之電場強度與斷裂點之大小之關係分布圖。

圖 8 為本實施形態之雷射加工裝置之第 1 工程中之加工對象物之斷面圖。

圖 9 為本實施形態之雷射加工裝置之第 2 工程中之加工對象物之斷面圖。

圖 10 為本實施形態之雷射加工裝置之第 3 工程中之加工對象物之斷面圖。

圖 11 為本實施形態之雷射加工裝置之第 4 工程中之加工對象物之斷面圖。

圖 12 為藉由本實施形態之雷射加工裝置切斷之矽晶圓之一部分之斷面照片圖。

圖 13 為本實施形態之雷射加工裝置中之雷射光波長與矽基板內部之透過率之關係圖。

圖 14 為成爲本發明第 1 實施形態之雷射加工方法之對象的加工對象物之正面圖。

圖 15 爲圖 14 之 X V-X V 線之一部分斷面圖。

圖 16 爲本發明第 1 實施形態之雷射加工方法之說明圖。

圖 17 爲圖 16 所示雷射加工方法之作用說明圖。

圖 18 爲藉由圖 16 所示雷射加工方法切斷之加工對象物切斷面狀態之斷面圖。

圖 19 爲圖 16 所示雷射加工方法之另一例說明圖。

圖 20 爲本發明第 2 實施形態之雷射加工方法之說明圖。

圖 21 爲本發明第 3 實施形態之雷射加工方法之說明圖。

圖 22 爲圖 21 所示雷射加工方法之接續之說明圖。

【主要元件符號說明】

1、50、60：加工對象物，5：切斷預定線，a1~a101
、b1~b10：裂痕，M1~M3、M5~M6、M8~M10：改質區域
、P：聚光點。

十、申請專利範圍

1. 一種雷射加工方法，係在板狀加工對象物之內部調整聚光點照射雷射光，沿著上述加工對象物之切斷預定線，使成為切斷起點之改質區域形成於上述加工對象物之內部者；其特徵為包含：

藉由沿著上述切斷預定線掃描雷射光之聚光點，而沿著和上述加工對象物之厚度平行而且包含上述切斷預定線的面，使第 1 改質區域形成於上述加工對象物之內部，由上述第 1 改質區域產生第 1 裂痕的工程，該第 1 裂痕係朝向和上述加工對象物之厚度方向平行而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸者；及

藉由沿著上述切斷預定線掃描雷射光之聚光點，而沿著和上述加工對象物之厚度平行而且包含上述切斷預定線的面，使第 2 改質區域形成於上述加工對象物之內部，而由上述第 2 改質區域產生第 2 裂痕的工程，該第 2 裂痕係以和上述第 1 裂痕呈交叉連結的方式，朝向和上述加工對象物之厚度方向平行而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向延伸者。

2. 如申請專利範圍第 1 項之雷射加工方法，其中，

另包含：在上述加工對象物之內部調整聚光點照射雷射光，而沿著上述切斷預定線，使成為切斷起點之第 3 改質區域形成於上述加工對象物之內部，由上述第 3 改質區域產生第 3 裂痕的工程，該第 3 裂痕係朝向和上述加工對象物之厚度方向平行、而且包含上述切斷預定線之面的傾

斜方向延伸者；

於形成上述第 2 改質區域之同時產生第 2 裂痕的工程中，係以和上述第 3 裂痕連結的方式由上述第 2 改質區域產生上述第 2 裂痕。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項之雷射加工方法，其中，

上述加工對象物為具有劈開面的結晶構造體，該劈開面係沿著和上述加工對象物之厚度方向平行而且包含上述切斷預定線之面的傾斜方向者。

4.如申請專利範圍第 1 或 2 項之雷射加工方法，其中，

上述加工對象物具備半導體基板，上述改質區域包含熔融處理區域。

5.如申請專利範圍第 1 或 2 項之雷射加工方法，其中，

包含：以上述改質區域為切斷起點沿著上述切斷預定線切斷上述加工對象物之工程。

96123106

圖 1

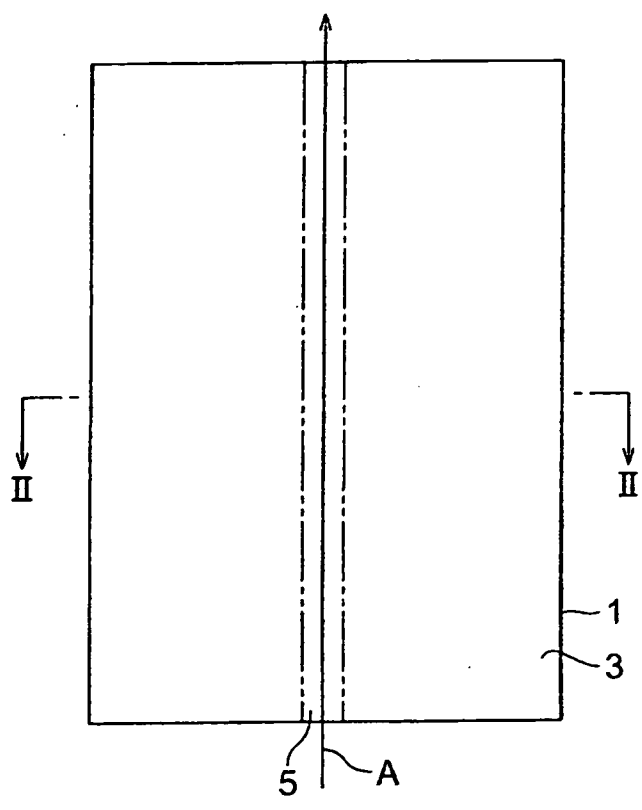


圖2

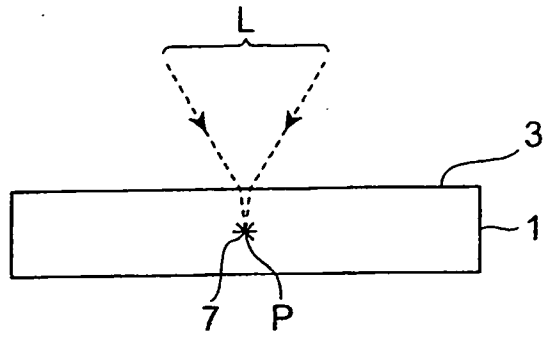


圖3

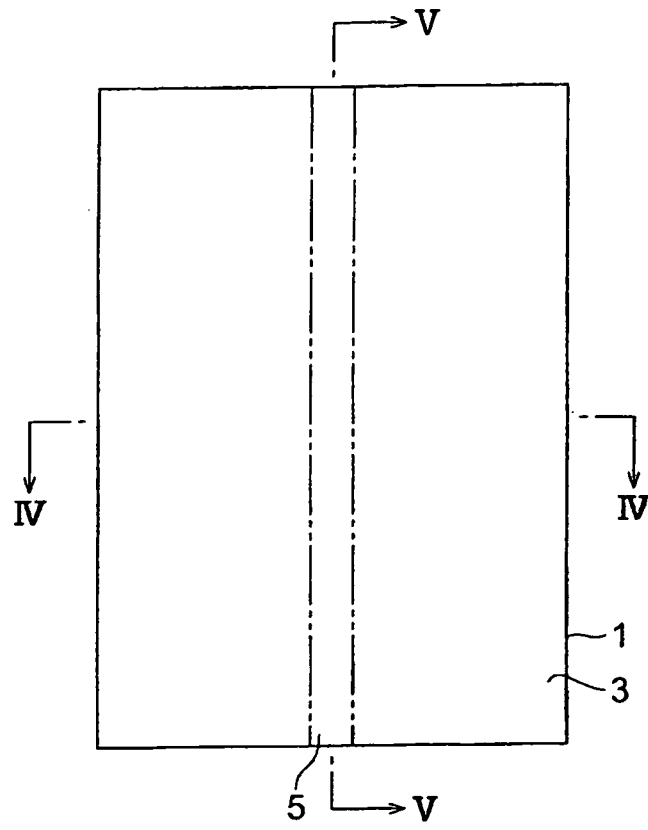


圖4

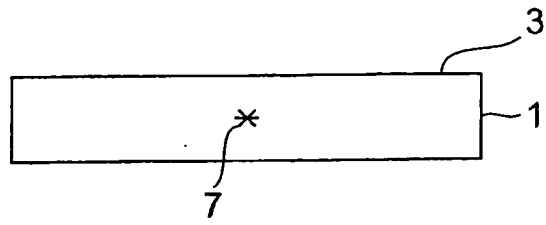


圖5

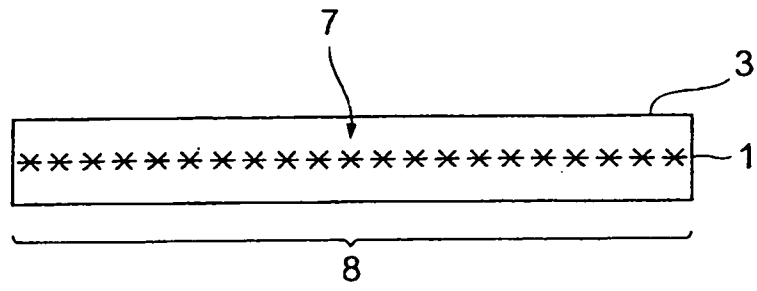


圖6

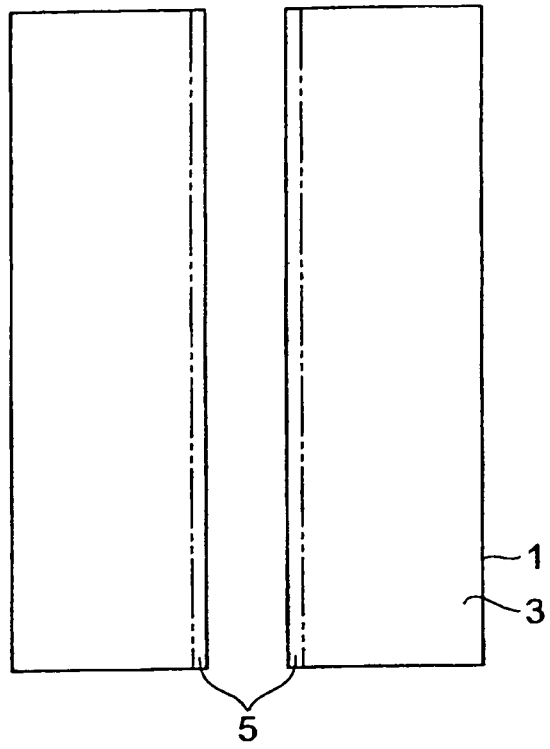


圖7

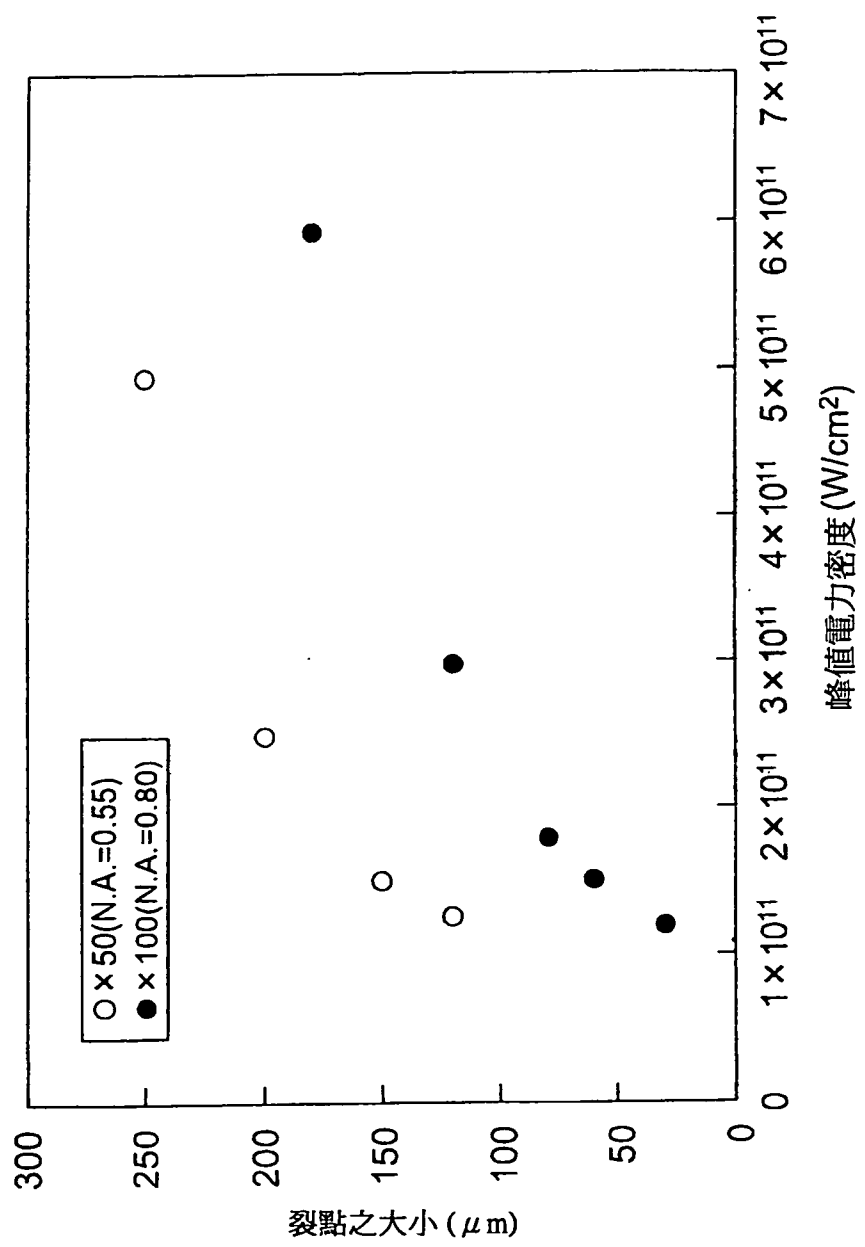


圖 8

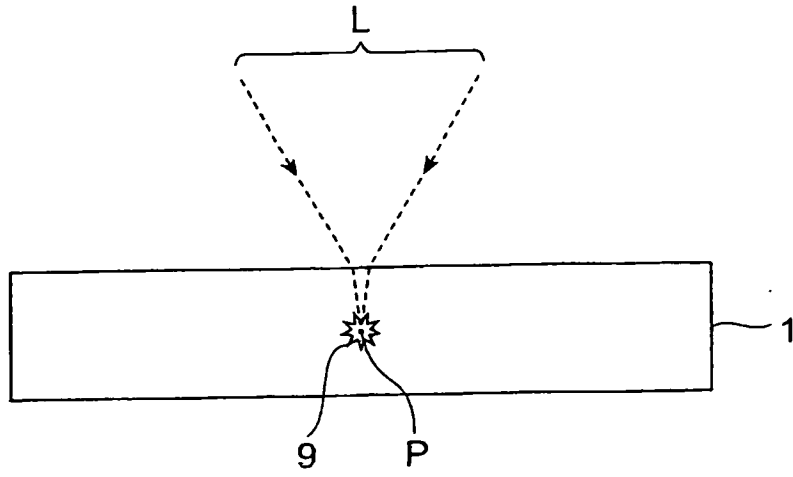


圖9

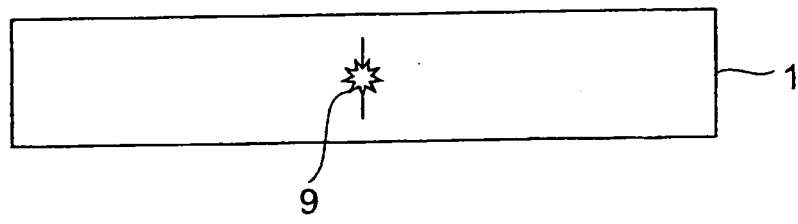


圖 10

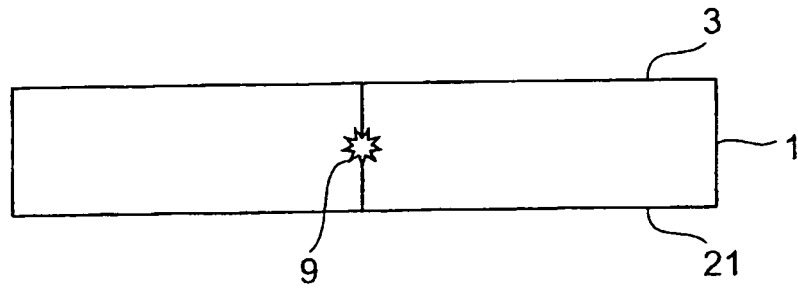


圖 11

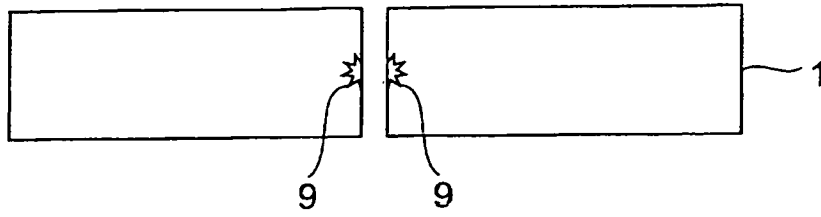


圖12

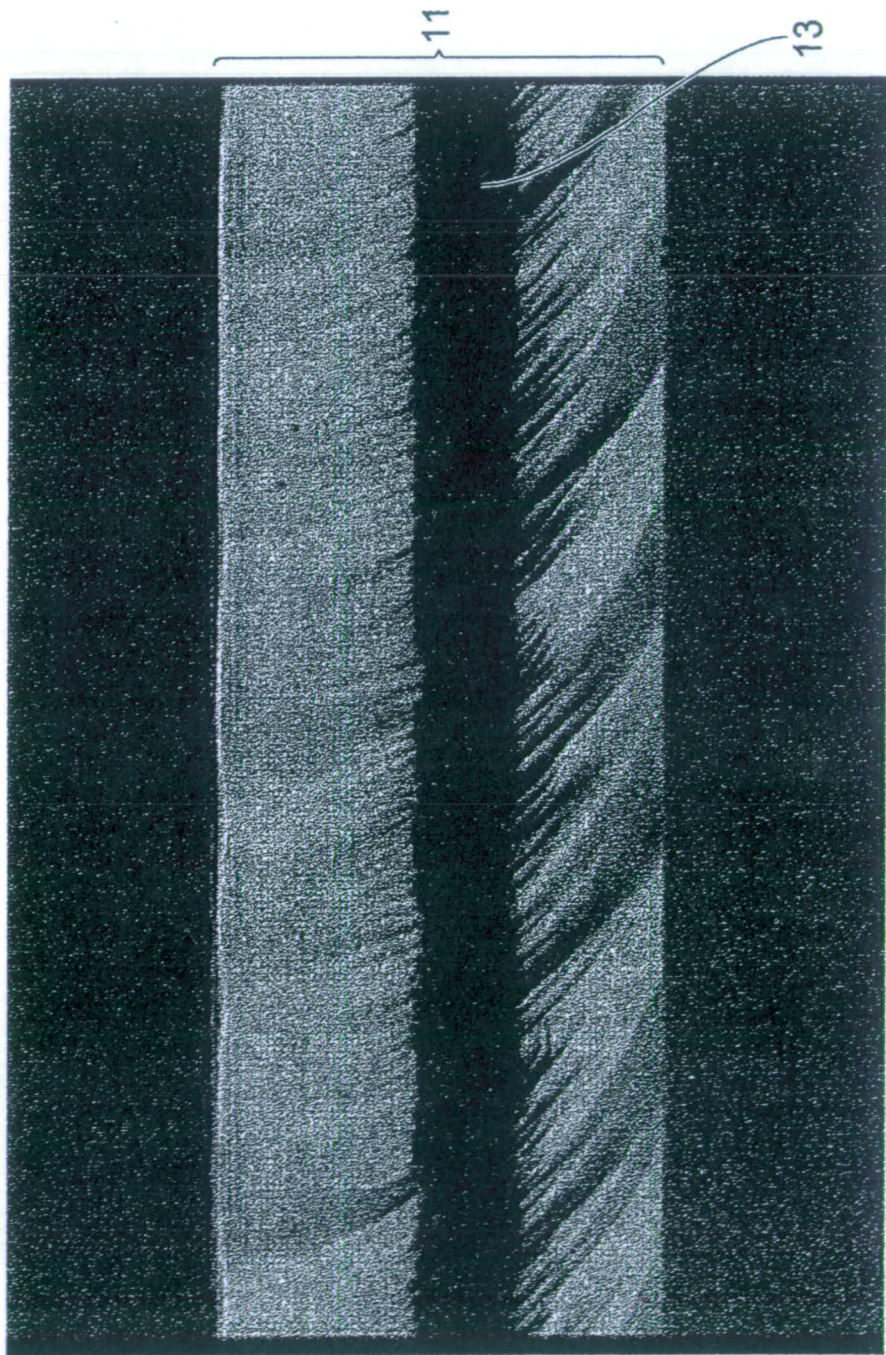


圖13

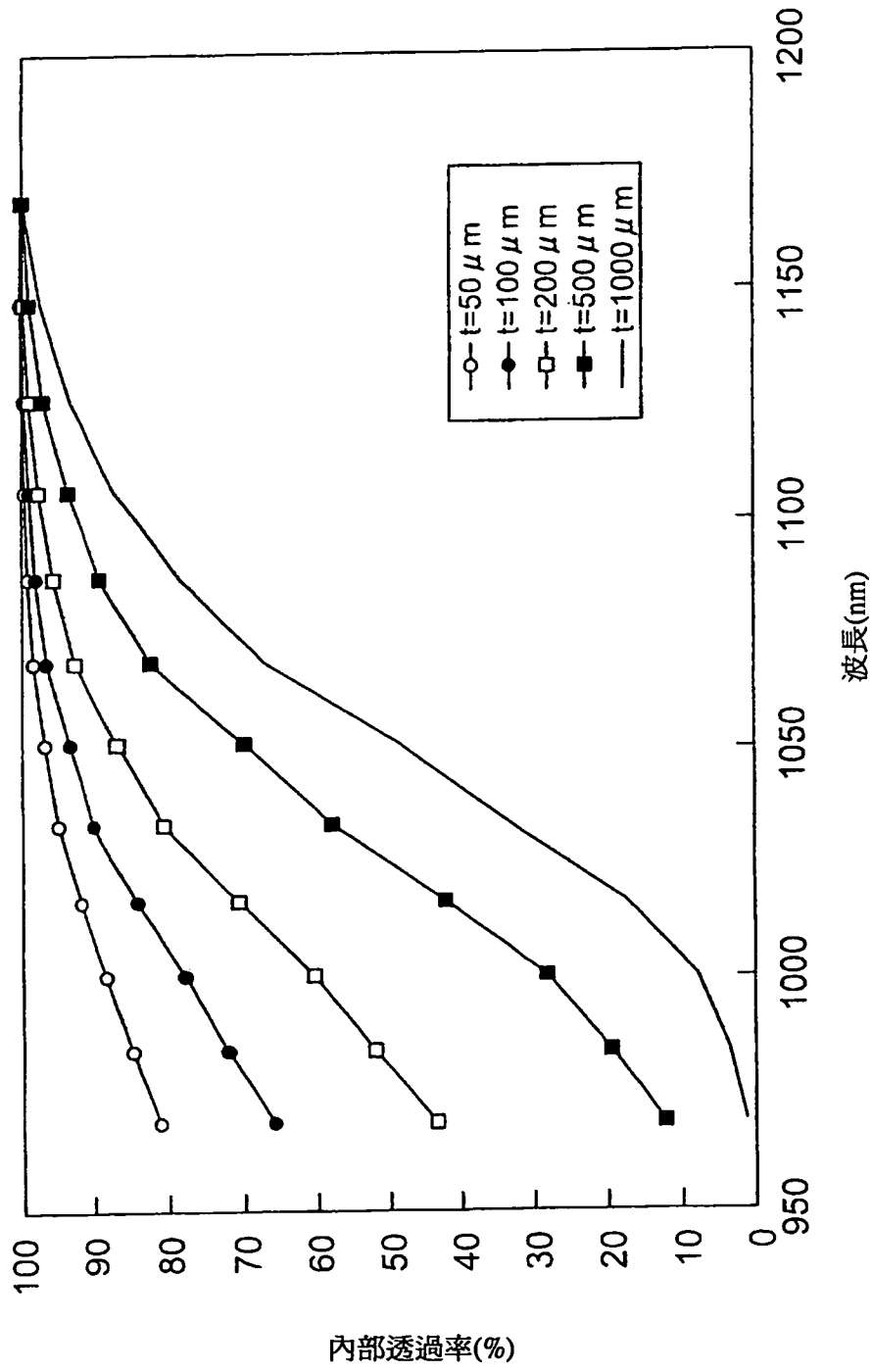


圖 14

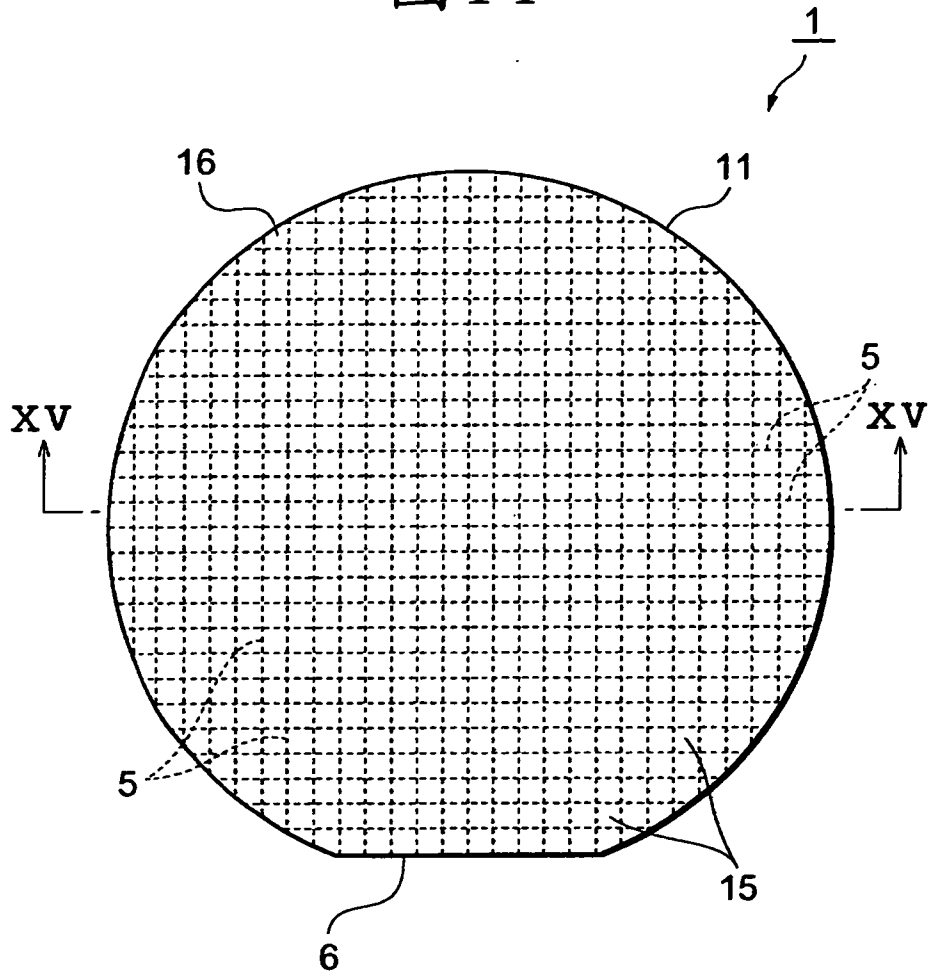


圖 15

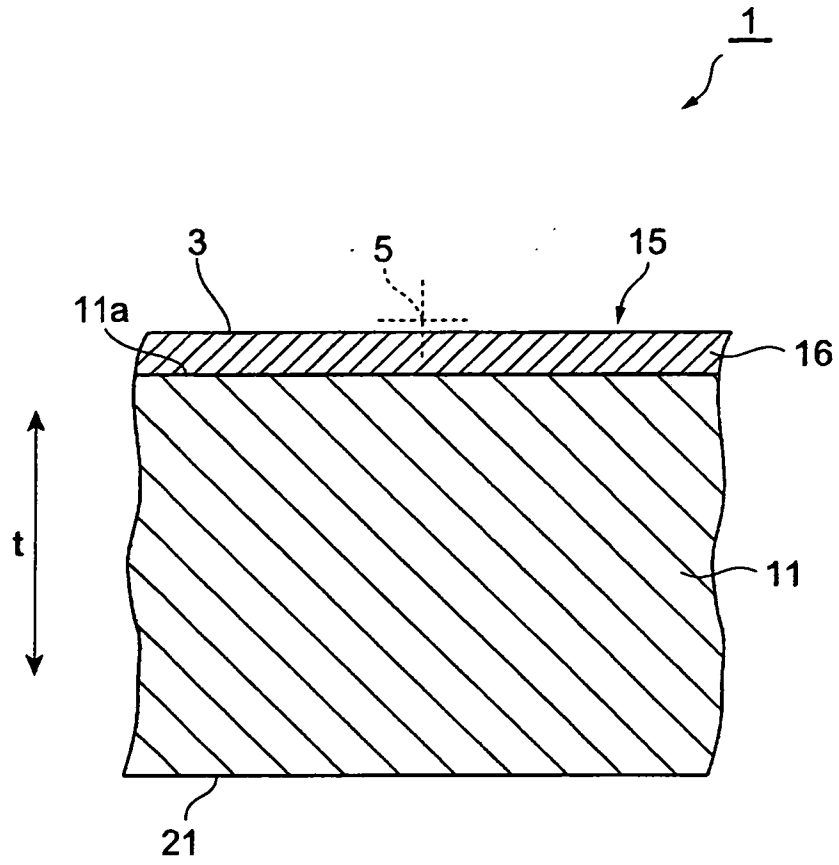


圖 16

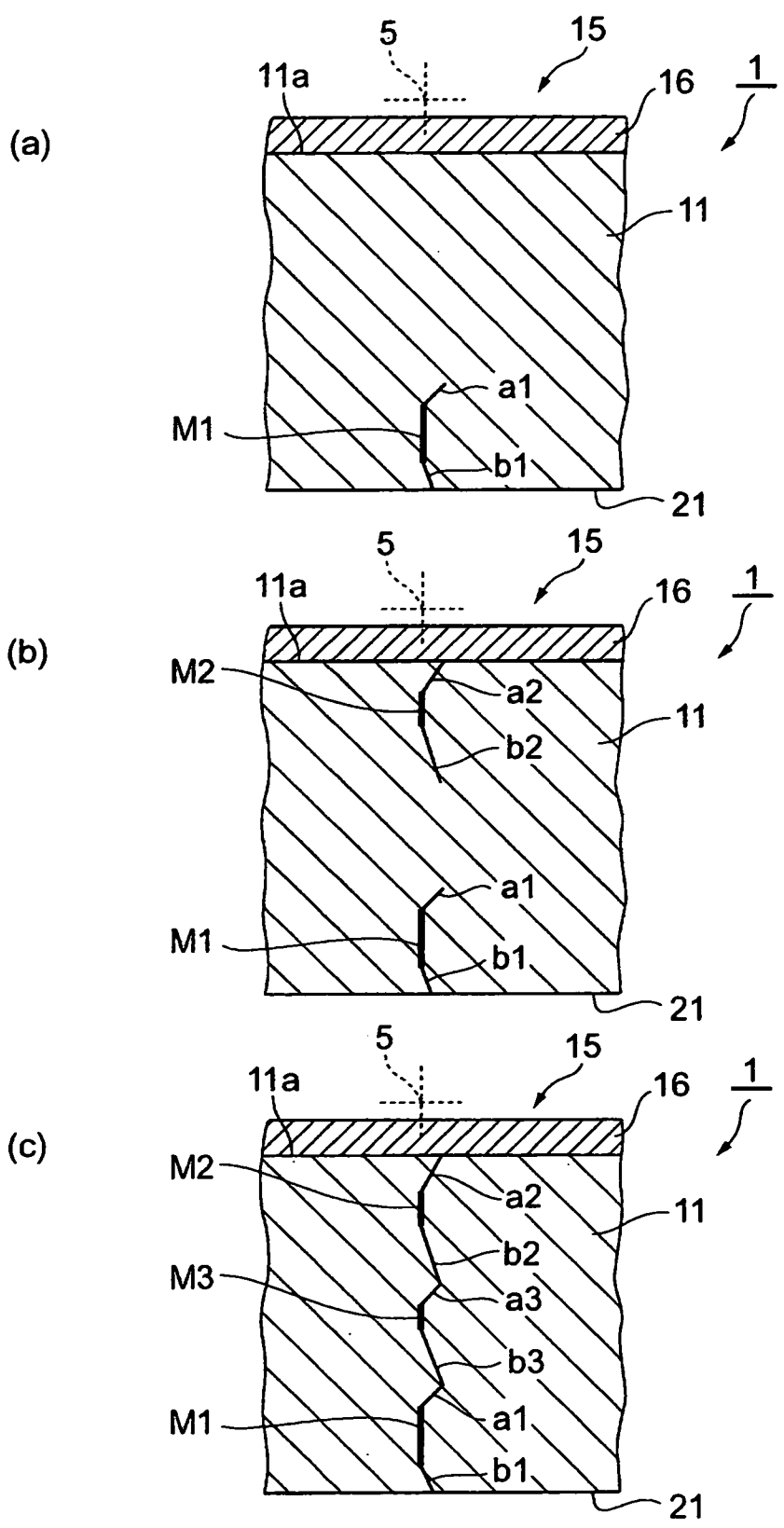


圖17

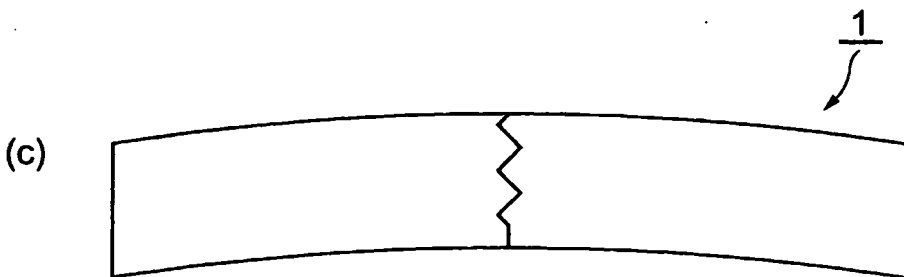
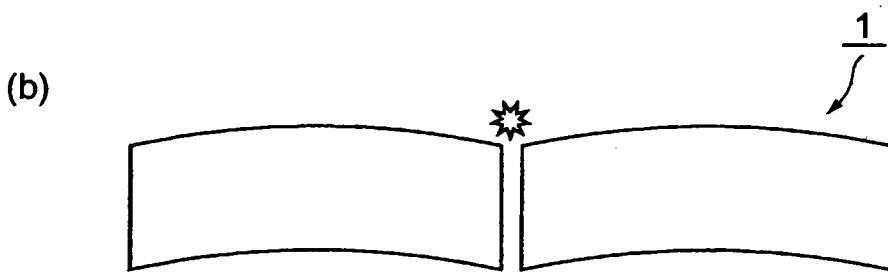
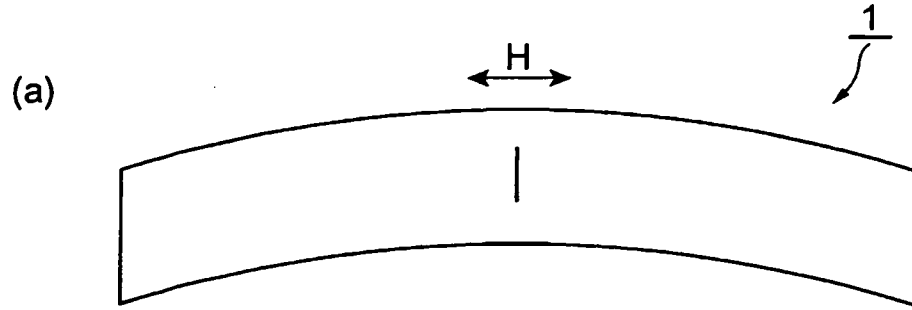


圖 18

$\frac{1}{\curvearrowright}$

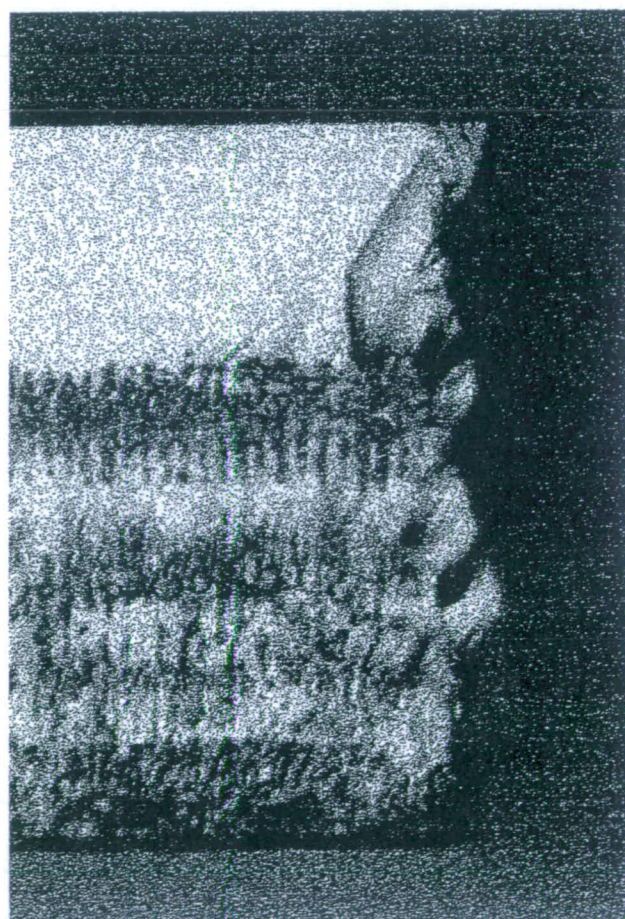


圖 19

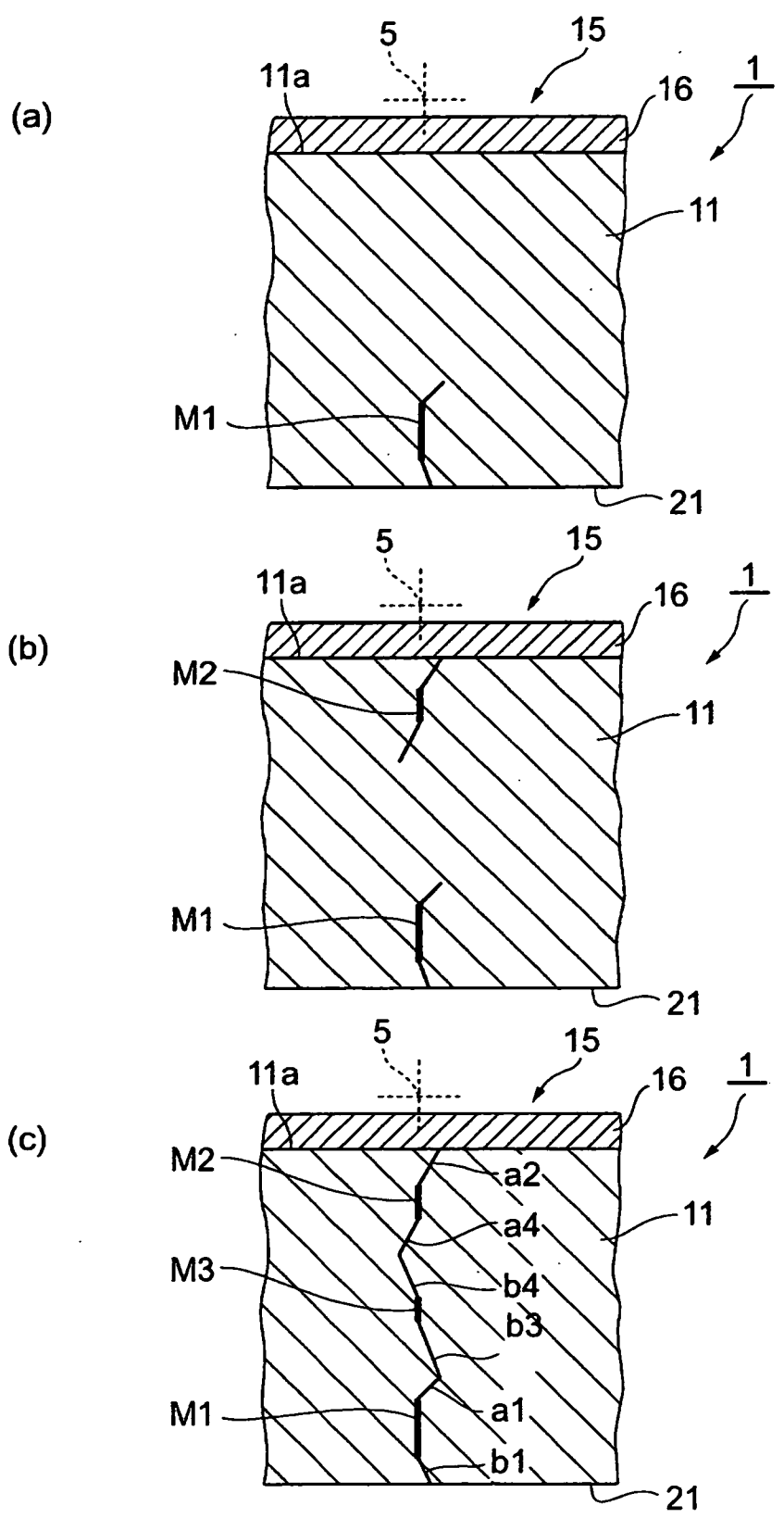


圖 20

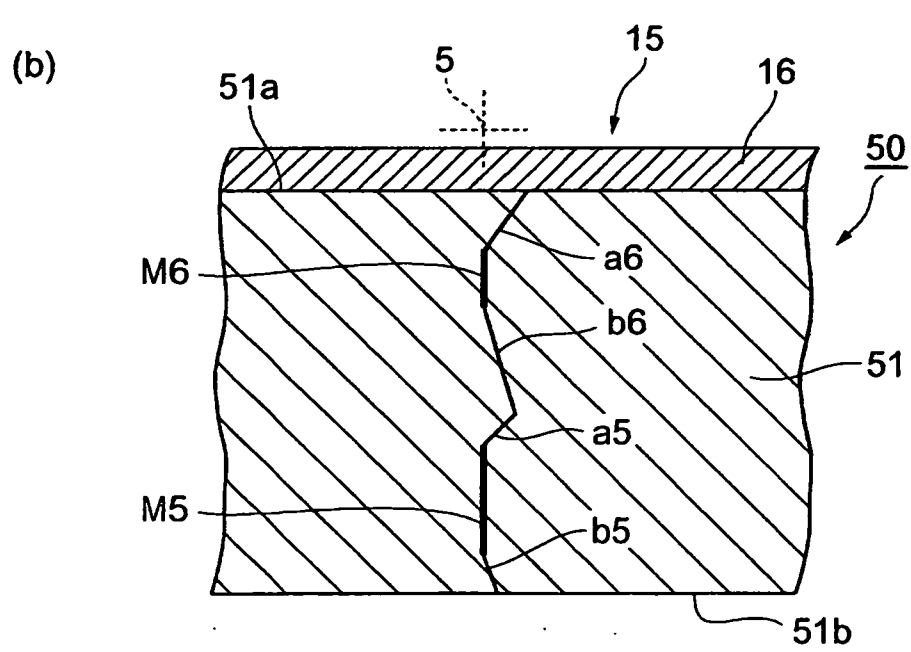
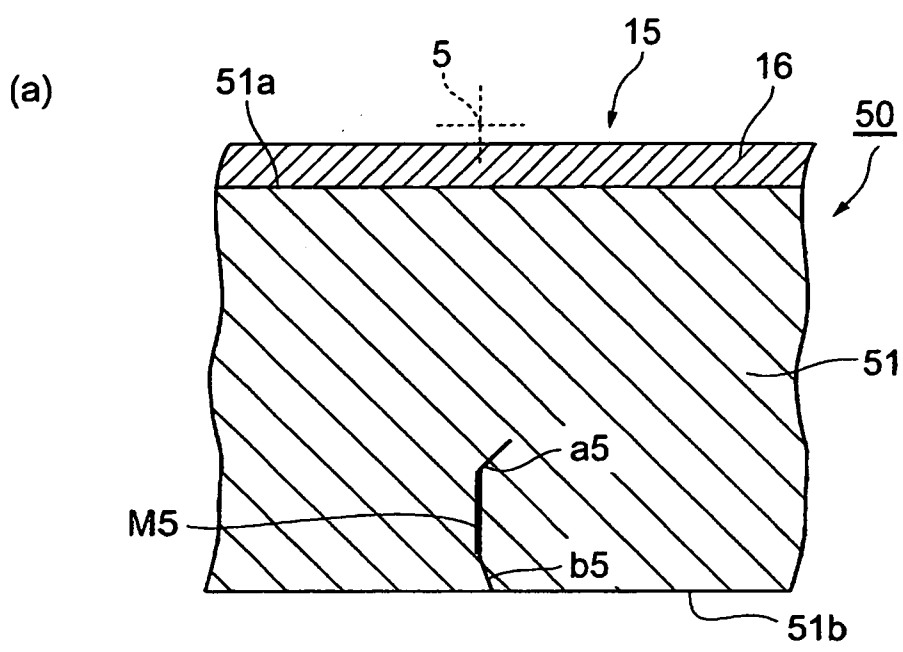


圖 21

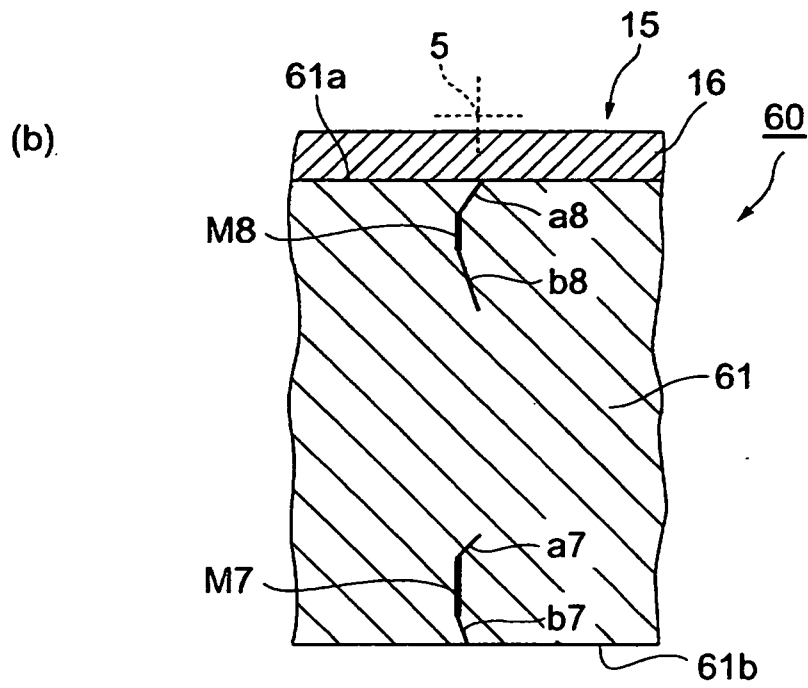
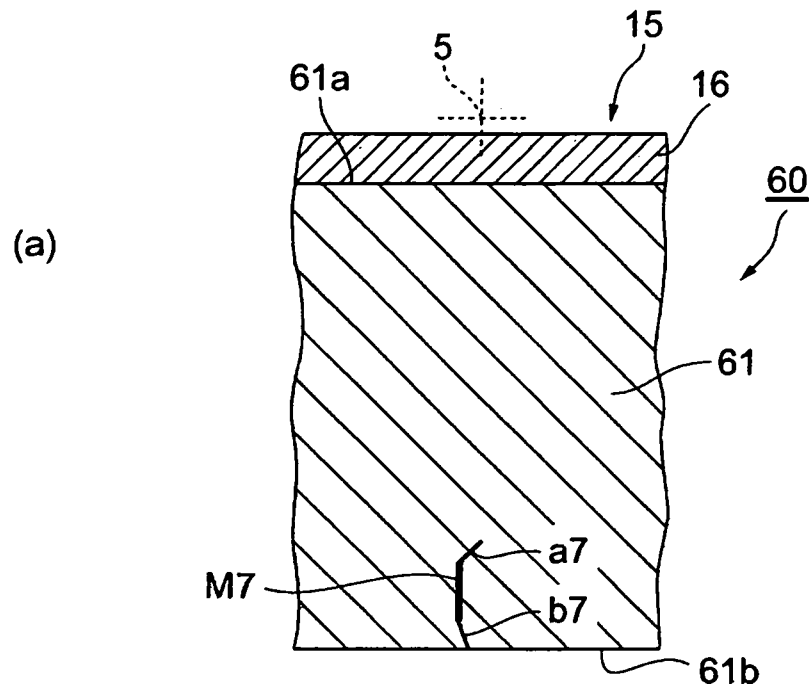


圖 22

