

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：96134905

※申請日期：96年09月19日

※IPC分類：B23K 26/38 (2006.01)

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)

1. 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 ; 2006/09/19 ; 2006-253259 有主張優先權

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：96134905

※申請日期：96年09月19日

※IPC分類：B23K 26/38 (2006.01)

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)

1. 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 ; 2006/09/19 ; 2006-253259 有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用來將板狀的加工對象物沿著切斷預定線切斷之雷射加工方法以及雷射加工裝置。

【先前技術】

以往之雷射加工方法，係對板狀的加工對象物照射雷射光，藉此沿著加工對象物之切斷預定線，以在加工對象物的厚度方向並排的方式，於加工對象物的內部形成作為切斷起點之複數列的改質區域(例如參照專利文獻 1)。

專利文獻 1：日本特開 2004 - 343008 號公報

【發明內容】

然而，上述之雷射加工方法較佳為，最靠近既定面(例如，加工對象物之背面)之改質區域係形成極接近既定面；該既定面係和加工對象物之供雷射光入射的雷射光入射面(例如，加工對象物之表面)相對向。又較佳為，最靠近雷射光入射面之改質區域，係形成極接近雷射光入射面。其理由在於，若這些改質區域形成在和既定面或雷射光入射面距離較遠的位置，當切斷加工對象物時，在加工對象物的厚度方向之切斷面之各端部可能會大幅偏離切斷預定線。

然而，在上述的雷射加工方法中，即使想讓最靠近既定面之改質區域形成極接近既定面，例如當加工對象物的

厚度沿著切斷預定線改變時，最靠近既定面之改質區域可能一部分會形成於和既定面距離較遠的位置。此外，即使想讓最靠近雷射光入射面之改質區域形成極接近雷射光入射面，例如基於吸收係數之溫度依存性(詳細如後述)，雷射光入射面可能遭受熔融等的損傷。因此，即使想讓最靠近既定面之改質區域形成極接近既定面，仍會遭遇許多困難。

於是，本發明係有鑑於如此般的情事而構成，其目的在於提供一種雷射加工方法及雷射加工裝置，其能讓最靠近既定面之改質區域形成極接近既定面，又能讓最靠近雷射光入射面之改質區域形成極接近雷射光入射面。

爲了達成上述目的，本發明之雷射加工方法，係對板狀的加工對象物照射雷射光，藉此沿著加工對象物之切斷預定線，以在加工對象物的厚度方向並排的方式，於加工對象物的內部形成作爲切斷起點之複數列的改質區域之雷射加工方法，其特徵在於：

將被既定面(和加工對象物之供雷射光入射之雷射光入射面對向)反射之雷射光的反射面照射於加工對象物，以在複數列的改質區域中，形成包含最靠近既定面的改質區域及最靠近雷射光入射面之改質區域中至少 1 列之 1 列或複數列的改質區域。藉此，能讓最靠近既定面之改質區域形成極接近既定面，又能讓最靠近雷射光入射面之改質區域形成極接近雷射光入射面。

各改質區域，係藉由對加工對象物照射雷射光，經由

在加工對象物的內部產生多光子吸收等的吸收而形成出。

本發明之雷射加工方法中，該既定面，可為加工對象物所具備之金屬膜之雷射光入射面側的面。

本發明之雷射加工方法較佳為，以複數列之改質區域作為切斷起點，沿著切斷預定線將加工對象物切斷。藉此，能高精度地將加工對象物沿著切斷預定線予以切斷。

本發明之雷射加工方法中，加工對象物係具備半導體基板，改質區域可包含熔融處理區域。

依據本發明，具有良好的控制性，而能讓最靠近既定面之改質區域形成極接近既定面，又能讓最靠近雷射光入射面之改質區域形成極接近雷射光入射面。

【實施方式】

以下，針對本發明之較佳實施形態，參照圖式來做詳細的說明。本實施形態之雷射加工方法，為了在加工對象物的內部形成改質區域，係利用多光子吸收現象。於是，首先說明利用多光子吸收來形成改質區域之雷射加工方法。

當材料之吸收帶隙 E_G 小於光子的能量 $h\nu$ 時，在光學上呈透明。因此，材料產生吸收之條件為 $h\nu > E_G$ 。然而，雖然光學上呈透明，當雷射光強度非常大之 $n h\nu > E_G$ 的條件 ($n=2, 3, 4 \dots$) 下材料仍會產生吸收。這個現象就是多光子吸收。在脈衝波的情形，雷射光強度是取決於雷射光的聚光點之峰值功率密度 (W/cm^2)，例如在峰值功率密度 $1 \times$

$10^8(\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上的條件會產生多光子吸收。峰值功率密度，係由(聚光點之每一雷射光脈衝的能量) \div (雷射光之光束點截面積 \times 脈衝寬)來求出。此外，在連續波的情形，雷射光強度係取決於雷射光之聚光點的電場強度(W/cm^2)。

關於利用多光子吸收之本實施形態的雷射加工方法之原理，參照第 1 圖～第 6 圖來做說明。如第 1 圖所示，在晶圓狀(板狀)的加工對象物 1 的表面 3，形成有用來切斷加工對象物 1 之切斷預定線 5。切斷預定線 5 係呈直線狀延伸之假想線。在本實施形態之雷射加工方法，如第 2 圖所示，在產生多光子吸收的條件下，以聚光點 P 對準加工對象物 1 的內部的方式照射雷射光 L 來形成改質區域 7。聚光點 P 乃雷射光 L 聚光的部位。切斷預定線 5 不限於直線狀，也能呈曲線狀，其不限於假想線，也能是實際畫在加工對象物 1 上的線。

接著，使雷射光 L 沿著切斷預定線 5(亦即沿第 1 圖之箭頭 A 方向)相對地移動，藉此使聚光點 P 沿著切斷預定線 5 移動。藉此如第 3 圖～第 5 圖所示，沿著切斷預定線 5 在加工對象物 1 的內部形成改質區域 7，而該改質區域 7 成爲切斷起點區域 8。在此，切斷起點區域 8 代表著，在切斷加工對象物 1 時構成切斷(切割)起點的區域。該切斷起點區域 8，可能藉由改質區域 7 之連續形成來形成，也可能藉由改質區域 7 之斷續形成來形成。

本實施形態之雷射加工方法，並不是藉由加工對象物 1 之吸收雷射光 L 來使加工對象物 1 發熱而形成改質區域

7。而是讓雷射光 L 透過加工對象物 1 而在加工對象物 1 的內部產生多光子吸收以形成改質區域 7。由於在加工對象物 1 的表面 3 幾乎不會吸收雷射光 L，故加工對象物 1 的表面 3 不會發生熔融。

若在加工對象物 1 的內部形成切斷起點區域 8，將容易以該切斷起點區域 8 為起點而發生龜裂，因此如第 6 圖所示，能用較小的外力來切斷加工對象物 1。因此，加工對象物 1 的表面 3 不致發生不必要的龜裂，可高精度地將加工對象物 1 予以切斷。

以該切斷起點區域 8 為起點來進行之加工對象物 1 的切斷，可考慮以下兩個方式。第一方式，係在形成切斷起點區域 8 後，藉由施加人為的力量於加工對象物 1，以切斷起點區域 8 為起點使加工對象物 1 裂開，而將加工對象物 1 予以切斷。此方式適用於例如加工對象物 1 的厚度大時的切斷。所謂施加人為的力量，例如沿著加工對象物 1 的切斷起點區域 8 對加工對象物 1 施加彎曲應力、剪切應力，或對加工對象物 1 賦予溫度差來產生熱應力。另一方式，係藉由形成切斷起點區域 8，以切斷起點區域 8 為起點使加工對象物 1 朝向截面方向(厚度方向)自然裂開，結果將加工對象物 1 予以切斷。此方式，在例如加工對象物 1 的厚度小的情形，可藉由 1 列改質區域 7 來形成切斷起點區域 8；在加工對象物 1 的厚度大的情形，可藉由在厚度方向形成複數列的改質區域 7 來形成切斷起點區域 8。在此自然裂開的情形也是，在待切斷的部位，在未形成切

斷起點區域 8 的部位之對應部分的表面上 3 不會搶先形成龜裂，僅在形成有切斷起點區域 8 的部位之對應部分會進行割斷，因此容易控制割斷。近年來，矽晶圓等的加工對象物 1 的厚度有變薄的傾向，因此這種控制性良好的割斷方法特別有效。

在本實施形態之雷射加工方法，利用多光子吸收所形成之改質區域包含以下(1)~(3)的情形。

(1)改質區域為含有 1 或複數個龜裂之龜裂區域的情形

以聚光點對準加工對象物(例如玻璃、 LiTaO_3 所構成之壓電材料)內部的方式，以聚光點之電場強度 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上且脈衝寬 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件來照射雷射光。這種脈衝光的大小的條件，係能產生多光子吸收且不致對加工對象物的表面造成不必要的損傷，而僅在加工對象物的內部形成龜裂區域。藉此，在加工對象物的內部產生，多光子吸收所造成之光學損傷現象。該光學損傷會在加工對象物的內部誘發熱應變，而在加工對象物的內部形成龜裂區域。電場強度之上限值例如為 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 。脈衝寬較佳為例如 $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ 。利用多光子吸收來形成龜裂區域，例如記載於第 45 次雷射熱加工研究會論文集(1998 年 12 月)的第 23 頁~第 28 頁的「利用固態雷射高次諧波之玻璃基板的內部標記」。

本案發明人，係經由實驗求出電場強度和龜裂大小的關係。實驗條件如下。

(A)加工對象物：Pyrex(登記商標)玻璃(厚 $700\mu\text{m}$)

(B)雷射

光源：半導體雷射激發 Nd：YAG 雷射

波長： 1064nm

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

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

雷射光品質： TEM_{00}

偏光特性：直線偏光

(C)聚光用透鏡

對雷射光波長之透過率： 60%

(D)載置加工對象物之載置台之移動速度： $100\text{mm}/\text{秒}$

雷射光品質為 TEM_{00} 是指，高聚光性而能進行雷射光的波長程度之聚光。

第 7 圖顯示上述實驗的結果。橫軸為峰值功率密度，由於雷射光為脈衝雷射光，故電場強度用峰值功率密度代表。縱軸為 1 脈衝的雷射光形成於加工對象物的內部之龜裂部分(龜裂點)的大小。龜裂點之集成為龜裂區域。龜裂點的大小，係龜裂點的形狀中長度最長的部分之大小。圖中實心圓代表的數據，為聚光用透鏡(C)的倍率 100 倍、數值孔徑(NA)0.80 的情形。另一方面，圖中空心圓代表的數據，為聚光用透鏡(C)的倍率 50 倍、數值孔徑

(NA)0.55 的情形。根據第 7 圖可知，由峰值功率密度 $10^{11}(\text{W}/\text{cm}^2)$ 程度起，在加工對象物的內部會發生龜裂點，隨著峰值功率密度變大，龜裂點也會變大。

其次，關於形成龜裂區域來進行加工對象物的切斷之機制，參照第 8 圖～第 11 圖來做說明。如第 8 圖所示，在產生多光子吸收的條件下，以聚光點 P 對準加工對象物 1 的內部的方式照射雷射光 L，俾沿著切斷預定線在內部形成龜裂區域 9。龜裂區域 9 係含有 1 或複數個龜裂之區域。如此般形成之龜裂區域 9 係成為切斷起點區域。如第 9 圖所示，以龜裂區域 9 為起點(亦即以切斷起點區域為起點)龜裂會進一步成長，如第 10 圖所示，龜裂會到達加工對象物 1 的表面 3 和背面 21，如第 11 圖所示，加工對象物 1 會分裂開而完成加工對象物 1 之切斷。到達加工對象物 1 的表面 3 和背面 21 之龜裂，可能是自然進行成長，也可能是對加工對象物 1 施加力量而使其成長。

(2)改質區域為熔融處理區域的情形

以聚光點對準加工對象物(例如矽等的半導體材料)內部的方式，以聚光點之電場強度 $1 \times 10^8(\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上且脈衝寬 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件來照射雷射光。藉此在加工對象物的內部，會因多光子吸收而產生局部加熱。利用該加熱會在加工對象物的內部形成熔融處理區域。熔融處理區域是包含：一旦熔融後再固化的區域，處於熔融狀態的區域，從熔融狀態變成再固化狀態的區域而產生變相化或結晶構造

變化的區域。熔融處理區域也包含：在單結晶構造、非晶質構造、多結晶構造下，某個構造變成其他構造之區域。例如代表著：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的區域，從單結晶構造變化成包含非晶質構造及多結晶構造的區域。當加工對象物為矽單結晶構造的情形，熔融處理區域例如為非晶質矽構造。電場強度之上限值例如為 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 。脈衝寬較佳為例如 $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ 。

本案發明人，係經由實驗確認出在矽晶圓的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 $350 \mu\text{m}$ ，外徑 4 吋)

(B)雷射

光源：半導體雷射激發 Nd:YAG 雷射

波長：1064nm

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

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率：100kHz

脈衝寬：30ns

輸出：20mJ/脈衝

雷射光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C)聚光用透鏡

倍率：50 倍

N.A.：0.55

對雷射光波長之透過率：60%

(D)載置加工對象物之載置台之移動速度：100mm/秒

第 12 圖顯示以上述條件之雷射加工進行切斷後之矽晶圓的一部分之截面照片。在矽晶圓 11 的內部形成有熔融處理區域 13。上述條件所形成之熔融處理區域 13 之厚度方向大小為 $100\ \mu\text{m}$ 左右。

接著說明該熔融處理區域 13 係利用多光子吸收所形成出。第 13 圖顯示雷射光的波長和矽基板內部的透過率之關係。然而，係將矽基板表面側和背面側的反射成分除去，而顯示內部單獨的透過率。針對矽基板的厚度為 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ 、 $1000\ \mu\text{m}$ 的情形，分別顯示上述關係。

例如在 Nd:YAG 雷射波長 1064nm 下，矽基板厚度 $500\ \mu\text{m}$ 以下的情形，可知 80%以上的雷射光可透過矽基板內部。第 12 圖所示之矽晶圓 11 厚度為 $360\ \mu\text{m}$ ，因此多光子吸收所產生之熔融處理區域 13 係形成於矽晶圓 11 之中心附近，亦即和表面距離 $175\ \mu\text{m}$ 的部分。這時之透過率，例如厚度 $200\ \mu\text{m}$ 之矽晶圓為 90%以上，亦即僅有微量的雷射光在矽晶圓 11 內部被吸收，而幾乎全部透過。這代表著，並不是因為在矽晶圓 11 內部吸收雷射光而在矽晶圓 11 內部形成熔融處理區域 13(亦即通常利用雷射光之加熱來形成熔融處理區域)，而是利用多光子吸收來形成熔融處理區域 13。關於利用多光子吸收來形成熔融處理區域，例如記載於熔接學會全國大會演講概要第 66 集

(2000 年 4 月)第 72 頁～第 73 頁之「微微(pico)秒脈衝雷射之矽加工性能評價」。

矽晶圓，係以熔融處理區域所形成之切斷起點區域為起點而朝向截面方向產生龜裂，當該龜裂到達矽晶圓之表面和背面的結果就完成矽晶圓之切斷。到達矽晶圓之表面和背面的龜裂，可能是自然進行成長的，也可能是藉由對矽晶圓施加力量來成長。當龜裂是從切斷起點區域自然成長至矽晶圓的表面和背面的情形，可能是從形成切斷起點區域之熔融處理區域之熔融狀態開始進行龜裂的成長，也可能是在形成切斷起點區域之熔融處理區域從熔融狀態再固化時才開始進行龜裂的成長。然而，不管那個情形，熔融處理區域都只形成在矽晶圓的內部，切斷後之切斷面上，如第 12 圖所示只有內部會形成熔融處理區域。如此般在加工對象物的內部藉由熔融處理區域來形成切斷起點區域，在割斷時，不容易產生偏離切斷起點區域線之不必要的龜裂，因此容易控制割斷作業。附帶一提，熔融處理區域之形成原因，不僅限於多光子吸收的情形，也可能是其他吸收作用所造成。

(3)改質區域為折射率變化區域的情形

以聚光點對準加工對象物(例如玻璃)內部的方式，以聚光點之電場強度 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上且脈衝寬 1ns 以下的條件來照射雷射光。將脈衝寬設定成極短，而在加工對象物的內部產生多光子吸收時，多光子吸收之能量不會轉化

成熱量，而在加工對象物的內部會誘發離子價數變化、結晶化或極化配向等的持續性構造變化，藉此形成折射率變化區域。電場強度之上限值例如為 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 。脈衝寬較佳為例如 1ns 以下，更佳為 1ps 以下。關於利用多光子吸收來形成折射率變化區域，例如記載於第 42 次雷射熱加工研究會論文集(1997 年，11 月)的第 105 頁～第 111 頁之「利用飛秒雷射照射在玻璃內部形成光誘發構造」。

以上係說明多光子吸收所形成的改質區域為(1)～(3)的情形，若考慮晶圓狀的加工對象物之結晶構造及其劈開性等而如下述般形成切斷起點區域，以該切斷起點區域作為起點，能用更小的力量且更高精度地切斷加工對象物。

亦即，矽等的鑽石構造之單結晶半導體所構成的基板的情形，較佳為在沿著(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。此外，在 GaAs 等的閃鋅礦型構造之 III-V 族化合物半導體構成的基板的情形，較佳為在沿著(110)面的方向形成切斷起點區域。另外，在藍寶石(Al_2O_3)等的六方晶系結晶構造的基板的情形，較佳為以(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。

此外，若沿著上述待形成切斷起點區域的方向(例如，單結晶基板之沿著(111)面的方向)、或沿著與待形成切斷起點區域的方向正交的方向，在基板上形成定向平面，以該定向平面為基準，能容易且正確地沿著待形成切斷起點區域的方向形成切斷起點區域。

然後說明本發明之較佳實施形態。

如第 14 圖及第 15 圖所示，加工對象物 1 係具備：所謂 MEMS 晶圓之厚度 $300\ \mu\text{m}$ 的矽晶圓(半導體基板)11、包含複數個功能元件 15 之形成於矽晶圓 11 表面的功能元件層 16、形成於矽晶圓 11 背面之金屬膜 17。功能元件 15，例如為機械要素構件、感測器、致動器、電路等等，係呈陣列狀而沿著與矽晶圓 11 的定向平面 6 平行的方向及垂直的方向形成多數個。金屬膜 17 由金構成，厚度為 $3\ \mu\text{m}$ 。

上述構造之加工對象物 1，係如下述般切斷成各個功能元件 15。首先，如第 16 圖所示，在加工對象物 1 的背面(另一面)21、亦即金屬膜 17 的背面貼合擴展膠帶 23。接著，以功能元件層 16 位於上側的方式，將加工對象物 1 固定於雷射加工裝置之載置台(未圖示)。

接著，如第 17 圖所示，以加工對象物 1 的表面 3、亦即功能元件層 16 的表面作為雷射光入射面，以聚光點(聚光用透鏡)對準和矽晶圓 11 表面距離 $320\ \mu\text{m}$ 的位置(矽晶圓 11 的外部)的方式(假定讓雷射光透過和加工對象物的雷射光入射面(表面 3)相對向之雷射光反射面(金屬膜 17 的表面 17a)的情形，以下相同)來照射雷射光 L，藉由移動載置台，沿著切斷預定線 5(參照第 14 圖的虛線，係以通過相鄰的功能元件 15、15 間的方式設定成格子狀)，進行雷射光 L 之掃描。

這時，在和加工對象物 1 的表面 3 相對向之金屬膜 17

的表面(既定面)17a、亦即金屬膜 17 之雷射光入射側的面會反射雷射光 L，其反射光 RL 會照射於矽晶圓 11，而聚光於矽晶圓 11 內部之極端接近背面 21 處。藉此，在矽晶圓 11 內部之極端接近背面 21 處，會沿著切斷預定線 5 而形成熔融處理區域 13₁ 及微小空洞 14。又這時之雷射光照明條件為脈衝寬 150ns、能量 15 μJ。上述「和矽晶圓 11 的表面距離 320 μm 的位置」，係代表不考慮球面像差等之理論上的「對準聚光點 P 的位置」。

在此說明微小空洞 14。一般，使聚光點對準矽晶圓 11 的內部，以聚光點之峰值功率密度 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上且脈衝寬 1 μs 以下的條件照射雷射光，可在矽晶圓 11 的內部，形成成對之熔融處理區域 13 及微小空洞 14。微小空洞 14，可能和熔融處理區域 13 形成分離，也可能和熔融處理區域 13 形成連續，其在雷射光之行進方向上係形成於熔融處理區域 13 之下游側。在上述的情形，由於微小空洞 14 相對於熔融處理區域 13₁ 係形成於加工對象物 1 的表面 3 側，故反射光有助於熔融處理區域 13₁ 及微小空洞 14 之形成。關於熔融處理區域 13 及微小空洞 14 會成對形成之原理，其詳細說明記載於日本特開 2005-57257 號公報。

接著，如第 18 圖所示，以加工對象物 1 的表面 3 為雷射光入射面，以聚光點 P 對準矽晶圓 11 內部的方式照射雷射光 P，並藉由移動載置台，沿著切斷預定線 5(以通過相鄰的功能元件 15、15 間的方式設定成格子狀)進行雷

射光 L 之掃描。

該沿著切斷預定線 5 進行之雷射光 L 的掃描，係對 1 根切斷預定線 5 進行 5 次，且每次都改變矽晶圓 11 表面和聚光點 P 對準位置的距離，藉此在熔融處理區域 13_1 和矽晶圓 11 的表面之間，沿著切斷預定線 5 形成 5 列的熔融處理區域 13_2 。對於 1 根切斷預定線 5，形成於矽晶圓 11 內部之熔融處理區域 13_2 的列數，可按照矽晶圓 11 的厚度等來改變，並不限於 5 列。此外，熔融處理區域 13_1 、 13_2 ，可能會混合存在有龜裂。

然後，如第 19 圖所示，將擴展膠帶 23 擴展，以熔融處理區域 13_1 、 13_2 及弱化區域 18 為切斷起點，沿著切斷預定線 5 將加工對象物 1 切斷。這時，由於擴展膠帶 23 被擴展開，故切斷所得之複數個半導體晶片 25 會互相分離。

上述雷射加工方法，係藉由第 26 圖所示的雷射加工裝置來實施。如第 26 圖所示，雷射加工裝置 100 係具備：用來射出雷射光 L 之光源 101、使雷射光 L 的光軸方向改變 90° 之分光鏡 103、使雷射光 L 聚光用之聚光用透鏡 105。雷射加工裝置 100 係具備：用來支承加工對象物 1 (經聚光用透鏡 105 聚光後之雷射光 L 之照射對象) 之載置台 107、用來使載置台 107 朝 X、Y、Z 軸方向移動之載台 111、用來控制雷射加工裝置 100 全體之控制部 115 (調節雷射光 L 之輸出、脈衝寬等，控制載台 111 之移動等)。

在該雷射加工裝置 100，從雷射光源 101 射出之雷射

光 L，經由分光鏡 103 將其光軸方向改變 90°後，藉由聚光用透鏡 105 朝向載置台 107 上所載置之加工對象物 1 進行聚光。在此同時，使載台 111 移動，而相對於雷射光 L，使加工對象物 1 沿著切斷預定線 5 進行相對移動。藉此，沿著切斷預定線 5，在加工對象物 1 形成作為切斷起點之改質區域。

如以上所說明，在上述雷射加工方法，係將被金屬膜 17 的表面 17a(和加工對象物 1 之作為雷射光入射面的表面 3 相對向)反射後之雷射光 L 的反射光 RL 照射於矽晶圓 11，以在 6 列的熔融處理區域 13₁、13₂ 中，形成最靠近金屬膜 17 的表面 17a 之熔融處理區域 13₁。如此般，如第 20 圖所示，可讓熔融處理區域 13₁ 形成極接近金屬膜 17 的表面 17a。當矽晶圓 11 的厚度沿著切斷預定線 5 產生變化的情形，或矽晶圓 11 屬於高濃度摻雜晶圓等而造成雷射光 L 透過率低的情形等，要在表面 17a 附近且在同樣高度的位置沿著切斷預定線 5 來形成熔融處理區域 13₁ 雖很困難，但如此般利用反射光 RL 來形成最靠近金屬膜 17 的表面 17a 之熔融處理區域 13₁，即可沿著切斷預定線 5 在極接近金屬膜 17 的表面 17a 處，以高密度來穩定地形成熔融處理區域 13₁。因此，在將加工對象物 1 切斷時，能防止切斷面之背面 21 側的端部偏離切斷預定線 5，而能沿著切斷預定線 5 將加工對象物 1 予以高精度的切斷。

在利用被金屬膜 17 的表面 17a 反射後的雷射光 L 之反射光 RL 的情形，針對可讓熔融處理區域 13₁ 形成極接

近金屬膜 17 的表面 17a 之原理，在此作說明。

本案發明人推測之第 1 原理如下所述。如第 21 圖所示，若以聚光點 P 對準矽晶圓 11 之背面、亦即金屬膜 17 的表面 17a 附近的方式來照射雷射光 L，基於球面像差的影響，中心光線和周圍光線的聚光度會變差，各光線無法聚光於同一點，各光線、特別是周圍光線之聚光部位會在雷射光 L 的光軸方向產生偏差。金屬膜 17 的表面 17a 下方進行聚光的光線聚光部位，利用金屬膜 17 的表面 17a 之反射，會將在金屬膜 17 的表面 17a 上方進行聚光的光線聚光部位加以補強。因此，沿著切斷預定線 5，熔融處理區域 131 會以高密度形成於極接近金屬膜 17 的表面 17a 處。在不考慮球面像差下，理論上，熔融處理區域 131 應形成於聚光點的位置(矽晶圓 11 的背面上)，而受到反射的影響，熔融處理區域 131 的形成位置會朝上側移動。

本案發明人所推測之第 2 原理如下所述。如第 22(a) 圖所示，若將聚光用透鏡配置成聚光點位於矽晶圓 11 的外部，亦即以聚光點對準金屬膜 17 的表面 17a 下的方式照射雷射光 L，金屬膜 17 的表面 17a 會反射雷射光 L，其反射光 RL 會聚光於矽晶圓 11 的內部。在被金屬膜 17 的表面 17a 反射前，由於聚光度低，雷射光 L 幾乎不會被矽晶圓 11 吸收，故在反射光 RL 之聚光點 P 的位置會形成局部高溫。因此，基於吸收係數之溫度依存性，在聚光點 P 的位置吸收係數增高，因此以反射光 RL 之聚光點 P 的位置為基準，在反射光 RL 的行進方向上之聚光點 P 的上游

側(反射表面 17a 側)反射光 RL 容易被吸收。結果，沿著切斷預定線 5，在極接近金屬膜 17 的表面 17a 處形成高密度的熔融處理區域 13₁(亦即，高分割性的改質區域)。

另外，如第 22(b)圖所示，若將聚光點 P 對準矽晶圓 11 的內部、亦即金屬膜 17 的表面 17a 上來照射雷射光 L，連聚光點 P 上側的位置的溫度也會變高。因此，基於吸收係數之溫度依存性，在聚光點 P 的上側位置吸收係數增高，而開始進行雷射光 L 之吸收。如此一來，在雷射光 L 的行進方向上行進至聚光點 P 附近之雷射光 L 減少，聚光點 P 的上側部分，沿著雷射光 L 之光軸會形成局部高溫。因此，基於吸收係數之溫度依存性，在聚光點 P 的上側部分吸收係數增高，而進行雷射光 L 之吸收。結果，由於可用來形成熔融處理區域 13 之雷射光 L 的能量減少，沿著切斷預定線 5，在比金屬膜 17 的表面 17a(的附近)若干上側的位置，會形成低密度的熔融處理區域 13。據推測其原因在於：在較厚的晶圓，相對於雷射光入射面，在越深入的位置吸收的影響越大，故雷射光的能量減少而會超過加工臨限值，如此將無法忽視溫度依存的影響。

本發明並不限於上述實施形態。

例如，在上述實施形態，係將被金屬膜 17 的表面 17a 反射後之雷射光 L 的反射光 RL 照射於矽晶圓 11，以在極接近金屬膜 17 的表面 17a 處形成熔融處理區域 13₁，但如第 23 圖及第 24 圖所示，也能在極接近加工對象物 1 的表面 3 處形成熔融處理區域 13₁。這時，係以加工對象物 1

的表面 3 作為雷射光入射面，以聚光點對準和矽晶圓 11 的表面距離 $600 \mu\text{m}$ 的位置(矽晶圓 11 的外部)之方式，用脈衝寬 150ns 、能量 $15 \mu\text{J}$ 的條件來照射雷射光 L。藉此，能防止起因於上述吸收係數之溫度依存性而造成加工對象物 1 的表面 3 遭受熔融等的損傷，而能在極接近加工對象物 1 的表面 3 處形成熔融處理區域 13_1 。且在切斷加工對象物 1 時，能防止切斷面的表面 3 側的端部偏離切斷預定線 5，而沿著切斷預定線 5 將加工對象物 1 予以高精度的切斷。

另外，除了最靠近金屬膜 17 的表面 17a 之熔融處理區域 13、最靠近加工對象物 1 的表面 3 之熔融處理區域 13 以外，利用被金屬膜 17 的表面 17a 反射後之雷射光 L 的反射光 RL 也能形成：複數列的熔融處理區域 13 中，包含最靠近金屬膜 17 的表面 17a 之熔融處理區域 13 以及最靠近加工對象物 1 的表面 3 之熔融處理區域 13 中至少 1 列之複數列的熔融處理區域 13。

另外，如第 25 圖所示，在形成最靠近金屬膜 17 的表面 17a 之熔融處理區域 13 的同時，可在加工對象物 1 的背面 21，沿著切斷預定線 5 形成具有既定深度之弱化區域 18。這時，係以加工對象物 1 的表面 3 作為雷射光入射面，以聚光點對準和矽晶圓 11 的表面距離 $305 \mu\text{m}$ 的位置(矽晶圓 11 的外部)之方式，用脈衝寬 150ns 、能量 $15 \mu\text{J}$ 的條件來照射雷射光 L。這時，雖然加工對象物 1 的背面 2 為金屬膜 17 的背面，但即使是這種情形，仍能沿著切斷

預定線 5 在金屬膜 17 形成具有既定深度之弱化區域 18，因此能用較小的外力，沿著切斷預定線 5 將加工對象物 1 予以高精度地切斷。且由於熔融處理區域 13₁ 是形成於矽晶圓 11 的內部，故能防止來自熔融處理區域 13₁ 之粒子發生。

在上述實施形態，雷射光 L 反射面為金屬膜 17 的表面 17a，但加工對象物 1 也能不具備金屬膜 17，例如雷射光 L 反射面可為矽晶圓 11 之背面。這時，雷射光 L 是被矽晶圓 11 背面予以部分反射，而將其反射光 RL 照射於矽晶圓 11。又功能元件 15，例如也能使用：結晶成長所形成之半導體動作層、光二極體等的受光元件、雷射二極體等的發光元件、或以電路的形態形成之電路元件等等。

另外，在上述實施形態，係以加工對象物 1 的表面 3 作為雷射光入射面，但在加工對象物 1 不具備金屬膜 17 的情形，也能以加工對象物 1 的背面 21 作為雷射光入射面。在以加工對象物 1 的背面 21 作為雷射光入射面的情形，例如係如下所述般將加工對象物 1 切斷成複數個半導體晶片 25。亦即，在功能元件層 16 的表面貼合保護膠帶，在用保護膠帶保護功能元件層 16 的狀態下，將保持著加工對象物 1 之保護膠帶固定於雷射加工裝置之載置台。接著，以加工對象物 1 的背面 21 作為雷射光入射面，對矽晶圓 11 照射雷射光 L，藉此沿著切斷預定線 5 來形成熔融處理區域 13₁、13₂。接著，使保護膠帶和加工對象物 1 一起離開載置台。然後，在加工對象物 1 的背面 21 貼合

擴展膠帶 23，從功能元件層 16 的表面剝離保護膠帶後，將擴展膠帶 23 擴展，以熔融處理區域 13_1 、 13_2 作為切斷起點而將加工對象物 1 沿著切斷預定線 5 切斷，並使切斷所得之複數個半導體晶片 25 互相分離。

又在上述實施形態，雖是在矽晶圓 11 的內部形成熔融處理區域 13_1 、 13_2 ，但也能在玻璃或壓電材料等其他材料所構成之晶圓內部，形成龜裂區域、折射率變化區域等之其他的改質區域。

另外，也能如下所述在加工對象物 1 形成改質區域 7。首先，如第 27(a)圖所示，以聚光點 P 對準和加工對象物 1 的雷射光入射面(表面 3)相對向之雷射光反射面(背面 21)附近的位置之方式，照射雷射光 L 以形成改質區域 7a。之後，如第 27(b)圖所示，假定雷射光可透過雷射光反射面的情形，以聚光點 P 對準雷射光 L 行進方向上的雷射光反射面之下游側(對於雷射光反射面，係與雷射光源(雷射光入射面)之相反側)的方式，照射雷射光 L，利用其反射光 RL 來形成改質區域 7b。如此般，藉由重疊形成改質區域 7a 和改質區域 7b，以在加工對象物 1 形成高密度(亦即，分割性高)之改質區域 7。

藉由對加工對象物 1 照射雷射光 L，除沿著 1 根切斷預定線 5，以在加工對象物 1 的厚度方向並排的方式在加工對象物 1 的至少內部形成複數列的改質區域 7 的情形以外，也能沿著 1 根切斷預定線 5，而在加工對象物 1 之至少內部形成 1 列的改質區域 7。

依據本發明，具有良好的控制性，而能讓最靠近既定面之改質區域形成極接近既定面，又能讓最靠近雷射光入射面之改質區域形成極接近雷射光入射面。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係本實施形態之雷射加工方法之雷射加工中的加工對象物之俯視圖。

第 2 圖係第 1 圖所示的加工對象物之 II-II 線之截面圖。

第 3 圖係本實施形態之雷射加工方法之雷射加工後的加工對象物之俯視圖。

第 4 圖係第 3 圖所示的加工對象物之 IV-IV 線之截面圖。

第 5 圖係第 3 圖所示的加工對象物之 V-V 線之截面圖。

第 6 圖係藉由本實施形態之雷射加工方法切斷後之加工對象物的俯視圖。

第 7 圖係顯示本實施形態之雷射加工方法之峰值功率密度和龜裂點大小的關係。

第 8 圖係本實施形態之雷射加工方法之第 1 步驟的加工對象物之截面圖。

第 9 圖係本實施形態之雷射加工方法之第 2 步驟的加工對象物之截面圖。

第 10 圖係本實施形態之雷射加工方法之第 3 步驟的

加工對象物之截面圖。

第 11 圖係本實施形態之雷射加工方法之第 4 步驟的加工對象物之截面圖。

第 12 圖係藉由本實施形態之雷射加工方法切斷後之矽晶圓的一部分之截面相片。

第 13 圖係顯示本實施形態之雷射加工方法之雷射光的波長和矽基板內部的透過率之關係。

第 14 圖係本實施形態之雷射加工方法的對象之加工對象物的俯視圖。

第 15 圖係第 14 圖之 XV-XV 線之局部截面圖。

第 16 圖係用來說明本實施形態的雷射加工方法之加工對象物的局部截面圖。

第 17 圖係用來說明本實施形態的雷射加工方法之加工對象物的局部截面圖。

第 18 圖係用來說明本實施形態的雷射加工方法之加工對象物的局部截面圖。

第 19 圖係用來說明本實施形態的雷射加工方法之加工對象物的局部截面圖。

第 20 圖係第 14 圖之 XX-XX 線之局部截面圖。

第 21 圖係用來說明本實施形態的雷射加工方法的第 1 原理之圖。

第 22 圖係用來說明本實施形態的雷射加工方法的第 2 原理之圖。

第 23 圖係用來說明本實施形態的其他雷射加工方法

之加工對象物的局部截面圖。

第 24 圖係第 14 圖之 XX-XX 線之局部截面圖。

第 25 圖係第 14 圖之 XX-XX 線之局部截面圖。

第 26 圖係本實施形態的雷射加工裝置之概略構成圖

。

第 27 圖係用來說明本實施形態的其他雷射加工方法之加工對象物的局部截面圖。

【主要元件符號說明】

1：加工對象物

3：表面(雷射光入射面)

5：切斷預定線

11：矽晶圓(半導體基板)

13₁、13₂：熔融處理區域(改質區域)

17：金屬膜

17a：表面(既定的面)

L：雷射光

RL：反射光

五、中文發明摘要

發明之名稱：雷射加工方法及雷射加工裝置

將被金屬膜 17 的表面 17a(和加工對象物 1 之作爲雷射光入射面的表面 3 相對向)反射之雷射光 L 的反射光照射於矽晶圓 11，以形成 6 列的熔融處理區域 13₁、13₂ 中最靠近金屬膜 17 的表面 17a 之熔融處理區域 13₁。藉此，能使熔融處理區域 13₁ 形成極接近金屬膜 17 的表面 17a。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

十、申請專利範圍

1.一種雷射加工方法，係對板狀的加工對象物照射雷射光，藉此沿著前述加工對象物之切斷預定線，以在前述加工對象物的厚度方向並排的方式，於前述加工對象物的內部形成作為切斷起點之複數列的改質區域之雷射加工方法，其特徵在於：

將被既定面(和前述加工對象物之供雷射光入射之雷射光入射面相對向)反射後之雷射光的反射光照射於前述加工對象物，以在複數列的前述改質區域中，形成包含最靠近前述既定面的改質區域及最靠近前述雷射光入射面之改質區域中至少 1 列之 1 列或複數列的改質區域。

2.如申請專利範圍第 1 項記載之雷射加工方法，其中，前述既定面，係前述加工對象物所具備之金屬膜之前述雷射光入射面側的面。

3.如申請專利範圍第 1 項記載之雷射加工方法，其中，以複數列之前述改質區域作為切斷起點，沿著前述切斷預定線將前述加工對象物切斷。

4.如申請專利範圍第 1 項記載之雷射加工方法，其中，前述加工對象物係具備半導體基板，前述改質區域係包含熔融處理區域。

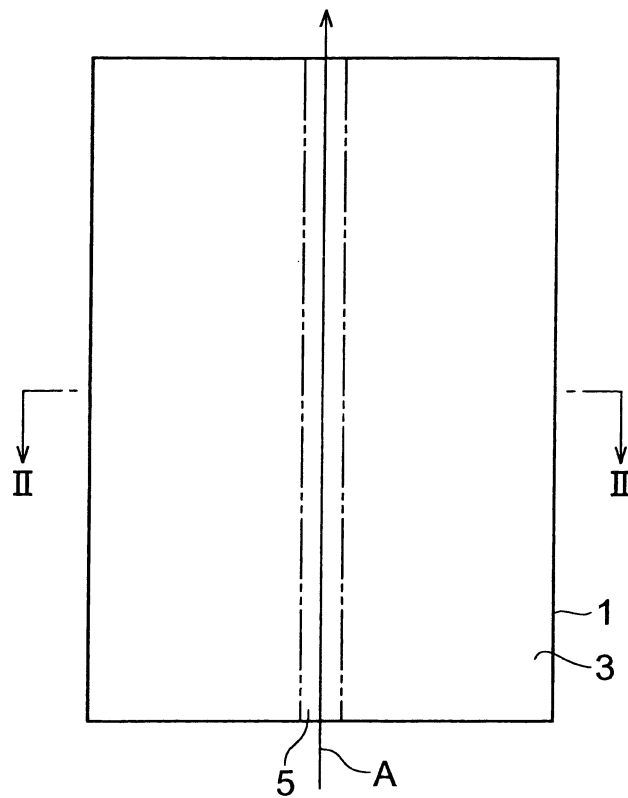
5.一種雷射加工方法，係對板狀的加工對象物照射雷射光，藉此沿著前述加工對象物之切斷預定線，於前述加工對象物的內部形成作為切斷起點之改質區域之雷射加工方法，其特徵在於：

假定雷射光可透過和前述加工對象物的雷射光入射面相對向之雷射光反射面的情形，以雷射光的行進方向上前述雷射光反射面之下游側的位置，成爲聚光用透鏡(用來將雷射光聚光於前述加工對象物)所聚光之雷射光的聚光點的方式，配置前述聚光用透鏡，並對前述加工對象物照射雷射光，藉此在前述加工對象物之至少內部形成前述改質區域。

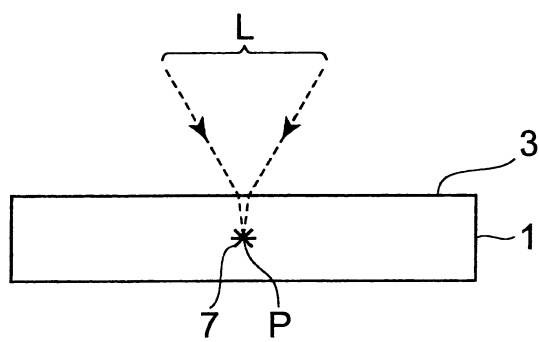
6.一種雷射加工裝置，係對板狀的加工對象物照射雷射光，藉此沿著前述加工對象物之切斷預定線，於前述加工對象物的內部形成作爲切斷起點之改質區域之雷射加工裝置，其特徵在於：係具備控制部；

該控制部，假定雷射光可透過和前述加工對象物的雷射光入射面相對向之雷射光反射面的情形，係以雷射光的行進方向上前述雷射光反射面之下游側的位置，成爲聚光用透鏡(用來將雷射光聚光於前述加工對象物)所聚光之雷射光的聚光點的方式，配置前述聚光用透鏡，並對前述加工對象物照射雷射光，藉此在前述加工對象物之至少內部形成前述改質區域。

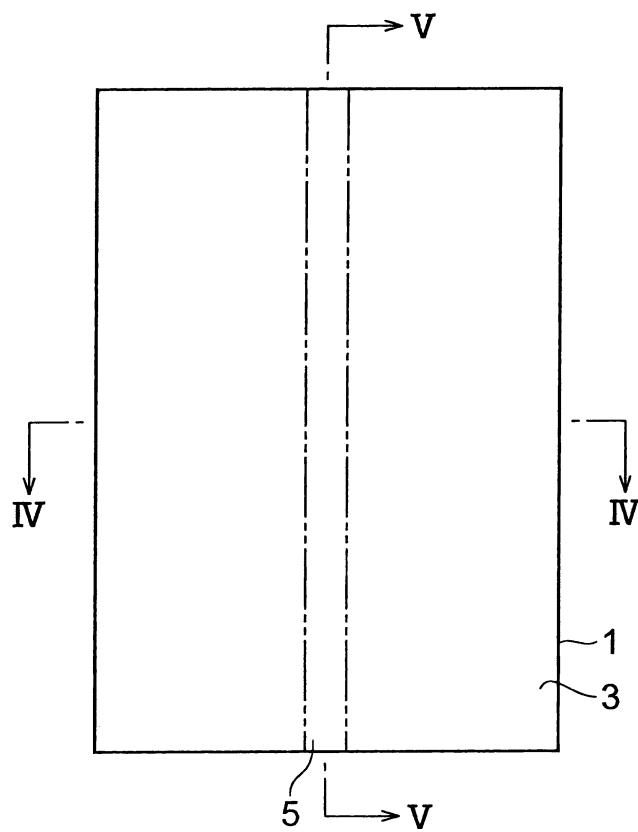
第1圖



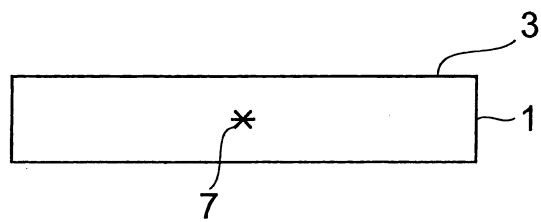
第2圖



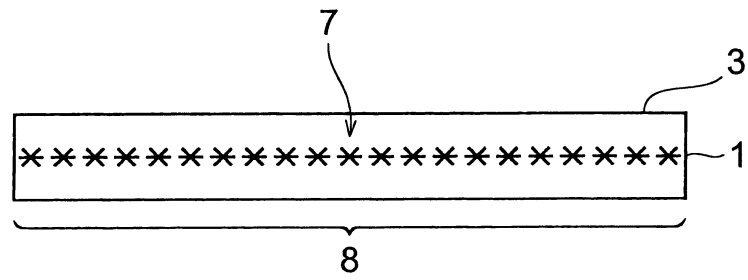
第3圖



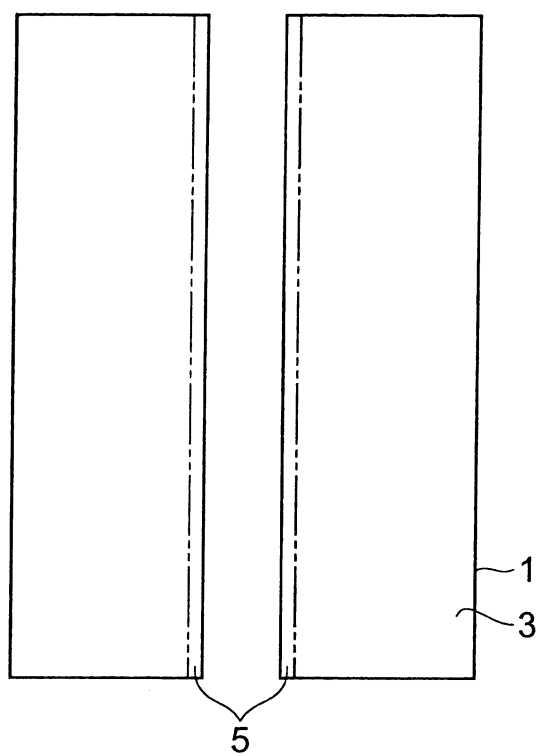
第4圖



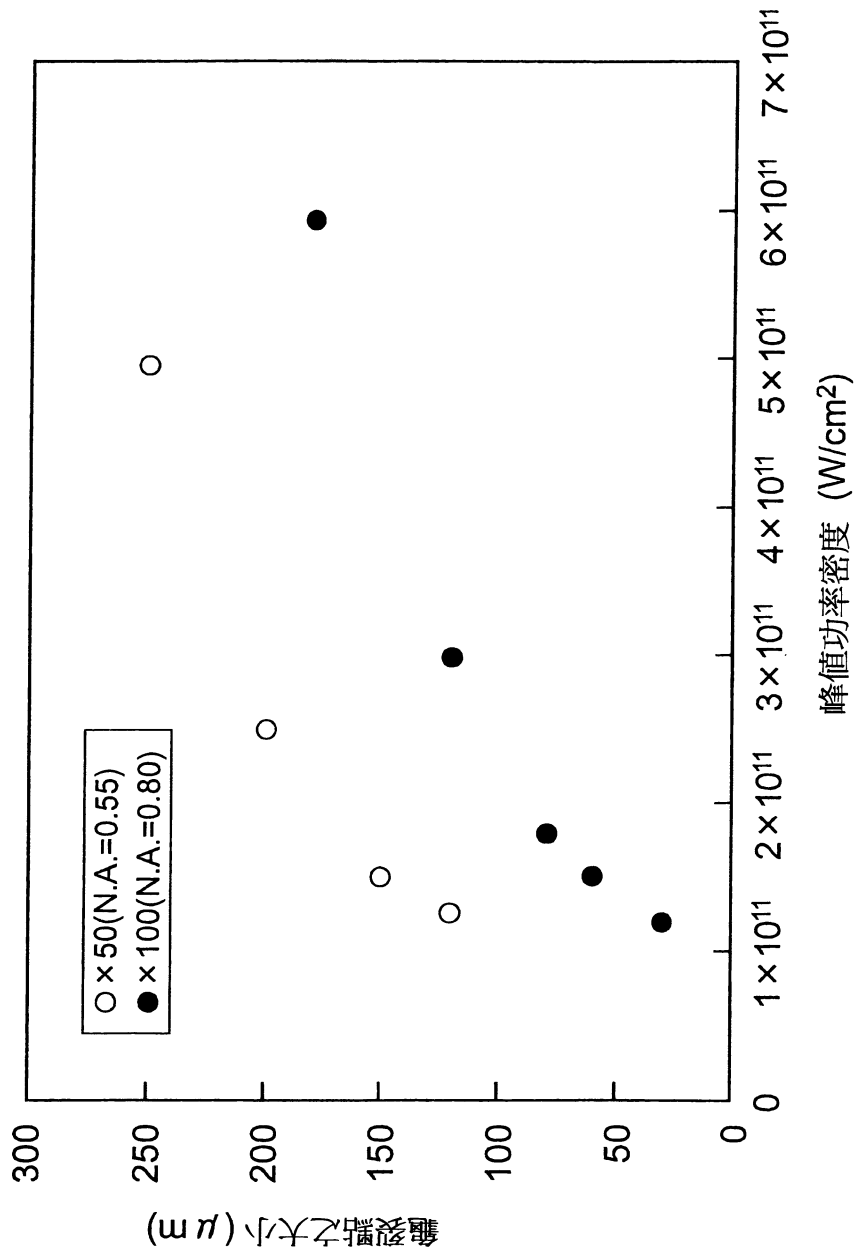
第5圖



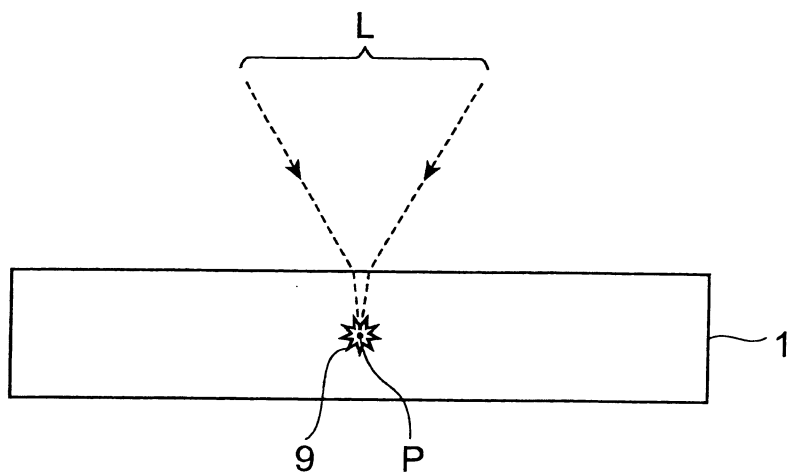
第6圖



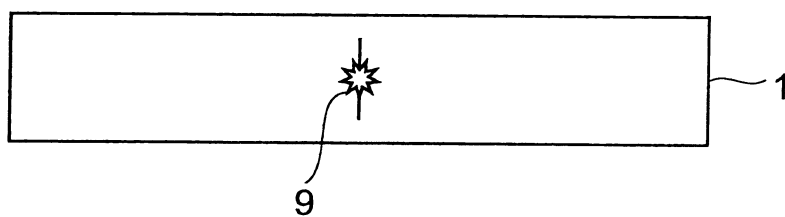
第7圖



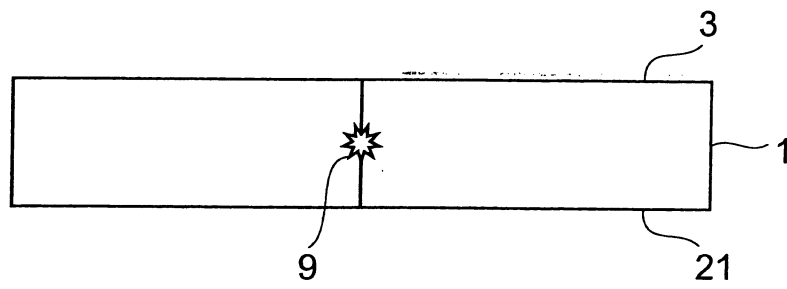
第8圖



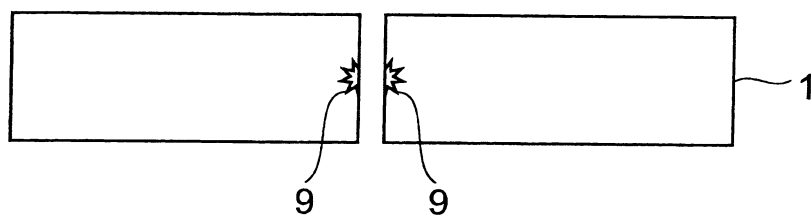
第9圖



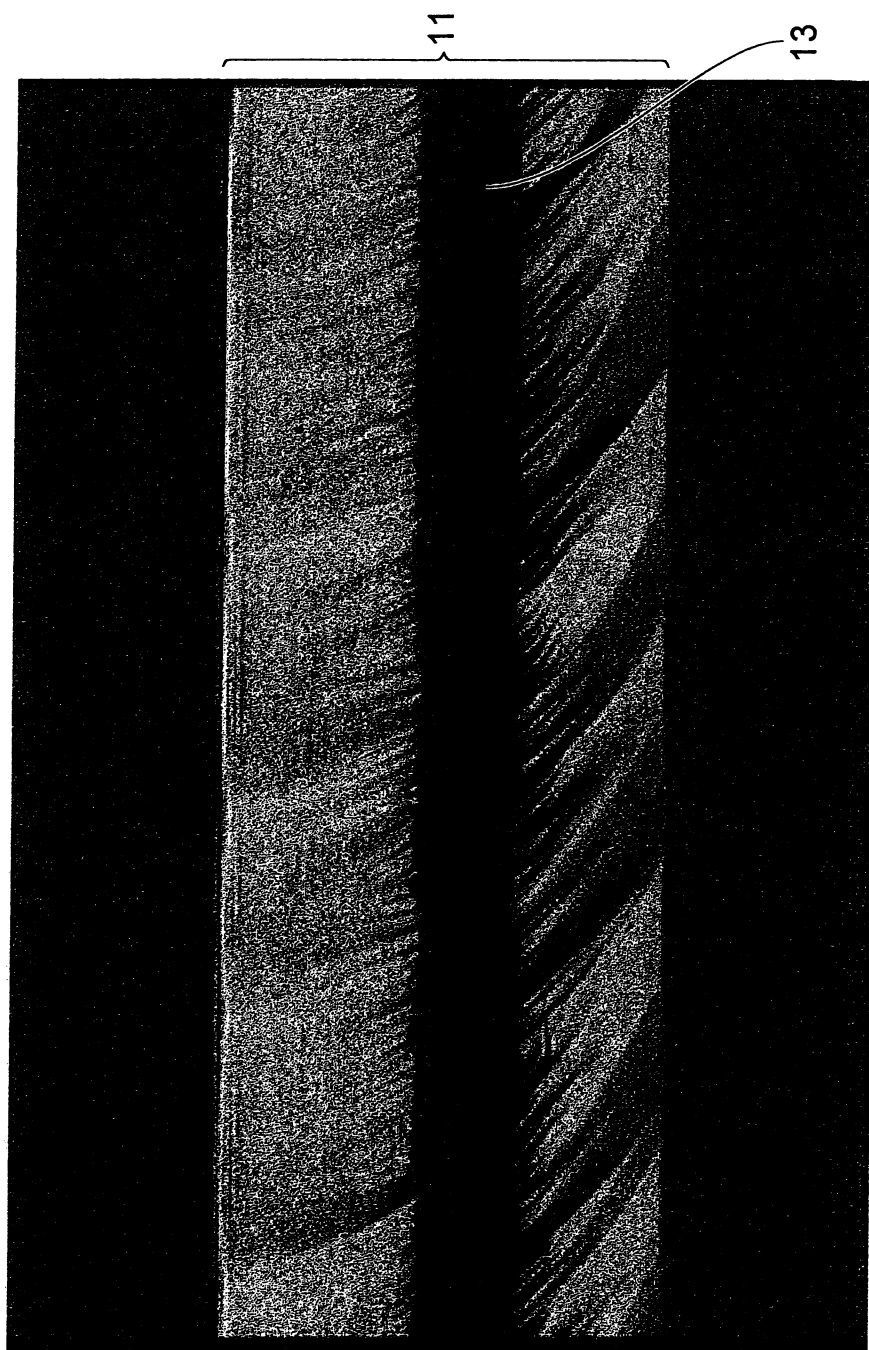
第10圖



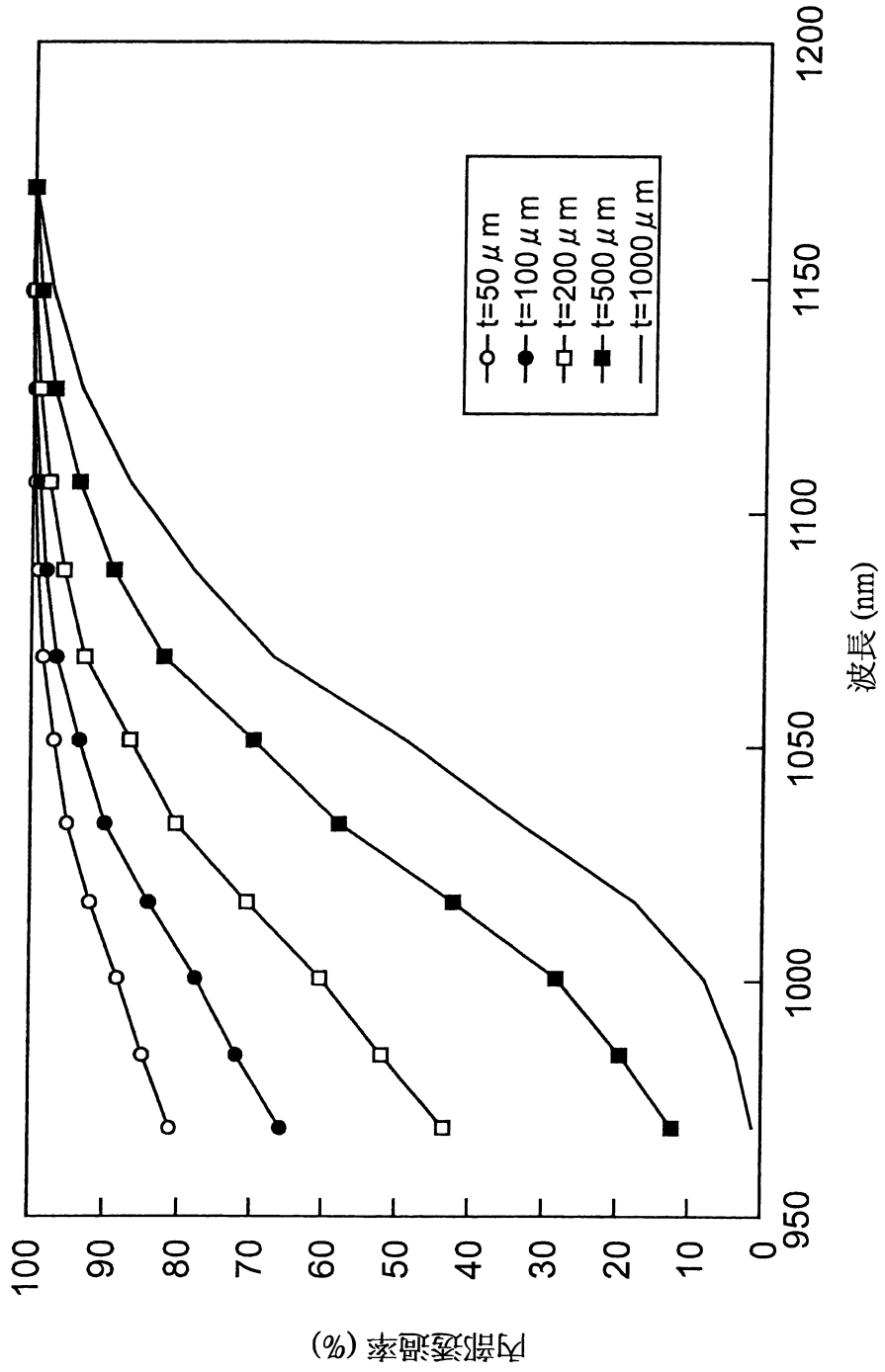
第11圖



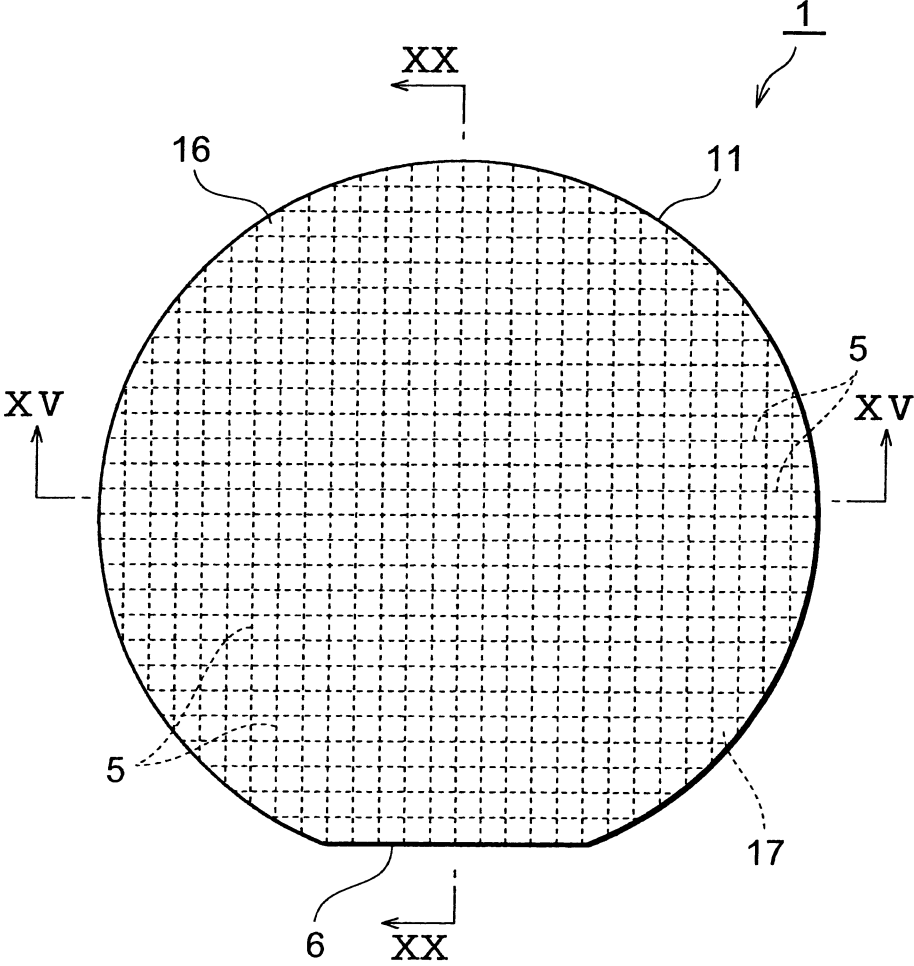
第12圖



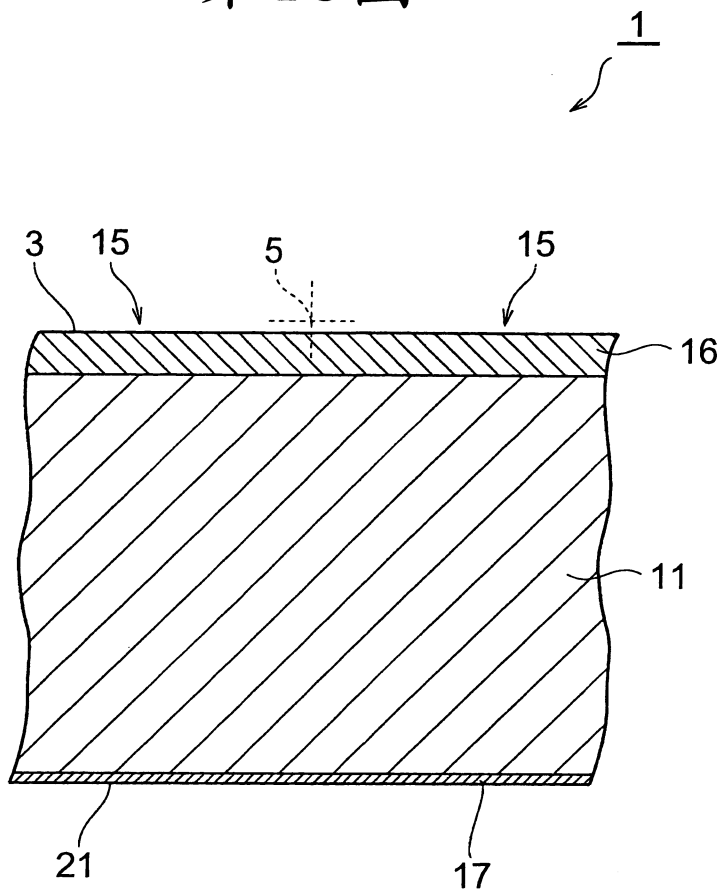
第13圖



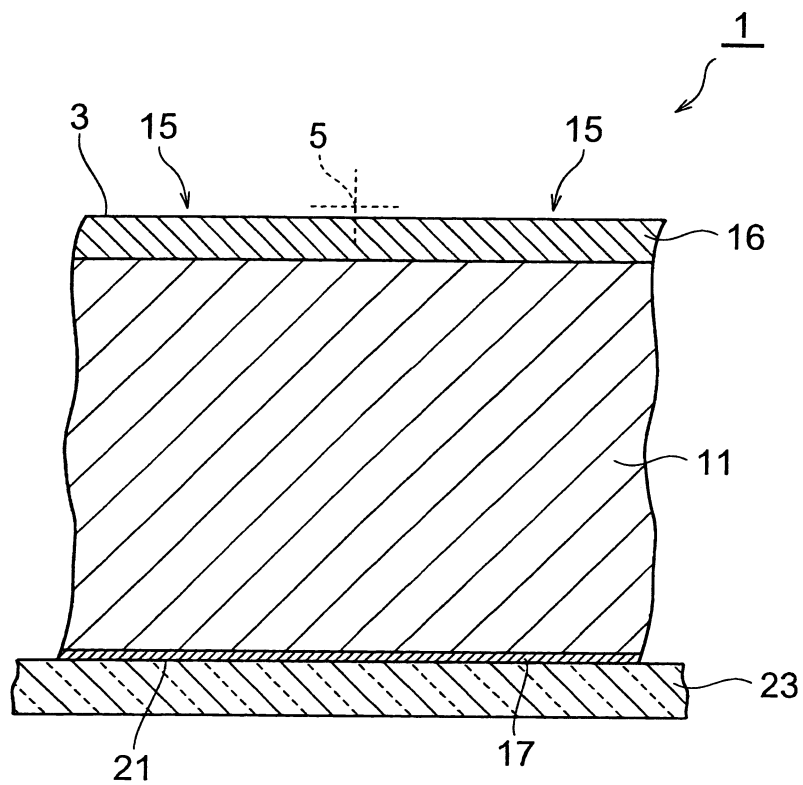
第14圖



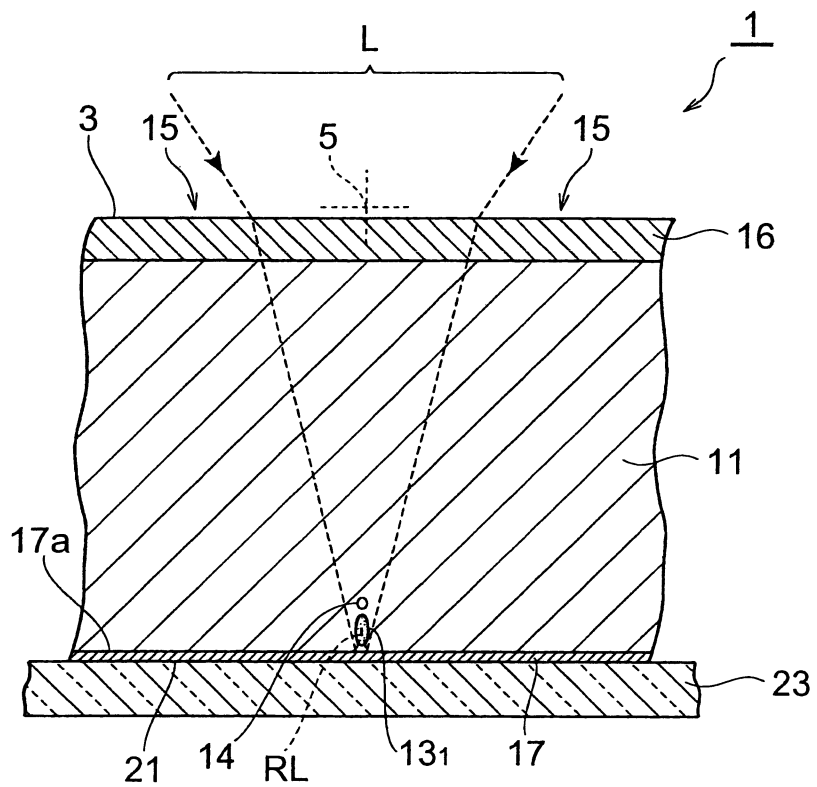
第15圖



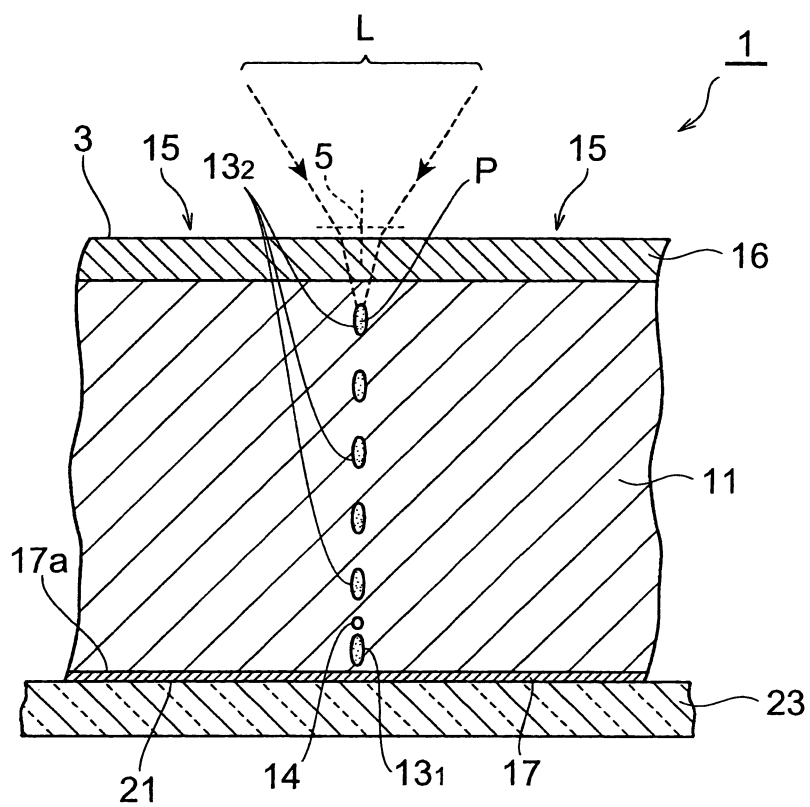
第16圖



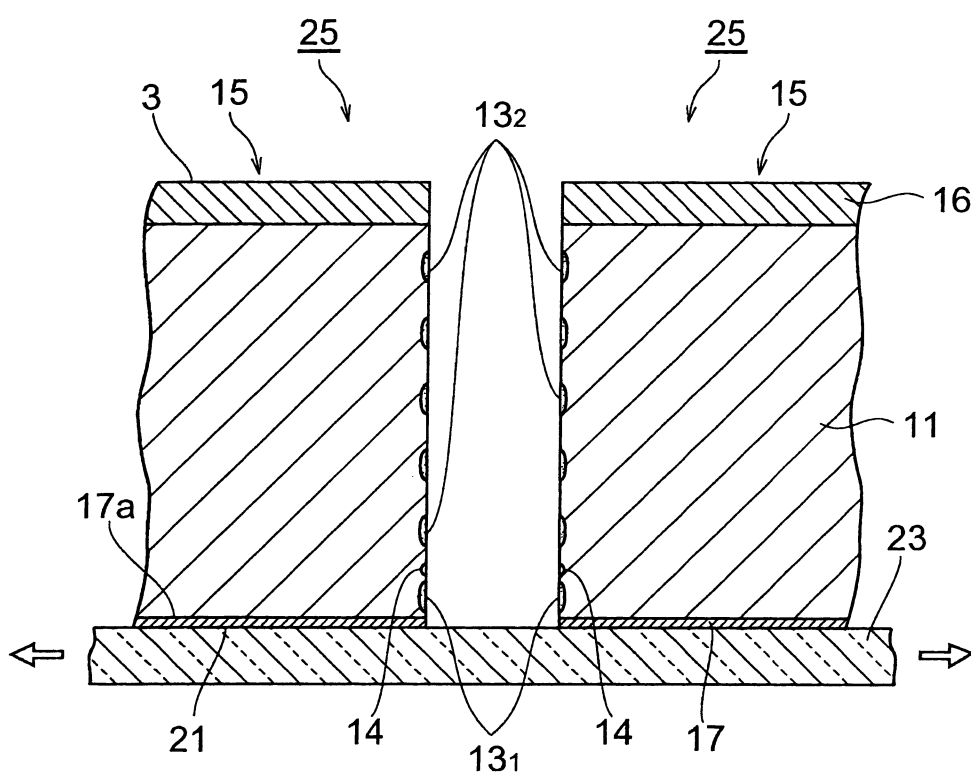
第17圖



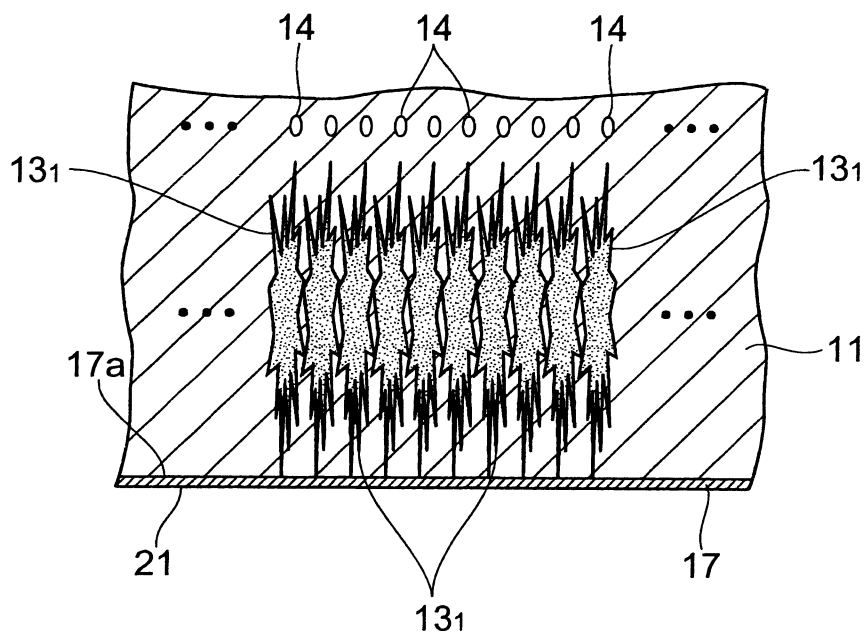
第18圖



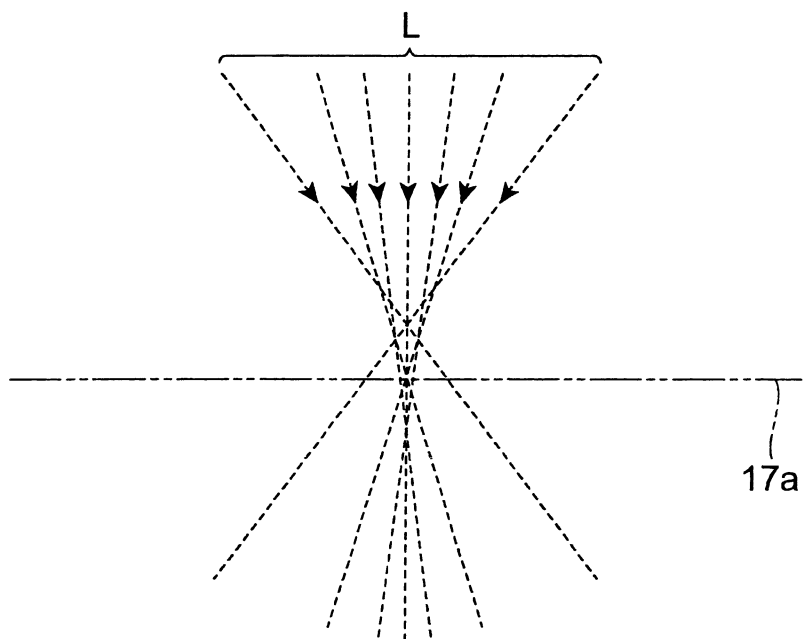
第19圖



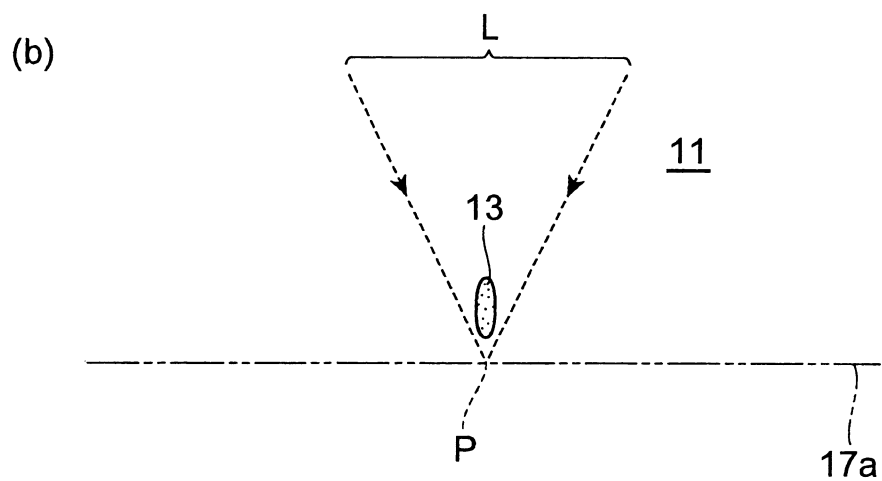
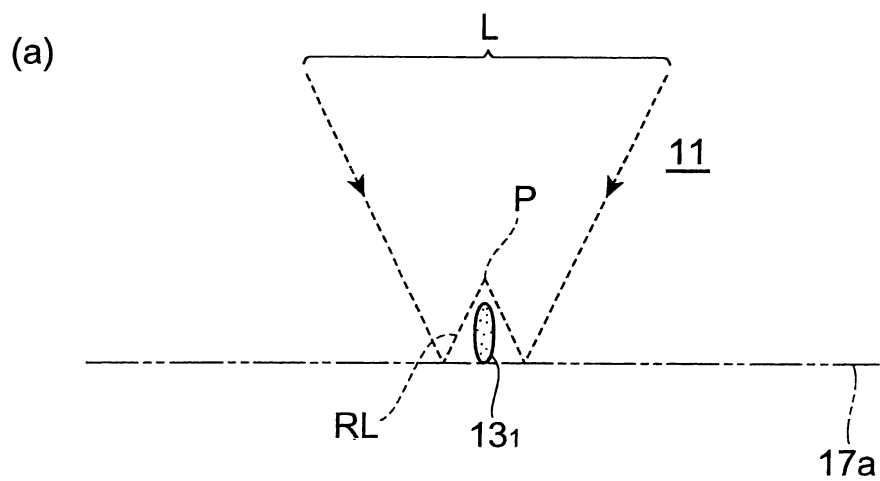
第20圖



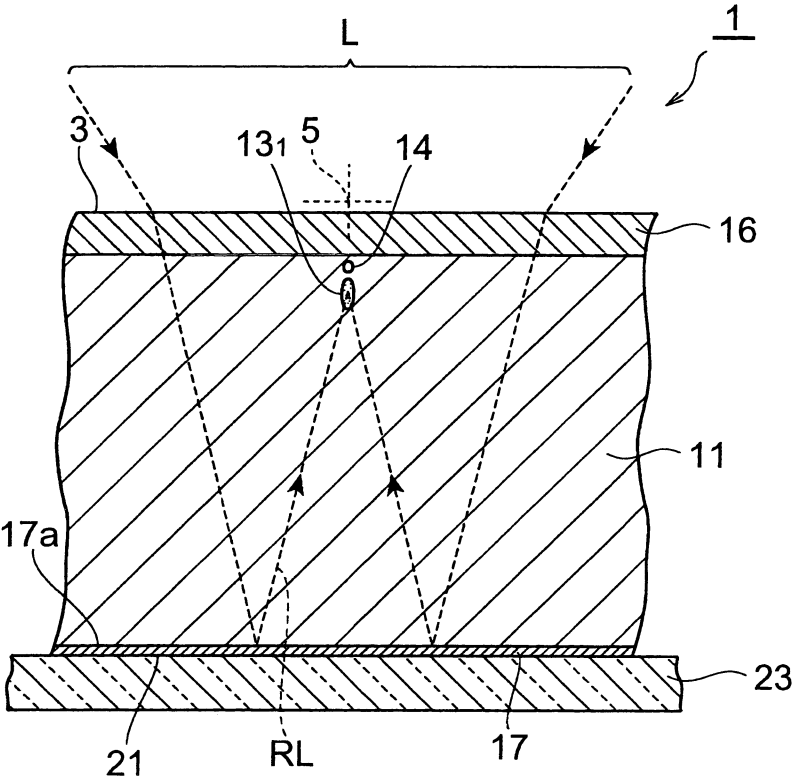
第21圖



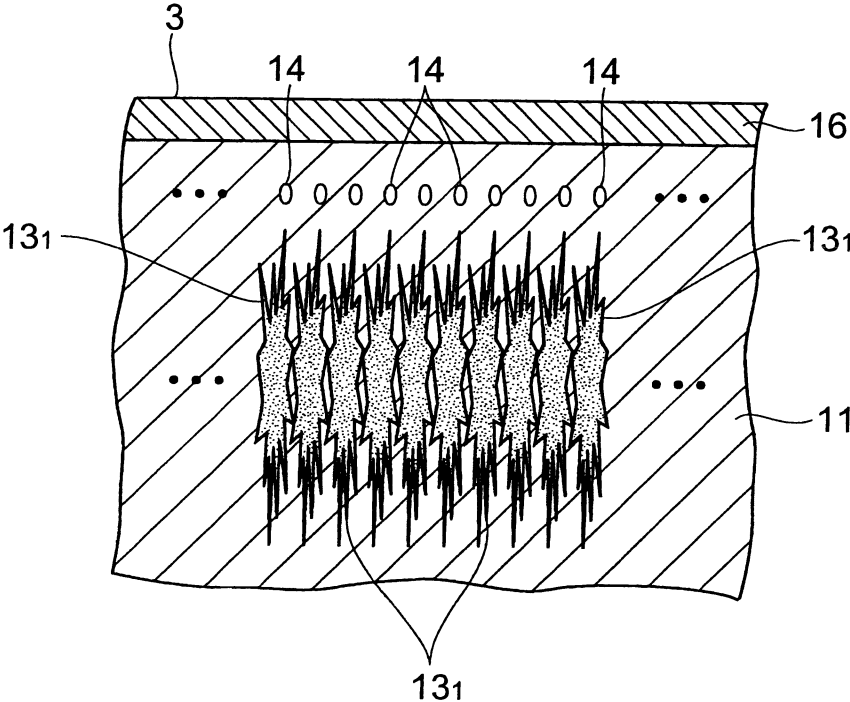
第22圖



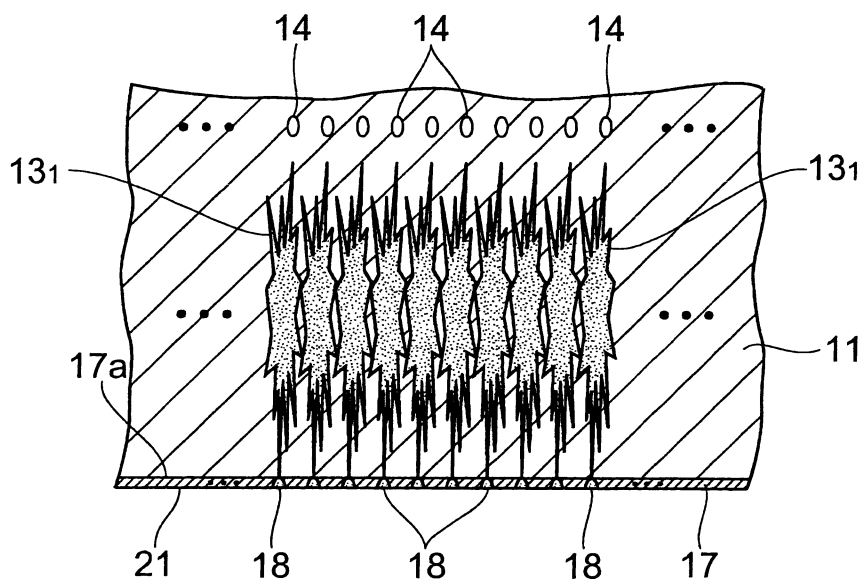
第23圖



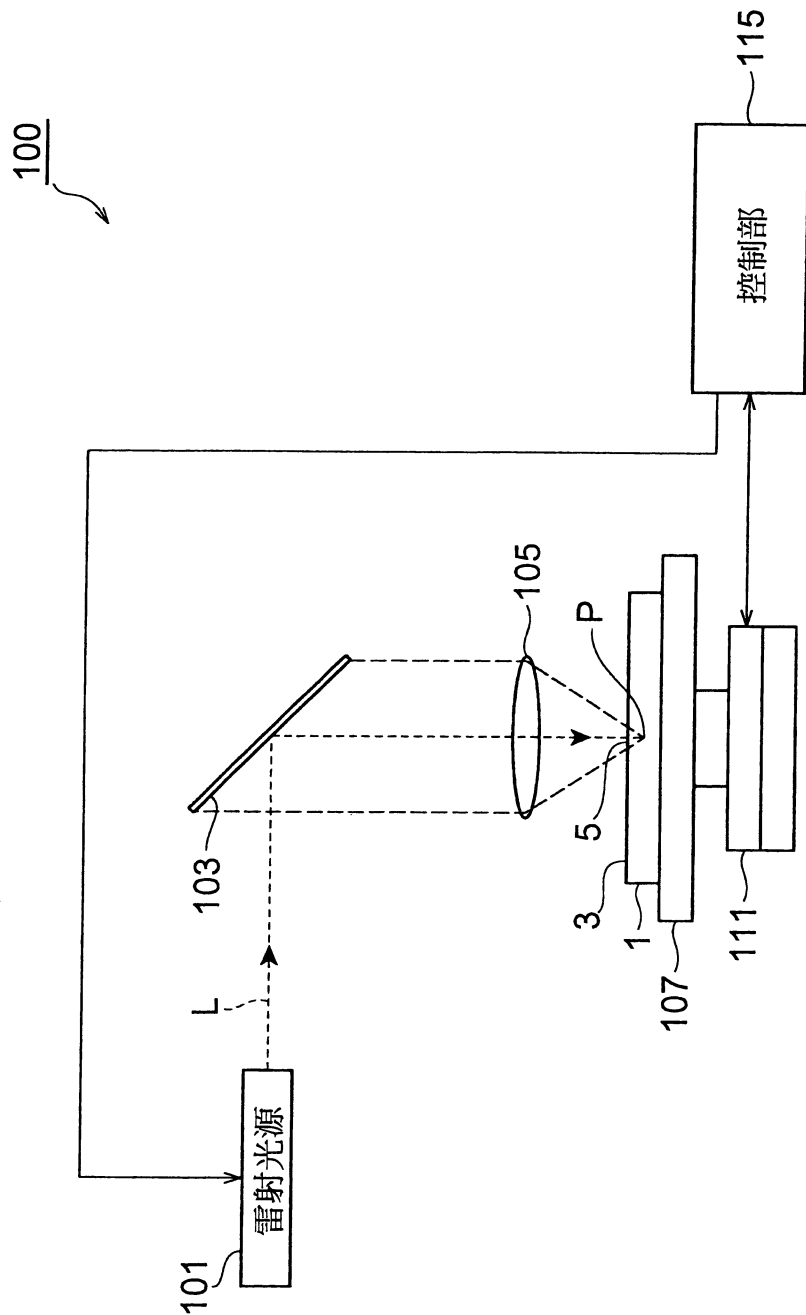
第24圖



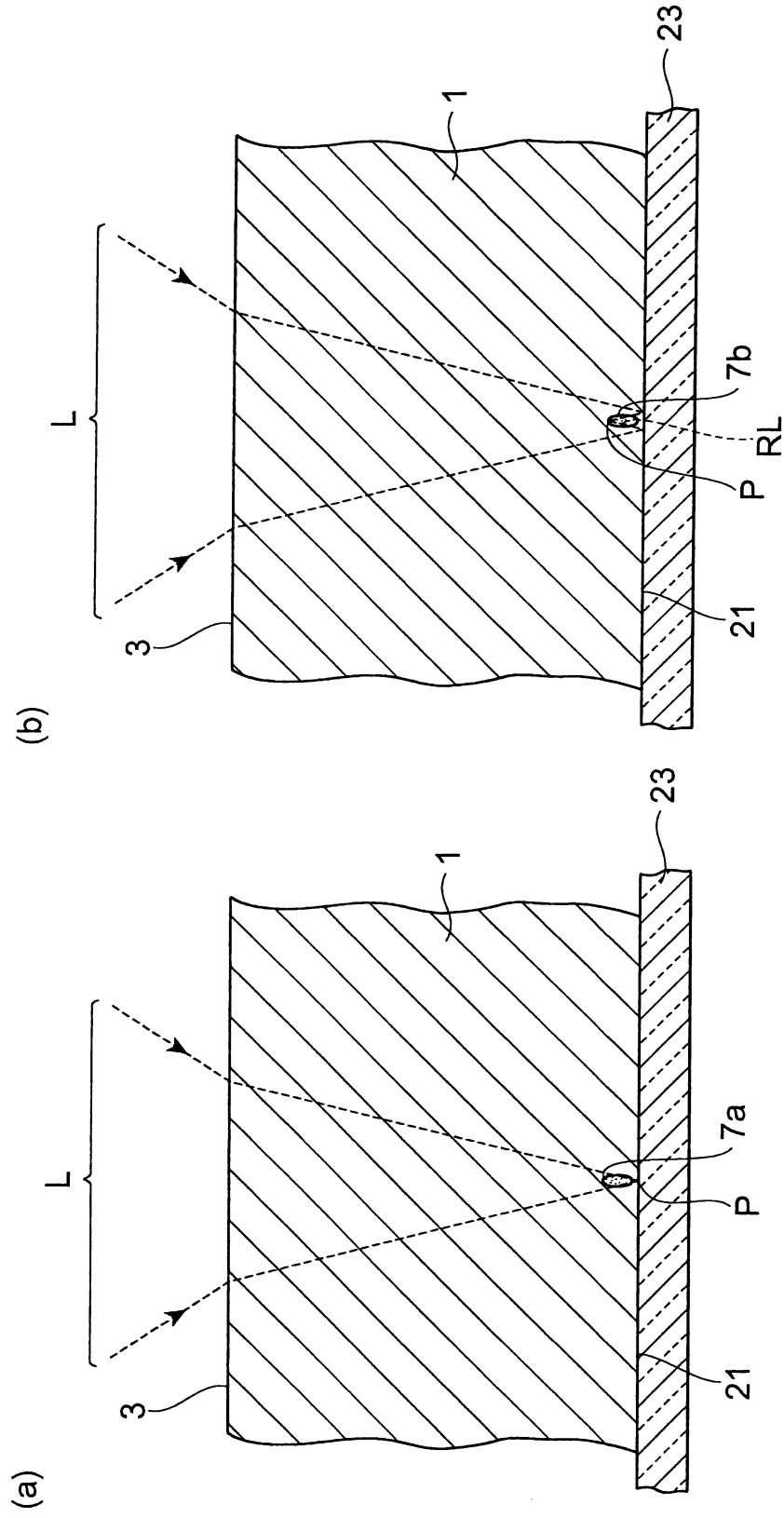
第25圖



第26圖



第27圖



七、指定代表圖

- (一)、本案指定代表圖為：第 (18) 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(一面)
5：切斷預定線
11：矽晶圓(半導體基板)
13₁、13₂：熔融處理區域(改質區域)
14：微小空洞
15：功能元件
16：功能元件層
17：金屬膜
17a：表面(既定的面)
21：背面(另一面)
23：擴展膠帶
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：