

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：096137021

※申請日期：96 年 10 月 02 日

※IPC 分類：B23K 26/00 (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 3 人)

1. 姓 名：(中) 渥美一弘
(英) ATSUMI, KAZUHIRO

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 久野耕司
(英) KUNO, KOJI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

3. 姓 名：(中) 鈴木達也
(英) SUZUKI, TATSUYA

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 ; 2006/10/03 ; 2006-271981 ☒ 有主張優先權

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

將加工用雷射光的聚光點精度優異地追隨於加工對象物的雷射光照射面。沿著切斷預定線(5)照射測定用雷射光，在加工對象物(1)中，將像散附加於測定用雷射光所照射的表面(3)所反射的反射光，檢測對應於像散所附加的反射光的聚光像的變位感測訊號，變位感測訊號為作成因應於反射光的光量的反饋基準值，俾將加工用雷射光的聚光點對於表面(3)對準於所定位置。藉由此，即使測定用雷射光的反射率極低的領域局部地存在於表面(3)而降低測定用雷射光的反射光的光量，也可將加工用雷射光的聚光點確實且精度優異地追隨在加工對象物(1)的表面(3)。

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 (19) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於沿著切斷預定線用以切斷板狀加工對象物的雷射加工方法。

【先前技術】

作為習知的雷射加工方法，眾知藉由將聚光點對準於板狀加工對象物的內部而照射加工用雷射光，沿著加工對象物的切斷預定線，而將成為切斷起點的改質領域形成在加工對象物的內部者（例如，參照專利文獻 1）。

專利文獻 1：日本特開 2005-150537 號公報

【發明內容】

然而在如上述的雷射加工方法，一般為沿著切斷預定線照射測定用雷射光，將像散附加於在加工對象物的雷射光照射面所反射的測定用雷射光的反射光，檢測對應於像散所附加的反射光的聚光值的檢測值，當該檢測為作成一定，俾將加工用雷射光的聚光點追隨於雷射光照射面。然而，在此種雷射加工方法中，若測定用雷射光的反射率極低的領域局部地存在於雷射光照射面時，則在當該領域中檢測值上會產生誤差，而有無法將加工用雷射光的聚光點精度優異地追隨在雷射光照射面之虞。

如此，本發明是在於提供可將加工用雷射光的聚光點精度優異地追隨於加工對象物的雷射光照射面的雷射加工

方法作為課題。

為了達成上述課題，本發明的雷射加工方法屬於藉由在板狀加工對象物的內部對準聚光點進行照射加工用雷射光，沿著加工對象物的切斷預定線，將成為切斷的起點的改質領域形成於加工對象物的內部的雷射加工方法，其特徵為：沿著切斷預定線照射測定用雷射光，在加工對象物中，將像散附加於測定用雷射光所照射的雷射光照射面所反射的測定用雷射光的反射光，檢測對應於像散所附加的反射光的聚光像的檢測值，檢測值為作成因應於反射光的光量的所定值，俾將加工用雷射光的聚光點對於雷射光照射面對準於所定位置。

在該雷射加工方法中，藉由測定用雷射光的照射所取得的檢測值為作成因應於測定用雷射光的反射光的光量的所定值，俾將加工用雷射光的聚光點對準於距雷射光照射面所定位置。所以，例如即使測定用雷射光的反射率極低領域局部地存在於雷射光照射面，而降低測定用雷射光的反射光的光量，也可將加工用雷射光的聚光點精度優異地追隨於加工對象物的雷射光照射面。

在此，將測定用雷射光的聚光點位於距雷射光照射面所定距離的狀態下事先取得檢測值與光量的對應關係，依據對應關係，檢測值為作成因應於反射光的光量的所定值，俾將加工用雷射光的聚光點對準於距雷射光照射面所定位置較佳，這時候，可將檢測值容易且確實地實現可作成因應於測定用雷射光的反射光的光量的所定值。

又，加工對象物是具備半導體基板，改質領域是包含熔融處理領域的情形。

又，包括將改質領域作為切斷的起點而沿著切斷預定線進行切斷上述加工對象物的工程較佳。藉由此，沿著切斷預定線精度優異地可切斷加工對象物。

又，檢測檢測值之同時，沿著切斷預定線檢測相當於反射光的全光量的全光量值，全光量值為臨界值以上時，檢測值成為事先求得的第一基準值般地，沿著其光軸移動聚光雷射光的透鏡，取得用以控制透鏡的移動的第一控制值，全光量值為不足臨界值時，在不足臨界值的全光量值被檢測的位置再檢測檢測值及全光量值，取得再檢測的檢測值及全光量值的對應關係，沿著切斷預定線再照射測定用雷射光而再檢測檢測值及全光量值，在臨界值以上的全光量值被檢測的位置，檢測值成為第一基準值般地沿著其光軸移動透鏡，而且在不足臨界值的全光量值被檢測的位置，檢測值成為由全光量值與對應關係所算出的第二基準值般地沿著其光軸移動透鏡，取得用以控制透鏡的移動的第二控制值較佳。

又，依據第一控制值或第二控制值移動透鏡而將聚光點對於雷射光照射面對準於所定位置，而且將加工用雷射光照射於加工對象物較佳。

成為可將加工用雷射光的聚光點精度優異地追隨於加工對象物的雷射光照射面。

【實施方式】

以下，針對於本發明的適當實施形態，參照圖式加以詳細地說明。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質領域而利用稱爲多光子吸收的現象。在此，首先，針對於利用多光子吸收而用以形成改質領域的雷射加工方法加以說明。

若光子的能量 $h\nu$ 比材料的吸收帶隙 E_G 還小，則光學上成爲透明。因此在材料產生吸收的條件爲 $h\nu > E_G$ 。但是，即使光學上爲透明，若將雷射光的強度作成極大，則在 $nh\nu > E_G$ 的條件下（ $n=2, 3, 4, \dots$ ），在材料產生吸收。將該現象稱爲多光子吸收。脈衝波的情形，雷射光的強度是由雷射光的聚光點的峰值功率密度（ W/cm^2 ）所決定，例如峰功率密度爲在 1×10^8 （ W/cm^2 ）以上的條件下產生多光子吸收。峰值功率密度是利用（在聚光點的雷射光的每一脈衝的能量） $\div$ （雷射光的聚束光點斷面積 $\times$ 脈衝寬）所求出。又，連續波的情形，雷射光的強度是以雷射光的聚光點的電場強度（ W/cm^2 ）所決定。

針對於利用此種多光子吸收的本實施形態的雷射加工方法的原理，參照第 1 圖至第 6 圖加以說明。如第 1 圖所示地，在晶圓狀（板狀）的加工對象物 1 的表面 3，有用以切斷加工對象物 1 的切斷預定線 5。切斷預定線 5 是直線狀地延伸的假想線。如第 2 圖所示地，在本實施形態的雷射加工方法中，以產生多光子吸收的條件下，將聚光點 P 對準於加工對象物 1 的內部，照射雷射光 L 而形成改質

領域 7。又，聚光點 P 是指雷射光 L 聚光的部位。又，切斷預定線 5 是並不被限定於直線狀，而是曲線狀也可以，或並不被限定於假想線，而是實際劃在加工對象物 1 的線也可以。

又，藉由沿著切斷預定線 5（亦即，朝第 1 圖的箭號 A 方向）相對地移動雷射光 L，則沿著切斷預定線 5 移動聚光點 P。藉由此，如第 3 圖至第 5 圖所示地，改質領域 7 沿著切斷預定線 5 形成於加工對象物 1 的內部，令該改質領域 7 成為切斷起點領域 8。在此，所謂切斷起點領域 8，是指加工對象物 1 被切斷之際成為切斷（裂紋）的起點的領域。該切斷起點領域 8 是也有連續地形成有改質領域 7 所形成的情形，或是也有斷續地形成有改質領域 7 所形成的情形。

在本實施形態的雷射加工方法中，在加工對象物 1 的表面 3 幾乎未吸收著雷射光 L 之故，因而加工對象物 1 的表面 3 未被熔融的情形。

當在加工對象物 1 的內部形成切斷起點領域 8，則以該切斷起點領域 8 作為起點容易發生裂紋之故，因而如第 6 圖所示地，以較小力量可切斷加工對象物 1。因此，在加工對象物 1 的表面 3 不會發生不必要的裂紋，成為高精度地可切斷加工對象物 1。

在將該切斷起點領域 8 作為起點的加工對象物 1 的切斷，可能有以下的兩種。第 1 種為形成切斷起點領域 8 之後，藉由人為性的力量施加於加工對象物 1，以切斷起點

領域 8 作為起點，使得加工對象物 1 裂開，而有加工對象物 1 被切斷的情形。此為，例如加工對象物 1 的厚度大時的切斷。施加有人為的力量，為例如沿著加工對象物 1 的切斷起點領域 8，將彎曲應力成剪斷應力施加於加工對象物 1，或者藉由將溫度差給予加工對象物 1 而發生熱應力的情形。另一種為藉由形成切斷起點領域 8，以切斷起點領域 8 作為起點朝加工對象物 1 的斷面方向（厚度方向）自然地裂開，結果有加工對象物 1 被切斷的情形。此為例如在加工對象物 1 的厚度小時，則可成為藉由 1 列改質領域 7 形成有切斷起點領域 8，而在加工對象物 1 的厚度大時，則可成為藉由朝厚度方向形成的複數列改質領域 7，形成有切斷起點領域 8 的情形。又，在該自然地裂開的情形，在切斷的部位，也不會搶先裂開到對應於未形成有切斷起點領域 8 的部位的表面的表面 3 上，僅可割斷對應於形成切斷起點領域 8 的部位的部份之故，因而可將割斷控制成良好。近年來，矽晶圓等的加工對象物 1 的厚度是有變薄的趨勢之故，因而此種控制性優異的方法是極有效。

又，在本實施形態的雷射加工方法，作為改質領域，有以下（1）至（3）的情形。

（1）改質領域為包括 1 個或複數裂痕的裂痕領域的情形

在加工對象物（例如玻璃或 LiTaO_3 所構成的壓電材料）的內部對準聚光點，在聚光點的電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上，且在脈衝寬為 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件下來照射雷

射光。該脈衝寬的大小，是產生多光子吸收而在加工對象物的表面不會給予多餘的損傷，為僅在加工對象物的內部可形成裂痕領域的條件。藉由此，在加工對象物的內部發生所謂利用多光子吸收的光學上損傷的現象。利用該光學上損傷，在加工對象物的內部誘起熱應變，藉由此，在加工對象物的內部形成有裂痕領域。作為電場強度的上限值，例如為 1×10^{12} (W/cm²)。脈衝寬是如 1ns 至 200ns 較佳。又，利用多光子吸收的裂痕領域的形成，是例如記載於第 45 次雷射熱加工研究會論文集（1998 年，12 月）的第 23 頁至第 28 頁的「利用因體雷射諧波的玻璃基板的內部標記」。

本案發明人，利用實驗求出電場強度與裂痕的大小之關係。實驗條件是如以下。

(A) 加工對象物：派衣雷克斯（登錄商標）玻璃（厚度 700 μm）

(B) 雷射

光源：半導體雷射勵磁 Nd：YAG 雷射

波長：1064nm

雷射光光點斷面積： 3.14×10^{-8} cm²

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率：100kHz

脈衝寬：30ns

輸出：輸出 < 1mJ/脈衝

雷射光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 聚光用透鏡

對於雷射光波長的透射率：60%

(D) 載置有加工對象物的載置台的移動速度：100 mm/秒

又，雷射光品質為 TEM_{00} ，是指聚光性高而可聚光至雷射光的波長程度者。

第 7 圖是表示上述實驗的結果的圖表。橫軸是峰值功率密度，因雷射光為脈衝雷射光，因此電場強度是以峰值功率密度所表示。縱軸是表示利用 1 脈衝的雷射光形成於加工對象物內部的裂痕部分（裂痕光點）的大小。聚集裂痕光點成為裂痕領域。裂痕的大小是裂痕光點的形狀中成為最大長度的部分的大小。圖表中以黑圓圈所表示的資料是聚光用透鏡（C）的倍率為 100 倍，數值口徑（NA）為 0.80 的情形。另一方面，圖表中以白圓圈所表示的資料是聚光用透鏡（C）的倍率為 50 倍，數值口徑（NA）為 0.55 的情形。可知自峰值功率密度為 10^{11} (W/cm^2) 左右就在加工對象物內部發生裂痕光點，隨著峰值功率密度變大，裂痕光點也變大。

以下，針對於利用形成裂痕領域的加工對象物的切斷的技巧，參照第 8 圖至第 11 圖加以說明。如第 8 圖所示地，以產生多光子吸收的條件，將聚光點 P 對準於加工對象物 1 的內部而照射雷射光 L，沿著切斷預定線，在內部形成裂痕領域 9。裂痕領域 9 是包括 1 個或複數裂痕的領

域。如此所形成的裂痕領域 9 成爲切斷起點領域。如第 9 圖所示地，以裂痕領域 9 作爲起點（亦即，以切斷起點領域作爲起點）裂痕再成長，如第 10 圖所示地，裂痕到達至加工對象物 1 的表面 3 與背面 21，如第 11 圖所示地，利用加工對象物 1 裂開，令加工對象物 1 被切斷。到達至加工對象物 1 的表面 3 與背面 21 的裂痕是也有自然地成長的情形，或是也有利用在加工對象物 1 施加力量使之成長的情形。

（2）改質領域爲熔融處理領域的情形

將聚光點對準在加工對象物（例如矽的半導體材料）的內部，以聚光點的電場強度爲 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈衝寬爲 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件下來照射雷射光。藉由此，加工對象物的內部是藉由多光子吸收局部地被加熱。利用該加熱，在加工對象物的內部形成有熔融處理領域。熔融處理領域是指一旦熔融後再固化的領域、或熔融狀態的領域，或熔融狀態之後再固化的狀態的領域，也可指相變化的領域或結晶構造變化的領域。又，熔融處理領域是在單晶構造，非晶質構造，多晶構造中，也可指某一構造變更成其他構造的領域。亦即，例如，指從單晶構造變更成非晶質構造的領域，從單晶構造變更成多晶構造的領域，從單晶構造變更成包括非晶質構造及多晶構造的構造的領域。加工對象物爲矽單晶構造的情形，則熔融處理領域是例如非晶質矽構造。作爲電場強度的上限值，例如爲 1×10^{12} (

W/cm^2)。脈衝寬是例如 1ns 至 200ns 較佳。

本案發明人是利用實驗來確認在矽晶圓（半導體基板）的內部形成有熔融處理領域。實驗條件是如以下。

（A）加工對象物：矽晶圓（厚度 $350\mu\text{m}$ ，外徑 4 英寸）

（B）雷射

光源：半導體雷射勵磁 Nd：YAG 雷射

波長： 1064nm

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

振盪形態：Q 開關脈衝

重複頻率： 100kHz

脈衝寬： 30ns

輸出： $20\mu\text{J}/\text{脈衝}$

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

對於雷射光波長的透射率： 60%

（D）載置有加工對象物的載置台的移動速度： $100\text{mm}/\text{秒}$

第 12 圖是表示利用在上述條件下的雷射加工被切斷的矽晶圓的一部分的斷面照片的圖式。在矽晶圓 11 內部形成有熔融處理領域 13。又，利用上述條件所形成的熔融

處理領域 13 的厚度方向的大小是大約 $100\ \mu\text{m}$ 。

說明熔融處理領域 13 為利用多光子吸收所形成的情形。第 13 圖是表示雷射光的波長與矽基板內部的透射率的關係的圖表。但是除掉矽基板的表面側與背面板的各該反射成分，僅表示內部的透射率。針對於矽基板厚度 t 分別為 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ 、 $1000\ \mu\text{m}$ 表示上關係。

例如，可知在 Nd:YAG 雷射的波長為 1064nm 中，矽基板的厚度為 $500\ \mu\text{m}$ 以下時，則在矽基板內部，雷射光透射 80% 以上。因表示於第 12 圖的矽晶圓 11 的厚度是 $350\ \mu\text{m}$ ，因此利用多光子吸收的熔融處理領域 13 是形成在矽晶圓 11 的中心附近，亦即形成在自表面的 $175\ \mu\text{m}$ 部分。這時候的透射率是參考厚度 $200\ \mu\text{m}$ 的矽晶圓，為 90% 以上之故，因而雷射光在矽晶圓 11 的內部僅被吸收些微，而幾乎都透射。此種情況，並不是在矽晶圓 11 的內部雷射光被吸收，而熔融處理領域 13 形成在矽晶圓 11 的內部（亦即利用雷射光的一般加熱形成有熔融處理領域）者，而是指熔融處理領域 13 利用多光子吸收所形成的情形。利用多光子吸收的熔融處理領域的形成，是例如記載於日本焊接學會全國大會演講概要第 66 集（2000 年 4 月）的第 72 頁至第 73 頁的「利用微微秒脈衝雷射的矽加工特性評價」。

又，矽晶圓，是以藉由熔融處理領域所形成的切斷起點領域作為起點而朝斷面方向發生裂開，利用該裂開到達

至矽晶圓的表面與背面，結果被切斷。到達至矽晶圓的表面與背面的該裂開是也有自然地成長的情形，或是也有利用在矽晶圓施加力量而成長的情形。又，在從切斷起點領域自然地成長裂開至矽晶圓的表面與背面的情形，有形成切斷起點領域的熔融處理領域從熔融的狀態成長裂開的情形，及形成切斷起點領域的熔融處理領域從熔融的狀態再固化之際成長裂開的情形的任何情形。但是，任一情形，熔融處理領域都是僅形成在矽晶圓的內部，而如第 12 圖地僅在內部形成有熔融處理領域。如此地，在加工對象物內部藉由熔融處理領域來形成切斷起點領域，則割斷時，不容易產生從熔融處理領域線偏離的不必要的裂開之故，因而控制割斷成為容易。附帶地說，熔融處理領域的形成是不僅多光子吸收為原因的情形，而且也有其他的吸收作用為原因的情形。

(3) 改質領域為折射率變化領域的情形

將聚光點對準於加工對象物（例如玻璃）的內部，以聚光點的電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈衝寬為 1 ns 以下的條件下進行照射雷射光。若將脈衝寬作成極短，而將多光子吸收發生在加工對象物的內部，則利用多光子吸收的能量不會轉化成熱能，在加工對象物的內部感應著離子價數變化，結晶化或分極配向等的持續性構造變化而形成有折射率變化領域。作為電場強度的上限值，例如為 1×10^{12} (W/cm^2)，脈衝寬是如 1 ns 以下較佳， 1 ps 以下更佳

。利用多光吸收的折射率變化領域的形成，是例如記載於第 42 次雷射熱加工研究會論文集（1997 年，11 月）的第 105 頁至第 111 頁的「對於利用毫微微秒雷射照射的玻璃內部的光感應構造形成」。

以上，作為改質領域說明了（1）～（3）的情形，惟考慮晶圓狀的加工對象物的結晶構造或劈開性等，若如下地形成切斷起點領域，則以該切斷起點領域作為起點，成為可用更小力量，而且精度優異地切斷加工對象物。

亦即，矽等的金剛石構造的單晶半導體所成的基板的情形，為在沿著（111）面（第一劈開面）或（110）（第二劈開面）的方向形成切斷起點領域較佳。又，GaAs 等的閃鋅礦型構造的 III-V 族化合物半導體所成的基板的情形，是在沿著（110）面的方向形成切斷起點領域較佳。又，具有藍寶石（ Al_2O_3 ）等的六方晶系的結晶構造的情形，是以（0001）面（C 面）作為主面而在沿著（1120）面（A 面）或（1100）面（M 面）的方向形成切斷起點領域較佳。

又，沿著須形成上述的切斷起點領域的方向〔例如沿著單晶矽基板的（111）面的方向〕，或是沿著正交於須形成切斷起點領域的方向的方向，在基板形成定向平面，則以該定向平面作為基準，成為可將沿著須形成切斷起點領域的方向的切斷起點領域容易且正確地形成在基板。

以下，說明本發明的適當實施形態。

如第 14 圖及第 15 圖所示地，加工對象物 1 是具備：

矽晶圓 11，及包括複數功能元件 15 而被形成於矽晶圓 11 的表面 11a 的功能元件層 16。該加工對象物 1 是所謂 MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) 晶圓，而爲了提昇蝕刻耐性，有氧化膜 (未圖示) 厚厚地形成在表面 3。

功能元件 15 是例如機械要素零件、感測器、主動器、電子電路零件等，在平行於矽晶圓 11 的定向平台 6 的方向反垂直的方向矩陣狀地形成多數。此種加工對象物 1 是通過相鄰接的功能元件間般地沿著格子狀地所設定的切斷預定線 5 被切斷，成爲多數半導體晶片。

以下，說明切斷該加工對象物 1 的情形的一例。首先，在加工對象物 1 的背面 21，黏貼擴展膠帶而將當該加工對象物 1 載置在載置台上。之後，利用聚光用透鏡將聚光點對準於矽晶圓 11 的內部，從加工對象物 1 的表面 3 側照射加工用雷射光，沿著各切斷預定線 5，將成爲切斷的起點的改質領域形成在加工對象物 1 的內部。又，利用將擴張膠帶予以擴張，將改質領域作爲切斷的起點，加工對象物 1 沿著切斷預定線 5，功能元件 15 別地精度優異地被切斷，令複數半導體晶片成爲互相隔開的情形。又，改質領域是除了熔融處理領域之外，也包括裂痕領域等的情形。

以下，更詳細地說明上述的改質領域的形成。又，在此，如第 19 圖所示地，將沿著加工對象物 1 的切斷預定線 5 的方向作爲 X 軸方向 (X 座標)，而將加工對象物 1

的厚度方向作為 Z 軸方向（Z 座標），而在 X 軸方向中，將從加工對象物 1 的左端朝右端的方向說明作為正方向，又在 Z 軸方向中，將從背面 21 朝表面 3 的方向說明作正方向。

（高度調整）

首先，在切斷預定線 5 上，例如利用 CCD 攝影機經由聚光用透鏡（透鏡）攝影表面 3，被投影的十字線圖案的對比成為最大般地朝 Z 軸方向相對移動載置台。將此時的表面 3 的 Z 方向位置作為焦點位置（表面 3 的變位為 $0\ \mu\text{m}$ ）。

之後，經由聚光用透鏡照射測定用雷射光，而例如以 4 分割光電二極體受光在表面 3 所反射的反射光。該反射光是例如柱面透鏡與平凸透鏡所成的整形光學系被附加著像散被聚光於 4 分割光電二極體的受光面，而將聚光像形成當該受光面。所以，該聚光像是成為因應於加工對象物 1 的表面 3 的變位（對於表面 3 的測定用雷射光的聚光點的位置）而變化。因此，如此地利用以 4 分割光電二極體進行受光反射光，令表面 3 的變位取得作為像散訊號，而且取得相當於反射光的全光量值的全光量訊號（全光量值）。

之後，利用例如控制器，由像散訊號與全光量訊號求出變位感測器訊號，將該變位感測器訊號保存作為反饋基準值 V_0 （在此， -0.4V ：第一基準值）。亦即，將焦點位

置的變位感測器訊號保存作為反饋基準值。又，在此，全光量訊號為在 $0.5V$ 以上的 X 座標以求出反饋基準值 V_0 。此為，全光量訊號的值在不足 $0.5V$ 的 X 座標，因應於全光量訊號變更反饋基準值（詳細如後述）。附帶地說，變位感測器訊號是指以全光量訊號除以像散訊號者，為對於受光的全光量的像散訊號的相對值。藉由此，若光量的變化量較少時，穩定地可檢測表面 3 的變位。

（追蹤記錄）

之後，沿著切斷預定線 5，例如以 300nm/秒 的速度一面相對移動載置台一面照射測定用雷射，作成如上述，算出變位感測器訊號，當該變位感測器訊號能維持反饋基準值 V_0 ，亦即，表面 3 與聚光用透鏡之隔開距離能成為焦點位置的隔開距離，例如利用壓電元件來控制聚光用透鏡的 Z 軸方向位置（追蹤；第 16 圖的 $S1$ ）。位置的控制是作成以抽樣周期作為 0.05m 秒 的反饋控制。

在此，一般在如加工對象物 1 的 MEMS 晶圓，如上述地所形成的氧化膜較厚，而在其膜厚容易產生不均勻，使得測定用雷射光的反射率極低的領域容易局部地存在於表面 3。如第 19 圖所示地，在加工對象物 1，沿著切斷預定線 5 的右側端部，因反射率變低，因此全光量訊號極端地變低。

如此地若全光量訊號變成極低，則 S/N 比變極差，而在像散訊號會多含誤差成分。所以，即使將加工對象物 1

的表面 3 的變位測定作為全光量的相對值（變位感測器訊號）時，則施加於變位感測器訊號的誤差成分會大大地出現。亦即，表面 3 的變位雖相同，也有全光量訊號極低時的變位感測器訊號與其他變位感測器訊號有所不同的情形。

尤其是，如第 17 圖所示地，在本實施形態中，不會將測定用雷射光的聚光點 C 的位置作為表面 3，而是作為對準於比表面 3 還位於加工對象物 1 的內部（表面 3 的變位成為負的位置）的位置（亦即，假設測定用雷射光透射加工對象物 1 時所聚光的位置）。此為，一般若聚光點 C 的位置為表面 3，則在 4 分割光電二極體和受光面的聚光像成為圓形狀，即使全光量訊號有所變化也很難令全光量訊號不相同，惟聚光點 C 的位置為對準於比表面 3 還位於加工對象物 1 的內部的位置時，則在以下諸事項上更佳。

亦即，如上述地，表面 3 的變位藉由測定用雷射光的反射光的聚光像的變化取得作為像散訊號，而其可取得範圍為以測定用雷射光的聚光點作為中心成為對稱的一定範圍之故，因而在此種情形下，變位感測器訊號的可取得範圍朝加工對象物 1 的內部的方向整體性地移動，因此，在更深位置容易形成改質領域（亦即，在厚加工對象物容易形成改質領域）之處會更佳。又，若將測定用雷射光的聚光點對準於比表面 3 還在加工對象物 1 的內部，則在表面 3 的測定用雷射光的聚光像面積變大，例如即使有很多切削痕等存在於表面 3，也令當該切削痕在聚光像上所佔比

率變小之故，因而測定用雷射光的反射光的散射被抑制，而可取得精度優異的變位感測器訊號之處也更佳。

下面，針對於該全光量訊號與變位感測器訊號的關係。本案發明人等經專心研究的結果，發現了以下的技術性思想。

第 18 圖是表示變位相等的雷射光照射面的全光量訊號與反饋基準值之關係的線圖。由實測值 S 可知在全光量訊號為所定值（在此，為 0.5V ）以上的領域，反饋基準值也成為大約一定值（在此，為 -0.4V ）。如此，可知在全光量訊號比所定值還低的領域，因應於全光量訊號，令反饋基準值在所定的對應關係進行變化。具體上，在全光量訊號不足 0.5V 的 X 座標，可知即使表面 3 的變位相同，隨著全光量訊號減少也使得變位感測器訊號增加的情形，藉由此，發現了在全光量訊號比所定值還低的領域，因應於全光量訊號以所定的對應關係依次地變更反饋基準值的技術性思想。

因此，在本實施形態，在追蹤之際監控全光量訊號，判斷是否檢測到不足 0.5V （臨界值）的全光量訊號（第 16 圖的 S2）。在未檢測到不足 0.5V 的全光量訊號時，則仍繼續進行控制訊號的記錄（S2→S7）。亦即，利用沿著切斷預定線 5 來照射測定用雷射光，算出變位感測器訊號，令當該變位感測器訊號維持著反饋基準值 V_0 般地，控制聚光用透鏡的 Z 軸方向位置，而且記錄當該控制的控制訊號（例如，沿著其光軸來驅動聚光用透鏡的壓電的驅動

訊號：第一控制值）。

另一方面，在不足 $0.5V$ 的全光量訊號被檢測時，則實行以下的動作（ $S2 \rightarrow S3$ ）。亦即，利用追蹤來算出變位感測器訊號之後，將載置台移動至全光量訊號不足 $0.5V$ 的 X 座標位置，又，在此時的 X 座標再進行高度記錄而取得變位感測器值及全光量值，將此些所取得的值記錄作為再設定基準值（ $S4$ ）。

繼續，在不足 $0.5V$ 的 X 座標的不同位置重複複數次進行該移動及記錄。之後，依據所記錄的複數再設定基準值，導出在全光量比所定值還低的領域的反饋基準值與全光量訊號的所定對應關係（ $S5$ ）。亦即，求出在全光量訊號不足 $0.5V$ 的 X 座標（第 19 圖中的箭號 R 的範圍），將全光量訊號作為變數的反饋基準值的函數 U （參照第 18 圖）。在此，在全光量訊號為 $0.5V$ ， $0.3V$ ， $0.2V$ 的各 X 座標進行高度記錄而分別求出再設定基準值，利用將此些作成 1 次直線近似，而作為函數 U 求出下述（1）式。

$$\text{反饋基準值} = -1 \times \text{全光量訊號} + 0.1 \quad \cdots (1)$$

但是，全光量訊號 $< 0.5 [V]$

之後，依照上述（1）式再進行追蹤（ $S6$ ），沿著切斷預定線 5 進行記錄控制訊號（ $S7$ ）。具體地說，如第 19 圖所示地，在全光量訊號為 $0.5V$ 以上的 X 座標中，以反饋基準值 $V0$ 進行反饋控制，而且記錄當該控制的控制訊號，一方面，在全光量訊號不足 $0.5V$ 的座標（箭號 R 的範圍）中，利用上述（1）式，因應於全光量訊號算出

反饋基準值，以所算出的反饋基準值（第二基準值）進行反饋控制，而且記錄當該控制的控制訊號（第二控制值）。

（形成改質領域）

之後，以壓電元件來再生所記錄的控制訊號，將聚光用透鏡予以動作，而且將聚光點對準於矽晶圓 11 的內部，而將加工用雷射光照射在加工對象物 1。藉由此，成為在矽晶圓 11 的內部形成改質領域。

以上，如上述地，本實施形態，是對於測定用雷射光的反射光的光量會局部地極端減少的加工對象物 1，高度記錄在相當於誤差成分不會出現很大於變位感測器訊號的領域的全光量訊號為比 0.5V 還高的領域，又，一面監測全光量訊號一面進行追蹤之後，若經監測的全光量訊號為 0.5V 以上時，則仍進行追蹤記錄，一方面，在經監測的全光量訊號中，存在著相當於誤差成分容易出現的領域的不足 0.5V 的全光量訊號時，則在全光量訊號不足 0.5V 的領域求出反饋基準值與全光量訊號的對應關係，而依照該對應關係重新進行追蹤記錄。

因此，如上述地，在本實施形態中，變位感測器訊號作成因應於測定用雷射光的反射光的光量的所定值，令加工用雷射光的聚光點對準於自表面 3 所定位置之故，因而即使測定用雷射光的反射率極低的領域局部地存在於表面 3 而降低測定用雷射光的反射光的光量，也可成為將加工

用雷射光的聚光點確實且精度優異地追隨於加工對象物 1 的表面 3，而對於表面 3 可將改質領域精度優異地形成在所定位置，在形成有氧化膜而在當該氧化膜有不均勻者，也可成為將加工用雷射光的聚光點穩定地追隨於表面 3。結果，可防止改質領域達到表面 3，或是加工用雷射光的聚光點接近表面 3 而在功能元件 15 給予損傷的情形。

又，如上述地，在本實施形態中，事先導出上述（1）式，而依照該關係式來對準加工用雷射光的聚光點。亦即，將上述的技術性思想，即在全光量訊號比所定值還低的領域，將因應於全光量訊號而以所定對應關係依次變更反饋基準值就可以的技術性思想最適當地適用於雷射加工方法，因此，容易且確實地可實現變位感測器訊號作成爲因應於全光量訊號的反饋基準值。

以上，針對於本發明的適當實施形態加以說明，惟本發明是並不被限定於上述實施形態者。

例如，在上述實施形態中，以 1 次直線近似求出上述（1）式，惟利用曲線近似，最小平方近似等的各種近似解法求出也可以。

又，在上述實施形態中，追蹤記錄之際，在全光量訊號爲 0.5V，0.3V，0.2V 的各 X 座標進行高度記錄，而導出上述（1）式，惟也有藉由加工對象物的種類或特性等共通使用全光量訊號與反饋基準值的關係式的情形。又，在該情形，適當地可實施測定雷射光照射面的變位之同時，形成改質領域的所謂即時加工。

又，在上述實施形態中，在全光量訊號不足 0.5V 的領域求出反饋基準值與全光量訊號的對應關係，而依照該對應關係重新進行追蹤記錄，惟在全光量訊號不足 0.5V 的領域固定聚光用透鏡的 Z 軸方向位置，換言之，在全光量訊號不足 0.5V 的 X 座標上將控制訊號作成一定值，而重新進行追蹤記錄也可以。又，如此地將控制訊號作成一定值時，則適當地可實施即時加工。

又，不是矽晶圓 11，而是例如，鎵砷等的半導體化合物材料、壓電材料、藍寶石、玻璃等都可以。又，在本實施形態中，雷射光的照射條件是並不被限定於脈衝寬或輸出等者，而可作成各種照射條件。

產業上的利用可能性

依照本發明，成為可將加工用雷射光的聚光點精度優異地追隨於加工對象物的雷射光照射面。

【圖式簡單說明】

第 1 圖是表示利用本實施形態的雷射加工裝置的雷射加工中的加工對象物的俯視圖。

第 2 圖是表示沿著圖示於第 1 圖的加工對象物的 II-II 線的斷面圖。

第 3 圖是表示利用本實施形態的雷射加工裝置的雷射加工後的加工對象物的俯視圖。

第 4 圖是表示沿著圖示於第 3 圖的加工對象物的 IV-

IV 線的斷面圖。

第 5 圖是表示沿著圖示於第 3 圖的加工對象物的 V-V 線的斷面圖。

第 6 圖是表示利用本實施形態的雷射加工裝置所切斷的加工對象物的俯視圖。

第 7 圖是表示本實施形態的雷射加工裝置的電場強度與裂痕光點的大小的關係的圖表。

第 8 圖是表示本實施形態的雷射加工裝置的第 1 工程的加工對象物的斷面圖。

第 9 圖是表示本實施形態的雷射加工裝置的第 2 工程的加工對象物的斷面圖。

第 10 圖是表示本實施形態的雷射加工裝置的第 3 工程的加工對象物的斷面圖。

第 11 圖是表示本實施形態的雷射加工裝置的第 4 工程的加工對象物的斷面圖。

第 12 圖是表示利用本實施形態的雷射加工裝置所切斷的矽晶圓的一部分之斷面的照片的圖式。

第 13 圖是表示本實施形態的雷射加工裝置的雷射光的波長與矽基板內部透射率之關係的圖表。

第 14 圖是表示成為本發明的一實施形態的雷射加工方法的對象的加工對象物的前視圖。

第 15 圖是表示沿著第 14 圖中的 XV-XV 線的局部斷面圖。

第 16 圖是表示本發明的一實施形態的雷射加工方法

的流程圖。

第 17 圖是表示本發明的一實施形態的雷射加工方法的全光量訊號與變位感測器訊號的關係的線圖。

第 18 圖是表示用以說明本發明的一實施形態的雷射加工方法的全光量訊號與反饋基準值之關係的線圖。

第 19 圖是表示沿著用以說明本發明的一實施形態的雷射加工方法的追蹤記錄的第 14 圖中的 XIX-XIX 線的圖式。

【主要元件符號說明】

1：加工對象物

3：表面（雷射光照射面）

5：切斷預定線

L：雷射光

P：聚光點

十、申請專利範圍

1. 一種雷射加工方法，屬於藉由在板狀加工對象物的內部對準聚光點進行照射加工用雷射光，沿著上述加工對象物的切斷預定線，將成為切斷的起點的改質領域形成於加工對象物的內部的雷射加工方法，其特徵為：

沿著上述切斷預定線照射測定用雷射光，

在上述加工對象物中，將像散附加於上述測定用雷射光所照射的雷射光照射面所反射的上述測定用雷射光的反射光，

檢測對應於像散所附加的上述反射光的聚光像的檢測值，

控制將上述加工用雷射光予以聚光之透鏡相對於上述加工對象物的位置，以使上述檢測值成為因應於上述反射光的光量的所定值，俾將上述加工用雷射光的聚光點對於上述雷射光照射面對準於所定位置。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的雷射加工方法，其中，

將上述測定用雷射光的聚光點位於距上述雷射光照射面所定距離的狀態下事先取得上述檢測值與上述光量的對應關係，

依據上述對應關係，上述檢測值為作成因應於上述反射光的光量的所定值，俾將上述加工用雷射光的聚光點對於上述雷射光照射面對準於上述所定位置。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的雷射加工

方法，其中，上述加工對象物是具備半導體基板，上述改質領域是包括熔融處理領域。

4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的雷射加工方法，其中，包括將上述改質領域作為切斷的起點而沿著上述切斷預定線進行切斷上述加工對象物的工程。

5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的雷射加工方法，其中，

檢測上述檢測值之同時，沿著上述切斷預定線檢測相當於上述反射光的全光量的全光量值，

上述全光量值為臨界值以上時，上述檢測值成為事先求得的第一基準值般地，沿著其光軸移動聚光上述雷射光的透鏡，取得用以控制上述透鏡的移動的第一控制值，

上述全光量值為不足上述臨界值時，在不足上述臨界值的上述全光量值被檢測的位置再檢測上述檢測值及上述全光量值，取得再檢測的上述檢測值及上述全光量值的對應關係，

沿著上述切斷預定線再照射上述測定用雷射光而再檢測上述檢測值及上述全光量值，

在上述臨界值以上的上述全光量值被檢測的位置，上述檢測值成為上述第一基準值般地沿著其光軸移動上述透鏡，而且在不足上述臨界值的上述全光量值被檢測的位置，上述檢測值成為由上述全光量值與上述對應關係所算出的第二基準值般地沿著其光軸移動上述透鏡，取得用以控制上述透鏡的移動的第二控制值。

6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述的雷射加工方法，其中，將上述測定用雷射光的聚光點的位置，對準於比上述加工對象物的表面還要內部。

7. 如申請專利範圍第 5 項所述的雷射加工方法，其中，依據上述第一控制值或上述第二控制值移動上述透鏡而將上述聚光點對於上述雷射光照射面對準於上述所定位置，而且將上述加工用雷射光照射於上述加工對象物。

8. 如申請專利範圍第 5 項所述的雷射加工方法，其中，將測定用雷射光的聚光點的位置，對準於比加工對象物的表面還要內部。

9. 一種雷射加工裝置，屬於藉由在板狀加工對象物的內部對準聚光點進行照射加工用雷射光，沿著上述加工對象物的切斷預定線，將成為切斷的起點的改質領域形成於加工對象物的內部的雷射加工裝置，其特徵為：

沿著上述切斷預定線照射測定用雷射光，

在上述加工對象物中，將像散附加於上述測定用雷射光所照射的雷射光照射面所反射的上述測定用雷射光的反射光，

檢測對應於像散所附加的上述反射光的聚光像的檢測值，

控制將上述加工用雷射光予以聚光之透鏡相對於上述加工對象物的位置，以使上述檢測值成為因應於上述反射光的光量的所定值，俾將上述加工用雷射光的聚光點對於上述雷射光照射面對準於所定位置。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述的雷射加工裝置，其中，

將上述測定用雷射光的聚光點位於距上述雷射光照射面所定距離的狀態下事先取得上述檢測值與上述光量的對應關係，

依據上述對應關係，上述檢測值為作成因應於上述反射光的光量的所定值，俾將上述加工用雷射光的聚光點對於上述雷射光照射面對準於上述所定位置。

11. 如申請專利範圍第 9 項或第 10 項所述的雷射加工裝置，其中，

檢測上述檢測值之同時，沿著上述切斷預定線檢測相當於上述反射光的全光量的全光量值，

上述全光量值為臨界值以上時，上述檢測值成為事先求得的第一基準值般地，沿著其光軸移動聚光上述雷射光的透鏡，取得用以控制上述透鏡的移動的第一控制值，

上述全光量值為不足上述臨界值時，在不足上述臨界值的上述全光量值被檢測的位置再檢測上述檢測值及上述全光量值，取得再檢測的上述檢測值及上述全光量值的對應關係，

沿著上述切斷預定線再照射上述測定用雷射光而再檢測上述檢測值及上述全光量值，

在上述臨界值以上的上述全光量值被檢測的位置，上述檢測值成為上述第一基準值般地沿著其光軸移動上述透鏡，而且在不足上述臨界值的上述全光量值被檢測的位

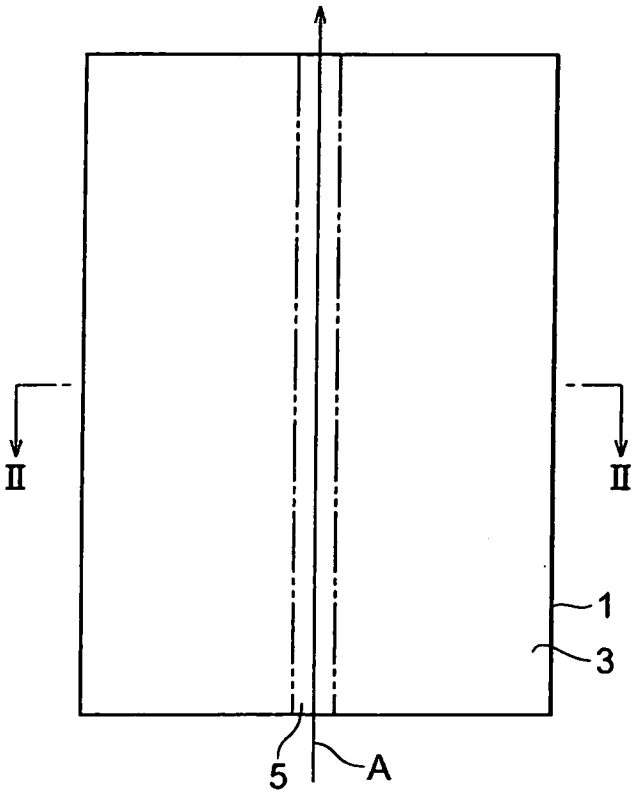
置，上述檢測值成為由上述全光量值與上述對應關係所算出的第二基準值般地沿著其光軸移動上述透鏡，取得用以控制上述透鏡的移動的第二控制值。

12. 如申請專利範圍第 9 或 10 項所述的雷射加工裝置，其中，將測定用雷射光的聚光點的位置，對準於比加工對象物的表面還要內部。

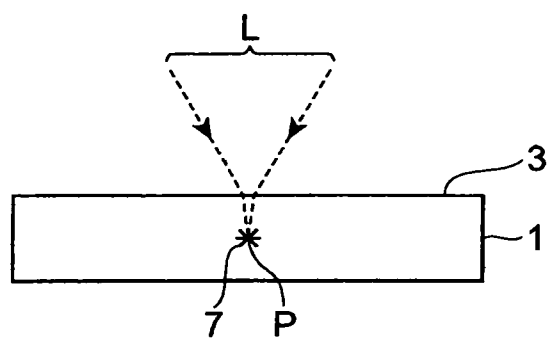
13. 如申請專利範圍第 11 項所述的雷射加工裝置，其中，依據上述第一控制值或上述第二控制值移動上述透鏡而將上述聚光點對於上述雷射光照射面對準於上述所定位置，而且將上述加工用雷射光照射於上述加工對象物。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述的雷射加工裝置，其中，將測定用雷射光的聚光點的位置，對準於比加工對象物的表面還要內部。

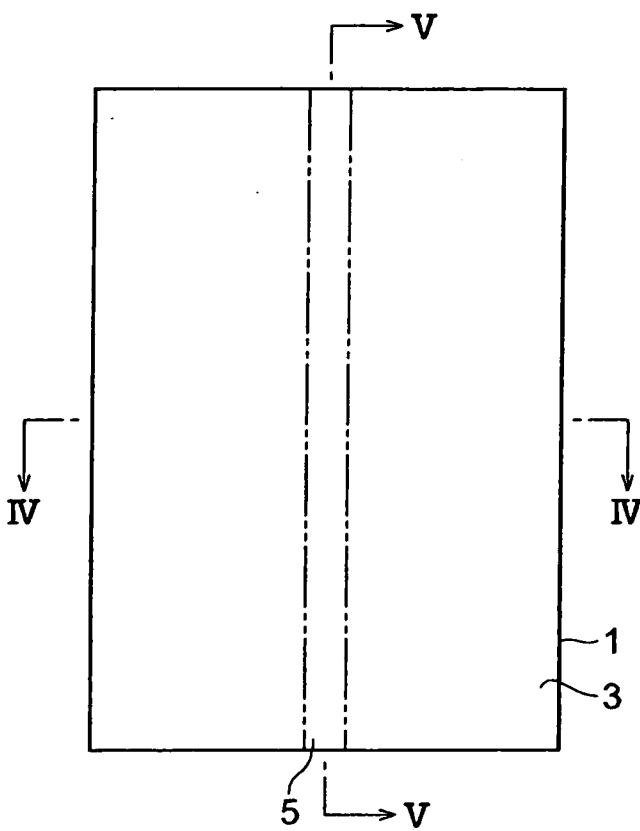
第1圖



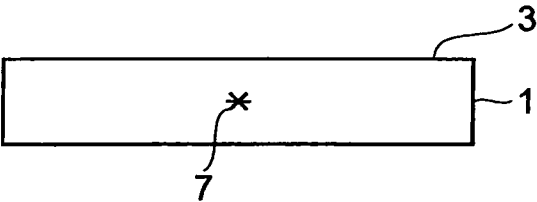
第2圖



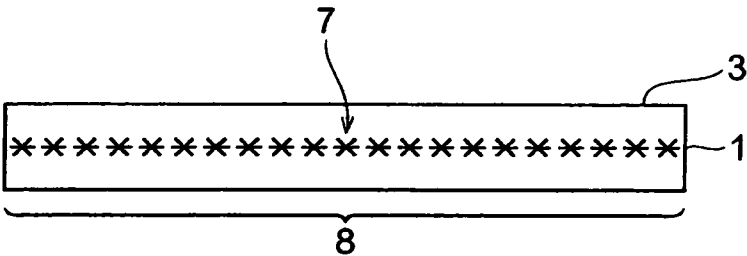
第3圖



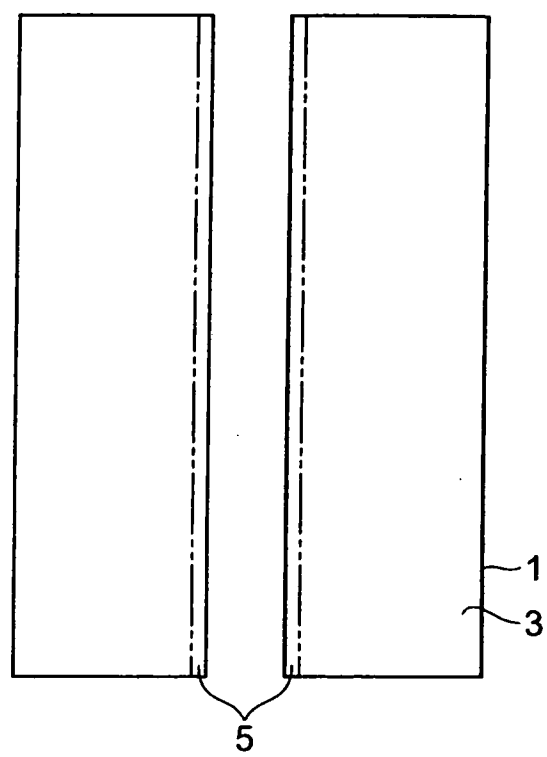
第4圖



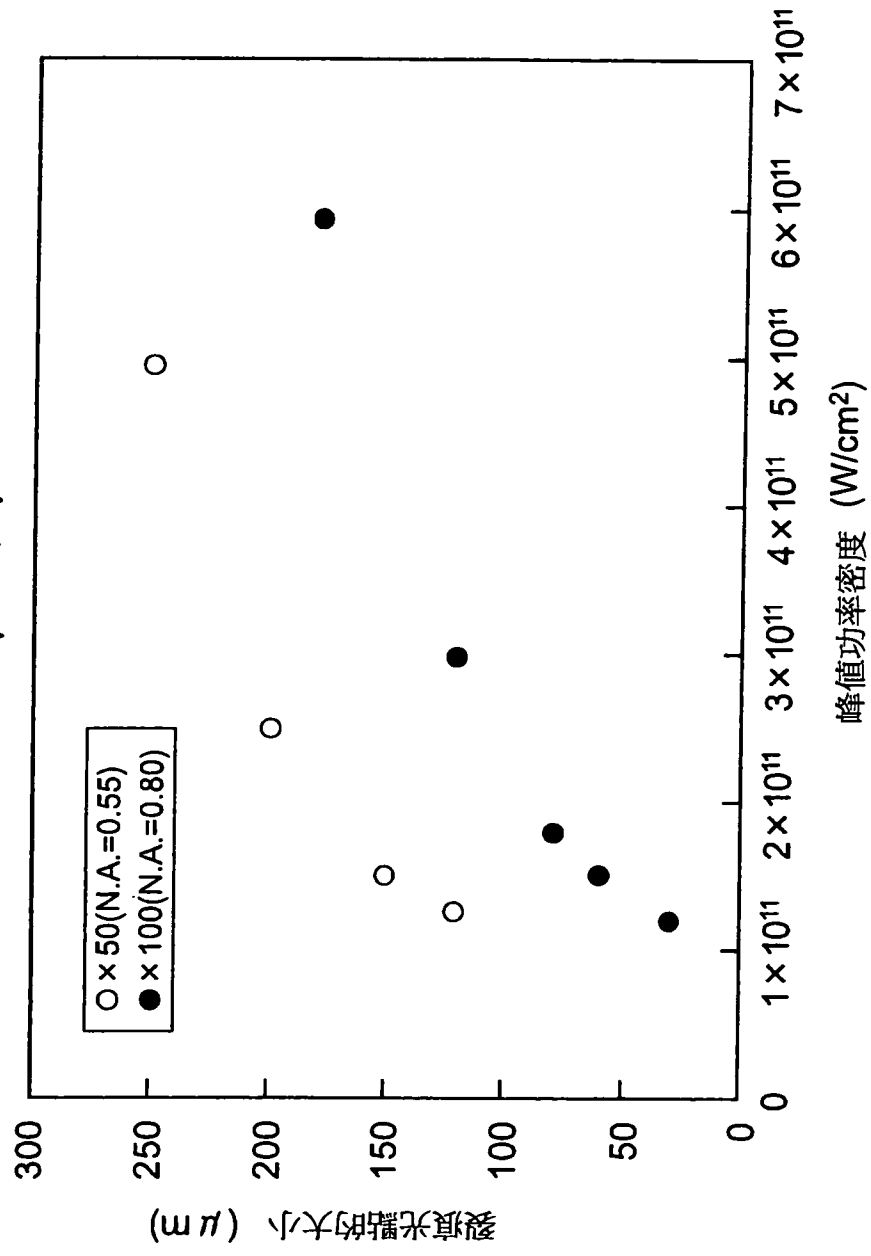
第5圖



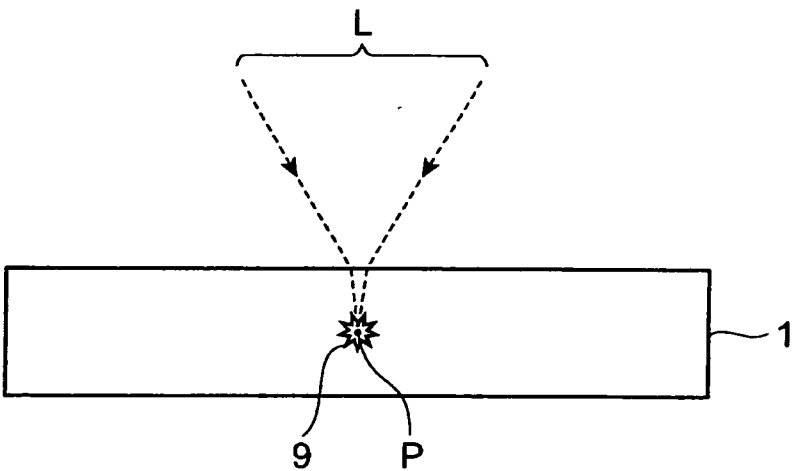
第6圖



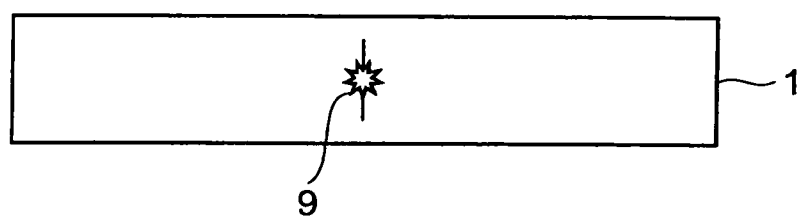
第7圖



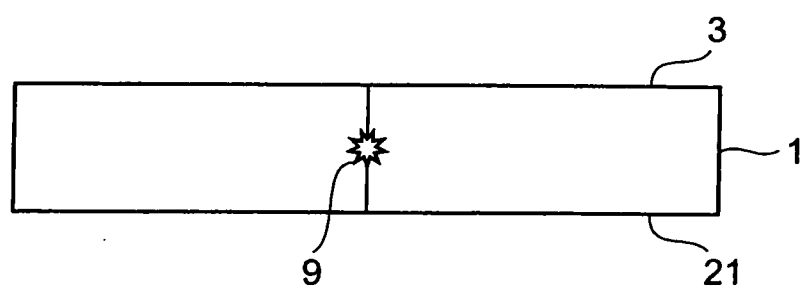
第8圖



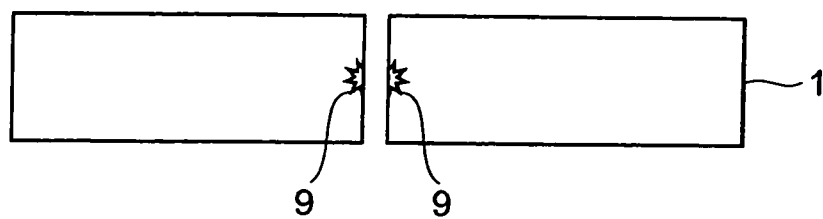
第9圖



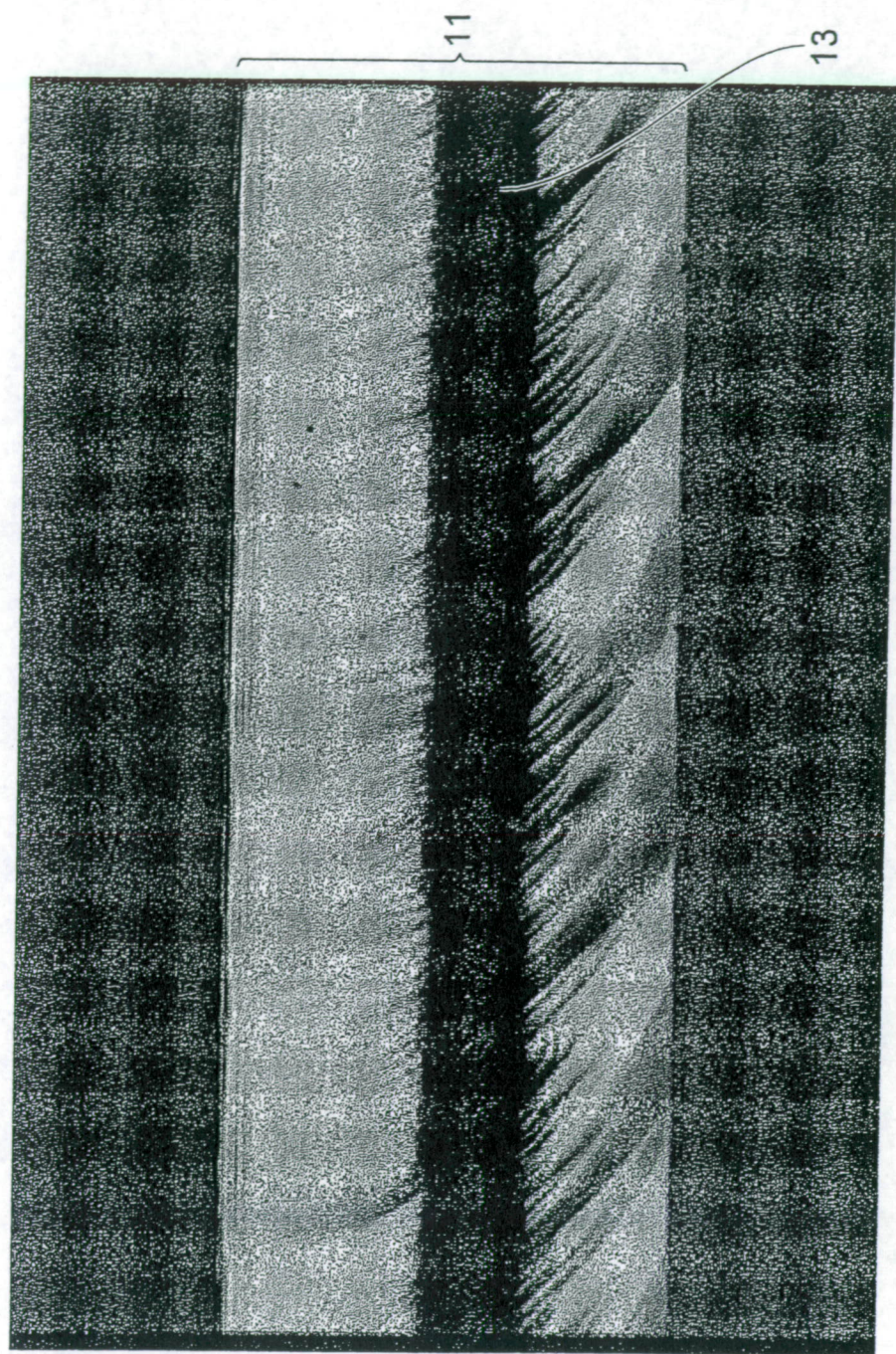
第10圖



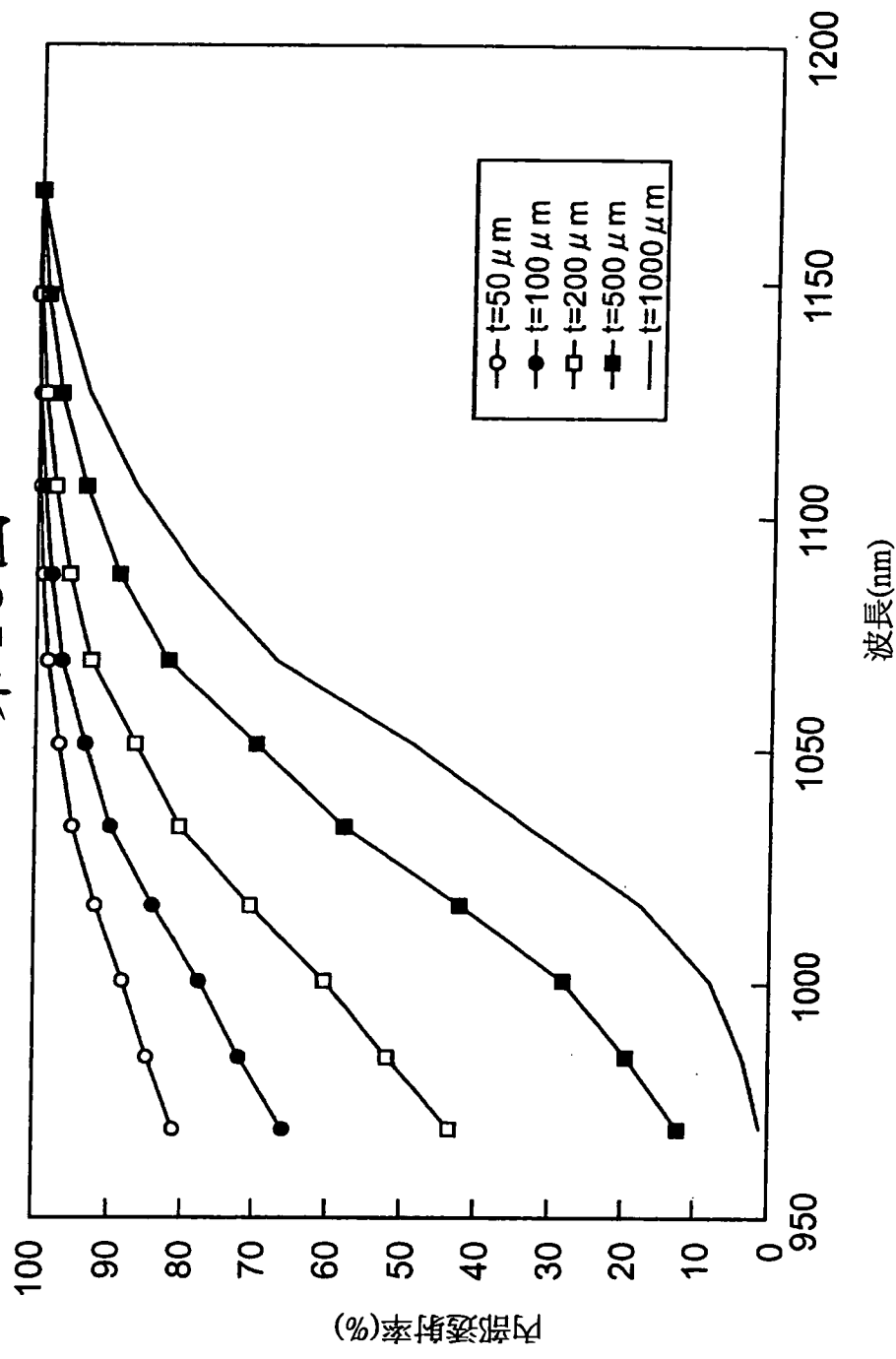
第11圖



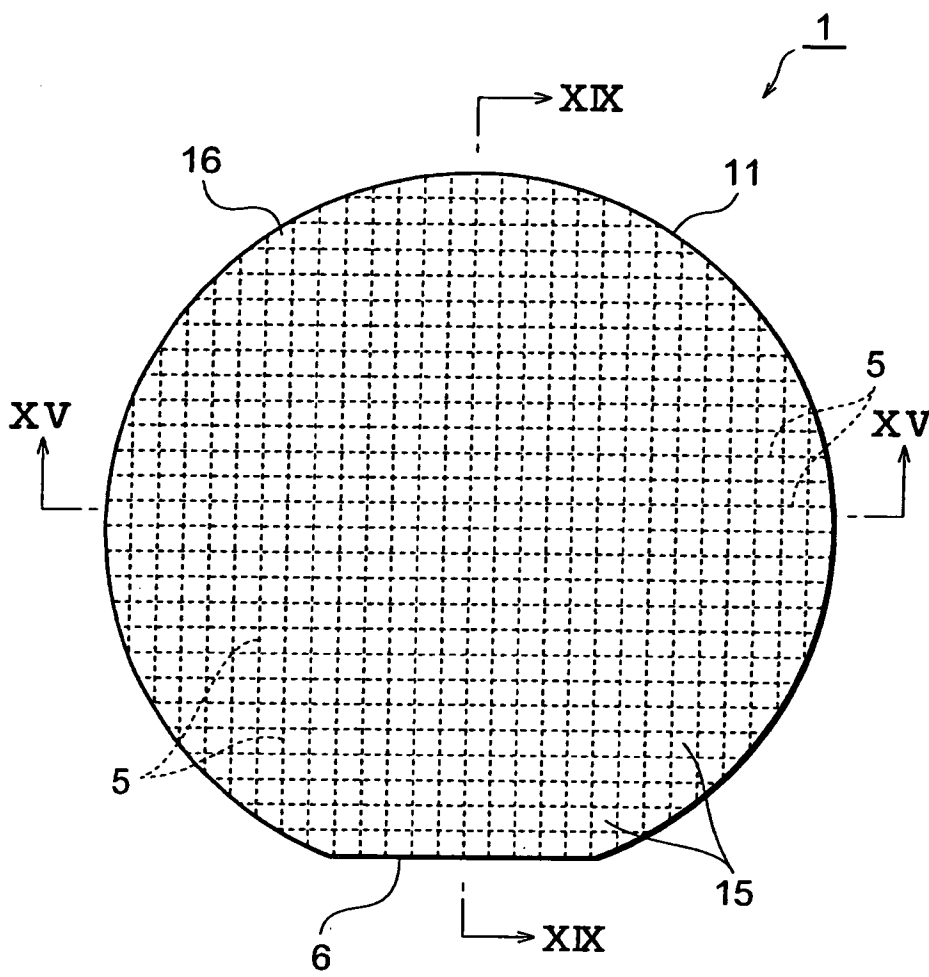
第12圖



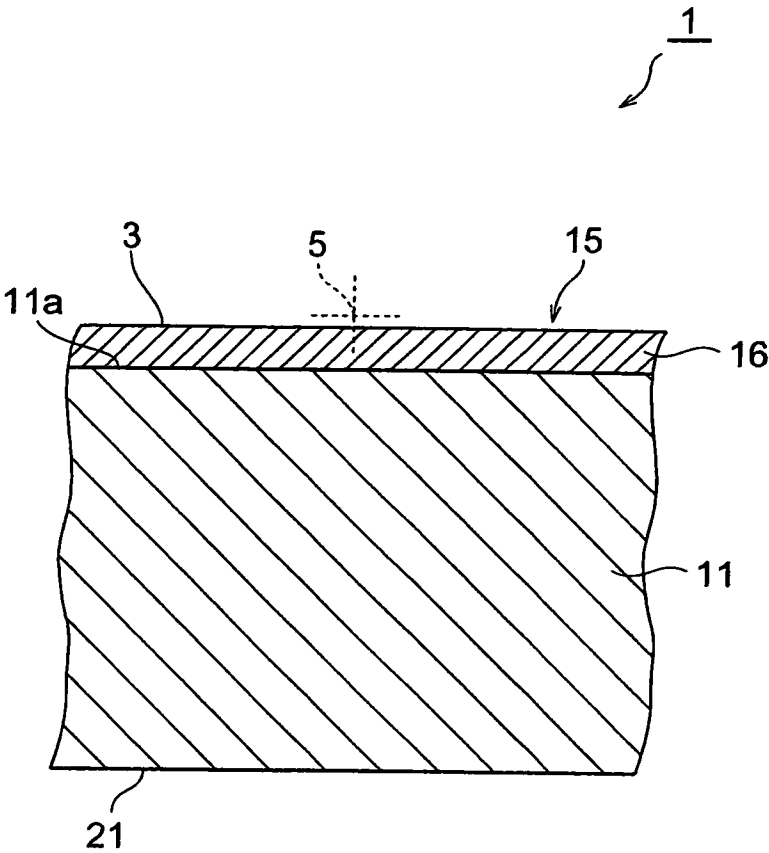
第13圖



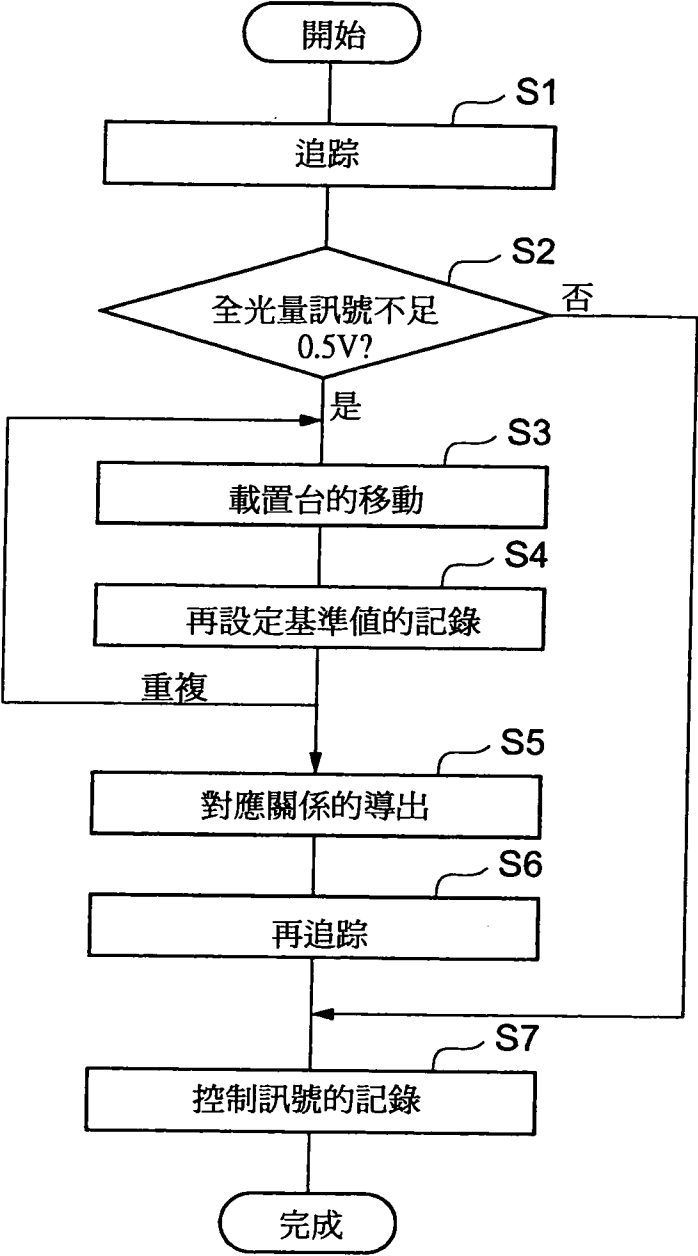
第14圖



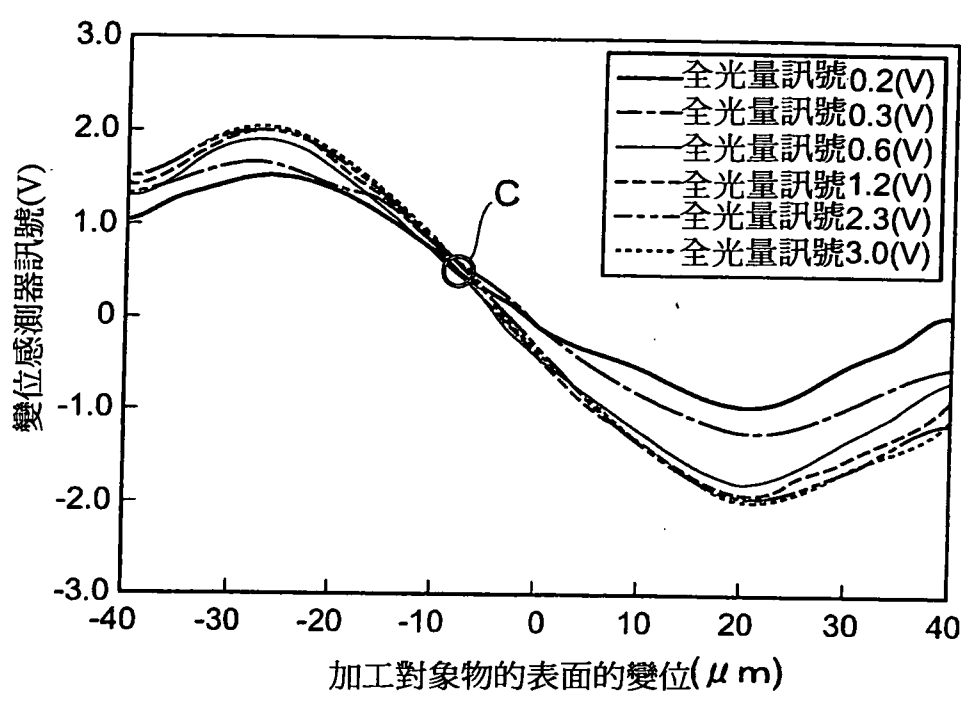
第15圖



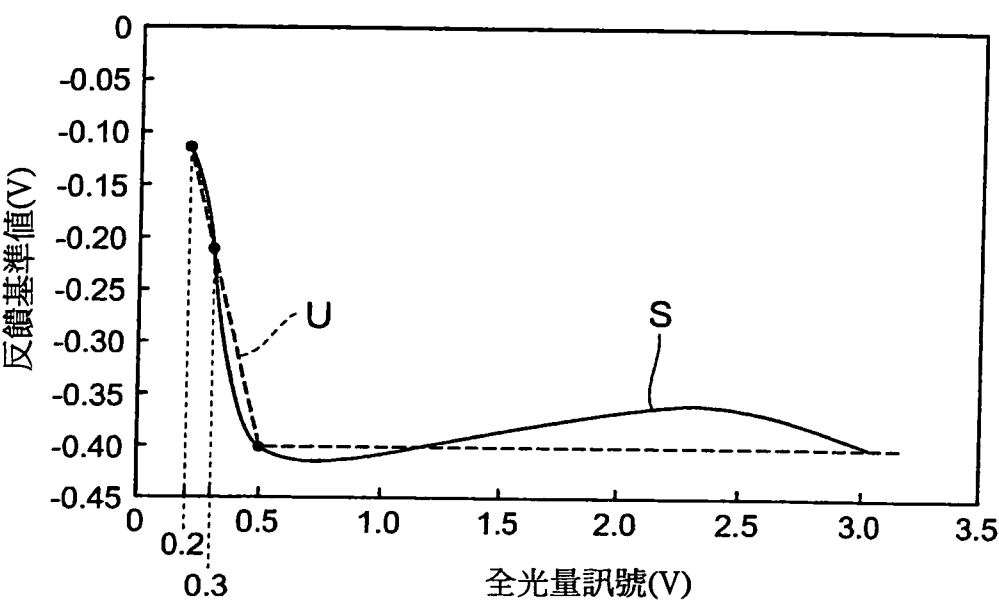
第16圖



第17圖



第18圖



第19圖

