

(21)申請案號：101133480

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 13 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/18 (2006.01)**

B23K26/38 (2006.01)

(30)優先權：2011/09/16 日本

2011-203400

(71)申請人：濱松赫德尼古斯股份有限公司 (日本) HAMAMATSU PHOTONICS K.K. (JP)
日本

(72)發明人：河口大祐 KAWAGUCHI, DAISUKE (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：2 項 圖式數：14 共 45 頁

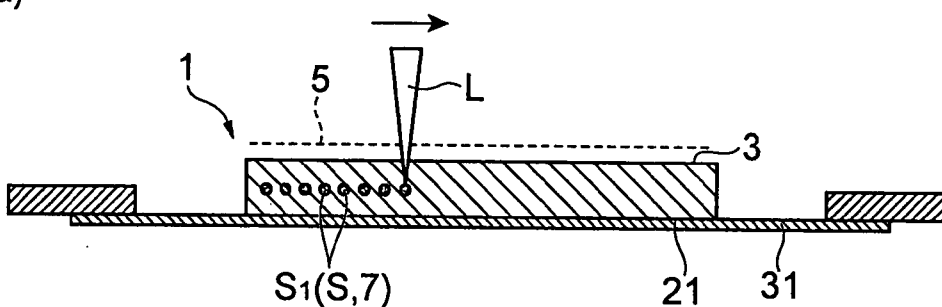
(54)名稱

雷射加工方法

(57)摘要

藉由使雷射光(L)集光於以水晶所形成之加工對象物(1)處，來沿著切斷預定線(5)而在加工對象物(1)處形成包含有複數之改質點(S)的改質區域(7)。此時，係一面對於加工對象物(1)而照射雷射光(L)，一面使其沿著切斷預定線(5)而作相對移動，來沿著切斷預定線(5)而形成位置於加工對象物(1)之內部的複數之改質點(S₁)，之後，一面對於加工對象物(1)而照射雷射光(L)，一面使其沿著切斷預定線(5)而作相對移動，來沿著切斷預定線(5)，而以不會形成有露出於加工對象物(1)之表面(3)處之龜裂的方式，而形成露出於加工對象物(1)之表面(3)的複數之改質點(S₂)。

(a)



1：加工對象物

3：表面

5：切斷預定線

7：改質區域

21：背面

31：擴張膠帶

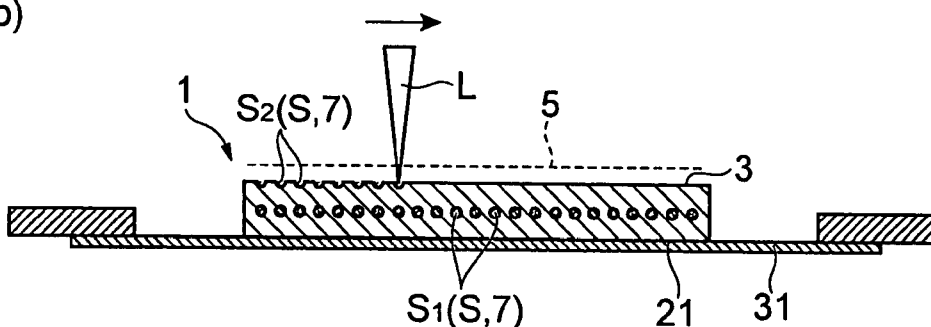
L：雷射光

S：改質點

S₁：第 1 改質點

S₂：第 2 改質點

(b)



(21)申請案號：101133480

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 13 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/18 (2006.01)**

B23K26/38 (2006.01)

(30)優先權：2011/09/16 日本

2011-203400

(71)申請人：濱松赫德尼古斯股份有限公司 (日本) HAMAMATSU PHOTONICS K.K. (JP)
日本

(72)發明人：河口大祐 KAWAGUCHI, DAISUKE (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：2 項 圖式數：14 共 45 頁

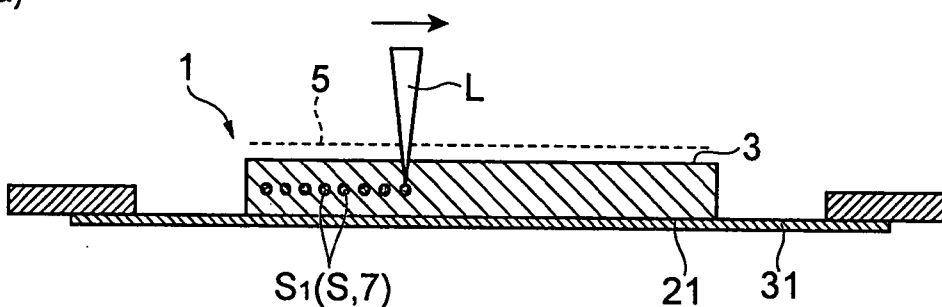
(54)名稱

雷射加工方法

(57)摘要

藉由使雷射光(L)集光於以水晶所形成之加工對象物(1)處，來沿著切斷預定線(5)而在加工對象物(1)處形成包含有複數之改質點(S)的改質區域(7)。此時，係一面對於加工對象物(1)而照射雷射光(L)，一面使其沿著切斷預定線(5)而作相對移動，來沿著切斷預定線(5)而形成位置於加工對象物(1)之內部的複數之改質點(S₁)，之後，一面對於加工對象物(1)而照射雷射光(L)，一面使其沿著切斷預定線(5)而作相對移動，來沿著切斷預定線(5)，而以不會形成有露出於加工對象物(1)之表面(3)處之龜裂的方式，而形成露出於加工對象物(1)之表面(3)的複數之改質點(S₂)。

(a)



1：加工對象物

3：表面

5：切斷預定線

7：改質區域

21：背面

31：擴張膠帶

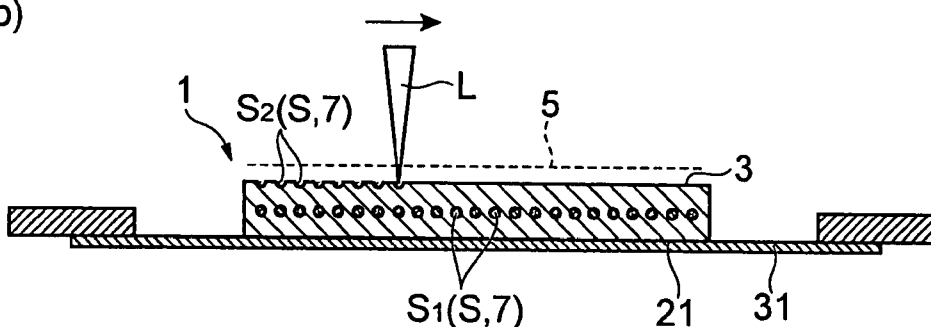
L：雷射光

S：改質點

S₁：第 1 改質點

S₂：第 2 改質點

(b)



發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101133480

※申請日：101 年 09 月 13 日

※IPC 分類：B23K²⁶/₁₈ (2006.01)
B23K²⁶/₃₈ (2006.01)

一、發明名稱：(中文／英文)

雷射加工方法

二、中文發明摘要：

藉由使雷射光 (L) 集光於以水晶所形成之加工對象物 (1) 處，來沿著切斷預定線 (5) 而在加工對象物 (1) 處形成包含有複數之改質點 (S) 的改質區域 (7)。此時，係一面對於加工對象物 (1) 而照射雷射光 (L)，一面使其沿著切斷預定線 (5) 而作相對移動，來沿著切斷預定線 (5) 而形成位置於加工對象物 (1) 之內部的複數之改質點 (S₁)，之後，一面對於加工對象物 (1) 而照射雷射光 (L)，一面使其沿著切斷預定線 (5) 而作相對移動，來沿著切斷預定線 (5)，而以不會形成有露出於加工對象物 (1) 之表面 (3) 處之龜裂的方式，而形成露出於加工對象物 (1) 之表面 (3) 的複數之改質點 (S₂)。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(11)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

1：加工對象物

3：表面

5：切斷預定線

21：背面

31：擴張膠帶

7：改質區域

L：雷射光

S₁：第1改質點

S₂：第2改質點

S：改質點

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明，係有關於用以切斷加工對象物之雷射加工方法。

【先前技術】

作為先前技術之雷射加工方法，係周知有：使雷射光集光於加工對象物處，並在加工對象物處，沿著切斷預定線而形成改質區域，再延著切斷預定線來將加工對象物切斷者（例如，參考專利文獻 1）。在此種雷射加工方法中，係沿著切斷預定線來形成複數之改質點，並藉由此些複數之改質點來形成改質區域。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本特開 2006-108459 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

於此，在上述一般之雷射加工方法中，當將以水晶所形成之加工對象物作切斷的情況時，由於係容易產生例如大的龜裂，因此，要對於該龜裂作控制並對於切斷後之加工對象物的尺寸精確度（加工品質）作控制一事，係並非容易，要將尺寸精確度提昇一事，係為困難。

因此，本發明之課題，係在於提供一種能夠將藉由水晶所形成之加工對象物以良好的尺寸精確度來作切斷之雷射加工方法。

[用以解決課題之手段]

爲了解決上述課題，本發明之其中一側面的雷射加工方法，係爲用以將藉由水晶所形成之加工對象物沿著切斷預定線來作切斷的雷射加工方法，其特徵爲，具備有：藉由將雷射光集光於加工對象物處，來沿著切斷預定線而在加工對象物處形成包含有複數之改質點的改質區域之改質區域形成工程，改質區域形成工程，係包含有：一面對於加工對象物而照射雷射光，一面使其沿著切斷預定線而作相對移動，來沿著切斷預定線而形成位置於加工對象物之內部的複數之第 1 改質點之工程；和一面對於加工對象物而照射雷射光，一面使其沿著切斷預定線而作相對移動，來沿著切斷預定線，而以不會形成有露出於加工對象物之雷射光射入面之龜裂的方式，而形成露出於加工對象物之雷射光射入面的複數之第 2 改質點之工程。

在藉由此雷射加工方法來將被作了加工之加工對象物切斷的情況時，係藉由被形成於內部之複數的第 1 改質點，來沿著切斷預定線而容易地作切斷，並且，露出於雷射光射入面的複數之第 2 改質點，係以成爲所謂的預切線的方式而起作用，該切斷係成爲藉由該複數之第 2 改質點而被作輔助。故而，係成爲能夠將加工對象物以良好之尺

寸精確度來作切斷。

又，係亦可更進而具備有：藉由沿著切斷預定線而從外部來對於加工對象物施加力，來以改質區域作為切斷之起點而將加工對象物切斷之切斷工程。藉由此，係成為能夠將加工對象物確實地沿著切斷預定線而作切斷。

[發明之效果]

若依據本發明，係成為能夠將以水晶所形成之加工對象物以良好之尺寸精確度來作切斷。

【實施方式】

以下，針對本發明之其中一種實施形態，參考圖面並作詳細說明。另外，在以下之說明中，針對相同或者是相當之要素，係附加相同的符號，並省略重複之說明。

在本實施形態之雷射加工方法中，係使雷射光集光於加工對象物處，並沿著切斷預定線而形成包含有複數之改質點的改質區域。因此，首先，係針對改質區域之形成，而參考圖 1～圖 6 來作說明。

如圖 1 中所示一般，雷射加工裝置 100，係具備有：將雷射光 L 作脈衝震盪之雷射光源 101、和以將雷射光 L 之光軸（光路）的方向作 90° 之改變的方式來作了配置之二向分光鏡 103、和用以集光雷射光 L 之集光用透鏡（集光光學系）105。又，雷射加工裝置 100，係具備有用以將被照射有藉由集光用透鏡 105 所作了集光的雷射光 L 之加

工對象物 1 作支持的支持台 107、和用以使支持台 107 移動之平台 111、和爲了對於雷射光 L 之輸出或脈衝寬幅、脈衝波形等作調節而對於雷射光源 101 作控制之雷射光源控制部 102、和對於平台 111 之移動作控制的平台控制部 115。

在此雷射加工裝置 100 中，從雷射光源 101 所射出之雷射光 L，係藉由二向分光鏡 103 而使其之光軸的方向作 90°的改變，並藉由集光用透鏡 105 來集光於被載置在支持台 107 上之加工對象物 1 的內部。與此同時地，使平台 111 移動，並使加工對象物 1 相對於雷射光 L 而沿著切斷預定線 5 來作相對移動。藉由此，係成爲在加工對象物 1 處形成有沿著切斷預定線 5 之改質區域。另外，於此，雖係爲了使雷射光 L 作相對性移動，而使平台 111 作了移動，但是，係亦可使集光用透鏡 105 作移動，或者是使此些之雙方作移動。

加工對象物 1，係藉由水晶所形成，並如圖 2 中所示一般，在加工對象物 1 處，係被設定有用以切斷加工對象物 1 之切斷預定線 5。切斷預定線 5，係爲以直線狀而延伸之假想線。當在加工對象物 1 之內部而形成改質區域的情況時，係如圖 3 中所示一般，在使集光點（集光位置）P 合致於加工對象物 1 之內部的狀態下，使雷射光 L 沿著切斷預定線 5（亦即是朝向圖 2 之箭頭 A 方向）來作相對性移動。藉由此，如同圖 4～圖 6 中所示一般，改質區域 7 係沿著切斷預定線 5 而被形成於加工對象物 1 之內部，

沿著切斷預定線 5 而形成之改質區域 7，係成為切斷起點區域 8。

另外，所謂集光點 P，係指雷射光 L 作集光之場所。又，切斷預定線 5，係並不被限定於直線狀，而亦可為曲線狀，且亦可為將此些作了組合之 3 維狀，並且亦可為被作了座標指定者。又，切斷預定線 5，係並不被限定於假想線，亦可為在加工對象物 1 之表面 3 上而實際所畫出的線。改質區域 7，係有被作連續性形成之情況，亦有被作斷續性形成之情況。又，改質區域 7，係可為列狀，亦可為點狀，也就是說，改質區域 7，係只要至少被形成在加工對象物 1 之內部即可。又，亦會有以改質區域 7 作為起點而被形成有龜裂的情況，龜裂以及改質區域 7，係亦可露出於加工對象物 1 之外表面（表面 3、背面 21、或者是外周面）。又，形成改質區域 7 時之雷射光射入面，係並不被限定於加工對象物 1 之表面 3，而亦可為加工對象物 1 之背面 21。

另外，於此之雷射光 L，係會透過加工對象物 1，並且在加工對象物 1 之內部的集光點近旁處會特別被吸收，藉由此，而在加工對象物 1 處形成改質區域 7（亦即是內部吸收型雷射加工）。故而，由於在加工對象物 1 之表面 3 處雷射光 L 係幾乎不會被吸收，因此加工對象物 1 之表面 3 係不會有熔融的情況。一般而言，當從表面 3 起熔融並被除去而形成孔或溝等之除去部（表面吸收型雷射加工）的情況時，加工區域係從表面 3 側起而逐漸朝向背面

側前進。

另外，在本實施形態中所形成之改質區域，係指在密度、折射率、機械性強度或其他之物理特性上成為與周圍相異之狀態的區域。作為改質區域，例如，係為熔融處理區域（係指一旦熔融之後而再度固化之區域、熔融狀態中之區域以及正在從熔融而進行再固化的狀態中之區域，此些之任一者）、碎裂區域、絕緣破壞區域、折射率變化區域等，且以包含有此些區域作了混合存在之區域。進而，作為改質區域，係亦存在有在加工對象物之材料中相較於非改質區域之密度而改質區域之密度有所改變的區域、或者是被形成有晶格缺陷之區域等（將此些亦統稱為高密度轉移區域）。

又，熔融處理區域或折射率變化區域、改質區域之密度相較於非改質區域之密度而有所變化之區域、被形成有晶格缺陷之區域，係亦會有更進而在此些之區域的內部或者是改質區域和非改質區域之間的邊界處而內包有龜裂（碎裂、微碎裂）的情況。被作內包之龜裂，係會有涵蓋改質區域之全面的情況，或者是僅在一部分處或在複數部分處而形成的情況。作為加工對象物 1，係使用水晶（ SiO_2 ）或者是包含有水晶的材料。

又，在本實施形態中，係藉由沿著切斷預定線 5 而將改質點（加工痕跡）作複數形成，來形成改質區域 7。所謂改質點，係指藉由脈衝雷射光之 1 個脈衝的擊射（亦即是 1 個脈衝的雷射照射：雷射擊射）所形成之改質部分，

藉由改質點之集合，而成為改質區域 7。作為改質點，係可列舉出碎裂點、熔融處理點或折射率變化點，又或是此些之至少 1 個的混合存在。

針對此改質點，較理想，係對於所要求之切斷精確度、所要求之切斷面的平坦性、加工對象物之厚度、種類、結晶方位等作考慮，來對於其之大小或所發生之龜裂的長度作適當的控制。

接著，針對本實施形態之雷射加工裝置作說明。

如圖 7 中所示一般，雷射加工裝置 200，係具備有將板狀之加工對象物 1 作支持之支持台 201、和射出雷射光 L 之雷射光源 202、和用以對於從雷射光源 202 所射出之雷射光 L 的像差作修正之反射型空間光調變器 203、和將藉由反射型空間光調變器 203 而對像差作了修正的雷射光 L 集光於藉由支持台 201 來作了支持的加工對象物 1 之內部的集光光學系 204、和至少對於反射型空間光調變器 203 作控制之控制部（控制手段）205。雷射加工裝置 200，係藉由使雷射光 L 照射加工對象物 1，來沿著加工對象物 1 之切斷預定線 5 而形成包含有複數之改質點的改質區域 7。

反射型空間光調變器 203，係被設置在框體 231 內，雷射光源 202，係被設置在框體 231 之頂板處。又，集光光學系 204，係包含複數之透鏡而構成，並經由包含壓電元件等所構成之驅動單元 232，而被設置在框體 231 之底板處。又，係藉由被設置在框體 231 處之零件，而構成雷

射發動機 230。另外，控制部 205，係亦可設置在雷射發動機 230 之框體 231 內。

在框體 231 處，係被設置有使框體 231 朝向加工對象物 1 之厚度方向移動的移動機構（未圖示）。藉由此，由於係能夠因應於加工對象物 1 之深度來使雷射發動機 230 作上下移動，因此係成為能夠使集光光學系 204 之位置改變並將雷射光 L 集光於加工對象物 1 之所期望的深度位置處。另外，代替在框體 231 處設置移動機構，係亦可在支持台 201 處，設置使支持台 201 朝向加工對象物 1 之厚度方向移動的移動機構。又，亦可利用後述之 AF 單元 212 來使集光光學系 204 朝向加工對象物 1 之厚度方向移動。又，亦可將此些作組合。

控制部 205，係除了對於反射型空間光調變器 203 作控制以外，亦對於雷射加工裝置 200 之全體作控制。例如，控制部 205，在形成改質區域 7 時，係以使雷射光 L 之集光點 P 位於從加工對象物 1 之表面（雷射光射入面）3 起而離開特定之距離的位置處，並且使雷射光 L 之集光點 P 沿著切斷預定線 5 來作相對性移動的方式，而對於包含有集光光學系 204 之雷射發動機 230 作控制。另外，控制部 205，爲了相對於加工對象物 1 而使雷射光 L 之集光點 P 作相對性移動，係亦可並非對於包含集光光學系 204 之雷射發動機 230 作控制，而是對於支持台 201 作控制，或者是，亦可對於包含集光光學系 204 之雷射發動機 230 以及支持台 201 之雙方作控制。

從雷射光源 202 所射出之雷射光 L，係在框體 231 內，藉由反射鏡 206、207 而被依序作反射，之後，藉由稜鏡等之反射構件 208 而被作反射，並射入至反射型空間光調變器 203 處。射入至反射型空間光調變器 203 中之雷射光 L，係藉由反射型空間光調變器 203 而被作調變，並從反射型空間光調變器 203 而射出。從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L，係在框體 231 內，以沿著集光光學系 204 之光軸的方式而被反射構件 208 反射，並依序透過束分光器 209、210 而射入至集光光學系 204 處。射入至集光光學系 204 處之雷射光 L，係藉由集光光學系 204，而被集光於被載置在支持台 201 上之加工對象物 1 的內部。

又，雷射加工裝置 200，係於框體 231 內，具備有用以對於加工對象物 1 之表面 3 作觀察的表面觀察單元 211。表面觀察單元 211，係藉由將被束分光器 209 所反射並且透過束分光器 210 之可視光 VL 射出並藉由集光光學系 204 而集光且被加工對象物 1 之表面 3 所反射的可視光 VL 檢測出來，來取得加工對象物 1 之表面 3 的像。

進而，雷射加工裝置 200，係在框體 231 內，具備有為了當在加工對象物 1 之表面 3 處存在有起伏的情況時亦能夠將雷射光 L 之集光點 P 以良好精確度而合致於從表面 3 起而離開了特定之距離的位置處的 AF (autofocus) 單元 212。AF 單元 212，係藉由將被束分光器 210 所反射之 AF 用雷射光 LB 射出並藉由集光光學系 204 而集光且被加工

對象物 1 之表面 3 所反射的 AF 用雷射光 LB 檢測出來，來例如使用非點像差法而取得沿著切斷預定線 5 之表面 3 的位移資料。之後，AF 單元 212，係在形成改質區域 7 時，藉由根據所取得的位移資料來對於驅動單元 232 作驅動，來以沿著加工對象物 1 之表面 3 之起伏的方式而使集光光學系 204 於其之光軸方向上作往返移動，以對於集光光學系 204 和加工對象物 1 之間的距離進行微調整。

於此，針對反射型空間光調變器 203 作說明。反射型空間光調變器 203，係為對於從雷射光源 202 所射出之雷射光 L 的像差作修正者，並例如使用有反射型液晶（LCOS：Liquid Crystal on Silicon）之空間光調變器（SLM：Spatial Light Modulator）。圖 8，係為圖 7 之雷射加工裝置的反射型空間光調變器的部分剖面圖。如圖 8 中所示一般，反射型空間光調變器 203，係具備有矽基板 213、和驅動電路層 914、和複數之像素電極 214、和介電質多層膜反射鏡等之反射膜 215、和配向膜 999a、和液晶層 216、和配向膜 999b、和透明導電膜 217、以及玻璃基板等之透明基板 218，並將該些依照上述順序而作層積。

透明基板 218，係具備有沿著 XY 平面之表面 218a，該表面 218a，係構成反射型空間光調變器 203 之表面。透明基板 218，例如係主要包含有玻璃等之光透過性材料，並使從反射型空間光調變器 203 之表面 218a 所射入的特定波長之雷射光 L，透過至反射型空間光調變器 203 之內部。透明導電膜 217，係被形成於透明基板 218 之背面

218b 上，並主要包含有使雷射光 L 透過之導電性材料（例如 ITO）而構成之。

複數之像素電極 214，係依據複數之像素的配列而被配列成 2 維狀，並沿著透明導電膜 217 而被配列在矽基板 213 上。各像素電極 214，例如係由鋁等之金屬材料所成，此些之表面 214a，係被加工為平滑。複數之像素電極 214，係藉由被設置在驅動電路層 914 處之主動矩陣電路而被作驅動。

主動矩陣電路，係被設置在複數之像素電極 214 和矽基板 213 之間，並因應於欲從反射型空間光調變器 203 而輸出之光像，來控制對於各像素電極 214 所施加之電壓。此種主動矩陣電路，例如係具備有未圖示之對於在 X 軸方向上作並排之各像素列的施加電壓作控制之第 1 驅動電路、和對於在 Y 軸方向上作並排之各像素列的施加電壓作控制之第 2 驅動電路，並構成為以控制部 250 來藉由雙方之驅動電路來對於被指定的像素之像素電極 214 施加特定之電壓。

另外，配向膜 999a、999b，係被配置在液晶層 216 之兩端面處，並使液晶分子群配列在一定之方向上。配向膜 999a、999b，例如係適用有由聚醯亞胺之類的高分子材料所成並且對於與液晶層 216 之間的接觸面而施加有摩擦（rubbing）處理等者。

液晶層 216，係被配置在複數之像素電極 214 和透明導電膜 217 之間，並因應於藉由各像素電極 214 和透明導

電膜 217 所形成的電場，來使雷射光 L 調變。亦即是，若是藉由主動矩陣電路來對於某一像素電極 214 施加電壓，則在透明導電膜 217 和該像素電極 214 之間係被形成有電場。

此電場，係對於反射膜 215 以及液晶層 216 之各個，分別以對應於各別之厚度的比例而被作施加。而後，因應於被施加在液晶層 216 處之電場的大小，液晶分子 216a 之配列方向係改變。若是使雷射光 L 透過透明基板 218 以及透明導電膜 217 並射入至液晶層 216 中，則此雷射光 L，係成為在通過液晶層 216 的期間中，藉由液晶分子 216a 而被作調變，並在反射膜 215 處而被反射，之後，再度藉由液晶層 216 而被作調變，之後再被取出。而，用以對於雷射光 L 之束波面作整形（調變）的像差修正（波面整形）圖案，係被顯示在液晶層 216 上，藉由此，透過了液晶層 216 之像差修正圖案後的雷射光 L，係因應於該像差修正圖案而被作相位調變，而像差係被作修正。

控制部 205，在形成改質區域 7 時，係將相關於像差修正圖案之圖案資訊，輸入至反射型空間光調變器 203 中，並在液晶層 216 上顯示特定之像差修正圖案，藉由此，來對於從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L 的像差作控制。另外，被輸入至反射型空間光調變器 203 中之圖案資訊，係可構成爲作逐次輸入，亦可構成爲對於預先所記憶的圖案資訊作選擇並輸入。

另外，嚴密而言，藉由反射型空間光調變器 203 而被

作了像差修正之雷射光 L，係會由於在空間中傳播一事，而使得波面形狀改變。特別是，當從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L 或者是射入至集光光學系 204 中之雷射光 L 為具備有特定之擴徑的光（亦即是，平行光以外之光）的情況時，在反射型空間光調變器 203 處之波面形狀和在集光光學系 204 處之波面形狀係並不會相一致，其結果，會有對於作為目的之精密性的內部加工造成妨礙之虞。因此，使在反射型空間光調變器 203 處之波面形狀和在集光光學系 204 處之波面形狀相互一致一事，係為重要。因此，更為理想者，係為藉由計測等來求取出當雷射光 L 從反射型空間光調變器 203 而傳播至集光光學系 204 處時的波面形狀之變化，並將對於該波面形狀之變化作了考慮的像差修正圖案之圖案資訊輸入至反射型空間光調變器 203 中。

或者是，為了使在反射型空間光調變器 203 處之波面形狀和在集光光學系 204 處之波面形狀相互一致，係亦可如圖 9 中所示一般，在於反射型空間光調變器 203 和集光光學系 204 之間而前進之雷射光 L 的光路上，設置調整光學系 240。藉由此，係成為能夠正確地實現波面整形。

調整光學系 240，係至少具備有 2 個的透鏡 241a 以及透鏡 241b。透鏡 241a、241b，係為用以使在反射型空間光調變器 203 處之波面形狀和在集光光學系 204 處之波面形狀相似性地成為一致者。透鏡 241a、241b，係以使反射型空間光調變器 203 和透鏡 241a 之間的距離成為透鏡

241a 之焦距 f_1 ，並使集光光學系 204 和透鏡 241b 之間的距離成為透鏡 241b 之焦距 f_2 ，並使透鏡 241a 和透鏡 241b 之間的距離成為 $f_1 + f_2$ ，且使透鏡 241a 和透鏡 241b 成為兩側遠心光學系的方式，來配置在反射型空間光調變器 203 和反射構件 208 之間。

藉由如此這般地作配置，就算是具備有 1° 以下程度之小的擴散角之雷射光 L，亦能夠使在反射型空間光調變器 203 處之波面和在集光光學系 204 處之波面相互一致。又，雷射光 L 之束徑，係根據 f_1 和 f_2 間之比值而被決定（射入至集光光學系 204 中之雷射光 L 的束徑，係成為從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L 的束徑之 f_2 / f_1 倍）。故而，不論是當雷射光 L 為平行光或者是具備有小的擴徑之光的任一者之情況時，均能夠在將從反射型空間光調變器 203 所射出之角度作了保持的狀態下，來在射入至集光光學系 204 中之雷射光 L 處而得到所期望的束徑。

另外，調整光學系 240，較理想，係具備有對於透鏡 241a、241b 之個別的位置而相互獨立地進行微調整之機構。又，為了對於反射型空間光調變器 203 之有效區域作有效的使用，係亦可在反射型空間光調變器 203 和雷射光源 202 之間的雷射光 L 之光路上設置擴束器。

接著，針對本實施形態之雷射加工方法作說明。

本實施形態之雷射加工方法，係為作為例如用以製造水晶振動元件之水晶振動元件之製造方法而使用者，並將

藉由身為六角柱狀之結晶的水晶所形成之加工對象物 1，以雷射加工裝置 200 來切斷為複數之水晶晶片。因此，首先，係參考圖 10 來對於水晶振動元件之全體的製造工程流程作概略說明。

首先，將人工水晶原石藉由例如鑽石研削來作切出，並加工成特定尺寸之棒狀體（原材，lumbered）（S1）。接著，藉由 X 線來測定出與水晶振動元件之溫度特性要求相對應的切斷角度，並基於此切斷角度來對於原材進行線鋸加工，藉由此而切斷成複數之晶圓狀的加工對象物 1（S2）。於此之加工對象物 1，係呈現 $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ 之矩形板狀，並具備有相對於厚度方向而作了 35.15° 之傾斜的結晶軸。

接著，對於加工對象物 1 之表面 3 以及背面 21 施加摩擦加工，並將其之厚度設為特定之厚度（S3）。接著，以微小角度準位來藉由 X 線而對於切斷角度作測定，以進行加工對象物 1 之選擇以及分類，之後，再度對於加工對象物 1 之表面 3 以及背面 21 施加與上述 S3 相同之摩擦加工，而將加工對象物 1 之厚度微調整為例如 $100\mu\text{m}$ 程度（S4、S5）。

之後，作為切斷加工以及外形加工，在加工對象物 1 處形成改質區域 7，並將該改質區域 7 作為切斷之起點，來將加工對象物 1 沿著切斷預定線 5 而作切斷（S6，詳細係於後再述）。藉由此，而得到具備有 $\pm$ 數 μm 以下之尺寸精確度的外形尺寸之複數的水晶晶片。在本實施形態

中，係對於加工對象物 1，而在對表面 3 作觀察時將切斷預定線 5 設定為格子狀，並作為 $1\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 之矩形板狀的水晶晶片，而將加工對象物 1 切斷。

接著，以成為特定頻率的方式，來對於水晶晶片進行去角加工（凸面加工），並且以成為特定頻率的方式，來藉由蝕刻加工而對於水晶晶片之厚度作調整（S7、S8）。之後，將此水晶晶片組裝成水晶振動元件（S9）。具體而言，係在水晶晶片上，藉由濺鍍而形成電極，並將此水晶晶片搭載於安裝器內，而在真空氛圍中進行熱處理，之後，藉由離子蝕刻來切削水晶晶片之電極而對於頻率進行調整，再在安裝器內進行接縫密封。藉由此，而結束水晶振動元件之製造。

圖 8，係為用以對於將加工對象物切斷為水晶晶片之工程作說明的概略圖。在圖中，為了方便說明，係對於沿著 1 條的切斷預定線 5 所進行之切斷作例示。在將加工對象物 1 切斷為水晶晶片之上述 S6 中，首先，係在加工對象物 1 之背面 21 上貼附擴張膠帶 31，並將加工對象物 1 載置於支持台 201（參考圖 7）上。

接著，藉由控制部 205 來對於雷射發動機 230 以及反射型空間光調變器 203 作控制，而沿著切斷預定線 5 來對於加工對象物 1 而將雷射光 L 適當地作集光並形成包含有複數之改質點 S 的改質區域 7（改質區域形成工程）。

具體而言，係如圖 11（a）中所示一般，例如一面以輸出 0.03 W 、反覆頻率 15 kHz 以及脈衝寬幅 500 微微秒～

640 微微秒來將雷射光 L 從表面 3 側而進行照射，一面使此雷射光 L 沿著切斷預定線 5 來作相對移動，而沿著切斷預定線 5 來將僅位置於加工對象物 1 之內部的複數之第 1 改質點 S_1 作一系列的形成（第 1 掃描）。

接著，如圖 11（b）中所示一般，例如一面以輸出 0.03W、反覆頻率 15kHz 以及脈衝寬幅 500 微微秒～640 微微秒來將雷射光 L 從表面 3 側而進行照射，一面使此雷射光 L 沿著切斷預定線 5 來作相對移動，而沿著切斷預定線 5 來將露出於加工對象物 1 之表面 3 的複數之第 2 改質點 S_2 作一系列的形成（第 2 掃描）。

於此，係發現了下述知識：亦即是，在進行形成露出於作為雷射光射入面之表面 3 處的第 2 改質點 S_2 之上述第 2 掃描時，若是並非僅單純地使雷射光 L 集光於加工對象物 1 之表面 3 處，而是對於此雷射光 L 之像差而使集光點位置在加工對象物 1 內之表面 3 近旁處的方式來作修正，則能夠對於所謂的空擊現象（就算是使雷射光 L 集光於加工對象物 1 處也不會形成改質點 S 的現象）作抑制。

因此，在上述第 2 掃描中，係將以使雷射光 L 之集光點 P 位置在加工對象物 1 內之表面 3 近旁處的方式來對於雷射光 L 之像差作修正的特定之像差修正圖案，顯示在反射型空間光調變器 203 之液晶層 216 處。與此同時地，使集光光學系 204 之焦點位置在加工對象物 1 之表面 3 處。在此狀態下，將雷射光 L 從表面 3 側來作照射，亦即是，將以使集光點位置在加工對象物 1 內之表面 3 近旁處的方

式來作了像差修正之雷射光 L，集光於作為雷射光射入面之表面 3 處。

特別是，在本實施形態之上述第 2 掃描中，係將使集光點位置在從加工對象物 1 之表面 3 起而朝向內側 $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 之位置處的特定之像差修正圖案，顯示在液晶層 216 處，藉由此，來將以使集光點位置在加工對象物 1 內之從表面 3 起而朝向內側 $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 之位置處的方式來作了像差修正之雷射光 L，集光於表面 3 處。

藉由此，如圖 13 中所示一般，能夠對於所謂的空擊現象之發生作抑制，並且，係成為能夠並不形成身為露出於表面 3 處之龜裂的半切割地而漂亮的沿著切斷預定線 5 來持續性地形成露出於表面 3 處之複數的第 2 改質點 S_2 （亦即是，斷續性地從表面 3 而露出之改質區域 7）。

接著，在將上述第 1 以及第 2 掃描針對全部的切斷預定線 5 而作了實施之後，如圖 12（a）中所示一般，針對加工對象物 1，而從背面 21 側起，來隔著擴張膠帶 31 而以沿著切斷預定線 5 的方式來將刀鋒 32 作推壓附著，並沿著切斷預定線 5 而從外部來對於加工對象物 1 施加力（切斷工程）。

藉由此，複數之第 1 改質點 S_1 ，係成為作為主要對於切斷有所助益的改質點而起作用，並且，複數之第 2 改質點 S_2 ，係成為作為對於切斷作輔助之持續的表面擊打痕之改質點來起作用，以改質區域 7 作為切斷之起點，而將加工對象物 1 切斷成複數之水晶晶片。之後，如圖 12（b）

中所示一般，使擴張膠帶 31 擴張，以確保晶片之間隔。藉由上述工程，而將加工對象物 1 切斷成複數之水晶晶片 10。

以上，在本實施形態中，係將位置於加工對象物 1 之內部的複數之第 1 改質點 S_1 沿著切斷預定線 5 來形成，並且將露出於表面 3 之複數之第 2 改質點 S_2 沿著切斷預定線 5 來形成。故而，藉由複數之第 1 改質點 S_1 ，改質區域 1 係沿著切斷預定線 5 而被容易地作切斷，並且，露出於表面 3 的複數之第 2 改質點 S_2 ，係以成為所謂的預切線的方式而起作用，該切斷係成為藉由該複數之第 2 改質點 S_2 而被作輔助。故而，係成為能夠將加工對象物 1 以良好之尺寸精確度來作切斷，而成為能夠使加工品質提昇。

特別是，若是在藉由水晶所形成之加工對象物 1 處產生有半切割，則由於此半切割係起因於例如水晶所具有之加工特性而成為容易蛇行，因此，要對於切斷後之加工對象物 1 的尺寸精確度作控制一事，係並不容易。關於此點，在本實施形態中，如同上述一般，由於係能夠以不會使半切割從第 2 改質點 S_2 而形成的方式來進行雷射加工，因此係成為能夠以更加良好之尺寸精確度來將加工對象物 1 切斷。

又，在本實施形態中，如同上述一般，係使用刀鋒 32 來對於加工對象物 1 而沿著切斷預定線 5 來施加外部應力，並將改質區域 7 作為切斷之起點而將加工對象物 1 作切斷。藉由此，就算是由難以切斷之水晶所形成的加工對

象物 1，亦成爲能夠確實地沿著切斷預定線 5 來以良好精確度而切斷加工對象物 1。

另外，在形成露出於表面 3 之第 2 改質點 S_2 時，當將以使集光點位置在加工對象物 1 內之距離表面 3 而未滿 $1\mu\text{m}$ 之位置處的方式來作了像差修正之雷射光 L 集光於表面 3 處的情況時，以及當將以使集光點位置在加工對象物 1 內之距離表面 3 而超過 $2\mu\text{m}$ 之位置處的方式來作了像差修正之雷射光 L 集光於表面 3 處的情況時，係容易產生所謂的空擊現象。因此，在此些之情況中，會成爲使加工品質降低。

圖 14，係爲對於比較例之被形成有第 2 改質點的加工對象物之表面作展示的照片。在途中，係將以使集光點位置在加工對象物 1 內之距離表面 3 而爲 $3\sim 6\mu\text{m}$ 內側之位置處的方式來作了像差修正之雷射光 L 集光於表面 3，並形成第 2 改質點 S_2 。如圖 14 中所示一般，可以得知，在形成露出於表面 3 之第 2 改質點 S_2 時，當將以使集光點位置在距離表面 3 而爲深之位置處的方式來作了像差修正的雷射光 L 集光於表面 3 處的情況時，係產生有空擊現象（參考圖中之框內部分）。

另外，水晶震動元件，由於係身爲對於水晶之材料本身的特性作了利用之元件，因此，水晶震動元件用之水晶晶片的尺寸精確度，會對於溫度特性和震動元件特性造成大的影響。關於此點，能夠作爲水晶晶片而以良好尺寸精確度來將加工對象物 1 作切斷的本實施形態，係爲特別有

效。又，就算是當在表面 3 上殘存（露出）有第 2 改質點 S_2 的情況時，對於水晶晶片之溫度特性和震動元件特性所造成的影響亦為少。又，由於就算是僅單純地將雷射光 L 之加工點的輸出提昇，也難以對於所謂空擊現象之發生作抑制，並且更會變得容易在表面 3 上產生焦痕或傷痕，因此係並不理想。

以上，雖係針對本發明之合適之實施形態而作了說明，但是，本發明係並不被限定於上述之實施形態，在並不對於各請求項中所記載之要旨作變更的範圍內，係可任意作變形或者是適用其他之構成。

例如，在上述實施形態中，作為反射型空間光調變器 203，雖係使用了 LCOS-SLM，但是，亦可使用 MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）-SLM，或者是 DMD（Deformable Mirror Device）等。上述實施形態之反射型空間光調變器 203，雖係具備有介電質多層膜反射鏡，但是，係亦可利用矽基板之像素電極的反射。進而，在上述實施形態中，雖係使用有反射型空間光調變器 203，但是，係亦可使用透過型之空間光調變器。作為空間光調變器，係可列舉出液晶胞形態、LCD 形態者。

又，在上述實施形態中，係藉由在以使集光點位置於加工對象物 1 之表面 3 近旁處的方式來對於雷射光 L 之像差作了修正的狀態下而將該雷射光 L 集光於表面 3 處，而形成了第 2 改質點 S_2 ，但是，係並不被限定於此，只要能夠將露出於雷射光射入面處之第 2 改質點，以不會產生半

切割的方式來形成即可。例如，亦可藉由以控制部 205 來對於雷射加工裝置 200 適宜作控制，而形成第 2 改質點 S_2 。

又，在上述實施形態中，雖係在形成了第 1 改質點 S_1 之後，再形成第 2 改質點 S_2 ，但是，係亦可在形成了第 2 改質點 S_2 之後，再形成第 1 改質點 S_1 。當在加工對象物 1 處形成厚度方向之位置互為相異的複數列之改質區域 7 的情況時，此些之改質區域 7 的形成順序，係為不同之順序。

在上述記載中，相關於像差修正之各數值，係為對於在加工上、製造上以及設計上等之誤差有所容許者。另外，本發明，係可視為藉由上述雷射加工方法來製造水晶振動元件的水晶振動元件之製造方法或製造裝置，另一方面，係並非為被限定於製造水晶振動元件者，而可對於用以將藉由水晶所形成之加工對象物作切斷的各種之方法或裝置作適用。

[產業上之利用可能性]

係成為能夠將以水晶所形成之加工對象物以良好之尺寸精確度來作切斷。

【圖式簡單說明】

[圖 1]在改質區域之形成中所使用的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 2]成爲改質區域之形成的對象之加工對象物的平面圖。

[圖 3]沿著圖 2 之加工對象物的 III-III 線之剖面圖。

[圖 4]雷射加工後之加工對象物的平面圖。

[圖 5]沿著圖 4 之加工對象物的 V-V 線之剖面圖。

[圖 6]沿著圖 4 之加工對象物的 VI-VI 線之剖面圖。

[圖 7]本實施形態之雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 8]圖 7 之雷射加工裝置的反射型空間光調變器的部分剖面圖。

[圖 9]本實施形態之其他的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 10]對於本實施形態之水晶振動元件的製造工程作展示之流程圖。

[圖 11]用以對於將加工對象物切斷爲水晶晶片之工程作說明的概略圖。

[圖 12]用以對於將加工對象物切斷爲水晶晶片之工程作說明的其他概略圖。

[圖 13] (a) 係爲對於本實施形態之被形成有第 2 改質點的加工對象物之表面作展示的照片，(b) 係爲與沿著圖 13 (a) 之 b-b 線的剖面相對應之照片。

[圖 14]係爲對於比較例之被形成有第 2 改質點的加工對象物之表面作展示的照片。

【主要元件符號說明】

1：加工對象物

5：切斷預定線

7：改質區域

L：雷射光

S：改質點

S₁：第 1 改質點

S₂：第 2 改質點

七、申請專利範圍：

1.一種雷射加工方法，係為用以將藉由水晶所形成之加工對象物沿著切斷預定線來作切斷的雷射加工方法，其特徵為，具備有：

藉由將雷射光集光於前述加工對象物處，來沿著前述切斷預定線而在前述加工對象物處形成包含有複數之改質點的改質區域之改質區域形成工程，

前述改質區域形成工程，係包含有：

一面對於前述加工對象物而照射前述雷射光，一面使其沿著前述切斷預定線而作相對移動，來沿著前述切斷預定線而形成位置於前述加工對象物之內部的複數之第 1 改質點之工程；和

一面對於前述加工對象物而照射前述雷射光，一面使其沿著前述切斷預定線而作相對移動，來沿著前述切斷預定線，而以不會形成有露出於前述加工對象物之前述雷射光射入面之龜裂的方式，而形成露出於前述加工對象物之雷射光射入面的複數之第 2 改質點之工程。

2.如申請專利範圍第 1 項所記載之雷射加工方法，其中，係更進而具備有：藉由沿著前述切斷預定線而從外部來對於前述加工對象物施加力，來以前述改質區域作為切斷之起點而將前述加工對象物切斷之切斷工程。

圖1

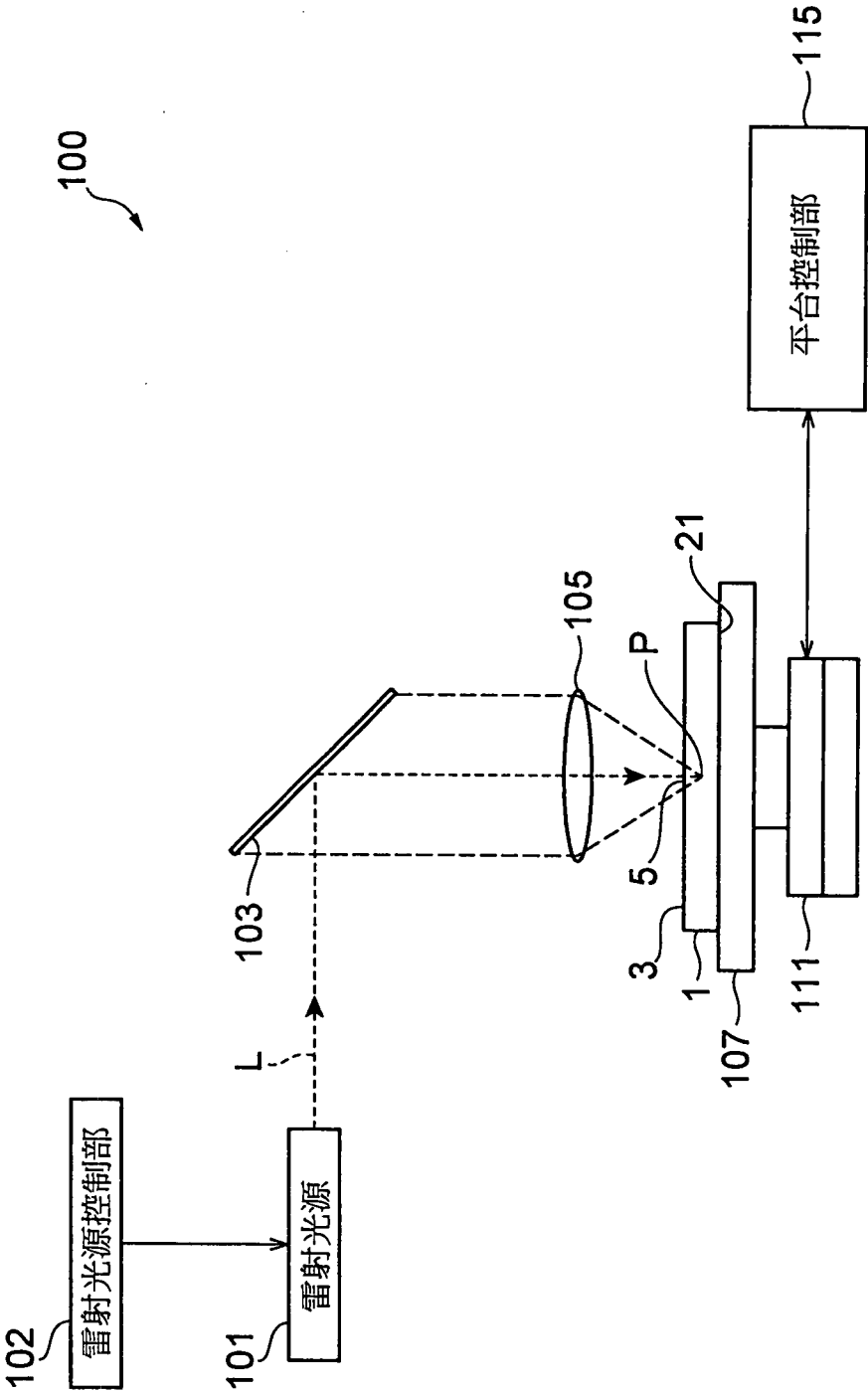


圖2

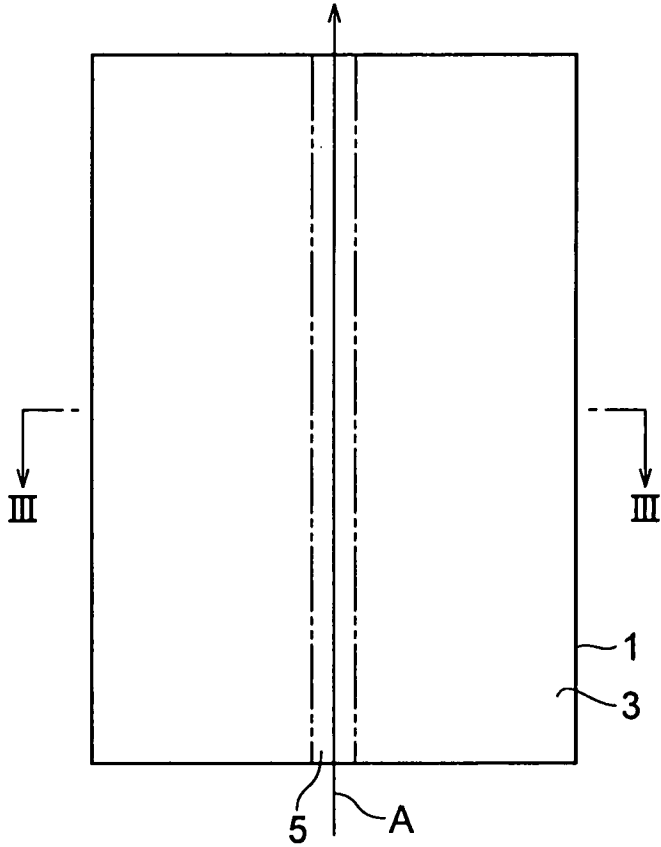


圖 3

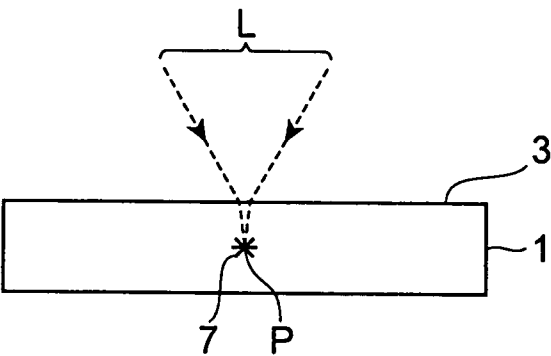


圖4

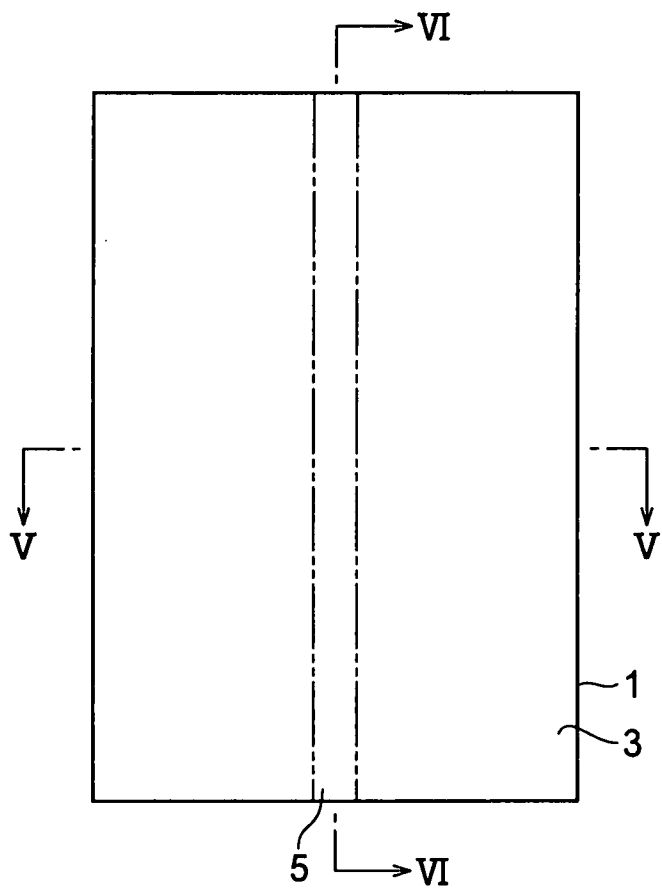


圖5

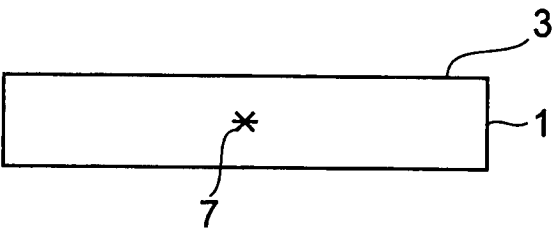


圖 6

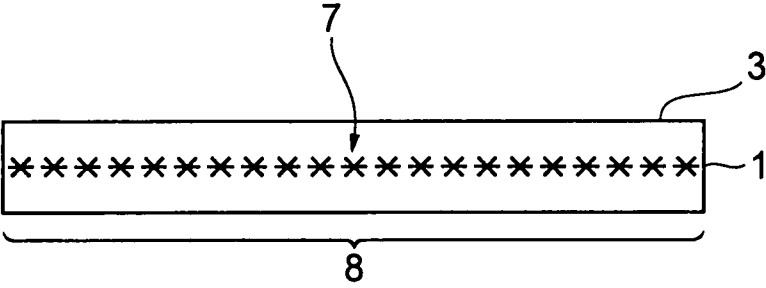


圖 7

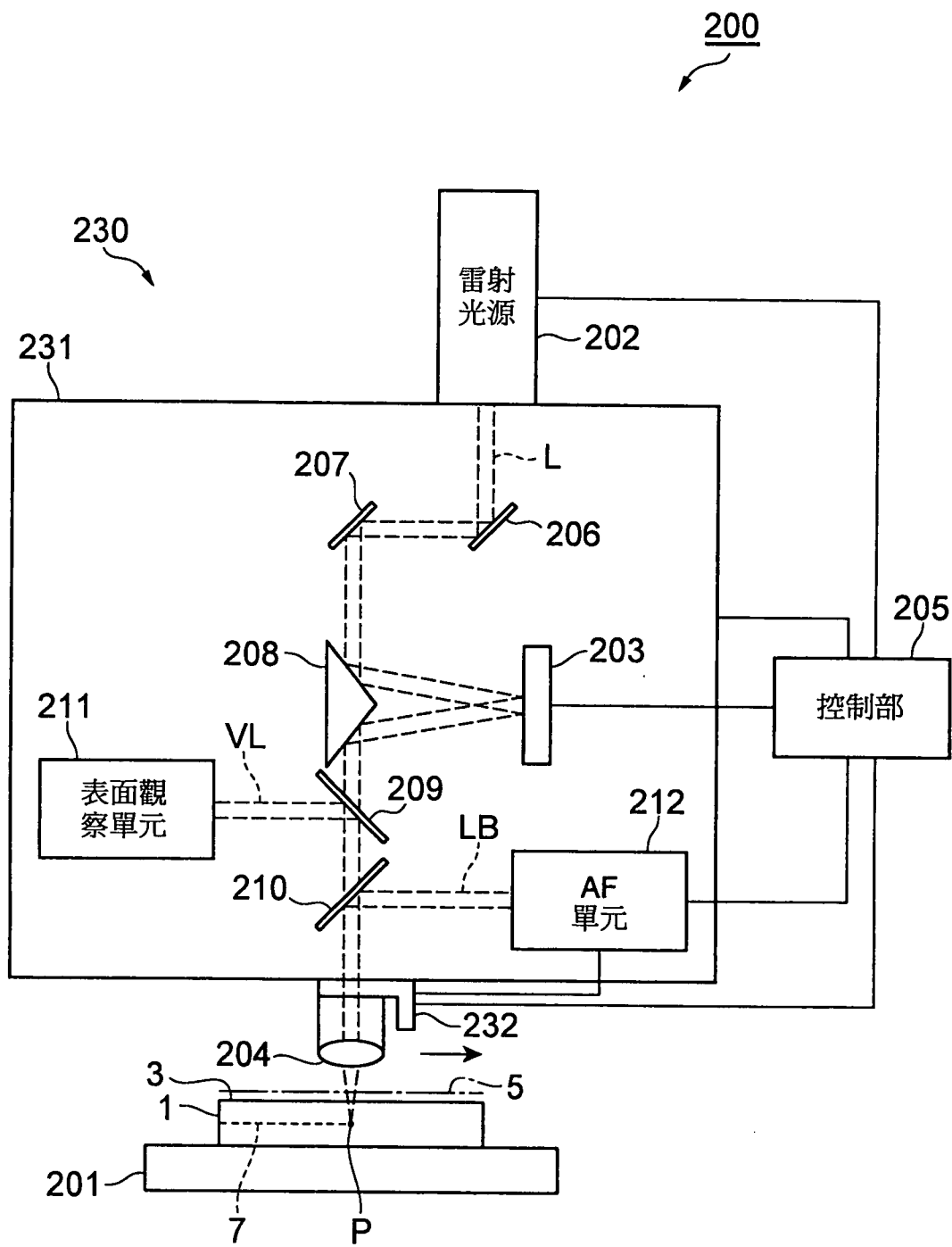


圖 8

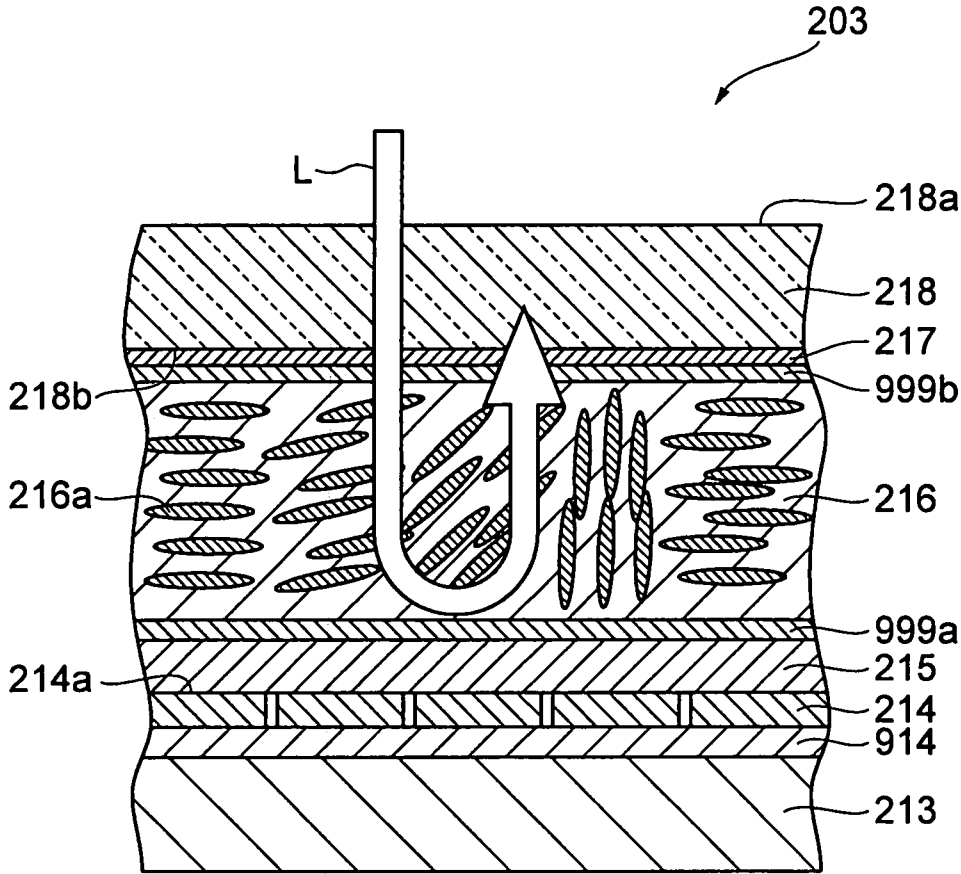


圖 9

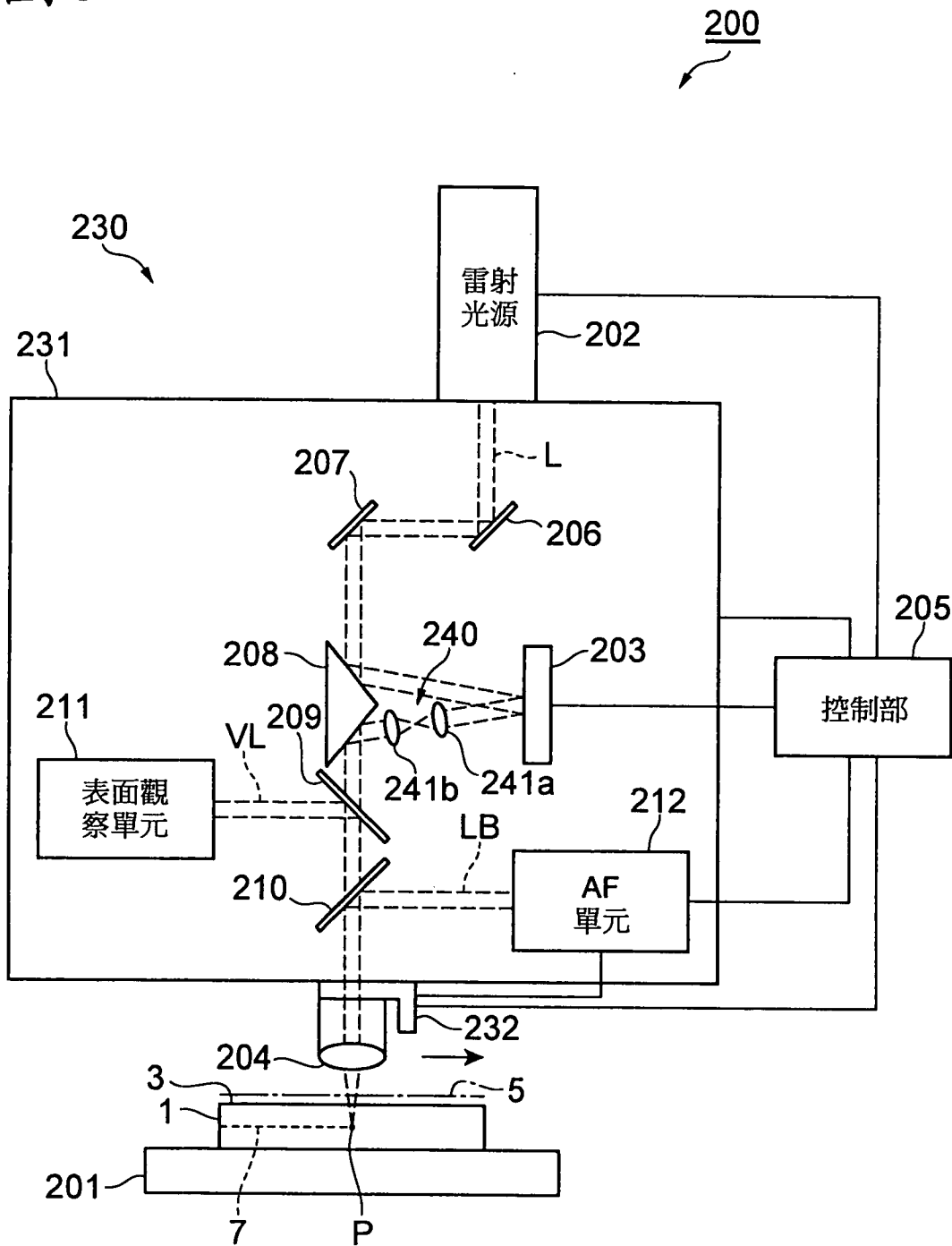


圖 10

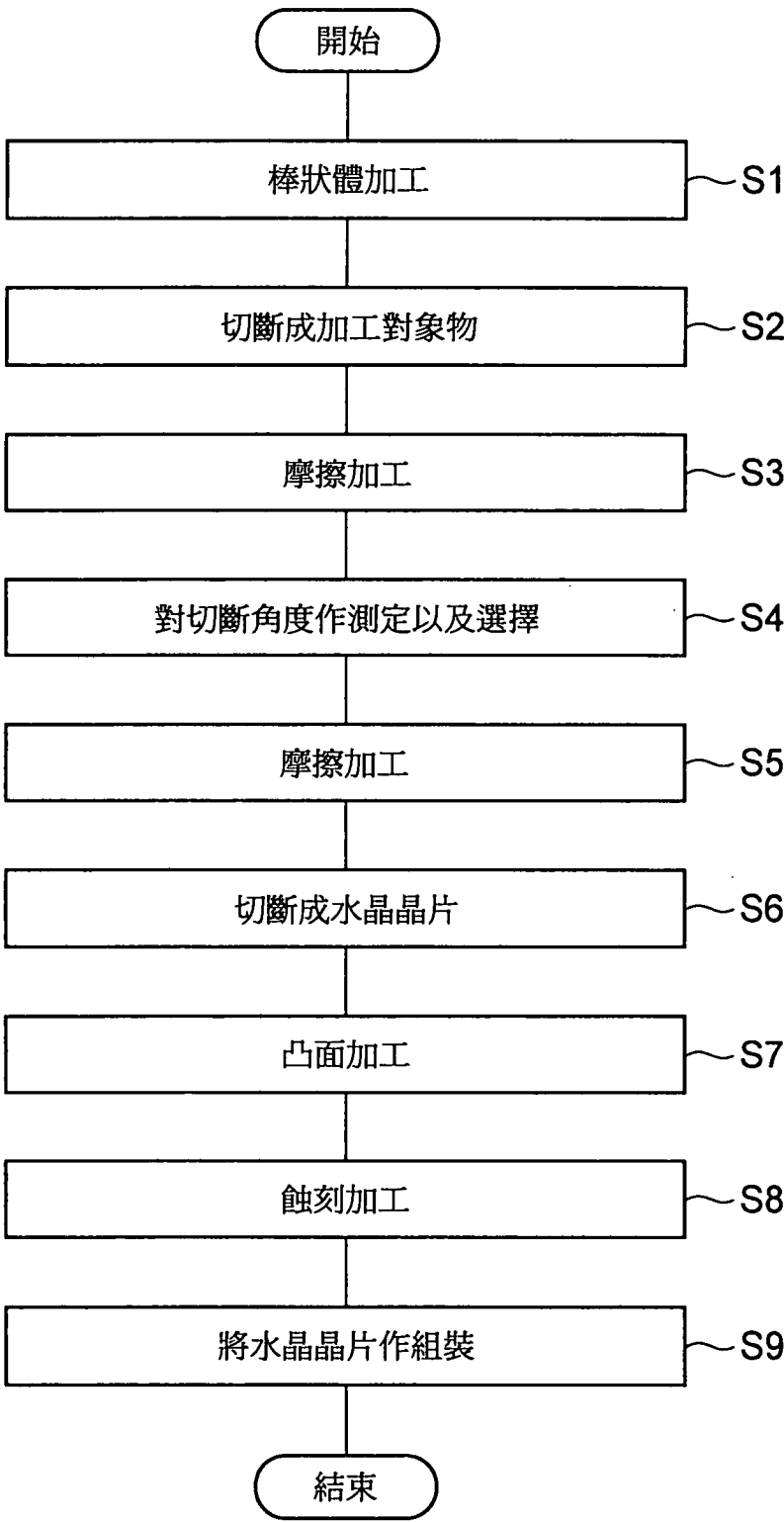


圖 11

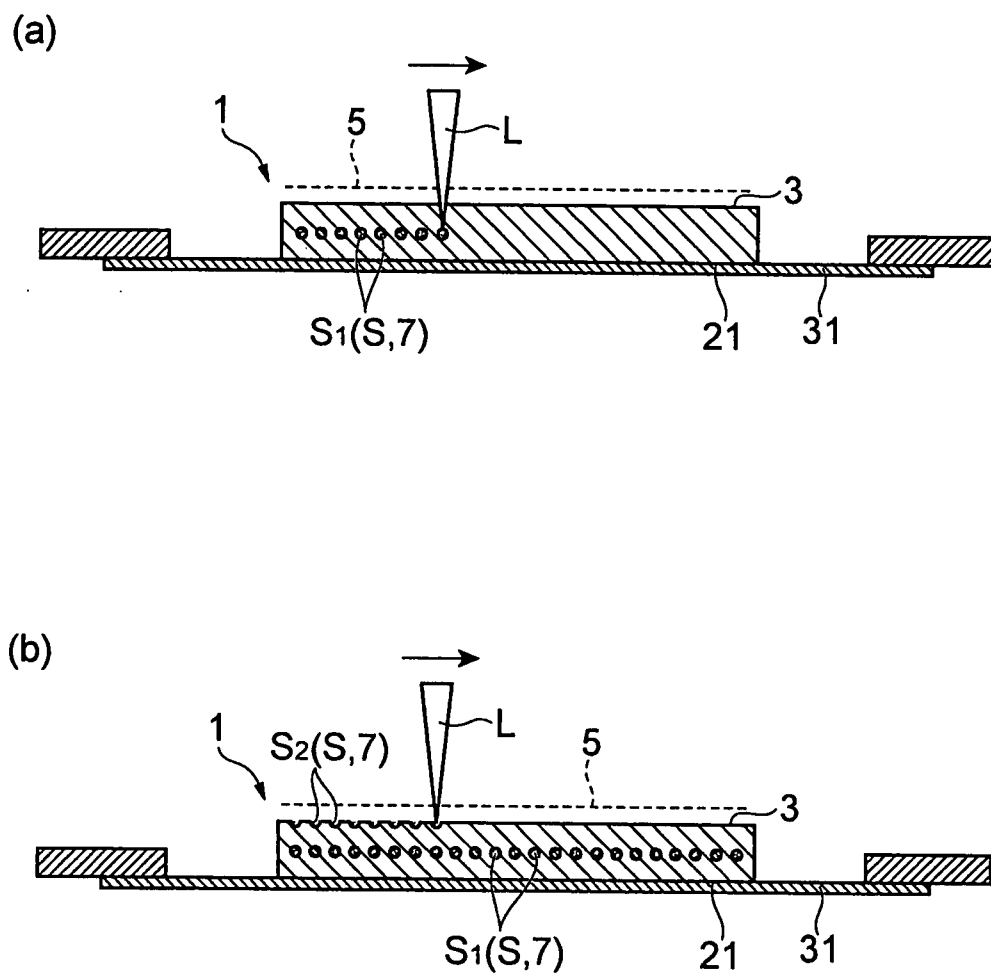


圖12

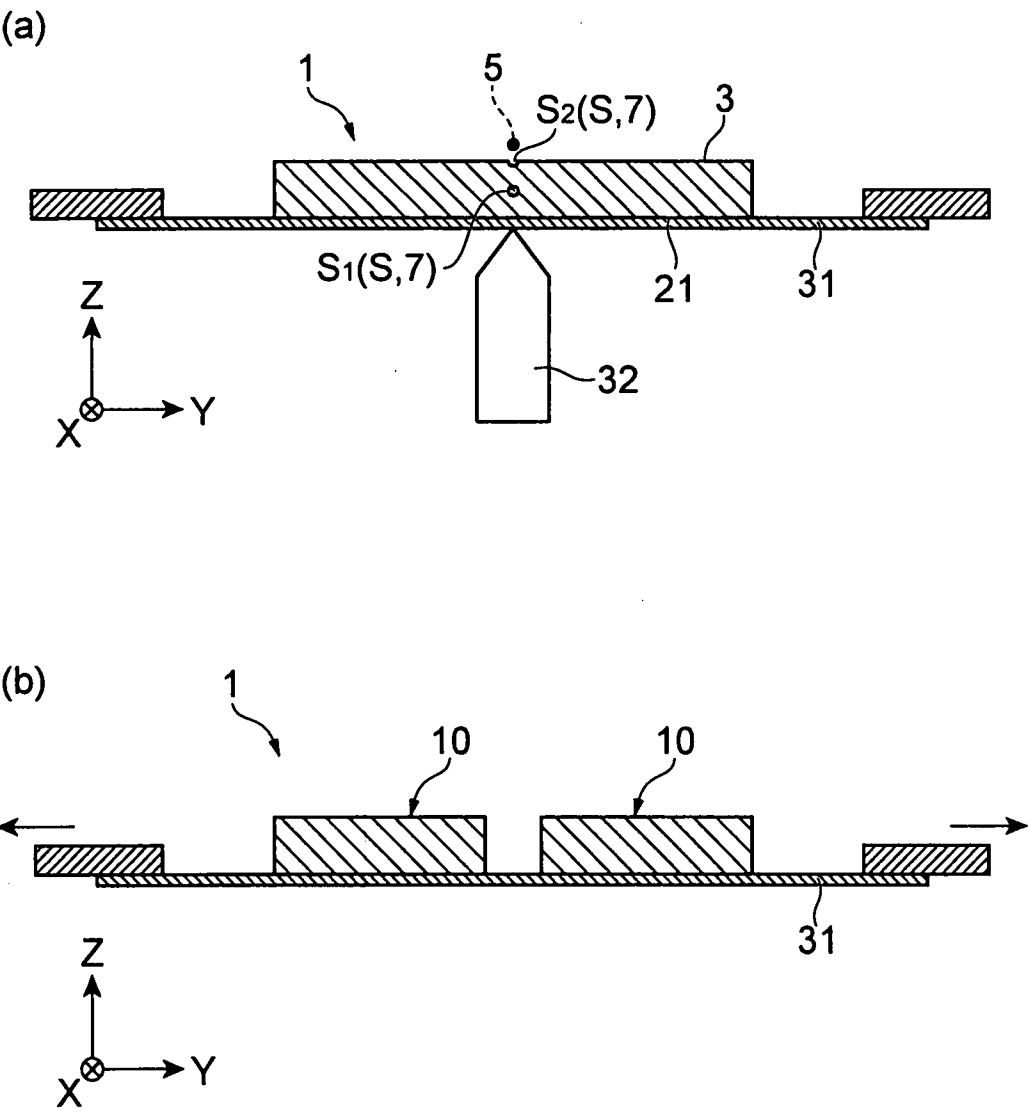
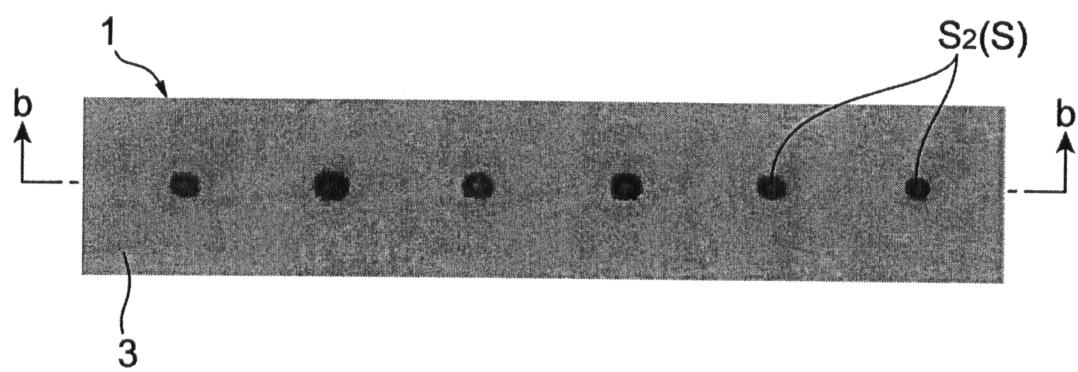


圖 13

(a)



(b)

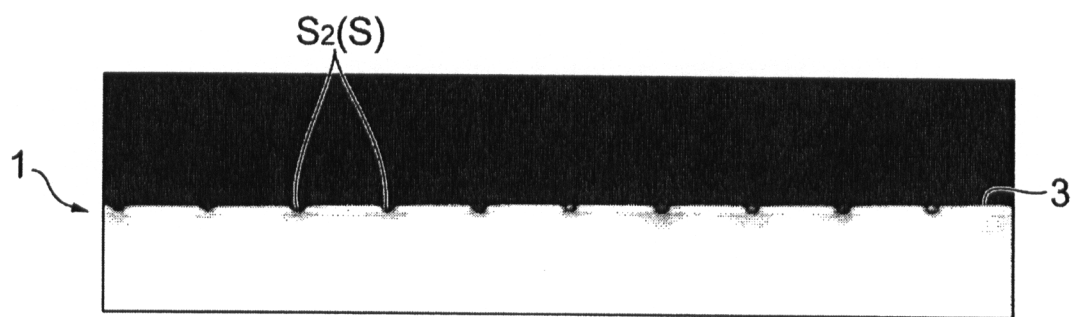


圖 14

