



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201311384 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：101145955

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 08 月 01 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/04 (2006.01)**

B23K26/06 (2006.01)

G02B26/00 (2006.01)

(30)優先權：2007/08/03 日本

2007-203529

(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：中野誠 NAKANO, MAKOTO (JP)；久野耕司 KUNO, KOJI (JP)；箴島哲也
OSAJIMA, TETSUYA (JP)；井上卓 INOUE, TAKASHI (JP)；熊谷正芳 KUMAGAI,
MASAYOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

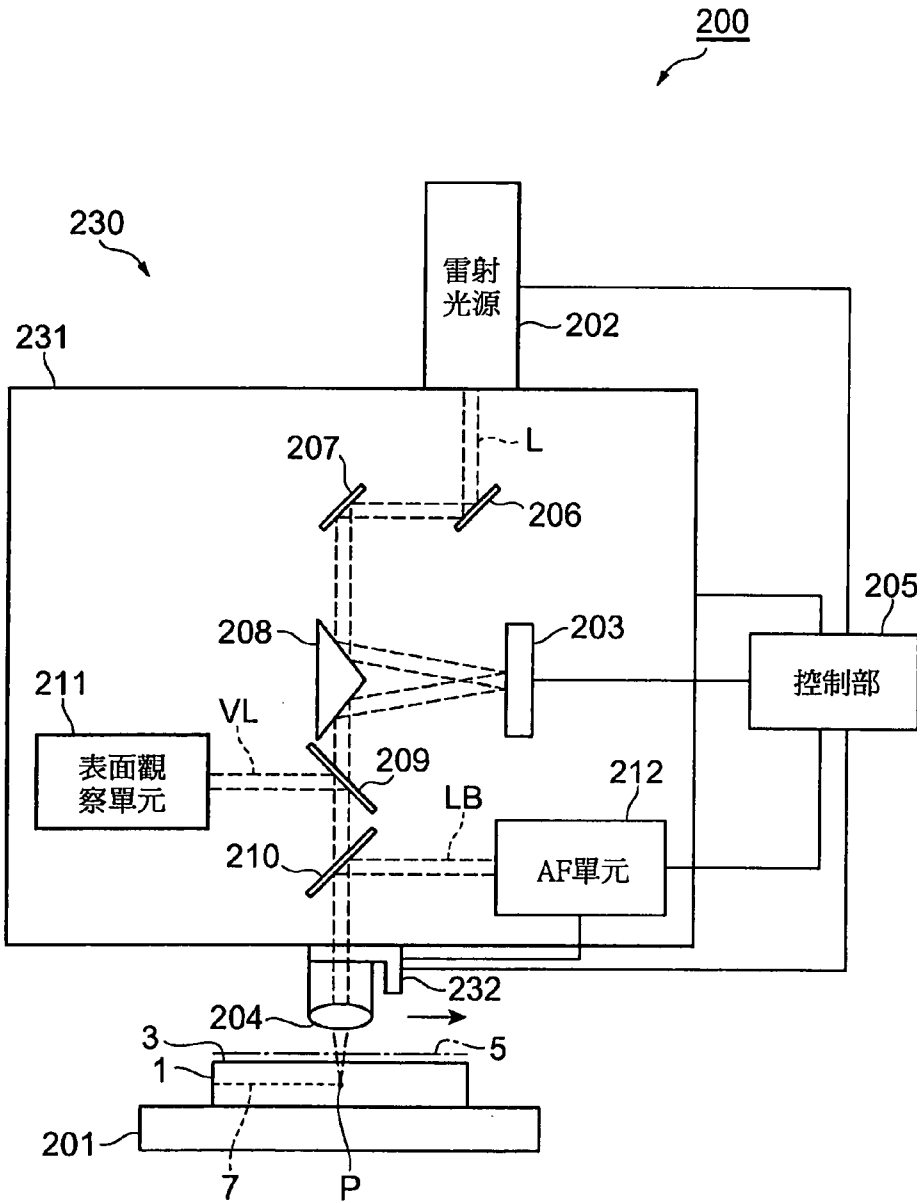
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：29 共 99 頁

(54)名稱

雷射加工方法、雷射加工裝置及其製造方法

(57)摘要

將以使被集光於加工對象物(1)之內部的雷射光(L)之像差成為特定之像差以下的方式，而經由反射型空間光調變器(203)所調變後之雷射光(L)，照射於加工對象物(1)。因此，係將在合致於雷射光(L)之集光點(P)的位置處所發生的雷射光(L)之像差極力的減小，並提高在該位置處之雷射光(L)的能量密度，而能夠形成作為切斷之起點的功能為高之改質區域(7)。並且，由於係使用有反射型空間光調變器(203)，因此，相較於透過型空間光調變器，能夠提升雷射光(L)之利用效率。此種雷射光(L)之利用效率的提升，在將成為切斷之起點的改質區域(7)形成於板狀之加工對象物(1)處的情況時，係特別重要。



- 1：加工對象物
- 3：表面(雷射光入射面)
- 5：切斷預定線
- 7：改質區域
- 200：雷射加工裝置
- 201：支持台
- 202：雷射光源
- 203：反射型空間光調變器
- 204：集光光學系
- 205：控制部
- 206：反射鏡
- 207：反射鏡
- 208：反射構件
- 209：分光鏡
- 210：分光鏡
- 211：表面觀察單元
- 212：AF單元
- 230：雷射引擎
- 231：筐體
- 232：驅動單元
- L：雷射光
- LB：AF用雷射光
- P：集光點
- VL：可視光



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201311384 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：101145955

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 08 月 01 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/04 (2006.01)**

B23K26/06 (2006.01)

G02B26/00 (2006.01)

(30)優先權：2007/08/03 日本

2007-203529

(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：中野誠 NAKANO, MAKOTO (JP)；久野耕司 KUNO, KOJI (JP)；箴島哲也
OSAJIMA, TETSUYA (JP)；井上卓 INOUE, TAKASHI (JP)；熊谷正芳 KUMAGAI,
MASAYOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：29 共 99 頁

(54)名稱

雷射加工方法、雷射加工裝置及其製造方法

(57)摘要

將以使被集光於加工對象物(1)之內部的雷射光(L)之像差成為特定之像差以下的方式，而經由反射型空間光調變器(203)所調變後之雷射光(L)，照射於加工對象物(1)。因此，係將在合致於雷射光(L)之集光點(P)的位置處所發生的雷射光(L)之像差極力的減小，並提高在該位置處之雷射光(L)的能量密度，而能夠形成作為切斷之起點的功能為高之改質區域(7)。並且，由於係使用有反射型空間光調變器(203)，因此，相較於透過型空間光調變器，能夠提升雷射光(L)之利用效率。此種雷射光(L)之利用效率的提升，在將成為切斷之起點的改質區域(7)形成於板狀之加工對象物(1)處的情況時，係特別重要。

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：101145955

※申請日期：97.8.1

※IPC分類：B23K 26/04 (2006.01)

B23K 26/06 (2006.01)

原申請案號：097129384

G02B 26/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

雷射加工方法、雷射加工裝置及其製造方法

二、中文發明摘要：

將以使被集光於加工對象物(1)之內部的雷射光(L)之像差成爲特定之像差以下的方式，而經由反射型空間光調變器(203)所調變後之雷射光(L)，照射於加工對象物(1)。因此，係將在合致於雷射光(L)之集光點(P)的位置處所發生的雷射光(L)之像差極力的減小，並提高在該位置處之雷射光(L)的能量密度，而能夠形成作爲切斷之起點的功能爲高之改質區域(7)。並且，由於係使用有反射型空間光調變器(203)，因此，相較於透過型空間光調變器，能夠提升雷射光(L)之利用效率。此種雷射光(L)之利用效率的提升，在將成爲切斷之起點的改質區域(7)形成於板狀之加工對象物(1)處的情況時，係特別重要。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(10)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：改質區域 |
| 200：雷射加工裝置 | 201：支持台 |
| 202：雷射光源 | 203：反射型空間光調變器 |
| 204：集光光學系 | 205：控制部 |
| 206：反射鏡 | 207：反射鏡 |
| 208：反射構件 | 209：分光鏡 |
| 210：分光鏡 | 211：表面觀察單元 |
| 212：AF單元 | 230：雷射引擎 |
| 231：筐體 | 232：驅動單元 |
| L：雷射光 | LB：AF用雷射光 |
| VL：可視光 | P：集光點 |

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，係有關於用以將板狀之加工對象物沿著切斷預定線來切斷之雷射加工方法、雷射加工裝置及其製造方法。

【先前技術】

作為先前技術之雷射加工裝置，在專利文獻 1 中，係記載有：經由雷射發散點移動手段，來將從雷射光源所射出之雷射光發散，並將發散後之雷射光經由集光光學系來集光於雷射加工方法之內部中的特定之位置處者。若藉由此雷射加工裝置，則能夠減輕在加工對象物之內部中的特定位置處所發生之雷射光的像差。

另外，在專利文獻 2 中，係記載有：藉由以空間光調變器來調變雷射光，而進行雷射光之波面補償的波面補償裝置。又，在專利文獻 3 中，係記載有：藉由以空間光調變器來調變雷射光，而將雷射光集光於加工對象物之內部中的複數之位置處的雷射加工裝置。

專利文獻 1：國際公開第 2005/106564 號小冊

專利文獻 2：日本特開 2005-292662 號公報

專利文獻 3：日本特開 2006-68762 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

然而，在將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著切斷預定線來形成改質區域之技術中，依存於加工對象物之與雷射光入射面所相離之距離等的加工條件，會有形成作為切斷之起點的功能為低（例如，難以使碎裂發生）之改質區域的情況。

因此，本發明，係為有鑑於此種事態而進行者，其目的，係在於提供一種：能夠確實地形成成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法、雷射加工裝置及其製造方法。

[用以解決課題之手段]

為了達成上述目的，本發明之雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來形成成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：在形成改質區域時，係以在加工對象物之內部而使雷射光之波面成為特定之波面的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。

又，本發明之雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來形成成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：在形成改質區域時，係以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之像差成為特定之像差的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。

在此些之雷射加工方法中，係將以在加工對象物之內部而使雷射光之波面成爲特定之波面的方式（或者是，以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之像差成爲特定之像差的方式）而藉由反射型空間光調變器所被調變之雷射光，照射於加工對象物處。因此，例如，係將在合致於雷射光之集光點的位置處所發生的雷射光之像差設成略爲0，並提高在該位置處之雷射光的能量密度，而能夠形成作爲切斷之起點的功能爲高（例如，容易使碎裂產生）之改質區域。並且，由於係使用有反射型空間光調變器，因此，相較於透過型空間光調變器，能夠提升雷射光之利用效率。此種雷射光之利用效率的提升，在將成爲切斷之起點的改質區域形成於板狀之加工對象物處的情況時，係特別重要。故而，若藉由此些之雷射加工方法，則成爲能夠確實地形成成爲切斷之起點的改質區域。

本發明之雷射加工方法，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來以並排於加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵爲：在複數列之改質區域中，當形成包含有離前述加工對象物之雷射光入射面最遠之改質區域的一列又或是複數列之改質區域時，係因應於欲形成之改質區域，而以使將雷射光集光於加工對象物之內部的集光光學系與加工對象物間之距離成爲特定之距離的方式，來改變集光光學系與加工對象物間之距離，同時，以在加工對

象物之內部而使雷射光之波面成爲特定之波面的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。

又，本發明之雷射加工方法，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來以並排於加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵爲：在複數列之改質區域中，當形成包含有離加工對象物之雷射光入射面最遠之改質區域的一列又或是複數列之改質區域時，係因應於欲形成之改質區域，而以使將雷射光集光於加工對象物之內部的集光光學系與加工對象物間之距離成爲特定之距離的方式，來改變集光光學系與加工對象物間之距離，同時，以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之像差成爲特定之像差以下的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。

在此些之雷射加工方法中，在複數列之改質區域中，當形成包含有離加工對象物之雷射光入射面最遠之改質區域的一列又或是複數列之改質區域時，係將經由反射型空間光調變器而被調變之雷射光照射於加工對象物處。如此這般，當形成離雷射光入射面爲最遠之改質區域時，需要反射型空間光調變器所致之雷射光之調變的原因，是因爲，若是形成改質區域之位置距離雷射光入射面越遠，則在合致於雷射光之集光點的位置處所發生之雷射光的像差係變得越大之故。故而，若藉由此些之雷射加工方法，則就算是在對於 1 根之切斷預定線而形成複數列之改質區域

的情況時，亦成爲能夠確實地形成成爲切斷之起點的改質區域。

此時，當對於加工對象物而設定有複數根之切斷預定線的情況時，若是在沿著 1 根之切斷預定線而形成了複數列之前述改質區域後，沿著另外 1 根之切斷預定線而形成複數列之前述改質區域，則係可得到下述一般之效果。亦即是，當在加工對象物之雷射光入射面處存在有波浪起伏一般之情況時，爲了將雷射光之集光點以良好精確度來合致於從雷射光入射面而離開有特定之距離的位置處，係取得沿著切斷預定線之雷射光的入射面之位移資料，並根據該位移資料而對集光光學系與加工對象物間之距離作微調整。故而，若是在沿著 1 根之切斷預定線而形成了複數列的改質區域之後，再沿著另外之 1 根的切斷預定線來形成複數列之改質區域，則能夠減少位移資料之切換次數，並成爲能夠在各切斷預定線處將複數列之改質區域以良好精確度來形成於從雷射光入射面而離開有特定之距離的位置處。

又，當對於加工對象物而設定有複數根之切斷預定線的情況時，若是在沿著複數根之切斷預定線而形成了 1 列之改質區域後，沿著複數根之切斷預定線而形成另外之 1 列的改質區域，則係可得到下述一般之效果。亦即是，當經由沿著 1 根之切斷預定線而形成複數列之改質區域一事，來使加工對象物碎裂的情況時，若是在沿著 1 根的切斷預定線而形成了複數列的改質區域之後，再沿著另外 1

根之切斷預定線而形成複數列之改質區域，則會由於加工對象物之碎裂而在加工對象物之位置中產生有偏移。因此，爲了沿著切斷預定線而以良好精確度來形成改質區域，係有必要對加工對象物之位置作修正。然而，若是在沿著複數根之切斷預定線而形成了 1 列的改質區域之後，再沿著複數根的切斷預定線來形成另外之 1 列的改質區域，則能夠防止由於加工對象物之碎裂而在加工對象物之位置中產生有偏移，並減少加工對象物之位置的修正次數，而成爲能夠在短時間內來沿著複數根之切斷預定線而形成複數列之改質區域。

本發明之雷射加工方法，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來形成成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵爲：在形成改質區域時，係以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之開口數成爲特定之開口數的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。

在此雷射加工方法中，係將以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之開口數成爲特定之開口數的方式，而經由反射型空間光調變器所調變後之雷射光，照射於加工對象物。因此，例如，係可因應於加工對象物之材質或是直到應形成改質區域之位置爲止的距離等，來使雷射光之開口數變化，並形成作爲切斷之起點的功能爲高之改質區域。

本發明之雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來以並排於加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：在複數列之改質區域中，當形成除了距離加工對象物之雷射光入射面又或是於加工對象物中之與雷射光入射面相對向之對向表面為最近之改質區域以外的改質區域時，相較於形成距離雷射光入射面又或是對向表面為最近之改質區域的情況，係以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之開口數成為較小的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。

在此雷射加工方法中，作為身為切斷之起點而為特別重要的改質區域，當形成距離加工對象物之雷射光入射面又或是於加工對象物中之與雷射光入射面相對向之對向表面為最近之改質區域以外的改質區域時，相較於形成其他之改質區域的情況，係以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之開口數成為較大的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變，並將被調變後之雷射光照射於加工對象物。因此，係能夠將距離加工對象物之雷射光入射面又或是於加工對象物中之與雷射光入射面相對向之對向表面為最近之改質區域，設為作為切斷之起點而性能為極高之改質區域（例如，包含有碎裂之改質區域）。

此時，係以如同下述一般為理想：當沿著切斷預定線，並以並排於加工對象物之厚度方向的方式來形成至少

3 列之前述改質區域的情況時，當形成至少 3 列之改質區域中，除了距離雷射光入射面為最遠之改質區域以及距離雷射光入射面為最近之改質區域之外的前述改質區域時，相較於形成距離雷射光入射面為最遠之改質區域以及距離雷射光入射面為最近之改質區域的情況，係以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之開口數成為較小的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變。於此情況，作為身為切斷之起點而為特別重要的改質區域，當形成距離雷射光入射面為最遠的改質區域以及距離雷射光入射面為最近之改質區域時，相較於形成此兩者間之改質區域的情況，係以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之開口數成為較大的方式，來經由反射型空間光調變器而將雷射光調變，並將被調變後之雷射光照射於加工對象物。因此，係能夠將距離雷射光入射面為最遠之改質區域以及距離雷射光入射面為最近之改質區域，設為作為切斷之起點而性能為極高之改質區域（例如，包含有碎裂之改質區域）。

本發明之雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來形成成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：在形成改質區域時，係以使雷射光之光學特性成為特定之光學特性的方式，來經由複數之反射型空間光調變器而將雷射光調變。

在此雷射加工方法中，係將以使雷射光之光學特性成為特定之光學特性的方式，而經由複數之反射型空間光調

變器所調變後之雷射光，照射於加工對象物。若是如此這般地使用複數之反射型空間光調變器，則作為雷射光之光學特性，係可對光束口徑或是光軸等作控制。藉由此，成為能夠確實地形成成為切斷之起點的改質區域。

本發明之雷射加工裝置，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來形成成為切斷之起點的改質區域之雷射加工裝置，其特徵為，具備有：支持台，係支持加工對象物；和雷射光源，係射出雷射光；和反射型空間光調變器，係將從雷射光源所射出之雷射光作調變；和集光光學系，係將經由反射型空間光調變器而被調變後之雷射光，集光於經由支持台而被支持的加工對象物之內部；和控制部，係在形成改質區域時，以使雷射光之集光點位置於從加工對象物之雷射光入射面而離開有特定之距離，且使雷射光之集光點沿著切斷預定線來相對地移動的方式，來對支持台以及集光光學系之至少 1 個作控制，同時，以在加工對象物之內部而使雷射光之波面成為特定之波面的方式，來控制反射型空間光調變器。

若藉由此雷射加工裝置，則係可將在加工對象物之內部而使雷射光之波面成為特定之波面的方式來經由反射型空間光調變器所調變後之雷射光，沿著切斷預定線而照射於加工對象物。藉由此，成為能夠確實地形成成為切斷之起點的改質區域。另外，所謂的「控制部對支持台以及集光光學系之至少一個作控制」，係不僅包含有對支持台

以及集光光學系之至少 1 個作直接控制的情況，而亦包含有控制部藉由對包含有支持台之系統以及包含有集光光學系之系統的至少 1 個作直接控制而對支持台以及集光光學系之至少 1 個進行間接控制的情況。

此時，控制部，係以如同下述一般之構成爲理想：對於以並排於加工對象物之厚度方向的方式而沿著切斷預定線而被形成有複數列的改質區域之每一個，而將用來以使雷射光之集光點位置於從雷射光入射面而離開有特定之距離的方式，而對支持台以及集光光學系之至少 1 個作控制的控制訊號、和用來以在加工對象物之內部而使雷射光之波面成爲特定之波面的方式而控制反射型空間光調變器的控制訊號，附加有對應關係地作記憶。於此情況，可因應於應形成之複數列的改質區域之各個，而將在加工對象物之內部處的雷射光之波面設爲特定之波面。

本發明之雷射加工裝置，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物之切斷預定線，來形成成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工裝置，其特徵爲，具備有：支持台，係支持加工對象物；和雷射光源，係射出雷射光；和反射型空間光調變器，係將從雷射光源所射出之雷射光作調變；和集光光學系，係將經由反射型空間光調變器而被調變後之雷射光，集光於經由支持台而被支持的加工對象物之內部；和控制部，係在形成改質區域時，以使雷射光之集光點位置於從加工對象物之雷射光入射面而離開有特定之距離，且

使雷射光之集光點沿著切斷預定線來相對地移動的方式，來對支持台以及集光光學系之至少 1 個作控制，同時，以使被集光於加工對象物之內部的雷射光之像差成爲特定之像差以下的方式，來控制反射型空間光調變器。

若藉由此雷射加工裝置，則係可將以使被集光在加工對象物之內部的雷射光之像差成爲特定之像差以下的方式來經由反射型空間光調變器所調變後之雷射光，沿著切斷預定線而照射於加工對象物。藉由此，成爲能夠確實地形成成爲切斷之起點的改質區域。

此時，控制部，係以如同下述一般之構成爲理想：對於以並排於加工對象物之厚度方向的方式而沿著切斷預定線而被形成有複數列的改質區域之每一個，而將用來以使雷射光之集光點位置於從雷射光入射面而離開有特定之距離的方式，而對支持台以及集光光學系之至少 1 個作控制的控制訊號、和用來使被集光在加工對象物之內部的雷射光之像差成爲特定之像差以下的方式而控制反射型空間光調變器的控制訊號，附加有對應關係地作記憶。於此情況，可因應於應形成之複數列的改質區域之各個，而將被集光在加工對象物之內部處的雷射光之像差設爲特定之像差以下。

本發明之雷射加工裝置，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來形成成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工裝置，其特徵爲，具備有：支持台，係支持

加工對象物；和雷射光源，係射出雷射光；和複數之反射型空間光調變器，係將從雷射光源所射出之雷射光作調變；和集光光學系，係將經由反射型空間光調變器而被調變後之雷射光作集光；和控制部，係在形成改質區域時，以使雷射光之集光點位置於從加工對象物之雷射光入射面而離開有特定之距離，且使雷射光之集光點沿著切斷預定線來相對地移動的方式，來對支持台以及集光光學系之至少 1 個作控制，控制部，係具備有以使雷射光之光學特性成為特定之光學特性的方式來控制反射型空間光調變器之功能。

若藉由此雷射加工裝置，則由於係具備有複數之反射型空間光調變器，因此，作為雷射光之光學特性，可對光束口徑或是光軸等作控制。故而，就算是在因為某些之原因而造成在雷射光之光軸處產生有偏移的情況，亦能夠將該偏移容易地作修正，而成為能夠將成為切斷之起點的改質區域確實地形成。

本發明之雷射加工裝置之製造方法，係藉由將集光點合致於前述加工對象物的內部而照射雷射光，而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來形成成為切斷之起點的改質區域，該雷射加工裝置，係具備有：支持台，係支持板狀之加工對象物；和雷射光源，係射出雷射光；和反射型空間光調變器，係將從雷射光源所射出之雷射光作調變；和集光光學系，係將經由反射型空間光調變器而被調變後之雷射光，集光於經由支持台而被支持的加工對象物之內

部；和控制部，係控制反射型空間光調變器，該製造方法，其特徵為，包含有：準備基準雷射加工裝置，並對從基準雷射加工裝置之基準集光光學系所射出之基準雷射光的波面作計測，而取得基準波面資料之工程；和對從集光光學系所射出之基準雷射光的波面作計測，而取得波面資料之工程；和根據基準波面資料以及波面資料，而計算出用來以使雷射光之波面成為基準雷射光之波面的方式而對反射型空間光調變器作控制之控制訊號，並將控制訊號記憶於控制部中之工程。

若藉由此雷射加工裝置之製造方法，則藉由將能夠形成作為切斷之起點的功能為高之改質區域的雷射加工裝置，作為基準雷射加工裝置來準備，而能夠消除裝置間之個體差異，並能夠製造與基準雷射加工裝置具備有同等之性能的雷射加工裝置。

[發明之效果]

若藉由本發明，則能夠確實地形成成為切斷之起點的改質區域。

【實施方式】

以下，針對本發明之合適的實施形態，參考圖面而詳細作說明。另外，在各圖中，針對相同又或是相當之部分，係附加同樣的符號，並省略重複之說明。

在本實施形態之雷射加工方法以及雷射加工裝置中，

係將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加切斷預定線來在加工對象誤觸形成改質區域。

因此，首先，對於本實施形態之雷射加工方法以及雷射加工裝置中的改質區域之形成，參考圖 1~圖 9 而作說明。

如圖 1 中所示一般，雷射加工裝置 100，係具備有：將雷射光（加工用雷射光）：作脈衝震盪之雷射光源 101、和以將雷射光 L 之光軸的方向作 90°改變的方式而被作配置之分光鏡 103、和用以將雷射光 L 作集光之集光用透鏡 105。又，雷射加工裝置 100，係具備有用以將被照射有以集光用透鏡所集光之雷射光 L 的加工對象物 1 作支持之支持台 107、和用以使支持台 107 在 X、Y、Z 軸方向上作移動之平台 111、捍衛了對雷射光 L 之輸出或是脈衝寬幅等作控制而對雷射光源 101 進行控制之雷射光源控制部 102、和對平台 111 之移動作控制之平台控制部 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，係經由分光鏡 103 而使其光軸之方向改變 90°，並經由集光透鏡 105 而被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，平台 111 係被移動，加工對象物 1 係相對於雷射光而被沿著切斷預定線 5 來作相對性移動。藉由此，係成為沿著切斷預定線 5，而在加工對象物 1 處形成有成為切斷之起點的改質區域。以下，針對此改質區域作詳細說明。

如圖 2 所示一般，在板狀之加工對象物 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，係為延伸為直線狀之假想線。當在加工對象物 1 之內部形成改質區域的情況時，係如圖 3 所示一般，在使集光點 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，在圖 2 之箭頭 A 方向處）而相對性移動。藉由此，如圖 4～圖 6 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，而沿著切斷預定線 5 所被形成之改質區域 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 所被集光之場所。又，切斷預定線 5，係並不限定為直線狀，而亦可為曲線狀，且並不被限定於假想線，而亦可為實際在加工對象物 1 之表面 3 處所畫出之線。又，改質區域 7，係有被連續性地形成的狀況，亦有被斷續性地形成的狀況。又，改質區域 7，係只要至少被形成於加工對象物 1 之內部即可。又，係有以改質區域 7 為起點而形成有龜裂之情況，而龜裂以及改質區域 7，係亦可露出於加工對象物 1 之外表面（表面、背面、或者是外周面）處。

亦即是，於此，雷射光 L，係在透過加工對象物 1 的同時，在加工對象物 1 之內部的集光點近旁被特別吸收，藉由此，而在加工對象物 1 處形成改質區域（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，並不會有加工

對象物 1 之表面 3 被熔融的情況。一般而言，當表面 3 被熔融並除去而形成有孔或溝等之除去部（表面吸收型雷射加工）的情況時，加工區域係從表面 3 側而逐漸地朝向背面側進行。

然而，本實施形態之雷射加工方法以及雷射加工裝置所形成之改質區域，係指在密度、折射率、機械性強度或是其他之物理特性上成爲了與周圍相異之狀態的區域。例如，係爲（1）熔融處理區域、（2）碎裂區域、（3）折射率變化區域等，而亦有此些狀態混合存在之區域。

在本實施形態之雷射加工方法以及雷射加工裝置中之改質區域，係藉由雷射光之局部性的吸收或是多光子吸收一般的現象而被形成。所謂多光子吸收，係指：由於若是光子之能量 $h\nu$ 成爲較材料之吸收的能帶隙 E_G 更小，則係成爲光學性透明，因此，在材料中產生吸收之條件，係爲 $h\nu > E_G$ ，但是，就算是在光學性透明的情況下，若是將雷射光 L 之強度設爲非常大，則會在 $nh\nu > E_G$ 的條件（ $n = 2, 3, 4, \dots$ ）下，而在材料中產生吸收之現象。多光子吸收所致之熔融處理區域的形成，例如，係被記載於溶接學會全國大會講演概要第 66 集（2000 年 4 月）之第 72~73 頁的「微微秒（pico second）脈衝雷射所致之矽的加工特性評價」中。

又，亦可利用如同「D. Du, X. Liu, G. Korn, J. Squier, and G. Mourou, "Laser Induced Breakdown by Impact Ionization in SiO₂ with Pulse Widths from 7ns to

150fs” , Appl Phys Lett 64(23), Jun. 6, 1994」中所記載一般，藉由使用脈衝寬幅為從數微微秒～毫微微秒（femto second）之超短脈衝雷射光所形成之改質區域。

（1）當改質區域包含有熔融處理區域的情況時

將集光點合致於加工對象物（例如矽一般之半導體材料）之內部，並以在集光點處之電場強度為 1×10^8 (W/cm²) 以上且脈衝寬幅為 1μs 以下的條件來照射雷射光 L。藉由此，在集光點近旁附近，雷射光 L 係被吸收，而加工對象物之內部係局部性地被加熱，而藉由此加熱，在加工對象物之內部係被形成有熔融處理區域。

所謂熔融處理區域，係指一旦熔融後而再度固化後之區域、或是熔融狀態下之區域、或是從熔融狀態而作再固化之狀態下的區域，而亦可指相變化後之區域或是結晶構造變化後之區域。又，所謂熔融處理區域，係亦可指在單結晶構造、非晶質構造、多結晶構造中，從某一構造而變化成了其他之構造的區域。亦即是，例如，係指從單結晶構造而變化成了非晶質構造之區域、從單結晶構造而變化成了多結晶構造之區域、從單結晶構造而變化成了包含非晶質構造以及多結晶構造的構造之區域。當加工對象物係為矽單結晶構造的情況時，熔融處理區域係例如為非晶質矽構造。

圖 7，係為將在被照射了雷射光之矽晶圓（半導體基板）的一部份處之剖面的照片作展示的圖。如圖 7 所示一

般，在半導體基板 11 之內部，係被形成有熔融處理區域 13。

針對在對於所入射之雷射光而為具有透過性之材料的內部被形成了熔融處理區域 13 一事作說明。圖 8，係為展示雷射光之波長與矽基板之內部的透過率間之關係的線圖。但是，係將矽基板之表面側與背面側之各別的透過率除去，而僅展示內部之透過率。針對矽基板之厚度 t 為 $50\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ 、 $1000\mu\text{m}$ 的各個，而展示了上述關係。

例如，在身為 Nd:YAG 雷射之波長的 1064nm 處，當矽基板之厚度係為 $500\mu\text{m}$ 以下的情況時，可以得知，在矽基板之內部，雷射光 L 之 80% 以上係透過。由於在圖 7 中所示之半導體基板 11 的厚度係為 $350\mu\text{m}$ ，因此，熔融處理區域 13 係被形成在半導體基板 11 之中心附近、亦即是被形成在距離表面 $175\mu\text{m}$ 之部分處。於此情況之透過率，若是參考厚度 $200\mu\text{m}$ 之矽晶圓，則由於係為 90% 以上，因此，雷射光 L 係僅有些許在半導體基板 11 內部被吸收，而幾乎均透過。藉由集光於晶圓內部，在集光點與其近旁處，雷射光係局部性地被吸收，而在半導體基板 11 之內部形成熔融處理區域 13。

另外，在矽晶圓中，係有以熔融處理區域為起點而發生龜裂的情況。又，係有將龜裂內包並形成於熔融處理區域中的情況，於此情況，該龜裂，係會涵蓋於熔融處理區域中的全面而形成，或是僅形成於一部份處，或是形成於

複數部分處。進而，此龜裂，係會有自然成長的情況，亦會有藉由對矽晶圓施加力而更加成長的情況。當龜裂從熔融處理區域而自然成長的情況時，係有從熔融處理區域為熔融之狀態下而成長的情況，和當熔融處理區域從熔融之狀態而再度進行固化時而成長的情況。但是，不論在何者之情況中，熔融處理區域均係被形成於矽晶圓之內部，在切斷面處，係如圖 7 所示一般，在內部被形成有熔融處理區域。

(2) 當改質區域包含有碎裂區域的情況時

將集光點合致於加工對象物（例如由玻璃或是 LiTaO_3 所成之壓電材料）之內部，並以在集光點處之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈衝寬幅為 $1 \mu\text{s}$ 以下的條件來照射雷射光 L。此脈衝寬幅之大小，係為在加工對象物之內部使雷射光 L 被吸收並形成碎裂區域的條件。藉由此，在加工對象物之內部，係發生光學性損傷之現象。藉由此光學性損傷，在加工對象物之內部係被激發有熱歪曲形變，藉由此，在加工對象物之內部，係被形成有包含 1 個又或是複數個之碎裂的碎裂區域。碎裂區域，係亦可稱為絕緣破壞區域。

圖 9，係為展示電場強度與碎裂之大小間的關係之實驗結果的線圖。橫軸，係為峰值功率密度，由於雷射光 L 係為脈衝雷射光，因此，電場強度係藉由峰值功率密度來作表示。縱軸，係為展示藉由 1 脈衝之雷射光 L 而在加工

對象物之內部所形成的碎裂部分（碎裂點）之大小。碎裂點之集合，係成為碎裂區域。碎裂點之大小，係為在碎裂點之形狀中成為最大之長度的部分之大小。圖表中之以黑圓球所展示的資料，係為集光用透鏡（C）之倍率為 100 倍，而開口數（NA）係為 0.80 的情況。另一方面，圖表中之以白圓球所展示的資料，係為集光用透鏡（C）之倍率為 50 倍，而開口數（NA）係為 0.55 的情況。從峰值功率密度為 10^{11} (W/cm^2) 左右起，在加工對象物之內部係發生有碎裂點，而可以得知，隨著峰值功率密度之變大，碎裂點亦會變大。

（3）當改質區域包含有折射率變化區域的情況時

將集光點合致於加工對象物（例如玻璃）之內部，並以在集光點處之電場強度為 1×10^8 (W/cm^2) 以上且脈衝寬幅為 1ns 以下的條件來照射雷射光 L。如此這般，若是雷射光 L 以脈衝寬幅極短之狀態而在加工對象物之內部被吸收，則該能量係不會轉換為熱能量，而在加工對象物之內部，係會誘發有離子價數變化、結晶化又或是分極配相等之永續性的構造變化，並形成折射率變化區域。

另外，所謂改質區域，係包含有熔融處理區域、絕緣破壞區域、折射率變化區域等、或是該些混合存在之區域，可為在該材料中改質區域之密度相較於非改質區域之密度而產生有變化之區域、或是被形成有晶格缺陷之區域。亦可將此些總括稱為高密度轉移區域。

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，係亦有更進而在該些區域之內部或是在改質區域與非改質區域間之邊界處內包有龜裂（碎裂、微碎裂）的情況。被內包之碎裂，係有涵蓋改質區域之全面的情況、或是僅形成於一部份、或是被形成於複數部分處的情況。

另外，只要對加工對象物之結晶構造或是其劈開性作考慮，並將改質區域如同下述一般地來形成，則係成為能夠以良好精確度來將加工對象物切斷。

亦即是，在由矽等之鑽石構造的單結晶半導體所成之基板的情況時，係以在沿著（111）面（第1劈開面）或（110）面（第2劈開面）之方向處來形成改質區域為理想。又，在由GaAs等之閃鋅礦構造的III-V族化合物半導體所成之基板的情況時，係以在沿著（110）面之方向處來形成改質區域為理想。進而，在由藍寶石（ Al_2O_3 ）等之具備有六方晶系的結晶構造之基板的情況時，係以將（0001）面（C面）作為主面並沿著（1120）面（A面）或（1100）面（M面）之方向處來形成改質區域為理想。

又，若是沿著上述之應形成改質區域之方向（例如，在單結晶矽基板處之沿著（111）面的方向）、或者是在沿著與應形成改質區域之方向正交的方向，而在基板處形成定向平面（orientation flat），則藉由以該定向平面作為基準，而成為能夠將改質區域容易且正確地形成於基板

處。

接下來，針對本實施形態之雷射加工裝置作說明。

如圖 10 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、和將從雷射光源 202 所射出之雷射光 L 作調變之反射型空間光調變器 203、和將經由反射型空間光調變器 203 所調變後之雷射光 L 集光於經由支持台 201 所被支持之加工對象物 1 的內部之集光光學系 204、和對反射型空間光調變器 203 作控制之控制部 205。雷射加工裝置 200，係使集光點 P 合致於加工對象物 1 之內部而照射雷射光，並藉由此而沿著加工對象物 1 之切斷預定線 5 來形成成為切斷之起點的改質區域 7 者。

反射型空間光調變器 203 係被設置於筐體 231 內，而雷射光源 202 係被設置於筐體 231 之天花板處。又，集光光學系 204，係包含有複數之透鏡而被構成，並經由包含有壓電元件等而被構成之驅動單元 232，而被設置在筐體 231 之底板處。而，經由被設置於筐體 231 處之構件，來構成雷射引擎 230。另外，控制部 205，係亦可設置於雷射引擎 230 之筐體 231 內。

在筐體 231 處，係被設置有使筐體 231 在加工對象物 1 之厚度方向移動的移動機構（未圖示）。藉由此，由於能夠因應於加工對象物 1 之深度來使雷射引擎上下移動，因此，成為能夠使集光光學系 204 之位置變化，而將雷射光集光於加工對象物 1 之所期望的深度位置處。另外，代

替在筐體 231 處設置移動機構，亦可在支持台 201 處，設置使支持台 201 在加工對象物 1 之厚度方向作移動之移動機構。又，亦可利用後述之 AF 單元 212，而使集光光學系 204 在加工對象物 1 之厚度方向作移動。而，亦可將此些作組合。

控制部 205，除了對反射型空間光調變器 203 作控制之外，亦對雷射加工裝置 200 之全體作控制。例如，控制部 205，係在形成改質區域 7 時，以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面（雷射光入射面）3 而離開有特定之距離處，且使雷射光 L 之集光點 P 沿著切斷預定線 5 來相對地移動的方式，而對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。另外，控制部 205，爲了使雷射光 L 之集光點 P 對於加工對象物 1 而相對性的移動，係亦可不對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制，而對支持台 201 作控制；或是，亦可對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 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，係在筐體 231 內，經由反射鏡 206、207 而依序被反射，而後，經由稜鏡等之反射構件 208 而被反射，並入射至反射型空間光調變器 203 處。入射至反射型空間光調變器 203 處之雷射光 L，係經由反射型空間光調變器 203 而被調變，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，係在筐體 231 內，以沿著集光光學系 204 之光軸的方式而經由反射構件 208 而被反射，並依序

透過分光鏡 209、210，而入射至集光光學系 204 處。入射至集光光學系 204 處之雷射光 L，係經由集光光學系 204 而被集光於加工對象物 1 之內部。

又，雷射加工裝置 200，係在筐體 231 內具備有用以對加工對象物 1 之表面 3 作觀察的表面觀察單元 211。表面觀察單元 211，係將藉由分光鏡 209 而被反射且透過分光鏡 210 之可視光 VL 射出，並藉由檢測出經由集光光學系 204 而被集光並在加工對象物 1 之表面 3 處被反射的可視光 VL，而取得加工對象物 1 之表面 3 的像。

進而，雷射加工裝置 200，係在筐體 231 內，具備有：AF (auto focus) 單元 212，其係爲了在就算是當在加工對象物 1 之表面 3 處存在有波浪狀的形狀之情況時，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 而離開有特定之距離的位置處。AF 單元 212，係藉由射出以分光鏡 210 而被反射之 AF 用雷射光 LB，並檢測出經由集光光學系 204 而被集光並在加工對象物 1 之表面 3 處被反射的 AF 用雷射光 LB，而例如使用非點像差法來取得沿著切斷預定線 5 之表面 3 的位移資料。而，AF 單元 212，係在形成改質區域 7 時，根據所取得之位移資料來將驅動單元 232 作驅動，藉由此，而以沿著加工對象物 1 之表面 3 的波浪形狀之方式來使集光光學系 204 於其光軸方向處作往返移動，並對集光光學系 204 與加工對象物 1 之間的距離作微調整。

於此，係針對反射型空間光調變器 203 作說明。如圖

11 所示一般，反射型空間光調變器 203，係具備有：矽基板 213、和被設置在矽基板 213 之上的金屬電極層 214、和被設置在金屬電極層 214 之上的反射鏡層 215、和被設置於反射鏡層 215 之上的液晶層 216、和被設置於液晶層 216 之上的透明電極層 217、和被設置於透明電極層 217 之上的玻璃板 218。金屬電極層 214 以及透明電極層 217，係具備有被配置為矩陣狀之複數的電極部 214a、217a，金屬電極層 214 之各電極部 214a、與透明電極層 217 之各電極部 217a，係在反射型空間光調變器 203 之層積方向處而相互對向。

在如上述一般所構成之反射型空間光調變器 203 中，雷射光，係從外部而依序透過玻璃板 218 以及透明電極層 217，並入射至液晶層 216 處，再經由反射鏡層 215 而被反射，並從液晶層 216 而依序透過透明電極層 217 以及玻璃板 218，而射出至外部。此時，係在每一個的相互對向之一對的電極部 214a、217a 處被施加有電壓，因應於該電壓，在液晶層 216 中，被相互對向之一對的電極部 214a、217a 所挾持的部分之折射率係變化。藉由此，在構成雷射光 L 之複數的光線之各個中，係在與各光線之進行方向正交之特定的方向之成分的相位處產生有偏差，而雷射光 L 係成為被整形（相位調變）。

控制部 205，在形成改質區域 7 時，係以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成為特定之像差以下的方式（換言之，係以使在加工對象物之內部的雷射

光 L 之波面成爲特定之波面的方式)，來藉由對每一個相互對向之一對的電極部 214a、217a 施加電壓，而對反射型空間光調變器 203 作控制。控制部 205，係將用以使入射至反射型空間光調變器 203 之雷射光 L 的束波形（束波面）作整形（調變）的波面整形（像差修正）波形資訊，輸入至反射型空間光調變器 203 中。而，藉由根據所輸入之波形資訊的訊號，來使每一個的反射型空間光調變器 203 之一對的電極 214a、217a 所對應的液晶層 216 的折射率變化，藉由此，而將從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L 的束波形（束波面）作整形（調變）。另外，可將輸入至反射型空間光調變器 203 處之波形資訊依序地作輸入，亦可對預先被記憶之波形資訊作選擇並輸入之。

然而，嚴密來說，藉由反射型空間光調變器 203 所調變（修正）後之雷射光 L，會由於在空間中傳播，而使波面形狀變化。特別是，當從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L 或是入射至集光光學系 204 處之雷射光 L 係爲具備有特定之擴散範圍的光（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 處之波面形狀與在集光光學系 204 處之波面形狀係並不一致，其結果，會有對於作爲目的之精密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 處之波面形狀與在集光光學系 204 處之波面形狀成爲一致一事，係成爲重要。爲了達成此，係以藉由計測等，而求取出雷射光 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，並將考慮有該波面形狀之變化的波面整形（像差修正）波形資訊輸入至反射型空間光調變器 203 處為理想。

或者是，為了使在反射型空間光調變器 203 處之波面形狀與在集光光學系 204 處之波面形狀成為一致，亦可如圖 23 所示一般，在於反射型空間光調變器 203 與集光光學系 204 之間前進的雷射光 L 之光路上，設置調整光學系 240。藉由此，成為能夠實現正確的波面整形。

調整光學系 240，係具備有至少 2 個的透鏡（第 1 光學元件）241a 以及透鏡（第 2 光學元件）241b。透鏡 241a、241b，係為用以使在反射型空間光調變器 203 處之波面形狀與在集光光學系 204 處之波面形狀成為相似性的一致者。透鏡 241a、241b，係以使反射型空間光調變器 203 與透鏡 241a 間之距離成為透鏡 241a 之焦距（第 1 焦距） f_1 、使集光光學系 204 與透鏡 241b 間之距離成為透鏡 241b 之焦距（第 2 焦距） f_2 、使透鏡 241a 與透鏡 241b 間之距離成為 $f_1 + f_2$ ，且使透鏡 241a 與透鏡 241b 成為兩側遠心光學系的方式，而被配置在反射型空間光調變器 203 與反射構件 208 之間。

藉由如此這般地作配置，就算是具備有 10 以下左右之小的擴散角之雷射光 L，亦能夠使反射型空間光調變器 203 處之波面與集光光學系 204 處之波面合致。另外，在要求更進一步之正確性的情況時，係以將反射型空間光調變器 203 與液晶層 216 與透鏡 241a 之主點間的距離設為

f_1 為理想。然而，如圖 11 所示一般，由於反射型空間光調變器 203 係為非常薄，且液晶層 216 與玻璃板 217 間之距離亦為極小，因此，在液晶層 216 與玻璃板 217 之間的波面形狀之變化的程度係亦為極小。故而，簡易的，在反射型空間光調變器 203 之構成上，亦可將容易設定焦距之位置（例如，反射型空間光調變器 203 之表面（表面近旁）等）與透鏡 241a 間之距離設定為 f_1 ，藉由如此這般地進行，調整係成為容易。另外，在要求更進一步之正確性的情況時，係以將集光光學系 204 之主點與透鏡 241b 之主點間的距離設為 f_2 為理想。然而，集光光學系 204 係包含有複數之透鏡而被構成，而會有在主點處之對位成為困難的情況。於此情況，簡易的，在集光光學系 204 之構成上，亦可將容易設定焦距之位置（例如，集光光學系 204 之表面（表面近旁）等）與透鏡 241b 間之距離設定為 f_2 ，藉由如此這般地進行，調整係成為容易。

又，雷射光 L 之光束口徑，係藉由 f_1 與 f_2 之比而被決定（入射至集光光學系 204 處之雷射光 L 的光束口徑，係成為從反射型空間光調變器 203 所射出之雷射光 L 的光束口徑之 f_2/f_1 倍）。故而，不論是在雷射光 L 係為平行光、或是具備有小的擴散之光的任一之情況中，均能夠在保持有從反射型空間光調變器 203 所射出之角度的狀態下，在入射於集光光學系 204 之雷射光 L 處得到所期望之光束口徑。

如上述一般，若藉由調整光學系 240，則成為亦能夠

對雷射光 L 之光束口徑以及擴散角作調整。在將成爲切斷之起點的改質區域 7 形成於加工對象物 1 上之雷射加工方法中，相較於爲了實現精密的切斷而從表面來進行加工之雷射加工方法，根據於雷射光 L 之擴散角或是光束口徑的集光條件係極爲重要，爲了將適合於切斷之改質區域 7 以良好精確度來形成，亦會有在集光光學系 204 處成爲並非需要平行光而是需要具備有小的擴散角（例如，數 mrad ~ 十數 mrad 左右）之雷射光 L 的情況。因此，在設置有反射型空間光調變器 203 的情況、和未設置有反射型空間光調變器 203 的情況中，爲了合致於用以形成改質區域 7 之基本的加工條件，係有必要將入射至集光光學系 204 處之雷射光 L 的光束口徑以及擴散角（與未設置有反射型空間光調變器 203 的情況）作配合。

因此，藉由使用調整光學系 240，能夠在維持藉由反射型空間光調變器 203 所調變後之波面（像差）的狀態下，將雷射光 L 藉由集光光學系 204 來集光，且能夠藉由具備有特定之光束口徑以及特定之擴散角的雷射光 L，來在內部形成改質區域。藉由此，能夠藉由具備有特定之擴散角的雷射光 L 來對集光光學系 204 之有效口徑作有效率的利用，而成爲能夠形成適合於切斷之精密的改質區域。

另外，調整光學系 240 之透鏡 241a、241b，係以設置在反射型空間光調變器 203 與反射構件 208 之間的雷射光 L 之光路上爲理想。其理由，係如下所述。亦即是，若是在平板狀之反射構件 208 或是分光鏡 209、210 處射入有

具備大的擴散之光（在透鏡 241a 與透鏡 241b 間之光），則會發生球面像差或是非點像差。故而，若是將透鏡 241b 配置在反射構件 208 之後段，則從透鏡 241a 所射出之相對於光軸而具備有角度的光，係在入射至反射構件 208 或是分光鏡 207、210 後，成爲入射至透鏡 241b，因此，會受到球面像差或是非點像差之影響，而使入射至集光光學系 204 處之雷射光 L 的精度下降。又，調整光學系 240，係以具備有對透鏡 241a、241b 之各別的位置來獨立進行微調整的機構爲理想。又，爲了有效地利用反射型空間光調變器 203 之有效區域，亦可在反射型空間光調變器 203 與雷射光源 202 間之雷射光 L 的光路上，設置光束擴展器。

接下來，作爲本實施形態之雷射加工裝置的製造方法，針對上述之雷射加工裝置 200 的製造方法作說明。

首先，如圖 12 所示一般，準備具備有與上述之雷射加工裝置 200 略相同之構成的基準雷射加工裝置 200s。基準雷射加工裝置 200s，係爲能夠形成作爲切斷之起點的功能爲高之改質區域 7 的雷射加工裝置，例如，當在一定之條件下，而沿著被設定爲格子狀之複數的切斷預定線 5 來形成改質區域 7 並將加工對象物 1 切斷的情況時，未切斷部分係成爲特定之比例以下的雷射加工裝置。

對於此基準雷射加工裝置 200s，代替加工對象物 1 而將參考球面反射鏡 221 以使其之光軸與基準集光光學系 204s 之光軸成爲一致的方式來作設置，同時，代替 AF 單

元 212，而設置波面計測器 222。而後，經由波面計測器 222，來對從基準雷射加工裝置 200s 之基準集光光學系 204s 所射出之基準雷射光 L_s 的波面作計測，並取得基準波面資料。另外，參考球面反射鏡 221，由於係以高於波面計測器 222 之精確度的精確度而被製作，因此，能夠將由於經由參考球面反射鏡 221 而使基準雷射光 L_s 被反射時所產生的基準雷射光 L_s 之波面的擾亂忽視。

接下來，如圖 13 中所示一般，準備具備有支持台 201、雷射光源 202、反射型空間光調變器 203、集光光學系 204、和控制部 205 之最終調整前的雷射加工裝置 200。

對於此雷射加工裝置 200，代替加工對象物 1 而將參考球面反射鏡 221 以使其之光軸與集光光學系 204 之光軸成爲一致的方式來作設置，同時，代替 AF 單元 212，而設置波面計測器 222。而後，經由波面計測器 222，來對從雷射加工裝置 200 之集光光學系 204 所射出之雷射光 L 的波面作計測，並取得波面資料。

接下來，根據基準波面資料以及波面資料，來計算出用以使雷射光 L 之波面成爲基準雷射光 L_s 之波面而對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，並將其記憶於控制部 205 中。具體而言，係將基準波面資料以及波面資料作爲任尼克 (Zernike) 多項式而取得，並取出基準波面資料之任尼克多項式與波面資料之任尼克多項式間的差，再以填補該差的方式而計算出控制訊號，而記憶在控制部

205 中。例如，當基準波面資料之任尼克多項式係為「 $(1 \times \text{第 1 項}) + (4 \times \text{第 2 項}) + (4 \times \text{第 3 項})$ 」，而波面資料之任尼克多項式係為「 $(1 \times \text{第 1 項}) + (2 \times \text{第 2 項}) + (4 \times \text{第 3 項})$ 」的情況時，係計算出使波面資料之任尼克多項式的第 2 項更進而成為 2 倍之控制訊號，並記憶於控制部 205 中。

另外，關於不將波面計測器 222 直接配置在集光光學系 204 之射出測並對雷射光 L 之波面作計測的原因，係因為下述之理由。亦即是，當藉由將集光點 P 合致於板狀之加工對象物 1 的內部並照射雷射光 L，而形成成為切斷之起點的改質區域 7 之情況中，經由集光光學系 204 而被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數，例如係為 0.55 ~ 0.80 一般而成為非常大。因此，雷射光 L 之強度係會變弱，或者，構成雷射光 L 之複數的光線間之相位差會超過波面計測器 222 之測定限度。此事，當在基準雷射加工裝置 200s 處而計測基準雷射光 Ls 之波面的情況時，亦為相同。

如以上一般，藉由將能夠形成作為切斷之起點的功能為高之改質區域 7 的雷射加工裝置，作為基準雷射加工裝置 200s 來準備，而能夠消除裝置間之個體差異，並能夠製造與基準雷射加工裝置 200s 具備有同等之性能的雷射加工裝置 200。

接下來，如圖 14 所示一般，在雷射加工裝置 200 中，在分光鏡 210 與集光光學系 204 之間，將參考平面反

射鏡 223 以與雷射光 L 之光軸相正交的方式而設置。而後，經由波面計測器 222，來對經由參考平面反射鏡 223 以及分光鏡 210 而依序被反射之雷射光 L 的波面作計測，並將波面資料作為任尼克多項式而取得。另外，參考平面反射鏡 223，由於係以高於波面計測器 222 之精確度的精確度而被製作，因此，能夠將由於經由參考平面反射鏡 223 而使雷射光 L 被反射時所產生的雷射光 L 之波面的擾亂忽視。

接下來，如圖 15 所示一般，準備由與加工對象物 1 相同之材料所成的特定厚度之參考晶圓 224，並在雷射加工裝置 200 中，以使經由集光光學系 204 而被集光之雷射光 L 的集光點 P 位置於參考晶圓 224 之背面（雷射光射出面）的方式，來設置參考晶圓 224。進而，在參考晶圓 224 之射出側，將參考球面反射鏡 221 以使其光軸與集光光學系 204 之光軸成為一致的方式來設置。而後，經由波面計測器 204，來對依序透過集光光學系 204 以及參考晶圓 224、並經由參考球面反射鏡 221 而被反射、再依序透過參考晶圓 224 以及集光光學系 204、並經由分光鏡 210 而被反射之雷射光 L 的波面作計測，並將波面資料作為任尼克多項式而取得。另外，參考晶圓 224，由於係以高於波面計測器 222 之精確度的精確度而被製作，因此，能夠將由於透過參考晶圓 224 時所產生的雷射光 L 之波面的擾亂忽視。

接下來，求出藉由圖 14 之狀態所取得之波面資料的

任尼克多項式和藉由圖 15 之狀態所取得之波面資料的任尼克多項式，其兩者間之差。藉由此，就算是由於經由分光鏡 210 而被反射，而使得雷射光 L 之波面被攪亂，亦能夠將該波面之攪亂消除。而後，以使任尼克多項式間之差成為特定之差以下的方式（亦即是，當使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有特定之距離（相等於參考晶圓 224 之特定厚度）處的情況時，以使在該位置處所產生之雷射光 L 的像差成為特定之像差以下的方式），來計算出用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號。

另外，若是任尼克多項式間之差係為特定之差以下，則用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號係成為不必要。又，亦能夠以使任尼克多項式間之差成為略為 0 的方式（亦即是，當使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有特定之距離（相等於參考晶圓 224 之特定厚度）處的情況時，以使在該位置處所產生之雷射光 L 的像差成為略為 0 的方式），來計算出用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號。

此用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號的算出，例如，係將參考晶圓 224 之特定厚度從 $50\mu\text{m}$ 起直到 $700\mu\text{m}$ 為止而一次改變 $50\mu\text{m}$ 並實行之。而後，將用來以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成為特定之像差以下的方式（換言之，以在加工對象物 1 之內部而使雷射光 L 之波面成為特定之波面的方式），而對

反射型空間光調變器 203 作控制的控制訊號，與用來以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有特定之距離處的方式，而對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制的控制訊號，於其兩者間附加對應關係，並記憶在控制部 205 中。

藉由此，當對於 1 根之切斷預定線 5，而以並排於加工對象物 1 之厚度方向的方式來形成複數列之改質區域 7 的情況時，係能夠因應於應形成之複數列的改質區域 7 之各個，而使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下（換言之，能夠在加工對象物 1 之內部而使雷射光 L 之波面成爲特定之波面）。

然而，嚴密來說，藉由反射型空間光調變器 203、203s 所調變（修正）後之雷射光 L，會由於在空間中傳播，而使波面形狀變化。特別是，當從反射型空間光調變器 203、203s 所射出之雷射光 L 或是入射至集光光學系 204、204s 處之雷射光 L 係爲具備有特定之擴散範圍的光（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、203s 處之波面形狀與在集光光學系 204、204s 處之波面形狀係並不一致，其結果，會有對於作爲目的之精密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、203s 處之波面形狀與在集光光學系 204、204s 處之波面形狀成爲一致一事，係爲必要。又，使在集光光學系 204、204s 處之波面形狀與在波面計測器 222 處之波面形狀成爲一致一事、以及使在反射型空間光

調變器 203、203s 處之波面形狀成爲與波面計測器 222 處之波面形狀成爲一致一事，亦爲重要。爲了達成此，係以藉由計測等，而求取出雷射光 L 從反射型空間光調變器 203、203s 而傳播至集光光學系 204、204s 處時的波面形狀之變化，並將考慮有該波面形狀之變化的波面整形（像差修正）波形資訊輸入至反射型空間光調變器處爲更理想。

或者是，爲了使在反射型空間光調變器 203、203s 處之波面形狀與在集光光學系 204、204s 處之波面形狀成爲一致，藉由如同圖 24~27 所示一般而設置調整光學系 240、250，成爲能夠實現更爲正確之波面整形。於此圖 24~27 中所示之雷射加工裝置之製造方法，基本上係與於圖 12~15 中所示之雷射加工裝置之製造方法爲相同。相異之點，係在於存在有調整光學系 240、250 之點。

首先，調整光學系 240，係至少具備有 2 個的透鏡 241a、241b。透鏡 241a、241b，係爲用以使在反射型空間光調變器 203、203s 處之波面形狀與在集光光學系 204、204s 處之波面形狀成爲相似性的一致者。透鏡 241a、241b，係以使反射型空間光調變器 203 與透鏡 241a 間之距離成爲透鏡 241a 之焦距 f_1 、使集光光學系 204 與透鏡 241b 間之距離成爲透鏡 241b 之焦距 f_2 、使透鏡 241a 與透鏡 241b 間之距離成爲 $f_1 + f_2$ ，且使透鏡 241a 與透鏡 241b 成爲兩側遠心光學系的方式，而被配置在反射型空間光調變器 203 與反射構件 208 之間。

藉由如此這般地作配置，就算是具備有小的擴散角之雷射光 L，亦能夠使反射型空間光調變器 203、203s 處之波面形狀與集光光學系 204、204s 處之波面形狀合致。

雷射光 L 之光束口徑，係藉由 f_1 與 f_2 之比而被決定（入射至集光光學系 204、204s 處之雷射光 L 的光束口徑，係成為從反射型空間光調變器 203、203s 所射出之雷射光 L 的光束口徑之 f_2/f_1 倍）。故而，不論是在雷射光 L 係為平行光、或是具備有小的擴散之光的任一之情況中，均能夠在保持有從反射型空間光調變器 203、203s 所射出之角度的狀態下，在入射於集光光學系 204、204s 之雷射光 L 處得到所期望之光束口徑。

又，調整光學系 250，係至少具備有 2 個的透鏡 251a、251b。透鏡 241a、251b，係為用以使在集光光學系 204、204s 或者是參考平面反射鏡 223 處之波面形狀與在波面計測器 222 處之波面形狀成為相似性的一致者。另外，關於調整光學系 250 之配置，係根據與調整光學系 240 相同之技術性思想而進行。又，調整光學系 240、250，係以分別具備有對所具備之透鏡之各別的位置來獨立進行微調整的機構為理想。

接下來，作為本實施形態之雷射加工方法，針對在上述之雷射加工裝置 200 處所實施之雷射加工方法作說明。

首先，準備加工對象物 1。加工對象物 1，係如同圖 16 所示一般，例如係為由矽所成之厚度 $300\mu\text{m}$ 的半導體基板。在此半導體基板之表面，一般係在平行於以及垂直

於定向平面 6 之方向上，被形成有被配置為矩陣狀之複數個功能元件（未圖示）。另外，所謂功能元件，例如，係有藉由結晶成長所形成之半導體動作層、光二極體等之受光元件、雷射二極體等之發光元件、或是作為電鍍而被形成之電路元件等。

接下來，將加工對象物 1 固定在雷射加工裝置 200 之支持台 201 上。而後，將延伸存在於與定向平面 6 平行之方向上的複數根之切斷預定線 5a、以及延伸存在於與定向平面 6 垂直之方向上的複數根之切斷預定線 5b，以使通過相鄰之功能元件間的方式，而設定為格子狀。於此，係設為以使雷射光 L 之集光點 P 位置在從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 $270\mu\text{m}$ 、 $210\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 之位置處的方式，來沿著各切斷預定線 5a、5b，而以並排於加工對象物 1 之厚度方向的方式，來形成 4 列的包含有熔融處理區域之改質區域 7 者。

首先，使控制部 205 輸出用以對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 的位置作控制之控制訊號，並如圖 17 (a) 所示一般，以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 $270\mu\text{m}$ 處的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。而後，以使雷射光 L 之集光點 P 沿著一根之切斷預定線 5a 而相對性移動的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。同時，使控制部 205 輸出用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，並以使被集光於加工對象物 1 之

內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式，來控制反射型空間光調變器 203。藉由此，係成爲沿著 1 根之切斷預定線 5a，而形成成爲切斷之起點的改質區域 7₁。

另外，用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，係爲與用來以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 270 μ m 處的方式而對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 之位置作控制的控制訊號之間附加有對應關係，而被記憶於控制部 205 中者。

接下來，使控制部 205 輸出用以對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 的位置作控制之控制訊號，並如圖 17 (b) 所示一般，以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 210 μ m 處的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。而後，以使雷射光 L 之集光點 P 沿著相同的一根之切斷預定線 5a 而相對性移動的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。同時，使控制部 205 輸出用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，並以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式，來控制反射型空間光調變器 203。藉由此，係成爲沿著相同的 1 根之切斷預定線 5a，而形成成爲切斷之起點的改質區域 7₂。

另外，用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，係爲與用來以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 210 μ m 處的方式而對包含有集

光光學系 204 之雷射引擎 230 之位置作控制的控制訊號之間附加有對應關係，而被記憶於控制部 205 中者。又，使雷射光 L 之集光點 P 沿著切斷預定線 5a 而相對性移動之方向，係亦可爲了提升改質區域 7_2 之形成速度，而設定爲與形成改質區域 7_1 的情況時相反之方向。

接下來，使控制部 205 輸出用以對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 的位置作控制之控制訊號，並如圖 18 (a) 所示一般，以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 $150\mu\text{m}$ 處的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。而後，以使雷射光 L 之集光點 P 沿著相同的一根之切斷預定線 5a 而相對性移動的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。同時，使控制部 205 輸出用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，並以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式，來控制反射型空間光調變器 203。藉由此，係成爲沿著相同的 1 根之切斷預定線 5a，而形成成爲切斷之起點的改質區域 7_3 。

另外，用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，係爲與用來以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 $150\mu\text{m}$ 處的方式而對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 之位置作控制的控制訊號之間附加有對應關係，而被記憶於控制部 205 中者。又，使雷射光 L 之集光點 P 沿著切斷預定線 5a 而相對性移動之

方向，係亦可爲了提升改質區域 7_3 之形成速度，而設定爲與形成改質區域 7_2 的情況時相反之方向。

接下來，使控制部 205 輸出用以對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 的位置作控制之控制訊號，並如圖 18 (b) 所示一般，以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 $50\mu\text{m}$ 處的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。而後，以使雷射光 L 之集光點 P 沿著相同的一根之切斷預定線 5a 而相對性移動的方式，來對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 作控制。同時，使控制部 205 輸出用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，並以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式，來控制反射型空間光調變器 203。藉由此，係成爲沿著相同的 1 根之切斷預定線 5a，而形成成爲切斷之起點的改質區域 7_4 。

另外，用以對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，係爲與用來以使雷射光 L 之集光點 P 位置於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有 $50\mu\text{m}$ 處的方式而對包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 之位置作控制的控制訊號之間附加有對應關係，而被記憶於控制部 205 中者。又，使雷射光 L 之集光點 P 沿著切斷預定線 5a 而相對性移動之方向，係亦可爲了提升改質區域 7_4 之形成速度，而設定爲與形成改質區域 7_3 的情況時相反之方向。

若是如同上述一般而沿著相同的 1 根之切斷預定線 5a

來形成了 4 列之改質區域 $7_1 \sim 7_4$ ，則係沿著另外之 1 根之切斷預定線 5a，來形成 4 列之改質區域 $7_1 \sim 7_4$ 。而後，若是沿著所有的切斷預定線 5a 之各個，而形成了 4 列之改質區域 $7_1 \sim 7_4$ ，則與沿著切斷預定線 5a 來形成改質區域 $7_1 \sim 7_4$ 之情況相同的，沿著所有之切斷預定線 5b 的各個，來形成 4 列之改質區域 $7_1 \sim 7_4$ 。

如此這般，當對於加工對象物 1 而設定有複數根之切斷預定線 5 的情況時，若是在沿著 1 根之切斷預定線 5 而形成了複數列之改質區域 7 後，沿著另外 1 根之切斷預定線 5 而形成複數列之改質區域 7，則係可得到下述一般之效果。亦即是，AF 單元 212，當在加工對象物 1 之表面 3 處存在有波浪起伏一般之情況時，爲了將雷射光 L 之集光點 P 以良好精確度來合致於從表面 3 而離開有特定之距離的位置處，係取得沿著切斷預定線 5 之表面 3 之位移資料，並根據該位移資料而對集光光學系 204 與加工對象物 1 間之距離作微調整。故而，若是在沿著 1 根之切斷預定線 5 而形成了複數列的改質區域 7 之後，再沿著另外之 1 根之切斷預定線 5 來形成複數列之改質區域 7，則能夠減少位移資料之切換次數，並成爲能夠在各切斷預定線 5 處將複數列之改質區域 7 以良好精確度來形成於從加工對象物 1 之表面 3 而離開有特定之距離的位置處。

如同以上所說明一般，在本實施形態之雷射加工方法中，係將以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式（或者是，以使被集光於

加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之波面成爲特定之波面的方式) 而藉由反射型空間光調變器 203 所被調變之雷射光 L，照射於加工對象物處 1。因此，係將在合致於雷射光 L 之集光點 P 的位置處所發生的雷射光 L 之像差極力的減小，並提高在該位置處之雷射光 L 的能量密度，而能夠形成作爲切斷之起點的功能爲高之改質區域 7。並且，由於係使用有反射型空間光調變器 203，因此，相較於透過型空間光調變器，能夠提升雷射光 L 之利用效率。此種雷射光 L 之利用效率的提升，在將成爲切斷之起點的改質區域 7 形成於板狀之加工對象物 1 處的情況時，係特別重要。故而，若藉由本實施形態之雷射加工方法，則成爲能夠確實地形成成爲切斷之起點的改質區域 7。

其結果，對於被形成有改質區域 7 之加工對象物 1，若是經由延伸膠帶 (expand tape) 等而施加應力，則由於改質區域 7 係充分地發揮有作爲切斷之起點的功能，因此，能夠將加工對象物 1 沿著切斷預定線 5 而以良好精確度來切斷，並成爲能夠防止未切斷部分之發生。

本發明，係並不被限定爲上述之實施形態。

例如，在上述實施形態中，雖係在沿著 1 根之切斷預定線 5 而形成了複數列的改質區域 7 之後，再沿著另外之 1 根的切斷預定線 5 來形成複數列之改質區域 7，但是，亦可在沿著複數根之切斷預定線 5 而形成了 1 列的改質區域 7 之後，再沿著複數根的切斷預定線 5 來形成另外之 1 列之改質區域 7。

於該情況，係可得到以下一般之效果。亦即是，當經由沿著 1 根之切斷預定線 5 而形成複數列之改質區域 7 一事，來使加工對象物 1 碎裂的情況時，若是在沿著 1 根之切斷預定線 5 而形成了複數列的改質區域 7 之後，再沿著另外 1 根之切斷預定線 5 而形成複數列之改質區域 7，則會由於加工對象物 1 之碎裂，而在加工對象物 1 之位置中產生有偏移。因此，爲了沿著切斷預定線 5 而以良好精確度來形成改質區域 7，係有必要對加工對象物 1 之位置作修正。然而，若是在沿著複數根之切斷預定線 5 而形成了 1 列的改質區域 7 之後，再沿著複數根的切斷預定線 5 來形成另外之 1 列的改質區域 7，則能夠防止由於加工對象物 1 之碎裂而在加工對象物 1 之位置中產生有偏移，並減少加工對象物 1 之位置的修正次數，而成爲能夠在短時間內來沿著複數根之切斷預定線 5 而形成複數列之改質區域 7。

又，在複數列之改質區域 7 中，當形成包含有距離身爲加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而爲最遠之改質區域 7 的 1 列又或是複數列之改質區域 7 時，係亦可在因應於所形成之改質區域 7，而使將雷射光 L 集光於加工對象物 1 之內部的集光光學系 204 與加工對象物 1 間之距離作變化的同時，以在加工對象物 1 之內部而使雷射光 L 之波面成爲特定之波面的方式（或者是，以使被集光於加工對象物之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式），來經由反射型空間光調變器 203 而將雷射光 L 調

變。

如此這般，當形成距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而為最遠之改質區域 7 時，需要反射型空間光調變器 203 所致之雷射光 L 之調變的原因，是因為，若是形成改質區域 7 之位置距離雷射光入射面越遠，則在合致於雷射光 L 之集光點 P 的位置處所發生之雷射光 L 的像差係變得越大之故。亦即是，例如，在形成距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而為最近之改質區域 7 的情況中，當就算是不經由反射型空間光調變器 203 來將雷射光 L 作調變，被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差亦會成為特定之像差以下時，則反射型空間光調變器 203 所致之雷射光 L 的調變係成為不必要。藉由此，就算是在對於 1 根之切斷預定線 5 而形成複數列之改質區域 7 的情況時，亦成為能夠確實地形成成為切斷之起點的改質區域 7。另外，當並不進行反射型空間光調變器 203 所致之雷射光 L 的調變之情況時，亦將反射型空間光調變器 203 作為通常之反射鏡而利用的方式來作控制（亦即是，在並未輸入波形資訊的狀態下或者是 OFF 狀態下來作使用）。

又，代替使雷射引擎 230 移動，亦可在支持台 201 處，設置使支持台 201 在加工對象物 1 之厚度方向作移動之移動機構。又，亦可利用 AF 單元 212，而使集光光學系 204 在加工對象物 1 之厚度方向作移動。又，亦可將此些作組合。

又，上述之反射型空間光調變器 203 或是調整光學系 240，係亦可適用於如圖 29 所示一般的代替 AF 單元 212 而具備有光路長度變移手段 300 之雷射加工裝置 200 中。光路長度變移手段 300，係根據藉由高度位置檢測手段（未圖示）所檢測出之加工對象物 1 的表面 3 之高度位置，而使複數之偏向反射鏡 301 的設置角度作變化，藉由此，而使透鏡 303 與透鏡 304 間之光路長度作變化，並使經由集光光學系 204 所被集光之雷射光 L 的集光點 P 之位置作變化。此係因為，直到經由集光光學系 204 而被集光之雷射光 L 的集光點 P 之位置的距離，係藉由從透鏡 303 起直到透鏡 304 為止之光路長度的函數而被作表示之故。另外，作為高度位置檢測手段，例如，係可列舉出：藉由特定之入射角度來將雷射光 L 入射至加工對象物 1 之表面 3 處，並根據該反射光之高度位置的變化，來檢測出表面 3 之高度位置者。

又，如圖 19 中所示一般，雷射加工裝置 200，係亦可為具備有支持台 201、雷射光源 202、將從雷射光源 202 所射出之雷射光作調變的複數（於此，係為 2 個）之反射型空間光調變器 203a、203b、集光光學系 204、和控制部 205 者。控制部 205，係具備有以使雷射光 L 之光學特性成為特定之光學特性的方式來對反射型空間光調變器 203a、203b 作控制之功能。另外，如圖 20 所示一般，2 個的反射型空間光調變器 203a、203b，由於係以與兩側遠心光學系之透鏡 403a、403b 的配置成為等價之方式而被

作配置，因此，係可作為雷射光 L 之光學特性，而對光束口徑或是光軸等作控制。又，亦可經由至少 1 個的反射型空間光調變器 203a 又或是 203b，來以在加工對象物 1 之內部而使雷射光 L 之波面成為特定之波面的方式（或者是，以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成為特定之像差以下的方式）來調變雷射光 L。

若藉由此雷射加工裝置 200，則由於係具備有複數之反射型空間光調變器 203a、203b，因此，作為雷射光 L 之光學特性，可對光束口徑或是光軸等作控制。故而，就算是在因為某些之原因而造成在雷射光 L 之光軸處產生有偏移的情況，亦能夠將該偏移容易地作修正，而成為能夠將成為切斷之起點的改質區域 7 確實地形成。

此時，亦可如圖 28 所示一般，而設置調整光學系 240。調整光學系 240 之配置位置，係依隨於藉由反射型空間光調變器 203a、203b 之何者來對波面作控制一事而相異。當藉由反射型空間光調變器 203a 來對波面作控制的情況時，係以使反射型空間光調變器 203a 與透鏡 241a 間之距離成為焦距 f_1 的方式來作配置。另一方面，當藉由反射型空間光調變器 203b 來對波面作控制的情況時，係以使反射型空間光調變器 203b 與透鏡 241a 間之距離成為焦距 f_1 的方式來作配置。而，不論在何者之情況中，均係將透鏡 241a 與透鏡 241b 間之距離設為 $f_1 + f_2$ ，並將透鏡 241b 與集光光學系 204 間之距離設為 f_2 。

又，在形成改質區域 7 時，亦可以使被集光於加工對

象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成爲特定之開口數的方式，而經由反射型空間光調變器 203 來將雷射光 L 作調變。於此情況，例如，係可因應於加工對象物 1 之材質或是直到應形成改質區域 7 之位置爲止的距離等，來使雷射光 L 之開口數變化，並形成作爲切斷之起點的功能爲高之改質區域 7。

又，當如圖 21、22 所示一般，沿著 1 根的切斷預定線 5，而以在加工對象物 1 之厚度方向上並排之方式，來形成至少 3 列（於此，係爲 3 列）之成爲切斷之起點的改質區域 7 之情況時，係亦可如同下述一般地形成改質區域 $7_1 \sim 7_3$ 。

首先，如圖 21 (a) 所示一般，將以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成爲相對較大之方式而經由反射型空間光調變器 203 所被調變後之雷射光 L，照射於加工對象物 1，藉由此，來沿著切斷預定線 5，而形成距離身爲加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而爲最遠之改質區域 7_1 。

接下來，如圖 21 (b) 所示一般，將以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成爲相對較小之方式而經由反射型空間光調變器 203 所被調變後之雷射光 L，照射於加工對象物 1，藉由此，來沿著切斷預定線 5，而形成改質區域 7_2 。

接下來，如圖 22 所示一般，將以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成爲相對較大之方式而

經由反射型空間光調變器 203 所被調變後之雷射光 L，照射於加工對象物 1，藉由此，來沿著切斷預定線 5，而形成距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而為最近之改質區域 7₃。

如以上一般，在 3 列之改質區域 7₁~7₃ 中，在形成除了距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而為最遠之改質區域 7₁ 以及距離表面 3 而為最近之改質區域 7₃ 以外之改質區域 7₂ 時，相較於形成改質區域 7₁、7₃ 的情況，係以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成為較小的方式，來經由反射型空間光調變器 203 而將雷射光 L 調變。亦即是，作為身為切斷之起點而為特別重要的改質區域，當形成距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而為最遠的改質區域 7₁ 以及距離表面 3 為最近之改質區域 7₃ 時，相較於形成此兩者間之改質區域 7₂ 的情況，係以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成為較大的方式，來經由反射型空間光調變器 203 而將雷射光 L 調變，並將被調變後之雷射光 L 照射於加工對象物 1。

藉由此，係能夠將距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而為最遠之改質區域 7₁ 以及距離表面 3 而為最近之改質區域 7₃，設為作為切斷之起點而性能為極高之改質區域（例如，包含有碎裂之改質區域 7）。又，係可將該些之間的改質區域 7₂，作為在加工對象物 1 之厚度方向而相對上較長之改質區域 7（例如，包含有熔融處理

區域之改質區域 7) ，而將沿著切斷預定線 5 之雷射光 L 的掃描次數減少。

另外，在沿著切斷預定線 5，而以在加工對象物 1 之厚度方向並排的方式來形成複數列（例如，2 列）之改質區域 7 的情況時，在複數列之改質區域 7 中，相較於形成除了距離身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 又或是身為與雷射光入射面對向之對向表面的背面 21 而為最近之改質區域 7 以外的改質區域 7 時，係以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成為較小的方式，來經由反射型空間光調變器 203 而將雷射光 L 調變為理想。

在此雷射加工方法中，作為身為切斷之起點而為特別重要的改質區域 7，當形成距離加工對象物之表面 3 又或是背面 21 而為最近之改質區域時，相較於形成其他之改質區域 7 的情況，係以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之開口數成為較大的方式，來經由反射型空間光調變器 203 而將雷射光 L 調變，並將被調變後之雷射光 L 照射於加工對象物 1。因此，係能夠將距離加工對象物之表面 3 又或是背面 21 而為最近之改質區域，設為作為切斷之起點而性能為極高之改質區域（例如，包含有碎裂之改質區域）。

又，亦可並不使包含有集光光學系 204 之雷射引擎 230 或是支持台 201 移動，而藉由以反射型空間光調變器 203 來將雷射光 L 調變，來將雷射光 L 之集光點 P 合致於

從身為加工對象物 1 之雷射光入射面的表面 3 而離開有特定之距離的位置處。具體而言，只要當集光於從加工對象物 1 之表面 3 而相對上較深的位置處時，係以將從反射型空間光調變器 203 所射出並入射至集光光學系 204 處的雷射光 L 之擴散角設為相對性較小的方式，來控制反射型空間光調變器 203，並當集光於從加工對象物 1 之表面 3 而相對上較淺的位置處時，以將從反射型空間光調變器 203 所射出並入射至集光光學系 204 處的雷射光 L 之擴散角設為相對較大的方式，來控制反射型空間光調變器 203 即可。

又，在上述實施形態中，雖係將波面資料作為任尼克多項式而取得，但是，係並不限定於此。例如，亦可將波面資料作為賽得 5 像差或是勒壤得 (Legendre) 多項式等而取得。

又，在上述實施形態中，係將用來以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成為特定之像差以下的方式（或者是，以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之波面成為特定之波面的方式）而對反射型空間光調變器 203 作控制之控制訊號，基於實測來計算出，但是，係亦可基於模擬等而計算出來。當基於模擬等而計算出控制訊號的情況時，不用說，係亦可將控制訊號記憶在控制部 205 中，但是，亦可不將控制訊號記憶在控制部 205 中，而在形成改質區域 8 之前再計算出控制訊號。

又，若是厚度成為 $20\mu\text{m}$ 左右，則由於加工對象物 1

係容易彎曲，因此，爲了在從加工對象物 1 之身爲雷射光入射面的表面 3 而離開有特定之距離的位置處形成改質區域 7，係以藉由玻璃板等之雷射光透過構件，來將加工對象物 1 之表面 3 推壓於支持台 201 側爲理想。然而，於此情況，會由於雷射光透過構件之影響而產生有像差，而使雷射光 L 之集光度劣化。因此，若是對雷射光透過構件作考慮，並以使被集光於加工對象物 1 之內部的雷射光 L 之像差成爲特定之像差以下的方式，而經由反射型空間光調變器 203 來將雷射光 L 作調變，則係能夠確實地形成成爲切斷之起點的改質區域 7。

又，在形成改質區域 7 時的雷射光入射面，係並不限定於加工對象物 1 之表面 3，而亦可爲加工對象物 1 之背面 21。

又，在上述實施形態中，係在由半導體材料所成之加工對象物 1 的內部，形成了包含有熔融處理區域之改質區域 7，但是，在由玻璃或是壓電材料等之其他材料所成的加工對象物 1 之內部，係亦可形成碎裂區域或是折射率變化區域等之其他的改質區域 7。

[產業上之利用可能性]

若藉由本發明，則能夠確實地形成成爲切斷之起點的改質區域。

【圖式簡單說明】

[圖 1]在改質區域之形成中所被使用之雷射加工裝置的概略構成圖。

[圖 2]成爲改質區域之形成對象的加工對象物之平面圖。

[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]表示雷射加工後之矽晶圓的切斷面之照片的圖。

[圖 8]展示雷射光之波長與矽基板之內部的透過率間之關係的圖表。

[圖 9]展示雷射光之峰值功率密度與碎裂點之大小間之關係的圖表。

[圖 10]本實施形態之雷射加工裝置的概略構成圖。

[圖 11]圖 10 之雷射加工裝置的反射型空間光調變器之分解立體圖。

[圖 12]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所被使用的基準雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 13]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所被使用的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 14]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所被使用的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 15]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所

被使用的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 16]成爲本實施形態之雷射加工方法的對象之加工對象物的平面圖。

[圖 17]被實施有本實施形態之雷射加工方法的圖 16 之加工對象物的剖面圖。

[圖 18]被實施有本實施形態之雷射加工方法的圖 16 之加工對象物的剖面圖。

[圖 19]本實施形態之其他的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 20]關於圖 19 之雷射加工裝置的反射型空間光調變器之配置的說明圖。

[圖 21]對於本實施形態之其他的雷射加工方法之說明圖。

[圖 22]對於本實施形態之其他的雷射加工方法之說明圖。

[圖 23]本實施形態之其他的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 24]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所被使用的其他之基準雷射加工裝置的概略構成圖。

[圖 25]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所被使用的其他之基準雷射加工裝置的概略構成圖。

[圖 26]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所被使用的其他之基準雷射加工裝置的概略構成圖。

[圖 27]在本實施形態之雷射加工裝置之製造方法中所

被使用的其他之基準雷射加工裝置的概略構成圖。

[圖 28]本實施形態之其他的雷射加工裝置之概略構成圖。

[圖 29]本實施形態之其他的雷射加工裝置之概略構成圖。

【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
- 7，7₁～7₄：改質區域
- 200：雷射加工裝置
- 200s：基準雷射加工裝置
- 201：支持台
- 202：雷射光源
- 203：反射型空間光調變器
- 204：集光光學系
- 204s：基準集光光學系
- 205：控制部
- L：雷射光
- Ls：基準雷射光
- P：集光點

七、申請專利範圍：

1. 一種雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來形成成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：

在形成前述改質區域時，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成為與直到應形成改質區域之位置為止的距離相對應之開口數的方式，來藉由根據用以將射入至反射型空間光調變器中之雷射光之波面作整形的波面整形形態資訊而被作控制之前述反射型空間光調變器，而將前述雷射光調變。

2. 一種雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：

在複數列之前述改質區域中，當形成除了距離前述加工對象物之雷射光入射面又或是於前述加工對象物中之與前述雷射光入射面對向之對向表面為最近之前述改質區域以外之前述改質區域時，相較於形成距離前述雷射光入射面又或是前述對向表面為最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數與直到應形成改質區域之位置為止的距離相對應地而成為較小的方式，來藉由根據用以將射入至反射型空間光

調變器中之雷射光之波面作整形的波面整形形態資訊而被作控制之前述反射型空間光調變器，而將前述雷射光調變。

3. 如申請專利範圍第 2 項所記載之雷射加工方法，其中，當沿著前述切斷預定線，並以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式來形成至少 3 列之前述改質區域的情況時，當形成至少 3 列之前述改質區域中，除了距離前述雷射光入射面為最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面為最近之前述改質區域之外的前述改質區域時，相較於形成距離前述雷射光入射面為最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面為最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成為較小的方式，來藉由反射型空間光調變器而將前述雷射光調變。

4. 一種雷射加工方法，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成為切斷之起點的改質區域之雷射加工方法，其特徵為：

在複數列之前述改質區域中，當形成除了前述加工對象物中之與前述雷射光入射面對向之對向表面為最近之前述改質區域以外的前述改質區域時，相較於形成前述與對向表面為最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成為較小的

方式，來藉由反射型空間光調變器而將前述雷射光調變。

5. 如申請專利範圍第 4 項所記載之雷射加工方法，其中，當沿著前述切斷預定線，並以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式來形成至少 3 列之前述改質區域的情況時，當形成至少 3 列之前述改質區域中，除了距離前述雷射光入射面為最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面為最近之前述改質區域之外的前述改質區域時，相較於形成距離前述雷射光入射面為最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面為最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成為較小的方式，來藉由反射型空間光調變器而將前述雷射光調變。

6. 如申請專利範圍第 4 項或第 5 項所記載之雷射加工方法，其中，前述反射型空間光調變器，係為根據用以將射入至前述反射型空間光調變器中之光束的雷射光之波面作整形的波面整形形態資訊而被作控制者。

7. 如申請專利範圍第 1~6 項中之任一項所記載之雷射加工方法，其中，

係準備：將藉由前述反射型空間光調變器而被調變後之前述雷射光，集光於前述加工對象物的內部之集光光學系、和具有具備作為透鏡之功能的第 1 光學元件以及第 2 光學元件，並且被配置在前述反射型空間光調變器和前述集光光學系之間的光路上之調整光學系，

前述第 1 光學元件以及前述第 2 光學元件，係以下述

一般之方式來作配置：使前述反射型空間光調變器之波面形狀、和前述集光光學系之波面形狀，相似性地相一致，且前述第 1 光學元件與前述第 2 光學元件，係成爲兩側遠心（telecentric）光學系。

8. 一種雷射加工裝置，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來形成成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工裝置，其特徵爲，具備有：

支持台，係支持前述加工對象物；和

雷射光源，係射出前述雷射光；和

反射型空間光調變器，係將從前述雷射光源所射出之前述雷射光作調變；和

集光光學系，係將藉由前述反射型空間光調變器而被調變後之前述雷射光，集光於藉由前述支持台而被支持之前述加工對象物之內部；和

控制部，係在形成前述改質區域時，以使前述雷射光之集光點位置於從前述加工對象物之雷射光入射面而離開有特定之距離，且使前述雷射光之集光點沿著前述切斷預定線來相對地移動的方式，來對前述支持台以及前述集光光學系之至少 1 個作控制，並且，以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成爲與直到應形成改質區域之位置爲止的距離相對應之開口數的方式，來根據用以將射入至反射型空間光調變器中之雷射光之波面作整形的波面整形形態資訊，而對於前述反射型空間光調變器

進行控制。

9. 一種雷射加工裝置，係為將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成為切斷之起點的改質區域之雷射加工裝置，其特徵為，具備有：

支持台，係支持前述加工對象物；和

雷射光源，係射出前述雷射光；和

反射型空間光調變器，係將從前述雷射光源所射出之前述雷射光作調變；和

集光光學系，係將藉由前述反射型空間光調變器而被調變後之前述雷射光，集光於藉由前述支持台而被支持之前述加工對象物之內部；和

控制部，係在形成前述改質區域時，以使前述雷射光之集光點位置於從前述加工對象物之雷射光入射面而離開有特定之距離，且使前述雷射光之集光點沿著前述切斷預定線來相對地移動的方式，來對前述支持台以及前述集光光學系之至少 1 個作控制，並且，在複數列之前述改質區域中，當形成除了距離前述加工對象物之雷射光入射面又或是於前述加工對象物中之與前述雷射光入射面相對向之對向表面為最近之前述改質區域以外的前述改質區域時，相較於形成距離前述雷射光入射面又或是前述對向表面為最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數與直到應形成改質區域

之位置爲止的距離相對應地而成爲較小的方式，來根據用以將射入至反射型空間光調變器中之雷射光之波面作整形的波面整形形態資訊，而對於前述反射型空間光調變器進行控制。

10. 如申請專利範圍第 9 項所記載之雷射加工裝置，其中，當沿著前述切斷預定線，並以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式來形成至少 3 列之前述改質區域的情況時，

前述控制部，當形成至少 3 列之前述改質區域中，除了距離前述雷射光入射面爲最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面爲最近之前述改質區域之外的前述改質區域時，相較於形成距離前述雷射光入射面爲最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面爲最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成爲較小的方式，來對於前述反射型空間光調變器進行控制。

11. 一種雷射加工裝置，係爲將集光點合致於板狀之加工對象物的內部而照射雷射光，並藉由此而沿著前述加工對象物之切斷預定線，來以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式，來形成複數列之成爲切斷之起點的改質區域之雷射加工裝置，其特徵爲，具備有：

支持台，係支持前述加工對象物；和

雷射光源，係射出前述雷射光；和

反射型空間光調變器，係將從前述雷射光源所射出之

前述雷射光作調變；和

集光光學系，係將藉由前述反射型空間光調變器而被調變後之前述雷射光，集光於藉由前述支持台而被支持之前述加工對象物之內部；和

控制部，係在形成前述改質區域時，以使前述雷射光之集光點位置於從前述加工對象物之雷射光入射面而離開有特定之距離，且使前述雷射光之集光點沿著前述切斷預定線來相對地移動的方式，來對前述支持台以及前述集光光學系之至少 1 個作控制，並且，在複數列之前述改質區域中，當形成除了前述加工對象物中之與前述雷射光入射面相對向之對向表面為最近之前述改質區域以外的前述改質區域時，相較於形成前述與對向表面為最近之前述改質區域的情況，係以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成為較小的方式，來對於前述反射型空間光調變器進行控制。

12. 如申請專利範圍第 11 項所記載之雷射加工裝置，其中，當沿著前述切斷預定線，並以並排於前述加工對象物之厚度方向的方式來形成至少 3 列之前述改質區域的情況時，

當形成至少 3 列之前述改質區域中，除了距離前述雷射光入射面為最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面為最近之前述改質區域之外的前述改質區域時，相較於形成距離前述雷射光入射面為最遠之前述改質區域以及距離前述雷射光入射面為最近之前述改質區域的情況，係

以使被集光於前述加工對象物之內部的前述雷射光之開口數成爲較小的方式，來對於前述反射型空間光調變器進行控制。

13. 如申請專利範圍第 11 項或第 12 項所記載之雷射加工裝置，其中，前述反射型空間光調變器，係爲根據用以將射入至前述反射型空間光調變器中之光束的雷射光之波面作整形的波面整形形態資訊而被作控制者。

14. 如申請專利範圍第 8~13 項中之任一項所記載之雷射加工裝置，其中，

係更進而具備有：具有具備作爲透鏡之功能的第 1 光學元件以及第 2 光學元件，並且被配置在前述反射型空間光調變器和前述集光光學系之間的光路上之調整光學系，

前述第 1 光學元件以及前述第 2 光學元件，係以下述一般之方式來作配置：使前述反射型空間光調變器之波面形狀、和前述集光光學系之波面形狀，相似性地相一致，且前述第 1 光學元件與前述第 2 光學元件，係成爲兩側遠心（telecentric）光學系。



圖1

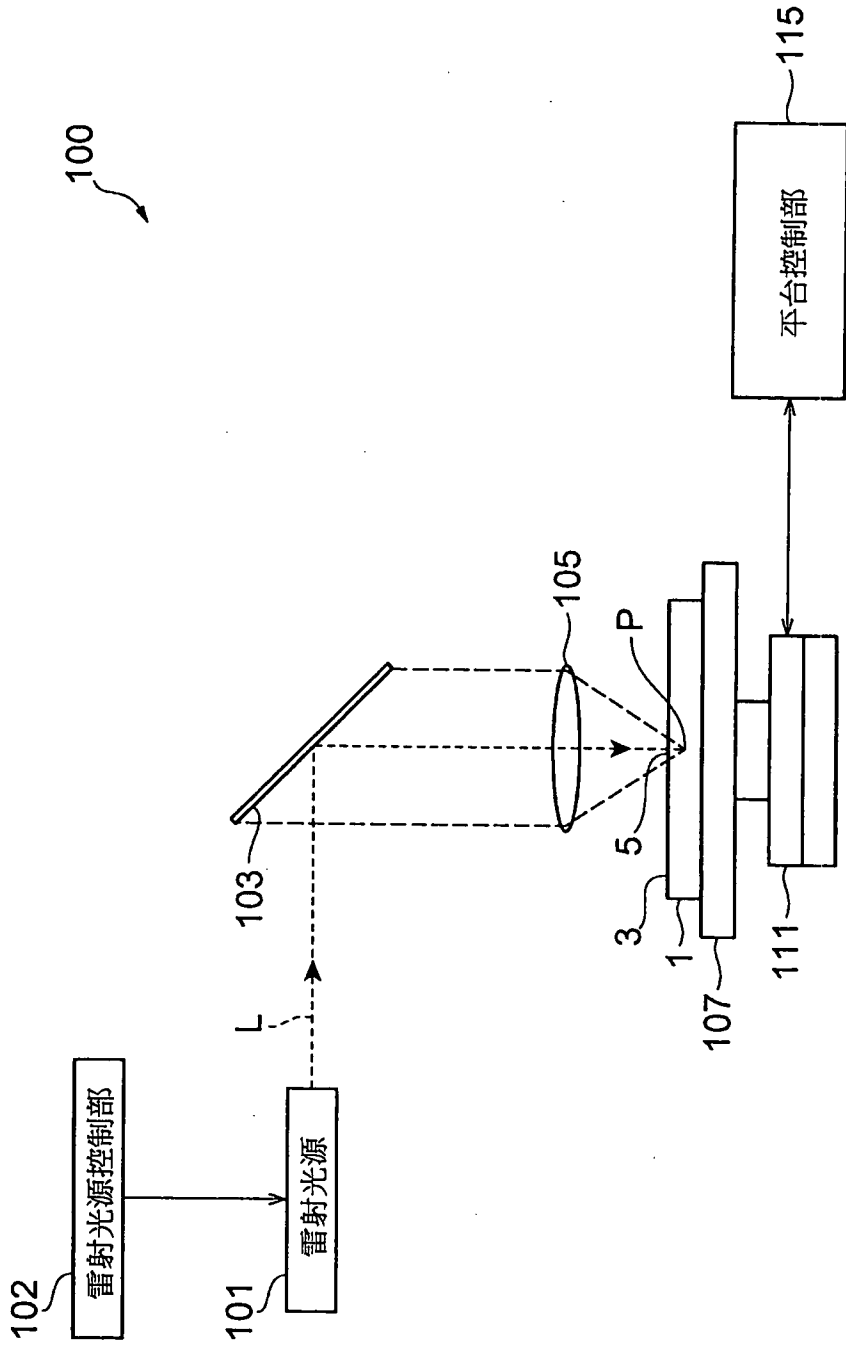


圖 2

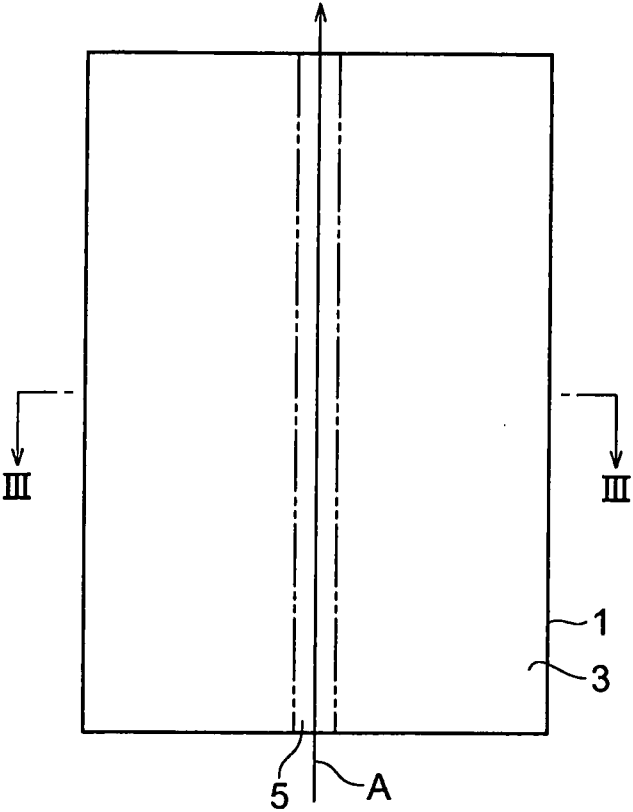


圖3

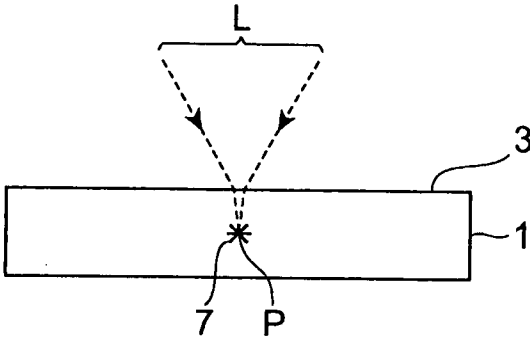


圖 4

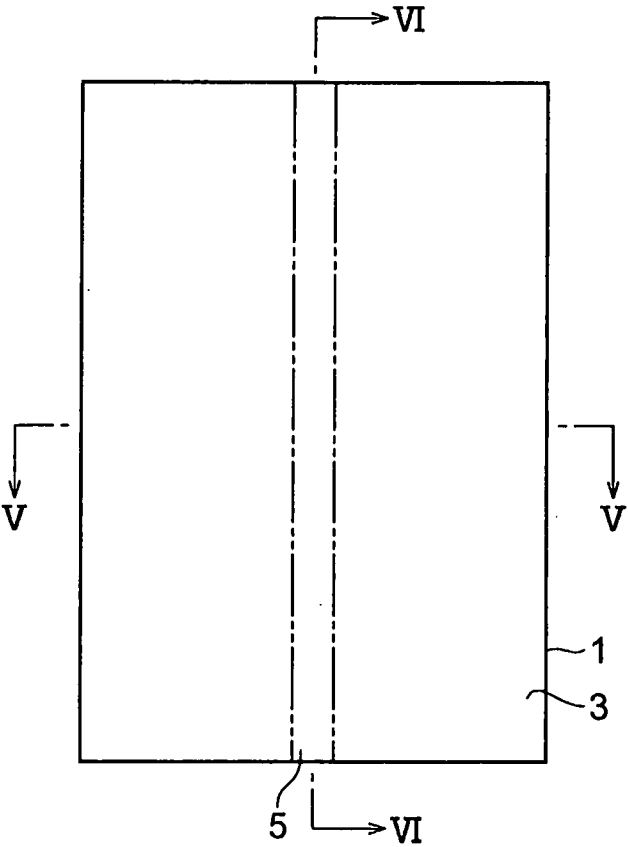


圖5

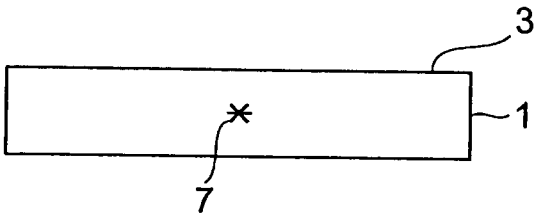


圖6

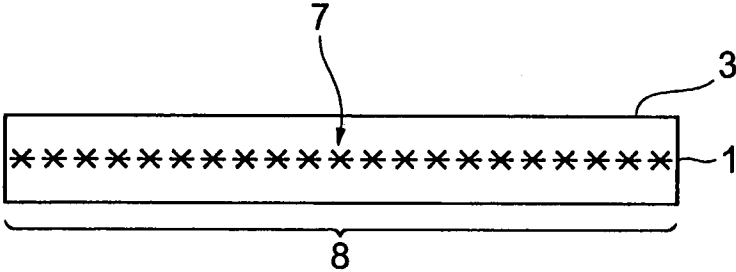
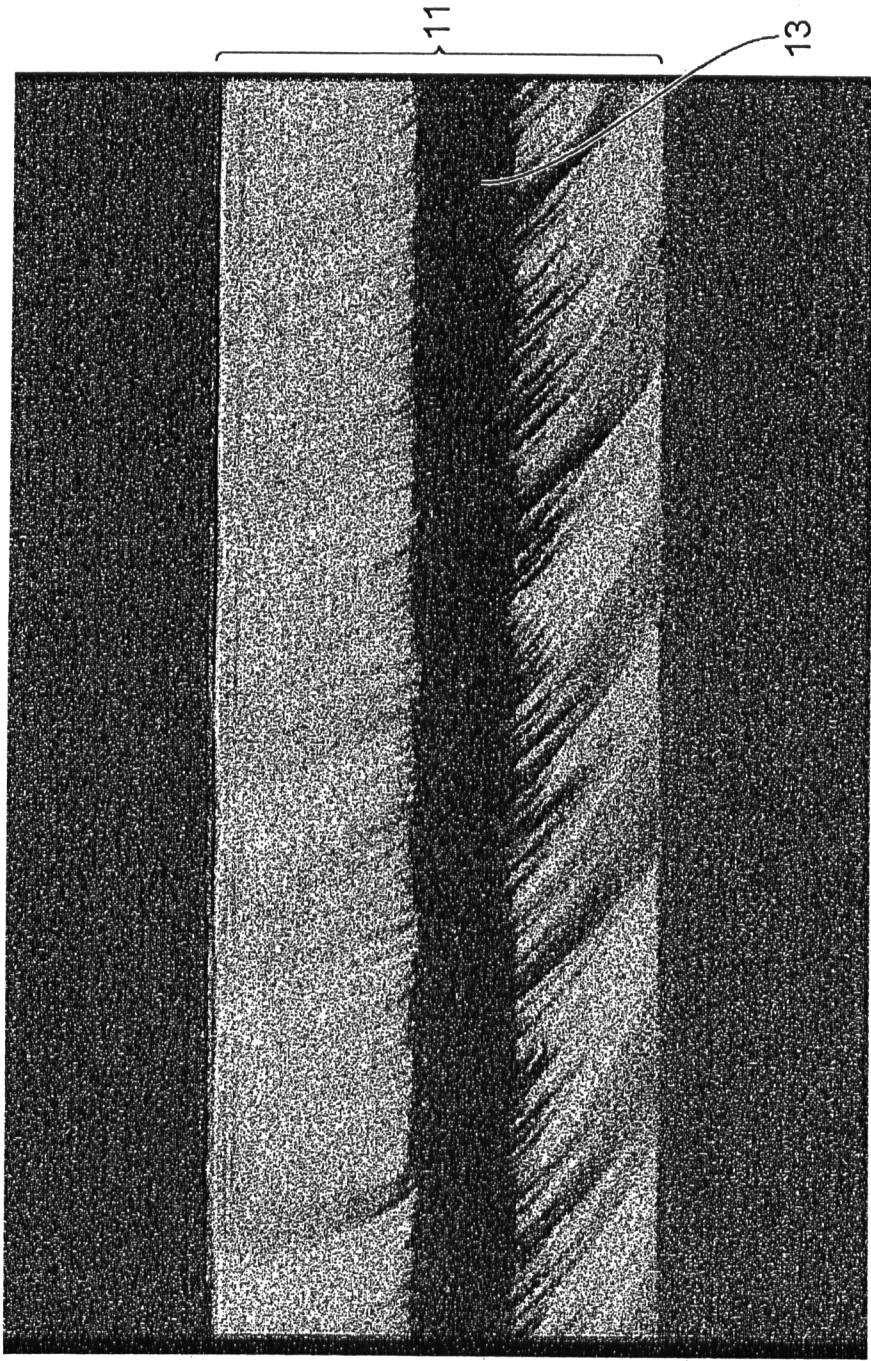


圖7



(2)

圖8

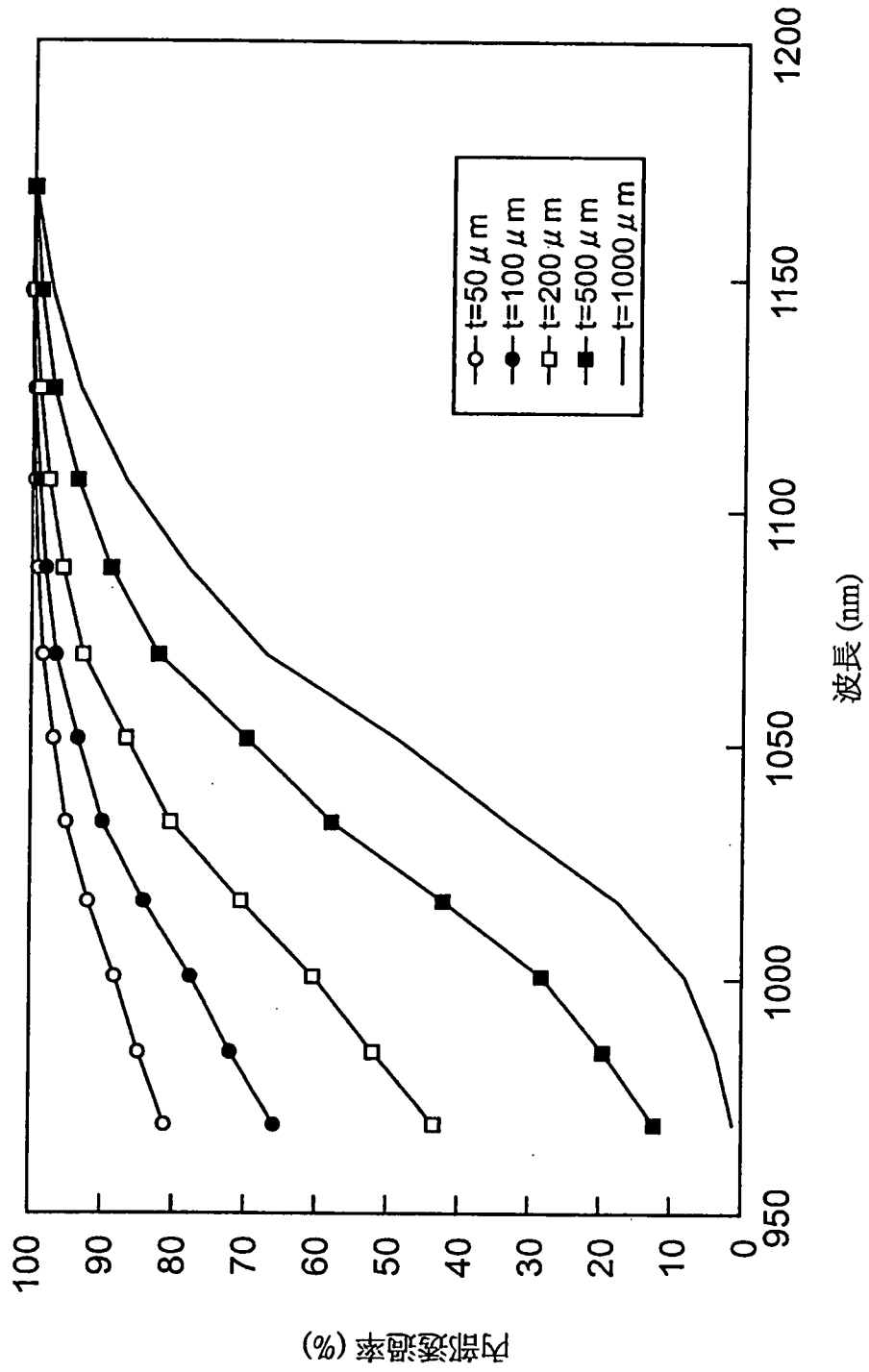


圖9

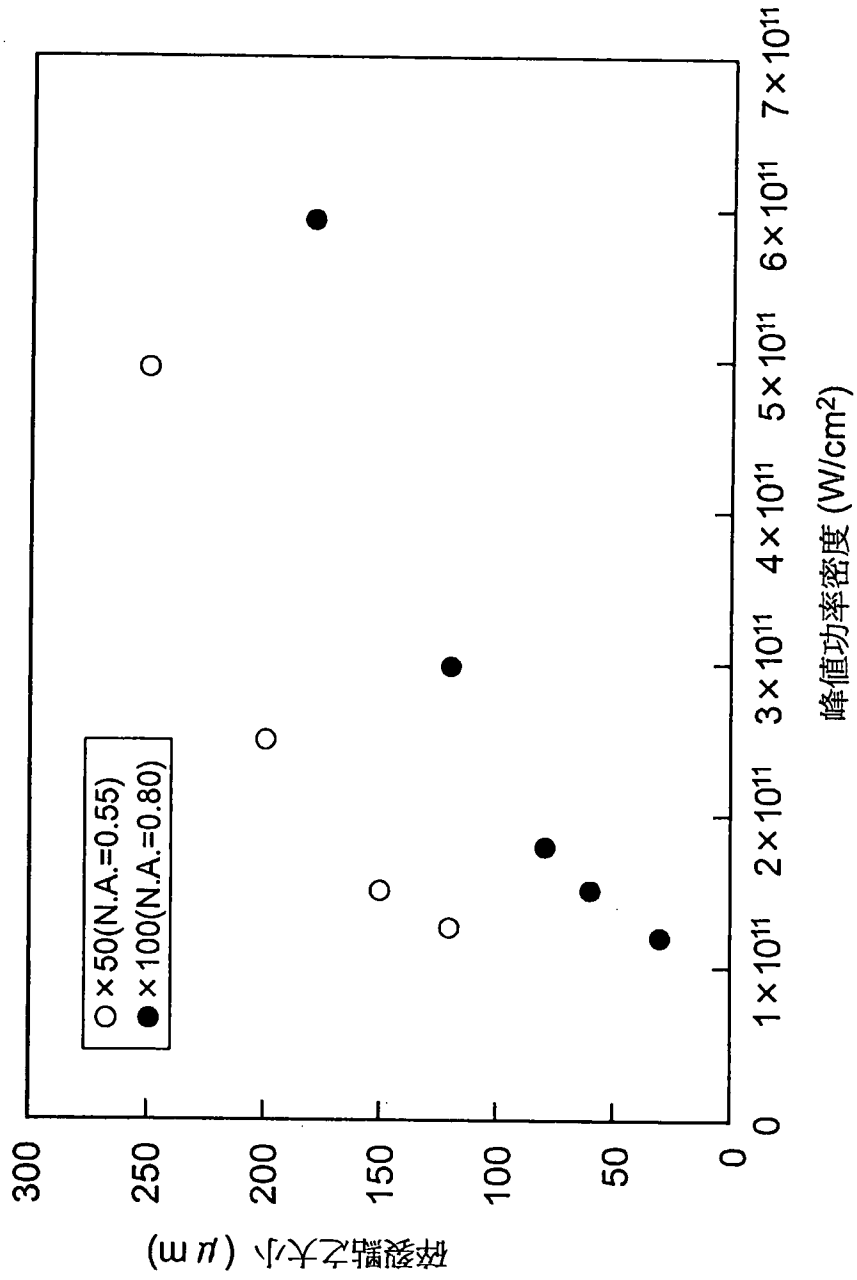


圖 11

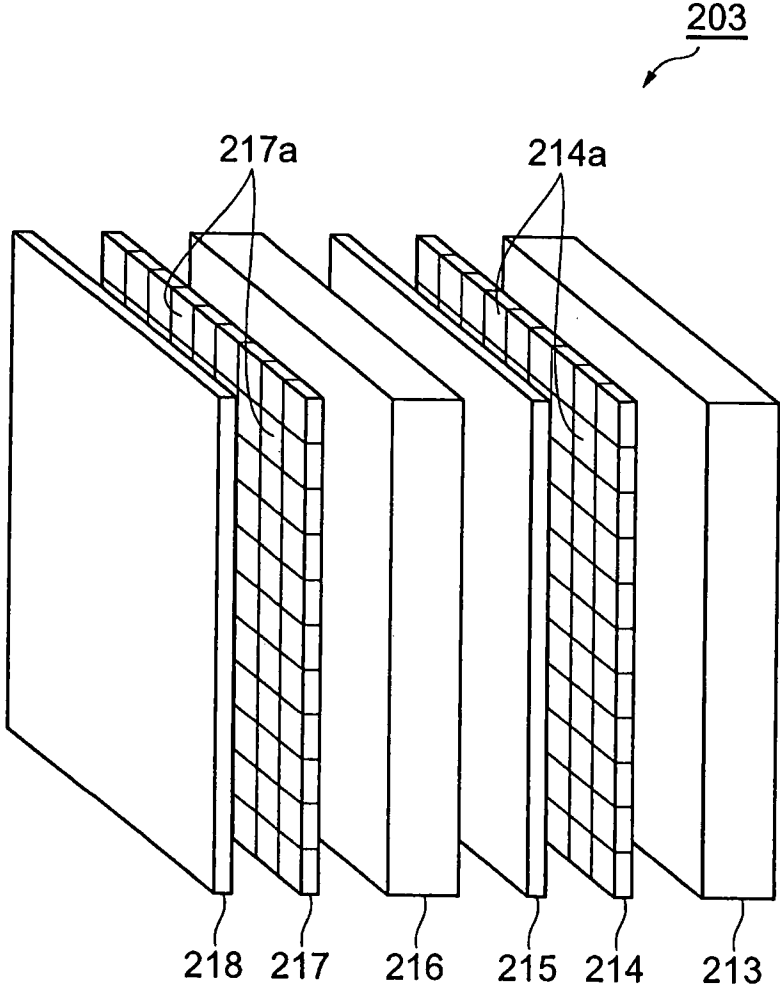


圖12

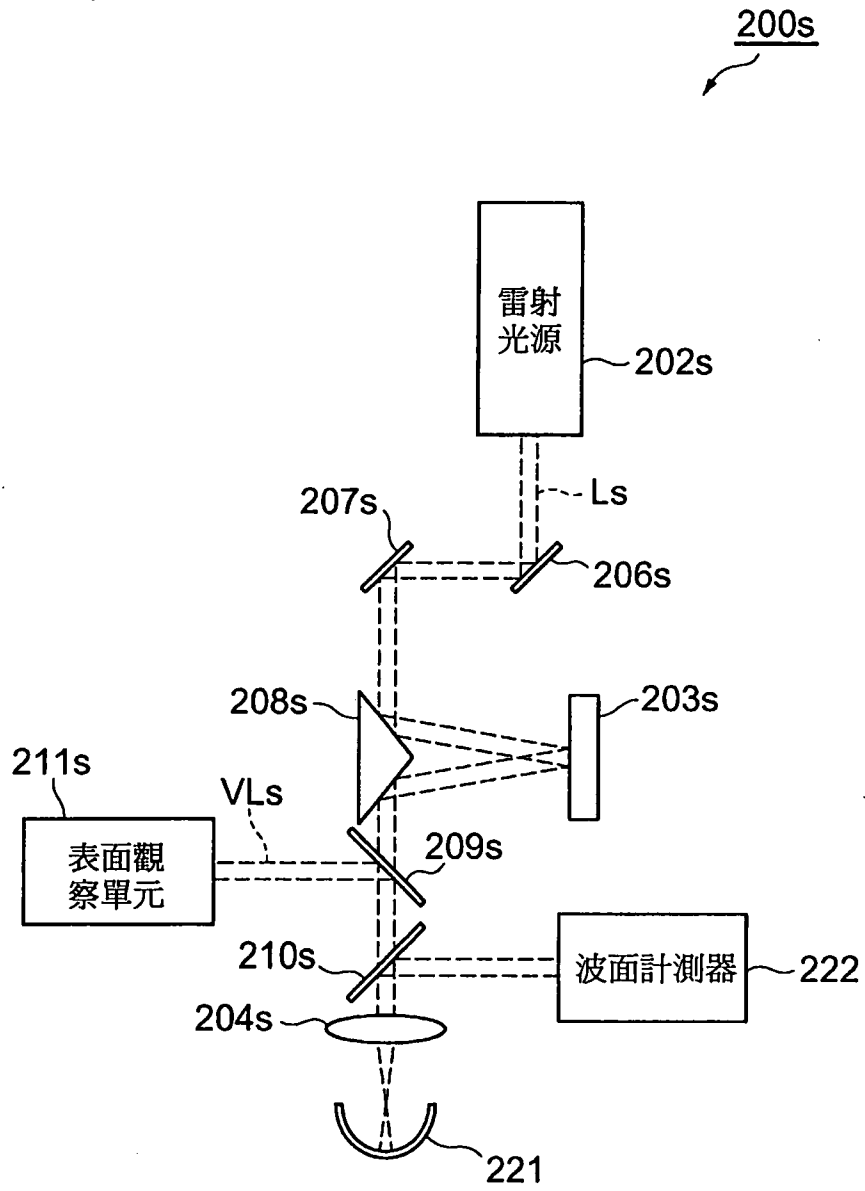


圖 13

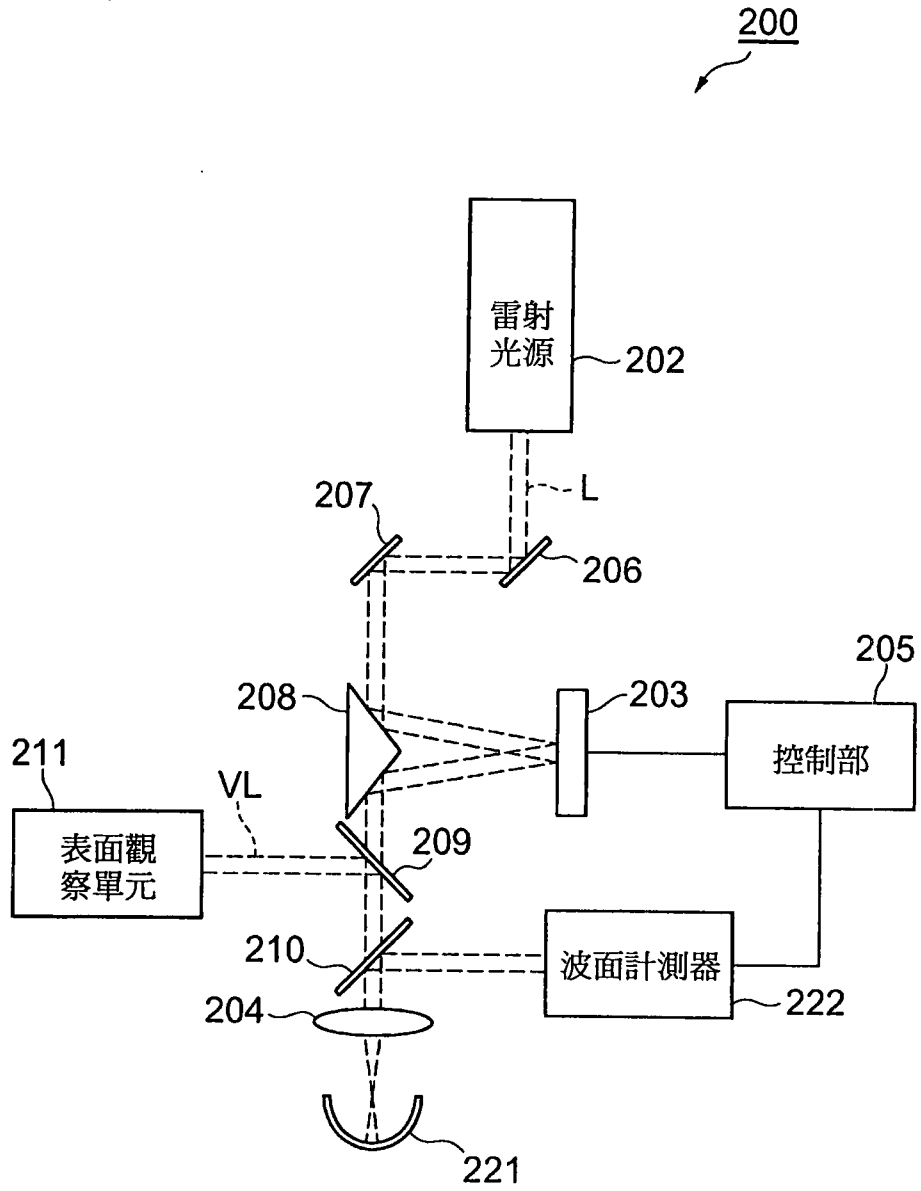


圖 14

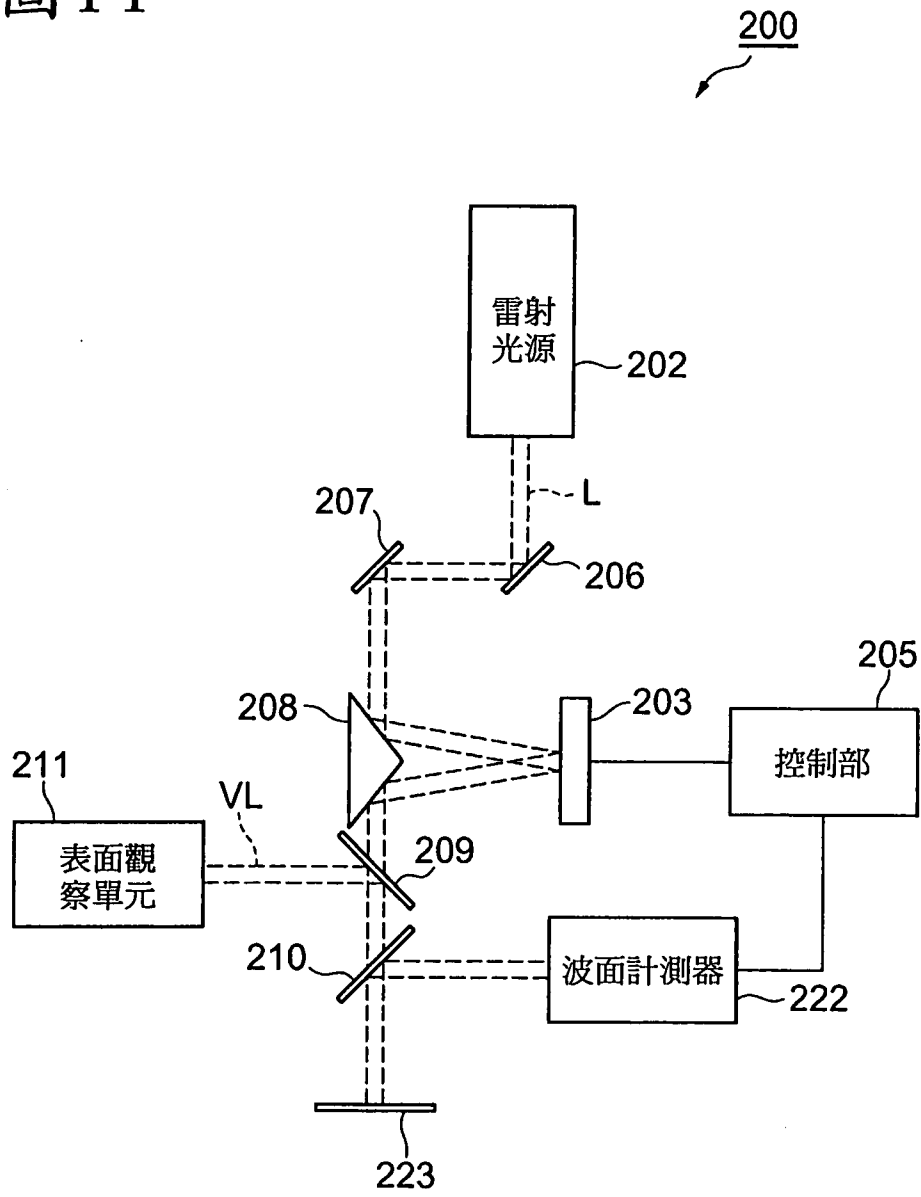


圖 15

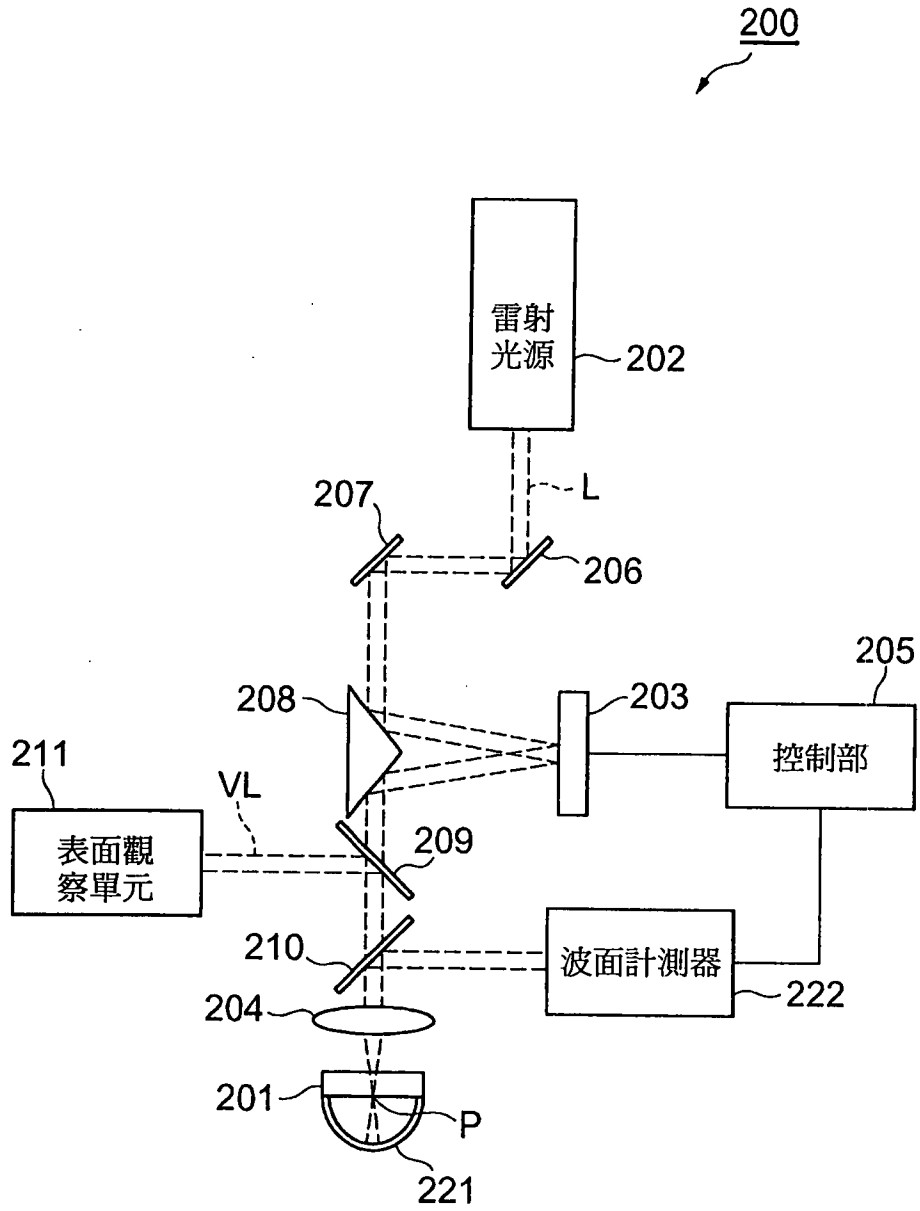


圖 16

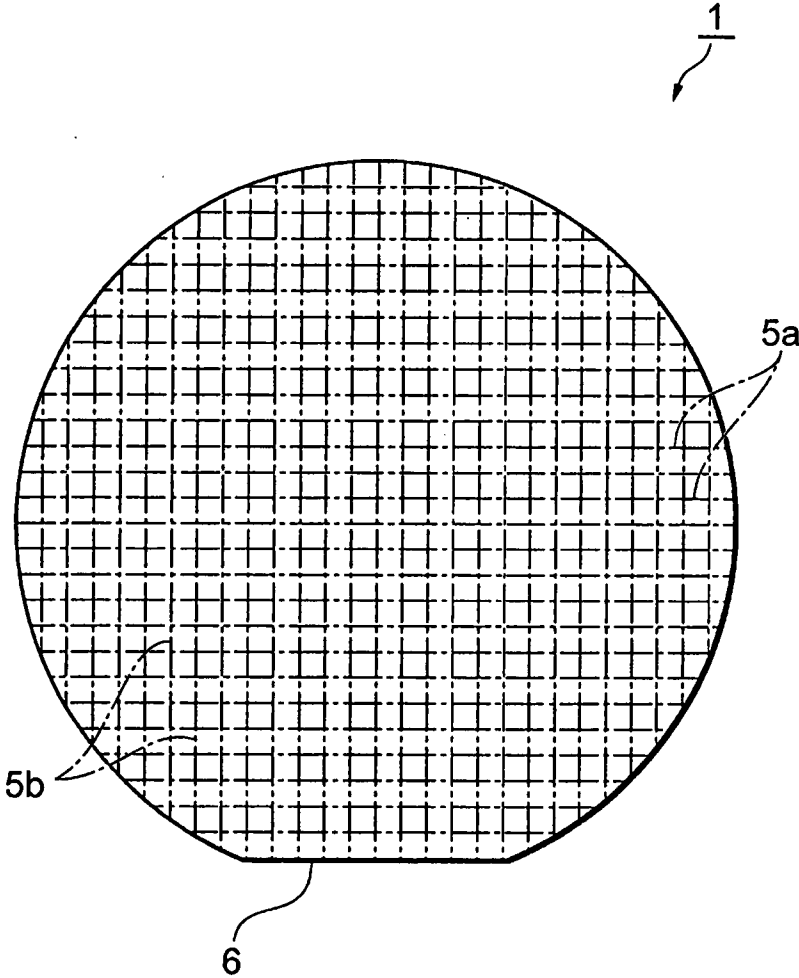
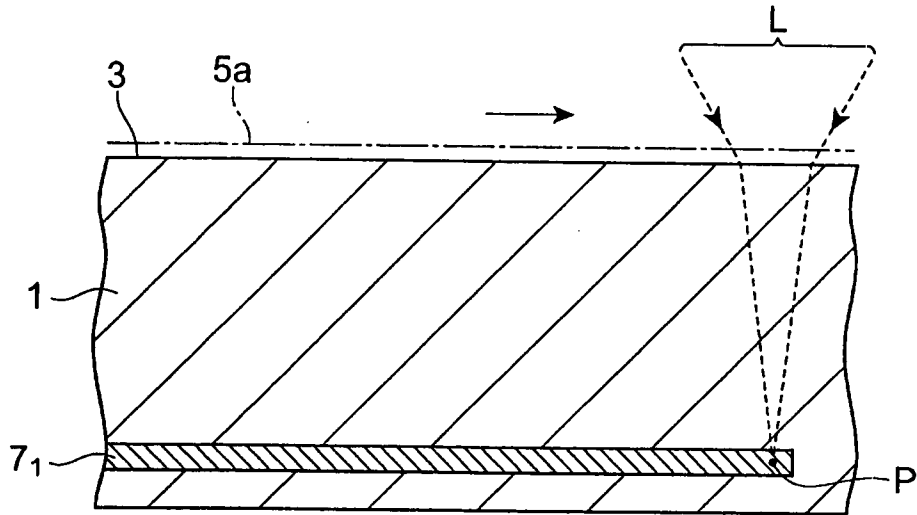


圖 17

(a)



(b)

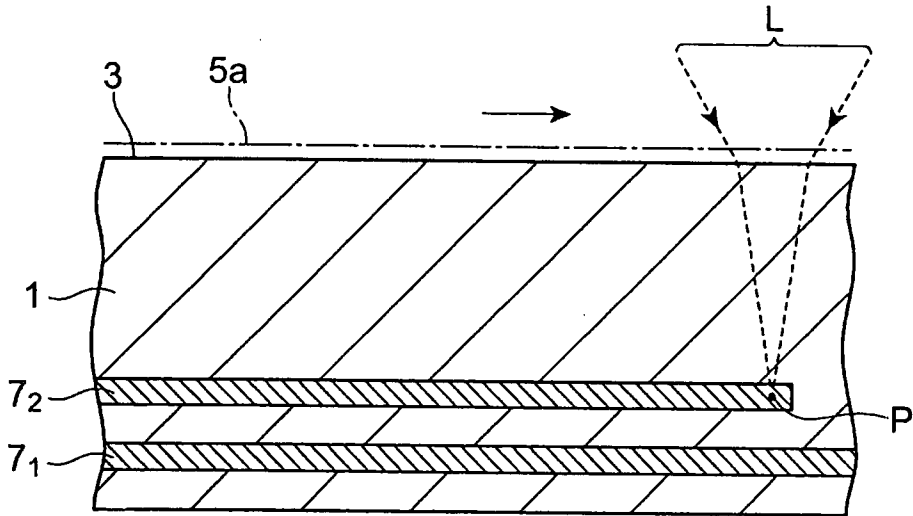
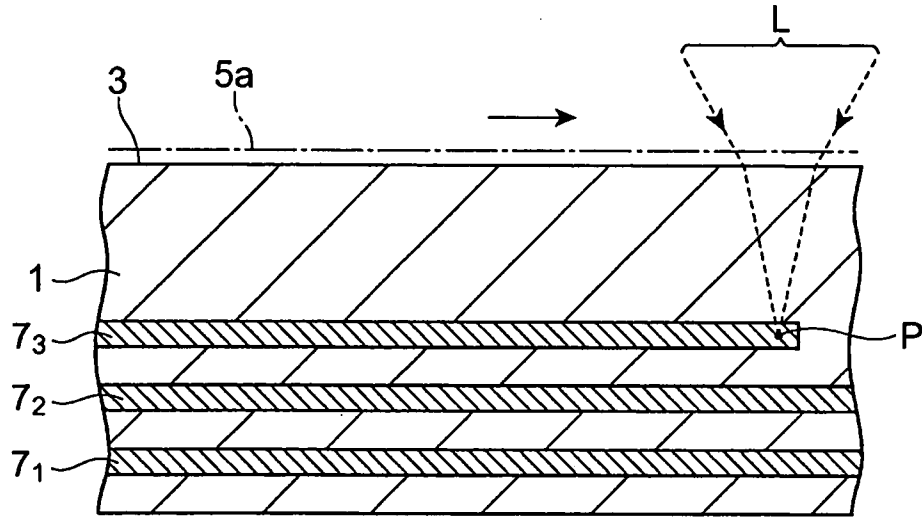


圖18

(a)



(b)

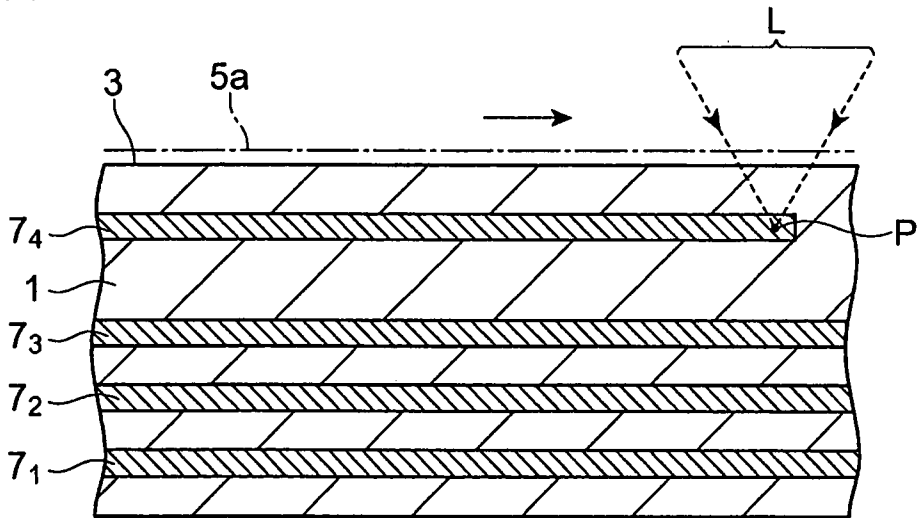


圖 19

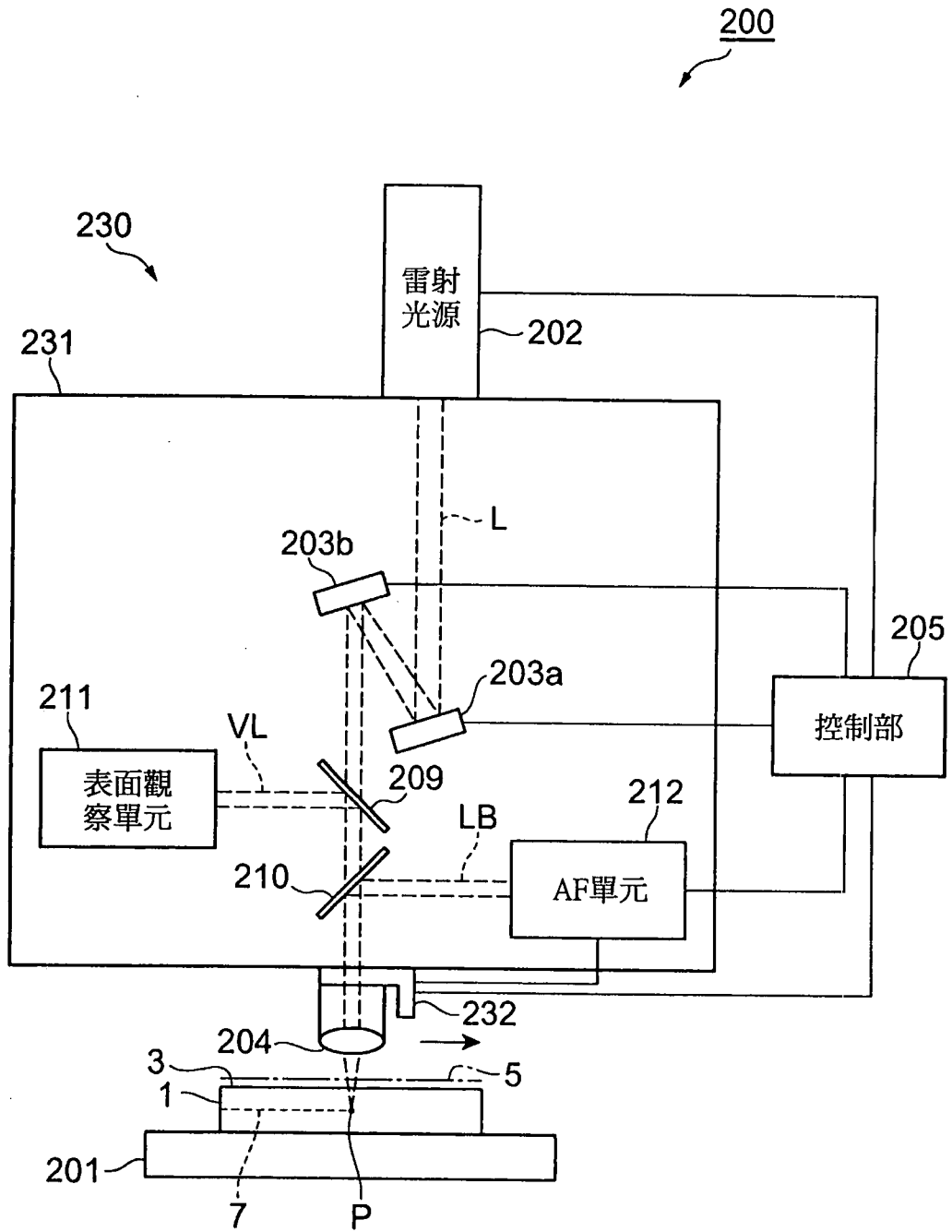
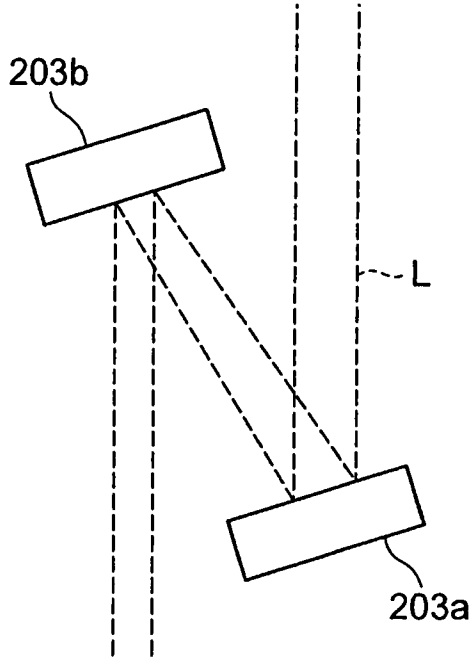


圖 20

(a)



(b)

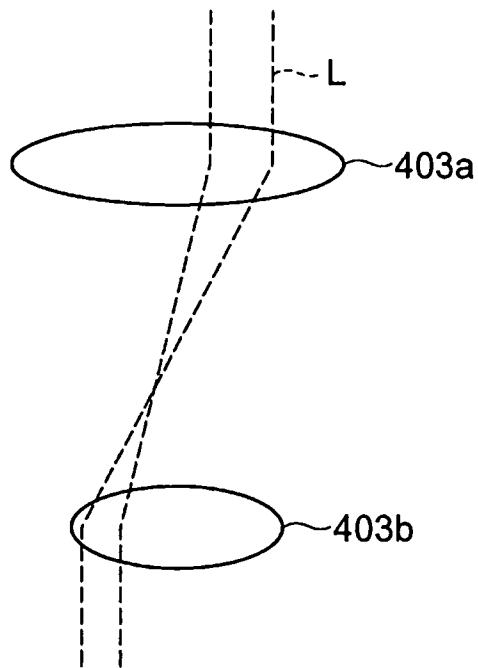
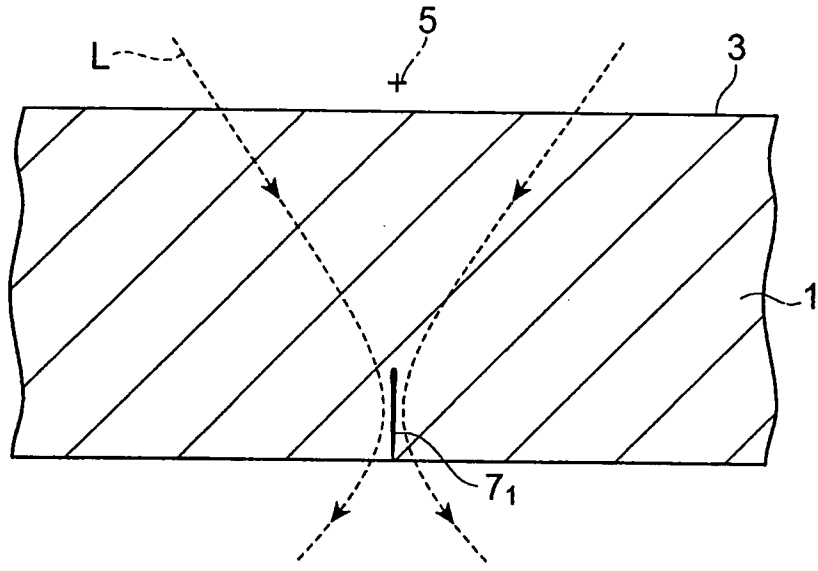


圖 21

(a)



(b)

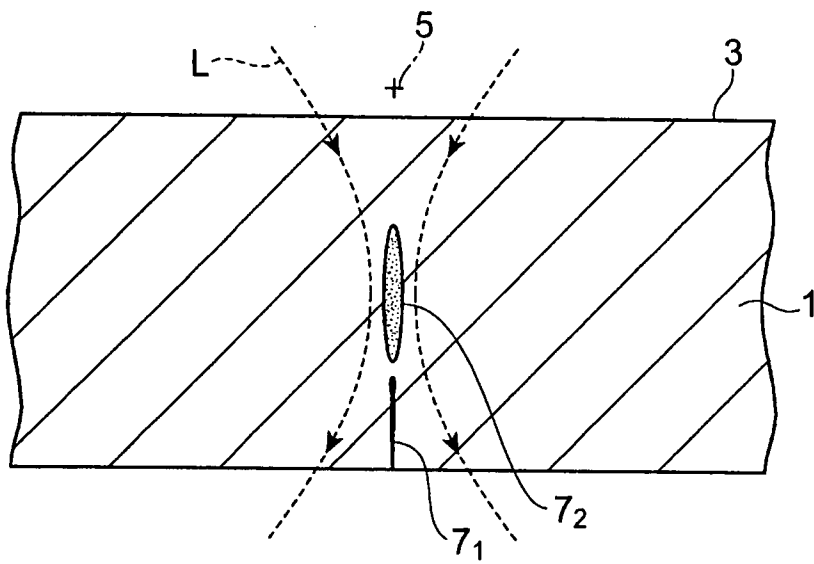


圖 22

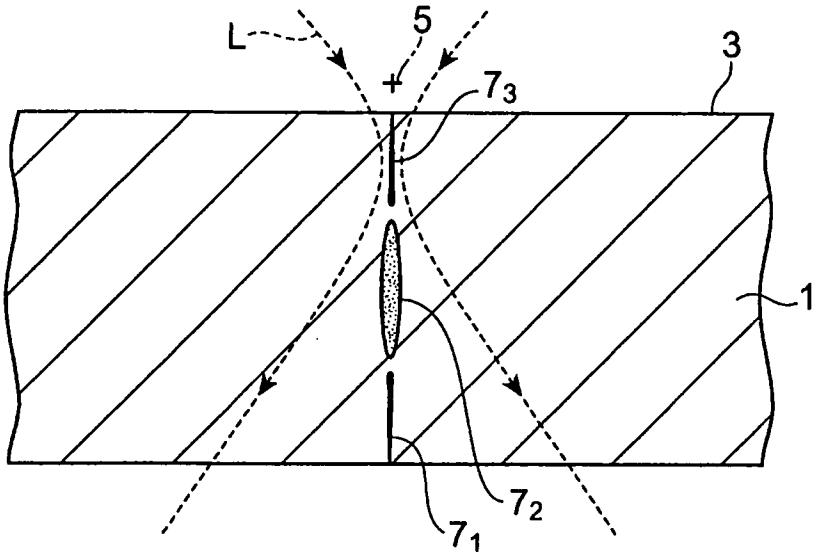


圖 24

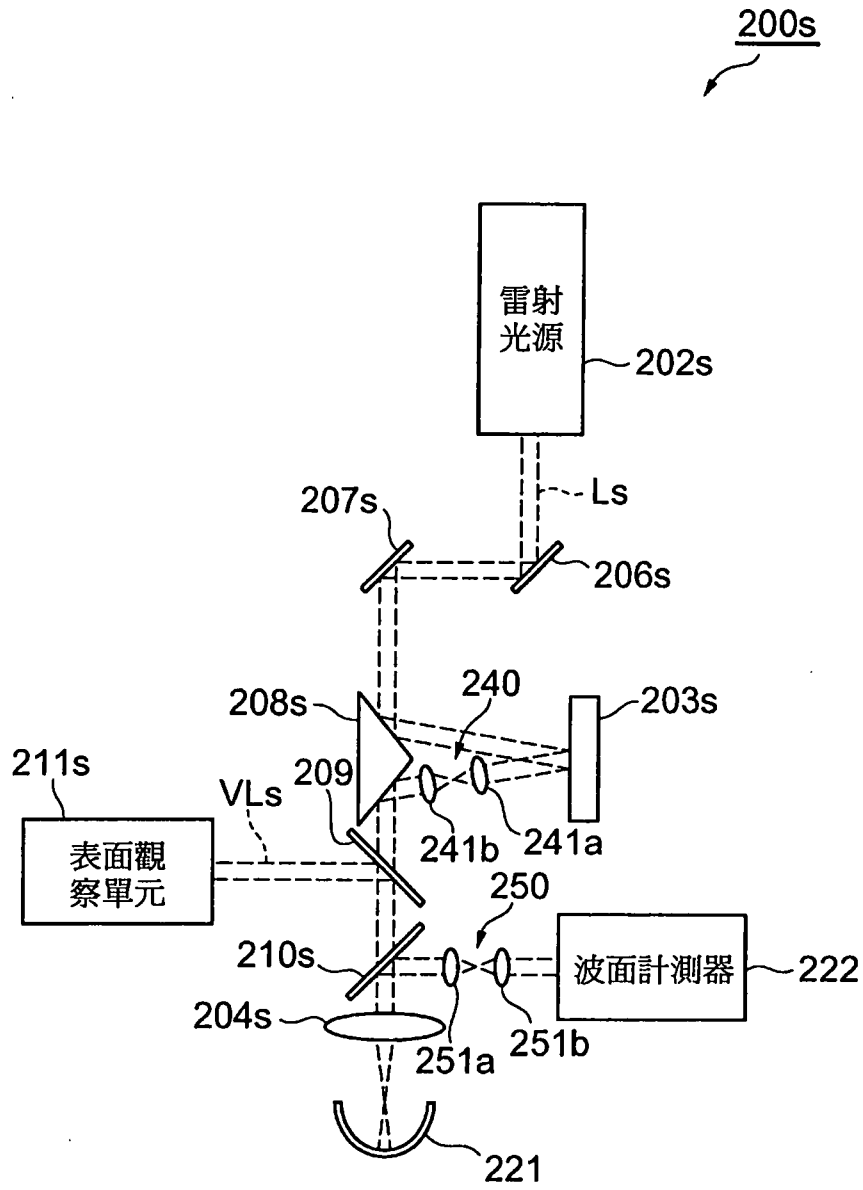


圖 25

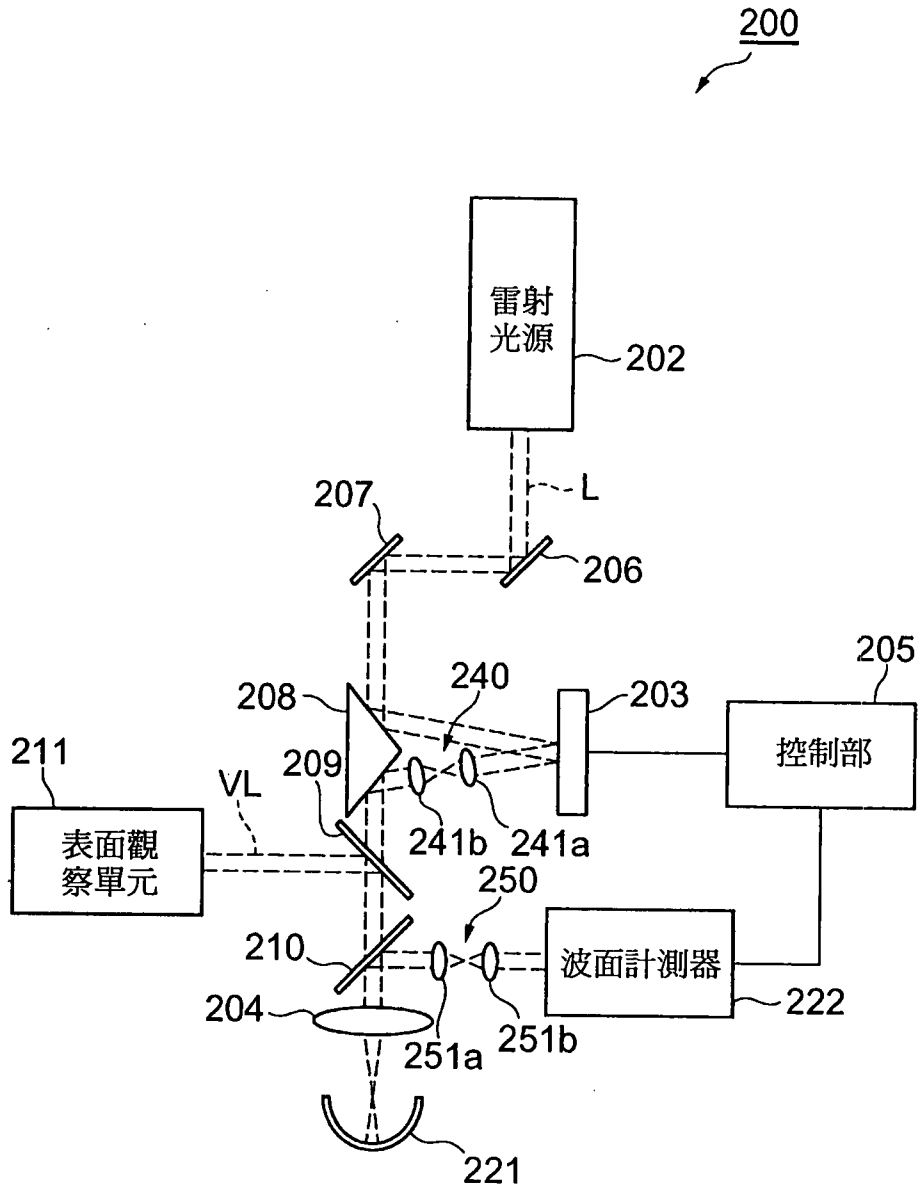


圖 26

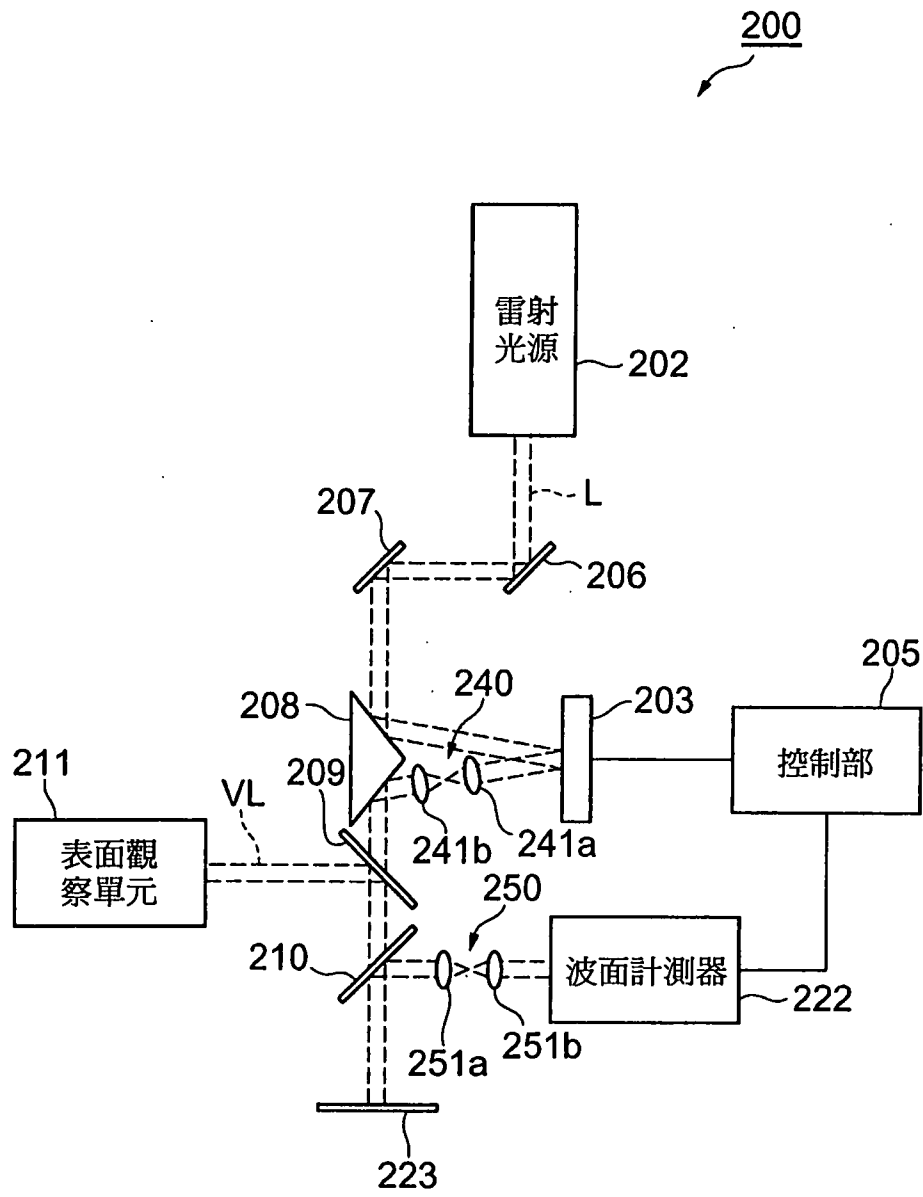


圖 27

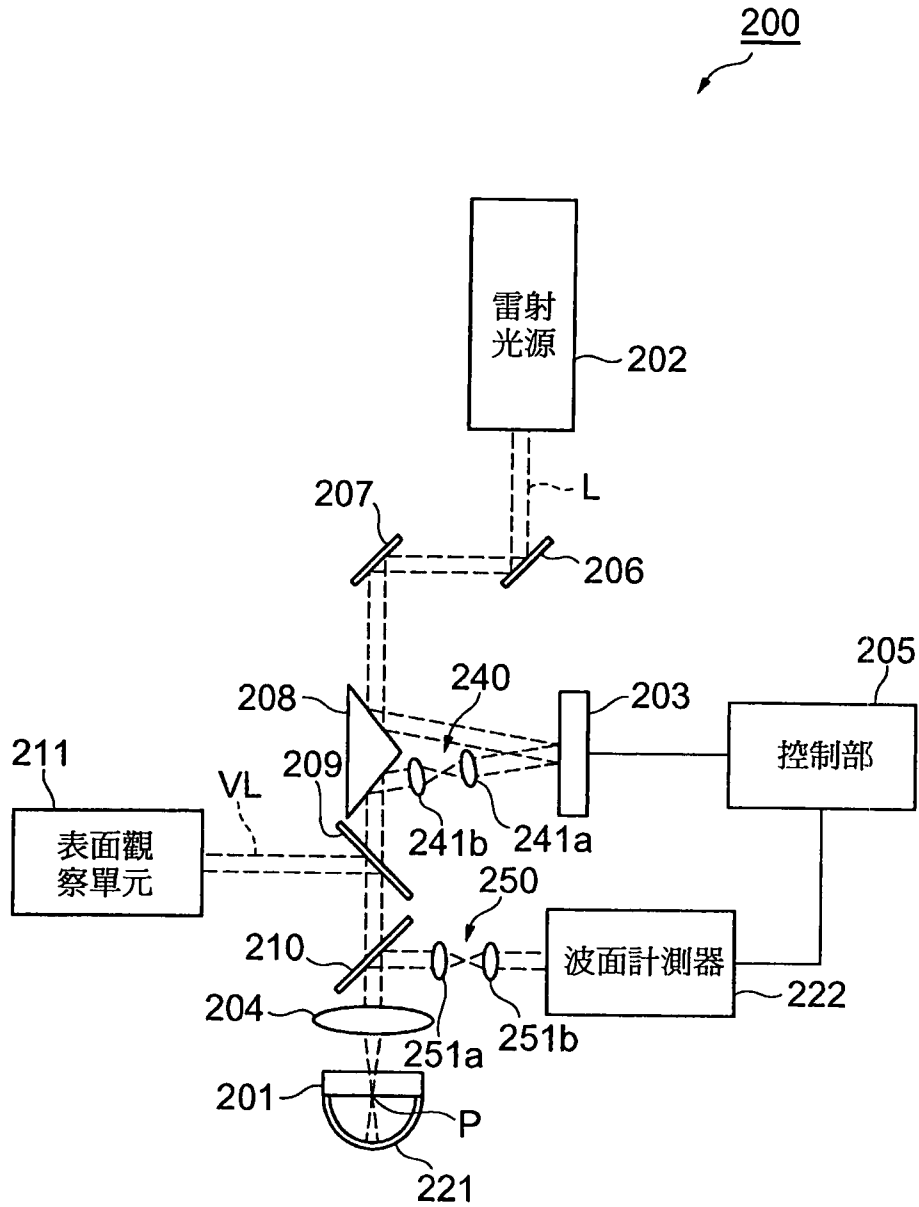


圖 29

