



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I705749 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：108147616

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 25 日

(51)Int. Cl. : **H05K3/46 (2006.01)****H05K3/02 (2006.01)**

(30)優先權：2019/01/01 日本

2019-008844

(71)申請人：達航科技股份有限公司(中華民國) OFUNA TECHNOLOGY CO.,LTD. (TW)

臺北市內湖區基湖路 35 巷 49 號 6 樓之 1

(72)發明人：荒井邦男 (JP)；金谷保彥 (JP)

(74)代理人：高玉駿；楊祺雄

(56)參考文獻：

TW 312082

TW 201640965A

WO 2014/068274A1

WO 2018/110392A1

審查人員：林益平

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：12 共 52 頁

(54)名稱

印刷電路板的雷射加工方法及其雷射加工機

(57)摘要

一種印刷電路板的雷射加工機，包含一雷射輸出裝置、一包括複數光圈的第一平板、一檢流裝置、一 fθ 透鏡、第一平板定位裝置、m 個第二平板，及 m 個第二平板定位裝置，每一第二平板包括 n 個光圈。於加工至少一銅層時，將該第一平板的被指定的光圈的軸線與雷射的軸線做同軸定位，並將 m 個第二平板定位於退出位置，加工至少一絕緣層時，將被指定的該第二平板定位於加工位置，以使被指定的 n×m 個中的一個光圈之軸線與雷射的軸線同軸定位，被指定的該光圈的徑比加工該至少一銅層而使用的光圈的徑小。藉此，可效率良好地加工出品質優良的孔洞。

指定代表圖：

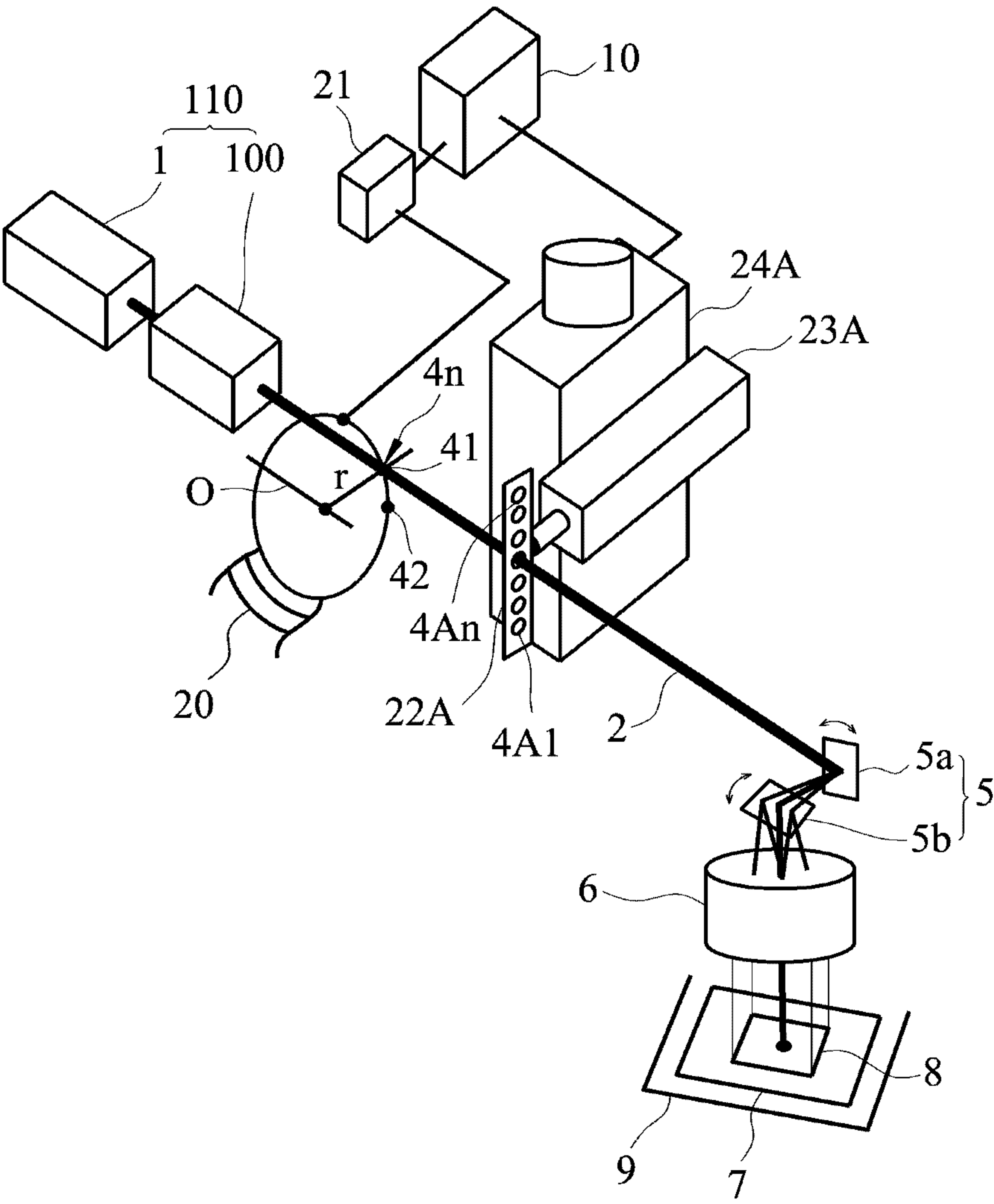


圖1

- 符號簡單說明：
- 1:雷射振盪器
 - 10:控制裝置
 - 100:光束徑調整裝置
 - 110:雷射輸出裝置
 - 2:雷射
 - 20:大平板
 - 21:大平板定位裝置
 - 22A:平板
 - 4A1~4An:光圈
 - 41、42~4n:光圈
 - 5:檢流裝置
 - 5a、5b:檢流計鏡
 - 6:f θ 透鏡
 - 7:印刷電路板
 - 8:掃描區域
 - 9:X-Y 台
 - 23A:第一直動裝置
 - 24A:第二直動裝置
 - r:半徑
 - O:旋轉軸線



I705749

【發明摘要】

【中文發明名稱】 印刷電路板的雷射加工方法及其雷射加工機

【中文】

一種印刷電路板的雷射加工機，包含一雷射輸出裝置、一包括複數光圈的第一平板、一檢流裝置、一fθ透鏡、第一平板定位裝置、m個第二平板，及m個第二平板定位裝置，每一第二平板包括n個光圈。於加工至少一銅層時，將該第一平板的被指定的光圈的軸線與雷射的軸線做同軸定位，並將m個第二平板定位於退出位置，加工至少一絕緣層時，將被指定的該第二平板定位於加工位置，以使被指定的n×m個中的一個光圈之軸線與雷射的軸線同軸定位，被指定的該光圈的徑比加工該至少一銅層而使用的光圈的徑小。藉此，可效率良好地加工出品質優良的孔洞。

【指定代表圖】：圖（1）。

【代表圖之符號簡單說明】

1.....雷射振盪器	4A1~4An..... 光圈
10.....控制裝置	41、42~4n ... 光圈
100.....光束徑調整裝置	5..... 檢流裝置
110.....雷射輸出裝置	5a、5b..... 檢流計鏡
2.....雷射	6..... fθ 透鏡
20.....大平板	7..... 印刷電路板
21.....大平板定位裝置	8..... 掃描區域
22A.....平板	9..... X-Y 台

23A第一直動裝置
24A第二直動裝置

r..... 半徑
O..... 旋轉軸線

【發明說明書】

【中文發明名稱】 印刷電路板的雷射加工方法及其雷射加工機

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種電路板的加工方法及其加工機，特別是指一種印刷電路板的雷射加工方法及其雷射加工機。其中，於組合式印刷電路板之所期望的位置形成盲孔（未穿孔，以下，僅稱為孔洞）或貫通孔，該盲孔為連接表面銅層與下層銅層；該貫通孔為從雙面基板的表面與背面各別加工以連接表面銅層與背面銅層。

【先前技術】

【0002】組合式印刷電路板由為導體的銅層、及由含有玻璃纖維或填充物的樹脂所形成的絕緣層(以下，僅稱為「絕緣層」)所構成。作為銅層，不僅有使用以提升雷射的吸收為目的而經過表面處理(稱為黑化處理或棕化處理等)的厚度 $5\sim12\mu\text{m}$ 的銅層，也有使用未表面處理的光澤面的厚度 $1.5\sim2\mu\text{m}$ 的銅層。又，絕緣層的厚度為 $20\sim200\mu\text{m}$ 。又，藉由二氧化碳雷射進行孔洞加工時，各別加工出作為層間連接用的 $40\sim120\mu\text{m}$ 之孔洞，以及，於形成電路圖樣時作為基準孔洞使用的 $120\sim250\mu\text{m}$ 之孔洞，該層間接續用的 $40\sim120\mu\text{m}$ 之孔洞為將表面銅層與下層銅層進行鍍覆以連續。然

後，作為雷射加工，被要求能夠使後續步驟的鍍覆步驟容易進行的加工結果。

【0003】首先，說明關於習知雷射加工機的結構。

【0004】參閱圖9~圖12，圖9為習知雷射加工機的結構圖。

【0005】一雷射振盪器1輸出脈衝狀的一雷射2。配置於該雷射振盪器1與一平板3之間的一光束徑調整裝置100為用於調整該雷射2的能量密度的裝置，且藉由改變從該雷射振盪器1輸出的該雷射2之外徑以調整該雷射2的能量密度。即，該光束徑調整裝置100前後的該雷射2的能量不產生變化。因此，因從該光束徑調整裝置100射出的雷射2可看做是從該雷射振盪器1輸出的雷射2，所以以下，該光束徑調整裝置100與該雷射振盪器1共同稱為一雷射輸出裝置110。另外，也有不使用該光束徑調整裝置100的情況。

【0006】配置於該雷射振盪器1與一檢流計鏡5a之間的一平板3，由不讓該雷射2透過的材質(例如:銅)所形成，且可選擇地於指定的位置形成有複數光圈4(窗，此情況下為圓形的貫通孔)。該平板3藉由圖未示的驅動裝置驅動，並將被選定的光圈4的軸線與該雷射2的軸線做同軸定位。一檢流裝置5由一對檢流計鏡5a、5b所構成，如圖中箭頭所示於旋轉軸的周圍旋轉自如，且可將反射面定位於任意角度。又，該檢流計鏡5a、5b定位所需的時間平均大約為0.4ms(2.5kHz)。一f θ 透鏡(聚光鏡)6，設置於圖未示的加工頭。

該檢流計鏡5a、5b與該f θ 透鏡6構成一光軸定位裝置，該光軸定位裝置將該雷射2的光軸定位於一印刷電路板7中所期望的位置，且由該檢流計鏡5a、5b的旋轉角度與該f θ 透鏡6的直徑定義而出的一掃描區域(即，加工區域)8約為50mm×50mm的大小。作為加工件且由至少一銅層7c與至少一絕緣層7z所構成的該印刷電路板7，是被固定於一X-Y台9。一控制裝置10依照所輸入的控制程式控制該雷射振盪器1、該光束徑調整裝置100、該平板3的驅動裝置、該檢流計鏡5a、5b以及該X-Y台9。

【0007】接著，說明習知雷射加工機的加工步驟。

【0008】圖10為顯示習知雷射加工機的加工步驟之流程圖。

【0009】該控制裝置10讀取加工程式使該X-Y台9移動，以將最一開始的該掃描區域8面向該f θ 透鏡6(步驟S10)。然後，在該掃描區域8內選擇對應於最初加工的孔徑的該光圈4，並將已選擇的光圈4的軸線與該雷射2的軸線做同軸定位，並且依照需求藉由該光束徑調整裝置100改變該雷射2的能量密度(步驟S20)。然後，首先於該掃描區域8內被指定的位置之全部的銅層7c挖洞(以下稱為窗)(步驟S50、步驟S60)。即，藉由該光圈4將從該雷射輸出裝置110輸出的雷射2的外徑進行整形，並利用由該檢流計鏡5a、5b與該f θ 透鏡6所構成的該光軸定位裝置將已聚光的該雷射2的軸線進行定位以使入射於該印刷電路板7。藉由已入射的該雷射2使對應的該銅層

7c 蒸發以形成窗。在此情況，為防止對應於窗的該絕緣層 7z，即，因形成窗而露出於表面的該絕緣層 7z (以下稱為「窗部絕緣層 7z」) 的劣化，利用該雷射 2 的一次照射 (即，一次脈衝照射) 來形成窗。又，因窗形成後的該窗部絕緣層 7z 的溫度變高，若接續該銅層 7c 的加工繼續加工該絕緣層 7z，則如後述於窗外緣的該銅層 7c 下部的該絕緣層 7z 會產生凹陷 (該窗部絕緣層 7z 的外緣擴張至窗外緣的該銅層 7c 下部，窗外緣的該銅層 7c 相對於該絕緣層 7z 變成突出狀態。以下，僅稱呼為凹陷)，或孔洞的內部變成啤酒桶狀的可能性會變高。因此，該掃描區域 8 內殘餘孔洞的銅層 7c 優先進行加工。

【0010】窗加工結束後，將於該掃描區域 8 內指定位置的全部絕緣層 7z (即窗部絕緣層 7z) 進行加工以完成孔洞。在此，若對該絕緣層 7z 以過大的能量進行加工，則會產生凹陷，或孔洞的內部變成啤酒桶狀的可能性會變高。因此，將一個孔洞以脈衝寬度 P_w 的複數個脈衝進行加工，並且，藉由重複執行對一個孔洞照射一次脈衝的雷射 2 後，再次加工下個孔洞的方式對絕緣層 7z 進行加工以完成各個孔洞。即，首先紀錄將雷射 2 照射於該絕緣層 7z 的指定次數 N ，並將照射次數 i 做為 $i=1$ (步驟 S80、步驟 S90)。然後，對該掃描區域 8 內的全部窗部絕緣層 7z 進行每次一次脈衝的雷射 2 的照射 (步驟 S100、步驟 S110)。然後，若對該掃描區域 8 內的全部窗部絕緣層 7z 完成雷射 2 的照射，將照射次數 i 做為 $i=i+1$ 後，將指定次數 N 與

照射次數 i 進行比較(步驟S120、步驟S130)， $i \leq N$ 時則進行步驟S100的處理， $i > N$ 時則進行步驟S500的處理。在步驟S500，確認於該掃描區域8內是否有不同徑的未加工孔洞，若有未加工的孔洞則進行步驟S20的作業。又，若沒有未加工的孔洞則確認是否有未加工的掃描區域8(步驟S510)，若有未加工的掃描區域8則進行步驟S10的作業，若沒有未加工的掃描區域8則加工結束。

【0011】在此，關於該雷射2為二氧化碳雷射時，針對其特性進行說明。

【0012】圖11為說明該雷射振盪器1的輸出之圖示，上段為藉由該雷射振盪器1的控制訊號啟動的高周波脈衝RF輸出。又，下段為該雷射2的一次脈衝的輸出波形，且縱軸表示輸出位準，橫軸表示時間。啟動該雷射振盪器1後(時間T0)，則對該雷射振盪器1內部的雷射媒介被施加高周波脈衝RF而開始能量充值。然後，能量飽和後則該雷射2振盪(時間T1)。該雷射2在振盪後輸出急速上升後(時間Tj)，暫且下降(時間Td)，以後，能量充值與放出輸出得以平衡而增大輸出。即使停止該雷射振盪器1，也就是停止高周波脈衝RF的施加(時間T2)，能量在衰減的同時仍持續被輸出，並在時間T3變為0。圖11中附加斜線來表示的一次脈衝的脈衝能量Ep雖為從時間T1到時間T3期間的總能量，該時間T1為一次脈衝的起始期間；該時間T3為輸出位準變為0的時間，但實用上將脈衝寬度Pw控制為

時間T1~時間T2的期間。也就是，例如，當脈衝寬度Pw為 $2\mu\text{s}$ 時，時間T2為從時間T0經過 $5\mu\text{s}$ 的時間。在此，從時間T0到時間T1的期間，是因脈衝頻率(脈衝周期)而改變，大約 $3\mu\text{s}\pm 0.3\mu\text{s}$ 。又，該雷射振盪器1的雷射振盪頻率最大約為 5kHz (脈衝周期 $200\mu\text{s}$)。

【0013】接著，說明選定該光圈4徑的步驟。因該雷射2是藉由該f θ 透鏡6縮小投影光圈徑(聚光)，該雷射2的輸出分佈變為釣鐘狀的曲線，該釣鐘狀的曲線類似於將該雷射2的軸線作為對稱軸的高斯分佈曲線。然後，如上述藉由該雷射2的照射使該銅層7c蒸發以形成窗。因此，作為該光圈4的徑，被選定為所期望的孔徑，即窗部成為銅的蒸發臨界值大小的徑。因此，加工孔徑不同時，則選定不同徑的該光圈4。如此，若依照欲加工的孔徑設定該雷射2的徑，則變成不需要將構成該光軸定位裝置的該f θ 透鏡6的高度沿上下方向移動，不僅可提升加工精度也可提升作業性。專利文獻1如日本專利特開JP2000-084692號公報提出幾個裝置作為該光圈4的交換裝置。

【0014】圖12為已進行雷射加工的孔洞形狀之截面圖。

【0015】加工部的玻璃纖維31密度小，且大部分反射於下層的該銅層7c的最終脈衝的該雷射2照射孔洞內部或形成的孔洞很深時，產生於孔洞內的分離飛散物會挖開孔洞側面的樹脂，孔洞深度方向的中間部的直徑較上下的直徑較擴張，且如同圖12(a)所示孔洞側

面變為啤酒桶狀的孔洞。孔洞變成啤酒桶狀時，如同圖12(b)所示後步驟的鍍覆時，鍍層32容易於孔洞內生成氣孔33(鍍覆加工時堵住孔洞入口，且鍍液變成被封在孔洞內的狀態)，為造成印裝電路板不良的主因。

【0016】又，如同圖12(c)所示形成貫通孔(through hole)(接續雙面基板的表面銅層與背面銅層的貫通孔)時，若有正反的孔洞形狀非為均等的對稱形狀的情形或若孔洞中間部的徑有不一致(約 $\pm 10\mu\text{m}$)，容易造成鍍層32完成面之一面凹陷而另一面則突起。因此，有必要增加鍍覆厚度並進行專用的研磨步驟來將表面完成為平坦。

【0017】又，如同圖12(d)所示，不只該窗部絕緣層7z，窗部外緣的該銅層7c下部的該絕緣物7z也因為熱而被挖開，形成凹陷11的情況較多。若凹陷11的直徑Dk較窗的直徑D大 $15\mu\text{m}$ 以上時，則相對形成於絕緣物7z的孔洞，該銅層7c的突出變為 $7.5\mu\text{m}$ 以上，造成後續步驟的鍍覆時於孔洞內容易生成氣孔。又，凹陷11的直徑Dk較窗的直徑大 $15\mu\text{m}$ 以上時，有可能於該銅層7c與該絕緣層7z之間會發生剝離(該銅層7c與該絕緣層7z之間有空氣層的狀態)、及在該絕緣層7z的厚度方向產生微小裂隙(以下，僅稱為裂隙)。若相鄰的孔洞的一邊或是兩邊發生如此的裂隙，則在後續步驟鍍覆時因為剝離部或裂隙也會被鍍覆而與鄰接的其他的銅層7c之間會發生短

路。所以，也有必要防止如此的裂縫發生。因此，雖然會增加指定次數N，但很多時候會降低一次的脈衝能量，以優化加工孔洞內面的品質。

【0018】發明欲解決之課題：

【0019】為對應封裝於該印刷電路板7的高密度半導體，於該印刷電路板7的雷射加工，被要求加工出能確實執行鍍覆的形狀的孔洞。即，被要求：

【0020】(1)使窗以及形成於該絕緣層7的孔洞的徑的不一致小於 $\pm 5\mu\text{m}$ 。

【0021】(2)形成於該絕緣層7z的孔洞為圓錐台，該圓錐台底面的徑為上面的徑的80%以上。

【0022】(3)使玻璃纖維31不突出於孔洞內面，以求孔洞內面平滑化。

【0023】並且：

【0024】(4)使該窗部絕緣層7z外緣的凹陷(該銅層7c的突起)為 $7.5\mu\text{m}$ (於徑，窗徑 $D+15\mu\text{m}$)以下。

【0025】(5)窗周邊的該銅層7c與該絕緣層7z之間沒有剝離與裂隙。

【0026】(6)使孔徑變得更小。

【0027】(7)使與鄰接孔洞的距離為孔徑的大約2倍(現在是孔徑

的3~4倍)。

【0028】(8)洞底沒有損傷。

【0029】(9)形成貫通孔時，使孔洞中間部的徑的不一致變小。

【0030】如上述，一次用過大的能量加工該絕緣層7z，則會產生凹陷且孔洞內部會變成啤酒桶狀。因此，藉由縮小脈衝寬度Pw，也就是分次照射脈衝能量降低的該雷射2的方式做加工，來一定程度地解決上述(1)~(3)的問題。但是，將脈衝寬度Pw設定為例如1.5μm時，由於時間T1會有大約±0.3μm的不一致，則有能量不足且洞底的徑變小的情況。但如果為避免如此狀態而擴大脈衝寬度Pw，會產生凹陷且孔洞內部變成啤酒桶狀的可能性會變高。又，若不改變脈衝寬度Pw而增加照射數，由於該檢流計鏡5a、5b定位所需時間如上述為大約0.4ms(頻率2.5kHz)，所以每增加一次照射數，一個孔洞的加工時間就增加0.4ms。因此，被要求更提升孔洞品質以及縮短加工時間。又，也要求改善上述的(4)~(9)。

【發明內容】

【0031】因此，本發明的目的，即在提供一種印刷電路板的雷射加工方法及其雷射加工機，可提高印刷電路板的封裝密度且可效率良好地加工出品質優良的孔洞。

【0032】為解決上述課題，請求項1之發明為一種印刷電路板的雷

射加工方法，藉由複數種光圈將從一雷射輸出裝置輸出的一雷射之外形進行整形，並藉由一檢流裝置與一 $f\theta$ 透鏡定位該雷射，且於由至少一銅層與至少一絕緣層所構成的一印刷電路板之所期望的位置形成至少一孔洞，其特徵在於，該雷射加工方法包含下列步驟：

【0033】藉由利用第一種光圈進行整形的該雷射於該至少一銅層形成至少一貫通孔。然後，藉由利用徑較前述第一種光圈小的第二種光圈進行整形的該雷射於對應該至少一貫通孔的位置加工該至少一絕緣層，藉以於該印刷電路板形成該至少一孔洞。

【0034】又，請求項2之發明為一種印刷電路板的雷射加工方法，藉由複數種光圈將從一雷射輸出裝置輸出的一雷射之外形進行整形，並藉由一檢流裝置與一 $f\theta$ 透鏡定位該雷射，且於由至少一銅層與至少一絕緣層所構成的一印刷電路板之所期望的位置形成至少一孔洞，其特徵在於：

【0035】藉由利用第一種光圈進行整形的該雷射於該至少一銅層形成至少一貫通孔。然後，藉由利用第二種光圈來將有助於該至少一絕緣層加工的該雷射的徑進行整形來加工該至少一絕緣層，藉以於該印刷電路板形成該至少一孔洞，第二種光圈為使該雷射的徑小於利用第一種光圈加工的該至少一貫通孔的徑。

【0036】又，請求項3之發明為如請求項1或請求項2中任一項之印刷電路板的雷射加工方法，其中，將利用第二種光圈加工的該至

少一絕緣層的洞底，藉由利用第一種光圈整形的該雷射進行加工。

【0037】又，請求項4之發明為如請求項1或請求項2中任一項之印刷電路板的雷射加工方法，其中，將利用第二種光圈加工的該至少一絕緣層的洞底，藉由利用徑較第二種光圈的孔徑小的第三種光圈整形的該雷射進行加工。

【0038】又，請求項5之發明為如請求項1或請求項2中任一項之印刷電路板的雷射加工方法，其中，藉由徑較第二種光圈的孔徑小的第三種光圈，來將該至少一貫通孔的內面進行精加工。

【0039】又，請求項6之發明為一種印刷電路板的雷射加工機，包含一雷射輸出裝置、一包括複數光圈的第一平板、一檢流裝置，及一f θ 透鏡，藉由該等光圈將從該雷射輸出裝置輸出的一雷射之外徑進行整形，並藉由該檢流裝置與該f θ 透鏡將已整形的該雷射進行定位，以於由至少一銅層與至少一絕緣層所構成的一印刷電路板之所期望的位置形成至少一孔洞，其特徵在於：

【0040】該第一平板的該等光圈皆為不同徑。

【0041】該雷射加工機還包含一第一平板定位裝置、m個第二平板及m個第二平板定位裝置。

【0042】該第一平板定位裝置用以將設置於該第一平板上被指定的該光圈之軸線調整為與該雷射的軸線同軸定位。

【0043】每一第二平板包括n個光圈，該n個光圈各別的軸線可受

調整而與該雷射的軸線平行， m 、 n 為正整數。

【0044】每一第二平板定位裝置用以將對應的該第二平板上被指定的該光圈之軸線調整為與該雷射的軸線同軸定位，並用以將對應的該第二平板定位於一動作位置或一退出位置，該動作位置為使對應的該第二平板上被指定的該光圈之軸線調整為與該雷射的軸線同軸定位，該退出位置為使對應的該第二平板不與該雷射發生干涉的位置。

【0045】將該第一平板配置於該雷射的軸線方向上在該雷射輸出裝置與該檢流裝置之間接近該雷射輸出裝置的位置，並將該 m 個第二平板配置於該雷射的軸線方向上該第一平板與該檢流裝置之間。

【0046】加工該至少一銅層時，將該第一平板的被指定的光圈的軸線與該雷射的軸線做同軸定位，並且將其他 m 個第二平板全部定位於該退出位置。

【0047】加工該至少一絕緣層時，將被指定的該第二平板定位於該加工位置，以使被指定的 $n \times m$ 個中的其中一個光圈之軸線與該雷射的軸線同軸定位，被指定的該其中一個光圈的徑比加工該至少一銅層而使用的該第一平板的光圈的徑小。

【0048】本發明之功效在於：雖使加工絕緣層的雷射的徑小於加工銅層的雷射的徑，因可使挖一個孔洞時的絕緣層的量較習知多，所以可減少挖一個孔洞時的雷射照射次數。又，如後述因即使為同

一能量等級也可以擴大脈衝寬度，所以不僅可得到穩定的加工結果，也可減少挖一個孔洞時的雷射照射次數。這個結果，可使窗以及形成於絕緣層的孔洞的徑的不一致小於 $\pm 5\%$ ；可使形成於絕緣層的孔洞底面的徑為表面孔徑的80%以上；且可使玻璃纖維不突出於孔洞內面並使孔洞內面平滑化，也因此可縮短加工時間，且因印刷电路板的熱變形變小所以加工精度提升。

【0049】又，因可使絕緣層的凹陷小於 $7.5\mu\text{m}$ ；可減少窗周邊的銅層與絕緣層之間的剝離與絕緣層的裂隙；可使孔徑更小；且可使與鄰接的孔洞的距離為大約孔徑的2倍，所以可提高印刷电路板的封裝密度。

【0050】又，因可縮小形成貫通孔時的孔洞中間部的徑的不一致以及偏移，所以可提升印刷电路板的品質。

【0051】又，因藉由增設對有底孔洞的底面進行精加工的步驟，以使孔徑變為均等，所以可使孔徑更小。

【0052】又，即使加工的孔徑很小時，藉由使加工於絕緣層的孔洞的徑與窗徑一致，以可加工出品質優良的孔洞。

【圖式簡單說明】

【0053】本發明的其他的特徵及功效，將於參照圖式的實施方式中清楚地呈現，其中：

圖 1 是本發明印刷電路板的雷射加工機的第一實施例的整體圖；

圖 2 是本發明印刷電路板的雷射加工方法的加工步驟的流程圖；

圖 3 是使用脈衝能量說明加工經過之示意圖；

圖 4 是顯示脈衝能量的空間分佈之示意圖；

圖 5 是經雷射加工的孔洞形狀的截面圖；

圖 6 是本發明印刷電路板的雷射加工機的第二實施例的整體圖；

圖 7 是本發明印刷電路板的雷射加工方法運用於該雷射加工機的第二實施例的流程圖；

圖 8 是本發明印刷電路板的雷射加工方法於處理洞底時的第二種洞底處理步驟；

圖 9 是習知雷射加工機的結構圖；

圖 10 是習知雷射加工機的加工步驟的流程圖；

圖 11 是說明雷射振盪器輸出的圖；及

圖 12 是經過習知雷射加工的孔洞形狀之截面圖。

【實施方式】

【0054】在本發明被詳細描述前，應當注意在以下的說明內容

中，類似的元件是以相同的編號來表示。

【0055】參閱圖1~圖5，圖1為本發明印刷電路板的雷射加工機之一第一實施例的整體圖，與習知相同的物件或相同功能物件附上相同的符號並省略詳細的說明。

【0056】該第一實施例包含一雷射輸出裝置110、一具備複數光圈41、42~4n的第一平板20(以下稱為大平板20)、一檢流裝置5，及一f θ 透鏡6，藉由該等光圈41、42~4n將從該雷射輸出裝置110輸出的一雷射2之外徑進行整形，並藉由該檢流裝置5與該f θ 透鏡6將已整形的該雷射2進行定位。

【0057】於該雷射輸出裝置110與一檢流計鏡5a之間，配置有圓盤狀的該大平板20，該圓盤狀的大平板20由反射率高的銅製成。於從該大平板20的一旋轉軸線O往半徑r的圓周上，可加工直徑40~250 μ m的孔洞，以配置有不同徑的n個光圈41、42~4n。光圈41、42~4n於圓周方向等間隔配置。該等光圈41、42~4n的各軸線與該大平板20的旋轉軸線O為平行。該大平板20的旋轉軸線O被定位於與該雷射2的軸線平行且距離r的位置。該大平板20藉由一大平板定位裝置21(即第一平板定位裝置)被保持為可旋轉且旋轉方向定位自如。該大平板定位裝置21連接於一控制裝置10。該檢流計鏡5a、5b構成該檢流裝置5。

【0058】於該大平板20與該檢流計鏡5a之間配置有一第二平板

22A(以下僅稱平板22A)，該平板22A包括與設置於該大平板20的光圈41~4n同數量的光圈4A1~4An，且配置於與該雷射2的軸線垂直的方向。該等光圈4A1~4An的各孔徑小於對應的該等光圈41~4n的各孔徑。該平板22A被支撐於一沿直線方向移動的第一直動裝置23A。該平板22A被定位於該第一直動裝置23A的一側的移動端中，該等光圈4A1~4An的任一軸線與該雷射2的軸線同軸的位置(動作位置)。又，該第一直動裝置23A的他側的移動端中，該平板22A被定位於與該雷射2不干涉的位置(退出位置)。該第一直動裝置23A被支撐於一移動方向與該第一直動裝置23A的移動方向呈直角的第二直動裝置24A。該第二直動裝置24A將位於該動作位置的該等光圈4A1~4An中的任一個的軸線與該雷射2的軸線同軸定位。此結果，使用於加工的該等光圈4A1~4An內的任一軸線被定位於該加工位置。即，利用該第一直動裝置23A與該第二直動裝置24A構成該等光圈4A1~4An的一定位裝置(即，構成第二平板定位裝置)。該第一直動裝置23A與該第二直動裝置24A各別連接於一控制裝置10。在此，該第一直動裝置23A的動作速度遠遠高於該大平板定位裝置21的動作速度。

【0059】接著，說明動作。

【0060】圖2是顯示該第一實施例的雷射加工機的加工步驟的流程圖。

【0061】該控制裝置10讀取加工程式使該X-Y台9移動，以將最一開始的該掃描區域8面向該 $f\theta$ 透鏡6(步驟S10)。又，選擇最一開始的該掃描區域8內對應於最初加工的孔徑的該大平板20的該等光圈(光圈41~4n內的任一個。以下，將被選擇的光圈稱為光圈4s)，並將該光圈的軸線與該雷射2的軸線做同軸定位，並且依照需求藉由一光束徑調整裝置100改變該雷射2的能量密度(步驟S20)。又，將該平板22A定位於該動作位置時，為使該第二直動裝置24A動作以使該等光圈41~4n中用於一絕緣物加工時使用的光圈(以下，將被選擇的光圈稱為光圈4As)的軸線與該雷射2的軸線一致，接著，將該平板22A定位於該退出位置(步驟S30)。然後，於在該掃描區域8內被指定的位置的全部銅層7c加工出窗(步驟S50、步驟S60)。即，藉由該光圈4s將從該雷射輸出裝置110輸出的該雷射2的外徑進行整形，並利用由該檢流計鏡5a、5b與該 $f\theta$ 透鏡6所構成的該光軸定位裝置定位雷射2的軸線以使入射於該印刷電路板7。在此，與習知技術相同，利用該雷射2的一次照射(即，一次脈衝照射)形成窗，並加工該掃描區域8內的殘餘孔洞的至少一銅層7c。該銅層7c加工結束後，將該平板22A定位於該動作位置，也就是，使該絕緣物加工時使用的該光圈4As的軸線與該雷射2的軸線一致(步驟S70)，並加工該掃描區域8內的一窗部絕緣層7z以完成孔洞。即，紀錄將該雷射2照射於該絕緣層7z的指定次數N，並將照射次數i做為 $i=1$ (步

驟S80、步驟S90)。然後，對該掃描區域8內的全部窗部絕緣層7z進行每次一次脈衝的該雷射2的照射(步驟S100、步驟S110)。然後，對該掃描區域8內的全部窗部絕緣層7z進行該雷射2的照射後，將照射次數i做為 $i=i+1$ 後，將指定次數N與照射次數i進行比較(步驟S120、步驟S130)， $i \leq N$ 時則進行步驟S100的處理， $i > N$ 時則進行步驟S500的處理。在步驟S500，確認於該掃描區域8內是否有不同徑的未加工孔洞，有未加工的孔洞時則進行步驟S20的作業。又，沒有未加工的孔洞時則確認是否有未加工的該掃描區域8(步驟S510)，有未加工的該掃描區域8時則進行步驟S10的作業，沒有未加工的該掃描區域8時則加工結束。

【0062】接著，具體說明適用本案的加工以加工出孔徑與在習知技術所說明的同徑的窗的情況。

【0063】在本案，窗的徑為D時，將在該絕緣物所挖的孔洞的徑設定為比D小，例如：設定為 $0.7D$ 來進行加工。如此一來，因所除去的該絕緣物的量為習知的49%也就是大約 $1/2$ ，所以例如習知利用6次脈衝加工的情況，在本案可用同能量的3次脈衝進行加工。此時，因利用與習知6次脈衝的情況相同能量加工，所以不會造成加工出來的孔洞內面的品質下降。

【0064】又，加工該絕緣層7z時，因所加工的孔徑較窗的徑小，故幾乎不會導致下陷11的徑擴大也不會產生凹陷。

【0065】以上，雖說明關於將加工於該絕緣層的孔徑小於窗的孔徑時的情況，但有所加工的孔洞為例如孔徑 $80\mu\text{m}$ 以下的小孔洞時，若將加工於該絕緣層的孔徑較窗的徑小，則會有難以加工的情況。

【0066】本發明者意識到若將於該絕緣層7z加工的孔徑一致於窗徑，也就是加工於該絕緣層7z的孔徑與窗徑相同就可解決如此情況。又，本發明者認為藉由尋找出可適當地制定出以往是被反覆試驗而定的該絕緣層7z的加工條件的方法，就可加工出品質優良的孔洞，並可在短時間設定加工條件。因此，改變各種條件以進行加工實驗，來研討是利用何種參數就可整理實驗得到的數據。

【0067】其結果，發現若根據使該絕緣物蒸發的能階k(以下，僅稱為能階k)、使構成絕緣層的玻璃纖維蒸發的能階g(以下，僅稱為能階g)、及使銅蒸發的能階j(以下，僅稱為能階j)來整理加工數據，即可順利地說明加工結果。然後，確認了若使該絕緣層7z的表面與使構成該絕緣層7z的玻璃纖維蒸發的能階g一致，就幾乎不會產生凹陷，也不會發生孔洞內部變成啤酒桶狀的情形。

【0068】又，當然也可使加工於該絕緣層7z的孔徑變得較窗徑小。

【0069】以下，一邊回顧習知技術，一邊說明根據上述發現而創造出來的本案發明之方法。

【0070】圖3是利用脈衝能量 E_p 說明加工的經過之圖式，其中，

圖3(a)與圖3(b)顯示習知技術的情況；圖3(c)顯示本案發明的情況。在此，圖3中的 D_r 為圖1中的該大平板20的光圈也就是該光圈4s的聚光徑， D_{rs} 為圖1中的被選擇的該平板22A的光圈也就是該光圈4As的聚光徑， D 為窗徑。又， K 面為連接該銅層(導體層)7c底面的該絕緣層7z頂面，該絕緣層7z的厚度設定為 h 。又，為使容易理解，絕緣層7z不受由窗形成產生的熱的影響，且表面是平坦的。

【0071】A.習知技術中的典型加工例：

【0072】能量分佈曲線 L_{dr} 為顯示藉由該光圈4s整形外徑的脈衝能量 E_p 的空間分佈之曲線，且高度方向為能量的大小。 E_0 為能階0的位置。

【0073】理想加工例之情況中，脈衝寬度 P_w 是被設定為可使能量分佈曲線 L_{dr} 的能階 g 的直徑在 K 面形成窗徑 D 。

【0074】在此，在能量分佈曲線 L_{dr} 中將從雷射2的軸線 O_L 的半徑 Δr 的位置中的能階 g 而來的能階作為 Δp 。然後，將從軸線 O_L 半徑 $0.4D$ 的半徑 Δr 稱為「半徑 Δr_m 」，又半徑 Δr_m 中的能階 Δp 稱為「能階 Δp_m 」。另外，假設 $\Delta r=D/2$ 中的 Δp 為0。

【0075】藉由第一次脈衝，該絕緣層7z的表層部沿能量分佈曲線 L_{dr} 被加工，半徑 Δr 的絕緣層7z的表層部被加工 Δp 。雖第二次脈衝的能量分佈曲線 L_{dr} 與第一次脈衝相同，但因半徑 Δr 的位置的絕緣層7z的表層部業已藉由第一次脈衝被加工 Δp ，所以利用第二次脈

衝加工的絕緣層7z的表面會再被加工 Δp ，也就是一共被加工 $2\Delta p$ 。以下，同樣地依指定的脈衝數進行加工，隨著加工的進行，所加工的孔洞側面與底面越來越接近垂直。然後，將該雷射2照射至洞底的直徑變為 $0.8D$ 以上為止，也就是藉由第 n 次脈衝的雷射照射而變為 $n \times \Delta p$ 為止。圖示的情況中，因為計算上 $6\Delta p$ 會變成比厚度 h 還大(即，達到下層的銅層7c的表面)，所以到第六次脈衝就結束加工。

【0076】如此一來，因孔洞側面沒有暴露在超過能階 g 的能量，所以不產生凹陷即可加工出品質優良的孔洞，但加工時間會變長。

【0077】B.習知技術為縮短加工時間而失敗的加工例(在此，為了縮短加工時間，相同於在A所說明的將加工件用3次脈衝加工之情況)：

【0078】現在，將該絕緣層7z加工 $h/3$ 的能階作為 p 。因要利用3次脈衝來加工出洞底直徑為 $0.8D$ 以上的孔洞，所以將脈衝寬度決定為能量分佈曲線 Ldr 的能階在半徑 Δr_m 中變為能階 $(g+p)$ 。此時，窗徑 D 外緣的能階會比半徑 Δr_m 中的能階 $(g+p)$ 小能階 Δq (換算加工量後為 δ)。

【0079】因為以上的設定，在半徑 Δr_m 中藉由第一次脈衝的雷射從表面加工到 $h/3$ 深度為止、藉由第二次脈衝加工到 $2/3h$ 深度為止、及藉由第三次脈衝加工到所期望的底面徑。又，在窗徑 D 的外

緣，利用第一次脈衝的雷射從表面加工到 $(h/3-\delta)$ 深度為止、利用第二次脈衝加工到 $(2h/3-2\delta)$ 深度為止、及利用第三次脈衝加工到 $(h-3\delta)$ 為止。然後，從K面到 $(h-3\delta)$ 為止的孔洞側面垂直於底面。然而，特別因為第一次脈衝的雷射，孔洞側面暴露於遠比能階 g 大的能量的結果，該絕緣層 $7z$ 會變成過熱狀態而蒸發，導致在窗的外緣產生凹陷。又，在第二次脈衝因洞底變深，變過熱狀態的該絕緣層的蒸發物變得難以從孔洞逃離，所以使凹陷擴大，然後，因第三次脈衝的雷射，不僅使凹陷變得更大，也導致孔洞中間部變成啤酒桶狀。

【0080】如此，即使單純增加加工能量也無法加工出品質優良的孔洞。

【0081】C.本案之加工例：

【0082】能量分佈曲線 $Ldrs$ 為顯示藉由該光圈 $4As$ 將外徑進行整形之脈衝能量 Ep 的空間分佈曲線，且高度方向為能量大小。本案中，脈衝寬度是被設定為使能量分佈曲線 $Ldrs$ 在K面窗徑 D 的能階為能階 g ，且在半徑 Δrm 中的能階為能階 $(g+p)$ 。

【0083】在半徑 Δrm 中藉由第一次脈衝的雷射從表面加工到 $h/3$ 深度為止、利用第二次脈衝加工到 $2/3h$ 深度為止、及利用第三次脈衝加工到所期望的底面徑。又，孔洞的側面雖越來越接近垂直，但因孔洞側面不會暴露在超過能階 g 的能量，所以不會產生凹陷，可

加工出品質優良的孔洞，而且，與習知相比可縮短加工時間(比習知6次脈衝的情況減少50%)。又，雖將半徑 Δr_m 中的能階設定為能階 $(g+p)$ ，若設定為能階 $(g+p)$ 以上，則孔洞側面可更接近垂直面。

【0084】又，在此雖將加工於該絕緣層7z的孔徑作為窗徑D，當然可使加工於該絕緣層7z的孔徑為較窗徑D小。

【0085】又，雖在上述A、B、C各例中假設該絕緣層7z未受窗形成產生的熱的影響，但因實際上在表面產生下陷，所以照射脈衝數會稍微減少的情況也多。

【0086】接著，說明關於加工時的窗附近的熱影響。

【0087】圖4為顯示脈衝能量 E_p 的空間分佈的圖示，而橫軸為徑、縱軸為能量的大小。在圖示中， E_0 為能量0的能階，用 E_z 顯示的能階為該絕緣物蒸發的能階k，用 E_g 顯示的能階為構成絕緣層的玻璃纖維蒸發的能階g，用A-A顯示的能階為銅蒸發的能階j。又，一點鏈線顯示的能量分佈曲線LD及實線顯示的能量分佈曲線Ld分別是光圈4s的聚光徑為Dr的情況及光圈4As的聚光徑為Drs的情況。在此，能量分佈曲線LD，其銅蒸發的能階j中的徑為D(即，窗徑)，能量分佈曲線Ld，其絕緣層的玻璃纖維蒸發的能階g中的徑為D。

【0088】在此，將能量分佈曲線LD在能階 E_z 交叉的點作為點C、C；將能量分佈曲線Ld在能階 E_z 交叉的點作為點Q、Q。又，在能

階 E_z 中將對應於直徑 D 的位置作為 $B-B$ 。於是，在能量分佈曲線 L_d 的情況下，從該絕緣物來看截面為大致三角形 PBQ 所包圍的能量供應給窗的外周。另一方面，如果將該銅層加工時所採用的脈衝寬度 P_w (能量分佈曲線為能量分佈曲線 LD)的脈衝寬度 P_w 縮小，並做成能量分佈曲線於窗的外周成為能階 g 的能量分佈曲線 LD_z 時，則如由圖4明顯可見因一次脈衝的該絕緣物的除去量少，所以有必要增加脈衝數。又，因能量分佈曲線 LD_z 與能階 E_z 以點 $R-R$ 交叉，且以從絕緣物來看的截面比大致三角形 PBQ 還大的大致三角形 PBR 所包圍的能量被供給給窗的外周，所以熱影響變大。又，如上述圖3所說明，所選擇的能階較能階 g 大時，會變得容易產生凹陷，孔洞內部也變得容易形成桶狀。

【0089】又，將能階 k 合於窗徑 D 時，雖可抑制下陷11的發生，但如此加工出來的孔洞內部容易殘留玻璃纖維所以不實用。

【0090】在此，說明關於作為印刷電路板多被使用的「玻璃環氧基板」的能階 k 、能階 g 的具體確認方法。

【0091】玻璃環氧基板是以 $FR4$ 作為基材並於此基材上貼附銅箔(銅層)而做成一體的印刷基板，該 $FR4$ 為於玻璃纖維布滲透環氧樹脂並施以熱硬化處理以成為板狀，但於玻璃環氧基板中的玻璃纖維與環氧樹脂的位置關係並不是於厚度方向一樣。也就是，因玻璃環氧基板的位置而有玻璃纖維靠近表面(環氧樹脂層較薄)之位置、及

玻璃纖維在深處(環氧樹脂層較厚)之位置。因此，藉由蝕刻除去表面的銅層，並於環氧樹脂層較厚的位置照射雷射2並測定孔徑。測定出來的孔徑對應於此時的能階k的直徑。又，於環氧樹脂層較薄的位置照射雷射2並測定孔徑。測定出來的孔徑對應於此時的能階g的直徑。此時，測定玻璃纖維在孔洞外緣被加工成圓形的孔徑。又，能階j的直徑當然可由窗徑而得。

【0092】本發明人確認過若印刷電路板為例如具有經過黑化處理的厚度 $7\mu\text{m}$ 的銅層與絕緣層 $60\mu\text{m}$ 的沉積層時，能階g與能階j各別為大約 $g=5k$ 、 $j=11k$ 。另外也確認了即使印刷電路板為具有未經表面處理的厚度 $1.5\mu\text{m}$ 的銅層與絕緣層 $40\mu\text{m}$ 的沉積層時，於能階k、能階g、能階j之間有與上述情況大致相同的關係。

【0093】圖5是雷射加工的孔洞形狀的截面圖，各別顯示：圖5(a)如習知技術利用加工該等銅層7c的光圈4s加工該絕緣層7z的情況；圖5(b)如本案利用能量分佈曲線的該絕緣層7z入口側中的直徑相同於窗徑的光圈4As加工該絕緣層7z的情況。

【0094】供給於窗的外周的第一次脈衝的能量會阻止該銅層7c正下方的該絕緣物的高溫分解物之朝向該銅層7c的擴散，因此在習知技術的情況中，會有如同圖5(a)所示該銅層7c正下方的下陷11會擴大且會形成連接於下陷11的凹陷。但，在本案技術的情況中，如用圖4說明因大致三角形PBQ面積遠小於大致三角形PBC，所以如同

圖5(b)所示於該銅層7c的下方幾乎不會產生凹陷。又，因幾乎不會產生凹陷，於該銅層7c與該絕緣層7z之間也不會產生剝離與微小的裂隙。因此，即使使加工於該絕緣層7z的孔徑相同於窗徑，也不會使產生於該銅層7c下方的下陷11變大。又，因圖4之P-P截面為玻璃纖維蒸發的能階g，不僅絕緣物，連玻璃纖維也不會殘留於孔洞之中。

【0095】以下，僅供參考，說明實際將以下所述的印刷電路板加工的結果，該印刷電路板為經過表面黑化處理且銅層厚度 $7\mu\text{m}$ ；絕緣層厚度 $60\mu\text{m}$ 的電路板。

【0096】首先，利用徑為 3.4mm 的光圈4s並藉由脈衝寬度 P_w 為 $5\mu\text{s}$ (此時，脈衝能量約為 6mJ)的一次脈衝加工該銅層7c，以形成直徑 $65\mu\text{m}$ 的窗。接著，利用徑為 2.6mm 的光圈4As，該徑為在窗緣能階g的直徑成為 $65\mu\text{m}$ 的徑，並藉由脈衝寬度 P_w 為 $3\mu\text{s}$ (此時，脈衝能量約為 2.5mJ)的3次脈衝加工該絕緣層7z。其結果，確實可加工出即使有玻璃纖維的密度高低變化也不會有下陷，且均形成該銅層下的該絕緣層直徑約 $75\mu\text{m}$ (該銅層7c的突起 $5\mu\text{m}$)，孔洞底徑 $60\mu\text{m}$ 以上的圓錐台形狀的孔洞。

【0097】又，於該絕緣層7z加工時因照射於窗周邊的能量與習知相比減少60%，所以幾乎不會有該銅層7c與該絕緣層7z的剝離、裂隙的發生。又，因由熱引起的加工時的基板變形變小，所以可形成

沒有窗與洞底的芯偏移的孔洞。又，可在該絕緣層7z得到均等的圓錐台形狀的孔洞的結果，確實可達到孔徑的兩倍孔徑間隔。又，於該印刷電路板7形成貫通孔時，因表背面的孔洞形狀變為均等的對稱形狀，且孔洞中間部的徑的不一致也變小，故鍍覆完成的面變為均等。此結果，確實可得到將鍍覆作業步驟簡略化的效果。

【0098】又，習知技術的情況，當利用徑為3.4mm的光圈並藉由脈衝寬度5 μ s的雷射一次脈衝形成窗後，利用脈衝寬度Pw為1.5 μ s的雷射6次脈衝將直徑等同於窗徑的65 μ m的孔洞形成於該絕緣層7z時，於玻璃密度高的部分不會產生下陷11，僅於玻璃纖維密度低且樹脂比率高的部分產生下陷11，但其直徑為80 μ m(銅層7c的突起為7.5 μ m)左右為大致接近於本案的等級。

【0099】另一方面，習知技術的情況，當利用徑為3.4mm的光圈以藉由脈衝寬度5 μ s的雷射一次脈衝形成窗後，利用脈衝寬度Pw為3 μ s的3次脈衝將直徑等同於窗徑的65 μ m的孔洞形成於絕緣層7z時，在玻璃纖維密度高的部分與低的部分兩者會產生下陷11，且玻璃纖維密度低時直徑變為95 μ m(銅層7c的突起為15 μ m)左右，而且形狀的不一致變大。並且發現即使半蝕刻後該銅層7c的突起變為大約10 μ m以上，因此有在鍍覆步驟中空隙的產生會變多的可能性。

【0100】接著，說明實際將以下所述的印刷電路板加工的結果，該印刷電路板為未經表面處理且銅層厚度1.5 μ m；該絕緣層厚

度 $40\mu\text{m}$ 的電路板。

【0101】 利用徑為 3.4mm 的光圈以藉由脈衝寬度 $5\mu\text{s}$ 的雷射一次脈衝形成直徑 $65\mu\text{m}$ 的窗。之後，確認為利用徑為 2.6mm 的光圈藉由脈衝寬度 P_w 為 $3\mu\text{s}$ 的雷射一次脈衝則可加工出即使有玻璃纖維的密度高低也不會有下陷的銅層下的絕緣層直徑約為 $75\mu\text{m}$ (突起 $5\mu\text{m}$)，且孔洞底徑 $60\mu\text{m}$ 以上的均等圓錐台形狀的孔洞。又，發現藉由鍍覆步驟的瞬時蝕刻(蝕刻量為 $1\mu\text{m}$ 以下之蝕刻)可除去該銅層7c的突起。

【0102】 接著，說明關於縮短加工時間的效果。

【0103】 如上述，該檢流計鏡5a、5b的定位時間大約為平均 0.4ms (2.5kHz)。因此，將該絕緣層7z的加工從6次脈衝減少到3次脈衝後，則因檢流計鏡5a、5b的定位時間減半，所以例如一枚印刷電路板的孔洞數為800000個時可縮短約40%的加工時間。

【0104】 參閱圖6~圖8，圖6是本發明雷射加工機的第二實施例的整體圖，與圖1相同物或同功能物附上相同符號並省略詳細說明。該第二實施例是類似於該第一實施例，該第二實施例與該第一實施例的差異在於：

【0105】 於該平板22A與該檢流計鏡5a、5b之間，於該雷射2的軸線方向配置有一第二平板22B(即第二個第二平板，以下僅稱平板22B)，該平板22B具備有與該等光圈41~4n相同數量的光圈

4B1~4Bn。該等光圈4B1~4Bn的各別孔徑較對應的該等光圈4A1~4An的各別孔徑小。該平板22B被支撐於構造與該第一直動裝置23A相同的一第一直動裝置23B。該平板22B在該第一直動裝置23B的一側移動端被定位於該等光圈4B1~4Bn的任一軸線與該雷射2軸線同軸的位置(動作位置)。又，在該第一直動裝置23B的另一側移動端該平板22B被定位於與該雷射2不干涉的位置(退出位置)。

【0106】 該第一直動裝置23B被支撐於構造與該第一直動裝置24A相同的一第二直動裝置24B。該第二直動裝置24B將位於動作位置的該光圈4B1~4Bn內的任一軸線定位於與該雷射2的軸線同軸。利用該第一直動裝置23B與該第二直動裝置24B構成該等光圈4B1~4Bn的定位裝置(即，構成第二平板定位裝置)。該第一直動裝置23B與該第二直動裝置24B各別連接於該控制裝置10。

【0107】 接著，說明該第二實施例的雷射加工機的動作。

【0108】 圖7是顯示該第二實施例之雷射加工機的加工步驟的流程圖。又，關於與該第一實施例的加工步驟相同的步驟，僅簡略說明。

【0109】 該控制裝置10讀取加工程式使該X-Y台9移動，以將最一開始的該掃描區域8面向該f θ 透鏡6(步驟S10)。又，在該掃描區域8內選擇對應於最初加工的孔徑的該大平板20的光圈(光圈41、42~4n之任一者)，且將該光圈之軸線與該雷射2的軸線同軸定位(步

驟S20)。又，將該平板22A定位於該動作位置時，作動該第二直動裝置24A，以使該等光圈4A1~4An內的絕緣物加工時使用的光圈的軸線與該雷射2的軸線一致，接著，將該平板22A定位於該退出位置(步驟S30)。又，將該平板22B定位於該動作位置時，作動該第二直動裝置24B，以使該等光圈4B1~4Bn內的絕緣物加工時使用的光圈的軸線與該雷射2的軸線一致，接著，將該平板22B定位於該退出位置(步驟S40)。另外，使用於加工的該等光圈4B1~4Bn的徑，選擇較使用於加工的該等光圈4A1~4An的徑較小者。然後，與習知技術相同，用一次脈衝的雷射2形成窗，並且加工該掃描區域8內的其餘的孔洞的該銅層7c(步驟S50、步驟S60)。該銅層7c的加工結束後，將該平板22A定位於該動作位置，也就是，使該絕緣物加工時所使用的該等光圈4A1~4An內的一個光圈的軸線與該雷射2的軸線一致(步驟S70)，將該掃描區域8內的該窗部絕緣層7z進行加工以完成孔洞(步驟S80~步驟S130)。然後，該掃描區域8內的該窗部絕緣層7z的加工結束後，確認是否要進行洞底處理(步驟S200)，不進行洞底處理時則進行步驟S500的處理；進行洞底處理時則將該平板22B定位於該動作位置，也就是，使該等光圈4B1~4Bn內的預先選擇的一個光圈的軸線與該雷射2的軸線一致(步驟S210)，藉由對該掃描區域8內的加工結束後的全部洞底，各別一次脈衝地照射該雷射2，以將已加工的孔洞的洞底進行附加加工(步驟S220、步驟S230)。然

後，該掃描區域8內的洞底的處理結束後，確認於該掃描區域8內是否有徑相異的未加工孔洞(步驟S500)，有未加工的孔洞時則進行步驟S20的作業。又，沒有未加工的孔洞時則確認是否有未加工的掃描區域8(步驟S510)，有未加工的掃描區域8時則進行步驟S10的作業，沒有未加工的掃描區域8時則結束加工。

【0110】 如此，因藉由使用較光圈4A_n小徑的光圈4B_n加工洞底，所以可將洞底徑變得更均一。

【0111】 又，此加工法即使在中間部的孔徑很小的X形狀的貫通孔的加工也有效。即，首先從兩面基板的一側往中間部加工孔洞後，將兩面基板反轉並從另一側往中間部加工孔洞。然後，最後將孔洞中間部藉由步驟S210~步驟S230加工後，則不僅可減少中間部的孔徑的不一致，也可提升中間部的孔洞壁面的品質。

【0112】 在此實施例，因於該平板22A、該22B各別設置有與該大平板20的光圈數量相同的光圈，所以光圈的管理是容易的。又，在此實施例雖將該平板22A的光圈4A₁~4A_n以及該平板22B的光圈4B₁~4B_n配置為1列，但也可適當地變更為例如配置為2列。

【0113】 又，在此實施例雖使該第一直動裝置23A、24B排列於該雷射2的軸線方向，但也可配置於該雷射2的軸線周圍。

【0114】 又，於上述第一以及第二實施例，雖使該等光圈4A₁~4A_n以及該等光圈4B₁~4B_n與該等光圈4₁~4_n數量相同，但因

為加工的孔徑大於 $100\mu\text{m}$ 時，鍍覆容易到達至形成於該絕緣層7z的洞底，所以也可用例如 $200\mu\text{m}$ 用的光圈加工 $210\mu\text{m}$ 或 $190\mu\text{m}$ 的孔洞以減少該等光圈4A1~4An或該等光圈4B1~4Bn的數量。

【0115】 另外，下層該銅層7c為增加與該絕緣層7z的密著強度(也稱為剝離強度、撕裂強度)而經表面粗化。因此，該雷射2的吸收率變高，且該軸線OL附近的能階也變大(但遠小於能階j)，因而會有表面熔融的情況。下層該銅層7c表面熔融後，則因下層該銅層7c背面的該絕緣層7z有劣化的風險，所以有需要避免洞底該銅層7c表面的熔融。

【0116】 圖8是處理洞底時的第二種洞底處理步驟，適於下層該銅層7c的厚度為薄(特別是 $7\sim 9\mu\text{m}$)的狀態，也可適用於圖1以及圖6所示的本案的任何實施例的雷射加工機。又，步驟S10~步驟S130的處理以及步驟S500、步驟S510的處理，因與圖2以及圖7所說明的流程圖相同，所以省略重複的說明。

【0117】 該掃描區域8內中的該窗部絕緣層7z的加工結束後，確認是否要進行洞底的處理(步驟S200)，不進行洞底處理時進行步驟S500的處理，進行洞底處理時將該平板22A以及該平板22B(圖7的情況只有平板22A)回到退出位置(步驟S300)，藉由於該掃描區域8內的加工結束後的全部洞底照射每次一次脈衝的該雷射2，將已加工的孔洞的洞底進行附加加工(步驟S310、步驟S320)。然後，該掃描

區域8內的洞底處理結束後，確認是否有不同徑的未加工的孔洞(步驟S500)，有未加工的孔洞時，進行步驟S20的作業。又，沒有未加工的孔洞時，確認是否有未加工的掃描區域8(步驟S510)，有未加工的掃描區域8時進行步驟S10的作業，沒有未加工的掃描區域8時加工結束。此實施例的情況，因使用加工該銅層的該光圈4s作為加工洞底的光圈，所以有容易進行縮小能量密度作業的優點。又，在步驟S310中，將能量分佈曲線制定為使洞底成為能階g是較為有效的。

【0118】 在此，說明關於本發明與習知專利文獻1的技術的差異。

【0119】 加工於該印刷電路板7的孔徑幾乎為40 ~250 μ m。然後，例如，加工50 μ m的孔洞時採用孔徑為2mm的光圈，又，加工250 μ m的孔洞時採用孔徑為8mm的光圈。習知專利文獻1的情況，即使為加工50 μ m的孔洞的情況，是通過最大徑光圈的直徑8mm的雷射被供給於具備用來加工50 μ m的孔洞的光圈的平板，所以有必要加大一個平板的冷卻裝置。相對於此，在本發明因利用該大平板20限制加工該銅層7c的雷射2的外形，並用外形被限制的該雷射2加工該絕緣層7z，所以供給於該平板22A、22B的能量會變小。此結果，可使冷卻該平板22A、22B的冷卻裝置變小。

【0120】 又，在此實施例，雖說明關於該雷射2為碳酸氣體雷射

的情況，但也可為其他的雷射。又，雖說明關於利用一次脈衝加工該銅層的情況，但也可利用脈衝寬度 P_w 小(例如微微秒、飛秒)的複數次脈衝來加工。

【0121】 惟以上所述者，僅為本發明的實施例而已，當不能以此限定本發明實施的範圍，凡是依本發明申請專利範圍及專利說明書內容所作的簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋的範圍內。

【符號說明】

【0122】

1.....雷射振盪器	D.....窗徑
10.....控制裝置	N.....指定次數
11.....下陷	i.....照射次數
100.....光束徑調整裝置	r.....半徑
110.....雷射輸出裝置	O.....旋轉軸線
2.....雷射	k、g、j、p、 Δp 、 Δp_m
20.....大平板	能階
21.....大平板定位裝置	E_p脈衝能量
22A、22B.....平板	D_r 、 D_{rs}光圈
23A、23B.....第一直動裝置	K.....絕緣層頂面
24A、24B.....第二直動裝置	h.....絕緣層厚度
4A1~4An、4B1~4Bn	L_{dr} 、 L_{drs} 、LD、 L_d 、LDz
.....光圈	能量分佈曲線

41、42~4n	……	光圈	E0、Ez、Eg	…	能階位置	
5	……	檢流裝置	O _L	……	雷射的軸線	
5a、5b	……	檢流計鏡	Δr、Δrm	……	半徑	
6	……	fθ 透鏡	δ	……	加工量	
7	……	印刷電路板	A、C、Q、B、R、P			
7c	……	銅層		……	點	
7z	……	絕緣層	S10~130	、	S200~S230	、
8	……	掃描區域	S300~S320、S500、S510			
9	……	X-Y 台		……	步驟	

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種印刷電路板的雷射加工方法，藉由複數種光圈將從一雷射輸出裝置輸出的一雷射之外形進行整形，並藉由一檢流裝置與一f θ 透鏡定位該雷射，且於由至少一銅層與至少一絕緣層所構成的一印刷電路板之所期望的位置形成至少一孔洞，其特徵在於，該雷射加工方法包含下列步驟：

藉由利用第一種光圈進行整形的該雷射於該至少一銅層形成至少一貫通孔；

然後，藉由利用徑較前述第一種光圈小的第二種光圈進行整形的該雷射於對應該至少一貫通孔的位置加工該至少一絕緣層，藉以於該印刷電路板形成該至少一孔洞。

【第2項】一種印刷電路板的雷射加工方法，藉由複數種光圈將從一雷射輸出裝置輸出的一雷射之外形進行整形，並藉由一檢流裝置與一f θ 透鏡定位該雷射，且於由至少一銅層與至少一絕緣層所構成的一印刷電路板之所期望的位置形成至少一孔洞，其特徵在於：

藉由利用第一種光圈進行整形的該雷射於該至少一銅層形成至少一貫通孔，

然後，藉由利用第二種光圈來將有助於該至少一絕緣層加工的該雷射的徑進行整形來加工該至少一絕緣層，藉以於該印刷電路板形成該至少一孔洞，前述第二種光圈為使該雷射的徑小於利用前述第一種光圈加工的該至少一貫通孔的徑。

【第3項】如請求項1或請求項2中任一項之印刷電路板的雷射加工

第1頁，共3頁(發明申請專利範圍)

方法，其中：

將利用前述第二種光圈加工的該至少一絕緣層的洞底，藉由利用前述第一種光圈整形的該雷射進行加工。

【第4項】如請求項1或請求項2中任一項之印刷電路板的雷射加工方法，其中：

將利用前述第二種光圈加工的該至少一絕緣層的洞底，藉由利用徑較前述第二種光圈的孔徑小的第三種光圈整形的該雷射進行加工。

【第5項】如請求項1或請求項2中任一項之印刷電路板的雷射加工方法，其中：

藉由徑較前述第二種光圈的孔徑小的第三種光圈，來將該至少一貫通孔的內面進行精加工。

【第6項】一種印刷電路板的雷射加工機，包含：一雷射輸出裝置、一包括複數光圈的第一平板、一檢流裝置，及一 $f\theta$ 透鏡，藉由該等光圈將從該雷射輸出裝置輸出的一雷射之外徑進行整形，並藉由該檢流裝置與該 $f\theta$ 透鏡將已整形的該雷射進行定位，以於由至少一銅層與至少一絕緣層所構成的一印刷電路板之所期望的位置形成至少一孔洞，其特徵在於：

該第一平板的該等光圈皆為不同徑；

該雷射加工機還包含：

一第一平板定位裝置，用以將設置於該第一平板上被指定的該光圈之軸線調整為與該雷射的軸線同軸定位；

m 個第二平板，每一該第二平板包括 n 個光圈，該 n 個

第2頁，共3頁(發明申請專利範圍)

光圈各別的軸線可受調整而與該雷射的軸線平行， m 、 n 為正整數；及

m 個第二平板定位裝置，每一該第二平板定位裝置用以將對應的該第二平板上被指定的該光圈之軸線調整為與該雷射的軸線同軸定位，並用以將對應的該第二平板定位於一動作位置或一退出位置，該動作位置為使對應的該第二平板上被指定的該光圈之軸線調整為與該雷射的軸線同軸定位，該退出位置為使對應的該第二平板不與該雷射發生干涉的位置；

將該第一平板配置於該雷射的軸線方向上在該雷射輸出裝置與該檢流裝置之間接近該雷射輸出裝置的位置，並將該 m 個第二平板配置於該雷射的軸線方向上該第一平板與該檢流裝置之間，

加工該至少一銅層時，將該第一平板的被指定的該光圈的軸線與該雷射的軸線做同軸定位，並且將其他 m 個該等第二平板全部定位於該退出位置，

加工該至少一絕緣層時，將被指定的該第二平板定位於該加工位置，以使被指定的 $n \times m$ 個中的其中一個該光圈之軸線與該雷射的軸線同軸定位，被指定的該其中一個光圈的徑比加工該至少一銅層而使用的該第一平板的該光圈的徑小。

【發明圖式】

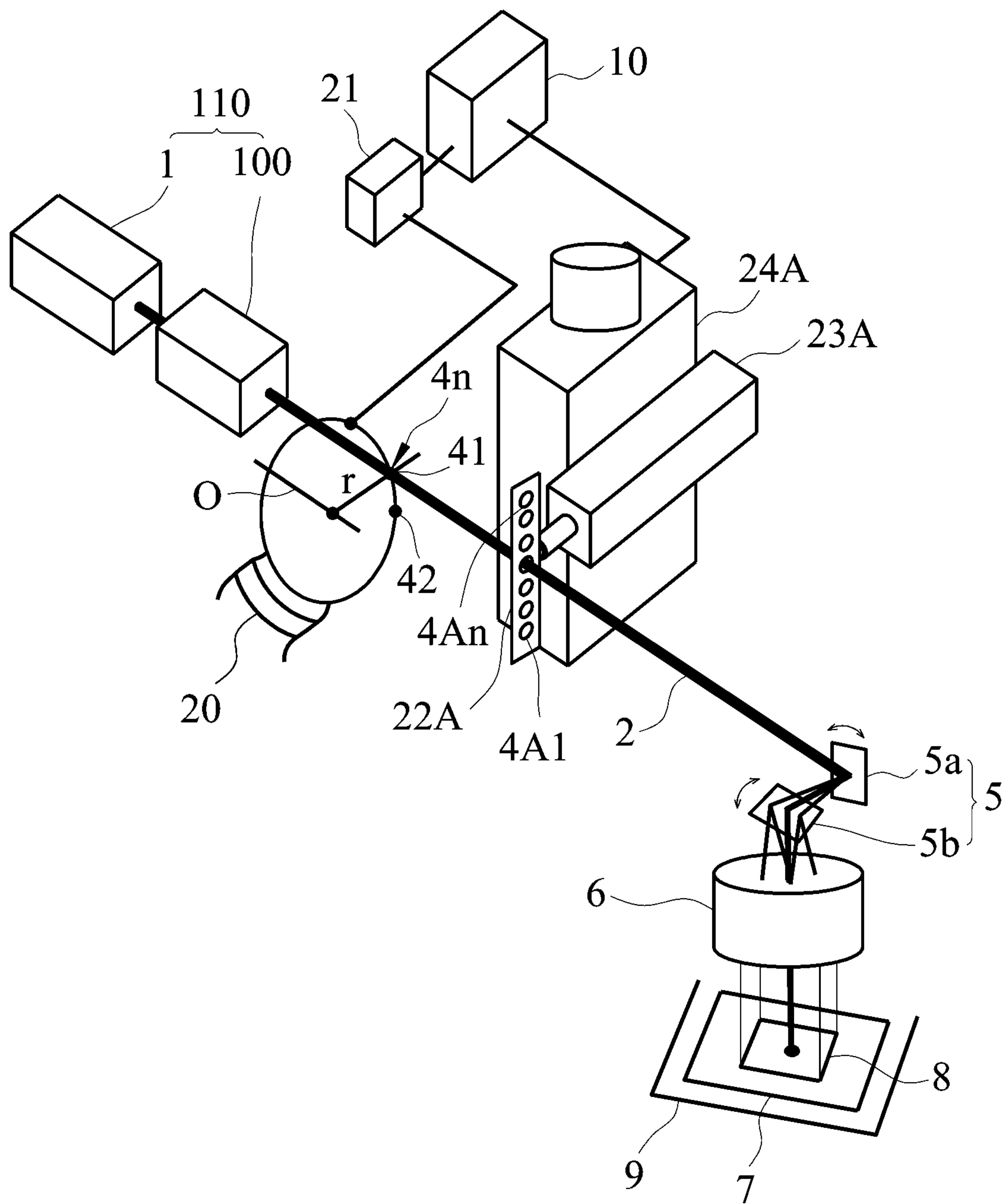


圖1

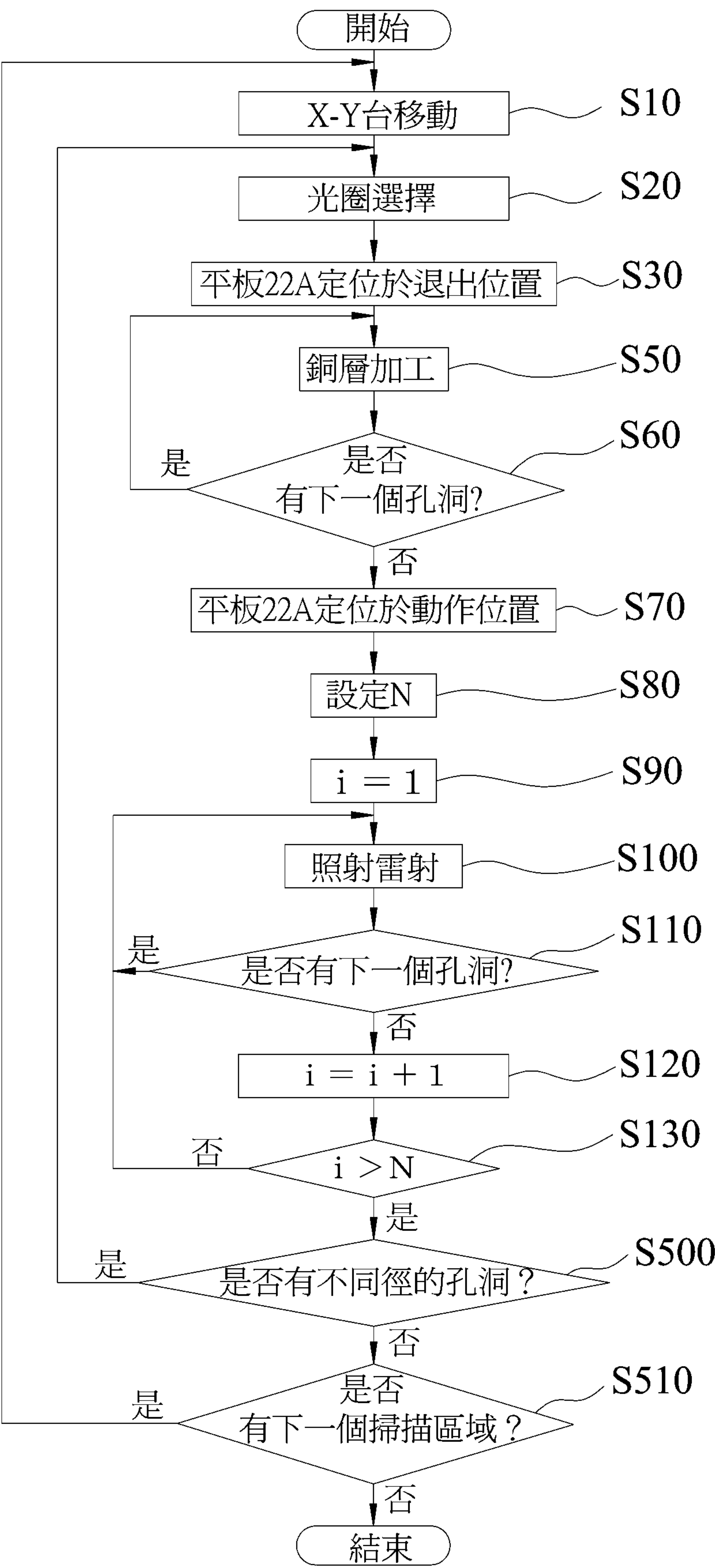
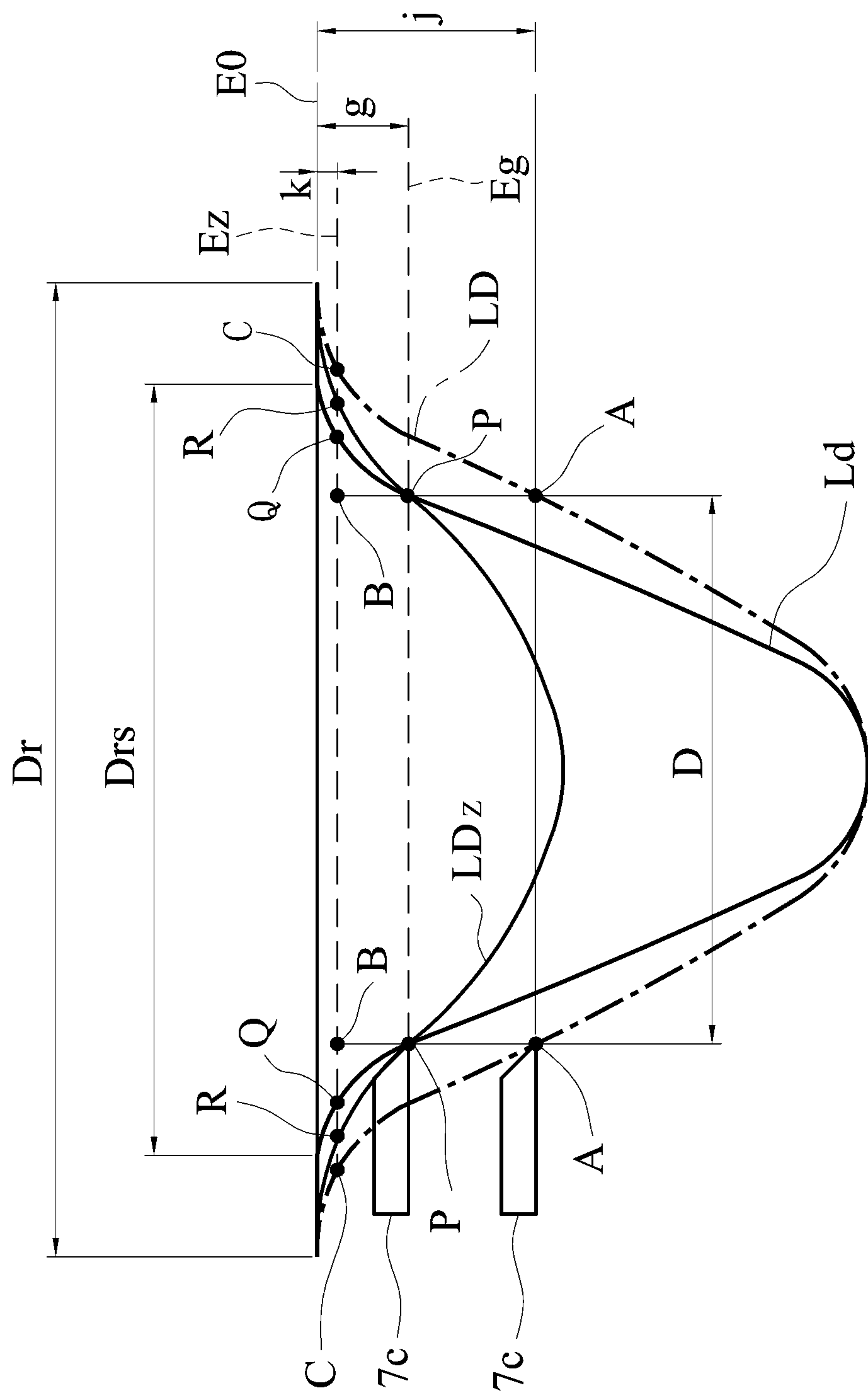


圖2



回

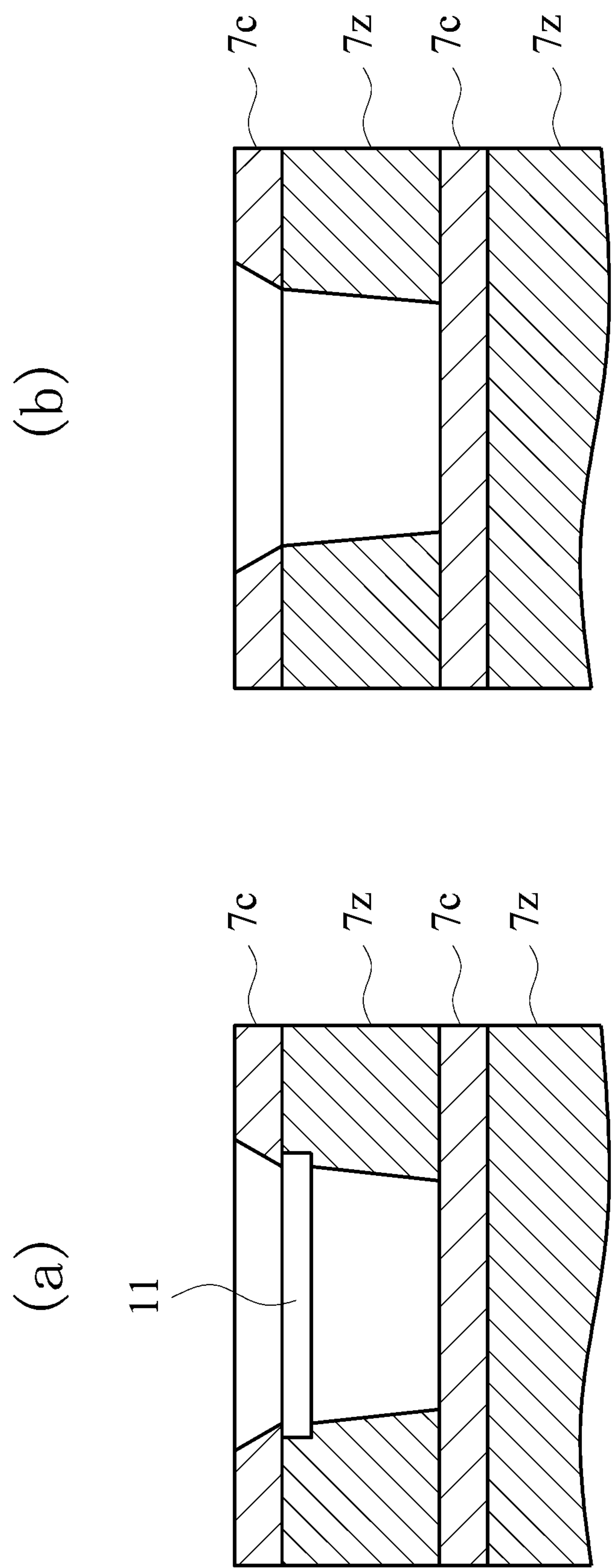


圖5

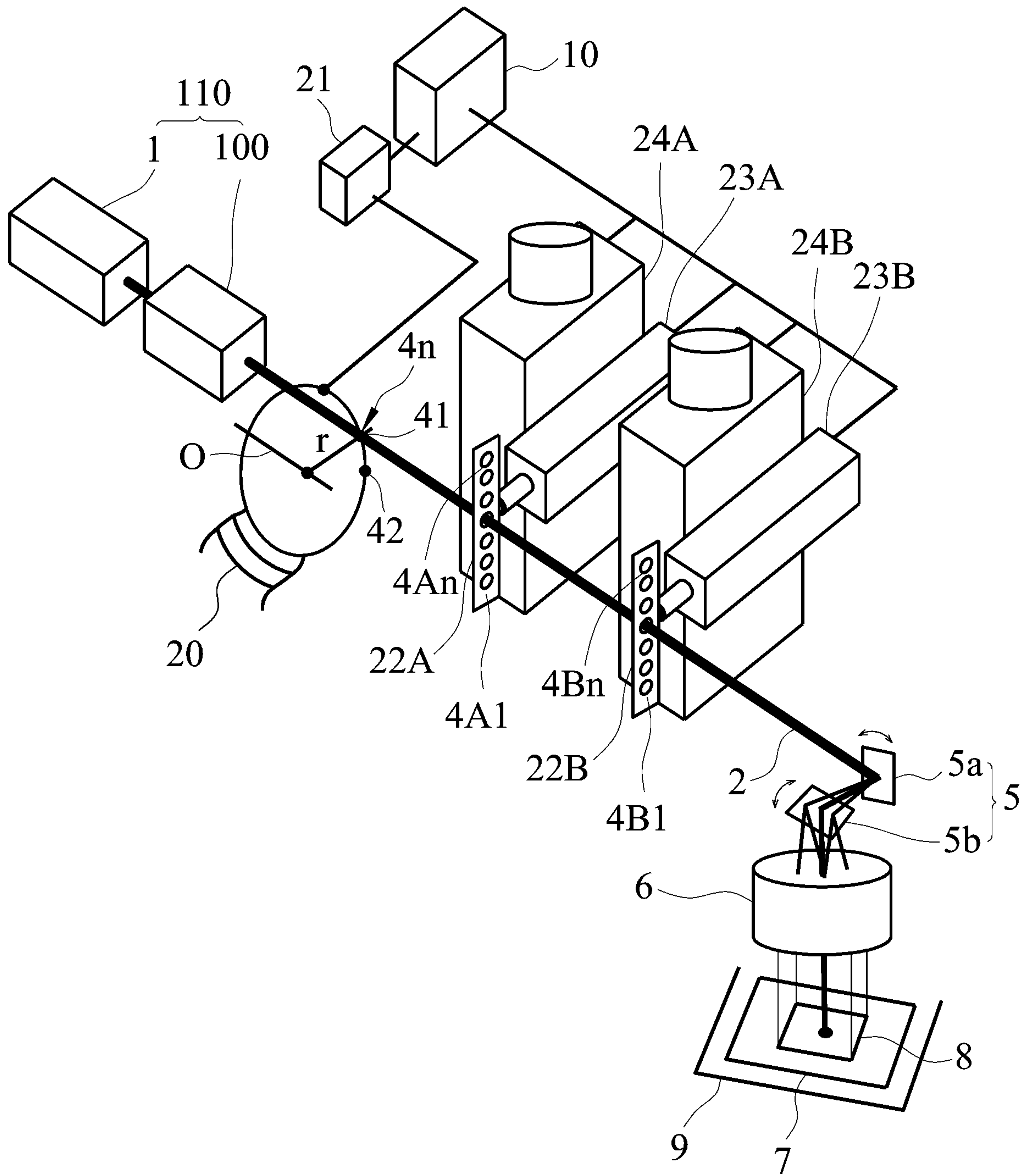


圖6

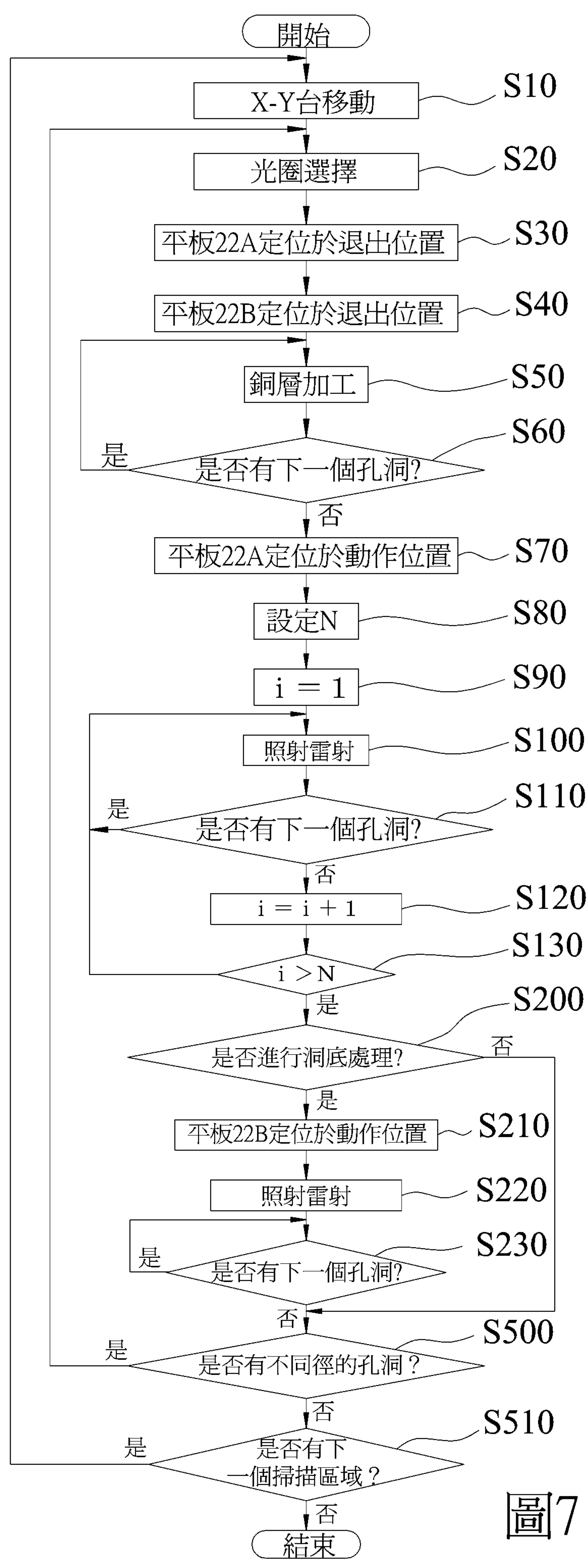


圖7

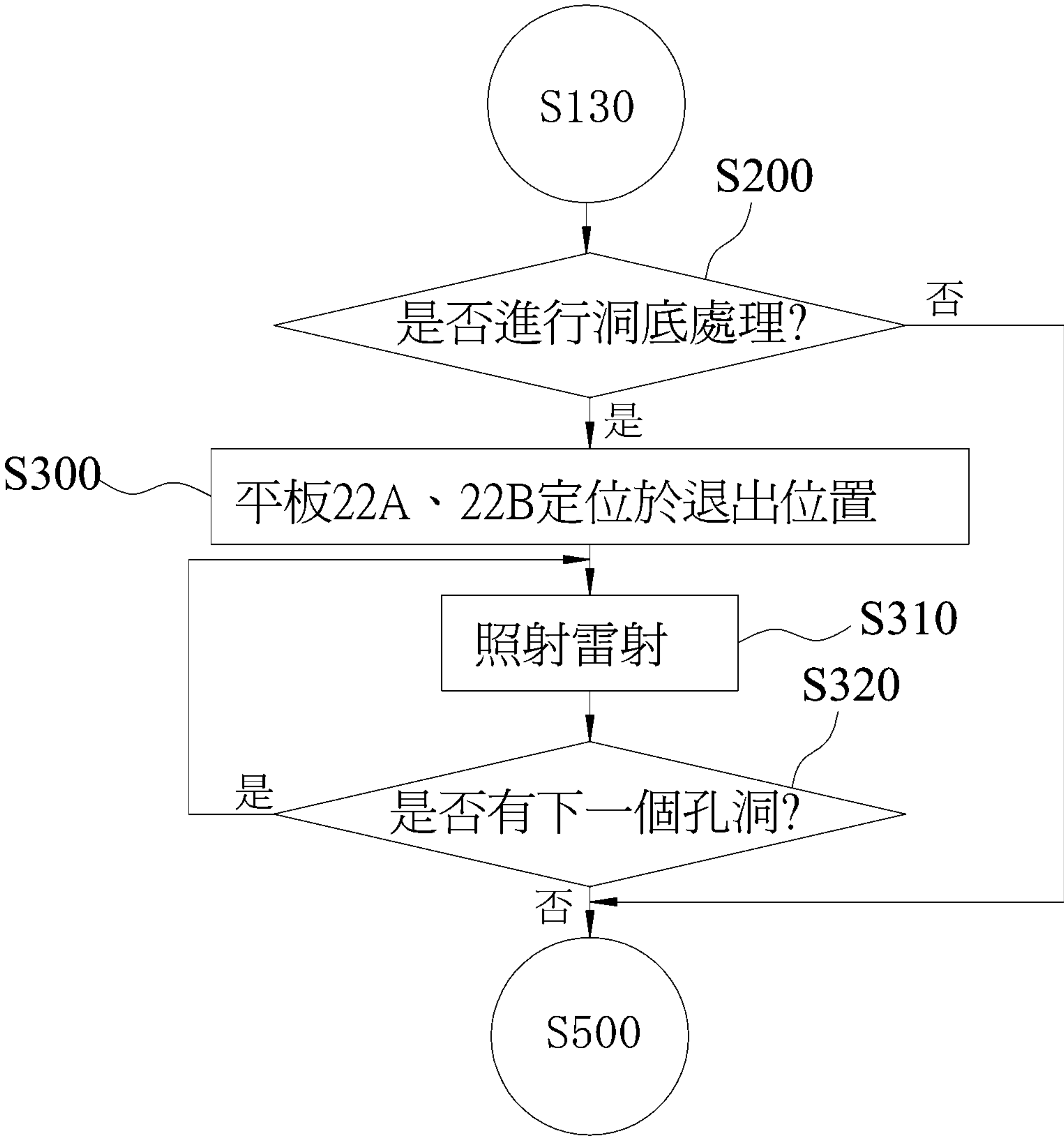


圖8

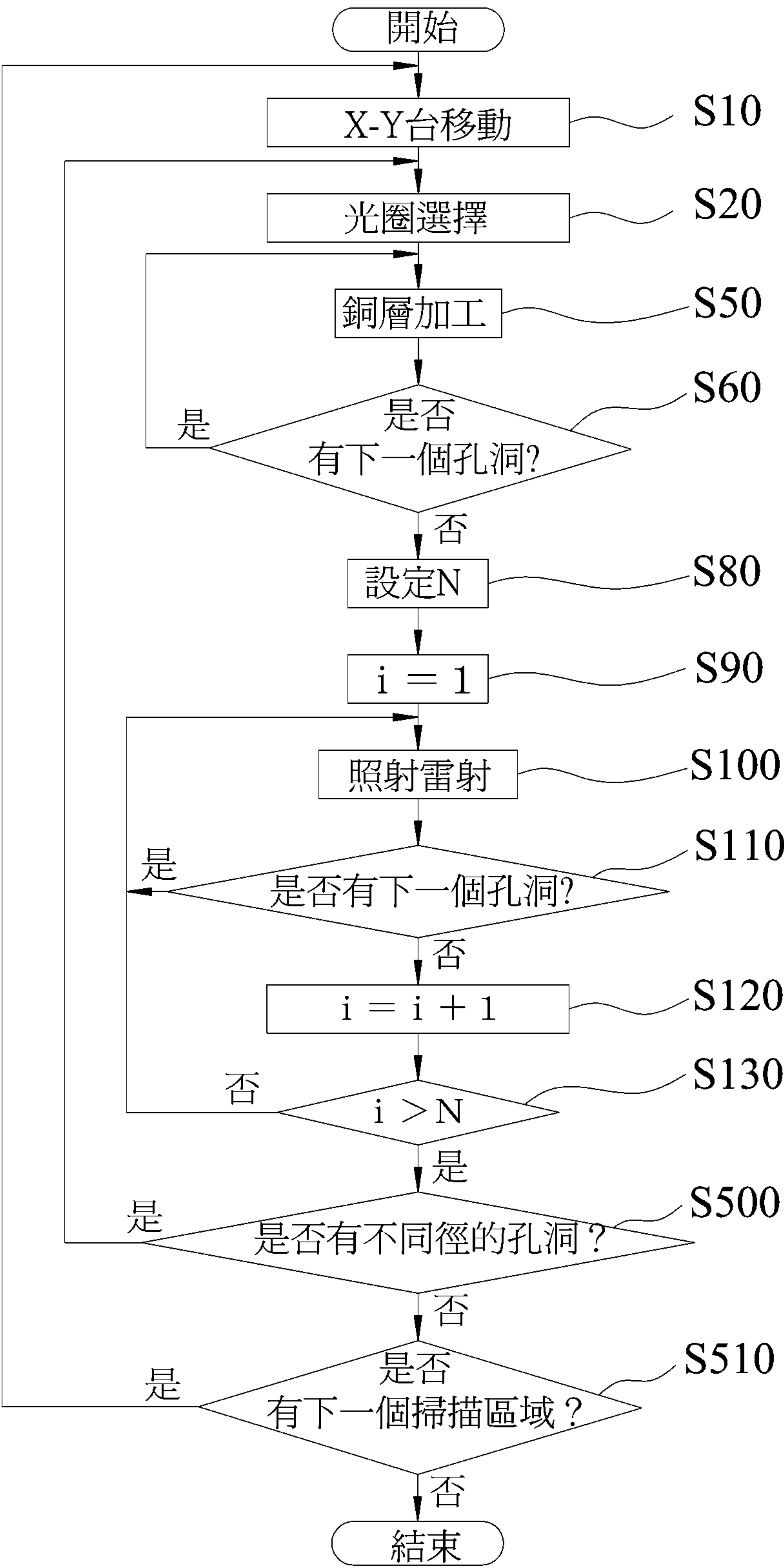


圖10

高周波脈衝RF

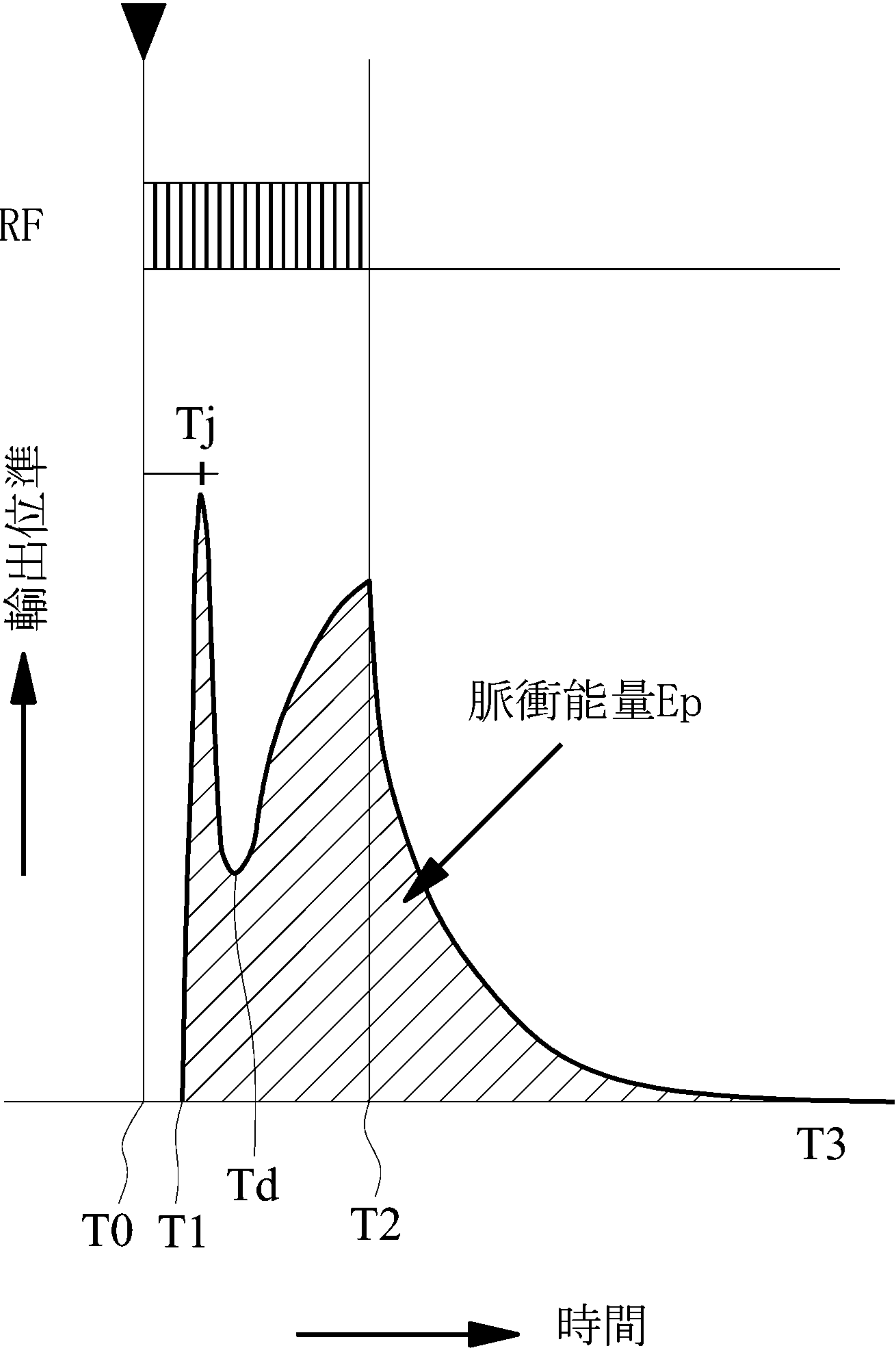


圖11

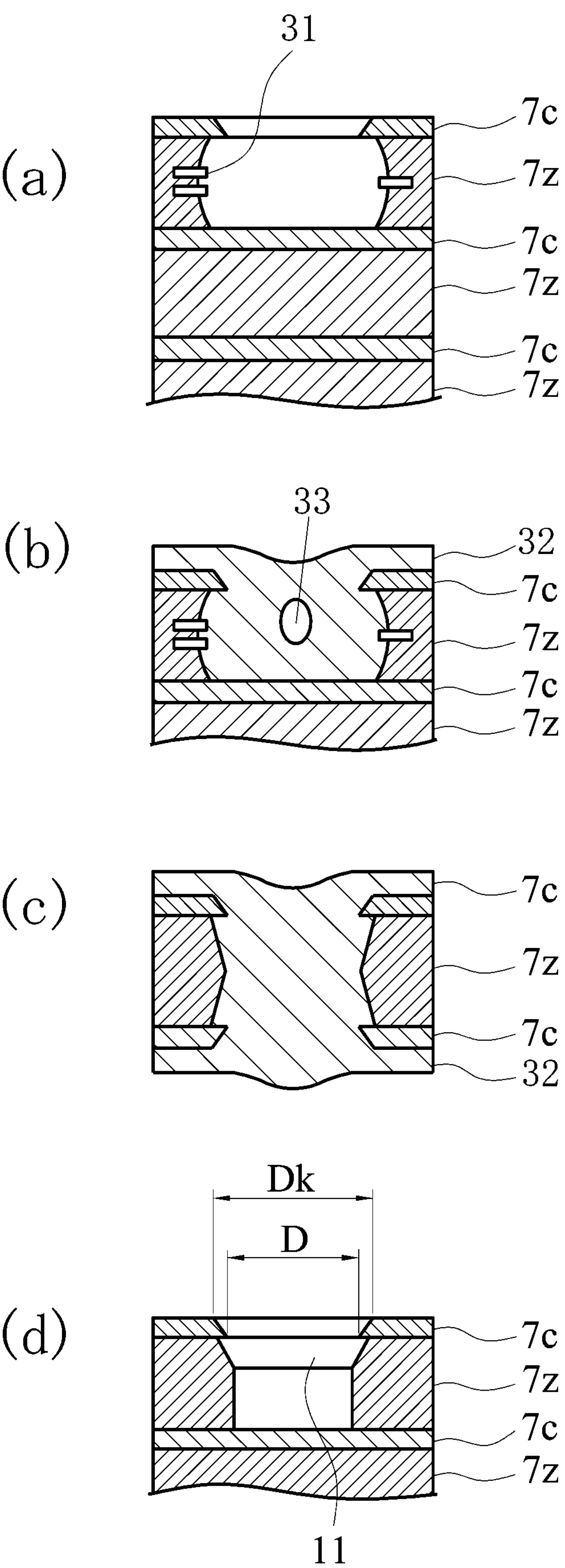


圖12