(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 201012583 A1

(43)公開日： 中華民國 99 (2010) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：098131526 (22)申請日： 中華民國 98 (2009) 年 09 月 18 日

(51)Int. Cl.： *B23K26/38 (2006.01)* *B23K26/06 (2006.01)*
B23K26/04 (2006.01)

(30)優先權：2008/09/22 美國 12/235,294

(71)申請人：伊雷克托科學工業股份有限公司 (美國) ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC. (US)
美國

(72)發明人：拜爾德 布萊恩W BAIRD, BRIAN W. (US)；布魯蘭德 凱利 J BRULAND, KELLY J. (US)；漢希 羅伯特 HAINSEY, ROBERT (US)

(74)代理人：桂齊恆；閻啟泰

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：22 項 圖式數：20 共 79 頁

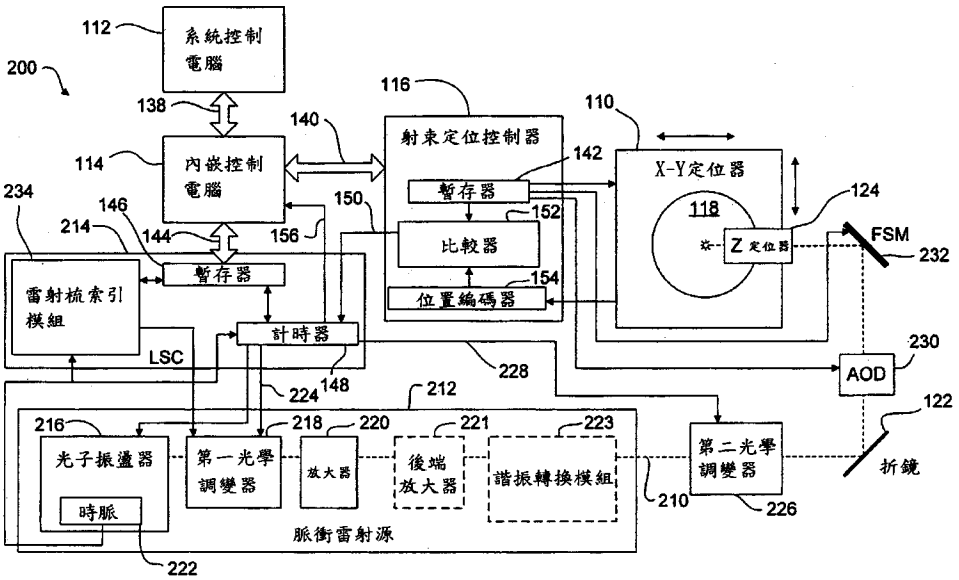
(54)名稱

使用動態射束陣列的光子銑削

PHOTONIC MILLING USING DYNAMIC BEAM ARRAYS

(57)摘要

一種雷射處理系統，包含一射束定位系統以相對於一工件對齊射束投送座標。上述之射束定位系統產生對應於該對齊之定位資料。此系統亦包含一脈衝雷射源以及一子束產生模組以自該脈衝雷射源接收一雷射脈衝。子束產生模組自該雷射脈衝產生一子束陣列。該子束陣列包含複數子束脈衝。此系統更進一步包含一子束調變器以選擇性地調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅，以及子束投送光學模組以將調變後之子束陣列聚焦至工件上對應至上述定位資料之位置之一或多個標的。



110：工件(X-Y)定位器

112：系統控制電腦

114：內嵌控制電腦

116：射束定位控制器

118：工件

122：折鏡

124：Z 定位器

138：匯流排

140：匯流排

142：暫存器

144：匯流排

146：暫存器

148：計時器

150：位置符合信號

152：比較器
154：位置編碼器
156：周期完成中斷信號
200：雷射膨之衝處理系統
210：雷射光束
212：脈衝雷射源
214：雷射次系統控制器(LSC)
216：光子振盪器
218：第一光學調變器
220：放大器
221：後端放大器
222：光子時膨
223：諧振轉換模組
224：脈衝封鎖信號
226：第二光學調變器
228：脈衝封鎖信號
230：聲光式偏轉器(AOD)
232：快速操控反射鏡(FSM)
234：雷射梳索引模組

(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 201012583 A1

(43)公開日： 中華民國 99 (2010) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：098131526 (22)申請日： 中華民國 98 (2009) 年 09 月 18 日

(51)Int. Cl.： *B23K26/38 (2006.01)* *B23K26/06 (2006.01)*
B23K26/04 (2006.01)

(30)優先權：2008/09/22 美國 12/235,294

(71)申請人：伊雷克托科學工業股份有限公司 (美國) ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC. (US)
美國

(72)發明人：拜爾德 布萊恩W BAIRD, BRIAN W. (US)；布魯蘭德 凱利 J BRULAND, KELLY J. (US)；漢希 羅伯特 HAINSEY, ROBERT (US)

(74)代理人：桂齊恆；閻啟泰

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：22 項 圖式數：20 共 79 頁

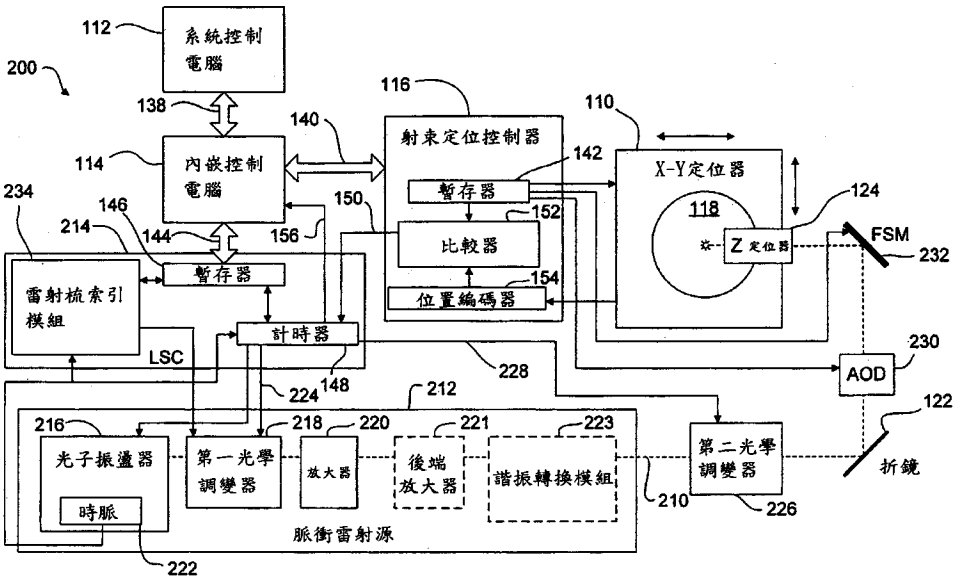
(54)名稱

使用動態射束陣列的光子銑削

PHOTONIC MILLING USING DYNAMIC BEAM ARRAYS

(57)摘要

一種雷射處理系統，包含一射束定位系統以相對於一工件對齊射束投送座標。上述之射束定位系統產生對應於該對齊之定位資料。此系統亦包含一脈衝雷射源以及一子束產生模組以自該脈衝雷射源接收一雷射脈衝。子束產生模組自該雷射脈衝產生一子束陣列。該子束陣列包含複數子束脈衝。此系統更進一步包含一子束調變器以選擇性地調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅，以及子束投送光學模組以將調變後之子束陣列聚焦至工件上對應至上述定位資料之位置之一或多個標的。



110：工件(X-Y)定位器

112：系統控制電腦

114：內嵌控制電腦

116：射束定位控制器

118：工件

122：折鏡

124：Z 定位器

138：匯流排

140：匯流排

142：暫存器

144：匯流排

146：暫存器

148：計時器

150：位置符合信號

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本揭示係有關於雷射處理系統。更具體言之，本揭示係有關於用以依據光子時脈及定位資料對用於放大和工件標的對齊(alignment)之脈衝選擇進行同步之系統及方法。

【先前技術】

雷射可以使用於許多工業上之作業，包含對於諸如電子材料等基板之檢驗、處理、以及微加工(micro-machining)。舉例而言，欲修復一動態的隨機存取記憶體(dynamic random access memory；以下簡稱 DRAM)，其使用一第一雷射脈衝以移除 DRAM 元件中一故障記憶體單元之導電連結，而後使用一第二雷射脈衝移除一備用記憶體單元之電阻連結以取代前述之故障記憶體單元。由於需要移除連結之故障記憶體單元可以是隨機分布的，故工件定位延遲時間基本上使得此類雷射修復處理之動作時間需要耗去許多脈衝間隔時間(interpulse time)，而非在單一脈衝間隔時間內完成。

待移除之連結排(banks of links)通常在晶圓上配置成一直列。此等連結通常在一連結處理回合(link run)內處理。在一連結處理回合期間內，當平台定位器(stage positioner)通過跨越聚焦雷射光斑(laser spot)之位置之連結列時，雷射光束被以脈衝之形式射出。上述之平台在一次動作中基本上係沿著單一軸線移動，而不會在每一個連結位置停留。此生產技術在業界稱為即時(on-the-fly；「OTF」)

連結處理，其就特定晶圓上可以修復之連結比率而言具有較高之效率，從而增進整體 DRAM 生產流程之效率性。

當雷射脈衝重複頻率(pulse repetition frequency；以下或簡稱 PRF)以及連結處理回合速度增加，對於平台定位器之要求將更多。平台的加速度和速度並未以和雷射 PRF 一樣快的速率增加。因此，其可能難以利用現有之高 PRF 雷射(例如，在數百仟赫茲或百萬赫茲範圍內的 PRF)。

一般而言，目前雷射脈衝在連結處理系統上之實際應用極少。舉例而言，包含大約 600,000 連結之一典型晶圓可以在大約 600 秒內處理完成。此代表一 1 仟赫茲之實際切斷率(blow rate)。假如此例中之晶圓處理系統使用具有 100 仟赫茲 PRF 之雷射源，則每一百個可能雷射脈衝中大約僅有一個會到達晶圓之表面。

雙射束(dual-beam)和多射束(multi-beam)雷射系統通常使用複雜之雷射光學配件且構建之代價基本上極為昂貴。此外，近來在雷射設計上之進展在此種方式上發現一些問題。舉例而言，某一高功率、低脈衝寬度(例如，在微微秒(picosecond，兆分之一秒)或飛秒(femtosecond，千兆分之一秒)等級)之雷射係基於一主振盪功率放大器(master oscillator-power amplifier；以下或簡稱 MOPA)之方式，其中一鎖模雷射振盪器(mode-locked laser oscillator)在介於大約 10 百萬赫茲到大約 100 百萬赫茲的範圍內之重複率提供穩定之種子脈衝(seed pulse)。此等雷射振盪器可以是主動式或被動式之鎖模形式。一主動式鎖模振盪器可以允

許基於時序上之目的對其輸出脈衝相位及/或頻率進行某些調整。然而，在一被動式鎖模主振盪器中，其輸出頻率無法輕易更改。因此，雷射處理系統只得將其運作同步於被動式鎖模主振盪器所提供之基本頻率。

一功率放大器(power amplifier，例如，二極體激發式光學增益介質(diode-pumped optical gain medium))將選擇自主振盪器之脈衝放大。如同在典型二極體激發式 Q 型開關雷射(Q-switched laser)之中，此等放大脈衝之能量係一脈衝間隔周期之函數。實際運作之重複率(例如，發自功率放大器之脈衝頻率)基本上係基本重複率(例如，主振盪器)之因數，其通常較主振盪器頻率小約 10 到 1000 倍。

對於所需之雷射運作，其雷射應以一固定之重複率擊發，且使得射束定位次系統從屬於雷射之脈衝時序。但是，其極難在達成此射束定位時序之同時又能維持脈衝位置之精確度。舉例而言，上述重複率之時序區間(timing window)之範圍可能介於大約 10 奈秒(nanosecond)到大約 100 奈秒之間。伺服控制系統基本上無法保證在如此微小之固定時序區間內之高精確度(例如，10 奈米之內)脈衝定位。

許多工業上之雷射處理應用(諸如記憶體元件備用電路中之連結切割、微穿孔鑽取、組件裁修、以及材料切割或雕刻)配合將雷射脈衝定位於工件上之移動控制系統發射一高能量雷射脈衝。此種配合通常利用準確之時序，並取決於作業射束之運動輪廓，此時序可以是變化無常的。雖然其利用時序準確度來維持處理系統之精確性，但脈衝控制

之隨機時序可能損及各種雷射性能，諸如脈衝寬度以及峰值功率。

許多雷射處理系統在設計上加入 Q 型開關雷射以在高脈衝重複率獲得一致性之脈衝能量。然而，此種雷射對於脈衝間隔周期之數值(和變異度)可能極為敏感。因此，脈衝寬度、脈衝能量、以及脈衝振幅之穩定性可能隨脈衝間隔周期之變化而改變。此等變異可以是靜態的(例如，該變異可以是一恰位於一脈衝前之脈衝間隔周期之函數)及/或動態的(例如，該變異可以是一脈衝間隔周期歷程之函數)。此敏感度之降低或最小化一般而言係藉由控制雷射處理系統使該雷射以一理論上之重複率(基本上低於 200 仟赫茲)擊發，並使其具有在脈衝特性中產生可接受偏離度之最小重複率偏離度。

此一方式之實施通常係藉由控制預定之射束軌道，使得雷射可以「依照要求」擊發於正確之工件位置(或者以一基於諸如平台速度、傳播延遲、脈衝建立時間、以及其他延遲等已知因子之脈衝撞擊該位置)以維持所需之脈衝定位精確度。工件位置被依序排列使得重複率大致維持固定。其可以在處理指令中插入「虛擬」工件位置以解決有關雷射穩定性之問題。此「虛擬」工件位置使得重複率在閒置周期中大致保持固定，並藉由諸如機械快門、聲光式調變器(acousto-optic modulators；AOM)、以及光電式調變器(electro-optic modulators；EOM)等射束調變裝置將「虛擬」脈衝阻絕於工件之外。

【發明內容】

在一實施例中，一雷射處理系統包含一射束定位系統以相對於一工件對齊射束投送座標。上述之射束定位系統產生對應於該對齊之定位資料。此系統同時亦包含一脈衝雷射源和一子束產生模組，以接收一來自該脈衝雷射源之雷射脈衝。上述之子束產生模組自該雷射脈衝產生一子束陣列。該子束陣列包含複數子束脈衝。此系統更進一步包含一子束調變器以選擇性地調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅，以及子束投送光學模組以將調變後之子束陣列聚焦至工件上對應至上述定位資料之位置之一或多個標的。

在某些實施例中，該系統同時亦包含一光偵測模組以對子束陣列中之子束脈衝進行取樣，並決定子束陣列中每一子束脈衝之總能量。上述之光偵測模組更用以對該子束調變器提供一誤差修正補償信號，以調整輸出至工件上一特別標的之連續子束振幅。上述之光偵測模組亦可以用以判定投送至工件上一特別標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和是否符合或超過一特定門檻值，並控制該子束調變器以防止更多子束脈衝抵達前述之特別標的。

在某些實施例中，該系統更進一步包含一系統控制電腦以配合該射束定位系統藉由將一工件標的間距匹配於該脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)、一子束陣列間距、以及該射束定位系統和工件間之一相對速度(平台速度)以進行上述之對齊。

在另一實施例中，一種利用雷射處理工件之方法包含產生一雷射脈衝、自該雷射脈衝產生一包含複數子束脈衝之子束陣列、調變該子束陣列中子束脈衝之振幅、以及將調變後之該子束陣列聚焦至工件上之一或多個標的位置。

本揭示進一步之特色及優點經由以下較佳實施例之詳細說明將更趨於明顯，該等說明係配合所附之圖式進行。

【實施方式】

在一實施例中，其使用一光子時脈(photonic clock)做為一主時序構件以協調一雷射處理系統中之射束定位器控制構件。該光子時脈可以是來自一脈衝雷射源中一光子振盪器之一脈衝輸出。該光子振盪器可以是一種子振盪器或一主振盪器。上述之射束定位器控制構件利用來自光子振盪器之時序信號以使得一工件上之標的結構之對齊同步於來自雷射系統之雷射脈衝發射。來自雷射源之一或多個脈衝被經由一雷射系統之光學構件傳送，以處理該標的結構。來自雷射源之脈衝可以在振幅上分割以產生處理該等標的結構之脈衝陣列。

揭示於本說明書的雷射系統和方法可以被用來處理各式各樣的工件標的。舉例而言，某些實施例可用以切斷一半導體記憶體元件之寬廣陣列中之導電連結結構，包含DRAM、靜態隨機存取記憶體(SRAM)、以及快閃記憶體(flash memory)；用以在諸如銅/聚醯胺(polyamide)疊層材料之軟性電路和積體電路(integrated circuit；IC)封裝中產生微形雷射鑽孔；用以實施半導體之雷射處理或微加工，諸

如半導體積體電路、矽晶圓、和太陽能晶元之雷射雕刻或晶粒切割；以及用以實施金屬、介電質、聚合材料、和塑膠之雷射微加工。習於斯藝之人士將能體認許多其他形式之工件及/或工件結構均可以依據本說明書所揭示之實施例加以處理。

以下參照之圖式中，相同的參考編號表示相同之構件。在以下之說明當中，其提供許多特定之細節以期對本文所揭示實施例之全盤了解。然而，習於該技術領域者將體認到，該等實施例可以在不使用一或多個該等特定細節，或是應用其他方法、組件、或材料下付諸實現。此外，在某些情況下，習知之結構、材料、或動作並未被顯示或詳細描述，以避免混淆實施例欲呈現之特點。另一方面，所述之特徵、結構、或特性均可以以任何適當之方式結合於一或多個實施例之中。

I.可觸發雷射源之典型同步方式

在一典型之雷射處理系統之中，其使用時序信號觸發一雷射源使其在一適當之時間(例如，基於平台速度、系統延遲、以及其他參數)發射一雷射脈衝，以利用該雷射脈衝照射一工件上之標的。舉例而言，圖 1 係一傳統式雷射脈衝處理控制系統 100 之功能方塊圖，其包含一工件(X-Y)定位器 110。一類似之系統描述於 Baird 等人提申之美國專利號 6,172,325，其讓渡予本發明申請之受讓人。上述之系統 100 包含一系統控制電腦 112 以及一內嵌控制電腦 114，其彼此配合以控制一射束定位控制器 116。射束定位控制器

116接收來自X-Y定位器110之定位資訊，其相對於一紫外線(UV)雷射光束120定位一工件118。紫外線雷射光束120可以經由各種不同之光學構件(未顯示於圖中)以及所顯示之折鏡(fold mirror)122傳播。上述之X-Y定位器110可以亦包含一Z定位器124，其可以連結至X或Y平台。

一紫外線(UV)雷射系統126包含一Q型開關固態紅外線(IR)雷射 128，諸如二極體激發之聲光式 Q 型開關 $Nd:YVO_4$ 雷射。紫外線雷射系統126同時亦包含一用以調變IR雷射128之脈衝振幅之聲光式調變器(AOM)130，以及一倍頻器(frequency multiplier)132，以運用習知之第二、第三、或第四諧振轉換程序將發射自IR雷射128之紅外線波長轉換成綠光及/或UV波長。上述之AOM 130亦可以放置於倍頻器132之後，如圖中以虛線顯示之AOM 134所在之位置。在另一實施例中，一雷射控制器136控制AOM 130(或AOM 134)之傳導性以傳送或阻隔朝向工件118之紫外線雷射光束120。

系統控制電腦112將工件118上處理位置之定位座標透過一匯流排138傳送至內嵌控制電腦114。在一典型之實例處理應用中，工件118包含整齊地間隔排列之標的或元件結構，諸如可熔斷之連結，其中僅有一些被加以雷射處理。紫外線雷射光束120所處理之位置被稱為標的位置，而未被紫外線雷射光束120處理之位置則稱為中介位置。內嵌控制電腦114將間隔排列之中介位置座標加入標的位置座標，致使IR雷射128以幾近相等之時間間隔發出脈

衝。內嵌控制電腦 114 將上述之標的及中介位置座標以一特定速率透過一匯流排 140 逐一傳送至射束定位控制器 116 中之暫存器 142，並同時透過一匯流排 144 將控制資料載入雷射控制器 136 中之暫存器 146。該特定速率控制 X-Y 控制器 110 之移動速度，且上述之控制資料指出座標位置是否係一待處理之標的位置並進一步包含模式和時序資訊。

雷射控制器 136 以一自動脈衝模式或一定位脈衝(pulse-on-position)模式操控計時器 148。在自動脈衝模式中，計時器 148 之啟動係依據暫存器 146 中之控制資料。在定位脈衝模式中，計時器 148 之啟動係由於接收到來自射束位置控制器 116 中一比較器 152 之位置符合信號 150。射束定位控制器 116 中之位置編碼器(position encoder)154 對比較器 152 指示出 X-Y 定位器 110 之目前位置，且當該目前位置與儲存於暫存器 142 中之位置座標相符時，其產生位置符合信號 150 以指示出工件 118 已相對於一標的位置或中介位置被正確地定位。因此，若工件 118 已相對於一標的位置定位完成，計時器 148 同時操控 IR 雷射 128 中之 Q 型開關(經由一 Q 型開關閘控線 158)並將 AOM 130 設成一傳導狀態，直到一周期完成中斷 156 被自計時器 148 傳送至內嵌控制電腦 114。上述 AOM 130 之傳導性可以被控制成一雷射脈衝閘控元件或一脈衝振幅調變器。因此，IR 雷射 128 可以「依照要求」被觸發以處理工件 118 上之預定標的。

II.使用光子時脈同步之示範系統

其可以在超快雷射系統中使用光子振盪器以在一理論上固定之頻率梳(frequency comb)發射脈衝。然而，與上述的系統 100 不同，光子振盪器不能直接觸發以「依照要求」產生脈衝。其情況是，光子振盪器基於一已知光子振盪器頻率 f_{osc} 於離散之時間間隔提供脈衝。因此，在本說明書揭示之某些實施例中，一雷射控制系統使用導出自該光子振盪器於一第一 PRF（f_{osc}）發射之光脈衝輸出之一時脈。該雷射控制系統使用工件定位資料以及來自光子振盪器時脈之時序資訊以自頻率梳選擇脈衝，以做為在一第二 PRF 產生之處理頻率 f_p 之放大；進一步選擇於處理頻率 f_p 發射之脈衝以朝向所選之工件標的傳送；以及控制一射束定位系統及/或協力射束定位補償構件以將所選之脈衝導引至工件標的。

圖 2 係依據一實施例之一雷射脈衝處理系統 200 之功能方塊圖。類似顯示於圖 1 中之系統 100，系統 200 包含一 X-Y 定位器 110、一系統控制電腦 112、一內嵌控制電腦 114、以及一射束定位控制器 116。射束定位控制器 116 接收來自 X-Y 定位器 110 之定位資訊，其相對於一雷射光束 210 定位一工件 118。雖然未顯示於圖中，雷射光束 210 可以經由各種不同之光學構件沿一雷射光束路徑傳播至一折鏡 122，該折鏡 122 使雷射光束 210 轉向至工件 118。上述之 X-Y 定位器 110 可以亦包含一 Z 定位器 124，其可以連結至 X 或 Y 平台。

系統控制電腦 112 將工件 118 上處理位置之定位座標

透過一匯流排 138 傳送至內嵌控制電腦 114。在一實施例中，工件 118 包含整齊地間隔排列之元件結構，諸如可熔斷之連結，其中僅有一些被加以雷射處理。如上所述，雷射光束 210 所處理之位置被稱為標的位置，而未被雷射光束 210 處理之位置則稱為中介位置。

系統 200 同時亦包含一脈衝雷射源 212 以及一雷射次系統控制器 214(圖中顯示為「LSC」)。如圖 2 所示，在一實施例中，上述之脈衝雷射源 212 包含一光子振盪器 216、一第一光學調變器 218、以及一放大器 220。脈衝雷射源 212 可以亦包含一後端放大器 221 以及一諧振轉換器模組 223。在一實施例中，光子振盪器 216 係一如 Sun 等人提申之美國專利案號 6,574,250 中所述之鎖模振盪器，該專利讓渡予本申請案之受讓人。在此一實施例中，脈衝雷射源 212 係一鎖模脈衝雷射。或者，光子振盪器 216 可以是如 Weingarten 等人提申之美國專利案號 6,538,298 中所教示之一半導體吸收面鏡被動式鎖模振盪器。習於斯藝之人士應理解其亦可以使用其他振盪器。

上述之第一光學調變器 218 可以是，舉例而言，一聲光式調變器(AOM)、一光電式調變器(EOM)、或者是其他在該技術領域中習知之光學調變器。上述之放大器 220 及/或該後端放大器 221 可以包含，舉例而言，一光激發式增益介質(optically pumped gain medium)。該諧振轉換器模組 223 可以包含非線性晶體，用於透過習知之諧振轉換方法，將一入射輸出脈衝轉換至一較高之諧振頻率。

光子振盪器 216 中之一光子時脈 222 經由上述之雷射次系統控制器 214 提供脈衝時序資料至內嵌控制電腦 114。利用此脈衝時序資料，內嵌控制電腦 114 將間隔分開之中介位置座標加入標的位置座標以建立一向量處理梳。此向量處理梳代表一標的及中介標的向量座標之矩陣。內嵌控制電腦 114 將上述之向量處理梳經由一匯流排 140 傳送至射束定位控制器 116 中之暫存器 142。雷射次系統控制器 214 和射束定位控制器 116 使用該向量處理梳，更配合以下所述之協力射束定位補償構件，使得 X-Y 定位器 110 同步於脈衝雷射源 212 所發射之脈衝。

如以下所詳述，光子振盪器 216 於一第一 PRF（f_{osc}）發射一雷射脈衝射束。上述之第一光學調變器 218 選擇來自光子振盪器 216 之脈衝之一子集合傳送至放大器 220，以用於放大以及脈衝雷射源 212 之後續輸出。第一光學調變器 218 之輸出係於一第二 PRF，f_P。由第一光學調變器 218 所做之脈衝選擇係基於一來自時脈 222 之信號以及接收自射束定位控制器 116 之定位資料。

此系統同時亦包含一第二光學調變器 226，用以增加輸出至工件 118 之脈衝穩定性。在一實施例中，雷射次系統控制器 214 中之計時器 148 控制上述之第二光學調變器 226 以依據時序資料傳送來自脈衝雷射源 212 之脈衝。如同前述之第一光學調變器 218，第二光學調變器 226 可以是一 AOM、一 EOM、或是其他習知的光學調變元件。雖然圖中顯示其係位於脈衝雷射源 212 之外部，習於斯藝者由本說

明書之揭示應能體認該第二光學調變器 226 亦可以被包含於脈衝雷射源 212 之內部。在一實施例中，如 Baird 等人提申之美國專利案號 6,172,325(其讓渡予本申請案之受讓人)所述，上述之第二光學調變器 226 可以被控制成一雷射脈衝閘控元件或是一脈衝振幅調變器。此外，如 Sun 等人提申之美國專利案號 6,947,454(其讓渡予本申請案之受讓人)所述，上述之第二光學調變器 226 之脈衝可以是大致規律性的，且其重複率大致與脈衝雷射源 212 相同。

系統 200 亦包含射束定位補償構件，以將放大之雷射脈衝導入工件 118 上選擇之標的。上述之射束定位補償構件可以包含一聲光式偏轉器(acousto-optic deflector；即 AOD)230、一快速操控反射鏡(fast-steering mirror；即 FSM)232、一詳如後述之雷射梳索引模組(laser comb indexing module)234、前述元件之組合、或是其他光學操控構件。習於斯藝之人士將能體認，舉例而言，其亦可以使用一光電式偏轉器(electro-optic deflector)。上述射束操控構件之控制係基於光子時脈 222 以及接收自射束定位控制器 116 之定位資料。

III.示範性脈衝同步方法

圖 3 係依據一實施例之一流程圖，其例示一用以利用圖 2 所示之系統處理工件 118 之方法 300。在開始步驟 310 之後，方法 300 包含在一 PRF 設定(步驟 312)處於一處理模式之雷射次系統控制器 214 中之計時器 148，該 PRF 由光子振盪器 216 中之時脈 222 所決定。計時器 148 設定脈衝封

鎖信號 224、228 以關閉第一光學調變器 218 以及第二光學調變器 226，從而阻絕光子振盪器 216 發射之可用能量抵達工件 118。

當系統 200 準備起始一定位脈衝處理回合時，內嵌控制電腦 114 自系統控制電腦 112 接收(步驟 314)待處理工件 118 上之標的位置座標。如上所述，振盪器模組 216 中之光子時脈 222 提供脈衝時序資料至內嵌控制電腦 114。利用此脈衝時序資料，內嵌控制電腦 114 計算(步驟 316)不需要處理之標的之中介位置座標。內嵌控制電腦 114 將中介位置座標加入標的位置座標以建立一向量處理梳。此向量處理梳代表一標的及中介標的向量座標之矩陣。

內嵌控制電腦 114 將系統 200 設定為(步驟 316)一定位脈衝模式。內嵌控制電腦 114 亦將上述代表位置座標之向量處理梳經由一匯流排 140 載入(步驟 318)射束定位控制器 116 中之暫存器 142，並選擇一目前位置座標。此外，內嵌控制電腦 114 將定位脈衝模式致能資料經由一匯流排 144 傳送至雷射次系統控制器 214。計時器 148 繼續設定脈衝封鎖信號 224、228，以致使第一光學調變器 218 阻隔脈衝雷射源 212 使其無法傳送脈衝能量至工件 118。方法 300 接著依據目前位置座標移動(步驟 322)射束定位器 110。

方法 300 接著質疑(步驟 324)X-Y 定位器之一量測位置是否在容忍之精確度限制下與目前位置座標所定義之預期位置相符。射束定位控制器 116 中之射束位置編碼器 154 對比較器 152 指示出 X-Y 定位器 110 之目前位置。比較器

152將來自射束位置編碼器154之資料與儲存於暫存器142中之目前位置座標進行比較。若資料和座標在特定之限度下相符，則比較器152產生一位置符合信號150。

但是若資料和座標在該特定之限度下不相符，則比較器152發出(步驟326)一修正觸發信號(未顯示於圖中)。此方法接著補償(步驟328)定位誤差。如後續詳述於下者，其可以是藉由調整射束定位系統(例如，X-Y定位器110)及/或協力射束定位補償構件(例如，AOD 230及/或FSM 232)、產生雷射梳索引、透過一諧振器級實施一反覆控制演算法(repetitive control algorithm)、前述方式之組合、及/或本說明書所揭示之其他方法達成。

當資料及座標在特定之限度下相符，方法300啟動(步驟330)計時器148。在一實施例中，計時器148藉由施加一大致與脈衝雷射源212之輸出相符之控制信號將第二光學調變器226設定成(步驟332)一傳導狀態，使得第二光學調變器226允許脈衝被傳送至工件118。第二光學調變器226維持於該傳導狀態直到周期結束(步驟334)，此時計時器148又將第二光學調變器226設定成(步驟336)一縮減傳導狀態。在另一實施例中，第二光學調變器226在一傳導狀態維持一足以傳送脈衝之特定時間。在上述之特定時間結束時，第二光學調變器226回到一縮減傳導狀態。在另一實施例中，在第二光學調變器226處於該縮減傳導狀態之後，方法300回到步驟318以繼續進行下一個目前座標位置。

如上所述，第一光學調變器 218 選擇待放大之脈衝並以一 PRF（f_P）輸出至第二光學調變器。如 Sun 等人提申之美國專利案號 6,947,454(其讓渡予本申請案之受讓人)所教示，此技術導致第二光學調變器 226 之一熱負載(thermal loading)，無論引進之作業脈衝如何投射，其大致維持固定。此在第二光學調變器 226 達成之一致性負載降低或排除了雷射光束品質之惡化以及與熱負載變異相關聯之雷射光束指向誤差(pointing error)。脈衝和脈衝之間振幅的變異以及脈衝和脈衝之間能量的變異可以由一光偵測模組(未顯示於圖中)所感測，而其後可以控制第二光學調變器 226 之一傳輸位準之動態或預測性修正，以降低此種脈衝和脈衝之間的變異。

IV.示範性定位補償方法

如上所述，圖 3 所示之方法 300 包含當 X-Y 定位器之目前位置超過一預定位置區間時，補償(步驟 328)定位誤差。此可以以多種不同之方式達成。圖 4A、4B、4C 和 4D 係依據特定實施例例示在偵測到(步驟 410)一修正觸發信號之後用以補償(步驟 328)定位誤差之一些示範性方法之流程圖。

在圖 4A 之中，方法 328 包含提供(步驟 412)定位補償信號至一高速射束定位構件，諸如圖 2 所示之 AOD 230，以調整射束 210 相對於 X-Y 定位器 110 上之工件 118 之位置。如上所指出，其亦可以使用一 EOD。上述之定位補償信號可以包含一表示方向之數值以及有待 AOD 230 提供之

偏轉量。此等數值可以由比較器 152 及/或位置編碼器 154 提供(例如，經由雷射次系統控制器 214)，其決定位置編碼器 154 所量測之 X-Y 定位器 110 之目前位置與一儲存於暫存器 142 中之預定位置間之差異。

方法 328 可以質疑(步驟 414)AOD 230 提供的調整是否足以彌補定位誤差，並持續更新(步驟 416)定位補償信號直到射束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。舉例而言，雖然未顯示於圖 2 之中，雷射光束 210 之位置可以由一光偵測模組偵測，其提供位置修正回授至 AOD 230。

在圖 4B 之中，方法 328 包含提供(步驟 412)定位補償信號至圖 2 所示之 FSM 232，以調整射束 210 相對於 X-Y 定位器 110 上之工件 118 之位置。如同圖 4A 所示之實施例，上述之定位補償信號可以包含一表示方向之數值以及有待 FSM 232 提供之偏轉量。此外，方法 328 可以質疑(步驟 414)FSM 232 提供的調整是否足以彌補定位誤差，並持續更新(步驟 416)定位補償信號直到射束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。

圖 4C 係圖 4A 及 4B 之結合，其中方法 328 包含提供(步驟 420)一主要定位補償信號至 AOD 230 並提供(步驟 422)一次要定位補償信號至 FSM 232。同樣地，方法 328 可以質疑(步驟 414)AOD 230 及/或 FSM 232 提供的調整是否足以彌補定位誤差。方法 328 可以更新(步驟 416)上述之主要定位補償信號和次要定位補償信號其中之一或二者，直到射

束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。在一實施例中，方法 328 先更新上述之主要定位補償信號，判定進一步之調整是否足夠，若不足夠，則亦更新上述之次要定位補償信號。此程序可以一直重複直到射束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。

在圖 4D 之中，方法 328 包含提供(步驟 424)定位補償信號予雷射梳索引模組 234。雷射梳索引模組 234 依據一預定之補償量(例如，定位補償信號所表示之量)改變(步驟 426)向量處理梳中之一雷射梳索引 k。雷射脈衝索引 k 係一整數值，用以決定來自光子振盪器 216 的哪一個脈衝將使用第一光學調變器 218 自脈衝雷射源 212 傳送。如以下參見圖 5 之說明，雷射梳索引 k 藉由增加或減少一第二頻率梳(f_P)以產生一偏移頻率梳(f_P')。在所示之實例中，在第一光學調變器 218 選擇光子振盪器脈衝數目 m = 1 之後，雷射梳索引模組 234 將雷射梳索引 k 設成一偏移量 1(k=1)，從而造成其後光子振盪器脈衝數目 m = 12 在偏移處理頻率梳 f_P'之放大。

圖 5 依據一實施例圖繪式地例示一向量處理梳之使用。如圖所示，光子振盪器 216 以一第一 PRF f_{osc}提供一連串脈衝 510。介於連續脈衝 510 間之時間(脈衝間隔周期)可以是在大約 1 奈秒至大約 100 奈秒之等級。其亦可以使用大於大約 100 奈秒之脈衝間隔周期。習於斯藝之人士將進一步理解，其亦可以使用具有小於大約 1 奈秒脈衝間隔周期之極小型振盪器。在此等速度之下，射束定位系統(例

如，X-Y 控制器 110)可能難以或無法以雷射光束 210 精確地對齊工件 118 上之特定標的。此外，放大器 220 可能難以或無法有效地放大光子振盪器 216 提供的每一脈衝。因此，第一光學調變器 218 於一第二 PRF f_P 運作，選擇每一第 n 個脈衝以傳送至工件 118。上述之第二 PRF $f_P = f_{OSC}/n$。在圖 5 所示之實例中，處理頻率索引 n = 10，其使得傳送之脈衝(例如，當未藉由遞增雷射梳索引 k 進行定位補償之時)對應至振盪器頻率梳脈衝 m = 11、m = 21、m = 31，等等。習於斯藝者由此處之揭示應能體認其可以使用任何其他之整數值做為上述之處理頻率索引 n。舉例而言，其可以選擇上述之處理頻率索引 n 使得 X-Y 定位器 110 能夠在第二 PRF f_P 於標的間移動，同時將定位誤差維持於特定限度之內。

如圖 5 所進一步顯示，雷射梳索引 k 可以在二連續脈衝間增加整數個光子振盪器脈衝間隔長度，而未對系統控制電腦 112 控制之雷射 PRF(例如，f_P)有所修改。在此實例中，在一第一脈衝 m=1 因放大被第一光學調變器 218 傳送之後，雷射梳索引 k 被從 k=0 增加為 k=1。由於 n = 10 並未改變，在對應至偏移處理頻率 f_P'之每一脈衝 m = 12、m = 22、m = 32、m = 42 …之間，仍舊有 10 個脈衝自光子振盪器 216 發出。因此，在第一脈衝 m = 1 之後雷射梳索引 k 之增加使得第一光學調變器 218 在處理梳中傳送之後續連串脈衝 m = 12、m = 22、m = 32、m = 42 …均在時間上位移 $1/f_{OSC}$之一整數值，同時作業脈衝所賴以發射之新 PRF f_P' 等於 f_P。

再次參見圖 4D，方法 328 可以亦包含在增加雷射梳索引 k 之後選擇性地封鎖(步驟 428)投射於第二光學調變器 226 上之一第一脈衝 m = 12，以維持脈衝振幅之穩定。使用第二光學調變器 226 封鎖第一脈衝 m = 12，使得一穩定時間間隔可以促使緊隨於脈衝間隔周期長於(或短於)$1/f_P$之雷射梳索引動作後之脈衝振幅可以維持穩定。

增加二連續脈衝間之雷射梳索引 k 在工作表面造成之雷射光束位移等於(k 之位移)*(射束定位器速度*($1/f_{OSC}$))。舉一例示性數值實例，若 f_{OSC} = 10 百萬赫茲，f_P = 1 百萬赫茲且射束定位器速度 = 500 奈米/微秒、k 之位移=1(例如從脈衝 m = 10 移至脈衝 m = 11)，則將造成之工作表面位移為(500 奈米/微秒 x 0.1 微秒) = 50 奈米。在同一實例中，若 f_{OSC} = 100 百萬赫茲，則工作表面位移= 5 奈米。此等數值代表一雷射梳之擴增能力，其可以進一步輔助射束位移以及其他定位構件以使得工作雷射脈衝可以截住指定之工件標的位置。如同習於斯藝之人士所將體認，在 PRF f_P之脈衝叢可以選擇性地被運用及被進行雷射梳索引，其由內嵌控制電腦配合射束定位控制器 116 所控制。

習於斯藝者應能經由本揭示體認到，揭示於此用於定位誤差補償之任一實施例均可以被組合以增進速度及精確性。此外，定位誤差補償並不限於圖 4A、4B、4C、4D 以及圖 5 中所示之實施例。舉例而言，在另一實施例中，經由運用諧振器級之反覆控制演算法，伺服追蹤誤差可以被減低至趨近於零。在此實施例中，標的處理回合被控制為

高速度及高加速度。承墊平台固定地重複相同之動作(無間斷之運動曲線)，其使得遞迴式學習演算法(iterative learning algorithm)可以將可重現之誤差降低至可接受的容忍範圍之內。其從而可以運用射束補償構件以加入進一步的補償，如前所述。

更進一步而言，或者在其他實施例中，射束偏轉構件(例如，前述之 AOD 230 或 FSM 232)可以操控射束 210 以修正與時間結合之速度誤差。若速度過於緩慢，則系統 200 可以跳過一雷射脈衝以保持在射束操控元件的偏轉範圍之內。若速度過高，致使系統 200 超出偏轉元件的範圍，則系統 200 可以在一第一回合處理特定之連結，而後執行一第二或額外之回合以處理其他標的。一般而言這可能是不可行的，因為其通常會增加處理時間。因此，在某些實施例之中，系統 200 可以用比 PRF*標的間距之乘積更緩慢的速度處理一連結回合，使得最差之狀況絕不會超過 PRF*間距。

在一另外之實施例中，光子振盪器 216 發出之單一或多個脈衝可以被直接運用於光子振盪器單位脈衝之輸出能量足以有效率地進行工件光子梳雷射處理之作業中。

V.使用調變子束陣列之示範性光子銑削

在一實施例中，本說明書所述之系統及方法被運用於包含半導體連結結構之工件標的的陣列銑削。如後所述，顯示於圖 2 之雷射脈衝處理系統 200 可以包含一光子銑削次系統，用以自脈衝雷射源 212 發出之雷射光束 210 產生

一子束陣列。此光子銑削次系統調變每一子束並將調變後之子束陣列輸出至工件 118 上之標的。系統控制電腦 112 及/或內嵌控制電腦 114 用以判定從調變後之子束陣列中可被運用以處理一特定工件結構之脈衝數目。更進一步而言，或在另一實施例中，其藉由改變插入於主振盪器中之光譜頻帶構件而程式設定一微微秒級 MOPA 雷射源之脈衝寬度。在某些實施例中，上述之主振盪器被用以做為射束定位系統之一參考時序構件，如上所述。

如後所述，其可以使用，舉例而言，傾斜反射平板以產生上述之子束陣列。其亦可以使用，舉例而言，極化分光及重組光學模組以產生上述之子束陣列。其亦可以使用一或多個繞射光學構件以產生上述之子束陣列(參見以下圖 20 之說明)。

上述之光子銑削次系統可以包含各種不同之雷射源。在一實施例中，該雷射源包含二極體激發被動式鎖模 MOPA，用以在大於大約 10 仟赫茲，最好在大約 100 仟赫茲以上，之 PRF 產生適當之單位脈衝能量。其可以使用應用一光纖主振盪器之串聯式光子放大器(tandem photonic amplifier)，如 Baird 等人提申之公開編號 WO 2008/014331 之國際專利申請案中所述。在某些此種實施例中，上述之光纖主振盪器提供其脈衝持續期間之範圍介於大約 100 飛秒到大約 500 微微秒間之雷射脈衝。在又另一實施例中，其可以使用一脈衝主振盪器光纖功率放大器(master oscillator fiber power amplifier；簡稱 MOFPA)。

圖 6 係依據一實施例之用以使用動態射束陣列處理工件標的之一光子銑削次系統 600 之功能方塊圖。光子銑削次系統 600 包含一雷射源 610、調適光學模組(conditioning optics)612、一子束產生模組 614、一子束調變器 616、一光偵測模組 618、以及子束投送光學模組 620。

一來自雷射源 610 之雷射光束 622 經由射束調適光學模組 612 被導向子束產生模組 614。如後續所詳述，子束產生模組 614 將雷射光束 622 分割成一子束陣列 624。為了說明之目的，其可以假設子束陣列 624 係一 q、x、r 子束陣列 624，其中之 q 代表在一第一方向(例如，列)上之子束數目，而 r 則代表該陣列中一第二維度(例如，行)之子束數目。子束產生模組 614 輸出該 q、x、r 子束陣列 624 至子束調變器 616，其衰減每一入射子束至一指定之輸出子束能量值。子束調變器 616 輸出一調變後之 q、x、r 子束陣列 626，其被光偵測模組 618 取樣並輸出至子束投送光學模組 620。子束投送光學模組 620 將上述之調變後 q、x、r 子束陣列 626 聚焦至工件 118 之上。該調變後 q、x、r 子束陣列 626 中之每一子束之能量數值由，舉例而言，圖 2 所示之系統控制電腦 112 設定之。

(A) 用於光子銑削之雷射源和調變方法

在一實施例中，上述之雷射源 610 包含脈衝雷射源 212，如圖 2 及以上說明所詳述。

在另一實施例中，雷射源 610 包含一串聯式光子放大器，其使用一微微秒級光纖主振盪器。在一此種實施例之

中，基本雷射輸出可以在其後連結至一諧振轉換模組(諸如圖 2 所示之諧振轉換模組 223)以產生諧振輸出。上述之串聯式光子放大器可以加入二極體激發式光纖主振盪器，其發射之脈衝寬度範圍介於大約 500 奈秒到大約 1 微微秒之間，波長之範圍介於大約 2.2 微米到大約 100 奈米之間，且波長範圍最好是介於大約 2.0 微米到大約 200 奈米之間。

調變方法可以包含種子二極體之直接調變、脈衝或連續波(continuous wave；以下簡稱 CW)種子輸出之外部調變、或者 AOM 及/或 EOM 對功率放大器級輸入之外部調變。其亦可以使用供應至功率放大器級之激發電源之調變以進一步修改雷射源 610 所產生之脈衝時序形態。

在另一實施例中，雷射源 610 包含一 Q 型開關二極體激發式固態雷射，其發射之脈衝寬度範圍介於大約 500 奈秒至大約 100 微微秒之間，波長範圍則介於大約 2.2 微米至大約 150 奈米之間。雷射源 610 可以使用腔內(intracavity)或腔外(extracavity)諧振轉換光學模組。雷射源 610 可以具有 CW 發射之能力。在此情況下，輸出至 Q 型開關之 RF 區間閘(RF window gate)之調變提供時序上脈衝形狀之控制。其亦可以使用供應至固態雷射之二極體激發電源之調變以進一步修改雷射源次系統所產生之脈衝時序形態。

在另一實施例中，雷射源 610 係一 MOPA，其發射之脈衝寬度範圍介於大約 100 微微秒至大約 10 飛秒之間，波長範圍則介於大約 2.2 微米至大約 150 奈米之間。雷射源 610 可以使用腔內或腔外諧振轉換光學模組。調變方法可以包

含二極體激發式調變或者 AOM 及/或 EOM 對功率放大器輸入端之外部調變。其亦可以使用供應至功率放大器之激發電源之調變以進一步修改雷射源 610 所產生之脈衝時序形態。在一實施例中，上述之主振盪器係一光纖雷射主振盪器，而上述之功率放大器係一光纖功率放大器。習於斯藝之人士將能體認此架構係一超快光纖雷射。

在又另一實施例中，雷射源 610 包含一可調整脈衝寬度之 MOPA，其發射之脈衝寬度範圍介於大約 100 微微秒至大於 10 飛秒之間，波長範圍則介於大約 2.2 微米至大約 150 奈米之間。圖 7A 係依據一實施例之一可編程脈衝寬度光子銑削系統 700 之功能方塊圖。系統 700 包含一圖形使用者介面(graphical user interface；以下簡稱 GUI)以經由一系統控制電腦 112 提供脈衝寬度之選擇、次系統控制電子模組 712、以及一光子銑削次系統 600'，其包含一具有一可編程脈衝寬度構件 714 之雷射源 610'。使用者可以利用脈衝寬度選擇 GUI 710 以選擇性地改變雷射源 610'所產生的雷射光束 622 之脈衝寬度。依據使用者的選擇，次系統控制電子模組 712 控制可編程脈衝寬度構件 714 以調整脈衝寬度。

在一此種實施例之中，上述之可編程脈衝寬度構件 714 被插入主振盪器之中以允許雷射源 610'脈衝寬度之個別調整性，其調整範圍介於大約 50 微微秒至大約 10 飛秒之間。舉例而言，圖 7B 係依據一實施例之如圖 7A 所示之光子銑削次系統 600'之功能方塊圖，其具有一可編程脈衝寬度構件 714 整合一 MOPA 718 之主振盪器 716。上述之 MOPA 718

包含一功率放大器 720。在圖 7B 所示之示範性實施例中，可編程脈衝寬度構件 714 包含一可編程帶通濾波器(programmable bandpass filter)。

具有可編程脈衝寬度構件 714 之雷射源 610'可以使用腔內或者腔外諧振轉換光學模組。調變方法可以包含二極體激發式調變或 AOM 及/或 EOM 對功率放大器 720 輸入端之外部調變。其亦可以使用供應至功率放大器 720 之激發電源之調變以進一步修改雷射源 610'所產生之脈衝時序形態。在一實施例中，上述之主振盪器 716 係一光纖雷射主振盪器，而上述之功率放大器 720 係一光纖功率放大器。

回到圖 6，在另一實施例中，雷射源 610 包含一主振盪器再生放大器(regenerative amplifier)，其發射之脈衝寬度範圍介於大約 50 微微秒至大約 10 飛秒之間，波長範圍則介於大約 2.2 微米至大約 150 奈米之間。雷射源 610 可以使用腔內或腔外諧振轉換光學模組。調變方法可以包含二極體激發調變或 AOM 及/或 EOM 對功率放大器級輸入端之外部調變。其亦可以使用供應至功率放大器之激發電源之調變以進一步修改雷射次系統所產生之脈衝時序形態。

(B) 子束之產生

圖 8A、8B 和 8C 依據一實施例圖繪式地例示包含一離散頻帶反射板 810 之一子束產生模組 614 之各種視圖。圖 8A 圖繪式地例示上述離散頻帶反射板 810 之一側視圖，其包含一第一表面 S1 和一第二表面 S2。圖 8B 圖繪式地例示該第一表面 S1 之一正視圖。圖 8C 圖繪式地例示該第二表

面 S2 之一正視圖。如圖 8A 和 8B 所示，第一表面 S1 和第二表面 S2 包含分離的部分或帶狀區域，每一帶狀區域分別具有反射率 R1、R2、…、Rn。

如圖 8A 所示，該等帶狀區域被安排於第一表面 S1 及第二表面 S2 上，使得經由第一表面 S1 進入該離散頻帶反射板 810 之一輸入雷射光束 622(例如，由雷射源 610 提供)部分自第二表面 S2 反射而部分穿越第二表面 S2 以形成一第一子束 812。第一表面 S1 將射束中未構成該第一子束 812 的部分反射回第二表面 S2。第二表面 S2 再次部分反射該射束並部分通過該射束以形成一第二子束 814。第一表面 S1 將射束中未構成該第二子束 814 的部分反射回第二表面 S2。第二表面 S2 再次部分反射該射束並部分通過該射束以形成一第三子束 816。此過程一直重複直到該離散頻帶反射板 810 產生一預定數目之子束成為子束陣列 624。雖然未顯示於圖中，但子束產生模組 614 可以包含一或多個射束分光器以將部分之輸入雷射光束 622 導向多個離散頻帶反射板 810 而產生一 q、x、r 子束陣列 624。

圖 9 係依據另一實施例之一子束產生模組 614 之功能方塊圖。此示範性實施例中之子束產生模組 614 包含一第一四分之一波板(quarter wave plate)910、一極化射束分光稜鏡(polarizing beamsplitter cube)912、一第二四分之一波板 914、一第一反射鏡 916、一第三四分之一波板 918、以及一第二反射鏡 920。第一四分之一波板 910 接收一入射線性極化雷射光束 622 並傳送一圓形極化射束進入極化射束分

光稜鏡 912。該圓形極化射束的一部分被經由該極化射束分光稜鏡 912 之一輸出表面傳送出去而成為一第一子束 922。該圓形極化射束的另一部分被反射進入該極化射束分光稜鏡 912 之一第一通道，於其中經由第二四分之一波板 914 被導向第一反射鏡 916。該射束自第一反射鏡 916 反射並第二次通過第二四分之一波板 914 而成為 p 偏極化 (p-polarized)。上述之 p 偏極化成分進入極化射束分光稜鏡 912 之一第二通道，於其中經由通過第三四分之一波板 918、反射自第二反射鏡 920、再次通過第三四分之一波板 918 的類似行程之後，自極化射束分光稜鏡 912 之輸出表面發出而成為一第二子束 924。更多子束陣列產生模組 614，諸如圖 9 所示者，可被用以產生一 q、x、r 子束陣列 624 中之更多子束。更進一步而言，或在另一實施例中，一或多個繞射光學構件 2010 可以產生一 q、x、r 子束陣列 624 中之子束，如圖 20 所示。繞射光學構件 2010 可以包含一格柵形狀以產生二維或三維陣列 624 中之子束之預定分佈。

回到圖 9，第一子束 922 與第二子束 924 可以是大約在同一直線上或者由於子束陣列產生模組 614 之光學組件對齊上的變異可以彼此隨機式地偏離。然而，習於斯藝者應能由本揭示體認到，其可以將一受控制之偏移量加入子束陣列產生模組 614 之光學組件中，使得第一子束 922 和第二子束 924 之路徑大致彼此平行並相距一預定之距離。舉例而言，圖 9 所示之第二反射鏡 920 可以被置換成其相交之頂點位於平行於上述極化射束分光稜鏡 912 之中點之一

直線上的一對反射鏡(未顯示於圖中)。舉另一實例，上述之偏移可以藉由以一互補之方式(例如，其中之一順時鐘方向旋轉而另一個逆時鐘方向旋轉)使反射鏡 916、920 稍微傾斜而達成。習於斯藝之人士應能體認其他使第一子束 922 和第二子束 924 之路徑彼此偏移之方式。

(C) 標的對齊

在一實施例中，系統控制電腦 112 控制圖 2 所示之 X-Y 定位器 110 以協調調變後的 q、x、r 子束陣列 626 之投送，其由子束投送光學模組 620 將其聚焦於工件 118 上之特定標的。在一實施例中，其相對於每一可定址之子束均產生一目前位置信號。其可以運用獨立式或多通道射束位置補償構件配合雷射梳索引，如上所述，以將目前位置控制於特定之精確限度之內。

工件標的可以包含，舉例而言，配置於一半導體元件上的導電連結。如上所述，其可以使用雷射脈衝以移除 DRAM 元件上連至故障記憶體單元之導電連結。此等導電連結可以配置成一維或二維之型態。舉例而言，圖 10 圖繪式地例示常使用於導電連結 1010 之各種不同之樣式。所顯示的樣式包含階梯樣式 1012、叉型樣式 1014、魚骨樣式 1016、以及交錯樣式 1018。習於斯藝者由此處之揭示應能體認其可以使用任何其他樣式。

在一實施例中，系統控制電腦 112 使 X-Y 定位器 110 運作於一步進重複模式，以將聚焦調變後之 q、x、r 子束陣列 626 在空間上匹配工件標的。舉例而言，圖 11 係依據一

實施例之用以利用一子束陣列624處理一組標的(諸如圖10所示之導電連結1010)之方法1100之流程圖。在開始步驟1110之後，方法1100包含將複數個子束路徑對齊該組標的(步驟1112)。舉例而言，系統控制電腦112可以控制X-Y定位器110和子束投送光學模組620，以使得q、x、r個子束路徑與安排成工件118上一樣式之q、x、r個標的在空間上對齊。

在對齊子束路徑與標的之後，雷射源610產生(步驟1112)一雷射脈衝622、子束產生模組614將該雷射脈衝分割(步驟1116)成一子束陣列624、子束調變器616調變(步驟1118)子束陣列624、以及子束投送光學模組620對調變後之子束陣列626進行聚焦(步驟1120)。方法1100接著以聚焦且調變後之子束陣列626處理(步驟1122)該組標的，以及質疑(步驟1124)是否有其他組待處理之標的。若有其他組待處理之標的，則系統控制電腦112將子束路徑與該組新標的對齊(步驟1112)並重複方法1100。當所有標的均處理完畢之時，方法1100結束(步驟1126)。

在另一實施例中，系統200控制電腦112使工件標的間距匹配雷射PRF、子束陣列間距、以及X-Y射束定位器110之速度，使得一工件標的被由多個子束投送之單一脈衝之總和循序處理。圖12依據一實施例圖繪式地例示工件標的間距1208與子束間距1210間的關係。如圖所示，子束1212間的距離或間距(子束間距1210)與標的1214間的間距(標的間距1208)和雷射源610之PRF間的關係可以表如下

式：

c x (子束間距) = d x (工件標的間距)，

其中 c 和 d 是整數，而：

工件標的間距 = 平台速度/PRF，

且其中整數 c 和 d 之選擇最好使得：

c/d = 一整數值。

在圖 12 之中，子束間距 1210 被表示為$(\Delta x_{BL})^{i,j}$而工件間距 1208 被表示為$(\Delta x_p)^h$，其中之 i 是子束數目索引，j 是脈衝數目索引，而 h 則是工件標的索引。因此，舉例而言，自一特定脈衝 j 產生之一特定子束 i 於此可以表示成(bi:pj)。當平台以一固定之速度行進時(在沒有循序掃描之情況)，可以投送至每一工件標的最大脈衝數目等於子束之數目（i）。舉一實務上的例子，考慮從每一連續雷射脈衝 j 產生三個子束 1212(i = 3)之情形。此例中，當連續雷射脈衝自一雷射源發出，一雷射光束路徑從圖 12 所示之工件標的 1214 左側移到右側。一第一工件標的 1214 依序由產生自一第一脈衝之一第三子束 1212 (b3:p1)、產生自該第一脈衝之一第二子束(b2:p1)、以及產生自該第一脈衝之一第一子束(b1:p1)處理。一第二工件標的 1214 由一第二脈衝之一第三子束 (b3:p2)、該第二脈衝之一第二子束(b2:p2)、以及該第二脈衝之一第一子束(b1:p2)處理。

(D) 子束振幅控制

在一實施例中，經由聚焦和調變後之子束陣列 626 係在振幅上可定址的。陣列 626 中每一子束 1212 之振幅被表

示成 $b_j:p_i:A$，其中 A 係一介於 0 和 1 之間的實數，0 表示最小脈衝振幅，1 表示最大脈衝振幅，且其中之居間數值表示介於最小和最大數值間的比例振幅數值。舉一實務上的例子，同樣考慮三個子束之情況(i = 3)，假設第一標的 1214 和第三標的 1214 係由一最大脈衝數目和一單位脈衝最大振幅所銑削，且假設第二標的 1214 並未銑削，則光子銑削樣式可以被程式設定成：

第一工件標的：(b3:p1:1)；(b2:p1:1)；(b1:p1:1)，

第二工件標的：(b3:p2:0)；(b2:p2:0)；(b1:p2:0)，

第三工件標的：(b3:p3:1)；(b2:p3:1)；(b1:p3:1)。

在一實施例中，圖 6 所示之光偵測模組 618 係用以即時計算每一子束 1212 施加至一特定工件標的 1214 的總能量。光偵測模組 618 提供一誤差修正補償信號至子束調變器 616 以調整連續子束之振幅 $b_j:p_i:A_{i,j,h}$。此使得投送至工件標的 1214 之單位脈衝總能量可以被極為精細地控制。其亦使得施加至一特定標的 1214 之總能量可以被準確地控制。舉例而言，上述之光偵測模組 618 可以判定施加至一特定標的 1214 之一連串子束 1212 之總能量符合或超過一特定門檻值。當該門檻值符合時，光偵測模組 618 可以控制子束調變器 616，以阻絕額外之子束 1212 使其無法傳送至該特定標的 1214。習於斯藝者應能由本揭示體認到其亦可以使用其他構件以控制單位脈衝能量，或施加至一特定標的 1214 之總能量。例如，光偵測模組 618 可以提供回授至圖 7A 和 7B 所示之可編程脈衝寬度構件以調整雷射源

610'所提供之脈衝能量。

VI. 示範性長列處理

本說明書所揭示的系統及方法可以使用於一長列處理實施例，其中脈衝之偏轉可以沿工件上標的結構之一列，或相鄰的列之中，即時發生。如上所述，圖 2 所示之光子振盪器 216 於一高 PRF(例如，從數十仟赫茲到數百萬赫茲)提供脈衝，其可以藉由射束定位構件(例如，AOD 230、FSM 232、及/或雷射梳索引模組 234)在一移動之處理區間中加以控制。

舉例而言，圖 13 描繪一晶圓 1310 之處理。一傳統式循序連結切斷程序需要在每一連結處理回合中掃描 X-Y 移動平台 110 上之晶圓 1310 一次。對晶圓 1310 反覆地來回掃描而完成整個晶圓處理。機器之來回掃描基本上先處理所有的 X 軸連結處理回合 1312(圖中以實線顯示)，再處理 Y 軸連結處理回合 1314(圖中以虛線顯示)。此例僅係用以示範。其可能使用它種架構之連結處理回合和處理模式。例如，其可能藉由移動晶圓或光學模組軌道以處理連結。此外，連結排和連結處理回合可能不是以連續移動之方式處理。

舉例而言，就包含 DRAM 之一晶圓 1310 而言，記憶體單元(未顯示於圖中)可能是位於介於 X 軸連結處理回合 1312 和 Y 軸連結處理回合 1314 間之區域 1316。基於示範之目的，晶圓 1310 接近一 X 軸連結處理回合 1312 和一 Y 軸連結處理回合 1314 之交接處的一部分被放大，以例示配

置於連結團或連結排中之複數個連結 1318。一般而言，連結排係靠近一晶粒之中心、靠近解碼器電路、且不在任何記憶體單元之陣列上方。連結 1318 涵蓋整體晶圓 1310 中一極小之區域。

圖 14、17、和 18 提供用於長列處理之其他示範實施例，其目的僅用以例示。習於斯藝之人士將能體認，參照圖 14、17、和 18 說明之長列處理之原理可以套用於本說明書所述之其他實施例(例如，圖 2)。

圖 14 係依據一實施例之包含一 AOD 1410 之一雷射處理系統 1400 之示意圖。AOD 1410 包含一用以偏轉一雷射 1414 發出之一脈衝雷射光束 1412 之極高速元件，使得其可以將二個連續脈衝投送至側向相隔排列之二個連結排中之二個不同連結。在一實施例中，AOD 1410 係用以偏轉一個維度上(例如，垂直於一掃描方向)的雷射脈衝。在另一實施例中，AOD 1410 係用以偏轉二個維度上(例如，垂直於一掃描方向以及平行於該掃描方向)的雷射脈衝。在其他實施例中，其使用二個 AOD 以在二個維度上產生偏轉。

在一實施例中，雷射處理系統 1400 亦包含一開關 1416，用以允許或阻絕雷射脈衝抵達一工件 1418(例如，包含複數連結之一半導體晶圓)。上述之開關 1416 可以包含一 AOD 或聲光式調變器(AOM)元件。然而，在一實施例中，開關 1416 及 AOD 1410 包含單一元件，用以選擇性地將脈衝雷射光束 1412 導向一射束截止器(beam dump，未顯示於圖中)以阻絕雷射脈衝使其無法抵達工件 1418。

且如圖 14 所示，雷射處理系統 1400 可以同時亦包含一中繼透鏡 1422 以將不同偏轉射束路徑(例示於圖中離開 AOD 1410 之一實線和一虛線)導向一反射鏡 1424(或是諸如一 FSM 之其他轉向元件)上之同一位置，其對應至一聚焦透鏡 1426 之進入點。此系統運作之時，AOD 1410 提供的不同偏轉角度致使不同脈衝被導向工件 1418 上的不同位置。雖然未顯示於圖中，在一實施例中，用以執行儲存於一電腦可讀取媒體上之指令之控制器控制 AOD 1410，使其選擇性地將一連串雷射脈衝偏轉至工件 1418 上的預定位置。

習於此藝者應能由本揭示體認出系統 1400 僅係用以示範，其亦可能應用其他系統架構。實際上，以下提供各種不同之其他示範系統實施例。

圖 15 係一示意圖，其依據一實施例例示掃描複數個側向間隔排列連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 之一處理區間 1500。每一連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 均包含複數個未切斷之連結 1522 以及複數個當處理區間 1500 掃描過該複數個連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 時被一連串雷射脈衝切斷之連結 1524。

在一實施例中，一雷射處理系統 1400 係用以切斷在移動處理區間 1500 內的任何連結 1522、1524。因此，不使用六個個別之連結處理回合處理包含於圖 15 所示的實例中之六個連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520，系統 1400 在單一行程內處理所有的六個連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520，此巨幅地增進系統之生產量。

在一實施例中，舉例而言，一個包含一經由單一射束路徑提供之 100 仟赫茲雷射、一 50 微米 x50 微米處理區間、和一低效能平台(例如，每一座標軸 1 G 加速度及 20 毫秒穩定時間)之系統，可以比起傳統連結處理系統而具有二至三倍之生產量增加。此一系統之競爭力將不遜於一包含高 PRF 雷射(例如，300 仟赫茲)和高效能平台(例如，每秒 1 米之連結處理回合、5 G 加速度、以及 0.001 秒之穩定時間)之雙射束系統。而建立具有較低效能平台之系統可能遠遠較為容易且代價低廉。此外，單射束系統可能較建立雙射束系統容易且便宜。

在一實施例中，處理區間 1500 以一大致連續之移動方式掃描過該複數個連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 而切斷該複數個連結 1524。在另一實施例中，處理區間 1500 以一連串分散之移動逐步越過該複數個連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520。在一此種實施例中，處理區間在每一步或每一移動之間包含二組彼此互斥之連結組 1522、1524。因此，在處理區間 1500 移動至一包含一第二(且不同的)組連結之第二位置之前，系統 1400 可以在一第一位置於處理區間 1500 之內在沿著軸的方向和與軸交叉的方向處理一第一組連結 1522、1524。在另一實施例中，處理區間 1500 在掃描方向採用較小之步幅，使得當分別對應至連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 之一群(例如，一行)連結 1522、1524 在一步幅期間進入掃描區間 1500 時，另一群連結 1522、1524 離開掃描區間

1500。因此，系統 1400 在每一步幅之間處理在不同連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 中之一群或一行側向間隔排列之連結 1522、1524。

習於斯藝者由本揭示應能理解，取決於處理區間 1500 與連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 之相對大小，系統 1400 可以在單一行程內處理超過六個連結排。此外，系統 1400 可以在單一行程內處理少於六個連結排，包含，舉例而言，在單一行程內處理單一連結排。

習於斯藝者由本揭示亦應能理解，系統 1400 並不限於在處理區間 1500 內處理大致平行之側向間隔排列之連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520。實務上，通過處理區間 1500 之連結 1522、1524 可以安排成任何樣式。切斷之連結 1524 亦可以依任何順序切斷。此外，雖然圖 15 顯示在 X 方向(水平方向)之固定掃描方向，該掃描方向亦可以是在 Y 方向(垂直方向)、X 和 Y 方向之結合、及/或環繞一晶圓 XY 平面之一隨機樣式。在一實施例中，該掃描方向係選擇以使得生產量最佳化。

舉例而言，圖 16 係一示意圖，其依據一實施例例示掃描複數個沿著 X 軸側向間隔排列之連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 以及複數個沿著 Y 軸排列之連結排 1610、1612 之一處理區間 1500。在處理區間 1500 沿著 X 軸側向間隔排列之連結排 1510、1512、1514、1516、1518、1520 之單次行程中，處理區間 1500 同時亦掃過該複數個沿著 Y 軸排列之連結排 1610、1612 中之至少一部分連結

1522、1524。同樣地，如圖 16 所示，系統 1400 可以選擇性地切斷通過處理區間 1500 之任何連結 1522、1524。

在一實施例中，系統 1400 將在處理區間 1500 內切斷之連結加以揀選並排列其順序以最大化或增加生產量。為了達到此最大化或增加之生產量，系統 1400 同時亦計算一與處理區間 1500 之尺寸、任何特定時間點處理區間 1500 內待切斷之連結 1522、1524 之數目、和連結切斷順序匹配之平台速度。在一此種實施例中，系統 1400 選擇一平台速度以降低被阻隔脈衝之數目。上述之平台速度亦可以被選擇以確保每一待切斷之連結均在處理區間 1500 的單一行程中被切斷。在一實施例中，上述之平台速度可以是固定的。

在其他實施例中，平台速度可以隨著目前通過處理區間 1500 之待切斷連結 1524 之數目而變化。舉例而言，當通過處理區間 1500 之待切斷連結 1524 之數目較少時，系統 1400 可以增加平台速度。當通過處理區間 1500 之待切斷連結 1522、1524 之數目較多時，系統 1400 可以降低平台速度。

在一實施例中，其藉由在一群連結處理回合中找出處理區間 1500 內連結之最大數目(N_{MAX})以決定一最大平台速度 V_{SMAX}。舉例而言，最大平台速度 V_{SMAX} 可以被設定成處理區間 1500 之寬度(AOD_{width})乘以 PRF 除以 N_{MAX}。此提供最大平台速度 V_{SMAX} 的一個適當之估計。然而，在一實施例中，系統 1400 考慮處理區間 1500 中可能「列隊等候」之連結 1522、1524，其在速度超過上述限制時，在連結處

理回合之短促區段中為尚未處理之連結提供一緩衝區。取決於連結處理回合之密度，此等候之列隊可以在一介於大約 50%至大約 100%的範圍內增加平台速度。此種改善效果在某些實施例之中可能因為加速/減速時間以及無法避免之佔用時間(overhead)而減弱。在一實施例中，利用等候列隊決定最大平台速度 V_{SMAX} 係一遞迴之程序，其中當逼近真實之最大速度時，「連結等候列隊」之氾濫變得極為非線性。在此等實施例中，更多線性現象之引入可以藉由，舉例而言，過濾連結密度、對一特定速度計算一「連結流量」、以及給定一最大「處理流量」(PRF 乘以連結間距)而計算處理區間 1500 中容許之「累積量」。

為了在移動之處理區間 1500 內切斷任何連結 1524，圖 14 所示之 AOD 1410 之定位精確度精密到足以在整個處理區間 1500 中維持系統精確度。所示之高數值孔徑透鏡具有大約 50 微米之掃描區域。此外，其可能需要具有一優於平均值加 3 個標準差(sigma) < 0.18 微米之系統連結切斷精確度。舉例而言，若 AOD 1410 在容許之誤差下貢獻大約 20 奈米之系統不準確度，則 AOD 1410 依據一實施例具有一大約 2500 分之 1 的定位精確度。

圖 17 係依據一實施例之包含二個偏轉元件之一雷射處理系統 1700 之示意圖。系統 1700 包含雷射 1414、開關 1416、AOD 1410、中繼透鏡 1422、反射鏡 1424、以及聚焦透鏡 1426，如圖 14 中所述。然而，系統 1700 在射束路徑中同時亦包含另一 AOD 1712 以及另一中繼透鏡 1714。

在一實施例中，AOD 1410被用以偏轉X方向上之雷射光束，而AOD 1712則用以偏轉Y方向上之雷射光束。中繼透鏡1422接續從AOD 1410到AOD 1712之雷射光束。中繼透鏡1714接續從AOD 1712到反射鏡1424之雷射光束。因此，系統1700可以使雷射脈衝轉向至二個方向。然而，在一實施例中，圖14所示之AOD 1410包含能夠使雷射光束在二個方向偏轉之單一元件。

圖18係依據一實施例之包含一遠心角偵測器1814之一雷射處理系統1800之示意圖。在此實施例中，一部分透明反射鏡1810將部分雷射光束導向至聚焦透鏡1426，並將部分雷射光束經由一額外中繼透鏡1812導向至遠心角偵測器1814。上述之遠心角偵測器1814可以包含一四元檢測器(quad cell)、一PSD、或一用以偵測射束角度之攝影機偵測器。如上所述，上述之遠心角偵測器1814可用以提供回授至AOD 1410及AOD 1712二者或其中之一，以進行誤差修正及/或校準。

在一實施例中，系統1400利用單一脈衝在處理區間1500中處理個別連結1524以切斷每一連結1524。AOD 1410在處理區間1500於掃描方向上行進時，在二個連續的雷射脈衝之間將聚焦連結脈衝之位置迅速地轉向處理區間1500內之連結1524。雖然一傳統連結處理系統可以阻絕一極高PRF雷射產生之脈衝的大約一半到大約99%，系統1400可以使用此等脈衝的絕大部份或全部。因此，生產量可以巨幅地增加而無需更快地移動工件1418。

此外，或在另一實施例中，系統 1400 可以在利用 AOD 1410 將後續脈衝轉向至工件 1418 上之其他位置之前，以二或多個脈衝處理工件 1418 上之單一位置。舉例而言，在將雷射光束轉向至工件 1418 上之一不同位置之前，系統 1400 可以提供十個較低能量脈衝至一連結 1524。因此，系統 1400 提供一有效之方式將產生於一極高 PRF(例如，在一介於大約 1 百萬赫茲到大約 100 百萬赫茲間之範圍中)之脈衝導向至具有許多切斷之預定之目標連結 1524。

若處理區間 1500 相對於工件 1418 連續地移動，則依據一實施例 AOD 1410 可以用以追蹤以在一或多個脈衝被投送至連結 1524 時，在一聚焦光斑位置和一連結位置之間維持一不變的關係。其亦可以利用追蹤以與複數個側向間隔排列之連結維持一不變的關係。

在一實施例中，工件 1418 上之位置間的切換時間係小於一個雷射脈衝周期。在另一實施例中，上述之切換時間係該雷射脈衝周期之等級。在其他實施例中，上述之切換時間長於該開關脈衝周期。因此，舉例而言，若系統 1400 以十個雷射脈衝處理連結 1524 並在三或四個雷射脈衝周期內從一連結切換到下一個，則雷射 1414 能被有效地運用。

其不在切換至一新位置之前(例如，當處理區間 1500 在圖 15 和 16 所示的掃描方向上前進時)將十個脈衝全部(在上述實例之中)投送至單一連結 1522、1524，而是可以將二或更多個脈衝投送至二或更多個側向間隔排列之連結 1522、1524(例如，垂直於掃描方向間隔排列)。舉例而言，

其可能需要將單一脈衝投送至六個側向間隔排列之連結1522中的每一個(圖15所示之每一連結排1510、1512、1514、1516、1518、1520中各一個)。因此，AOD 1410可以在處理區間1500移至一新的位置之前將六個連續雷射脈衝偏轉至該六個側向間隔排列之連結1522。

圖19A、19B和19C係依據特定實施例例示一連串雷射脈衝1914與個別重新定位輪廓(repositioning profile)1916、1918、1920之關係之時序圖1900、1910、1912。習於斯藝者由本揭示應能理解，顯示於圖19A、19B和19C中之時序圖1900、1910、1912僅係用以舉例，任何投送至連結之脈衝以及用以在連結間造成移位之脈衝周期均可以使用之。在圖19A所示之實施例中，單一雷射脈衝於一切斷周期中投送至一連結。舉例而言，一AOD或一高速射束偏轉器(未顯示於圖中)從而在一移位周期內之每一脈衝之間被移動或重新定位。因此，在此實例中，該連串雷射脈衝1914中的每一雷射脈衝均被投送至不同之連結。

在圖19B所示之實施例中，該AOD或高速射束偏轉器使用更多時間，相較於圖19A之實例而言，在每一切斷周期之間移位。具體而言，在一第一脈衝被投送至一第一連結之後，上述之AOD或高速射束偏轉器在一第二脈衝被投送至一第二連結之前的三個脈衝周期期間進行移位。如後所述，其可以使用一開關(例如，一額外之AOD以及一射束截止器)，以在移位周期期間阻隔未使用之雷射脈衝使其無法抵達工件之表面。

在圖 19C 所示之實施例中，一第一複數脈衝(圖中顯示九個)在一第一切斷周期期間中被投送至一第一連結，上述之 AOD 或高速射束偏轉器在數個脈衝(圖中顯示大約三個)周期期間內進行移位，而一第二複數脈衝在一第二切斷周期期間中被投送至一第二連結。然而，在一實施例中，二或更多個上述第一(及/或第二)複數個脈衝可以利用一諸如上述 AOD 1410 之高速偏轉元件在該第一(及/或第二)切斷周期期間中分散於複數個側向間隔排列之連結。因此，脈衝可以有效地分散，以儘可能在該連串雷射脈衝 1914 使用更多的脈衝。在一實施例中，所使用的脈衝數目相較於傳統連結處理系統所用的脈衝增加超過大約 1%。

對於用於處理工作表面上完全或部分重疊區域中的相同標的之雷射光斑、重疊工作表面上之不同標的致使射束之任一部分(例如，高斯尾端(Gaussian tails))發生交疊之雷射光斑、或者在一諸如脈衝能量或反射脈衝能量偵測器之偵測器發生交疊之雷射光斑而言，同調串擾(coherent crosstalk)可能是一個問題。舉例而言，當不同雷射光斑之高斯尾端發生交疊之時，二個鄰近結構(例如，連結)之間的區域內的串擾及干涉可能導致由不良之高光學能量位準造成之損害。因此，在上述之實施例中，一次只有單一雷射光斑投射至一工件之一處理區間內。二個在工件上空間交疊之連續雷射光斑並不會彼此干涉，因此得以降低或排除同調串擾問題。然而，在其他實施例中，多個光斑可以在同一時間投射入工件上的處理區間內。舉例而言，其可以

經由二或多個射束路徑提供二或多個雷射光束。

基於許多原因，當處理內含一或多個切斷之處時，其最好使用高速射束操控機制以操控聚焦光斑。

首先，其需要進行射束偏轉以在不同之連結切斷位置間切換。其次，在一處理區域相對於工件連續移動之系統中，其可能需要包含一追蹤指令。此指令在一或多個雷射脈衝投送至連結時，有助於在聚焦光斑位置與連結位置之間維持一不變的關係。一追蹤指令在多個脈衝對準同一連結之情況特別有用。

其可以使用額外之射束偏轉或操控以補償移動平台之追蹤誤差。舉例而言，若使用一平面式 XY 平台以在聚焦雷射光斑下進行晶圓之定位，則可以利用光束操控以補償殘餘 XY 平台追蹤誤差(預定軌道和實際軌道間之即時差異)。此類似於我們的 FSM 誤差補償。

其亦可以運用操控機制以修正其他形式之系統誤差或擾動。舉例而言，在 9830 平台中，我們感測最終聚焦目標之移動並利用 FSM 在工件修正光斑之移動結果。此可以利用同一操控機制完成。我們亦可以補償射束指向誤差，諸如感測到之雷射軌道指向穩定性之不準確性。此外，其亦可以利用此操控機制修正諸如熱漂移(thermal drift)之誤差。

傳送至 AOM、EOM、或其他操控機制之最終追蹤或操控指令係一或多個上述操控項目之組合或總和。其亦可能有上述未提及之理由以操控射束。

在一實施例中，高速射束操控元件之定位精確度必須夠精密以在整個處理區域維持系統精確度。所示之高數值孔徑透鏡具有大約 50 微米之掃描區域，其系統連結切斷精確度優於平均值加 3 個標準差 < 0.18 微米。若 AOD 在容許之誤差下可以允許貢獻大約 20 奈米之系統不準確度，則其將需要一大約 2500 分之 1 精確度之定位能力。此係一合理之需求。其可能需要使用某些閉迴路感測及回授修正機制以驅動 AOM 或高速射束操控元件。

實行該點之一種方式係使用 AOD 將不需要的脈衝偏轉至一射束截止器，其包含一可以量測此等未使用脈衝位置之位置感應偵測器(position sensitive detector；即 PSD)或四元檢測器。熱漂移或 AOM 校準上之變化可以藉由此技術加以偵測。

其亦可以經由 AOM 發射額外之光束並量測其偏轉之程度。舉例而言，除了切割雷射之外，其可以經由 AOM 控制一氬氖 CW 雷射，且某些其產生之偏轉 CW 射束可以在一 PSD 或四元檢測器進行控制以做為回授之目的或用以偵測漂移。

習於斯藝者應能理解，前述實施例之細節可以在未脫離本發明之基本原理下進行許多修改。本發明之範疇因此應由以下之申請專利範圍所界定。

【圖式簡單說明】

圖 1 係一傳統式雷射脈衝處理控制系統之功能方塊圖，其包含一工件(X-Y)定位器。

圖 2 係依據一實施例之一雷射脈衝處理系統之功能方塊圖。

圖 3 係依據一實施例之一流程圖，其例示一用以利用圖 2 所示之系統處理工件之方法。

圖 4A、4B、4C 和 4D 係依據特定實施例例示用以補償定位誤差之一些示範性方法之流程圖。

圖 5 依據一實施例以圖形之方式例示一向量處理梳(vector process comb)之使用。

圖 6 係依據一實施例之用以使用動態射束陣列處理工件標的之一光子銑削(photonic milling)次系統之功能方塊圖。

圖 7A 係依據一實施例之一可編程脈衝寬度光子銑削系統之功能方塊圖。

圖 7B 係依據一實施例之如圖 7A 所示之光子銑削次系統之功能方塊圖，其可編程脈衝寬度構件整合一主振盪器。

圖 8A、8B 和 8C 依據一實施例圖繪式地例示包含一離散頻帶反射板(discretely banded reflectivity plate)之一子束產生模組之各種視圖。

圖 9 係依據另一實施例之一子束產生模組之功能方塊圖。

圖 10 圖繪式地例示常使用於導電連結之各種不同之樣式。

圖 11 係依據一實施例之用以利用一子束陣列處理一組標的之方法之流程圖。

圖 12 依據一實施例圖繪式地例示工件標的間距與子束間距間的關係。

圖 13 描繪一晶圓之處理。

圖 14 係依據一實施例之包含一 AOD 之一雷射脈衝處理系統之示意圖。

圖 15 係一示意圖，其依據一實施例例示掃描複數個側向間隔排列連結排之一處理區間(processing window)。

圖 16 係一示意圖，其依據一實施例例示掃描複數個沿著 X 軸側向間隔排列之連結排以及複數個沿著 Y 軸排列之連結排之一處理區間。

圖 17 係依據一實施例之包含二個偏轉元件之一雷射處理系統之示意圖。

圖 18 係依據一實施例之包含一遠心角偵測器(telecentric angle detector)之一雷射處理系統之示意圖。

圖 19A、19B 和 19C 係依據特定實施例例示一連串雷射脈衝與個別重新定位輪廓之關係之時序圖。

圖 20 係依據另一實施例之一繞射光學構件之功能方塊圖，該繞射光學構件係用以產生一子束之陣列，以進行後續之調變並投送至一工件。

201012583

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※申請案號：98131526

※申請日：98.9.18　　※IPC 分類：B23K 26/38 (2006.01) B23K 26/06 (2006.01) B23K 26/04 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

使用動態射束陣列的光子銑削

PHOTONIC MILLING USING DYNAMIC BEAM ARRAYS

二、中文發明摘要：

一種雷射處理系統，包含一射束定位系統以相對於一工件對齊射束投送座標。上述之射束定位系統產生對應於該對齊之定位資料。此系統亦包含一脈衝雷射源以及一子束產生模組以自該脈衝雷射源接收一雷射脈衝。子束產生模組自該雷射脈衝產生一子束陣列。該子束陣列包含複數子束脈衝。此系統更進一步包含一子束調變器以選擇性地調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅，以及子束投送光學模組以將調變後之子束陣列聚焦至工件上對應至上述定位資料之位置之一或多個標的。

三、英文發明摘要：

A laser processing system includes a beam positioning system to align beam delivery coordinates relative to a workpiece. The beam positioning system generates position data corresponding to the alignment. The system also

includes a pulsed laser source and a beamlet generation module to receive a laser pulse from the pulsed laser source. The beamlet generation module generates a beamlet array from the laser pulse. The beamlet array includes a plurality of beamlet pulses. The system further includes a beamlet modulator to selectively modulate the amplitude of each beamlet pulse in the beamlet array, and beamlet delivery optics to focus the modulated beamlet array onto one or more targets at locations on the workpiece corresponding to the position data.

七、申請專利範圍：

1.一種雷射處理系統，包含：

一射束定位系統，以相對於一工件對齊射束投送座標，該射束定位系統產生對應於該對齊之定位資料；

一脈衝雷射源；

一子束產生模組，以接收來自該脈衝雷射源之一雷射脈衝，且自該雷射脈衝產生一包含複數子束脈衝之子束陣列；

一子束調變器，以調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅；以及

子束投送光學模組，以將調變後之該子束陣列聚焦至該工件上對應至該定位資料之位置之一或多個標的。

2.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，更包含一光偵測模組，用以： 取樣該子束陣列中之該子束脈衝；以及

決定該子束陣列中每一子束脈衝之一總能量。

3.如申請專利範圍第2項所述之雷射處理系統，其中該光偵測模組更用以提供一誤差修正補償信號至該子束調變器，以調整輸出至該工件上一特定標的之連續子束振幅。

4.如申請專利範圍第2項所述之雷射處理系統，其中該光偵測模組更用以：

判定投送至該工件上一特定標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和符合或超過一特定門檻值，以及

控制該子束調變器以防止更多子束脈衝抵達該特定標

的。

5.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，更包含一系統控制電腦，用以協同該射束定位系統藉由使一工件標的間距與以下項目匹配以進行該對齊：

該脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)，

一子束陣列間距，以及

介於該射束定位系統與該工件間之一相對速度(平台速度)。

6.如申請專利範圍第5項所述之雷射處理系統，其中該子束間距與該工件標的間距及該脈衝雷射源之該PRF具有以下之關係：

c x (子束間距) = d x (工件標的間距)，

其中之c和d係整數，且其中：

工件標的間距 = 平台速度/PRF，

且其中該整數c和d之選擇使得：

c/d = 一整數值。

7.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該子束產生模組包含一離散頻帶反射板，該離散頻帶反射板包含：

一第一表面，包含一第一複數個個別反射帶狀區域；以及

一第二表面，包含一第二複數個個別反射帶狀區域，

其中該第一表面係用以：

接收進入該離散頻帶反射板之該雷射脈衝；以及

連續地將接收自該第二表面的雷射脈衝的逐漸減小之部分朝著該第二表面反射回該離散頻帶反射板；且

其中該第二表面係用以：

連續地傳送接收自該第一表面之雷射脈衝之該逐漸減小之部分的一第一部分並反射其中之一第二部分，該傳送之第一部分對應至該子束陣列中之個別子束脈衝。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該子束產生模組包含：

一第一四分之一波板，以接收該雷射脈衝，並將該雷射脈衝自一線性極化轉換成一圓形極化；

一極化射束分光稜鏡，包含一第一通道、一第二通道、以及一輸出表面，該極化射束分光稜鏡用以經由該輸出表面傳送該圓形極化雷射光束之一第一部分以做為該子束陣列中之一第一子束脈衝，並將該圓形極化雷射光束之一第二部分傳送入該第一通道；

一第二四分之一波板，以將該圓形極化雷射光束之該第二部分傳送至一第一反射鏡，並接收一來自該第一反射鏡之反射，從而將該來自該第一反射鏡之反射轉換成傳回該極化射束分光稜鏡之一 p 偏極化射束，其中該極化射束分光稜鏡透過該第二通道傳送該 p 偏極化射束；以及

一第三四分之一波板，以將該 p 偏極化射束傳送至一第二反射鏡、自該第二反射鏡接收一反射、並將該來自該第二反射鏡之反射傳送回該極化射束分光稜鏡，其中該極化射束分光稜鏡經由該輸出表面傳送接收自該第三四分之

一波板之射束以做為該子束陣列中之一第二子束脈衝。

9.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該子束產生模組包含至少一繞射光學構件。

10.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含：

一光子振盪器，以在一第一脈衝重複頻率發射雷射脈衝，該第一脈衝重複頻率提供一參考時序信號以協調該射束定位系統進行相對於該工件之射束投送座標之該對齊；以及

一第一光學調變器，以在一低於該第一脈衝重複頻率之一第二脈衝重複頻率選擇該雷射脈衝之一子集合以進行放大，其中包含於該子集合中之雷射脈衝之選擇係依據該第一脈衝重複頻率以及該定位資料。

11.如申請專利範圍第10項所述之雷射處理系統，更包含一雷射梳索引模組，以依據該定位資料調整該射束投送座標之該對齊，該雷射梳索引模組係用以：

選擇該第二脈衝重複頻率以使得該第一脈衝重複頻率係該第二脈衝重複頻率之一整數倍數n；以及

依據該射束投送座標之調整量，將介於該子集合中一第一放大脈衝與該子集合中一第二放大脈衝間之一脈衝間隔時間偏移該光子振盪器脈衝間隔時間之一整數倍數k。

12.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一串聯式光子放大器，該串聯式光子放大器包含一光纖主振盪器。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之雷射處理系統，其中該光纖主振盪器係用以輸出一脈衝持續期間之範圍介於大約 100 飛秒到大約 500 微微秒間之雷射脈衝。

14.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一 Q 型開關二極體激發式固態雷射。

15.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一主振盪器功率放大器(MOPA)。

16.如申請專利範圍第 15 項所述之雷射處理系統，更包含一可編程脈衝寬度構件整合該 MOPA 之一主振盪器。

17.如申請專利範圍第 16 項所述之雷射處理系統，其中該可編程脈衝寬度構件包含一可編程帶通濾波器。

18.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一主振盪器再生放大器。

19.一種利用雷射處理工件的方法，該方法包含：產生一雷射脈衝；

自該雷射脈衝產生一包含複數子束脈衝之子束陣列；

調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅；以及

將調變後之該子束陣列聚焦至該工件上之一或多個標的位置。

20.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含：

取樣該子束陣列中之該子束脈衝；以及

決定該子束陣列中每一子束脈衝之一總能量；以及

產生一誤差補償信號，以調整輸出至該工件上一特定

標的之連續子束振幅。

21.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含：

判定投送至該工件上一特定標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和符合或超過一特定門檻值，以及

依據該判定，防止更多子束脈衝抵達該特定標的。

22.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含以下列項目匹配一工件標的間距：

一脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)，

一子束陣列間距，以及

介於一射束定位系統與該工件間之一相對速度。

八、圖式：

（如次頁）

標的之連續子束振幅。

21.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含：

判定投送至該工件上一特定標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和符合或超過一特定門檻值，以及

依據該判定，防止更多子束脈衝抵達該特定標的。

22.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含以下列項目匹配一工件標的間距：

一脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)，

一子束陣列間距，以及

介於一射束定位系統與該工件間之一相對速度。

八、圖式：

（如次頁）

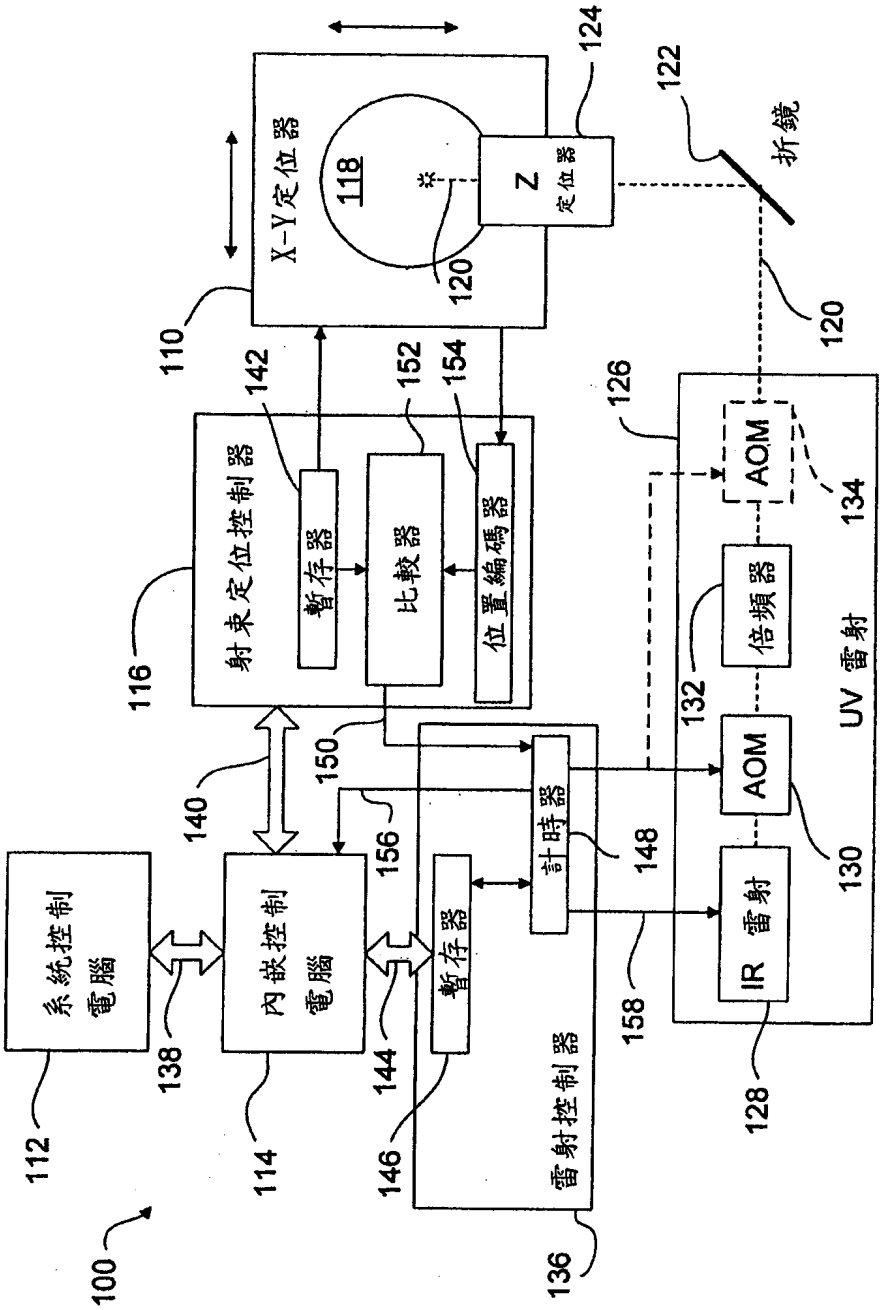

X-Y定位器
118
Z
定位器
124
122
折鏡
120
110
142
152
154
126
射束定位控制器
暫存器
比較器
位置編碼器
AOM
134
116
倍頻器
132
UV 雷射
150
140
156
148
AOM
130
系統控制
電腦
內嵌控制
電腦
暫存器
計時器
IR 雷射
158
138
144
128
112
114
146
雷射控制器
136
100

圖1

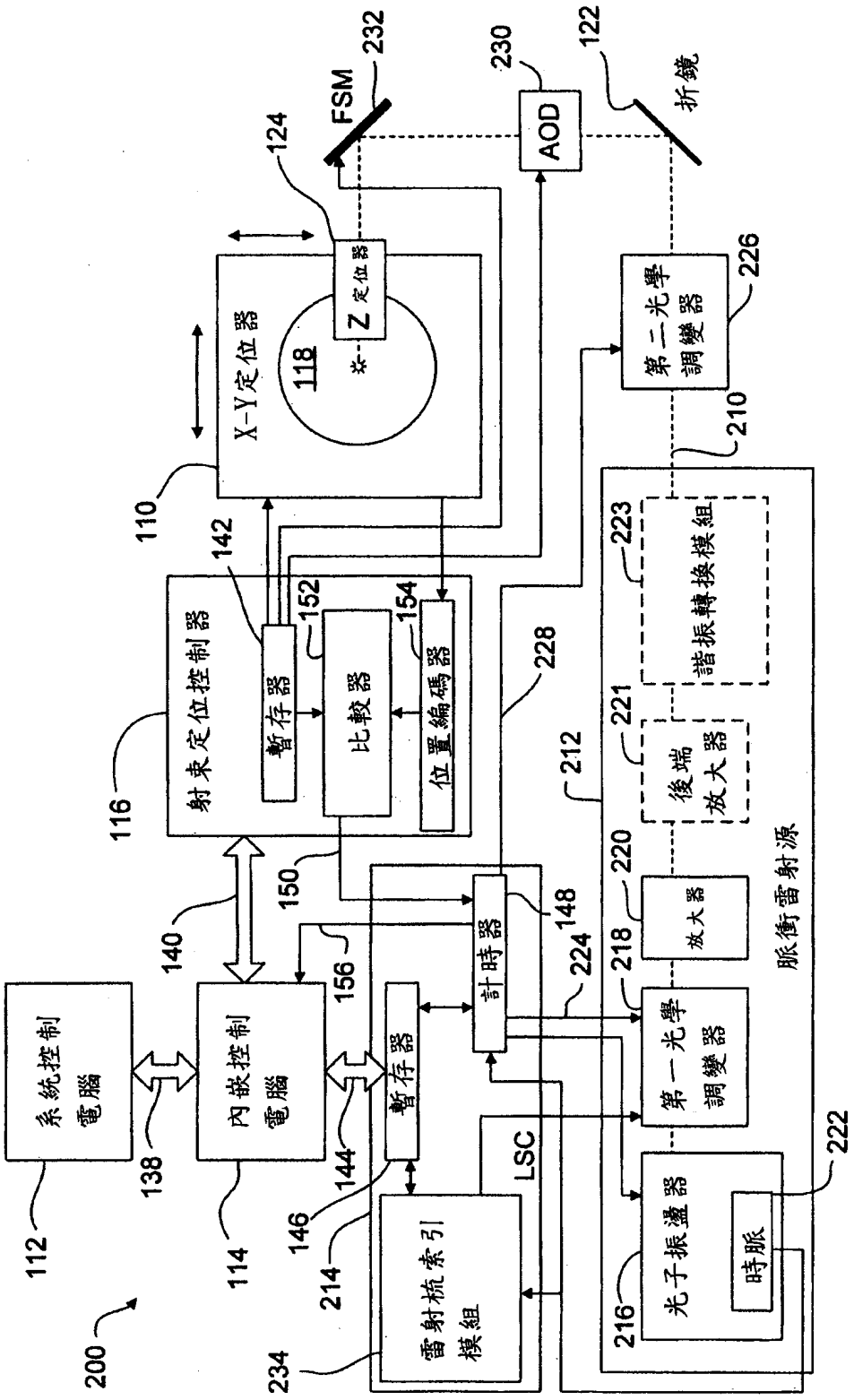

X-Y定位器
118
晶
Z定位器
124
FSM
232
AOD
230
122
折鏡
110
射束定位控制器
116
142
暫存器
152
比較器
154
位置編碼器
228
第二光學調變器
226
210
223
諧振轉換模組
221
後端放大器
212
220
放大器
218
第一光學調變器
222
光子振盪器
216
時脈
脈衝雷射源
150
148
計時器
224
156
140
暫存器
144
146
214
LSC
雷射梳索引模組
234
內嵌控制電腦
114
138
系統控制電腦
112
200

圖2

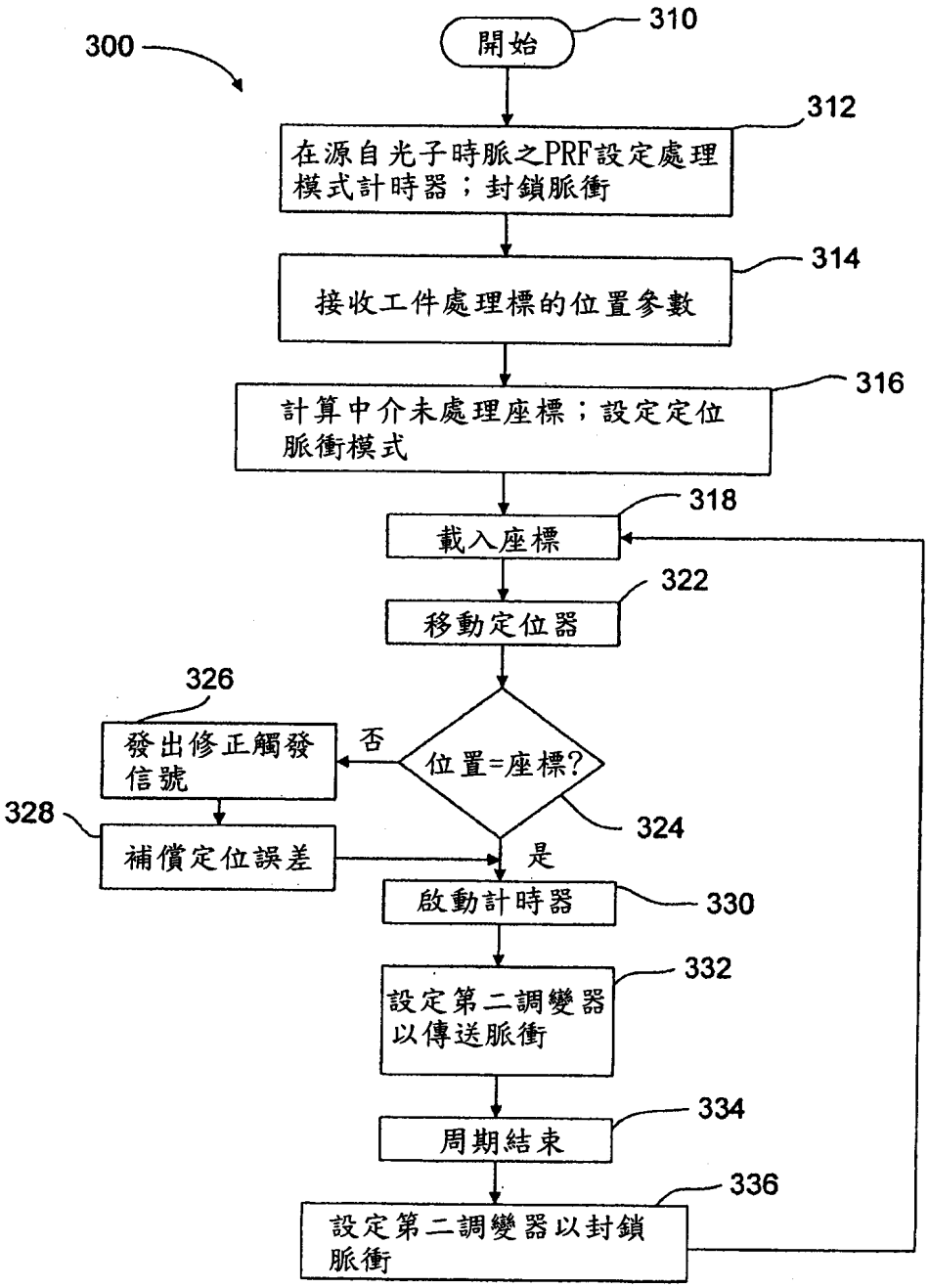

300
開始
310
在源自光子時脈之PRF設定處理模式計時器；封鎖脈衝
312
接收工件處理標的位置參數
314
計算中介未處理座標；設定定位脈衝模式
316
載入座標
318
移動定位器
322
位置=座標?
324
否
是
發出修正觸發信號
326
補償定位誤差
328
啟動計時器
330
設定第二調變器以傳送脈衝
332
周期結束
334
設定第二調變器以封鎖脈衝
336

圖3

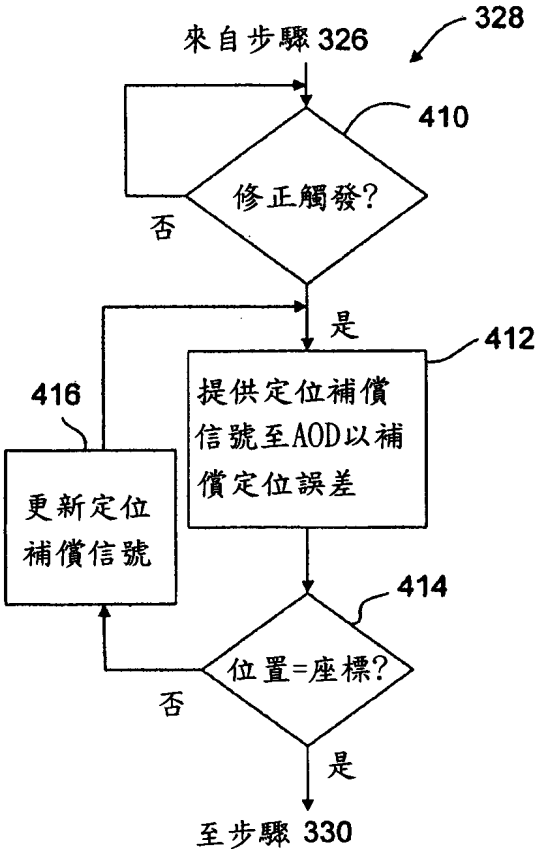

來自步驟 326
328
410
修正觸發?
否
是
412
提供定位補償信號至AOD以補償定位誤差
416
更新定位補償信號
414
位置=座標?
否
是
至步驟 330

圖4A

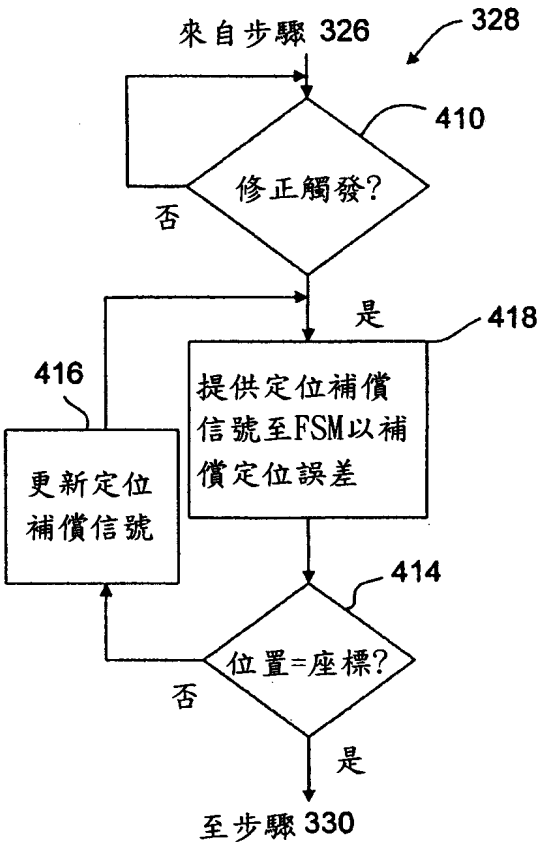

來自步驟 326
328
410
修正觸發?
否
是
418
提供定位補償信號至FSM以補償定位誤差
416
更新定位補償信號
414
位置=座標?
否
是
至步驟 330

圖4B

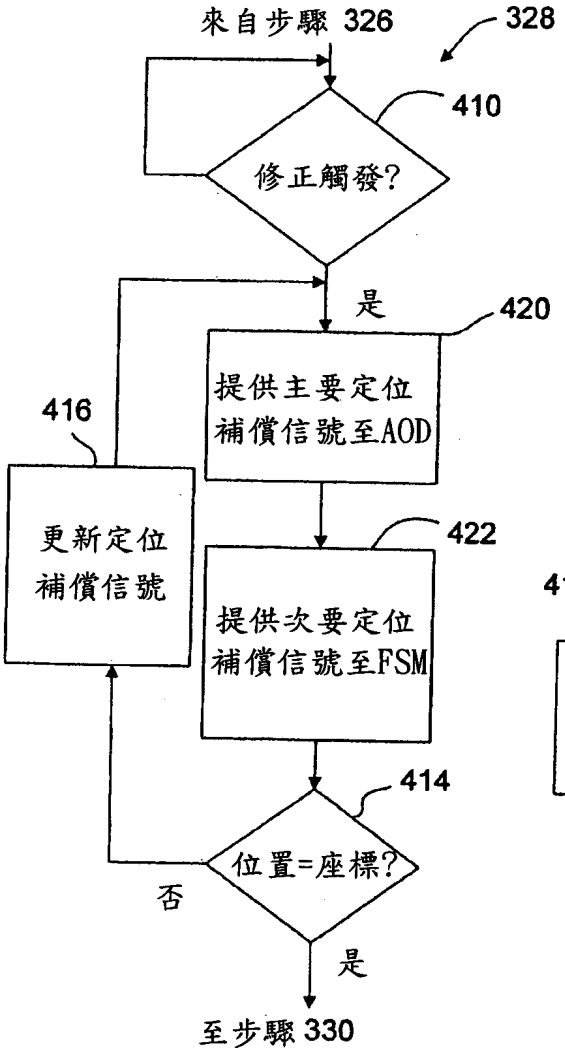

來自步驟 326
328
410
修正觸發?
是
420
提供主要定位補償信號至AOD
416
更新定位補償信號
422
提供次要定位補償信號至FSM
414
位置=座標?
否
是
至步驟 330

圖4C

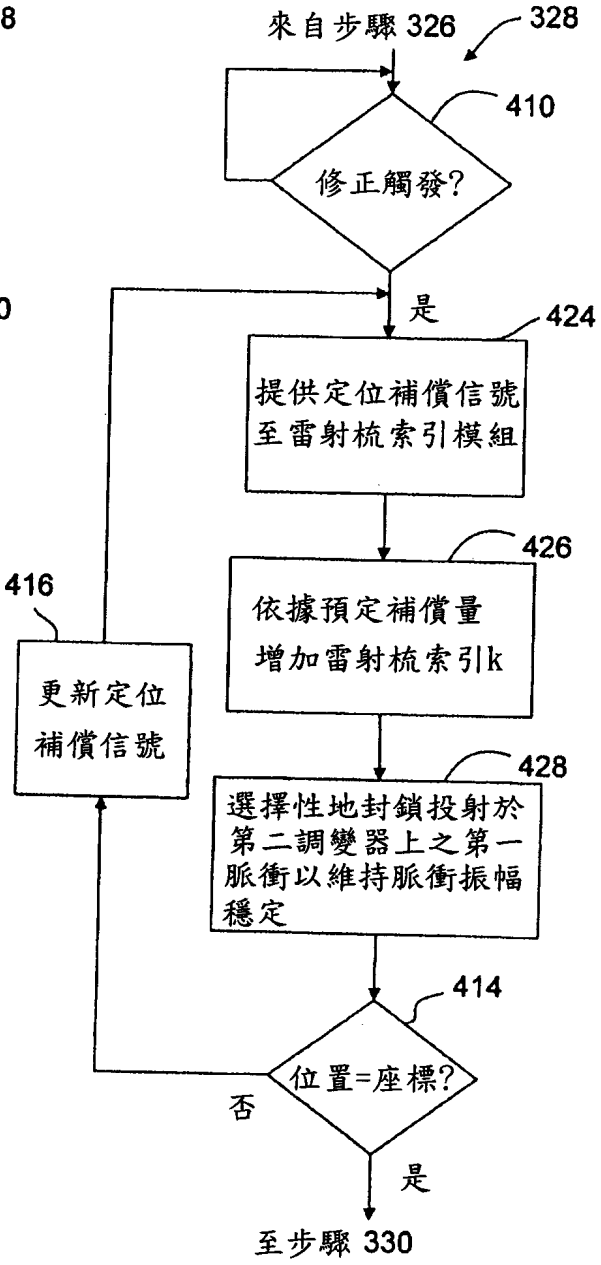

來自步驟 326
328
410
修正觸發?
是
424
提供定位補償信號至雷射梳索引模組
426
依據預定補償量增加雷射梳索引k
416
更新定位補償信號
428
選擇性地封鎖投射於第二調變器上之第一脈衝以維持脈衝振幅穩定
414
位置=座標?
否
是
至步驟 330

圖4D

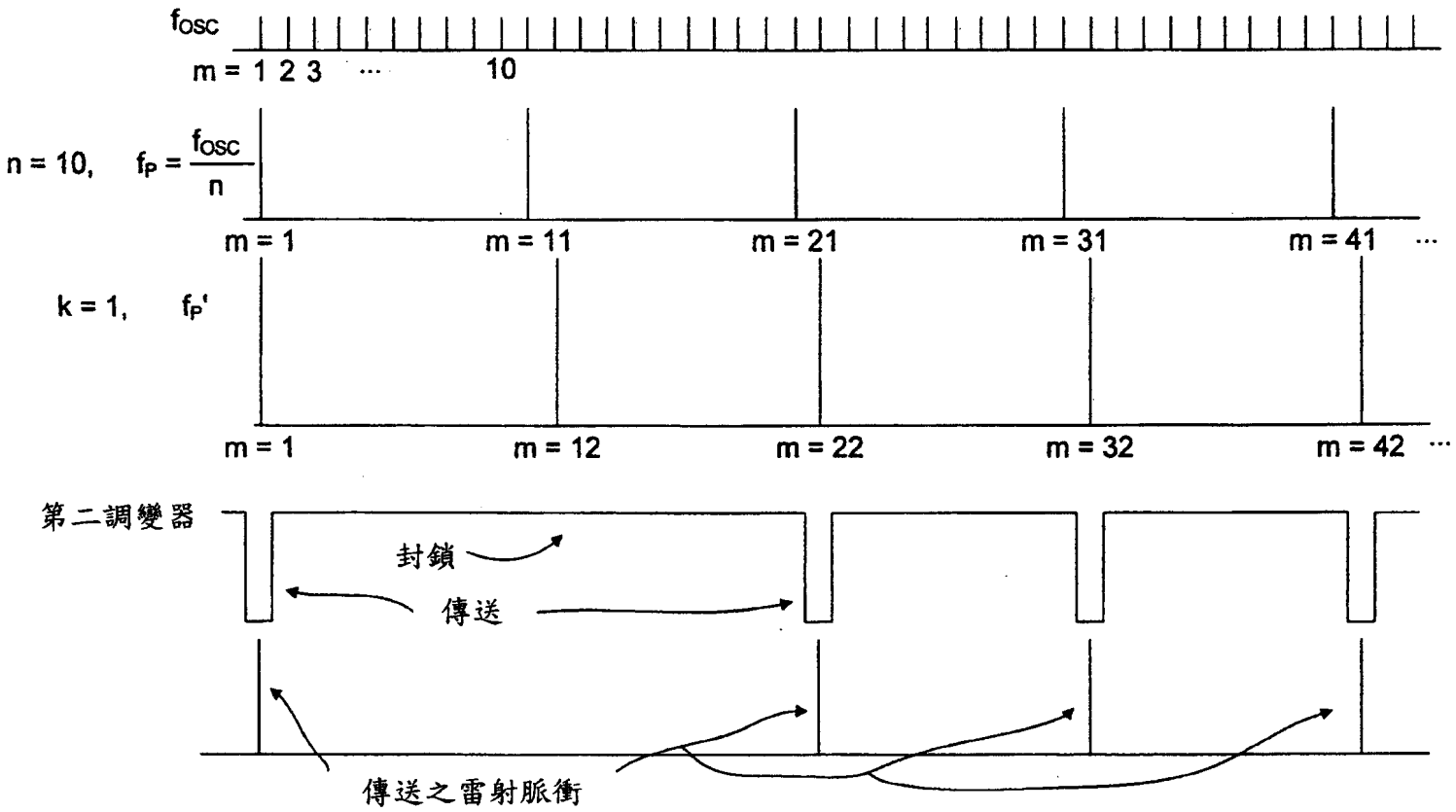

fosc
m = 1 2 3 ··· 10
n = 10, fP = fosc / n
m = 1
m = 11
m = 21
m = 31
m = 41 ···
k = 1, fP'
m = 1
m = 12
m = 22
m = 32
m = 42 ···
第二調變器
封鎖
傳送
傳送之雷射脈衝

圖5

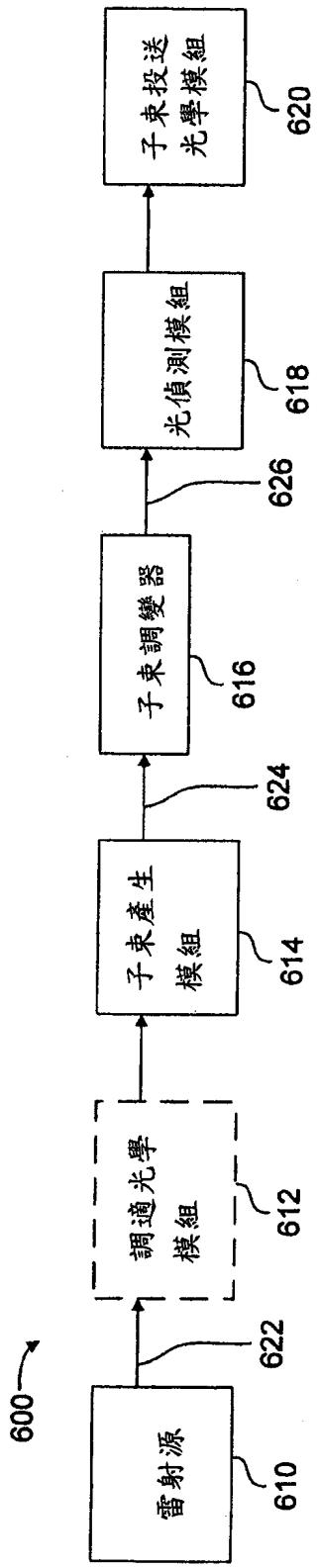

600
雷射源
610
622
調適光學模組
612
子束產生模組
614
624
子束調變器
616
626
光偵測模組
618
子束投送光學模組
620

圖6

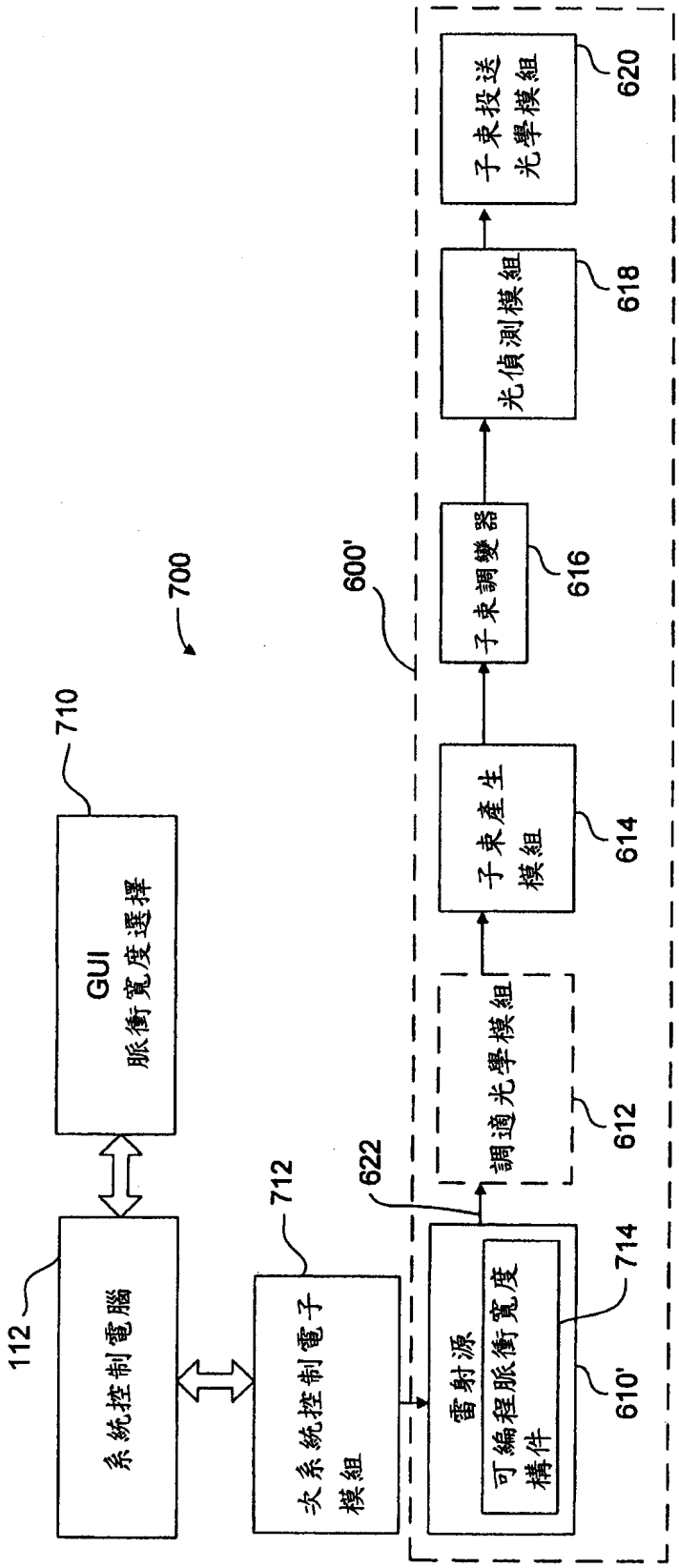

700
710
GUI
脈衝寬度選擇
112
系統控制電腦
712
次系統控制電子模組
600'
622
雷射源
可編程脈衝寬度構件
714
610'
調適光學模組
612
子束產生模組
614
子束調變器
616
光偵測模組
618
子束投送光學模組
620

圖7A

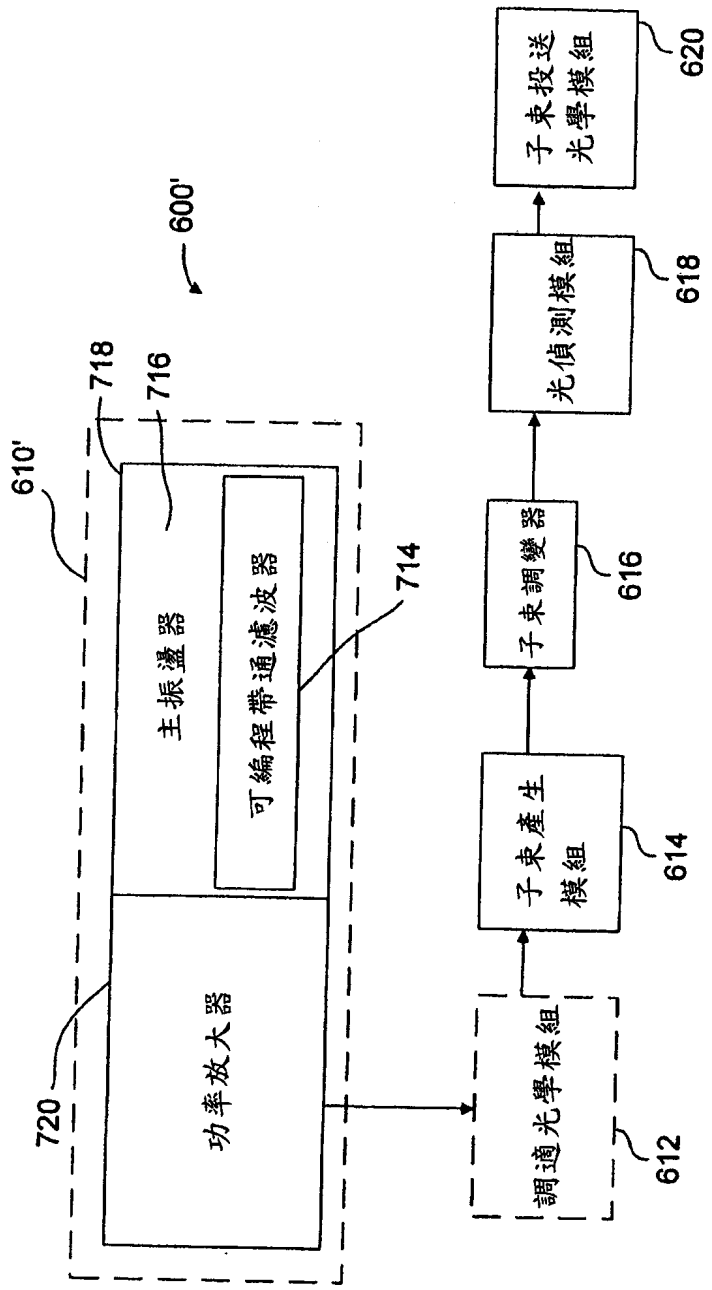

600'
610'
718
716
主振盪器
可編程帶通濾波器
714
功率放大器
720
調適光學模組
612
子束產生模組
614
子束調變器
616
光偵測模組
618
子束投送光學模組
620

圖7B

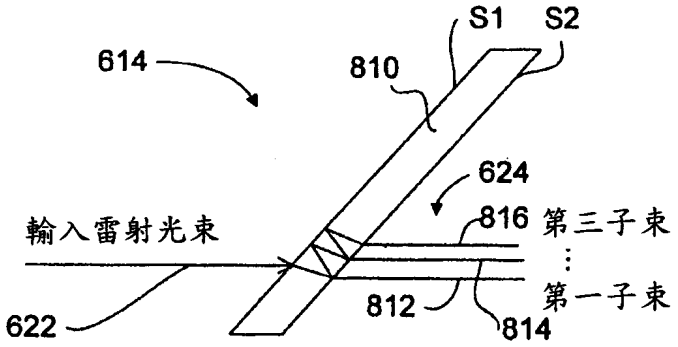


圖8A

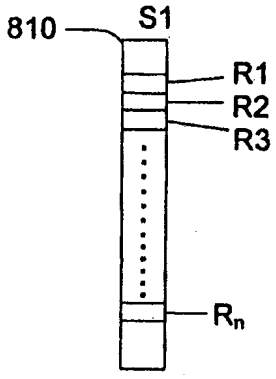


圖8B

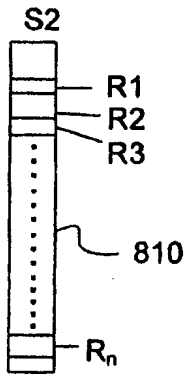


圖8C

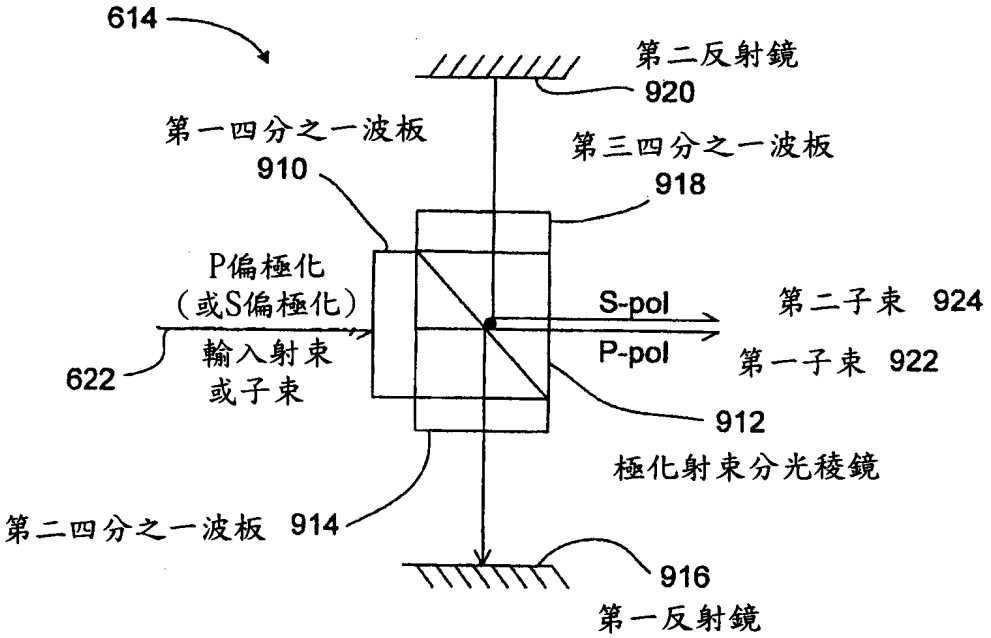


圖9

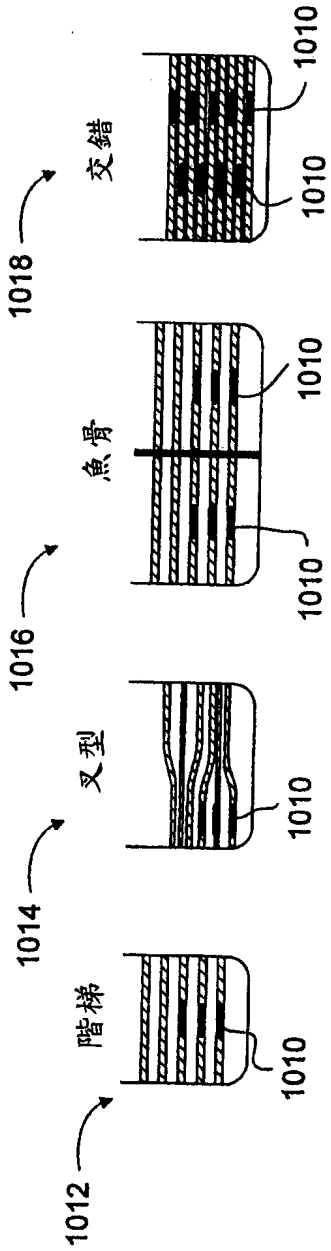


圖10

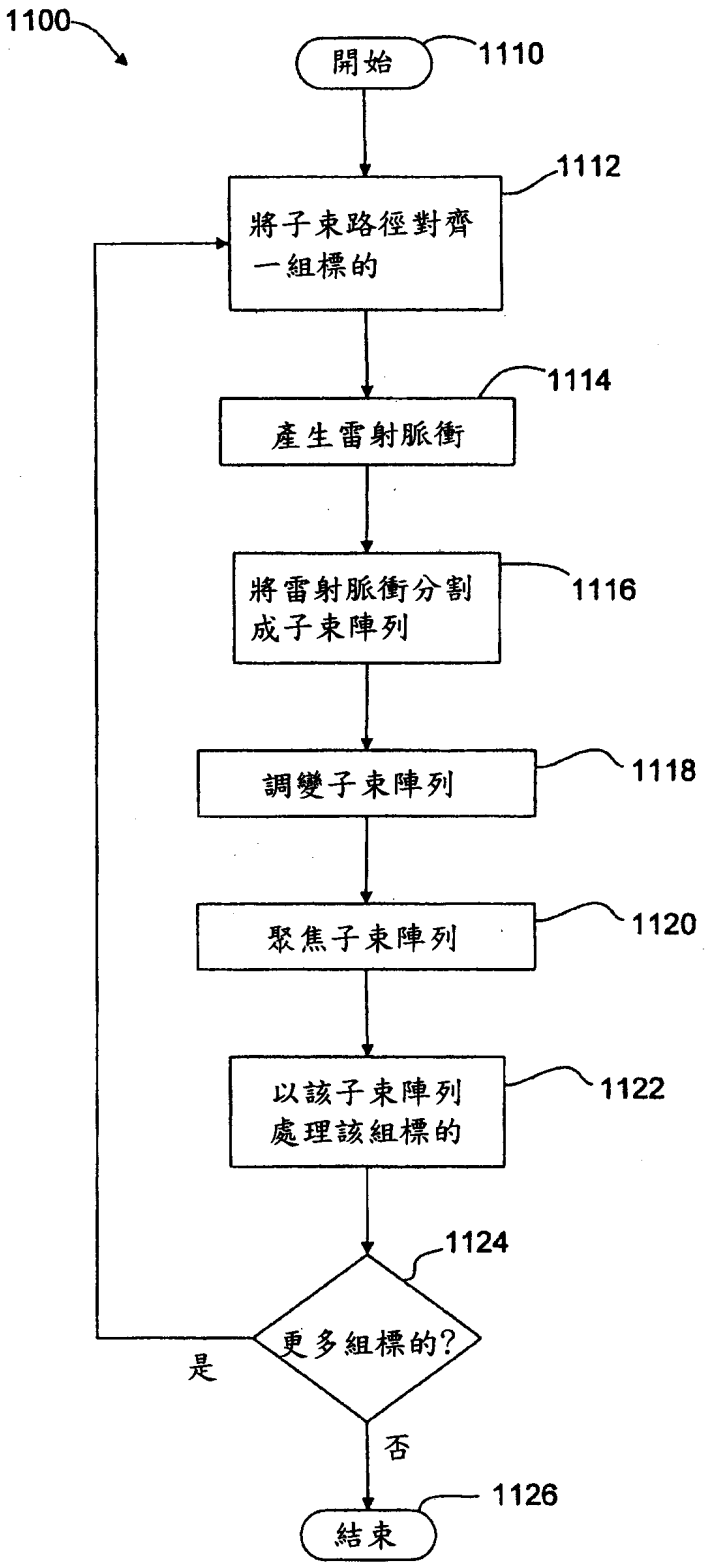
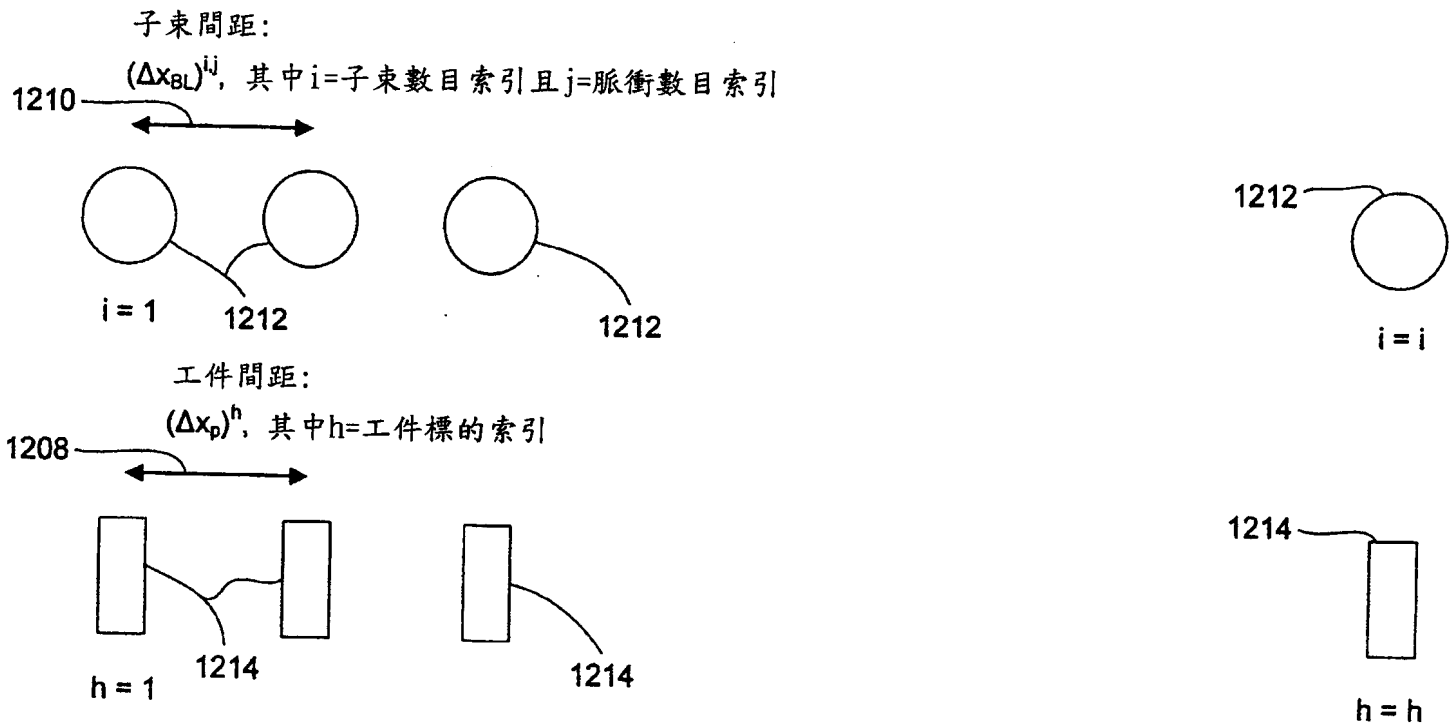

1100
開始
1110
將子束路徑對齊一組標的
1112
產生雷射脈衝
1114
將雷射脈衝分割成子束陣列
1116
調變子束陣列
1118
聚焦子束陣列
1120
以該子束陣列處理該組標的
1122
更多組標的?
1124
是
否
結束
1126

圖11



工件標的間距＝平台速度／PRF 且 c x (子束間距)＝ d x (工件標的間距)

圖12

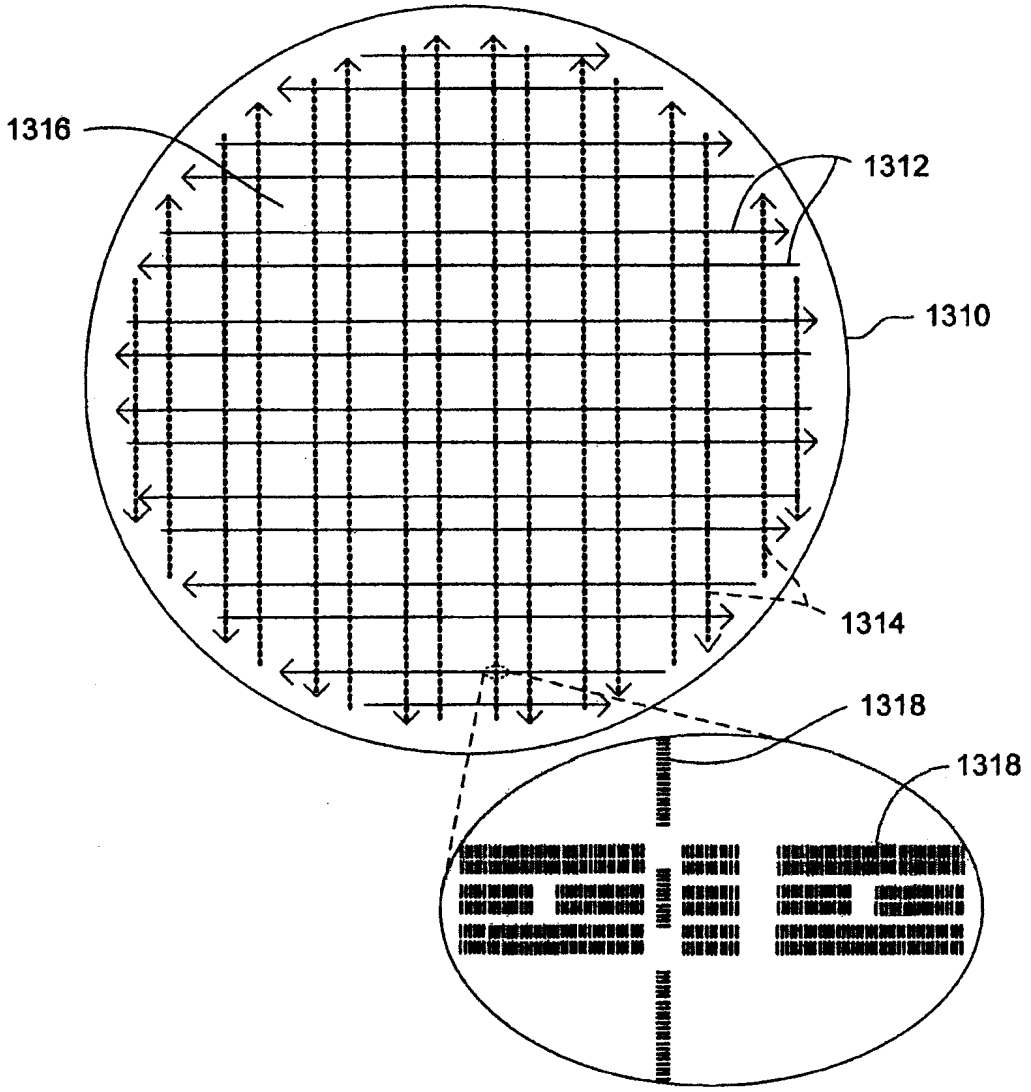


圖13

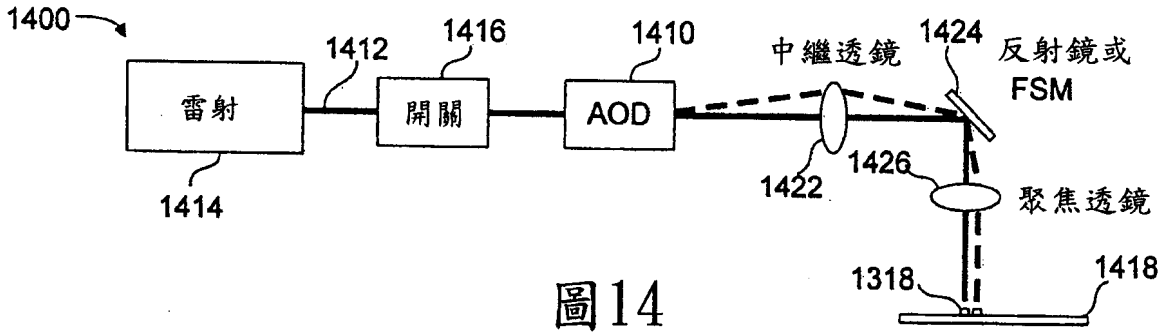

1400
雷射
1414
1412
開關
1416
AOD
1410
中繼透鏡
1422
1424
反射鏡或
FSM
1426
聚焦透鏡
1318
1418

圖14

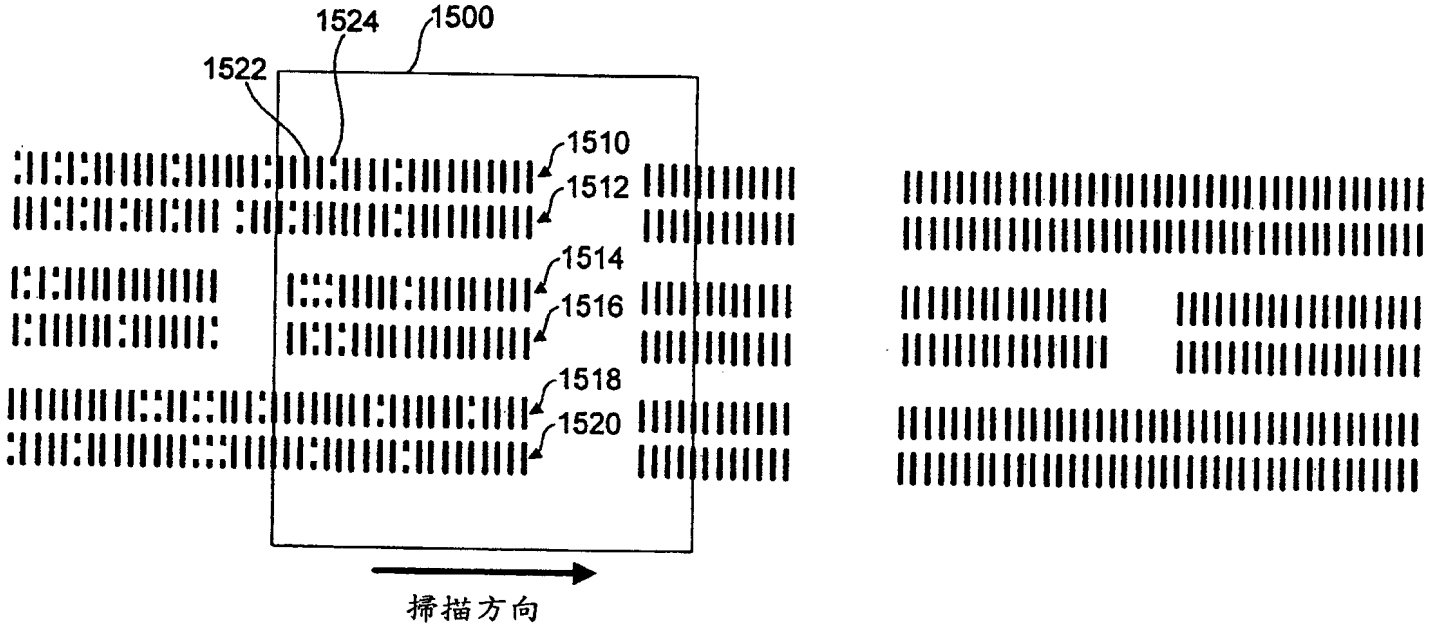

1524
1500
1522
1510
1512
1514
1516
1518
1520
掃描方向

圖15

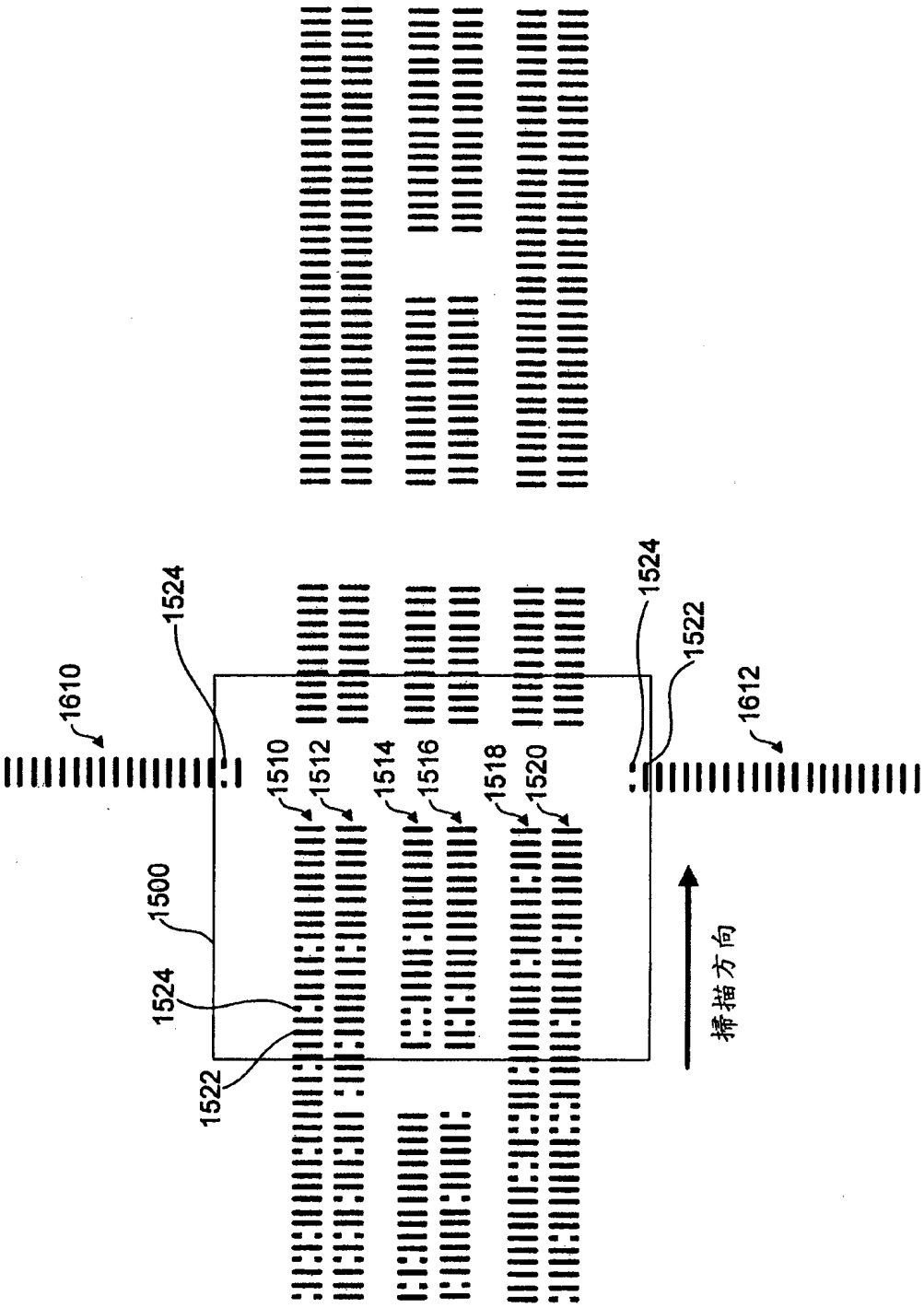

1610
1524
1500
1524
1522
1510
1512
1514
1516
1518
1520
1524
1522
1612
掃描方向

圖16

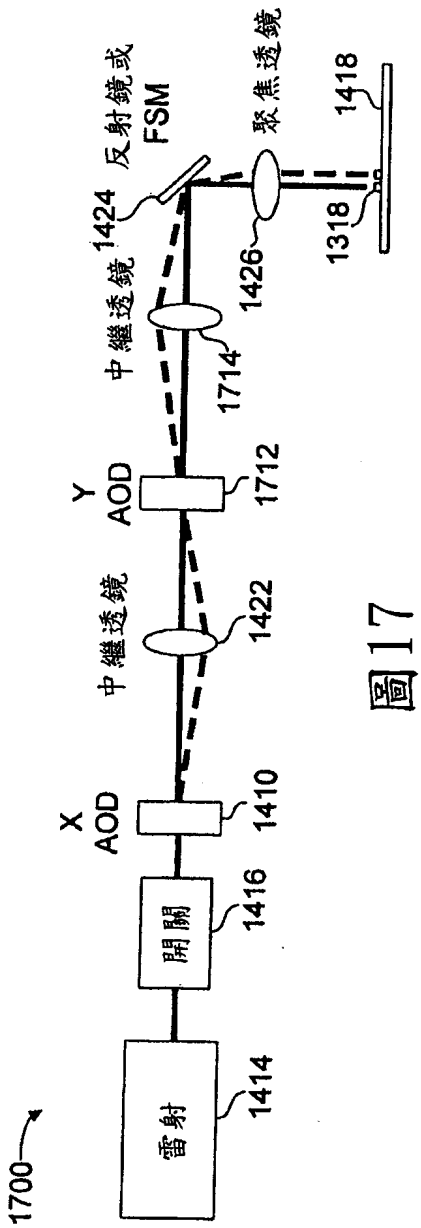

1700
雷射
1414
開關
1416
X
AOD
1410
中繼透鏡
1422
Y
AOD
1712
中繼透鏡
1714
反射鏡或
FSM
1424
1426
聚焦透鏡
1318
1418

圖17

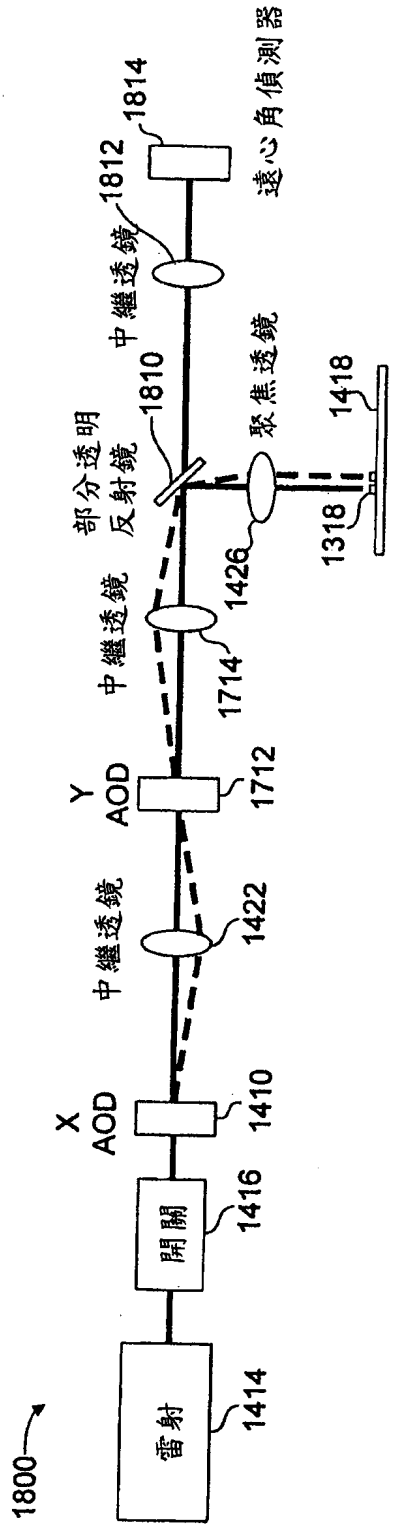

1800
雷射
1414
開關
1416
X
AOD
1410
中繼透鏡
1422
Y
AOD
1712
中繼透鏡
1714
部分透明
反射鏡
1810
1426
聚焦透鏡
1318
1418
中繼透鏡
1812
1814
遠心角偵測器

圖18

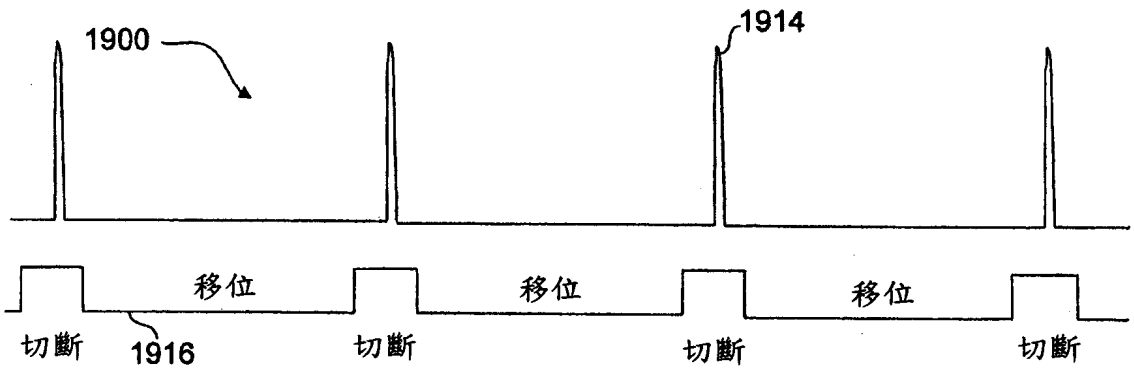


圖19A

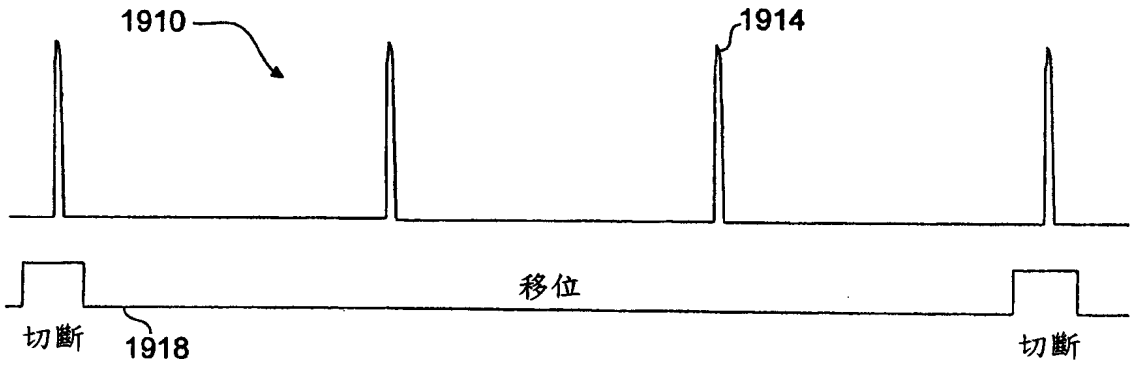


圖19B

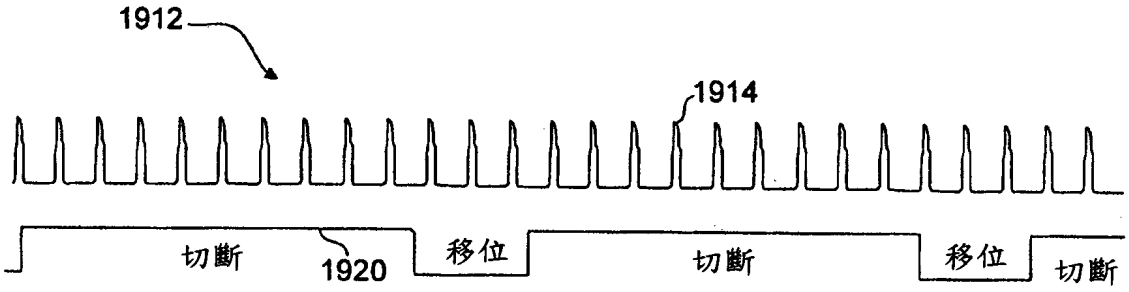


圖19C

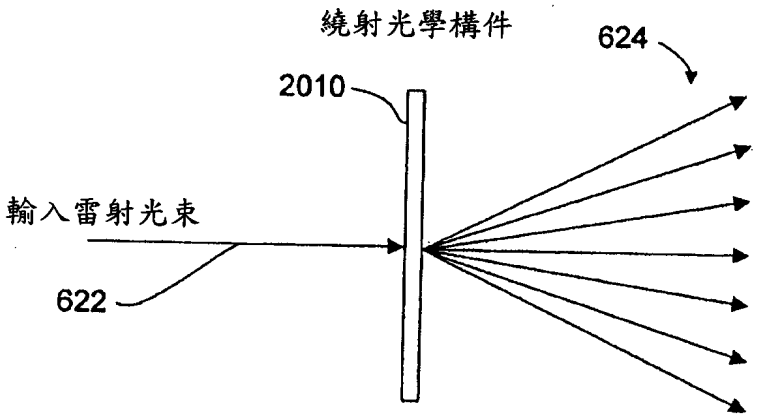


圖20

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（　　）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

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）

偏轉量。此等數值可以由比較器 152 及/或位置編碼器 154 提供(例如，經由雷射次系統控制器 214)，其決定位置編碼器 154 所量測之 X-Y 定位器 110 之目前位置與一儲存於暫存器 142 中之預定位置間之差異。

方法 328 可以質疑(步驟 414)AOD 230 提供的調整是否足以彌補定位誤差，並持續更新(步驟 416)定位補償信號直到射束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。舉例而言，雖然未顯示於圖 2 之中，雷射光束 210 之位置可以由一光偵測模組偵測，其提供位置修正回授至 AOD 230。

在圖 4B 之中，方法 328 包含提供(步驟 418)定位補償信號至圖 2 所示之 FSM 232，以調整射束 210 相對於 X-Y 定位器 110 上之工件 118 之位置。如同圖 4A 所示之實施例，上述之定位補償信號可以包含一表示方向之數值以及有待 FSM 232 提供之偏轉量。此外，方法 328 可以質疑(步驟 414)FSM 232 提供的調整是否足以彌補定位誤差，並持續更新(步驟 416)定位補償信號直到射束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。

圖 4C 係圖 4A 及 4B 之結合，其中方法 328 包含提供(步驟 420)一主要定位補償信號至 AOD 230 並提供(步驟 422)一次要定位補償信號至 FSM 232。同樣地，方法 328 可以質疑(步驟 414)AOD 230 及/或 FSM 232 提供的調整是否足以彌補定位誤差。方法 328 可以更新(步驟 416)上述之主要定位補償信號和次要定位補償信號其中之一或二者，直到射

束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。在一實施例中，方法 328 先更新上述之主要定位補償信號，判定進一步之調整是否足夠，若不足夠，則亦更新上述之次要定位補償信號。此程序可以一直重複直到射束 210 相對於工件 118 之位置落入特定限度之內為止。

在圖 4D 之中，方法 328 包含提供(步驟 424)定位補償信號予雷射梳索引模組 234。雷射梳索引模組 234 依據一預定之補償量(例如，定位補償信號所表示之量)改變(步驟 426)向量處理梳中之一雷射梳索引 k。雷射脈衝索引 k 係一整數值，用以決定來自光子振盪器 216 的哪一個脈衝將使用第一光學調變器 218 自脈衝雷射源 212 傳送。如以下參見圖 5 之說明，雷射梳索引 k 藉由增加或減少一第二頻率梳(f_P)以產生一偏移頻率梳(f_P')。在所示之實例中，在第一光學調變器 218 選擇光子振盪器脈衝數目 m = 1 之後，雷射梳索引模組 234 將雷射梳索引 k 設成一偏移量 1(k=1)，從而造成其後光子振盪器脈衝數目 m = 12 在偏移處理頻率梳 f_P'之放大。

圖 5 依據一實施例圖繪式地例示一向量處理梳之使用。如圖所示，光子振盪器 216 以一第一 PRF f_{osc}提供一連串脈衝。介於連續脈衝間之時間(脈衝間隔周期)可以是在大約 1 奈秒至大約 100 奈秒之等級。其亦可以使用大於大約 100 奈秒之脈衝間隔周期。習於斯藝之人士將進一步理解，其亦可以使用具有小於大約 1 奈秒脈衝間隔周期之極小型振盪器。在此等速度之下，射束定位系統(例如，X-Y

控制器 110)可能難以或無法以雷射光束 210 精確地對齊工件 118 上之特定標的。此外，放大器 220 可能難以或無法有效地放大光子振盪器 216 提供的每一脈衝。因此，第一光學調變器 218 於一第二 PRF f_P 運作，選擇每一第 n 個脈衝以傳送至工件 118。上述之第二 PRF $f_P = f_{OSC}/n$。在圖 5 所示之實例中，處理頻率索引 n = 10，其使得傳送之脈衝(例如，當未藉由遞增雷射梳索引 k 進行定位補償之時)對應至振盪器頻率梳脈衝 m = 11、m = 21、m = 31，等等。習於斯藝者由此處之揭示應能體認其可以使用任何其他之整數值做為上述之處理頻率索引 n。舉例而言，其可以選擇上述之處理頻率索引 n 使得 X-Y 定位器 110 能夠在第二 PRF f_P 於標的間移動，同時將定位誤差維持於特定限度之內。

如圖 5 所進一步顯示，雷射梳索引 k 可以在二連續脈衝間增加整數個光子振盪器脈衝間隔長度，而未對系統控制電腦 112 控制之雷射 PRF(例如，f_P)有所修改。在此實例中，在一第一脈衝 m=1 因放大被第一光學調變器 218 傳送之後，雷射梳索引 k 被從 k=0 增加為 k=1。由於 n = 10 並未改變，在對應至偏移處理頻率 f_P'之每一脈衝 m = 12、m = 22、m = 32、m = 42 …之間，仍舊有 10 個脈衝自光子振盪器 216 發出。因此，在第一脈衝 m = 1 之後雷射梳索引 k 之增加使得第一光學調變器 218 在處理梳中傳送之後續連串脈衝 m = 12、m = 22、m = 32、m = 42 …均在時間上位移 $1/f_{OSC}$之一整數值，同時作業脈衝所賴以發射之新 PRF f_P' 等於 f_P。

再次參見圖 4D，方法 328 可以亦包含在增加雷射梳索引 k 之後選擇性地封鎖(步驟 428)投射於第二光學調變器 226 上之一第一脈衝 m = 12，以維持脈衝振幅之穩定。使用第二光學調變器 226 封鎖第一脈衝 m = 12，使得一穩定時間間隔可以促使緊隨於脈衝間隔周期長於(或短於)$1/f_P$之雷射梳索引動作後之脈衝振幅可以維持穩定。

增加二連續脈衝間之雷射梳索引 k 在工作表面造成之雷射光束位移等於(k 之位移)*(射束定位器速度*($1/f_{OSC}$))。舉一例示性數值實例，若 f_{OSC} = 10 百萬赫茲，f_P = 1 百萬赫茲且射束定位器速度 = 500 奈米/微秒、k 之位移=1(例如從脈衝 m = 10 移至脈衝 m = 11)，則將造成之工作表面位移為(500 奈米/微秒 x 0.1 微秒) = 50 奈米。在同一實例中，若 f_{OSC} = 100 百萬赫茲，則工作表面位移= 5 奈米。此等數值代表一雷射梳之擴增能力，其可以進一步輔助射束位移以及其他定位構件以使得工作雷射脈衝可以截住指定之工件標的位置。如同習於斯藝之人士所將體認，在 PRF f_P之脈衝叢可以選擇性地被運用及被進行雷射梳索引，其由內嵌控制電腦配合射束定位控制器 116 所控制。

習於斯藝者應能經由本揭示體認到，揭示於此用於定位誤差補償之任一實施例均可以被組合以增進速度及精確性。此外，定位誤差補償並不限於圖 4A、4B、4C、4D 以及圖 5 中所示之實施例。舉例而言，在另一實施例中，經由運用諧振器級之反覆控制演算法，伺服追蹤誤差可以被減低至趨近於零。在此實施例中，標的處理回合被控制為

直線上的一對反射鏡(未顯示於圖中)。舉另一實例，上述之偏移可以藉由以一互補之方式(例如，其中之一順時鐘方向旋轉而另一個逆時鐘方向旋轉)使反射鏡 916、920 稍微傾斜而達成。習於斯藝之人士應能體認其他使第一子束 922 和第二子束 924 之路徑彼此偏移之方式。

(C) 標的對齊

在一實施例中，系統控制電腦 112 控制圖 2 所示之 X-Y 定位器 110 以協調調變後的 q、x、r 子束陣列 626 之投送，其由子束投送光學模組 620 將其聚焦於工件 118 上之特定標的。在一實施例中，其相對於每一可定址之子束均產生一目前位置信號。其可以運用獨立式或多通道射束位置補償構件配合雷射梳索引，如上所述，以將目前位置控制於特定之精確限度之內。

工件標的可以包含，舉例而言，配置於一半導體元件上的導電連結。如上所述，其可以使用雷射脈衝以移除 DRAM 元件上連至故障記憶體單元之導電連結。此等導電連結可以配置成一維或二維之型態。舉例而言，圖 10 圖繪式地例示常使用於導電連結 1010 之各種不同之樣式。所顯示的樣式包含階梯樣式 1012、叉型樣式 1014、魚骨樣式 1016、以及交錯樣式 1018。習於斯藝者由此處之揭示應能體認其可以使用任何其他樣式。

在一實施例中，系統控制電腦 112 使 X-Y 定位器 110 運作於一步進重複模式，以將聚焦調變後之 q、x、r 子束陣列 626 在空間上匹配工件標的。舉例而言，圖 11 係依據一

實施例之用以利用一子束陣列624處理一組標的(諸如圖10所示之導電連結1010)之方法1100之流程圖。在開始步驟1110之後，方法1100包含將複數個子束路徑對齊該組標的(步驟1112)。舉例而言，系統控制電腦112可以控制X-Y定位器110和子束投送光學模組620，以使得q、x、r個子束路徑與安排成工件118上一樣式之q、x、r個標的在空間上對齊。

在對齊子束路徑與標的之後，雷射源610產生(步驟1114)一雷射脈衝622、子束產生模組614將該雷射脈衝分割(步驟1116)成一子束陣列624、子束調變器616調變(步驟1118)子束陣列624、以及子束投送光學模組620對調變後之子束陣列626進行聚焦(步驟1120)。方法1100接著以聚焦且調變後之子束陣列626處理(步驟1122)該組標的，以及質疑(步驟1124)是否有其他組待處理之標的。若有其他組待處理之標的，則系統控制電腦112將子束路徑與該組新標的對齊(步驟1112)並重複方法1100。當所有標的均處理完畢之時，方法1100結束(步驟1126)。

在另一實施例中，系統200控制電腦112使工件標的間距匹配雷射PRF、子束陣列間距、以及X-Y射束定位器110之速度，使得一工件標的被由多個子束投送之單一脈衝之總和循序處理。圖12依據一實施例圖繪式地例示工件標的間距1208與子束間距1210間的關係。如圖所示，子束1212間的距離或間距(子束間距1210)與標的1214間的間距(標的間距1208)和雷射源610之PRF間的關係可以表如下

圖 12 依據一實施例圖繪式地例示工件標的間距與子束間距間的關係。

圖 13 描繪一晶圓之處理。

圖 14 係依據一實施例之包含一 AOD 之一雷射脈衝處理系統之示意圖。

圖 15 係一示意圖，其依據一實施例例示掃描複數個側向間隔排列連結排之一處理區間(processing window)。

圖 16 係一示意圖，其依據一實施例例示掃描複數個沿著 X 軸側向間隔排列之連結排以及複數個沿著 Y 軸排列之連結排之一處理區間。

圖 17 係依據一實施例之包含二個偏轉元件之一雷射處理系統之示意圖。

圖 18 係依據一實施例之包含一遠心角偵測器(telecentric angle detector)之一雷射處理系統之示意圖。

圖 19A、19B 和 19C 係依據特定實施例例示一連串雷射脈衝與個別重新定位輪廓之關係之時序圖。

圖 20 係依據另一實施例之一繞射光學構件之功能方塊圖，該繞射光學構件係用以產生一子束之陣列，以進行後續之調變並投送至一工件。

【主要元件符號說明】

100　系統

110　工件(X-Y)定位器

112　系統控制電腦

114　內嵌控制電腦

116 射束定位控制器

118 工件

120 紫外線雷射光束

122 折鏡

124 Z定位器

126 紫外線雷射系統

128 Q型開關固態紅外線雷射

130 聲光式調變器(AOM)

132 倍頻器

134 聲光式調變器(AOM)

136 雷射控制器

138 匯流排

140 匯流排

142 暫存器

144 匯流排

146 暫存器

148 計時器

150 位置符合信號

152 比較器

154 位置編碼器

156 周期完成中斷信號

158 Q型開關閘控線

200 雷射脈衝處理系統

210 雷射光束

212 脈衝雷射源

214 雷射次系統控制器(LSC)

216 光子振盪器

218 第一光學調變器

220 放大器

221 後端放大器

222 光子時脈

223 諧振轉換模組

224 脈衝封鎖信號

226 第二光學調變器

228 脈衝封鎖信號

230 聲光式偏轉器(AOD)

232 快速操控反射鏡(FSM)

234 雷射梳索引模組

300 用於處理工件的方法

310-336 步驟

410-428 步驟

600/600' 光子銑削次系統

610/610' 雷射源

612 調適光學模組

614 子束產生模組

616 子束調變器

618 光偵測模組

620 子束投送光學模組

622 雷射光束

624 子束陣列

626 調變後之 q、x、r 的子束陣列

700 系統

710 圖形使用者介面

712 次系統控制電子模組

714 可編程脈衝寬度構件

716 主振盪器

718 主振盪功率放大器(MOPA)

720 功率放大器

810 離散頻帶反射板

812 第一子束

814 第二子束

816 第三子束

910 第一四分之一波板

912 極化射束分光稜鏡

914 第二四分之一波板

916 第一反射鏡

918 第三四分之一波板

920 第二反射鏡

922 第一子束

924 第二子束

1010 導電連結

1012 階梯樣式

1014　叉型樣式

1016　魚骨樣式

1018　交錯樣式

1100　用於處理一系列標的之方法

1110-1126　步驟

1208　工件標的間距

1210　子束間距

1212　子束

1214　標的

1310　晶圓

1312　X軸連結處理回合

1314　Y軸連結處理回合

1316　區域

1318　連結

1400　雷射處理系統

1410　聲光式偏轉器(AOD)

1412　脈衝雷射光束

1414　雷射

1416　開關

1418　工件

1422　中繼透鏡

1424　反射鏡

1426　聚焦透鏡

1500　處理區間

1510-1520　連結排

1522　連結

1524　連結

1610　連結排

1612　連結排

1700　雷射處理系統

1712　聲光式偏轉器(AOD)

1714　中繼透鏡

1800　雷射處理系統

1810　部分透明反射鏡

1812　額外中繼透鏡

1814　遠心角偵測器

1900　時序圖

1910　時序圖

1912　時序圖

1914　雷射脈衝

1916　重新定位輪廓

1918　重新定位輪廓

1920　重新定位輪廓

2010　繞射光學構件

R1-Rn　反射率

S1　第一表面

S2　第二表面

七、申請專利範圍：

1.一種雷射處理系統，包含：

一射束定位系統，以相對於一工件對齊射束投送座標，該射束定位系統產生對應於該對齊之定位資料；

一脈衝雷射源；

一子束產生模組，以接收來自該脈衝雷射源之一雷射脈衝，且自該雷射脈衝產生一包含複數子束脈衝之子束陣列；

一子束調變器，以調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅；以及

子束投送光學模組，以將調變後之該子束陣列聚焦至該工件上對應至該定位資料之位置之一或多個標的。

2.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，更包含一光偵測模組，用以： 取樣該子束陣列中之該子束脈衝；以及

決定該子束陣列中每一子束脈衝之一總能量。

3.如申請專利範圍第2項所述之雷射處理系統，其中該光偵測模組更用以提供一誤差修正補償信號至該子束調變器，以調整輸出至該工件上一特定標的之連續子束振幅。

4.如申請專利範圍第2項所述之雷射處理系統，其中該光偵測模組更用以：

判定投送至該工件上一特定標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和符合或超過一特定門檻值，以及

控制該子束調變器以防止更多子束脈衝抵達該特定標

的。

5.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，更包含一系統控制電腦，用以協同該射束定位系統藉由使一工件標的間距與以下項目匹配以進行該對齊：

該脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)，

一子束陣列間距，以及

介於該射束定位系統與該工件間之一相對速度(平台速度)。

6.如申請專利範圍第5項所述之雷射處理系統，其中該子束間距與該工件標的間距及該脈衝雷射源之該PRF具有以下之關係：

c x (子束間距) = d x (工件標的間距)，

其中之c和d係整數，且其中：

工件標的間距 = 平台速度/PRF，

且其中該整數c和d之選擇使得：

c/d = 一整數值。

7.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該子束產生模組包含一離散頻帶反射板，該離散頻帶反射板包含：

一第一表面，包含一第一複數個個別反射帶狀區域；以及

一第二表面，包含一第二複數個個別反射帶狀區域，

其中該第一表面係用以：

接收進入該離散頻帶反射板之該雷射脈衝；以及

連續地將接收自該第二表面的雷射脈衝的逐漸減小之部分朝著該第二表面反射回該離散頻帶反射板；且

其中該第二表面係用以：

連續地傳送接收自該第一表面之雷射脈衝之該逐漸減小之部分的一第一部分並反射其中之一第二部分，該傳送之第一部分對應至該子束陣列中之個別子束脈衝。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該子束產生模組包含：

一第一四分之一波板，以接收該雷射脈衝，並將該雷射脈衝自一線性極化轉換成一圓形極化；

一極化射束分光稜鏡，包含一第一通道、一第二通道、以及一輸出表面，該極化射束分光稜鏡用以經由該輸出表面傳送該圓形極化雷射光束之一第一部分以做為該子束陣列中之一第一子束脈衝，並將該圓形極化雷射光束之一第二部分傳送入該第一通道；

一第二四分之一波板，以將該圓形極化雷射光束之該第二部分傳送至一第一反射鏡，並接收一來自該第一反射鏡之反射，從而將該來自該第一反射鏡之反射轉換成傳回該極化射束分光稜鏡之一 p 偏極化射束，其中該極化射束分光稜鏡透過該第二通道傳送該 p 偏極化射束；以及

一第三四分之一波板，以將該 p 偏極化射束傳送至一第二反射鏡、自該第二反射鏡接收一反射、並將該來自該第二反射鏡之反射傳送回該極化射束分光稜鏡，其中該極化射束分光稜鏡經由該輸出表面傳送接收自該第三四分之

一波板之射束以做為該子束陣列中之一第二子束脈衝。

9.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該子束產生模組包含至少一繞射光學構件。

10.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含：

一光子振盪器，以在一第一脈衝重複頻率發射雷射脈衝，該第一脈衝重複頻率提供一參考時序信號以協調該射束定位系統進行相對於該工件之射束投送座標之該對齊；以及

一第一光學調變器，以在一低於該第一脈衝重複頻率之一第二脈衝重複頻率選擇該雷射脈衝之一子集合以進行放大，其中包含於該子集合中之雷射脈衝之選擇係依據該第一脈衝重複頻率以及該定位資料。

11.如申請專利範圍第10項所述之雷射處理系統，更包含一雷射梳索引模組，以依據該定位資料調整該射束投送座標之該對齊，該雷射梳索引模組係用以：

選擇該第二脈衝重複頻率以使得該第一脈衝重複頻率係該第二脈衝重複頻率之一整數倍數n；以及

依據該射束投送座標之調整量，將介於該子集合中一第一放大脈衝與該子集合中一第二放大脈衝間之一脈衝間隔時間偏移該光子振盪器脈衝間隔時間之一整數倍數k。

12.如申請專利範圍第1項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一串聯式光子放大器，該串聯式光子放大器包含一光纖主振盪器。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之雷射處理系統，其中該光纖主振盪器係用以輸出一脈衝持續期間之範圍介於大約 100 飛秒到大約 500 微微秒間之雷射脈衝。

14.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一 Q 型開關二極體激發式固態雷射。

15.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一主振盪器功率放大器(MOPA)。

16.如申請專利範圍第 15 項所述之雷射處理系統，更包含一可編程脈衝寬度構件整合該 MOPA 之一主振盪器。

17.如申請專利範圍第 16 項所述之雷射處理系統，其中該可編程脈衝寬度構件包含一可編程帶通濾波器。

18.如申請專利範圍第 1 項所述之雷射處理系統，其中該脈衝雷射源包含一主振盪器再生放大器。

19.一種利用雷射處理工件的方法，該方法包含：產生一雷射脈衝；

自該雷射脈衝產生一包含複數子束脈衝之子束陣列；

調變該子束陣列中每一子束脈衝之振幅；以及

將調變後之該子束陣列聚焦至該工件上之一或多個標的位置。

20.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含：

取樣該子束陣列中之該子束脈衝；以及

決定該子束陣列中每一子束脈衝之一總能量；以及

產生一誤差補償信號，以調整輸出至該工件上一特定

標的之連續子束振幅。

21.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含：

判定投送至該工件上一特定標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和符合或超過一特定門檻值，以及

依據該判定，防止更多子束脈衝抵達該特定標的。

22.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含以下列項目匹配一工件標的間距：

一脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)，

一子束陣列間距，以及

介於一射束定位系統與該工件間之一相對速度。

八、圖式：

（如次頁）

標的之連續子束振幅。

21.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含：

判定投送至該工件上一特定標的之一連串子束脈衝所提供之脈衝能量總和符合或超過一特定門檻值，以及

依據該判定，防止更多子束脈衝抵達該特定標的。

22.如申請專利範圍第 19 項所述之利用雷射處理工件的方法，更包含以下列項目匹配一工件標的間距：

一脈衝雷射源之一脈衝重複頻率(PRF)，

一子束陣列間距，以及

介於一射束定位系統與該工件間之一相對速度。

八、圖式：

（如次頁）

98年11月6日 修正補充

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 2 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

110	工件(X-Y)定位器
112	系統控制電腦
114	內嵌控制電腦
116	射束定位控制器
118	工件
122	折鏡
124	Z定位器
138	匯流排
140	匯流排
142	暫存器
144	匯流排
146	暫存器
148	計時器
150	位置符合信號
152	比較器
154	位置編碼器
156	周期完成中斷信號
200	雷射脈衝處理系統
210	雷射光束
212	脈衝雷射源
214	雷射次系統控制器(LSC)

216　光子振盪器

218　第一光學調變器

220　放大器

221　後端放大器

222　光子時脈

223　諧振轉換模組

224　脈衝封鎖信號

226　第二光學調變器

228　脈衝封鎖信號

230　聲光式偏轉器(AOD)

232　快速操控反射鏡(FSM)

234　雷射梳索引模組

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)