



(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 I583477 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：103110047

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 17 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/04 (2014.01)****B23K26/062 (2014.01)****B23K26/082 (2014.01)**

(30)優先權：2013/03/15 美國

61/800,903

(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：法蘭克爾 喬瑟夫 FRANKEL, JOSEPH (US)；伯軒尼 包伯 BEAUCHAINE, BOB
(US)；吉柏森 道格 GIBSON, DOUG (US)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW 200804023A

TW 201111082A

US 2003-0132208A1

US 2005-0279808A1

US 2011-0210105A1

US 2012-0083049A1

審查人員：林桂忠

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 40 頁

(54)名稱

使用基於雷射放射所控制的射束定位器的雷射機械加工系統及方法

LASER MACHINING SYSTEM AND METHOD EMPLOYING LASER EMISSION-BASED
CONTROL OF BEAM POSITIONER

(57)摘要

一種雷射機械加工系統(20)採用了一快速定位器(68)，諸如一對電流計鏡(70)，該快速定位器與按一恒定雷射脈衝重複率自一雷射(28)發射之多個雷射脈衝中之一者一致地以一指定速度將一射束軸(24)引導至一切割路徑(92)之一開始位置，該雷射脈衝獨立於該射束軸(24)相對於工件(26)之相對位置而行進。

A laser machining system (20) employs a fast positioner (68), such as a pair of galvanometer mirrors (70), that directs a beam axis (24) at a specified velocity to a start position of a cutting path (92) in coincidence with one of multiple laser pulses emitted from a laser (28) a constant laser pulse repetition rate, which runs independently of the relative position of the beam axis (24) with respect to the workpiece (26).

指定代表圖：

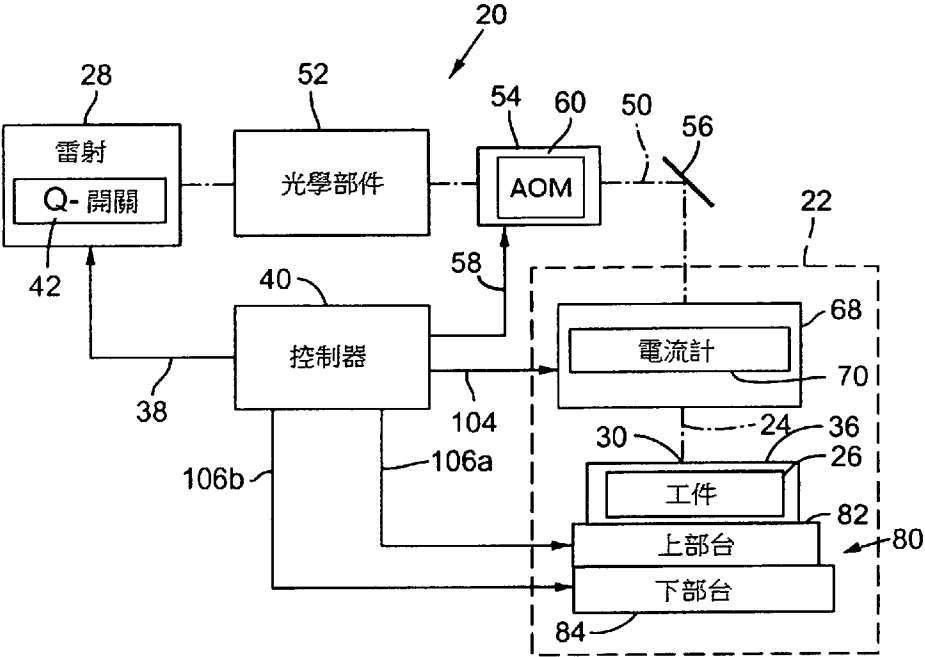


圖 1

- 符號簡單說明：
- 20 . . . 雷射機械加工系統
 - 22 . . . 射束定位系統
 - 24 . . . 射束軸
 - 26 . . . 工件
 - 28 . . . 雷射
 - 30 . . . 點位置
 - 36 . . . 表面
 - 38 . . . 路徑
 - 40 . . . 控制器
 - 42 . . . Q 開關
 - 50 . . . 光學路徑
 - 52 . . . 光學部件
 - 54 . . . 脈衝拾取器件
 - 56 . . . 折疊鏡
 - 60 . . . 聲光調變器 (AOM)
 - 68 . . . 快速定位器
 - 70 . . . 電流計鏡
 - 80 . . . 工件定位台
 - 82 . . . 上部台
 - 84 . . . 下部台
 - 104 . . . 信號路徑
 - 106a、106b . . . 台信號路徑

發明摘要

※ 申請案號：103/110047

※ 申請日：103.3.17

※IPC 分類：B23K 26/04 (2014.01)
B23K 26/062 (2014.01)
B23K 26/082 (2014.01)

【發明名稱】(中文/英文)

使用基於雷射放射所控制的射束定位器的雷射機械加工系統及方法

Laser Machining System and Method Employing Laser Emission-Based
Control of Beam Positioner

【中文】

一種雷射機械加工系統(20)採用了一快速定位器(68)，諸如一對電流計鏡(70)，該快速定位器與按一恒定雷射脈衝重複率自一雷射(28)發射之多個雷射脈衝中之一者一致地以一指定速度將一射束軸(24)引導至一切割路徑(92)之一開始位置；該雷射脈衝獨立於該射束軸(24)相對於工件(26)之相對位置而行進。

【英文】

A laser machining system (20) employs a fast positioner (68), such as a pair of galvanometer mirrors (70), that directs a beam axis (24) at a specified velocity to a start position of a cutting path (92) in coincidence with one of multiple laser pulses emitted from a laser (28) a constant laser pulse repetition rate, which runs independently of the relative position of the beam axis (24) with respect to the workpiece (26).

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 20 雷射機械加工系統
- 22 射束定位系統
- 24 射束軸
- 26 工件
- 28 雷射
- 30 點位置
- 36 表面
- 38 路徑
- 40 控制器
- 42 Q 開關
- 50 光學路徑
- 52 光學部件
- 54 脈衝拾取器件
- 56 折疊鏡
- 60 聲光調變器（AOM）
- 68 快速定位器
- 70 電流計鏡
- 80 工件定位台
- 82 上部台
- 84 下部台

104 信號路徑

106a、106b 台信號路徑

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

使用基於雷射放射所控制的射束定位器的雷射機械加工系統及方法

Laser Machining System and Method Employing Laser Emission-Based
Control of Beam Positioner

【相關申請案】

【0001】 本申請案為 2013 年 3 月 15 日申請之美國臨時申請案第 61/800,903 號之非臨時申請案，該美國臨時申請案之內容出於所有目的以全文引用方式併入本文中。

【版權聲明】

【0002】 © 2014 Electro Scientific Industries, Inc. 本專利文件之部分揭示內容含有受版權保護之材料。版權所有人反對任何人對專利及商標局之專利文檔或記錄中出現的專利文件或專利揭示內容進行傳真複製，但除此之外在任何情況下均保留所有版權。37 CFR § 1.71(d)。

【技術領域】

【0003】 本申請案係關於用於使射束位置與雷射擊發同步之系統及方法，且特定言之，係關於用於使工件及射束軸位置與雷射脈衝發射之定時同步的系統及方法。

【先前技術】

【0004】 雷射處理系統通常藉助於觸發信號來協調雷射脈衝至工件上之位置之擊發，該觸發信號由射束定位系統產生且作為外部輸入遞送至雷射控制電子器件。在此類方法中，由於關於何時擊發雷射之定時決策完全由射束定位系統計算且判定，故射束定位系統可被視為「主裝置」，而雷

射被視為「從屬裝置」。來自射束定位系統之觸發信號使雷射控制電子器件啟動脈衝起始器件（諸如 Q 開關）以使得雷射脈衝被發射。

【0005】 此等基於定位之機械加工系統中之一些力圖藉由「預設關閉」方法來最小化脈衝能量變化性，其中雷射脈衝僅在射束定位器到達目標位置時才被擊發。在此類系統中，低雷射功率、此過程之性質及系統架構導致雷射脈衝之相對較低的工作週期。在一些晶圓切塊雷射機械加工系統中，電流計控制器任意地向 Q 開關發送觸發信號，以在藉由電流計鏡引導之射束軸以已知速度到達所要位置時起始雷射脈衝發射。

【0006】 上述「雷射跟隨射束定位器」情形之問題為當雷射在穩定狀態下操作時雷射表現最好且其脈衝參數更一致。此外，發送至 Q 開關之觸發信號脈衝串之定時的任何非恒定開始、停止或頻率改變將會在雷射輸出射束中導致非所要瞬態現象，例如初始熱脈衝、低頻率平均功率漂移以及增加之脈衝至脈衝脈寬變化性及峰值功率變化性。此等變化減弱了對施加至工作面之雷射參數的控制，藉此縮減處理窗，且可能會使雷射處理品質降級。布賴恩·貝爾德（Brian Baird）等人之美國專利第 6,172,325 號及凱斯·格蘭特（Keith Grant）等人之美國專利第 7,61,669 號描述了射束定位系統為主裝置的基於射束位置之雷射同步方法的改良。此等專利均受讓與本申請案之受讓人且均以引用方式併入本文中。

【發明內容】

【0007】 提供此概述來以簡化形式介紹對概念之選擇，該等概念在本發明之詳細描述中作進一步描述。此概述既不意欲識別所主張主題之關鍵或必要創造性概念，亦不意欲判定所主張主題之範疇。

【0008】 在一些實施例中，一種用於在一恒定雷射脈衝重複率下協調射束軸位置及射束軸速度與雷射發射的方法包含：自一雷射按一恒定雷射脈衝重複率產生雷射脈衝之一射束以沿一光學路徑傳播；採用一快速定位器，該快速定位器沿該光學路徑定位且可操作以在一工件上按一移動型樣引導該光學路徑之一射束軸，其中該移動型樣包括在該工件上之非切割區域上引導該射束軸及在相對於該工件之開始位置與結束位置之間的一切割路徑上以一射束軸速度引導該射束軸，藉此按該雷射脈衝重複率及按一照射度遞送該等雷射脈衝以沿該切割路徑改變該工件之一實體特性；採用一脈衝拾取器件以允許或防止該等雷射脈衝中之選定雷射脈衝沿該光學路徑傳播至該工件，其中被允許傳播至該工件之該等雷射脈衝為工作雷射脈衝，且其中被防止傳播至該工件之該等雷射脈衝為非工作雷射脈衝；採用一控制器，該控制器可操作以接收用於改變該工件之該實體特性的雷射處理參數及將控制信號直接或間接地提供至該雷射、該射束定位系統及該脈衝拾取器件，其中該等雷射處理參數包括或判定該雷射脈衝重複率、該切割路徑、該射束軸速度及該照射度；採用一計時器件，該計時器件與該控制器通信或與該控制器相關聯，其中該計時器件可操作以使得按一恒定重複率將雷射觸發信號發送至該雷射觸發器件以使該雷射之該雷射脈衝重複率為恒定的，藉此使該等雷射脈衝之發射為恒定的，使得它們展現出穩定且可預測之脈衝特性；及採用處理電路，該處理電路與該控制器相關聯且可操作以將快速定位器控制信號提供至該快速定位器以引導該射束軸使之在該工件上沿該切割路徑移動；其中基於該雷射脈衝重複率，該處理電路可操作以使得在該等工作雷射脈衝中之一第一者撞擊該工件時該射束軸被

引導至相對於該工件之該開始位置且以該射束軸速度移動；且其中經由該計時器件閘控之一或多個脈衝拾取器信號可操作以使該脈衝拾取器件防止非工作雷射脈衝在該工件之非切割區域上傳播且准許工作雷射脈衝傳播以在該切割路徑上撞擊該工件，該切割路徑包括相對於該工件之該等開始及結束位置且在該開始位置與該結束位置之間。

【0009】 在一些實施例中，一種用於處理具有一表面之一工件之雷射機械加工系統包含：一雷射，該雷射包括一雷射觸發器件，該雷射觸發器件可操作以使得自該雷射按一雷射脈衝重複率發射雷射脈衝以沿一光學路徑傳播；一射束定位系統，該射束定位系統包括一快速定位器，該快速定位器沿該光學路徑定位且可操作以在一工件上按一移動型樣引導該光學路徑之一射束軸，其中該移動型樣包括在該工件上之非切割區域上引導該射束軸及在相對於該工件之開始位置與結束位置之間的一切割路徑上以一射束軸速度引導該射束軸，藉此按該雷射脈衝重複率及按一照射度遞送該等雷射脈衝以沿該切割路徑改變該工件之一實體特性；一脈衝拾取器件，該脈衝拾取器件沿該光學路徑定位且可操作以允許或防止該等雷射脈衝中之選定雷射脈衝沿該光學路徑傳播至該工件，其中被允許傳播至該工件之該等雷射脈衝為工作雷射脈衝，且其中被防止傳播至該工件之該等雷射脈衝為非工作雷射脈衝；一控制器，該控制器可操作以接收用於改變該工件之該實體特性的雷射處理參數及將控制信號直接或間接地提供至該雷射、該射束定位系統及該脈衝拾取器件，其中該等雷射處理參數包括或判定該雷射脈衝重複率、該切割路徑、該射束軸速度及該照射度；一計時器件，該計時器件與該控制器相關聯，其中該計時器件可操作以使得按一恒定重複

率將雷射觸發信號發送至該雷射觸發器件以使該雷射之該雷射脈衝重複率為恒定的，藉此使該等雷射脈衝之發射為恒定的，使得它們展現出穩定且可預測之脈衝特性；及處理電路，該處理電路與該控制器相關聯且可操作以將快速定位器控制信號提供至該快速定位器以引導該射束軸使之在該工件上沿該切割路徑移動；其中基於該雷射脈衝重複率，該處理電路可操作以使得在該等工作雷射脈衝中之一第一者撞擊該工件時該射束軸被引導至相對於該工件之該開始位置且以該射束軸速度移動；且其中經由該計時器件閘控之一或多個脈衝拾取器信號可操作以使該脈衝拾取器件防止非工作雷射脈衝在該工件之非切割區域上傳播且准許工作雷射脈衝傳播以在該切割路徑上撞擊該工件，該切割路徑包括相對於該工件之該等開始及結束位置且在該開始位置與該結束位置之間。

【0010】 在一些替代或額外實施例中，該處理電路可操作以考量在傳輸該脈衝拾取器信號與該第一工作雷射脈衝到達該工件之該表面之間的雷射脈衝傳播延遲。

【0011】 在一些替代、額外或累積實施例中，該處理電路可操作以考量在傳輸該脈衝拾取器信號與該脈衝拾取器在操作上能夠自防止非工作雷射脈衝傳播切換至允許工作雷射脈衝在該工件上傳播之間的脈衝拾取器傳播延遲。

【0012】 在一些替代、額外或累積實施例中，該處理電路可操作以考量在傳輸該等快速定位器控制信號與以該射束軸速度將該射束軸引導至相對於該工件之該開始位置之間的快速定位器延遲。

【0013】 在一些替代、額外或累積實施例中，該處理電路可操作以考

量在該脈衝拾取器自防止非工作雷射脈衝傳播有效地改變至允許工作雷射脈衝在該工件上傳播與該第一工作雷射脈衝傳遞通過該脈衝拾取器件之間的脈衝拾取器領先時間。

【0014】 在一些替代、額外或累積實施例中，該處理電路可操作以考量在該脈衝拾取器自允許工作雷射脈衝傳播有效地改變至防止非工作雷射脈衝在該工件上傳播與撞擊該工件上之該切割路徑之該末端位置的工作雷射脈衝傳遞通過該脈衝拾取器件之間的脈衝拾取器滯後時間。

【0015】 在一些替代、額外或累積實施例中，該快速定位器具有大到足以包含該移動型樣之一可用掃描場，且其中該快速定位器可操作以在該可用掃描場內對該移動型樣重複多遍。

【0016】 在一些替代、額外或累積實施例中，該工件足夠大以包括該快速定位器之第一及第二相鄰可用掃描場，其中該第一掃描場中之一第一切割路徑的該結束位置鄰近於該第二切割路徑中之一第二切割路徑的該開始位置，且其中因雷射撞擊而改變之該實體特性沿該第一切割路徑、該第二切割路徑及在其連接點處為相同的。

【0017】 在一些替代、額外或累積實施例中，該雷射觸發器件包含一 Q 開關，及/或該快速定位器包含一對電流計鏡，及/或該脈衝拾取器件包含一 AOM，及/或該計時器件包含一現場可程式化閘陣列，及/或該處理電路包含一數位信號處理器，及/或該工件具有小於 1 mm 之一厚度。

【0018】 在一些替代、額外或累積實施例中，該雷射包含一鎖模雷射，及/或該雷射觸發器件包含在該雷射內之一內部時脈，及/或該快速定位器包含一對電流計鏡，及/或該脈衝拾取器件包含一 AOM，及/或該計時器

件包含一現場可程式化閘陣列，及/或該處理電路包含一數位信號處理器，及/或該工件具有小於 1 mm 之一厚度。

【0019】 在一些替代、額外或累積實施例中，該快速定位器在該雷射機械加工系統內具有一固定位置，且其中該工件藉由相對於該快速定位器之該固定位置移動之一台支撐。

【0020】 此等實施例之許多優點之一為該等雷射脈衝具有一致、穩定、可預測之參數。

【0021】 自以下對優選實施例之詳細描述中，額外態樣及優點將顯而易見，該詳細描述係參看附圖來進行。

【圖式簡單說明】

【0022】 圖 1 為採用射束定位系統之簡化雷射機械加工系統之示意圖。

【0023】 圖 2 為用於達成工件上之雷射通過的雷射脈衝及各種射束傳播及定位系統部件之示例性時序圖。

【0024】 圖 3 為對電流計鏡之掃描場上的電流計鏡路線之示例性雷射通過之模擬中的雷射脈衝及各種射束傳播及定位系統部件之時序圖。

【0025】 圖 4 為在電流計鏡之雙軸掃描場上雷射射束軸之代表性移動型樣的俯視平面圖。

【0026】 圖 5 為圖 4 之移動型樣之放大部分的俯視平面圖，其示出了在雷射通過開始時雷射脈衝之相對位置。

【0027】 圖 6A 為用於實施一些所揭示方法之數位信號處理器中的示例性即時狀態邏輯之時序圖。

【0028】 圖 6B 示出了在可用掃描場上的如由圖 6A 之時序圖表示的射束軸移動與脈衝拾取器操作之協調。

【0029】 圖 6C 為一般流程圖，其關於圖 6A 之實例示出了對脈衝拾取器件之示例性指令。

【實施方式】

【0030】 下文參看附圖來描述實例性實施例。在不偏離本揭示案之精神及教示的情況下，許多不同之形式及實施例係可能的，因此，本揭示案不應被理解為限於本文中陳述之實例性實施例。而是，提供此等實例性實施例，使得本揭示案將為詳盡且完整的，且將向熟習此項技術者傳達本揭示案之範疇。在圖式中，為了清楚起見，可誇示部件之尺寸及相對尺寸。本文中使用的術語之目的僅在於描述特定實例性實施例且不意欲為限制性的。如本文中使用的，除非上下文另外清楚指示，否則單數形式「一」及「該」意欲亦包括複數形式。將進一步理解，術語「包含」及/或「包含了」在本說明書中使用時指明了所陳述特徵、整體、步驟、操作、元件及/或部件之存在，但不排除一或多個其他特徵、整體、步驟、操作、元件、部件及/或其群組之存在或添加。除非另外指定，否則在列舉出時，一數值範圍包括該範圍之上限及下限以及其間之任何子範圍。

【0031】 圖 1 為採用射束定位系統 22 之簡化雷射微機械加工系統 20 之示意圖，該射束定位系統能夠對射束軸 24 在工件 26 上之定位實施基於雷射之控制。本文中描述之實施例將射束定位系統與雷射 28 之間的主/從關係反轉，使得「射束定位系統 22 跟隨雷射 28」。代替在射束定位系統 22 相對於工件 26 以所要速度將射束軸 24 引導至工件 26 之表面 36 上之所要點位置

30 處時自雷射 28 擊發雷射脈衝，可使由控制器 40 沿 Q 開關信號路徑 38 向雷射 28 之雷射空腔內之 Q 開關 42 發送的一脈衝串在雷射系統初始化之後維持在恒定頻率。可選擇 Q 開關命令觸發信號之脈衝串以提供一雷射重複率，該雷射重複率落入用於對工件 26 之給定操作的雷射處理窗之內且落入雷射 28 的適合於維持一致雷射輸出之指令引數之內。該等觸發信號在初始化之後不停止、不開始或不以其他方式發生頻移，使得最小化雷射空腔不穩定性。

● 【0032】 在回應於 Q 開關命令觸發信號而產生雷射脈衝時，在時間及空間上對射束定位系統 22 之射束軸 24 的軌跡稍作調整以與雷射 28 之輸出對準，使得當所要雷射脈衝到達工件 26 之表面 36 時，射束軸 24 以所要速度到達所要點位置 30。此外，自雷射 28 發射雷射脈衝之定時與射束軸 24 相對於工件 26 之位置無關。此能力採用了對由控制器 40 實施之組合式射束定位及雷射功率控制架構的約束且利用高速數位處理以及數位雷射控制器與射束定位控制器之間的經精確校準之定時。

● 【0033】 使雷射脈衝保持以恒定且不中斷之速率擊發的一個優點為雷射 28 不會在雷射空腔中經歷瞬態現象，因此產生它所能產生的最一致之雷射脈衝。

【0034】 示例性雷射脈衝參數包括雷射類型、波長、脈衝持續時間、脈衝重複率、脈衝數、脈衝能量、脈衝時間形狀、脈衝空間形狀及焦點尺寸及形狀。額外雷射脈衝參數包括指定焦點相對於工件 26 之表面 36 的位置及引導雷射脈衝相對於工件 26 之相對運動。

【0035】 在一些實施例中，可有利地用於一些實施例之雷射參數包括

使用波長為 IR 至 UV 或更特定言之約 10.6 微米直至約 266 nm 的雷射 28。

雷射 28 可以 2 W 來操作，2 W 處於 1 W 至 100 W 或更佳地 1 W 至 12 W 之範圍內。脈衝持續時間為 1 皮秒至 1000 ns，或更佳地約 1 皮秒至 200 ns。

雷射重複率可處於 1 KHz 至 100 MHz 或更佳地 10 KHz 至 1 MHz 之範圍內。

雷射能量密度可為約 $0.1 \times 10^6 \text{ J/cm}^2$ 至 100 J/cm^2 或更特定言之 $1.0 \times 10^2 \text{ J/cm}^2$ 至 10 J/cm^2 。射束軸 24 相對於工件 26 移動之速率為 1 mm/s 至 10 m/s 或更佳地 100 mm/s 至 1 m/s。在工件 26 之表面 36 處量測的固定雷射點 32（圖 5）之主空間軸可為 10 微米至 1000 微米或 50 微米至 500 微米。射束軸 24 之速度可增加工件 26 上之雷射點 32 的有效尺寸。在一些實施例中，可認為點尺寸表示在 $1/e^2$ （FWHM）情況下之雷射脈衝之射束腰。

【0036】 可採用幾乎任何類型之雷射 28。一些實施例採用固態二極體泵浦雷射 28，其可經組態以按達 5 MHz 之脈衝重複率發射約 366 nm（UV）至約 1320 nm（IR）之波長。然而，可藉由替換或添加適當之雷射、雷射光學器件、零件處理設備及控制軟體對此等系統進行調適以如先前所述可靠地且可重複地在工件 26 上產生選定雷射點 32。此等修改准許雷射處理系統以所要的速率及雷射點 32 之間的侵蝕尺寸將具有適當雷射參數之雷射脈衝引導至適當地定位及固持之工件 26 上的所要位置。

【0037】 在一些實施例中，可採用鎖模雷射，在此種情況中，使用內部時脈來以指定頻率觸發雷射脈衝。

【0038】 在一些實施例中，雷射機械加工系統 20 採用在 532 nm、355 nm 或 266 nm 下具有發射之 Coherent Avia 二極體泵浦、固態、Q 開關雷射，其中輸出功率在 532 nm 下高達 45 W。

【0039】 在一些實施例中，雷射機械加工系統 20 採用在 1064 nm 波長下操作之二極體泵浦 Nd:YVO₄ 固態雷射 28，諸如 Lumera Laser GmbH（德國凱撒斯勞滕）製造之型號 Rapid。可視情況地使用固態諧波頻率產生器使此雷射頻率加倍以將波長減少至 532 nm，藉此產生可見（綠色）雷射脈衝，或使此雷射頻率變三倍以將波長減少至約 355 nm 或使此雷射頻率變四倍以將波長減少至 266 nm，藉此產生紫外（UV）雷射脈衝。此雷射 28 額定產生 6 瓦特之持續功率且具有 1000 KHz 之最大脈衝重複率。此雷射 28 與控制器 40 協作產生持續時間為 1 皮秒至 1,000 奈秒之雷射脈衝。

【0040】 此等雷射脈衝可為高斯脈衝或藉由雷射光學器件特別整形或裁剪以准許雷射點 32 具有所要特性，該雷射光學器件通常包含沿光學路徑 50 定位之一或多個光學部件。可使用繞射光學元件或其他射束整形部件來產生經特別整形之空間剖面。對修改雷射點 32 之空間照射剖面之詳細描述可見于寇里·杜恩斯基（Corey Dunskey）等人之美國專利第 6,433,301 號中，該案受讓與本申請案之受讓人且以引用方式併入本文中。

【0041】 再次參看圖 1，示例性雷射微機械加工系統 20 之雷射 28 沿一光學路徑 50 發射一束雷射脈衝，該光學路徑傳播通過各種光學部件 52、脈衝拾取器件 54、一或多個折疊鏡 56 且至射束定位系統 22 之快速定位器 68，該快速定位器最終將光學路徑 50 之射束軸 24 引導至工件 26 之表面 36 上的點位置 30 上。光學部件 52 可包括定位於光學路徑 50 上之各個位置處的各種熟知之光學器件（諸如射束擴展器透鏡部件）、視情況選用之衰減器（諸如聲光或電光器件）及/或回饋感測器（諸如針對能量、定時或位置）。

【0042】 脈衝拾取器件 54 充當高速快門，該高速快門阻擋或准許雷

射脈衝沿光學路徑進一步傳播且判定准許哪些雷射脈衝撞擊工件 26。脈衝拾取器件 54 可包括電光器件或聲光調變器 (AOM) 60。為方便起見，本文中將拿 AOM 60 舉例來論述脈衝拾取器 54。AOM 60 對自控制器 40 沿 AOM 信號路徑 58 遞送之 AOM 命令信號作出回應。AOM 命令信號使 AOM 60 上之換能器在 AOM 中起始音波，該等音波使傳播通過 AOM 60 之射束沿與光學路徑 50 對準或不對準之預定出射角轉向至快速定位器 68。

【0043】 快速定位器 68 可包括具有相對較大之掃描場 72 (圖 4) 的任何高速射束定位器件。在一些實施例中，快速定位器 68 可包括能夠在工件 26 上之相對較大之視場 72 上快速地改變射束軸 24 之方向的一對電流計驅動型 X 軸及 Y 軸鏡 70。在一些實施例中，可用視場 72 之直徑 (或主軸) 為 10 mm 至 100 mm。在一些實施例中，可用視場 72 之直徑大於 15 mm。在一些實施例中，可用視場 72 之直徑為 25 mm 至 50 mm。在一些實施例中，可用視場 72 之直徑小於 75 mm。在一些實施例中，可用視場 72 可包括歸因於掃描透鏡之邊緣效應而不可用於雷射處理之電流計移動區域，因此可用處理場可小於可用視場 72。

【0044】 視所要掃描場 72 之尺寸而定，快速定位器 68 可或者採用高速定位器，諸如聲光器件或可變形鏡 (或其他快速轉向鏡)，儘管此等器件傾向於具有比電流計鏡 70 小之射束偏轉範圍。或者，除了電流計鏡 70 之外還可採用高速定位器，且高速定位器可與由電流計鏡 70 提供的對射束軸 24 之控制及移動整合或可疊加於由電流計鏡 70 提供的對射束軸 24 之移動上 (諸如用於誤差校正)。在一些實施例中，快速定位器 68 支撐於工件 26 上之固定位置中。在其他實施例中，快速定位器 68 藉由可相對於工件 26 移動

之台支撐，諸如在分開軸系統中。示例性快速定位器 68 具有數百千赫之頻寬且能夠達成約 2 m/s 或 3 m/s 至約 10 m/s 之線速度及約 1000 G 至 2000 G 之加速度。自然地，線速度在此等範圍以下亦可運作。

【0045】 在一些實施例中，射束定位系統 22 採用工件定位台 80，該工件定位台較佳控制至少兩個平臺，諸如支撐工件 26 之上部台 82 及支撐上部台 82 之下部台 84。此等上部台 82 及下部台 84 通常藉由線性馬達移動且通常被稱作 X-Y 台，其中上部台 82 可沿一個軸移動且下部台可沿另一軸移動。典型工件定位台 80 具有數十千赫之頻寬且能夠達成 2 m/sec 或 3 m/sec 之速度及 1.5 G 或更大之加速度。當前具成本效益之平移台在約 400 mm/s 至約 1 m/s 之範圍內運作。自然地，它們亦可移動得更慢。工件定位台 80 之工作包絡面通常遠大於電流計鏡 70 之視場 72。

在一些實施例中，雷射機械加工系統 20 以分步重複之方式執行雷射切塊，其中工件定位台 80 相對於快速定位器 68 及射束軸 24 將工件 26 移動至一位置，使得在藉由快速定位器 68 進行之切塊操作期間維持該工件位置。特定言之，工件定位台 80 可將工件 26 之特定區域定位於電流計鏡 70 之可用視場 72 內。電流計鏡 70 可引導射束軸 24 在工件 26 上之掃描場 72 內執行包括一或多個切割路徑 92 的一或多個移動型樣 90，而工件定位台 80 可完全停在掃描場 72 上面。在一些實施例中，爲了獲得所要之輸貫量，直至對給定掃描場 72 上之移動型樣 90 之所有通過完成，射束軸 24 才會停下來。

【0046】 在射束軸 24 按移動型樣 90 進行了一或多次通過之後，工件定位台 80 可移動以將電流計鏡 70 之掃描場 72 定位於工件 26 之不同區域上，例如鄰近區域。因此，對於一些實施例，在射束軸加速時，不進行雷

射處理。使用具有恒定速度移動及恒定重複率之脈衝的射束軸之優點包括穩定且可預測之雷射脈衝特性。

【0047】 在一些實施例中，藉由產生一串相隔已知間距之雷射脈衝以沿工件 26 上之切割路徑 92 以已知速度之射束軸 24 達成所要照射來進行雷射切塊。可使用遍次間的沿切割路徑 92 之第一雷射脈衝之開始位置的變動偏移，將累積照射均勻地分佈于任一點位置處直至工件 26 已被機械加工至所要參數為止，來重複此過程。然而，既不需要脈衝間隔亦不需要遍次間隔。因此，一遍次可含有脈衝間隔小於點尺寸之重疊脈衝，且連續之脈衝遍次不需要在空間上發生偏移。

【0048】 包括一些或所有前述部件且可操作以沿工件 26 上或內之切割路徑 92(圖 4)造出鋸口的一些示例性雷射處理系統為 ESI 5320、MM5330、ML5900 及 5955 微機械加工系統以及 ESI 9900 及 9970 晶圓切塊系統，該等系統皆由電子科學工業公司（俄勒岡州波特蘭，郵遞區號 97229）製造。

【0049】 在一些實施例中，快速定位器 68 及工件定位台 80 自控制器 40 接收命令。電流計鏡 70 可沿一或多個電流計信號路徑 104 自控制器 40 直接或間接地接收電流計命令信號。上部台 82 及下部台 84 可沿單個台路徑或獨立地沿分離之台信號路徑 106a 及 106b 自控制器直接或間接地接收工件定位台 80 命令信號。子控制器可按需要沿該等信號路徑中之任一者定位以改變命令信號之性質或影響其定時。舉例而言，電流計鏡可採用 JANUS 類比介面/驅動器模組。

【0050】 在一些實施例中，為了實施本文中揭示的基於雷射之定位技術，控制器 40 採用主時脈或計時器件，諸如現場可程式化閘陣列（FPGA）。

在一些實施例中，FPGA 具有基礎時脈速率 f_{fpga} [Hz]，通常選擇 FPGA 可更新其暫存器之最快速率作為基礎時脈速率。某些其他參數（諸如中斷速率及雷射重複率）亦可為至控制器 40 的事先選定之外加輸入。

【0051】 舉例而言，DSP 中斷速率 f_s [Hz] 為控制器 40 中之數位信號處理器 (DSP) 執行即時執行回圈的伺服中斷速率。FPGA 經由插斷要求 (IRQ) 輸出來產生對 DSP 之中斷。若該中斷並非 f_{fpga} [Hz] 之整數倍，則該中斷歸因於 FPGA 中之量化效應而可能會稍有不同。對於此實例，採取此條件。

【0052】 雷射重複率 f_{laser} [Hz] 等於自雷射 28 之雷射空腔發射之雷射脈衝的重複率。若實際重複率並非 f_{fpga} [Hz] 之整數倍，則實際重複率歸因於 FPGA 中之量化效應而可能會稍有不同。對於此實例，不採取此條件。

【0053】 可針對特定雷射系統部件及掃描場 72 上電流計鏡 70 之相對移動速度來校準某些參數，諸如雷射傳播延遲、AOM 傳播延遲、伺服滯後時間、AOM 雷射領先時間及 AOM 雷射滯後時間。

【0054】 雷射傳播延遲 T_{laser_prop} [s] 為自 FPGA 輸出 Q 開關命令脈衝至雷射脈衝到達工件 26 之表面的估計時間。

【0055】 AOM 傳播延遲 T_{aom_prop} [s] 為自 FPGA 輸出 AOM 命令暫存器之上升/下降邊緣至其中雷射脈衝可沿退出 AOM 60 之所要光學路徑以所要衰減位元准傳播的完全激發 AOM 晶體狀態的估計時間，亦即， T_{aom_prop} [s] 為 AOM 60 回應於 AOM 命令信號而「打開」或「關閉」所花之時間。在一些實施例中，退出 AOM 60 之所要光學路徑為一階光學路徑。

【0056】 伺服滯後 K_{lag} [s²/m] 為在工件 26 與藉由電流計鏡 70 移動之射束軸 24 之間的恒定速度之相對移動情況下估計電流計鏡命令信號與工件 26

上之位置之間的時間延遲的標度因數。

【0057】 AOM雷射領先時間 T_{aom_lead} [s]為在AOM打開與將沿切割路徑 92 經由 AOM 60 傳遞至工件 26 之表面 36 的第一雷射脈衝之間的指定時間。AOM 雷射領先時間經選擇以小於與雷射重複率 f_{laser} 相關聯之雷射週期。

【0058】 AOM 雷射滯後時間 T_{aom_lag} [s]為在經由 AOM 60 傳遞至工件 26 之表面 36 的最後一個雷射脈衝與 AOM 關閉之間的指定時間。此時間經選擇以小於 AOM 傳播延遲 T_{aom_prop} 與同雷射重複率 f_{laser} 相關聯之雷射週期的總和。

【0059】 配方參數（諸如，切割道開始位置、切割道結束位置、標稱脈衝間隔、標稱通過速度及型態化移動時間）可由使用者選擇或藉由控制器 40 基於使用者輸入、位置資料、查閱資料表及/或構造軟體來判定。

【0060】 切割道開始位置 p_1 [μm]為在電流計鏡座標中相對於 X-Y 工件台 82 及 84 之當前位置的雷射切割路徑 92 之所要開始點。

【0061】 切割道結束位置 p_2 [μm]為基於配方參數的在電流計鏡座標中相對於 X-Y 工件台 82 及 84 之當前位置的雷射切割路徑 92 之所要結束點。

【0062】 標稱脈衝間隔 Δp_{pulse} [μm]為撞擊工件 26 之表面 36 的雷射脈衝之間的所要距離。歸因於即時控制系統中之量化效應，可對此值稍作調整。

【0063】 標稱通過速度 V_{pass} [$\mu\text{m/s}$]為基於配方參數的在工件 26 之表面 36 處射束軸 24 之所要速度。歸因於即時控制系統中之量化效應，亦可對此值稍作調整。

【0064】 型態化移動時間 t_{prof} [s]為在工件 26 上使移動之型態化(加速

度受約束) 部分通向該移動之恒定速度切割路徑段所需的時間。此值可藉由控制器 40 或其他系統電腦中之構造軟體來計算且可被稱作移動時間計算器。

【0065】 即時量測包括雷射脈衝相位偏移 t_0 [s]，其為自 Q 開關脈衝起直至其中沿切割路徑 92 之切割開始之 DSP 中斷迴圈開始為止已消逝的時間量。此值由 FPGA 供應。

【0066】 圖 2 為用於達成沿工件 26 上之切割路徑 92 的雷射通過之雷射脈衝及各種射束傳播及定位系統部件的示例性時序圖。參看圖 2，在一些實施例中，目標係在兩個點之間藉由雷射沿切割路徑 92 切出一線，使得端點雷射脈衝正好擱在由 p_1 及 p_2 指定的切割路徑 92 之開始及結束位置上。使用具有固定重複率 f_{laser} 之雷射 28，獨立地指定標稱脈衝間隔 Δp_{pulse} 及通過速度 V_{pass} ，此係因為它們彼此相依。對於基於位置之配方，標稱通過速度為：

$$V_{pass} = \Delta p_{pulse} f_{laser} \quad (1)$$

或者，對於基於速度之配方，標稱脈衝間隔為：

$$\Delta p_{pulse} = V_{pass} / f_{laser} \quad (2)$$

在任一情況中，將沿切割路徑 92 鋪設之脈衝的數目為：

$$N_{pulse} = (\text{round}((p_2 - p_1) / \Delta p_{pulse})) + 1 \quad (3)$$

其中 $\text{round}()$ 函式藉由將大於 0.5 之小數向上舍入而產生一整數值，且加上+1 則係將一額外脈衝放於切割路徑 92 之末尾處。

【0067】 FPGA 中之量化效應規定，若外部觸發之 Q 開關雷射藉由 FPGA 控制，則雷射之實際重複週期將為：

$$T_{laser} = (\text{round}(T_{laser} / T_{fpga})) T_{fpga} \quad (4)$$

其中 $T_{laser} = 1/f_{laser}$ 。

【0068】 接著由下式計算雷射重複率之量化效應之後的實際通過速度：

$$V_{pass} = (p_2 - p_1) / ((N_{pulse} - 1) T_{laser}) \quad (5)$$

【0069】 將在移動之型態化段期間消逝的雷射脈衝之數目為：

$$n_{start} = \text{floor}(t_{prof} / T_{laser}) \quad (6)$$

其中 $\text{floor}()$ 函式藉由丟棄該數值之小數值而產生一整數值。

【0070】 在一些實施例中，可能希望的係，在最後一個雷射脈衝到達切割路徑 92 之末尾之後，型樣 90 之恒定速度段將在單個 DSP 中斷內結束，亦即：

$$n_{irq} T_s \leq n_{pulse} T_{laser} \leq (n_{irq} + 1) T_s \quad (7)$$

其中 n_{irq} 為將在型樣 90 中該移動之恒定速度段期間消逝之 DSP 中斷的數目。若按下式來選擇 n_{irq} ，則可維持此關係：

$$n_{irq} = \text{floor}((n_{pulse})(T_{laser} / T_s) + 1)) \quad (8)$$

【0071】 在其中移動型樣 90 開始之 DSP 中斷迴圈開始時，緊接著型態化段結束之後直至第一雷射脈衝將到達工件 26 之表面 36 為止的時間為：

$$T_{start} = ((n_{start} + 1) T_{laser}) + (T_{laser_prop} - t_\phi) \quad (9)$$

其中雷射脈衝相位偏移 t_ϕ 保留於 FPGA 暫存器中且藉由 DSP 讀取。

【0072】 至電流計伺服回圈之位置命令與如由電流計鏡 70 引導的射束軸 24 之實際位置之間的滯後時間可藉由下式近似：

$$T_{lag} = K_{lag} V_{pass} \quad (10)$$

可在通過速度範圍內獨立地表徵雷射定標 K_{lag} 。

【0073】 提前將射束軸 24 之位置投影於工件 26 上(如藉由電流計鏡 70 引導)且考量估計之電流計滯後，對命令將到達 p_i 之時間的調整則為：

$$\delta_i = t_{start} - t_{prof} + t_{lag} \quad (11)$$

請注意，在等式 (11) 中，在等式之右手側加上而非減去電流計滯後時間 t_{lag} 係爲了考量該滯後之時間方向。

【0074】 接著藉由針對第一雷射脈衝將投影推遲來計算對型態化移動段之最終位置的調整 δ_p (該調整經應用而使得第一脈衝擱在 p_i 處)：

$$\delta_p = -V_{pass} \delta_i \quad (12)$$

【0075】 最後，藉由下式來計算相對於型態化移動段之開始的 AOM 解除阻擋及阻擋時間：

$$T_{unblock} = t_{start} - t_{aom_lead} - T_{aom_prop} \quad (13)$$

及

$$T_{block} = t_{start} + ((n_{pulse} - 1) T_{laser}) + T_{aom_lag} \quad (14)$$

AOM 解除阻擋及阻擋時間可按浮點運算來計算且接著轉換成 FPGA 時脈迴圈之整數數目，使得：

$$n_{unblock} = \text{round}(T_{unblock} / T_{laser}) \quad (15)$$

及

$$n_{block} = \text{round}(T_{block} / T_{laser}) \quad (16)$$

所得數目接著將用於 FPGA 計時器中，以相對於在其中讀取 t_0 之迴圈對 AOM 命令進行閘控。

【0076】 爲了驗證此等實施例中之一些，進行一模擬以模仿 FPGA 及 DSP 中斷邏輯之行爲。藉由接近地仿效即時控制器/電流計嵌入式軟體

(*TaskProcessor*、*ServoThread* 等)，使用該模擬來捕獲 QSW、IRQ、AOM 脈衝串及射束軸位置與 FPGA 時脈頻率水準之時間的關係。

【0077】 圖 3 說明在工件 26 上之掃描場 72 上在選定(電流計鏡引導)射束軸路線內沿切割路徑 92 之不同段的單次通過之模擬的時序圖。上部之三個圖意欲說明藉由 100 MHz 下之 FPGA 及 140 kHz 下之雷射脈衝產生之脈衝串；且下部之兩個圖說明在射束軸 24 跨越處理場前後掃描時的經電流計引導之射束軸位置(更新為 20 kHz)。然而，為了清楚起見，誇示上部之雷射圖中所示之雷射脈衝之間的間距。此外，Q 開關觸發信號並未示出，而是出現在各雷射脈衝之間的空白區域中。然而，在一些實施例中，Q 開關觸發及雷射脈衝發射在切割輪次之間可停滯，只要 Q 開關觸發及雷射脈衝發射在切割段之前充分地重啓動以重新建立一致且可預測之雷射脈衝參數即可。

【0078】 類似地，已誇示 IRQ 信號之間的間距。雷射脈衝以恒定速率自主地行進，而 IRQ 信號具有其自己之頻率且具有不連續性。

【0079】 圖 4 為電流計鏡 70 之雙軸掃描場 72 上雷射射束軸 24 之代表性移動型樣 90 的俯視平面圖，且圖 5 為圖 4 之移動型樣 90 之放大部分的俯視平面圖，其示出了在雷射通過開始時雷射脈衝之相對位置。參看圖 4，切割路徑 92 形成了在不同方向上進行處理之四個街段(street segment)。可有利地佈署與由本文中揭示之技術提供的脈衝一致性及定位能力結合的脈衝拾取器件以防止過度處理街段之交叉點。

【0080】 參看圖 4 及圖 5，自 SSC 上之配方指定的標稱通過速度 V_{pass} 及雷射脈衝間隔分別為 2850 mm/s 及 20.36 μm 。在藉由即時軟體調整以滿足

DSP 及雷射重複率之約束之後，此等值變成 2852 mm/s 及 20.00 μm ，且針對此特定通過對型態化移動之所得位置調整 δ_p 為 14.89 μm 。

【0081】 圖 6A 為用於實施一些所揭示方法之數位信號處理器中之示例性即時狀態邏輯的時序圖。各步驟之更簡明之處理流可包括：1) 以恒定參數觸發雷射，2) 計算定時偏移以進行同步，3) 即時地計算 δ_p 及 δ_t ，4) 關於位置及時間來調整構造命令，及 5) 執行。

【0082】 圖 6B 示出了可用掃描場 72 上的如圖 6A 之時序圖表示的射束軸移動與脈衝拾取器操作之協調。圖 6C 為一般流程圖，其關於圖 6A 之實例示出了對脈衝拾取器件 68 之示例性指令。

【0083】 將瞭解，本文中揭示之技術可用于雷射標記、雷射劃片或雷射鑽孔以及用於任何雷射切割操作。另外，本文中揭示之技術可與各種其他切割技術一起使用，諸如詹姆斯.N.奧布賴恩（James N. O' Brien）等人之美國專利第 RE 43,440 號中描述之分段切割技術，該案以引用方式併入本文中。

【0084】 前述內容說明了本發明之實施例且不被理解為對其之限制。雖然已描述少許特定實例性實施例，但熟習此項技術者將易於瞭解在並未實質上脫離本發明之新穎教示及優點的情況下對所揭示示例性實施例之許多修改以及其他實施例為可能的。

【0085】 因此，所有此類修改意欲包括在如申請專利範圍內界定的本發明之範疇內。舉例而言，熟習此項技術者將瞭解任何句子或段落之主題可與其他句子或段落中之一些或全部之主題組合，除了此類組合互斥的情況之外。

【0086】 熟習此項技術者將顯而易見在不脫離本發明之基礎原理的情況下可對上述實施例之細節作出許多改變。因此，本發明之範疇將由以下申請專利範圍來判定，其中申請專利範圍之等效形式將包括於其中。

【符號說明】

【0087】

- 20 雷射機械加工系統
- 22 射束定位系統
- 24 射束軸
- 26 工件
- 28 雷射
- 30 點位置
- 32 雷射點
- 36 表面
- 38 路徑
- 40 控制器
- 42 Q 開關
- 50 光學路徑
- 52 光學部件
- 54 脈衝拾取器件
- 56 折疊鏡
- 60 聲光調變器 (AOM)
- 68 快速定位器

- 70 電流計鏡
- 72 掃描場或視場
- 80 工件定位台
- 82 上部台
- 84 下部台
- 90 移動型樣
- 92 切割路徑
- 104 信號路徑
- 106a、106b 台信號路徑

申請專利範圍

1. 一種用於在一恒定雷射脈衝重複率下協調射束軸位置及射束軸速度與雷射發射之雷射機械加工方法，包含：

自一雷射按一恒定雷射脈衝重複率產生雷射脈衝之一射束以沿一光學路徑傳播；

採用包含一快速定位器的一射束定位系統，該快速定位器沿該光學路徑定位且可操作以在一工件上按一移動型樣引導該光學路徑之一射束軸，其中該移動型樣包括在該工件上之非切割區域上引導該射束軸及在相對於該工件之開始位置與結束位置之間的一切割路徑上以一射束軸速度引導該射束軸，藉此按該雷射脈衝重複率及按一照射度遞送該等雷射脈衝以沿該切割路徑改變該工件之一實體特性；

採用一脈衝拾取器件以允許或防止該等雷射脈衝中之選定雷射脈衝沿該光學路徑傳播至該工件，其中被允許傳播至該工件之該等雷射脈衝為工作雷射脈衝，且其中被防止傳播至該工件之該等雷射脈衝為非工作雷射脈衝；

採用一控制器，該控制器可操作以接收用於改變該工件之該實體特性的雷射處理參數及將控制信號直接或間接地提供至該雷射、該射束定位系統及該脈衝拾取器件，其中該等雷射處理參數包括或判定該雷射脈衝重複率、該切割路徑、該射束軸速度及該照射度；

採用與該控制器相關聯之一計時器件，其中該計時器件可操作以使得按一恒定重複率將雷射觸發信號發送至雷射觸發器件以使該雷射之該雷射脈衝重複率為恒定的，藉此使該等雷射脈衝之發射為恒定的，使

得它們展現出穩定且可預測之脈衝特性；及

採用處理電路，該處理電路與該控制器相關聯且可操作以將快速定位器控制信號提供至該快速定位器以引導該射束軸使之在該工件上沿該切割路徑移動；其中基於該雷射脈衝重複率，該處理電路可操作以使得在該等工作雷射脈衝中之一第一者撞擊該工件時該射束軸被引導至相對於該工件之該開始位置且以該射束軸速度移動；且其中經由該計時器件閘控之一或多個脈衝拾取器信號可操作以使該脈衝拾取器件防止非工作雷射脈衝在該工件之非切割區域上傳播且准許工作雷射脈衝傳播以在該切割路徑上撞擊該工件，該切割路徑包括相對於該工件之該等開始及結束位置且在該開始位置與該結束位置之間。

2. 如申請專利範圍第 1 項之雷射機械加工方法，其中該處理電路可操作以考量在傳輸該脈衝拾取器信號與沿著該切割路徑的該等工作雷射脈衝中之該第一者到達該工件之該表面之間的雷射脈衝傳播延遲。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該處理電路可操作以考量在傳輸該脈衝拾取器信號與該脈衝拾取器在操作上能夠自防止非工作雷射脈衝傳播切換至允許工作雷射脈衝在該工件上傳播之間的脈衝拾取器傳播延遲。
4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該處理電路可操作以考量在傳輸該等快速定位器控制信號與以該射束軸速度將該射束軸引導至相對於該工件之該開始位置之間的快速定位器延遲。
5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該處理電路可操作以考量在該脈衝拾取器自防止非工作雷射脈衝傳播有效地改

變至允許工作雷射脈衝在該工件上傳播與該第一工作雷射脈衝傳遞通過該脈衝拾取器件之間的脈衝拾取器領先時間。

6. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該處理電路可操作以考量在該脈衝拾取器自允許工作雷射脈衝傳播有效地改變至防止非工作雷射脈衝在該工件上傳播與撞擊該工件上之該切割路徑之該末端位置的該工作雷射脈衝傳遞通過該脈衝拾取器之間的脈衝拾取器滯後時間。
7. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該快速定位器具有大到足以包含該移動型樣之一可用掃描場，且其中該快速定位器可操作以在該可用掃描場內對該移動型樣重複多遍。
8. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該工件足夠大以包括該快速定位器之一第一可用掃描場及該快速定位器之一第二可用掃描場，其中該第二可用掃描場是相鄰於該第一可用掃描場，其中該第一可用掃描場中之一第一切割路徑的該結束位置鄰近於該第二可用掃描場中之一第二切割路徑的該開始位置，且其中因雷射撞擊而改變之該實體特性沿該第一切割路徑、該第二切割路徑及在其連接點處為相同的。
9. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中：該雷射觸發器件包含一 Q 開關，及/或該快速定位器包含一對電流計鏡，及/或該脈衝拾取器件包含一 AOM，及/或該計時器件包含一現場可程式化閘陣列，及/或該處理電路包含一數位信號處理器，及/或該工件具有小於 1 mm 之一厚度。

10. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之雷射機械加工方法，其中該快速定位器在該雷射機械加工系統內具有一固定位置，且其中該工件藉由相對於該快速定位器之該固定位置移動之一台支撐。
11. 一種用於處理具有一表面之一工件之雷射機械加工系統，包含：
 - 一雷射，該雷射包括一雷射觸發器件，該雷射觸發器件可操作以使得自該雷射按一雷射脈衝重複率發射雷射脈衝以沿一光學路徑傳播；
 - 一射束定位系統，該射束定位系統包括一快速定位器，該快速定位器沿該光學路徑定位且可操作以在一工件上按一移動型樣引導該光學路徑之一射束軸，其中該移動型樣包括在該工件上之非切割區域上引導該射束軸及在相對於該工件之開始位置與結束位置之間的一切割路徑上以一射束軸速度引導該射束軸，藉此按該雷射脈衝重複率及按一照射度遞送該等雷射脈衝以沿該切割路徑改變該工件之一實體特性；
 - 一脈衝拾取器件，該脈衝拾取器件沿該光學路徑定位且可操作以允許或防止該等雷射脈衝中之選定雷射脈衝沿該光學路徑傳播至該工件，其中被允許傳播至該工件之該等雷射脈衝為工作雷射脈衝，且其中被防止傳播至該工件之該等雷射脈衝為非工作雷射脈衝；
 - 一控制器，該控制器可操作以接收用於改變該工件之該實體特性的雷射處理參數及將控制信號直接或間接地提供至該雷射、該射束定位系統及該脈衝拾取器件，其中該等雷射處理參數包括或判定該雷射脈衝重複率、該切割路徑、該射束軸速度及該照射度；
 - 一計時器件，該計時器件與該控制器通信，其中該計時器件可操作以使得按一恒定重複率將雷射觸發信號發送至該雷射觸發器件以使該雷

射之該雷射脈衝重複率為恒定的，藉此使該等雷射脈衝之發射為恒定的，使得它們展現出穩定且可預測之脈衝特性；及處理電路，該處理電路與該控制器相關聯且可操作以將快速定位器控制信號提供至該快速定位器以引導該射束軸使之在該工件上沿該切割路徑移動；其中基於該雷射脈衝重複率，該處理電路可操作以使得在該等工作雷射脈衝中之一第一者撞擊該工件時該射束軸被引導至相對於該工件之該開始位置且以該射束軸速度移動；且其中經由該計時器件閘控之一或多個脈衝拾取器信號可操作以使該脈衝拾取器件防止非工作雷射脈衝在該工件之非切割區域上傳播且准許工作雷射脈衝傳播以在該切割路徑上撞擊該工件，該切割路徑包括相對於該工件之該等開始及結束位置且在該開始位置與該結束位置之間。

12. 如申請專利範圍第 11 項之雷射機械加工系統，其中該處理電路可操作以考量在傳輸該脈衝拾取器信號與沿著該切割路徑的該等工作雷射脈衝中之該第一者到達該工件之該表面之間的雷射脈衝傳播延遲。
13. 如申請專利範圍第 11 項之雷射機械加工系統，其中該處理電路可操作以考量在傳輸該脈衝拾取器信號與該脈衝拾取器在操作上能夠自防止非工作雷射脈衝傳播切換至允許工作雷射脈衝在該工件上傳播之間的脈衝拾取器傳播延遲。
14. 如申請專利範圍第 11 項或第 13 項之雷射機械加工系統，其中該處理電路可操作以考量在傳輸該等快速定位器控制信號與以該射束軸速度將該射束軸引導至相對於該工件之該開始位置之間的快速定位器延遲。

15. 如申請專利範圍第 11 項之雷射機械加工系統，其中該處理電路可操作以考量在該脈衝拾取器自防止非工作雷射脈衝傳播有效地改變至允許工作雷射脈衝在該工件上傳播與該等工作雷射脈衝中之該第一者傳遞通過該脈衝拾取器件之間且沿著該切割路徑的脈衝拾取器領先時間。
16. 如申請專利範圍第 11 項或第 15 項之雷射機械加工系統，其中該處理電路可操作以考量在該脈衝拾取器自允許工作雷射脈衝傳播有效地改變至防止非工作雷射脈衝在該工件上傳播與撞擊該工件上之該切割路徑之該末端位置的該工作雷射脈衝傳遞通過該脈衝拾取器之間的脈衝拾取器滯後時間。
17. 如申請專利範圍第 11 項或第 15 項之雷射機械加工系統，其中該快速定位器具有大到足以包含該移動型樣之一可用掃描場，且其中該快速定位器可操作以在該可用掃描場內對該移動型樣重複多遍。
18. 如申請專利範圍第 11 項或第 15 項之雷射機械加工系統，其中該工件足夠大以包括該快速定位器之一第一可用掃描場及該快速定位器之一第二可用掃描場，其中該第二可用掃描場是相鄰於該第一可用掃描場，其中該第一可用掃描場中之一第一切割路徑的該結束位置鄰近於該第二可用掃描場中之一第二切割路徑的該開始位置，且其中因雷射撞擊而改變之該實體特性沿該第一切割路徑、該第二切割路徑及在其連接點處為相同的。
19. 如申請專利範圍第 11 項或第 15 項之雷射機械加工系統，其中：該雷射觸發器件包含一 Q 開關，及/或該快速定位器包含一對電流計鏡，及/或該脈衝拾取器件包含一 AOM，及/或該計時器件包含一現場可程式

化閘陣列，及/或該處理電路包含一數位信號處理器，及/或該工件具有小於 1 mm 之一厚度。

20. 如申請專利範圍第 11 項或第 15 項之雷射機械加工系統，其中該快速定位器在該雷射機械加工系統內具有一固定位置，且其中該工件藉由相對於該快速定位器之該固定位置移動之一台支撐。

圖式

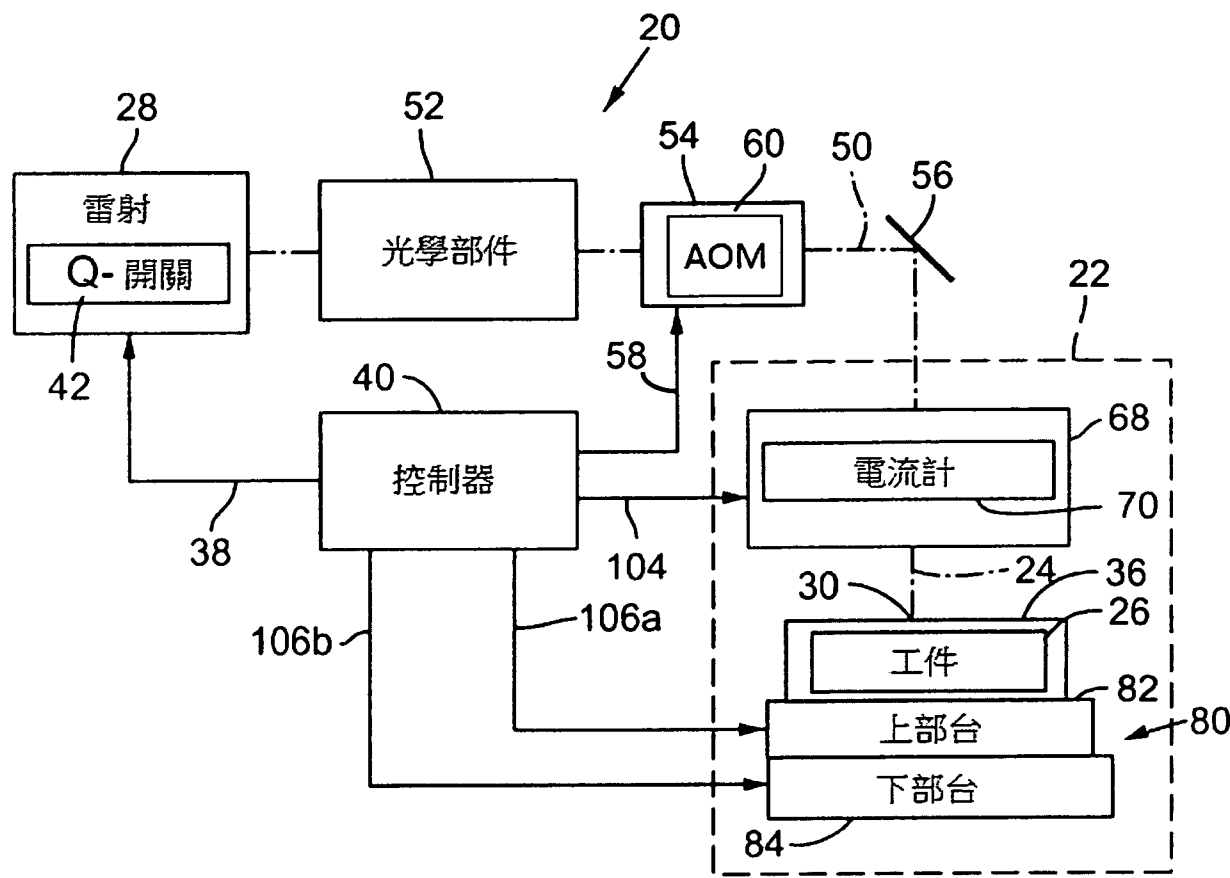


圖 1

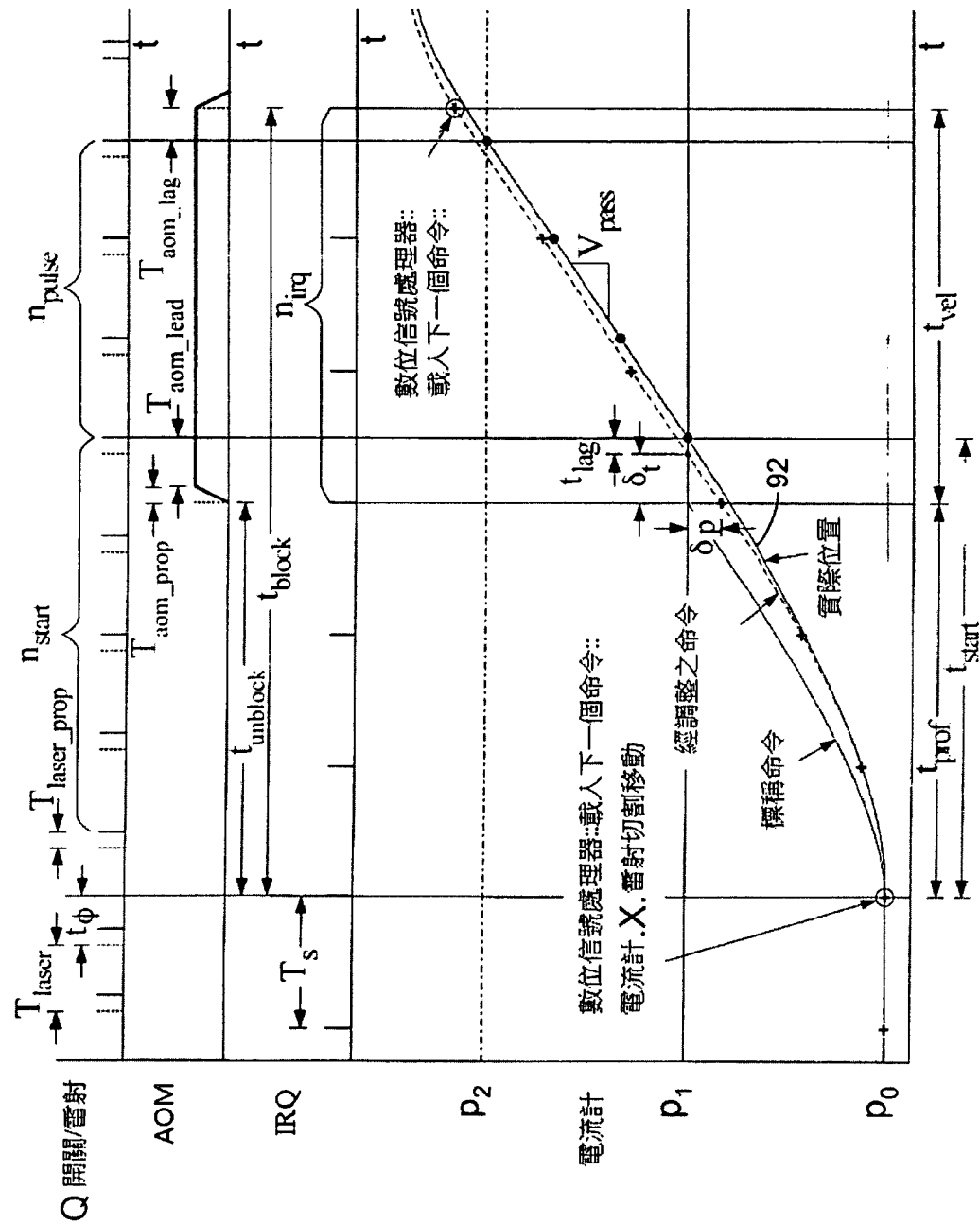


圖 2

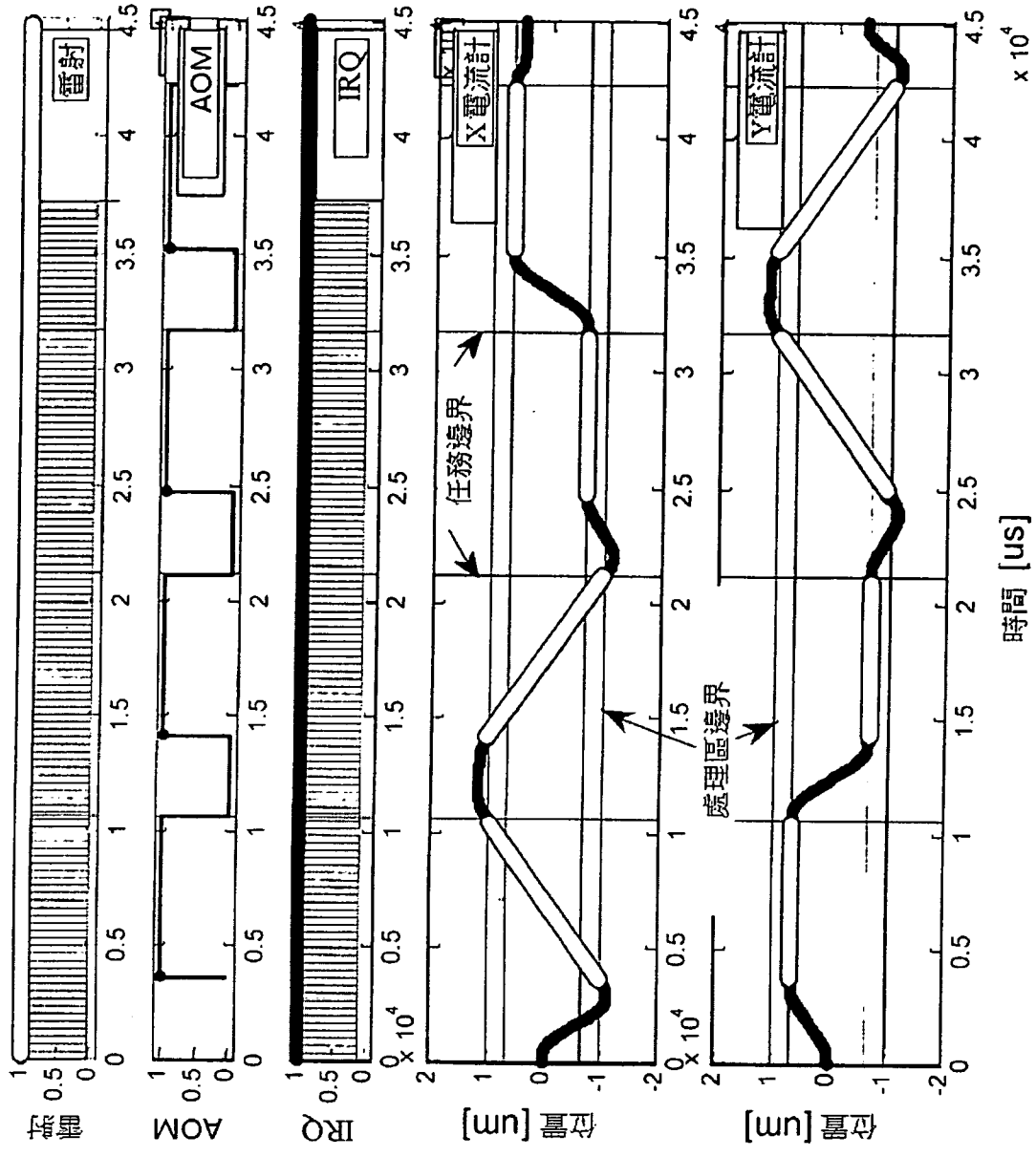


圖 3

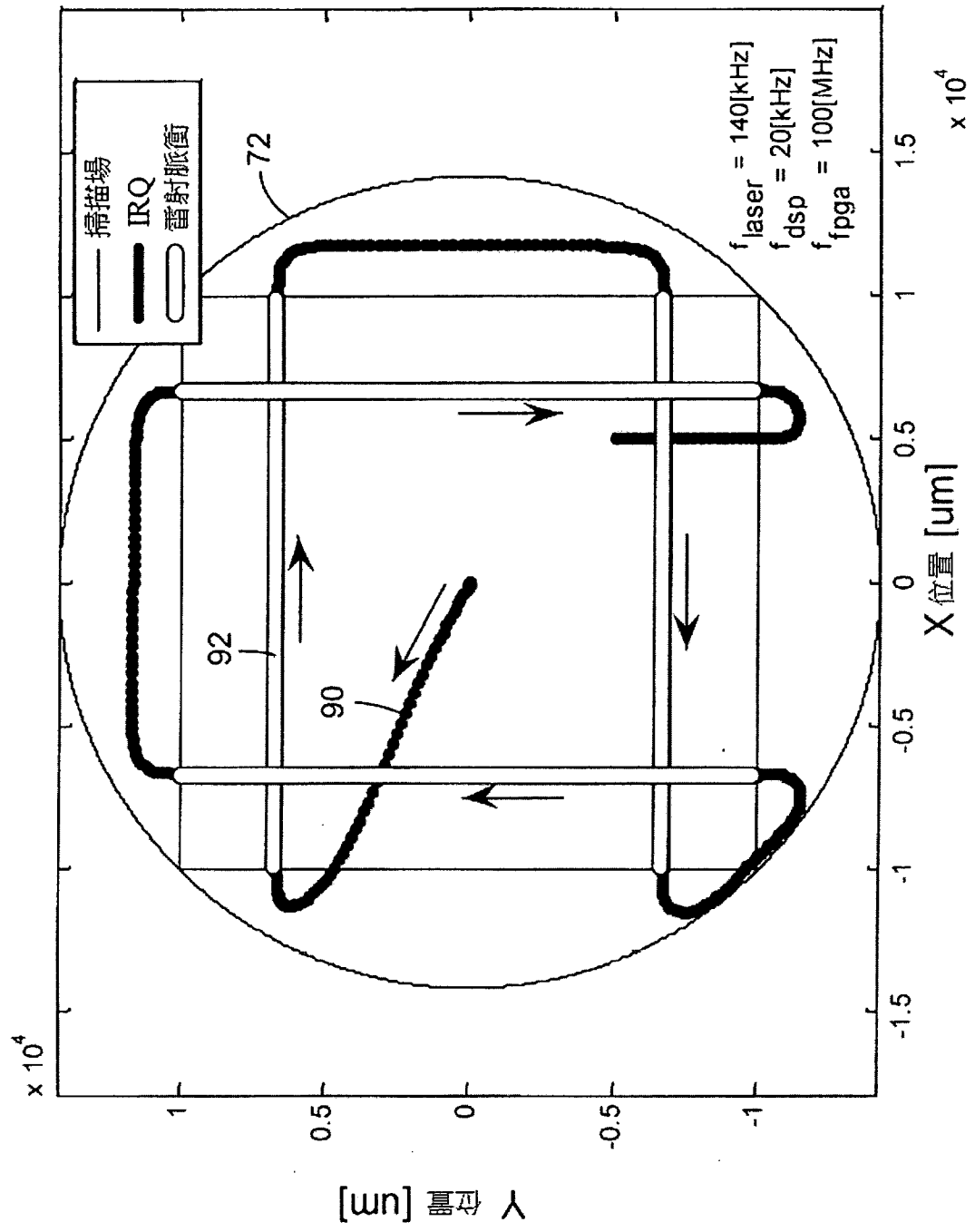


圖 4

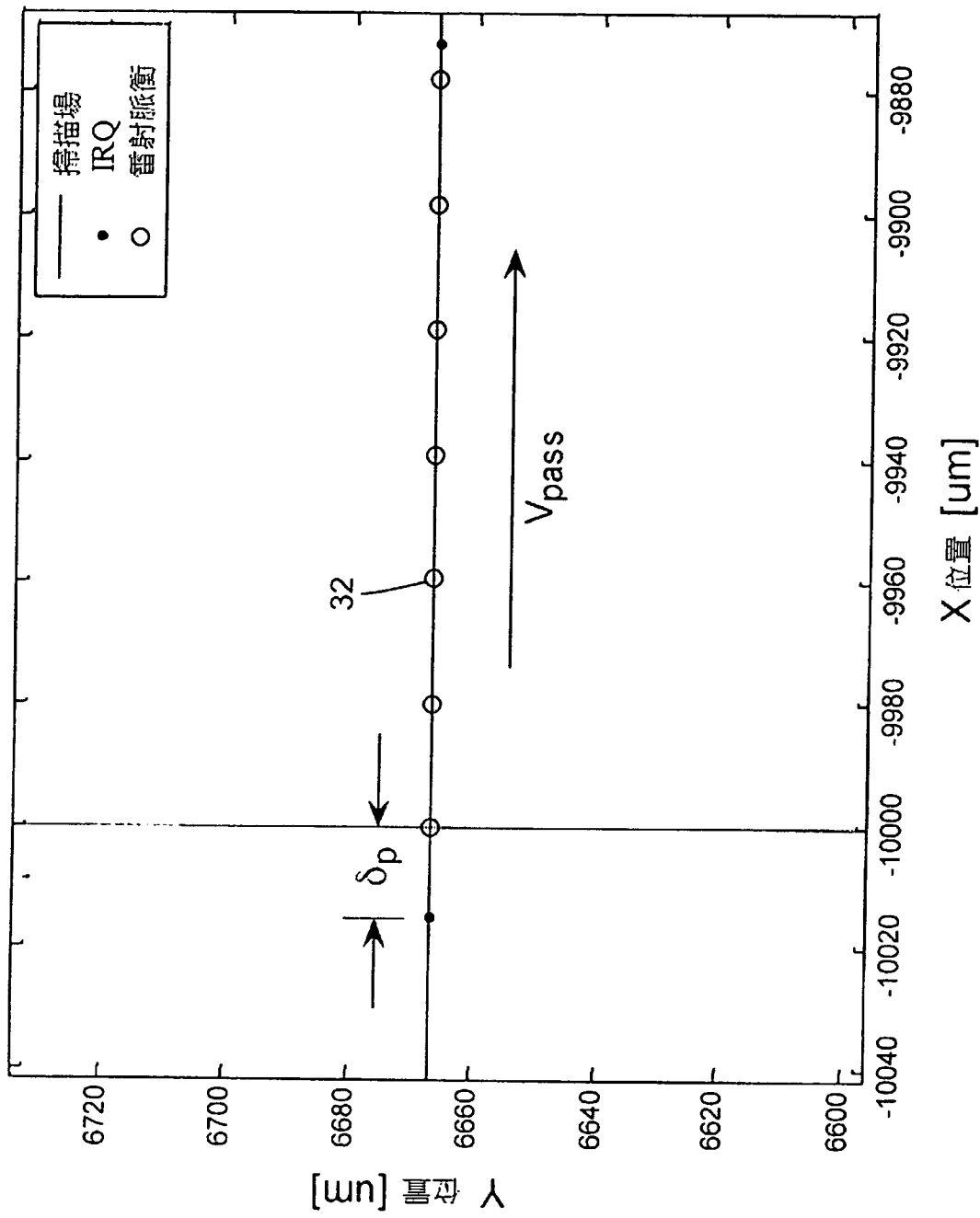


圖 5

數位信號處理器命令及現場可程式化閘陣列動作之時間線



圖 6A

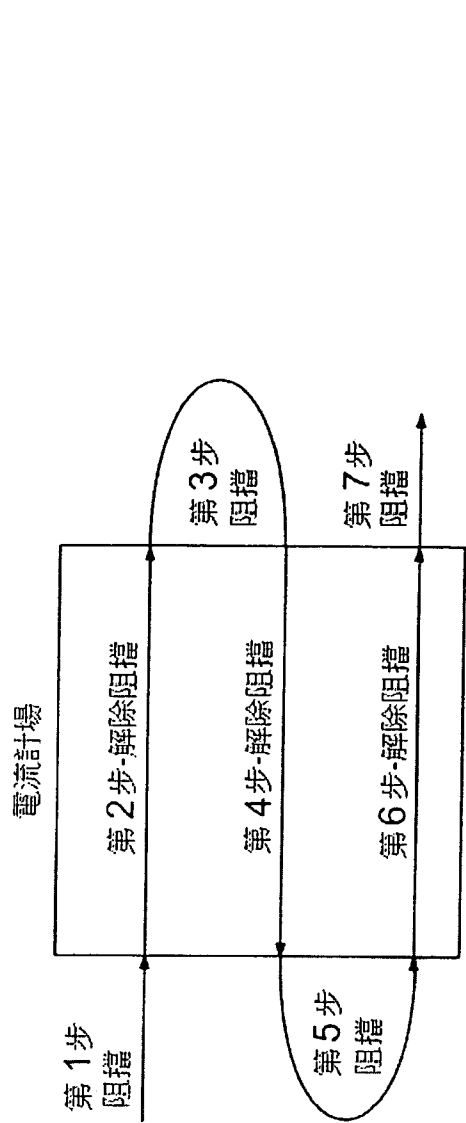


圖 6B

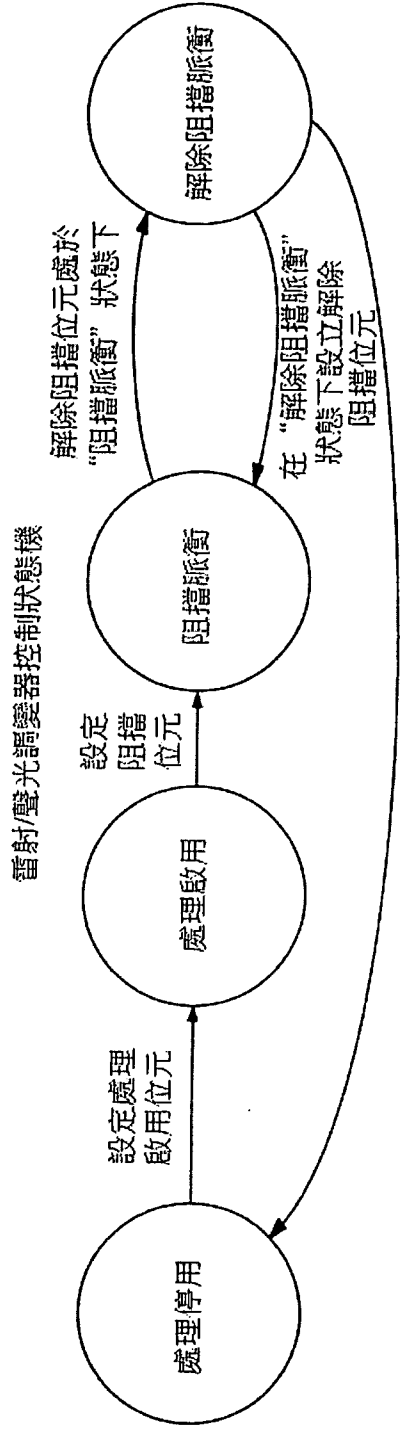


圖 6C