



(21)申請案號：108119537

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 05 日

(51)Int. Cl.：

**B23K26/03 (2006.01)****B23K26/062 (2014.01)****B23K26/067 (2006.01)****B23K26/70 (2014.01)****G01N21/00 (2006.01)****G01J5/00 (2022.01)****H01L21/00 (2006.01)**

(30)優先權：2018/06/05

美國

62/680,856

2018/06/22

美國

62/688,484

(71)申請人：美商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：萊歇爾 派崔克 RIECHEL, PATRICK (US)；昂瑞斯 馬克 UNRATH, MARK (US)；羅伯茲 杰克 ROBERTS, JAKE (US)；哈斯提 喬瑟夫 HASTY, JOSEPH (US)；布魯克伊塞 詹姆斯 BROOKHYSER, JAMES (US)；唐 扎克里 DUNN, ZACHARY (US)；漢默 克里斯多福 HAMNER, CHRISTOPHER (US)；洛特 傑佛利 LOTT, GEOFFREY (US)；梅格斯 雅各 MAGERS, JACOB (US)；羅戴爾 傑克 RUNDEL, JACK (US)；豪爾頓 傑弗瑞 HOWERTON, JEFFREY (US)；克雷能特 傑恩 KLEINERT, JAN (DE)；豪爾 道格 HALL, DOUG (US)；拉森 蓋瑞 LARSEN, GARY (US)；威爾森 朱莉 WILSON, JULIE (US)；彼得森 李 PETERSEN, LEE (US)；韋格納 馬克 WEGNER, MARK (US)；伊藤 克爾特 EATON, KURT (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW 201018301A

TW 201107068A

TW 201215877A

TW 201545829A

TW 201614212A

TW 201718158A

US 2004/0151008A1

US 2005/0061981A1

US 2007/0075063A1

US 2008/0023452A1

審查人員：黃繪禎

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：19 共 100 頁

(54)名稱

雷射加工設備、其操作方法以及使用其加工工件的方法

(57)摘要

本發明改良用於雷射加工工件的設備與技術，並且提供新功能。本發明討論的某些實施例和使用射束特徵化工具達成適應性加工、加工控制、以及其它所希望的特點有關。其它實施例則關於併入積分球的雷射功率感測器。本發明的再其它實施例關於能夠同步提供不同工件給共同雷射加工設備的工件搬運系統。本發明亦詳細說明眾多其它實施例和配置。

Apparatus and techniques for laser-processing workpieces can be improved, and new functionalities can be provided. Some embodiments discussed relate to use of beam characterization tools to facilitate adaptive processing, process control and other desirable features. Other embodiments relate to laser power sensors incorporating integrating spheres. Still other embodiments relate to workpiece handling systems capable of simultaneously providing different workpieces to a common laser-processing apparatus. A great number of other embodiments and arrangements are also detailed.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:雷射加工設備

102:工件

104:雷射源

106:第一定位器

108:第二定位器

110:第三定位器

112:掃描透鏡

113:相機

114:控制器

116:射束路徑

118:射束軸

120:使用者介面

122:通訊模組

124:網路

126:遠端系統

128:射束特徵化工具

128a:箭頭

128b:箭頭

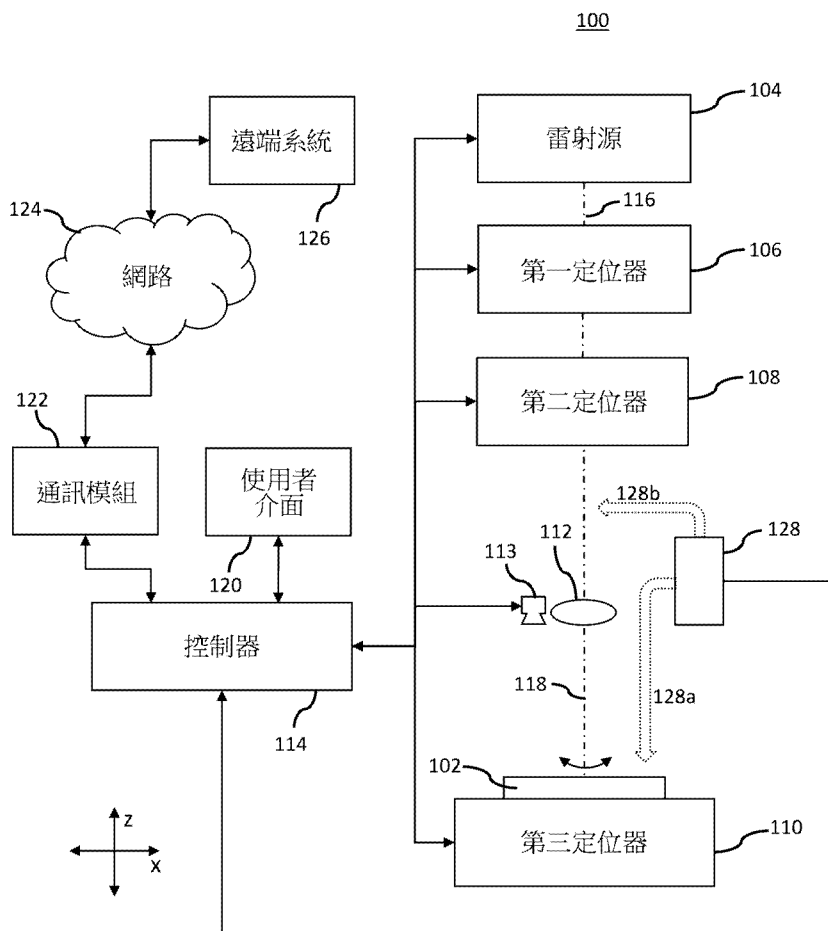


圖1



I829703

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 雷射加工設備、其操作方法以及使用其加工工件的方法

【英文發明名稱】 LASER-PROCESSING APPARATUS, METHODS OF OPERATING THE SAME, AND METHODS OF PROCESSING WORKPIECES USING THE SAME

## 【中文】

本發明改良用於雷射加工工件的設備與技術，並且提供新功能。本發明討論的某些實施例和使用射束特徵化工具達成適應性加工、加工控制、以及其它所希望的特點有關。其它實施例則關於併入積分球的雷射功率感測器。本發明的再其它實施例關於能夠同步提供不同工件給共同雷射加工設備的工件搬運系統。本發明亦詳細說明眾多其它實施例和配置。

## 【英文】

Apparatus and techniques for laser-processing workpieces can be improved, and new functionalities can be provided. Some embodiments discussed relate to use of beam characterization tools to facilitate adaptive processing, process control and other desirable features. Other embodiments relate to laser power sensors incorporating integrating spheres. Still other embodiments relate to workpiece handling systems capable of simultaneously providing different workpieces to a common laser-processing apparatus. A great number of other embodiments and arrangements are also detailed.

【指定代表圖】 圖1

## 【代表圖之符號簡單說明】

100	雷射加工設備
102	工件
104	雷射源
106	第一定位器
108	第二定位器
110	第三定位器
112	掃描透鏡
113	相機
114	控制器
116	射束路徑
118	射束軸
120	使用者介面
122	通訊模組
124	網路
126	遠端系統
128	射束特徵化工具
128a	箭頭
128b	箭頭

## 【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 雷射加工設備、其操作方法以及使用其加工工件的方法

【英文發明名稱】 LASER-PROCESSING APPARATUS, METHODS OF  
OPERATING THE SAME, AND METHODS OF  
PROCESSING WORKPIECES USING THE SAME

### 【技術領域】

【0001】 本文中所討論之實施例大體上關於用於雷射加工工件的設備，且更明確地說，關於併入射束特徵化工具的雷射加工設備、其操作方法以及使用其雷射加工工件的方法。

### 相關申請案之交叉參考

本申請案主張下面美國臨時專利申請案的權利：2018年6月5日提申的美國臨時專利申請案第62/680,856號、以及2018年6月22日提申的美國臨時專利申請案第62/688,484號。本文以引用的方式將前述每一案完全併入。

### 【先前技術】

【0002】 當雷射加工一工件時，已知該工件處的入射雷射能量射束的對焦尺寸和形狀對計算通量(也就是，單位面積的能量)和定義強健製程而言相當重要。如本文中用法，如果在該雷射加工設備之多項特徵的設計公差中並且在隨著時間經過因環境變化、搬運、和污染所造成的設備和工件特徵輕微變化中皆能符合所希望的品質規格，那麼，該製程便「強健」。

【0003】 對焦雷射光點尺寸和形狀通常係在初始安裝且正確對準該雷射加工設備內的光學元件之後即妥適定義。然而，當在加工期間使用失焦雷射光點

及/或在該雷射和該雷射加工設備受到無法捉摸的時間、溫度變動、機械震動與應力、以及光學污染影響之後，該工件處的雷射光點尺寸和形狀便會改變。舉例來說，因為雷射裡面主要出現在「束腰」處的自然散光的關係，使用失焦雷射光點時的有效光點尺寸的變異會多過使用對焦雷射光點。再者，雷射光點輸出會隨著雷射的壽命而衰減，從而造成該工件處的光點尺寸和形狀之非所希的變化。其次，當具有光學射束傳遞系統的雷射系統受到溫度變動以及機械震動與應力影響時，該雷射加工設備的光學元件和光學基座並且於該雷射本身裡面皆會細微漂移，從而造成該工件處的光點尺寸變異。最後，當光學元件被碎屑、粉塵、油、以及其它環境污染物污染時，射束會沿著該設備內的射束路徑產生失真，從而造成該工件處的光點尺寸和光點形狀的變動。

**【0004】** 用於監視雷射光點尺寸和形狀以及用於減少或補償其變異的習知技術包含下面一或更多者：監視與控制雷射功率，用以調整被傳遞至該工件的雷射脈衝的通量(能量/單位面積)，以便補償光點尺寸變化；使用已知具有穩定脈衝能量的雷射，以便確保脈衝能量一致性；使用已知具有低射束尺寸/形狀變異性的穩定雷射；使用強健光學設計，以便減少特定光點尺寸/形狀變異性；使用強健機械設計，以便防止因光學漂移造成的環境誘發射束品質變化；在設置或安裝雷射加工設備期間使用強健光學對準實行方式，以便確保光點尺寸在每一個雷射加工設備間有令人滿意的一致性；開發更強健的雷射加工配方，雖然有某個範圍的光點特徵、功率變異、以及射束定位變異，但是能夠傳遞可接受的品質(能夠達成的製程配方通常會有強健性極限，並且在製程強健性和製程生產能力之間通常會有反向關係：當製程更強健時，製程的速度/生產能力通常會下降)。

**【0005】** 用於雷射加工較薄、可撓性工件(亦稱為「網板(web)」)的系統或設備有時候具備搬運系統或是搭配搬運系統使用，該搬運系統被調適成用以將該網板引導至該雷射加工設備(舉例來說，使得該網板能夠進行雷射加工)並且用

以將已雷射加工的網板從該設備處移開。然而，習知搬運系統已知每次僅能夠搬運一種類型的網板材料。進一步言之，習知雷射加工設備通常在進行雷射加工之前先將該網板固定於夾盤或其它固定裝置且接著在雷射加工期間移動該固定裝置(因而移動該網板)。據此，某些習知搬運系統已知併入跳動滾輪裝配件(dancer roller assembly)，該裝配件操作用以在該固定裝置移動時拉緊或鬆弛該網板。然而，在該固定裝置移動和該些跳動裝配件中的滾輪移動之間會有延遲，其會造成該網板中非所希的張力或應變，從而可能破壞該網板。

### 【發明內容】

**【0006】** 於一個實施例中，本發明提供一種用於加工工件的雷射加工設備，其包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；AOD系統，被排列在該射束路徑內並且操作用以偏折該雷射能量射束可沿著傳播的射束路徑；分光器，被排列在該AOD系統的光學下游處，該分光器被配置成用以反射沿著來自該AOD系統的射束路徑傳播的該雷射能量射束的第一部分並且用以透射沿著來自該AOD系統的射束路徑傳播的該雷射能量射束的第二部分，其中，該雷射能量射束的該第一部分沿著第一路徑傳播以及該雷射能量射束的該第二部分沿著第二路徑傳播；以及雷射感測器系統，被排列在該第二路徑內，其中，該雷射感測器系統被配置成用以量測沿著該第二路徑傳播的雷射能量。

**【0007】** 於另一實施例中，本發明提供一種用於加工工件的雷射加工設備，其包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；掃描透鏡，被排列在該射束路徑中並且操作用以聚焦該雷射能量射束；定位器，操作用以支撐該工件；以及射束特徵化工具，被耦接至該定位器。該射束特徵化工具會包含：符記，其具有被排列在基板上的複數個目標物，

其中，該些目標物由不透射該雷射能量射束的材料所形成，且其中，該基板由相較於該些目標物較會透射該雷射能量射束的材料所形成；光偵測器，被排列在該符記的光學下游處；以及光學濾波器，被排列在該符記與該光偵測器之間，該光學濾波器被配置成用以衰減被該基板透射的雷射能量，俾使得被該光學濾波器透射的雷射能量射束照射該光偵測器的通量小於該光偵測器會遭到破壞的臨界通量。該定位器操作用以定位該射束特徵化工具於由該掃描透鏡投射的掃描場內。

**【0008】** 於另一實施例中，本發明提供一種用於加工工件的雷射加工設備，其包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；掃描透鏡，被排列在該射束路徑中並且操作用以聚焦該雷射能量射束；定位器，操作用以支撐該工件；以及射束特徵化工具，被耦接至該定位器。該射束特徵化工具會包含：符記，其具有被排列在基板上的複數個目標物，其中，該些目標物由不透射該雷射能量射束的材料所形成，且其中，該基板由相較於該些目標物較會透射該雷射能量射束的材料所形成；光偵測器，被排列在該符記的光學下游處；以及光學濾波器，被排列在該符記與該光偵測器之間，該光學濾波器被配置成用以衰減被該基板透射的雷射能量，俾使得被該光學濾波器透射的雷射能量射束照射該光偵測器的通量小於該光偵測器會遭到破壞的臨界通量。該定位器操作用以定位該射束特徵化工具於由該掃描透鏡投射的一掃描場內。

**【0009】** 於另一實施例中，本發明提供一種用於加工工件的系統，該工作被提供成為一網板材料，該系統包含雷射加工設備以及工件搬運系統。該雷射加工設備包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；以及固定裝置，操作用以將該工件固定於和該射束路徑相交的位置處，其中，該固定裝置可沿著第一方向移動。該工件搬運系統包含：解繞轉

軸，操作用以支撐該工件的材料滾筒，其中，該解繞轉軸操作用以供應該工件給該雷射加工設備；重繞材料滾筒，操作用以支撐該工件的材料滾筒，其中，該重繞轉軸操作用以接收來自該雷射加工設備的工件；以及跳動裝配件，包括可移動框架以及被耦接至該框架的跳動滾輪。該跳動裝配件被排列成，當該工件的第一部分被固定於該固定裝置時，該工件的第二部分係部分捲繞於該跳動滾輪。該框架可相對於選擇自由該解繞轉軸與該重繞轉軸所組成之群中的至少其中一者移動，以及該跳動滾輪可相對於該框架移動。

**【0010】** 於另一實施例中，本發明提供一種用於加工多個工件的系統，每一個工件被提供成為一網板材料，該系統包含雷射加工設備以及工件搬運系統。該雷射加工設備包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著穿過加工區的射束路徑傳播，其中，該加工區的尺寸被設計成同時容納多個工件。該工件搬運系統包含：第一轉軸，操作用以供應一第一工件給該雷射加工設備或是用以接收來自該雷射加工設備的該第一工件；以及第二轉軸，操作用以供應一第二工件給該雷射加工設備或是用以接收來自該雷射加工設備的該第二工件。

**【0011】** 於另一實施例中，本發明提供一種雷射加工設備，包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；至少一個構件，操作用以對雷射能量射束實施選擇自由下面所組成之群中的至少其中一個作動：(a)偏折該雷射能量射束，(b)調整該雷射能量射束的束腰在該射束路徑中的位置，(c)調整該雷射能量射束的功率，以及(d)調整該雷射能量射束掃描透鏡的射束尺寸；射束特徵化工具，操作用以量測該雷射能量射束的一或更多項特徵並且產生代表該些已量測射束特徵中一或更多者的量測資料；以及至少一個處理器。該至少一個處理器操作用以：處理該量測資料，用以取得和該雷射能量射束的該一或更多項已量測特徵相關聯的一或更多個量測值；以及當該一

或更多個量測值超出臨界加工公差時，輸出一或更多控制訊號給該至少一個構件，其中，該一或更多控制訊號被配置成用以讓該至少一個構件對該雷射能量射束實施至少一個作動，俾使得該雷射能量射束的該一或更多項已量測特徵會被帶回到該臨界加工公差裡面。

**【0012】** 於另一實施例中，本發明提供一種雷射加工設備，包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；至少一個構件，操作用以對雷射能量射束實施選擇自由下面所組成之群中的至少其中一個作動：(a)偏折該雷射能量射束，(b)調整該雷射能量射束的束腰在該射束路徑中的位置，(c)調整該雷射能量射束的功率，以及(d)調整該雷射能量射束掃描透鏡的射束尺寸；射束特徵化工具，操作用以量測該雷射能量射束的一或更多項空間特徵與一或更多項能量特徵並且產生代表該些已量測特徵中一或更多者的量測資料；以及至少一個處理器。該至少一個處理器操作用以：處理該量測資料，用以取得和該雷射能量射束的該一或更多項已量測空間特徵及該一或更多項已量測能量特徵相關聯的一或更多個量測值；以及當和該一或更多項已量測空間特徵相關聯的一或更多個量測值超出第一臨界加工公差且該一或更多項已量測能量特徵超出第二臨界加工公差時，輸出一或更多控制訊號給該至少一個構件。該一或更多控制訊號被配置成用以讓該至少一個構件對該雷射能量射束實施至少一個作動，俾使得該雷射能量射束的該一或更多項已量測能量特徵會落在該第二臨界加工公差裡面。

**【0013】** 於另一實施例中，本發明提供一種用於加工工件的雷射加工設備，其包含：雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著射束路徑傳播；至少一個定位器，操作用以賦予該射束路徑與該工件之間的相對移動；射束特徵化工具，操作用以量測該雷射能量射束的一或更多項空間特徵並且產生代表該些已量測特徵中一或更多者的量測資料；以及至少一個處理器。

該至少一個處理器操作用以：處理該量測資料，用以取得和該雷射能量射束的該一或更多項已量測空間特徵相關聯的一或更多個量測值；以及當和該一或更多項已量測空間特徵相關聯的一或更多個量測值超出臨界加工公差時，輸出一或更多控制訊號給該至少一個定位器。該一或更多控制訊號被配置成用以在該射束路徑與該工件之間的相對移動由該至少一個定位器賦予時讓該至少一個定位器修正該雷射能量射束所照射的加工光點被掃描的軌線。

**【0014】** 於另一實施例中，本發明提供一種射束定位系統，其包含：聲光偏折器(Acousto-Optical Deflector, AOD)，被排列且被配置成用以沿著軸線偏折雷射能量射束；共振掃描面鏡系統，被排列且被配置成以時間為函數的正弦形式沿著該軸線偏折經該AOD偏折後的雷射能量射束；以及控制器，被配置成用以控制該AOD的操作，俾使得可依序被該AOD與該共振掃描面鏡偏折的雷射能量射束可以時間為函數的非正弦形式偏折。

### **【圖式簡單說明】**

#### **【0015】**

圖1概略圖解根據一個實施例的雷射加工設備。

圖2與3概略圖解根據一個實施例的第三定位器110的操作，其具有被鑲嵌在該處的射束特徵化工具，用以量測射束特徵。

圖4概略圖解根據一個實施例之顯示在圖2與3中的射束特徵化工具。

圖5概略圖解根據另一實施例之顯示在圖4中的射束特徵化工具的基板上的目標物排列。

圖6概略圖解根據另一實施例之顯示在圖2與3中的射束特徵化工具。

圖7概略圖解根據一個實施例之併入雷射感測器系統的雷射加工設備。

圖8概略圖解根據一個實施例的工件搬運系統。

圖9概略圖解根據一個實施例之顯示在圖8中的工件搬運系統的跳動裝配件。

圖10概略圖解根據另一實施例的跳動裝配件。

圖11概略圖解根據另一實施例的工件搬運系統的解繞裝配件。

圖12與13概略圖解分別如圖11與12所示之分別沿著直線XII-XII'和XIII-XIII'所獲得的各種平面視圖。

圖14概略圖解以恆定脈衝重複率被傳遞至工件的雷射脈衝所照射的加工光點排列，其係在該些雷射脈衝被共振掃描面鏡系統偏折之後。

圖15概略圖解根據一個實施例之以恆定脈衝重複率被傳遞至工件的雷射脈衝所照射的加工光點排列，其係在該些雷射脈衝被共振掃描面鏡系統與另一定位器偏折之後，該另一定位器被配置成用以補償該共振掃描面鏡系統的正弦振盪。

圖16至19概略圖解用以形成特徵元件的掃描圖樣範例。

### 【實施方式】

【0016】 本文中會參考隨附圖式來說明本發明的範例實施例。除非另外明確敘述；否則，圖式中的構件、特徵元件、元件、...等的尺寸、定位、...等以及它們之間的任何距離未必依照比例繪製；相反地，為清楚起見，會放大繪製。在所有圖式中，相同的元件符號表示相同的元件。因此，相同或是雷同的編號即使在對應圖式中沒有提及亦沒有說明，仍可以參考其它圖式來說明。同樣地，沒有利用元件符號來表示的元件亦可以參考其它圖式來說明。

【0017】 本文中所使用的術語僅係為達說明特殊範例實施例的目的，而並沒有限制的意圖。除非另外定義；否則，本文中所使用的所有詞語(包含技術性與科學性詞語)的意義均與熟習本技術的人士共同理解的意義相同。除非文中明

確地表示，否則本文中所用到的單數形式「一」、「一個」、以及「該」均希望包含複數形式。應該明瞭的係，當說明書中用到「包括」及/或其變化形式時僅係表示所述特點、事物、步驟、操作、元件、及/或構件的存在，而並不排除有或者另外還有一或更多個其它特點、事物、步驟、操作、元件、構件、及/或它們的群組的存在。除非另外詳述；否則，當敘述到一數值範圍時，其包含該範圍上限與該範圍下限以及介於其間的任何子範圍。除非另外表示；否則，「第一」、「第二」、...等詞語僅係用來區分其中一元件與另一元件。舉例來說，其中一個節點雖可被稱為「第一節點」，另一個節點可被稱為「第二節點」；但是，反之亦可。

**【0018】** 除非另外表示；否則，「關於」、「與其有關」、...等詞語的意義為數額、尺寸、公式、參數、以及其它定量及特徵並不精確而且不需要精確；相反地，必要時，可以為近似及/或較大或較小，以便反映公差、轉換係數、捨入、量測誤差與類似物、以及熟習本技術的人士已知的其它因素。如圖中所示，為達方便說明起見，本文中可能使用諸如「之下」、「底下」、「下方」、「之上」、「上方」的空間相對詞語以及類似詞語來說明其中一元件或特徵元件和另一元件或特徵元件關係；但是，應該明瞭的係，除了圖中所示的配向之外，該些空間相對詞語亦希望涵蓋不同的配向。舉例來說，倘若圖中的一物體被翻轉的話，那麼，被描述為位在其它元件或特徵元件「之下」或「底下」的元件便會被配向在該些其它元件或特徵元件「之上」。因此，示範性詞語「之下」會涵蓋之上與之下兩種配向。一物體可能有其它配向(舉例來說，旋轉90度或是位於其它配向)，並且可據以詮釋本文中所使用的空間相對描述符。

**【0019】** 除非另外明確地敘述；否則，本文中所使用的段落標題僅具有組織上的用途，而不應被視為限制本文所述的主要內容。應該明白的係，可以有許多不同的形式、實施例、以及組合，其並沒有脫離本揭示內容的精神與教示內容，且因此，此教示內容不應被視為受限於本文中所提出的範例實施例。確切地說，

此些範例與實施例係被提供俾便此說明達到透澈與完整，並且傳達本揭示內容的範疇給熟習本技術的人士。

## I.概述

**【0020】** 本文中所述實施例大體上關於用於雷射加工(或者，更簡單的說，「加工」)工件的方法和設備。一般來說，該加工全部或部分藉由以雷射輻射照射該工件來完成，以便達成加熱、熔融、蒸發、燒蝕、碎裂、變色、研磨、粗糙化、碳化、泡沫化或是修正用於形成該工件的一或更多種材料的一或更多項特性或特徵(舉例來說，就化學組成物來說便是原子結構、離子結構、分子結構、電子結構、微米結構、奈米結構、密度、黏稠性、折射率、磁導率、相對電容率、紋理、顏色、硬度、電磁輻射穿透率或是類似的特性或特徵、或是前述的任何組合)。要被加工的材料可以在加工之前或是期間出現在該工件的外觀，或者可以在加工之前或是期間全部位於該工件裡面(也就是，不在該工件的外觀)。

**【0021】** 可以由所揭之用於雷射加工的設備來進行的特定加工範例包含通孔鑽鑿或是其它孔洞成形、削切、穿孔、熔焊、切割、雕刻、標記(舉例來說，表面標記、子表面標記、...等)、雷射誘發正向轉印、清洗、漂白、亮像素修復(舉例來說，彩色濾波器暗化處理、OLED材料修飾、...等)、去除塗層、表面紋理化(舉例來說，粗糙化、平滑化、...等)、或是類似加工、或是前述的任何組合。因此，可以因為該加工而被形成在工件之上或裡面的一或更多個特徵元件會包含：開口、狹槽、通孔或是其它孔洞、溝槽、溝渠、切割線、刻口、下凹區、導體線路、歐姆接點、電阻圖樣、可人工讀取或可機器讀取的標號(舉例來說，其係由該工件之中或之上具有一或更多個可視覺區分特徵或可紋理區分特徵的一或更多個區域所構成)、或是類似的特徵元件、或是前述的任何組合。從俯視平面圖往下看時，諸如開口、狹槽、通孔、孔洞、...等特徵元件能夠有任何合宜或所希望的形狀(舉例來說，圓形、橢圓形、方形、矩形、三角形、環狀、或是類

似的形狀、或是前述的任何組合)。進一步言之，諸如開口、狹槽、通孔、孔洞、...等特徵元件能夠完全延伸貫穿該工件(舉例來說，以便形成所謂的「貫穿通孔」、「貫穿孔洞」、...等)，或是僅部分貫穿該工件(舉例來說，以便形成所謂的「盲通孔」、「盲孔洞」、...等)。

**【0022】** 可被加工的工件的一般特徵係由一或更多個金屬、聚合物、陶瓷、合成物、或是前述的任何組合(舉例來說，不論係合金、化合物、混合物、溶液、合成物、...等)所形成。可被加工的材料包含：一或更多種金屬，例如，Al、Ag、Au、Cr、Cu、Fe、In、Mg、Mo、Ni、Pt、Sn、Ti、或是類似物、或是前述的任何組合(舉例來說，不論是合金、合成物、...等)；導體金屬氧化物(舉例來說，ITO、...等)；透明的導體聚合物；陶瓷；蠟；樹脂；層間介電材料(舉例來說，二氧化矽、氮化矽、氮氧化矽、...等)；低k介電材料(例如，甲基倍半矽氧烷(methyl silsesquioxane, MSQ)、氫化倍半氧矽烷(hydrogen silsesquioxane, HSQ)、氟化四乙氧基矽烷(fluorinated tetraethyl orthosilicate, FTEOS)、或是類似物、或是前述的任何組合)；有機介電材料(舉例來說，SILK、環苯丁烯、Nautilus(全部由Dow所製造)、聚氟四乙烯(由DuPont所製造)、FLARE(由Allied Chemical所製造)、...等、或是類似物、或是前述的任何組合)；半導體或光學裝置基板材料(舉例來說， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、AlN、BeO、Cu、GaAs、GaN、Ge、InP、Si、 $\text{SiO}_2$ 、SiC、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (其中， $0.0001 < x < 0.9999$ )、或是類似物、或是前述的任何組合或合金)；玻璃(舉例來說，熔融石英、鈉鈣矽玻璃、硼矽酸鹽玻璃、氧化鉛玻璃、鋁矽酸鹽玻璃、氧化鍍玻璃、鋁酸鹽玻璃、磷酸鹽玻璃、硼酸鹽玻璃、硫化物玻璃、非晶金屬、或是類似物、或是前述的任何組合或合金)；藍寶石；聚合材料(舉例來說，聚醯胺、聚醯亞胺、聚酯、聚萘二甲酸乙二酯(PEN)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚縮醛、聚碳酸酯、改質的聚苯醚、聚對苯二甲酸丁二酯、聚硫化苯、聚醚砜、聚醯醯亞胺、聚醚醯酮、液晶聚合物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、或是前述的任何化合物、

合成物、或是合金)；毛皮；紙張；累增材料(舉例來說，AJINOMOTO Build-up Film，亦稱為「ABF」、...等)；防焊劑；或是類似物；或是前述的任何合成物、層疊板、或是其它組合。

【0023】 可被加工的工件的特定範例包含：印刷電路板(Printed Circuit Board，PCB)面板(本文中亦稱為「PCB面板」)；PCB；PCB層疊板(舉例來說，FR4、高Tg環氧樹脂、BT、聚醯亞胺、或是類似物、或是前述的任何合成物)；PCB層疊膠片；類基板PCB(SLP)；撓性印刷電路(Flexible Printed Circuit，FPC)面板(本文中亦稱為「FPC面板」)；FPC；覆蓋膜；積體電路(Integrated Circuit，IC)；IC基板；IC封裝(IC Package，ICP)；發光二極體(Light-Emitting Diode，LED)；LED封裝；半導體晶圓；電子或光學裝置基板；中介片；導線框架、導線框架白邊；顯示基板(舉例來說，其上已形成TFT、彩色濾波器、有機LED(Organic LED，OLED)陣列、量子點LED陣列、或是類似物、或是前述任何組合的基板)；透鏡；面鏡；渦輪葉片；粉末；薄膜；金屬薄片；板狀物；模具(舉例來說，蠟製模具、用於射出成形製程的模具、用於脫蠟鑄造製程的模具、...等)；布料(織狀、氈狀、...等)；手術器械；醫療植入物；消費性包裝商品；鞋類；腳踏車；自動車；汽車或航空零件(舉例來說，框架、主體面板、...等)；傢俱(舉例來說，微波爐、烤箱、冰箱、...等)；裝置殼體(舉例來說，用於手錶、電腦、智慧型電話、平板電腦、穿戴式電子裝置、或是類似物、或是前述的任何組合)。

## II.系統-概述

【0024】 圖1概略圖解根據一個實施例的雷射加工設備。

【0025】 參考圖1中所示的實施例，一種用於加工工件102的雷射加工設備100(本文中亦簡稱為「設備」)可以被特徵化為包含：雷射源104，用於產生雷射能量射束；一或更多個定位器(舉例來說，第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、或是前述的任何組合)；以及掃描透鏡112。

【0026】 沿著射束路徑116透射穿過掃描透鏡112的雷射能量會沿著射束軸118傳播，以便被傳遞至工件102。沿著射束軸118傳播的雷射能量可以被特徵化為具有高斯類型的空間強度輪廓或是非高斯類型(也就是，「經過塑形」)的空間強度輪廓(舉例來說，「高帽形」空間強度輪廓)。不論空間強度輪廓的類型為何，該空間強度輪廓亦能夠被特徵化成沿著該射束軸118(或是射束路徑116)傳播的雷射能量射束的形狀(也就是，剖面形狀，本文中亦稱為「光點形狀」)，該形狀可以為圓形、橢圓形、正方形、矩形、三角形、六角形、環狀、...等，或是任意形狀。如本文中的用法，「光點尺寸」一詞係表示在該射束軸118和至少部分要被該被傳遞雷射能量射束加工的工件102的某一區域相交的位置處之該被傳遞雷射能量射束的直徑或是最大空間寬度(亦被稱為「加工光點」、「光點位置」，或者，更簡單的說法係，「光點」)。為達本文中討論的目的，光點尺寸的量測係從該射束軸118至該光學強度下降至至少為位在該射束軸118處的光學強度的 $1/e^2$ 的徑向或橫向距離。一般來說，該雷射能量射束的光點尺寸在束腰處為最小。然而，一旦被傳遞至工件102，該射束內的雷射能量便可被特徵化為以落在 $2\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 範圍中的光點尺寸照射該工件102。然而，應該明白的係，光點尺寸亦能夠小於 $2\mu\text{m}$ 或是大於 $200\mu\text{m}$ 。因此，被傳遞至工件102的雷射能量射束會具有大於、小於、或等於下面數值的光點尺寸： $2\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $7\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $55\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0027】 一般來說，前面提及的定位器(舉例來說，第一定位器106、第二定位器108、以及第三定位器110)被配置成用以改變該光點與該工件102之間的相對位置。有鑒於下面的說明，應該明瞭的係，在該設備100包含第二定位器108、第三定位器110、或是前述任何組合的前提下，第一定位器106的併入為非必要(也就是，該設備100不需要包含該第一定位器106)。同樣地，應該明瞭的係，在該

設備100包含第一定位器106、第三定位器110、或是前述任何組合的前提下，第二定位器108的併入為非必要。最後，同樣應該明瞭的係，在該設備100包含第一定位器106、第二定位器108、或是前述任何組合的前提下，第三定位器110的併入為非必要。

**【0028】** 設備100亦包含一或更多個光學構件(舉例來說，射束擴展器、射束塑形器、孔徑、濾波器、準直器、透鏡、面鏡、偏振器、波板、繞射性光學元件、折射性光學元件、或是類似物、或是前述的任何組合)，以便沿著通往掃描透鏡112的一或更多條射束路徑(舉例來說，射束路徑116)來聚焦、擴展、準直、塑形、偏振、濾波、分光、組合、裁切、或是以其它方式修飾、調整、引導、...等從雷射源104處所獲得的雷射能量射束。此些光學構件可被插入於射束路徑116之中的任何合宜或所希望的位置處(舉例來說，雷射源104與第一定位器106之間、雷射源104與第二定位器108之間、第一定位器106與第二定位器108之間、第二定位器108與掃描透鏡112之間、或是類似物、或是前述的任何組合)。

**【0029】** 此光學構件的其中一範例為可變式光學衰減器(Variable Optical Attenuator, VOA)，其被配置成用以選擇性及變動性降低沿著射束路徑116傳播的雷射脈衝的功率。可被併入的VOA的範例包含諸如下面的一或更多個系統：聲光調變器(Acousto-Optical Modulator, AOM)、聲光偏折器(AO Deflector, AOD)、液晶可變式衰減器(Liquid Crystal Variable Attenuator, LCVA)、基於微機電系統(Micro-Electro-Mechanical-System, MEMS)的VOA、光學衰減輪、偏振器/波板濾波器、或是類似物、或是前述的任何組合。

**【0030】** 此光學構件的另一範例為射束尺寸調整機制，其操作用以選擇性及變動性調整入射於掃描透鏡112的雷射能量射束的尺寸(本文中亦稱為「射束形狀」)。如本文中的用法，「射束尺寸」一詞係表示該雷射能量射束的直徑或寬度，並且能夠被量測成從射束軸118至該光學強度下降至位在沿著射束路徑116的傳

播軸處的光學強度的 $1/e^2$ 的徑向或橫向距離。可被併入的射束尺寸調整機制的範例包含：AOD系統、變焦透鏡、電動可變式射束擴展器、變形面鏡、可變式半徑面鏡、可變式聚焦摩爾透鏡、電動Z軸透鏡、電動虹膜光圈、電動孔徑輪、或是類似物、或是前述的任何組合。調整入射於掃描透鏡112的雷射能量射束的射束尺寸會改變工件102處的光點尺寸。

**【0031】** 此光學構件的另一範例為射束形狀調整機制，其操作用以選擇性及變動性調整入射於掃描透鏡112的雷射能量射束的尺寸(本文中亦稱為「射束尺寸」)。可被併入的射束形狀調整機制的範例包含：AOD、變形面鏡、可變式半徑面鏡、可變式聚焦摩爾透鏡、或是類似物、或是前述的任何組合。調整入射於掃描透鏡112的雷射能量射束的射束形狀會改變工件102處的光點形狀。

#### A.雷射源

**【0032】** 於其中一實施例中，雷射源104可操作用以產生雷射脈衝。因此，該雷射源104可以包含脈衝雷射源、CW雷射源、QCW雷射源、突波模式雷射源、或是類似的雷射源、或是前述的任何組合。於該雷射源104包含QCW或CW雷射源的情況中，該雷射源104可以進一步包含一脈衝閘控單元(舉例來說，聲光(AO)調變器(AO Modulator, AOM)、射束斬波器、...等)，用以在時間上調變從該QCW或CW雷射源處所輸出的雷射輻射射束。圖中雖然並未顯示；不過，該設備100可以視情況包含一或更多個諧波產生晶體(亦稱為「波長轉換晶體」)，其被配置成用以轉換由該雷射源104所輸出的光的波長。然而，於另一實施例中，該雷射源104可被提供成為一QCW雷射源或一CW雷射源並且不包含脈衝閘控單元。因此，該雷射源104可廣義的被特徵為可操作用以產生雷射能量射束，該雷射能量射束可表現為一連串的雷射脈衝或是連續或準連續雷射射束，而後其能夠沿著射束路徑116傳播。本文中討論的眾多實施例雖然參考雷射脈衝；不過，應該瞭解的係，適當時，亦可以或者額外運用連續雷射射束。

【0033】 位在電磁頻譜之UV範圍中的雷射光可以具有範圍從10nm(或是大約10nm)至385nm(或是大約385nm)的一或更多個波長，例如，10nm、121nm、124nm、157nm、200nm、334nm、337nm、351nm、380nm、...等；或是介於任何此些數值之間。位在電磁頻譜之可見綠光範圍中的雷射光可以具有範圍從500nm(或是大約500nm)至560nm(或是大約560nm)的一或更多個波長，例如，511nm、515nm、530nm、532nm、543nm、568nm、...等；或是介於任何此些數值之間。位在電磁頻譜之IR範圍中的雷射光可以具有範圍從750nm(或是大約750nm)至15 $\mu$ m(或是大約15 $\mu$ m)的一或更多個波長，例如，600nm至1000nm、752.5nm、780nm至1060nm、799.3nm、980nm、1047nm、1053nm、1060nm、1064nm、1080nm、1090nm、1152nm、1150nm至1350nm、1540m、2.6 $\mu$ m至4 $\mu$ m、4.8 $\mu$ m至8.3 $\mu$ m、9.4 $\mu$ m、10.6 $\mu$ m、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0034】 由該雷射源104所輸出的雷射脈衝會具有落在從10fs至900ms的範圍之中的脈衝寬度或脈衝時間持續長度(也就是，以該脈衝中的光學功率相對於時間關係的半峰全寬(Full-Width at Half-Maximum, FWHM)為基礎)。然而，應該明白的係，該脈衝時間持續長度亦能夠小於10fs，或是大於900ms。因此，由雷射源104所輸出的至少一個雷射脈衝會具有小於、大於、或等於下面數值的脈衝時間持續長度：10fs、15fs、30fs、50fs、100fs、150fs、200fs、300fs、500fs、600fs、750fs、800fs、850fs、900fs、950fs、1ps、2ps、3ps、4ps、5ps、7ps、10ps、15ps、25ps、50ps、75ps、100ps、200ps、500ps、1ns、1.5ns、2ns、5ns、10ns、20ns、50ns、100ns、200ns、400ns、800ns、1000ns、2 $\mu$ s、5 $\mu$ s、10 $\mu$ s、50 $\mu$ s、100 $\mu$ s、300 $\mu$ s、500 $\mu$ s、900 $\mu$ s、1ms、2ms、5ms、10ms、20ms、50ms、100ms、300ms、500ms、900ms、1s、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0035】 由雷射源104所輸出的雷射脈衝會具有落在從5mW至50kW的範圍之中的平均功率。然而，應該明白的係，該平均功能亦能夠小於5mW，或是

大於50kW。因此，由雷射源104所輸出的雷射脈衝會具有小於、大於、或等於下面數值的平均功率：5mW、10mW、15mW、20mW、25mW、50mW、75mW、100mW、300mW、500mW、800mW、1W、2W、3W、4W、5W、6W、7W、10W、15W、18W、25W、30W、50W、60W、100W、150W、200W、250W、500W、2kW、3kW、20kW、50kW、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0036】 雷射脈衝能夠由雷射源104以落在從5kHz至1GHz的範圍之中的脈衝重複率來輸出。然而，應該明白的係，該脈衝重複率亦能夠小於5kHz，或是大於1GHz。因此，雷射脈衝能夠由雷射源104以小於、大於、或等於下面數值的脈衝重複率來輸出：5kHz、50kHz、100kHz、175kHz、225kHz、250kHz、275kHz、500kHz、800kHz、900kHz、1MHz、1.5MHz、1.8MHz、1.9MHz、2MHz、2.5MHz、3MHz、4MHz、5MHz、10MHz、20MHz、50MHz、60MHz、100MHz、150MHz、200MHz、250MHz、300MHz、350MHz、500MHz、550MHz、600MHz、900MHz、2GHz、10GHz、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0037】 除了波長、脈衝時間持續長度、平均功率、以及脈衝重複率之外，被傳遞至工件102的雷射脈衝還能夠被特徵化成能夠被選擇的一或更多項其它特徵(舉例來說，視情況，以一或更多項其它特徵為基礎，例如，波長、脈衝時間持續長度、平均功率、以及脈衝重複率、...等)，例如，脈衝能量、尖峰功率、...等，以便以足以具有加工該工件102的光學強度(單位為 $W/cm^2$ )、通量(單位為 $J/cm^2$ )、...等的加工光點來照射該工件102(舉例來說，用以形成具有一或更多個所希望特徵的一或更多個特徵元件)。

【0038】 雷射源104所輸出的雷射類型的範例可以被特徵化成：氣體雷射(舉例來說，二氧化碳雷射、一氧化碳雷射、準分子雷射、...等)；固態雷射(舉例來說，Nd:YAG雷射、...等)；棒雷射；光纖雷射；光子晶體棒/光纖雷射；被動式鎖模固態體雷射或光纖雷射；染料雷射；鎖模二極體雷射；脈衝式雷射(舉例來

說，ms脈衝式雷射、ns脈衝式雷射、ps脈衝式雷射、fs脈衝式雷射)；CW雷射；QCW雷射；或是類似雷射、或是前述的任何組合。相依於它們的配置而定，氣體雷射(舉例來說，二氧化碳雷射、...等)可以被配置成用以操作在一或更多種模式之中(舉例來說，操作在CW模式之中，操作在QCW模式之中，操作在脈衝模式之中，或是前述的任何組合)。可以被提供作為雷射源104的雷射源的特定範例包含下面一或更多種雷射源，例如：由EOLITE所製造的BOREAS、HEGOA、SIROCCO、或是CHINOOK雷射系列；由PYROPHOTONICS所製造的PYROFLEX雷射系列；由COHERENT所製造的PALADIN Advanced 355或DIAMOND雷射系列(舉例來說，DIAMOND E系列、DIAMOND G系列、DIAMOND J-2系列、DIAMOND J-3系列、DIAMOND J-5系列)、FLARE NX、MATRIX QS DPSS、MEPHISTO Q、AVIA LX、AVIA NX、RAPID NX、HYPERRAPID NX、RAPID、HELIOS、FIDELITY、MONACO、OPERA、或是RAPID FX雷射系列；由SPECTRA PHYSICS所製造的PALADIN Advanced 355、DIAMOND系列(舉例來說，DIAMOND E系列、DIAMOND G系列、DIAMOND J-2系列、DIAMOND J-3系列、DIAMOND J-5系列)、ASCEND、EXCELSIOR、EXPLORER、HIPPO、NAVIGATOR、QUATA-RAY、QUASAR、SPIRIT、TALON、或是VGEN雷射系列；由SYNRAD所製造的PULSTAR或FIRESTAR雷射系列；TRUFLOW雷射系列(舉例來說，TRUFLOW 2000、1700、3000、3200、3600、4000、5000、6000、6000、8000、10000、12000、15000、20000)、TRUCOAX雷射系列(舉例來說，TRUCOAX 1000)，或是TRUDISK雷射系列、TRUPULSE雷射系列、TRUDIODE雷射系列、TRUFIBER雷射系列、或是TRUMICRO雷射系列，全部由TRUMPF所製造；由IMRA AMERICA所製造的FCPA  $\mu$ JEWEL 或是FEMTOLITE雷射系列；由AMPLITUDE SYSTEMES所製造的TANGERINE雷射系列與SATSUMA雷射系列(以及MIKAN與T-PULSE系列振盪器)；由IPG PHOTONICS所製造的CL雷射系

列、CLPF雷射系列、CLPN雷射系列、CLPNT雷射系列、CLT雷射系列、ELM雷射系列、ELPF雷射系列、ELPN雷射系列、ELPP雷射系列、ELR雷射系列、ELS雷射系列、FLPN雷射系列、FLPNT雷射系列、FLT雷射系列、GLPF雷射系列、GLPN雷射系列、GLR雷射系列、HLPN雷射系列、HLPP雷射系列、RFL雷射系列、TLM雷射系列、TLPN雷射系列、TLR雷射系列、ULPN雷射系列、ULR雷射系列、VLM雷射系列、VLPN雷射系列、YLM雷射系列、YLPF雷射系列、YLPN雷射系列、YLPP雷射系列、YLR雷射系列、YLS雷射系列、FLPM雷射系列、FLPMT雷射系列、DLM雷射系列、BLM雷射系列、或是DLR雷射系列(舉例來說，其包含GPLN-100-M、GPLN-500-QCW、GPLN-500-M、GPLN-500-R、GPLN-2000-S、...等)；或是類似的雷射、或是前述的任何組合。

## B.第一定位器

【0039】 第一定位器106被排列在、被放置在、或是被設置在射束路徑116之中，並且可操作用以對由雷射源104所產生的雷射脈衝進行繞射、反射、折射、或是類似作用、或是前述的任何組合(也就是，用以「偏折」該些雷射脈衝)，以便偏折或是移動該射束路徑116(舉例來說，以掃描透鏡112為基準)，且結果，以便以該工件102為基準來偏折或是移動射束軸118。一般來說，該第一定位器106可操作用以沿著X軸(或方向)、Y軸(或方向)、或是前述組合，以該工件102為基準來移動該射束軸118。圖中雖然並未顯示；不過，X軸(或X方向)應被理解為正交於圖中所示之Y軸(或方向)與Z軸(或方向)的軸(或方向)。

【0040】 由第一定位器106所賦予之以該工件102為基準移動該射束軸118通常受到限制，俾使得該加工光點能夠被掃描、被移動、或是被定位在由掃描透鏡112所投影的第一掃描場或「第一掃描範圍」裡面。一般來說，並且相依於一或更多項係數(例如，第一定位器106的配置、第一定位器106在射束路徑116中的位置、入射於該第一定位器106上的雷射脈衝的射束尺寸、光點尺寸、...等)，該

第一掃描範圍可以延伸在X方向或Y方向的任一者之中的距離小於、大於、或是等於下面數值的距離：0.01mm、0.04mm、0.1mm、0.5mm、1.0mm、1.4mm、1.5mm、1.8mm、2mm、2.5mm、3.0mm、3.5mm、4.0mm、4.2mm、5mm、10mm、25mm、50mm、60mm、...等；或是介於任何此些數值之間。該第一掃描範圍的最大維度(舉例來說，在X方向或Y方向之中，或是其它方向之中)可以大於、等於、或是小於一要被形成在該工件102之中的特徵元件(舉例來說，開口、凹部、通孔、溝渠、...等)的最大維度(於X-Y平面中所測得)。

【0041】 一般來說，該第一定位器106能夠將該加工光點定位於該第一掃描範圍裡面的任何位置處(因而移動該射束軸118)的速率(亦稱為「定位速率」)係落在從8kHz(或是大約8kHz)至250MHz(或是大約250MHz)的範圍之中。此範圍於本文中亦稱為第一定位頻寬。舉例來說，該第一定位頻寬可以大於、等於、或是小於8kHz、10kHz、20kHz、30kHz、40kHz、50kHz、75kHz、80kHz、100kHz、250kHz、500kHz、750kHz、1MHz、5MHz、10MHz、20MHz、40MHz、50MHz、75MHz、100MHz、125MHz、150MHz、175MHz、200MHz、225MHz、250MHz、...等；或是介於任何此些數值之間。該定位速率的倒數值於本文中稱為「定位週期」，並且係表示用以將該加工光點的位置從該第一掃描範圍裡面的其中一個位置處改變至該第一掃描範圍裡面的任何其它位置所需要的最小時間數額。因此，該第一定位器106可被特徵化為具有大於、等於、或是小於下面數值的定位週期：200 $\mu$ s、125 $\mu$ s、100 $\mu$ s、50 $\mu$ s、33 $\mu$ s、12.5 $\mu$ s、10 $\mu$ s、4 $\mu$ s、2 $\mu$ s、1.3 $\mu$ s、1 $\mu$ s、0.2 $\mu$ s、0.1 $\mu$ s、0.05 $\mu$ s、0.025 $\mu$ s、0.02 $\mu$ s、0.013 $\mu$ s、0.01 $\mu$ s、0.008 $\mu$ s、0.0067 $\mu$ s、0.0057 $\mu$ s、0.0044 $\mu$ s、0.004 $\mu$ s、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0042】 該第一定位器106能夠被提供成為微機電系統(MEMS)面鏡或面鏡陣列、AOD系統、電光偏折器(Electro-Optic Deflector, EOD)系統、快速操控面鏡(Fast-Steering Mirror, FSM)元件(舉例來說，其併入壓電式致動器、電致伸

縮式致動器、音圈致動器、...等)、非共振檢流計面鏡系統、共振掃描檢流計面鏡系統、旋轉多邊形掃描器、或是類似物、或是前述的任何組合。為達本文中討論的目的，共振掃描檢流計面鏡系統被稱為「共振掃描面鏡系統」，而非共振檢流計面鏡系統則簡稱為「檢流計面鏡系統」。檢流計面鏡系統通常允許全位置控制，但是，定位頻寬(舉例來說，介於1與3kHz之間，或是大約該頻寬)通常低於共振掃描面鏡系統的定位頻寬(舉例來說，介於4與8kHz之間，或是大約該頻寬)。然而，共振掃描面鏡系統提供的位置控制通常遠少於檢流計面鏡系統，並且共振掃描面鏡系統提供的掃描為非線性。一般來說，共振掃描面鏡系統提供正弦掃描，俾使得被共振掃描面鏡系統偏折的射束中的加工光點的位置係以時間為函數正弦改變。諸如AOD與EOD系統的定位器的定位速率通常遠大於檢流計面鏡系統的定位速率(不論係非共振或共振掃描類型)。

**【0043】** 於其中一實施例中，該第一定位器106被提供成為AOD系統，其包含至少一個(舉例來說，一個、兩個、三個、四個、...等)單元件AOD系統、至少一個(舉例來說，一個、兩個、三個、四個、...等)相位陣列AOD系統、或是類似物、或是前述的任何組合。單元件AOD系統與相位陣列AOD系統每一者皆包含一由諸如下面的材料所形成的AO胞體：結晶Ge、PbMoO<sub>4</sub>、TeO<sub>2</sub>、玻璃質的SiO<sub>2</sub>、石英、As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、...等。如本文中的用法，「單元件」AOD系統係表示一種僅具有單一超音波換能器元件的AOD系統，該單一超音波換能器元件被音頻耦接至該AO胞體；而「相位陣列」AOD系統則包含由至少兩個超音波換能器元件所組成的相位陣列，該至少兩個超音波換能器元件被音頻耦接至共同的AO胞體。

**【0044】** 熟習本技術的人士便會明瞭，AO技術(舉例來說，AOD、AOM、...等)運用傳播通過該AO胞體的聲波所造成的繞射效應來調變同時傳播通過該AO胞體的光波(也就是，本申請案的內文中的雷射能量射束)的一或更多項特徵。一般來說，該AO胞體能夠於相同的區域中支援該聲波與該光波兩者。該聲波會干

擾該AO胞體之中的折射率。聲波通常藉由於一或更多個RF頻率處驅動該超音波換能器元件而被發射至該AO胞體之中。藉由控制該聲波的特徵(舉例來說, 振幅、頻率、相位、...等), 該傳播中的光波的一或更多項特徵便可以可控制的方式被調變, 以便移動該射束路徑116(舉例來說, 以掃描透鏡112為基準)。還應該明瞭的係, 被發射至AO胞體之中的聲波的特徵亦能夠利用眾所熟知的技術來控制, 用以在雷射能量射束通過該AO胞體時衰減該雷射能量射束之中的能量。據此, AOD系統亦能夠被操作用以調變最終被傳遞至該工件102的雷射脈衝的脈衝能量(並且相應地調變通量、尖峰功率、光學強度、平均功率、...等)。

【0045】 應該明白的係, 用以形成該AO胞體的材料相依於沿著該射束路徑116傳播以便入射於該AO胞體上的雷射脈衝的波長。舉例來說, 諸如結晶Ge的材料能夠使用在要被偏折的雷射脈衝的波長落在從 $2\mu\text{m}$ (或是大約 $2\mu\text{m}$ )至 $12\mu\text{m}$ (或是大約 $12\mu\text{m}$ )的範圍之中; 諸如石英與 $\text{TeO}_2$ 的材料則能夠使用在要被偏折的雷射脈衝的波長落在從 $200\text{nm}$ (或是大約 $200\text{nm}$ )至 $5\mu\text{m}$ (或是大約 $5\mu\text{m}$ )的範圍之中。

【0046】 應該明瞭的係, AOD系統為分散元件, 且因此, 最適合偏折具有合宜狹窄頻譜線寬的雷射脈衝(舉例來說, 以該脈衝中的光學功率頻譜密度的半峰全寬(FWHM)為基礎)。可操作用以產生具有位在紫外光、可見光、或是NIR範圍中的一或更多個範圍之中的一或更多個波長的雷射脈衝的雷射源104通常會產生具有合宜狹窄頻譜線寬的雷射脈衝。諸如高功率CW氣體雷射(舉例來說, 平均功率大於約 $300\text{W}$ 的二氧化碳或一氧化碳CW雷射)以及其它低功率CW或脈衝式氣體雷射(例如, 平均功率小於約 $300\text{W}$ )的雷射源104同樣能夠在SWIR、MWIR、或是LWIR範圍中產生具有合宜狹窄頻譜線寬的雷射脈衝。在習知技術中, 能夠產生雷射脈衝的高功率脈衝式氣體雷射(例如, 平均功率大於約 $300\text{W}$ 的二氧化碳或一氧化碳脈衝式雷射)係以主振盪器功率電荷放大器(Master

Oscillator Power Amplifier, MOPA)雷射系統架構為基礎。

【0047】 該些AOD系統中的任一者可以被提供成為單軸AOD系統(舉例來說,可操作用以沿著單一方向來移動射束軸118)或是藉由偏折該射束路徑116而被提供成為多軸AOD系統(舉例來說,可操作用以沿著一或更多條軸,舉例來說,沿著X軸、沿著Y軸、或是前述的任何組合Y方向來移動射束軸118)。一般來說,多軸AOD系統能夠被提供成為一多胞體系統或是一單胞體系統。多胞體、多軸系統通常包含多個AOD系統,每一個AOD系統皆操作用以沿著不同軸來移動該射束軸118。舉例來說,多胞體、多軸系統會包含:第一AOD系統(舉例來說,一單元件或相位陣列AOD系統),其操作用以沿著X軸來移動該射束軸118(舉例來說,「X軸AOD系統」);以及第二AOD系統(舉例來說,單元件或相位陣列AOD系統),其操作用以沿著Y軸來移動該射束軸118(舉例來說,「Y軸AOD系統」)。單胞體、多軸系統(舉例來說,「X/Y軸AOD系統」)通常包含單AOD系統,其操作用以沿著該X軸或Y軸來移動該射束軸118。舉例來說,單胞體系統會包含至少兩個超音波換能器元件,其被音頻耦接至共同AO胞體的正交排列平面、小面、側邊、...等。

### C.第二定位器

【0048】 第二定位器108被設置在射束路徑116之中,並且可操作用以對由雷射源104所產生並且通過該第一定位器106的雷射脈衝進行繞射、反射、折射、或是類似作用、或是前述的任何組合(也就是,用以「偏折」該些雷射脈衝),以便偏折或移動射束路徑116(舉例來說,以掃描透鏡112為基準),且因此,以該工件102為基準來偏折或移動該射束軸118。一般來說,第二定位器10可操作用以沿著X軸(或方向)、Y軸(或方向)、或是前述組合,以該工件102為基準來移動該射束軸118。

【0049】 由該第二定位器108所賦予之以該工件102為基準移動該射束軸

118通常受到限制，俾使得該加工光點能夠被掃描、被移動、或是被定位在由掃描透鏡112所投影的第二掃描場或「第二掃描範圍」裡面。一般來說，並且相依於一或更多項係數(例如，第二定位器108的配置、第二定位器108在射束路徑116中的位置、入射於該第二定位器108上的雷射脈衝的射束尺寸、光點尺寸、...等)，該第二掃描範圍可以延伸在X方向或Y方向的任一者之中的距離大於第一掃描範圍的對應距離。有鑒於上述，該第二掃描範圍可以延伸在X方向或Y方向的任一者之中的距離小於、大於、或是等於下面數值的距離：1mm、25mm、50mm、75mm、100mm、250mm、500mm、750mm、1cm、25cm、50cm、75cm、1m、1.25m、1.5m、...等；或是介於任何此些數值之間。該第二掃描範圍的最大維度(舉例來說，在X方向或Y方向之中，或是其它方向之中)可以大於、等於、或是小於一要被形成在該工件102之中的特徵元件(舉例來說，開口、凹部、通孔、溝渠、切割線、導體線路、...等)的最大維度(於X-Y平面中所測得)。

【0050】 有鑒於本文中所述的配置，應該明瞭的係，由該第一定位器106所賦予的射束軸118的移動會疊加由該第二定位器108所賦予的射束軸118的移動。因此，該第二定位器108可操作用以於該第二掃描範圍裡面掃描該第一掃描範圍。

【0051】 一般來說，該第二定位器108能夠將該加工光點定位於該第二掃描範圍裡面的任何位置處(因而於該第二掃描範圍裡面移動該射束軸118及/或於該第二掃描範圍裡面掃描該第一掃描範圍)的定位速率的範圍(於本文中亦稱為「第二定位頻寬」)小於該第一定位頻寬。於其中一實施例中，該第二定位頻寬係落在從500Hz(或是大約500Hz)至8kHz(或是大約8kHz)的範圍之中。舉例來說，該第二定位頻寬可以大於、等於、或是小於500Hz、750Hz、1kHz、1.25kHz、1.5kHz、1.75kHz、2kHz、2.5kHz、3kHz、3.5kHz、4kHz、4.5kHz、5kHz、5.5kHz、6kHz、6.5kHz、7kHz、7.5kHz、8kHz、...等；或是介於任何此些數值之間。

【0052】 有鑒於上述，應該明白的係，該第二定位器108能夠被提供成為微機電系統(MEMS)面鏡或面鏡陣列、AOD系統、電光偏折器(EOD)系統、快速操控面鏡(FSM)元件(舉例來說，其併入壓電式致動器、電致伸縮式致動器、音圈致動器、...等)、檢流計面鏡系統、共振掃描檢流計面鏡系統、旋轉多邊形掃描器、或是類似物、或是前述的任何組合。於一個實施例中，該第二定位器108能夠被提供成為包含兩個檢流計面鏡構件的檢流計面鏡系統，也就是：第一檢流計面鏡構件(舉例來說，X軸檢流計面鏡構件)，其被排列成用以沿著X軸以工件102為基準來移動該射束軸118；以及第二檢流計面鏡構件(舉例來說，Y軸檢流計面鏡構件)，其被排列成用以沿著Y軸以工件102為基準來移動該射束軸118。然而，該第二定位器108亦可被提供成為包含單一檢流計面鏡構件的檢流計面鏡系統，該檢流計面鏡構件被排列成用以沿著X軸與Y軸以工件102為基準來移動該射束軸118。於又一實施例中，該第二定位器108亦可被提供成為旋轉多邊形面鏡系統、...等。因此，應該明白的係，相依於該第二定位器108與該第一定位器106的特定配置而定，該第二定位頻寬可能大於或等於該第一定位頻寬。

#### D.第三定位器

【0053】 該第三定位器110可操作用以以掃描透鏡112為基準移動該工件102，且因此，以射束軸118為基準來移動該工件102。以該射束軸118為基準來移動該工件102通常受到限制，俾使得該加工光點能夠被掃描、被移動、或是被定位在第一第三掃描場或「第三掃描範圍」裡面。相依於一或更多項係數(例如，第三定位器110的配置)，該第三掃描範圍可以延伸在X方向或Y方向的任一者之中的距離大於或等於第二掃描範圍的對應距離。然而，一般來說，該第三掃描範圍的最大維度(舉例來說，在X方向或Y方向之中，或是其它方向之中)大於或等於要被形成在該工件102之中的任何特徵元件的對應最大維度(於X-Y平面中所測得)。視情況，該第三定位器110可以操作用以於一延伸在Z方向之中的掃描範圍

裡面以該射束軸118為基準來移動該工件102(舉例來說,落在1mm與50mm之間的範圍之中)。因此,該第三掃描範圍可以沿著X方向、Y方向、及/或Z方向延伸。

**【0054】** 有鑒於本文中所述的配置,應該明瞭的係,加工光點以工件102為基準的移動(舉例來說,由該第一定位器106及/或該第二定位器108所賦予)會疊加由該第三定位器110所賦予的工件102的移動。因此,該第三定位器110可操作用以於該第三掃描範圍裡面掃描該第一掃描範圍及/或該第二掃描範圍。一般來說,該第三定位器110能夠將該工件102定位於該第三掃描範圍裡面的任何位置處(因而移動該工件102、於該第三掃描範圍裡面掃描該第一掃描範圍、及/或於該第三掃描範圍裡面掃描該第二掃描範圍)的定位速率的範圍(於本文中亦稱為「第三定位頻寬」)小於該第二定位頻寬。於一個實施例中,該第三定位頻寬係小於500Hz(或是大約500Hz)。舉例來說,該第三定位頻寬可以等於或是小於500Hz、250Hz、150Hz、100Hz、75Hz、50Hz、25Hz、10Hz、7.5Hz、5Hz、2.5Hz、2Hz、1.5Hz、1Hz、...等;或是介於任何此些數值之間。

**【0055】** 於一個實施例中,該第三定位器110被提供成為一或更多個線性載檯(舉例來說,每一者皆能夠沿著該些X方向、Y方向、及/或Z方向來平移移動該工件102)、一或更多個旋轉載檯(舉例來說,每一者皆能夠繞著平行於該些X方向、Y方向、及/或Z方向的軸來旋轉移動該工件102)、或是類似物、或是前述的任何組合。於一個實施例中,該第三定位器110包含:X載檯,用於沿著該X方向來移動該工件102;以及Y載檯,其受到該X載檯支撐(且因此,可藉由該X載檯而沿著該X方向移動),用於沿著該Y方向來移動該工件102。圖中雖然並未顯示;不過,設備100還可能包含非必要的基底(舉例來說,花崗石塊),用以支撐該第三定位器110。

**【0056】** 圖中雖然並未顯示;不過,設備100還可能包含固定裝置(舉例來說,夾盤),其被耦接至該第三定位器110的某一載檯。該固定裝置會包含支撐區

並且工件102能夠以機械方式被鉗止、固定、固持、固鎖至該固定裝置或是以其它方式被該固定裝置支撐於該支撐區內。於一個實施例中，該工件102能夠被鉗止、固定、固持、固鎖、或是以其它方式被支撐，以便直接接觸該固定裝置的一主要(通常為平坦的)支撐表面。於另一實施例中，該工件102能夠被鉗止、固定、固持、固鎖、或是以其它方式被支撐，以便和該固定裝置的該主要支撐表面隔開。於一個實施例中，該工件102能夠藉由從該固定裝置選擇性施加至該工件102或是出現在該工件102與該固定裝置之間的作用力(舉例來說，靜電力、真空力、磁力)被固定、固持、或是固鎖。

**【0057】** 如目前已述，設備100運用如同第三定位器110之所謂的「堆疊式」定位系統，其可以讓工作102被移動同時讓諸如第一定位器106、第二定位器108、掃描透鏡112、...等其它構件的位置以該工件102為基準保持靜止於該設備100裡面(舉例來說，如本技術中已知，透過一或更多個支撐架、框架、...等)。於另一實施例中，該第三定位器110可以被排列並且操作用以移動諸如第一定位器106、第二定位器108、掃描透鏡112、...等的一或更多個構件，而工件102則可以保持靜止。

**【0058】** 於又一實施例中，第三定位器110可被提供成為所謂的「分光軸」定位系統，其中，一或更多個構件(例如，第一定位器106、第二定位器108、掃描透鏡112、或是類似物、或是前述任何組合)係由一或更多個線性載檯或旋轉載檯來攜載(舉例來說，安置於一框架、托架、...等之上)，而工件102係由一或更多個其它線性載檯或旋轉載檯來攜載。於此實施例中，該第三定位器110包含：一或更多個線性載檯或旋轉載檯，其被排列並且操作用以移動諸如掃描頭的一或更多個構件(舉例來說，包含第二定位器108與掃描透鏡112)；以及一或更多個其它線性載檯或旋轉載檯，其被排列並且操作用以移動工件102。舉例來說，該第三定位器110可以包含Y載檯，用於沿著該Y方向來移動該工件102；以及X載檯，

用於沿著該X方向來移動該掃描頭。可以有利或卓越地運用在設備100之中的分光軸定位系統的某些範例包含下面所揭示之範例中的任何範例：美國專利案第5,751,585號、第5,798,927號、第5,847,960號、第6,606,999號、第7,605,343號、第8,680,430號、第8,847,113號；美國專利申請公開案第2014/0083983號；或是前述的任何組合，本文以引用的方式將前述每一案完全併入。

**【0059】** 於該第三定位器110包含Z載檯的一個實施中，該Z載檯可被排列並且被配置成用以沿著Z方向來移動工件102。於此情況中，該Z載檯可由用於移動或定位工件102之其它前述載檯中的一或更多者來攜載；可以攜載用於移動或定位工件102之其它前述載檯中的一或更多者；或是前述任何組合。於該第三定位器110包含Z載檯的另一實施中，該Z載檯可被排列並且被配置成用以沿著Z方向來移動該掃描頭。因此，於第三定位器110被提供成為分光載檯定位系統的情況中，該Z載檯可以攜載X載檯或是可被X載檯攜載。沿著Z方向移動工件102或是該掃描頭會造成該工件102處的光點尺寸的變動。

**【0060】** 於又一實施例中，諸如第一定位器106、第二定位器108、掃描透鏡112、...等的一或更多個構件可以由鉸接式多軸自動手臂(舉例來說，2軸手臂、3軸手臂、4軸手臂、5軸手臂、或是6軸手臂)來攜載。於此一實施例中，該第二定位器108及/或掃描透鏡112可以視情況由該自動手臂的末端效果器來攜載。於再一實施例中，該工件102可以直接被攜載於鉸接式多軸自動手臂的末端效果器之上(也就是，沒有第三定位器110)。於又一實施例中，該第三定位器110可以被攜載於鉸接式多軸自動手臂的末端效果器之上。

#### D.掃描透鏡

**【0061】** 掃描透鏡112(舉例來說，被提供成為簡易透鏡或是複合透鏡)通常被配置成用以聚焦沿著該射束路徑被引導的雷射脈衝，一般來說，以便產生能夠被定位在該所希望的加工光點處或附近的束腰。該掃描透鏡112可以被提供成

為f-希塔透鏡、遠心透鏡、軸錐透鏡(於此情況中，一連串的束腰會被產生，從而沿著射束軸118產生彼此有位移的複數個加工光點)、或是類似物、或是前述的任何組合。於其中一實施例中，該掃描透鏡112被提供成為固定焦距透鏡並且被耦接至一掃描透鏡定位器(舉例來說，透鏡致動器，圖中未顯示)，該掃描透鏡定位器可操作用以移動該掃描透鏡112(舉例來說，以便沿著該射束軸118改變該束腰的位置)。舉例來說，該透鏡致動器可以被提供成為音圈，其可操作用以沿著Z方向來線性平移該掃描透鏡112。於此情況中，該掃描透鏡112可以由諸如下面的材料形成：熔融石英、光學玻璃、硒化鋅、硫化鋅、鍺、砷化鎵、氟化鎂、...等。於另一實施例中，該掃描透鏡112被提供成為一可變焦距透鏡(舉例來說，變焦透鏡，或是所謂的「液體透鏡(liquid lens)」，其併入目前由COGNEX、VARIOPTIC、...等所提供的技術)，其能夠被致動(舉例來說，透過透鏡致動器)用以沿著射束軸118來改變束腰的位置。沿著射束軸118來改變束腰的位置會造成該工件102處的光點尺寸的變動。

**【0062】** 於一個實施例中，該掃描透鏡112與該第二定位器108被整合於共同殼體或是「掃描頭」之中。因此，於該設備100包含透鏡致動器的實施例中，該透鏡致動器可以被耦接至該掃描透鏡112(舉例來說，以便以該第二定位器108為基準於該掃描頭裡面致能移動該掃描透鏡112)。或者，該透鏡致動器亦可被耦接至該掃描頭(舉例來說，以便致能移動該掃描頭本身，於此情況中，該掃描透鏡112與該第二定位器108會一起移動)。於另一實施例中，該掃描透鏡112與該第二定位器108被整合於不同的殼體之中(舉例來說，俾使得其中整合著該掃描透鏡112的殼體可以以其中整合著該第二定位器108的殼體為基準來移動)。該掃描頭的構件，或是整個該掃描頭本身，可以由模組式裝配件組成，俾使得該掃描頭的構件能夠輕易地被移除並且以另一構件來取代、俾使得其中一個掃描頭能夠輕易地被移除並且以另一掃描頭來取代、...等。

## E. 視覺

【0063】 設備100可以進一步包含一或更多部相機，例如，相機113(舉例來說，CCD相機、CMOS相機、或是類似物、或是前述的任何組合)，其視場涵蓋被提供給設備100加工的工件102所佔據的區域。相機113可被耦接至掃描透鏡112或是被耦接至前面提及的掃描頭。相機113會產生代表於其視場內捕捉到之影像的影像資料並且將該影像資料(舉例來說，一或更多個影像訊號)輸出給控制器114。

【0064】 影像資料會被解譯、操控、輸入至演算法或是以任何所希望或本技術中已知其它合宜方式來處理(例如在該控制器114、該遠端系統126或是類似物、或是前述的任何組合處)，以便促成一或更多像操作，例如，於設備100內對準該工件102、校正、視覺檢查(舉例來說，視覺檢查因加工該工件102所形成的特徵元件)、或是類似操作、或是前述的任何組合。

【0065】 圖1中所示的設備100雖然僅包含一相機113；不過，應該明白的係，亦可包含多部相機113(舉例來說，不同的解析度、視場、或是類似物、或是前述的任何組合)。舉例來說，於一個實施例中，設備100可以包含第一相機與第二相機。該第一相機可以有相對大的視場及相對低的解析度；而該第二相機可以有相對小的視場及相對高的解析度。一般來說，該第二相機的視場位在該第一相機的視場裡面。然而，該些第一相機與第二相機亦能夠被排列成使得該第二相機的視場位在該第一相機的視場外面。

## F. 控制器

【0066】 一般來說，設備100包含一或更多個控制器，例如，控制器114，用以控制或是達成控制該設備100的操作。於一個實施例中，控制器114被通訊耦接至(舉例來說，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上，例如，USB、RS-232、乙太網路、Firewire、Wi-Fi、RFID、NFC、藍牙、Li-Fi、SERCOS、

MARCO、EtherCAT、或是類似通訊鏈路、或是前述的任何組合)設備100中的一或更多個構件，例如，雷射源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為可變焦距透鏡時)、固定裝置、相機113、VOA、射束尺寸調整機制、...等，且因此可響應於由該控制器114所輸出的一或更多個控制訊號來操作。

**【0067】** 舉例來說，控制器114可以控制第一定位器106、第二定位器108、或是第三定位器110的操作，以便在該射束軸與該工件之間賦予相對移動，俾便導致該加工光點與該工件102之間沿著該工件102裡面的路徑或軌線(於本文中亦稱為「加工軌線」)的相對移動。應該明白的係，此些定位器中的任兩者或是此些定位器中的全部三者可以受到控制，俾使得兩個定位器(例如，第一定位器106與第二定位器108、第一定位器106與第三定位器110、或是第二定位器108與第三定位器110)或是全部三個定位器同時在該加工光點與該工件102之間賦予相對移動(從而在該射束軸與該工件之間賦予「複合的相對移動」)。當然，於任何時間，亦可能僅控制其中一個定位器(例如，第一定位器106、第二定位器108、或是第三定位器110)，用以在該加工光點與該工件102之間賦予相對移動(從而在該射束軸與該工件之間賦予「非複合的相對移動」)。

**【0068】** 前述構件中的一或更多者能夠被控制以實施的操作的某些其它範例包含如下面已於前面提及的專利案中揭示的任何操作、功能、處理、方法、...等：美國專利案第5,751,585號、第5,847,960號、第6,606,999號、第8,680,430號、第8,847,113號；或是美國專利案第4,912,487號、第5,633,747號、第5,638,267號、第5,917,300號、第6,314,463號、第6,430,465號、第6,600,600號、第6,606,998號、第6,816,294號、第6,947,454號、第7,019,891號、第7,027,199號、第7,133,182號、第7,133,186號、第7,133,187號、第7,133,188號、第7,244,906號、第7,245,412號、第7,259,354號、第7,611,745號、第7,834,293號、第8,026,158號、第8,076,605號、

第8,288,679號、第8,404,998號、第8,497,450號、第8,648,277號、第8,896,909號、第8,928,853號、第9,259,802號；或是美國專利申請公開案第2014/0026351號、第2014/0197140號、第2014/0263201號、第2014/0263212號、第2014/0263223號、第2014/0312013號；或是德國專利案第DE102013201968B4號；或是國際專利公開案第WO2009/087392號；或是前述案件的任何組合，本文以引用的方式將前述每一案完全併入。於另一範例中，該控制器114可以控制包含一或更多個AOD系統的任何定位器(例如，於某些實施例中，第一定位器106、第二定位器108、或是、或是前述的組合)的操作，用以改變被傳遞至該加工光點的雷射脈衝的光點形狀或光點尺寸(例如，藉由啣啾被施加至該一或更多個AOD系統的一或更多個超音波換能器元件的RF訊號、藉由施加一經頻譜塑形的RF訊號至該一或更多個AOD系統的一或更多個超音波換能器元件、或是類似的作法或前述的任何組合)，舉例來說，如國際專利公開案第WO2017/044646A1號的揭示，本文以引用的方式將前述完全併入。該外加RF訊號可以任何所希望或合宜的方式被線性或非線性啣啾。舉例來說，該外加RF訊號可先以第一速率啣啾並且接著以第二速率啣啾，以便以兩種不同方式繞射穿越該AO胞體的雷射脈衝。於此情況中，該第一速率可以慢於或快於該第二速率。

**【0069】** 一般來說，控制器114包含一或更多個處理器，其可操作用以在執行指令時產生前面提及的控制訊號。一處理器能夠被提供成為一可程式化處理器(例如，其包含一或更多個一般用途電腦處理器、微處理器、數位訊號處理器、或是類似物、或是前述的任何組合)，其可操作用以執行該些指令。可由該(些)處理器來執行的指令可以以軟體、韌體、...等來施行，或是以包含以下任何合宜形式的電路系統來施行：可程式化邏輯裝置(Programmable Logic Device，PLD)；可場程式化閘極陣列(Field Programmable Gate Array，FPGA)；可場程式化物體陣列(Field Programmable Object Array，FPOA)；特定應用積體電路

(Application-Specific Integrated Circuit, ASIC), 其包含數位電路系統、類比電路系統、以及混合式類比/數位電路系統; 或是類似物; 或是前述的任何組合。指令的執行能夠在處理器上被實施、分散於多個處理器之間、平行跨越裝置裡面的多個處理器或是跨越一由多個裝置所組成的網路; 或是類似物; 或是前述的任何組合。

**【0070】** 於其中一實施例中, 控制器114包含有形媒體, 例如, 電腦記憶體, 其可讓該處理器來存取(例如, 透過一或更多條有線或無線通訊鏈路)。如本文中的用法, 「電腦記憶體」包含: 磁性媒體(舉例來說, 磁帶、硬碟機、...等); 光碟; 揮發性或非揮發性半導體記憶體(例如, RAM、ROM、NAND型快閃記憶體、NOR型快閃記憶體、SONOS記憶體、...等); ...等, 並且可以區域性存取、遠端存取(例如, 跨越一網路)、或是前述的組合。一般來說, 該些指令可以以本文中所提供的描述符(舉例來說, 以C、C++、Visual Basic、Java、Python、Tel、Perl、Scheme、Ruby、組合語言、硬體描述語言(例如, VHDL、VERILOG、...等)、...等所撰寫)被儲存成為能夠由技師輕易創造的電腦軟體(例如, 可執行的編碼、檔案、指令、...等; 程式庫檔案、...等)。電腦軟體經常被儲存在由電腦記憶體所傳達的一或更多個資料結構中。

**【0071】** 圖中雖然並未顯示; 不過, 一或更多個驅動器(例如, RF驅動器、伺服驅動器、行驅動器、電源、...等)亦能夠被通訊耦接至一或更多個構件(例如, 雷射源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、固定裝置、相機113、VOA、射束尺寸調整機制、...等)。於一個實施例中, 每一個驅動器通常包含被通訊耦接至控制器114的輸入, 且因此, 該控制器114可以操作用以產生一或更多個控制訊號(例如, 觸發訊號、...等), 該些控制訊號能夠被傳送至和設備100的一或更多個構件相關聯的一或更多個驅動器的(多個)輸入。因此, 諸如雷射源104、第一定

位器106、第二定位器108、第三定位器110、掃描透鏡112(當被提供成為可變焦距透鏡時)、固定裝置、相機113、VOA、射束尺寸調整機制、...等的構件會響應於由該控制器114所產生的控制訊號。

**【0072】** 於另一實施例中，圖中雖然並未顯示；不過，一或更多個額外的控制器(舉例來說，構件特定控制器)可以視情況被通訊耦接至驅動器的輸入且該驅動器的輸入被通訊耦接至構件(例如，雷射源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、固定裝置、相機113、VOA、射束尺寸調整機制、...等)且因此該一或更多個額外的控制器與該構件相關聯。於此實施例中，每一個構件特定控制器會被通訊耦接至該控制器114並且可操作用以響應於接收自該控制器114的一或更多個控制訊號而產生一或更多個控制訊號(舉例來說，觸發訊號、...等)，該些控制訊號會被傳送至與其通訊耦接的(多個)驅動器的(多個)輸入。於此實施例中，一構件特定控制器可以雷同於針對控制器114所述的方式操作。

**【0073】** 於提供一或更多個構件特定控制器的另一實施例中，和其中一個構件(舉例來說，雷射源104)相關聯的構件特定控制器會被通訊耦接至和其中一個構件(舉例來說，第一定位器106、...等)相關聯的構件特定控制器。於此實施例中，該些構件特定控制器中的一或更多者能夠操作用以響應於接收自一或更多個其它構件特定控制器的一或更多個控制訊號而產生一或更多個控制訊號(舉例來說，觸發訊號、...等)。

## G.使用者介面

**【0074】** 設備100可以進一步包含使用者介面120，其被通訊耦接至(舉例來說，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上，例如，USB、RS-232、乙太網路、Firewire、Wi-Fi、RFID、NFC、藍牙、Li-Fi、SERCOS、MARCO、EtherCAT、或是類似通訊鏈路、或是前述的任何組合)控制器114。使用者介面120

會包含一或更多個輸出裝置、一或更多個輸入裝置、或是前述的任何組合。一般來說，輸出裝置係能夠經由任何人體可察覺刺激(舉例來說，視覺、聽覺、觸覺、...等)來表達或傳達資訊的任何裝置。輸出裝置的範例包含螢幕、印表機、揚聲器、觸覺致動器、以及類似物。一般來說，輸入裝置係能夠讓設備100的使用者提供指令、命令、參數、資訊、或是類似物的任何裝置，以便操作設備100(或是達成設備100的操作)。輸入裝置的範例包含鍵盤、滑鼠、觸控墊、觸控螢幕、麥克風、相機、以及類似物。

## H. 通訊模組

**【0075】** 視情況，設備100包含通訊模組122，其被通訊耦接至(舉例來說，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上，例如，USB、RS-232、乙太網路、Firewire、Wi-Fi、RFID、NFC、藍牙、Li-Fi、SERCOS、MARCO、EtherCAT、或是類似通訊鏈路、或是前述的任何組合)控制器114。該通訊模組122可操作用以傳送資料、接收資料、或是前述的組合。據此，該通訊模組122會包含電路系統、天線、連接器、或是類似物、或是前述的任何組合，以便經由有線或無線鏈路傳送資料至另一裝置或網路(舉例來說，網路124)及/或從另一裝置或網路(舉例來說，網路124)處接收資料。於一個範例中，該通訊模組122能夠為一連接器，其配合控制器114中的軟體或韌體操作，用以充當序列埠(舉例來說，RS232)、通用序列匯流排(Universal Serial Bus，USB)埠、IR介面、或是類似物、或是前述的任何組合。於另一範例中，該通訊模組122能夠為一通用介面驅動器特定應用積體電路(Universal Interface Driver Application Specific Integrated Circuit，UIDA)，其支援複數個不同的主機介面協定，例如，RS-232C、IBM46XX、鍵盤楔型介面、或是類似物、或是前述的任何組合。該通訊模組122可以包含如本技術中已知的一或更多個模組、電路、天線、連接器、或是類似物，以便支援其它已知的通訊模式，例如，USB、乙太網路、藍牙、Wi-Fi、紅外線(舉例來說，IrDa)、RFID通

訊、或是類似通訊、或是前述的任何組合。除了係和控制器114分離的構件，應該注意的是，該通訊模組122亦可以任何已知或合宜的方式被併入成為控制器114的一部分。

**【0076】** 網路124可以被通訊耦接至(舉例來說，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上，例如，USB、RS-232、乙太網路、Firewire、Wi-Fi、RFID、NFC、藍牙、Li-Fi、SERCOS、MARCO、EtherCAT、或是類似通訊鏈路、或是前述的任何組合)位於設備100遠端的一或更多個系統(舉例來說，遠端系統126，如圖1中所示)。於一個實施例中，遠端系統126可以為諸如下面的裝置：電腦(舉例來說，桌上型電腦、膝上型電腦、平板電腦、智慧型電話、...等)；計算系統(舉例來說，雲端計算平台)；另一控制器或通訊模組(舉例來說，和另一設備(例如，設備100)相關聯)；或是類似裝置、或是前述的任何組合。該遠端系統126能夠為由設備100的使用者擁有或操作的裝置、由設備100的製造商擁有或操作的裝置、由負責對設備100實施維護的技術人員擁有或操作的裝置、或是類似裝置、或是前述的任何組合。

**【0077】** 經由通訊模組122與網路124，控制器114可以將各種資料傳送至遠端系統126。能夠因而被輸出至該遠端系統126的資料的範例包含前面提及的影像資料、或是量測資料或通知資料(兩者於下面有更詳細討論)、或是類似物、或是前述的任何組合。由遠端系統126輸出的資料可以被輸入至控制器114(舉例來說，透過網路124與通訊模組122)並且代表指令、命令、參數、資訊、或是類似物，用以操作設備100或者影響或達成設備100的任何操作。

### **I.射束特徵化工具**

**【0078】** 視情況，該設備100包含一或更多個射束特徵化工具，例如，射束特徵化工具128，其可操作用以量測該雷射能量射束的一或更多項特徵。能夠在該射束特徵化工具128處被量測的特徵的範例包含由該入射雷射能量射束照

射在該射束特徵化工具128處的光點的空間能量分布、相位、偏振、功率、或是類似物、或是前述的任何組合。據此，該射束特徵化工具128會被提供成為選擇自由下面所組成之群中的至少其中一個感測器：狹縫感測器、刀緣感測器、相機(舉例來說，CCD、CMOS、...等)、波前感測器(舉例來說，Shack-Hartmann波前感測器)、或是本技術中已知的任何其它雷射射束輪廓器、或是類似物、或是前述的任何組合。該射束特徵化工具128會產生代表該些已量測射束特徵中一或更多者的量測資料並且將該量測資料(舉例來說，當作一或更多個量測訊號)輸出至該控制器。視情況，該量測資料(或是，舉例來說，由控制器114從該量測資料處推導的資料)會從該控制器114處被傳送至該遠端系統126(舉例來說，透過通訊模組122與網路124)。

**【0079】** 如圖1中概略顯示，該射束特徵化工具128會被配置並且被排列成以本技術中已知的任何方式量測該雷射能量射束的一或更多項特徵(每一者於本文中通常被稱為一「射束特徵」)。舉例來說，該射束特徵化工具128被排列成用以量測下面位置處(舉例來說，如箭頭128a所示)的雷射能量射束的一或更多項特徵：工件102會被該雷射能量射束加工的位置處或附近(於本文中亦稱為「加工區」)；射束路徑116中的位置(也就是，取樣位置)；或是前述的任何組合。於一個實施例中，該取樣位置會介於第二定位器108與掃描透鏡112之間(舉例來說，如箭頭128b所示)、介於第一定位器106與第二定位器108之間、介於雷射源104與第一定位器106之間、或是類似位置。

**【0080】** 在另一實施例中，相機113(舉例來說，第一相機、第二相機、或是類似物、或是前述的任何組合)會被操作用以捕捉下面位置處的光點的影像：工件102處、固定裝置處、固定裝置外面的一區域處、或是類似位置、或是前述的任何組合。而後，於一個施行方式中，經捕捉的影像會在相機113處被處理，俾便由相機113所產生的影像資料代表該光點的空間能量分布。於此情況中，由

相機113所輸出的影像資料會被視為「量測資料」並且相機113被視為該射束特徵化工具128的一實施例。

#### **i.加工區中的量測**

**【0081】** 於一個實施例中，並且參考圖2與3，該射束特徵化工具128會在具備第三定位器110的固定裝置(圖中未顯示)之前述支撐區外面的一位置處被安置於該第三定位器110。舉例來說，該第三定位器110會包含一或更多個線性載檯(例如，如上面所述)並且該射束特徵化工具128會被安置於該固定裝置所耦接的線性載檯(例如，在其側表面處)。於另一實施例中，該射束特徵化工具128會被安置於該固定裝置本身處，而非安置於該線性載檯。為達成交量測射束特徵，該第三定位器110會被操作用以將該射束特徵化工具128移動至一與射束軸118相交的位置(例如，如圖2中所示)。於量測射束特徵之後，該第三定位器110會被操作用以移動該固定裝置的支撐區(例如，其上支撐著工件102)，俾使得射束軸118會相交於該工件102(例如，如圖3中所示)。

**【0082】** 參考圖4，射束特徵化工具128會包含符記400，疊置在光偵測器402上。舉例來說，該符記400會包含基板404以及由被形成在該基板404上的多個非透射性目標物406所組成的圖樣。該符記400會藉由框架(舉例來說，框架408)被固定在該光偵測器402上方。基板404是由一種材料(舉例來說，通常為玻璃)所形成，該材料對於沿著射束軸118傳播之雷射能量射束是透明的(或者至少實質上透明的)。相反地，該些目標物406通常是由一種材料(舉例來說，通常為鉻或是其合金)所形成，該材料反射或吸收沿著射束軸118傳播之該雷射能量射束。

**【0083】** 目標物406的尺寸、形狀、或是其它配置可以所希望或有利的任何方式提供。舉例來說，並且參考圖5，該些目標物406可被排列用以形成一「目標物格柵」，其包含多個實心方形目標物(例如，如500所示)、多個實心菱形目標物(例如，如502所示)、多個空心方形目標物(例如，如504所示)、或是類似物、

或是前述的任何組合。方形目標物(例如，如500與504所示)具有配向至X軸與Y軸的側邊(例如，從X軸處量起的0度與90度處)。菱形目標物(例如，如502所示)具有偏離X軸與Y軸的側邊(例如，從X軸處量起的45度與135度處)。

**【0084】** 該目標物格柵可以視情況包含周邊目標物(舉例來說，如506所示)，其包圍該些實心方形目標物500、實心菱形目標物502、以及空心方形目標物504。圖5雖然顯示12x12的目標物406陣列(也就是，目標物500、502、504組成的陣列)；不過，應該明白的係，可以提供任何數量的目標物406，並且以任何所希望或有利的方​​式排列。該目標物格柵的長度及/或寬度落在10mm至30mm的範圍中(舉例來說，20mm，或是大約20mm)。周邊目標物506的個別側邊可以有寬度 $w_1$ ，落在1mm至5mm的範圍中(舉例來說，2.5mm，或是大約2.5mm)，並且目標物500、502、以及504的最大維度(舉例來說，在X方向或Y方向之中)落在100 $\mu\text{m}$ 至500 $\mu\text{m}$ 的範圍中(舉例來說，250 $\mu\text{m}$ ，或是大約250 $\mu\text{m}$ )。空心方形目標物504的側邊會有寬度 $w_2$ ，落在5 $\mu\text{m}$ 至15 $\mu\text{m}$ 的範圍中(舉例來說，10 $\mu\text{m}$ ，或是大約10 $\mu\text{m}$ )。

**【0085】** 於一個實施例中，由掃描透鏡112透射的雷射能量射束會將光點照射在符記400的目標物406上，其通量(舉例來說，第一通量)足以熔融或燒蝕形成目標物406的材料。於此實施例中，光偵測器402的作用面積(也就是，該光偵測器中能夠偵測光的區域，如圖5中被虛線方形508圍住的區域所示)小於該目標物格柵的面積(也就是，從圖5中所示之俯視平面圖看見的面積)。光偵測器402的作用面積508的側邊的長度落在5mm至20mm的範圍中(舉例來說，10mm，或是大約10mm)。

**【0086】** 於另一實施例中，由掃描透鏡112透射的雷射能量射束會將光點照射在符記400的目標物406上，其通量(舉例來說，第二通量)不足以熔融或燒蝕形成目標物406的材料，但是足以破壞光偵測器402。於此情況中，並且參考圖4，射束特徵化工具128會包含光學濾波器410(舉例來說，中性密度濾波器)，其被插

設在符記400與光偵測器402之間，用以降低被透射入射於該光偵測器402上的透射雷射能量射束的通量，以免該光偵測器402遭到破壞。

【0087】 於又一實施例中，由掃描透鏡112透射的雷射能量射束會將光點照射在符記400的一目標物406上，其通量(舉例來說，第三通量)不足以熔融或燒蝕形成目標物406的材料，並且不足以破壞光偵測器402。於此情況中，射束特徵化工具128會省略光學濾波器410。

【0088】 於一個實施例中，設備100的一或更多個構件的操作會被選擇性控制(舉例來說，透過控制器114、使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合)，用以確保被照射在目標物406處的光點為第一通量或第二通量。同樣地，設備100的一或更多個構件的操作會被選擇性控制(舉例來說，透過控制器114、使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合)，用以確保被照射在光偵測器402處的光點為第二通量或第三通量。

## ii.射束路徑中的量測

【0089】 於一個實施例中，並且參考圖6，設備100會包含分光器600(舉例來說，舉例來說，如圖中所示的分光器方塊、部分反射面鏡、光纖分光器、或是類似物、或是前述的任何組合)，其被排列在射束路徑116裡面的位置處(也就是，前面提及的「取樣位置」)。該分光器600能夠介於第二定位器108與掃描透鏡112之間、介於第一定位器106與第二定位器108之間、介於雷射源104與第一定位器106之間、或是類似位置。然而，一般來說，該分光器600會將入射雷射能量射束分離成加工射束與取樣射束。該加工射束沿著射束路徑116傳播(舉例來說，因而最終透射穿過掃描透鏡112)，而該取樣射束則沿著射束路徑602傳播至射束特徵化工具128。

## J.雷射感測器系統

【0090】 於一個實施例中，設備100包含雷射感測器系統，其被配置成用

以量測雷射能量或功率。由該雷射感測器系統所產生的(舉例來說，響應於量測雷射能量或功率)量測資料係被輸出至控制器114(以及視情況被輸出至遠端系統126)，該量測資料會於該處經過處理用以支援各項功能，例如，即時脈衝能量控制(舉例來說，用以補償雷射功率變化)、系統校正(舉例來說，用以補償第一定位器106的AOD系統中相對於RF功率與頻率的透射變化)、或是類似功能、或是前述的任何組合。可利用來自該雷射感測器系統的量測資料施行的功能的範例已在下面討論過：前述的美國專利案第7,244,906號；或是美國專利申請公開案第第2014/0196140號、第2014/0263201號、第2014/0263223號；或是類似專利案、或是前述的任何組合。

**【0091】** 於一個實施例中，並且參考圖7，設備100包含第一定位器106，其被提供成為AOD系統(舉例來說，如上面討論)，可操作用以沿著不同軸線偏折射束路徑116。舉例來說，該第一定位器106可以包含第一單軸AOD系統700(例如，X軸AOD系統)以及第二單軸AOD系統702(例如，Y軸AOD系統)。第一定位器106可視情況包含其它光學構件，例如，半波板704，插設在該第一單軸AOD系統700與該第二單軸AOD系統702之間。設備100可以還包含中繼透鏡706(舉例來說，包含第一中繼透鏡(或第一透鏡群)708、第二中繼透鏡(或第二透鏡群)710、以及插設於其間的孔徑712)。設備100可以還包含四分之一波板714，其被排列在第二定位器108的光學「上游」處(舉例來說，如上討論提供)。設備100可以還包含複數個面鏡716，其被設置在射束路徑116中。一般來說，該些面鏡716被排列並且被配置成以任何所希望或有利的�方式將射束路徑116彎折至上面討論的各種構件。

**【0092】** 於上面所述的配置中，該雷射感測器系統(圖7中718所示)被配置成用以量測在第一定位器106與第二定位器108之間的射束路徑116中某一點處所取樣的一部分雷射能量射束的雷射能量。據此，設備100可以進一步包含分光

器720(舉例來說，如圖中所示的部分反射面鏡、分光器方塊、光纖分光器、或是類似物、或是前述的任何組合)，其被排列並且被配置成用以離開中繼模組706(舉例來說，沿著路徑116)的雷射能量射束中的多數光引導(舉例來說，反射)至第二定位器108，同時透射少量的光(舉例來說，2%，或是大約2%)以便沿著路徑722傳播至雷射感測器系統718。

**【0093】** 一般來說，雷射感測器系統718包含光偵測器724，其被配置成用以量測雷射能量。然而，該雷射感測器系統718被排列在第一定位器106的光學下游處，並且由該光偵測器724取得的讀數通常相依於該能量射束入射的位置或角度而改變。因此，該光偵測器724上的人射雷射能量射束的移動會導致讀數誤差，其會造成錯誤的功率控制、系統校正、...等。於一個實施例中，和光偵測器724相關聯的空間與方向敏感性會因在雷射能量射束撞擊該光偵測器724之前擴展及/或擴散(舉例來說，利用一或更多個擴散板、射束擴展器、...等)沿著路徑722傳播的雷射能量射束而下降。於此情況中，已擴散/擴展射束的空間均勻性應該大於跨越該光偵測器724的人射雷射能量射束的移動範圍。於另一實施例中，並且參考圖7，積分球726被用來降低和該光偵測器724相關聯的空間與方向敏感性。如果提供該積分球726的話，便可省略在入射於該光偵測器724之前用於擴展及/或擴散沿著路徑722傳播的雷射能量射束的前述構件(舉例來說，一或更多個擴散板、射束擴展器、...等)。

**【0094】** 一般來說，並且如本技術中所知，積分球726是光學構件，其包含空心球體(或者至少實質上球體)凹腔，其內表面塗佈著擴散反射塗劑。該積分球726包含收集埠728與偵測埠730，並且被排列成使得沿著路徑722傳播的光能夠經由收集埠728進入積分球726的凹腔。入射於該凹腔之內表面上任何點的光會被散射，並且最後在偵測埠730處離開該積分球726，以便入射於光偵測器724。如上面討論般建構，應該明白的是，雷射感測器系統718可被視為配合射束特徵

化工具128所討論的光偵測器402的一個實施例。

**【0095】** 相較於利用一或更多個擴散板、射束擴展器、...等來擴展及/或擴散沿著路徑722傳播的雷射能量射束，當雷射感測器系統718包含積分球726時(舉例來說，如圖7中所示)，和光偵測器724相關聯的空間與方向敏感性會進一步降低。因此，來自光偵測器724的即時能量量測的精確性會改善，因而改善利用光偵測器724產生的量測資料所進行的功率控制、校正、...等。進一步言之，相較於直接光偵測器對準路徑722，光偵測器724亦能夠非常輕易對準積分球726的收集埠730。同樣地，相較於其它機制(例如，擴散板、射束擴展器、...等)，積分球726能夠更容易對準路徑722。

### **K. 工件搬運系統**

**【0096】** 圖1中雖然並未顯示；但是，可以提供工件搬運系統。一般來說，該工件搬運系統會被配置成用以載入要被加工的工件102、於加工後卸載該工件102、或是前述的組合。於工件102為較薄、可撓性物件(亦稱為「網板(web)」，其可以包含布料、紙張、金屬薄片、層疊板、FPC面板、FPC、或是類似物、或是前述的任何組合)的實施例中，該工件搬運系統可被提供成為卷軸式搬運系統，其被配置成用以將該工件102(舉例來說，從軸筒或滾筒處抽出)引導至設備100進行加工以及從設備100處移除已加工的工件102(舉例來說，藉由將該已加工工件102載入至另一軸筒或滾筒上)。參考圖8，被配置成用以搬運網板的工件搬運系統(例如，工件搬運系統800)可被配置成用以將該工件102(舉例來說，從由該工件102形成的解繞材料滾筒802a處抽出)引導至設備100(也就是，設備100的固定裝置804)進行加工。該工件搬運系統800可被配置成用以將已加工的工件102從固定裝置804處移除至由該工件102形成的重繞材料滾筒802b。

**【0097】** 於圖中所示的實施例中，固定裝置804被耦接至設備100的第三定位器110的某一載檯。於此情況中，該第三定位器110被提供成為如上討論的分光

載檯定位系統，並且攜載該固定裝置804的載檯為Y載檯。據此，固定裝置804可沿著Y方向移動，並且一或更多個構件(例如，第二定位器108、掃描透鏡112、或是類似物、或是前述的任何組合)可沿著X方向在該固定裝置804上移動(舉例來說，藉由線性載檯，其被安置於框架、托架、...等之上)。如上面提及，固定裝置804可操作用以施加作用力(舉例來說，機械力、靜電力、真空力、磁力、...等)至工件102，用以將該工件102固定、固持、或是固鎖於其上(舉例來說，在該工件102之加工期間)。據此，固定裝置804可被提供成為如本技術中已知的真空夾盤、靜電夾盤、磁性夾盤、...等。

**【0098】** 工件搬運系統800包含：解繞裝配件808a，其可操作用以將該工件102引導至固定裝置804上(例如，經由設備100的第一埠806a)；以及重繞裝配件808b其可操作用以將已加工工件102從固定裝置804處移除(例如，經由設備100的第二埠806b)。該解繞裝配件808a包含用以支撐解繞滾輪802a的解繞轉軸810a、解繞惰滾輪812a、第一解繞空轉輪814a、解繞跳動裝配件816a、第二解繞空轉輪818a、以及解繞支撐系統820a。同樣地，該重繞裝配件808b包含用以支撐重繞滾筒802b的重繞轉軸810b、重繞惰滾輪812b、第一重繞空轉輪814b、重繞跳動裝配件816b、第二重繞空轉輪818b、以及重繞支撐系統820b。解繞跳動裝配件816a與重繞跳動裝配件816b(每一者於本文中通常被稱為「跳動裝配件816」)可以各自包含跳動滾輪822，其被安置在跳動框架824上。如本技術中所知，「空轉輪」是圓柱形元件，具有開槽表面、穿孔表面、或是有孔表面，其被配置成用以在工件102與該圓柱之間產生高壓氣墊。

**【0099】** 圖中雖然未顯示；不過，該工件搬運系統800亦可包含一或更多個控制器(於本文中統稱且一般稱為「搬運控制器」)，用以控制或是達成控制該工件搬運系統800的操作。於一個實施例中，該搬運控制器被通訊耦接至(舉例來說，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上，例如，USB、RS-232、

乙太網路、Firewire、Wi-Fi、RFID、NFC、藍牙、Li-Fi、SERCOS、MARCO、EtherCAT、或是類似通訊鏈路、或是前述的任何組合)該工件搬運系統之前述構件中的一或更多者(舉例來說，被耦接至解繞轉軸810a、重繞轉軸810b、任何跳動裝配件816的跳動框架824、...等的任何馬達或致動器)，該些構件因而可響應於由該搬運控制器所輸出的一或更多個控制訊號來操作。

**【0100】** 一般來說，該搬運控制器包含一或更多個處理器，其可操作用以在執行指令時產生前面提及的控制訊號。處理器能夠被提供成為可程式化處理器(舉例來說，其包含一或更多個一般用途電腦處理器、微處理器、數位訊號處理器、或是類似物、或是前述的任何組合)，其可操作用以執行該些指令。可由該(些)處理器來執行的指令可以以軟體、韌體、...等來施行，或是以包含以下任何合宜形式的電路系統來施行：可程式化邏輯裝置(PLD)；可場程式化閘極陣列(FPGA)；可場程式化物體陣列(FPOA)；特定應用積體電路(ASIC)，其包含數位電路系統、類比電路系統、以及混合式類比/數位電路系統；或是類似物；或是前述的任何組合。指令的執行能夠在處理器上被實施、分散於多個處理器之間、平行跨越裝置裡面的多個處理器或是跨越由多個裝置所組成的網路；或是類似物；或是前述的任何組合。

**【0101】** 於一個實施例中，該搬運控制器包含有形媒體，例如，電腦記憶體，其可讓該處理器來存取(舉例來說，透過一或更多條有線或無線通訊鏈路)。如本文中的用法，「電腦記憶體」包含：磁性媒體(舉例來說，磁帶、硬碟機、...等)；光碟；揮發性或非揮發性半導體記憶體(舉例來說，RAM、ROM、NAND型快閃記憶體、NOR型快閃記憶體、SONOS記憶體、...等)；...等，並且可以區域性存取、遠端存取(舉例來說，跨越一網路)、或是前述的組合。一般來說，該些指令可以以本文中所提供的描述符(舉例來說，以C、C++、Visual Basic、Java、Python、Tel、Perl、Scheme、Ruby、組合語言、硬體描述語言(舉例來說，VHDL、

VERILOG、...等)、...等所撰寫)被儲存成為能夠由技師輕易創造的電腦軟體(舉例來說,可執行的編碼、檔案、指令、...等;程式庫檔案、...等)。電腦軟體經常被儲存在由電腦記憶體所傳達的一或更多個資料結構中。

**【0102】** 於圖中所示的實施例中,在經由第一埠806a被引導至固定裝置804(舉例來說,使得在該固定裝置804上方的一部份工件102能夠被設備100加工)之前,工件102先從解繞材料滾筒802a處被解繞並且接著送往解繞空轉滾輪812a上方、第一解繞空轉輪814a上方、解繞跳動裝配件816a的跳動滾輪822下方、以及第二解繞空轉輪818a上方。工件102會從該固定裝置804處被引導通過第二埠806b並且在最後被捲繞於重繞轉軸810b上方(舉例來說,因而形成重繞材料滾筒802b)之前先被送往第二重繞空轉輪818b上方,接著被送往重繞跳動裝配件816b的跳動滾輪822下方、接著第一重繞空轉輪814b上方、並且送往重繞空轉滾輪812b上方。一開始,工件102被手動送往各種前述滾筒和空轉輪上方及下方(舉例來說,從解繞轉軸810a、固定裝置804上方、以及重繞轉軸810b之上,如上面討論),以便被安裝於工件搬運系統800之中。

**【0103】** 解繞轉軸810a及重繞轉軸810b中的每一者被耦接至一或更多個馬達或其它致動器(未顯示,分別被排列在第一支撐系統820a與第二支撐系統820b之中)並且被該些一或更多個馬達或其它致動器驅動(也就是,旋轉)。因此,於初始安裝後,工件102會在固定裝置804上方移位或是移動,以協調的方式旋轉解繞轉軸810a及重繞轉軸810b(每一者於本文中一般稱為「轉軸810」)。舉例來說,如圖8中所示,工件102會藉由以順時鐘方向旋轉解繞轉軸810a及重繞轉軸810b而被移動至右邊。同樣地,工件102會藉由以逆時鐘方向旋轉解繞轉軸810a及重繞轉軸810b而被移動至左邊。

**【0104】** 解繞支撐系統820a可以包含被耦接至解繞轉軸810a的一馬達或其它致動器,俾便沿著其縱軸(也就是,沿著X軸,垂直於圖中所示的Y軸與Z軸)

來移動該解繞轉軸810a，用以沿著該解繞跳動裝配件816a的跳動滾輪822的長度調整或保持工件102之所希望的軸線位置並且進入第一埠806a。同樣地，重繞支撐系統820b可以包含被耦接至重繞轉軸810b的馬達或其它致動器，俾便沿著其縱軸(也就是，沿著X軸)來移動該重繞跳動裝配件816b的跳動滾輪822，用以調整或保持離開第二埠806b的工件102之所希望的軸線位置。

**【0105】** 解繞空轉滾輪812a被安置在軸線上，該軸線由解繞支撐系統820a支撐。同樣地，重繞空轉滾輪812b被安置在軸線上，該軸線係由重繞支撐系統820b支撐。每一條軸線的位置皆可被調整(例如，手動)，但是該位置在該工件搬運系統800的操作期間通常為固定。不同於解繞轉軸810a及重繞轉軸810b，解繞空轉滾輪812a及重繞空轉滾輪812b係所謂的「無驅動」滾筒(也就是，當工件102繞過該些空轉滾輪時，該些空轉滾輪係在其個別軸線上旋轉，如本技術中已知)。

**【0106】** 第一解繞空轉輪814a及第二解繞空轉輪818a被安置於第一支撐系統820a。同樣地，第一重繞空轉輪814b及第二重繞空轉輪818b被安置於第一支撐系統820b。每一個空轉輪的位置皆可被調整(舉例來說，手動)，但是在該工件搬運系統800的操作期間通常為固定。不同於空轉滾輪，每一個空轉輪係被安置於一個別的支撐系統，俾便旋轉上為固定(舉例來說，使得該空轉輪不旋轉)。在該工件搬運系統800的操作期間，高壓氣體(舉例來說，從壓縮機或其它來源處提供，該壓縮機或其它來源被排列在支撐系統裡面並且和每一個空轉輪進行流體交換)會被送至每一個空轉輪之中，以便在該空轉輪與工件102之間產生氣墊(舉例來說，使得當工件102繞過該空轉輪時，該工件不會接觸該空轉輪)。

**【0107】** 在第一跳動裝配件816a與第二跳動裝配件816b中的每一者裡面，跳動滾輪822被耦接至一個別的跳動框架824，俾使得該跳動滾輪822可繞著其縱軸旋轉(舉例來說，可繞著X軸旋轉，如圖9中所示)，如本技術中已知。如圖9中所示，每一個跳動裝配件816還包含一組彈壓機制900，它們之中的每一者將跳動

滾輪822的末端連接至跳動框架824。一般來說，在操作期間，工件102在+Z方向中(舉例來說，往上的方向，如圖9中所示)施加作用力於該跳動滾輪822上。因此，彈壓機制900被配置成用以在-Z方向中(舉例來說，往下的方向，如圖9中所示)施加反向作用力於該跳動滾輪822上。據此，彈壓機制900可被提供成為氣動式圓柱、彈簧式單一作動圓柱、或是類似物、或是前述的任何組合。於一個實施例中，彈壓機制900被配置成用以施加恆定(或者至少實質上恆定)作用力於該跳動滾輪822上。

**【0108】** 繼續參考圖9，每一個跳動裝配件816還包含距離感測器902(舉例來說，被安置於跳動框架824，在跳動滾輪822底下)，其被配置成用以量測和被送至一相關聯跳動滾輪822底下的一部分工件102的相隔距離並且產生代表所量測距離的感測器資料。該感測器資料會從該距離感測器902處被輸出至(舉例來說，當作一或更多個感測器訊號)控制器(舉例來說，搬運控制器)，該感測器資料會於該控制器被用來控制解繞轉軸810a及重繞轉軸810b旋轉的方式(舉例來說，針對方向、速度、數額、或是類似物、或是前述的任何組合)。

**【0109】** 每一個跳動裝配件816的跳動框架824被耦接至一或更多個馬達或其它致動器(未顯示，分別被排列在第一支撐系統820a與第二支撐系統820b之中)並且被該些一或更多個馬達或其它致動器驅動(也就是，沿著Z軸平移或轉移)。因此，如下文的更詳細討論，每一個跳動裝配件816的跳動框架824沿著Z軸的移動會配合固定裝置804沿著Y方向的移動。

**【0110】** 如上面示範性說明的建構，現在將說明工件搬運系統800的操作。在被設備100加工之前，工件102先被安裝於該工件搬運系統800之中(例如，如上面討論)。接著，解繞轉軸810a及重繞轉軸810b可被驅動(例如，順時鐘方向旋轉)，以便推進要在固定裝置804上方被加工的一部分工件102。被定位在固定裝置804上方的該部分工件102於本文中亦稱為「工件102的被載入部分」。當該工件102正

在被推進時，該些跳動裝配件816中的其中一者或每一者的距離感測器902所輸出的感測器訊號會被用來(例如，在搬運控制器處)控制該解繞轉軸810a及該重繞轉軸810b如何旋轉。舉例來說，如果該感測器訊號表示介於該距離感測器902和被送往相關聯的(例如，第一跳動裝配件816a的)跳動滾輪822下方的工件102之間的距離小於預設臨界距離範圍的話，那麼，搬運控制器便會控制馬達或致動器的操作，用以降低轉軸(例如，解繞轉軸810a)旋轉的速率。如果該感測器訊號表示介於該距離感測器902和被送往相關聯的(例如，第一跳動裝配件816a的)跳動滾輪822下方的工件102之間的距離大於預設臨界距離範圍的話，那麼，搬運控制器便會控制馬達或致動器的操作，用以提高轉軸(例如，解繞轉軸810a)旋轉的速率。在降低或提高轉軸旋轉的速率時，介於該距離感測器902和正被送往相關聯的跳動滾輪822下方的一部分工件102之間的距離會保持在該預設臨界距離裡面。

**【0111】** 在所希望的工件102部分於該固定裝置上方被推進之後，該固定裝置804會被操作(例如，響應於由控制器114所輸出的控制訊號)用以施加作用力(舉例來說，機械力、靜電力、真空力、磁力、...等)至工件102的被載入部分，用以將工件102的被載入部分固定、固持、或是固鎖於該處。在設備100對工件102的被載入部分進行加工期間，固定裝置804會沿著Y軸來回移動(例如，因為設備100的Y載檯移動)。一旦被固鎖至該固定裝置804，工件102的被載入部分便同樣會沿著Y軸移動。一般來說，支撐該固定裝置804的Y載檯沿著Y軸的移動(且因此，工件102移動)的特徵為加速度明顯大於轉軸810的角加速度。

**【0112】** 為消弭或降低因支撐該固定裝置804的Y載檯與該些轉軸810之間的加速度能力差異所導致的工件102中的抖動、褶皺、或是斷裂，該些跳動裝配件816會被驅動俾便配合該固定裝置804沿著Y軸的移動而上升或下降(例如，沿著Z軸)。舉例來說，如果支撐該固定裝置804的Y載檯沿著Y軸以速度「 $v$ 」、距離「 $d$ 」移動至左邊的話；那麼，第一跳動裝配件816a便會沿著Z軸以一半的速度

及距離(也就是，速度 $v/2$ 、距離 $d/2$ )向下移動，而第二跳動裝配件816b則會沿著Z軸以一半的速度及距離(也就是，速度 $v/2$ 、距離 $d/2$ )向上移動。同樣地，如果支撐該固定裝置804的Y載檯沿著Y軸以速度「 $v$ 」、距離「 $d$ 」移動至右邊的話；那麼，第一跳動裝配件816a便會沿著Z軸以一半的速度及距離(也就是，速度 $v/2$ 、距離 $d/2$ )向上移動，而第二跳動裝配件816b則會沿著Z軸以一半的速度及距離(也就是，速度 $v/2$ 、距離 $d/2$ )向下移動。一般來說，該些跳動裝配件816被驅動的加速度密切匹配該Y載檯被驅動的加速度。藉由如上述般上升及下降該些跳動裝配件816，即使工件102的被載入部分因該固定裝置804而沿著Y軸移動，介於解繞材料滾筒802a與第一解繞空轉輪814a之間的一部分工件102(以及介於重繞材料滾筒802b與第一重繞空轉輪814b之間的一部分工件102)仍能夠保持靜止(或者至少實質上靜止)。

**【0113】** 為達成該些跳動裝配件816以及支撐該固定裝置804的Y載檯的協調移動，設備100可以包含編碼器(圖中未顯示)，其在操作上被耦接至該Y載檯並且被配置成用以產生代表諸如下面資料(於本文中亦稱為「編碼器資料」)的編碼器訊號：Y載檯的位置、Y載檯移動的方向、Y載檯移動的速度、或是類似物、或是前述的任何組合，如本技術中已知。該編碼器可被通訊耦接至(例如，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上)搬運控制器，且因此能夠傳送編碼器資料方向至該搬運控制器。或者，該編碼器可被通訊耦接至(例如，在一或更多條有線或無線、串聯或並聯的通訊鏈路上)控制器114，該控制器114接著被通訊耦接至該搬運控制器。於此替代實施例中，該搬運控制器可從控制器114處接收編碼器資料，而控制器114則從該編碼器處接收編碼器資料。在接收該編碼器資料時，該搬運控制器會產生並且輸出一或更多個控制訊號以便如上面討論般移動該些跳動裝配件816。

**【0114】** 在該編碼器輸出編碼器訊號的時間以及該些跳動裝配件816響應

於Y載檯移動而上升或下降的時間之間必定有延遲。該延遲通常為數毫秒的大小。每一個跳動裝配件816的彈壓機制900恆定施加作用力於跳動滾輪822上，因而作動解決該延遲，以便在該些跳動裝配件816響應於Y載檯移動而上升或下降之前保持工件102於所希望的張力狀態。

**【0115】** 如上面示範性討論的建構，工件搬運系統800被調適成用以搬運單一工件102(舉例來說，將工件102引導至設備100，以及將工件102從設備100處移開)。然而，於其它實施例中，工件搬運系統能夠被配置成用以搬運多個工件。舉例來說，該工件搬運系統800會被修正成用以搬運兩個工件。為能夠搬運兩個工件，該些跳動裝配件816中的每一者能夠以一跳動裝配件取代，例如，圖10中所示的跳動裝配件1000。參考圖10，該跳動裝配件1000包含兩個跳動滾輪(也就是，第一跳動滾輪822a和第二跳動滾輪822b，每一者通稱為「跳動滾輪822」)，每一跳動滾輪係以和上面針對圖8與9的討論相同的方式(舉例來說，藉由一組彈壓機制900)被安置於跳動框架824。該跳動裝配件1000可以還包含一距離感測器902，其被排列並且被配置成用以量測和被送至相關聯的跳動滾輪822底下的一部分工件的相隔距離(例如，利用與上面針對圖9的討論相同的方式)。

**【0116】** 進一步言之，為能夠搬運兩個工件，解繞裝配件808a與重繞裝配件808b中的每一者會被修正成包含兩個轉軸以及兩個空轉滾輪。舉例來說，並且參考圖11與12，解繞裝配件808a會被修正成解繞裝配件1100a。如圖示，除了解繞裝配件808a之前述構件之外，該解繞裝配件1100a還包含用以支撐額外解繞滾輪1104a的解繞轉軸1102a以及解繞惰滾輪1106a。如同上面針對圖8的討論，解繞支撐系統820a可以包含一或更多個馬達或其它致動器，以便以針對解繞轉軸810a所述的方式(和該解繞轉軸810a無關)來移動解繞轉軸1102a。圖中雖然未顯示；不過，重繞裝配件808b亦能夠以如同上面針對圖11與12所討論的方式被修正成包含額外的重繞轉軸以及額外的重繞惰滾輪。

【0117】 參考圖12與13，如上面針對圖10至12之討論般修正後的工件搬運系統800因而能夠搬運兩個工件，舉例來說，第一工件102a以及第二工件102b，每一者皆通稱為「工件102」。如上述之建構，於該經修正的解繞裝配件1100a內，該第一工件102a與該第二工件102b被送至不同的惰滾輪上方以及同一個跳動裝配件的不同跳動滾輪底下；但是，該第一工件102a與該第二工件102b每一個者係被送至共同的空轉輪上方。第一工件102a與第二工件102b同樣被送至重繞裝配件808b的各種構件上方與下方，如上述般修正。相依於第一工件102a與第二工件102b的材料滾筒的直徑，該第一工件102a可以以和該第二工件102b不同的速度在相關聯的轉軸和惰滾輪之間移動。同樣地，相依於第一跳動滾輪822a與第二跳動滾輪822b附近的第一工件102a與第二工件102b中的張力差異，在一共同的跳動裝配件1000裡面，該第一跳動滾輪822a可以和該第二跳動滾輪822b不同的方式上升或下降。

### III.關於量測資料的實施例

【0118】 已產生的量測資料(例如，如上面討論)會經過處理(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置、或是前述的任何組合處自動處理)用以預測、推導、辨別、或是取得該雷射能量射束的一或更多個空間特徵、該雷射能量射束的一或更多個能量特徵、或是類似物、或是前述的任何組合。

【0119】 能夠被量測的的空間特徵的範例包含空間能量分布、空間相位分布、空間偏振分布、光點尺寸、光點形狀、光點配向、光點質心、光點品質(例如，以 $M^2$ 參數來表示，如本技術中已知)、或是類似特徵、或是前述的任何組合。光點形狀可利用任何已知或合宜的技術(例如，用於計算圓形度(circularity)、真圓度(roundness)、...等的任何已知技術)來量測、計算、預測、或是決定。舉例來說，圓形度可以根據下面公式來決定：

$$C = \frac{4\pi A}{P^2}$$

其中， $C$ 為雷射能量射束所照射的光點的圓形度， $A$ 為光點的面積，以及 $P$ 為光點面積的周長。

**【0120】** 能量特徵的範例包含光點通量、脈衝能量(也就是，當雷射能量射束包含一或更多個雷射能量脈衝時)、平均功率、尖峰功率、或是類似特徵、或是前述的任何組合。於某些實施例中，可以利用代表前述特徵(例如，脈衝能量(也就是，當雷射能量射束包含一或更多個雷射能量脈衝時)、平均功率、尖峰功率、...等、或是類似特徵、或是前述的任何組合)中一或更多者的資料來幫助決定一能量特徵，例如，光點通量。亦可以利用代表一或更多項其它特徵(例如，脈衝時間持續長度或脈衝重複率(也就是，當雷射能量射束包含一或更多個雷射能量脈衝時)、...等)的資料來幫助決定一或更多個能量特徵。如果所產生的並非量測資料的話，此資料可被輸入至控制器114(例如，透過使用者介面120、通訊模組122、...等)，或者可由控制器114、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合來存取。

**【0121】** 量測資料能夠以下面方式產生：週期性、連續性(例如，在一段時間週期中)、在一事件發生之前或之後、或是前述的任何組合。能夠觸發量測資料生成的事件範例包含：開始一工件102的加工、結束一或更多個工件102的加工、操作該設備100一段預設時間、操作該雷射源104一段預設時間、或是類似事件、或是前述的任何組合。能夠觸發量測資料生成的事件的另一範例包含收到用以量測一或更多個射束特徵的指令(例如，透過使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合所輸入)。

**【0122】** 一般來說，雷射能量射束的任何空間特徵皆能夠在產生量測資料時取得(例如，如上面討論)。一旦取得，代表一或更多個空間或能量特徵的資料(本文中通稱為「光點資料」)便會被解譯、操控、輸入至演算法或是以其它方式來處理(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前

述的任何組合處以自動方式處理)，以便支援一或更多項操作。這些操作的範例實施例在下面標題為「適應性處理」、「處理控制」、以及「通知」的段落中有更詳細說明。

#### A. 適應性處理

**【0123】** 從量測資料處取得之代表空間特徵的光點資料能夠經過處理用以判斷其是否超出相關聯的臨界加工公差。於一個實施例中，判斷從量測資料處取得的特殊空間特徵是否超出相關聯的臨界加工公差會涉及比較該特殊空間特徵的數值(也就是，「已量測數值」)以及該特殊空間特徵的基準數值。如本文中用法，「公差」一詞是指特殊空間特徵之基準數值的可接受變異量。

**【0124】** 於一個實施例中，如果該已量測數值大於或小於特殊空間特徵之基準數值的話，該特殊空間特徵便超出相關聯的臨界加工公差。於另一實施例中，如果特殊空間特徵之已量測數值大於(或小於)該基準數值臨界數額的話，該已量測數值便超出該特殊空間特徵的臨界加工公差。當判斷一空間特徵超出臨界加工公差時，設備100的一或更多個構件的操作便可能受到控制(例如，由控制器114、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合以自動方式控制)，以便調整該雷射能量射束的一或更多項特徵、調整加工軌線、或是類似物、或是前述的任何組合。這些響應的範例實施例在下文有更詳細說明。

**【0125】** 該基準數值(或臨界數額)能夠為任意值，或者能夠對應於：加工被進行時所使用之特殊空間特徵的數值(或數值範圍)、加工要產出可接受之總處理量時所使用之特殊空間特徵的數值(或數值範圍)、加工要產出可接受之品質時所使用之特殊空間特徵的數值(或數值範圍)、或是類似物、或是前述的任何組合。於一個實施例中，該臨界數額能夠透過使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合以手動設定(舉例來說，由設備100的使用者或其它操作員、負責開發用以加工工件102之製程或配方的應用工程師或技術人員、或是類

似人員、或是前述的任何組合)。於另一實施例中，該臨界數額能夠(至少部分)以下面為基礎來推導(舉例來說，在控制器114處、在遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)：正在操作的雷射源104的時間數額、正在操作的設備100的時間數額、掃描透鏡112(或是設備100之任何其它光學構件)被清洗或置換之後已經過的時間數額、或是類似物、或是前述的任何組合。

#### **i.空間特徵之改正**

**【0126】** 當判斷空間特徵之已量測數值超出該特殊空間特徵的臨界加工公差時，一或更多個控制訊號會被產生並且(舉例來說，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、VOA、射束尺寸調整機制、射束形狀調整機制、...等所組成之群中的至少其中一者，以便以將該空間特徵帶回到公差之中的方式來調整此些構件中一或更多者的操作。將超出公差的空間特徵帶回到公差之中於本文中稱為「改正」該超出公差空間特徵。

**【0127】** 舉例來說，如果判斷光點尺寸大於參考光點尺寸(或是大於參考光點尺寸一臨界數額)的話，那麼，該一或更多個控制訊號便會被產生並且(舉例來說，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、射束尺寸調整機制、...等所組成之群中的至少其中一者，以便以縮減光點尺寸至等於參考光點尺寸(或是縮減光點尺寸至大於參考光點尺寸的數額小於臨界數額)的方式來調整此些構件中一或更多者的操作，因而將該已量測光點尺寸帶回到公差之中。

**【0128】** 於另一範例中，如果判斷光點形狀的圓形度小於參考圓形度(或是小於參考圓形度一臨界數額)的話，那麼，該一或更多個控制訊號便會被產生

並且(例如，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、射束尺寸調整機制、射束形狀調整機制、...等所組成之群中的至少其中一者，以便以提高光點形狀圓形度至等於參考圓形度(或是提高光點形狀圓形度至小於參考圓形度的數額小於臨界數額)的方式來調整這些構件中一或更多者的操作，因而將該已量測圓形度帶回到公差之中。

## ii.空間特徵之補償

**【0129】** 當判斷空間特徵之數值超出該特殊空間特徵的臨界加工公差時，可以進行另一判斷(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)，判斷對應能量特徵之數值是否超出該能量特徵的臨界加工公差。當判斷該能量特徵之數值超出該能量特徵的臨界加工公差時，一或更多個控制訊號會被產生並且(例如，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由雷射源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、VOA、射束尺寸調整機制、射束形狀調整機制、...等所組成之群中的至少其中一者，以便以將該能量特徵的數值帶回到公差之中的方式來調整這些構件中一或更多者的操作。將超出公差的能量特徵帶回到公差之中於本文中稱為「補償」該超出公差空間特徵。於此情況中，該空間特徵未必如上面討論般「被改正」，但是，前述構件中的一或更多者的操作可視情況被控制，用以降低該空間特徵超出其個別臨界加工公差的程度。

**【0130】** 舉例來說，如果判斷光點尺寸大於參考光點尺寸(或是大於參考光點尺寸一臨界數額)導致該光點處的通量小於參考通量數值的話，那麼，一或更多個控制訊號便會被產生並且(例如，從控制器114處、從遠端系統126處、或

是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由雷射源104、第一定位器106、第二定位器108、VOA、...等所組成之群中的至少其中一者，以便提高被傳遞至工件102的雷射能量射束的功率或能量內容。於一個施行方式中，雷射源104的操作用以作會被控制用以提高從該處輸出的雷射能量射束的功率或能量內容，因而將該通量帶回到公差之中。雷射源104的操作能夠藉由下面方式來控制：調整被施加至雷射源104(例如，被施加至雷射源104的泵雷射二極體)的電流、調整驅動雷射源104的RF訊號、或是類似方式、或是前述的任何組合。於另一施行方式中，第一定位器106或第二定位器108(例如，當該些定位器中任一者包含AOD系統時)或VOA中一或更多者、或是類似物、或是前述任何組合的操作會被控制用以降低這些構件衰減透射通過的雷射能量射束的程度，因而將該通量帶回到公差之中。視情況，一或更多個控制訊號會被產生並且(例如，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為一可變焦距透鏡時)、射束尺寸調整機制、...等所組成之群中的至少其中一者，以便降低該光點尺寸大於參考光點尺寸的程度。

### iii.軌線調整

【0131】 在判斷空間特徵(例如，光點尺寸、光點形狀、...等)之數值超出該特殊空間特徵的臨界加工公差時，會判斷(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)具有該空間特徵數值的光點(如果沿著一預設軌線被掃描的話)是否會形成具有衍生自所希望尺寸及/或形狀的形狀及/或尺寸的特徵元件。當判斷會形成具有衍生自所希望尺寸及/或形狀的尺寸及/或形狀的特徵元件時，一或更多個控制訊號會被產生並且(例如，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、以及第三定位器110所組成之群中的至

少其中一者，以便以調整該預設軌線使得最終形成的特徵元件具有所希望尺寸及/或形狀的方式來控制這些構件中一或更多者的操作。

**【0132】** 舉例來說(並且假設一所希望的軌線定義一具有所希望直徑的圓形通孔)，如果光點尺寸小於參考光點尺寸(或是小於參考光點尺寸臨界數額)的話，那麼沿著一預設軌線掃描該光點便會形成直徑小於該所希望直徑的圓形通孔。當判斷該光點尺寸會形成一徑小於所希望直徑的圓形通孔時，一或更多個控制訊號會被產生並且(舉例來說，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、以及三定位器110所組成之群中的至少其中一者，以便以調整該預設軌線使得最終形成的圓形通孔具有所希望直徑的方式來控制這些構件中一或更多者的操作。

**【0133】** 於另一範例中(並且仍然假設一所希望的軌線定義一具有所希望直徑的圓形通孔)，如果一光點形狀的圓形度小於參考光點圓形度(或是小於參考光點圓形度一臨界數額)的話，那麼沿著一預設軌線掃描該光點便會形成一橢圓形通孔。當判斷該光點形狀會形成具有橢圓形形狀的通孔而非具有圓形形狀的通孔時，一或更多個控制訊號會被產生並且(舉例來說，從控制器114處、從遠端系統126處、或是類似位置處、或是前述的任何組合)輸出至選擇自由第一定位器106、第二定位器108、以及第三定位器110所組成之群中的至少其中一者，以便以調整該預設軌線使得最終形成的通孔具有所希望的圓形度的方式來控制這些構件中一或更多者的操作。

## B.加工控制

**【0134】** 量測資料、光點資料、或是任何其它資料(例如，代表脈衝時間持續長度或脈衝重複率的資料，當雷射能量射束包含一或更多個雷射能量脈衝時)、實施視覺檢查操作時所產生或取得的資料、或是類似資料、或是前述的任何組合

皆可被儲存。於一個實施例中，此資料可連同代表下面的輔助資訊一起儲存(例如，儲存在資料庫中)：設備100的辨識符(舉例來說，依照序號、型號、...等)、即將(或是已經)由設備100加工的工件102的辨識符(舉例來說，依照整批號(batch number)或分批號(lot number)、序號、型號、...等)、資料被產生或取得的日期及/或時間、或是類似資訊、或是前述的任何組合。此已儲存資料與資訊通稱為「加工控制資料」。該資料庫可以區域性存在(舉例來說，在控制器114的電腦記憶體中，或者可由控制器114存取)、位於設備100遠端(舉例來說，在遠端系統126的電腦記憶體中，或者可由遠端系統126存取)、或是類似位置、或是前述的任何組合。加工控制資料一可以包含從一或更多個下游測試或檢測系統處(舉例來說，自動光學檢測(Automated Optical Inspection, AOI)系統、自動X射線檢測(Automated X-ray Inspection, AOI)系統、電路內測試(In-Circuit Test, ICT)系統、晶圓探測系統、...等)取得或產生的資料，該些下游測試或檢測系統會被由設備100加工之後測試或檢測工件102。

**【0135】** 儲存後，該加工控制資料會被解譯、操控、輸入至一演算法或是以其它方式來處理(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合)，以便支援一或更多項操作。舉例來說，該加工控制資料能夠被處理用以：執行一或更多個已知的統計性加工控制(Statistical Process Control, SPC)方法(例如，以便瞭解和由設備100實施的加工相關聯的極限值、瞭解和工件102的任何規格或是要被形成在工件102中的任何特徵元件相關聯的極限值)；辨識及/或消除加工變異源；監視生產過程；偵測加工變異變化；預估是否需要改正性維護或預防性維護；預估何時(依照時間及/或日期)實施預防性維護；類似操作；或是前述的任何組合。如本文中的用法，「維護」會包含一或更多項作動，例如，測試、量測、零件置換、清洗、以及類似作動。應該明白的係，此些SPC方法可藉由處理該加工控制資料用以產生一或更多個加工控制表來達

成。該加工控制資料亦能夠針對任何其它合宜或所希望目的而被存取(例如，透過使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合)。

**【0136】** 任何SPC方法皆能夠以下面方式執行：週期性、連續性(例如，在一段時間週期中)、在一事件發生之前或之後、或是前述的任何組合。能夠觸發任何SPC方法之執行的事件範例包含：開始一工件102的加工、結束一或更多個工件102的加工、操作該設備100一段預設時間、操作該雷射源104一段預設時間、或是類似事件、或是前述的任何組合。能夠觸發任何SPC方法之執行的事件的另一範例包含收到用以量測一或更多個射束特徵的指令(舉例來說，透過使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合所輸入)。

**【0137】** 於一個實施例中，第一SPC方法會被執行(舉例來說，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合)，以便藉由本技術中已知的任何技術來判斷該加工控制資料是否表示工件102的加工已經產出具有不良品質的一或更多個特徵元件。視情況，如果該第一SPC方法表示工件102的加工產出具有不良品質的一或更多個特徵元件的話，那麼，第二SPC方法便會被執行(舉例來說，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合)，以便藉由本技術中已知的任何技術來判斷任何空間或能量特徵是否顯現異於歷史趨勢的資料或移動。於一個實施例中，如果工件102的加工產出具有不良品質的一或更多個特徵元件的話，該第一SPC方法會產生表示需要改正性或預防性維護的資料。或者，於另一實施例中，表示需要改正性或預防性維護的資料僅可能在該第二SPC方法判斷空間或能量特徵顯現異於歷史趨勢的資料或移動才被產生。

**【0138】** 於一個實施例中，光點資料和其它加工控制資料會被解譯、操控、輸入至一演算法(舉例來說，機器學習演算法)或是以其它方式來處理(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合處以自

動方式處理)，以便以任何所希望或本技術中已知其它合宜方式來：決定會在一個給定加工中造成不可接受特徵元件品質的一或更多個空間或能量特徵的數值；辨識相關空間或能量特徵中的趨勢，以便判斷應該何時實施預防性維護，用以避免不可接受的特徵元件品質；或是類似物；或是前述的任何組合。

**【0139】** 第一SPC方法會被執行(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合)，以便藉由本技術中已知的任何技術來判斷該加工控制資料是否表示工件102的加工已經產出具有不良品質的一或更多個特徵元件。視情況，如果該第一SPC方法表示工件102的加工產出具有不良品質的一或更多個特徵元件的話，那麼，第二SPC方法便會被執行(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合)，以便藉由本技術中已知的任何技術來判斷任何空間或能量特徵是否顯現異於歷史趨勢的資料或移動。於一個實施例中，如果工件102的加工產出具有不良品質的一或更多個特徵元件的話，該第一SPC方法會產生表示需要改正性或預防性維護的資料。或者，於另一實施例中，表示需要改正性或預防性維護的資料僅可能在該第二SPC方法判斷空間或能量特徵顯現異於歷史趨勢的資料或移動才被產生。

### C.通知

**【0140】** 當判斷雷射能量射束的任何空間或能量特徵超出臨界加工公差時，通知資料會被產生(例如，在控制器114處、在遠端系統126處、或是在類似位置處、或是前述的任何組合處以自動方式產生)。通知資料可以：表示該特徵超出公差；表示該超出公差特徵的已量測數值；表示該特徵被判定超出公差的日期及/或時間；辨識具有該超出公差的特徵的設備100(例如，藉由序號、型號、...等)；或是類似資訊；或是前述的任何組合。於一個實施例中，該通知資料會表示(例如，以執行一或更多個SPC方法的結果為基礎)應該對設備100實施改正性

或預防性維護。於該通知資料表示應該實施維護的實施例中，設備100的自動控制會被實施(例如，以上面在標題為「適應性處理」的段落中所討論的任何方式)，或者，設備100的自動控制會被省略。

**【0141】** 產生後，通知資料會以使用者友善的方式透過和使用使用者介面120、遠端系統126、或是類似物、或是前述的任何組合相關聯的輸出裝置以本技術中已知的任何方式被表達或傳達。於通知資料經由遠端系統126被表達或傳達的實施例中，該通知資料會透過文字、電子郵件、推送通知(push notification)、應用程式內訊息(in-app message)、或是類似物、或是前述的任何組合被傳遞給使用者。

**【0142】** 於另一實施例中，控制器114及/或遠端系統126會在取得雷射能量射束的任何空間或能量特徵時產生該通知資料，不論任何此些特徵是否超出公差。於此情況中，該通知資料未必表示該特徵為超出公差。

#### **D. 其它實施例、考量、含意、...等**

**【0143】** 光點品質和尺寸可能在不同的雷射加工設備100中會不同，並且亦可能隨著時間經過而改變(例如，從設備100被安裝的時間至加工開始的時間至大量加工工件102的時間)。此些改變的含意為在時間T1處於第一設備100中開發的一組加工參數可能有一或更多個第一空間或能量特徵C1；但是，客戶則希望在第二設備100、第三設備100、...等之中使用相同的加工參數(所有設備皆包含和第一設備100相同的構件)以及在時間T2處於第一設備100中使用相同的加工參數。第一、第二、第三、以及第四設備100在時間T2處會分別有一或更多個第二空間或能量特徵C2、一或更多個第三空間或能量特徵C3、一或更多個第四空間或能量特徵C4、以及一或更多個第五空間或能量特徵C5。因此，除非一加工被開發成不受此些空間或能量特徵變異的影響，否則，將會降低加工產量。上面討論的實施例會補償可能產生的空間或能量特徵變異，以便維持所希望的總處理量以及加工產量。

【0144】 光點品質和尺寸亦可能隨著時間經過、溫度、光學污染、以及其它外在因素而改變。此些改變的含意為會在時間T1以及一或更多個空間或能量特徵C1處利用一給定設備100在一給定材料上造成給定加工品質的一組加工參數可能會在後續的時間T2以及一或更多個空間或能量特徵C2(不同於C1)處於相同的材料及相同的設備100上造成不同或不足的品質。上面討論的實施例藉由提供達成實施改正性與預防性維護的技術來解決此些變異。

#### V.關於掃描技術的實施例

【0145】 如本文中的用法，「掃描技術」一詞能夠表示加工光點相對於工件102被掃描的方式(例如，於第一掃描範圍內、第二掃描範圍內、第三掃描範圍內、或是類似範圍、或是前述的任何組合)；第一掃描範圍於第二掃描範圍內被掃描的方式；第一或第二掃描範圍中任一者於第三掃描範圍內被掃描的方式；或是類似掃描方式；或是前述的任何組合。一般來說，一掃描技術能夠以諸如下面一或更多個參數為特徵：加工光點要被掃描的加工軌線；方向(也就是，加工光點、第一掃描範圍、第二掃描範圍、或是類似物、或是前述任何組合要被掃描的方向)；掃描速率(也就是，加工光點、第一掃描範圍、第二掃描範圍、或是類似物、或是前述任何組合要被掃描的速度)；或是類似參數；或是前述的任何組合。

#### A.關於共振掃描的實施例

【0146】 如上面提及，被一共振掃描面鏡系統偏折的雷射能量射束的加工光點的位置係以時間為函數正弦改變。因此，如果雷射源104以恆定(或者實質恆定)脈衝重複率輸出一由一系列雷射脈衝組成的雷射能量射束的話，那麼，該共振掃描面鏡系統將會偏折該系列雷射脈衝使得雷射脈衝在不均勻分散於一軸線中的複數個加工光點處被傳遞至工件102(例如，當實施諸如下面的加工時：削切、穿孔、熔焊、切割、標記、光阻曝光、...等)。舉例來說，參見圖14，圖中圖解利用一共振掃描面鏡系統沿著一任意軸線偏折一雷射脈衝射束所取得的不均勻

加工光點排列1400。這使其難以均勻或其它所希望的方式將雷射能量分散至工件102。

**【0147】** 於一實施例中，該正弦掃描會藉由下方式被補償：控制雷射源104的操作用以改變該輸出雷射能量射束中的雷射脈衝的脈衝重複頻率(例如，俾使得脈衝重複頻率變化同步於該共振掃描面鏡系統的正弦振盪)。

**【0148】** 於另一實施例中，該正弦掃描會藉由下方式被補償：提供第一定位器106，其包含AOD系統(例如，如上面討論的任何AOD系統)；以及提供第二定位器108作為該共振掃描面鏡系統。於此實施例中，第二定位器108的共振掃描面鏡系統被排列並且被配置成用以讓射束軸118沿著第一軸線移動；並且第一定位器106包含第一AOD系統，該第一AOD系統被排列並且被配置成用以讓該射束軸118沿著該第一軸線移動。該第一AOD系統接著可在該第二定位器108的操作期間以補償該共振掃描面鏡系統中的振盪面鏡加速度變化的方式(舉例來說，使得雷射脈衝在至少實質上均勻分散於一軸線中的複數個加工光點處被傳遞至工件102)被驅動(舉例來說，當施加一或更多個RF訊號至一或更多個超音波換能器元件時，每一個超音波換能器元件被音頻耦接至AO胞體)。舉例來說，參見圖15，圖中圖解利用第一定位器106的第一AOD系統以及第二定位器108的共振掃描面鏡系統沿著任意軸線偏折雷射脈衝射束所取得的均勻(或者至少實質上均勻)加工光點排列1400。應該明白的係，該第一AOD系統可以任何其它合宜或所希望的方式被驅動，並且未必要被驅動用以補償該共振掃描面鏡系統中的振盪面鏡加速度變化。視情況，第一定位器106會包含第二AOD系統，該第二AOD系統被排列並且被配置成用以讓該射束軸118沿著不同於第一軸線的第二軸線移動。於此情況中，第一軸線可以為X軸，以及第二軸線可以為Y軸。

## B. 幫助特徵元件形成

**【0149】** 一般來說，該第一定位器106能夠被操作用以在下面的情況中沿

著X方向(例如，在+X或-X方向之中)及/或沿著Y方向(例如，在+Y或-Y方向之中)來掃描該加工光點：當第二定位器108沿著X方向(例如，在+X或-X方向之中)掃描該第一掃描範圍時、當第二定位器108沿著Y方向(例如，在+Y或-Y方向之中)掃描該第一掃描範圍時、當第三定位器110沿著X方向(例如，在+X或-X方向之中)掃描該第一及/或第二掃描範圍時、當第三定位器110沿著Y方向(例如，在+Y或-Y方向之中)掃描該第一及/或第二掃描範圍時、或是前述的任何組合。但是，應該明瞭的係，該第一定位器106能夠被操作以在下面的情況中沿著X方向(例如，在+X或-X方向之中)及/或沿著Y方向(例如，在+Y或-Y方向之中)來掃描該加工光點：當第二定位器108沒有在掃描該第一掃描範圍時、當第三定位器110沒有在掃描該第一或第二掃描範圍時、或是前述的任何組合。另外應該明瞭的係，在任何時點處，該加工光點被該第一定位器106掃描的方向(沿著該方向或是在該方向中被該第一定位器106掃描)會和下面的方向相同或是不相同：該第一掃描範圍於該第二掃描範圍裡面被該第二定位器108掃描的方向(沿著該方向或是在該方向中被該第二定位器108掃描)、該第一掃描範圍於該第三掃描範圍裡面被該第三定位器110掃描的方向(沿著該方向或是在該方向中被該第三定位器110掃描)、或是前述的任何組合。

**【0150】** 於某些實施例中，工件102被提供成為PCB面板、PCB、FPC、IC、ICP、半導體裝置、...等。因此，該工件102可以包含一或更多個組成結構，例如：一電氣導體結構，舉例來說，薄膜、金屬薄片、...等，其可以由銅、銅合金、互連線或繞線結構(其包括諸如下面的一或更多種金屬：銅、鈦、氮化鈦、鉍、...等)、或是類似物、或是前述的任何組合所形成；介電結構，舉例來說，累增膜、玻璃強化環氧樹脂層疊板、層間介電材料、低k介電材料、防焊劑、或是類似物、或是前述的任何組合。於某些實施例中，該工件102可以包含介電結構(例如，玻璃強化環氧樹脂層疊板、由聚合物(例如，聚醯亞胺、聚酯、PEN、PET、防焊劑、...

等)所形成的薄膜),其第一側被黏接至第一導體(例如,銅或是銅合金薄片,其可以有已變暗(例如,藉由化學反應、藉由雷射暗化處理、...等)或是沒有變暗的外露表面),並且視情況,在其和該第一側反向的第二側被黏接至第二導體(例如,由銅或是銅合金所形成的觸墊、線路、金屬薄片、...等)。一或更多個特徵元件(舉例來說,一或更多個開口、狹槽、溝槽、盲孔、貫穿通孔、狹槽通孔、...等)可以藉由因燒蝕工件102的一或更多個構件的材料來移除材料而被形成在該一或更多個構件之中或之上(舉例來說,在切割製程期間、在鑽鑿製程期間、在雕刻製程期間、在繞線製程期間、或是在類似製程期間、或是前述的任何組合)。如本文中的用法,「特徵元件區域」係指工件102中要被加工用以形成特徵元件的區域。

**【0151】** 一般來說,除非額外明確敘述,否則,「燒蝕」一詞係表示「直接燒蝕(direct ablation)」、「間接燒蝕(indirect ablation)」、或是前述的任何組合。直接燒蝕工件102之中的材料係發生在當燒蝕的主要成因係因為該材料吸收落在被傳遞雷射能量射束裡面的能量而分解該材料的時候。間接燒蝕(亦稱為「剝離(lift-off)」)工件102之中的材料則係發生在當燒蝕的主要成因係因為吸收落在被傳遞雷射能量射束裡面的能量的相鄰材料中所產生並且傳輸過來的熱能而造成熔融並且蒸發的時候。

**【0152】** 於一個實施例中,該特徵元件可以被形成用以完全或部分延伸貫穿該工件102的一或更多個構件(舉例來說,一或更多個電氣導體結構、一或更多個介電結構、或是類似物、或是前述的任何組合)。於一個實施例中,該電氣導體結構或介電結構會具有落在從 $5\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 的範圍之中的厚度。然而,應該明白的係,一電氣導體結構或是一介電結構亦能夠有小於 $5\mu\text{m}$ 或是大於 $500\mu\text{m}$ 的厚度。因此,一電氣導體結構或介電結構的厚度能夠大於或等於 $1\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $18\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $70\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、

100 $\mu\text{m}$ 、110 $\mu\text{m}$ 、120 $\mu\text{m}$ 、250 $\mu\text{m}$ 、300 $\mu\text{m}$ 、350 $\mu\text{m}$ 、400 $\mu\text{m}$ 、450 $\mu\text{m}$ 、550 $\mu\text{m}$ 、600 $\mu\text{m}$ 、...等，或是介於任何此些數值之間。同樣地，該厚度亦能夠小於550 $\mu\text{m}$ 、450 $\mu\text{m}$ 、400 $\mu\text{m}$ 、350 $\mu\text{m}$ 、300 $\mu\text{m}$ 、250 $\mu\text{m}$ 、120 $\mu\text{m}$ 、110 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ 、80 $\mu\text{m}$ 、70 $\mu\text{m}$ 、50 $\mu\text{m}$ 、40 $\mu\text{m}$ 、35 $\mu\text{m}$ 、25 $\mu\text{m}$ 、20 $\mu\text{m}$ 、18 $\mu\text{m}$ 、15 $\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m}$ 、5 $\mu\text{m}$ 、3 $\mu\text{m}$ 、1 $\mu\text{m}$ 、0.5 $\mu\text{m}$ 、0.1 $\mu\text{m}$ 、...等，或是介於任何此些數值之間。

**【0153】** 一般來說，特徵元件成形可以藉由沿著一定義一或更多個掃描圖樣的加工軌線掃描加工光點來實施(舉例來說，藉由控制該第一定位器106，用以根據落在該第一掃描範圍裡面的一或更多對應掃描圖樣來掃描加工光點)。端視諸如下面的一或更多項因素而定，該特徵元件可以藉由沿著掃描圖樣(亦稱為「特徵元件成形」掃描圖樣)掃描加工光點一次或多次而被形成：要被形成的特徵元件的所希望的深度、在特徵元件成形期間要被移除的(多種)材料、在特徵元件成形期間要被傳遞的雷射脈衝射束的一或更多項參數、或是類似因素、或是前述的任何組合。當加工光點沿著一掃描圖樣被掃描多次時，該加工光點會沿著同一個掃描圖樣被重複掃描(也就是，同一個掃描圖樣會被重複使用)。於另一實施例中，在特徵元件成形期間會使用至少兩個不同的掃描圖樣。如果同一個掃描圖樣被重複使用的話，後面使用的掃描圖樣能夠和前面使用的掃描圖樣的配向有相同的配向(舉例來說，以該特徵元件軸線為基準所量測)或是不同的配向。

#### **i.關於高重複率雷射源的考量**

**【0154】** 如上面提及，該第一定位器106具有落在從8kHz至250MHz的範圍之中的第一定位頻寬。當被提供成為一或更多個AOD系統時，該第一定位器106的定位頻寬會大於、等於、或是小於50kHz、75kHz、80kHz、100kHz、250kHz、500kHz、750kHz、1MHz、5MHz、10MHz、20MHz、40MHz、50MHz、75MHz、100MHz、125MHz、150MHz、175MHz、200MHz、225MHz、250MHz、...等；或是介於任何此些數值之間。AOD系統的相對大定位速率(例如，相較於檢流計

面鏡系統)可以讓雷射源104的有效運用能夠以高脈衝重複率輸出雷射脈衝(例如,脈衝重複率大於或等於150kHz、175kHz、225kHz、250kHz、275kHz、500kHz、800kHz、900kHz、1MHz、1.5MHz、1.8MHz、1.9MHz、2MHz、2.5MHz、3MHz、4MHz、5MHz、10MHz、20MHz、50MHz、60MHz、100MHz、150MHz、200MHz、250MHz、300MHz、350MHz、500MHz、550MHz、600MHz、900MHz、2GHz、10GHz、...等;或是介於任何此些數值之間)。因為和已知檢流計面鏡系統相關聯的相對低定位速率的關係,此些高重複率雷射源通常不適合僅使用檢流計面鏡系統移動射束軸118來加工工件102。設備100的最大可使用定位速率因而係由該雷射源104的第一定位頻寬或脈衝重複率中的較小者來決定。

**【0155】** 在利用高重複率雷射源運作中,獨特雷射脈衝的脈衝能量通常低於由具有相同(或是大約相同)平均功率但是較低脈衝重複率的雷射源所輸出的一獨特雷射脈衝的脈衝能量。經判定,產生具有相對低脈衝能量但是相對高脈衝重複率的雷射脈衝有利於許多雷射加工應用,因為尖峰燒蝕效率(其中,「燒蝕效率」能夠以每單位時間每單位功率中所移除的單位材料體積來定義,也就是,  $\text{mm}^3/\text{s}/\text{W}$ )的最佳通量經常係低於用以最佳化利用具有相對低脈衝重複率的雷射源進行相同雷射加工應用之總處理量與品質的通量。申請人已經判定具有相對低脈衝能量相對高脈衝重複率的雷射脈衝傳遞可以利用標準束腰維度針對許多材料以接近最佳通量來進行加工,因而提高工件102能夠被加工的效率。舉例來說,申請人已經直接觀察到,相較於利用相對低脈衝重複率雷射源(舉例來說,產生脈衝時間持續長度落在10ns至80ns範圍中的相對高脈衝能量雷射脈衝),以相同(或是大約相同)的平均功率,利用高脈衝重複率雷射源(舉例來說,產生脈衝時間持續長度落在10ns至80ns相同範圍中的相對低脈衝能量雷射脈衝)能夠以較高的總處理量在工件(例如,PCB、FPC、...等)中鑽鑿盲孔。進一步言之,申請人已經直接觀察到,即使200kHz處的平均功率比300kHz處的平均功率高出50%,

相較於200kHz的脈衝重複率，在300kHz脈衝重複率處仍有較高的盲孔鑽鑿總處理量。

## ii. 掃描圖樣的範例實施例

【0156】 用於形成特徵元件(例如，通孔或是其它孔洞、開口、凹部、溝渠、...等)的掃描圖樣的範例包含分別如圖16、17、18、以及19中所示的掃描圖樣1600、1700、1800、以及1900，或是類似的掃描圖樣，或是前述的任何組合。一般來說，該掃描圖樣可以類似或描繪一格柵圖樣(例如，如圖16中所示)、星形多邊形或是具有星形形狀的多邊形(例如，如圖17中所示)、螺旋或是一組弧形或圓形(同心排列或是其它排列方式，舉例來說，如圖18中所示)、圓形(例如，如圖19中所示)、一組圓形、或是一或更多個其它形狀(舉例來說，橢圓形、三角形、方形、矩形、或是其它規則或不規則形狀、...等)、或是類似圖樣，或是前述的任何組合。於一個實施例中，可以使用一或更多個掃描圖樣(例如，一或更多個掃描圖樣1600、1700、1800、或是1900、或是前述的任何組合)在形成一特徵元件(例如，一圓形開口、一通孔、...等)期間來移除(例如，藉由直接燒蝕、間接燒蝕、或是前述的任何組合)一或更多個電氣導體結構、一或更多個介電結構、或是類似結構、或是前述的任何組合之中的材料。

【0157】 在圖16至19中，虛線1602代表要由工件102的電氣導體結構或介電結構形成在工作表面102a處的特徵元件(例如，於本範例中為圓形開口或通孔)的所希望的邊界。為達本範例的討論的目的，一旦被形成在該工件102之中，該特徵元件便能夠被特徵化成包含「頂端部分」，其被形成在該工作表面102a並且沿著一軸線延伸至該工件102之中(例如，終止於該工件102裡面，或是完全延伸穿過該工件102)。依此方式終止於該工件102裡面或是出現在該工件102另一側的特徵元件的部分在本文中可被稱為該特徵元件的「底部部分」。

【0158】 圖16至19中圖解之要被形成的特徵元件的邊界1602(於本文中亦

稱為「特徵元件邊界」)雖然為圓形；不過，應該明白的係，該邊界亦可以具有任何合宜或是所希望的形狀(舉例來說，橢圓形、方形、矩形、三角形、六角形、不規則形、或是類似形狀、或是前述的任何組合)。於本文中所討論的實施例中，位在該特徵元件的頂端部分與底部部分處的邊界1602的形狀為相同或是雷同(舉例來說，圓形)。於其它實施例中(舉例來說，藉由直接燒蝕來移除材料，並且在該材料的加工期間掃描多個掃描圖樣)，位在該特徵元件的頂端部分處的邊界1602可以不同於位在該特徵元件的底部部分處的邊界1602的形狀。舉例來說，該特徵元件的頂端部分可以具有一圓形的邊界1602，而該特徵元件的底部部分可以具有一橢圓形、矩形、...等的邊界1602。

**【0159】** 菱形1604表示掃描圖樣裡面的加工光點的位置的中心(每一者通稱為「光點位置」，或是統稱為「光點位置」)。圖中所示的掃描圖樣1600、1700、1800、以及1900雖然具有如圖中所示的多個光點位置1604所組成的特殊排列；不過，應該明白的是，任何掃描圖樣可以包含具有任何合宜或是所希望排列的較多或較少的光點位置。由在掃描圖樣裡面或是沿著共同掃描線所設置的光點位置1604所組成的排列(也就是，其能夠被特徵化成光點位置的數量、光點位置的定位、相鄰光點位置之間間距、或是類似特性、或是前述的任何組合)會相依於諸如下面的因素而改變：在該光點位置處或附近的材料的熱傳導係數、熱擴散係數、比熱容量、光吸收係數、...等；在該特徵元件的形成期間位在該光點位置處或附近的材料的黏性；在該光點位置處或附近的材料的光吸收係數(以被傳遞的雷射能量射束為基礎)；在該光點位置附近存在或不存在任何電氣導體結構或介電結構；在該光點位置附近的任何電氣導體結構或介電結構的幾何配置；光點尺寸；空間強度輪廓的類型與形狀；脈衝時間持續長度；通量；脈衝重複率；掃描速率；要被形成的特徵元件的尺寸與形狀；或是類似因素；或是前述的任何組合。一般來說，沿著特殊掃描圖樣的其中一條掃描線所共同設置的光點位置所組成

的排列能夠相同或是不相同於沿著該特殊掃描圖樣的另一條掃描線所共同設置的光點位置所組成的排列。

**【0160】** 在該些光點位置1604中，光點位置1604a代表要被雷射脈衝照射的掃描圖樣中的第一光點位置；以及光點位置1604b代表要被雷射脈衝照射的掃描圖樣中的最後光點位置。據此，連接該些光點位置1604的實線表示該些光點位置1604被定址的順序(舉例來說，被一或更多道被傳遞雷射脈衝定址)。然而，應該明瞭的是，在掃描圖樣裡面的光點位置1604可以任何其它所希望的順序來定址(從而改變該實線的配置)，並且甚至可以隨機定址。在加工期間的任何時間處，掃描圖樣之中的一點位置1604能夠被特徵化成先前已定址的光點位置(也就是，已被傳遞過雷射脈衝的光點位置)、目前被定址的光點位置(也就是，正在被傳遞雷射脈衝的光點位置)、以及即將被定址的光點位置(也就是，即將被傳遞雷射脈衝的光點位置)。

**【0161】** 於一個實施例中，光點位置1604的排列以及光點位置1604被定址的順序會視情況經過選擇，以便減少或避免在特徵元件成形期間於該工件102裡面發生非所希望的熱累積(例如，其會導致非所希望的碎裂、熔融、蒸發、燒蝕、結晶、退火、碳化、氧化、...等)。於另一實施例中(並且如下面的更詳細說明)，光點位置1604的排列以及光點位置1604被定址的順序會視情況經過選擇，以便影響(舉例來說，減少)最終形成的特徵元件漸細部。於另一實施例中，光點位置1604的排列以及光點位置1604被定址的順序會視情況經過選擇，以便以幫助在工件102上或裡面有效形成一或更多個特徵元件的方式來促進加熱該工件102。

**【0162】** 端視諸如下面的一或更多項因素而定，至少兩道時間上依序的雷射脈衝(舉例來說，2道雷射脈衝、3道雷射脈衝、5道雷射脈衝、8道雷射脈衝、10道雷射脈衝、20道雷射脈衝、...等)可以被傳遞至相同的光點位置1604或是被傳遞至不同的光點位置1604：脈衝重複率、第一定位頻寬、要被掃描的掃描圖

樣、...等。於此情況中，該脈衝重複率通常能夠被特徵化成大於該第一定位頻寬。然而，於另一實施例中，該脈衝重複率亦能夠小於或等於該第一定位頻寬。

**【0163】** 時間上依序的雷射脈衝被傳遞至相同光點位置1604(或是被傳遞至一共同光點位置1604的區域性鄰近位置裡面)的時間週期在本文中被称为和該光點位置1604相關聯的「駐留時間」。為達討論的目的，倘若一雷射脈衝被傳遞至一光點位置1604的 $1\mu\text{m}$ 裡面的話，該雷射脈衝便被視為被傳遞至該光點位置1604的區域性鄰近位置。於一個實施例中，倘若一雷射脈衝被傳遞至一光點位置1604的下面距離裡面的話，該雷射脈衝便被視為被傳遞至該光點位置1604的區域性鄰近位置： $10.0\mu\text{m}$ 、 $8.0\mu\text{m}$ 、 $7.0\mu\text{m}$ 、 $6.0\mu\text{m}$ 、 $5.0\mu\text{m}$ 、 $4.0\mu\text{m}$ 、 $3.5\mu\text{m}$ 、 $3.0\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $0.9\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ 、 $0.75\mu\text{m}$ 、 $0.7\mu\text{m}$ 、 $0.65\mu\text{m}$ 、 $0.6\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.25\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.15\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.08\mu\text{m}$ 、 $0.05\mu\text{m}$ 、 $0.01\mu\text{m}$ 、或是小於 $0.01\mu\text{m}$ 。

**【0164】** 於圖中所示的實施例中，一掃描圖樣能夠被特徵化成包含一或更多系列的依序定址光點位置1604。每一個此些系列的光點位置1604通常會被特徵化成沿著一共同掃描線被設置。一般來說，相較於被設置在不同掃描線中的依序定址光點位置，被設置在一共同掃描線中的依序定址光點位置彼此會比較接近。一掃描線可以為筆直(舉例來說，如圖16或17中所示)、彎曲(舉例來說，如圖18或19中所示)、或是類似形狀、或是前述的任何組合。舉例來說，圖16中所示的掃描圖樣1600包含複數條筆直的平行掃描線，而圖17中所示的掃描圖樣1700則包含彼此傾斜的複數條筆直的掃描線。掃描圖樣1700中的掃描線沿著徑向(或是大體上徑向)延伸自特徵元件邊界1602的中心(或是延伸來自涵蓋特徵元件邊界1602的該中心的中央區域)的多條軸線朝該特徵元件邊界1602延伸。圖18中所示的掃描圖樣1800包含複數條同心排列的弧形掃描線(該些掃描線中的徑向最外側掃描線會沿著所希望的特徵元件邊界1602延伸)。在圖18中所示的光點位置

1604繞著圓形特徵元件邊界1602的中心周狀均勻分散。於另一實施例中，該些光點位置1604可以分散在類似費波納契序列(Fibonacci Sequence)的排列中，其對齊該圓形特徵元件邊界1602的中心。在類似費波納契序列的光點位置1604照射工件102能夠幫助提高分散至該掃描圖樣的外加雷射能量的均勻性。然而，應該明白的是，任何其它合宜或所希望的光點位置1604排列皆能被提供。舉例來說，圖18中所示的光點位置1604同心環中的不同同心環能夠彼此周狀偏移，以便在該掃描圖樣被掃描時提高或調整被施加至該工件的雷射能量分布。圖19所示的掃描圖樣1900包含單一弧形掃描線(舉例來說，沿著所希望的特徵元件邊界1602延伸)。

**【0165】** 至少一個雷射脈衝會被傳遞至每一個光點位置1604。於一個實施例中，多道雷射脈衝會被傳遞至一或更多個光點位置1604(或是被傳遞至共同光點位置1604的區域性鄰近位置裡面)。一般來說，相同數量的雷射脈衝會被傳遞至掃描圖樣中的至少兩個光點位置1604；或者，不同數量的雷射脈衝會被傳遞至掃描圖樣中的至少兩個光點位置1604。

**【0166】** 一般來說，相鄰光點位置1604之間的問題距會被視為大於涵蓋在光點位置1604的區域性鄰近位置裡面的距離。於一個實施例中，掃描圖樣裡面的相鄰光點位置之間的問題距會落在從 $0.1\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的範圍之中。同樣地，沿著共同掃描線被設置的相鄰光點位置1604之間的問題距可以落在從 $0.1\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的範圍之中。因此，相鄰光點位置1604之間的問題距(通常係在該掃描圖樣裡面，或者，沿著一共同掃描線被設置)可以大於或等於 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $3.5\mu\text{m}$ 、 $4.5\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $55\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、...等，或是介於任何此些數值之間；或者，可以小於 $50\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $4.5\mu\text{m}$ 、 $3.5\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.08\mu\text{m}$ 、 $0.05\mu\text{m}$ 、 $0.01\mu\text{m}$ 、...

等，或是介於任何此些數值之間。為達本文中討論的目的，光點位置之間間距為兩個相鄰光點位置的中心之間的距離。兩個光點位置之間如果不存在任何中間光點位置的話，它們便被視為彼此相鄰。

**【0167】** 在相鄰光點位置1604所組成的光點位置對中(通常係在該掃描圖樣裡面，或者，沿著共同掃描線被設置)，它們之間間距能夠為恆定、可變、或是前述的任何組合。於一個實施例中，沿著共同掃描線被設置的相鄰光點位置之間間距會在從其中一道雷射脈衝被傳遞的光點位置處延伸至雷射脈衝接續被傳遞的另一光點位置的方向中遞增或遞減。因此，沿著共同掃描線被設置的相鄰光點位置之間間距在沿著該掃描線移動時能夠為恆定、遞增、遞減、或是前述的任何組合。一般來說，被傳遞的雷射脈衝的光點尺寸以及相鄰光點位置1604所組成的光點位置對之間間距會經過選擇或是被設定成使得由被傳遞至該對相鄰光點位置1604的雷射脈衝照射的光點區域會彼此重疊或是彼此不重疊。

**【0168】** 於一個實施例中，掃描圖樣裡面的掃描線的排列(也就是，其能夠被特徵化成掃描線的數量、掃描線相對於另一掃描線的配向、掃描線相對於邊界1602的配向、掃描線的長度、相鄰掃描線之間間距、...等)並不受限於圖16至19中所示的排列，並且能夠相依於諸如上面參考光點位置1604的排列所述的一或更多項因素而改變。因此，掃描圖樣能夠有奇數條掃描線或是偶數條掃描線。於一個實施例中，掃描圖樣中的掃描線的數量能夠落在從1條至64條的範圍之中。舉例來說，一掃描圖樣中的掃描線的數量大於或等於2條、4條、8條、16條、32條、50條、60條、...等，或者，小於64條、32條、16條、8條、4條、2條。還應該明瞭的係，掃描圖樣亦能夠具有64條以上的掃描線。於一掃描圖樣內，該些掃描線中的至少一部分能夠對稱(或者至少實質上對稱)排列或者不對稱排列。對稱排列的範例包含旋轉對稱排列(也就是， $n$ 摺旋轉對稱，其中， $n$ 為大於1的任何整數，例如，2、3、4、5、6、7、8、9、10、12、15、20、50、...等)以及反射

式對稱排列。

## VI.關於射束特徵調變的實施例

**【0169】** 如上面提及，在工件102的加工期間被傳遞至該工件102的雷射能量射束(不論為連續式或脈衝式)皆能夠被特徵化為一或更多項特徵，例如：波長、平均功率、空間強度輪廓類型、 $M^2$ 係數、空間強度輪廓形狀、光點尺寸、光學強度、通量、...等。當該雷射能量射束包含一或更多道雷射脈衝時，該射束同樣能夠被特徵化為一或更多項特徵，例如：脈衝重複率、脈衝時間持續長度、脈衝能量、尖峰功率、...等。該雷射能量射束(不論為連續式或脈衝式)的所有此些特徵在本文中通稱並且統稱為該雷射能量射束的「特徵」，或者簡稱為「射束特徵」。此些以及其它射束特徵亦可以本技術中已知或是本文中(於本段落或是其它地方)所揭示的任何其它合宜或所希望的方式來改變。應該注意的係，以提供最佳或可接受工件加工的方式被傳遞的雷射能量射束的配置(舉例來說，辨識及選擇特殊的射束特徵組合)需要全面性瞭解形成該工件102的(多種)材料的基本雷射-材料相互作用以及要被實施的雷射加工。利用此知識以及正確的雷射源便能夠開發出用以最佳化加工總處理量及/或品質的雷射加工技術。

**【0170】** 舉例來說，可以藉由控制透鏡致動器、掃描透鏡112(當被提供成為可變焦距透鏡時)、射束尺寸調整機制、或是類似物、或是前述任何組合的操作來調整光點尺寸。

**【0171】** 於另一範例中， $M^2$ 係數以及空間強度輪廓形狀可以藉由依照上面所述方式來操作一或更多個AOD系統(舉例來說，不論被提供成為第一定位器106或是其它構件)而被調整。進一步言之，上面配合操作AOD系統來改變 $M^2$ 係數所討論的技術能夠經過修正用以依照上面討論的方式來調整一雷射脈衝射束的空間強度輪廓類型。舉例來說，要被施加至AOD系統(舉例來說，不論被提供成為第一定位器106或是其它構件)的一或更多個換能器的RF訊號的頻譜能夠被

塑形成具有非高斯頻譜輪廓(舉例來說，矩形或是「高帽形」頻譜輪廓)。當此RF訊號被施加至AOD系統(舉例來說，不論被提供成為第一定位器106或是其它構件)的一或更多個換能器時，離開該AOD系統的雷射脈衝便能夠經過改變而導致產生一具有對應非高斯空間強度輪廓類型(舉例來說，矩形或是「高帽形」空間強度輪廓)的雷射脈衝。於一個實施例中，該經頻譜塑形的RF訊號不會被啣啾。於另一實施例中，該經頻譜塑形的RF訊號可以被啣啾。因此，端視AOD系統被驅動(也就是，響應於一或更多個外加RF訊號)的方式而定，離開該AOD系統的雷射脈衝和入射雷射脈衝會有不同的一或更多項特徵，例如， $M^2$ 係數、空間強度輪廓類型、空間強度輪廓形狀、以及光點尺寸。

**【0172】** 於另一範例中，藉由改變雷射源104的操作能夠調整脈衝時間持續長度、脈衝重複率、或是前述的任何組合。於此範例中，該雷射源104能夠被提供成為能夠產生並且輸出具有可變脈衝時間持續長度及/或可變脈衝重複率的雷射脈衝的任何合宜脈衝式雷射源(舉例來說，本技術中已知的前述PYROFLEX及QUASAR雷射便擁有此些能力)。如果雷射源104包含QCW或CW雷射源的話，該雷射源104可以進一步包含脈衝閘控單元(舉例來說，聲光(AO)調變器(AOM)、射束斬波器、...等)，用以在時間上調變從該QCW或CW雷射源處所輸出的雷射輻射射束。於第一定位器106包含AOD系統的實施例中，該AOD系統可以任何合宜或已知方式被操作，用以充當脈衝閘控單元。

**【0173】** 於另一範例中，脈衝能量能夠藉由下面方式被調整：改變雷射源104的操作、控制VOA的操作、或是類似方式、或是前述的任何組合。於第一定位器106包含AOD系統的實施例中，該AOD系統可以任何合宜或已知方式被操作，用以改變透射通過該AO胞體的雷射能量射束的衰減程度。

**【0174】** 被傳遞至共同光點位置(或是被傳遞至共同光點位置的鄰近位置裡面)的雷射脈衝的射束特徵可以相同或不相同。舉例來說，被傳遞至特殊光點

位置或是其鄰近位置裡面的第一雷射脈衝(或是依序被傳遞至特殊光點位置或是其鄰近位置裡面的第一組雷射脈衝)的一或更多項特徵(例如, 光點尺寸、脈衝能量、脈衝時間持續長度、脈衝重複率、...等)可以相同或不同於被傳遞至該特殊光點位置或是其鄰近位置裡面的第二雷射脈衝(或是依序被傳遞至該特殊光點位置或是其鄰近位置裡面的第二組雷射脈衝)的對應特徵。同樣地, 被傳遞至共同掃描圖樣之不同光點位置的依序傳遞的雷射脈衝的射束特徵可以相同或不相同。因此, 被傳遞至工件102的雷射能量射束的一或更多個(或是全部)射束特徵在工件102的加工期間可以保持恆定(或者至少實質上恆定)、可以被調變(舉例來說, 俾便實質上不恆定)、或是前述的任何組合。下面說明在特徵元件加工期間一或更多個射束特徵會被調變的範例實施例。

#### **i. 多層式工件中的特徵元件成形**

**【0175】** 具有多層式構造的工件能夠被加工用以形成延伸穿過該工件之多層的一或更多個特徵元件。於其中一實施例中, 多層式工件102可以經過加工, 用以形成一至少部分延伸穿過該多層式工件102中兩個不同層的特徵元件(例如, 開口、狹槽、通孔、或是其它孔洞、溝槽、溝渠、切割線、刻口、下凹區、...等)。該多層式工件102中的該些不同層可以由不同材料所形成、具有不同的光學吸收特徵(舉例來說, 以被傳遞的雷射能量射束為基準)、或是類似特性、或是前述的任何組合。據此, 特徵元件可以藉由利用被特徵化為第一組射束特徵之被傳遞的雷射能量射束來燒蝕該工件102的第一層而被形成在該多層式工件102之中, 舉例來說, 以便露出該工件102的第二層。而後, 該工件102的該第二層可以利用被特徵化為第二組射束特徵之被傳遞的雷射能量射束而被燒蝕, 該第二組射束特徵不同於該第一組射束特徵(舉例來說, 波長、平均功率、空間強度輪廓類型、 $M^2$ 係數、空間強度輪廓形狀、光點尺寸、光學強度、通量、脈衝重複率、脈衝時間持續長度、尖峰功率、或是類似特徵、或是前述的任何組合)。該第二組射束

特徵中的任何特徵可以和該第一組射束特徵中的一對應特徵相同，只要至少其中一項特徵大於、小於、或是不同於該第一組射束特徵中的一對應特徵即可。

**【0176】** 舉例來說，多層式工件102可以被提供成為PCB面板、PCB、FPC面板、FPC、...等，其包含介電結構(舉例來說，玻璃強化環氧樹脂層疊板、由聚合物(例如，聚醯亞胺、聚酯、PEN、PET、防焊劑、...等所形成的薄膜)，在其之第一側被黏接至第一導體(例如，銅或是銅合金薄片，其可以有已變暗(例如，藉由化學反應、藉由雷射暗化處理、...等)或是沒有變暗的外露表面)，並且視情況，在其和該第一側反向的第二側被黏接至第二導體(舉例來說，由銅或是銅合金所形成的觸墊、線路、金屬薄片、...等)。該多層式工件102可以經過加工用以形成完全延伸穿過該第一導體並且至少部分穿過該介電結構的通孔。該通孔可以終止於該第二導體(於此情況中，該通孔為盲孔)，或是可以完全延伸穿過該第二導體(於此情況中，該通孔可以為貫穿通孔)。

**【0177】** 於上面給定的範例中，被特徵化為第一組射束特徵的雷射能量射束可以在第一加工步驟中被傳遞至該第一導體(舉例來說，並且視情況，根據上面示範性說明的掃描技術被掃描)，用以直接或間接燒蝕該第一導體，以便形成露出該介電結構的開口。而後，在第二加工步驟中，被特徵化為第二組射束特徵的雷射能量射束可以經由該開口被傳遞至該介電結構(舉例來說，並且視情況，根據上面示範性說明的掃描技術被掃描)，用以直接燒蝕該介電結構，以便形成延伸至該介電結構之中的孔洞。

**【0178】** 於一個實施例中，該些第一組射束特徵與第二組射束特徵可以有相同的波長(舉例來說，該被傳遞的雷射能量射束可以具有落在電磁頻譜的UV、可見光、或是IR範圍之中的波長)；但是，可以有不同的通量、光學強度、或是類似特徵、或是前述的任何組合。舉例來說，在第一加工步驟期間的通量可以大於第二加工步驟期間的通量。在該些第一加工步驟與第二加工步驟之間，該通量

可以藉由下面方式來調整：減低該被傳遞的雷射脈衝射束的脈衝能量、增加該被傳遞的雷射脈衝射束的光點尺寸、或是類似的方式、或是前述的任何組合。舉例來說，在第二加工步驟期間被傳遞的雷射脈衝射束的光點尺寸(也就是，「第二光點尺寸」)會相對於在第一加工步驟期間被傳遞的雷射脈衝射束的光點尺寸(也就是，「第一光點尺寸」)被增加，以便降低該加工光點處的通量(舉例來說，降低至形成該些第一導體與第二導體的材料能夠被直接燒蝕的臨界通量之下)，而沒有降低平均功率。因此，用以於該介電結構之中形成該孔洞所需要的脈衝數量能夠保持相對低的數量並且能夠避免破壞鄰近的導體結構。於某些實施例中，該第一光點尺寸可以落在從 $2\mu\text{m}$ (或是大約 $2\mu\text{m}$ )至 $35\mu\text{m}$ (或是大約 $35\mu\text{m}$ )的範圍之中；而大於該第一光點尺寸的第二光點尺寸可以落在從 $40\mu\text{m}$ (或是大約 $40\mu\text{m}$ )至 $150\mu\text{m}$ (或是大約 $150\mu\text{m}$ )的範圍之中。舉例來說，該第一光點尺寸可以等於(或是大約等於) $2\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $7\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、...等，或是介於任何此些數值之間；以及該第二光點尺寸可以等於(或是大約等於) $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $125\mu\text{m}$ 、 $140\mu\text{m}$ 、 $155\mu\text{m}$ 、...等。

**【0179】** 於另一實施例中，該些第一組射束特徵與第二組射束特徵可以有相同的波長(舉例來說，該被傳遞的雷射能量射束可以具有落在電磁頻譜的UV、可見光、或是IR範圍之中的波長)；但是，可以有不同的脈衝時間持續長度、脈衝重複率、或是類似特徵、或是前述的任何組合。舉例來說，在第一加工步驟期間的脈衝時間持續長度可以大於在第二加工步驟期間的脈衝時間持續長度。在第一加工步驟期間的脈衝時間持續長度(也就是，第一脈衝時間持續長度)可以大於 $30\text{ns}$ (舉例來說，落在從 $30\text{ns}$ (或是大約 $30\text{ns}$ )至 $200\text{ns}$ (或是大約 $200\text{ns}$ )的範圍之中)，以及在第二加工步驟期間的脈衝時間持續長度(也就是，第二脈衝時間持續長度)可以小於 $40\text{ns}$ (舉例來說，落在從 $800\text{ps}$ (或是大約 $800\text{ps}$ )至 $40\text{ns}$ (或是大約 $40\text{ns}$ )的範圍之中)，前提係第一脈衝時間持續長度大於第二脈衝時間持續長度。

在第一加工步驟期間的對應脈衝重複率(也就是，第一脈衝重複率)可以小於或等於500kHz(舉例來說，落在從150kHz(或是大約150kHz)至500kHz(或是大約500kHz)的範圍之中)，以及在第二加工步驟期間的對應脈衝重複率(也就是，第二脈衝重複率)可以大於300kHz(舉例來說，落在從500kHz(或是大約500kHz)至2MHz(或是大約2MHz)的範圍之中)，前提係第一脈衝重複率小於第二脈衝重複率。應該明白的係，最大可用脈衝能量相依於脈衝時間持續長度和脈衝重複率的特定組合，但是於某些組合中會高達數百個 $\mu\text{J}$ 。

**【0180】** 於另一實施例中，該些第一組射束特徵與第二組射束特徵可以有相同的波長(舉例來說，該被傳遞的雷射能量射束可以具有落在電磁頻譜的UV、可見光、或是IR範圍之中的波長)、脈衝時間持續長度、脈衝重複率、或是類似特徵、或是前述的任何組合；但是，可以有不同的脈衝能量。舉例來說，在第一加工步驟期間的脈衝能量可以大於在第二加工步驟期間的脈衝能量。在第一加工步驟期間的脈衝能量(也就是，第一脈衝能量)可以很高足以達成有效且均勻移除該第一導體；以及在第二加工步驟期間的脈衝能量(也就是，第二脈衝能量)可以低於第一脈衝能量，但是仍然很高足以燒蝕該介電結構。於要被形成的特徵元件為盲孔的其中一實施例中，該第二脈衝能量可能很低以免非所希地破壞該第二導體。

## ii. 特徵元件成形的其它考量

**【0181】** 不論工件102是否為多層式，皆可能希望調變脈衝能量(舉例來說，以如上面討論的任何方式)，俾使得在開始掃描一掃描圖樣(舉例來說，上面討論的任何掃描圖樣)時被傳遞至工件102的雷射脈衝的脈衝能量高於在結束掃描該掃描圖樣時被傳遞至工件102的雷射脈衝的脈衝能量。

**【0182】** 於另一實施例中，被傳遞的雷射脈衝的光點尺寸會相依於掃描圖樣中的光點位置的定位而被調變(舉例來說，以如上面討論的任何方式)。舉例來

說，針對上面討論的光點圖樣，被傳遞的雷射脈衝的光點尺寸會被調變，俾使得在相鄰於特徵元件邊界1604的光點位置處的光點尺寸小於被傳遞至不相鄰於特徵元件邊界1604的光點位置處的光點尺寸。相鄰於特徵元件邊界1604的較小光點尺寸有助於產生側壁具有相對小漸細部的特徵元件，而遠離特徵元件邊界1604的較大光點尺寸則有助於從工件102處快速移除材料。

【0183】 於另一實施例中，並且不論工件102是否為多層式，皆可能希望調變脈衝能量(舉例來說，以如上面討論的任何方式)，俾使得在開始掃描一掃描圖樣(舉例來說，上面討論的任何掃描圖樣)時被傳遞至工件102的雷射脈衝的脈衝能量高於在結束掃描該掃描圖樣時被傳遞至工件102的雷射脈衝的脈衝能量。

【0184】 於另一實施例中，並且不論工件102是否為多層式，皆可能希望以下面為函數來調整被第一定位器106的AOD系統繞射的每一道雷射脈衝被啣啾(舉例來說，以逐個脈衝為基礎、...等)的程度：以被照射的光點位置的定位為函數、以雷射脈衝被傳遞至工件102裡面的深度為函數、以正在被加工的工件102裡面的材料的溫度為函數、以正在被加工的工件102裡面的材料附近的材料的溫度為函數、或是類似方式、或是前述的任何組合。於其中一實施例中，該啣啾可以被調整，俾使得前述的第二導體係在該些第一加工步驟與第二加工步驟被實施之後才被研磨。

#### IV.結論

【0185】 前面是解釋本發明的實施例和範例，而不應被視為限制本發明。本文雖然已經參考圖式說明數個特定實施例和範例；不過，熟習本技術的人士便很容易明白，可以對該些已揭實施例和範例以及其它實施例進行許多修正，其並不會實質上脫離本發明的新穎教示內容以及優點。據此，所有此些修正皆希望涵蓋於申請專利範圍之中所定義的本發明的範疇裡面。舉例來說，熟習的人士便會明白，任何語句、段落、範例、或是實施例的主要內容皆能夠結合某些或是所有

其它語句、段落、範例、或是實施例的主要內容，除非此些結合彼此互斥。所以，本發明的範疇應該由下面的申請專利範圍來決定，其涵蓋該些申請專利範圍的等效範圍。

**【符號說明】****【0186】**

100	雷射加工設備
102	工件
102a	第一工件
102b	第二工件
104	雷射源
106	第一定位器
108	第二定位器
110	第三定位器
112	掃描透鏡
113	相機
114	控制器
116	射束路徑
118	射束軸
120	使用者介面
122	通訊模組
124	網路
126	遠端系統
128	射束特徵化工具

128a	箭頭
128b	箭頭
400	符記
402	光偵測器
404	基板
406	目標物
408	框架
410	光學濾波器
500	實心方形目標物
502	實心菱形目標物
504	空心方形目標物
506	周邊目標物
508	光偵測器作用面積
600	分光器
602	射束路徑
700	第一單軸AOD系統
701	射束擴展器
702	第二單軸AOD系統
704	半波板
706	中繼透鏡
708	第一中繼透鏡
710	第二中繼透鏡
712	孔徑
714	四分之一波板

716	面鏡
718	雷射感測器系統
720	分光器
722	射束路徑
724	光偵測器
726	積分球
728	收集埠
730	偵測埠
800	工件搬運系統
802a	解繞材料滾筒
802b	重繞材料滾筒
804	固定裝置
806a	第一埠
806b	第二埠
808a	解繞裝配件
808b	重繞裝配件
810a	解繞轉軸
810b	重繞轉軸
812a	解繞空轉滾輪
812b	重繞空轉滾輪
814a	第一解繞空轉輪
814b	第一重繞空轉輪
816	跳動裝配件
816a	解繞跳動裝配件

816b	重繞跳動裝配件
818a	第二解繞空轉輪
818b	第二重繞空轉輪
820a	解繞支撐系統
820b	重繞支撐系統
822	跳動滾輪
822a	第一跳動滾輪
822b	第二跳動滾輪
824	跳動框架
900	彈壓機制
902	距離感測器
1000	跳動裝配件
1100a	解繞裝配件
1102a	解繞轉軸
1104a	解繞滾輪
1106a	解繞惰滾輪
1400	加工光點排列
1600	掃描圖樣
1602	特徵元件邊界
1604	光點位置
1604a	光點位置
1604b	光點位置
1700	掃描圖樣
1800	掃描圖樣

1900 掃描圖樣

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用於加工工件的雷射加工設備，該設備包括：

雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著一射束路徑傳播；

掃描透鏡，被排列在該射束路徑中並且操作用以聚焦該雷射能量射束；

第一定位器，被排列在該雷射源和該掃描透鏡之間，其中該第一定位器操作用以相對於該掃描透鏡而偏折該射束路徑；

射束特徵化工具，其中，該射束特徵化工具包含：

符記，其包含基板以及被形成在該基板上界定至少一邊緣的目標物，其中，該目標物由不透射該雷射能量射束的材料所形成，且其中，該基板由相較於該目標物較會透射該雷射能量射束的材料所形成；

積分球，具有第一埠與第二埠，其中，該第一埠對齊該符記，使得該雷射能量射束的一部分可傳播穿透該符記的該基板到該積分球之中；以及

光偵測器，其對齊該積分球的該第二埠，使得在該積分球中的雷射能量可傳播到該光偵測器。

【第2項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其進一步包括分光器，被排列在該射束路徑中，該分光器操作用以將該雷射能量射束分離成加工射束與取樣射束，使得該加工射束可傳播到該掃描透鏡並且該取樣射束可傳播到該射束特徵化工具。

【第3項】根據申請專利範圍第2項的雷射加工設備，其中，該分光器被排列在該射束路徑中且在該第一定位器和該掃描透鏡之間。

【第4項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其中該第一定位器包括聲光偏折器(AOD)系統。

【第5項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其中該第一定位器包括

檢流計面鏡系統。

【第6項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其中該目標物由反射該雷射能量射束的材料所形成。

【第7項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其中該目標物由吸收該雷射能量射束的材料所形成。

【第8項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其中該目標物界定多個邊緣。

【第9項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其中該符記包括形成在該基板上的多個符記。

【第10項】根據申請專利範圍第1項的雷射加工設備，其進一步包括第二定位器，該第二定位器耦接到該射束特徵化工具，其中該第二定位器操作用以選擇性地定位該射束特徵化工具於該掃描透鏡所投影的掃描場內。

【第11項】根據申請專利範圍第10項的雷射加工設備，其中該第二定位器操作用以將該工件定位於該掃描透鏡所投影的掃描場內。

【第12項】一種用於加工工件的雷射加工設備，該設備包括：

雷射源，操作用以產生雷射能量射束，其中，該雷射能量射束可沿著一射束路徑傳播；

AOD系統，被排列在該射束路徑內並且操作用以偏折該射束路徑，該雷射能量射束沿著該射束路徑傳播；

分光器，被排列在該AOD系統的光學下游處，該分光器被配置成用以反射沿著來自該AOD系統的射束路徑傳播的該雷射能量射束的第一部分並且用以透射沿著來自該AOD系統的射束路徑傳播的該雷射能量射束的第二部分，其中，該雷射能量射束的該第一部分沿著第一路徑傳播以及該雷射能量射束的該第二部分沿著第二路徑傳播；以及

雷射感測器系統，被排列在該第二路徑內，其中，該雷射感測器系統被配置成用以量測沿著該第二路徑傳播的雷射能量，並且其中該雷射感測器系統包括：

積分球，具有第一埠與第二埠，其中，該第一埠對齊該第二路徑，使得該雷射能量射束的該第二部分可傳播到該積分球之中；以及

光偵測器，其對齊該第二埠，使得在該積分球中的雷射能量可傳播到該光偵測器。

【第13項】根據申請專利範圍第12項的雷射加工設備，其中該分光器包括部分反射面鏡。

【第14項】根據申請專利範圍第12項的雷射加工設備，其進一步包括被排列在該第一路徑中的掃描透鏡，其中該掃描透鏡被配置以聚焦該雷射能量射束的該第一部分。

【第15項】根據申請專利範圍第12項的雷射加工設備，其進一步包括被排列在該第一路徑中的射束定位器，其中該射束定位器被配置以偏轉該第一路徑，該雷射能量射束的該第一部分可沿著所述第一路徑傳播。

【發明圖式】

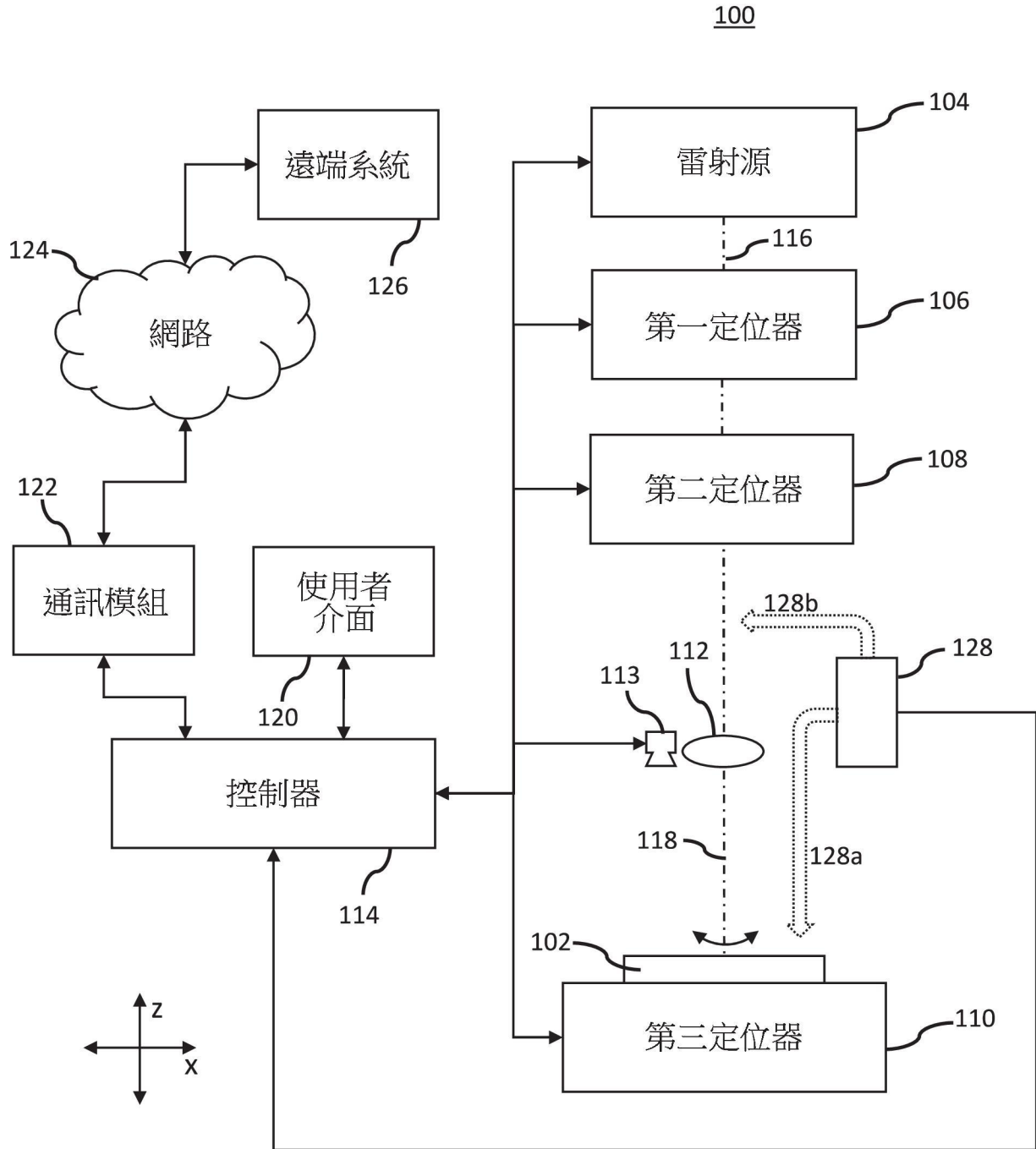


圖1

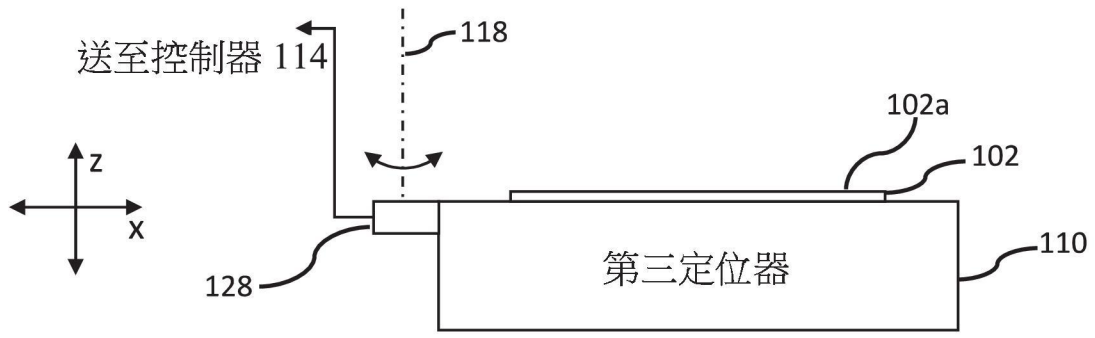


圖2

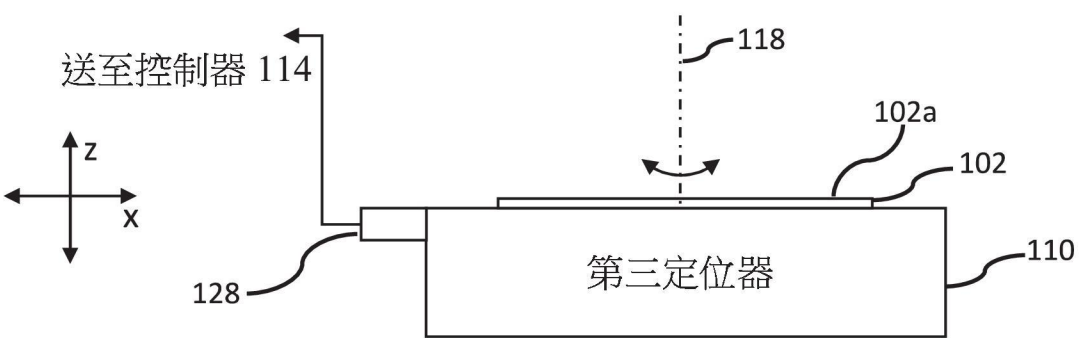


圖3

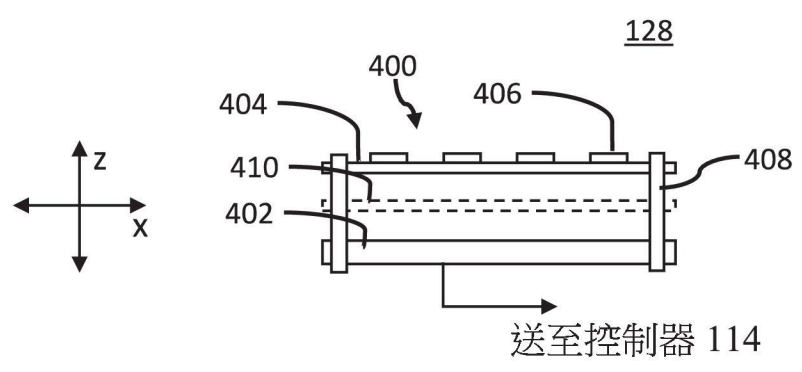


圖4

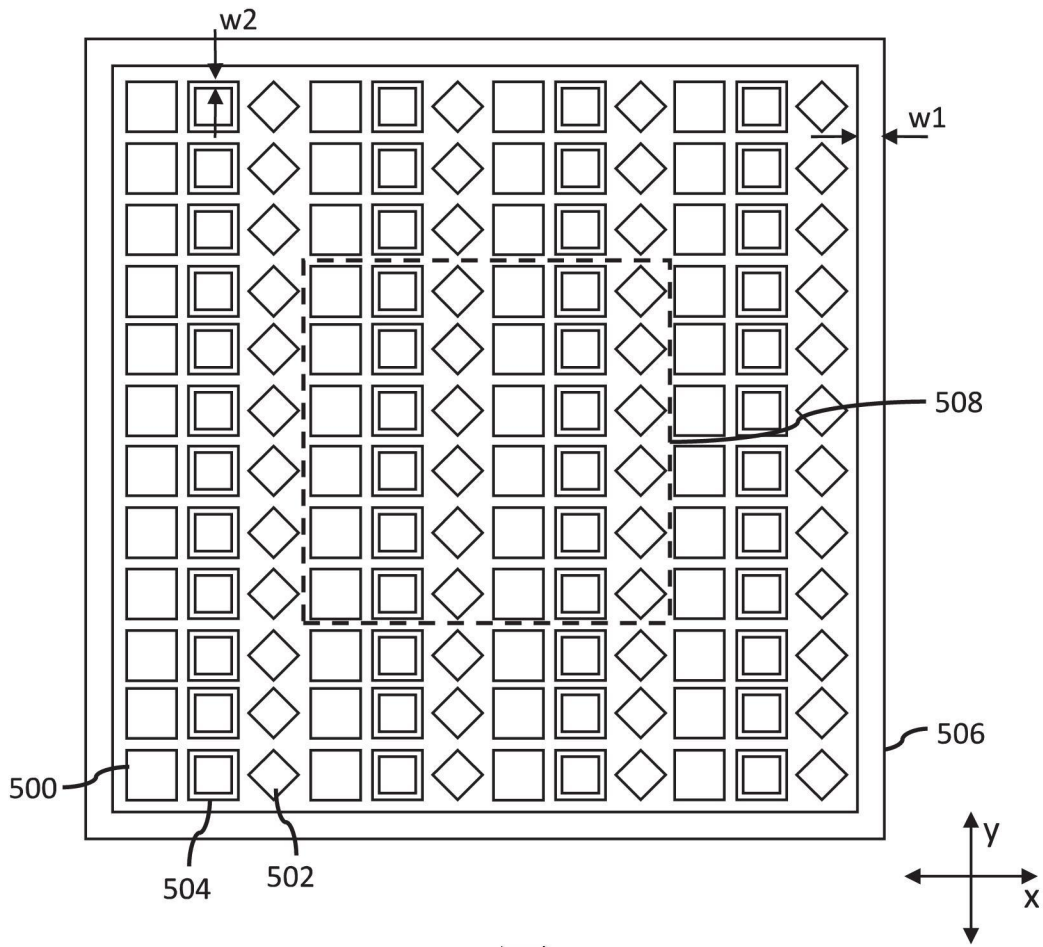


圖5

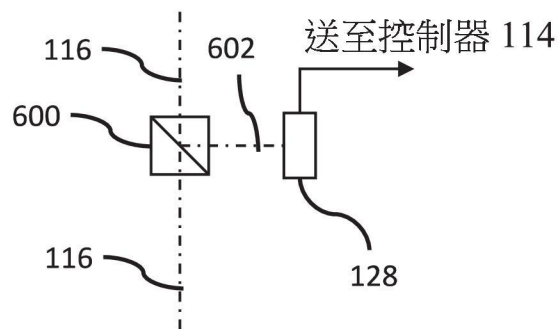


圖6

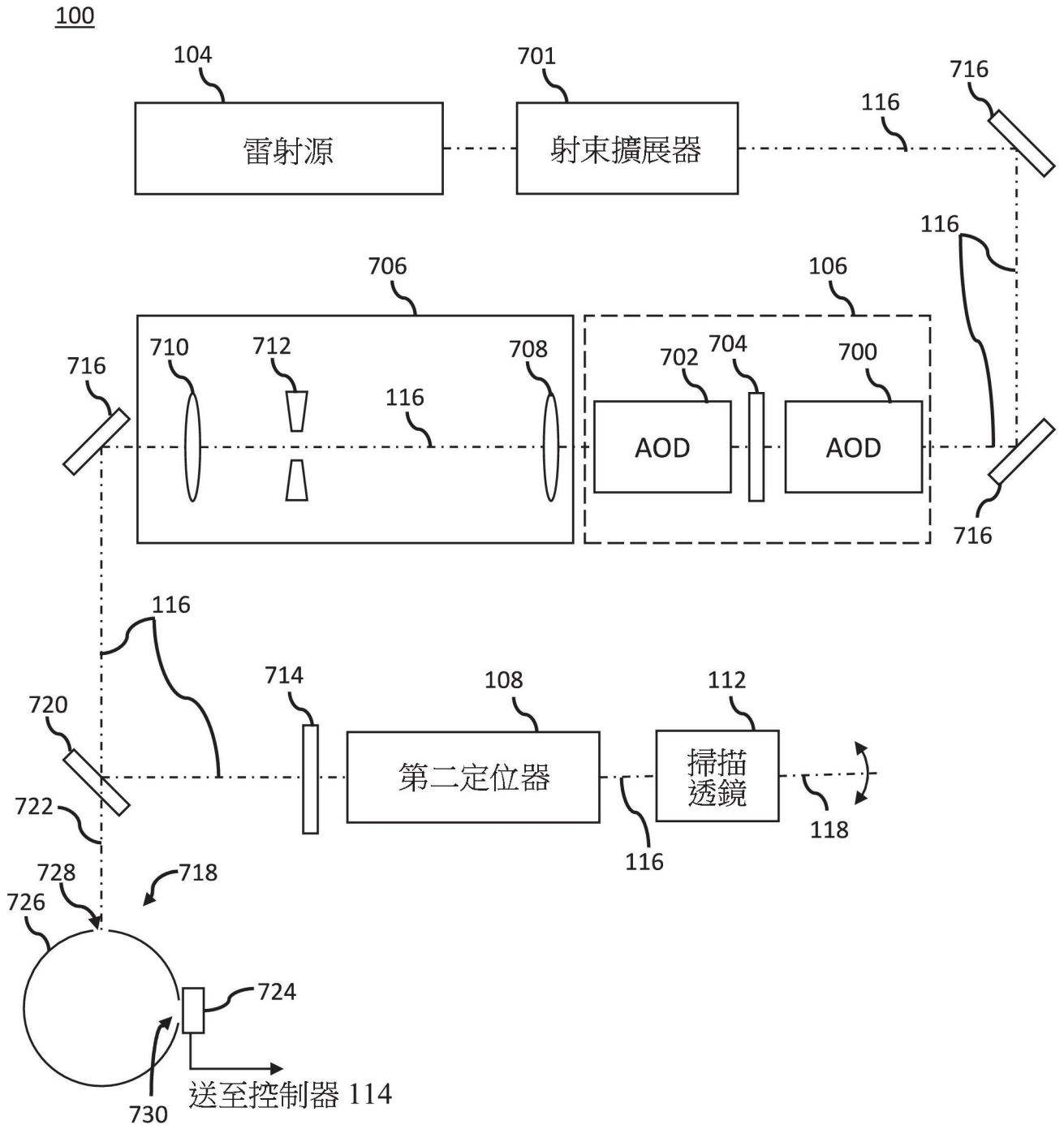


圖7

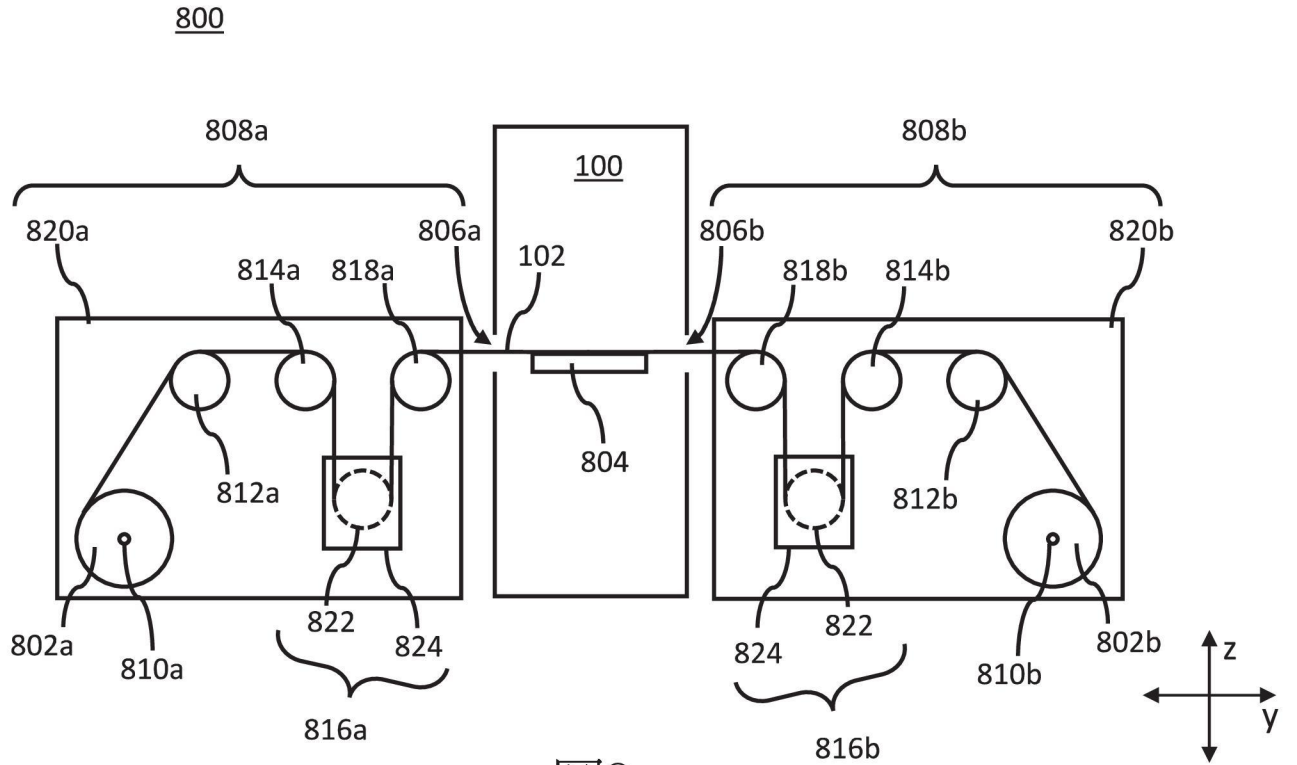


圖8

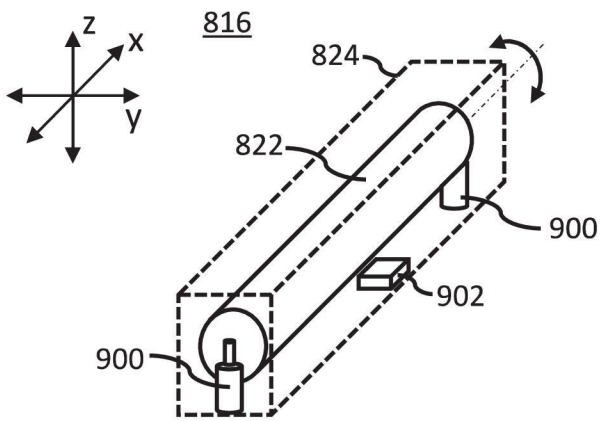


圖9

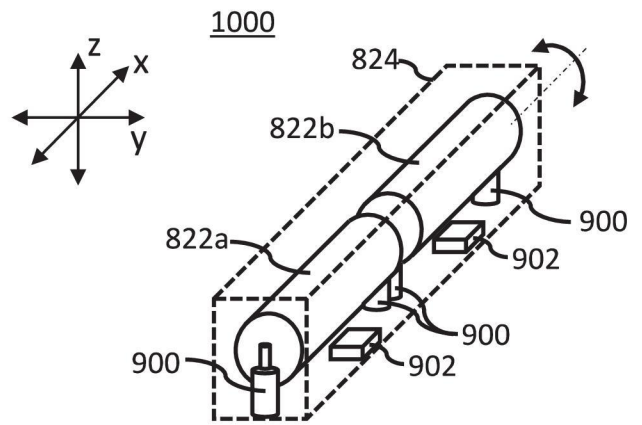


圖10

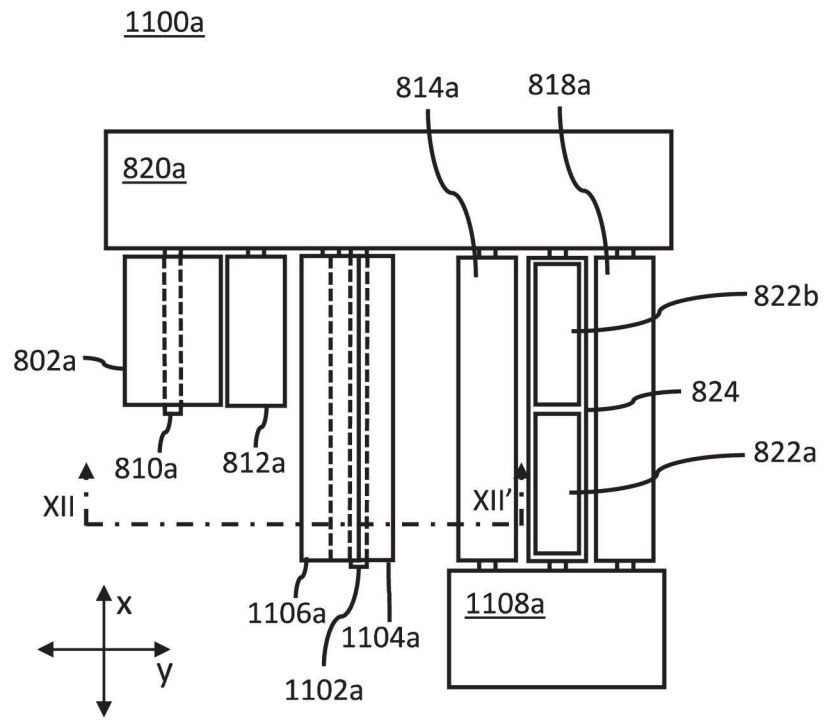


圖11

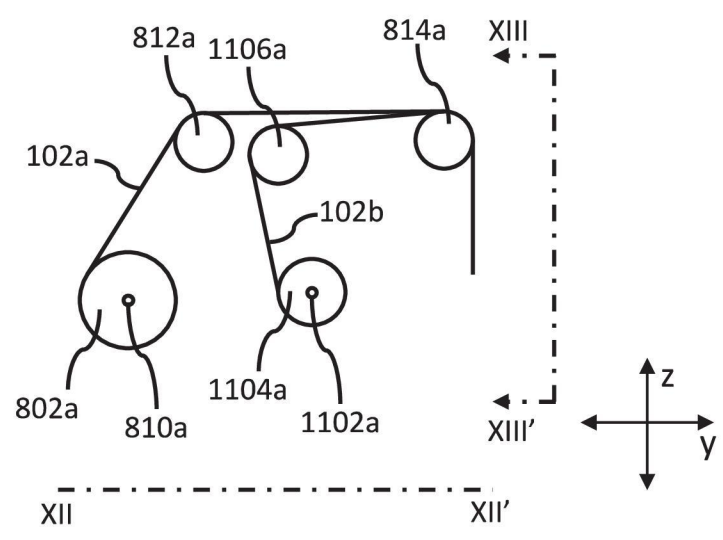


圖12

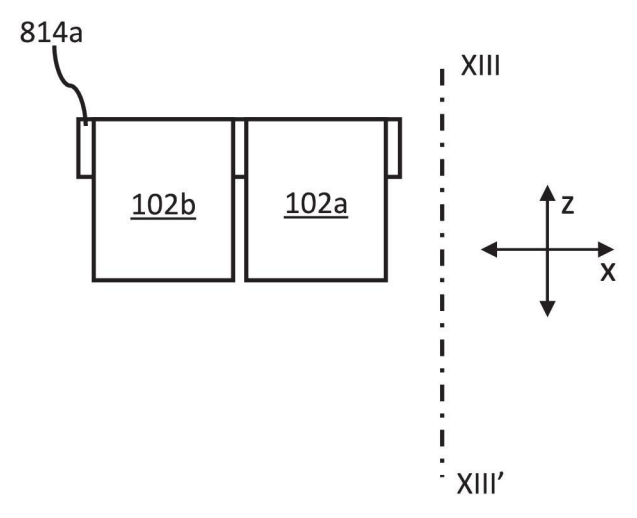


圖13



圖14

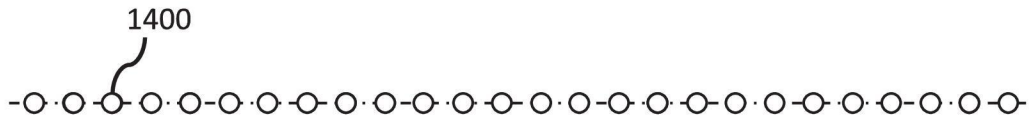


圖15

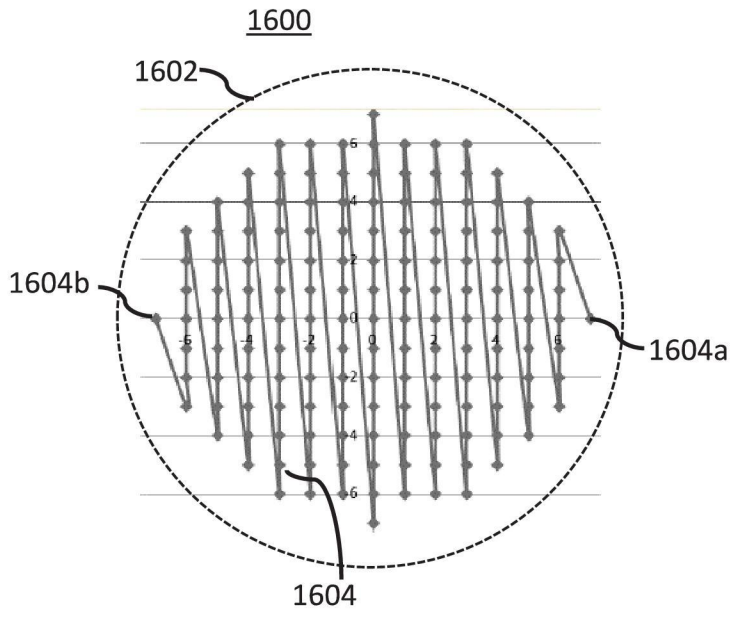


圖16

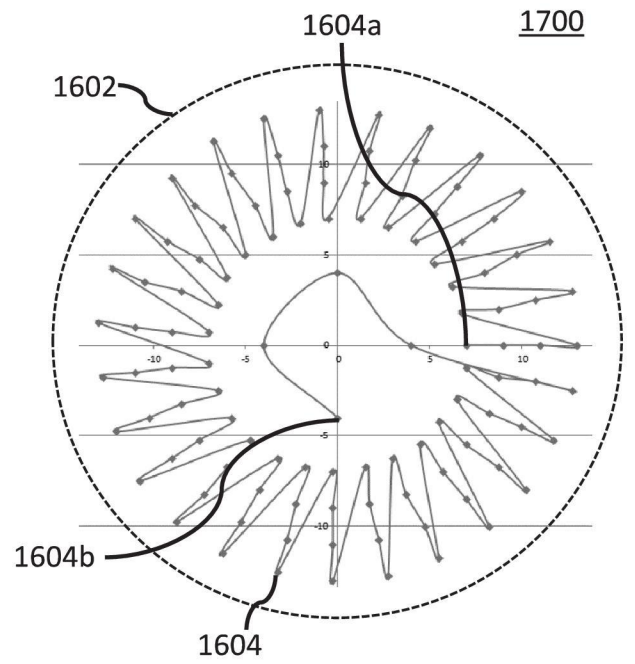


圖17

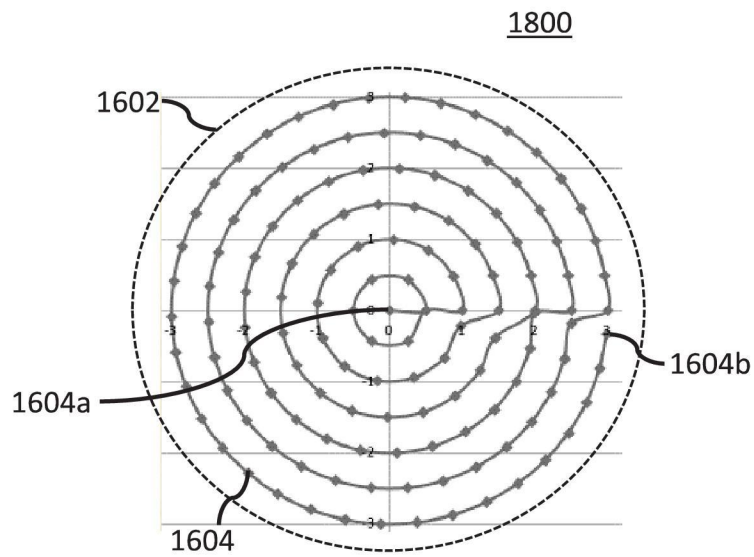
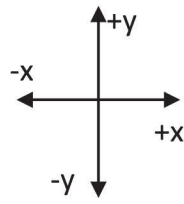


圖18

1900

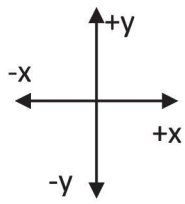
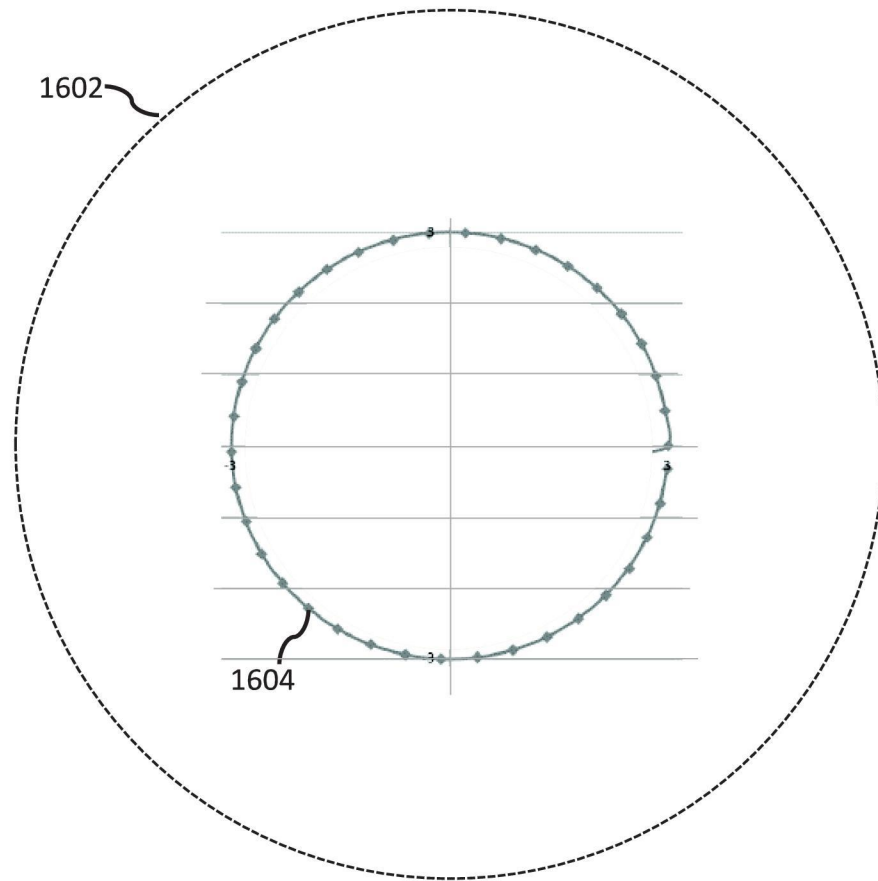


圖19