



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201733728 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：106108939

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 17 日

(51)Int. Cl.：

B23K26/03 (2006.01)**B23K26/042 (2014.01)****B23K26/062 (2014.01)**

(30)優先權：2016/03/17

美國

62/309,759

(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：劉源 LIU, YUAN (CN)；胡宏華 HU, HONGHUA (CN)；布魯克伊塞 吉姆
BROOKHYSER, JIM (US)；李光宇 LI, GUANGYU (CN)；比利爾 布蘭登
BILYEU, BRANDON (US)；伊藤 克爾特 EATON, KURT (US)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：1 共 34 頁

(54)名稱

在雷射加工系統中的像平面之定位

LOCATION OF IMAGE PLANE IN A LASER PROCESSING SYSTEM

(57)摘要

本發明係揭示一種用以加工一個工件之方法及裝置，包括產生其特徵為第一空間強度分佈之一個第一雷射能量束。一個第一工件係使用該第一雷射能量束來加工以形成在掃描透鏡與第一工件之間的第一距離之複數個特徵且形成在第二距離之第二特徵。該種方法係包括：確定該複數個特徵的何者具有一個形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀，且設定一個加工距離為其產生該特徵的距離。使用此加工距離，一個第二工件的表面係使用其具有第二空間強度分佈之第二雷射能量束來加工。

Disclosed is a method and an apparatus to process a workpiece including producing a first beam of laser energy characterized by a first spatial intensity distribution. A first workpiece is processed using the first beam of laser energy to form a plurality of features at a first distance between the scan lens and the first workpiece and forming a second features at a second distance. The method includes determining which of the plurality of features has a shape that most closely resembles the shape of the first spatial intensity distribution and setting a process distance as the distance that produced that feature. Using this process distance, a surface of a second workpiece is processed using second beam of laser energy with a second spatial intensity distribution.

指定代表圖：

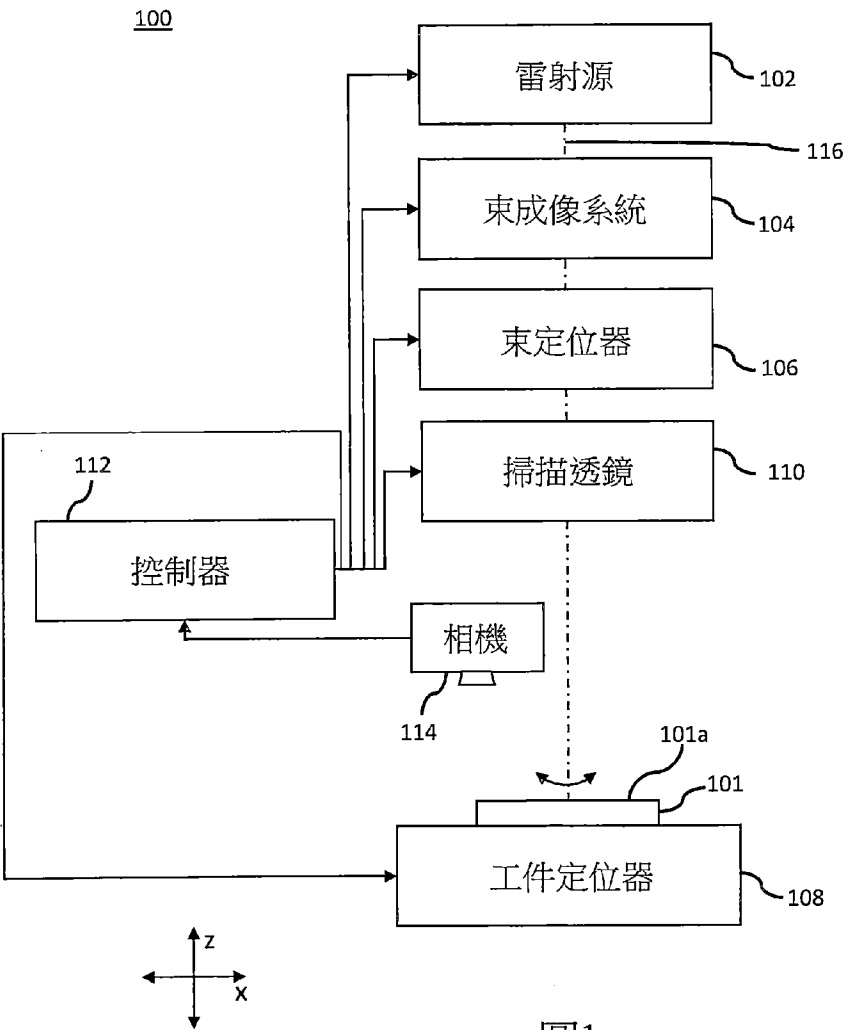


圖1

- 符號簡單說明：
- 100 . . . 雷射加工系統
 - 101 . . . 工件
 - 101a . . . 工件表面
 - 102 . . . 雷射源
 - 104 . . . 束成像系統
 - 106 . . . 束定位器
 - 108 . . . 工件定位器
 - 110 . . . 掃描透鏡
 - 112 . . . 控制器
 - 114 . . . 相機
 - 116 . . . 束路徑

發明摘要

※ 申請案號：106108939

※ 申請日：106/03/17

※IPC 分類：**B23K 26/03** (2006.01)**B23K 26/042** (2014.01)**B23K 26/062** (2014.01)

【發明名稱】(中文/英文)

在雷射加工系統中的像平面之定位

LOCATION OF IMAGE PLANE IN A LASER PROCESSING SYSTEM

【中文】

本發明係揭示一種用以加工一個工件之方法及裝置，包括產生其特徵為第一空間強度分佈之一個第一雷射能量束。一個第一工件係使用該第一雷射能量束來加工以形成在掃描透鏡與第一工件之間的第一距離之複數個特徵且形成在第二距離之第二特徵。該種方法係包括：確定該複數個特徵的何者具有一個形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀，且設定一個加工距離為其產生該特徵的距離。使用此加工距離，一個第二工件的表面係使用其具有第二空間強度分佈之第二雷射能量束來加工。

【英文】

Disclosed is a method and an apparatus to process a workpiece including producing a first beam of laser energy characterized by a first spatial intensity distribution. A first workpiece is processed using the first beam of laser energy to form a plurality of features at a first distance between the scan lens and the first workpiece and forming a second features at a second distance. The method includes determining which of the plurality of features has a shape that most closely

resembles the shape of the first spatial intensity distribution and setting a process distance as the distance that produced that feature. Using this process distance, a surface of a second workpiece is processed using second beam of laser energy with a second spatial intensity distribution.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100 雷射加工系統

101 工件

101a 工件表面

102 雷射源

104 束成像系統

106 束定位器

108 工件定位器

110 掃描透鏡

112 控制器

114 相機

116 束路徑

【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)

在雷射加工系統中的像平面之定位

LOCATION OF IMAGE PLANE IN A LASER PROCESSING SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本文所述的實施例係概括關於一個像平面之定位，且尤指用於定位在雷射加工系統中的像平面之方法及裝置。

【先前技術】

【0002】 在諸如使用已知的“衝擊(percussion)”鑽孔技術而在工件(例如：印刷電路板)鑽孔之彼等者的雷射加工系統中，一個雷射束係典型為使用一個圓形隙縫而在空間上削波、成形或用其他方式成像，然後由一個掃描透鏡所聚焦且指向到該工件的表面上。典型而言，經成像的雷射束之空間強度特性係對於在關聯於該隙縫的像平面之雷射剝蝕而言將為最佳。因此，當工件表面係具有關於一個像平面的預定空間關係(例如：當該工件表面與像平面係共平面或至少實質為如此，考慮到關於掃描透鏡與工件係相對於彼此而定位之精密度與準確度)，隙縫係視為“成像”在工件表面，且經形成在該工件中的特徵係將具有合意的幾何特性(例如：尺寸、形狀、深度等等)。

【0003】 一種用於找到像平面之方法係需要使用者以雷射系統來實驗，藉由使用一個雷射束(即：其已經使用一個圓形隙縫所削波)來在工件中剝蝕一個測試型樣且接著以視覺來判斷該測試型樣的某些幾何特性(例如：尺寸、形狀、深度等等)是否為可接受。經常，該種實驗係實行多次，且使

用者係針對各個實驗而改變在工件表面與掃描透鏡之間的距離。從按照種種距離所實行之實驗所得到的測試型樣係在視覺上比較以確定哪個測試型樣具有最佳的幾何特性。在產生其經判斷具有最佳幾何特性的測試型樣之實驗期間所存在的工件表面之平面係於是視為像平面。

【0004】 為了降低可能否則要實行之實驗的數目，雷射系統之雷射束、隙縫、與掃描透鏡的光學性質係可初始模擬以估測在像平面與其中該成像的雷射束具有最小光點尺寸(即：最大中心輻射亮度)的平面(正交於該束為沿著其所傳播的一個軸)之間的距離(亦在本文標示為“ Δz ”)。一旦 Δz 係估測，系統使用者係調整在該掃描透鏡與工件表面之間的距離，例如：藉由致動一個台座(其支撐掃描透鏡或工件)以將工件表面定位在最小光點尺寸的平面，且接著增加其等於 Δz 的一個偏移以將工件表面移動到(標稱)像平面。雷射束功率係亦可調整以補償該工件表面相對於掃描透鏡的改變位置。該等測試型樣係可接著在其中工件表面被定位在標稱像平面之一個實驗、以及在其中工件表面被定位在標稱像平面的稍微上方及/或稍微下方之一些實驗期間而被剝蝕以確認該工件表面之最佳的放置。

【0005】 儘管有用，以上論述的模擬技術係並非沒有其缺點。舉例來說，模擬該種雷射系統且估測 Δz 所需要的軟體係可能昂貴且可能不易整合到一個典型的雷射加工系統。此外，實行該種模擬係需要其為系統使用者可能未擁有之光學的深入了解。此外，在工件中所剝蝕的測試型樣係通常為圓形的形狀，甚至當在掃描透鏡與工件表面之間的距離係變化，且調整雷射束功率係可能改變在一個剝蝕的測試型樣中之特徵的尺寸與深度。因此，精確識別當該工件表面為在像平面時所形成的測試型樣係可能為一個

困難且耗時的過程。

【發明內容】

【0006】 本文所揭示者係一種方法及裝置，其適以實行該種使用具有一個掃描透鏡的一種雷射加工系統來加工一個工件之方法。該方法係包括：產生一個第一雷射能量束，其特徵為第一空間強度分佈係具有當朝正交於該雷射能量束沿著其所傳播的一個路徑之一個平面所視時而在該束的焦點之一個非圓形的周邊形狀。

【0007】 一個第一工件係使用該第一雷射能量束來加工。此加工係包含：形成在該第一工件中的複數個特徵，其中，在該複數個特徵的一者之形成期間而在該掃描透鏡與該第一工件之間的第一距離係不同於在該複數個特徵的至少一個其他者之形成期間而在該掃描透鏡與該第一工件之間的第二距離。

【0008】 該方法係更包括：確定該複數個特徵的何者具有一個形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀；且，設定一個加工距離為在其具有形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀的特徵之形成期間而在該掃描透鏡與該第一工件之間的距離。一個成像平面係確定為在從該掃描透鏡到正交於該雷射能量束沿著其所傳播的路徑之一個平面的加工距離之一個平面。

【0009】 一個第二工件的表面係配置在實質為該像平面。一個第二雷射能量束係產生以形成一個調變的雷射能量束，其特徵為不同於該第一空間強度分佈的第二空間強度分佈。經配置在該像平面之第二工件的表面係使用其特徵為該第二空間強度分佈之該調變的雷射能量束來加工。

【圖式簡單說明】**【0010】**

圖 1 係描繪用於定位在一種雷射加工系統中的像平面之一個實施例的實際元件之示意圖。

【實施方式】**【0011】** I.介紹

【0012】 實例的實施例係參考伴隨圖式而描述於本文。除非另為明確陳述，在圖式中，構件、特徵、元件、等等的尺寸、位置、等等、以及其相對距離係不必依比例繪製，而可能為了清楚而誇大。

【0013】 本文所使用的術語係僅為了描述特定實例的實施例之目的且無意為限制性質。如在本文所使用，單數形式“一個(a)”、“一個(an)”與“該(the)”係意圖同樣包括複數形式，除非上下文係明確地另為指明。應理解的是，當使用在此說明書中，術語“包含(comprises)”及/或“包含(comprising)”係詳細指明所陳述的特徵、整體事物、步驟、操作、元件、及/或構件之存在，但不排除一個或多個其他特徵、整體事物、步驟、操作、元件、構件、及/或其群組之存在或添加。除非另為指明，一個範圍的值係在陳述時而包括該範圍的上限與下限、以及在其間的任何子範圍。除非另為指明，諸如“第一”、“第二”、等等之術語係僅使用以區別一個元件與另一者。舉例來說，一個節點係可稱為“第一節點”，同理，且另一個節點係可稱為“第二節點”，或反之亦然。在本文所使用的段落標題係僅為了組織目的且並非視為限制所描述之標的。

【0014】 除非另為指明，術語“大約(about)”、“左右(thereabout)”、

等等係意指的是，數量、尺寸、公式、參數、與其他的量與特徵係並非且不必為精確，但可為近似且/或為較大或較小，如所期望，反映容許誤差、轉換因素、捨入、測量誤差與類似者、以及對於熟習此技藝人士所已知的其他因素。

【0015】 諸如“在下方(below)”、“在之下(beneath)”、“下方(lower)”、“在上方(above)”、與“上方(upper)”、以及類似者之空間相對術語係可為了容易描述而使用在本文以描述一個元件或特徵相對於另一個元件或特徵的關係，如在圖式所示。應理解的是，除了在圖式所繪的方位之外，空間相對術語係意圖涵蓋不同方位。舉例來說，若在圖式中的一個物體係翻轉，描述為在其他元件或特徵之下方或之下的元件係將於是方位為在該等其他元件或特徵之上方。因此，示範的術語“在下方”係可涵蓋在上方以及在下方的一個方位。一個物體係可用其他方式定向(例如：轉動90度或在其他方位)且在本文所使用的空間相對描述者係可相應地解讀。

【0016】 同樣的標號係指在全文中的同樣元件。因此，相同或類似的標號係可關於其他圖式而描述，即使其並未被提到或描述於對應圖式中。此外，甚至是並未由參考標號所標示的元件係可關於其他圖式而描述。

【0017】 將理解的是，諸多不同的形式與實施例係在沒有脫離此揭露內容的精神與教示之情況下而為可能，故此揭露內容係不應視為受限制於本文所陳述的實例的實施例。反之，此等實例與實施例係提供使得此揭露內容將為徹底完整，且將此揭露內容的範疇傳達給熟習此技藝人士。

【0018】 II.系統概述

【0019】 圖 1 係示意說明根據本發明的一個實施例之雷射加工系

統，其係裝配以使用一個成像的雷射能量束來加工一個工件。如將在下文所更詳細描述，成像的雷射能量束係藉由以一個雷射能量束來照射一個隙縫、遮罩、等等所產生，以便將該隙縫、遮罩等等的一個影像投射到其待加工的工件上。

【0020】 概括而言，加工係整體或部分達成，藉由用雷射輻射來照射工件以加熱、熔化、蒸發、剝蝕、爆裂、變色、拋光、粗糙化、碳化、泡沫化、或用其他方式來修改該工件為由其所形成之一種或多種材料的一個或多個性質或特性(例如：化學組成、晶體結構、電子結構、微結構、奈米結構、密度、黏性、折射率、導磁性、相對滲透率等等)。該等材料係可在加工之前或期間而存在於工件的一個外表面，或可在加工之前或期間而位在工件之內(即：不存在於工件的一個外表面)。可由圖示的設備所實行之加工的特定實例係包括：通路鑽孔、穿孔、焊接、刻劃、雕刻、標記(例如：表面標記、子表面標記等等)、切割、雷射誘導順向轉移、清洗、褪色、亮畫素修復(例如：濾色器暗化、OLED 材料的改良處理、等等)、去除塗覆層、表面紋理、等等。因此，由於加工而可能形成在工件上或之內的特徵係可包括：開口、槽、通路(例如：盲孔、通孔、槽孔)、溝、渠、劃線、截口、凹陷區域、傳導線跡、歐姆接點、電阻圖案、標記(例如：由在其具有一個或多個視覺、文本、等等區別的特性之工件的一個或多個區域所組成)、或類似者或其任何組合。當形成為開口、通路等等，該等特徵係可具有任何適合或合意的形狀(例如：圓形、橢圓形、方形、矩形、三角形、環形、或類似者或其任何組合)。

【0021】 可由該種裝置所加工之工件係可概括描述特徵為金屬、聚合

物、陶瓷、或複合物。可經加工之工件的特定實例係包括：印刷電路板(PCB, printed circuit board)的面板(亦在本文稱為“PCB 面板”)、PCB、可撓式印刷電路(FPC, flexible printed circuit)、積體電路(IC, integrated circuit)、IC 封裝(ICP, IC package)、發光二極體(LED, light-emitting diode)、LED 封裝、半導體晶圓、電子或光學裝置基板(例如：由 Al_2O_3 、 AlN 、 BeO 、 Cu 、 GaAS 、 GaN 、 Ge 、 InP 、 Si 、 SiO_2 、 SiC 、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (其中 $0.0001 < x < 0.9999$)、或類似者、或其任何組合或合金所形成的基板)、用於微流體裝置之由塑膠、玻璃(例如：未強化、或熱強化、化學強化或用其他方式強化)、石英、藍寶石、塑料、矽、等等所形成的物品、觸控感測器、電子顯示器的構件(例如：已經形成在其上的基板、TFT、濾色器、有機 LED (OLED, organic LED)陣列、量子點 LED 陣列、或類似者或其任何組合)、蓋玻片、透鏡、反射鏡、螢幕保護器、等等、渦輪葉片、粉末、薄膜、箔片、平板、模具、紡織物(編織、氈製、等等)、外科手術儀器、醫療植入物、消費包裝物品、鞋子、腳踏車、汽車、汽車或航空零件(例如：框架、本體面板、等等)、器具(例如：微波、爐具、冰箱、等等)、裝置外殼(例如：用於手錶、電腦、智慧型手機、平板電腦、穿戴式電子裝置、或類似者或其任何組合)。智慧型手機係通常理解為包括可攜式電子裝置，諸如：(由蘋果電腦(APPLE)、三星(SAMSUNG)、等等所製造的) IPHONE、GALAXY、等等。平板電腦係通常理解為包括可攜式電子裝置，諸如：(由蘋果電腦、三星、谷歌(GOOGLE)、索尼(SONY)、等等所製造的) IPAD、GALAXY NOTE、NEXUS、XPERIA、等等。穿戴式電子裝置係通常理解為包括電子裝置，諸如：(由 PEBBLE、蘋果電腦、摩托羅拉(MOTOROLA)、索尼、等等所製造的) PEBBLE、APPLE WATCH、MOTO 360、

SMARTWATCH、GEAR、等等，其典型為配戴在使用者的手腕，但是亦可包括其經配戴在使用者的足部、腿部、軀幹、手臂、手指、頭部、耳朵、等等之電子裝置。

【0022】 是以，可經加工的材料係包括一種或多種金屬(例如：Al、Ag、Au、Cu、Fe、In、Mg、Pt、Sn、Ti、或類似者、或其組合或合金)、導電的金屬氧化物(例如：ITO、等等)、透明的導電聚合物、陶瓷、蠟、樹脂、無機介電材料(例如：使用作為層間的介電結構，諸如氧化矽、氮化矽、氮氧化矽、或類似者或其任何組合)、低 k 的介電材料(例如：甲基倍半矽氧烷(MSQ, methyl silsesquioxane)、氫倍半矽氧烷(HSQ, hydrogen silsesquioxane)、氟化四乙基原矽酸鹽(FTEOS, fluorinated tetraethyl orthosilicate)、或類似者或其任何組合)、有機介電材料(例如：SILK、苯並環丁烯(benzocyclobutene)、Nautilus(均為由陶氏公司(DOW)所製造)、多氟四乙烯(polyfluorotetraethylene)(由杜邦公司(DuPont)所製造)、FLARE(由聯合化學公司(Allied Chemical)所製造)、或類似者或其任何組合)、玻璃纖維、聚合材料(聚醯胺(polyamide)、聚醯亞胺(polyimide)、聚酯(polyester)、聚縮醛(polyacetal)、聚碳酸酯(polycarbonate)、修飾的聚苯醚(modified polyphenylene ether)、聚對苯二甲酸丁二酯(polybutylene terephthalate)、聚苯硫(polyphenylene sulfide)、聚酯砒(polyester sulfone)、聚酯酰亞胺(polyester imide)、聚酯醚酮(polyester ether ketone)、液晶聚合物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(acrylonitrile butadiene styrene)、與其任何化合物、複合物、或合金)、皮革、紙、積累材料(例如：ANJINOMOT 堆積膜(Build-up Film)(亦習稱為 ABF)、等等)、玻璃纖維強化環氧樹脂疊層(例如：FR4)、預浸材料、或類似者或其任何化合物、疊層、或其他組合。

【0023】 參考圖 1，雷射加工系統 100 係包括：用於產生雷射脈衝的一個雷射源 102、一個束成像系統 104、一個束定位器 106、一個工件定位器 108、一個掃描透鏡 110、一個控制器 112、以及選用式的一個相機 114。雖然未圖示，雷射加工系統 100 還包括一個或多個光學構件(例如：束擴展器、束成形器、隙縫、諧波產生晶體、濾波器、準直器、透鏡、反射鏡、極化器、波板、繞射光學元件、或類似者或其任何組合)以聚焦、擴展、準直、成形、極化、濾波、分割、結合、或用其他方式修改、調節或指引其沿著延伸在雷射源 102 與掃描透鏡 110 之間的一個或多個束路徑(例如：束路徑 116)而由雷射源 102 所產生的雷射脈衝。透過掃描透鏡 110 所傳送的雷射脈衝係沿著一個束軸而傳播以便為遞送到工件 101。雷射脈衝係典型遞送以便為入射於其待加工之工件表面 101a 的一個區域上。由一個遞送的雷射脈衝所照射之區域係在本文稱為一個“加工光點(spot)”、“光點位置”、或更簡稱為一個“光點”，且涵蓋該束軸穿越過工件 101 之一個區域。

【0024】 A.雷射源

【0025】 在一個實施例中，雷射源 102 係運作以產生雷射脈衝。如此，雷射源 102 係可包括一個脈衝雷射源、一個 QCW 雷射源、或一個 CW 雷射源。假如該雷射源 102 係包括一個 QCW 或 CW 雷射源，雷射源 102 係可更包括一個脈衝閘控單元(例如：一個聲光(AO, acousto-optic)調變器(AOM, acousto-optic modulator)、一個束斬波器、等等)以依時間來調變由 QCW 或 CW 雷射源所輸出的雷射放射束。在另一個實施例中，由雷射源 102 所產生的雷射脈衝係可描述特徵為具有在電磁頻譜之紫外線(UV, ultra-violet)、可見光(例如：綠色)、紅外線(IR, infrared)、近紅外線(NIR, near-IR)、短波長紅外線

(SWIR, short- wavelength IR)、中波長紅外線(MWIR, mid-wavelength IR)、或長波長紅外線(LWIR, long-wavelength IR)範圍中的一個或多個波長、或其任何組合。

【0026】 由雷射源 102 所輸出的雷射脈衝係可具有在從 30 fs 到 900 ms 之範圍中的一個脈衝寬度或期間(即：基於光功率對時間的半峰全幅值(FWHM, full-width at half-maximum))。然而，將理解的是，該脈衝期間係可作成小於 30 fs 或大於 900 ms。因此，由雷射源 102 所輸出的至少一個雷射脈衝係可具有大於或等於 10 fs、15 fs、30 fs、50 fs、100 fs、150 fs、200 fs、300 fs、500 fs、700 fs、750 fs、850 fs、900 fs、1 ps、2 ps、3 ps、4 ps、5 ps、7 ps、10 ps、15 ps、25 ps、500 ps、1 ns、1.5 ns、2 ns、5 ns、10 ns、20 ns、50 ns、100 ns、200 ns、400 ns、800 ns、1000 ns、2 μ s、5 μ s、10 μ s、50 μ s、100 μ s、300 μ s、500 μ s、900 μ s、1 ms、2 ms、5 ms、10 ms、20 ms、50 ms、100 ms、300 ms、500 ms、900 ms、1 s、等等的一個脈衝期間。同理，由雷射源 102 所輸出的至少一個雷射脈衝係可具有小於 1 s、900 ms、500 ms、300 ms、100 ms、50 ms、20 ms、10 ms、5 ms、2 ms、1 ms、300 ms、900 μ s、500 μ s、300 μ s、100 μ s、50 μ s、10 μ s、5 μ s、1000 ns、800 ns、400 ns、200 ns、100 ns、50 ns、20 ns、10 ns、5 ns、2 ns、1.5 ns、1 ns、500 ps、25 ps、15 ps、10 ps、7 ps、5 ps、4 ps、3 ps、2 ps、1 ps、900 fs、850 fs、750 fs、700 fs、500 fs、300 fs、200 fs、150 fs、100 fs、50 fs、30 fs、15 fs、10 fs、等等的一個脈衝期間。在一個實施例中，由雷射源 102 所輸出的雷射脈衝係具有在從 3 ps 到 15 ps 之範圍中的一個脈衝期間。在另一個實施例中，由雷射源 102 所輸出的雷射脈衝係具有在從 5 ps 到 7 ps 之範圍中的一個脈衝期間。

【0027】 由雷射源 102 所輸出的雷射脈衝係可具有在從 100 mW 到 50 kW 之範圍中的一個平均功率。然而，將理解的是，該平均功率係可作成小於 100 mW 或大於 50 kW。因此，由雷射源 102 所輸出的雷射脈衝係可具有大於或等於 100 mW、300 mW、500 mW、800 mW、1 W、2 W、3 W、4 W、5 W、6 W、7 W、500 W、2 kW、3 kW、20 kW、50 kW、等等的一個平均功率。同理，由雷射源 102 所輸出的雷射脈衝係可具有小於 50 kW、20 kW、3 kW、2 kW、500 W、7 W、6 W、5 W、4 W、3 W、2 W、1 W、800 mW、500 mW、300 mW、100 mW、等等的一個平均功率。

【0028】 雷射脈衝係可由雷射源 102 以在從 5 kHz 到 1 GHz 之範圍中的一個脈衝重複率所輸出。然而，將理解的是，該脈衝重複率係可小於 5 kHz 或大於 1 GHz。因此，雷射脈衝係可由雷射源 102 以大於或等於 5 kHz、50 kHz、100 kHz、250 kHz、500 kHz、800 kHz、900 kHz、1 MHz、2 MHz、10 MHz、20 MHz、50 MHz、70 MHz、100 MHz、150 MHz、200 MHz、250 MHz、300 MHz、350 MHz、500 MHz、550 MHz、700 MHz、900 MHz、2 GHz、10 GHz、等等的一個脈衝重複率所輸出。同理，雷射脈衝係可由雷射源 102 以小於 10 GHz、2 GHz、1 GHz、900 MHz、700 MHz、550 MHz、500 MHz、350 MHz、300 MHz、250 MHz、200 MHz、150 MHz、100 MHz、90 MHz、70 MHz、50 MHz、20 MHz、10 MHz、2 MHz、1 MHz、900 kHz、800 kHz、500 kHz、250 kHz、100 kHz、50 kHz、5 kHz、等等的一個脈衝重複率所輸出。在另一個實施例中，雷射源 102 係可操作以基於需求而並非以任何特定脈衝重複率來產生一個或多個雷射脈衝。

【0029】 除了波長、脈衝期間、平均功率與脈衝重複率之外，傳遞到

工件 101 的雷射脈衝係可由諸如脈衝能量、峰值功率、等等之一個或多個其他特性來描述其特徵，其可經選擇(例如：選用式為基於諸如波長、脈衝期間、平均功率與脈衝重複率之一個或多個其他特性)以充分加工該工件 101 或其一個構件之光學強度(按 W/cm^2 所測量)、通量(按 J/cm^2 所測量)、等等而在加工光點來照射在工件 101。

【0030】 在另一個實施例中，雷射源 102 係可提供為一種 QCW 或 CW 雷射源且不包括一個脈衝開控單元。在該實施例中，雷射源 102 係可產生一個連續的雷射束以供沿著束路徑 116 之後續的傳播。因此，雷射源 102 係可廣義描述特徵為被運作以產生一個雷射能量束，其可顯現為一連串的雷射脈衝或作為一個連續的雷射束，其可然後為沿著束路徑 116 而傳播。雖然在本文所論述的諸多實施例中係提及雷射脈衝，應理解的是，連續束係可作為替代而運用。

【0031】 可提供作為雷射源 102 之雷射型式的實例係包括氣體雷射(例如：二氧化碳雷射、一氧化碳雷射、準分子(excimer)雷射、等等)與固態雷射(例如：Nd:YAG 雷射)、棒(rod)雷射、光纖雷射、光子晶體棒/光纖雷射、被動模式鎖定的固態纖維或光纖雷射、染料(dye)雷射、模式鎖定的二極體雷射、或類似者或其任何組合。可經裝備為雷射源 102 之雷射源的實例係包括諸如由 EOLITE 所製造之 BOREAS、HEGOA、SIROCCO 或 CHINOOK 系列的雷射、由 PYROPHOTONICS 所製造之 PYROFLEX 系列的雷射、由 COHERENT 所製造之 PALADIN 進階 355 或 DIAMOND 系列的雷射、由 IPG PHOTONICS 所製造之 GLPN-500-R 雷射、等等之雷射源。

【0032】 B.束成像系統

【0033】 輸入到束成像系統 104 之雷射能量束的空間強度分佈(即：亦在本文稱作為一個“輸入空間強度分佈”)係可經描述特徵為一種高斯(Gaussian)輪廓、一種 sech^2 輪廓、一種勞倫茲(Lorentzian)輪廓、等等，且該束成像系統 104 係裝配以在空間上削減、修剪、截切或用其他方式來調變雷射能量的輸入束之空間強度輪廓。因此，由該束成像系統 104 所輸出的雷射能量束係可描述特徵為具有一個經調變的空間強度輪廓，其為不同於輸入空間強度分佈。

【0034】 在一些實施例中，束成像系統 104 係可裝備有一個或多個成像構件，諸如：一個隙縫輪、一個虹膜式光圈、一個光學狹縫、一個空間光調變器、一個遮罩、或類似者或其任何組合。選用而言，束成像系統 104 係可包括一個繞射光學元件(DOE, diffractive optical element)。然而，在一個實施例中，雷射加工系統 100 係不包括 DOE。概括而言，一個隙縫輪係可提供為具有形成於其中的複數個隙縫之一個不透明碟片，該等隙縫的中心係相距該碟片的中心為徑向等距。然而，將理解的是，一個隙縫輪係可用任何其他適合的方式來裝配。可使用在束成像系統 104 之中的虹膜式光圈係包括虹膜式光圈，其被裝配以界定一個圓形(或至少概括圓形)隙縫、一個方形或矩形隙縫、一個三角形隙縫、或類似者或其任何組合。

【0035】 束成像系統的成像構件係可機械式(例如：藉著一個馬達，就一個隙縫輪、虹膜式光圈或其他遮罩而言)或電子式(例如：就一個空間光調變器而言)驅動以調變入射到其的雷射能量束之空間強度輪廓，因而輸出一個經空間調變的雷射能量束。舉例來說，一個隙縫輪係可安裝(例如：於其中心)在一個心軸上且以將一個隙縫選擇性放置進入(或離開)束路徑 116

之一種方式而轉動。一個虹膜式光圈係可安裝為將其虹膜置中在束路徑 116 且驅動以打開、閉合、或用其他方式調整由該虹膜所界定的開口之大小。選用而言，束成像系統 104 係可裝配以通過入射的雷射能量束，俾使入射的雷射能量束之空間強度輪廓係未調變(或是至少實質為未調變)。

【0036】 概括而言，束成像系統 104 係裝配以輸出具有其為圓形或非圓形(例如：橢圓形、方形、矩形、三角形、星形、諸如多個部分的圓形或楔形之斷裂或以其他方式中斷的圓形、或任何任意的形狀)、或其任何組合之一個空間強度輪廓(當以正交於束路徑 116 的一個平面來評估)的雷射能量束。舉例來說，束成像系統 104 係可包括其具有至少一個圓形隙縫與至少一個非圓形隙縫之一個隙縫輪。

【0037】 在另一個實例中，束成像系統 104 係包括其沿著束路徑 116 而串聯配置的二個成像構件。在此實例中，該等成像構件的一者係可包括一個圓形隙縫(或經裝配以界定一個圓形隙縫)且該等成像構件的另一者係可包括一個非圓形隙縫(或經裝配以界定一個非圓形隙縫)。替代而言，二個成像構件係均可包括圓形隙縫，但可被裝配以使得當響應於一個校正命令而致動(參閱下文)，由該等成像構件所界定之圓形隙縫的中心係並非同軸。在此狀態，圓形隙縫係調變一個入射的雷射能量束之空間強度分佈輪廓，以輸出其具有一個非圓形、雙凸面的空間強度分佈輪廓之雷射能量束。

【0038】 在另一個實例中，束成像系統 104 係包括其沿著束路徑 116 而串聯配置的二個成像構件。在此實例中，該等成像構件的一者係可包括一個圓形隙縫(或經裝配以界定一個圓形隙縫)且該等成像構件的另一者係可包括一個非圓形隙縫(或經裝配以界定一個非圓形隙縫)。

【0039】 C.束定位器

【0040】 束定位器 106 係運作以使從束成像系統 104 之輸出而沿著束路徑 116 所傳播的雷射能量束繞射、反射、折射、或類似者或其任何組合，以便給予該束路徑 116 相對於掃描透鏡 110 之移動。概括而言，束定位器 106 係裝配以給予該束軸相對於工件 101 而沿著 X 與 Y 軸(或方向)之移動，俾使加工光點係可掃描、移動或用其他方式而定位在其(例如：從掃描透鏡 110)被投射到工件 101 的一個掃描場域內。雖然未圖示，X 軸(或 X 方向)係將瞭解以指稱其為正交於圖示的 Y 與 Z 軸(或方向)之一個軸(或方向)。

【0041】 束定位器 106 係可提供為一種微電子機械系統(MEMS, micro-electro-mechanical-system)鏡或鏡陣列、AO 偏向器(AOD, AO deflector)系統、電光學偏向器(EOD, electro-optic deflector)系統、快速操縱鏡(FSM, fast-steering mirror)元件(例如：納入一個壓電式致動器、電伸縮式致動器、音圈式致動器、等等)、檢流計鏡系統(例如：包括二個檢流計鏡構件，其中一個檢流計鏡構件係配置以給予該束軸相對於工件 101 沿著 X 方向之移動且另一個檢流計鏡構件係配置以給予該束軸相對於工件 101 沿著 Y 方向之移動)、或類似者或其任何組合。

【0042】 D.工件定位器

【0043】 工件定位器 108 係運作以相對於掃描透鏡 110 朝 X、Y 及/或 Z 方向而移動工件 101。因此，在工件定位器 108 係朝 X 及/或 Y 方向而移動工件 101 之情形下，工件定位器 108 係裝配以將該工件 101 的不同區域移動進出由掃描透鏡 110 所投射的掃描場域。在一個實施例中，工件定位器 108 係提供為一個或多個線性台(例如：各者係能夠將沿著 X、Y、及/或 Z

方向的平移移動給予到工件 101)、一個或多個旋轉台(例如：各者係能夠將關於平行於 X、Y 及/或 Z 方向之一軸的旋轉移動給予到工件 101)、或類似者或其任何組合。在一個實施例中，工件定位器 108 係包括：用於沿著 X 方向而移動工件 101 的一個 X 台、以及用於沿著 Y 方向而移動工件 101 且由 X 台所支撐(且因此可由 X 台而沿著 X 方向移動)的一個 Y 台。雷射加工系統 100 係可選用式包括一個夾頭(未顯示)，其耦接到工件定位器 108，工件 101 係可夾住、固定、支承、牢固或用其他方式所支撐到工件定位器 108。雖然未顯示，雷射加工系統 100 亦可包括其支撐工件定位器 108 之一個選用的底座。

【0044】 如到目前為止所述，雷射加工系統 100 係運用一種所謂的“堆疊(stacked)”定位系統，其中，諸如束定位器 106、掃描透鏡 110、等等的構件之位置係相對於工件 101 而在雷射加工系統 100 為保持靜止(例如：經由一個或多個支架、框架、等等，如在此技藝所習知)，工件 101 係經由工件定位器 108 而移動。在另一個實施例中，且雖然未顯示，一個或多個補充的定位器(例如：一個或多個線性、旋轉台、或類似者或其任何組合)係可提供以移動諸如束定位器 106、掃描透鏡 110、等等的一個或多個構件，且工件 101 係可保持靜止(在此情形，工件定位器 108 係可省略)。

【0045】 在又一個實施例中，雷射加工系統 100 係可運用一種分離軸(split-axis)定位系統，其中，諸如束定位器 106、掃描透鏡 110、等等的一個或多個構件係可由一個或多個補充的定位器(未顯示)來定位。在該實施例中，一個或多個線性或旋轉台係配置且裝配以移動諸如束定位器 106、第二定位器 108、掃描透鏡 110、等等的一個或多個構件，且工件定位器 108 係

配置且裝配以移動該工件 101。可裨益或有利地運用在雷射加工系統 100 之分離軸定位系統的一些實例係包括在美國專利第 5,751,585 號、第 5,798,927 號、第 5,847,960 號、第 6,706,999 號、第 7,605,343 號、第 8,680,430 號、第 8,847,113 號、或在美國專利申請案公告第 2014/0083983 號中所揭示者、或其任何組合，其各者係整體以參照方式而納入本文。

【0046】 在另一個實施例中，諸如束定位器 106、掃描透鏡 110、等的一個或多個構件係可由一個鉸接式、多軸的機械手臂(例如：一個 2-、3-、4-、5-、或 6-軸的手臂)所承載。在該實施例中，束定位器 106 及/或掃描透鏡 110 係可選用式承載作為機械手臂之一個末端執行器。在又一個實施例中，工件 101 係可直接承載在一個鉸接式、多軸的機械手臂之一個末端執行器(即：沒有工件定位器 108 的情況下)。在再一個實施例中，工件定位器 108 係可承載在一個鉸接式、多軸的機械手臂之一個末端執行器。

【0047】 D.掃描透鏡

【0048】 掃描透鏡 110 (例如：經提供為一個簡單透鏡、或一個複合透鏡)係概括裝配以將雷射能量聚焦指向沿著束路徑 116，以便產生一個束腰部。掃描透鏡 110 係可提供為一種 $f-\theta$ 透鏡、遠心透鏡、旋轉三稜鏡(axicon)透鏡、或類似者或其任何組合。在一個實施例中，掃描透鏡 110 係提供為一種固定焦距的透鏡且被耦合到一個透鏡致動器(未顯示)，其裝配以移動該掃描透鏡 110 (例如：以便改變沿著束軸之束腰部的位置)。舉例來說，透鏡致動器係可提供為一個音圈，其裝配以沿著 Z 方向而將掃描透鏡 110 線性平移。在另一個實施例中，掃描透鏡 110 係提供為一種可變焦距的透鏡(例如：一種變焦透鏡、或一種所謂的“液體透鏡”，其納入由 COGNEX、

VARIOPTIC、等等所目前提供的技術)，其能夠被致動(例如：經由一個透鏡致動器)以改變沿著束軸之束腰部的位置。

【0049】 E.控制器

【0050】 概括而言，控制器 112 係連通式耦合(例如：透過諸如 USB、乙太網路(Ethernet)、火線(Firewire)、Wi-Fi、RFID、NFC、藍芽(Bluetooth)、Li-Fi、或類似者或其任何組合之一個或多個有線或無線的通訊鏈路)到雷射加工系統 100 的一個或多個構件，諸如：雷射源 102、束定位器 106、工件定位器 108、透鏡致動器、等等，且其因此為響應於由控制器 112 所輸出的一個或多個控制訊號而運作。

【0051】 概括而言，控制器 112 係包括一個或多個處理器，其經裝配以在執行指令時而產生控制訊號。一個處理器係可經提供為一個可程式的處理器(例如：包括一個或多個通用電腦處理器、微處理器、數位訊號處理器、或類似者或其任何組合)，其經裝配以執行指令。可由處理器所執行的指令係可實施為軟體、韌體、等等、或是任何適合形式的電路，其包括：可程式邏輯裝置(PLD, programmable logic device)、現場可程式閘陣列(FPGA, field-programmable gate array)、現場可程式物件陣列(FPOA, field-programmable object array)、特定應用積體電路(ASIC, application-specific integrated circuit)(其包括數位、類比與混合式類比/數位電路)、或類似者、或其任何組合。指令之執行係可實行在一個處理器上、分佈在處理器之間、跨於在一個裝置內的處理器或跨於裝置的一個網路而作成並行，或類似者或其任何組合。

【0052】 在一個實施例中，控制器 112 係包括有形媒體，諸如：電腦記憶體，其係可由處理器所存取(例如：經由一個或多個有線或無線的通訊

鏈路)。如在本文所使用，“電腦記憶體”係包括磁性媒體(例如：磁帶、硬碟機、等等)、光碟、依電性或非依電性的半導體記憶體(例如：RAM、ROM、NAND 型式的快閃記憶體、NOR 型式的快閃記憶體、SONOS 記憶體、等等)，且可為區域、遠距(例如：跨於一個網路)或其組合而存取。概括而言，該等指令係可儲存為電腦軟體(例如：可執行的碼、檔案、指令、等等、程式庫檔案、等等)，從本文所提供的說明而可易於由技術人員所創作，例如：以 C、C++、Visual Basic、Java、Python、Tel、Perl、Scheme、Ruby、等等所撰寫。電腦軟體係通常儲存在由電腦記憶體所載運的一個或多個資料結構中。

【0053】 雖然未顯示，一個或多個驅動器(例如：RF 驅動器、伺服驅動器、線路驅動器、電源、等等)係可連通式耦合到諸如雷射源 102、束定位器 106、第二定位器 108、工件定位器 108、透鏡致動器、等等之一個或多個構件的一個輸入。在一個實施例中，各個驅動器係典型包括一個輸入，控制器 112 係連通式耦合到該輸入，且控制器 112 係因此操作以產生一個或多個控制訊號(例如：觸發訊號、等等)，其可被傳送到關聯於雷射加工系統 100 的一個或多個構件之一個或多個驅動器的輸入。因此，諸如雷射源 102、束定位器 106、第二定位器 108、第三定位器、透鏡致動器、等等之構件係響應於由控制器 112 所產生的控制訊號。

【0054】 在另一個實施例中，且雖然未顯示，一個或多個另外的控制器(例如：特定構件的控制器)係可選用式為連通式耦合到一個驅動器的一個輸入，該驅動器係連通式耦合到諸如雷射源 102、束定位器 106、工件定位器 108、透鏡致動器、等等之一個構件(且因此為關聯於該構件)。在此實施例中，各個特定構件的控制器係可連通式耦合到控制器 112 且運作以響應

於從控制器 112 所接收的一個或多個控制訊號而產生一個或多個控制訊號(例如：觸發訊號、等等)，其可被傳送到經連通式耦合到之驅動器的輸入。在此實施例中，一個特定構件的控制器係可如關於控制器 112 所類似描述而裝配。

【0055】 在其中一個或多個特定構件的控制器係提供之另一個實施例中，關聯於一個構件(例如：雷射源 102)之特定構件的控制器係連通式耦合到其關聯於一個構件(例如：束定位器 106、等等)之特定構件的控制器。在此實施例中，該等特定構件的控制器之一者或多者係可響應於從一個或多個其他特定構件的控制器所接收的一個或多個控制訊號而產生一個或多個控制訊號(例如：觸發訊號、等等)。

【0056】 E.相機

【0057】 當經包括在雷射加工系統 100 之中，相機 114 係概括裝配以捕捉工件 101 的影像且將其代表所捕捉影像的影像資料傳送到控制器 112。相機 114 係可提供為一種數位相機(例如：CCD 相機、CMOS 相機、或類似者或其任何組合)，且可被裝配及配置以俾使相機 114 的一個視野係完全位在掃描場域之外。在另一個實施例中，相機 114 係裝配及配置以俾使相機 114 的視野係完全位在掃描場域之內。在又一個實施例中，相機 114 係裝配及配置以俾使相機 114 的視野係僅部分為位在掃描場域之內。當相機 114 的視野係完全位在掃描場域之外(或僅部分為位在掃描場域之內)，工件定位器 108 係可裝配以定位該工件 101 的任何區域，其為能夠被定位在掃描場域之內，在相機 114 的視野之內。

【0058】 III.關於像平面定位之實施例

【0059】 當工件表面 101a 係位在其關聯於束成像系統 104 的一個或多個成像構件(例如：一個或多個隙縫、遮罩、等等)之一個像平面，照射在工件表面 101a 之加工光點的形狀係將相同於(或至少類似於)由束成像系統 104 所輸出之雷射能量束的形狀。概括而言，像平面係在一個預加工或校正步驟期間所定位。在該像平面係定位之後，雷射加工系統 100 係調整以將工件表面 101a 固定在該像平面且工件 101 係如所期望而加工。

【0060】 為了定位該像平面，使用者係藉由加工該工件 101 以在其中形成多個測試型樣(例如：藉由將一個成像的雷射能量束遞送到在工件 101 的一個或多個加工光點)而進行實驗。概括而言，遞送的雷射能量束之特性係選擇或用其他方式設定以便在該加工光點或附近來將工件 101 (或其一個構件)剝蝕、熔化、褪色等等。在像平面定位過程期間，束成像系統 104 的一個操作係受控制(例如：手動或經由控制器 112)以通過其具有形狀為非圓形(當在其為正交於束路徑 116 的一個平面所視)的調變空間強度輪廓(亦稱為一個“測試空間強度輪廓”)之一個雷射能量束。測試空間強度輪廓係可具有任何適合的非圓形的形狀(例如：橢圓形、方形、矩形、三角形、新月形、半圓形、製鞋刀(arbelos)形、星形、等等、或任何任意的形狀)。之後，雷射源 102 以及束定位器 106 與工件定位器 108 的一者或多者之操作係受到控制(例如：藉由控制器 112)以形成在工件 101 的一個測試型樣。

【0061】 在像平面定位過程期間，多個測試型樣係形成，各者係在工件表面 101a 與掃描透鏡 110 之間的不同距離(亦在本文稱為一個“加工距離”)。在各個測試型樣係形成之前，加工距離係可藉由(例如：手動或經由控制器 112)致動或控制工件定位器 108、一個補充定位器、或其任何組合之

操作而(遞增或用其他方式)調整以沿著 Z 軸而重新定位工件 101、掃描透鏡 110、或其組合。在一個實施例中，加工距離係可調整於 2 mm 的一段距離、於 1.5 mm 的一段距離、於 1.2 mm 的一段距離、於 1 mm 的一段距離、於 0.5 mm 的一段距離、或類似者。因此，測試型樣係可特徵為形成在工件 101，於一組的加工距離，其包括或否則為偏離一個參考距離。如在本文所使用，“參考距離”係可指該掃描透鏡 110 的運作距離(即：當工件表面 101a 係在掃描透鏡 110 的聚焦平面時而在掃描透鏡 110 的前緣與工件表面 101a 之間的距離)、相機 114 的焦距、在掃描透鏡 110 與工件表面 101a 之間的距離(如由一個距離感測器、著陸感測器、等等所記錄)、或類似者，或是可用其他方式而為從其所導出。

【0062】 概括而言，各個測試型樣係形成在工件 101 的一個不同區域以利於隨後的視覺分析與其比較。在一個實施例中，各個測試型樣被形成在其處的區域係對應於該測試型樣在像平面定位過程期間所形成的順序。舉例來說，在像平面定位過程期間所形成的測試型樣係可配置在一個 $m \times n$ 陣列的工件區域內(其中， m 與 n 係整數， $m \geq 1$ 且 $n > 1$ ，且各自的區域係由有序對 (m, n) 所識別)，且第一個測試型樣係可形成在該陣列的區域 $(1, 1)$ ，第二個測試型樣係可形成在該陣列的區域 $(1, 2)$ ，諸如此類。因此，在該陣列內的一個特定測試型樣之定位係指示一個特定的加工距離。

【0063】 在一個實施例中，使用者係可執行一個像平面定位過程(例如：經由其連通式耦合到控制器 112 的一個使用者輸入裝置(未顯示)來提供一個指令以進行此舉)。使用者輸入裝置係可為一種鍵盤、電腦滑鼠、觸控螢幕、等等。在收到來自該使用者的一個指令之時，控制器 112 係可控制

雷射源 102、束成像系統 104、束定位系統 106、工件定位系統 108、一個或多個補充定位器、或類似者或其任何組合的一者或多者之操作以形成在工件 101 之中的多個測試型樣。經常，此等參考距離係將(至多)離開該像平面為數毫米。

【0064】 在形成複數個測試型樣之後，使用者係可(例如：視覺)檢查該等測試型樣以確定哪個測試型樣含有其具有形狀為最接近類似於束成像系統 104 所選擇之隙縫的非圓形形狀之一個特徵。概括而言，照射在工件表面 101a 之加工光點的形狀(且因此為形成在工件 101 之特徵的形狀)係將接近類似於測試空間強度輪廓的形狀，若該特徵係當工件表面 101a 被包含在該隙縫的像平面而形成。若工件表面 101a 係位在遠離該像平面，加工光點的形狀(且因此為形成在工件 101 之特徵的形狀)係不會接近類似於測試空間強度輪廓的形狀。在一些情形，經照射在其位在充分遠離該像平面的一個工件表面 101a 之加工光點的形狀(且因此為形成在工件 101 之特徵的形狀)係不論該測試空間強度輪廓的形狀而為圓形。藉由評估該加工光點的形狀或其形成在加工光點之特徵的形狀，隙縫的像平面係可容易且快速定位，無須如上所述而模擬該束輪廓或估測 Δz 。

【0065】 一旦其含有具有形狀為最接近類似於所選擇隙縫的非圓形形狀之特徵的測試型樣係識別，使用者係可設定該加工距離，藉由(例如：手動或經由控制器 112)致動或用其他方式控制該工件定位器 108、一個補充定位器、或其任何組合之操作而重新定位該工件 101、掃描透鏡 110、或其組合為沿著 Z 軸以將工件表面 101a 放置在束成像系統 104 的像平面之內。之後，束成像系統 104 的一個操作係可(例如：經由控制器 112)控制而通過

一個雷射能量束，其具有一個未調變的空間強度輪廓或不同於該測試調變的空間強度輪廓之一個調變的空間強度輪廓(亦在本文稱為一個“加工空間強度輪廓”)。概括而言，加工空間強度輪廓係將為圓形，但是可替代為非圓形(例如：橢圓形、方形、矩形、三角形、新月形、半圓形、製鞋刀形、星形、等等、或任何任意的形狀、等等)，只要該加工空間強度輪廓係不同於測試空間強度輪廓。在另一個實施例中，該加工空間強度輪廓係可相同於測試空間強度輪廓。之後，雷射源 102 以及束定位器 106 與工件定位器 108 的一者或多者之操作係控制(例如：藉由控制器 112)以加工該工件 101，令該工件表面 101a 被放置在像平面。可經實行之示範的加工係包括：衝擊鑽孔技術(例如：運用單一個雷射脈衝或多個雷射脈衝以在諸如 PCB 的一個工件來鑽出一個通孔)。

【0066】 如上文所論述，使用者係承擔責任來視覺檢查在像平面定位過程期間所形成的測試型樣。在另一個實施例中，視覺檢查係可為以演算法來實行。舉例來說，相機 114 係可捕捉測試型樣的影像且產生其代表所捕捉的影像之影像資料。該影像資料係可傳送到控制器 112 且在其處理以確定哪個測試型樣含有其具有形狀為最接近類似於該束成像系統 104 在像平面定位過程期間所設定的隙縫者之一個特徵。影像資料係可用任何適合方式來處理以進行此舉。可經運用之示範的處理技術係包括：標度不變的特徵變換(SIFT, Scale-Invariant Feature Transform)、加速的強健特徵(SURF, Speeded-Up Robust Features)、梯度定位與方位的直方圖(GLOH, Gradient Location and Orientation Histogram)、定向梯度的直方圖(HOG, Histogram of Oriented Gradients)、或類似者或其任何組合。具有特徵其形狀為

最接近類似於束成像系統 104 所設定的隙縫之測試型樣(例如：在諸如上文論述的 $m \times n$ 陣列之一個陣列內)的定位係識別，且關聯於識別的定位之加工距離係設定(藉由控制器 112)為像平面所位在處之相距該掃描透鏡 110 的距離。控制器 112 係可接著控制工件定位器 108、一個補充定位器、或其任何組合之一個操作而重新定位該工件 101、掃描透鏡 110、或其組合以將工件表面 101a 放置在束成像系統 104 的像平面之內。

【0067】 在以上的實施例中，在校正步驟期間所初始加工的工件 101 係相同於在校正步驟後所加工(例如：在其中鑽出一個通孔、等等)的工件 101。然而，在另一個實施例中，在校正步驟期間所初始加工的工件 101 (亦在本文稱為一個“校正工件”)係可從工件定位器 108 所移除且一個新的工件 101 (亦在本文稱為一個“加工工件”)係可安裝到工件定位器 108 以供加工(例如：在其中鑽出一個通孔)。在此實施例中，校正工件係如同加工工件的相同(或至少實質相同)厚度，或該等校正與加工工件的厚度係不同。若加工工件的厚度係不同於校正工件的厚度，工件定位器 108、一個補充定位器、或其任何組合係可致動或用其他方式控制(例如：手動或經由控制器 112)而重新定位該加工工件 101、掃描透鏡 110、或其組合為沿著 Z 軸以補償在厚度的差異且將該加工工件的工件表面 101a 放置在該束成像系統 104 的像平面之內。

【0068】 鑒於上文，應認知的是，上文所論述的該種雷射加工系統與像平面定位過程係提供諸多的優點。舉例來說，該像平面定位過程係直接尋找像平面，免除要找到最小光點尺寸的平面之需求。找到對於一個圓形光點之最小光點尺寸的平面係僅為一個中間步驟，且找到該最小光點尺寸

之過程係有點主觀—不僅是因為在剝蝕坑洞中所形成之一個特徵的形狀係變化不多，而且還因為特徵的幾何特性(例如：尺寸、深度、等等)亦取決於雷射能量。僅為直接尋找該像平面係節省時間且降低誤差。因為該像平面係直接定位，沒有必要實行該束輪廓之複雜且耗時的模擬以估測 Δz 。

【0069】 IV.結論

【0070】 前文係說明本發明的實施例與實例，而並非被視為其限制。雖然一些特定的實施例與實例係已經關於圖式而描述，熟習此技藝人士係將易於理解的是，對於揭示的實施例與實例之諸多修改、以及其他實施例係在未實質脫離本發明的新穎揭示內容與優點之情況下而為可能。是以，所有該等修改係意圖被包括在如申請專利範圍所界定之本發明的範疇內。舉例來說，熟習此技藝人士係將理解的是，任何句子、段落、實例或實施例之標的係可和一些或所有其他句子、段落、實例或實施例之標的相結合，除了在該等結合係相互排斥之外。因此，本發明之範疇係應由以下的申請專利範圍所確定，且該等申請專利範圍之等效者係包括在其中。

【符號說明】

【0071】

- 100 雷射加工系統
- 101 工件
- 101a 工件表面
- 102 雷射源
- 104 束成像系統
- 106 束定位器

108 工件定位器

110 掃描透鏡

112 控制器

114 相機

116 束路徑

申請專利範圍

1. 一種使用雷射加工系統來加工工件之方法，該雷射加工系統係具有一個掃描透鏡，該方法係包含：
產生一個第一雷射能量束，其特徵為第一空間強度分佈係具有當朝正交於該雷射能量束沿著其所傳播的一個路徑之一個平面所視時而在該束的焦點之一個非圓形的周邊形狀；
使用該第一雷射能量束來加工一個第一工件；
該加工係包含在該第一工件中形成複數個特徵，其中在該複數個特徵的一者之形成期間而在該掃描透鏡與該第一工件之間的第一距離係不同於在該複數個特徵的至少一個其他者之形成期間而在該掃描透鏡與該第一工件之間的第二距離；
確定該複數個特徵的何者具有一個形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀；
設定一個加工距離為在其具有形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀的該特徵之形成期間而在該掃描透鏡與該第一工件之間的距離；
確定一個成像平面為在從該掃描透鏡到正交於該雷射能量束沿著其所傳播的路徑之一個平面的加工距離之一個平面；
配置一個第二工件的一個表面為實質在該像平面；
產生一個第二雷射能量束以形成一個調變的雷射能量束，其特徵為不同於該第一空間強度分佈的第二空間強度分佈；且
使用其特徵為該第二空間強度分佈之該調變的雷射能量束來加工配置

在該像平面之第二工件的表面。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中在該束的焦點之該第二空間強度分佈周邊形狀係圓形。
3. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中在該束的焦點之該第一空間強度分佈周邊形狀係選自橢圓形、方形、矩形、三角形、新月形、半圓形、製鞋刀形、星形。
4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中確定該複數個特徵的何者具有一個形狀為最接近類似於該第一空間強度分佈的形狀係更包含：
捕捉該該複數個特徵的影像且產生其代表該捕捉的影像之影像資料；
將該影像資料傳送到一個控制器；且
由該控制器來處理該影像資料。
5. 如申請專利範圍第 4 項之方法，其更包含：該影像捕捉係藉由一個相機。
6. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第二工件係該第一工件。
7. 一種用於雷射加工基板之裝置，其包含：
一個雷射源；
一個束成像系統，該束成像系統係適以產生一個第一雷射能量束，其特徵為第一空間強度分佈係具有當朝正交於該雷射能量束沿著其所傳播的一個路徑之一個平面所視時而在該束的焦點之一個非圓形的周邊形狀，且該束成像系統係適以產生一個第二雷射能量束以形成一個調變的雷射能量束，其特徵為不同於該第一空間強度分佈的第二空間強度分佈；

一個束定位器；

一個掃描透鏡；

一個工件定位器；

從該工件定位器到該掃描透鏡之正交的距離係可變；及

一個工件，其具有複數個特徵，該等特徵係具有從該第一空間強度分佈且分別從彼此而發散的形狀，依據在該複數個特徵各者之形成期間而從該工件到該掃描透鏡之正交的距離。

圖式

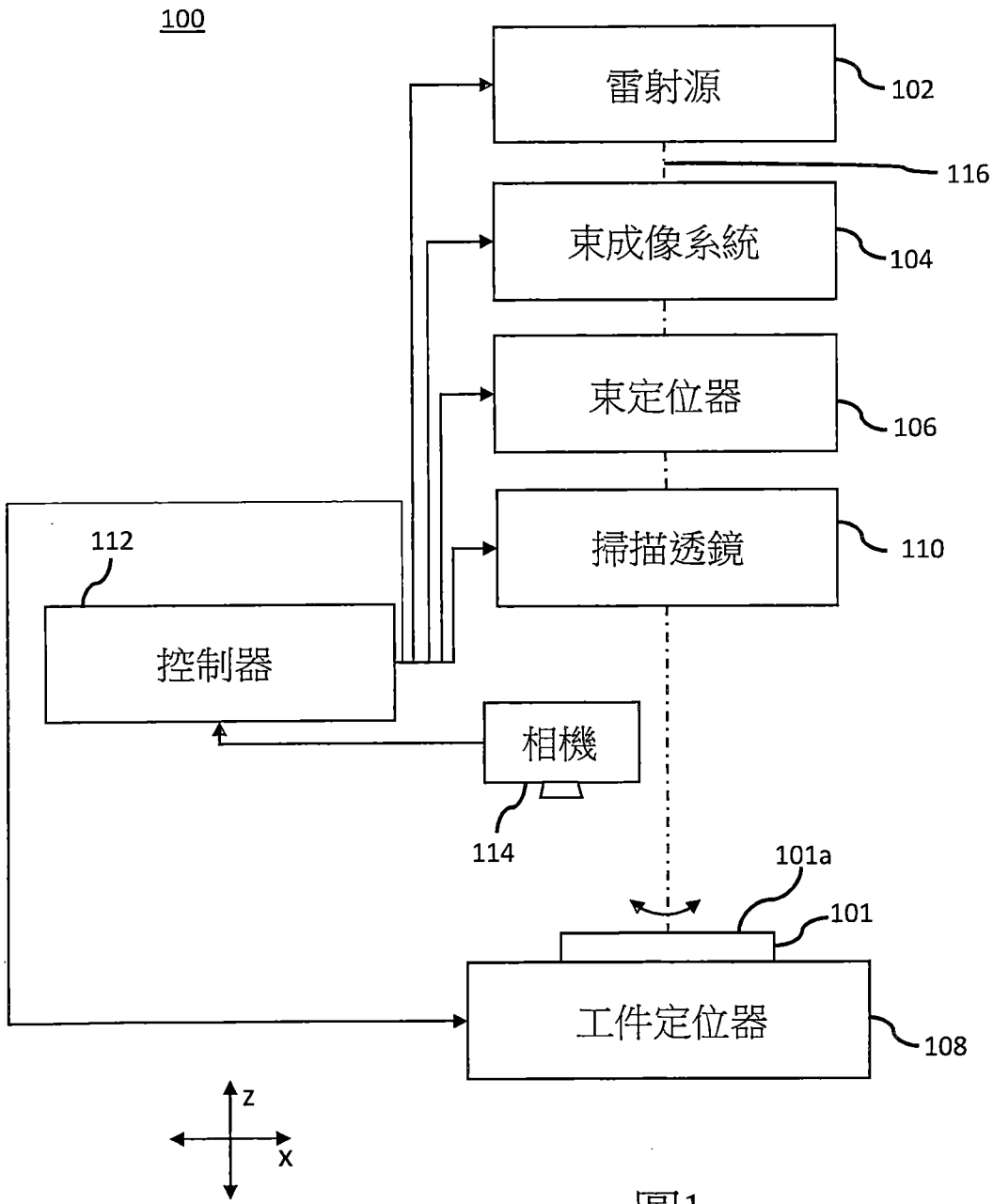


圖1