201519980

(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 201519980 A

(43)公開日： 中華民國 104 (2015) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：103126074 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 07 月 30 日

(51)Int. Cl.： *B23K26/00 (2014.01)* *B23K26/50 (2014.01)*
H01L21/02 (2006.01) *H01L21/78 (2006.01)*

(30)優先權：2013/08/02 美國 61/861,880

(71)申請人：柔芬新拿科技公司 (美國) ROFIN-SINAR TECHNOLOGIES INC. (US)
美國

(72)發明人：荷西尼 阿巴斯 HOSSEINI, S. ABBAS (CA)

(74)代理人：俞大衛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：24 項 圖式數：21 共 123 頁

(54)名稱

於透明材料內部施行雷射絲化之系統

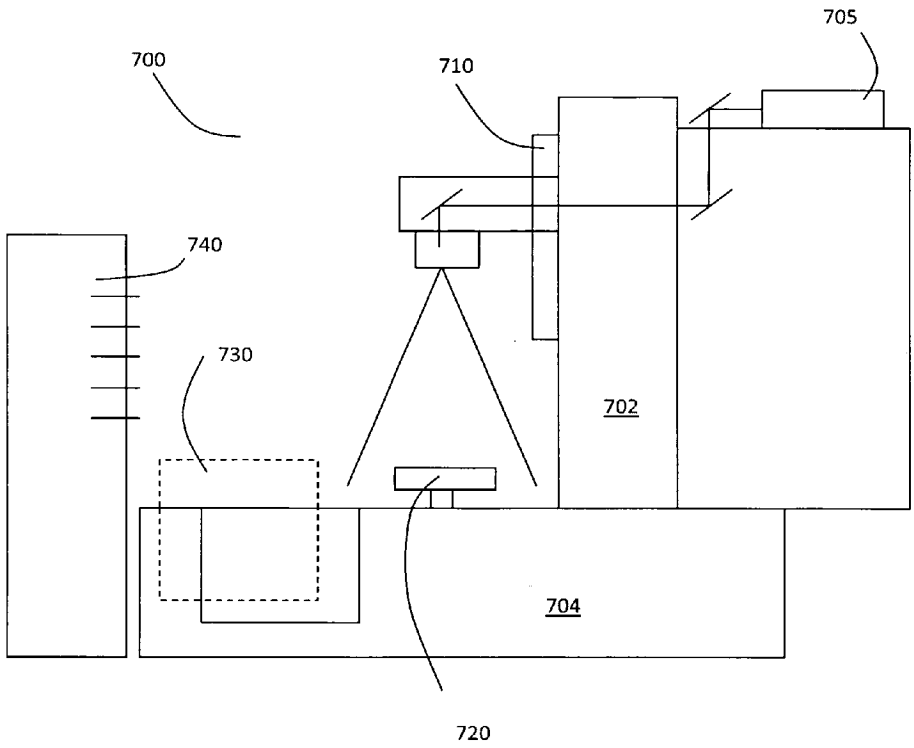
SYSTEM FOR PERFORMING LASER FILAMENTATION WITHIN TRANSPARENT MATERIALS

(57)摘要

本發明揭露一種用以在透明材料中形成連續性雷射光絲之系統。將一種超快雷射脈衝叢波聚焦，使得一光束腰部形成在所處理材料之外部，且不會形成一外電漿通道，同時在不會造成在該材料內部光學崩解之情況下，在該材料內部的一延伸區域內形成一足夠能量密度，以支持一連續性光絲的形成。根據這方法所形成的光絲可延伸超過 10 毫米。在某些實施例中，使用一像差光學聚焦元件來產生一外光束腰部，同時在該材料內產生該入射光束之分散式聚焦。本發明所述之各種系統有助於在透明基板內形成多數光絲陣列，以便進行分裂/分割及/或標記。該等光絲之光學監測可以被使用來提供回饋，以便主動控制該程序。

Systems and methods are described for forming continuous laser filaments in transparent materials. A burst of ultrafast laser pulses is focused such that a beam waist is formed external to the material being processed without forming an external plasma channel, while a sufficient energy density is formed within an extended region within the material to support the formation of a continuous filament, without causing optical breakdown within the material. Filaments formed according to this method may exhibit lengths exceeding 10 mm. In some embodiments, an aberrated optical focusing element is employed to produce an external beam waist while producing distributed focusing of the incident beam within the material. Various systems are described that facilitate the formation of filament arrays within transparent substrates for cleaving/singulation and/or marking. Optical monitoring of the filaments may be employed to provide feedback to facilitate active control of the process.

TW 201519980 A



700・・・雷射系統
702・・・花崗岩豎板
704・・・花崗岩底座
705・・・雷射
710・・・Z 軸馬達
(驅動器)
720・・・平台
730・・・計量裝置
740・・・處理裝置

圖 9

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）

於透明材料內部施行雷射絲化之系統

SYSTEM FOR PERFORMING LASER FILAMENTATION WITHIN TRANSPARENT MATERIALS

【技術領域】

【0001】 本發明係屬於透明材料內部雷射絲化之領域。

【先前技術】

【0002】 本發明所揭示之內容，係有關於材料之雷射處理的系統。特別係有關於用以分割及/或分裂以該材料製作之包含被動或主動電子元件或電子裝置之晶圓、基板與平板的系統與方法。

【0003】 在目前半導體製程中，晶圓或玻璃面板之分割、切片、刻劃、分裂、切割、及刻面處理皆為一關鍵處理步驟，就LED、LED裝置(例如：發光總成)與照明裝置(例如：LED顯示器)使用到達每秒30公分之速度之某些例子而言，該步驟通常係取決於鑽石或習知燒蝕或擊穿(隱形)雷射刻劃及切割。

【0004】 於鑽石切割過程中，當鑽石切割完成後，機械滾輪施加應力以傳播裂縫而分裂該樣品。此過程會造成劣質的邊緣、微裂縫、寬的切口寬度，以及大量碎屑，這對產品壽命、效益、品質及可靠度而言是主要的缺點，同時亦會招致額外的清潔與拋光等步驟。用以操作鑽石刻劃器之去離子化水的成本高於擁有該刻劃器之成本，且該技術並不環保，理由在於此舉會導致水被污染且需要再加工，而使得生產成本再增加。

【0005】 現行開發之雷射燒蝕加工已用在分割、切片、刻劃、分裂、切割，及刻面處理，以克服有關鑽石切割的一些限制。然而不幸的是，現行已知的雷射處理方法仍存有一些缺失，特別是對於透明材料而言，例如：加工速度緩慢、形成裂縫、因燒蝕碎屑產生污染、及中等尺寸的切口寬度。此外，在雷射交互作用期間之熱傳導會導致大區域之附帶性熱損害(即熱影響區)。

【0006】 藉由選擇具有可被介質強力吸收之波長的雷射(例如，如深紫外光之準分子雷射或遠紅外線二氧化碳雷射)，可用以改善雷射燒蝕過程。然而，由於受到此物理性燒蝕過程中固有的激烈互動，無法避免上述缺失。這可藉由在某些LED的應用中紫外光處理之失敗而充分說明，其中損害已迫使業界將重心放在習知劃片與裂片且接著蝕刻，以移除依據所使用之特定解決技術方案，由燒蝕刻劃或鑽石刻劃工具殘留之受損區域。

【0007】 另一方面，雷射燒蝕亦可藉由降低雷射脈衝之時間而在透明介質之表面得到改善。這對可穿透此處理介質內部之雷射而言係屬特別有利。當聚焦在透明材料上或其內部時，高雷射強度誘發非線性吸收效應而提供可控制之動態不透光率以便精確地沉積適當雷射能量在由聚焦量所界定之少量材料內。雷射脈衝之短時間進一步提供多個優於克服雷射脈衝之較長時間的優點，例如避免電漿產生及因此產生之電漿反射，藉此可透過在極短時間範圍之雷射脈衝期間少量熱擴散與其他熱傳輸效應而減少附帶之損害。

【0008】 因此，飛秒與皮秒之雷射燒蝕在不透明與透明兩者材料之加工方面提供顯著之益處。然而，一般而言，即使具有短如數十至數百飛秒

脈衝之透明材料加工，亦會與鄰近雷射形成之切口、孔口或溝槽之粗糙表面、緩慢效能與微裂縫的形成有關，這對像氧化鋁(Al2O3)、玻璃、摻雜介電質與光學晶體等之脆性材料而言尤其是個問題。此外，燒蝕碎屑將污染鄰近樣本及周遭裝置與表面。最近，已在日本討論利用多道飛秒之切割的一光纖雷射方法。此方法之缺點是需要進行多道切割且因而導致偏低之處理生產量。

【0009】 縱然，如上所述，雷射處理已成功克服眾多有關鑽石切割之限制，但是新材料的組成卻使晶圓與面板無法被雷射所刻劃。甚且，裝置之尺寸與晶圓上晶粒愈來愈小且彼此更接近，這樣的設計更限制了鑽石與習知以雷射為主的切割技藝。譬如，30微米是一種可行的刻劃寬度，但是15微米對這些習知技藝而言則有困難。甚至，當鑽石刻劃使用機械力來刻劃該基板時，卻很難用來刻劃較薄的樣本。由於以晶圓為主之裝置製程使用愈來愈多的外來與複雜之材料堆疊體，先前使用之雷射刻劃技術因該堆疊體不透明性而根本不再奏效。

【發明內容】

【0010】 本專利申請案主張2013年8月2日申請之美國臨時專利申請案第61861880號的優先權。在此引用2013年8月2日申請之美國臨時專利申請案第61861880號之全文以供參考。

【0011】 本發明所述之系統與方法，係在透明材料內形成連續性雷射光絲。將一種超快雷射脈衝叢波聚焦，而使一光束腰部形成在所處理材料之外部，進而使一主要聚焦不會形成在該材料之內部，同時在不會造成在該材料內部光學崩解之情況下，在該材料內部的一延伸區域內形成一足夠

能量密度以支持一連續性光絲的形成。根據本發明所述之方法所形成的光絲可在該修改區之長度上以1:1對應性具有高達10毫米之長度(位於該區內之光絲為修改之介質，故該修改區以1:1配合該光絲之長度)且當以長軸橫截面觀之時呈無錐狀輪廓。在某些實施例中，運用一未校正或像差光學聚焦元件以產生一外部光束腰部，且同時在該材料內部產生入射光束之分散聚焦。本說明書將說明有助於在透明基板內部形成光絲陣列之用以分裂/分割及/或標記的各式系統。該等光絲的光學監測可用以提供反饋以促進該程序之主動控制。

【0012】 因此，本發明的第一方面，是提供一種以雷射處理一透明材料之方法，該方法包括：

提供包含一雷射脈衝叢波之一雷射光束；及

相對於該透明材料外部地聚焦該雷射光束而形成一光束腰部在一位置，該位置係位於該透明材料外部且同時可避免一外部電漿通道之生成；

其中該等雷射脈衝係被聚焦而使一足夠能量密度得以在該透明材料內部維持，以在其內形成一連續性雷射光絲而不會造成光學崩解。

【0013】 在本發明的另一方面，提供一種處理一透明材料之方法，該方法包括以下步驟：

提供一雷射光束，該雷射光束具有複數個叢波且該各叢波包括複數個脈衝；

在該透明材料的外部產生該雷射光束的一初始腰部；

產生一弱聚焦之雷射光束，其分布在該透明材料的內部；及

在該透明材料內部產生一在空間上延伸且在空間上均勻分布的光絲。

【0014】 在本發明的又一方面，提供一種處理一透明材料之方法，該透明材料具有形成在該透明材料之一表面內或上的一金屬層，該雷射光束為一形成光絲之雷射光束，該方法包含以下步驟：

在該透明材料內部形成該連續性雷射光絲之前：

降低該光絲所形成之雷射光束的功率低於在該透明材料內部形成一光絲所需的臨界值，同時維持足以燒蝕該金屬層之功率，藉此提供包含有一雷射脈衝叢波之一低功率雷射光束；及

以該低功率雷射光束照射在該金屬層之一或一以上位置，使得該金屬層被該雷射光束局部地燒蝕以致在該金屬層內部生成一或一以上燒蝕標記。

【0015】 在本發明的再一方面，提供一種透明材料，其具有一連續性雷射光絲形成其內，該連續性雷射光絲具有一超過大約1毫米之長度。

【0016】 在本發明的又一方面，提供一種透明基板，其具有一後分裂或後分割之斷裂強度，且該斷裂強度超過大約50百萬帕斯卡(Mpa)。

【0017】 在本發明的再一方面，提供一種以雷射處理一透明材料之系統，該系統包含：

一雷射光源，係組配成提供包含多個雷射脈衝叢波之一雷射光束；

一或一以上聚焦元件，係組配成相對於該透明材料外部地聚焦該雷射光束而在一位置形成一光束腰部，該位置係位於該透明材料之外部且同時可避免生成一外部電漿通道與多數內部電漿中心，其中該雷射光源及該一或一以上聚焦元件係組配成在該透明材料內部產生一足夠能

量密度以在其內形成一連續性雷射光絲而且不會造成光學崩解；

用以改變該雷射光束與該透明材料之間的一相對位置之裝置；

一控制與處理單元，係與用以改變該雷射光束與該透明材料之間的該相對位置之該裝置作動地耦合，其中該控制與處理單元係組配成控制該雷射光束與該透明材料之間的該相對位置以在該透明材料內部生成一陣列之連續性雷射光絲。

【0018】 本發明所揭露之功能與有利特性之進一步了解可藉由參閱以下詳細說明及圖式而達成。

【圖式簡單說明】

以下將只藉由舉例，參照圖式說明本發明揭露之實施例，其中：

【0019】 圖1(a)至(e)顯示用以形成光絲之各種光學組態。圖1(a)與(b)顯示使用先前已知的方法形成光絲，該等方法包括在材料內部形成一光束腰部。圖1(c)至(e)顯示各種實施例，其中長均勻光絲係藉由聚焦光束能量形成，使得其“集堆”成該靶材材料之上方及/或下方的一聚焦(形成一“光學儲槽”)，以便調節通入所要光絲區之能量。

【0020】 圖1(f)係根據本發明在此揭示的一方法形成光絲之影像例，顯示具有均勻且連續輪廓之一空間地延伸之光絲的形成，其中在該材料內部之深度與位置係由該光束聚焦之相對定位(各光絲對應於一25微米之垂直偏移量)決定。

【0021】 圖1(g)係一玻璃樣本之顯微鏡影像，顯示在隱形切割與絲化處理方法之間的差異。

【0022】 圖2(a)與(b)係顯示(a)數毫米至數十毫米之等級之長光絲

區；同時(b)係顯示光束可穿過多數中間層而不損及它們之能力。

【0023】 圖3顯示使用一掃描器之一透鏡配置例。使用一習知掃描透鏡(如遠心或其他透鏡)，其包括置於掃描器之前或之後的補正板。本實施例可在彎曲路徑上進行協調運動與定速處理。

【0024】 圖4顯示類似圖3所示之一實施例，使用一專業掃描透鏡(如遠心或非遠心透鏡)而不需補正板。

【0025】 圖5(a)至(e)顯示一叢波脈衝串之特徵例。在某些實施例中，可控制介於子脈衝與叢波波封之間的間距，且可控制在叢波脈衝串中之脈衝數。

【0026】 圖6顯示本發明所揭示之方法產生具有彎曲邊緣與形狀之部件的能力，該等彎曲邊緣與形狀係藉由在靶材材料上導出路徑以產生所要形狀而形成。藉由合適選擇系統組件可達成該等光絲之位置與方位的隨意控制。

【0027】 圖7(a)係用以實施本發明在此揭露之方法之一裝置例的示意布局圖，且其中該系統包括一平台(stage)、一掃描器、一透鏡陣列、及伺服控制之XYZ定位器。

【0028】 圖7(b)係一控制與處理系統例之方塊圖。

【0029】 圖8(a)與8(b)顯示在一實施例中相對該被處理部件之軸關係，顯示可如何使用(a)非遠心透鏡與(b)遠心透鏡控制該裝置以處理一寬陣列基板的形狀與方位。

【0030】 圖8(c)顯示一實施例，其中支撐該被處理材料之該平台旋轉以製成多個彎曲光絲。

【0031】 圖9顯示藉由使用本發明在此揭示之方法以製造多數部件之一系統例。像這樣的實施例可被用來以高邊緣品質與速度來分割大致透明之介質。

【0032】 圖10(a)至(c)顯示使用一θ平台定位本發明在此所述之裝置的一實施例，且該平台為非正交(即相對靶材表面而言係小於或大於九十度)以產生多數彎曲光絲分裂面。像這樣的實施例可產生邊緣不會垂直於該表面之部件(例如一倒角部件)。譬如，使用該θ平台，可追蹤一圓形路徑而製作具有一切口之一部件，且該切口具有一倒角邊緣特徵。

【0033】 圖10(d)與(e)顯示藉由以不同角度之多數光絲形成光束處理形成一倒角邊緣。

【0034】 圖10(f)至(i)顯示使用多次切割處理鈉鈣玻璃以獲得倒角邊緣。

【0035】 圖10(j)至(l)以不同放大值顯示一倒角刻面之側視圖。

【0036】 圖10(m)至(o)顯示以三次切割處理一部件以獲得一邊緣，該邊緣具有一中間垂直邊緣與二個倒角邊緣。

【0037】 圖11(a)顯示用以根據本發明在此揭示之方法處理晶圓之一旋轉處理工具例的示意圖。

【0038】 圖11(b)顯示圖11(a)所示之處理平台的一實施例，提供多基板、多光束，與多雷射頭的能力。

【0039】 圖11(c)至(f)顯示使用單一雷射系統在四個晶圓上實施雷射光絲處理之一系統的一實施例。

【0040】 圖12顯示一被處理材料之實施例，該被處理材料在其多個切

口之內具有多個複雜邊緣與形狀，而該等切口係來自具有多個圓角之多個母板，且該等圓角係選擇性具有各種半徑。

【0041】 圖13(a)與(b)顯示一實施例，藉由選擇與控制該光絲間距顯示各種切割邊緣的粗糙度。

【0042】 圖14(a)至(c)顯示如ASTMC158中所述之用以決定如此被分割材料被處理後之斷裂強度的斷裂強度測試協定。圖14(a)與(b)顯示兩個斷裂強度測量組態例，而圖14(c)則顯示一用以決定該特性強度之威布爾圖(Weibull plot)例。

【0043】 圖15(a)至(d)顯示一實施例，顯示透過亦為伺服之自調光學件(adaptive optics)伺服該Z軸及"轉向該光束"，藉此由彎曲靶材形成複雜樣條曲線部件。該光束(圖15(a))及/或部件(圖15(b)與(c))可被旋轉、傾斜或以其他方式操作以產生非常寬廣之處理窗及用以產生具有複雜表面曲率之能力。圖15(d)提供該實施例之一實施例子，顯示藉由光絲形成之處理以具有一圓邊緣的一玻璃部件。

【0044】 圖16(a)顯示一實施例，其中一多層基板可以垂直角度及/或非垂直角度切割，在單次處理中切除或處理。

【0045】 圖16(b)顯示具有一2.1毫米厚度之一三層積層玻璃基板之處理。

【0046】 圖16(c)顯示一電子顯微鏡影像，且顯示具有兩空氣間隙與一中間黏合層之一光絲處理多層裝置的後分裂。

【0047】 圖16(d)顯示一積層液晶顯示基板之電子顯微鏡影像，其中該頂表面係藉由一V型溝處理，且該底表面係藉由光絲形成處理。

【0048】 圖17(a)至(d)顯示數個實施例，顯示使用用於製程控制之一成像裝置，其中由該成像裝置輸出之被處理以提供回饋。將該成像裝置之輸出提供至一處理控制計算裝置。

【0049】 圖18(a)至(c)顯示處理一半導體基板的一方法，該半導體基板具有一裝置陣列，且該裝置陣列係藉由處理該基板之背部以製作多個燒蝕標記，且接著當從該基板上方實施光絲處理時，使用該等燒蝕標記做為基準參考點而形成者。

【0050】 圖18(d)係根據本發明之方法處理之一LED晶圓的俯視影像，其中運用叢波雷射脈衝處理所有層，包括金屬層(低功率標記)、DBR層、PSS層，以及藍寶石與氮化鎵層。

【0051】 圖18(e)與(f)顯示具有完整切割帶之後處理基板，且圖18(g)與(h)顯示移除切割帶後之被處理基板。

【0052】 圖19顯示在光絲處理與分割後之一玻璃基板之一刻面邊緣的微縮圖。

【0053】 圖20顯示一基板例於多數正交方向的後分割表面粗糙度測量。

【0054】 圖21顯示一後分割之藍寶石樣本所得之表面粗糙度的測量，且測量值低至大約200奈米RMS。

【實施方式】

【0055】 本發明所揭示的各種實施例與態樣將參照以下說明之細節說明。以下說明與圖式係說明本發明所揭露者且不應解釋成限制本發明所揭露者。所述之大量特定細節對本發明所揭示之各實施例提供完整之瞭

解。然而，在某些情形中，未對已知或習知細節詳加說明，以便對本發明所揭露之實施例提供一簡潔之說明。

【0056】 在此所使用之用語“包含”與“包括”應解釋為是內含及開放的，而不是排他的。詳而言之，當在本說明書與申請專利範圍中使用時，“包含”與“包括”及其變化形表示包括特定特徵、步驟或組件。這些用語不應被解釋為排除其他特徵、步驟或組件之存在。

【0057】 在此使用之用語“例示性”係表示“作為一實例、事例或例證”，且不應被解釋成比在此揭示之其他組態更佳或有利。

【0058】 在此所使用之用語“大約”與“約略”係表示涵蓋可存在於數值範圍之上限與下限之變動，如特性、參數與尺寸之變動。在一非限制的例子中，該等用語“大約”與“約略”係表示等於或小於正或負百分十。

【0059】 除非另有定義，否則所有在此使用之技術性與科學性用語應具有該技術領域中具有通常知識者共同了解之相同意義。除非另外指出，例如透過在此所使用之上下文，否則以下用語係應具有如下之意義。

【0060】 在此使用之用語“光絲修改區”係指在一基板內部的光絲區域，其特徵在於由光束路徑所界定之一壓縮區域。

【0061】 在此使用之片語“叢波”、“叢波模式”或“叢波脈衝”係指具有一實質小於該雷射之重複率的相對時間間距的雷射脈衝集合。應可理解在一叢波內的脈衝間之時間間距可以是固定的或可變的，且在一叢波內的脈衝振幅係可變的，例如，為了達到在靶材材料內部產生最佳或預設之光絲修改區。在某些實施例中，可形成一叢波之脈衝，其具有構成該叢波之脈衝強度或能量變動。

【0062】 在此使用之用語“透明”係指一材料具有一吸收光譜及厚度，使得入射光束的至少一部分在線性吸收區域(linear absorption regime)中透射。譬如，一透明材料可，在一入射光束之頻寬內，具有一線性吸收光譜，及一厚度，使得透射穿過該材料之光的百分比係大於百分之十、大於百分之二十五、大於百分之五十、大於百分之七十五、大於百分之八十、大於百分之八十五、大於百分之九十、大於百分之九十五，或大於百分之九十九。

【0063】 在此使用之片語“幾何聚焦”係指藉由一光學聚焦透鏡或總成所製作之計算或估測的聚焦，其中該計算係可在不整合或考量在被處理材料內部之非線性效應(例如具有根據簡單透鏡方程式所決定之光束腰部位置)之情形下完成。這用語係用以區分根據該透鏡之位置該光學聚焦的預期位置，及由非線性光束再聚焦所造成之在被處理材料內產生之光學收縮事件，而該非線性光束再聚焦事實上提供一高達大約10毫米量級之似瑞利長度。

【0064】 本發明所揭露之實施例提供藉由雷射光絲處理材料之裝置、系統與方法。與先前習知之雷射光絲化方法不同，本發明所揭露之某些實施例利用一光學組態沿縱向光束軸以分散方式聚焦該入射光束。此分散聚焦方法使光絲可形成超越目前所用先前習知方法可達之距離，同時保持一足夠雷射強度以在該光絲區之整個長度上達到真正、均勻的材料修改及壓縮。該等光絲(與絲化製程)包含使光束在被處理材料內部之自行傳播，使得熱製程之間的平衡導致壓縮，同時避免在其他習知燒蝕與其他習知處理方法中使用的光學崩解。例如，如下進一步所述，在此所揭示之該分散

聚焦方法支持具有遠超過一毫米長度(甚至是十毫米長)之光絲的形成，且仍維持在該材料之光學崩解臨界點以下之一能量密度。

雷射光絲

【0065】 雷射光絲可使用超快雷射脈衝形成在透明材料內，且該超快雷射脈衝聚焦在該材料內部係習知的。例如，在名稱為"以雷射絲化處理材料之方法"之專利合作條約申請案號PCT/CA2011/050427中，已教示可利用一物鏡、一透明基板內部之短持續雷射脈衝叢波串，藉由聚焦形成雷射光絲。此叢波雷射脈衝產生具有由該雷射光絲體積所界定之一形狀的內部微結構修正。藉由在脈衝雷射照射期間相對該雷射光束移動此樣本，一連續性光絲軌跡之路線係被永久地刻劃至該玻璃中，如由跟隨該雷射在樣本中之曲線或直線路徑所界定者。

【0066】 如PCT申請案號PCT/CA2011/050427所述，一般相信光絲(亦可稱為電漿通道)可藉由具有高強度與短時間之雷射脈衝的弱聚焦產生，使得該等脈衝可因電漿之形成藉由非線性克爾效應而自聚焦。這光場之高時空局部化可將雷射能量沉積於一既長且窄的通道內，同時亦相關於其他複雜非線性傳播效應，例如圍繞這局部輻射產生白光及形成動態環輻射結構。PCT申請案PCT/CA2011/050427教示藉由聚焦該雷射光束可形成數百微米等級之長度尺寸的雷射光絲，使得該焦點(例如初始光束腰部)位在該材料之內。

【0067】 與習知光絲形成方法不同，本發明提供用以在透明材料內形成在空間上延伸及在空間上均質之光絲的方法。根據本發明的一實施例，聚焦一叢波之超快雷射脈衝使得一外部光束腰部在該材料外未形成一電漿

通道之情形下形成在此靶材材料之外部，且該入射光束之弱分散聚焦發生於該靶材材料之內部，因此在該材料內部形成一高密度電場且沿著該雷射之入射路徑產生一壓縮區。此壓縮區在自該傳播軸之中心均勻且徑向地延伸的一窄材料簾內產生一相變化(藉由蝕刻率實驗驗證)。

【0068】 如以下進一步說明地，例如，藉由聚焦裝置之定位、一或一以上聚焦元件之數值孔徑、雷射脈衝能量、波長、期間與重複率、用以形成各個光絲軌跡所施加之雷射脈衝與叢波之數目、及該透明介質之光與熱的物理特性，可輕易控制光絲之長度與位置。整體而言，這些照射條件(功率、重複率、平移速度及波前已分散/偏差到某種程度以擴展該互動區)可被控制以產生足夠長且緊密的光絲，以便延伸或幾乎延伸到該被處理材料之全厚度。

【0069】 因此，在此所揭露之實施例控制短時間之雷射脈衝叢波(較佳地具有一小於100皮秒之脈衝時間)以在一透明介質內部產生一光絲。該方法可例如透過光學崩解避免電漿生成，而該光學崩解可在通常應用及使用在飛秒雷射加工(例如，由吉野氏等人揭示之專題名稱為"Micromachining with a High repetition Rate Femtosecond Fiber Laser" (2008)之雷射微米/奈米工程期刊Vol. 3, No. 3 pgs. 157 – 162)中的緊密光聚焦條件下輕易產生。

【0070】 在此揭露之弱且分散聚焦光束之實施例中，該非線性克爾效應據信係可產生超過習知場深度之一延長雷射互動聚焦量，因此克服通常使該光束由該小自焦之光束腰部發散之光學繞射。在這透過分散或延伸聚焦方式形成之所謂光絲區中，該材料在以該材料中之光束傳播軸為中心之一實質上對稱、實質上圓柱形區域中，經受由光聲壓縮誘發之相轉變。

【0071】 對各個材料而言，這修改需要在某一特性臨界值以上之能量密度，理想上該能量密度係藉由存於一非均質複雜堆疊體中之材料的最高臨界值選擇。這修改可發生在相對於基板之頂部垂直與非垂直之入射角且持續僅限於該入射光束中可用之功率的距離。

【0072】 此外，據信光學崩解不會在加工期間在該材料中發生，因為這將產生多數分開之破壞中心，而不是本發明之長連續及均質之光絲修改區。當沿著該等光絲施加之雷射能量導致可為缺陷、色中心、應力、微通道、微孔隙、及/或微裂縫等形式的內部材料修改-實驗結果已顯示該修改之外觀實質均一且對稱，且具有其物理特性實質均勻之一內表面。這據信可藉由提供一非常高強度之電場達成，且該電場沿著該光絲之長度具有非常均一之能量分布。

透過雷射光束之分散聚焦形成延伸光絲

【0073】 與PCT申請案號PCT/CA2011/050427所揭露之方法與裝置不同，本發明提供使用一光學聚焦組態在透明材料中受控制地形成光絲之方法、裝置與系統，其中該入射光束被引導至該材料上，使得在不會在該材料外部形成一電漿通道之情形下形成一外腰部，且使得該光束能量以分散方式聚焦遍及該材料內之一區域。據信該不會形成一內光束腰部之分散聚焦組態，如以下進一步說明地，以更容易控制之幾何形狀與機械特性，提供該雷射光絲之形成持續更長距離的條件。

【0074】 以下請參閱圖1(a)，顯示一種揭露於PCT申請案號PCT/CA2011/050427之聚焦配置，其中使用聚焦透鏡100聚焦一超快雷射脈衝叢波在一材料110內以形成一光絲120。聚焦透鏡100係相對於該材料110

定位，使得透鏡100之聚焦係位於材料110之內。入射光束130係藉由聚焦透鏡100聚焦以形成收斂光束140，該收斂光束140係聚焦於材料110內且維持一聚焦組態，在擴大與離焦之前形成光絲120。如上所述，當形成光絲120時，藉由透過自相位調變之自聚焦達成將該光學功率侷限在材料110內。光束140由於光束功率損失而擴大超出該光絲形成區域，使得自調相位調變不夠長到足以支撐自聚焦，及對抗因靶材材料中存在加熱及隨後指數變化而生成之離焦。如圖1(b)所示，本發明可在材料110內形成具有一數百微米等級之長度的一光絲120。

【0075】 圖1(c)顯示透過分散聚焦一超快雷射脈衝叢波，在一透明材料中空間地延伸光絲產生之一實施例。與圖1(a)所示入射光束130藉由聚焦透鏡100聚焦以在材料110內形成完整界定之初始腰部的組態不同，如圖1(c)所示之組態使用分散聚焦元件150以聚焦入射光束160，使得所產生之收斂光束165被聚焦至一初始外部腰部175，且亦以分散方式被弱聚焦在材料115內。在外部形成該初始腰部可防止在材料115內過度聚焦與光學崩解，避免諸如光學崩解之惡化效應。該分散聚焦組態使該受聚焦之光束可被導引至材料115上，使得光學功率在多數位置之一範圍內延伸，與外部聚焦產生一狹窄外部電漿通道之習知方法不同，因此將入射雷射分散在材料115內，不同於在具有緊密與完整界定之位置之材料內形成一腰部。該分散聚焦組態可生成具有受控制之幾何特性與一毫米等級之長度的一光絲170。分散聚焦元件150可包括一或一以上透鏡，其形成(如接地或模製)為產生似乎為一分散聚焦(不一定是均勻地分散聚焦)，且一腰部位存在於材料表面之上方或前方，鄰近於材料表面，因此在沒有一外部電漿通道之情形下提供一非常弱

焦點在該材料表面。在一實施例中，該腰部係設置成自該材料的一外表面偏移至少大約10微米。在另一實施例中，該腰部係設置成自該材料的一外表面偏移至少大約20微米。在另一實施例中，該腰部係設置成自該材料的一外表面偏移至少大約50微米。據此，本實施例可藉由變動該等透鏡之聚焦特性而避免需要在材料內部形成一主要光束腰部，因此提供大範圍之多數處理選項，使得一外部腰部係形成於一間隙中多數靶材材料之上方、下方或，例如，多數層之間。

【0076】 在不受學理之限制下，據信本發明所揭示之分散聚焦組態，由於自額外聚焦區域空間地補足光束功率，故可產生較長的光絲。由於在窄光絲形成區域內的光學功率藉由經由非線性程序形成之複雜(非線性)指數變化之互動，在光束傳播期間開始時即耗盡，因此藉由該光束之分散聚焦沿其長度提供額外的光學功率，使得該光束在離焦之前可以自聚焦方式進一步傳播同時形成該光絲。如上所述，在某些實施例中，這方法產生所需之自焦距與壓縮而不需真正地形成一電漿。

【0077】 請再參閱圖1(c)，該所示實施例顯示聚焦元件150係定位成使得收斂光束165之至少一部分聚焦於材料115之前方，例如在圖中之位置175。特別是在所示實施例中，遇到分散聚焦元件150之高數值孔隙射線被聚焦在材料115之前方。藉由聚焦該入射光學功率之一部分在材料115之前方，在材料內立即形成之強度截面並不會太高或太低，因此允許一光絲的形成，且該光絲在其長度上具有一實質均勻之橫截面。

【0078】 如上所述，在材料的上方或前方，而非下方產生一光束腰部的優點在於可避免超過該材料之光學崩解臨界值。它亦可藉由給予使用者

對於製程建立與樣本組態有更多選擇而得到較大處理窗。

【0079】 圖1(d)顯示一替代之實施例，其中分散聚焦元件150係定位成使得收斂光束180之一部分被聚焦在材料115的後方在用以形成光絲190之位置185。

【0080】 以下請參閱圖1(e)，顯示另一實施例，其中分散聚焦元件150係定位成使得收斂光束200之一部分被聚焦在材料115的前方(例如在位置205)，且收斂光束200之另一部分被聚焦在材料115的後方(例如在位置210)，用以形成光絲220。在此組態中，該光束能量可沿一較大長度分布且沿著穿過靶材之路徑仍維持足夠的能量以由該雷射形成電場誘發升溫效應而產生聲響壓縮。可使用本實施例在形成光絲時產生一較高程度之控制與深度。如圖中所示，該實施例對於在整個材料，穿過具有數毫米至數十毫米厚度之透明基板形成光絲是有用的。

【0081】 可理解在此所揭露之方法中所使用之分散聚焦組態的好處如下。倘若該入射光束聚焦在該材料內之一腰部，則光絲在傳播一短距離後會停止，如在先前習知之方法中一般。然而，倘若該入射功率聚焦在該材料的外側，因此形成一光學儲槽，且由於該材料之指數(特別是指複雜指數)產生熱誘發變化而允許它作為最後透鏡，則該光絲可形成為具有一實質均一橫截面輪廓，且長度在空間上延伸數毫米，如圖1(f)中所示，其顯示在鈉鈣玻璃中形成具有超過1毫米長度之均質光絲。圖1(f)進一步顯示藉由改變該光束焦距之軸向位置(各光絲對應於一25微米之偏移)控制該等光絲之相對垂直定位。該處理可產生出實質不大於10微米破裂之高品質邊緣。

【0082】 圖1(g)係根據隱形切割方法處理及分裂之一玻璃基板的顯

微鏡影像。一光絲陣列亦以垂直於該隱形切割線之方向形成(所示之樣本尚未根據光絲陣列線分裂)。如圖所示，隱形切割線20顯示光學崩解之示警信號，其產生一非常平滑之頂邊緣但一整體非常粗糙之面。已發現的是藉由沿該等隱形切割線切開所得之該面邊緣的粗糙度係在垂直方向為53微米且在水平方向為85微米。相反地，光絲10顯示延伸穿過該基板之一連續性材料修改，促進導致一較平滑面之切開。如下所述，對玻璃材料而言，該樣本沿著光絲陣列線之切開可產生1到10微米等級之表面粗糙值。

【0083】 如以下進一步所詳述，根據在此揭露之方法所形成之光絲可形成具有遠長於先前所記載光絲之一長度。此外，可使用本發明之方法製作在尺寸上連續、徑向對稱且均勻之光絲。在透明材料內形成延伸光絲的關鍵考量係供應必要通量，以低於此值處理，同時避免該材料之光學崩解臨界值。已發現是該光絲長度與供應給該材料之總能量與該材料線性之吸收度有關聯性。

【0084】 例如，實驗研究已顯示使用以下條件可在硼矽玻璃中形成6毫米長之光絲：一大約50瓦之平均功率；一1064奈米之波長；一小於大約50皮秒之脈衝寬度；一大約15脈衝之叢波輪廓，一振幅遞減、振幅遞增，及/或振幅同高之脈衝輪廓；以及一大約10微米之光點尺寸。

【0085】 光絲之停止與啟動位置可藉由選擇幾何聚焦，或光束腰部之位置，如藉由透鏡組或聚焦總成之幾何學所預測者來控制。以下亦說明之功率與尺寸之間的平衡提供可避免在材料內形成一光束腰部之能力。

【0086】 圖2(a)與2(b)顯示彈性可藉由控制光束腰部軌跡之位置達成。圖2(a)顯示數毫米到數十毫米等級之一長光絲區250(未按比例；本發明

人已製成達十毫米之光絲)。以下說明光束穿過多數層而不損傷它們之能力。亦顯示臨界直徑的範圍260(可例如，根據各種材料、聚焦條件及雷射功率而改變)，其定義為雷射光點直徑之範圍，而在該範圍以上無法形成光絲且低於該範圍則會發生光學損害。在一實施例中，對鈉鈣玻璃而言，已發現該臨界直徑的範圍接近8微米。亦請注意的是臨界比等於在該材料上之入射雷射光點之直徑對光絲直徑之比。例如，在一範圍例中，該臨界比可於大約0.01與1000之間變動；在另範圍例中，該臨界比可於大約0.01與10之間變動；在另一範圍例中，該臨界比可於大約10與50之間變動；在另一範圍例中，該臨界比可於大約50與500之間變動；在另一範圍例中，該臨界比可於大約1與1000之間變動。

【0087】 如圖2(b)所示，由最後透鏡275所聚焦之該入射光束270可製成穿過位於該光絲區之所欲靶材位置上方的一或一以上大致透明層272，而不會形成一聚焦或任何光絲，且一外腰部290形成為超出該最後層276。由於直到沿著入射路徑的位置穿越靶材堆疊體才能達到臨界通量，所以光絲280接著形成在所欲之單層或多層(274,276)內。

【0088】 為了控制該入射光束內的通量，藉由變動該光束直徑之尺寸，可改變，實際上可規劃在光束直徑內部在該材料表面所包含之功率。特別地，本發明人已發現在該材料、該臨界通量與光絲形成效率之間的交互關聯性。

【0089】 在一實施例中，該等光絲的特性可藉由變動第一入射通量(在第一入射表面上之通量)及包含在各子脈衝之內的能量來控制。可瞭解的是，在涉及該雷射光照射之多個表面上(進一步說明如下)之本發明之實施例

中，各個表面將具有其各自的通量，且由於吸收與散射，各通量將取決於該第一入射通量。

【0090】 已發現一大約100微米之入射光點尺寸產生具有一2.5微米直徑及數毫米長度的光絲。藉由改變脈衝能量與光點尺寸比，可控制光絲的某些特徵。不同的材料對延伸性光絲形成具有不同傾向。

【0091】 為了使光絲產生一連續且實質均勻的通道，該能量強度亦必須是使得一旦被沉積後，以叢波脈衝頻率之速率更新之該叢波脈衝誘發強度可形成一必要強度之震波以徑向壓縮該材料。一旦這相變化發生後(或在特定材料中，只有密度改變)，緊接在某可規劃的延遲之後，或藉由施加一後續切開步驟，該光絲區可作為一切開面。對既定材料而言，藉由以各種光束能量製作多數光絲、觀察或測量光絲深度、及選擇可產生具有一適合長度之多數光絲的光束能量，可實驗地決定一適合的能量。在一不受限之實施例中，在該入射光束中之能量(在一叢波中所有脈衝的能量)可在大約10微焦耳與大約2000微焦耳之間。

【0092】 可瞭解的是一寬廣範圍之雷射光束參數可予以變動以取得具有不同特徵與特性之光絲。此外，適合用以形成具有一組既定特性之光絲的光束參數將隨不同材料而有所變動。本發明提供可用以在某些選定之材料中形成光絲之某些光束參數之範圍例。該等範圍例不應被認為係限定的，且可理解的是其他其他範圍可適合用以在該等材料例中，或在其他材料中形成具有其他特性之光絲。

【0093】 可理解的是該叢波重複率，與相對於該入射光束之材料平移速度一起界定在相鄰光絲之間的間距。在一非限制性例中，這範圍係可為

由大約1k赫茲至大約2M赫茲。

【0094】 如圖1(c)至圖1(e)至所示，該入射光束被聚焦使得該聚焦量係分散在該樣本內的一延伸區域上。該分散聚焦量係可足以比該瑞利範圍長，且該瑞利範圍係由具有一相似或相同數值孔隙之非分散聚焦元件所取得者。例如，在此分散聚焦之下的該聚焦區域係可為20%、30%、50%、100%、200%、500%、1000%或大於在無分散聚焦之情形下獲得之對應瑞利範圍。

【0095】 該分散聚焦量係足夠地長，而使在分散聚焦條件下由該光束所形成之光絲可比由具有一相似或相等數值孔隙之一非分散聚焦元件所形成之光絲明顯地長。例如，在此分散聚焦之下所形成之光絲係可為20%、30%、50%、100%、200%、500%、1000%或大於在無分散聚焦之情形下形成之對應光絲。

【0096】 可理解的是此分散聚焦總成可包括一或一以上光學組件/元件，例如包括二或二以上光學組件之一光學系(optical train)。在一實施例中，該分散聚焦總成係組配成沿一側向維度以一非分散方式聚焦該光束，且沿另一側向維度以一分散方式聚焦該光束。

【0097】 以適當的光束聚焦，操縱該聚焦長度或光束擴束比，譬如，雷射光絲可終止且使該雷射光束以高發散角離開該玻璃底面，使得在該透明板之底面避免雷射切削或損害。亦可能在一多片堆疊體中間產生光絲，且不會在該靶材片的上方及下方造成破壞，但會損害該靶材片之上表面及底表面，如以下進一步說明者。

【0098】 在某些實施例中，可藉由負透鏡與正透鏡的組合以產生長光絲長度，該等負與正透鏡可使在各光學元件上孔隙之填充最佳化，在光學

系內維持高功率效率且維持雷射強度以如先前所述地徑向地壓縮該靶材材料。

分散聚焦元件例：像差元件

【0099】 在某些實施例中，該分散聚焦總成可包括一或一以上光學組件，係組配成在該聚焦光束中產生像差，使得該聚焦光束以一分散方式被聚焦在一縱向聚焦量且不會在該材料內形成一腰部。

【00100】 一或一以上光學組件可包括球狀像差。在某些實施例中，該分散聚焦總成可包括一或一以上像差光學件，以及一或一以上實質非像差光學組件。在某些實施例中，像差係藉由該分散聚焦總成沿一維度產生。在其他實施例中，像差係藉由該分散聚焦總成沿兩維度產生。

【00101】 長光絲可藉由使用像差光學總成(一或一以上像差光學件)產生，使得即使由於靶材本身造成之扭曲及沿著入射軸生成之電場加熱而不在該材料內形成光束腰部，亦可得到一連串長似聚焦點。在該靶材材料之前方及/或其後方(如圖1(c)至(e)所示)，產生一具有大於1微米直徑之一大型光點及產生至少一外部光束腰部(一"儲槽區域")可使"集堆"之能量進入在該靶材材料或層之外側的聚焦光點，其中在空氣中形成一光束腰部且不會在空氣中形成一電漿通道，並且無需進行燒蝕作業。

【00102】 本實施例在材料之外側提供具有非均勻分布能量之一光束路徑，同時亦形成包含在該靶材材料內之一均勻光束路徑，且該均勻光束路徑產生沿其長度不包含光束腰部之一光絲。

【00103】 使用一或一以上像差元件，某人可選擇以一方式分散該能量以在該材料內避免光束腰部情形，但仍產生一均勻之光絲且將多餘能量"集

堆”至一、二或三個外部腰部區域且不會形成一外電漿通道，以便維持提升光絲形成、長均勻修改及避免光學崩解所需之通量。換言之，可使用該一或一以上像差元件之強聚焦作為一外部光束集堆，且可使用剩餘光線在該材料內產生一強叢波脈衝光絲。

【00104】 可以波(或其分量，關於所使用之光的波長)測量一光學聚焦組件、總成或系統之像差。例如，根據由理想透鏡所定義之未到達相同空間點(或量)的波比例對到達相同點的波比例可指定該像差。在某些非限制性實施例中，在光學聚焦總成中之像差可大於大約0.1%像差且小於大約80%像差。

【00105】 像差的本質是可變的，只要在該第一入射表面之能量密度保持在形成光絲所需者以上且在該靶材材料之光學崩解臨界值以下即可。在一特定例中，該等光學元件係可形成為使得兩主要焦點形成，且該等主要焦點分開對應於該(等)靶材材料或層之厚度之至少一距離(請參見，例如，圖1(e))。

【00106】 用以提供一像差光學組態之一方法例係使用至少兩元件之一光學配置，其中一光學組件係一垂直場校正之掃描透鏡，且其中一第二光學組件係設計成傳送如上所述地聚焦之光的一校正窗。圖3顯示該透鏡配置例，其使用第一與第二透鏡L1與L2以進行光束中繼與校正、一掃描器300及一最後聚焦透鏡305。最後聚焦透鏡305可以是一遠心透鏡。一補正板310係設置於最後透鏡305下方(但是它亦可設置在掃描器300之前)以便產生一像差聚焦光束，使得該光束之一部分在材料135之前形成一初始腰部。在該等組件間之間距可根據該靶材基板之厚度及光絲區之所需長度決定。在某

些實施例中，可藉由控制所使用之聚焦透鏡之透鏡聚焦長度比控制或指定該等光絲特性。例如，在某些實施例中，透鏡L1/L2之聚焦長度比可為-300至+300。

【00107】 圖4顯示另一實施例，其使用沒有一補正板之一特殊掃描透鏡320(遠心或非遠心)。特殊掃描透鏡320係組配成如上所述地產生一像差聚焦光束。

叢波脈衝特徵

【00108】 本發明人已發現在一分散聚焦組態中使用叢波脈衝可支持具有均質特性(例如，在其大部份長度上具有實質相同直徑，且在與該材料厚度橫交之用於該等光絲之材料的進入及離開面具有實質相同直徑的光絲)之長光絲的形成(例如，但是不限於，具有大於該靶材材料厚度之15%之長度，例如，在玻璃的應用中，大於100微米且最高達10毫米之一長度的光絲)。在沿一光絲陣列切開之後，一叢波脈衝之分散聚焦亦支持平滑表面之形成。例如，已使用在此所揭露之光束及聚焦條件來提供具有小於大約10微米，且有時候可低到如200奈米或更低之刻面粗糙度(RMS)的分段樣本。該等光絲可形成在易脆材料中。

【00109】 圖5(a)至(e)顯示多個實施例，其顯示該等叢波脈衝350之時間本質與該雷射光源的控制度可提供在該等脈衝之計時與排序上。圖5(a)與5(b)顯示對叢波重覆率360及脈衝間時間間距375之可選擇控制。例如，在該等脈衝之間的計時可藉由操控EO開關計時控制，以產生各種主震盪器信號，因此產生該可變的脈衝計時。圖5(b)係顯示該等脈衝可輸送之變化程度之說明例及該等脈衝在該雷射頭370內產生之示意圖。可理解的是在某些實

施例中，例如，藉由包含一光學開關或光電開關，可沿光學系調變該等脈衝以產生使用者可選擇之脈衝(及或脈衝包絡)輪廓(上升或下降或相等)，因此改變在該脈衝(及或脈衝包絡)之能量振幅及決定它在使用者可選擇脈衝總數之較小叢波脈衝中被分割到何種程度。

【00110】 如圖5(c)所示，該使用者/操作者可操作該脈衝輪廓380以便依據在具有該雷射及相關光學件之一系統中產生之零作的所欲材料特性來控制該程序。

【00111】 圖5(d)顯示根據在該叢波中之整合功率，控制傳送至該材料之淨能量之能力。圖5(e)顯示控制在一既定叢波39中之脈衝數之能力。在一實施例中，該雷射脈衝叢波係以一脈衝系傳送至該材料表面，且該脈衝系包含該雷射脈衝分割形成之2至20子脈衝。這分割可根據數個習知方法中之一方法在該雷射頭內產生。

【00112】 可理解的是可使用圖5(a)至5(e)所示之任一或多個脈衝參數來控制在被處理材料內光絲之形成。

材料

【00113】 在此所揭露的絲化方法可用來處理廣泛範圍之材料，該等材料對入射雷射光束而言是透明的，且包括玻璃、石英、選用陶瓷、聚合物、液態封裝裝置、多層材料或裝置、及複合材料之總成。根據在此所揭露的方法處理之基板可包括玻璃、半導體、透明陶瓷、聚合物、透明導體、能帶間隙玻璃、水晶、結晶型石英、鑽石、及在拋光或非拋光的條件下具有或不具有塗層之用於顯示器之藍寶石、稀土配方、金屬氧化物及非晶質氧化物。

【00114】 此外，可進一步理解的是入射雷射光束之光譜範圍不應侷限於可見光譜，而是也可能位於真空紫外光、紫外光、可見光、近紅外光，或紅外光譜中。例如，矽對1500奈米波長的光而言是透明的，但對可見光而言卻是不透明的。因此，例如，在矽中以在這1500奈米波長產生之短脈衝雷射光直接地(例如透過摻雜鉕之玻璃雷射)，或者在水晶或其他非線性介質中藉由非線性混合(例如透過光學參數放大)，可形成多數雷射光絲。對寬陣列之脆性材料，例如矽、碳化矽、砷化鎵、氮化鎵及其他化合物與複合物半導體(例如II-VI族與相似之能帶間隙工程材料)以及與顯示器相關之化合物，如氧化銦錫(ITO)、平面轉換(IPS)、氧化銦鎵鋅(IGZO)等而言，以範圍由1200至3000奈米之光可望得到合適的效能。

脈衝能量與功率

【00115】 為了形成光絲及維持自聚焦，可選擇脈衝能量落在非線性區域內，使得叢波產生光絲可形成。

【00116】 根據一非限制例，已發現的是對於處理鈉鈣玻璃而言，介於大約10微焦耳到2毫米焦耳之脈衝能量係適合達成到達它可支持自焦聚發生之一狀態所需之電場強度。在某些實施例中，該雷射之平均功率可介於大約3瓦到150瓦(或更多)之範圍內，但是可理解的是光絲形成所需之平均功率將取決於，例如，脈衝能量、每叢波之脈衝數、及重複率。

【00117】 在一實施例中，就由該脈衝挑選震盪器所定義之脈衝重覆頻率而言，該脈衝重覆率之範圍可在10k赫茲與8M赫茲之間。這些可接著向下選擇成較小能量之叢波且以等於或大於1飛秒，至多1微秒之子脈衝間隔傳送至該材料。在某些實施例中，該雷射具有小於大約5之一光束品質M2。例

如，在該等光學組件係組配成沿軸產生一或一以上焦點之實施例中，可使用一大約1之M2，而要求較不嚴格之M2實施例可容許到下游光學元件補償該光束之原本形狀之程度。在欲在該材料之整個厚度中形成一光絲的某些實施例中，該雷射光束應以超過一預選臨界值(例如，至少大約50%)之發射功率傳送通過該材料(包括非均質及非相似材料之任何中間間隙)以便沿該光束路徑之足夠發光強度。

校正、聚焦長度、透明孔

【00118】 在某些實施例中，該系統之光學系包括用以在聚焦前校正該光束之一或一以上光學組件，以便配合在該分散聚焦元件與該雷射源之間的一可變路徑長度。在某些實施例中，該校正組件之數值孔徑係在大約0.1與0.88 NA之間，且一有效聚焦長度係在4.5毫米與2.0公尺之間。在某些實施例中，該透明孔之直徑可在大約2與10毫米之間。

使用再生放大器

【00119】 在一實施例中，使用一再生放大器來提供一彈性裝置，因為該再生放大器可輕易地重新組配以改變用於光絲形成之叢波串特性。例如，當該第一雷射照射後產生不完全分割之材料時，該再生放大器可為一後續照射步驟重新組配以進行切割(依據另一熱或冷源以提供一熱梯度)。該雷射系統可產生以可變或固定脈衝計時來滿足特殊應用之需要之多數完全或部份長度光絲，及以光束計時及速度來配合之自動對焦，使得該零件之速度在整個處理過程中是不變的—事實上保持在相鄰光絲區域之間的間距為固定。這又可以相較於使用習知雷射切割程序獲得之10至100微米，在一雷射程序中目前可用之最低刻面粗度，即緊接在切割後大約1至3微米進行

切割。自動對焦可藉由預掃描該零件、現場感測該頭高度(例如，光學地)或使用一機器視覺系統決定位置來達成。

【00120】 該再生放大器設計可針對在發射該等脈衝前已有多少次往返進行準確之計時控制。脈衝至脈衝或叢波至叢波計時可利用階段速度操作以便依據特定應用提供非常微細調整之面切邊緣(例如，粗度)。詳而言之，該雷射系統特別適用於具有複雜形成之玻璃件或具有一複雜樣條之多數母玻璃片。在一實施例中，可輕易地修改該Rofin MPS平台以包括上述實施例。

光絲形成機構

【00121】 因此本發明用以形成光絲之方法支持目前不可能之用於透明材料之新材料處理應用。雖然先前已有對在固體材料中形成光絲之調查，但是本發明首先提出藉由叢波模式計時及分散聚焦，產生多數極長光絲可付諸實施。

【00122】 習知雷射處理方法，例如在Stealth Dicing及Accuscribe系統中所使用者，係藉由如吉野氏等人所作之修正[專題名稱為"Micromachining with a High repetition Rate Femtosecond Fiber Laser"(2008)之雷射微米/奈米工程期刊Vol. 3, No. 3 pgs. 157 – 162]驅動，且係主要由光學崩解支配之製程，其中該材料移除之主要模式係透過產生可變側向尺寸及有限縱向長度之多數孔之小爆炸的燒蝕。光學崩解係在一透明介質內之一緊密聚焦雷射光束的結果，且該雷射光束環繞由欲分割之材料所產生之幾何焦點形成一局部且密集之電漿。該電漿產生機構係取決於電子之初始多光子激發；接著是逆制動輻射、衝擊離子化、及電子突崩程序。該庫侖爆炸導致在該文

獻中所述之該等局部孔及其他修改之產生。該等製程及系統強調上述折射率及孔形成製程[US6154593；SPIE Proceedings 6881-46]，且形成用於材料處理之大多數短脈衝雷射應用的基礎。在這光學崩解區域中，該透明材料之分割、切片、分裂、切割及刻面處理具有多數缺點，例如緩慢處理速度、產生裂縫、低強度零件、被燒蝕碎屑污染、及大切口寬度—全部需要進一步處理以完成該零件之過程以組裝成手持電子裝置，例如電腦、平板電腦及/或電話。

【00123】 相反地，在此所揭露之雷射光絲處理方法及系統克服用以雷射處理透明材料內部之習知方法的缺點，且可避免燒蝕或表面破壞(如有必要的話)，大幅減少切口寬度，避免裂縫產生，及加速該等刻劃應用之處理時間。此外，具有再生放大器及快速光電轉換之高重覆率雷射可以最少熱累積且以比超出聚焦量之熱擴散快許多之時間等級(通常小於10微秒)之其他暫態響應促進雷射光束光絲之形成。依據本發明之方法所產生之聚焦量可藉由在光束路徑中之光學組件控制以延伸該計算之聚焦深度(DOF)許多次。

【00124】 如以下例子中所示，使用多數皮秒脈衝叢波，本發明人已證實當該脈衝以一分散方式聚焦時，取決於該等雷射脈衝之通量，且取決於所選擇之製程條件，它仍限於範圍由大約20微米至大約10毫米之一軸向距離。這使密集、局部聲壓形成可用以在實質非燒蝕製程導致移除或壓縮大部份材料之材料中，以實質零錐形鑽出通孔。

【00125】 在不希望受理論限制之情形下，據信該等光絲係藉由可藉該非線性克爾效應自聚焦之弱聚焦、高強度短時間雷射光產生，因此形成一

所謂光絲。這光場之高時空局部化可將雷射能量沉積於一既長且窄的通道內，同時亦相關於其他複雜非線性傳播效應，例如圍繞這局部輻射產生白光及形成動態環輻射結構。

【00126】 藉由該快速雷射脈衝加熱暫時地降低在該光束路徑之中心之折射率，造成該光束失焦及使該光絲中斷。在該克爾效應自聚焦與指數位移調變之失焦間的動態平衡會導致多數再聚焦雷射交互作用光絲直到形成一穩定光絲。

【00127】 與光絲修改之習知方法不同，在此所揭露之實施例支持形成可在一基板內以一寬範圍之深度延伸的連續光絲。例如，在某些實施例中，形成多數光絲使得它們沿其縱軸本質上實質連續。這與以不足以影響該材料中之任何變化之輻射強度(雷射通量或功率)產生不連續、分開之破壞中心的習知光絲處理方法不同。因此，以下所述之實施例包括用以沿一處理光束之路徑形成光聲壓之一連續區域，使得該基板之材料特性與未暴露於這現象之區域不同。在某些實施例中，藉由在該基板內之材料的一徑向均一壓縮，在該基板內形成一連續通孔。

【00128】 在最簡單之程度，據信該光絲製程主要取決於兩競爭製程。首先，由於該非線性克爾效應，該雷射脈衝之空間強度輪廓如一聚焦透鏡般地作用。這使該光束自聚焦，造成峰強度增加。這效應因隨著直徑減少繞射增加而受限及平衡，直到到達可傳播比由這光點尺寸之聚焦光束參數(或聚焦深度)之一簡單計算所預期者長許多倍的一穩定光束直徑為止。另一關鍵區別特徵係藉由這技術達成之極小光絲尺寸。

【00129】 這光絲形成之領域是新的，因為在此所述之實驗已顯示具有

遠超過使用習知光絲形成方法所獲得者之一長度的光絲。例如，依據本發明之選擇實施例，具有一等於或長於10毫米之鎖定的徑向壓縮光絲─其中該材料被壓縮而露出延伸通過該材料全厚度之一圓柱形孔─可形成在適當透明之介質中。在不希望受理論限制之情形下，該機構似乎包含藉由透過在該材料中位在該光束傳播軸中心之緊密分開之連續性雷射光脈衝(該叢波脈衝現象)快速地加熱所產生之震波壓縮。如果該光絲形成光束具有足夠強度，它可使空氣間隙及具有實質較低折射率(實數與複數)之材料交叉且當進入其他透明材料層時形成多數光絲。形成白光及發射X光確認該等高非線性程序產生作用。寫出有關相關現象之Gurovich及Fel[ArXiv 1106.5980v1]觀察到在一介質中存在離子及電子碰撞的情形下形成震波。

【00130】 該光絲形成製程之光聲本質之另一線索在於由Paul等人進行之深燒蝕鑽孔研究[Proceedings SPIE vol. 6107, 610709-1 (2006)]，其中他們的測量方法包含藉由使用多數雷射脈衝形成孔所產生之一光聲信號。包括該等叢波之分散聚焦的本發明方法似乎產生一更為密集之光聲信號，同時避免其他技術常見之電漿形成及材料燒蝕。此外，雖然在該靶材材料之初始及最後表面形成一適度熱入口及出口，但是該光絲之內表面已顯示實質上沒有與燒蝕微機械加工相關之任何干擾。

【00131】 應進一步注意的是Kudryashov等人提出與使用電漿輔助雷射燒蝕之固態機械加工相關之極高壓力的報告[Appl. Phys. Lett. 98, 254102 (2011)]。在他們的工作中，他們提出具有110GPa之對應壓力的90eV之電漿溫度。以這程度，有在該材料內建立一壓縮波之足夠能量。本發明方法使用更靠近之叢波間距，且這具有在一較短時間內產生一更熱光束軸中心的

優點，其中該熱震波超越任何潛在熱效應，使壓縮修改之環境比任何受熱影響區域(HAZ)或熔化之形成快。檢視依據本發明方法發生之輻射程序顯示不僅觀察到制動輻射，而且亦觀察到超音速暫態。藉由光學調整及幾何聚焦位置之改變，可控制在該材料中之這光聲修改之程度及該“停止-開始”特性—即使具有間隙之多數層包含該靶材材料亦然。如此產生之邊緣之特性與使用與均一修改如此暴露之材料之物理與化學性質無關之較慢燒蝕製程產生者基本上不同。

分割

【00132】 在某些實施例中，使用前述光絲形成方法及裝置進行透明材料之分割。可使用在該前述光絲製程時產生之雷射誘導指數變化來產生用以在被分割之材料中實質地或有效地且沒有重量損失地分割零件之一光絲陣列。

【00133】 在一實施例中，一分割之方法可包括載入、對齊、映射及以具有一分散聚焦之一雷射光束之一或一以上脈衝叢波照射該基板，其中該基板對該雷射光束而言實質是透明的，且其中該等一或一以上脈衝具有選擇成可產生一光絲之一能量及脈衝時間。

【00134】 藉由相對該聚焦雷射光束移動該材料基板以照射該基板及在一或一以上其他位置產生另一光絲，形成一光絲陣列。因此該等光絲陣列界定用以分裂該基板之一內刻劃路徑。這些陣列可環繞該移動路線以一或一以上尺寸存在，且可形成筆直或彎曲輪廓，其中一彎曲輪廓395例顯示在圖6中。該等光絲可形成為使得它們延伸超過該靶材材料之一大部份(例如，靶材材料之大約15%，且通常大約50微米，或在某些情形中，大於1毫

米或甚至10毫米)。

【00135】 在某些實施例中，在此所揭露之方法包含側向移動該聚焦雷射光束以形成多數緊密定位光絲-誘導修改軌跡之一陣列。這光絲陣列在該等頂與底表面中任一者沒有產生雷射燒蝕破壞(除非特別需要)之情形下在該透明介質內界定多數修改之一似連續簾。這簾使該被照射材料只在施加非常小壓力(力)時極容易分裂，或可在內部應力作用下自發地分裂。該等分裂刻面可沒有燒蝕碎屑，顯示最少或沒有微裂縫及微氣孔，且準確地跟隨藉由該雷射內部地標記且只具有由該自聚焦光束腰部界定之非常小切口寬度的彈性曲線或直線。

【00136】 在某些實施例中，對選擇之材料及處理條件而言，一旦一光絲陣列形成在該透明基板中後，只需要小機械壓力便可分裂該基板成為具有藉由該內雷射光絲簾精準地界定之一表面形狀的兩零件。在某些材料中且特別在化學強化玻璃中，該分離情形可以是自發的，不需要其他步驟來實施分割。

【00137】 可選擇使用者可選擇之處理條件以由0秒(在照射時立即分離)至無限秒(需要某種後續步驟以完成該分割程序)改變在照射與分離間之時間間隔。

【00138】 在某些實施例中，可使用多角切割以，例如，使用3階段切割，產生被分割之材料之一倒角或刻面邊緣，大幅減少生產時間及成本。在一實施例中，這可以一X道製程實施，其中X表示角側或邊緣之數目。

【00139】 在某些實施例中，可使用一或一以上以下者分裂該基板：另外之雷射處理步驟，物理加熱，冷卻，及/或機械裝置。已發現的是當一光

絲陣列依據前槌光絲產生方法形成時，相對於習知方法，該分裂步驟需小很多之施力且產生較佳之邊緣品質。依據該材料之本質，該刻劃及分離(分割)之程序可在不需要進一步暴露於任何力或熱機械張力之一單一步驟中實行。

【00140】 在某些實施例中，該光絲陣列可形成為使得該等光絲接觸(如互相正切；例如，對在環繞該光束中心或入射軸分散成圓形之光絲而言)或分開可變化之一使用可選擇之距離。在某些實施例中，在形成該陣列之光絲間的距離是固定的。在其他例子中，該材料之特性可使得沿欲移除之形狀的周邊形成有可變間距的多數光絲陣列獲得較佳之分割。因此用以有效分裂之適當光絲間距通常是由該材料之特性及該應用之要求，包括該被分割零件之物理/電氣特性來決定。除了例如脈衝寬度、在一叢波內之脈衝與脈衝間隔、叢波重覆率、波長、及脈衝能量等之可變光束參數以外，藉由使用一偏振旋轉元件(例如一波片)及依所欲最後結果所需地由大約1度改變至大約80度且由任意改變至直線、至圓形或至兩時間處理之某種混合，亦可改變該偏振狀態。已觀察到的是邊緣品質及因此後分割邊緣強度可藉由使用這技術及其他技術調整。

【00141】 如上所述，該雷射源可包括一叢波脈衝雷射，例如，具一再生放大器之一脈衝雷射，但是亦可使用其他叢波脈衝系統。例如，在一實施例中，可使用具有內部地或外部地安裝之一快速光電開關的一多道放大器，以透過電腦控制之轉向(及任選之聚焦機構及偏振控制)傳送該光束至該基板，且該基板可以一固定速度沿照射之路徑相對於該聚焦雷射光束移動。在某些實施例中，當形成一光絲陣列之彎曲部份時，例如當在角落形

成光絲陣列時，該正切速度可為一定，使得如此產生之光絲陣列的空間照射、份量及時間特性是不變的。在其他實施例中，可使用該電腦控制以移動該光束相對於一固定基板之移動。在其他實施例中，可使用該電腦控制以控制該光束及該基板兩者之移動。

【00142】 例如，用以形成該光絲陣列之移動速度可，根據所欲製程，依據支持該基板之一簡單直線平台之速度來決定，或者如果是依據遠心或非遠心最後物鏡之一掃描系統，則可依據該平台速度及該光束速度之組合來決定。

【00143】 該移動速度可選擇成依據，例如，該被分割材料之所欲特性(物理、光學、電學、化學、熱等)產生一微米級之使用者可選擇光絲間距。因此，藉由即時改變一或一以上處理參數，可形成具有局部控制或定製之性質的光絲陣列—即該等光絲之性質在該材料之不同區域中空間地變化，因此空間地修改該材料本身之性質的光絲陣列。這雷射處理之特性尚無法使用先前習知雷射分割方法及系統達成。事實上，本發明形成具有局部控制性質之方法可用於廣大範圍之應用。可依據本發明光絲程序局部地控制之一連串非限制性性質實例，包括電氣性能、光輸出及後分割斷裂強度。

【00144】 用以形成該光絲陣列之雷射脈衝光束之性質可依據預選且電腦控制之製程參數變化，以便在該基板內提供足夠光束強度以產生該雷射光束之自聚焦。例如，可控制該雷射光束使得該光絲可在欲處理之材料內形成在沿該光束軸之所有點。換言之，可控制該等光束性質以超過一特定特性能量值以便在該(等)基板內產生聲壓縮，因此使它(它們)可依據該等靶材材料之本質被分割或準備被分割。

【00145】 在某些實施例中，該等光絲陣列係藉由實質對稱於其縱軸(通常是該雷射光束之入射軸)之光絲形成。該光絲之長度可藉由改變例如功率、聚焦特性及光束形狀等之處理參數來控制(例如，由大約10微米至超過10毫米)，且該等處理參數係受控制之機械參數。改變該等參數會導致與在該材料中產生之光聲修改相關之特性改變。

【00146】 就它們如何產生而言，而且就各能量特性而言，一重要不同存在線性漸變脈衝與在本發明之方法中使用之叢波脈衝之間，且該叢波機械加工方法在處理上具有大很多之彈性，特別是當與一掃描器及適當聚焦光學件耦合以在一有限場尺寸內產生遠心行為時。

【00147】 在一實施例中，設置用以即時自動聚焦該光絲形成光束之一系統。例如，在某些實施例中，該光束可使用電流計及/或聲光偏向器以高速移動以便完全在電腦控制下以一配合方式使該光束轉向。

【00148】 圖7(a)顯示用以形成光絲陣列之一雷射處理系統之組態例，該雷射處理系統包括最好以一小於100皮秒之脈衝寬度供應一連串叢波模式脈衝的超快雷射500，且有一組適當光束轉向光學件，使得該光束或該等光束可傳送至一多軸旋轉及移動平台，且該多軸旋轉及移動平台包括：在XY平面(系塔，θ)上之一旋轉平台，一3D XYZ移動平台，及用以在一配合控制架構中使該光束或該零件相對於該X軸(伽馬，γ)傾斜之一軸。在所示實施例中，該光束係藉由調整光學件502(例如可進一步調整或控制之一正或負透鏡或可傳送一弱聚焦光點之透鏡的組合)、光束取樣鏡504、功率計506、X-Y掃描器505、最後聚焦透鏡520及用以定位工作件522之伺服控制平台510。使用以下進一步詳細說明之控制及處理單元550以控制在此所揭露之

該雷射光絲及/或分割裝置實施例。光絲位置及深度可使用維持一固定工作距離之一自動聚焦組態(例如使用一位置感測裝置)來控制(如圖1(f)所示)。

【00149】 圖7(b)提供控制及處理單元550之一實施例，其包括一或一以上處理器552(例如，一CPU/微處理器)，匯流排554，可包括隨機存取記憶體(RAM)及/或唯讀記憶體(ROM)之記憶體556，一或一以上任選之內部儲存裝置558(例如一硬碟、光碟機或內部快閃記憶體)，一電源560，一或一以上任選之通訊介面562，任選之外部儲存裝置564，一任選之顯示器566，及各種任選之輸入/輸出裝置及/或介面568(例如，一接收器，一發射器，一揚聲器，例如在一數位相機或數位攝影機中使用之一影像感測器，一輸出埠，例如一鍵盤、一小鍵盤、一滑鼠、一位置追蹤筆、一位置追蹤探針、一腳踏開關、及/或用以捕捉語音命令之一麥克風等之使用者輸入裝置。控制及處理單元550係與雷射系統500、雷射掃描/定位系統505、該被處理材料510之定位系統、及例如一或一以上計量感測器或成像裝置之一或一以上計量裝置或系統511中之一或多個鄰接。

【00150】 雖然在圖7(b)中只顯示各組件中之一組件，但是在該控制及處理單元550中可包括任何數目之各組件。例如，一電腦通常包含多數不同資料儲存媒體。此外，雖然匯流排554係顯示為在所有組件之間的一單一連接，但是應了解的是該匯流排554可代表連接該等組件中之二或二以上組件的一或一以上電路、裝置或通訊通道。例如，在個人電腦中，匯流排554經常包括或係一母板。

【00151】 在一實施例中，控制及處理單元550可為，或包括，一般用途電腦或任何其他硬體等效物。控制及處理單元550亦可以透過一或一以上

通訊通道或介面與處理器552耦合之一或一以上實體裝置來實施。例如，控制及處理單元550可使用特殊應用積體電路(ASICS)實施。或者，控制及處理單元550可以一硬體與軟體之組合實施，其中該軟體係由該記憶體且透過一網路連接載入該處理器中。

【00152】 控制及處理單元550可以一組指令規劃，且該組指令在該處理器中執行時使該系統實施在本揭露內容中所述之一或一以上方法。控制及處理單元550可包括比所示者多或少許多之組件。

【00153】 雖然某些實施例已在全功能電腦及電腦系統之上下文中說明過了，所屬技術領域中具有通常知識者可了解的是各種實施例可以各種形式分配為一規劃產品且可在不考慮用以真正地進行該分配之機器或電腦可讀媒體之特定種類的情形下應用。

【00154】 可使用一電腦可讀媒體來儲存軟體及資料，且該軟體及資料在藉由一資料處理系統執行時使該系統實施各種方法。該可執行軟體及資料可儲存在各種地方，包括例如ROM、依電性RAM、非依電性記憶體及/或快取。這軟體及/或資料之某些部份可儲存在這些儲存裝置中之任一裝置中。通常，一機器可讀媒體包括以可藉由一機器(例如，一電腦、網路裝置、個人數位助理、製造工具"具有一組一或一以上處理器之任何裝置等)存取之一形式提供(即，儲存及/或傳送)資訊的任一機構。

【00155】 電腦可讀媒體之例子包括但不限於可記錄及不可記錄型媒體，例如依電性及非依電性記憶體裝置、唯讀記憶體(ROM)、隨機存取記憶體(RAM)、快閃記憶體裝置、軟碟及其他可取出碟、磁碟儲存媒體、光學儲存媒體(例如，光碟(CDS)、數位多功能光碟(DVDS)等)等。該等指令可

以用於例如載波、紅外線信號、數位信號等之電、光、聲或其他形式之傳送信號的數位及類比通訊連結來實施。

【00156】 本發明之某些特性可，至少部份地，以軟體實施。即，該等技術可在一電腦系統或其他資料處理系統中依據其例如一微處理器之處理器實行，且該處理器執行在例如ROM、依電性RAM、非依電性記憶體、快取、磁碟及光碟、或一遠端儲存裝置之一記憶體中的多數指令序列。此外，該等指令可透過一資料網路以一編譯及連結形態之形式下載至一電腦裝置中。或者，實施上述該等程序之邏輯可在另外之電腦及/或機器可讀媒體中實施，例如作為大型積體電路(LSI'S)、特殊應用積體電路(ASIC'S)之多數分開硬體，或例如可抹可規劃唯讀記憶體(EPROM'S)及場可規劃閘陣列(FPGAS)之韌體。

【00157】 圖8(a)與8(b)顯示多數實施例，且該等實施例顯示使用(a)非遠心600及(b)遠心602透鏡，透過控制平台605來控制多數軸的能力。如果是一非遠心透鏡600，可藉由在一非場校正透鏡中出現之自然扭曲產生多數彎曲光絲路徑。可實施環繞該X(伽馬)軸之旋轉以使用垂直入射光在工作件610內提供彎曲光絲修改區域(612、614)。可了解的是亦可為其他光學組態。

【00158】 圖8(c)顯示另一實施例，其中支持被處理之材料的平台旋轉以產生相對於該材料表面彎曲之多數光絲。這實施例係組配成具有一相對於該光束入射角傾斜之樣本，用以產生類似於使用一掃描透鏡之裝置實施例的結果。圖9顯示適用於零件分割之一雷射系統700例的布置。雷射765係可，例如，以在大約1微焦耳至50毫焦耳之範圍內之能量，以至多到達大約2.5百萬赫茲之一重覆率傳送叢波脈衝。

【00159】 花崗岩豎板702係如一般在工業中使用地設計成為用以減少機械振動之反應塊。這可以是一橋，且在該平台上之該等光學件可沿一軸，X或Y相對於該平台且與它配合地在該橋上移動。花崗岩底座704提供可支持該系統之任一或所有組件的一反應塊。在某些實施例中，由於穩定性之理由，處理裝置740係由該系統振動地解耦。

【00160】 Z軸馬達710係設置成用以使該等光學件相對該平台在該Z軸上移動(調整及聚焦且如果必要的話，掃描光學件)。這移動可與該XY平台及在上方花崗岩橋中之X或Y移動，及在保持欲處理之樣本材料之該花崗岩底座上之該平台之XY移動配合。

【00161】 平台720包括，例如，具有一傾斜軸，伽馬(γ) (“偏擺”)之XY及θ平台。平台720之移動係藉由一控制電腦系統配合，例如，成為來自一較大母片所欲之一產生零件形狀。計量裝置730提供後處理或預處理(或兩者)測量，例如，用於映射、測量尺寸、及/或檢查切割後之邊緣品質。

【00162】 圖10(a)至(d)顯示用以製造具有傾斜邊緣之內特徵且不需要後分割加工以達成所欲角結果之傾斜切除方法。在圖10(a)至(c)中，該光束軌跡係透過以相對該雷射光束之一固定入射角度環繞該θ軸755旋轉得到，且該固定入射角度等於在該最後零件邊緣765上所欲之斜度。這非限制性實施例可傾斜作為切割及移動該旋轉平台，且該旋轉平台作為支持透過多數光絲陣列產生複雜切口之一裝置。

【00163】 圖10(d)顯示透過以多數光絲形成光束775以不同角度形成一倒角零件770的一實施例。應了解的是該等光束及光絲路徑可被控制以形成各種角度之倒角或傾斜邊緣。如果是一致(平行)之形成，則該光束可被分

開且引導通過光學件以得到具有垂直以外之多數入射角且到達該靶材之多數光束路徑，及一垂直入射光束，因此產生一三面邊緣或倒角。

【00164】 可了解的是依據，例如，該製程所能容許之分開角度，可產生具有二或二以上面之倒角。某些組態例係顯示在圖10(e)中。

【00165】 圖10(f)至10(n)顯示使用多次切割處理鈉鈣玻璃以獲得多數不同組態之倒角邊緣。在圖10(f)與10(h)中，以兩光束、一500毫米/秒之掃描速度、及12度之入射角處理具有1.6毫米之鈉鈣玻璃基板，其中刻劃一側，該玻璃基板翻轉，且再刻劃第二側。對應之後分裂結構係分別顯示在圖10(g)與10(i)中。圖10(i)至10(l)顯示不同放大率之倒角刻面的邊緣視圖。

【00166】 在某些實施例中，如下所述，該雷射處理系統可組配成使得一雷射(具有光束分開光學件)可同時實施兩刻劃步驟。

【00167】 圖10(m)、(n)與(o)顯示使用類似於上述者之條件，以三次切割處理一零件以獲得具有一中間垂直邊緣及兩倒角邊緣之一邊緣。在這情形下，在一側以一12度之入射角處理該基板；翻轉該基板且在另一側以一12度之入射角處理該基板，接著將該入射角改變成零度以進行垂直處理步驟。如此所述，可了解的是這些處理步驟可利用適當光束分開使用之一單一雷射同時地實施，只要該雷射具有足夠功率即可。例如，已發現的是具有一大約75瓦之平均功率的一雷射足以同時地實施所有處理步驟。

【00168】 可使用具有多數軸旋轉及移動控制之前述裝置達成使該光束以可變聚焦位置、非垂直入射角且在可變、配方控制之位置到達該(等)工作件以產生多數曲線區域之光絲陣列之目的，且達成將該等零件分割成多數組件、切出封閉形態之形狀及產生產品，例如具有高(例如大於大約

30MPa)分割斷裂強度之用於行動裝置的表面玻璃，而該表面玻璃在目前無法使用藉由該裝置製造商目前所使用之技術獲得。

【00169】 所屬技術領域中具有通常知識者可了解所有應用不需要所有這些軸且某些應用可具有較簡單構造之好處。此外，可了解的是所示裝置只是本發明多數實施例之一個實施例，且該等實施例可在不偏離本發明範圍之情形下改變、修改或混合多種不同基板、應用及零件呈現方法。

【00170】 圖11(a)顯示用於依據在此所揭露之方法大量製造之一旋轉處理系統組態800例的示意圖。該系統例包括用以將多數零件運送至各種不同站之一旋轉平台，以避免經常裝載及卸載，以及後處理計量及預處理映射。

【00171】 映射子系統805係設置成可決定，例如，在樣本中之彎曲、尺寸、零件方位、或分割欲進行之曲線。處理站810依據在此所揭露之方法進行分割、變形加工、鑽孔等。計量站815進行多種測量，例如相對一儲存零件輪廓測量一零件或檢查多數邊緣。裝載及卸載站820係組配成使多數零件進入及離開該處理站。直線滑動站830以最小移動零件及成本提供快速零件更換。該平台旋轉(如825所示)環繞該系統之軸，將多數零件由一站運送至另一站。

【00172】 圖11(b)顯示提供多基板、多光束及多雷射頭能力之處理平台810的一實施例。這使該處理平台可多工，使得多數樣本可一齊處理。在圖中所示之實施例中，由雷射832與834發射之光束在被引導在可藉由處理梭838定位在四位置之零件上之前被分開且被導向各個X、Y、Z、θ及λ平台。

【00173】 圖11(c)至11(f)顯示另一實施例，其包含用以加工四晶圓之一

雙雷射光束系統。如圖11(c)所示，四晶圓(1-4)係分開在用以處理之四象限中，且在晶圓間有一可控制間隙1100。請參閱圖11(d)，兩入射及側向分開(在x方向上)叢波雷射光束係使用一可移動光束傳送系統由一單一雷射系統形成，且該可移動光束傳送系統包括分光器1105、鏡1110及透鏡1115。該等光束係各聚焦在分開晶圓(例如晶圓1與3，或2與4)上，其中該等分開晶圓係藉由一共用支持構件1120支持。

【00174】 如圖11(e)所示，該光束傳送系統相對於該等晶圓以該Y方向移動以便透過依據本發明之光絲處理來刻劃該等晶圓。在已沿該Y方向之一既定線完成一刻劃後，改變在該X方向上在該等晶圓與該光束傳送系統之間之相對位置，且再次在該Y方向上刻劃該等晶圓。重覆這程序以便在該Y方向上沿所有需要之線進行雷射處理。應了解的是相較於X平台之速度，晶圓處理之速度更取決於該Y平台之速度。因此，在某些實施例中，該Y平台可藉由一馬達控制，且該馬達具有比控制該X平台之馬達高之速度。

【00175】 圖11(e)顯示在Y方向上刻劃線，即第一刻劃線1130及中間晶圓刻劃線1140之兩例子。在該圖中亦顯示的是在該光束傳送系統與該等晶圓間之相對速度在刻劃之前增加的加速區域1150，及在該光束傳送系統與該等晶圓間之相對速度在刻劃之後減少的減速區域1160。

【00176】 當該雷射光束未被定位在一晶圓上之一刻劃線上時，該等雷射脈衝可被阻擋或衰減。兩雷射功率時間相關分布曲線例顯示在圖11(f)中，其中該時間分布曲線(i)對應於圖11(d)中之第一刻劃線1130，而其中該時間分布曲線(ii)對應於圖11(d)中之中晶圓刻劃線1140。

【00177】 在Y方向上之所有刻劃線已形成後，接著相對於該光束傳送

系統以90度旋轉該等晶圓，且重覆該程序以便在該X方向上刻劃所有所需線，如圖11(f)所示。

【00178】 在某些實施例中，如以下進一步詳細說明地，該入射雷射脈衝之偏振可為水平、垂直或圓形。例如，已發現的是對於在刻劃時使用水平偏振之某些材料而言可產生較佳刻劃效率。

【00179】 圖12顯示處理一透明基板以產生具有複雜邊緣、內切口特徵842及圓角之一零件840。如圖中所示，該等角844之半徑可固定或可改變。該圖亦顯示形成用於封閉形態形狀及內特徵之應用的多數任意曲線光絲陣列之能力。

【00180】 在另一實施例中，該最後透鏡可具有大透明孔徑，例如，大約50mm，其可被用來產生一大約25毫米×25毫米場到達100毫米×100毫米，及未校正之場，使得該等角扭曲產生除了垂直以外之入射角，且使得該被分割產品緊接在處理後具有傾斜或倒角表面。

【00181】 在某些實施例中，相對於包含該叢波之各子脈衝，當產生該等叢波脈衝時在它們中可存在某種程度之規劃性。換言之，藉由選擇該脈衝之叢波波封之上升或下降波形分布曲線賦予使用者一控制度。這脈衝能量分布曲線調變讓使用者可決定熱形成之速度且因此該材料進行聲壓縮之速度。該方法因此可使用藉由脈衝至脈衝控制調變之一叢波脈衝分布曲線進行聲壓縮。

【00182】 如下所述，本發明分割方法可用以達成產率比習知方法高之製程，因為，在某些實施例中，可以一單一處理步驟且利用習知分割零件以更高彎曲強度達成分割。

【00183】 以一空間分散方式聚焦之該等叢波脈衝之能量特性使該裝置可，對單層或多層材料而言，在該材料之一延長長度上傳送實質均一密度之材料壓縮波，只要在已通過各層或表面後在該光束中存在足夠能量即可。如以下進一步說明地，在包含具有由空氣、氣體、真空、或在某些或全部中間層之間具有實質不同折射率(例如複數與實數)之其他材料所形成的間隙之一多材料層狀堆疊體之一實施例中，可產生光絲，又同樣地，只要使用足夠能量及聚焦條件即可。如上所述，可藉由改變在該光束與該工作件間之相對移動速度來改變該等光絲陣列之間距。

【00184】 如上所述，以上揭露之光絲修改方法可進行透明材料之快速且低破壞分割、切片、刻劃、切割、刻面處理。在某些實施例中，以光絲為主之分割可在平坦或彎曲材料上實施，且因此可使用在多種製造應用中。該方法通常應用於一光絲可透過超快雷射脈衝叢波形成之任一透明介質。依據以下揭露之實施例所提供之裝置可提供一用以配合，例如，延伸且環繞多數彎曲表面之多軸光束移動的裝置，且該裝置具有用以可規劃地控制(例如，依據一預選擇配方)該最後產品特性，例如彎曲強度、邊緣粗度、電或光效率、生產成本及如邊緣形狀與紋理之處理後特性的多數任選自動聚焦元件。

【00185】 在某些實施例中，對玻璃材料(包括，例如，鋁矽酸鹽、鈉矽酸鹽、摻雜之介電氧化物、及類似化合物或化學計量)而言，在此揭露之分割方法可用以切割或分裂液晶顯示器(LCD)，平板顯示器(FPD)，有機顯示器(OLED)，玻璃板，多層薄玻璃板，汽車玻璃，管，顯示器表面玻璃，保護窗，安全玻璃，疊層結構，建築玻璃，電化變色顯示器與其他，生物

晶片，光學感測器，平面光波電路，光纖，實驗、工業及家用玻璃器皿，及藝術作品。

【00186】 對半導體材料(例如矽，III-V族，及其他半導體材料，特別是呈薄波形者)而言，在此揭露之分割方法可用以處理微電子晶片、記憶體晶片、感測晶片、發光二極體(LED)、雷射二極體(LD)、垂直腔面射型雷射(VCSEL)及其他光電裝置。

【00187】 在其他實施例中，在此揭露之光絲方法可用以切片、切割、鑽孔或刻劃透明陶瓷、聚合物、透明導體(即ITO)、寬能帶間隙玻璃及水晶(例如結晶型石英、鑽石、藍寶石)。

【00188】 在此揭露之方法亦可延伸至複合材料及總成，其中至少一材料組件對該雷射波長而言是透明的以便進行該光絲處理。非限制性例子包括矽上覆二氧化矽、玻璃上覆矽、金屬塗布玻璃板、印刷電路板、微電子晶片、電化變色顯示器、鏡子、玻璃、窗或透明板、光電路、多層FPD或LCD、微流體裝置、感測器、致動器、MEMS、微全分析系統(μTAS)、及多層聚合物封裝件。

【00189】 該光絲相對於該光束軸之徑向對稱使該材料特別容易藉由例如，但不限於，其他雷射處理、加熱、冷卻、氣體噴射、及在一無接觸方法中分割該等零件之其他手段的後續方法分裂，以提供一高斷裂強度。

【00190】 在一實施例中，另一雷射照射可用以追蹤由該第一照射所產生之光絲陣列線。這可利用用於光絲形成之雷射，或另一更經濟之雷射達成。依此方式，可在玻璃零件上進行全分割，因此由於厚度或材料特性，不需要或不藉由在此運用之技術實現自然自分裂。該另外之雷射照射可為

脈衝式或CW。該另外之雷射照射之功率值可為大約等於或大於10瓦。該另外之雷射照射之波長可大於532奈米。該另外之雷射照射之相對移動速度可為大約500毫米/秒。該另外之雷射照射可使用靜態或動態(掃描)光學件傳送。

【00191】 依據在此揭露之方法之產品及材料可藉由處理條件及該等光絲如何已作成在它們內而具有獨特電及光產生性質。例如，可形成具有防故障(機械的或電氣的)及非常低、但可規劃邊緣粗度之較強零件(玻璃或藍寶石)。該防故障亦延伸至在如此被分割之這些零件上或內製造的裝置。

【00192】 如圖13(a)與(b)所示，該等光絲之重疊度(或光絲之分開間距)係可依使用者及配方選擇，使得該等零件之邊緣粗度(850、852)可依微米級控制。該對邊緣粗度之控制是有用的，其中該裝置效能可藉由多數分割條件達成或控制。因此，在此揭露之方法及系統可產生新材料幾何形狀及/或零件，因此揭示用以在例如消費產品、航空、汽車及建築區塊等之區塊中製造替代物之新方法。

用於具有高斷裂強度之分割零件的光絲

【00193】 前述實施例可用以製造具有堅固、無破壞邊緣之基板，且該等邊緣具有超過經由其他雷射處理方法達成者之斷裂強度。該等基板可使用在各種不同應用中，例如具有倒角、傾斜、或牛鼻邊緣之平板PCS、手持裝置、鏡子、玻璃板、半導體、薄膜堆疊體、顯示透鏡陣列、電聚焦陣列、電化變色總成、顯示器、LCD及FPD。

【00194】 例如，已發現的是依據以上揭露之方法處理，且接著被分割之基板可具有大於50MPa之斷裂強度。圖14(a)至(c)顯示如在ASTMC158中

所述之用以決定如此被分割材料被處理後之斷裂強度的斷裂強度測試協定。圖14(a)與(b)顯示兩個斷裂強度測量組態例，而圖13(c)則顯示一用以決定該特性強度之威布爾圖(Weibull plot)例。所示之報告方法例係威布爾圖，其係設計成可傳送該欲測試材料之統計結果且預測何時及在何種條件下它會失效。

【00195】 在某些實施例中，在此揭露之方法可用以提供高到足以支持超過100MPa之斷裂強度的邊緣品質。例如，依據在此揭露之方法分割之材料的分割後斷裂測試資料已證明斷裂強度在非化學強化玻璃中高達300MPa。該材料及如此產生之任一產品的斷裂強度會受處理條件之合宜選擇正向地影響。應注意的是雖然超過100MPa之斷裂強度是必要的，但是在沒有進一步處理之情形下使用其他方法無法達到該高斷裂強度。

用於複雜樣條加工之裝置

【00196】 在某些實施例中，用以依據以上揭露之方法在一基板內形成一光絲之一系統可包括一旋轉平台及一自動萬向架安裝之最後物鏡(伽馬，γ)，其與配合之Z位置控制耦合，用以產生複雜樣條零件。該實施例支持以高產率且在不需要進一步精製或後處理之情形下產生高斷裂強度。

【00197】 圖15(a)與(b)顯示具有一複雜樣條表面900之樣本的處理，由此可利用垂直或非垂直光束入射通過該零件形狀之整個周邊切出任意形狀之多數零件，且該零件形狀係取決於如此被分割之零件之所欲特性(例如其中/其上之裝置的強度、導電性、電效率，耐蝕刻性或效率等)。隨著用於固定物鏡間距之自動聚焦耦合之XY平面中的移動在該等θ與γ軸中之配合移動可用以產生具有使用者可依據該零件之應用及其所需/所欲效能波封選擇

(在一合理範圍內)之性質。該等光學件(圖15(a))及/或被處理之零件可移動及/或旋轉以得到這能力。圖15(b)與(c)顯示該被處理零件藉由一平台905之移動及/或旋轉。圖15(d)提供該實施例之一實施例子，顯示藉由光絲形成之處理以具有一圓邊緣的一玻璃零件。

多層之處理

【00198】 在其他實施例中，通過藉由透明氣體或其他透明材料分開之數層玻璃，或在多層不同透明材料中可產生多層光絲。該基板可包括二或二以上層，其中該聚焦雷射光束之一光束聚焦之位置係選擇成可在該等二或二以上層之至少一層內產生多數光絲陣列。

【00199】 例如，該多層基板可包含多層平板顯示玻璃，例如液晶顯示器(LCD)、平板顯示器(FPD)、及有機發光二極體(OLED)。該基板亦可選自於由汽車玻璃、管狀玻璃、窗玻璃、生物晶片、光學感測器、平面光波電路、光纖、飲料用玻璃器皿、藝術玻璃、矽、III-V半導體、處理微電子晶片、記憶體晶片、感測晶片、光電透鏡、平板顯示器、需要強蓋材料之手持電腦裝置、發光二極體(LED)、雷射二極體(LD)、及垂直腔面射型雷射(VCSEL)所構成之群組。

【00200】 或者，該聚焦雷射光束之一光束聚焦之位置可先選擇成在該等二或二以上層之一第一層中產生多數光絲陣列，且該方法可進一步包含以下步驟：定位一第二光束聚焦以便在該等二或二以上層之一第二層內產生一指數變化；照射該第二層且移動該基板以產生一第二陣列，且該第二陣列界定用以分裂該基板之一第二內部(在該堆疊體內部，不是該等個別層內部)刻劃路徑。相對當照射該第一層時，可由一相對側照射該基板。在一

致或後續處理步驟中，該基板可由頂部與底部或由多數入射角進一步照射該基板。此外，在照射該第二層之前，該第二光束聚焦之一位置可相對當照射該第一層時之該光束聚焦之一位置側向地移動。可使用一第二聚焦雷射光束照射該第二層。這光束可藉由該系統由一單一源或一第二源供給。因此一致地操作之多數光束可並聯地處理多數基板。

【00201】 圖16(a)顯示具有多數材料堆疊體935之基板(任選地具有多數間隙940，且該等間隙940具有較大或較小折射率n)可藉由以一任意入射角且藉一傾斜零件或傾斜光束925—傾斜表示非垂直入射—或兩者在內部形成多數光絲區域930來分割，以便分割複雜堆疊體。此外，可選擇多數條件以便在該零件及其組件之中間或末端界面進行燒蝕。這主要是藉由控制光絲形成之開始，通常距離該最後物鏡之一設定距離來調整，以便與需要光絲形成的該靶材層之Z位置一致。藉由調整該零件或光學件之z高度，一高控制度可讓使用者決定該光絲先形成在何處。

【00202】 圖16(b)顯示該實施例之一實施例子，其中透過在一單道中以0.5公尺/秒之速度形成光絲來處理具有一2.1毫米之三層積層玻璃基板。圖16(c)顯示顯示一電子顯微鏡影像，且顯示包括兩空氣間隙與一中間黏合層之一光絲處理多層裝置的後分裂。

【00203】 在某些實施例中，藉由控制該雷射照射以只在該固體透明層中形成多數光絲，可避免在單一或多層板中之各表面上產生燒蝕及碎屑。這在製造方面提供明顯優點，例如，其中厚玻璃或脆弱多層透明板必定會以平滑及無裂縫刻面分裂。

【00204】 例如，圖16(d)顯示電子顯微鏡影像，顯示使用一混合處理

方法分裂一積層液晶顯示器基板之一實施例，其中該頂表面係藉由一V型溝處理，且該底表面係藉由光絲形成處理。

監測

【00205】 在一實施例中，用以實施前述方法之一裝置例包括使用可變波長之觀測及對齊能力，且使用者可在預-及後-雷射處理中選擇對比、邊緣位置、晶圓映射及計量。在一實施例中，用於影像要求及分析之標準機械觀測組件係足以完成這工作且以一對齊演算法與這耦合提供必要程度之控制。可提供及使用一音圈或類似工具以在該z方向上驅動該光學件或零件，且可使用線性馬達以進行XY定位。該等馬達可在編碼方面具有0.1至10微米精度及準確度。

【00206】 如果，例如，是LED晶圓，該等晶圓不是平坦的。在該裝載站，可拾取且接著預映射該等晶圓以計算樣本曲率或由切割膠帶、DAF(晶粒附著薄膜)或安裝所產生之扭曲。該預映射通常係藉由一光束或一光源光學掃描通過該工作件來完成，其中該反射光被詢問以測量在該工作件與該相機之間的距離。例如，該實施例可以一共焦系統實施。一共焦或類似快速聚焦機構可足以相對於LED晶圓缺口或平坦部提供準確之界道位置及晶粒角落位置。該z位置可選擇成與所欲聚焦位置一致，加或減該晶圓曲率偏差，隨著XY及θ位置改變。接著可將這預映射資料載入該系統控制電腦中，且用以以一伺服協調信號在Z上驅動該即時自動聚焦系統。該系統可自動聚焦控制該幾何聚焦相對於該零件或平台之位置為大約+/-50奈米，同時以高直線速度(例如達到1.5公尺/秒)使該樣本相對於該光學光束移動。

【00207】 在一實施例中，這功能性可利用一力框-計量框組態達成，

其中該反作用力被緩衝至非耦合機器組件中，使該光學框不因所誘發之振動而擾動。

【00208】 在某些實施例中，該觀測系統可測量該等光絲之特性及/或尺寸以追蹤零件檔案逼真度，因此當一測量值不在一預設範圍內時產生一警報、報告、或其他通知。如上所述，該系統可具有追蹤該形成光絲之橫截面的一觀測系統。

【00209】 在某些實施例中，可快速回饋之電子元件(例如樣本速度大於1K赫茲)可用以即時測量與光絲形成相關之一或一以上處理參數。一實施例係顯示在圖17(a)中。任一或全部監測組件可組配成(移動或以其他方式改變角位置)追蹤光絲形成之位置。例如，就圖17(a)所示之實施例而言，配置兩相機(成像裝置)及一偵測器以測量及監測該等光絲之尺寸、深度及間距。相機或偵測器950係定位成可偵測在該光絲形成程序中發射之光輻射，其中可處理與所偵測之光輻射相關之信號以進行計量。相機952係定位成可在該等光絲960形成時透過該被處理之透明材料之一邊緣，監測該等光絲960之深度及/或尺寸。偵測器954(可為一成像裝置或一相機)係定位成可測量該光絲陣列之寬度(圖17(b)顯示藉由這相機獲得之光絲陣列960之影像例)。

【00210】 可提供任一測量性質或參數至一控制及處理系統970以確認處理品質及/或提供回饋測量以便主動控制該程序。例如，該等測量之特性或參數可與儲存在該控制系統中之預定值比較。該控制及處理系統970可為具有一處理器之一電腦或電腦裝置，且該處理器被規劃以控制該光絲形成程序(請參見圖7(b))。

【00211】 在一實施例中，處理由一或一以上成像裝置之輸出以確認該

光絲終點及位置以便提供回饋至用以監測該光絲之深度的一z-伺服器。當需要確保該光絲在一材料(例如LED切片)內停止時，該實施例是有利的。如圖19所示，可包括另外之成像裝置以提供與該形狀及/或位置逼真度相關之計量資料。

【00212】 如圖17(c)與17(d)所示，可使用一光源970，例如一紅外光源，以產生通過一或一以上光絲且接著藉由一偵測器/相機975之一光學取樣光束。圖19(c)顯示一平面內監測實施例，而圖19(c)顯示一傾斜平面外監測實施例。

【00213】 前述實施例對例如包含分割具有DBR(分散式布拉格反射鏡)及氮化鎵結構之LED晶圓的應用是特別有用的。對於可在一基板內產生一分裂平面及控制這特徵持續存在之深度有一大好處。如果是具有氮化鎵層之LED，則該氮化鎵係藉由在基板與氮化鎵黏著層間之界面進行燒蝕處理而分散。本發明之方法不僅可為控制這深度至該z位置之大約小於10微米內之一方式，而且亦可具有在該光絲形成情形後快速發散該雷射光束之能力。這表示緊接在該光絲區域以下之材料比一習知雷射處理更不受(光、機械、熱或振動之)影響。由於是在該光絲終端具有高發散性之一非常短時間處理，該光絲產生更溫和之內部效應。

【00214】 如上所述，為了進一步增加該雷射系統之計量及監測能力，可監測形成(由非線性程序所產生之)該等光絲時發射之白光，以得到在表示該基板中之變化的強度及/或光譜變化。通常，可監測及任選地使用該光絲之尺寸、位置、圖案逼真度及深度中之任一或多個者，及該靶材材料之化學及物理特性，以得到用以控制該系統之主動回饋迴路。

【00215】 在某些實施例中，該觀測、對齊及計量系統中之任一者可設置在該靶材材料上方及/或下方且可被用來透過伺服控制致動器導引該等聚焦光學件至相對於在該靶材堆疊體中之靶材層的一預定位置。這靶材層可具有一或一以上層之厚度且對該入射雷射波長而言是透明或不透明的，只要至少一層對支持產生光絲而言是足夠透明即可。

藉由光絲形成燒蝕及對齊半導體裝置

【00216】 在其他實施例中，可使用以上揭露之方法及裝置以便在沈積在一實質透明基板上之該第一入射層(先遭遇該雷射輻射之層)中產生燒蝕標記，以便協助在進一步處理時該基板之後續相對定位及對齊，例如用以協助在處理一半導體裝置時在該基板上或內產生之裝置的相對定位。

【00217】 例如，眾所周知的是一LED晶圓之不透明層會難以在處理時對齊。過去之努力已使用紅外線相機以定位該等對齊標記或基準點且接著將這些登錄在該雷射座標系統中。新晶圓形態使這又更難達成，因為該等金屬層變成厚到足以阻擋該紅外線信號且因此無法對齊。

【00218】 因此，在選擇之實施例中，在習知觀測組態由於存在厚金屬層(具有使IR觀看無法實施之一厚度)而無法使用之應用中，前述實施例可用以提供定位例如在欲分割之一半導體晶圓上之相鄰小塊間之界道之相關結構的一裝置。

【00219】 因此，為通過位在一透明基板(例如一雷射晶粒)內或上之多數金屬層產生對齊標記，可使用以下實施例。詳而言之，可採用在此所述之程序以便藉由改變該雷射功率及增加在一叢波中之脈衝數，通過一金屬層來產生燒蝕(不是形成一光絲，或另外形成一光絲)。在某些實施例中，可

依據前述光絲處理方法及條件燒蝕一金屬，且在透明基板上多數金屬層厚度小於大約50微米。已發現的是在該叢波中之第一少數脈衝燒蝕該金屬，且接著在該叢波中之脈衝前進以形成一光絲。

【00220】 在某些實施例及應用中，有利的及/或所需要的是處理具有一金屬層之材料，使得該金屬在沒有形成與該金屬層相鄰之一光絲之情形下被局部地燒蝕。這在，例如，該光絲之存在會破壞在緊臨該金層附近之一半導體層(例如一LED晶圓之一氮化鎵層)的應用中是較佳的。這可藉由避免光絲形成所需之能量密度，同時維持足以清潔地燒蝕該金屬之能量來達成。例如，已發現的是一大約5瓦，且在1064奈米在一叢波中具有20脈衝之雷射功率係適用於在不形成一光絲之情形下燒蝕薄金屬層。

【00221】 應了解的是可採用前述實施例來實施在該透明材料上或內之任一表面之任一金屬層的燒蝕。例如，該金屬層可位在該透明材料之一外表面上，或在該透明材料內之一內表面上。此外，在某些實施例中，可依據前述實施例，並聯地或串聯地，燒蝕二或二以上金屬層。

【00222】 在圖18(a)至(c)所示之一實施例中，一半導體晶圓具有形成於其上之一裝置之陣列，且在主動裝置層下方(例如在該晶圓之一底表面上)具有一金屬化層，且依據該方法處理。基板/晶圓1000係由圖18(a)中之一俯視圖顯示，顯示該裝置之陣列。如圖18(b)所示，該裝置之底表面包括至少一金屬層1020。多數對齊標記係，如上所述地，依據使用一較低功率叢波串1010由該基板之背面照射，通過該(等)金屬層燒蝕形成。這些對齊標記係相對於一參考框空間地登錄。當由上方以適用於光絲形成之一叢波串1040處理該樣本(例如，該樣本可翻轉且可使用該等燒蝕標記作為基準標記進行

處理)時，可接著使用該等對齊/基準標記1030。因此，本發明之方法對於避免由包含作為散熱器及/或反射器之較厚金屬層的先進LED基板所帶來之限制是有利的。

【00223】 圖18(d)係依據這方法處理之一LED晶圓之俯視影像，其中運用叢波雷射脈衝處理所有層，包括金屬層(低功率標記)、DBR層、PSS層，以及藍寶石與氮化鎵層。

【00224】 這方法之彈性對於使用者透過在該半導體(例如氮化鎵)兩側及該LED裝置晶圓之反射器側上金屬化來使用在透明材料中光絲形成之能力是明顯的。可在不破壞周圍裝置或由該藍寶石基材分離該半導體層(氮化鎵)之情形下施加該刻劃。該處理可施加在兩側以便依據在該裝置設計或其外觀中固有之限制，由任一側進行分割。

【00225】 不論在分割時使用什麼方向，都可在不對切割膠帶造成破壞之情形下實施依據該實施例之處理。詳而言之，因為該光束之非常大發散角度及在通過該基材後其較低功率，故該切割膠帶可免於被破壞。這係顯示在，例如，圖18(e)與(f)中，其顯示具有未受損切割膠帶之被後處理基板。圖18(g)與(h)顯示在移除該切割膠帶後之被處理基板。應注意的是例如，可利用一棉花棒或其他適合清潔工具移除該微小殘留膠帶痕跡。

【00226】 該等規劃之實施例將，在某些實施例中，使用習知光學相機對齊，不需要昂貴觀測系統。

【00227】 與其他處理方法不同，該光絲快速分散，因此該雷射光束在該光絲形成驟冷後進行高發散，這可在不對氮化鎵或DBR(分散式布拉格反射鏡)層之情形下，對具有一自動聚焦機構之一LED處理站以，例如至0.01

微米之一高程度z精度施加這雷射處理以分割該晶粒。應了解的是調整該光束功率及選擇在不形成一外電漿通道之情形下可產生一外預及/或後材料聚焦(光束腰部)以“集堆”不想要之功率之適當光聚焦條件，藉此可選擇特定層之處理。

【00228】 在這方法中之彈性亦可在可由該裝置之任一側通達之該靶材材料或堆疊體內之任一入射表面中產生對齊標記，因此使該等層及其組成使傳統對齊及分割技術完全不相容且無法實施之目前出現在發展實驗室中的最先進LED堆疊體亦可完全對齊地分割。

【00229】 依據存在靠近欲標記表面之材料或該標記作成在其中之材料，使用光絲及/或燒蝕技術—用以在一表面“上”進行標記之燒蝕技術及用以在一材料“內”進行所欲標記之技術，可產生該等對齊標記。例如，在介電體上之金屬將使兩種標記均可用於藉由該觀測系統檢查及定位。

例子

【00230】 以下例子係為使所屬技術領域中具有通常知識者了解及實施本發明所提出者。它們不應被視為對在此提供之實施例之範圍的限制，而只是其說明例及代表例。

例1：藉由雷射光絲化分割玻璃樣本

【00231】 為證明某些以上揭露之實施例，在具有以一高重覆率(大於400k赫茲)操作之一50W皮秒瓦雷射的一雷射系統上處理多數玻璃樣本以便非常快速地掃描該雷射光束通過該靶材，且已安裝0.7毫米厚度之Gorilla玻璃之多數平台以一大約500毫米/秒至1000毫米/秒之速度移動。以該基本之1064奈米且具有小於25皮秒之一脈衝寬度操作的雷射係設定成以在一叢波

中具有20子脈衝的叢波模式操作。

【00232】 直線切割及曲線形狀都已以高速以非常良好品質及高彎曲強度達成。例如，如此被處理之Gorilla樣本已顯示大於110MPa切割後彎曲強度。圖19顯示在形成該修改區域(所謂刻劃步驟)及該分裂步驟(分割)後之面切邊緣的微縮圖。所示之粗度在該表面之一大部份上小於10微米RMS。圖20顯示在正交方向上一基材例之後分割表面粗度測量。

【00233】 在另一例子中，在具有一0.4毫米之藍寶石中已產生半徑角及面切邊緣零件，且具有測量值低至大約200奈米RMS之粗度更佳的粗度，如圖21所示。

【00234】 該系統之平台移動係與該雷射脈衝及觸發信號配合使該相對移動雷射與零件同步，使得該零件決不會等待該雷射或平台趕上。因此即使當在傾斜零件上，例如環繞該等角，產生光絲陣列時，亦保持該光束相對於該材料之速度在一固定值。這係藉由依據來自一樣條檔案(該樣條檔案由該Adobe illustrator繪圖軟體檔案被讀入電腦)控制該光束及材料之相對移動來達成。該固定速度維持在光絲間之一固定相對間距，因此在分割後在所有位置產生一致之光絲形成及界面品質。應了解的是這實施例可應用於任何雷射處理方法，且不限於包含透過雷射絲化處理之前述實施例。

【00235】 該叢波特性係依據欲測試之材料實驗地選擇。實驗發現當該光絲長度延伸超過大約該基板厚度之10%時可獲得較佳分割結果。這被發現對於厚、軟玻璃及對於包含敏感電氣裝置之基板，例如LED晶圓而言尤真。如矽酸硼及鈉鈣玻璃等之較軟玻璃可由可能到達該樣本厚度之75%的更長光絲而獲益，以便產生具有一致及高材料品質之分裂，包括具有最小破裂

之邊緣粗度。

【00236】 這些結果顯示該光絲之本質可藉由改變該雷射照射之脈衝本質來控制。換言之，除了能量、波長、及光束聚焦條件(即數值孔徑、在樣本中之聚焦位置)之參數以外，可訂製脈衝參數以獲得一所欲光絲輪廓。詳而言之，可改變在一脈衝叢波中之脈衝數及在連續脈衝間之延遲時間以控制所產生之光絲之形態。如上所述，在一實施例中，藉由提供用以產生各光絲之一脈衝叢波來產生多數光絲，其中各叢波包含一連串脈衝，且該等脈衝具有小於用於遲豫所有修改動態之時間尺度的一相對延遲。

【00237】 在單片玻璃刻劃、平板玻璃刻劃、矽及藍寶石晶圓刻劃之工業應用中，需要使用具有確定可靠性之雷射系統得到更高之刻劃速度。為證明該實施例，使用具有在飛秒範圍之一脈衝時間的一高重覆率商業超快雷射系統進行多數實驗。

【00238】 在某些實驗調查中，行動電話玻璃顯示器及平板表面玻璃已依據在此所揭露之方法分割。Eagle 2000或可變厚度及Gorilla玻璃預及後離子交換已以大彈性及速度由母板及較小電話尺寸之單元分割出來。包括刻面邊緣及複雜樣條形狀表示在一易碎材料分割方面該技術之狀態的一大幅延伸。使用以再生放大器為主之平台已在飛秒及皮秒體系中都產生至目前為止最佳之結果。

【00239】 在某些實驗中，除了其時間及空間特性以外，亦修改該入射光束之偏振。控制這些參數已在後續預備生產系統中產生驅動機器設計的一參數空間。例如，由於一伺服及協調偏振器可旋轉以改善或最佳化切割通過實質厚基板之角度，偏振可提供處理彈性。例如，對於該光束之偏振

狀態之該控制對於產生具有內及外線之傾斜玻璃零件是有用的。需要圓角及/或該雷射光束傳送系統之旋轉(如果不是旋轉至少是移動)之零件可依據該方法處理，因為該等零件之處理涉及當該零件及雷射互相相對移動時改變之一光束入射角，而這又會影響言光絲形成效率。因此，由於該光束之入射角在處理時改變，可控制該入射光束相對於該材料之表面的偏振狀態。這可，例如，(如在此所述地)使用除了該光束位置及方位以外，且與該光束位置及方位相關地，在處理時亦控制該偏振狀態的一自動光束傳送系統來達成。

【00240】 零件已橫跨範圍由0.3至3.2毫米之大範圍玻璃厚度或甚至由0.1至8毫米之更大範圍厚度產生。玻璃零件係以等於或大於500毫米/秒之移動速度產生。藍寶石材料係以500毫米/秒之移動速度產生。該修改區域之形成速度以一平順且一致之方式利用該機器之特性高速平台及該等零件快速改變方向之能力，因此產生忠實重現該等零件檔案之邊緣。電致變色窗係該系統之一適當應用例。該實施例之一例子係處理航空用玻璃。被分割之零件具有曲線及精確邊緣，且有效地準備好在後分割後立即組裝。

【00241】 本發明之方法之彈性係藉由可各以一不同零件呈現方法製造之寬陣列零件來強調。具有這彈性之零件來自於使用可依據處理需要快速移動該聚焦及該光束之空間分布的一可調整光學組。與在此所示之彈性結合之具有低粗度邊緣之實質且有效地無損失分割的生產可在顯示器及一般易碎材料分割市場中為這技術提供商業機會，而在該顯示器及一般易碎材料分割市場中需要高產率、高強度零件，且需要以高速獲得具有小於30微米RMS邊緣粗度零件，及比任何競爭技術低之擁有成本。

例2：在玻璃基板中形成6毫米長之光絲

【00242】 在一實施例中，該雷射光束可包括具有小於大約500皮秒之脈衝時間，且該雷射光束可被校正及聚焦至該靶材外側之一光點(例如，具有一大於大約1微米及小於大約100微米之腰部)。在不希望受理論限制之情形下，且如上所述地，據信導致光絲形成之非線性交互作用在該材料內造成一連串聲壓縮。應了解的是這些聲壓縮係實質對稱於該光束軸。這區域之縱向長度係，如上所述地，藉由包括聚焦之位置、該雷射功率及該脈衝能量之多數脈衝及光束參數來決定。

【00243】 例如，使用具有各具有大約10皮秒之一脈衝寬度，及例如一2M赫茲重覆率之一脈衝叢波串的一50瓦雷射，可在玻璃材料內產生具有一超過10毫米長度之光絲。該等光絲可形成為使得它們不發散，連續，且由該材料之頂表面至該材料之底表面具有一實質固定之直徑。

【00244】 詳而言之，已觀察到該等結構可具有一小且窄直徑(例如大約3微米)管，其在該頂表面開始且以一平滑及均勻方式繼續延伸(具有小於大約10微米之一內RMS表面粗度)，離開該靶材層或堆疊體之底部，使得該出口直徑亦為大約3微米之等級(在此例子中)。就它們的特性及在它們形成之材料上之效果而言，該等光絲都具有可控制性。用以控制該等光絲之一參數例係該光束通過該工作件之移動(或該工作件相對於該光束之移動)的速度。

【00245】 在本發明方法與所有先前習知方法之間的一重要差別係這些光絲及因此刻劃/分裂/切割陣列可產生之速度。在此例子中，可以大約600毫米/秒之速度產生6毫米光絲。這形態、速度及後刻劃材料完整性在雷射處

理之歷史中是沒有前例的。

例3：使用1064奈米脈衝雷射形成光絲

【00246】 在此揭露之該等方法，裝置及系統之一實施例中，組配成輸出如上述之飛秒脈衝之叢波的一雷射可進入具有一準直器及轉向光學件之一光學組，及任選之可以使用者可選擇角度傳送之具有一場修正區域的一掃描器、具有設計成誘發像差波前之光學作的一光束，且該光束可透過負或正透鏡聚焦使得該交互作用區域超過欲刻劃之靶材層之深度。在一實施例中，由於該交互作用區域之長度將決定被處理後之零件之特性，因此以5M赫茲由一50瓦1064奈米雷射發射之多數飛秒脈衝叢波係藉由一連串透鏡聚焦，以依據該靶材基板及所欲最後結果(完全切割、刻劃及切斷等)使用聚焦長度之比例，W，位在-20與+20(L1fl / L2fl = W)之間的一雙重或三重透鏡在該材料外側之焦點產生一5微米光點。如上所述，在某些實施例中，可使用達到大約-300至300之透鏡聚焦長度之一比例。

【00247】 上述特定實施例已藉由舉例說明過了，且應了解的是這些實施例可有各種不同修改例及替代形態。應進一步了解的是該等申請專利範圍不應受限於所揭露之特定形態，而是應涵蓋落在本發明之精神及範圍內的所有修改例、等效物及替代物。

【符號說明】

【00248】

10　光絲

20　隱形切割線

100　聚焦透鏡

110 材料

115 材料

120 光絲

130 入射光束

140 光束

150 分散聚焦元件

160 入射光束

165 收斂光束

170 光絲

175 初始外部腰部

180 收斂光束

185 位置

200 收斂光束

205 位置

210 位置

220 光絲

250 長光絲區

260 臨界直徑

260 臨界直徑範圍

270 入射光束

272 透明層

274 透明層

275 最後透鏡

276 最後層

280 光絲區

281 未形成光絲

290 外腰部

300 掃瞄器

305 最後聚焦透鏡

310 補正板

315 材料

320 特殊掃瞄透鏡

350 叢波脈衝

355 為透明度所選擇之波長

360 叢波重覆率

365 叢波間之可變及可選擇間距

370 雷射頭

375 脈衝間距

380 脈衝輪廓

390 叢波

392 在叢波脈衝波中之總能量

395 彎曲輪廓

396 在叢波中之脈衝數

500 超快雷射

502 調整光學件

504 光束取樣鏡

505 X-Y掃瞄器(移動或固定的)

506 功率計

510 伺服控制平台

511 計量裝置

520 最後聚焦透鏡

522 工作件

550 控制及處理單元

552 處理器

554 匯流排

556 記憶體

558 內部儲存裝置

560 電源

562 通訊介面

564 外部儲存裝置

566 顯示器

568 I/O裝置及介面

600 非遠心透鏡

602 遠心透鏡

605 控制平台

610 工作件

612 彎曲光絲修改區域

614 彎曲光絲修改區域

700 雷射系統

702 花崗岩豎板

704 花崗岩底座

705 雷射

710 Z軸馬達(驅動器)

720 平台

730 計量裝置

740 處理裝置

755 垂直軸

765 傾斜切割部件

770 倒角零件

775 光束

780 玻璃

782 空氣

800 旋轉處理系統組合

805 映射子系統

810 處理站

815 計量站

820 裝(卸)載站

825 旋轉

830 直線滑動站

832 雷射

834 雷射

836 平台

838 處理梭

839 零件交換

840 零件

842 內切口特徵

844 可變或固定的角

850 邊緣

852 邊緣

860 三點彎曲

862 四點彎曲

864 不可靠性，F(t)

866 強度(MPa)

900 具有複雜樣條之基板

901 雷射在所有點垂直或在所有點傾斜

902 入射光束

903 另外之基板層

904 多數層可具有欲在任一介面燒蝕之中間塗層

905 空氣間隙

906 粘著性聚合物(膠)

907 分裂之前

908 分裂後之前刻面

925 傾斜光束

930 光絲區域

936 材料堆疊體

940 間隙

952 相機

954 偵測器

960 光絲陣列

970 光源

972 控制及處理系統(與相機連接)

975 相機

980 入射光束

982 光束移動方向

984 基板移動方向

986 邊緣視圖

1000 基板/晶圓

1010 低功率叢波串

1020 金屬層

1030 對齊/基準標記

1040 叢波串

1050 頂部對可見光為透明

1060 使用低功率叢波以最少破壞方式形成燒蝕標記

1070 使用可由頂表面看見之基準標記進行對齊，且使用絲化方法由上方處理

1080 翻轉晶圖

1090 俯視圖

1100 仰視圖

1100 可控制間隙

1101 晶圓1

1102 晶圓2

1103 晶圓3

1104 晶圓4

1105 分光鏡

1110 鏡

1111 以X方向之光束傳送及透鏡移動

1115 透鏡

1120 共用支持構件

1121 光束1

1122 光束2

1130 第一刻劃線

1140 中間晶圓刻劃線

1150 加速區域

1160 減速區域

1161 雷射功率

1162 時間

2100 影像統計

2110 斷面分析

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】(請換頁單獨記載)

201519980

發明摘要

※ 申請案號：103126074

※ 申請日：103.7.30　　※IPC 分類：B23K 26/00 26/00
H01L 21/268 21/78

【發明名稱】（中文/英文）

於透明材料內部施行雷射絲化之系統

SYSTEM FOR PERFORMING LASER FILAMENTATION WITHIN TRANSPARENT MATERIALS

【中文】

本發明揭露一種用以在透明材料中形成連續性雷射光絲之系統。將一種超快雷射脈衝叢波聚焦，使得一光束腰部形成在所處理材料之外部，且不會形成一外電漿通道，同時在不會造成在該材料內部光學崩解之情況下，在該材料內部的一延伸區域內形成一足夠能量密度，以支持一連續性光絲的形成。根據這方法所形成的光絲可延伸超過 10 毫米。在某些實施例中，使用一像差光學聚焦元件來產生一外光束腰部，同時在該材料內產生該入射光束之分散式聚焦。本發明所述之各種系統有助於在透明基板內形成多數光絲陣列，以便進行分裂/分割及/或標記。該等光絲之光學監測可以被使用來提供回饋，以便主動控制該程序。

【英文】

Systems and methods are described for forming continuous laser filaments in transparent materials. A burst of ultrafast laser pulses is focused such that a beam waist is formed external to the material being processed

without forming an external plasma channel, while a sufficient energy density is formed within an extended region within the material to support the formation of a continuous filament, without causing optical breakdown within the material. Filaments formed according to this method may exhibit lengths exceeding 10 mm. In some embodiments, an aberrated optical focusing element is employed to produce an external beam waist while producing distributed focusing of the incident beam within the material. Various systems are described that facilitate the formation of filament arrays within transparent substrates for cleaving/singulation and/or marking. Optical monitoring of the filaments may be employed to provide feedback to facilitate active control of the process.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 9 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

700 雷射系統

702 花崗岩豎板

704 花崗岩底座

705 雷射

710 Z軸馬達(驅動器)

720 平台

730 計量裝置

740 處理裝置

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

申請專利範圍

1. 一種以雷射處理一透明材料之系統，包含有：

一雷射光源，其係被設計為可提供包含雷射脈衝之多個叢波；

一或多個聚焦件，被組合設計為得以將該雷射光束自透明材料之外部加以聚焦，而在一位置形成一光束腰部，該位置係位於該透明材料之外部，且同時可避免一外部電漿通道之生成，及

該雷射光束與該一或多個聚焦件，在該透明材料內部產生一足夠能量密度，以在其內形成一連續性雷射光絲，而使該透明材料不會造成光學崩解。

2. 如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

一馬達機構，用以變動該雷射光束與該透明材料之間的一相對位置；

一控制與處理單元，係作動地耦合至可變動該雷射光束與該透明材料之間的相對位置之裝置。

3. 如請求項 2 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元係被組合設計為得以控制該雷射光束與該透明材料之間的相對位置，而使一陣列之連續性雷射光絲可在該透明材料內部生成。

4. 如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，其中該一或多個聚焦件包含有一或多個像差光學件。

5. 如請求項 4 之以雷射處理一透明材料之系統，其中該一或多個像差光學

件包含有一正常場校正之掃描透鏡及一校正視窗，該二者經組合後可產生一像差雷射光束。

6. 如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該雷射光束具有位在該透明材料上的一入射光斑直徑，及位在該透明材料內的一連續性雷射光絲直徑；

一臨界比值，係用以定義位在該透明材料上的該入射光斑直徑與位在該透明材料內的該連續性雷射光絲直徑之比值；

該雷射係被聚焦，而使得該臨界比值約略介於 1 與 1000 之間。

7. 如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

用以變動介於該雷射光束與該透明材料之間的一相對方位之裝置；

一控制與處理單元，其係進一步作動地耦合至該裝置，以變動介於該雷射光束與該透明材料之間的相對方位。

8. 如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

一控制與處理單元，用以控制該雷射光源。

9. 如請求項 8 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元可變動該雷射光源之該脈衝的波長。

10. 如請求項 8 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元可變動該雷射光源之一叢波內的脈衝到脈衝之分隔。

11.如請求項 8 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元可變動該雷射光源之一叢波間的各該脈衝之脈衝能量。

12.如請求項 8 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元可變動該雷射光源之叢波重覆率。

13.如請求項 8 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元可變動該雷射光源之脈衝能量。

14.如請求項 8 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

該控制與處理單元可變動該雷射光源之偏振。

15.如請求項 7 之以雷射處理一透明材料之系統，其中該用以變動介於該雷射光束與該透明材料之間的相對方位之裝置，係被組合設計來得以維持介於在該透明材料內部所形成連續性雷射光絲之間的固定間距。

16.如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含一用以即時自動對焦該雷射光束之裝置。

17.如請求項 15 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含有：

至少一光學監控裝置，係被組合設計為用光學方式監控該連續性雷射光

絲；

該控制與處理單元係作動地耦合至該至少一光學監控裝置；

該控制與處理單元係根據該至少一光學監控裝置所提供之影像或訊號，而被組合設計為用以決定一或多個與該連續性雷射光絲之形成有關的參數；以及

該控制與處理單元係依據該至少一參數，而被組合設計為用以主動地控制該連續性雷射光絲之形成。

18.如請求項 17 之以雷射處理一透明材料之系統，其中該影像裝置係位在該透明材料之上方、下方、鄰近處。

19.如請求項 17 之以雷射處理一透明材料之系統，其中該至少一光學監控裝置包含有：

一光學偵測器，係被組合設計為用以偵測在該光絲形成期間所射出之光學輻射；

該控制與處理單元係被組合設計為得以處理來自該光學偵測器之訊號，而可用以決定一或多個與該連續性雷射光絲有關的參數。

20.如請求項 17 之以雷射處理一透明材料之系統，其中該一或多個參數係選自於由光絲深度、光絲尺寸、光絲位置與圖案逼真度(pattern fidelity)所構成之群組。

21.如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含以下步驟：

使該透明材料在二、二點五、與三維度內具有一複雜樣條曲線輪廓之表面；

控制介於該雷射光束與該透明材料之間的該相對位置，且控制該雷射光束之方位，而使得該陣列之連續性雷射光絲可在該透明材料內部生成，以分離或分裂該透明材料，進而導致一斜邊、直邊或倒角邊之形成。

22.如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含以下步驟：

使該透明材料在二、二點五、或三維度內具有一複雜樣條曲線輪廓之表面；

控制介於該雷射光束與該透明材料之間的相對位置，且控制該雷射光束之方位，而使得該陣列之連續性雷射光絲可在該透明材料內部生成，以達成分離之目的，該雷射脈衝係藉一第二雷射光束傳送，且能加以控制而在該相同基板上施行雷射燒蝕，進而達成材料移除。

23.如請求項 1 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含以下步驟：

提供一第二雷射光源，藉由施予一具有與該基板材料足夠溫差之熱源，以釋放該陣列之連續性雷射光絲，而造成在刻劃/切割位置之分隔。

24.如請求項 23 之以雷射處理一透明材料之系統，更進一步包含：該雷射光源可以是固態二氧化碳或光纖雷射。

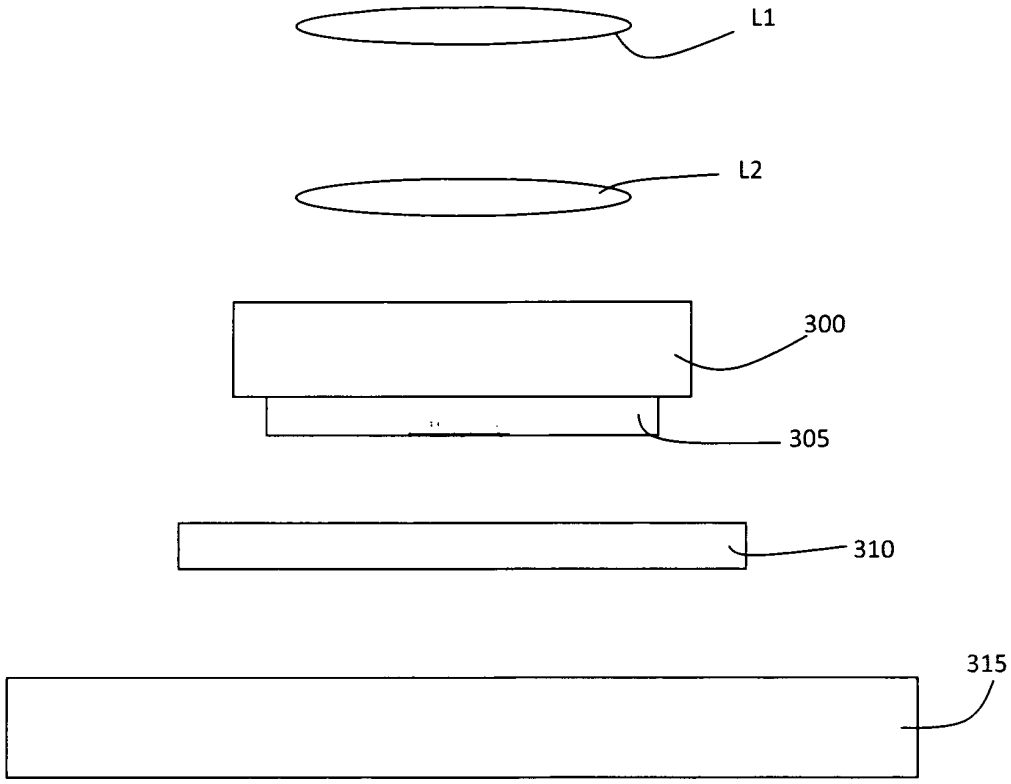


圖 3

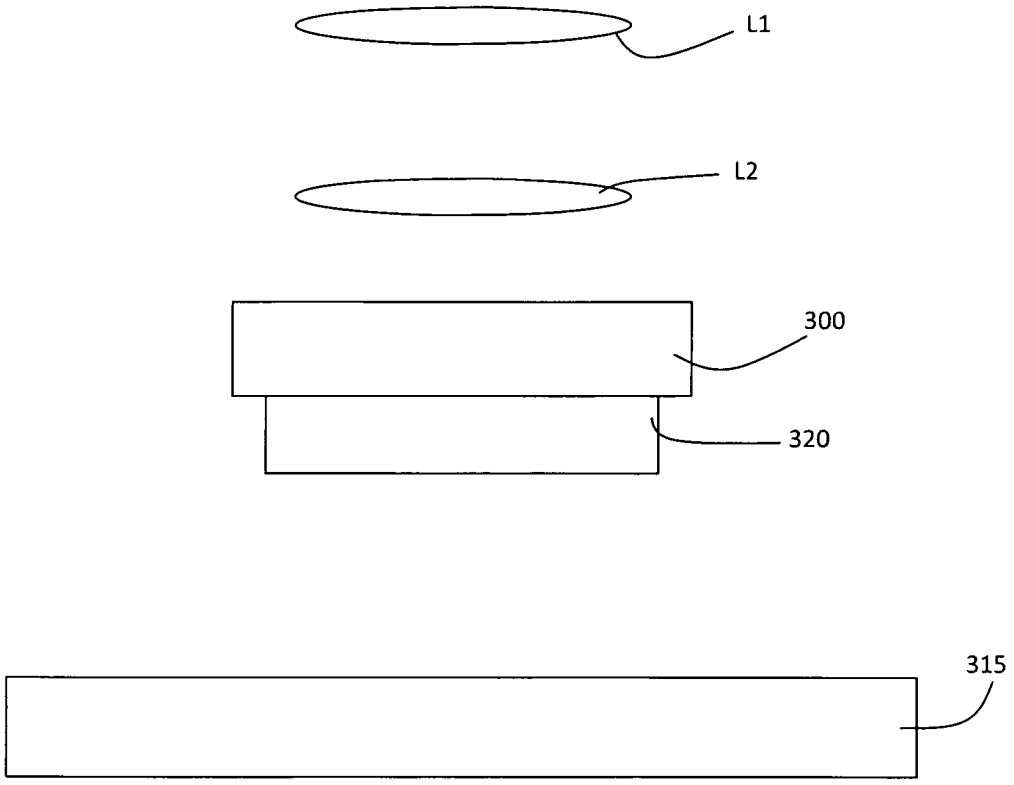


圖 4

圖 5(a)

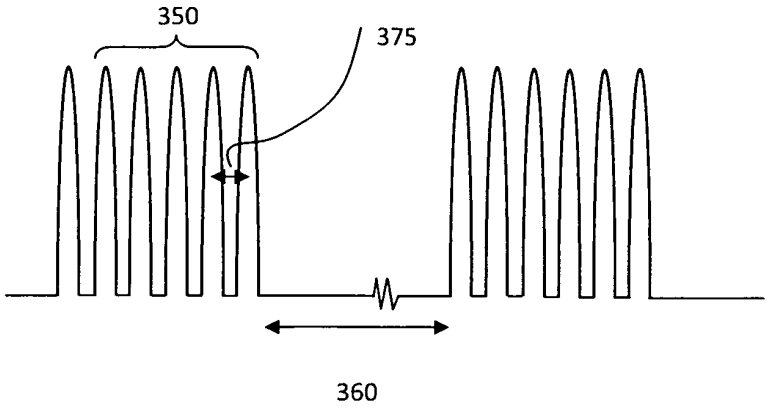


圖 5(b)

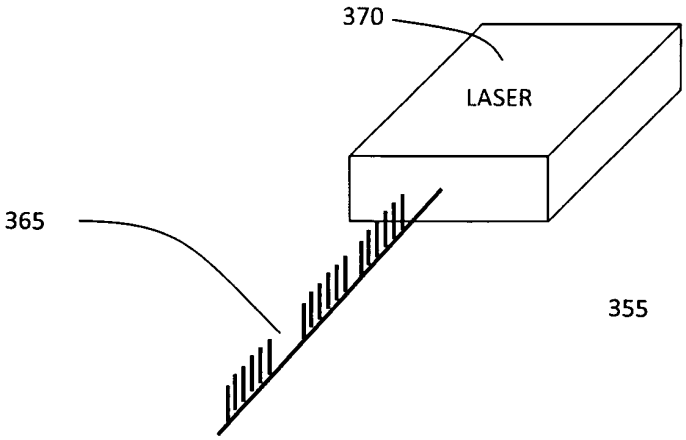


圖 5(c)

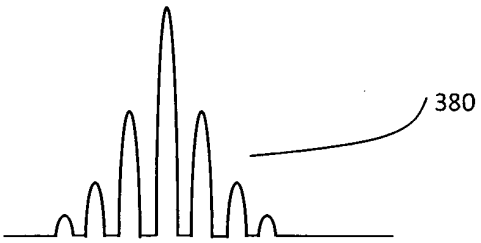
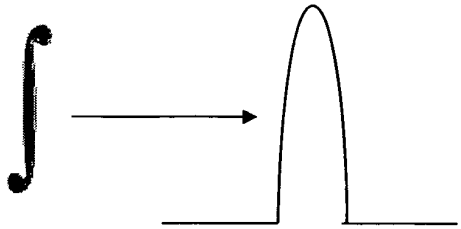
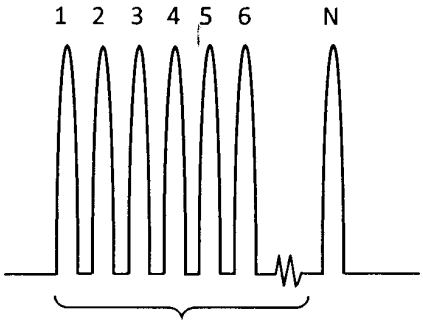


圖 5(d)



392

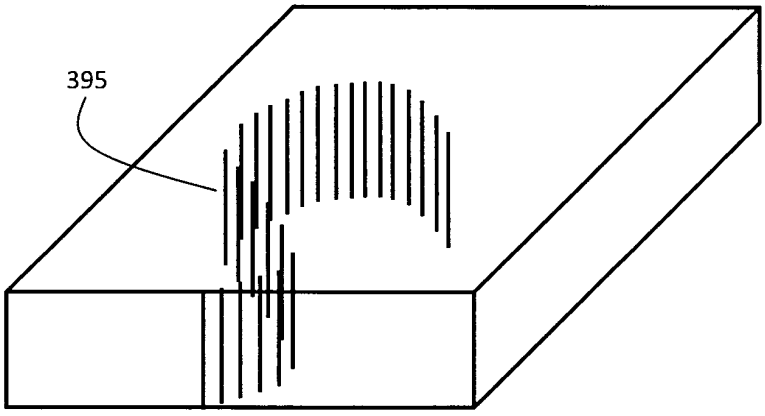
圖 5(e)



396

390

圖 6



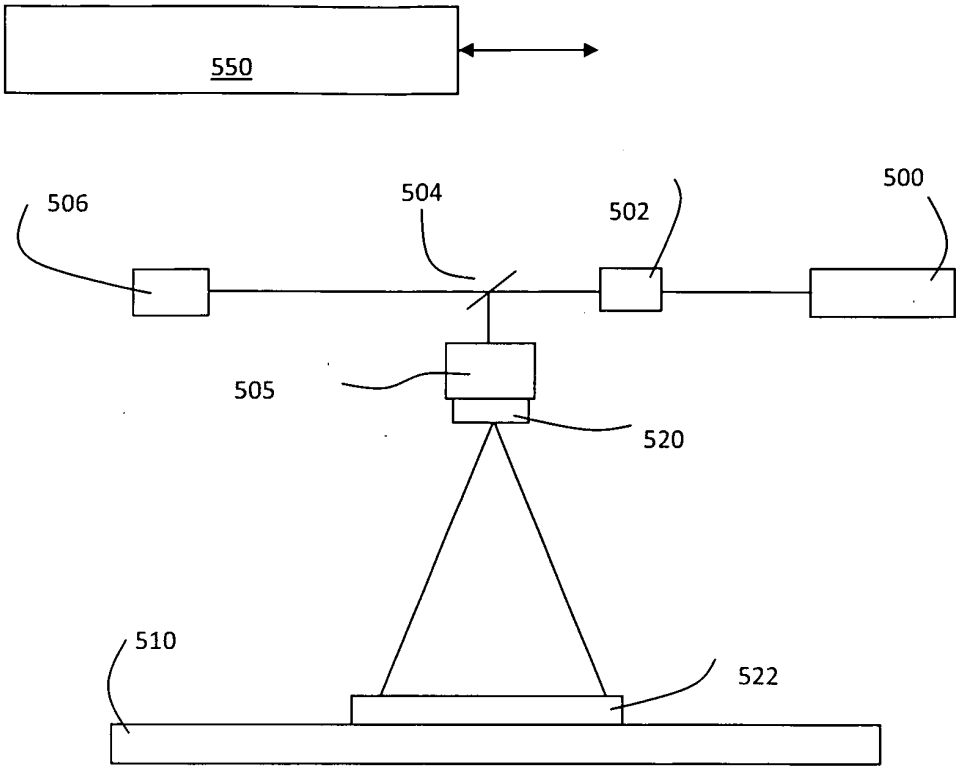


圖 7(a)

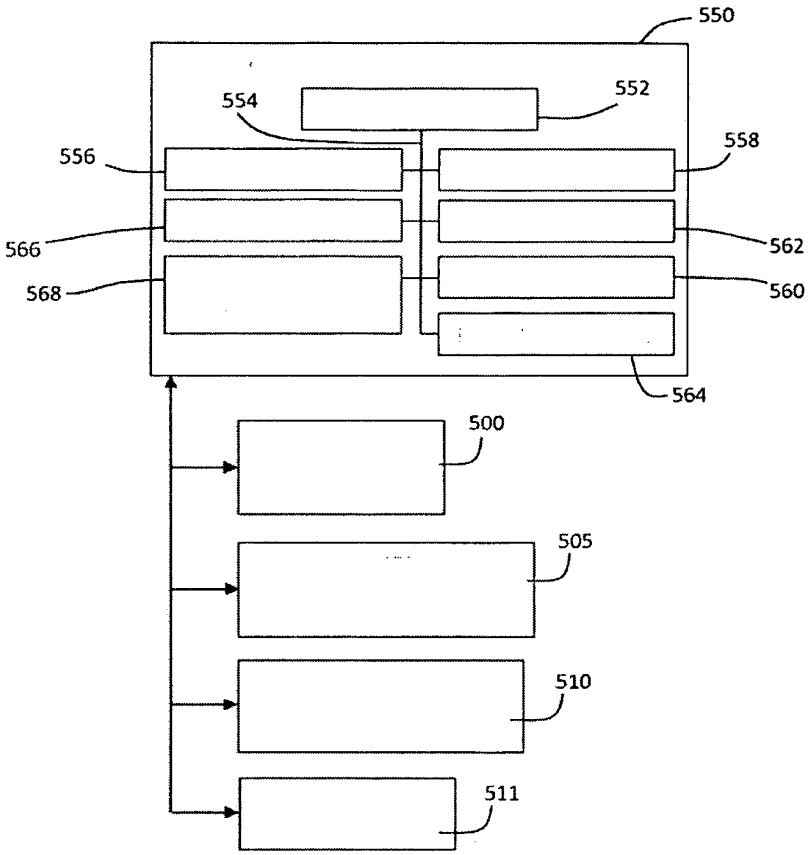


圖 7(b)

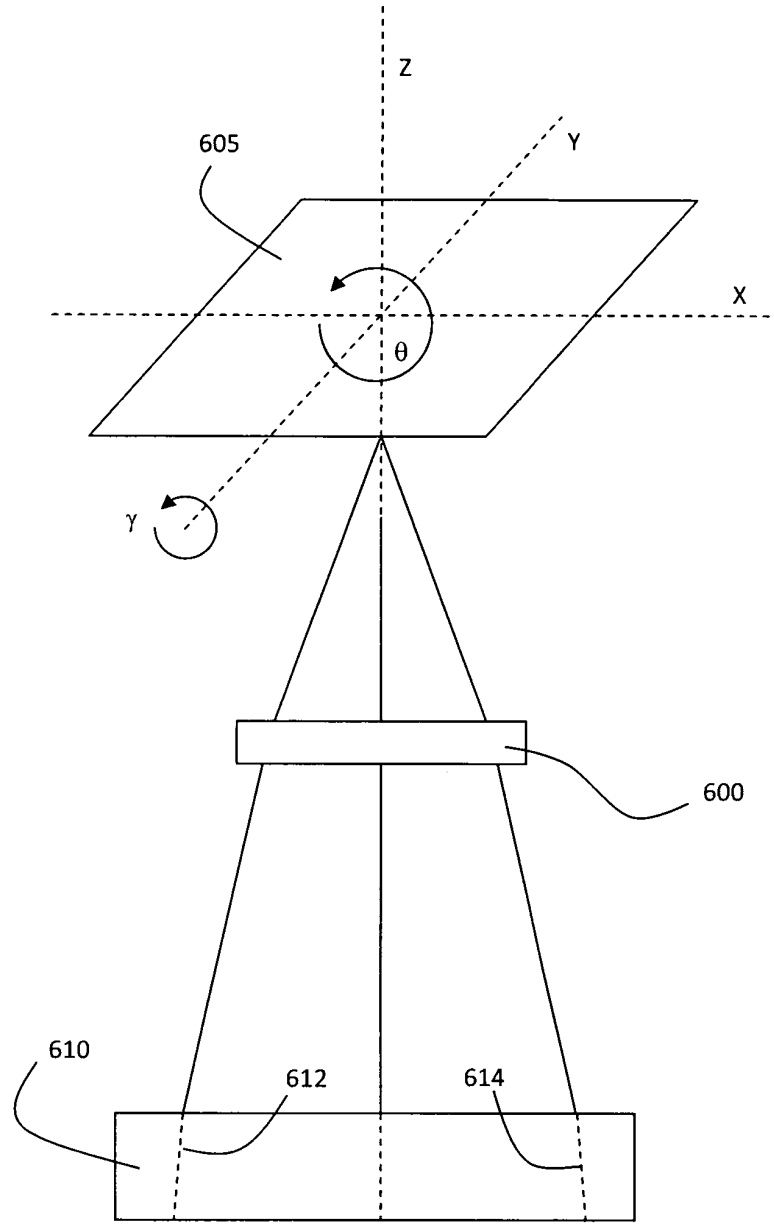


圖 8(a)

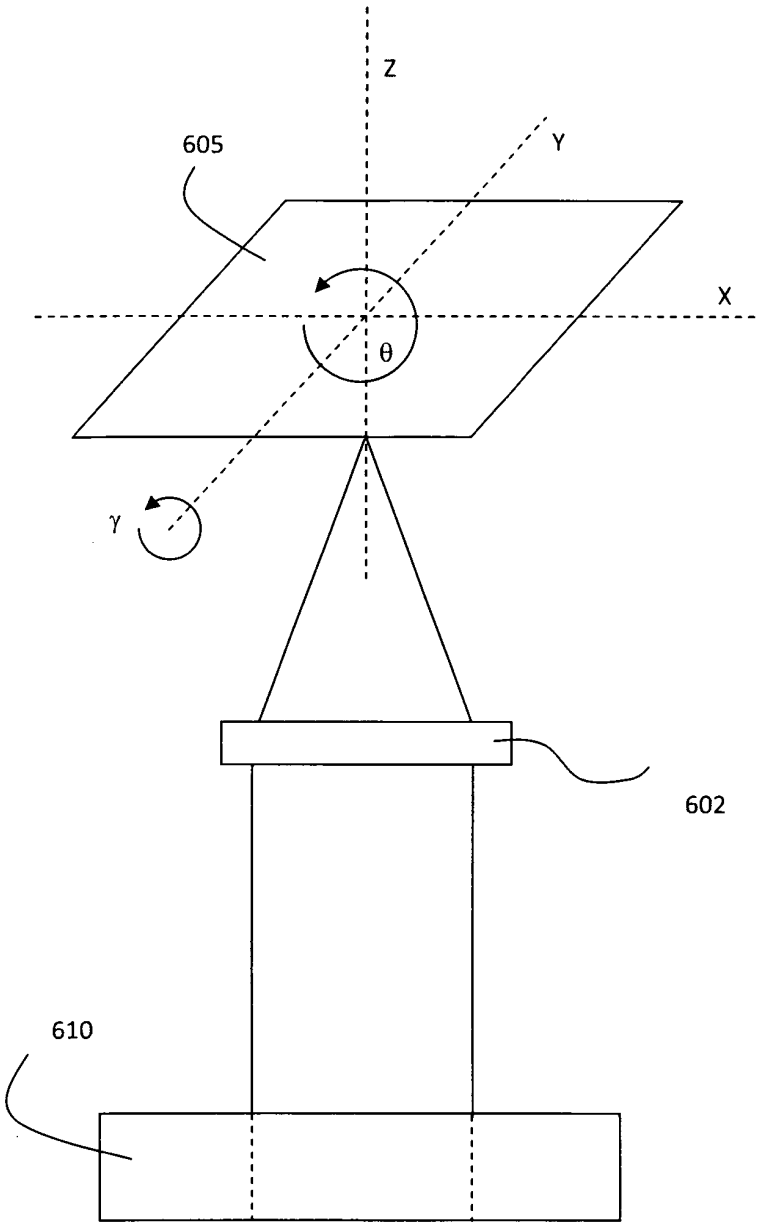


圖 8(b)

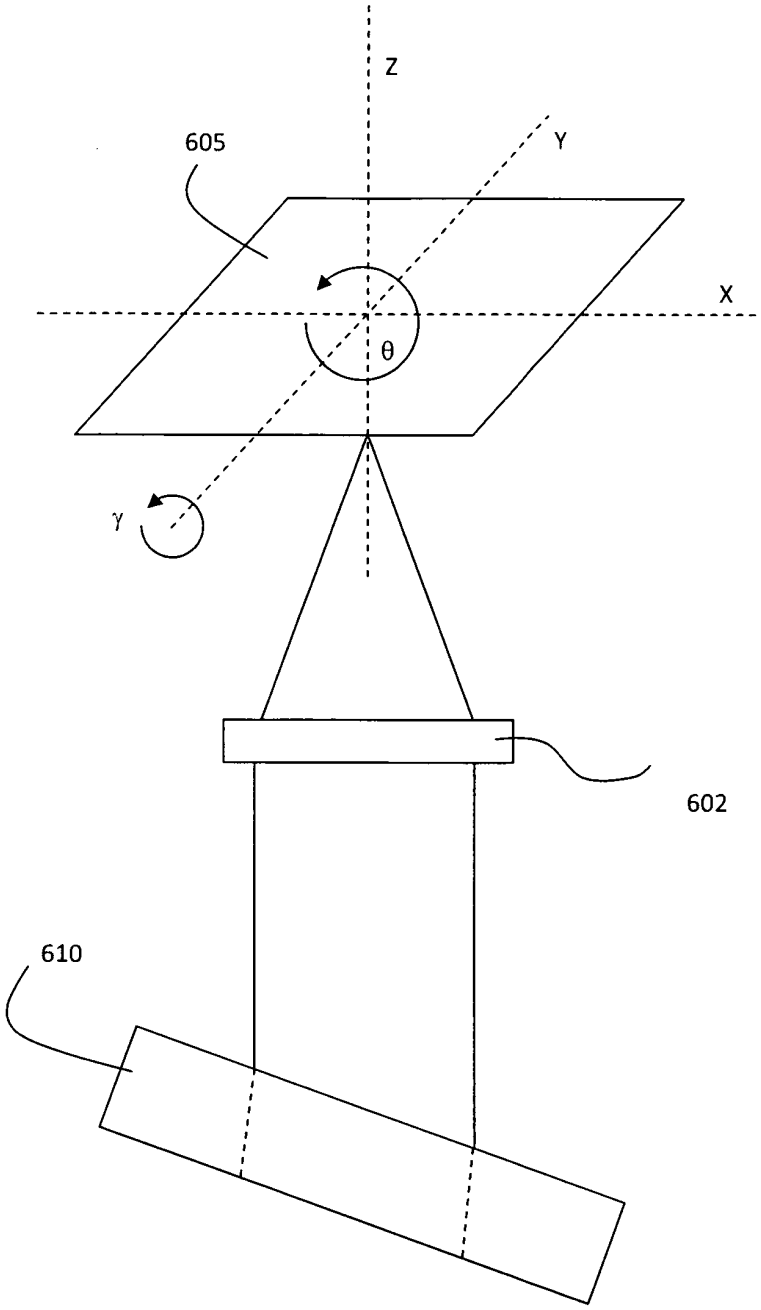


圖 8(c)

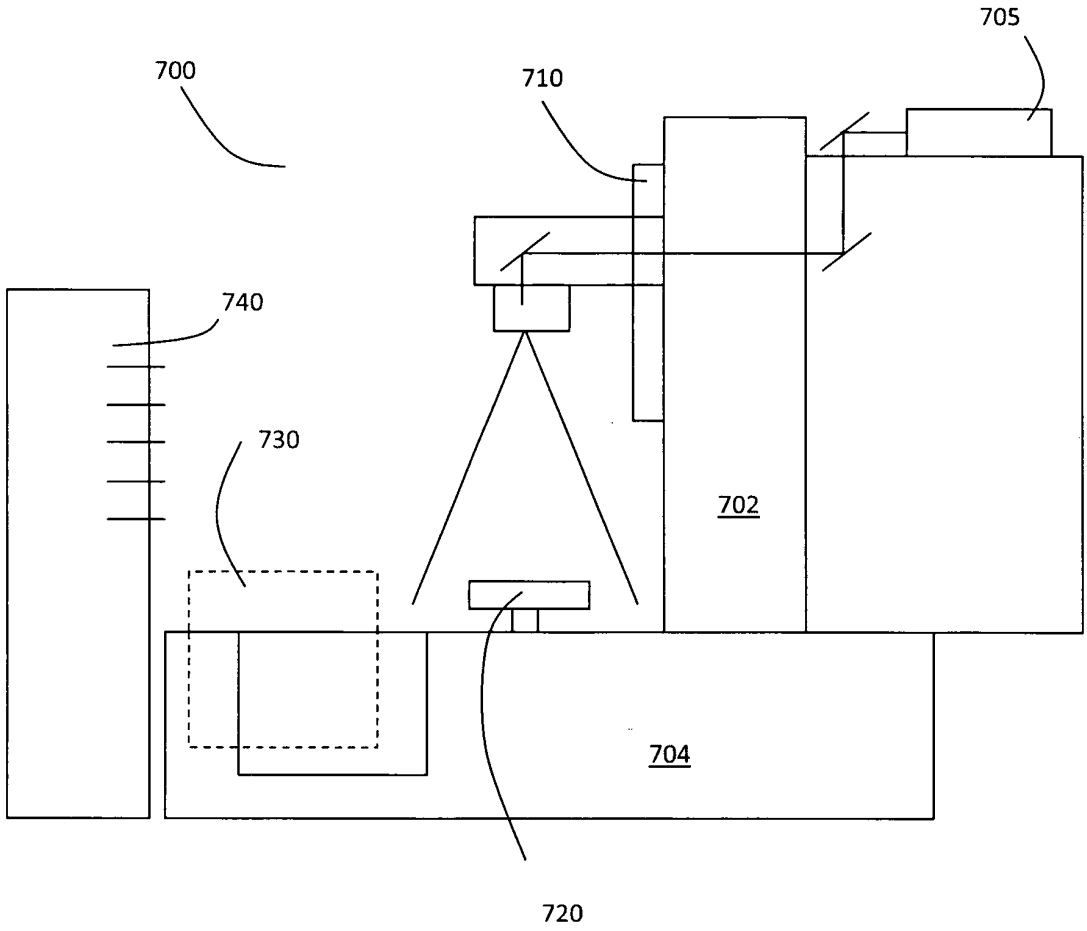


圖 9

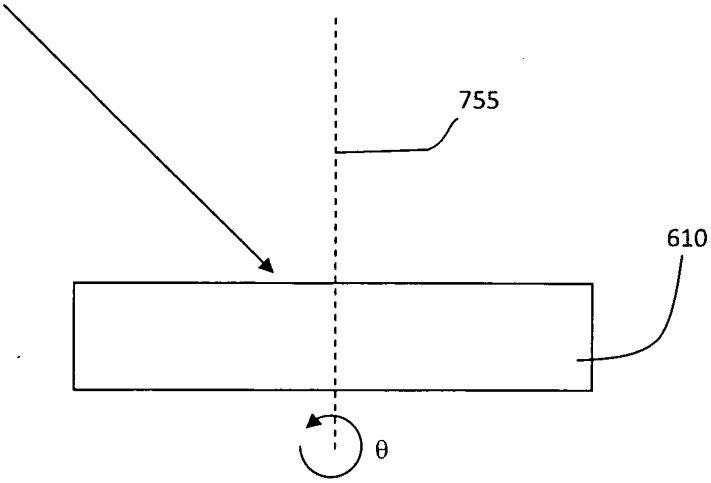


圖 10(a)

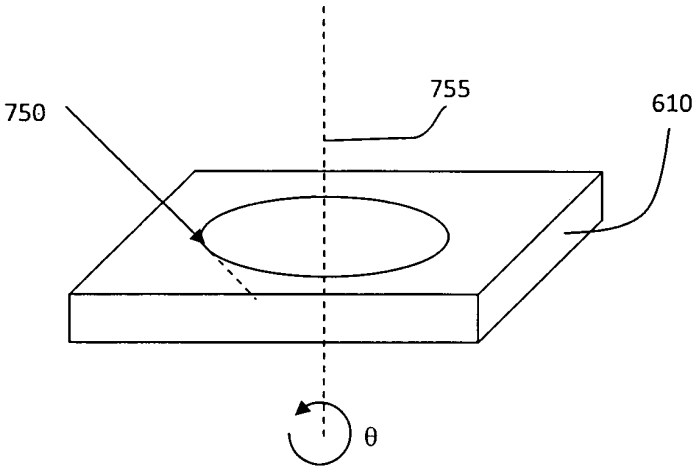


圖 10(b)

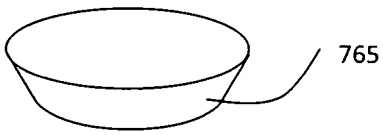


圖 10(c)

圖 10(d)

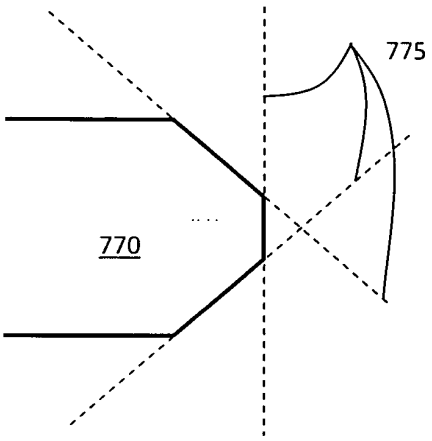
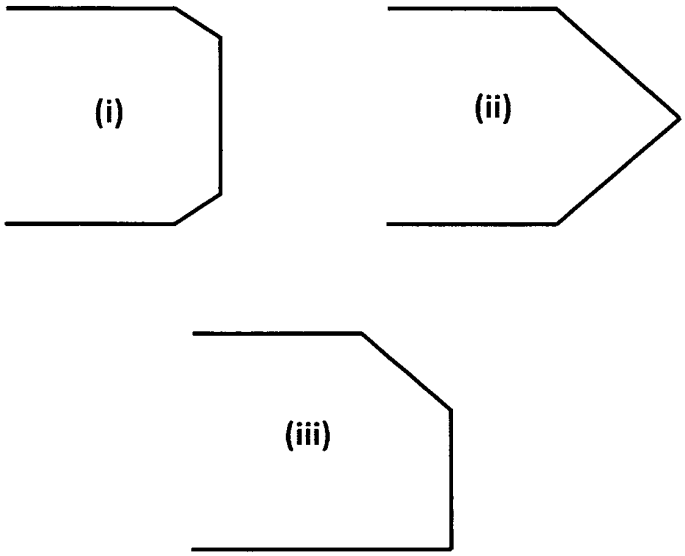
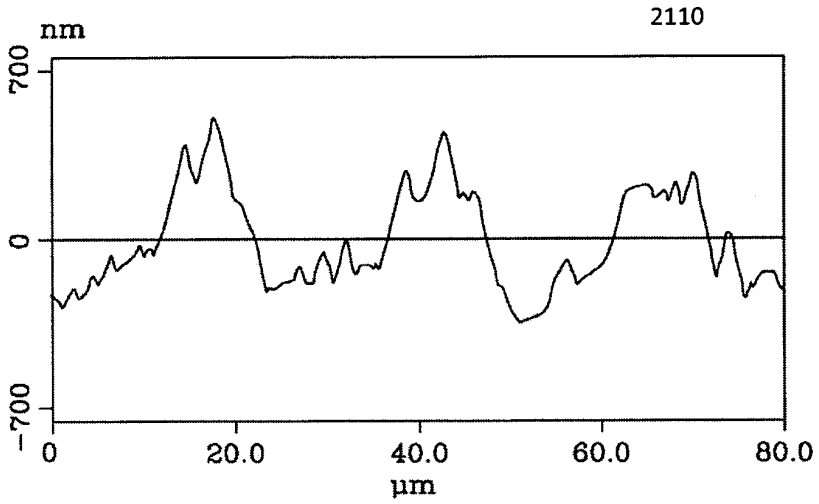


圖 10(e)





2100

Img. Rms (Rq)	197.25 nm
Img. Ra	169.45 nm

圖 21