



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I730945 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：104122197

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 08 日

(51)Int. Cl.：

B32B17/00 (2006.01)**B23K26/50 (2014.01)****B23K26/38 (2014.01)****B23K26/40 (2014.01)****B23K26/70 (2014.01)****C03B33/00 (2006.01)****G09F9/00 (2006.01)**

(30)優先權：2014/07/08 美國

62/021,917

(71)申請人：美商康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：廣德穆勒理查 GRUNDMUELLER, RICHARD (DE)；何瑞伯格法蘭克法比安

HERRNBERGER, FRANK FABIAN (DE)；凱林麥克 KLEIN, MICHAEL (DE)；史

佩斯佛羅倫 SPAETH, FLORIAN (DE)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

審查人員：楊淑珍

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：1 共 32 頁

(54)名稱

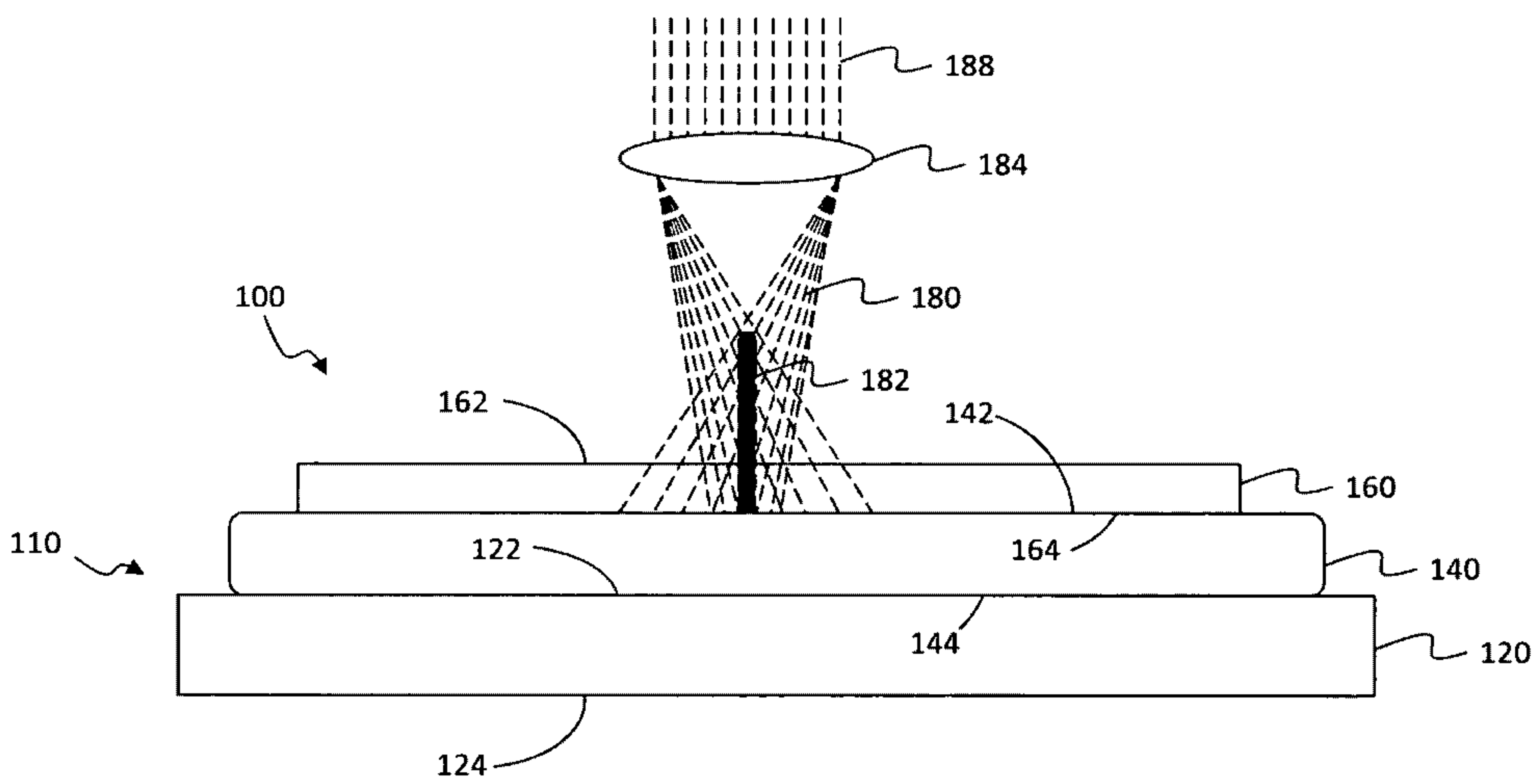
用於雷射處理材料的方法與設備

(57)摘要

本案揭示雷射處理透明材料之方法。該方法可包括：將透明材料定位於載體上；以及將雷射束透射穿過該透明材料，其中該雷射束可入射至透明材料的與載體相對之側面上。該透明材料可對該雷射束為大體上透明的，且該載體可包括支撐基部及雷射中斷元件。該雷射中斷元件可中斷透射穿過該透明材料的雷射束，以使得該雷射束可不在雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞支撐基部。

Methods of laser processing a transparent material are disclosed. The method may include positioning the transparent material on a carrier and transmitting a laser beam through the transparent material, where the laser beam may be incident on a side of the transparent material opposite the carrier. The transparent material may be substantially transparent to the laser beam and the carrier may include a support base and a laser disruption element. The laser disruption element may disrupt the laser beam transmitted through the transparent material such that the laser beam may not have sufficient intensity below the laser disruption element to damage the support base.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

- 100 . . . 多層堆疊
- 110 . . . 載體
- 120 . . . 支撐基部
- 122 . . . 頂部表面
- 124 . . . 底部表面
- 140 . . . 雷射中斷元件/中斷元件
- 142 . . . 頂部表面
- 144 . . . 底部表面
- 160 . . . 透明材料
- 162 . . . 頂部表面
- 164 . . . 底部表面
- 180 . . . 雷射束
- 182 . . . 聚焦線/雷射束聚焦線
- 184 . . . 光學組件
- 188 . . . 源雷射

I730945

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於雷射處理材料的方法與設備

【英文發明名稱】METHODS AND APPARATUSES FOR LASER

PROCESSING MATERIALS

【中文】

本案揭示雷射處理透明材料之方法。該方法可包括：將透明材料定位於載體上；以及將雷射束透射穿過該透明材料，其中該雷射束可入射至透明材料的與載體相對之側面上。該透明材料可對該雷射束為大體上透明的，且該載體可包括支撐基部及雷射中斷元件。該雷射中斷元件可中斷透射穿過該透明材料的雷射束，以使得該雷射束可不在雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞支撐基部。

【英文】

Methods of laser processing a transparent material are disclosed. The method may include positioning the transparent material on a carrier and transmitting a laser beam through the transparent material, where the laser beam may be incident on a side of the transparent material opposite the carrier. The transparent material may be substantially transparent to the laser beam and the carrier may include a support base and a laser disruption element. The laser disruption element may disrupt the laser beam transmitted through the transparent material such that the laser beam may not have sufficient intensity below the laser disruption element to damage the support base.

【指定代表圖】第（1）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 多層堆疊

1 1 0 載體

1 2 0 支撐基部

1 2 2 頂部表面

1 2 4 底部表面

1 4 0 雷射中斷元件 / 中斷元件

1 4 2 頂部表面

1 4 4 底部表面

1 6 0 透明材料

1 6 2 頂部表面

1 6 4 底部表面

1 8 0 雷射束

1 8 2 聚焦線 / 雷射束聚焦線

1 8 4 光學組件

1 8 8 源雷射

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於雷射處理材料的方法與設備

【英文發明名稱】METHODS AND APPARATUSES FOR LASER
PROCESSING MATERIALS

【相關申請案】

本申請案主張提交於2014年7月8日的美國臨時申請案第62/021917之優先權，該申請案之整體教示內容以引用方式併入本文。

【技術領域】

【0001】 本說明書通常係關於材料之製造，且更具體而言係關於材料之雷射處理。

【先前技術】

【0002】 近年來，減少裝置之尺寸、重量及材料成本的顧客需求已導致用於觸控螢幕、數位板、智慧型電話及電視(TV)的平板顯示器之相當程度上的技術成長。工業雷射器變為用於需要高精度切割此等材料之應用的重要工具。然而，雷射處理可具困難性，因為高強度雷射可損壞在材料之雷射處理中所用構件。

【0003】 因此，需要用於雷射處理材料的替代性方法與設備。

【發明內容】

【0004】 本文所述實施例係關於用於雷射處理材料的方法與設備。根據一個實施例，透明材料可經雷射處理。該方法可包含將透明材料定位於載體上及將雷射束透射

穿過透明材料，其中雷射束可入射至透明材料的與載體相對之側面上。透明材料可對雷射束為大體上透明的，且載體可包含支撐基部及雷射中斷元件。該雷射中斷元件可中斷透射穿過該透明材料的雷射束，以使得雷射束可不在雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞支撐基部。

【0005】 在另一實施例中，用於雷射處理的多層堆疊可包含：載體，其包含支撐基部及雷射中斷元件；以及透明材料，其位於載體上。雷射中斷元件可位於支撐基部之頂部上。透明材料可包含大體上平坦的頂部表面及大體上平坦的底部表面，其中透明材料可對入射至透明材料的與載體相對之表面上的雷射束為大體上透明的。雷射中斷元件可光學中斷透射穿過透明材料的雷射束，以使得雷射束可不在雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞支撐基部。

【0006】 在另一實施例中，載體可在位於載體上之透明材料經雷射處理時得以保護。該方法可包含以下步驟：將透明材料定位於載體之頂部上；將雷射束透射穿過透明材料；以及將雷射中斷元件定位於支撐基部與透明材料之間。載體可包含支撐基部。雷射束可入射至透明材料的與載體相對之表面上，且雷射束可包含聚焦區域，該聚焦區域具有足以損壞載體的強度。雷射中斷元件可光學中斷透射穿過透明材料的雷射束，以使得雷射束可不在雷射中斷元件下方的任一點處具有足夠強度來損壞支撐基部。

【0007】 本文所述實施例之其他特徵及優勢將在以下詳述中闡述，且在部分程度上，熟習此項技術者將根據該

描述而容易明白該等特徵及優勢，或藉由實踐本文(包括後續實施方式、發明申請專利範圍以及隨附圖式)所述的實施例來認識該等特徵及優勢。

【0008】 應理解，前述的一般描述及以下詳述描述各種實施例，且意欲提供用於理解所請求標的之性質及特徵的概述或框架。隨附圖式係納入來提供對各種實施例的進一步理解，且併入本說明書中並構成本說明書之一部分。圖式例示本文所述的各種實施例，且與說明書一起用於解釋所請求標的之原理及操作。

【圖式簡單說明】

【0009】 第1圖根據本文所示及所述一或多個實施例示意性描繪經受雷射處理的多層堆疊之截面圖。

【實施方式】

【0010】 現將詳細參考用於雷射處理材料的設備與方法之實施例，該等實施例之實例例示在隨附圖式中。在任何可能的情況下，整個圖式將使用相同元件符號指代相同或相似部件。第1圖示意性描繪用於雷射處理的多層堆疊之一個實施例。一般而言，雷射處理可穿孔對雷射為透明的材料，在本文中有時稱該材料為「透明材料」，且穿孔可導致或有助於在該穿孔處切割該透明材料。多層堆疊一般包括透明材料，該透明材料可藉由入射至透明材料之頂部表面上的雷射束穿孔或以其他方式機械變形。透明材料係位於載體上，其中載體中之至少一部分對雷射束為不透明的。載體一般包括支撐基部及位於該支撐基部與透明材

料之間的雷射中斷元件。支撐基部支撐透明材料並可經利用來運送待雷射處理的透明材料。在一個實施例中，支撐基部材料可對雷射束為不透明的，且若受具有足夠大強度以損壞載體的雷射束之諸如雷射束之聚焦區域的部分接觸，則可受損。然而，位於透明材料與支撐基部之間的雷射中斷元件可在退出透明材料的雷射束可接觸支撐基部之前中斷並擴散該雷射束，以使得在藉由雷射中斷元件光學中斷雷射束之後，該雷射束不在雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞支撐基部。因而，雷射中斷元件可作為遮擋來保護支撐基部，使該支撐基部免遭與接觸雷射束之具有足夠強度以損壞支撐基部之部分相關聯的損壞。將特別參考隨附申請專利範圍在本文中描述用於雷射處理透明材料的方法與設備之各種實施例。

【0011】 參考第1圖，其示意性描繪多層堆疊100。一般而言，多層堆疊100包含透明材料160及載體110，該載體110包含雷射中斷元件140及支撐基部120。在本文所述實施例中，透明材料160係位於雷射中斷元件140之頂部上，該雷射中斷元件140係位於支撐基部120之頂部上。如本文所使用，提及另一位置之上或頂部上的位置，假定頂部或最高位置係多層堆疊100之表面，雷射束180首先於該表面之上入射。例如，在第1圖中，透明材料160之最靠近源雷射188之表面為頂部表面162，且將雷射中斷元件140設置於透明材料160下方意味著雷射束180在與雷射中斷元件140相互作用之前於透明材料160上

橫移。如第 1 圖所示，源雷射 188 透射穿過光學元件 184，入射至透明透明材料 160 上，其中光學元件 184 形成雷射束 180 之諸如聚焦線 182 的聚焦區域。

【0012】 可使用雷射束 180 對透明材料 160 進行雷射處理，該雷射束 180 可單獨或與其他製造步驟一起經利用來切割透明材料 160。如本文所使用，雷射處理係關於使用雷射束 180 切割、穿孔、剝蝕或以其他方式改變材料之機械完整性。一般而言，雷射束 180 必須在透明材料 160 之特定區域處具有某種強度來改變透明材料 160 之機械完整性。因而，散焦雷射束或中斷雷射束可能不具有足夠強度以在所選區域處機械影響材料，同時聚焦雷射束可具有足夠強度來切割、穿孔或剝蝕雷射處理材料之區域。然而，諸如具有聚焦的聚焦線 182 之雷射束的雷射束之聚焦區域可具有足夠強度來穿孔透明材料 160 以及損壞受聚焦線 182 直接接觸的支撐基部 120。可藉由光學組件 184 產生雷射束 180 之聚焦線 182，光學組件 184 可光學改變源雷射 188 之路徑。同時，如本文所使用，在雷射束之上下文中，「強度」可稱為「能量密度」，且該兩個術語可互換。雷射束 180 具有波長，且如本文所使用，為「透明」的材料對於雷射之波長的電磁輻射為大體上透明的，以使得由透明材料 160 在雷射之波長處之吸收小於約 10%/mm 材料深度，小於約 5%/mm 材料深度或甚至小於約 1%/mm 材料深度。「電磁輻射」可在本文中稱為「光」，

且兩個術語可互換並可符合可見光譜之內側與外側的電磁輻射。

【0013】支撐基部120一般為能夠支撐將由雷射束180雷射處理的透明材料160之任何結構。支撐基部120可作為用於透明材料160之承載托盤並可具有：大體上平坦性頂部表面122，其用於與平坦的透明材料160相互作用；以及大體上平坦的底部表面124，其用於與大體上平坦的工作台相互作用，支撐基部120可位於該工作台之上。支撐基部120可位於台上或其他工作空間上以在雷射處理期間保持穩定。在一個實施例中，支撐基部120可包含鋁。例如，支撐基部120可包含大於約50%鋁、大於約70%鋁、大於約90%鋁、大於約95%鋁或甚至大於約99%鋁。在一個實施例中，支撐基部120可包含蜂巢鋁結構，諸如可商購自3A Composites International AG的ALUCORE®。在另一實施例中，支撐基部120可包含聚甲醛。若諸如支撐基部120之材料的不透明材料受聚焦線182接觸，則支撐基部120可受損，這可引起雷射處理透明材料160之污染。如本文所使用，對支撐基部120造成損壞包括而不限於刮痕、剝蝕、切割、割裂、磨損、刻痕或對支撐基部120之頂部表面122的機械完整性造成的其他中斷。

【0014】在一個實施例中，支撐基部120可在雷射處理期間設置於台上或其他工作平台上。台或工作平台可具有真空系統，該真空系統在該台或該工作平台之表面之上產

生抽吸。例如，該台或該工作平台可在其表面中具有真空孔洞，且支撐基部120及雷射中斷元件140可具有對應孔洞，其中真空可通過該等對應孔洞產生抽吸並緊固位於雷射中斷元件140之上的材料。例如，透明材料160可藉由真空抽吸緊固至中斷元件140，該真空抽吸滲透穿過中斷元件140、支撐基部120及工作平台中之孔洞。支撐基部120及雷射中斷元件140可諸如利用螺釘、緊固件、插腳或其他合適方法來機械固定至彼此。因而，透明材料160可置於雷射中斷元件140之上並在雷射處理之同時藉由真空系統緊固。

【0015】透明材料160可為對雷射束180之電磁輻射大體上透明的任何材料。例如，透明材料160可為而不限於玻璃、藍寶石、矽、碳化矽、石英、氧化鋁(Al_2O_3)、氮化鋁(AlN)、氧化鋯(ZrO_2)、氮化鎵、砷化鎵($GaAs$)、磷化鎵(GaP)、銻化鎵($GaSb$)、砷化銦($InAs$)、磷化銦(InP)、銻化銦($InSb$)、硫化鎘(CdS)、硒化鎘($CdSe$)、碲化鎘($CdTe$)、硫化鋅(ZnS)、硒化鋅($ZnSe$)、碲化鋅($ZnTe$)、鍺(Ge)、鋋酸鋰($LiNbO_3$)、鉭酸鋰($LiTaO_3$)或其組合。透明材料160可具有大體上平坦的頂部表面162及大體上平坦的底部表面164，諸如將適於用於電子裝置之蓋玻璃。頂部表面162及/或底部表面164可經拋光。在另一實施例中，透明材料160可為用於半導體製造之晶圓材料。若將玻璃用作透明材料160，則該玻璃可一般為適合於形成為片材之

任何玻璃。在一些實施例中，玻璃可為離子可交換鋁矽酸鹽玻璃。此種離子可交換鋁矽酸鹽玻璃之實例包括但不限於 Gorilla 玻璃® 及 Gorilla 玻璃 II® (可商購自康寧公司)。此種玻璃尤其在雷射處理之後可良好適合於許多用途，諸如，例如作為用於手持式消費者電子裝置之蓋玻璃。

【0016】雷射束 180 可經操作以在透明材料 160 中產生小的(微米及小於微米)「孔洞」以用於鑽孔、切割、區隔、穿孔，或以其他方式在聚焦線 182 處理透明材料 160。更具體而言，所具有波長為諸如 1064 nm、532 nm、355 nm 或 266 nm 的超短(亦即，自 10^{-10} 秒至 10^{-15} 秒)脈衝雷射束 180 作為聚焦線 182 聚焦達至在透明材料 160 之表面或內部聚焦的區域中產生缺陷所需閾值以上的能量密度。雷射束 180 可具有一重複率，該重複率介於約 1 kHz 與 2 MHz 之間的範圍內，或在另一實施例中，該重複率介於約 10 kHz 與約 650 kHz 之間的範圍內。藉由重複該製程，沿預定路徑對準的的一系列雷射誘導缺陷可產生在透明材料 160 中。藉由使雷射誘導特徵間隔充分緊密間隔，透明材料 160 內的受控機械性脆弱性區域可產生，且透明材料 160 可沿由該系列雷射誘導缺陷(在第 1 圖中展示為透明材料 160 之靠近聚焦線 182 的區域)所限定的路徑精確破裂或(機械或熱)區隔。一或多個超短雷射脈衝可以可選地跟隨有二氧化碳(CO₂)雷射或其他熱應力源以實行透明材料 160 之完全自動化區隔。可應用於雷射處理透明基板之代表性雷射束 180 特徵詳細描述於標

題 為 「 METHOD AND DEVICE FOR THE LASER-BASED MACHINING OF SHEET-LIKE SUBSTRATES 的美國專利申請案 61917092，該申請案之教示內容整體以引用方式併入本文。

【0017】 可選擇雷射束 180 之波長，從而使得待雷射處理(藉由雷射鑽孔、切割、剝蝕、損壞或以其他方式略微改質)的材料對雷射之波長為透明的。雷射源之選擇可亦取決於將多光子吸收(multi-photon absorption; MPA)誘導至透明材料 160 中之能力。MPA 為多個具有相同或不同頻率之光子之同時吸收，以便將材料自較低能量狀態(通常為基態)激發至較高能量狀態(激發狀態)。激發狀態可為激發電子狀態或離子化狀態。材料之較高能量狀態與較低能量狀態之間的能量差等於兩個光子之能量的總和。MPA 為第三級非線性過程，其通常比線性吸收弱若干個數量級。MPA 不同於線性吸收之處在於：吸收之強度取決於光強度之平方，因此使得 MPA 為非線性光學過程。在普通光強度下，MPA 可忽略不計。若光強度(能量密度)極高，諸如在雷射束 180 之聚焦線 182 之區域中(尤其為脈衝雷射源)，則 MPA 變得可觀且導致材料中的其中雷射束 180 之能量密度充分高的區域(亦即，聚焦線 182)內之可量測效應。在聚焦線 182 區域內，能量密度可充分高以引起離子化。

【0018】 在原子能階下，個別原子之離子化具有分立的能量需求。常用於玻璃中之若干元素(例如，Si、Na、

K)具有相對低的離子化能量，諸如約5 eV。在無MPA之現象的情況下，在約5 eV下產生線性離子化將需要約248 nm之雷射波長。在MPA下，能量區隔約5 eV之狀態之間的離子化或激發可利用比248 nm長的波長來完成。例如，具有532 nm之波長的光子具有約2.33 eV之能量，因此，在雙光子吸收(two-photon absorption; TPA)中，兩個具有波長532 nm之光子可誘導能量區隔約4.66 eV之狀態之間的躍遷。

【0019】 因此，在透明材料160的其中雷射束180之能量密度充分高以便誘導雷射波長之非線性TPA的區域中，原子及鍵可選擇性地受激發或離子化，該雷射波長具有所需激發能量的一半。MPA可引起局部重新組態，及激發原子或鍵與相鄰原子或鍵之分離。鍵合或組態之所得改質可引起非熱剝蝕，及來自材料的其中發生MPA之區域之物質的移除。物質之此移除產生結構缺陷(例如，缺陷線或「穿孔」)，該結構缺陷機械弱化透明材料160且使其更易於在施加機械應力或熱應力之後受開裂或破裂的影響。藉由控制穿孔之設置，沿之發生開裂的輪廓或路徑可得以精確限定，且可完成材料之精確微機械加工。藉由一系列穿孔限定的輪廓可視為疵點線，且相應於透明材料160中具有結構脆弱性之區域。在一個實施例中，雷射處理包括自藉由雷射束180處理的透明材料160區隔部件，其中部件具有精確限定的形狀或藉由穿孔之閉合輪廓決定的周邊，該等穿孔通過由雷射誘導的MPA效應而形

成。如本文所使用，術語閉合輪廓係指藉由雷射線形成的穿孔路徑，其中路徑自身在一些位置處相交。內輪廓為在所得形狀完全由材料之外部部分圍繞之處所形成的路徑。

【0020】根據一些實施例，穿孔可藉助於超短脈衝雷射與光學元件結合而完成，該等光學元件產生聚焦線以完全穿孔玻璃組合物之範圍的主體。在一些實施例中，脈衝為單一脈衝（亦即，雷射提供相等區隔的單一脈衝而不是脈衝爆發（緊密間隔的集中在一起的單一脈衝），其中個別脈衝之脈衝持續時間介於大於約1皮秒與小於約100皮秒之間的範圍內，諸如大於約5皮秒與小於約20皮秒之間，且個別脈衝之重複率可介於約1 kHz與4 MHz之間的範圍內，諸如介於約10 kHz與650 kHz之間的範圍內。穿孔可亦利用在時間上緊密間隔的高能量短持續時間脈衝之單一「爆發」來完成。該等脈衝可以兩個脈衝或兩個以上脈衝（諸如，例如3個脈衝、4個脈衝、5個脈衝、10個脈衝、15個脈衝、20個脈衝或20個以上脈衝）之爆發來產生，該等脈衝藉由爆發內之個別脈衝之間持續時間來區隔，該持續時間介於約1 nsec與約50 nsec之間的範圍內，例如，10 nsec至30 nsec，諸如約20 nsec，且爆發重複頻率可介於約1 kHz與約200 kHz之間的範圍內。（爆發或產生脈衝爆發為一類雷射操作，其中脈衝之發射不處於均勻及穩定流中，而是處於緊密脈衝叢中。）該脈衝爆發雷射束可具有一波長，該波長經選擇以使得該材料在此波長下為大體上透明的。雷射脈衝持續時間可為

10^{-10} s 或短於 10^{-10} s，或 10^{-11} s 或短於 10^{-11} s，或 10^{-12} s 或短於 10^{-12} s 或 10^{-13} s 或短於 10^{-13} s。例如，雷射脈衝持續時間可介於約1皮秒與約100皮秒之間，或在另一實施例中，介於約5皮秒與約20皮秒之間。可在高重複率(例如，kHz或MHz)下重複此等「爆發」。在該材料處量測的每次爆發之平均雷射功率(若利用爆發脈衝)可為大於40微焦耳/mm材料厚度，例如介於40微焦耳/mm與2500微焦耳/mm之間，或介於500微焦耳/mm與2250微焦耳/mm之間。例如，對於使用0.1 mm-0.2 mm厚度玻璃之一個實施例而言，可使用200 μ J脈衝爆發來切割並區隔玻璃，這給出1000-2000 μ J/mm之示範性範圍。例如，對於示範性0.5-0.7 mm厚度玻璃而言，可使用400-700 μ J脈衝爆發以切割並區隔玻璃，該示範性厚度玻璃相應於570 μ J/mm(400 μ J/0.7 mm)至1400 μ J/mm(700 μ J/0.5 mm)之示範性範圍。可通過控制雷射及/或基板或堆疊之運動，藉由相對於雷射而控制基板或堆疊之速度，來間隔分開並精確定位穿孔。在一個實施例中，在單次通過中，雷射可用來產生穿過材料的高受控實線穿孔，其中產生極小(小於約75 μ m，或甚至小於約50 μ m)表面下損壞及碎屑。此與斑點聚焦雷射用於剝蝕材料之典型用途形成對比，在該典型用途中，常常需要多道次來完全地穿孔玻璃厚度，自剝蝕製程形成大量碎屑，且發生更廣泛的表面下損壞(小於約100 μ m)及邊緣碎裂。此等穿孔、缺陷區域、損壞徑跡或缺陷線通常

間隔分開1至25微米(例如,3-12微米,或5-20微米)。根據一些實施例,脈衝雷射具有10 W-150 W之雷射功率,且利用每脈衝爆發至少2個脈衝產生脈衝爆發。根據一些實施例,脈衝雷射具有10 W-100 W之雷射功率,且利用每脈衝爆發至少2-25個脈衝產生脈衝爆發。根據一些實施例,脈衝雷射具有25 W至60 W之雷射功率,且利用每次爆發至少2至25個脈衝產生脈衝爆發,且缺陷線之間的距離為2-20微米,或2至15微米,或2-10微米。

【0021】 因此,有可能使用單一高能量短脈衝在透明材料160中產生微觀(亦即,小於約1 μm ,小於0.5 nm(例如 $\leq 400\text{ nm}$,或 $\leq 300\text{ nm}$)或甚至直徑小於約100 nm(例如,50 nm-100 nm))拉長「孔洞」(亦稱為穿孔或缺陷線)。此等個別穿孔可以數百千赫之速率(例如每秒數十萬個穿孔)來產生。因此,利用來源與材料之間的相對運動,此等穿孔可設置成彼此鄰近(空間離距視需要自次微米變化至許多微米)。此空間區隔經選擇以便有助於切割。在一些實施例中,缺陷線為「貫通孔」,其為自透明材料160之頂部延伸至底部的孔洞或敞開通道。此外,缺陷線之內徑可與例如雷射束聚焦線之斑點直徑一樣大。雷射束聚焦線可具有一平均斑點直徑,該平均斑點直徑介於約0.1微米與約5微米之間的範圍內,例如1.5至3.5微米。

【0022】 為了形成聚焦線182,可使源雷射188透射穿過光學組件184。可進行應用的合適光學組件詳細描述於標題為「STACKED TRANSPARENT MATERIAL

CUTTING WITH ULTRAFAST LASER BEAM OPTICS, DISRUPTIVE LAYERS AND OTHER LAYERS的美國專利申請案第61917092號，該申請案之教示內容整體以引用方式併入本文。例如，位於源雷射188之射束路徑中的光學組件184經組配來將源雷射188轉化為聚焦線182，沿射束傳播方向查看，雷射束聚焦線182所具有長度介於0.1 mm與100 mm之間的範圍內，例如0.1 nm至10 nm。該雷射束聚焦線可具有的長度介於約0.1 mm與約10 mm之間或介於約0.5 mm與約5 mm之間的範圍內，諸如約1 mm、約2 mm、約3 mm、約4 mm、約5 mm、約6 mm、約7 mm、約8 mm或約9 mm，或該長度介於約0.1 mm與約1 mm之間的範圍內，且平均斑點直徑介於約0.1微米與約5微米之間的範圍內。孔洞或缺陷線各可具有一直徑，該直徑介於0.1微米與10微米之間，例如0.25至5微米(例如，0.2-0.75微米)。例如，如第1圖所示，可利用球形或圓盤形光學組件184以使源雷射188聚焦並形成具有限定長度的聚焦線182。

【0023】 注意，此種本文所述皮秒雷射之典型操作產生脈衝500 A之「爆發」500。每一「爆發」(在本文中亦稱為「脈衝爆發」500)含有多個極短持續時間之脈衝500 A(諸如至少2個脈衝、至少3個脈衝、至少4個脈衝、至少5個脈衝、至少10個脈衝、至少15個脈衝、至少20個脈衝或20個以上的脈衝)。亦即，脈衝爆發為脈衝之「包

袋」，且爆發藉由比每次爆發內個別相鄰脈衝之區隔時間更長的持續時間來彼此區隔。脈衝500A所具有脈衝持續時間 T_d 為至多100 psec(例如，0.1 psec、5 psec、10 psec、15 psec、18 psec、20 psec、22 psec、25 psec、30 psec、50 psec、75 psec或介於其之間)。爆發內之每一個別脈衝500A之能量或強度可不等於爆發內之其他脈衝之能量或強度，且爆發500內的多個脈衝之強度分佈常常遵循由雷射設計所決定的時間之指數衰變。較佳地，本文所述示範性實施例之爆發500內之每一脈衝500A藉由1 nsec至50 nsec(例如10-50 nsec，或10-30 nsec，其中時間常常由雷射共振腔設計所決定)之持續時間 T_p 而在時間上與該爆發中之後續脈衝區隔。對給定雷射而言，爆發500內之相鄰脈衝之間的時間區隔 T_p (脈衝至脈衝區隔)為相對均勻的($\pm 10\%$)。例如，在一些實施例中，爆發之內的每一脈衝在時間上與後續脈衝區隔大約20 nsec(50 MHz)。例如，對產生約20 nsec之脈衝區隔 T_p 之雷射而言，爆發內之脈衝至脈衝區隔 T_p 維持於約 $\pm 10\%$ 內或為約 ± 2 nsec。脈衝之每一「爆發」之間的時間(亦即，爆發之間的時間區隔 T_b)將更加長(例如， $0.25 \mu\text{s} \leq T_b \leq 1000 \mu\text{s}$ ，例如1-10微秒，或3-8微秒)。在本文所述雷射之一些示範性實施例中，對約200 kHz之具有爆發重複率或頻率的雷射而言，時間區隔 T_b 為約5微秒。雷射爆發重複率係關於爆發中的第一脈衝至後續爆發中的第一脈衝之

間的時間 T_b (雷射爆發重複率 $= 1 / T_b$)。在一些實施例中，雷射爆發重複頻率可介於約 1 kHz 與約 4 MHz 之間的範圍內。更佳地，雷射爆發重複率可例如介於約 10 kHz 與 650 kHz 之間的範圍內。每一爆發中之第一脈衝至後一爆發中之第一脈衝之間的時間 T_b 可為 0.25 微秒 (4 MHz 爆發重複率) 至 1000 微秒 (1 kHz 爆發重複率)，例如 0.5 微秒 (2 MHz 爆發重複率) 至 40 微秒 (25 kHz 爆發重複率)，或 2 微秒 (500 kHz 爆發重複率) 至 20 微秒 (50 kHz 爆發重複率)。確切時序、脈衝持續時間及爆發重複率可取決於雷射設計而改變，但高強度之短脈衝 ($T_d < 20$ psec 且較佳 $T_d \leq 15$ psec) 已證實為尤其良好適用的。

【0024】 改質或穿孔材料 (例如，玻璃) 之所需能量可就爆發能量——爆發內所含的能量 (每一爆發 500 含有一系列脈衝 500 A) 而言，或就單一雷射脈衝內所含能量 (許多個單一雷射脈衝可包含爆發) 而言來描述。對於此等應用而言，每次爆發之能量可為 25 - 750 μ J，更佳為 50 - 500 μ J，或 50 - 250 μ J。在一些實施例中，能量每次爆發為 100 - 250 μ J。脈衝爆發內的個別脈衝之能量將較小，且確切的個別雷射脈衝能量將取決於脈衝爆發 500 內的脈衝 500 A 之數量及雷射之衰變速率 (例如指數衰變速率)。例如，對恆定能量 / 爆發而言，若脈衝爆發含有 10 個個別雷射脈衝 500 A，則每一個別雷射脈衝 500 A 將含有比同一脈衝爆發 500 僅具有 2 個個別雷射脈衝的情況更小的能量。

【0025】 如在本文所述一些實施例中，薄玻璃之雷射「剝蝕」切割所具有優點包括：在剝蝕之區域處或附近最小化或阻止開裂產生；以及有能力執行任意形狀之自由形態切口。該雷射剝蝕切割有益於避免平板顯示器之玻璃基板中的邊緣開裂及剩餘邊緣應力，因為平板顯示器具有自邊緣破損之顯著傾向，即使當應力施加至中心時。以本文所述方法與經設計的射束輸送組合的超快雷射器之高峰值功率可避免此等問題，因為本方法為「冷」剝蝕技術，該技術在無有害熱效應之情況下進行切割。根據本方法藉由超快雷射器進行雷射切割基本上不在玻璃中產生殘餘應力。然而，應理解，可在本文所述雷射處理方法與設備中利用任何類型的雷射器。

【0026】 仍然參考第1圖，雷射中斷元件140位於支撐基部120之頂部上並位於支撐基部120與透明材料160之間。在一個實施例中，雷射中斷元件140可為大體上平坦的片材，其具有大體上平坦的頂部表面142及底部表面144，該頂部表面142及底部表面144分別符合支撐基部120之頂部表面122與透明材料160之底部表面164的平坦表面。一般而言，雷射中斷元件140光學中斷透射穿過透明材料160的雷射束180，以使得雷射束180不在雷射中斷元件140下方具有足夠強度（亦即，在聚焦線182處）來損壞支撐基部120。例如，光學中斷可包括反射、吸收、散射、散焦或以其他方式妨礙雷射束180。中斷元件140可反射、吸收、散射、散焦或以其他方式妨礙入射雷射束

180 以禁止或阻止雷射束 180 損壞或以其他方式改質多層堆疊 100 中的下伏層，諸如支撐基部 120。

【0027】 在一個實施例中，雷射中斷元件 140 位於經雷射處理的透明材料 160 之緊下方。此種組態展示在第 1 圖中，其中射束中斷元件 140 為位於透明材料 160 之緊下方的大體上平坦的片材，其中本文所述雷射處理將發生在透明材料 160 中。在一些實施例中，可將雷射中斷元件 140 定位為與支撐基部 120 直接接觸，但在其他實施例中，可將另一層材料安置於支撐基部 120 與雷射中斷元件 140 之間。在一個實施例中，雷射中斷元件 140 可具有如自其頂部表面 142 至其底部表面 144 所量測的厚度，該厚度為自約 0.5 mm 至約 3 mm。雷射中斷元件 140 之邊緣可具有帶有傾斜拐角的圓形形狀，該形狀大體上不含有尖銳拐角。

【0028】 雷射中斷元件 140 具有與待由雷射處理切割的透明材料 160 不同的光學性質。例如，射束中斷元件 140 可包含散焦元件、散射元件、半透光元件或反射元件。散焦元件為介面或層，其所包含之材料阻止雷射束光 180 在散焦元件上或下方形成雷射束聚焦線 182。散焦元件可包含材料或介面，該材料或介面具有散射或中斷雷射束 180 之波前的折射率多相性。在雷射中斷元件為半透光元件之實施例中，該半透光元件為材料之介面或層，該介面或層允許但僅在散射或減弱雷射束 180 之後允許光穿過，該散射或減弱雷射束 180 係用以降低能量密度至足以

阻止在多層堆疊 100 之半透光元件之側面上的與雷射束 180 相對的部分中形成雷射束聚焦線 182。

【0029】如第 1 圖所示，雷射束 180 可進入並穿過透明材料 160 並接觸雷射中斷元件 140 之頂部表面 142。雷射中斷元件 140 可中斷雷射束 180，以使得雷射束 180 之強度在達到支撐基部 120 之前得以減少。更具體而言，可利用中斷元件 140 之反射率、吸收率、散焦、衰減及/或散射來對雷射輻射產生屏障或障礙。沒有必要完成藉由中斷元件 140 對雷射束 180 吸收、反射散射、衰減、散焦等。中斷元件 140 實行在雷射束 180 上的效應可足以將聚焦線 182 之能量密度或強度減少至支撐基部 120 之切割、剝蝕、穿孔等所需閾值之下的程度。在一個實施例中，中斷元件 140 將聚焦線 182 之能量密度或強度減少至損壞支撐基部 120 所需閾值之下的程度。雷射中斷元件 140 可為層或介面並可經組配來吸收、反射或散射雷射束 180，其中吸收、反射或散射足以將透射至支撐基部 120 (或其他下伏層) 的雷射束 180 之能量密度或強度減少至引起損害支撐基部 120 或其他下伏層所需程度之下的程度。

【0030】在一個實施例中，雷射中斷元件 140 可在雷射中斷元件 140 之頂部表面 142 處光學中斷雷射束 180。例如，在一個實施例中，雷射中斷元件 140 可在其頂層 142 或表面改質頂部表面 142 上包含膜。例如，中斷元件 140 可包含粗糙化頂部表面 142 (最接近透明材料 160 之表面)，該粗糙化頂部表面 142 經改質為大體上粗糙的以散

射入射光。另外，若雷射中斷元件 140 之頂部表面 142 用以妨礙雷射束 180，則雷射中斷層之塊材可為與透明基板大體上相同的材料，因為在雷射中斷元件 140 之頂部表面 142 下方不形成聚焦線 182。例如，在一個實施例中，透明材料 160 可為玻璃且中斷元件 140 可為玻璃。此外，具有對雷射波長透明的塊材之雷射中斷元件 140 可透射雷射並大體上散開貫穿中斷元件 140 之塊材結構的強度。在此種實施例中，雷射中斷元件 140 不受透射穿過透明材料 160 之雷射束 180 損壞。

【0031】 在一個實施例中，雷射中斷元件 140 可包含磨砂玻璃，諸如，例如磨砂玻璃之片材。磨砂玻璃有時稱為冰狀玻璃(iced glass)，其可為大體上半透光的。相對粗糙頂部表面 142 可作為半透光元件，該半透光元件散射入射雷射束 180。磨砂玻璃可經化學蝕刻、噴砂或以其他方式得以製造以具有操作以中斷入射光之半透光外觀。然而，在一個實施例中，磨砂玻璃可大體上光滑以便不損壞在雷射處理期間置於透明材料 160 之頂部表面 142 的透明材料 160。例如，噴砂磨砂玻璃可足夠粗糙以在透明材料 160 經設置於雷射中斷元件 140 上時藉由刮痕損壞經雷射處理的透明材料 160。然而，化學蝕刻玻璃可提供合適的光學特性，同時仍然充分光滑以不損壞透明材料 160。如本文所使用，對透明材料 160 之損壞意為人眼可偵測損壞，諸如刮痕、切口或其他磨損。

【0032】 在一個實施例中，頂部表面142之平均粗糙度(R_a)可大於或等於約0.5微米，大於或等於約0.8微米，大於或等於約1.0微米，大於或等於約1.5微米，或甚至大於或等於約2.0微米，如本文所使用，將R_a定義為局部表面高度與平均表面高度之間的差值之算術平均值並可藉由以下方程式描述：

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

其中Y_i為相對於平均表面高度的局部表面高度。在其他實施例中，R_a可為自約0.5微米至約2.0微米，自約0.5微米至約1.5微米，或自約0.5微米至約1.0微米。例如，在一個實施例中，磨砂玻璃可為可商購自Euro Tec USA of Clarksburg WV的Eagle Etch®酸蝕刻玻璃。

【0033】 在另一實施例中，雷射中斷元件140可包含表面膜層，該表面膜層用以中斷雷射束180並大體上保護諸如支撐基部120的下伏層。光學中斷膜層覆可藉由熱蒸發、物理氣相沉積及/或濺射而沉積，其中該膜層之厚度可隨所利用雷射之波長而變化。薄膜可包含而不限於MgF₂、CaF₂、聚(甲基丙烯酸甲酯)、PMMA、聚碳酸酯、苯乙烯-丙烯腈共聚物、聚苯乙烯、環烯聚合物、環烯烴共聚物及其組合。

【0034】 熟習此項技術者將明白的是，可在不脫離所請求標的之精神及範疇的情況下對本文所述的實施例做出各種修改及變化。因此，本說明書意欲涵蓋本文所述的各

種實施例之修改及變化，前提是此等修改及變化在隨附發明申請專利範圍及其等效物之範疇內。

【符號說明】

【 0 0 3 5 】

1 0 0 多層堆疊

1 1 0 載體

1 2 0 支撐基部

1 2 2 頂部表面

1 2 4 底部表面

1 4 0 雷射中斷元件 / 中斷元件

1 4 2 頂部表面

1 4 4 底部表面

1 6 0 透明材料

1 6 2 頂部表面

1 6 4 底部表面

1 8 0 雷射束

1 8 2 聚焦線 / 雷射束聚焦線

1 8 4 光學組件

1 8 8 源雷射

【生物材料寄存】

【 0 0 3 6 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 3 7 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種雷射處理一透明材料之方法，該方法包含以下步驟：

將該透明材料定位於一載體上；以及

將一雷射束透射穿過該透明材料，該雷射束入射至該透明材料的與該載體相對之一側面上，其中：

該透明材料對該雷射束為大體上透明的；

該載體包含一支撐基部及一雷射中斷元件；以及

該雷射中斷元件光學中斷透射穿過該透明材料的該雷射束，以使得該雷射束不在該雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞該支撐基部；

其中該雷射束聚焦至一聚焦線。

【第2項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射中斷元件包含磨砂玻璃。

【第3項】 如請求項1所述之方法，其中該載體中之至少一部分對該雷射束為不透明的。

【第4項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射中斷元件不受透射穿過該透明材料的該雷射束損壞。

【第5項】 如請求項1所述之方法，其中該透明材料為玻璃。

【第6項】 如請求項1所述之方法，其進一步包含以下步驟：利用入射至該透明材料上的該雷射束穿孔該透

明材料。

【第7項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射束具有一脈衝持續時間，該脈衝持續時間介於約1皮秒與約100皮秒之間。

【第8項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射束具有一脈衝爆發重複率，該脈衝爆發重複率介於約1kHz與2MHz之間且每一該脈衝爆發具有至少兩個脈衝。

【第9項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射中斷元件包含一粗糙表面，該粗糙表面光學中斷該雷射束。

【第10項】 如請求項9所述之方法，其中(i)該粗糙表面之一平均粗糙度(Ra)大於或等於約0.5微米；及/或(ii)該粗糙表面為該雷射中斷元件之最接近該透明材料的該表面。

【第11項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射中斷元件為：(i)一大體上平坦的片材；及/或(ii)為半透光的。

【第12項】 一種用於雷射處理的多層堆疊，該多層堆疊包含：

一載體，其包含一支撐基部及一雷射中斷元件，該雷射中斷元件位於該支撐基部之頂部上；以及
一透明材料，其位於該載體上，該透明材料包含一

大體上平坦的頂部表面及一大體上平坦的底部表面，其中該透明材料對入射至該透明材料的與該載體相對之一表面上的一雷射束為大體上透明的，其中：

該雷射中斷元件藉由阻止形成一雷射束聚焦線來光學中斷透射穿過該透明材料的該雷射束，以使得該雷射束不在該雷射中斷元件下方具有足夠強度來損壞該支撐基部，其中該雷射中斷元件包含一頂部表面，該頂部表面包含一塗層，該塗層沉積在該頂部表面上以中斷該雷射束，且其中該塗層是 MgF_2 、 CaF_2 、聚(甲基丙烯酸甲酯)、PMMA、聚碳酸酯、苯乙烯-丙烯腈共聚物、聚苯乙烯、環烯聚合物、環烯烴共聚物的至少一者。

【第13項】 如請求項12所述之多層堆疊，其中該雷射中斷元件包含一粗糙表面，該粗糙表面光學中斷該雷射束。

【第14項】 如請求項13所述之多層堆疊，其中該粗糙表面之一平均粗糙度(Ra)大於或等於約0.5微米。

【第15項】 一種在雷射處理位於一載體上的一透明材料時保護該載體的方法，該方法包含以下步驟：

將該透明材料定位於該載體之頂部上，該載體包含一支撐基部；

將一雷射束透射穿過該透明材料，其中該雷射束入

射至該透明材料的與該載體相對之一表面上，該雷射束包含一聚焦區域，該聚焦區域具有足以損壞該載體的一強度；以及

將一雷射中斷元件定位於該支撐基部與該透明材料之間，該雷射中斷元件光學中斷透射穿過該透明材料的該雷射束，以使得該雷射束不在該雷射中斷元件下方的任一點處具有足夠強度來損壞該支撐基部；

其中該聚焦區域包含一聚焦線。

【第16項】 如請求項15所述之方法，其中該雷射中斷元件包含一粗糙表面，該粗糙表面光學中斷該雷射束，或包含磨砂玻璃。

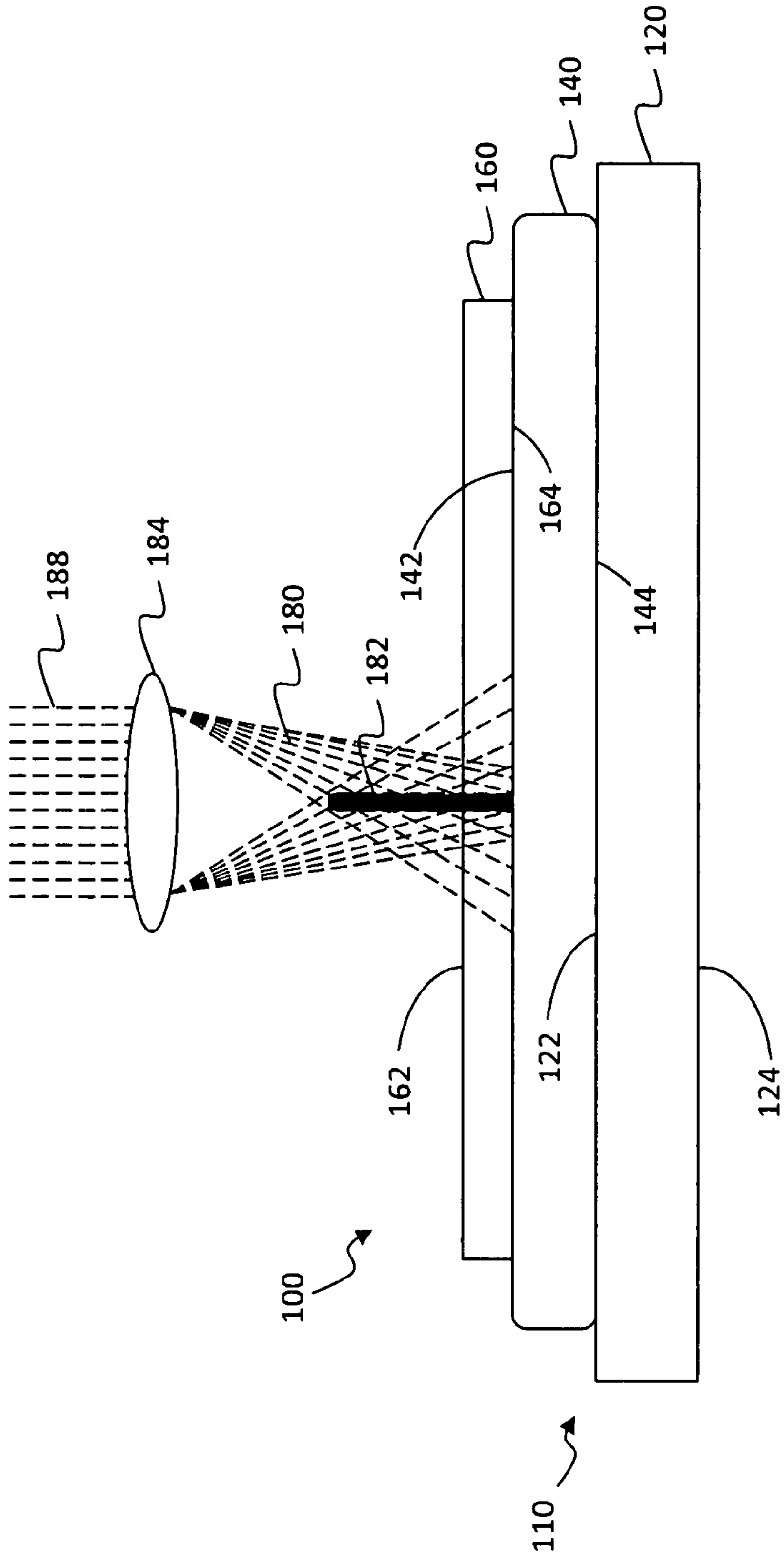
【第17項】 如請求項16所述之方法，其中該雷射中斷元件包含一粗糙表面，且其中該粗糙表面之一平均粗糙度(Ra)大於或等於約0.5微米。

【第18項】 如請求項1所述之方法，其中該雷射束具有10W-150W之雷射功率，且利用每脈衝爆發至少2個脈衝產生脈衝爆發。

【第19項】 如請求項18所述之方法，其中該雷射束具有10W-100W之雷射功率，且利用每脈衝爆發至少2-25個脈衝產生脈衝爆發。

【第20項】 如請求項19所述之方法，其中該雷射束具有25W-60W之雷射功率，且利用每次爆發至少

2 - 2 5 個脈衝產生脈衝爆發，且缺陷線之間的距離為
2 - 2 0 微米。



圖式

第1圖