



(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 I672187 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：103110217

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 19 日

(51)Int. Cl. : **B23K26/38 (2014.01)****B23K26/57 (2014.01)****B23K26/53 (2014.01)**

(30)優先權：2013/03/21

歐洲專利局

13 160 420.9

(71)申請人：德商柯林雷射科技有限公司 (德國) CORNING LASER TECHNOLOGIES GMBH
(DE)

德國

(72)發明人：波艾瑪 瑞可 BOEHME, RICO (DE)

(74)代理人：李品佳

(56)參考文獻：

TW 201041027A

CN 1517313A

CN 102596830A

JP 2010-17990A

US 6992026B2

US 2010/0089882A1

WO 2006/017583A2

審查人員：曾宏仁

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：10 共 63 頁

(54)名稱

以雷射由平面基板切割出輪廓之裝置及方法

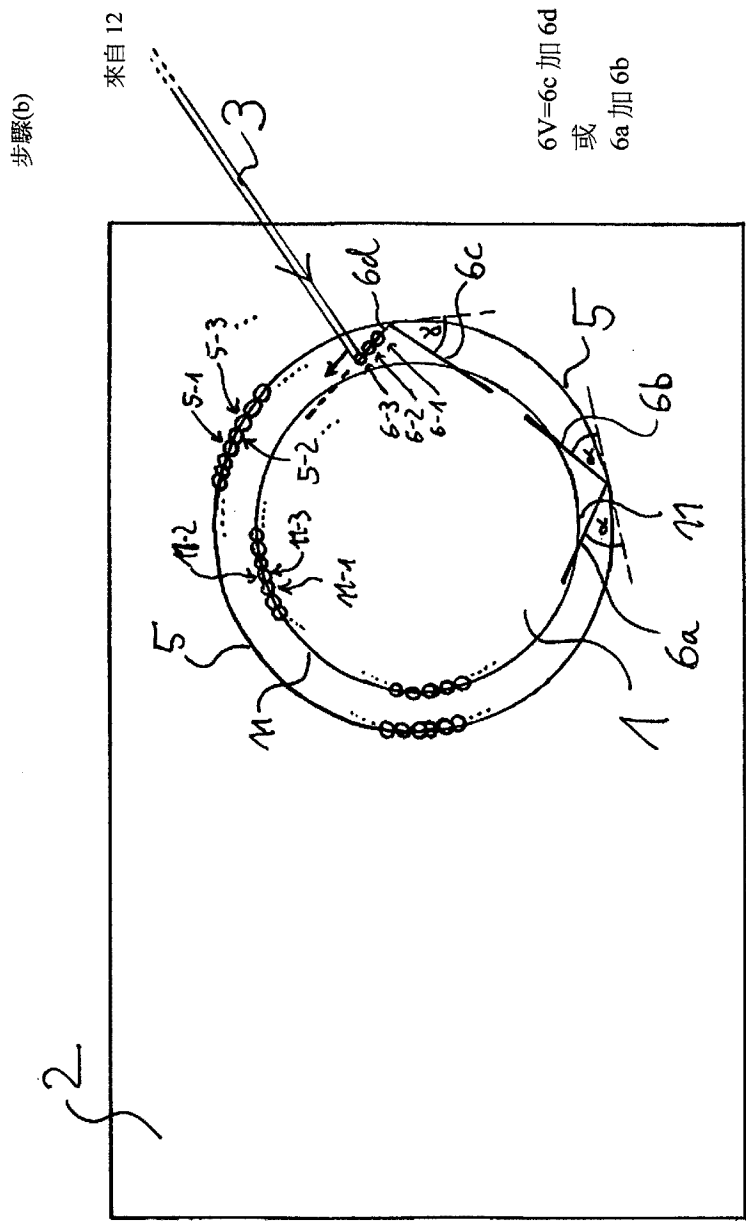
(57)摘要

本發明係關於一種在一平面基板上產生一輪廓及將輪廓由基板分離之方法，特別係在一平面基板上產生一內輪廓及將內輪廓由基板分離取出之方法，其中在一輪廓定義步驟藉由一被導引在一基板上之雷射光沿一代表需產生之輪廓之輪廓線在基板材料中產生多個個別之內部損傷區，在一裂紋定義步驟藉由一被導引在基板上之雷射光沿多個由輪廓線觀之以一角度 $\alpha > 0^\circ$ 離開並進入需分離之輪廓內之裂紋線段落在基板材料內產生多個個別之內部損傷區，且在輪廓定義步驟及裂紋定義步驟後執行材料移除步驟，藉由一被導引在基板上、材料移除之雷射光沿一追隨輪廓線但與之保持距離以及在需分離之輪廓內延伸之、此外以切割裂紋線段落為佳之移除線將基板材料由整個基板厚度移除。

The present invention relates to a method for producing a contour in a planar substrate and for separating the contour from the substrate, in particular for producing an internal contour in a planar substrate and for removing the internal contour from the substrate, wherein, in a contour definition step by means of a laser beam guided over the substrate along a contour line characterising the contour to be produced, a large number of individual zones of internal damage is produced in the substrate material, in a crack definition step by means of a laser beam guided over the substrate along a plurality of crack line portions, which, viewed from the contour line, leads away at an angle $\alpha > 0^\circ$, and into the contour to be separated, respectively a large number of individual zones, ...) of internal damage is produced in the substrate material and, in a material removal step implemented after the contour definition step and after the crack definition step by means of a material-removing laser beam guided over the substrate along a material removal line which extends along

the contour line but at a spacing from the latter and also in the contour to be separated, furthermore which preferably cuts the crack line portions, the substrate material is removed over the entire substrate thickness.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 1 . . . 輪廓
- 2 . . . 基板
- 3 . . . 雷射光
- 5 . . . 輪廓線
- 5-1、5-2、... . . . 區
- 6a、6b、... . . . 裂紋線段
- 6V . . . 段落
- 6-1、6-2、... . . . 區
- 11 . . . 抒解線段
- 11-1、11-2、... . . . 區
- 12 . . . 第一雷射
- α . . . 角度

第5c圖

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】 以雷射由平面基板切割出輪廓之裝置及方法

Device and method for cutting out contours from planar
substrates by means of laser

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種以雷射由平面基板(尤指玻璃基板或結晶基板)切割出輪廓之裝置及方法。

【先前技術】

【0002】 文件DE 10 2011 00768 A1說明如何藉助於雷射將半導體晶圓、玻璃元件及其他基板切割成不同部分，其中雷射之波長被材料強烈吸收。經由此產生材料移除，最終導致基板分離成若干部分。然而此方法在許多材料上有缺點，例如在剝離或切緣處因粒子生成而污染，其具有不良之微裂紋或融解緣，產生一種沿材料厚度上不均勻之切隙。另外由於材料必須被汽化或液化，必須提供一甚高之平均雷射功率。

【發明內容】

【0003】 因而本發明之目的在於由先前技術出發提出一種方法(及一對應之裝置)，其能以最少之邊緣裂紋形成，以最大之平整切緣，以較高之處理速度加工平面基板，特別係脆性材料之平面基板，使得可由此基板製造輪廓(並最終切離)，而在輪廓分離後留存之基板中不產生不良之、在基板平面延伸之裂紋、剝落或其他損壞。本發明之目的因而在於將一輪廓由一基板準確、清潔分離，特別是將內輪廓由基板清潔、準確取出。

【0004】 正如以下將詳細說明，本發明在常規下係以一脈衝雷射工

作，基板材料對其波長基本透明。然而基本亦可使用一連續波雷射，只要雷射光在照射基板表面（例如藉由一光學調幅器）時能快速打開及關閉，俾便在前後接續之區間產生內部損壞（見稍後說明）。

【0005】 本發明之目的係經由申請專利範圍第1項之方法及經由申請專利範圍第16項之裝置而達成，有利之實施變化說明於申請專利範圍之附屬項。

【0006】 以下將首先對本發明做一般性說明，然後根據實施例說明。在實施例框架下實現之本發明之特徵在本發明之範疇內並非必須準確以所示之結合實現，而是個別特徵亦可剔除，或以其他方式及作法與其他特徵結合。特別是不同實施例之特徵可互相結合，或個別之所示特徵亦可剔除。

【0007】 本發明之方法之基本特徵說明於申請專利範圍第1項。其中輪廓係指在基板平面之二維面，係基板之一部分面積。與此部分面積對應之基板之段落應由基板移出，而剩餘之基板段落應在後續製程中被進一步加工。換言之：需由基板分離出之輪廓構成一無用之平面，其亦可被損毀，其餘留存之基板段落應在輪廓分離過程中無內部損傷，以及根據輪廓線盡可能理想之切割緣保存下來。這在本發明中達到。以下所稱之基板既是意指尚未加工之基板，亦是意指在輪廓分離前之基板，同時亦意指輪廓分離後留下之基板殘留。所屬技術領域之人士由文意可知所指為何。

【0008】 在本發明中輪廓定義步驟之進行為，在輪廓延伸執行完畢後，輪廓刻入基板材料，而輪廓仍與基板相連，使得輪廓與基板並不發生完全分離：無用輪廓依步驟由基板之完全分離係經由輪廓定義步驟、選擇

性裂紋定義步驟、選擇性應力抒解步驟進行及材料移除及 / 或材料變形步驟，以及只要仍有需要（亦即若輪廓餘料在執行步驟（a）至（d）之後由於材料中之自身應力自動脫落），經由一可選擇之後續加工步驟。同時在可選擇之裂紋定義步驟及在可選擇之應力抒解步驟開設內部損傷之個別區域（參照申請專利範圍第4項）之進行方式為，使得經由此產生之在基板中之部分段落尚無任何全面分離。

【0009】 可選擇之裂紋定義步驟之實施以在輪廓定義步驟結束後進行為佳，然而並非必要：因而例如亦可首先經由開設內部損傷之個別區域產生輪廓線之部分段落，然後執行用以開設裂紋線段之裂紋定義步驟，且在此結束後輪廓定義步驟之其餘輪廓線段被開設於基板材料。

【0010】 所謂以一角度 $\alpha > 0^\circ$ 由輪廓線離開之裂紋線段，在本發明中係指，在輪廓線上在所稱之（或者向輪廓線方向延續之）裂紋線段由輪廓線離開之位置之局部切線，與在裂紋線段面向輪廓線之終點之局部切線之間之角度 α 大於 0° 。

【0011】 在本發明中雷射光束必須在步驟（a）、（b）及（d）（亦在輪廓線定義步驟、在裂紋定義步驟及在應力抒解步驟，以下將交替使用此符號（a）至（d）作為本發明之步驟）不必垂直於基板平面進行，亦即個別之內部損傷區域不必垂直於基板平面延伸（且亦無必要整個基板厚度垂直於基板平面）。雷射光束亦可實施成對基板法線成一角度 $> 0^\circ$ （例如介於 0° 及 20° 之間）（傾斜開設內部損傷區）。

【0012】 在本發明之框架中偏好加工（亦即將開設及取出）之內輪廓係指以數學而言簡單集合之二維空間量（基板平面）及在基板中對應之部

分段落。其中有待分離取出之內輪廓可具有幾乎任何形狀。特別係圓形、橢圓形、枕形、長孔形（具有圓角）等均可為內輪廓，其方式為雷射光束在基板表面沿一適當形成之輪廓線運動。較佳為基板位置固定，設於世界座標系統內，而雷射光束以一適當之光束導引之光學單元（其可例如具有一被一檢流計掃描器後接之F-Theta-物鏡）在基板表面運動。另外之作法亦可為一對世界座標系統固定之透鏡，而該基板必須可在世界座標系統內相對於光束導引透鏡及雷射光束運動。

【0013】 所謂基板厚度以下係指基板垂直於基板平面之延伸部分，亦即在基板前側與基板後側間之部分。基板前側係面向雷射光投射之基板表面。

【0014】 本發明之方法首先偏好實現之特徵（用以開設一移除線之材料移除）見於申請專利範圍第2項。

【0015】 此材料移除特別可應用於待分離之內輪廓之大及小半徑，且特別適用於較小輪廓如直徑 $< 2.5\text{ mm}$ 之圓形段落及適用於長孔。

【0016】 在材料移除上可使用二氧化碳雷射，其抵達基板時光束直徑（經由聚焦達到）在約 0.05 mm 及 0.5 mm 之間。CO₂雷射可用脈衝或連續使用。在脈衝序列頻率為 0.1 kHz 至 100 kHz 時以脈衝在 $100\text{ }\mu\text{s}$ 至 $4000\text{ }\mu\text{s}$ 之間為佳。特別偏好為，在脈衝序列頻率為 0.1 kHz 至 3 kHz 時脈衝持續時間在 $300\text{ }\mu\text{s}$ 至 $4000\text{ }\mu\text{s}$ 之間。雷射功率可在 10 至 200 W 之間，但較佳為在 10 至 100 W 之間。

【0017】 雷射光行走路徑係沿輪廓線，與其保持距離，且在待分離之輪廓內，例如在一與目標輪廓對稱（平行）之軌跡上。例如在一待分離取出之圓形輪廓（孔切出）上一圓形運動。行走路徑可執行一次或重複執行

多次。

【0018】 經由較小之聚焦直徑及較高之雷射功率基板材料優先被融解(材料移除)。連同雷射脈衝在上微秒區整個基板材料厚度(例如0.7 mm)可被一脈衝完全熱穿。

【0019】 材料移除步驟可經由使用氣體噴嘴以處理氣體(例如清潔之乾燥空氣, CDA)加強。在例如一噴嘴直徑為2 mm且氣體壓力為1.5至4 bar時即使對小輪廓與半徑亦能產生良好之材料移除。被雷射融解之材料經由氣體流在光束方向被驅走。

【0020】 以上述參數亦可對例如硬化玻璃(DOL 40 μm)進行材料移除, 而不產生有害之裂紋。

【0021】 移除輪廓(移除線)應由輪廓線(目標輪廓切線)離開足夠距離(根據基板材料, 此處通常0.1至0.3 mm之距離即足夠): 例如一待取出之直徑2 mm之圓形玻璃板移除線距輪廓線之最小距離為0.1 mm(變形直徑及圓形移除線之直徑最大1.8 mm)。玻璃板直徑為1.5 mm時變形直徑最大應為1.3 mm。玻璃板直徑為1.0 mm時變形直徑最大應為0.8 mm。

【0022】 裂紋線段(例如V-切)支持輪廓之完全分離, 以下將有進一步說明。

【0023】 根據申請專利範圍第3項之有利特徵, 亦可經由熱變形將需分離之輪廓之材料段落取出, 以取代如申請專利範圍第2項之材料移除, 或追加在該除材料移除上。

【0024】 其中二氧化碳雷射及其雷射光束以一種非移除方式在一基板材料中將基板材料取出, 亦即在基板材料(尤指需分離之輪廓)中以純

熱變形方式被使用（此以在較大之需分離輪廓為佳，例如在需分離取出之圓截面具有直徑 ≥ 2.5 mm，以 ≥ 5 至10 mm為佳）。

【0025】 一種此類之材料變形步驟之進行方式可如下：

【0026】 經由CO₂雷射光照射基板例如將經由雷射光沿輪廓線，然而與之保持距離，以及在需分離之輪廓中（例如在需分離之輪廓之中心沿一圓或一螺旋）至少將需分離之輪廓之段落加熱，使得至少需分離之輪廓之段落產生一塑性變形。照射在基板材料上之CO₂雷射光點之直徑可涵蓋一廣泛範圍：0.1 mm至10 mm。較佳為直徑0.2 mm至3 mm。CO₂雷射可為脈衝亦可為連續操作。較佳為脈衝，以脈衝序列頻率0.1 kHz至100 kHz之範圍時在6 μ s至4000 μ s之間使用為佳。雷射功率可在10及300 W之範圍，以在10至50 W之間為佳。

【0027】 雷射行走路徑以一對需分離之輪廓（目標輪廓）對稱（例如平行，但保持距離）之軌跡為佳。例如在一孔切出作為需分離之內輪廓時為一圓形運動。但一螺旋運動亦可有利地對一此類之內輪廓（例如玻璃板）之熱塑變形發生作用。在有些情況下證明有利者係，雷射光在一確定之時間間隔內由例如介於...秒及0.5秒之間只停留在需分離之輪廓之中央，且需分離之輪廓熱穿並因而變形。行走路徑可實施一次或重複多次，這可有利影響需分離之輪廓之熱塑變形。

【0028】 在中央之塑性變形導致需分離輪廓（例如玻璃板）之一收縮，基於一熱引發之在照射區域之基板材料（例如玻璃材料）之流動，此流動位於中央，且對著中央。此可例如在一需分離之圓板作為輪廓時外觀如下：

- 由於重力影響，變形構成一通常偏離雷射、向地球中心方向之外彎曲。此外彎曲除其他外可能為一水滴形。其表面形貌可與一凸透鏡之表面形貌比較。
- 在特定雷射條件下亦形成一朝向雷射之外彎曲。其表面形貌為一雙凸鏡之表面形貌。
- 在特定雷射條件下單側形成一內彎曲（內凹）且在對面表面形成一外彎曲。
- 當經由一氣體噴嘴平行且同時將處理氣體（技術空氣，CDA）噴在被照射之表面上，則可非常精確地控制外及/或內彎曲之形成。經由此，具有甚小之半徑（ $< 2.5\text{ mm}$ 至 1.2 mm ）之輪廓亦可被取出。在例如一噴嘴直徑為 2 mm 且氣體壓力在 1.5 至 3 bar 範圍時，特別有利於相對小輪廓之取出。

【0029】 所說明之熱塑變形變化例之共通點在於，需分離之輪廓之基板材料流動（例如在一需分離取出之內輪廓上朝本身中央方向流動）且經由此對其餘基板材料（例如位於一需分離取出之內輪廓以外之材料）形成一間隙。一種如此之間隙可具有約 $10\text{ }\mu\text{m}$ 至 $50\text{ }\mu\text{m}$ 之尺寸。

【0030】 在一短暫熱鬆弛時間（需分離之輪廓之冷卻及收縮）後需分離之輪廓由形成之間隙自己掉落。

【0031】 因而在材料變形步驟無任何基板材料被移除，並不產生移除產物。

【0032】 二氧化碳引發之熱塑變形及被雷射照射之區域應距離已經開設之輪廓線（輪廓切線）足夠遠（此處根據基板材料通常達到約 1 至 3 mm 距離）：例如在一需分離取出之直徑 10 mm 玻璃板上在此玻璃板中央被照射

區域（變形直徑）具有最大8 mm之直徑。在玻璃板直徑為5 mm時此區域最大應為3.4 mm。在玻璃板直徑為2.5 mm時此區域最大應為1.5 mm。

【0033】 已經開設之輪廓線（目標輪廓切線）對其餘留存基板之環繞材料構成一充分之熱隔離，使得在適當熱塑變形直徑下切緣及環繞之材料無任何形式為剝離或寄生蟲式裂縫生成之不利之熱影響。

【0034】 在以下之實施例中藉由一材料移除之雷射光照進一步說明做為材料移除步驟之材料移除及 / 或材料變形步驟之實施。

【0035】 進一步偏好實現之特徵見於申請專利範圍第4項至第6項。

【0036】 根據申請專利範圍第6項之超音波處理如下進行：頻率區介於1 kHz及50 kHz（較佳為：5 kHz - 40 kHz）。其間較佳為，以一超音波致動器接觸切輪廓內部之面積（亦即在需分離之輪廓內）。其間接觸面可對應於一需分離取出之內輪廓之尺寸及形狀。接觸可實施為全面式或環形。在一特別實施例中位於需分離之輪廓外之基板區域亦可受到超音波處理（需分離之輪廓與其留存基板區之同時超音波處理亦屬可行）。

【0037】 然而往往完全無需一對應之後續處理步驟，係由於在步驟（b）中（及在有時執行之選擇性步驟（d）中）開設之內部損傷區域已經將內應力帶入基板材料內，其足以使不需要之輪廓殘餘在材料移除及 / 或材料變形步驟中或在其之後自己由留存之基板解脫（輪廓殘餘之自動移除）。

【0038】 其餘有利實施之方法特徵見於申請專利範圍第7項及第8項。

【0039】 所有前述之有利特徵及以下將說明之有利特徵均可在本發明之範疇內各自獨立或以任意方式組合而實現。

【0040】 在申請專利範圍第8項中說明之點狀聚焦可如在文獻US 6,992,026 B2中或在WO 2012/006736 A2中之說明執行。

【0041】 但在本發明中特別偏好為，個別內部損傷之區域沿輪廓線，沿裂紋線段及必要時亦沿抒解線段藉由在申請專利範圍第8項中說明之雷射光焦散線（亦即經由引發之吸收帶在基板材料中沿一膨脹段落在材料厚度方向）開設。

【0042】 以下將詳細說明此步驟（a）、（b）及（d）之較佳實施形式。

【0043】 基本上，首先，針對需加工之基板選定照射之雷射之波長，使基板材料對此雷射波長基本透明（亦請參考申請專利範圍第11項）。

【0044】 步驟（a）、（b）及（d）之方法每一雷射脈衝藉由一對其適當之雷射透鏡（以下交替亦稱為導引光之光學單元或光學組合）產生一雷射焦散線（與單一焦點不同）。焦散線決定雷射與基板材料間之交互作用區，若焦散線落在需分離之材料上，則可選擇對材料發生一交互作用之雷射參數，沿焦散線產生一裂紋區。此處重要之雷射參數為雷射波長、雷射脈衝持續時間、雷射脈衝能量及有時亦包括雷射之極性化。

【0045】 對在步驟（a）、（b）及（d）中雷射光與材料之交互作用以下列為佳：

- 1) 雷射波長 1 偏好之選擇為，使材料在此波長基本透明（具體例如：吸收帶 $\ll 10\%$ 每 mm 材料深度 $\Rightarrow \gamma \ll 1/\text{cm}$ ； γ ：Lambert-Beer 吸收係數）。

- 2) 雷射之脈衝持續時間偏好選擇為，使在交互作用時間內無基本之由交互作用區發出之熱傳輸（熱擴散）（具體例如： $\tau \ll d^2/\alpha$ ， d ：焦點直徑， τ ：雷射脈衝持續時間， α ：材料之熱擴散常數）。
- 3) 雷射之脈衝能量偏好選擇為，使在交互作用區之強度，亦即在焦散線，產生一引發之吸收帶，其導致材料沿焦散線之一局部加熱，該加熱又再度由於在材料中產生之熱應力導致沿焦散線之一裂紋生成。
- 4) 雷射之極性化既影響在表面之交互作用（反射性），亦在引發之吸收帶上影響在材料內部交互作用之類型。引發帶之吸收可經由引發之、自由之充電載體（典型為電子）發生，或則在熱激勵後，或則經由多重光子吸收及內部光離子化，或則經由直接場離子化（光之場強度直接打碎電子構成）。充電載體之產生方式可例如經由所謂之 Keldysh 參數（參考）評斷，但此對本發明方法之應用並無關連。在特定（例如雙向折射之材料）上重要者僅為，雷射光之其餘吸收/傳輸取決於極性化，且因而極性化經由適當透鏡（相位板）應由使用者針對各材料做有利選擇，例如簡單以啓發式方法。若基板材料並非光學等向性，而是例如雙向折射，則雷射光在材料中之傳播亦受極性化之影響。因而極性化及極性化向量之方向可選成使得如所期望僅構成一焦散線而非其二（正規及非正規照射）。在光學等向性材料上則無此關連。
- 5) 此外強度應經由脈衝持續時間、脈衝能量及焦散線直徑選擇，使得不發生任何剝離或融解，而僅在固體組織中發生裂紋形成。此要求對典型材料如剝離或透明晶體極易以脈衝雷射在次奈秒區滿足，特別係以脈衝持續時間為例如介於 10 及 100 ps。超過尺度之約一微米

(0.5 至 5.0 微米)之長度對不良熱導體如玻璃之熱傳導作用效果達到次微秒範圍，而對良導體如結晶及半導體熱傳導由奈秒起即有效。

【0046】 構成內部損傷區之主要程序，亦即在材料中垂直於基板平面膨脹之裂紋生成係機械應力，該應力超過材料之組織強度（抗壓強度，單位為MPa）。機械應力在此經由雷射能量透過快速、非均質加熱（熱引發之應力）達到。在步驟（a）、（b）及（d）中之裂紋生成先要有一適當之相對於焦散線之基板定位（見以下），然後以自然方式開始於基板表面上，這係由於該處變形最大。其係由於，在表面上之半空間中無材料能夠承受力量。此對具有硬化或預力表面之材料亦成立，只要硬化或預力層之厚度相對於沿焦散線突然被加熱之材料之厚度夠大。（關於此方面亦請參考以下另有說明之第1圖。）

【0047】 在所選擇之焦散線直徑交互作用之方式可經由通量（能量密度，單位為焦耳每平方公分）及雷射脈衝持續時間調整，使得1.)在表面或在容積中無融解及2.)在表面不發生粒子形成之剝離。

【0048】 以下將說明一期望之分離面之輪廓線（在基板表面沿輪廓線之雷射光束及基板間之相對運動）之產生，亦即步驟（a）。說明對（b）及（d）亦對應成立。

【0049】 與材料之交互作用在材料中沿一焦散線產生每雷射脈衝一單一、連續（由垂直於基板表面之方向觀之）之裂紋區。要全面切穿材料必須沿所期望之分離線施作互相緊密之一系列此每雷射脈衝之裂紋區，使得在材料中之裂紋側向連接成一符合期望之裂紋面/輪廓。為此雷射以一特

定之順序頻率做脈衝。點尺寸與距離選擇成，使得在表面上沿雷射點之線開始一符合期望之、有方向性之裂紋生成。個別裂紋區沿所期望之分離面之距離由焦散線在雷射脈衝與雷射脈衝間之時間間隔內相對於材料之運動產生。亦請參考以下另有說明之第4圖。

【0050】 為在材料中產生所期望之輪廓線及分離面，可或則該脈衝雷射光以一平行於基板平面（亦或與之垂直）運動之光學組合在靜止材料上運動，或則該材料本身被一運動之容納器運動通過靜止之光學組合，形成所期望之分離線。焦散線對材料表面之方向，不管係垂直或對表面法線成一 $>0^\circ$ 之角度，皆可或則選擇固定，或則經由一可旋轉之光學正規組合（以下亦簡稱為透鏡）及 / 或一旋轉之雷射光路徑沿所期望之輪廓線及分離面或分離線可改變。

【0051】 總體焦散線可被多達五獨立運動軸導引通過材料，以形成所期望之分離線：二空間軸（ x 、 y ），其確定焦散線在材料中之鑿入點，二角度軸（ θ 、 ϕ ），其確定焦散線由鑿入點進入材料之方向，及一另外之空間軸（ z' ，非必須正交於 x 、 y ），其確定焦散線由表面之鑿入點燒入材料之深度。在直角座標系統（ x 、 y 、 z ）中之幾何亦見於例如以下說明之第3a圖。若為垂直情況則雷射光落在基板表面時 $z = z'$ 。

【0052】 材料沿所產生之輪廓線之最終分離（輪廓分離）或則經由材料之固有應力發生，或則經由施加之力，例如機械（拉力）或熱（不均勻之加熱 / 冷卻）為之。由於在步驟（a）、（b）及（d）並無材料剝離，通常首先在材料中並無連續間隙，而是僅存在一高度損壞之破裂面（微裂紋），以自我咬合及除其他外仍經由橋連接。經由以下在後續處理步驟中施加之

力，透過側向（平行於基板平面發生之）裂紋生長，殘留之橋斷開，且咬合被克服，使得材料沿分離面分開。

【0053】 在步驟（a）、（b）及（d）中可用之雷射光焦散線在之前及之後交互簡稱為雷射光之焦散線。在（a）、（b）及（d）中基板經由裂紋生成（沿垂直於基板平面延伸之焦散線引發之吸收帶）連同輪廓線、裂紋線段及抒解線段為輪廓由基板分離做準備。裂紋生成以垂直於基板平面進行為佳，進入基板及進入基板內部（縱向裂紋生成）。如前所說明，通常必須若干個別雷射光焦散線沿在基板表面上一線（例如輪廓線）被施加至基板，使得基板個別部分能互相分開。為此可或則基板平行於基板平面相對於雷射光及對光學組合行走，或則相反，光學組合平行於基板平面相對於位置固定設置之基板運動。

【0054】 步驟（a）、（b）及（d）引發之吸收帶之偏好產生方式為，使其在基板組織中之裂紋生成不造成基板材料之剝離及融解。此藉由調整前述之、以下在實施例框架中尚有說明之雷射參數以及特徵及光學組合之參數而發生。其中雷射光焦散線之延伸 l 及 / 或引發之吸收帶之段落在基板材料中（在基板內部）之延伸各由光束縱向觀之介於0.1 mm，以介於0.3 mm及10 mm之間為佳。基板層厚以在30及3000 μm 之間為佳，特別偏好是在100及1000 μm 之間。由雷射光焦散線之此延伸 l 及基板厚度 d 形成之比例 l/d 以在10及0.5之間為佳，特別偏好是在5及2之間。由在基板材料中由光束縱向觀察之引發之吸收帶段落之延伸 L 及在材料中，亦即在基板內部，引發之吸收帶段落之平均延伸 D 形成之比例 L/D ，以橫對光束縱向觀察為佳，以在5及5000之間為佳，特別偏好是在50及5000之間。雷射光焦散線平均直徑 δ （點

直徑)以位於 $0.5\ \mu\text{m}$ 及 $5\ \mu\text{m}$ 間為佳，特別偏好在 $1\ \mu\text{m}$ 及 $3\ \mu\text{m}$ 之間(例如 $2\ \mu\text{m}$)。雷射之脈衝持續時間應選成，使得在與基板材料交互作用時間內在此材料中之熱擴散可忽略(以無任何熱擴散為佳)。將雷射脈衝持續時間以 τ 代表，則較佳之 τ 、 δ 及基板材料之熱擴散常數 β 為 $\tau < \delta^2 \beta$ 。此意味， τ 小於1%，以小於 $\delta^2 \beta$ 之1%為佳。例如脈衝持續時間 τ 可為10 ps(亦或低於此值)，介於10及100 ps之間或亦高於100 ps。雷射之脈衝重複頻率以在10及1000 kHz之間為佳，最好在100 kHz。雷射可作為單一脈衝雷射或作為突發波雷射操作。平均雷射功率(在雷射光束發出側量測)以在10瓦及100瓦之間為佳，對步驟(a)、(b)及(d)最好在30瓦及50瓦之間。

【0055】 在步驟(a)、(b)及(d)中因而一雷射光相對於基板表面沿一線運動，沿該線在基板中施加多個內部損傷之個別區域(亦稱為沿各該線在基板內部引發之吸收帶之延伸段)。由直接相鄰之，亦即直接前後產生之內部損傷區域(引發之吸收帶之段落)中心之平均距離 a ，及，雷射光焦散線之平均直徑 δ (點直徑)構成之比例 a/δ 在0.5與3.0之間為佳，最好在1.0與2.0之間(此處亦參照第4圖)。

【0056】 輪廓由基板之最終分離及脫離可經由以下進行，在步驟(a)至(d)之後(必要時亦在執行這些步驟之一時)施加機械力至基板(例如藉由一機械衝頭)及/或在基板中施加熱應力(例如藉由一 CO_2 雷射)，俾便對基板不均勻加熱，且再度冷卻。經由此可在直接相鄰之引發之吸收帶之延伸段落間及在直接相鄰之內部損傷區之間產生一裂紋生成，用以將基板分離成若干部分，亦即用以使輪廓分離。此裂紋生成(與在基板深度方向及在步驟(a)、(b)及(d)中引發之深度裂紋生成不同)在其間係作為

橫裂紋生成，亦即作為在基板平面之一橫向裂紋生成（對應輪廓線之延伸，沿此輪廓與基板分離）。

【0057】 此偏好之方法在步驟（a）、（b）及（d）中之重點在於，每雷射脈衝（或每突發波）產生一雷射光焦散線（而非僅一非當地或僅侷限在當地延伸之焦點）。為此使用雷射透鏡，稍後另有個別顯示。因而焦散線決定雷射與基板間之交互作用區。若焦散線至少以段落方式（由深度方向觀之）落在需分離之基板材料中，則可將雷射參數選擇成，使雷射光與材料之間發生交互作用，該交互作用沿全部焦散線（及沿落在基板上之雷射光焦散線全部延伸段落）產生一裂紋區。可選擇之雷射參數為例如雷射波長、雷射脈衝持續時間、雷射脈衝能量及必要時包括雷射極性化。

【0058】 經由此在步驟（a）、（b）及（d）中輪廓分離之準備在本發明中可做到將輪廓由極薄之玻璃基板（玻璃基板厚度 $<300\text{ }\mu\text{m}$ ， $<100\text{ }\mu\text{m}$ 或甚至 $<50\text{ }\mu\text{m}$ ）分離。此在無稜緣、損傷、裂紋、剝離或類似物殘留在輪廓分離後之基板（留存）上之情況下進行，使得耗費之後續加工在本發明中不再需要。內部損傷區可沿線以高速（ $>1\text{ m/s}$ ）開設。

【0059】 本發明之方法之其他可有利實現之特徵說明於申請專利範圍第9項及第10項。所謂螺旋（申請專利範圍第10項）係非常普遍指一（在基板平面觀之）多重交織纏繞之近乎任意形狀之平面線生成，其在一點（位於內輪廓之中心）開始，且隨遞增之纏繞數持續向內輪廓之外緣靠近，且最後逼近之（一本發明意涵之螺旋並不限於狹義之數學螺旋）。

【0060】 本發明另外有利特徵說明於申請專利範圍第11項。任何特徵皆可任意互相結合實現。申請專利範圍第11項說明之雷射特徵（若無其他

說明) 同樣對在材料移除步驟中移除材料之雷射光之產生及光束導引成立。然而關於在材料移除步驟中以有利方式實現之特別雷射參數，請詳見申請專利範圍第12項。

【0061】 可行者係，在申請專利範圍第11項及第12項中所稱之雷射類型作為材料移除雷射投入使用，其方式為（與以此雷射類型產生內部損傷之多個區域比較）適當修改光學構造：不使用焦散線透鏡，而使用一「常規」透鏡，其焦距例如為100 mm（以在70 mm及150 mm範圍為佳）。以使用一具有F-Theta-透鏡之檢流計掃描器設置（Galvanometer-Scanner-Setup）為佳。

【0062】 另外可用之雷射包括：具有532 nm/515 nm波長之Nd：YAG雷射。然而一波長9至11 μm 之CO₂雷射連同一氣體噴嘴亦非常適用。

【0063】 亦可證明有利者係，在一方面步驟(a)及另一方面步驟(b)及/或(d)之間例如改變相鄰內部損傷區之間之距離。特別係在步驟(b)及/或(d)之間與步驟(a)相較提高此距離有利，這係由於產生一有利之裂紋生成，及因而產生在一內輪廓之內部區域之損壞。

【0064】 參數範例可如下：

- 對硬化玻璃(0.7 mm；DOL 40 μm)：突波 2 脈衝；200 kHz 重複率；3.5 μm 脈衝距離；25 W 雷射功率；數字孔徑透鏡 0.1；焦散線長度 1.8 mm。
- 對未硬化玻璃(2.8 mm)：突波5脈衝；100 kHz 重複率；5 μm 脈衝距離；50 W雷射功率；數字孔徑透鏡 0.08；焦散線長度 2.8 mm。

【0065】 執行材料移除步驟之有利方式說明於申請專利範圍第13項與第14項。其中例如實施對一厚度0.7 mm之玻璃基板之一20倍之移除線之移動，俾便移除線在基板材料之整個厚度上切入基板材料。

【0066】 在根據申請專利範圍第14項之作法中所有在本發明中提及之雷射之光束皆可使用做為雷射光，但排除CO₂雷射。特別係可投入使用一532 nm之雷射波長。作為沈積材料可使用聚甲醛 (Polyoxymethylen, POM)。

【0067】 基板之儲存可例如由一夾緊裝置確保，其具有一深凹，作為空室。被移除線分離之基板物件被氣密空室中之蒸汽壓排出，且必要時甚至在那之後仍殘留之、與基板仍藕斷絲連之輪廓殘餘亦可能被排出。

【0068】 以本發明之方法有利加工之材料說明於申請專利範圍第15項。

【0069】 根據本發明之裝置，其具有執行本發明之方法之功能，說明於申請專利範圍第16項至第18項。一雷射，其根據申請專利範圍第18項不僅能發射在步驟(a)、(b)及(d)中之雷射光，亦能發射在材料移除步驟中材料移除之雷射光，係例如一50 W 皮秒- (Pikosekunden) 雷射。

【0070】 在本發明中在輪廓之最終分離上有利者係，在開設多個內部損傷區後以濕氣衝擊基板材料。水經由毛細管力被拉入損傷區，且可經由在玻璃組織之開放連結（由雷射造成）上之附著引發應力，該應力最終有助於生成裂紋。因而可用水對切割輪廓（內及外輪廓）施以一控制下之衝擊，而衝擊可在雷射加工中或加工後進行。在裝置中加入一蒸發器產生一濕空氣流及 / 或加入一濕基板保持器或基板容器皆屬可行。可在需開設之輪廓線區設一水儲備器。

【0071】 在一平面基板產生一輪廓及將之由基板分離之本發明相對於先前技術中之習知之輪廓切割法特別具有下列優點：

- 經由結合一方面內部損傷區之開設（步驟（a）、（b）及必要時（d））及另一方面材料移除及/或材料變形步驟（c）可達到一甚高之輪廓分離品質：事實上不出現任何破裂，在輪廓被分離取出後基板切緣具有一甚小之粗度以及具有一高精度。
- 近乎任何形成之內輪廓（圓形內輪廓、長孔形內輪廓或任意自由形面）均可用本發明以高精度分離。因而可達到一內輪廓結構之高解析度。
- 避免在內輪廓以外（亦即在留存之基板內）生成應力裂紋。
- 本方法不僅適用於內輪廓之分離取出，而是亦適用於具有極小半徑或隅角之外輪廓之分離，並係在留存之基板上維持極為良好之外緣品質之條件下。特別係能以高品質製造及分離具有後切之外輪廓（例如鳩尾形外輪廓）。

【圖式簡單說明】

【0072】 以下將根據實施例說明本發明。其中此處作為材料移除步驟執行之材料移除及/或材料變形步驟簡寫以(c)代表。圖中顯示：

第 1 圖：本發明之一焦散線定位原理，亦即基於在步驟（a）、（b）及（d）中沿焦散線引發之吸收帶加工對雷射波長透明之基板材料。

第 2 圖：在本發明中可用於步驟（a）、（b）及（d）之光學組合。

第 3a 圖及第 3b 圖：在本發明中另一可用於步驟（a）、（b）及（d）之光學組合。

第 4 圖：一根據步驟 (a) 加工之玻璃板之一基板表面之微觀圖像（正視基板平面）。

第 5a 圖至第 5d 圖：根據本發明由一基板分離取出一圓形內輪廓之步驟 (a) 至 (d)。

第 6 圖：本發明步驟 (d) 之一舉例，其中產生一作為抒解線段之抒解螺旋。

第 7 圖：本發明中由一基板分離一外輪廓之舉例。

第 8 圖：用於分離取出一圓形內輪廓之不同切割導引之舉例。

第 9 圖：用於執行一材料移除步驟之舉例。

第10圖：用於產生及分離輪廓之本發明裝置之一示意圖。

【實施方式】

【0073】 第1圖簡繪出步驟 (a)、(b) 及 (d) 之基本原理。一此處未圖示之雷射12（第10圖）發射雷射光3，其在光學組合20之光入射側係以元件符號3a標示，雷射光照射本發明之光學組合20。光學組合20由入射之雷射光在光束離開側沿光束方向一定之延伸區（焦散線之長度1）形成一延伸之雷射光焦散線3b。雷射光3之雷射光焦散線3b在光學組合後之光運行通路中至少以段落式覆蓋需加工之、平面基板2之方式定位。元件符號4v標示面向光學組合20及雷射之平面基板之表面，元件符號4r標示對其通常平行之、保持距離之基板2背側表面。基板厚度（垂直於面4v與4r，亦即對基板平面量測）此處以元件符號10代表。

【0074】 如第1a圖所示，此處基板2垂直於光束縱軸，且因而對準在空間中穿過光學組合20在其後方產生之焦散線3b（基板垂直於圖紙面），且沿光束方向觀之相對於焦散線3b定位，使得焦散線3b在光束方向觀之在基

板表面4v前開始，而在基板表面4r前，亦即仍在基板內部，結束。此延伸之雷射光焦散線3b因而產生（在適當雷射強度沿雷射光焦散線3b，其經由雷射光3聚焦於一長度1之段落，亦即經由一長度1之線焦獲得確保）在雷射光焦散線3b與基板2之覆蓋區，亦即在被焦散線3b劃過之基板材料內，一沿光束縱向觀之延伸之段落3c，沿此在基板材料內產生一引發之吸收帶，其沿段落3c在基板材料內引發一裂紋生成。此裂紋生成不僅發生於當地，而是涵蓋引發之吸收延伸段落3c全部長度（亦即內部損傷區）。此段落3c之長度（亦即雷射光焦散線3b最終與基板2重疊之長度）此處以元件符號L代表。平均直徑及引發之吸收之段落之平均擴張（及在基板2材料內落入裂紋生成之區域）此處以元件符號D代表。此平均擴張D在此處基本相當於雷射光焦散線3b之平均直徑 δ 。

【0075】 如第1a圖所示，因而在本發明中對雷射光3波長 λ 透明之基板材料沿焦散線3b被引發之吸收加熱。第3b圖簡繪出，被加熱之材料最終擴張，使得一對應引發之應力依本發明導致微裂紋生成，而應力在表面4v上最大。

【0076】 以下將具體說明光學組合20，其可用以產生焦散線3b，及一具體光學構造（第10圖），此光學組合可置入其中。所有組合及構造皆以前述之說明為基礎，因而對相同或在其功能上對應之構件及特徵仍使用相同之元件符號。因而以下僅說明不同處。

【0077】 由於在本發明中最終導向分開之分離面必須係高品質（在抗破損強度、幾何精確度、粗度及避免後續加工之要求上），各個沿例如輪廓線5有待在基板表面上定位之焦散線5-1，5-2，…必須用以下說明之光學組

合產生（光學組合在以下亦交互稱為雷射透鏡）。其中粗度特別是由焦散線之點尺寸及點直徑產生。為在給定之雷射12之波長 λ （與基板2材料交互作用）能達到低如0.5 μm 至2 μm 之點尺寸，通常需對雷射透鏡20之數字孔徑設定一定要求。此要求在以下說明之雷射透鏡20上獲得滿足。

【0078】 為達到所期望之數字孔徑一方面透鏡必須具有給定焦距所需之開孔，根據習知之Abbé公式（ $\text{N.A.} = n \sin(\theta)$ ， n ：需加工之玻璃之破裂數， θ ：半開角度；且 $\theta = \arctan(D/2f)$ ； D ：開孔， f ：焦距）。另一方面雷射光必須照射至透鏡所需之開孔，這一般藉由在雷射與聚焦透鏡間之擴散望遠鏡由光束擴散達成。

【0079】 其間點尺寸沿焦散線應不強烈變化，始能產生一均勻形狀之交互作用。此可例如經由聚焦透鏡僅在一狹窄、環狀區被照射而獲確保（見以下之實施例），其間依據自然原理光束開孔，及因而按比例之數字孔徑，僅少許改變。

【0080】 根據第2圖（截面垂直於基板平面，在雷射光照12之雷射光束中位於中央光束之高度；此處雷射光3之照射亦垂直於基板平面，使得焦散線3b及引發之吸收帶3a之延伸段落平行於基板法線）由雷射3發射之雷射光3a首先朝向一對所用之雷射光完全不透明之圓形遮罩20a。遮罩 20a垂直於光束縱軸，且中心對準所示之光束3a之中央光束。遮罩 20a之直徑選擇成，位於雷射光束3a及中央光束之中心附近之光束（此處以3aZ代表）撞擊遮罩並被其完全吸收。僅位於雷射光束3a外周緣區之光束（邊緣光束，此處以3aR代表）由於遮罩尺寸小於光束直徑未被吸收，而是側邊通過遮罩20a並撞擊光學組合20之聚焦光學元件之邊緣區，該光學元件在此處係由磨

成球面之雙凸透鏡20b構成。

【0081】 中心對準中央光束之透鏡20b在此處有意由未修正之雙凸聚焦透鏡構成，其形式為一常見之磨成球面之透鏡。換言之，一種此類透鏡之球面像差被蓄意利用。另外之作法亦可使用由理想修正之系統偏心非球面或多透鏡，其正好不具理想焦點，而係構成一顯著之、有確定長度之長距離焦線（亦即透鏡及系統，其正好不再具有個別焦點）。透鏡區域因而根據由透鏡中心沿一焦散線3b之距離聚焦。此處遮罩 20a橫對光束方向之直徑在光束直徑之約90%（光束直徑定義為擴張降低至 $1/e$ ），及光學組合20之透鏡直徑之大約75%。在本發明中，利用一未做像差修正之球面透鏡20b之焦散線3b，其經由在中央遮擋光束而產生。所示之截面係在一穿過中央光束之平面上，當所示之光束對焦散線3b旋轉，即產生完全之三維光束。

【0082】 在本發明中一改進之、可投入使用之光學組合20在於，其既包含一旋轉三稜鏡（Axicon）亦包含一聚焦透鏡。

【0083】 第3a圖顯示一如此之光學組合20，其在雷射12之照射路徑沿照射方向觀之首先設置一具有一非球形自由面之第一光學元件，其係成形為用以形成一擴張之雷射光焦散線3b。在所示之例中此第一光學元件係一具有 5° 錐角之旋轉三稜鏡20c，其垂直於光束方向且中心對準雷射光3。一旋轉三稜鏡或錐形稜鏡係一特殊之、磨成錐形之透鏡，其將一點源構建成沿一光學軸線之線（或亦將一雷射光轉換成環狀）。一如此之旋轉三稜鏡之構造對本行專業人士係屬習知；錐角在此處例如為 10° 。旋轉三稜鏡之錐尖指向照射方向之反方向。在照射方向距旋轉三稜鏡20c距離z1處設有一第二、聚焦之光學元件，此處係一平凸鏡20d（其隆起朝向旋轉三稜鏡）。此處距

離 z_1 選擇為約300 mm，使由旋轉三稜鏡20c形成之雷射光束環狀打擊透鏡20d之外圍區。透鏡20d將環狀入射之光束聚焦於光束離開側距離 z_2 處，此處約為由透鏡20d起20 mm處，聚焦於一具有一定長度之焦散線3b上，該長度此處為1.5 mm。透鏡20d之有效焦距此處為25 mm。雷射光束經由旋轉三稜鏡20c之環狀轉換在此處以元件符號SR符號。

【0084】 第3b圖顯示第3a圖中焦散線3b及引發之吸收帶3c在基板2材料內之構成之詳細情形。二元件20c、20d之光學特徵及其定位之情形為，焦散線3b在照射方向之擴張 l 與基板2之厚度 10 準確一致。因而基板2必須沿照射方向之縱向對焦散線3b準確定位於基板2之二表面4v及4r之間，如第3b圖所示。

【0085】 在本發明中有利者係，焦散線構建於雷射透鏡一定距離處，且雷射光之大部分聚焦於焦散線期望之一端部。此可如說明如下完成，即，一主要聚焦元件20d（透鏡）僅環狀照射在一期望之區域上，經由此一方面實現所期望之數字孔徑及因而所期望之點尺寸，另一方面卻在擴散圈之所期望之焦散線3b之後在極短距離內在點中心喪失強度，這是由於所生成之點基本為環狀。因而在本發明之意涵中裂紋生成在短距離內停止於所期望之基板深度。旋轉三稜鏡20c與聚焦透鏡20d之結合滿足此要求。其間旋轉三稜鏡20c以兩種方式作用：經由該旋轉三稜鏡20c一通常圓形之雷射點被以環狀發送至聚焦透鏡20d，且旋轉三稜鏡20c之非球面性發揮作用，不在透鏡之焦點平面形成一焦點，而是在焦點平面外形成一焦散線。焦散線3b之長度 l 可經由在旋轉三稜鏡上之光束直徑而調整。沿焦散線之數字孔徑又可經由旋轉三稜鏡-透鏡之距離 z_1 及經由旋轉三稜鏡之錐角而調整。因而以此

方式全部雷射能量可聚集於焦散線上。

【0086】 若在本發明中裂紋生成（在內部損傷區）持續至基板之出口側，則環狀照射始終仍有優點，在於，一方面最大化利用雷射功率，這是由於雷射光大部分集中停留於所期望之焦散線長度，另一方面經由環狀照射區連同由其他光學功能調整之、所期望之像差可沿焦散線達到一均勻之點尺寸，且因而在本發明中沿焦散線可達到一均勻之分離過程。

【0087】 除在第3a圖中所示之平凸透鏡外，亦可使用一聚焦之彎月形透鏡（Meniskuslinse）或一其他高度修正之聚焦透鏡（球面、多透鏡）。

【0088】 無其他染色之硼矽酸鹽或鈉鈣-玻璃2（特別是具低含鐵量）係由約350 nm至約2.5 μm 光學透明。玻璃一般屬不良熱導體，這是為何雷射脈衝持續時間由數奈秒起即不允許由焦散線3b向外有具體熱擴散性。然而較短之雷射脈衝持續時間具有優點，這是由於次奈秒及皮秒-脈衝經由非線性效果更易達到一期望之引發之吸收帶（強度顯著更高）。

【0089】 例如一市售之皮秒雷射12適用於根據本發明之平面玻璃之分離，該雷射具有以下參數：波長1064 nm，脈衝持續時間10 ps，脈衝重複頻率100 kHz，平均功率（直接在雷射後量測）至50 W。雷射光具有首先一光束直徑（量測於尖峰強度之13%，亦即一高斯光束之 $1/e^2$ -直徑）約2 mm，光束品質在至少 $M^2 < 1.2$ （根據DIN/ISO 11146）。以一光束擴散透鏡（市售之刻卜勒光束望遠鏡）光束直徑可提高10倍至約20-22 mm。以一直徑9 mm之所謂之環狀遮罩20a屏蔽光束之內層部分，產生一環狀光束。以此環狀光束照射例如一焦距28 mm之平凸透鏡20b（半徑13 mm之石英玻璃）。經由透鏡20b之強力（期望之）球面像差產生本發明之焦散線。

【0090】 焦散線之理論直徑 δ 沿光束軸變化，因而對產生一均質裂紋面有利者係，基板厚度10此處小於約1 mm（顯示玻璃之典型厚度為0.5 mm至0.7 mm）。以一約2 μm 之點尺寸及一由點至點約5 μm 之距離產生一0.5 m/sec之速度，焦散線以此速度沿輪廓線5可被導引在基板2上（參照第4圖）。以25 W之平均功率在基板上（在聚焦透鏡7後量測）由100 kHz脈衝順序頻率產生一約250 μJ 之脈衝能量，其亦可在一結構化之脈衝（快速單一脈衝序列，間隔僅20 ns，所謂之突波脈衝）中由2至5個次脈衝進行。

【0091】 未硬化之玻璃基本上無內應力，此即為何此處仍牽連且以未分離之橋連接之干擾區在無外力作用下仍能完整保持各部分。然而當一熱應力進入，輪廓1最後完全由基板2分離，且無需其他外力進入。為此一平均功率達250 W之 CO_2 雷射聚焦於一約1 mm之點尺寸，且此點以至0.5 m/s之速度被導引通過輪廓線5、裂紋線6及必要時亦抒解線11（參考第5a圖至第5d圖）。地區之熱應力經由帶入之雷射能量（5 J每cm線長）完全分離輪廓1。

【0092】 要在厚玻璃中分離，程序之門檻強度（引發之吸收帶及經由熱衝擊造成之干擾區生成）依據自然必須由一較長焦散線1達到。因而需要較高之必需脈衝能量及較高之平均功率。以上述之光學構造及抵達基板之最大可用雷射功率39 W（在透鏡損失之後），成功分離約3 mm之厚玻璃。其間一方面移除環狀遮罩20a，且另一方面修正透鏡20b至基板之距離（在額定焦距方向提高），使得在基板中產生一較長之焦散線。

【0093】 以下將說明用於分離硬化玻璃之另一實施例。

【0094】 含鈉之玻璃被硬化，其方式為經由浸入流體鈉鹽浴在玻璃表

面鈉與鉀交換。此導致在表面上一5-50 μm 厚之層內一顯著之內應力（壓應力），此又導致較高之穩定性。

【0095】 在分離硬化玻璃時程序參數基本類似分離相同尺寸及成分之非硬化玻璃時之參數。然而硬化玻璃由於內應力極易破裂，且係由於不良之裂紋生長，該生長並不沿雷射切割之應有破裂面5，而係向材料內發生。因而能成功分離一特定之硬化玻璃之參數場範圍較窄。特別係必須相當準確遵守平均功率及所屬之切割速度，且與硬化層之厚度有關。對一具有40 μm 厚度硬化層及0.7 mm整體厚度之玻璃，在上述構造下產生例如下列參數：在100 kHz脈衝順序頻率時切割速度1 m/s，因而點距離10 μm ，平均功率14 W。此外特別對如此之玻璃，在防止留存基板2上不良之裂紋及破壞上，步驟順序（a）至（c）（以包括（d）為佳）具有決定性。

【0096】 極薄之硬化玻璃（<100 μm ）主要由預力材料，亦即正面及背面例如各39 μm 貧鈉並因而硬化，且僅40 μm 在內部為非硬化。當此材料一表面受損，其極易破裂且完全破裂。如此硬化之玻璃薄片在當前技術中到目前為止無法加工，然而能夠以本發明之方法加工。

【0097】 此種材料根據本發明之方法分離成功，其方式為，當a)焦散線直徑極小，例如小於1 μm ，b)由點至點距離小，例如介於1及2 μm ，及c)分離速度足夠高，使得裂紋增生無法快過雷射程序（高雷射脈衝重複頻率例如在0.2至0.5 m/s時200 kHz）。

【0098】 第4圖顯示一根據本發明步驟（a）加工之玻璃板之表面顯微鏡圖像。個別焦散線及沿輪廓線5引發之吸收帶3c之擴張段落，此處以元件符號5-1、5-2、…標示（在基板深處垂直於所示之表面），沿線5連接，雷射

光束沿此線被導引通過基板表面4v，經由裂紋生成成爲一分離面，用以分離基板部份，該分離由本發明其餘步驟實施。可良好看出多個個別擴張之引發之吸收帶5-1、5-2、…之段落，而在所示之例中雷射之脈衝重複頻率針對將移動雷射光經由表面4v移動之進給速度調適，使得直接相鄰之段落5-1、5-2、…之平均距離a與雷射光焦散線平均直徑 δ 之關係 a/δ 約爲2.0。

【0099】 第5a圖至第5d圖以範例方式顯示本發明加工一0.7 mm厚之玻璃基板2之基板平面上視圖。

【0100】 如第5a圖所示，在輪廓定義步驟（a）一波長 λ 爲1064 μm 之Nd：YAG雷射（雷射12在此處未繪出）之雷射光3垂直照射基板平面，且沿代表需創造之輪廓1之輪廓線5被導引。需創造之輪廓1此處爲一圓形內輪廓，其需由基板2被取出。加工目的因而係在基板2中製造一準確之圓形孔。圓形內輪廓1及其基板材料可在行走步驟（a）至（d）被毀壞，這是由於其餘留存之基板段2才是所期望之製造成品。

【0101】 如第5a圖所示，經由雷射12之脈衝作業藉由雷射光3沿輪廓線5在基板材料中產生多個個別之內部損傷區5-1、5-2、…（沿一由光束方向觀之、藉由雷射產生之雷射光焦散線之擴張段落引發之吸收帶之段落）。個別內部損傷區係如根據第4圖所作說明產生（此對以下仍有說明之步驟（d）及（b）亦成立）。

【0102】 在整個圓形周緣5皆產生如此之內部損傷區5-1、5-2、…後雖然在基板2中已經產生一對應於需分離取出之內輪廓1之破裂線，然而內輪廓1之材料如前所述仍未完全由其餘留存之基板段2分離。其餘步驟（b）至（d）之作用在於，將內輪廓1之材料完全由基板2分離，避免在其餘留存

之基板材料內有任何損傷（如裂紋、剝落等）。

【0103】 爲達此目的，首先在一接續步驟（a）之應力紓解步驟（d）中，參考第5b圖（在其中在第5a圖中業已說明之特徵以相同元件符號代表；此對以下之第5c圖及第5d圖亦成立），在輪廓線5內部同心且與之保持距離，亦即在內輪廓1之材料中開設一紓解線段11，其逼近輪廓線5之走勢（此處與之保持一定距離）。此處同樣爲圓形之紓解線段11之開設係藉由雷射12並使用對輪廓線5相同雷射參數，使得沿段落11之全部圓形周緣在基板材料中創造多個個別之內部損傷區11-1、11-2、…。此區之開設亦如同根據第4圖之說明。

【0104】 步驟（d）之作用在於消除應力，否則在輪廓線開設時之潛在應力在基板材料中可在小輪廓半徑及強烈預力之玻璃上導致整個基板破裂。此可由步驟（d）防止額外切割，但卻非必要。此步驟可以一螺旋作爲形狀，但亦可實施爲逼近輪廓線之「圓中之圓」。此步驟之目的在於，使紓解線段11對目標輪廓之距離最小化，俾便盡可能保留最少材料，並因而產生或促成一自我解除。紓解線段11對輪廓5之最大逼近之範例值此處爲約20 μm 至50 μm 。

【0105】 第5c圖顯示在應力紓解步驟（d）後在本發明中執行之裂紋定義步驟（b）。在此步驟雷射12之雷射光3同樣如在步驟（a）及（d）被導引通過基板表面及內輪廓表面，使得此處亦沿在內輪廓1中開設之結構6開設多個個別之內部損傷區6-1、6-2、…，如在第4圖中所示。

【0106】 如第5c圖所示爲此產生多根平直之、在一位置接觸輪廓線5之、由輪廓線5以一此處爲 25° 之角度 α 離開且進入需分離之輪廓1中之裂紋線

段6a、6b，…。其間在輪廓線5上一相同位置各準確開始二裂紋線段（例如裂紋線段6a與6b），且以角度 α 在互相對立之方向延伸，進入內輪廓1，直至其切割先前開設之抒解線段11。此處角度 α 係輪廓線5在兩裂紋線段（例如線段6a及6b或亦線段6c與6d）開始出發朝基本對立方向進入內輪廓1材料之位置上之切線與在此位置上各裂紋線段之切線（及裂紋線段本身，這是由於此裂紋線段與其切線重合）間之角度。

【0107】 以前述方式及作法沿輪廓5全部周緣產生多個由裂紋線段構成之V形裂紋線6V，該裂紋線段各兩兩精準在輪廓5上由同一位置開始，並由輪廓線5被導引通過位於輪廓線與抒解線段11之間之內輪廓1之表面段落，切割抒解線段11且進入在抒解線段11內部之內輪廓線1區域。同一V形裂紋線6V之二支臂沿在輪廓線5上尖點位置之切線，由各裂紋線觀之對稱於該切線之法線，亦即由法線兩側進入內輪廓1。大約例如 $\alpha=10^\circ$ 之小角度 α 或較大角度例如 $\alpha=35^\circ$ 根據線5及11之周緣以及此二線相互間之距離，皆屬可能。

【0108】 裂紋線段6a、6b，…並非一定必需，即使偏好如此，直接設在輪廓線5之一位置上，而是亦可對輪廓線5有少許距離，開始於內輪廓材料1中之一位置，且超過抒解線段11進入位於抒解線段內部之材料段落（則角度 α 計算成介於各裂紋線段之假想延伸切線一方面與輪廓線5及另一方面與在輪廓線5上之切線間之角度）。

【0109】 以前述方式及作法以沿圓形線5、11之周緣產生五至十對V形裂紋線為佳。

【0110】 裂紋線6V及其本身之裂紋線段6a、6b，…之偏好位置與方

向在於，使得在材料移除之雷射步驟(c)及 / 或其後之脫落行為獲得改善。在材料移除之雷射步驟(c)之後留存之材料環有目的的層段化，使得圓環之各別層段容易脫落。在V形切割處嘗試構建一朝向內之應力，使部分層段在材料移除之雷射步驟(c)之後盡可能被自身壓向內。然而此V形切割並非必需，本發明無此亦可運作。

【0111】 因而基本者是，以V形裂紋線刻入兩結構5及11間之圓環段之材料之環狀材料段(此處：在兩支臂間近似三角形之段落屬同一V形裂紋線)可個別向內輪廓1之中央移動(當其藉由區6-1、6-2，…業已完全脫落)，而不與鄰近之環狀材料段牽連。

【0112】 第5d圖顯示最後在裂紋定義步驟(b)結束後執行之材料移除步驟(c)。(在第5d圖中基於宏觀可視性僅標出三個在步驟(b)中開設之V形裂紋線。)

【0113】 在步驟(c)中由一此處未圖示之雷射14發出之材料移除之雷射光7照射在基板表面上。與在第4圖所說明之在步驟(a)、(b)、(d)中開設多個內部損傷區相較，材料移除之雷射光7之參數與雷射光3不同處如下：使用一點狀聚焦及一點狀損傷及伴隨之材料移除。波長：介於300 nm與11000 nm；特別適合532 nm或10600 nm。脈衝持續時間：10 ps，20 ns或亦3000 μ s。

【0114】 如第5d圖所示，以雷射光7在抒解線段11內部刻入內輪廓1之材料一此處同樣為圓形且沿輪廓圓5及抒解線圓11(此處僅以截出方式顯示)全部周緣延伸之移除線9。在徑向(向內輪廓1中央方向觀之)移除線9距抒解線11之距離在此處約為抒解線11距外側輪廓線5距離之25%。因而移

除線9距輪廓線5之距離8為抒解線11距外側輪廓線5距離之1.25倍。移除線9之開設情形為，其仍切割裂紋線段6a、6b，…（由內輪廓1之中心觀之）位於內部之端部。

【0115】 在沿輪廓線5及抒解線11全部周緣開設移除線後，在移除線9內部位於內輪廓1中央之材料段由基板2解脫，這是由於沿移除線9在全部基板厚度10上移除基板材料（見第9圖）。因而需分離之內輪廓材料1僅移除線9與輪廓線5之間之環狀段留存。

【0116】 在一方面移除線9邊緣及另一方面輪廓線5邊緣在各一對V形裂紋線（見元件符號1'）兩支臂之間產生近似三角形之環狀段落，其雖仍與相鄰環狀段落之材料（此處作為仍需分離之輪廓殘餘以元件符號1r代表）連接，然而無需開設必要時對留存基板2材料損傷之向內應力即可脫落。

【0117】 在一此處未圖示之（在步驟（a）至（d）之後執行之）後續處理步驟中留存之、不期望之輪廓殘餘1r（其亦包含應力抒解段落1'）藉由一垂直於基板平面可運動之機械衝頭由留存之基板2分離。

【0118】 第6圖顯示另一方式，在第5a圖之需分離之內輪廓1之基板材料內開設一抒解線段11。不採用一簡單環繞之、圓形之抒解線段11，亦可將一近似輪廓線5走勢之、由內輪廓1中央徑向向外觀之先後纏繞導引之、此處約3.5次環繞之抒解螺旋11S刻入需分離之內輪廓2材料。

【0119】 如第7圖所示，本發明不僅可用於由基板2分離封閉之內輪廓1，亦可用於分離複雜形狀之外輪廓1，其形狀（比較例如第7圖中輪廓線5之鳩尾形段落）設計成，外輪廓1由基板2以當前技術中之習知方法以在留存之基板材料2中開設應力裂紋實現。此處在輪廓線5一方面及在移除線9另

一方面之間之V形裂紋線6V-1、6V-2、…之二對立支臂之角度 α 在此處為 10° 。在第7圖中其他相同元件符號皆如在第5a圖至第5d圖中代表相同及對應特徵。垂直於基板平面之基板厚度以元件符號10代表。面向照射之雷射光3、7之基板表面以元件符號4v（基板前側）代表，對立側基板表面（基板後側）以元件符號4r代表。

【0120】 如第7圖所示，開設一逼近輪廓線5走勢之抒解線段落11並非絕對必要。

【0121】 本發明特別是亦可用於分離具有後切之輪廓。

【0122】 第8圖顯示多種不同之可行方案，如何沿輪廓線5之走勢實現不同之、各基本上由輪廓線5開始之且導入需分離之輪廓1材料之裂紋線段落6a、6b，…：第8a圖顯示V形標準裂紋線（請亦參考第5c圖）。第8b圖顯示沿輪廓線走勢5之V形多重裂紋線，其中各相鄰V形裂紋線切割在接近之支臂上。第8c圖顯示經由開設一V形裂紋線之各僅一支臂之開放裂紋線。

【0123】 第9圖顯示如何以一額外之沈積材料18（此處：聚甲醛，Polyoxymethylen）將開設移除線9後由基板2及輪廓殘留1r完全分離之、位於內部之一需分離之內輪廓1之材料段落（必要時亦連同仍牽連在基板2上之輪廓殘留1r）推出。在第9圖中相同元件符號仍代表（及亦在第10圖中）業已在此元件符號下說明之本發明之特徵。

【0124】 如第9圖所示，與雷射光3相比材料移除雷射光7之高照射功率經由一（第二，見第10圖）光束導引之光學單元21耦合在基板2上。基板2在一夾緊裝置16（例如所謂之夾盤）中被承載，使得在需分離之內輪廓1下方之一區域在基板背側4r上形成一氣密之空室17。（「上方」在此處係指面

向入射雷射光之基板前側4v。) 在此空室17中事先置入沈積材料18，此材料在所示之材料移除步驟 (c) 開始時由於雷射光7藉由光學單元21聚焦穿過基板2進入空室17而蒸發 (第9a圖)。經由雷射光造成之蒸發，蒸發後之沈積材料附著在位於空室17中之基板背側4r之段落，且在至少一對應於需分離之內輪廓1之基板背側4r之面積上構成 (第9b圖) 一耦合層18'，該耦合層改善雷射光7在基板材料內之耦合。材料18之蒸發並附著在背側之表面4r上執行…秒。這是由於基板2之材料對雷射光 λ 透明，然而層18'之材料對 λ 不透明，因而改善光束7在基板材料內之耦合。

【0125】 接著雷射光7穿過光學單元21及穿過基板至後側之表面4r聚焦15 (參照第9b圖)。對應於代表移除線9之幾何，雷射光7之焦點15經由光束7沿線9之多重環繞漸次由基板背側4r離開被導向基板前側4v，俾便由全部基板厚度10觀之將基板材料沿移除線9漸次移除及經由帶入之高雷射能量蒸發。在沿移除線9之輪廓來回環繞多次 (例如15次) 後，焦點15逐漸由背側4r漂移向前側4v，最後位於移除線9內部 (此處為簡化圖示僅簡單在空室17中間標出) 之內輪廓1之材料脫落，且被在空室17中充滿之蒸汽壓向上推出。在空室17中足夠高之蒸汽壓下亦可經由此支持無用之輪廓殘餘1r (參照第5d圖) 之分離。

【0126】 第10圖簡繪出一本發明之裝置，用於執行本發明之方法，其具有一在一共同雷射頭中構成之光束產生- 及光束成形組合19。單元19包含二雷射12 (以較小雷射強度產生個別內部損傷區之雷射光3) 及14 (用以產生較高強度之材料移除雷射光7) 以及二光束導引之光學單元20與21，其各具有一設於一F-Theta-物鏡之後之檢流計掃描器，用於光束折射 (此類光學

單元之構造對專業人士係屬習知)。雷射12之雷射光3因而經由單元20之F-Theta-物鏡及檢流計掃描器聚焦於基板2之表面上，藉由檢流計掃描器之適當折射產生輪廓線5。雷射14之雷射光7對應經由單元21之F-Theta-物鏡及檢流計掃描器聚焦於基板2之表面上，經由單元21之檢流計掃描器產生移除線9。

【0127】 另外之作法亦可使用固定透鏡，而不使用移動透鏡（則基板移動）。

【0128】 一集中，此處係以一個人電腦 22之形式，具有適當存儲器、程式等，構成之控制單元，通過一雙向之數據與控制導線23由單元19控制光束產生、光束聚焦及光束折射。

【0129】 用於產生二不同雷射光3及7之光束導引鏡片20及21之不同處如下：雷射光7相較於光束3例如被一修正之F-Theta-物鏡導引於表面上，此導致形成一點狀聚焦。光束7透鏡之焦距明顯大於光束3透鏡之焦距，例如120 mm對比40 mm。

【符號說明】

【0130】

- 1 輪廓
- 1' 應力抒解段
- 1r 輪廓殘餘
- 2 基板
- 3、7 雷射光

3a 雷射光束

3aR 邊緣光

3aZ 靠近中央光之光束

3b 雷射光焦散線

3c 段落

4r 基板背側

4v 基板前側

5 輪廓線

5-1、5-2、... 區

6a、6b、... 裂紋線段

6V 段落

6V-1、6V-2、... V形裂紋線

6-1、6-2、... 區

8 距離

9 移除線

10 基板厚度

11 抒解線段

11-1、11-2、... 區

12 第一雷射

14 第二雷射

- 15 焦點
- 16 夾緊裝置
- 17 空室
- 18 沈積材料
- 18' 耦合層
- 19 光束產生及光束成形組合
- 20 第一光學單元
- 20a 環狀遮罩
- 20b 透鏡
- 20c 旋轉三稜鏡
- 20d 聚焦透鏡
- 21 第二光學單元
- 22 個人電腦 (PC)
- 23 數據與控制導線
 - a 輪廓定義步驟
 - b 裂紋定義步驟
 - c 材料變形步驟
 - d 應力抒解步驟
- z1、z2 距離
- SR 環狀轉換

α 角度

β 熱擴散常數

δ 點直徑

λ 波長

τ 脈衝持續時間

I672187

發明摘要

【發明名稱】以雷射由平面基板切割出輪廓之裝置及方法

Device and method for cutting out contours from planar substrates by means of laser

【中文】

本發明係關於一種在一平面基板上產生一輪廓及將輪廓由基板分離之方法，特別係在一平面基板上產生一內輪廓及將內輪廓由基板分離取出之方法，其中在一輪廓定義步驟藉由一被導引在一基板上之雷射光沿一代表需產生之輪廓之輪廓線在基板材料中產生多個個別之內部損傷區，在一裂紋定義步驟藉由一被導引在基板上之雷射光沿多個由輪廓線觀之以一角度 $\alpha > 0^\circ$ 離開並進入需分離之輪廓內之裂紋線段落在基板材料內產生多個個別之內部損傷區，且在輪廓定義步驟及裂紋定義步驟後執行材料移除步驟，藉由一被導引在基板上、材料移除之雷射光沿一追隨輪廓線但與之保持距離以及在需分離之輪廓內延伸之、此外以切割裂紋線段落為佳之移除線將基板材料由整個基板厚度移除。

【英文】

The present invention relates to a method for producing a contour in a planar substrate and for separating the contour from the substrate, in particular for producing an internal contour in a planar substrate and for removing the internal

contour from the substrate, wherein, in a contour definition step by means of a laser beam guided over the substrate along a contour line characterising the contour to be produced, a large number of individual zones of internal damage is produced in the substrate material, in a crack definition step by means of a laser beam guided over the substrate along a plurality of crack line portions, which, viewed from the contour line, leads away at an angle $\alpha > 0^\circ$, and into the contour to be separated, respectively a large number of individual zones, ...) of internal damage is produced in the substrate material and, in a material removal step implemented after the contour definition step and after the crack definition step by means of a material-removing laser beam guided over the substrate along a material removal line which extends along the contour line but at a spacing from the latter and also in the contour to be separated, furthermore which preferably cuts the crack line portions, the substrate material is removed over the entire substrate thickness.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 5c ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1 輪廓

2 基板

3 雷射光

5 輪廓線

5-1、5-2、... 區

6a、6b、... 裂紋線段

6V 段落

6-1、6-2、... 區

11 抒解線段

11-1、11-2、... 區

12 第一雷射

α 角度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

- 1.一種用於在一平面基板內產生一輪廓及將該輪廓由該平面基板分離之方法，特別係一種用於在一平面基板（2）內產生一內輪廓（1）及將該內輪廓（1）由該平面基板（2）分離取出之方法，其中

在一輪廓定義步驟（a）中藉由一被導引在該平面基板（2）上之雷射光（3）沿一代表需產生該內輪廓（1）之輪廓線（5）在基板材料中產生多個個別之內部損傷區（5-1、5-2），

在一輪廓定義步驟（a）之後執行之材料移除步驟或材料變形步驟（c）中藉由一被導引在該平面基板（2）上或照射在該平面基板（2）上之雷射光經材料移除或經塑性變形使基板材料由該平面基板（2）脫落，或使基板材料由該平面基板（2）解除，

及

在一在材料移除步驟或材料變形步驟（c）之前且進一步亦以在輪廓定義步驟（a）之後執行之裂紋定義步驟（b）中，藉由一被導引在該平面基板（2）上之雷射光（3），沿多個在該輪廓線（5）上之一位置開始及由該輪廓線（5）觀之，以一角度 $\alpha > 0^\circ$ 自該輪廓線（5）離開並進入需分離之該內輪廓（1）內之裂紋線段（6a、6b），在基板材料內產生多個個別之內部損傷區（6-1、6-2），而移除線（9）切割裂紋線段（6a、6b）。

- 2.根據申請專利範圍第1項所述之方法，

其中

該在輪廓定義步驟（a）之後執行之材料移除步驟或材料變形步驟（c）中一材料移除步驟係指或包含，在其中藉由一被導引在該平面基板（2）

上之材料移除之雷射光(7)沿一追隨之該輪廓線(5)，但與之保持距離(8)以及在需分離之該內輪廓(1)內延伸之移除線(9)將基板材料由整個基板厚度(10)移除，

該材料移除步驟係經由使用氣體噴嘴以處理氣體輔助。

3.根據申請專利範圍第2項所述之方法，

其中

該在輪廓定義步驟(a)之後執行之材料移除步驟或材料變形步驟(c)中一材料移除步驟係指或包含，在其中藉由一被導引在需分離之該內輪廓(1)上、或照射在需分離之該內輪廓(1)上之產生一基板材料塑性變形之雷射光，尤指一CO₂雷射光，對需分離之該內輪廓(1)之基板材料施以熱變形，使其由該平面基板(2)脫落，或由該平面基板(2)解除，該材料變形步驟係經由使用氣體噴嘴以處理氣體輔助。

4.根據申請專利範圍第3項所述之方法，

其中

在一在材料移除步驟或材料變形步驟(c)之前且以在輪廓定義步驟(a)及裂紋定義步驟(b)之間執行之應力抒解步驟(d)中，藉由一被導引在該平面基板(2)上之雷射光(3)沿至少一個在需分離之該內輪廓(1)中延伸且逼近該輪廓線(5)走勢之抒解線段(11)在基板材料內產生多個個別之內部損傷區(11-1、11-2)。

5.根據申請專利範圍第4項所述之方法，

其中

在一在材料移除步驟或材料變形步驟(c)之後執行之用以將該內輪廓(1)

完全由該平面基板（2）分離之後續處理步驟中，

任何仍與該平面基板（2）連接之該內輪廓（1）殘餘（1r）經由此輪廓殘餘（1r）或該平面基板（2）之熱處理，特別是在該輪廓線（5）上以至少段落方式導引一CO₂雷射光經由局部非均質加熱，將裂紋線段（6a、6b）或抒解線段（11）由該平面基板（2）分離，

或

如此之輪廓殘餘（1r）經由輪廓殘餘（1r）或該平面基板（2）之超音波處理由該平面基板（2）分離，

或

如此之輪廓殘餘（1r）經由在輪廓殘餘（1r）上施加機械力，以藉由一垂直於基板平面可移動之衝頭，由該平面基板（2）分離。

6.根據申請專利範圍第5項所述之方法，

其中

產生內部損傷區（5-1、5-2、6-1、6-2、11-1、11-2），而無基板材料之剝離及融解。

7.根據申請專利範圍第6項所述之方法，

其中

至少內部損傷區（5-1、5-2、6-1、6-2、11-1、11-2）個別經由雷射光（3）之點狀聚焦在基板材料內部在各區之位置上產生，以經由多重點狀聚焦在不同基板深度在各區位置上產生，

或

至少內部損傷區（5-1、5-2、6-1、6-2、11-1、11-2）個別產生，其方式

為在基板材料中沿一由雷射光（3）照射方向觀之一雷射光焦散線（3b）之擴張段落（3c）產生一引發之吸收帶，經由此沿擴張段落（3c）在基板材料中實施一引發之裂紋生成。

8. 根據申請專利範圍第7項所述之方法，

其中

在裂紋定義步驟（b）中產生一V形裂紋線（6V），其方式為沿二由該輪廓線（5）上同一位置以相同角度 $\alpha > 0^\circ$ 由該輪廓線（5）離開，然而在該輪廓線（5）縱向觀之相反方向進入需分離之該內輪廓（1）之裂紋線段（6a、6b）在基板材料中各產生多個個別之內部損傷區（6-1、6-2），而以沿該輪廓線（5）觀之產生互相保持距離之多個此類V形裂紋線（6V-1、6V-2），特別是在需分離取出之該內輪廓（1）之封閉之該輪廓線（5）之整個長度上產生，

或

角度 α 係介於 20° 與 40° 之間。

9. 根據申請專利範圍第4項所述之方法，

其中

在應力抒解步驟（d）中產生一抒解螺旋（11S），其方式為沿由需分離取出之該內輪廓（1）中央向此內輪廓（1）外緣方向觀之以螺旋形逼近需分離取出之該內輪廓（1）之封閉之該輪廓線（5）之抒解線段（11）產生多個個別之內部損傷區（11-1、11-2）。

10. 根據申請專利範圍第9項所述之方法，

其中

在輪廓定義步驟(a)、在裂紋定義步驟(b)或在應力抒解步驟(d)中，相同光特性之雷射光(3)被導引在該平面基板(2)上或此雷射光(3)經由一及同一雷射(12)產生，且藉由一及同一雷射成形透鏡(20)照射在該平面基板(2)上，

或

一產生此雷射光(3)至少之一之雷射(12)之波長 λ 選擇成，使該基板材料對此波長透明或基本透明，而所謂基本透明係指，沿照射方向發生之雷射光強度衰退在基板材料中每毫米穿入深度為10%或更少，例如對一在可見波長範圍內透明之玻璃元件或結晶元件作為該平面基板(2)，使用一波長 $\lambda 1064\text{ nm}$ 之Nd:YAG雷射(12)或一波長 $\lambda 1030\text{ nm}$ 之Y:YAG雷射(12)產生至少此雷射光(3)之一，

或

至少此雷射光(3)之一之平均直徑 δ 在到達該平面基板(2)照射平面時，亦即點直徑 δ ，在 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 及 $5\text{ }\mu\text{m}$ 之間，

或

一產生至少此雷射光(3)之一之雷射(12)之脈衝持續時間 τ 選擇成，使在與基板材料交互作用時間內在基板材料內之熱擴散可忽略，以無熱擴散進行，為此目的基板材料之 τ 、 δ 及熱擴散常數 β 調整成遵守 $\tau \ll \delta^2/\beta$ 或選擇 τ 小於 10 ns ，

或

一產生至少此雷射光(3)之一之雷射(12)之脈衝重複頻率在 10 kHz 與 1000 kHz 之間，

或

一產生至少此雷射光(3)之一之雷射(12)作為單脈衝雷射或突波脈衝雷射操作，

或

平均雷射功率，直接在一產生至少此雷射光(3)之一之雷射(12)之光出口側量測，係介於10瓦及100瓦之間。

11. 根據申請專利範圍第10項所述之方法，

其中

在材料移除步驟，例如對一在可見波長範圍內透明之玻璃元件或結晶元件作為該平面基板(2)，使用一波長 $\lambda 1064\text{ nm}$ 之Nd：YAG雷射(14)或一波長 $\lambda 1030\text{ nm}$ 之Y：YAG雷射(14)產生材料移除之雷射光(7)，

或

材料移除之雷射光(7)之平均直徑在到達該平面基板(2)之照射平面時，亦即其點直徑，在 $5\text{ }\mu\text{m}$ 及 $200\text{ }\mu\text{m}$ 之間，

或

產生材料移除之雷射光(7)之雷射(14)之脈衝重複頻率在 0.1 kHz 與 200 kHz 之間，

或

產生材料移除之雷射光(7)之雷射(14)作為單脈衝雷射或突波脈衝雷射操作，

或

平均雷射功率，直接在產生材料移除之雷射光(7)之雷射(14)之光出

口側量測，係介於10瓦及200瓦之間。

12. 根據申請專利範圍第11項所述之方法，

其中

材料移除步驟執行如下：

材料移除之雷射光(7)之波長選擇成，使基板材料對此透明或基本透明，
材料移除之雷射光(7)穿透該平面基板(2)聚焦於位於遠離入射側基板表面(基板前側4v)之基板背側(4r)上之焦點(15)且

材料移除之雷射光(7)在焦點(15)多次沿移除線(9)之漸次滑移中
由基板背側(4r)移向基板前側(4v)，俾便在整個基板厚度(10)上移除基板材料。

13. 根據申請專利範圍第12項所述之方法，

其中

在材料移除步驟開始前執行以下：

首先該平面基板(2)藉由一承載器(16)承載，使得在需分離之該內輪廓(1)區介於基板背側(4r)與承載器(16)之間形成一氣密空室(17)，
且

接著一沈積材料(18)，其在該平面基板(2)被承載前完成定位，使得在該平面基板(2)被承載後其位於空室(17)中，該沈積材料(18)被蒸發，其方式為一雷射光(3, 7)聚焦於空室(17)中且進一步亦聚焦於該沈積材料(18)。

14. 根據申請專利範圍第13項所述之方法，

其中

該內輪廓（1）產生在一作為該平面基板（2）之平面玻璃元件中，特別係在一硬化玻璃或非硬化玻璃之板中，或在一平面結晶元件中，並由該基板分離。

- 15.一種用於在一平面基板中產生一輪廓及將該輪廓由該平面基板分離之裝置，特別是用於在一平面基板（2）中產生一內輪廓（1）及將該內輪廓（1）由該平面基板（2）分離取出，具有一光產生及光成形組合（19），該組合構建目的在於在一輪廓定義步驟（a）中藉由一被導引在該平面基板（2）上之雷射光（3）沿一代表需產生之該內輪廓（1）之輪廓線（5）在基板材料中產生多個個別之內部損傷區（5-1、5-2），且在一輪廓定義步驟（a）之後執行之材料移除步驟或材料變形步驟（c）中藉由一被導引在該平面基板（2）上或照射在該平面基板（2）上之雷射光經由材料移除或經由塑性變形由該平面基板（2）解脫出基板材料或由該平面基板（2）將基板材料解除，而裝置係設計成用以執行根據前述申請專利範圍第2項至第14項中任一項之方法。

- 16.根據申請專利範圍第15項所述之裝置，

其中

該光產生及光成形組合（19）包括：

一第一雷射（12），產生在輪廓定義步驟（a）、在裂紋定義步驟（b）或在應力抒解步驟（d）中將被導引之雷射光（3），

一第二雷射（14），產生在材料移除步驟或在材料變形步驟（c）中將被

導引或照射之雷射光，特別是產生在材料移除步驟中將被導引之材料移除之雷射光（7），

一第一光導引之光學單元（20），以之在輪廓定義步驟（a）中、在裂紋定義步驟（b）中或在應力抒解步驟（d）中該以第一雷射（12）產生之雷射光（3）可被導引在該平面基板（2）上，且

一第二光導引之光學單元（21），以之在材料移除步驟 或在材料變形步驟（c）中該以第二雷射（14）產生之雷射光，特別是材料移除之雷射光（7），可被導引在該平面基板（2）上，或可照射在該平面基板（2）上。

17.根據申請專利範圍第15項所述之裝置，其係配置成用以執行根據申請專利範圍第2項之方法，

其中

該光產生及光成形組合（19）包括：

一雷射，一方面產生在輪廓定義步驟（a）、在裂紋定義步驟（b）或在應力抒解步驟（d）中將被導引之雷射光（3），及另一方面亦產生在材料移除步驟中將被導引之材料移除之雷射光（7），

一第一光導引之光學單元（20），以之在輪廓定義步驟（a）中、在裂紋定義步驟（b）中或在應力抒解步驟（d）中該以此雷射產生之雷射光（3）可被導引在該平面基板（2）上，且

一第二光導引之光學單元（21），以之在材料移除步驟中該以此雷射產生之材料移除之雷射光（7）可被導引在該平面基板（2）上。