



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102271860 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 200980153523.7

(22)申请日 2009.12.15

(30)优先权数据

12/336,609 2008.12.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2011.06.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/067988 2009.12.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02010/077845 EN 2010.07.08

(73)专利权人 伊雷克托科学工业股份有限公司

地址 美国俄勒冈州

(72)发明人 类维生 格兰·西门森 松本久

李光宇 杰弗瑞·豪尔顿

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 许静 姜精斌

(51)Int.Cl.

B23K 26/402(2014.01)

B28D 1/22(2006.01)

C03B 33/02(2006.01)

C03B 33/04(2006.01)

(56)对比文件

US 5043553 A,1991.08.27,

US 6795274 B1,2004.09.21,

CN 1657220 A,2005.08.24,

US 2008047933 A1,2008.02.28,

审查员 刘龙

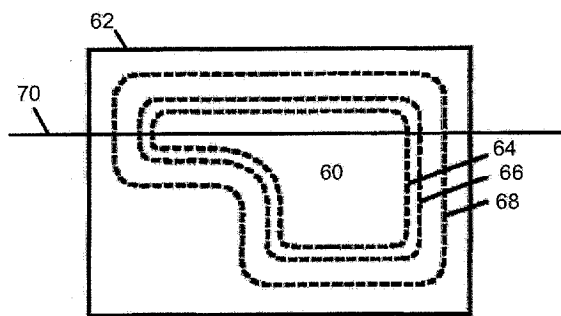
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

用于激光加工具有倒角边缘的玻璃的方法

(57)摘要

本发明描述一种激光加工方法,以用于激光(72)加工玻璃或类玻璃材料(62)。本方法在单一生产动作下加工出具有倒角边缘(96)的物体(60)或者物体(60)中的特征(90)。对于玻璃以及类玻璃材料(62)而言,具有倒角的边缘(96)是有其必要的,因为其耐碎而不易断裂且去除尖锐的边缘。在单一生产动作下产生物体(60)或者物体中的特征(90)是有其必要的,因为其排除在激光(72)加工之后将物体转移至另一机器以进行去角化(96)的需要,故能节省时间和费用。或者,其可以允许使用较不昂贵的设备,因为用来加工的另一激光(72)可以用来形成倒角(96),而无须在另一独立的流程中进行去角化(96)。



1. 一种在工件中激光加工倒角的方法,该方法包含:

提供一工件,该工件包含主体材料且具有顶部表面及底部表面;

提供一激光加工系统,该激光加工系统包含发射一激光束的一激光,该激光束具有波长,其中该激光加工系统同样包含操作上将该激光束聚焦到聚焦点的光学模块;

决定用于产生该聚焦点的激光参数,在该顶部表面或该底部表面内适当地形成一倒角,其中该主体材料对该激光束的该波长实质透明,及具有一能量密度剥蚀门坎值,其中该激光束除了于该聚焦点处之外具有低于该主体材料的该能量密度剥蚀门坎值的一激光束能量密度,且其中该激光参数及该光学模块共同运作以于该聚焦点处提供经聚焦能量密度,该经聚焦能量密度高于该主体材料的该能量密度剥蚀门坎值;

将该激光束引导至该工件的该顶部表面上;以及

沿着彼此相邻的复数路径以相对于该工件来移动该激光束,其中该光学模块聚焦该激光束以产生该聚焦点在该顶部表面及该底部表面的至少一个内,而适当地形成该倒角,致使该聚焦点足以自该顶部表面及该底部表面中的一个移除该主体材料,以在该顶部表面或该底部表面中形成一切口,且其中该聚焦点经变化成在该主体材料内相对于该顶部表面或该底部表面为更深地,使得该聚焦点提供足以移除该主体材料的该经聚焦能量密度,以沿着该复数路径中的不同路径将该切口更深地延伸到该主体材料中而形成该倒角,且其中该倒角具有倒角初始与倒角结束,其中该切口从该倒角初始延伸到该倒角结束,使得该切口以介于实质平行该底部表面和实质垂直该底部表面之间的切口角度从该顶部表面或该底部表面延伸,以与该倒角的期望倒角角度相称,且其中该顶部表面或该底部表面各自延伸超过该切口的该倒角结束。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,形成该倒角进一步包括引导该激光束穿过该顶部表面进入该工件,使得该点比起该顶部表面位在较靠近该底部表面。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在该激光束沿着该复数路径的每一次移动期间,该切口具有的切口底部随着深度增加,且其中该聚焦点离该切口底部具有一距离,该距离被设定为当该切口底部随着深度增加时而固定不变。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该光学模块与移动控制构件共同运作,以使得该激光束与该工件相交时实质垂直于该工件的该顶部表面或该底部表面。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该光学模块与移动控制构件共同运作,以使得该激光束相对于该工件的该顶部表面以介于实质平行及实质垂直间的复数角度与该工件相交,且实质垂直于该路径,从而形成一纯粹斜面式的倒角。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该光学模块与移动控制构件共同运作,以使得该激光束相对于该工件的该顶部表面以介于实质平行及实质垂直间的复数角度与该工件相交,且实质垂直于该路径,从而形成一曲面式倒角。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,引导该激光束包括引导该激光束以对该工件的该顶部表面介于实质平行与实质垂直之间的一第一角度与该工件的该顶部表面相交,且在沿着该复数路径的一个路径的第一遍期间实质垂直于该复数路径的前述一个路径,其中引导该激光束包括引导该激光束以对该工件的该顶部表面介于实质平行与实质垂直之间的一第二角度与该工件的该顶部表面相交,且在沿着该复数路径的一个路径的第二遍期间实质垂直于该复数路径的前述一个路径,以及其中该第一角度和该第二角度是不同的。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该激光束在个别次中引导至该复数路径。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该光学模块与移动控制构件共同运作,以控制该激光束与该表面相交的角度,该角度对该表面系介于实质平行与实质垂直之间,且实质垂直于该路径,当该激光束沿着该路径游移时,透过该激光束以一点为枢轴而改变该角度,藉以自该表面之一移除该材料并形成一倒角。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,该倒角形成在该底部表面 中。

用于激光加工具有倒角边缘的玻璃的方法

技术领域

[0001] 本发明主要技术内容的领域是有关于对玻璃或者类似玻璃物体的激光加工。特别是关于激光加工出一物体,而该物体连接其顶部表面或底部表面的一边缘上或者是激光加诸该物体的一特征(feature)上具有一倒角(chamfer)。更特别是关于在单一生产动作下以激光加工出具有倒角的玻璃或者类似玻璃的物体。

背景技术

[0002] 对于在玻璃或者是诸如蓝宝石、陶瓷或玻璃陶瓷之类似玻璃的物体上以激光加工出倒角的特征是有其必要的,因为在边缘加入倒角使得该边缘较为安全,关键在于手持之时比较不会造成割伤或划伤,使其难以碎开或断裂,而实质上使该边缘更加坚固。当需要具有倒角的边缘时,现有的方法并不能在单一生产动作下制做出具有倒角边缘的物体。产生倒角边缘的现有方法包括在单一动作中产生一诸如切穿(through cut)或槽刻(trench)的特征,继而在一或多个后续步骤中产生一倒角。

[0003] 倒角是在一由二个相邻表面形成的边缘上所建立的一斜面。此等表面通常以大约呈直角的角度相连于上述的边缘,但亦可能以其他角度相连。图1显示一不具有倒角的物体10的剖面示意图。此例中,其通过自顶部表面20至底部表面22加工该物体以形成侧边24、26。注意顶部表面20和底部表面22的边缘12、14、16及18与上述的侧边24、26相连。

[0004] 图2显示同一物体10,但倒角32、34被加入顶部表面20与侧边24、26相连的边缘上。顶部表面倒角32、34之外,应注意其亦可以在底部表面22与侧边24、26相连的边缘18、16上产生倒角。除了图2所示的纯粹斜面式倒角之外,有时候需要的是圆形的倒角。图3显示同一物体10,其在顶部表面20与侧边24、26相连处加入圆形的倒角52、54。

[0005] 玻璃切割传统上是以机械式锯开的方式达成,其在玻璃上划线而后继以机械式的切断处理步骤。近年来,激光技术被采用来进行玻璃的切割,基本上其使用激光做为局部的热源,有时辅以冷却性的喷嘴,以沿着激光束通过时描划出的轨迹产生压力及微裂力(microcrack)而切割玻璃。如此造成的压力及微裂力可能本身即足以使玻璃沿着预期的轨迹断裂并分离,或者亦可能需要一后续的断裂步骤以分割该玻璃。仅使用激光而未搭配冷却源的现有技术包括MLBA(Multiple Laser Beam Absorption,多重激光束吸收)切割技术,如美国专利申请案2007/0039932利用无压力组件固定以对由易碎材料制成的组件进行分割加工处理的装置(Device for Separative Machining of Components made Form Brittle Material With Stress-Free Component Mounting)以及2007/0170162用于切穿半导体材料的方法及装置(Method and Device for Cutting Through Semiconductor Materials)中所述,其运用近红外线(IR)激光源配合一对反射镜以将玻璃中沿着分割路径的光子能量总吸收量最大化,致使其产生足够的热压力以分割部件而无须施加额外的力量。然而此技术需要一初始的机械切槽(notch)做为—预裂点(pre-crack)。激光产生的压力将使得该初始裂点扩大而造成分离。切割玻璃或者其他易碎材质的另一方法提出于美国专利案5,609,284分割非金属材料的方法(Method of Splitting Non-Metallic

Materials),其使用一CO₂源以加热玻璃,接着使用一冷却喷剂以产生压力使其沿切割路径开始微裂,而后施用一机械断裂步骤以分离玻璃。此等方法皆未提及在产生的边缘上形成一倒角。

[0006] 对玻璃及类玻璃物体进行激光加工的目的可以是在表面制做出形状,例如制出凹槽以容纳液体,或是制做穿孔以在物体上加入诸如按键的控制对象或做为穿过该物体以传递电气信号、流体或光的通道。美国专利案6,143,382具有细孔的玻璃基板(Glass Substrate Having Fine Holes)描述一种在玻璃中钻出细孔的方法,但此种方法需要在玻璃中掺杂银原子以提升其激光能量的吸收性。另一编号6,756,563的美国专利案用以在包含玻璃的基板中形成孔洞的系统及方法(System and Method for Forming Holes in Substrates Containing Glass),其描述一种在玻璃基板中形成孔洞的方法。该等方法均未提及在已完成的孔洞上形成倒角。美国专利申请案2006/0127640具有细孔的玻璃基板以及用以生产该基板的方法(Glass Substrate With Fine Holes And Method For Producing The Same)详述利用激光在玻璃基板中钻孔,且后续以一强酸的湿蚀刻在孔上形成圆边,但此包含加入一或多个动作,在制造流程中加入额外的作业和设备。此现有技术例示在物体内部的特征上制做倒角的困难度,诸如物体内部加工产生的孔洞或其他开孔等特征。对此等边缘实行去角化通常需要特殊的设备以及治具,并且需要额外的生产步骤。

[0007] 美国专利6,521,862利用激光处理以增进圆盘边缘表面去角质量的设备及方法(Apparatus and Method for Improving Chamfer Quality of Disk Edge Surfaces With Laser Treatment)描述一种通过机械式地研磨倒角而后利用激光将其微弱地融化以在一玻璃圆盘上产生平滑倒角的方法。此法产生平滑的倒角但需要至少二个额外的生产动作以及至少二个独立的机器以达成质量上可接受的倒角。

[0008] 由此可知其需要一种用以在玻璃或类玻璃物体中形成特征的方法及设备,其可以在单一生产动作下在外部及内部激光切削边缘上形成高质量的斜面式或曲面式倒角。

发明内容

[0009] 本发明是一种在单一生产动作下在玻璃或类玻璃材质中形成具有倒角的特征的方法。此处所谓的单一生产动作是指被处理的物体被固定安置于一激光加工机器上,而预定的特征被激光加工入该物体,且在该物体自该机器移除之前,利用形成该预定特征的另一激光加工设备,对一或多个产生的特征边缘进行去角化。虽然以此种方式加入倒角必须在生产作业中多加入一个步骤,但所需的额外时间极少,因为倒角是在物体仍然固定在激光加工机器上时进行的,故其不需要自机器移除该物体、将部件固定于另一不同机器上而后再产生倒角。在单一动作下产生特征和倒角剔除了重新固定物体的需要并剔除了额外机器以进行作业的需要,故而降低了产生一具有倒角边缘的物体所需的时间和费用。在本发明中,其可以改变激光参数以产生不同尺寸和形状的倒角而无需置换设备或治具。此外,通过适当地改变激光参数,其可以在无额外生产动作或者设备下达成表面平滑度及抛亮度的预定水平。

[0010] 本发明的一实施例显示于图4,其包含一自玻璃或类玻璃材料的毛坯(blank)62激光加工出的物体60的由上而下的视图。图中的虚线64、66、68是激光束所遵循的三条代表性路径。激光束在路线64和68之间可以环绕待加工物体60追踪高达N条路径,其中N基本上可

以在1和小于100间变化,改变激光参数可以改变切割的深度并从而制做出倒角。路径的实际数目取决于倒角的预定尺寸和抛亮度。就某些应用而言,其将沿着一或多条路径调整激光参数以使得激光足以完全切穿毛坯62而达成物体60与毛坯62的完全分离。此基本上将需要沿着同一路径进行一次以上,改变聚焦深度以在每次切割均自底部移除物质。在其他应用之中,其可以调整激光路径及参数以在物体中加工出具有倒角的特征,诸如开孔、单向开孔、或者其他形状,其中激光可以完全或不完全穿透物体60。图5显示正自一毛坯62被进行激光加工的物体60的一剖面视图,该剖面是取自图4的直线70的位置。图5显示多个激光束72、74、76,其代表垂直于顶部表面78投射入毛坯62的N条可能路径中的三条。

[0011] 图6a、6b、6c和6d显示激光束在毛坯62中切割的渐进过程。图6a显示激光遵循图4和图5所示路径在第一批一或多个激光切割后于毛坯62中产生的初始倒角90。图6b显示在沿路径施用更多激光切割之后的倒角92。图6c显示完成的倒角94。在图6d之中,激光束切穿毛坯62以形成在边上具有适当倒角的物体60。注意此例中的倒角是非对称的,其斜面朝向物体60。通过改变激光参数以及路径,可以使倒角呈对称形式,或者依据所需使其较小、较大、或是呈曲面形式。此方法适用于对用以加工材质的激光辐射波长是透明或不透明的材质。

[0012] 图12a及12b显示本发明的一实施例,用以在对所使用激光辐射波长透明的材质中形成倒角。在此方法之中,其聚焦激光束142以聚集足够的激光能量从一固定角度 α 剥蚀起初位于主体材料146的表面143上的材质。激光束相对于表面呈某个角度,但保持垂直于路径140。当主体材料146被加入倒角时,聚焦点在材料加工的过程中被设定成与切口底部相距一固定距离,而非保持在加工表面。由于材料对于激光辐射是透明的,故仅有位于聚焦点处的材料被剥蚀。当路径改变时,通过将聚焦点改变成在材料中的一较大的深度,其可以在材料中造成有角度的切割。图7a显示通过将激光束聚焦于透明材料108的表面上所造成的初始倒角100。图7b显示通过将激光束聚焦于材料的表面下方并沿着如图4及图5的路径移动,将倒角102的切割更加深入材料之中。在图7c之中,倒角104完成。在图7d之中,在开始于倒角104结束处的切割107上,沿一路径直接移动激光一或多次。每次通过切割107,即将激光往更深处聚焦,直到物体109自主体材料108分离为止。注意在材料对所用激光辐射波长透明的情形中,可以将倒角加工至物体的底部表面。此是通过将激光束焦斑调整至被加工的材料内部而达成。通过调整激光参数使得激光束的能量密度(fluence)低于材料的剥蚀门坎值,但焦斑处除外,此处射束以 J/cm^2 (焦耳/平方厘米)为单位的能量密度高于剥蚀门坎值。

[0013] 本发明的另一实施例显示于图8a及图8b。在此实施例中,激光束沿着如图4所示的路径移动,但激光投射入材料的角度则随着路径在材料上或材料内的位置而改变。图8a显示三个代表性的激光束和角度,激光束110呈角度 α_1 ,激光束112呈角度 α_2 ,而激光束114呈角度 α_N ,其中N是一整数且角度 $\alpha_N > \alpha_2 > \alpha_1$ 。图8b显示一由上而下的视图,其显示主体材料118上的一代表性路径116。路径上的箭号,其中之一标示为119,表示当从主体材料118加工物体117时,激光束投射至材料118的角度一直垂直于路径116。此法的优点在于其允许以较少的次数对倒角的抛亮度的质量达到较佳的控制,但其需要一套能够控制激光束相对于工件的角度的设备。

[0014] 图9显示本发明的又另一实施例。图9是一侧视图,其显示激光束120、122、以及124

投射至主体材料128之上。在此实施例中,相对于材料沿一路径移动激光束的机制(未显示于图中)并未改变其路径,而激光束导入材料的角度则有所变化。激光束在主体材料128上环绕一路径游移时是以点126为枢轴,但仅在一垂直于路径的平面上进行。此使其得以进一步控制倒角的形状及尺寸,但其代价是机制的复杂度稍微增加。图10显示利用此方法将一倒角130加工至主体材料128。图11显示一物体129分离自主体材料128,其是通过自倒角底部延伸至材料128底部的加工切割132,以一垂直于表面的激光束121加工该材料。

[0015] 图12a显示本发明的另一实施例。此实施例适用于对用以加工材料的光波长是透明的材料。如图12a所示,激光束(未显示于图中)在主体材料146上沿一路径140移动。图中的箭号表示激光束相对于材料的角度一直垂直于路径。图12b显示激光束142相对于材料呈一角度 α 。图7a至图7d显示将一倒角100、102、及104激光加工至材料中,其是通过每一次沿着路径聚焦激光至更深处,从而剥蚀材料并加工出该倒角。此倒角可以加工至顶部表面143或者底部表面144。此法的优点在于透明材质的情况下,激光相对于工件的角度在加工期间无须改变,使得实施此方法所需的设备较为简单且建构的费用较为低廉。此外,以此法移除的材料较少,故而能加速其流程。

附图说明

- [0016] 图1(现有技术)显示一进行激光加工的物体;
- [0017] 图2(现有技术)显示一进行激光加工及去角化动作的物体;
- [0018] 图3(现有技术)显示一进行激光加工及具有圆形倒角的去角化动作的物体;
- [0019] 图4显示在单一生产步骤下用以进行激光加工出倒角的示范性路径;
- [0020] 图5显示激光束垂直地投射至待进行激光加工的材料上;
- [0021] 图6a显示一激光加工倒角的初始;
- [0022] 图6b显示对一倒角的进一步激光加工;
- [0023] 图6c显示一完成的激光加工倒角;
- [0024] 图6d显示一激光加工倒角的最终分离切割;
- [0025] 图7a显示对透明材料的一倒角激光加工的初始;
- [0026] 图7b显示在透明材料中对一倒角的进一步激光加工;
- [0027] 图7c显示在透明材料中对一倒角的已完成激光加工;
- [0028] 图7d显示在透明材料中一激光加工倒角的最终分离切割;
- [0029] 图8a显示本发明的另一实施例,其使用呈角度的激光束;
- [0030] 图8b显示如何相对于激光束路径配置呈角度的激光束;
- [0031] 图9显示本发明的另一实施例,其使用共享单一路径的呈角度激光束;
- [0032] 图10显示激光加工的倒角;
- [0033] 图11显示以最终切割激光加工出倒角;
- [0034] 图12a显示另一实施例,其使用沿着单一路径的呈角度激光束以加工出倒角;
- [0035] 图12b显示图12a的实施例所使用的一范例角度。

具体实施方式

[0036] 本发明的目的之一在于允许在单一生产动作下于玻璃或类玻璃材质中进行具有

倒角的特征的激光加工。可以产生及控制能够剥蚀玻璃和类玻璃材料、固定该材料并相对于该材料移动激光束的一示范性机器是由本发明的受让人,位于Portland,OR的Electro Scientific Industries,Inc.公司所产制的MM5800激光微加工系统。

[0037] 上述的激光束可以是连续波(continuous wave,CW)或者脉冲(pulsed)形式。受控制以提供预定剥蚀率的激光参数包括波长、平均功率、空间分布、光斑尺寸、以及移动速度。在脉冲激光的情况,其可以控制脉冲宽度、脉冲能量、脉冲时序分布、以及重复率(repetition rate)以提供预定的剥蚀动作。激光波长的范围可以从红外线(IR),诸如CO₂激光发出的10.6微米波长,到运作于紫外线(UV)范围355奈米之下的三倍频或四倍频固态激光频率。平均功率的范围可以高达数十瓦(Watt)。空间分布可以是高斯形式(Gaussian)、修正型(modified)或简略型(clipped)高斯形式、或者是诸如“(高帽形)top hat”或环状(annular)形式的分布。举例而言,参见美国专利案6,791,060利用固态紫外线高斯射束的射束成形及投影成像以形成穿孔(Beam Shaping and Projection Imaging with Solid State UV Gaussian Beam to Form Vias),其受让予本发明的受让人。光斑尺寸的范围基本上可以从数微米到大于100微米。激光束相对于待剥蚀材料表面的示范性移动速率的范围可以从每秒数毫米(mm/s)到每秒500毫米,取决于待移除的材料量。就脉冲激光而言,脉冲宽度的范围可以从飞秒(femtosecond)脉冲到数十纳秒(nanosecond)。脉冲能量的范围可以从每个脉冲数个微焦耳(microJoule)到数百毫焦耳(milliJoule),取决于脉冲宽度。脉冲可以具有高斯形式的时序分布,或是被形塑或分截成具有较快的上升及/或下降时间。脉冲亦可以产生为具有较复杂的特制时序分布。此类脉冲的一实例可以参见美国专利案7,348,516利用具有特制功率分布的激光脉冲进行链接处理的方法与激光系统(Methods of and Laser Systems for Link Processing using Laser Pulses With Specially Tailored Power Profiles),其受让予本发明的受让人。用于此目的的脉冲激光重复率的范围是从数千赫兹(kHz)到超过1兆赫兹(MHz)。

[0038] 在本发明的一实施例中,参见图4和图5,其自玻璃或类玻璃材质的一毛坯62加工出一物体60。其假设此材质对所使用激光光的波长是不透明的。一激光束72被垂直地导入一毛坯62的顶部表面78并聚焦使得激光功率在该激光束投射入该材质的点上超过待加工材质的剥蚀门坎值。当激光参数是选择以提供预定的剥蚀率时,其引导激光束以开始沿一路径64剥蚀材料,该路径64平行于将物体60分离自毛坯62的最终切穿处。其引导激光束循此路径回移一或多次直到达到预定的材料剥蚀量为止。其结果是显示于图6a中的初始倒角90。接着其引导激光束使其循着一条与先前路径相邻的路径移动,例如路径66,以剥蚀更多材料。为了形成一倒角,其调整激光参数以在每一条相邻路径移动中剥蚀更多材料。举例而言,其可以增加激光功率、可以增加脉冲宽度、或者其可以增加环绕路径的次数、或者上述项目的结合、或者可以控制其他参数改变以形成该倒角。此是显示于图6b中的中途倒角92。此过程一直重复直到抵达一条诸如路径68的路径,产生显示于图6c的结果,即完成的倒角94。在此点,其引导激光以通过激光剥蚀出一穿透材料以完成分离的切割98,而完成物体60自毛坯62的分割。

[0039] 图12a与图12b例示本发明的另一实施例。此实施例需要玻璃或类玻璃材料对于用以剥蚀材料146的激光辐射波长是透明的。在此实施例中,激光循着环绕待进行去角化物体147的单一路径140移动。其使得激光束142的角度符合预定倒角相对于主体材料146的表面

143的角度 α 。路径140上的箭号,其中之一标示为145,表示激光束保持垂直于路径140,同时相对于主体材料146的表面143呈某个角度。加工出一倒角可能需要激光束142环绕路径进行许多次。此实施例需要调整激光束参数使得以 J/cm^2 为单位的激光束能量密度仅在焦斑处大于该材料的剥蚀门坎值,在别处则不然。移除材料时,激光聚焦点每一次均被调整至材料中的更深处,以剥蚀切口底部的材料。图7a至图7d例示此流程。在图7a中显示首次开始加工倒角100。在图7b中,在更多次环绕路径140以自将形成倒角的切口102底部加工移除更多材料时,激光束142的聚焦点均被调整以将剥蚀点移动进入材料的更深处。在图7c中,在更多次环绕路径140之后,切口104形成倒角已然完成。在图7d中,激光束焦斑(未显示于图中)被调整以垂直于材料109的表面143的方式移动以形成切割107,其在激光束每一次被更深入地聚焦至材料109中时,自主体材料108分离物体109。注意在材料对所用激光辐射波长是透明的情形中,此切割可以在物体109的底部表面144形成一倒角(未显示于图中)。

[0040] 在本发明的又另一实施例之中,一激光束沿多条相邻路径进行多次以形成一倒角,其在路径改变时,改变激光束投射入材料的角度。如图8a所示,激光束110、112、及114显示激光束投射入主体材料118相对于顶部表面115的角度如何改变。如图8a所示,当路径自倒角的初始处移动至外部的边缘时,激光束投射入表面的角度从激光束110的角度 α_1 ,变成激光束112的角度 α_2 ,再变成激光束114的角度 α_N ,其中N是一整数且N等于环绕顶部表面115的路径数目,且其中 $\alpha_N > \alpha_2 > \alpha_1$ 。图8b显示此实施例的一上视图,其显示一样本路径116将主体材料118与待加工物体117分离,其中的箭号表示激光束与顶部表面115呈一角度但垂直于路径116。此实施例使其较易于形成曲面式或者多重斜面式的倒角,但需要额外的设备以在特定的控制方式下改变激光束相对于工件的角度。

[0041] 在本发明的又另一实施例中,其改变激光束相对于工件的角度。在此实施例中,改变激光束相对于工件的角度的设备被设计成在一平面中以一距该工件固定距离的点为中心改变激光束的角度。此外,上述改变角度的设备将旋转以将激光束在其中改变角度的上述平面保持垂直于激光束在工件上遵循的路径。参见图9将对此配置更加清楚。在图9之中,激光束120、122、124以一点126为中心改变角度。点126相对于主体材料128沿一路径(未显示于图中)移动,在点126与材料的表面125之间维持一固定的关系,使得点126直接位于路径上方。其进行多次,而激光束120、122、124在加工倒角时改变角度。移除材料时,改变激光束聚焦点以将聚焦点维持于主体材料128的表面。图10和图11显示一利用此实施例加工而得的倒角130。自主体材料128分离物体129的切割的完成是通过保持激光束121垂直于材料表面125,并且环绕路径多次直到物体129被一切割132自主体材料128分离为止。

[0042] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

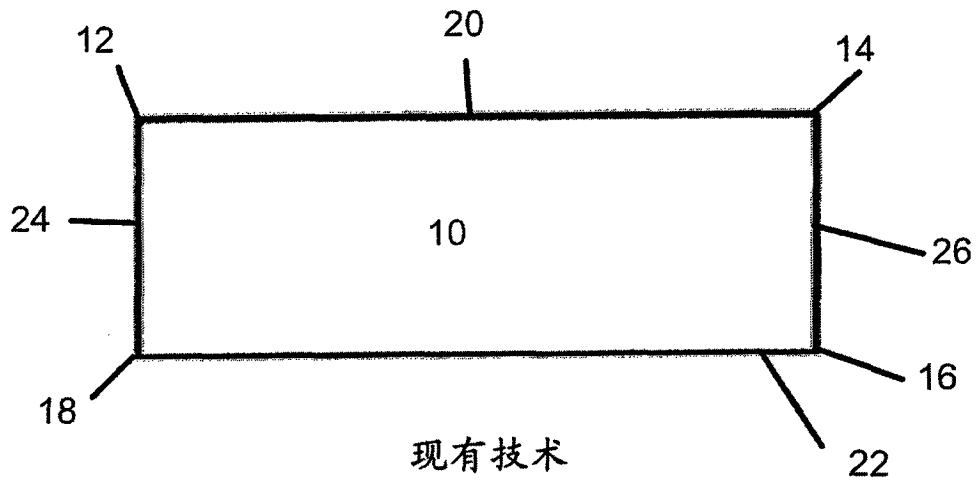


图1

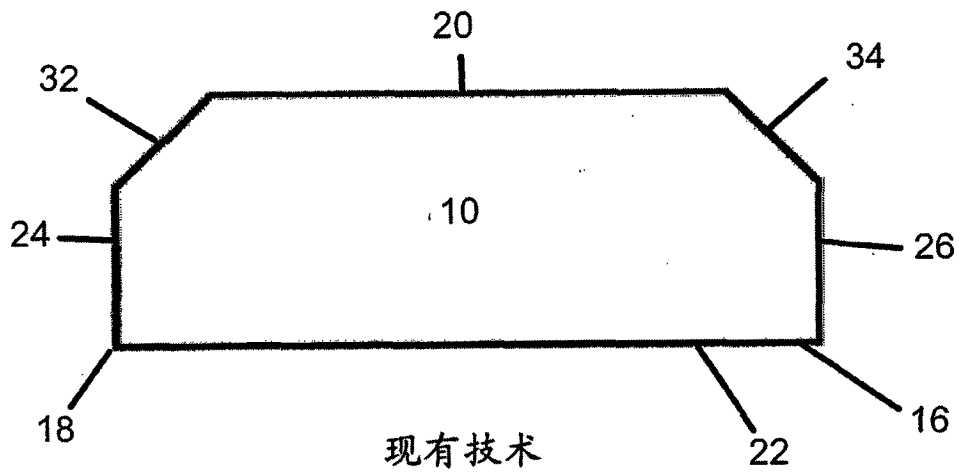
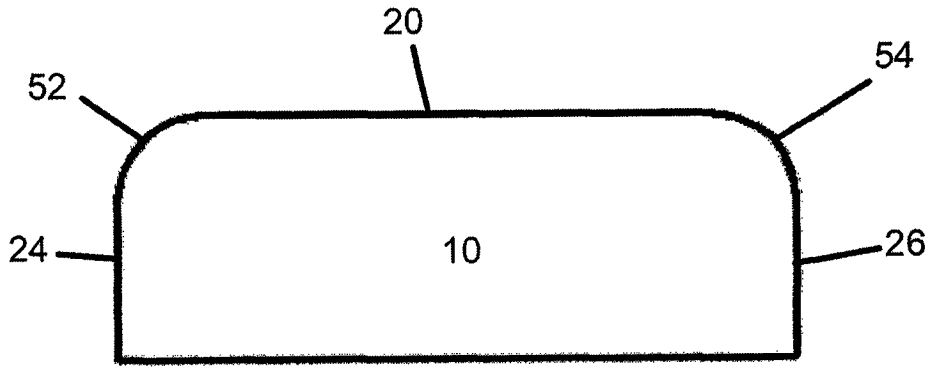


图2



现有技术

图3

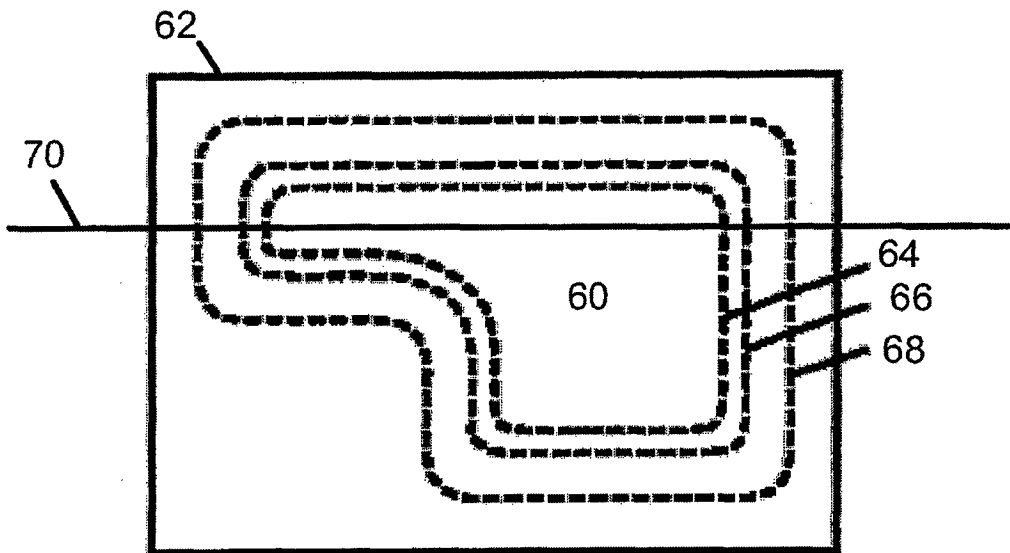


图4

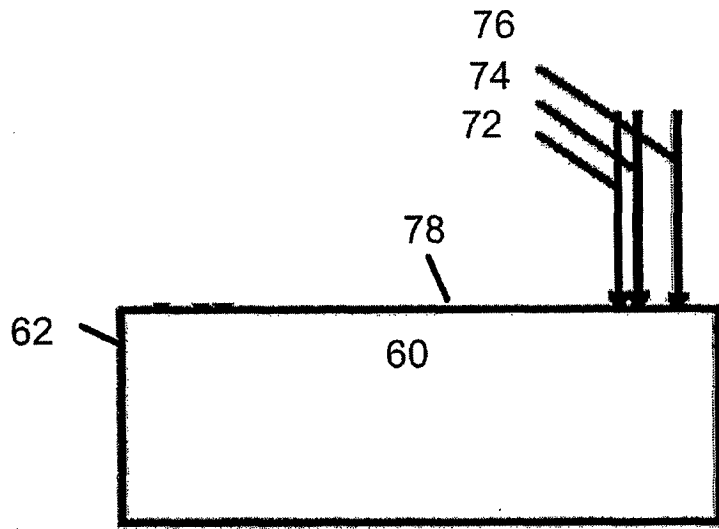


图5

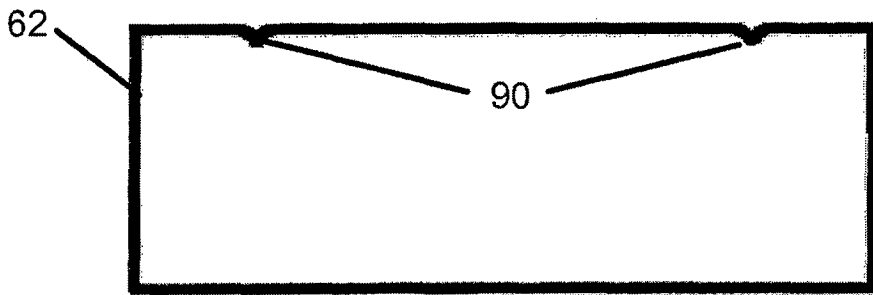


图6a

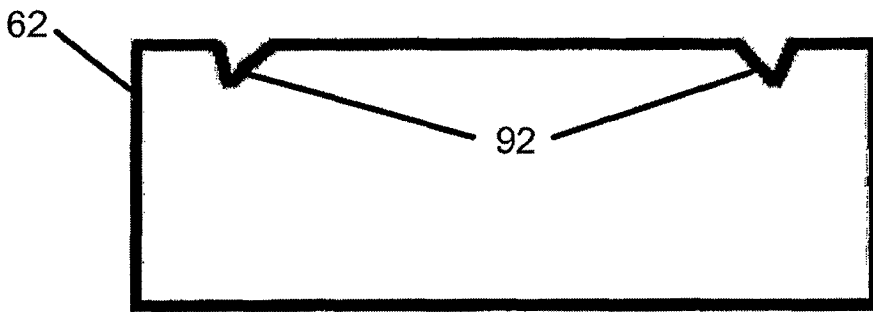


图6b

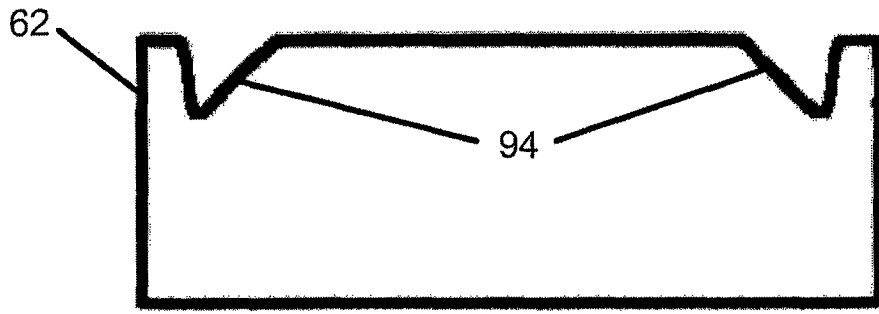


图6c

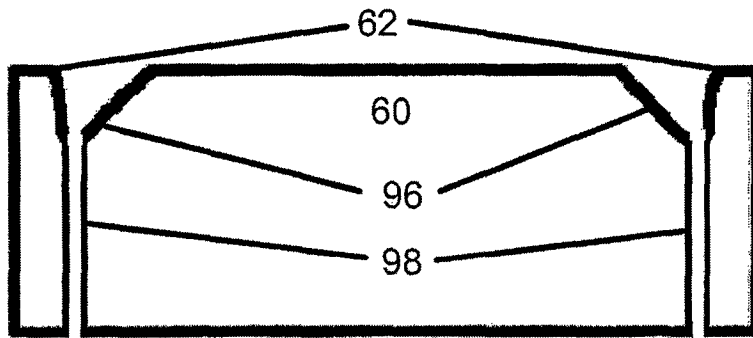


图6d

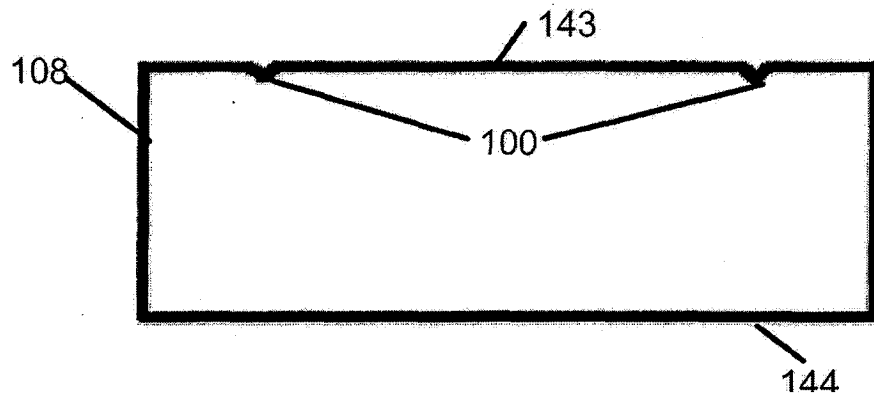


图7a

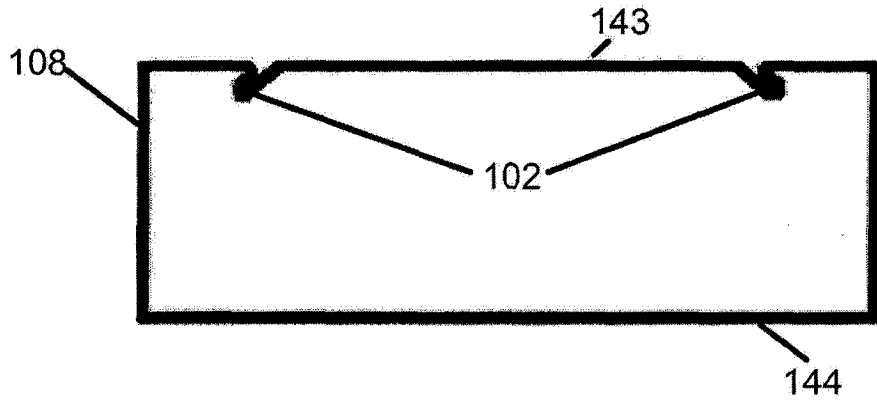


图7b

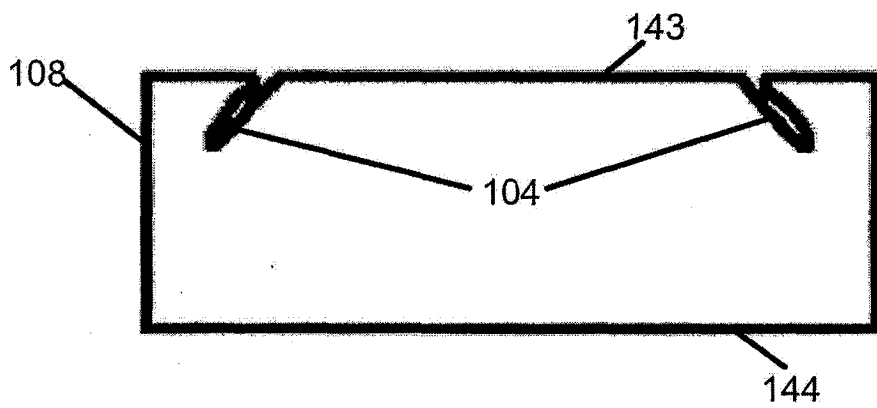


图7c

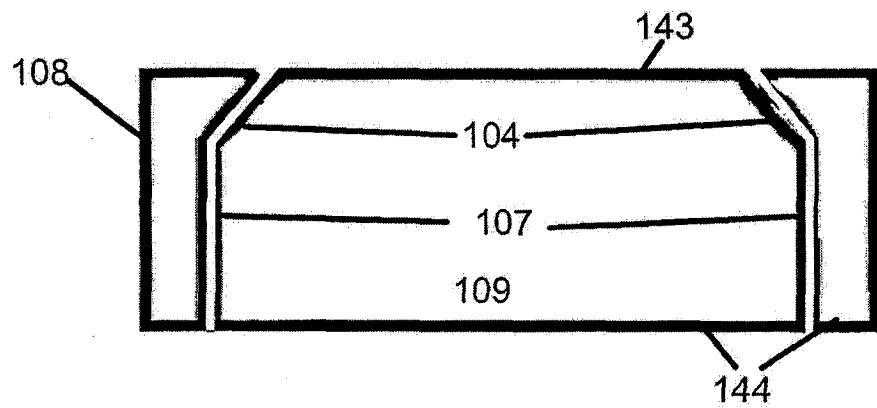


图7d

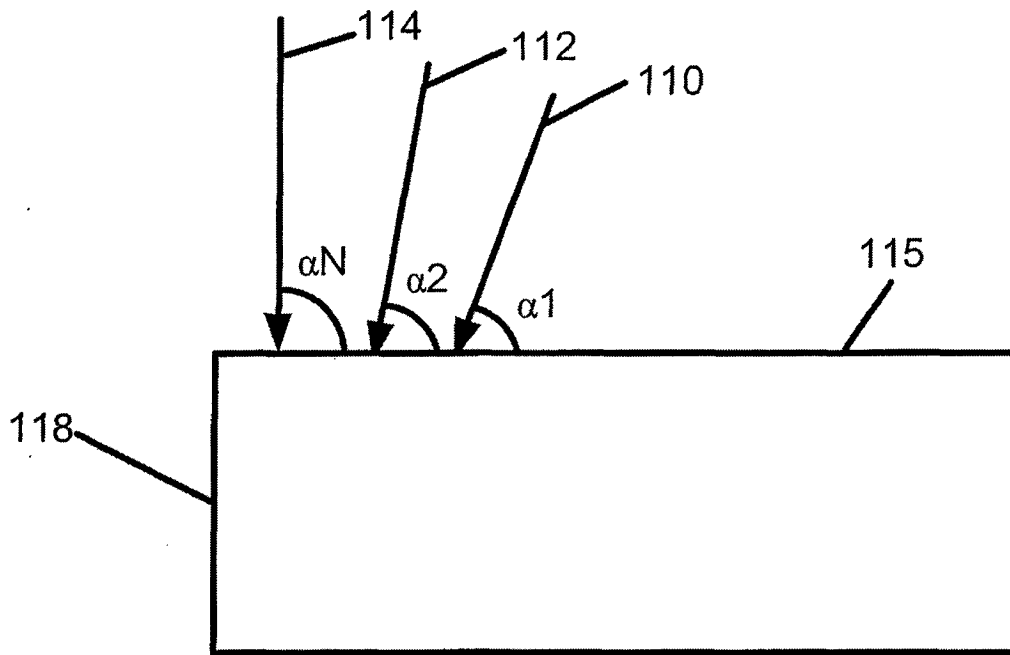


图8a

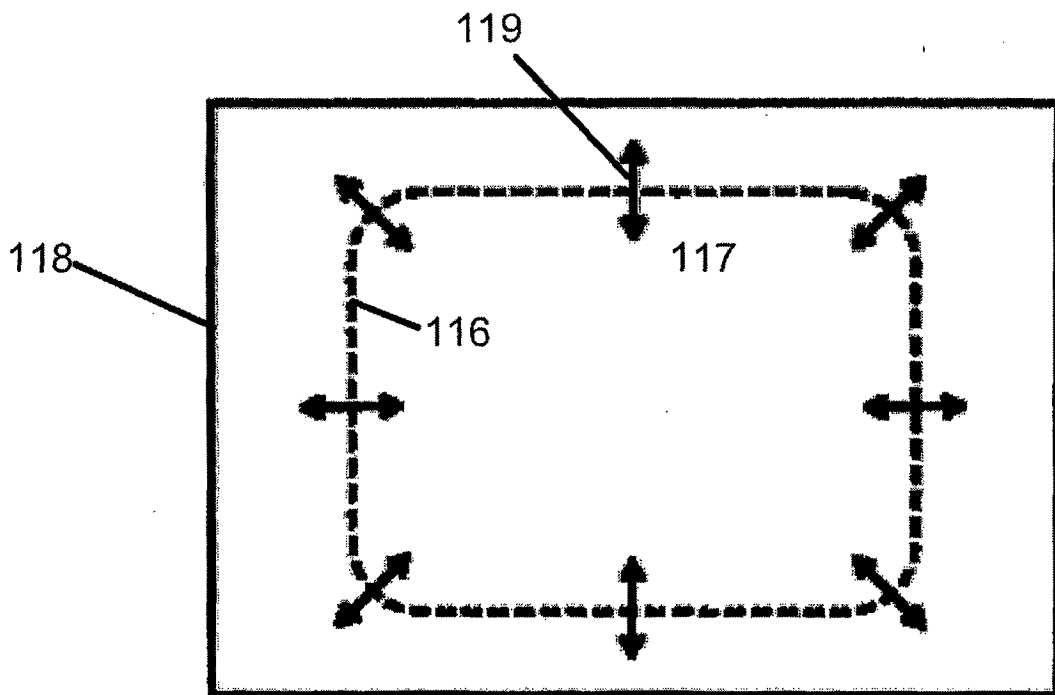


图8b

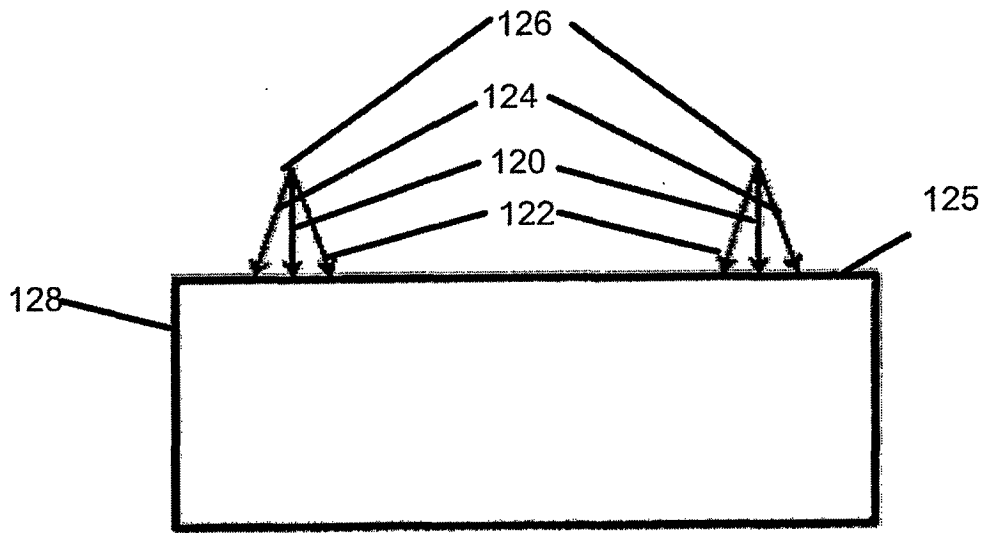


图9

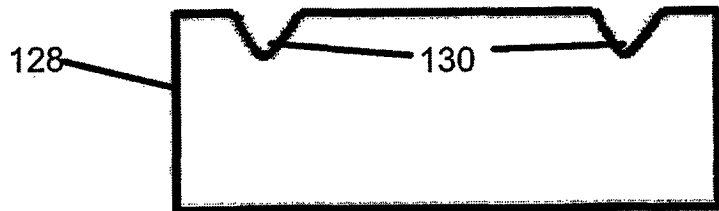


图10

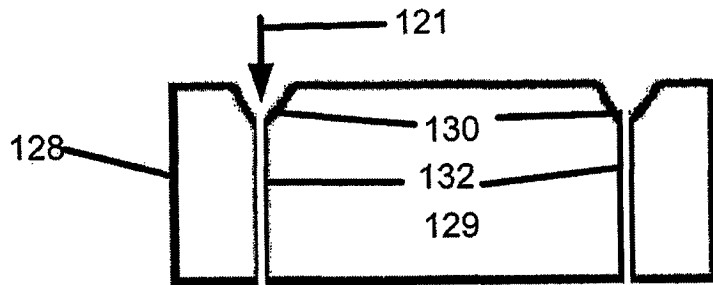


图11

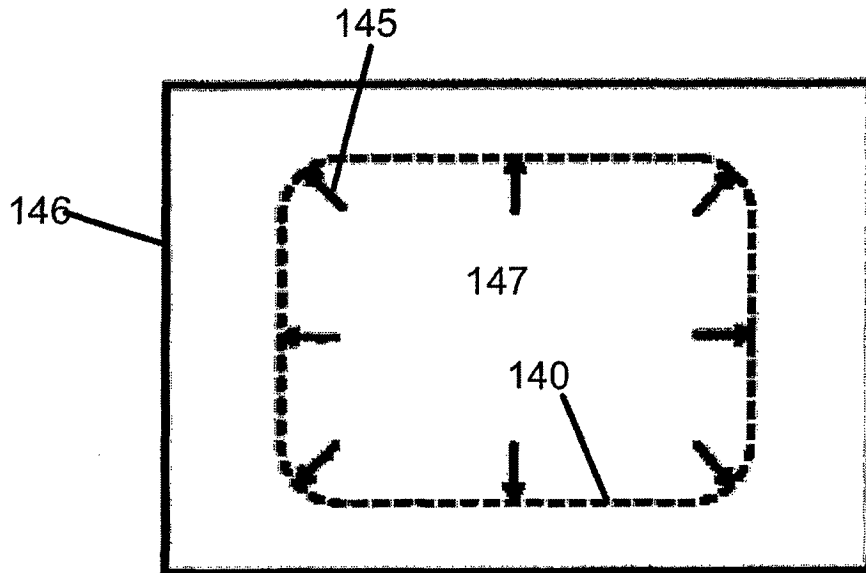


图12a

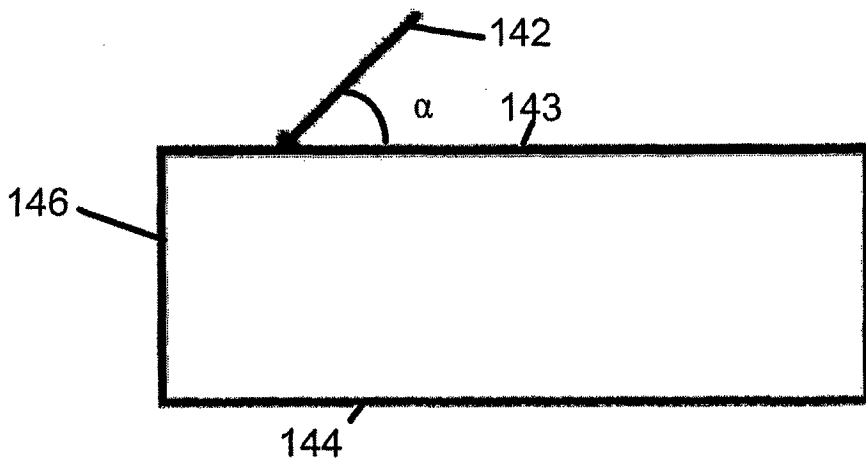


图12b