



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101559626 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 200910134039. 1

(22) 申请日 2009. 04. 08

(30) 优先权数据

2008-100887 2008. 04. 08 JP

(73) 专利权人 镭美科技股份有限公司

地址 日本大阪府

(72) 发明人 田村裕

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 史雁鸣

(51) Int. Cl.

B28D 1/32(2006. 01)

B23K 26/00(2014. 01)

H01S 3/10(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2005-212364 A, 2005. 08. 11, 摘要第二段
1-5 行, 说明书第 10-11 段、37-38 段及附图 1.

JP 2005-212364 A, 2005. 08. 11, 摘要第二段

1-5 行, 说明书第 10-11 段、37-38 段及附图 1.

JP 2004-155159 A, 2004. 06. 03, 说明书
17-18 段及附图 5.

JP 2007-301631 A, 2007. 11. 22, 全文.

审查员 王妍

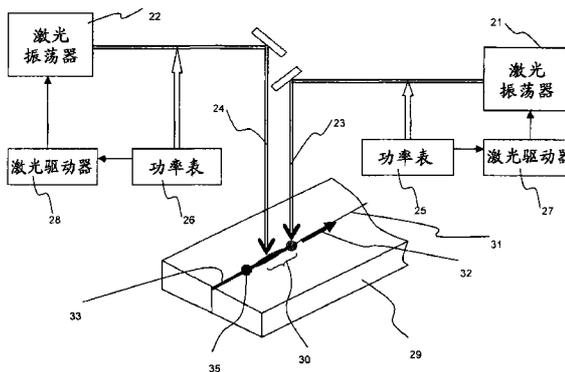
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

脆性材料的热应力割断方法

(57) 摘要

一种脆性材料的热应力割断方法, 由从激光振荡器射出的激光光束照射对脆性材料进行加热, 依靠热应力割断上述脆性材料, 其中: 将照射在脆性材料上的激光光束由相对于光束扫描方向排列在同一线上的担当初期加热及升温的加热前头部与担当加热后的温度维持的温度维持部的多个组构成。使与各个组对应的激光光线强度变化, 将整体的激光光线强度分布控制为最佳值。由此, 不用使脆性材料的加热温度上升就能够使割断速度飞跃性地增大。



1. 一种脆性材料的热应力割断方法,由从激光振荡器射出的激光光束照射对脆性材料进行加热,依靠热应力割断上述脆性材料,其特征在于:将进行加热的激光光束由进行初期加热及升温的第一激光光束及进行温度维持的第二激光光束构成,将上述第一激光光束的激光输出强度设定得比第二激光光束的激光输出强度大,使上述第一激光光束及第二激光光束在上述脆性材料的照射位置中相互不重叠地相对于光束扫描方向依次排列在同一直线上,使上述第一激光光束及第二激光光束的上述激光输出强度与激光光线扫描速度相应地分别独立地变化而使激光输出稳定为所需要的值,如果使上述第一激光光束及第二激光光束向上述脆性材料的表面照射,沿切断预定线使其在扫描方向扫描,则上述脆性材料的表面被加热到一定的温度,依靠热应力使龟裂在脆性材料的表面行进,形成划线。

2. 根据权利要求1所述的脆性材料的热应力割断方法,其特征在于:对从由激光光束照射加热的脆性材料的加热位置到光束扫描线上的后方位置进行冷却。

3. 根据权利要求1所述的脆性材料的热应力割断方法,其特征在于:与由激光光束照射加热的脆性材料的光束扫描线一致地施加弯曲应力。

脆性材料的热应力割断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用热应力高速地割断平板显示器用玻璃等脆性材料的脆性材料热应力割断方法。下面,作为脆性材料,以玻璃为例进行说明,但本发明除了玻璃外,也可一般地适用于石英、陶瓷、半导体等脆性材料。

背景技术

[0002] 用于液晶显示器、等离子显示器等平板显示器的玻璃的割断,现在是以金刚石刀具进行,存在着需要进行割断后的清洗工序、产生微裂纹等问题。

[0003] 另外,因为机动车用的玻璃部件多为曲线加工,所以,现在是机械性地进行直线切断,然后实施研磨。因此,对仅是玻璃割断即可的激光加工的期待很大。

[0004] 玻璃以往一直是以使用金刚石刀片等超硬刀头的机械性的方法割断。此方法对于玻璃的适用,也是在过去长达一个世纪以上的期间内使用的方法。

[0005] 然而,这样的机械性的方法存在以下所述的那样的缺点。第一,在割断时产生被称为碎玻璃的小碎片,使工件表面变脏。第二,在割断面附近产生微裂纹,存在工件以其为起点产生破裂的危险。第三,即便最小也存在数百 μm 左右的割断余量,在工件尺寸无止境微小化的现在,此割断余量的存在已是不可忽视的。除此以外,还存在加工速度的局限、作为消耗品的工具成本等产业上不可忽视的缺点。

[0006] 窗玻璃的割断等在使用现有技术时没有问题,但在用于液晶显示器、等离子显示器等的精密玻璃割断的情况下,为了应对微裂纹,需要研磨割断面,然后进行清洗等后道工序。

[0007] 另一方面,最近被认为有前途的激光割断法具有以下所述那样的优点,有除去金刚石刀片法的缺点的可能性。第一,质量损失为零(不产生碎玻璃),不需要清洗等后道工序。第二,由于在割断面附近不产生微裂纹等破坏缺陷,能够获得高强度断面,所以,不需要研磨等后道工序。第三,能够获得面粗糙度 $1\mu\text{m}$ 以下的镜面。第四,产品外形尺寸精度为 $\pm 25\mu\text{m}$ 以上。第五,能够处理的玻璃板厚没有下限值,能够在今后玻璃板厚单调地变薄的液晶电视用玻璃中使用。

[0008] 下面,说明激光割断法的原理。如果对玻璃照射高能量密度的 CO_2 激光光束,则一般在照射光点产生激光光束的吸收,急剧加热的结果是呈放射状地产生裂纹,不能仅在行进方向进行割断。根据此激光割断方法,不需要在机械割断的情况下作为后道工序所需要的研磨、清洗就能够获得面粗糙度 $1\mu\text{m}$ 以下的镜面,产品外形尺寸精度在 $\pm 25\mu\text{m}$ 以上。进而,对玻璃板厚薄到 0.05mm 也能够使用,能够使用于今后的液晶显示器用玻璃、等离子显示器用玻璃、手机等便携式显示器用玻璃等。

[0009] 激光割断方法的原理如下。在玻璃中仅发生局部地加热,进行不发生气化、熔融、裂纹的程度的激光光线照射。此时玻璃加热部虽然要产生热膨胀,但受到来自周边玻璃的反作用,不能产生充分的膨胀,在此加热区域中产生压缩应力。即使在周边的非加热区域中,也被来自加热部的膨胀推压,进而相对于周边产生变形,其结果,产生压缩应力。这样的

压缩应力是以加热中心点为原点的径向的压缩应力,在加热发生后大体上按音速传播到玻璃板整个区域。但是,在物体存在压缩应力的情况下,在其正交方向产生与泊松比成比例的拉伸应力。在这里,其方向为切线方向。将此状态表示在图 1 中。

[0010] 图 1 表示存在将中心设置在原点的高斯分布的温度上升的情况的、径向应力成分 σ_x 和切线方向应力成分 σ_y 的变化。径向应力成分 σ_x 始终都为压缩应力(在图 1 中为负值),而切线方向应力成分 σ_y 虽然在加热中心(距离 $r = 0$)为压缩应力,但如果离开加热中心,则向拉伸应力(在图 1 中为正值)变化。

[0011] 在这些应力中,与割断相关的应力为拉伸应力。当拉伸应力超过作为材料固有值的破坏韧性值时,破坏随处发生,不能控制。在激光割断方法的情况下,由于将拉伸应力预先选定在此破坏韧性值以下,所以不发生这样的破坏。

[0012] 但是,在存在拉伸应力的位置具有龟裂的情况下,在此龟裂前端会产生应力扩大,如果此扩大的应力超过材料的破坏韧性值,则龟裂扩大。即,将产生龟裂从龟裂前端向加热中心发展这样的被控制的割断。因此,通过使激光照射点先行扫描,能够使龟裂延长下去。在此激光割断方法中,由于割断面类似于晶体的劈开面,所以,既不产生微裂纹也不产生碎玻璃,能够除去上述机械方法的缺点,产生作为玻璃的加工方法优良的特性。

[0013] 作为此玻璃的激光割断方法,例如美国 USP5609384 已被公开。在此专利中公开了如下的情况:不是仅由产生在加热区域周边的拉伸应力实现割断,而是还对拉伸应力的最大点附近进行冷却,此时因玻璃的收缩而被增大的拉伸应力起到强化割断的作用。

[0014] 图 2 表示基于美国 USP5609384 的激光割断方法的原理。作为加热用激光光线,使用 CO_2 激光光线。 CO_2 激光光线在光束光点 1 的能量的 99%,在玻璃板 6 的深 $3.7 \mu\text{m}$ 的玻璃表面层中被吸收,不透过玻璃板 6 的整个厚度。这是因为, CO_2 激光波长中的玻璃的吸收系数显著地大。其结果,加热仅在玻璃板 6 的表面层中发生,在此加热区域中产生压缩应力 4。另一方面,在作为从此加热区域错开的位置的冷却点 3 进行冷却。此时产生拉伸应力 2,从此冷却点 3 向后方产生以初龟裂 8 为出发点的表面划线 5。此划线 5 的深度即使因玻璃板 6 中的热传导而变深,通常也是 $100 \mu\text{m}$ 左右。但是,玻璃板 6,其脆性强,与此划线一致地施加弯曲应力,容易机械性地割断。将通过施加此弯曲应力进行割断的处理称为断裂。激光光束在扫描方向 7 的方向扫描。此方法如果与作为现有方法的机械性方法相比则具有许多优点,逐渐在平板显示器装置的生产中得到了应用。

[0015] 图 3 为日本专利第 3792639 号公开的激光割断方法的原理,是使图 2 所示的激光光束 1 的形状成为由 5 点光束形成的激光光束的线状排列 9 的图。另外,使由激光光束的线状排列 9 形成的加热区域 H 与冷却点 3 间的距离 G 成为不是固定的,而是可变的。通过选择已实验性地探索的最佳距离 G,进一步改善了割断特性。

[0016] 激光光束线状排列 9 的生成如图 4 所示,从激光振荡器射出并入射到分束器 14 内的激光光束 B,通过无反射面 11 而进入到分束器 14 内。此后,由部分反射面 13 反射,成为射出光 b1 和反射光。反射光由全反射面 10 反射,其反射光由部分反射面 13 同样地变成射出光 b2 和反射光。反复进行此过程 4 次后,射出光 b5 成为第 5 束光束,透过无反射面。这样,1 束入射激光光束 B 变换成 5 束射出光束 b1、b2、b3、b4、b5。通过使用由这样的线状排列 9 形成的激光光束,进一步改善了玻璃割断特性。

[0017] 但是,在玻璃的热应力割断的实用化中,已要求加工速度超过现有技术。在加工质

量方面,已没有问题地大大超过了现有技术。在加工速度的高速化中,虽然基本处理过程的处理时间的缩短也很重要,但作为基本过程的割断速度的高速化应该比什么都更重要。如果在使其它条件一定的状态下不变而仅增大激光扫描速度,则由于单位时间内的照射能量下降,所以产生的热应力变弱,割断力变弱了。即使激光输出低,但如果使激光光束光点微小化,则也可以使能量密度不下降,局部的加热温度不下降。虽然按这样的考虑进行了实验,但即使局部温度上升,割断速度也未能增大。实际上,产生热应力依存于施加在加热区域内的能量全量,而不依存于能量密度。

[0018] 因此,尝试了在使激光光束截面积相同的状态下按相同比例增大激光输出和扫描速度双方。在此情况下,投入到玻璃的单位面积上的激光能量相同,即使使速度增大,热应力和割断力也都不下降。就此意义来说,虽然能够增大割断速度,但由于玻璃的加热温度上升,所以,如果考虑平板显示器装置的耐久性,则不是可以采用的方法。

[0019] 发明内容

[0020] 本发明是为了解决上述这样的问题的发明,目的是提供一种不用使玻璃的加热温度上升就能够飞跃性地使割断速度增大的脆性材料的高速热应力割断方法。

[0021] 本发明的脆性材料的高速热应力割断方法,为了消除上述的缺点,使激光光束形状成为在扫描方向细长的形状以实现最佳化,与此长度成比例地使激光输出和扫描速度增大。在此情况下,由于玻璃的单位面积的激光能量和照射时间相同,所以,加热温度也不变化,即使使扫描速度增大,割断性能也不会下降。根据此方法,能够期待实现与激光光束的扫描方向的长度成比例的割断速度。

[0022] 在此情况下,不仅只是单纯地进行激光光束形状的最佳化,而且还通过实现其最佳化形状内的激光光线强度的最佳化,能够使割断性能进一步提高。

[0023] 本发明的脆性材料的高速热应力割断方法是,由从激光振荡器射出的激光光束照射来对脆性材料进行加热,依靠热应力割断上述脆性材料;其中:将进行加热的激光光束由相对于光束扫描方向排列在同一直线上的多个组构成,使与各个组对应的激光光线强度变化来控制上述激光光束的光强度分布。由此,通过实现激光光线强度分布的最佳化,能够使割断速度大幅度地提高。

[0024] 相对于光束扫描方向排列在同一直线上的多个组激光光束可以由分别来自多个独立的激光振荡器的射出光束产生。

[0025] 另外,可由使从一个激光振荡器射出的激光光束入射到分束器内而产生的多束射出光形成多个组激光光束。

[0026] 将多个激光光束组至少分类为主要担当初期加热及升温的组、和主要担当温度维持的组,在各个组中具有最适合于加热的激光光线强度。

[0027] 多个激光振荡器分别具有测定激光输出的大小的功率表,能够由反馈控制使输出稳定化地进行控制。

[0028] 另外,通过对从在由激光光束照射加热的脆性材料的加热位置到光束扫描线上的后方位位置喷射水、空气等冷却介质,能够促进脆性材料的热应力割断。

[0029] 进而,通过与由激光光束照射加热的脆性材料的光束扫描线一致地施加弯曲应力,能够促进脆性材料的热应力割断。

附图说明

[0030] 图 1 为用于说明激光割断方法的热应力产生原理的、表示在存在将中心设置在原点的高斯分布的温度上升的情况下的径向应力成分 σ_x 和切线方向应力成分 σ_y 的变化的特性图。

[0031] 图 2 为对由现有的使用 CO₂ 激光的玻璃表面划线进行的割断进行说明的概念性的透视图。

[0032] 图 3 为对现有的代表性的激光割断方法进行说明的脆性构件的俯视图。

[0033] 图 4 为用于形成在图 3 的激光割断方法中使用的激光光束形状的分束器的概念性的透视图。

[0034] 图 5 为用于说明本发明的动作原理的激光光线强度及玻璃的温度分布的概念性的特性图。

[0035] 图 6 为表示用于说明本发明实施例中的玻璃的激光高速热应力割断方法的整体构成的概念图。

[0036] 图 7 为用于说明本发明实施例的激光光线强度及玻璃温度分布的概念性的特性图。

具体实施方式

[0037] 下面,参照附图详细说明本发明的原理及实施例。

[0038] 在由激光光线照射来加热玻璃、割断玻璃的激光玻璃划线技术中,在使割断速度增大而高速地进行割断的情况下,当然使加热所需要的激光器输出增大,以及为了确保加热时间而使加热光束的扫描方向的长度变长,但仅凭这两点的变更难以获得对割断有效的加热。这是因为,如果成为高速扫描,则在由加热光束对玻璃进行加热时加热前头部分的温度上升慢,按对割断有效的温度进行加热的时间不足。

[0039] 为了解决这一问题,与进行低速时的处理之际相比,只要使作为加热前头部分的主要用于进行初期加热、升温的激光光束区域的激光光线强度进一步上升即可,在本发明中,是通过使对其进行加热的激光器输出的前后方向的激光光线强度可变来进行的。因此,通过由相对于光束扫描方向排列在同一线上的多个组构成进行加热的激光光束,并使与各个组对应的激光光线强度变化来进行。例如,在本发明中,使用两个激光振荡器,将这两个激光振荡器分别用作初期加热用的激光振荡器和温度维持用的激光振荡器;该初期加热用的激光振荡器用于加热前头部分,主要进行初期加热、升温;该温度维持用的激光振荡器主要用于维持从中间到后半部分的温度,使热渗透到玻璃内部。

[0040] 图 5 为用于说明本发明的玻璃的高速热应力割断方法的原理的概念图。在图 5A 中,曲线 15 表示激光光线强度分布。在使具有此激光光线强度分布 15 的激光光束照射在静止玻璃上的同时,在图 5A 中使其向左方移动。玻璃温度为室温,但由激光光线照射进行加热。在图 5A 中,由曲线 16 表示的是玻璃表面温度分布,是从室温起的加热温度部分。此说明叙述了激光光束在静止玻璃上扫描的情况,但激光光束静止,玻璃在图 5A 中向右方移动时也相同。总之,只要玻璃与激光光束的位置相对地移动即可。

[0041] 如果室温的玻璃受到激光光线照射,则加热慢慢地进行,玻璃表面温度开始上升。另一方面,从激光光线向玻璃移动的热能通过玻璃中的热传导和从表面的热辐射而失

去。如果具有补充此部分的输入热量,则玻璃温度能够维持一定值。此状态由激光光线强度分布 15 和玻璃表面温度分布 16 表示。如图 5A 所示,为了尽可能地使玻璃表面温度分布 16 取一定值,在室温玻璃的初期加热时期需要激光光线强度分布 15 有大的值,需要有由激光光线强度分布 15 所示的初期峰值。在此后的玻璃一定温度时期,所需的激光光线强度分布 15 也可下降。如果不久激光光线强度变为零,则玻璃表面温度也开始下降,返回到室温。在此位置,通常进行冷却,玻璃表面温度下降到室温以下。此时产生的拉伸热应力成为玻璃割断的原动力。

[0042] 将在此条件下使扫描速度增大的情况表示在图 5B 中。此时,由于单位时间的输入能量下降,所以,玻璃表面温度分布 16 如图 5B 所示,温度的上升慢。加热后的维持温度也与输入热能下降相应地下降,但与初期的加热时期相比,其影响之处较小。因此,为了在高速扫描时也实现与低速扫描时同样的加热,激光光线强度分布中的初期加热中的初期峰值需要如图 5C 的由曲线 17 所示的那样取大的值。这样,通过使激光光线强度分布 17 中的初期峰值成为大的值,玻璃表面温度分布如由曲线 18 所示的那样,成为与低速扫描时不变的玻璃表面温度分布。

[0043] 实施例 1

[0044] 图 6 为表示用于将实施例 1 中的玻璃的激光高速热应力割断方法实施的激光割断装置的整体构成的概念图,图 7A ~ 7C 为表示本发明实施例 1 中的激光光束形状的概念图。图 6 为由两个激光振荡器 21、22 产生多个照射激光光束 23、24 的实施例。作为激光振荡器,使用对玻璃等脆性材料产生不透过的激光光线的激光振荡器,例如 CO₂ 激光振荡器、CO 激光振荡器等。在两个激光振荡器 21、22 中,将由激光振荡器 21 产生的激光光束 23 作为主要担当初期加热、升温的初期加热来使用,是上述的光束前头部分;将由激光振荡器 22 产生的激光光束 24 作为主要是维持温度、使热渗透到玻璃内部的维持温度用来使用,是从上述的中间到后半部分的激光光束。

[0045] 将激光光束 23 及激光光束 24 的激光光线强度分布由曲线 19 及 20 表示。这两个激光光束 23、24 以在被照射在玻璃 25 上时相对于扫描方向在同一线上下前后不相互重叠的方式排列,使激光光束 23 的激光光线强度分布 19 充当图 5A ~ 5C、图 7A ~ 7C 中所示的加热前头部,使激光光束 24 的激光光线强度分布 20 充当图 5A ~ 5C、图 7A ~ 7C 中所示的温度维持部。加热前头部相当于图 5A ~ 5C 中的激光光线强度分布 15、17 的初期峰值。

[0046] 两个激光振荡器 21、22 分别具有测定输出的功率表 25、26,以由功率表 25、26 监视的测定值为基础对激光振荡器 21、22 的驱动器 27、28 的驱动条件进行反馈控制,使两个激光光束 19、20 的光能强度与激光扫描速度相应分别独立地变化,由此使激光器输出稳定为所需要的值。即,以使担当加热前头部的激光振荡器 21 的输出功率比担当温度维持部的激光振荡器 22 的输出功率高一些地具有图 7A 中的初期峰值的方式进行控制。

[0047] 如果将由加热前头部激光光束 19 及温度维持部激光光束 20 构成的激光光束组 30 照射在玻璃 29 的表面,沿切断预定线 31 使其在扫描方向 32 上扫描,则玻璃 29 的表面如由表面温度分布 16 所示的那样被加热到大致一定的温度,依靠热应力使龟裂在玻璃表面行进,形成划线 33。如果龟裂由玻璃的热传导也在玻璃 29 的深度方向延伸,龟裂达到玻璃的背面,则玻璃被割断。在龟裂未到达玻璃 29 的背面的情况下,通过与玻璃 29 的沿光束扫描线 31 形成的划线 33 一致地施加弯曲应力,能够割断。

[0048] 另外,如图 6 所示,通过将水、空气等冷却介质喷射在在由激光光束照射加热的玻璃的加热区域向光束扫描线 31 上的后方离开间隔的位置 35 上进行冷却,能够促进依靠热应力产生的龟裂的行进,进一步促进划线 33 的形成。

[0049] 图 7B 表示按低速扫描将实施例 1 实施的情况。在此情况下,加热前头部激光光束 191 与温度维持部激光光束 201 相比,即使其能量强度相对地不那么高,也能够实现玻璃表面温度分布 16 大致一定的所希望的玻璃表面温度分布 16。这样地对加热前头部激光光束强度进行控制,能够由上述的激光器输出控制技术实现。割断的方法由于与图 7A 的情况相同,所以省略说明。

[0050] 图 7C 是按高速扫描将实施例 1 实施的情况,是本发明的主要使用的情况。在此情况下,与温度维持部激光光束 202 相比,使前头加热部激光光束 192 成为充分高的能量强度,实现玻璃表面的一定温度分布 16 的维持。在此情况下,也使用上述的激光器输出控制技术。割断的方法由于与图 7A 及图 7B 的情况相同,所以省略说明。

[0051] 我们根据使用激光器输出为 100W 的两个 CO₂ 激光振荡器的由图 6C 所示的激光光线强度的方法,实现了 800mm/sec 以上的割断速度,大幅度地超过了以往由单独激光光线获得的 400mm/sec 的割断速度。

[0052] 另外,在以上的说明中,对作为激光振荡器使用两个激光振荡器 21、22,并将来自激光振荡器 21 的激光光束作为初期加热用激光光束,将由激光振荡器 22 产生的激光光束 24 用作温度维持用激光光束的情况进行了说明,但也可分别由多个激光振荡器构成初期加热用激光振荡器及温度维持用激光振荡器,分别由多个激光光束形成初期加热用激光光束及温度维持用激光光束,或者将来自一个激光振荡器的激光光束分割成多束,将已被分割的多个激光光束分配成初期加热用激光光束和温度维持用激光光束地进行使用。

[0053] 实施例 2

[0054] 本实施例是使用图 4 所示的分束器产生多个照射激光光束的实施例。即,本实施例中的前头加热部激光光束和温度维持部激光光束双方都可以使用图 4 所示的那样的分束器按多点排列构成。在此情况下,多点排列是与图 4 不同地以相互不重叠的方式排列。例如,使从一个激光振荡器射出的激光光束 B 入射到分束器 14 内而产生 8 束射出光 b1 ~ b8,通过以由 3 束射出光 b1 ~ b3 形成的 3 点的方式设定图 7A ~ 7C 中的前头加热部激光光束 19、191、192,以由 5 束射出光 b4 ~ b8 形成的 5 点的方式设定温度维持部激光光束 20、201、202 进行加热。按此方式,一般能够使与前头加热部激光光束 19、191、192 对应的 3 束射出光 b1 ~ b3 成为比与温度维持部激光光束 20、201、202 对应的 5 束射出光 b4 ~ b8 更高的能量密度。

[0055] 其它构成及动作由于与实施例 1 相同,所以省略说明。

[0056] 按照这样的多点排列,如果图 4 中的部分反射面 13 的反射率为一定,则在各点的激光光线强度依次下降,但通过控制部分反射面 13 的反射率,也能够选择各点的能量强度。

[0057] 如以上详细说明的那样,根据本发明,能够在实现热应力割断具有的高质量的同时,与现有技术相比使割断速度大幅度地增大。例如,在由申请人提出的现有的玻璃划线装置中,使用最大输出 100W 的 CO₂ 激光振荡器,最大划线速度为 400mm/sec。与此相对,在本发明的具有 200W 的激光输出的装置中,能够获得最大划线速度超过 800mm/sec 的速度。

[0058] 总而言之,本发明的玻璃的热应力割断方法具有以下那样的特征。

[0059] (1) 能够以大幅度地提高的速度进行玻璃和其它脆性材料的热应力割断。

[0060] (2) 在割断面近旁不产生微裂纹。

[0061] (3) 没有碎玻璃的附着,清洁。

[0062] (4) 割断位置精度高。

[0063] (5) 割断面相对于玻璃表面充分垂直。

[0064] (6) 割断面为镜面,面粗糙度良好。

[0065] 因此,适合用于液晶显示器、等离子显示器等平板显示器、手机等便携式显示器用玻璃等的玻璃割断,或石英、陶瓷、半导体等要求高质量的脆性材料的割断。

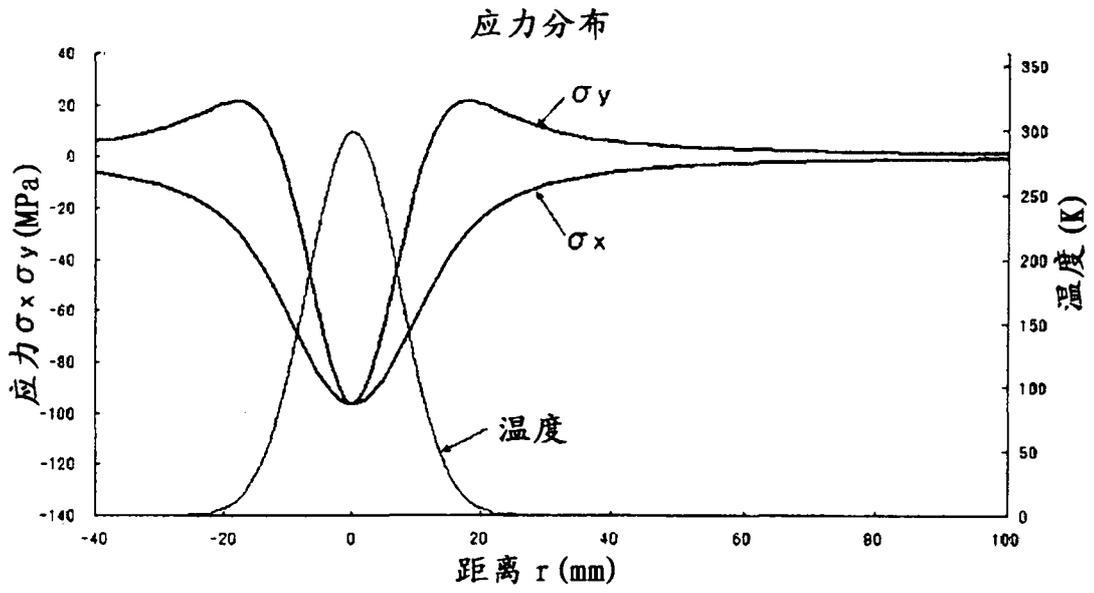


图 1

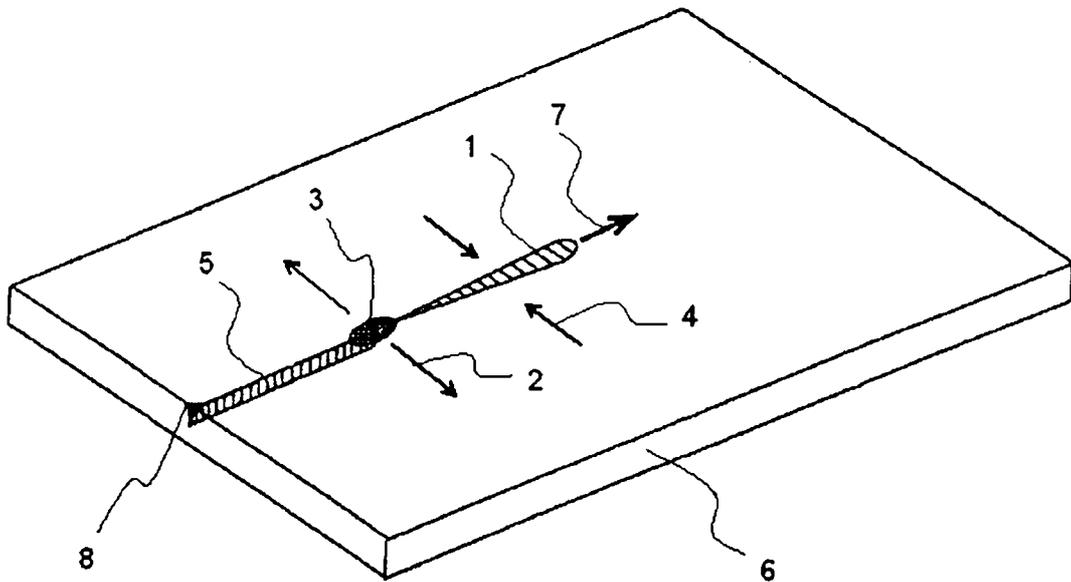


图 2

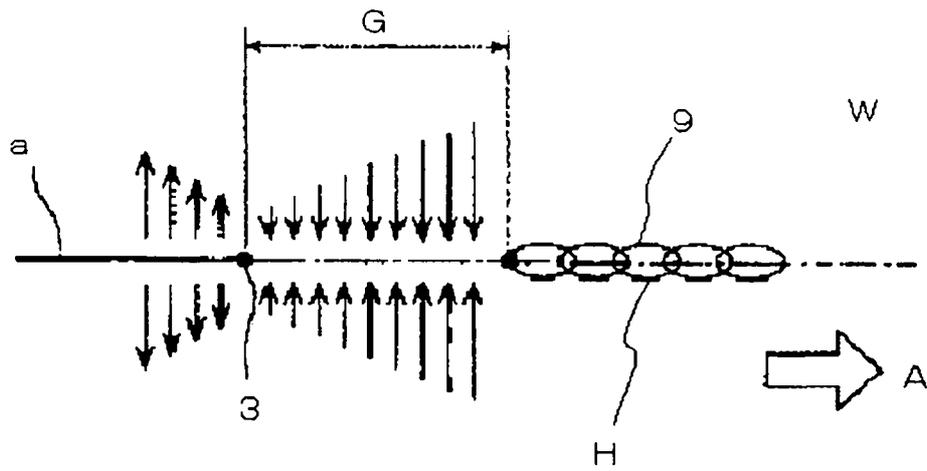


图3

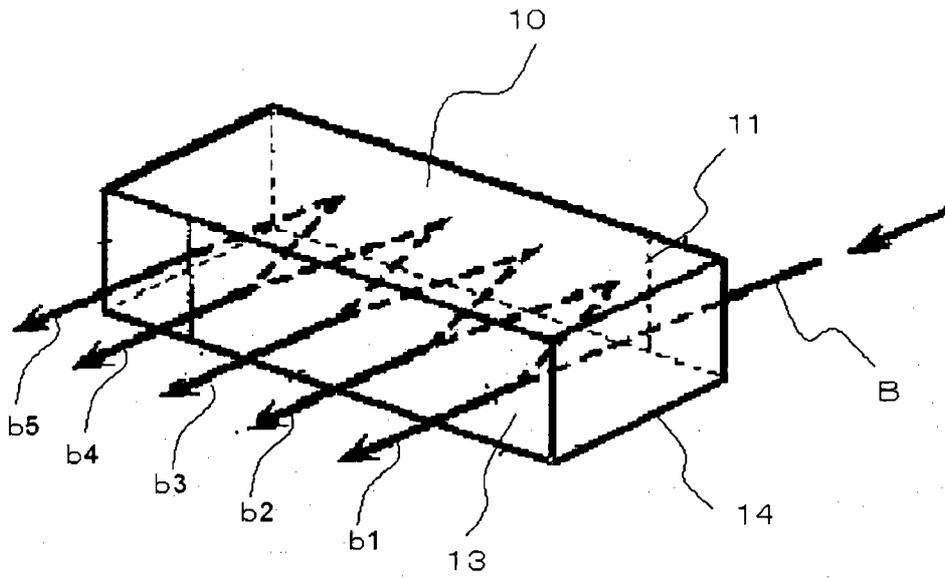


图4

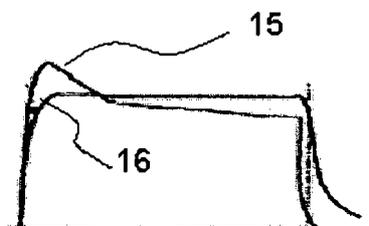


图5A

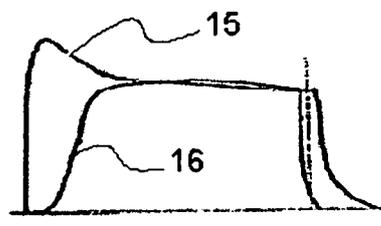


图5B

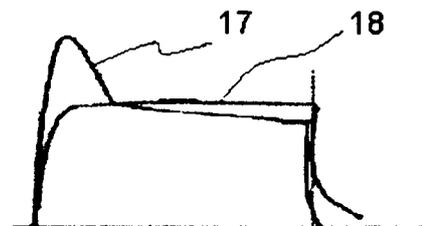


图5C

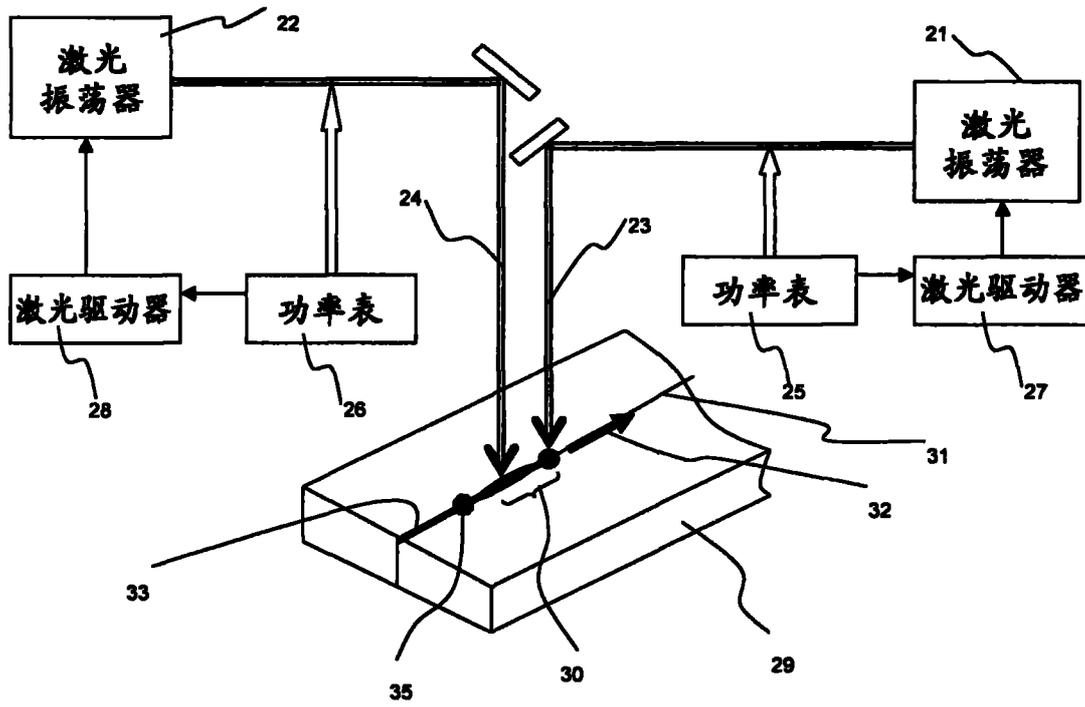


图 6

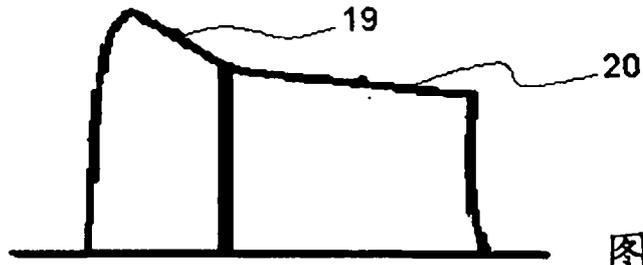


图7A

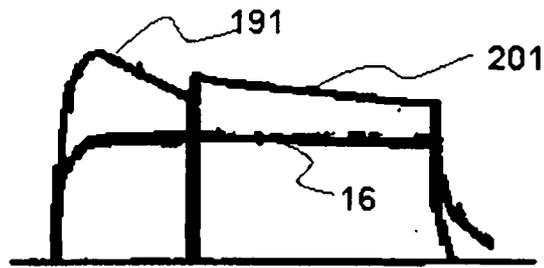


图7B

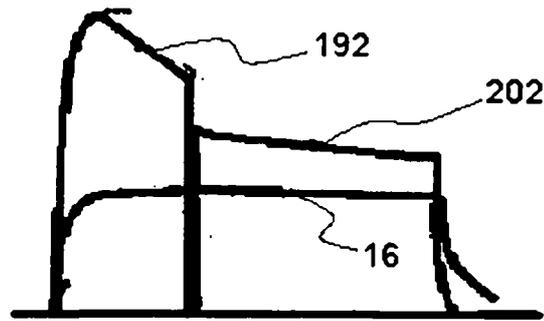


图7C