



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114178712 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 15

(21) 申请号 202111498426.0

(22) 申请日 2021.12.09

(71) 申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72) 发明人 李明 谭羽

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 汪海艳

(51) Int. Cl.

B23K 26/38 (2014.01)

B23K 26/046 (2014.01)

B23K 26/064 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

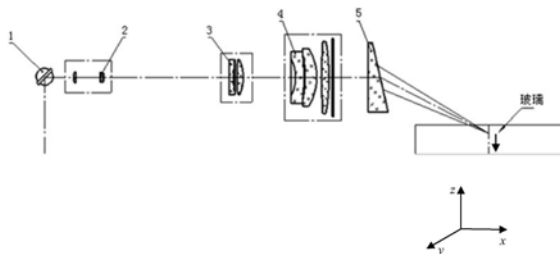
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种激光切割光学系统及方法

(57) 摘要

本发明属于激光加工技术领域,具体涉及一种激光切割光学系统及方法。克服现有采用贝塞尔光束无法进一步提升玻璃切割厚度的难题。系统包括单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组及光楔;切割时,将玻璃板放置在系统出射光路中,调整玻璃板位置,使得玻璃板上表面与系统基准光轴平行;开启激光器,激光束经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在玻璃板上表面;单轴扫描镜组旋转扫描,聚焦光斑从玻璃板上表面沿z向向下表面移动,同时控制调焦镜组沿基准光轴方向移动,在玻璃板内部形成一条聚焦光斑扫描线;移动玻璃板,即可实现玻璃板切割,切割厚度可达几十mm。



1. 一种激光切割光学系统,其特征在于:包括设置在激光出射光路中的单轴扫描镜组(1)、固定镜组(2)、调焦镜组(3)、平场聚焦镜组(4)及光楔(5);

所述单轴扫描镜组用于对入射光束进行高速单向扫描;

所述固定镜组(2)与调焦镜组(3)共同构成调焦整形系统,固定镜组(2)位置固定,调焦镜组(3)能够沿光轴方向移动;

所述平场聚焦镜组(4)位于单轴扫描镜组(1)或固定镜组(2)与调焦镜组(3)构成的调焦整形系统的出射光路中,用于实现激光聚焦;

所述光楔(5)位于平场聚焦镜组(4)的出射光路中,用于将入射光束进行折转聚焦至待切割玻璃板待切割位置。

2. 根据权利要求1所述的激光切割光学系统,其特征在于:单轴扫描镜组(1)、固定镜组(2)、调焦镜组(3)沿激光出射光路依次设置;

或,

固定镜组(2)、调焦镜组(3)及单轴扫描镜组(1)沿激光出射光路依次设置。

3. 根据权利要求2所述的激光切割光学系统,其特征在于:固定镜组(2)包括沿光路依次设置的第一透镜和第二透镜,其中第一透镜为凹面朝向光束出射方向的弯月透镜,第二透镜为双凹透镜;调焦镜组(3)包括沿光路依次设置的第三透镜和第四透镜,其中第三透镜为双凹透镜,第四透镜为双凸透镜。

4. 根据权利要求3所述的激光切割光学系统,其特征在于:平场聚焦镜组(4)包括沿光路依次设置的第五透镜、第六透镜、第七透镜和一个窗口片,其中第五透镜为凹面朝向光束入射方向的弯月透镜,第六透镜为凹面朝向光束入射方向的弯月透镜,第七透镜为双凸透镜。

5. 根据权利要求4所述的激光切割光学系统,其特征在于:调焦镜组(3)在固定镜组(2)和平场聚焦镜组(4)之间延光轴方向移动,固定镜组(2)与调焦镜组(3)之间间隔变化为116.16mm—136.16mm,调焦镜组(3)与平场聚焦镜组(4)之间间隔变化为42.10mm—62.10mm,平场聚焦镜组(4)与光楔(5)之间间隔为38.28mm。

6. 根据权利要求5所述的激光切割光学系统,其特征在于:第一透镜和第二透镜之间的间隔为25.54mm;第三透镜和第四透镜之间的间隔为3.45mm;第五透镜和第六透镜之间间隔为1.25mm,第六透镜和第七透镜之间间隔为4.85mm。

7. 根据权利要求6所述的激光切割光学系统,其特征在于:第一透镜两个球面的曲率半径分别为16.22mm和89.78mm,第一透镜中心厚度2.40mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

第二透镜两个球面的曲率半径分别为-9mm和9mm,第二透镜中心厚度2.09mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

8. 根据权利要求7所述的激光切割光学系统,其特征在于:第三透镜两个球面的曲率半径分别为-326.8mm和95mm,第三透镜中心厚度4.44mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

第四透镜两个球面的曲率半径分别为176.65mm和-48.86mm,第四透镜中心厚度6.28mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

9. 根据权利要求8所述的激光切割光学系统,其特征在于:第五透镜两个球面的曲率半

径分别为-43.72mm和-183.55mm,第五透镜中心厚度8.63mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

第六透镜两个球面的曲率半径分别为-115.63mm和-55.56mm,第六透镜中心厚度11.5mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

第七透镜两个球面的曲率半径分别为655.26mm和-205.15mm,第七透镜中心厚度7.5mm,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

10. 根据权利要求9所述的激光切割光学系统,其特征在于:光楔(5)楔角在 $20^\circ-50^\circ$ 之间,材料为熔融石英,其折射率为 $N_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

11. 一种基于上述激光切割光学系统的玻璃切割方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、放置待切割玻璃板;

将待切割玻璃板放置在激光切割光学系统出射光路中,调整待切割玻璃板位置,使得待切割玻璃板上表面与激光切割光学系统基准光轴平行;定义待切割玻璃板的长度方向为x向,宽度方向为y向,厚度方向为z向;

步骤2、切割;

开启激光器,激光束经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在待切割玻璃板上表面;单轴扫描镜组开始旋转扫描,聚焦光斑从待切割玻璃板上表面沿z向向下表面移动,同时控制调焦镜组沿基准光轴方向移动,完全补偿因单轴扫描镜组扫描,使得聚焦光斑沿基准光轴方向的偏移量;在待切割玻璃板内部沿z向形成一条聚焦光斑扫描线;

步骤3、利用运动机构沿y向移动玻璃板,实现玻璃板切割。

12. 一种基于上述激光切割光学系统的玻璃切割方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、放置待切割玻璃板;

将待切割玻璃板放置在激光切割光学系统出射光路中,调整待切割玻璃板位置,使得待切割玻璃板上表面与激光切割光学系统基准光轴平行;定义待切割玻璃板的长度方向为x向,宽度方向为y向,厚度方向为z向;

步骤2、切割;

开启激光器,激光束经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在待切割玻璃板上表面,单轴扫描镜组开始旋转扫描,聚焦光斑从待切割玻璃板上表面向下表面移动,同时控制调焦镜组沿基准光轴方向的移动速度及移动量,不完全补偿因单轴扫描镜组扫描,使得聚焦光斑沿基准光轴方向的偏移量;在待切割玻璃板内部形成一条聚焦光斑扫描线,该条扫描线形貌随单轴扫描镜组扫描速度与调焦镜组移动速度的匹配关系变化;

步骤3、配合运动机构沿y向移动玻璃板,即可实现玻璃板切割,且切割面可变化。

一种激光切割光学系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工技术领域,具体涉及一种激光切割光学系统及方法。

背景技术

[0002] 随着我国经济的不断发展,玻璃在我国各行各业的需求日益旺盛,建筑、汽车、电子行业需求尤甚。玻璃自身具有硬脆的特性,传统方法采用硬质合金或金刚石刀具切割,在玻璃表面划出一条刻痕,再通过机械手段将玻璃延刻痕分隔开,这种加工方法存在边缘不平滑及有微裂纹等问题,且玻璃材料边缘存在不对称边缘应力及残留碎屑,随着当今市场对玻璃制品的品质要求越来越高,传统玻璃切割方法已很难满足要求。

[0003] 玻璃是无机材料,热传导率很低,理论上讲,采用激光切割玻璃是一种有效加工方法,国内外针对激光切割玻璃技术已研究多年,并且在汽车、电子等行业实现了工程应用。目前激光切割玻璃方法通常采用锥透镜形成贝塞尔光束对玻璃进行扫描切割,基于贝塞尔光束长焦深的优势,可实现一定厚度玻璃高质量切割,切口崩边可达到微米级,极大满足了电子、汽车等行业对高端玻璃制品的需求。

[0004] 然而,锥透镜形成的贝塞尔光束焦深有限,导致玻璃切割的厚度很难进一步提升,而在汽车等行业对于厚板玻璃制品需求强烈,激光切割厚板玻璃存在技术瓶颈。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提出一种激光切割光学系统及基于该系统的玻璃切割方法,通过焦点单线扫描和多焦点聚焦配合实现在玻璃内部形成与玻璃表面垂直的线聚焦(角度可调),移动玻璃板实现切割,本发明不仅可提升切割玻璃的厚度,也可实现切口角度可调的玻璃切割。克服现有采用贝塞尔光束无法进一步提升玻璃切割厚度的难题。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种激光切割光学系统,其特殊之处在于:包括设置在激光出射光路中的单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组及光楔;

[0008] 所述单轴扫描镜组用于对入射光束进行高速单向扫描;

[0009] 所述固定镜组与调焦镜组共同构成调焦整形系统,固定镜组位置固定,调焦镜组能够沿光轴方向移动,通过调整调焦镜组,调节入射光束焦点沿基准光轴轴向距离,补偿因单轴扫描镜组扫描,使得聚焦光斑沿基准光轴方向的偏移量;

[0010] 所述平场聚焦镜组位于单轴扫描镜组或固定镜组与调焦镜组构成的调焦整形系统出射光路中,用于实现激光聚焦;

[0011] 所述光楔位于平场聚焦镜组的出射光路中,用于将入射光束进行折转聚焦至待切割玻璃板上表面。

[0012] 进一步地,单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组沿激光出射光路依次设置。

[0013] 进一步地,固定镜组、调焦镜组及单轴扫描镜组沿激光出射光路依次设置。

[0014] 进一步地,固定镜组包括沿光路依次设置的第一透镜和第二透镜,其中第一透镜

为凹面朝向光束出射方向的弯月透镜,第二透镜为双凹透镜;调焦镜组包括沿光路依次设置的第三透镜和第四透镜,其中第三透镜为双凹透镜,第四透镜为双凸透镜。

[0015] 进一步地,平场聚焦镜组包括沿光路依次设置的第五透镜、第六透镜、第七透镜和一个窗口片,其中第五透镜为凹面朝向光束入射方向的弯月透镜,第六透镜为凹面朝向光束入射方向的弯月透镜,第七透镜为双凸透镜。

[0016] 进一步地,调焦镜组在固定镜组和平场聚焦镜组之间延光轴方向移动,固定镜组与调焦镜组之间间隔变化为116.16mm—136.16mm,调焦镜组与平场聚焦镜组之间间隔变化为42.10mm—62.10mm,平场聚焦镜组与光楔之间间隔为38.28mm。

[0017] 进一步地,第一透镜和第二透镜之间的间隔为25.54mm;第三透镜和第四透镜之间的间隔为3.45mm;第五透镜和第六透镜之间间隔为1.25mm,第六透镜和第七透镜之间间隔为4.85mm。

[0018] 进一步地,第一透镜两个球面的曲率半径分别为16.22mm和89.78mm,第一透镜中心厚度2.40mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

[0019] 第二透镜两个球面的曲率半径分别为-9mm和9mm,第二透镜中心厚度2.09mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0020] 进一步地,第三透镜两个球面的曲率半径分别为-326.8mm和95mm,第三透镜中心厚度4.44mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

[0021] 第四透镜两个球面的曲率半径分别为176.65mm和-48.86mm,第四透镜中心厚度6.28mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0022] 进一步地,第五透镜两个球面的曲率半径分别为-43.72mm和-183.55mm,第五透镜中心厚度8.63mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

[0023] 第六透镜两个球面的曲率半径分别为-115.63mm和-55.56mm,第六透镜中心厚度11.5mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;

[0024] 第七透镜两个球面的曲率半径分别为655.26mm和-205.15mm,第七透镜中心厚度7.5mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0025] 进一步地,光楔楔角在 20° - 50° 之间,根据切割玻璃厚度变化,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0026] 本发明还提供一种基于上述激光切割光学系统的玻璃切割方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:

[0027] 步骤1、放置待切割玻璃板;

[0028] 将待切割玻璃板放置在激光切割光学系统出射光路中,调整待切割玻璃板位置,使得待切割玻璃板上表面与激光切割光学系统基准光轴平行;定义待切割玻璃板的长度方向为x向,宽度方向为y向,厚度方向为z向;

[0029] 步骤2、切割;

[0030] 开启激光器,激光束经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在待切割玻璃板上表面;单轴扫描镜组开始旋转扫描,聚焦光斑从待切割玻璃板上表面沿z向向下表面移动,同时控制调焦镜组沿基准光轴方向移动,完全补偿因单轴扫描镜组扫描,使得聚焦光斑沿基准光轴方向(x方向)的偏移量;此时在待切割玻璃板内部沿待切割玻璃板法向(z向)形成一条聚焦光斑扫描线;

[0031] 步骤3、利用运动机构沿y向移动玻璃板,即可实现玻璃板切割,且切割面与待切割玻璃板表面垂直。

[0032] 本发明还提供另一种基于上述激光切割光学系统的玻璃切割方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:

[0033] 步骤1、放置待切割玻璃板;

[0034] 将待切割玻璃板放置在激光切割光学系统出射光路中,使得待切割玻璃板上表面与激光切割光学系统基准光轴平行;

[0035] 步骤2、切割;

[0036] 开启激光器,激光束经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在待切割玻璃板上表面,单轴扫描镜组开始旋转扫描,聚焦光斑从待切割玻璃板上表面向下表面移动,同时控制调焦镜组沿基准光轴方向的移动速度与移动量,使得聚焦光斑沿基准光轴方向(x方向)移动;不完全补偿因单轴扫描镜组扫描,使得聚焦光斑沿基准光轴方向(x方向)的偏移量;此时可在待切割玻璃板内部形成一条聚焦光斑扫描线,该条扫描线形貌可随单轴扫描镜组扫描速度与调焦镜组移动速度的匹配关系变化;可以是与z向之间具有夹角 θ 的斜线, $\theta \neq 90^\circ$;也可以是任意曲线。

[0037] 步骤3、配合运动机构沿y向移动玻璃板,即可实现玻璃板切割,且切割面可变化。

[0038] 本发明的有益效果是:

[0039] 1、本发明通过采用扫描镜组可以使激光焦点延切割深度方向(z向)大角度扫描,实现在玻璃内部形成沿切割深度方向的线聚焦,移动玻璃即可实现切割,切割厚度可达几十mm,相比于利用贝塞尔光束的切割厚度(最厚可实现5mm的切割),提升了切割厚度;

[0040] 2、本发明根据单轴扫描镜组扫描速度,通过调节调焦镜组移动速度,补偿单轴扫描镜组导致的焦点沿x方向的偏移,通过完全补偿,可以保证切割面与玻璃板表面垂直,通过部分补偿,使得切割面面形可变。

附图说明

[0041] 图1为本发明激光切割光学系统光路原理示意图;

[0042] 图中附图标记为:

[0043] 1-单轴扫描镜组,2-固定镜组,3-调焦镜组,4-平场聚焦镜组,5-光楔。

具体实施方式

[0044] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合说明书附图对本发明的具体实施方式做详细的说明,显然所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明的保护的范围。

[0045] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0046] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语中的“上、下、x、y、z”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指

示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一、第二或第三等”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0047] 如图1所示,本实施例激光切割光学系统从激光入射方向开始,依次包括单轴扫描镜组1、固定镜组2、调焦镜组3、平场聚焦镜组4及光楔5。在其他实施例中单轴扫描镜组1也可放置在调焦镜组3和平场聚焦镜组4之间。

[0048] 单轴扫描镜组1为高速电机带动的反射镜组,可实现入射光束高速单向扫描;

[0049] 固定镜组2包括沿光路依次设置的第一透镜和第二透镜,其中第一透镜为弯月透镜,第二透镜为双凹透镜,两者间隔为25.54mm;第一透镜两个球面的曲率半径分别为16.22mm和89.78mm,第一透镜中心厚度2.40mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;第二透镜两个球面的曲率半径分别为-9mm和9mm,第二透镜中心厚度2.09mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0050] 调焦镜组3包括沿光路依次设置的第三透镜和第四透镜,其中第三透镜为双凹透镜,第四透镜为双凸透镜,两者间隔为3.45mm;第三透镜两个球面的曲率半径分别为-326.8mm和95mm,第三透镜中心厚度4.44mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;第四透镜两个球面的曲率半径分别为176.65mm和-48.86mm,第四透镜中心厚度6.28mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0051] 平场聚焦镜组4包括沿光路依次设置的第五透镜、第六透镜、第七透镜和一个窗口片,其中第五透镜为弯月透镜,第六透镜为弯月透镜,第七透镜为双凸透镜,第五透镜和第六透镜之间间隔为1.25mm,第六透镜和第七透镜之间间隔为4.85mm。

[0052] 第五透镜两个球面的曲率半径分别为-43.72mm和-183.55mm,第五透镜中心厚度8.63mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;第六透镜两个球面的曲率半径分别为-115.63mm和-55.56mm,第六透镜中心厚度11.5mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68;第七透镜两个球面的曲率半径分别为655.26mm和-205.15mm,第七透镜中心厚度7.5mm,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0053] 光楔5的楔角在 20° - 50° 之间,根据切割玻璃厚度变化,材料为熔融石英,其折射率为 $n_d=1.45$,阿贝数 V_d 为68。

[0054] 调焦镜组3在固定镜组2和平场聚焦镜组4之间延光轴方向移动,固定镜组2与调焦镜组3之间间隔变化为116.16mm—136.16mm,调焦镜组3与平场聚焦镜组4之间间隔变化为42.10mm—62.10mm,平场聚焦镜组4与光楔5之间间隔为38.28mm。

[0055] 基于上述系统,可通过下述方法实现厚板玻璃的切割,切割面与玻璃板表面垂直:

[0056] 首先将待切割玻璃板放置在激光切割系统的后端,保证待切割玻璃板上表面与激光切割系统基准光轴平行;定义待切割玻璃板的长度方向为x向,宽度方向为y向,厚度方向为z向。

[0057] 之后,开启激光器,激光束依次经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在待切割玻璃板上表面,单轴扫描镜组开始旋转扫描,聚焦光斑从待切割玻璃板上表面沿z向向下表面移动,同时调焦镜组沿基准光轴方向移动,完全补偿因单轴扫描镜组扫描,使得聚焦光斑沿基准光轴方向(x方向)的偏移量;此时在待切

割玻璃板内部延玻璃板法向(z向)形成一条聚焦光斑扫描线。配合运动机构沿y向移动待切割玻璃板,即可实现玻璃板切割,且切割面与玻璃板表面垂直。

[0058] 调焦镜组沿光轴方向的移动距离,可以通过预先标定获知:标定时,先不移动调焦镜组补偿而直接切割,然后测量切线延基准光轴方向偏移量,从而确定调焦组的移动距离。

[0059] 基于上述系统,通过下述方法实现切割面面形可变化的厚板玻璃切割:

[0060] 首先将待切割玻璃板放置在激光切割系统的后端,保证待切割玻璃板上表面与激光切割系统基准光轴平行;

[0061] 之后,开启激光器,激光束依次经单轴扫描镜组、固定镜组、调焦镜组、平场聚焦镜组后,由光楔对光束进行折转聚焦在待切割玻璃板上表面,单轴扫描镜组开始旋转扫描,聚焦光斑从待切割玻璃板上表面沿z向向下表面移动,同时控制调焦镜组沿基准光轴方向的移动速度与移动量,匹配单轴扫描镜组扫描速度和调焦镜组移动速度,不完全补偿延基准光轴方向的聚焦光斑移动,此时可在玻璃板内部形成一条聚焦光斑扫描线,该条扫描线形貌可随单轴扫描镜组扫描速度与调焦镜组移动速度的匹配关系变化。可以是与z向之间具有夹角 θ 的斜线, $\theta \neq 90^\circ$,也可以是曲线等。配合运动机构移动玻璃板,即可实现玻璃板切割,且切割面可变化。

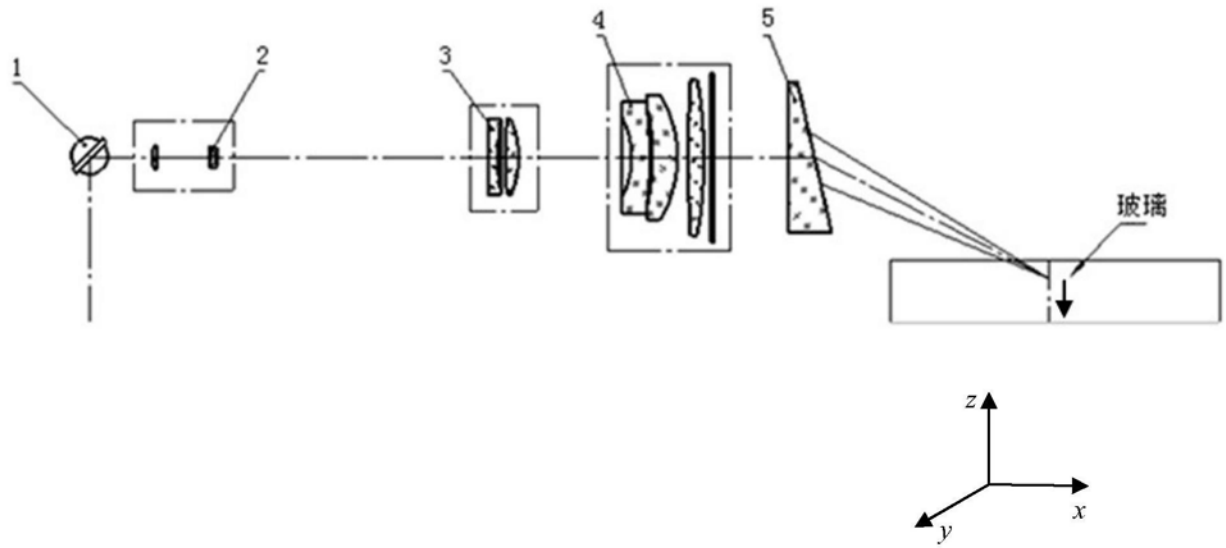


图1