



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102294543 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 09

(21) 申请号 201110169436. X

(22) 申请日 2011. 06. 22

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 季凌飞 陈晓川 鲍勇 林琳

高岳 蒋毅坚

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 刘萍

CN 101551327 A, 2009. 10. 07,

CN 200962029 Y, 2007. 10. 17, 全文.

US 2003/0111446 A1, 2003. 06. 19, 全文.

杨伟. 高精激光切割的理论及应用技术研究. 《中国优秀硕士论文全文数据库(电子期刊)信息科技辑》. 2010, I 35-42.

束继祖等. 测量透明位相物场的激光纹影-散斑干涉系统(英文). 《流体力学实验与测量》. 1991, 第 5 卷(第 1 期), 第 51-58 页.

审查员 刘翠

(51) Int. Cl.

B23K 26/03(2006. 01)

B23K 26/70(2014. 01)

(56) 对比文件

CN 101403608 A, 2009. 04. 08,

CN 101435698 A, 2009. 05. 20,

CN 1405554 A, 2003. 03. 26, 全文.

CN 200962029 Y, 2007. 10. 17,

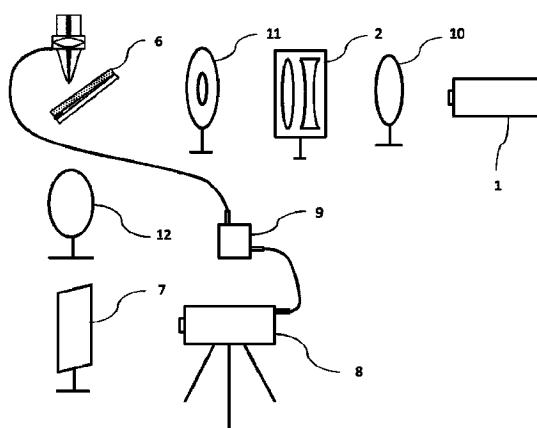
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种观察激光切割材料过程中透明熔融层的方法

(57) 摘要

本发明是一种观察激光切割材料过程中透明熔融层的方法,属于材料加工领域。本发明所用装置包括可见光波段指示用激光器、衰减镜、扩束准直系统、光阑、由待切割材料、垫片、透明材料构成的楔状物、扩束镜、光屏、每秒拍摄 1000 帧以上高速摄像机和同步装置。将楔状物固定在机床上,其他装置固定在平台上,经调试使指示用激光器发射的激光照射到待切割材料切面,在反射光方向透过扩束镜,使用光屏接收干涉条纹,并由同步装置使切割开始时高速摄像机拍摄光屏,记录反应熔融层形成与形貌变化的干涉条纹,实现对激光切割中,透明熔融层的观察。该发明能够直接应用于现有激光切割设备上,能方便进行在线观察切割中的熔融层变化,且装配、拆卸简单。



1. 一种观察激光切割透明熔融层的方法,其特征在于,应用如下装置依次包括:具有可见光波段指示用激光器(1)、扩束准直系统(2)、由待切割材料(3)、垫片(4)和透明材料(5)构成的楔状物(6)、光屏(7)、每秒记录 1000 帧以上高速摄像机(8)与同步装置(9);

该方法包括以下步骤:

1) 在紧贴的待切割材料(3)与透明材料(5)一端边缘塞入垫片(4),使待切割材料(3)与透明材料(5)之间夹角成 $3'$ 至 $15'$,将三者夹紧,即构成楔状物(6),将楔状物(6)固定在机床上;

2) 指示用激光器(1)发射出的激光通过扩束准直系统(2)与光阑(11),使光斑照射到待切割材料(3)切面上,并在反射光方向上设置光屏(7);通过调整光路系统,在光屏(7)上获得清晰的干涉条纹;

3) 对待切割材料(3)进行激光切割,通过同步装置(9)在切割开始时控制高速摄像机(8)拍摄光屏(7)记录干涉条纹变化。

2. 根据权利要求 1 所述方法,其特征在于:上述同步装置(9)为由继电器及驱动电路(13)、外部电源(14)构成的装置,用于将激光开始切割时机床的同步信号传递给高速摄像机(8)。

3. 根据权利要求 1 所述方法,其特征在于:在具有可见光波段指示用激光器(1)与扩束准直系统(2)中加入衰减镜(10),用以调整指示用激光器发射出的激光的强度。

4. 根据权利要求 1 所述方法,其特征在于:在扩束准直系统(2)与楔状物(6)之间加入光阑(11),用以截取指示用激光器发射出的激光光斑中均匀的部分,并调整照射在切面上的光斑大小。

5. 根据权利要求 1 所述方法,其特征在于:在楔状物(6)与光屏之间加入扩束镜(12),用于扩大光屏上干涉条纹光斑的直径。

一种观察激光切割材料过程中透明熔融层的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种观察激光切割透明熔融层的方法,属于材料加工领域。

背景技术

[0002] 由于加工高速、非应力接触等优势,激光现在被大量应用于各种材料的切割之中。随着该项技术的发展,对切缝质量的要求越来越高,尤其是在精细切割领域。在激光切割过程中,熔融层的形成和变化对于切面形貌的改善、切面粗糙度的降低乃至整体切割质量具有直接的影响作用,如果能够在切割过程中实时观察到熔融层的形成与变化状态,对于优化切割工艺,提高切割质量将具有十分重大的意义。使用高速摄像是目前观察激光切割过程的常用手段之一,但由于激光切割过程中,切缝过于狭小,无法直接观察切缝内部的熔凝层变化。因此该方法大多只能通过观察拍摄切割过程中的熔渣飞溅、等离子体状态等间接分析方式,来获得切割过程信息,无法直接反映切割中熔融层的形成与变化。另外,少数几篇文献报道了使用高速摄像对金属材料激光切割中切缝熔融层的直接观察,其主要方式有两种,一种是沿切割方向观察,摄像方向对准切缝,观察切割前沿的熔凝层变化。如 Arata 等人在 Transactions of JWRI 期刊上发表的论文,通过这种方法观察低碳钢切割过程中切割前沿熔化物质的形成过程。另一种就是对材料的边缘进行切割,观察切面熔融层的变化。如 Fushimi 等人在 Proceedings of SPIE 发表的论文中,他们使用高速摄像机通过滤光镜直接观察钢板切面的形貌变化。另外, Yudin P. V. 等人发表在 Proceedings of SPIE 中通过在待切割的低温合金材料边缘放置透明玻璃,并在待切割材料与玻璃中间涂抹真空油的方式,使用高速摄像观察切面熔融层的形貌变化。这种方式能够有效地减小激光的反射与熔渣飞溅对于高速摄像的影响,并能够通过外部补光来调整视野的亮度。这种切面观察切面形貌变化的方法能够提供更加清晰地视角,观察到熔融物质从熔化到凝固的整个过程,以及切割条纹的产生过程。

[0003] 但是对于陶瓷、单晶等非金属材料,特别是有机非金属材料的激光切割,该方法并不适用。因为该类材料的熔融层或其材料本身是透明的,使用包括高速摄像等直接观察方法很难观察到熔融层在切割过程中的形成及形貌变化。因此针对该类材料的特性,寻找一种结构简单,使用范围广,并且容易在现有激光切割设备上上进行搭设与拆卸的,可直接实时观察激光切割过程中熔融层的形貌变化的方法,以提高对切缝质量的控制是十分必要的。该问题的解决,将对陶瓷、单晶、高分子等无机 / 有机材料的激光高质量切割,尤其是精细切割具有重要的意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种观察激光切割透明熔融层的方法,其装置能够通过简单的装配与拆卸,实现对透明熔融层切割过程中的产生过程与形貌变化的观察。

[0005] 为了达到上述目的,本发明提供了一种观察激光切割透明熔融层的方法,其特征在于,应用如下装置依次包括:依次包括具有可见光波段指示用激光器、扩束准直系统、由

待切割材料、垫片和透明材料构成的楔状物、光屏、每秒记录 1000 帧以上高速摄像机和同步装置。并按照图 1 顺序放置。

[0006] 同步装置是由继电器及其驱动电路、外部电源构成的装置,用于将激光开始切割时机床的同步信号传递给高速摄像机,结构示意图见图 2。另外,可在指示用激光器与扩束准直系统中加入衰减镜,用以调整指示用激光器发射出的激光的强度。

[0007] 可在扩束准直系统与楔状物之间加入光阑,用以截取指示用激光器发射出的激光光斑中较均匀的部分,并调整照射在切面上的光斑大小。可在楔状物与光屏之间加入扩束镜,用于扩大光屏上干涉条纹光斑的直径,使之更加便于观察。

[0008] 使用上述装置,可以在激光切割过程中,配合机床的运动完成透明熔融层形成及形貌变化的观察,基本过程是:使用待切割材料、透明材料及垫片组成楔状物,固定在机床上;设定切割路径,确定观察范围;对指示用激光器发射出的激光进行扩束准直,作用于楔状物上,通过调试光路,在光屏上获得干涉条纹;通过同步装置控制切割开始时高速摄像机记录干涉条纹变化。

[0009] 其具体过程如下:

[0010] 1) 将紧贴的待切割材料 3 与透明材料 5 一端边缘塞入垫片 4,使待切割材料 3 与透明材料 5 之间形成 $3'$ 至 $15'$ 的夹角,将三者夹紧,即构成楔状物 6,见图 3。将楔状物 6 固定在机床上;

[0011] 2) 指示用激光器 1 发射出的激光经衰减镜后,通过扩束准直系统 2 与光阑 11,使光斑照射到待切割材料 3 切面上,并在反射光方向,安置扩束镜 12 与光屏 7。通过调整光路系统,在光屏 7 上获得干涉条纹;

[0012] 3) 对待切割材料 3 进行激光切割,通过同步装置 9 在切割开始时控制高速摄像机 8 拍摄光屏 7,记录干涉条纹变化。

[0013] 与现有文献及发明相比,本发明具有的有益效果是:

[0014] 1、实现了对激光切割过程中透明熔融层的观察,而且同样适用于对非透明熔融层物质的观察分析。

[0015] 2、可以方便地在线观察切割过程中熔融层的形成与变化,实时调整激光切割工艺,提高切割质量;

[0016] 3、安装拆卸简单,对激光器没有类型要求,能够用于现有的激光切割设备上。

附图说明:

[0017] 图 1 为装置示意图

[0018] 图 2 为同步装置结构示意图

[0019] 图 3 为楔状物示意图

[0020] 图 4 为原始切面轮廓

[0021] 图 5 为优化后切面轮廓

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明作进一步说明:

[0023] 楔状物由三部分构成:待切割材料 3、垫片 4 和透明材料 5。将规格类似的待切割

材料 3 与透明材料 5 紧贴在一起,在一端塞入垫片 4 并将三者夹紧。即在待切割材料 3 与透明材料 5 之间形成了一层楔状空气层,待切割材料 3 与透明材料 5 的夹角为 $3'$ 至 $15'$ 。将待切割材料 3 切面平行于切割激光出光方向放置,并固定在机床上,如图 3 所示,图中箭头方向为切割方向。图 1 中除楔状物 6 与同步装置 9 外,其他装置均固定在同一平台上。指示用激光器 1 发射出的激光首先通过衰减镜 10,之后通过扩束准直系统 2,将激光的光斑直径扩大并仍然保持为平行光,通过光阑 11 截取光斑中间部分,照射到楔状物 6 上。指示用激光器 1 发射出的激光通过在透明材料 5 表面与待切割材料 3 切面两次反射形成干涉,干涉条纹经过扩束镜 12 被放大后,最终被光屏 7 接收。通过同步装置 9 使高速摄像机 8 在切割开始时记录干涉条纹变化。通过后期对条纹的分析,优化切割工艺,从而达到提高切割效果的目的。

[0024] 应用实例 1:

[0025] 对规格为 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 1\text{mm}$ 的 Al_2O_3 陶瓷基板,在厚度 1mm 方向进行切割,观察在切割过程中切割路径中央位置熔融层的变化。

[0026] 具体步骤:

[0027] (1) 规格为 $50\text{mm}\times 5\text{mm}\times 2\text{mm}$ 的玻璃,其 $50\text{mm}\times 5\text{mm}$ 面为玻璃的抛光面,将玻璃 $50\text{mm}\times 5\text{mm}$ 面与陶瓷切面,即 $50\text{mm}\times 1\text{mm}$ 面紧贴在一起,之后在其一端,塞入厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 的垫片,陶瓷与玻璃夹角为 $7'$ 。并将三者使用卡具,固定在激光切割设备的水平运动轴 Y 轴上,楔状物切割路径与水平运动轴 X 轴平行。

[0028] (2) 本激光切割设备的激光切割头固定在水平运动轴 X 轴上。在本切割过程中,切割路径全程在楔状物的内部,陶瓷与玻璃界面靠近陶瓷材料一侧。将激光切割头移动到切割路径的初始位置。将指示用激光器、衰减镜、扩束准直系统、光阑、扩束镜、光屏等器件固定在机床旁的平台上,通过调整光路,使直径为 1mm 的指示用激光器发射出的激光光斑照射在材料切割路径的中央,并在光屏上观察到清晰的干涉条纹。

[0029] (3) 固定高速摄像机,使它能够拍摄到干涉条纹,将高速摄像机帧数调整至 6000 帧每秒,并通过同步装置与机床相连接。切割开始时,机床同步信号通过同步装置传输给高速摄像机使之开始对干涉条纹进行拍摄,保证记录的同步性。在切割过程中,机床水平运动轴 Y 轴不动,只有装载有激光切割头的水平运动轴 X 轴移动,因此切割过程中,待切割材料与平台上的光路均保持不动,指示用激光器发射出的激光光斑一直照射在陶瓷切割路径的正中央位置。

[0030] (4) 切割完成后,对高速摄像机拍摄的干涉条纹进行分析。干涉条纹在切割激光通过指示用激光器发射出的激光光斑时变化较为剧烈。之后干涉条纹明暗间距变化仍较为混乱。经测量,待切割材料切面表面粗糙度为 $7.282\ \mu\text{m}$ 。

[0031] (5) 通过对干涉条纹的具体分析,确定熔融层对切面形貌的影响。通过降低切割速度与切割激光输出功率,并同时提高切割输出功率对切割速度的比值,优化切割工艺参数,再次对该材料进行切割,并使用高速摄像机对干涉条纹进行记录。在本次切割过程中,干涉条纹在切割激光通过指示用激光器发射出的光斑时变化仍较为剧烈,但之后干涉条纹明暗间距变化较上次较为一致。经测量,待切割材料切面表面粗糙度为 $3.951\ \mu\text{m}$ 。通过该方法对切割过程中熔融层的观察与分析,调整切割工艺,提高了切割质量。

[0032] 应用实例 2:

[0033] 对规格为 $100\text{mm}\times 50\text{mm}\times 5\text{mm}$ 的有机玻璃板,在厚度 5mm 方向进行切割,观察在切割过程中切割前沿后方 3mm 固定位置的熔融层变化。

[0034] (1) 规格为 $100\text{mm}\times 5\text{mm}\times 2\text{mm}$ 的玻璃,其 $100\text{mm}\times 5\text{mm}$ 面为玻璃的抛光面,将玻璃 $100\text{mm}\times 5\text{mm}$ 面与有机玻璃板切面,即 $100\text{mm}\times 5\text{mm}$ 面紧贴在一起,之后在其一端,塞入厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 的垫片,使二者夹角为 $3.5'$ 。并将三者使用卡具,固定在激光切割设备的水平运动轴 Y 轴上,楔状物切割路径与水平运动轴 Y 轴平行。

[0035] (2) 本激光切割设备的激光切割头固定在水平运动轴 X 轴上。在本切割过程中,切割路径全程在楔状物的内部,有机玻璃板与玻璃界面靠近有机玻璃板一侧。将激光切割头移动到切割路径的初始位置,楔状物内部,距材料边缘 5mm 。将指示用激光器、衰减镜、扩束准直系统、光阑、扩束镜、光屏等器件固定在机床旁的平台上,通过调整光路,使直径为 3mm 的指示用激光器发射出的激光光斑照射在距当前激光切割头 3mm ,距待切割材料边缘 2mm 位置处,并在光屏上观察到清晰的干涉条纹。

[0036] (3) 固定高速摄像机,使它能够拍摄到干涉条纹,将高速摄像机帧数调整至 6000 帧每秒,并通过同步装置与机床相连接。切割开始时,同步信号通过同步装置传输给高速摄像机使之开始对干涉条纹进行拍摄,保证记录的同步性。在切割过程中,机床水平运动轴 X 轴不动,只有装载楔状物的水平运动轴 Y 轴移动,因此切割过程中,激光切割头与平台上的光路均保持不动,指示用激光器发射出的激光光斑一直照射在切割前沿后方 3mm 位置。

[0037] (4) 切割完成后,对高速摄像机拍摄的干涉条纹进行分析。干涉条纹时而变化剧烈,时而变化较小,且呈明显周期性,表明材料表面出现了周期性条纹,如图 4 表示为材料表面轮廓。

[0038] (5) 通过对干涉条纹的具体分析,确定熔融层对切面形貌的影响。通过降低激光切割速度,并提高辅助气体压力,优化切割工艺参数,再次对该材料进行切割,并使用高速摄像机干涉条纹进行记录。在本次切割过程中,干涉条纹在整个切割激光过程中变化均较小。经测量,有机玻璃切面较为平整,如图 5。通过该方法对切割过程中熔融层的观察与分析,调整切割工艺,提高了切割质量。

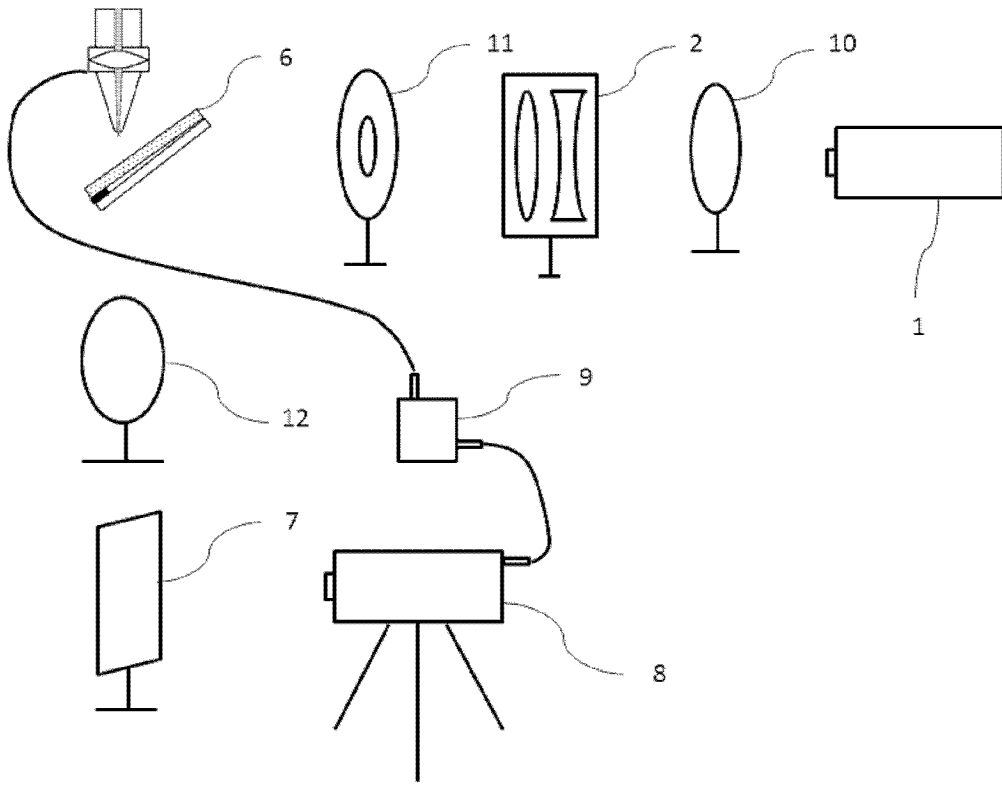


图 1

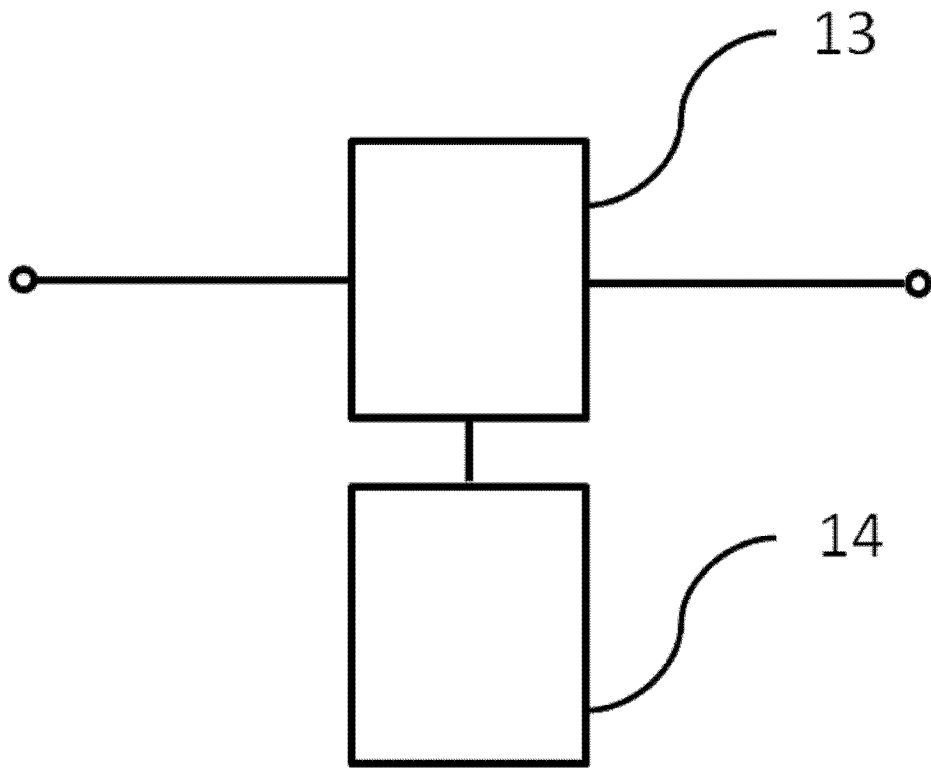


图 2

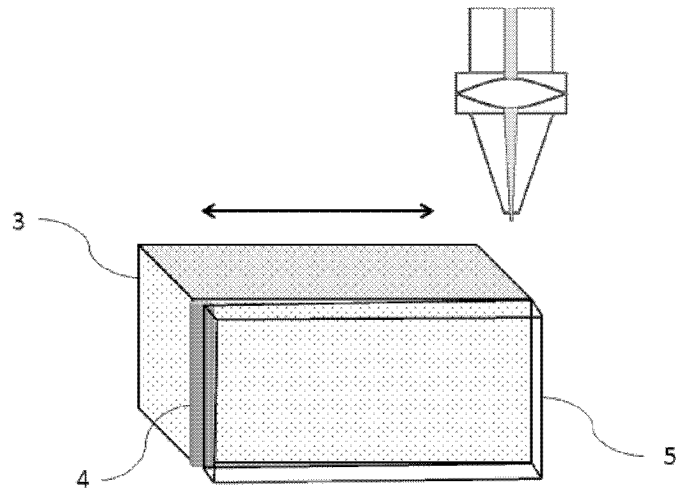


图 3

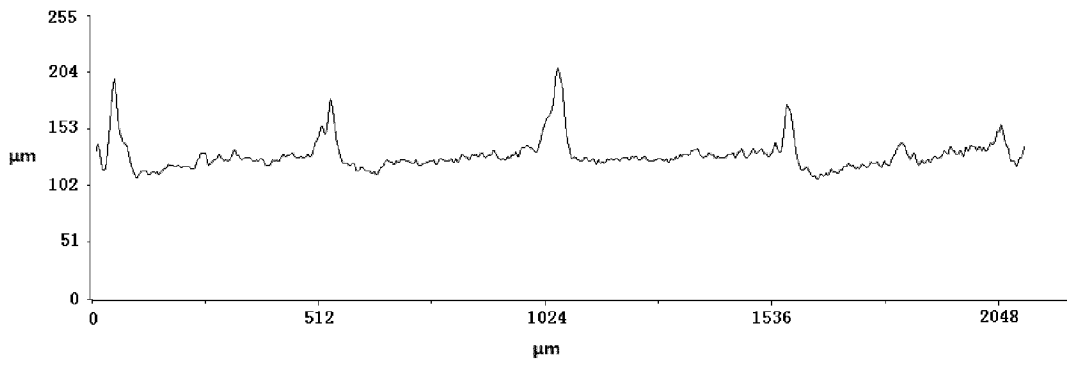


图 4

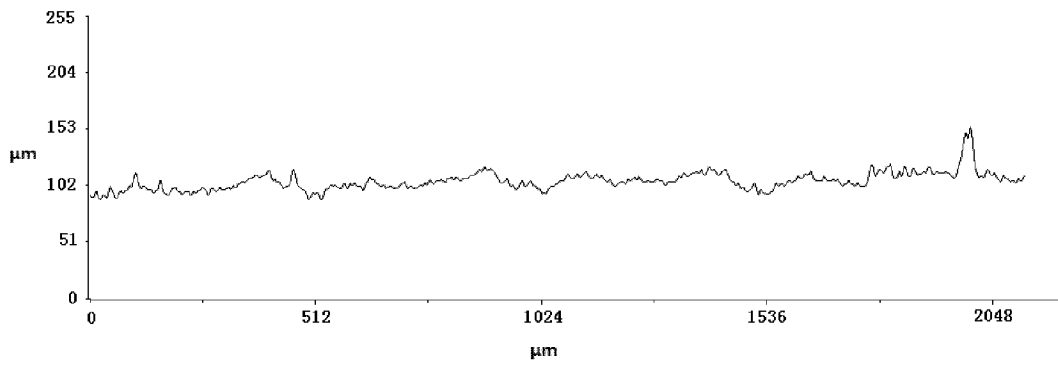


图 5