



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105739232 B

(45)授权公告日 2018.01.16

(21)申请号 201610118509.5

审查员 黄伟

(22)申请日 2016.03.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105739232 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(73)专利权人 中国科学院上海应用物理研究所

地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 邓彪 王玉丹 任玉琦 王飞翔 肖体乔

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司 31002

代理人 邓琪 杨希

(51)Int.Cl.

G03B 42/02(2006.01)

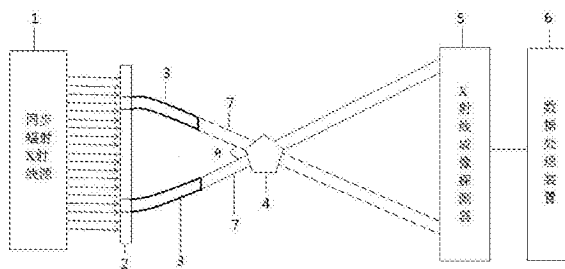
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统及成像方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统及成像方法,其中,所述系统包括同步辐射X射线源;设置在所述同步辐射X射线源输出侧的具有两个通光孔的光阑;两个分别安装在所述光阑的两个所述通光孔处的毛细管装置;设置在通过所述毛细管装置后的两束光束的相交位置处的用于放置样品的样品台;设置在所述样品台一侧的X射线成像探测器;以及与所述X射线成像探测器连接的数据处理装置。与传统X射线CT技术相比,本发明成像的时间分辨率大大提升,可以进行实时成像,并降低了样品受辐射的剂量。



1. 一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,所述系统包括:
同步辐射X射线源;
设置在所述同步辐射X射线源输出侧的具有两个通光孔的光阑,其将所述同步辐射X射线源输出的同步辐射X射线分成两束光束;
两个分别安装在所述光阑的两个所述通光孔处的毛细管装置,该两个毛细管装置分别改变从所述光阑通过的两束光束的传播方向,以使该两束光束相交;
设置在通过所述毛细管装置后的两束光束的相交位置处的用于放置样品的样品台,以使所述样品被沿不同方向传播的两束光束交叉照射;
设置在所述样品台一侧的X射线成像探测器,其探测从所述样品透射出的两束光束,并获得两幅不同角度的样品投影图像;以及
与所述X射线成像探测器连接的数据处理装置,其根据所述两幅不同角度的样品投影图像,恢复所述样品的三维信息,以获得样品立体图像。
2. 根据权利要求1所述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,每个所述毛细管装置包括:毛细管光学元件以及用于调节该毛细管光学元件位置的毛细管调节机构。
3. 根据权利要求2所述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,所述毛细管光学元件为多毛细管X光透镜。
4. 根据权利要求2所述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,所述毛细管调节机构为五维调节机构,其包括三维平动调节子机构以及用于调节所述毛细管光学元件的摆角和投角的二维角度调节子机构。
5. 根据权利要求1所述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,所述样品台为三维平动调节样品台。
6. 根据权利要求1所述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,所述光阑包括具有两个所述通光孔的铅板。
7. 根据权利要求6所述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其特征在于,所述铅板的厚度为2mm,每个所述通光孔的直径为3-5mm,且两个所述通光孔的中心间距为20-40mm。
8. 一种基于同步辐射的实时X射线立体成像方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:
步骤S1,利用同步辐射X射线源发出同步辐射X射线,通过具有两个通光孔的光阑将所述同步辐射X射线分成两束光束,并通过两个毛细管装置分别改变该两束光束的传播方向,以使该两束光束交叉照射在位于该两束光束相交位置处的样品台上的样品上;
步骤S2,通过X射线成像探测器探测从所述样品透射出的两束光束,并获得两幅不同角度的样品投影图像;以及
步骤S3,通过数据处理装置根据所述两幅不同角度的样品投影图像,恢复所述样品的三维信息,以获得样品立体图像。

一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统及成像方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种X射线成像系统及方法,尤其涉及一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统及成像方法。

背景技术

[0002] 在可见光中,双目立体视觉技术近年来得到了很大的发展,它是基于视差原理,由双摄像机从不同角度同时获取同一物体的两幅数字图像,恢复出物体三维几何信息的方法。随着双目立体视觉技术在近二十多年来的迅速发展,已经逐渐完善并应用到机器人视觉导航、航空测绘、医学成像和工业检测等很多领域。

[0003] 基于同步辐射的X射线成像技术一般分为两类,分别是二维X射线照相术和三维X射线CT技术。

[0004] 二维X射线照相术是利用X射线在介质中被吸收性质的差异(密度和厚度)来判断样品内部结构,由于同步辐射X射线的亮度较普通X光机的亮度高10个量级以上,因此基于同步辐射的二维X射线照相术可以进行实时成像。如图1所示,同步辐射二维X射线照相系统主要包括:向样品12发射同步辐射X射线11的同步辐射X射线源10以及用于获取样品12的二维投影图像14的成像探测器13。然而,二维X射线照相术的成像结果是样品各深度组份的重叠投影,无法区分投影的深度信息,对样品中那些前后重叠的结构难以发现,很容易造成对样品内部结构的错误判断。

[0005] X射线CT技术由样品的0~180度内大量二维投影图重构得到,其结合吸收衬度或相位衬度成像技术可以实现样品三维信息的精确重构。如图2所示,同步辐射X射线CT系统包括:同步辐射X射线源21、探测器23以及设置在两者之间的用于放置样品22的样品台,其中,通过样品与同步辐射X射线源21以及探测器23之间的相对旋转,获取样品不同角度的投影图像24,然后将投影图像24输入计算机25,通过图像重建算法计算出断层切片26,即重建图像。但是由于三维X射线CT技术需要对样品进行大量的旋转投影,会大大增加成像的时间和样品受辐照的剂量,因此,无法或难以进行实时观测实验,特别是对活的生物样品进行实时成像,具有很大的局限性。

发明内容

[0006] 为了解决上述现有技术存在的问题,本发明旨在提供一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统及成像方法,以实现实时三维X射线立体成像,并降低样品受辐射的剂量。

[0007] 本发明之一所述的一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,其包括:

[0008] 同步辐射X射线源;

[0009] 设置在所述同步辐射X射线源输出侧的具有两个通光孔的光阑,其将所述同步辐射X射线源输出的同步辐射X射线分成两束光束;

[0010] 两个分别安装在所述光阑的两个所述通光孔处的毛细管装置,该两个毛细管装置

分别改变从所述光阑通过的两束光束的传播方向,以使该两束光束相交;

[0011] 设置在通过所述毛细管装置后的两束光束的相交位置处的用于放置样品的样品台,以使所述样品被沿不同方向传播的两束光束交叉照射;

[0012] 设置在所述样品台一侧的X射线成像探测器,其探测从所述样品透射出的两束光束,并获得两幅不同角度的样品投影图像;以及

[0013] 与所述X射线成像探测器连接的数据处理装置,其根据所述两幅不同角度的样品投影图像,恢复所述样品的三维信息,以获得样品立体图像。

[0014] 在上述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统中,每个所述毛细管装置包括:毛细管光学元件以及用于调节该毛细管光学元件位置的毛细管调节机构。

[0015] 在上述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统中,所述毛细管光学元件为多毛细管X光透镜。

[0016] 在上述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统中,所述毛细管调节机构为五维调节机构,其包括三维平动调节子机构以及用于调节所述毛细管光学元件的摆角和投角的二维角度调节子机构。

[0017] 在上述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统中,所述样品台为三维平动调节样品台。

[0018] 在上述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统中,所述光阑包括具有两个所述通光孔的铅板。

[0019] 在上述的基于同步辐射的实时X射线立体成像系统中,所述铅板的厚度为2mm,每个所述通光孔的直径为3-5mm,且两个所述通光孔的中心间距为20-40mm。

[0020] 本发明之二所述的一种基于同步辐射的实时X射线立体成像方法,其包括以下步骤:

[0021] 步骤S1,利用同步辐射X射线源发出同步辐射X射线,通过具有两个通光孔的光阑将所述同步辐射X射线分成两束光束,并通过两个毛细管装置分别改变该两束光束的传播方向,以使该两束光束交叉照射在位于该两束光束相交位置处的样品台上的样品上;

[0022] 步骤S2,通过X射线成像探测器探测从所述样品透射出的两束光束,并获得两幅不同角度的样品投影图像;以及

[0023] 步骤S3,通过数据处理装置根据所述两幅不同角度的样品投影图像,恢复所述样品的三维信息,以获得样品立体图像。

[0024] 由于采用了上述的技术解决方案,本发明通过采用具有两个通光孔的光阑以及两个毛细管装置将从同步辐射X射线源发出同步辐射X射线分成两束不同方向的光束,并使样品置于两束光束的相交处,同时通过X射线成像探测器获得两幅不同角度的样品投影图像,最后通过数据处理装置利用双目视差原理恢复所述样品的三维信息,从而获得样品立体图像。本发明可一次实时完成X射线立体成像,而不需要旋转样品获取大量投影数据,从而大大提成了时间分辨率(可达毫秒量级),降低了成像时间和样品受辐射的剂量。

附图说明

[0025] 图1是同步辐射二维X射线照相系统的结构示意图;

[0026] 图2是同步辐射X射线CT系统的结构示意图;

- [0027] 图3本发明一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统的结构俯视图；
- [0028] 图4是本发明中获取样品三维信息的笛卡尔坐标系及两幅样品投影图像视差关系的示意图；
- [0029] 图5是本发明中两幅样品投影图像的同一点的灰度值对比曲线的示意图。

具体实施方式

- [0030] 下面结合附图,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述。
- [0031] 如图3所示,本发明之一,即一种基于同步辐射的实时X射线立体成像系统,包括:
- [0032] 同步辐射X射线源1;
- [0033] 设置在同步辐射X射线源1输出侧的具有两个通光孔的光阑2,其将同步辐射X射线源1输出的同步辐射X射线分成两束光束;
- [0034] 两个分别安装在光阑2的两个通光孔处的毛细管装置3,该两个毛细管装置3分别改变从光阑2通过的两束光束的传播方向,以使该两束光束相交;
- [0035] 设置在通过毛细管装置3后的两束光束的相交位置处的用于放置样品的样品台4,以使样品被沿不同方向传播的两束光束7交叉照射;
- [0036] 设置在样品台4一侧的X射线成像探测器5,其探测从样品透射出的两束光束,并获得两幅不同角度的样品投影图像;以及
- [0037] 与X射线成像探测器5连接的数据处理装置6,其根据两幅不同角度的样品投影图像,恢复样品的三维信息,以获得样品立体图像。
- [0038] 在本实施例中,光阑2包括具有两个通光孔的铅板,其中铅板的厚度为2mm,每个通光孔的直径为3-5mm,且两个所述通光孔的中心间距为20-40mm。
- [0039] 在本实施例中,每个毛细管装置3包括:毛细管光学元件以及用于调节该毛细管光学元件位置的毛细管调节机构,其中,毛细管光学元件为多毛细管X光透镜(其可利用X射线全反射原理改变X射线传输方向),毛细管调节机构为五维调节机构,其包括三维(X-Y-Z)平动调节子机构以及用于调节毛细管光学元件的摆角和投角的二维角度调节子机构。
- [0040] 在本实施例中,样品台4为三维(X-Y-Z)平动调节样品台。
- [0041] 在本实施例中,利用两个毛细管装置3可以将40mm(长)×5mm(宽)的长条形同步辐射X射线光斑分别从两端偏转,形成两束光斑交叉照射样品;两束光斑在X射线成像探测器5上的投影间距为60mm(与人眼瞳距相当);样品距离X射线成像探测器5平面距离为800mm;两偏转光束夹角: $\theta = 2 \times \arctan(30/800) = 4.3^\circ$;两聚焦毛细管分别将光束偏转角度为 $\theta/2 = 2.15^\circ$;入射光束平面距离样品距离为 $40 \times 800/60 = 533\text{mm}$;毛细管光学元件的长度为300-400mm,开口直径为3-5mm。
- [0042] 在本发明中,数据处理装置6利用双目视差原理对样品的三维信息进行恢复,其中视差关系如图4所示,XOY为笛卡尔坐标系,0为样品几何中心;A(X,Y)为样品的一点在笛卡尔坐标系中的坐标; θ 为图3中两束光束的夹角; O_1 、 A_1 、 O_2 、 A_2 分别为样品对应两束光束7的投影点; X_1 、 X_2 分别为两束光束7的投影长度 O_1A_1 、 O_2A_2 ;Y为样品深度,因此,相应的深度公式为: $y = (X_2 - X_1) / (2 \tan(\theta/2))$ 。
- [0043] 基于上述结构与原理,本发明之二,即一种基于同步辐射的实时X射线立体成像方法,以下步骤:

[0044] 步骤S1,利用同步辐射X射线源1发出同步辐射X射线,通过具有两个通光孔的光阑2将同步辐射X射线分成两束光束,并通过两个毛细管装置3分别改变该两束光束的传播方向,以使该两束光束7交叉照射在位于该两束光束相交位置处的样品台4上的样品上;

[0045] 步骤S2,通过X射线成像探测器5探测从样品透射出的两束光束,并获得两幅不同角度的样品投影图像;以及

[0046] 步骤S3,通过数据处理装置6根据两幅不同角度的样品投影图像,恢复样品的三维信息,以获得样品立体图像。

[0047] 上述步骤S3可采用本领域公知的技术实现,具体来说,步骤S3具体包括:

[0048] 步骤S31,将两幅不同角度的样品投影图像的当前层的灰度值数据取出,以建立两条对比曲线(如图5所示,纵轴为投影图像的灰度值,横轴为投影图像的坐标值,其中两幅投影图像总体趋势及相应的灰度值大致相同,只是在横轴方向上有微小的位移),并将该两条对比曲线的波峰值和波谷值作为特征点(两条对比曲线的波峰值和波谷值对应着灰度值变化的极值);

[0049] 步骤S32,提取出特征点,并将各特征点在两幅不同角度的样品投影图像中对应的投影点进行匹配,并记录对应的横坐标值;除特征点以为的其他点则分段进行验证匹配,并记录对应的横坐标值;最后根据匹配的特征点所对应的横坐标的差值计算出样品在当前层的三维信息(即样品深度Y),并输出一个切片数据;

[0050] 步骤S33,重复执行步骤S31,直至计算出样品在每一层的三维信息;

[0051] 步骤S34,将所有切片数据导入外部的三维显示系统(该三维显示系统为本领域的常规系统),以获得样品立体图像

[0052] 在上述步骤S32中,对于特征点的匹配,具体包括:将两条曲线上的所有的波峰、波谷值按顺序取出,得到各波峰、波谷值对应的横坐标;由于视角不同,曲线上波峰的数量和灰度值的大小会稍有变化,按顺序用具有较少波峰、波谷的曲线去匹配具有较多波峰、波谷的曲线,灰度值相差较小(例如,灰度值的相对插值小于0.1%)的点即为匹配点,由此得到对应的横坐标,即,匹配得到特征点(波峰、波谷)的横坐标(以图5为例,点A与点A'、点B与点B'、点C与点C'以及点D与点D'为匹配的特征点)。

[0053] 在上述步骤S32中,对于除特征点以为的其他点的匹配,具体包括:在匹配上的特征点(波峰与波谷)间的线段上(例如图5中的线段AB与线段A'B'),按比例取出两条对比曲线中对应的线段上所对应的点,验证灰度值是否相近(判断时需要一个预设的参数,该参数的选择视不同的样品而定,这种方法虽然存在一定的误差,但具有简单、高效、快速的优点),若相近则匹配这两条线段上对应的点,若不相近则寻找该点邻域内灰度值相近的点进行匹配,由此得到对应的横坐标,即匹配得到其他点的横坐标。

[0054] 以上所述的,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

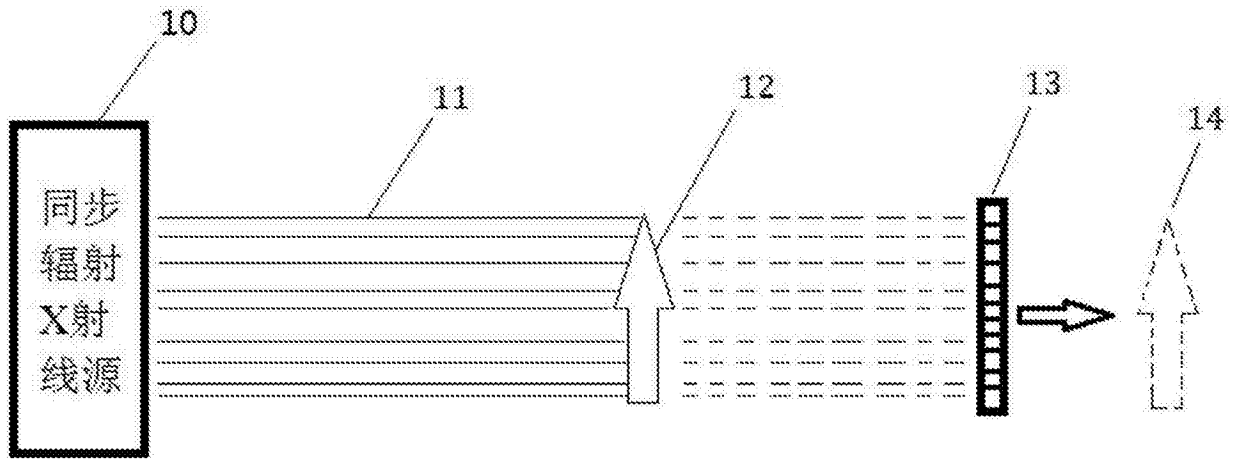


图1

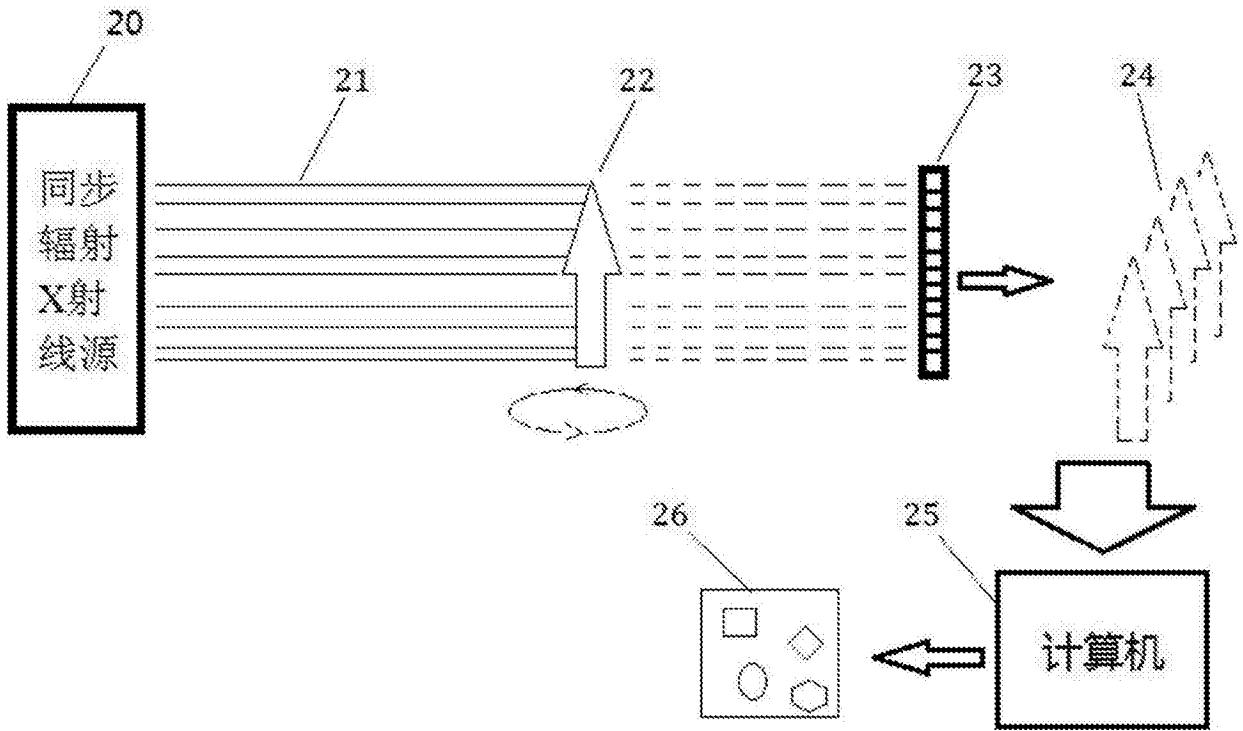


图2

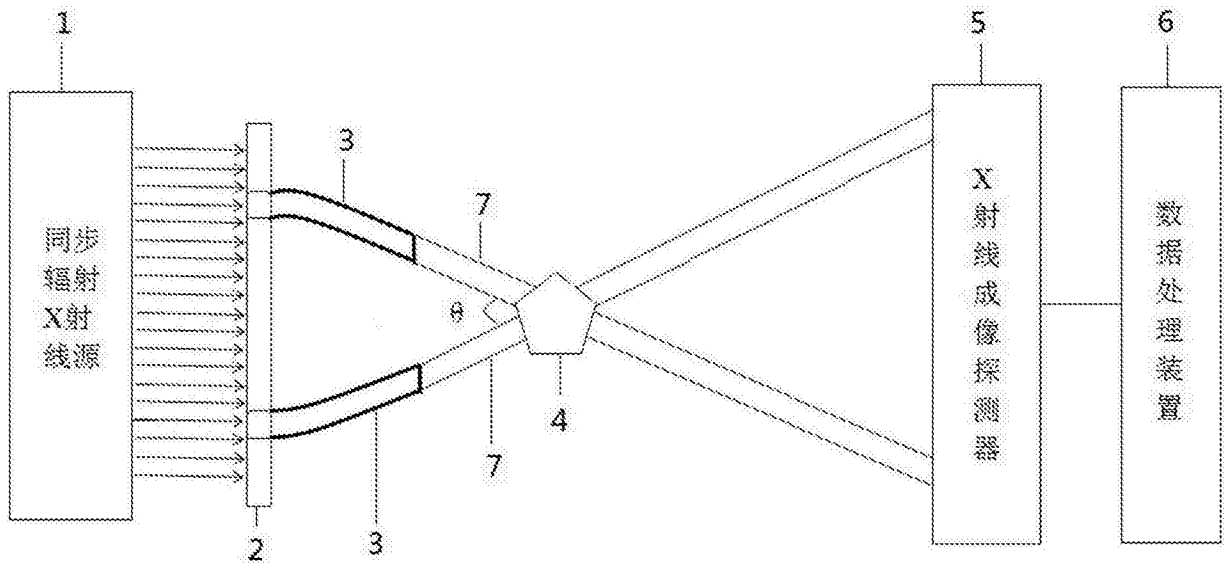


图3

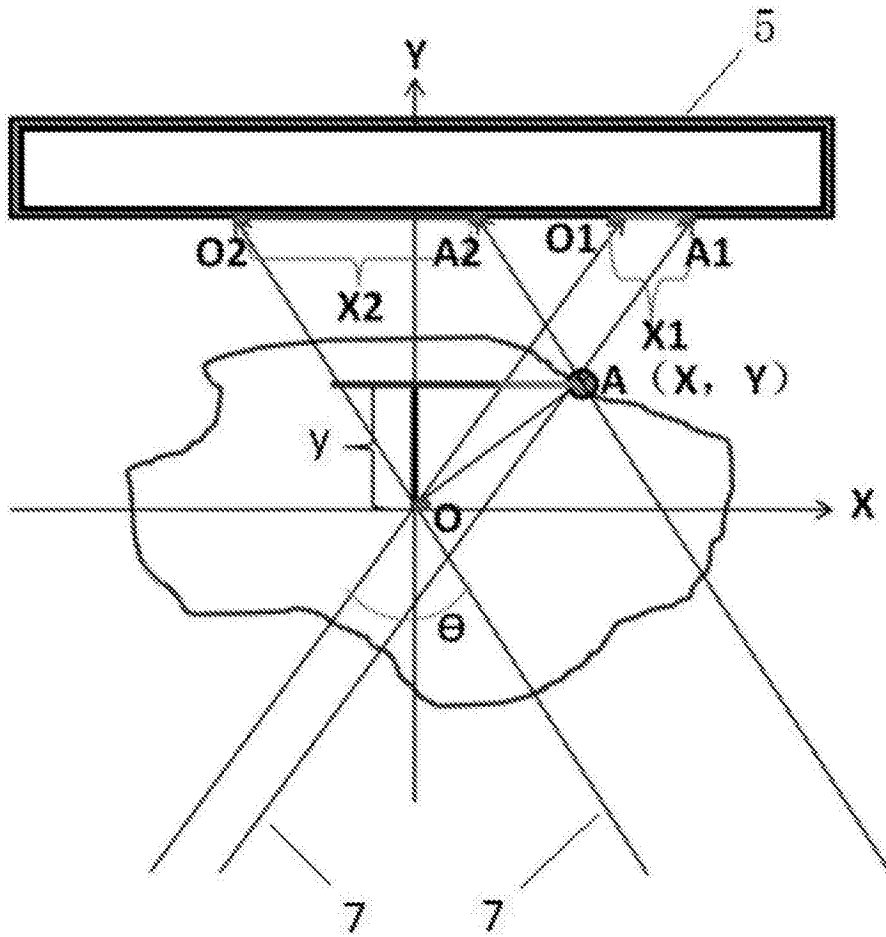


图4

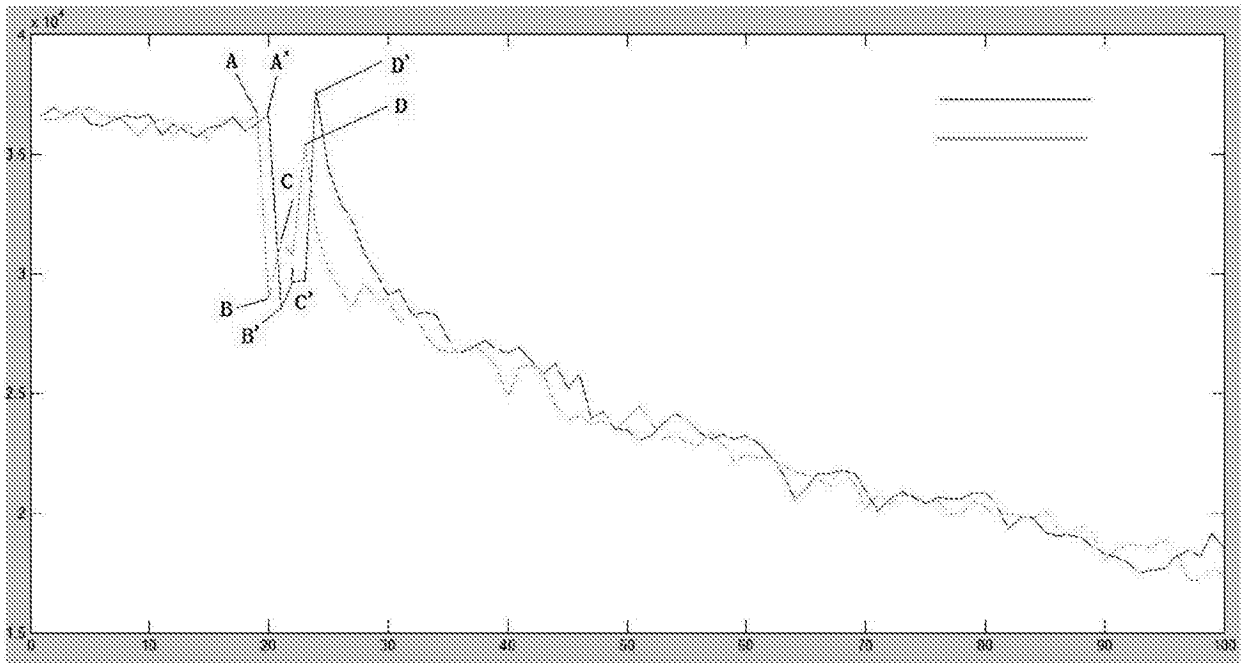


图5