



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114113150 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 20

(21) 申请号 202111306472.6

G06T 7/11 (2017.01)

(22) 申请日 2021.11.05

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114113150 A

CN 204128987 U, 2015.01.28

CN 101630061 A, 2010.01.20

US 2017292916 A1, 2017.10.12

(43) 申请公布日 2022.03.01

CN 105092607 A, 2015.11.25

(73) 专利权人 浙江大学

CN 113325006 A, 2021.08.31

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

CN 102968792 A, 2013.03.13

TW I699525 B, 2020.07.21

(72) 发明人 刘东 刘钰波 孙焕宇 王狮凌

CN 109490313 A, 2019.03.19

CN 109668904 A, 2019.04.23

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

CN 106679595 A, 2017.05.17

CN 110031478 A, 2019.07.19

专利代理师 彭剑

审查员 白江波

(51) Int. Cl.

G01N 21/958 (2006.01)

G06T 7/00 (2017.01)

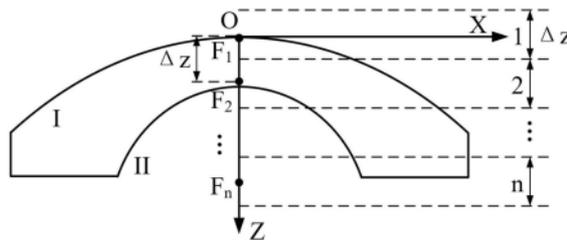
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置和检测方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置和检测方法,其中,测量装置包括用于放置待测透镜的样品台,用于控制样品台移动的三维位移台,用于照明的环形光源,用于成像的远心镜头,用于图像采集的相机,用于控制样品台移动和图像采集的控制模块,用于缺陷识别的图像处理模块。本发明利用显微成像系统在景深范围内可以对物体清晰成像的特点,控制小口径弯月形球面透镜样品相对于成像系统纵向等间隔移动一定距离,每次移动后采集图像,并进行图像分割和图像融合,获得上下球面的全口径图像,进行缺陷识别与定位。本发明结构简单、测量高效,可以准确区分上下表面的缺陷,实现对曲率半径较小的弯月形球面透镜上下表面缺陷的高效检测。



1. 一种小口径球面透镜表面缺陷检测方法,其特征在于,采用的装置包括用于放置待测透镜的样品台以及用于控制样品台移动的三维位移台,所述的三维位移台在样品台的上方位置设有同轴布置的用于照明的环形光源、用于成像的远心镜头以及用于图像采集的相机;

所述的三维位移台和相机均与控制模块连接,所述的控制模块用于控制样品台的移动和图像的采集,相机采集的图像传输给图像处理模块进行缺陷识别;

小口径球面透镜表面缺陷检测方法具体包括以下步骤:

(1) 采用水平放置姿态,将待测的小口径球面透镜固定在样品台上;待测的小口径球面透镜为弯月形球面透镜,其通光面包含球面I和球面II两个球面,其中,球面I为透镜上表面,球面II为透镜下表面;

(2) 沿X、Y方向移动样品台,使得待测的透镜位于成像视场中央,沿Z方向移动样品台,使得远心镜头对透镜上表面中心位置清晰对焦;

(3) 样品台每次沿Z轴向上移动固定距离 $\Delta z$ 进行图像采集,直到成像模块对样品台清晰对焦;其中,每次对焦位置分别为 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $\dots$ 、 $F_n$ ,对应的成像清晰范围分别为区域1、区域2、区域3、 $\dots$ 、区域n;

为保证缺陷检测的连续性,要求 $\Delta z \leq \Delta$ ,其中, $\Delta$ 为成像系统景深;

(4) 对步骤(3)中采集的n张图像,提取每张图像的成像清晰区域;提取每张图像的成像清晰区域过程中,需计算球面I和球面II的几何表达式,计算方式如下:

以三维位移台的XYZ轴为基准坐标轴,其中,Z轴垂直于水平面,原点O位于小口径球面透镜的上表面与光轴的交点位置;

球面I、II在直角坐标系中表示为:

$$z_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2 - y^2}, 0 \leq z_1 \leq d_1$$

$$z_2 = R_2 + \Delta d - \sqrt{R_2^2 - x^2 - y^2}, \Delta d \leq z_2 \leq d_2$$

其中,透镜中心处厚度为 $\Delta d$ , $R_1$ 、 $R_2$ 分别为球面I、球面II的曲率半径,球面I在Z方向的投影长度为 $d_1$ ,透镜在Z方向的投影长度为 $d_2$ ;只考虑XOZ平面内的情况,球面I、II表示为:

$$z_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2}, 0 \leq z_1 \leq d_1$$

$$z_2 = R_2 + \Delta d - \sqrt{R_2^2 - x^2}, \Delta d \leq z_2 \leq d_2$$

由于透镜材料与空气存在折射率差,为保证坐标轴中与X轴平行的平面为像面的等光程面,对透镜上、下通光面的表达式修正为:

$$z_1' = z_1$$

$$z_2' = z_1 + \eta(z_2 - z_1) = \eta z_2 + (1 - \eta) z_1$$

式中, $z_1'$ 表示修正后的球面I的表达式, $z_2'$ 表示修正后的球面II的表达式, $\eta$ 为透镜材料折射率;

提取每张图像的成像清晰区域的计算方式如下:

在样品台每次移动采集图像的过程中,不同图像中成像清晰的区域对应透镜特定表面的特定位置范围,称为有效成像区域;

只考虑 $x \geq 0$ 的情况,对于区域1,球面I的 $OB_1$ 所表示的圆形区域在视场范围内成像清晰;

对于区域2,球面I的 $B_1B_2$ 所表示的环形区域和球面II的 $O_1A_2$ 所表示的圆形区域在视场范围内成像清晰;……;对于区域n,球面II的 $A_{n-1}C_1$ 所表示的环形区域和底面 $C_1D$ 所表示的环形区域在视场范围内成像清晰;

对于区域1、2、…、n,采集得到图像的有效成像区域分别表示为:

$$x^2 + y^2 \leq x_{B_1}^2$$

$$x^2 + y^2 \leq x_{A_2}^2, x_{B_1}^2 \leq x^2 + y^2 \leq x_{B_2}^2$$

…

$$x_{A_{n-1}}^2 \leq x^2 + y^2 \leq x_{B_{n-1}}^2$$

其中, $A_i$ 、 $B_i$ 为区域i下边界与透镜表面的交点; $A_i$ 、 $B_i$ 的坐标通过求解下式计算:

$$\begin{cases} z_1' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_1' \\ z_2' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_2' \end{cases}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

其中, $z_0$ 为区域1下边界相对于X轴的纵向偏移量;

(5) 将多幅图像中同一表面的成像清晰区域进行图像融合,分别得到球面I和球面II的全口径图像;其中,球面I表示透镜上表面,球面II表示透镜下表面;

(6) 利用图像处理算法对步骤(5)中获得的球面I和球面II的全口径图像进行缺陷识别与定位,实现对小口径球面透镜上下表面缺陷的精准检测与定位。

## 一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置和检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于光学检测技术领域,尤其是涉及一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置和检测方法。

### 背景技术

[0002] 小口径球面透镜广泛应用于手机镜头、车载镜头、安防镜头等成像场景中。在透镜的加工过程中,会不可避免地引入各类缺陷,导致其成像质量下降,影响产品的性能。现有的缺陷检测方案大多借助人眼进行判断,速度较慢,同时效率和准确性较低。基于机器视觉的缺陷检测手段可以极大的提升检测效率、准确性和稳定性。

[0003] 现有的针对小口径球面透镜表面缺陷的检测方法有限,如公开号为CN111337518A的中国专利文献采用多个工位分别对透镜的上下表面进行检测;公开号为CN110412055A的中国专利文献通过4个LED分别点亮的方法检测透镜缺陷,以消除图像中的盲区;公开号为CN111855679A的中国专利文献介绍了一种多角度倾斜照明的机器视觉检测系统,获取样品在四个旋转角度下的灰度图像;公开号为CN110044926A、CN110646376A的中国专利文献介绍了基于条纹偏折的球面透镜检测方法,通过相位求解确定缺陷。

[0004] 上述方法大多针对曲率半径较大的球面透镜进行一次成像,在显微物镜的景深范围内可以对透镜表面清晰成像。对于曲率半径较小的弯月形球面透镜,透镜上下表面均为球面,且透镜表面在光轴方向的投影距离往往大于显微物镜景深。因此现有的检测方法无法准确区分上下表面的缺陷,且无法对透镜表面不同区域同时清晰成像,不适用于曲率半径较小的弯月形球面透镜表面缺陷的检测。

[0005] 因此,需要针对曲率半径较小的弯月形球面透镜,设计一种可以准确区分上下表面缺陷、结构简单、测量高效的检测方法。

### 发明内容

[0006] 为解决现有技术存在的上述问题,本发明提供了一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置和检测方法,实现对曲率半径较小的弯月形球面透镜上下表面缺陷的高效检测。

[0007] 本发明的技术方案如下:

[0008] 一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置,包括用于放置待测透镜的样品台以及用于控制样品台移动的三维位移台,所述的三维位移台在样品台的上方位置设有同轴布置的用于照明的环形光源、用于成像的远心镜头以及用于图像采集的相机;

[0009] 所述的三维位移台和相机均与控制模块连接,所述的控制模块用于控制样品台的移动和图像的采集,相机采集的图像传输给图像处理模块进行缺陷识别。

[0010] 一种小口径球面透镜表面缺陷检测方法,使用上述小口径球面透镜表面缺陷检测装置,具体包括以下步骤:

[0011] (1)采用水平放置姿态,将待测小口径球面透镜固定在样品台上;

[0012] (2)沿X、Y方向移动样品台,使得透镜位于成像视场中央,沿Z方向移动样品台,使

得远心镜头对透镜上表面中心位置清晰对焦；

[0013] (3) 样品台每次沿Z轴向上移动固定距离  $\Delta z$  进行图像采集,直到成像模块对样品台清晰对焦;其中,每次对焦位置分别为  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $\dots$ 、 $F_n$ ,对应的成像清晰范围分别为区域1、区域2、区域3、 $\dots$ 、区域n;

[0014] (4) 对步骤(3)中采集的n张图像,提取每张图像的成像清晰区域;

[0015] (5) 将多幅图像中同一表面的成像清晰区域进行图像融合,分别得到球面I和球面II的全口径图像;其中,球面I表示透镜上表面,球面II表示透镜下表面;

[0016] (6) 利用图像处理算法对步骤(5)中获得的球面I和球面II的全口径图像进行缺陷识别与定位,实现对小口径球面透镜上下表面缺陷的精准检测与定位。

[0017] 进一步地,待测的小口径球面透镜为弯月形球面透镜,其通光面包含球面I和球面II两个球面,其中,球面I为透镜上表面,球面II为透镜下表面。

[0018] 步骤(3)中,为保证缺陷检测的连续性,要求  $\Delta z \leq \Delta$ ,其中, $\Delta$ 为成像系统景深。当  $\Delta z < \Delta$  时,不同图像中的成像清晰区域会发生重叠,增加后续图像处理的难度,当  $\Delta z = \Delta$  时,每次成像范围即为景深范围,此时检测效率最高。

[0019] 步骤(4)中,提取每张图像的成像清晰区域过程中,需计算球面I和球面II的几何表达式,计算方式如下:

[0020] 以三维位移台的XYZ轴为基准坐标轴,其中,Z轴垂直于水平面,原点O位于小口径球面透镜的上表面与光轴的交点位置;

[0021] 球面I、II在直角坐标系中表示为:

$$[0022] \quad z_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2 - y^2}, 0 \leq z_1 \leq d_1$$

$$[0023] \quad z_2 = R_2 + \Delta d - \sqrt{R_2^2 - x^2 - y^2}, \Delta d \leq z_2 \leq d_2$$

[0024] 其中,透镜中心处厚度为  $\Delta d$ , $R_1$ 、 $R_2$ 分别为球面I、球面II的曲率半径,球面I在Z方向的投影长度为 $d_1$ ,透镜在Z方向的投影长度为 $d_2$ ;只考虑XOZ平面内的情况,球面I、II表示为:

$$[0025] \quad z_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2}, 0 \leq z_1 \leq d_1$$

$$[0026] \quad z_2 = R_2 + \Delta d - \sqrt{R_2^2 - x^2}, \Delta d \leq z_2 \leq d_2$$

[0027] 由于透镜材料与空气存在折射率差,为保证坐标轴中与X轴平行的平面为像面的等光程面,对透镜上、下通光面的表达式修正为:

$$[0028] \quad z_1' = z_1$$

$$[0029] \quad z_2' = z_1 + \eta(z_2 - z_1) = \eta z_2 + (1 - \eta) z_1$$

[0030] 式中, $z_1'$ 表示修正后的球面I的表达式, $z_2'$ 表示修正后的球面II的表达式, $\eta$ 为透镜材料折射率。

[0031] 提取每张图像中待提取区域的计算方式如下:

[0032] 在样品台每次移动采集图像的过程中,不同图像中成像清晰的区域对应透镜特定表面的特定位置范围,称为有效成像区域;

[0033] 只考虑 $x \geq 0$ 的情况,对于区域1,球面I的 $OB_1$ 所表示的圆形区域在视场范围内成像清晰;对于区域2,球面I的 $B_1B_2$ 所表示的环形区域和球面II的 $O_1A_2$ 所表示的圆形区域在视场

范围内成像清晰；……；对于区域n，球面II的 $A_{n-1}C_1$ 所表示的环形区域和底面 $C_1D$ 所表示的环形区域在视场范围内成像清晰；

[0034] 对于区域1、2、…、n，采集得到图像的有效成像区域分别表示为：

$$[0035] \quad x^2 + y^2 \leq x_{B_1}^2$$

$$[0036] \quad x^2 + y^2 \leq x_{A_2}^2, x_{B_1}^2 \leq x^2 + y^2 \leq x_{B_2}^2$$

[0037] …

$$[0038] \quad x_{A_{n-1}}^2 \leq x^2 + y^2 \leq x_{B_{n-1}}^2$$

[0039] 其中， $A_i$ 、 $B_i$ 为区域i下边界与透镜表面的交点； $A_i$ 、 $B_i$ 的坐标通过求解下式计算：

$$[0040] \quad \begin{cases} z_1' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_1' \\ z_2' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_2' \\ i = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

[0041] 其中， $z_0$ 为区域1下边界相对于X轴的纵向偏移量。

[0042] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0043] 1、本发明为小口径弯月形球面透镜的表面缺陷检测提供了一种新的方法。小口径弯月形球面透镜表面的曲率半径一般较小，这使得透镜表面在光轴方向的投影距离往往大于显微物镜景深，无法对透镜表面不同区域同时清晰成像。本发明通过对透镜沿光轴方向连续采集图像、并按特定方式进行图像拼接的方式，可以获得透镜上、下表面全口径的缺陷分布图像。

[0044] 2、对小口径弯月形球面透镜而言，透镜上下表面均为球面，给缺陷的检测和定位带来很大困难，本发明通过对透镜沿光轴方向扫描成像的方式，可以准确区分和定位透镜上下表面的缺陷。

## 附图说明

[0045] 图1为本发明中一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置的示意图；

[0046] 图2为本发明实施例中小口径球面透镜示意图；

[0047] 图3为本发明实施例中纵向扫描成像示意图；

[0048] 图4为本发明实施例中每张图像的有效成像区域示意图。

## 具体实施方式

[0049] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细描述，需要指出的是，以下所述实施例旨在便于对本发明的理解，而对其不起任何限定作用。

[0050] 如图1所示，一种小口径球面透镜表面缺陷检测装置，包括用于放置待测透镜的样品台1以及用于控制样品台1移动的三维位移台，三维位移台在样品台1的上方位置设有同轴布置的用于照明的环形光源3、用于成像的远心镜头4以及用于图像采集的相机5。

[0051] 三维位移台和相机5均与控制模块连接，控制模块用于控制样品台1的移动和图像的采集，待测的小口径球面透镜2水平固定在样品台1上，样品台1可以通过三维位移台进行移动。环形光源3固定在一定高度，为待测样品提供特定照明，通过远心镜头4及相机5获取

图像。相机5采集的图像传输给图像处理模块进行缺陷识别。

[0052] 本发明中的小口径球面透镜示意图如图2所示。小口径球面透镜2是一种弯月形球面透镜,通光面包含球面I和球面II两个球面,其中,球面I为透镜上表面,球面II为透镜下表面。透镜中心处厚度为 $\Delta d$ ,曲面I在Z方向的投影长度为 $d_1$ ,透镜在Z方向的投影长度为 $d_2$ 。以透镜凸面顶点0为原点,以透镜光轴为Z轴,建立空间直角坐标系。球面I和球面II几何表达式的计算方式如下:

[0053] 球面I、II在直角坐标系中表示为

$$[0054] \quad z_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2 - y^2}, 0 \leq z_1 \leq d_1$$

$$[0055] \quad z_2 = R_2 + \Delta d - \sqrt{R_2^2 - x^2 - y^2}, \Delta d \leq z_2 \leq d_2$$

[0056] 其中, $R_1$ 、 $R_2$ 分别表为球面I、II的曲率半径。只考虑XOZ平面内的情况,球面I、II表示为

$$[0057] \quad z_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - x^2}, 0 \leq z_1 \leq d_1$$

$$[0058] \quad z_2 = R_2 + \Delta d - \sqrt{R_2^2 - x^2}, \Delta d \leq z_2 \leq d_2$$

[0059] 由于透镜材料与空气存在折射率差,为保证坐标轴中与X轴平行的平面为像面的等光程面,对透镜上、下通光面的表达式修正为:

$$[0060] \quad z_1' = z_1$$

$$[0061] \quad z_2' = z_2 + \eta(z_2 - z_1) = \eta z_2 + (1 - \eta) z_1$$

[0062] 式中, $z_1'$ 表示修正后的球面I的表达式, $z_2'$ 表示修正后的球面II的表达式, $\eta$ 为透镜材料折射率。

[0063] 一种小口径球面透镜表面缺陷检测方法,使用上述小口径球面透镜表面缺陷检测装置,具体包括以下步骤:

[0064] 步骤1、采用水平放置姿态,将待测小口径球面透镜2固定在样品台上;

[0065] 步骤2、沿X、Y方向移动样品台1,使得透镜2位于成像视场中央,沿Z方向移动样品台1,使得远心镜头4对透镜2上表面中心位置清晰对焦;

[0066] 步骤3、如图3所示,样品台1每次沿Z轴向上移动固定距离 $\Delta z$ 进行图像采集,直到成像模块对样品台1清晰对焦。其中,每次对焦位置分别为点 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $\dots$ 、 $F_n$ ,对应的成像清晰范围分别为区域1、区域2、 $\dots$ 、区域n;

[0067] 步骤4、对步骤3中采集的n张图像,提取每张图像的成像清晰区域;如图4所示,在样品台每次移动采集图像的过程中,不同图像中成像清晰的区域对应透镜特定表面的特定位置范围,称为有效成像区域。只考虑 $x \geq 0$ 的情况,对于区域1,球面I的 $OB_1$ 所表示的圆形区域在视场范围内成像清晰;对于区域2,球面I的 $B_1B_2$ 所表示的环形区域和球面II的 $O_1A_2$ 所表示的圆形区域在视场范围内成像清晰; $\dots$ ;对于区域n,球面II的 $A_{n-1}C_1$ 所表示的环形区域和底面 $C_1D$ 所表示的环形区域在视场范围内成像清晰。

[0068] 对于区域1、2、 $\dots$ 、n,采集得到图像的有效成像区域分别表示为:

$$[0069] \quad x^2 + y^2 \leq x_{B_1}^2$$

$$[0070] \quad x^2 + y^2 \leq x_{A_2}^2, x_{B_1}^2 \leq x^2 + y^2 \leq x_{B_2}^2$$

[0071] ...

$$[0072] \quad x_{A_{n-1}}^2 \leq x^2 + y^2 \leq x_{B_{n-1}}^2$$

[0073] 其中,  $A_i$ 、 $B_i$  为区域  $i$  下边界与透镜表面的交点。 $A_i$ 、 $B_i$  的坐标通过求解下式计算:

$$[0074] \quad \begin{cases} z_1' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_1' \\ z_2' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_2' \\ i = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

[0075] 其中,  $z_0$  为区域 1 下边界相对于 X 轴的纵向偏移量。

[0076] 步骤 5、将多幅图像中同一表面的成像清晰区域进行图像融合, 提取对区域 1 采集得到的图像 1 中  $OB_1$  所表示的圆形区域、对区域 2 采集得到的图像 2 中  $B_1B_2$  所表示的环形区域和对区域 3 采集得到的图像 3 中  $B_2C_2$  所表示的环形区域, 并进行图像拼接, 得到球面 I 的全口径图像, 并以此类推得到球面 II 的全口径图像;

[0077] 步骤 6、利用图像处理算法对步骤 5 中获得的球面 I 和球面 II 的全口径图像进行缺陷识别与定位, 实现对小口径球面透镜 2 上下表面缺陷的精准检测与定位。

[0078] 为验证本发明装置及方法的效果, 本实例使用一种小口径球面透镜对该发明中所述的方法进行验证。所使用的小口径球面透镜满足材料折射率  $n=1.5$ ,  $R_1=12\text{mm}$ ,  $R_2=4\text{mm}$ ,  $d_1=3\text{mm}$ ,  $d_2=4.5\text{mm}$ ,  $\Delta d=1\text{mm}$ ; 所使用的远心镜头景深  $\Delta=1.2\text{mm}$ , 设置样品台每次沿 Z 方向移动  $\Delta z = \Delta = z_0 = 1.2\text{mm}$ 。

[0079] 以透镜凸面顶点 0 为原点, 以透镜光轴为 Z 轴, 建立空间直角坐标系。球面 I 和球面 II 在直角坐标系中表示为

$$[0080] \quad z_1 = 12 - \sqrt{144 - x^2}, 0 \leq z_1 \leq 3$$

$$[0081] \quad z_2 = 5 - \sqrt{16 - x^2}, 1 \leq z_2 \leq 4.5$$

[0082] 由于透镜材料与空气存在折射率差, 为保证坐标轴中与 X 轴平行的平面为像面的等光程面, 对透镜上、下通光面的表达式修正为:

$$[0083] \quad z_1' = 12 - \sqrt{144 - x^2}, 0 \leq z_1' \leq 3$$

$$[0084] \quad z_2' = 0.5\sqrt{144 - x^2} - 1.5\sqrt{16 - x^2} + 1.5, 1.5 \leq z_2' \leq 6.43$$

[0085] 对于区域 1, 2, 3, ..., 采集到图像的有效成像区域边界点  $A_i$ 、 $B_i$  的坐标通过下式计算:

$$[0086] \quad \begin{cases} z_1' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_1' \\ z_2' = z_0 + (i-1) \cdot \Delta z, z \in z_2' \\ i = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

[0087] 其中,  $z_1'$ 、 $z_2'$ 、 $z_0$ 、 $\Delta z$  均已知, 求出  $A_i$ 、 $B_i$  的坐标分别为:

[0088]  $A_2(2.22, 2.4)$ ,  $A_3(3.16, 3.6)$ ,  $A_4(3.66, 4.8)$ ,  $A_5(3.93, 6.0)$

[0089]  $B_1(5.23, 1.20)$ ,  $B_2(7.20, 2.40)$

[0090] 其中,  $B_1$ 、 $B_2$  位于球面 I 上,  $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$  位于球面 II 上。

[0091] 对于区域 1、2、3、4、5、6, 采集到的图像记为图像 1、2、3、4、5、6, 其有效成像区域分别为:

[0092] 区域1: $x^2+y^2 \leq 27.35$  (表面I)

[0093] 区域2: $x^2+y^2 \leq 4.93$  (表面II),  $27.35 \leq x^2+y^2 \leq 51.84$  (表面I)

[0094] 区域3: $4.93 \leq x^2+y^2 \leq 9.99$  (表面II),  $51.84 \leq x^2+y^2 \leq 63.00$  (表面I)

[0095] 区域4: $9.99 \leq x^2+y^2 \leq 13.40$  (表面II)

[0096] 区域5: $13.40 \leq x^2+y^2 \leq 15.44$  (表面II)

[0097] 区域6: $15.44 \leq x^2+y^2 \leq 15.75$  (表面II)

[0098] 因此,对于图像1、2、3、4、5、6,按照上式提取每张图像的成像清晰区域。将多幅图像中同一表面的成像清晰区域进行图像融合,表示为:

[0099] 表面I:

[0100] 图像1: $x^2+y^2 \leq 27.35$

[0101] 图像2: $27.35 \leq x^2+y^2 \leq 51.84$

[0102] 图像3: $51.84 \leq x^2+y^2 \leq 63.00$

[0103] 表面II:

[0104] 图像2: $x^2+y^2 \leq 4.93$

[0105] 图像3: $4.93 \leq x^2+y^2 \leq 9.99$

[0106] 图像4: $9.99 \leq x^2+y^2 \leq 13.40$

[0107] 图像5: $13.40 \leq x^2+y^2 \leq 15.44$

[0108] 图像6: $15.44 \leq x^2+y^2 \leq 15.75$

[0109] 此后分别得到球面I和球面II的全口径图像,通过中值滤波、灰度二值化、轮廓定位提取等图像处理算法对球面I和球面II的全口径图像进行缺陷识别与定位,实现对小口径球面透镜上下表面缺陷的精准检测与定位。

[0110] 以上所述的实施例对本发明的技术方案和有益效果进行了详细说明,应理解的是以上所述仅为本发明的具体实施例,并不用于限制本发明,凡在本发明的原则范围内所做的任何修改、补充和等同替换,均应包含在本发明的保护范围之内。

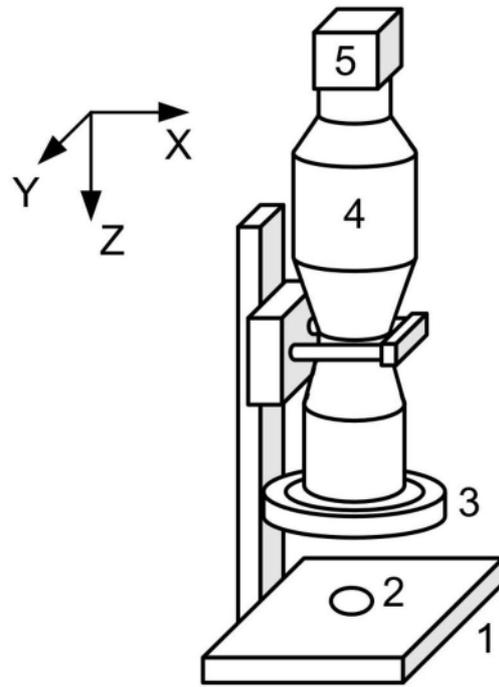


图1

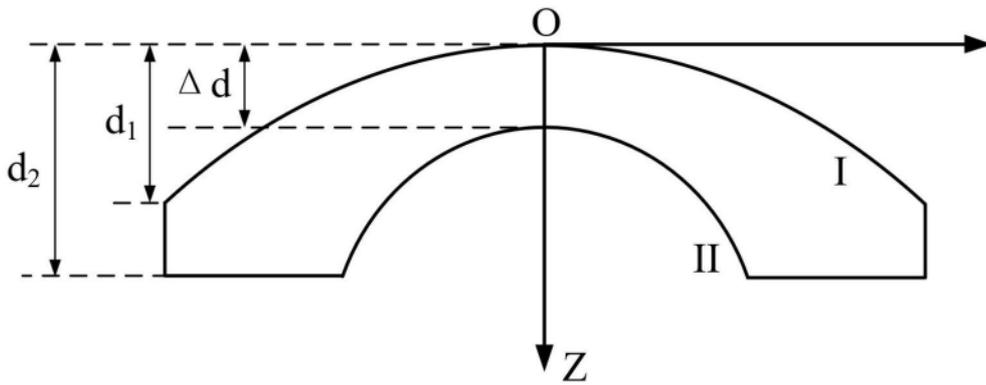


图2

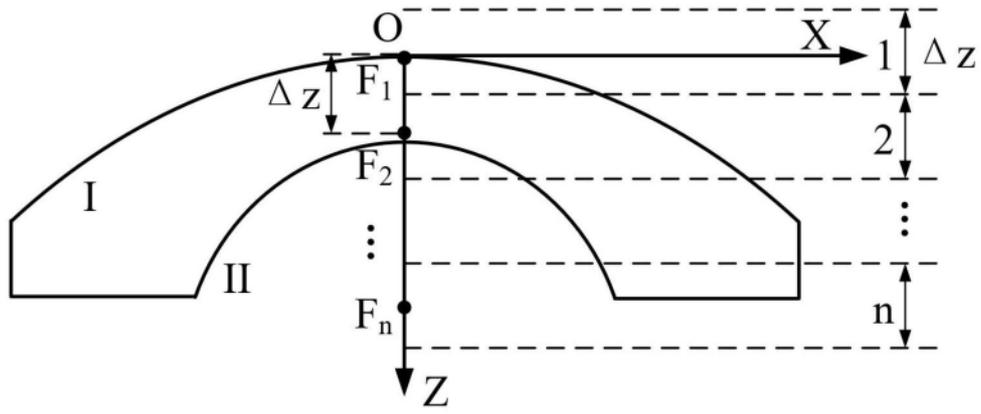


图3

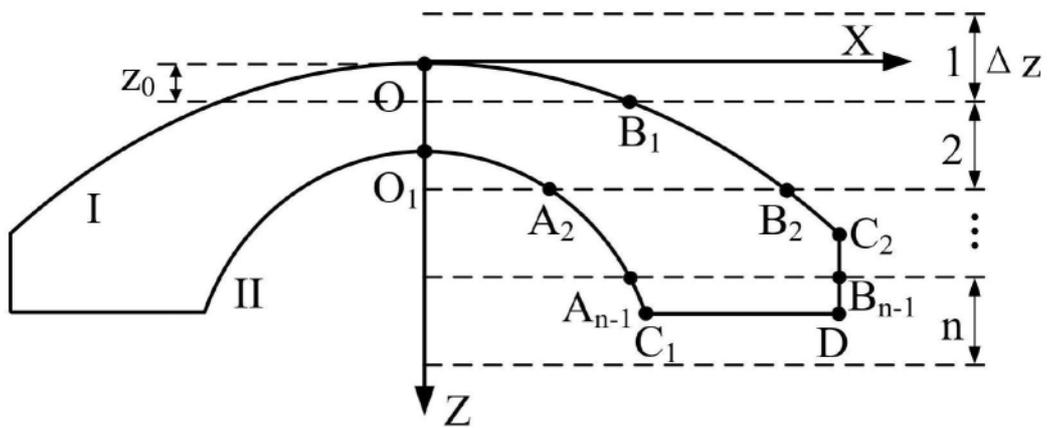


图4