



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113607090 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 05

(21) 申请号 202110837573.X

(22) 申请日 2021.07.23

(71) 申请人 深圳市鹰眼在线电子科技有限公司

地址 518000 广东省深圳市龙岗区园山街
道保安社区联合路13-1号1号厂房101

(72) 发明人 周翔 雷志辉 陈状 刘宇 傅丹

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 熊永强

(51) Int. Cl.

G01B 11/255 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

G01B 11/03 (2006.01)

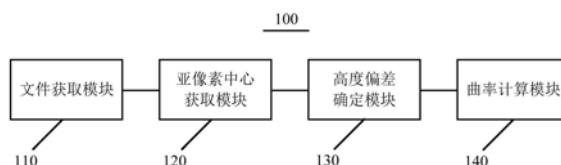
权利要求书4页 说明书16页 附图5页

(54) 发明名称

曲面屏幕的厚度测量系统、方法及装置

(57) 摘要

本申请涉及一种曲面屏幕的厚度测量系统，其包括：文件获取模块，用于获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像，提取光斑亚像素位置；亚像素中心获取模块，用于分别获取预设位置处的曲面屏幕的点激光成像，获取每个角度的点激光成像，并提取对应的光斑亚像素中心；高度偏差确定模块，用于将不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下，获取相应的高度修正模型；曲率计算模块，用于根据高度修正模型得到曲面屏幕所在位置的倾斜角，获得曲面屏幕的完整3D形貌，并计算各个点的曲率值。本申请还公开一种曲面屏幕的厚度测量方法和一种曲面屏幕的厚度测量装置。



1. 一种曲面屏幕的厚度测量系统,其特征在于,包括:

文件获取模块,用于获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像,根据点激光成像特性提取所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件;

亚像素中心获取模块,用于分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,获取每个角度的点激光成像,并提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合;

高度偏差确定模块,用于将不同角度下的所述光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,并确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型;

曲率计算模块,用于根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值。

2. 如权利要求1所述的曲面屏幕的厚度测量系统,其特征在于,所述文件获取模块包括:

滤波处理单元,用于对获取的所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理;

灰度计算单元,用于以滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值,并确定灰度的均值最大值所在的位置;

算法模板构建单元,用于根据滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行中心提取处理,并获取LOG算法参数模板;

亚像素位置获取单元,用于根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值以确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置;

标定参数文件生成单元,用于获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并按照标定高度生成标定参数文件。

3. 如权利要求2所述的曲面屏幕的厚度测量系统,其特征在于,所述亚像素位置获取单元,用于根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值以确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置,包括:

设置拟合多项式;

设置图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的公式;

根据所述各点到所述多项式曲线的距离之和构建拟合矩阵;

计算所述拟合多项式中每一项的系数。

4. 如权利要求2所述的曲面屏幕的厚度测量系统,其特征在于,所述亚像素中心获取模块包括:

点激光成像获取单元,用于通过所述第一相机单元和所述第二相机单元分别获取所述预设位置处的点激光成像,获取每个角度的点激光成像;

亚像素中心提取单元,用于提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心。

5. 如权利要求4所述的曲面屏幕的厚度测量系统,其特征在于,所述高度偏差确定模块

包括：

坐标系转换单元，用于将所述光斑亚像素中心的集合转换到所述预设坐标系下；

高度计算单元，用于对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点和与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值，计算所述预设点对应的高度集合；

模型构建单元，用于根据所述高度计算单元传输来的所述高度集合计算所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型。

6. 如权利要求5所述的曲面屏幕的厚度测量系统，其特征在于，所述曲率计算模块包括：

轮廓线测量单元，用于测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线；

倾斜角计算单元，用于计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和所述第二相机单元的高度偏移量均值，并获得所述曲面屏幕的倾斜角；

高度曲线获取单元，用于基于所述曲面屏幕的倾斜角计算得到测量轨迹的高度曲线，并修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌；

曲率计算单元，用于计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

7. 如权利要求1所述的曲面屏幕的厚度测量系统，其特征在于，所述预设位置为水平指定位置，所述预设坐标系为世界坐标系。

8. 如权利要求1-7任一项所述的曲面屏幕的厚度测量系统，其特征在于，所述单条激光光线由激光单元发射，所述激光单元与所述第一相机单元和所述第二相机单元构成了单线双目系统，且所述第一相机单元和所述第二相机单元分别与所述激光单元发出的激光光线之间的夹角不相同。

9. 一种曲面屏幕的厚度测量方法，由上述权利要求1-8任一项所述的曲面屏幕的厚度测量系统执行，其特征在于，所述曲面屏幕的厚度测量方法，包括：

获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像，提取所述处理得到所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置，并获得系列高度下的标定参数文件；

分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像，提取每个角度的所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合；

将不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下，确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型；

根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角，修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌，并计算各个点的曲率值。

10. 如权利要求9所述的曲面屏幕的厚度测量方法，其特征在于，所述获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像，提取所述处理得到所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置，并获得系列高度下的标定参数文件，包括：

对所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理；

以滤波处理后的所述点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值，并确定灰度的均值最大值所在的位置；

对滤波处理后的所述点激光条纹系列标定图像进行中心提取处理,并获取LOG算法参数模板;

根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置;

获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并生成相应的标定参数文件。

11.如权利要求10所述的曲面屏幕的厚度测量方法,其特征在于,所述根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置,包括:

设置拟合多项式;

设置图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的公式;

根据所述各点到所述多项式曲线的距离之和构建拟合矩阵;

计算所述拟合多项式中每一项的系数。

12.如权利要求10所述的曲面屏幕的厚度测量方法,其特征在于,所述分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,提取每个角度的所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合,包括:

通过所述第一相机单元和所述第二相机单元分别获取所述预设位置处的点激光成像,得到每个角度的点激光成像;

提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合。

13.如权利要求12所述的曲面屏幕的厚度测量方法,其特征在于,所述将不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型,包括:

将所述光斑亚像素中心的集合转换到所述预设坐标系下;

对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点和与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值,并计算所述预设点对应的高度集合;

根据所述高度集合计算所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型。

14.如权利要求13所述的曲面屏幕的厚度测量方法,其特征在于,所述根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值,包括:

测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线;

根据所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和所述第二相机单元的高度偏移量均值得到所述曲面屏幕的倾斜角;

基于所述曲面屏幕的倾斜角得到测量轨迹的高度曲线,并修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌;

计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

15.一种曲面屏幕的厚度测量装置,其特征在于,包括:至少一个处理器和储存器,至少一个所述处理器执行所述储存器存储的计算机执行指令,至少一个所述处理器执行如权利

要求9至14任一项所述的曲面屏幕的厚度测量方法。

曲面屏幕的厚度测量系统、方法及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及一种光学测量领域,尤其涉及一种曲面屏幕的厚度测量系统、一种曲面屏幕的厚度测量方法和一种曲面屏幕的厚度测量装置。

背景技术

[0002] 随着手机等电子装置发展的不断迭代,具有比平面屏更好视觉体验的曲面屏幕应运而生。曲面屏幕不但可以避免屏幕两端的视距过大而引起的眼球不适的劳累,而且曲面屏幕的弧度可以保证眼睛的距离均匀,从而可以带来更好的视觉体验。同时,由于曲面屏幕的外观屏幕略微弯曲,能够提供更好的环绕式观感,进而为用户提供更具有深度的观赏视觉。此外,曲面屏幕在图像处理方面加入了针对颜色“深度”的对比度调整机制,可以提升2D画面和3D画面的观赏效果,让画面更具有视觉的观感。相较于平面显示装置,曲面显示装置重要的参数就是曲面屏幕的曲率,即曲面屏幕的弯曲程度。

[0003] 虽然曲面屏幕的确能够带来出色的视觉效果,以及更灵活和可靠的人机交互逻辑。然后,由于现代发展的有机发光二极管(Organic Light-Emitting Diode,OLED)屏幕的生产工艺其实还并未成熟,所以其工艺检测标准成为最大的技术挑战,这严重制约了手机等电子装置的曲面屏幕生产线的工作效率。

发明内容

[0004] 鉴于现有技术中的不足,本申请的目的在于提供一种曲面屏幕的厚度测量系统,其旨在解决现有的测量方法中存在工艺不成熟、工作效率低等问题。

[0005] 一种曲面屏幕的厚度测量系统,包括:文件获取模块,用于获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像,根据点激光成像特性提取所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件;亚像素中心获取模块,用于分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,获取每个角度的点激光成像,并提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合;高度偏差确定模块,用于将不同角度下的所述光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,并确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型;曲率计算模块,用于根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值。

[0006] 可选地,所述文件获取模块包括:滤波处理单元,用于对获取的所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理;灰度计算单元,用于以滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值,并确定灰度的均值最大值所在的位置;算法模板构建单元,用于根据滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行中心提取处理,并获取LOG算法参数模板;亚像素位置获取单元,用于根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值以确定响应值最大的位置,并对所述响

应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置;标定参数文件生成单元,用于获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并按照标定高度生成标定参数文件。

[0007] 可选地,所述亚像素位置获取单元,用于根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值以确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置,包括:设置拟合多项式;设置图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的公式;根据所述各点到所述多项式曲线的距离之和构建拟合矩阵;计算所述拟合多项式中每一项的系数。

[0008] 可选地,所述亚像素中心获取模块包括:点激光成像获取单元,用于通过所述第一相机单元和所述第二相机单元分别获取所述预设位置处的点激光成像,获取每个角度的点激光成像;亚像素中心提取单元,用于提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心。

[0009] 可选地,所述高度偏差确定模块包括:坐标系转换单元,用于将所述光斑亚像素中心的集合转换到所述预设坐标系下;高度计算单元,用于对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点和与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值,计算所述预设点对应的高度集合;模型构建单元,用于根据所述高度计算单元传输来的所述高度集合计算所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型。

[0010] 可选地,所述曲率计算模块包括:轮廓线测量单元,用于测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线;倾斜角计算单元,用于计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和所述第二相机单元的高度偏移量均值,并获得所述曲面屏幕的倾斜角;高度曲线获取单元,用于基于所述曲面屏幕的倾斜角计算得到测量轨迹的高度曲线,并修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌;曲率计算单元,用于计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

[0011] 可选地,所述预设位置为水平指定位置,所述预设坐标系为世界坐标系。

[0012] 可选地,所述单条激光线由激光单元发射,所述激光单元与所述第一相机单元和所述第二相机单元构成了单线双目系统,且所述第一相机单元和所述第二相机单元分别与所述激光单元发出的激光线之间的夹角不相同。

[0013] 综上可知,本申请提供的曲面屏幕的厚度测量系统可以实现对曲面屏幕产品进行测量,从而有效的提高了曲面屏幕生产线的工作效率,并提高了产品的市场竞争率。

[0014] 基于同样的发明构思,本申请还提供一种曲面屏幕的厚度测量方法,所述曲面屏幕的厚度测量方法包括:获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像,提取所述处理得到所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件;分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,提取每个角度的所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合;将不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型;根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值。

[0015] 可选地,所述获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏

幕的点激光条纹系列标定图像,提取所述处理得到所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件,包括:对所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理;以滤波处理后的所述点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值,并确定灰度的均值最大值所在的位置;对滤波处理后的所述点激光条纹系列标定图像进行中心提取处理,并获取LOG算法参数模板;根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置;获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并生成相应的标定参数文件。

[0016] 可选地,所述根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置,包括:设置拟合多项式;设置图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的公式;根据所述各点到所述多项式曲线的距离之和构建拟合矩阵;计算所述拟合多项式中每一项的系数。

[0017] 可选地,所述分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,提取每个角度的所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合,包括:通过所述第一相机单元和所述第二相机单元分别获取所述预设位置处的点激光成像,得到每个角度的点激光成像;提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合。

[0018] 可选地,所述将不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型,包括:将所述光斑亚像素中心的集合转换到所述预设坐标系下;对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点和与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值,并计算所述预设点对应的高度集合;根据所述高度集合计算所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型。

[0019] 可选地,所述根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值,包括:测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线;根据所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和所述第二相机单元的高度偏移量均值得到所述曲面屏幕的倾斜角;基于所述曲面屏幕的倾斜角得到测量轨迹的高度曲线,并修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌;计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

[0020] 综上所述,本申请提供的曲面屏幕的厚度测量方法可以实现对曲面屏幕产品进行测量,从而有效的提高了曲面屏幕生产线的工作效率,并提高了产品的市场竞争率。

[0021] 基于同样的发明构思,本申请还提供一种曲面屏幕的厚度测量装置,其包括:至少一个处理器和存储器,至少一个所述处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令,至少一个所述处理器执行所述的曲面屏幕的厚度测量方法。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本申请的一些实施例,对于本领域普

通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0023] 图1为本申请实施例公开的一种曲面屏幕的厚度测量系统的结构示意图;

[0024] 图2为图1所示曲面屏幕的厚度测量系统的文件获取模块的结构示意图;

[0025] 图3为图1所示曲面屏幕的厚度测量系统的亚像素中心获取模块的结构示意图;

[0026] 图4为图1中所示曲面屏幕的厚度测量系统的高度偏差确定模块的结构示意图;

[0027] 图5为图1中所示曲面屏幕的厚度测量系统的曲率计算模块的结构示意图;

[0028] 图6为本申请实施例公开的一种曲面屏幕的厚度测量方法的流程示意图;

[0029] 图7为图6所示曲面屏幕的厚度测量方法中步骤S10的流程示意图;

[0030] 图8为图6所示曲面屏幕的厚度测量方法中步骤S20的流程示意图;

[0031] 图9为图6所示曲面屏幕的厚度测量方法中步骤S30的流程示意图;

[0032] 图10为图6所示曲面屏幕的厚度测量方法中步骤S40的流程示意图;

[0033] 图11为本申请实施例公开的一种曲面屏幕的厚度测量装置的硬件结构示意图。

具体实施方式

[0034] 为了便于理解本申请,下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了本申请的较佳实施方式。但是,本申请可以以许多不同的形式来实现,并不限于本文所描述的实施方式。相反地,提供这些实施方式的目的是使对本申请的公开内容理解的更加透彻全面。

[0035] 以下各实施例的说明是参考附加的图示,用以例示本申请可用以实施的特定实施例。本文中为部件所编序号本身,例如“第一”、“第二”等,仅用于区分所描述的对象,不具有任何顺序或技术含义。而本申请所说“连接”、“联接”,如无特别说明,均包括直接和间接连接(联接)。本申请中所提到的方向用语,例如,“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“内”、“外”、“侧面”等,仅是参考附加图式的方向,因此,使用的方向用语是为了更好、更清楚地说明及理解本申请,而不是指示或暗指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申请的限制。

[0036] 在本申请的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸地连接,或者一体地连接;可以是机械连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。需要说明的是,本申请的说明书和权利要求书及所述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。此外,本申请中使用的术语“包括”、“可以包括”、“包含”、或“可以包含”表示公开的相应功能、操作、元件等的存在,并不限制其他的一个或多个更多功能、操作、元件等。此外,术语“包括”或“包含”表示存在说明书中公开的相应特征、数目、步骤、操作、元素、部件或其组合,而并不排除存在或添加一个或多个其他特征、数目、步骤、操作、元素、部件或其组合,意图在于覆盖不排除他的包含。

[0037] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的,不是旨在于限制本申请。

[0038] 随着手机等电子装置发展的不断迭代,具有比平面屏更好视觉体验的曲面屏幕应

运而生。曲面屏幕不但可以避免屏幕两端的视距过大而引起的眼球不适的劳累,而且曲面屏幕的弧度可以保证眼睛的距离均匀,从而可以带来更好的视觉体验。同时,由于曲面屏幕的外观屏幕略微弯曲,能够提供更好的环绕式观感,进而为用户提供更具有深度的观赏视觉。此外,曲面屏幕在图像处理方面加入了针对颜色“深度”的对比度调整机制,可以提升2D画面和3D画面的观赏效果,让画面更具有视觉的观感。相较于平面显示装置,曲面显示装置重要的参数就是曲面屏幕的曲率,即曲面屏幕的弯曲程度。虽然曲面屏幕的确能够带来出色的视觉效果,以及更灵活和可靠的人机交互逻辑。然后,由于现代发展的有机发光二极管(Organic Light-Emitting Diode,OLED)屏幕的生产工艺其实还并未成熟,所以其工艺检测标准成为最大的技术挑战,这严重制约了手机等电子装置的曲面屏幕生产线的工作效率。

[0039] 基于此,本申请希望提供一种能够解决上述技术问题的方案,可以实现对手机等电子装置的曲面屏幕产品进行检测,从而有效的提高了电子装置的曲面屏幕生产线的工作效率,其详细内容将在后续实施例中得以阐述。

[0040] 可以理解但是,所述电子装置可为包含诸如个人数字助理(Personal Digital Assistant,PDA)和/或具有音乐播放器功能的电子设备,诸如手机、平板电脑、具备无线通讯功能的可穿戴电子设备(如智能手表)等。在一些实施例中,所述电子装置可以具有通信功能,即可以通过2G(第二代手机通信技术规格)、3G(第三代手机通信技术规格)、4G(第四代手机通信技术规格)、5G(第五代手机通信技术规格)或W-LAN(无线局域网)或今后可能出现的通信方式与网络建立通信。为简明起见,对此本申请实施例不做进一步限定,本申请以电子装置为手机为例进行说明。

[0041] 请参阅图1,其为本申请实施例公开的一种曲面屏幕的厚度测量系统的结构示意图。如图1所示,在本申请实施例中,本申请提供一种曲面屏幕的厚度测量系统100,其至少包括文件获取模块110、亚像素中心获取模块120、高度偏差确定模块130以及曲率计算模块140。其中,所述文件获取模块110与所述亚像素中心获取模块120电性相连,所述亚像素中心获取模块120与所述高度偏差确定模块130电性相连,所述高度偏差确定模块130与所述曲率计算模块140电性相连。也即为,所述文件获取模块110、所述亚像素中心获取模块120、所述高度偏差确定模块130以及所述曲率计算模块140依次电性相连。

[0042] 所述文件获取模块110用于获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像,根据点激光成像特性提取点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件,将所述光斑亚像素位置传输给所述亚像素中心获取模块120。

[0043] 在本申请实施例中,所述单条激光线可由激光单元发射,所述激光单元可为一激光器(laser)。其中,所述激光单元与所述第一相机单元和所述第二相机单元构成了单线双目系统,且所述第一相机单元和所述第二相机单元分别与所述激光单元发出的激光线之间的夹角不相同。可以理解地,所述激光单元与所述第一相机单元可用于构成了第一子系统,所述激光单元与所述第二相机单元可用于构成了第二子系统,且所述第一子系统和所述第二子系统均为单线单目系统。

[0044] 在本申请实施例中,所述文件获取模块110通过间隔移动装置分别获取单条激光线下在所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄下的曲面屏幕的点激光条纹系列标定

图像,其中,所述间隔移动装置可为高度位移台。

[0045] 在本申请实施例中,所述曲面屏幕为曲面的柔性屏幕。

[0046] 所述亚像素中心获取模块120用于分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,获取每个角度的点激光成像,提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心,并将提取得到的光斑亚像素中心的集合传输给所述高度偏差确定模块130。

[0047] 具体为,在本申请实施例中,所述亚像素中心获取模块120分别获取预设位置处的单条激光线下在所述第一相机单元和第二相机单元拍摄下的所述曲面屏幕的点激光成像,以当前位置为0角度基准,通过角度仪旋转等间隔角度,从而获取每个角度的点激光成像,进而提取所述点激光成像不同角度下的光斑亚像素中心,并获得光斑亚像素中心的集合。其中,所述预设位置为水平指定位置。

[0048] 所述高度偏差确定模块130用于将所述亚像素中心获取模块120传输来的不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,确定所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型,并将获取的所述高度修正模型传输给所述曲率计算模块140。

[0049] 具体为,在本申请实施例中,所述高度偏差确定模块130用于将所述亚像素中心获取模块120传输来的所述点激光成像不同角度下的光斑亚像素中心的集合通过标定参数文件转换到预设坐标系下,确定所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值,通过B样条模型(B-spline model)获取任意角度下的高度修正模型。其中,所述预设坐标系为世界坐标系。

[0050] 在本申请实施例中,所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值是所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏差值,其中,角度仪每旋转一个角度,在所述第一相机单元和第二相机单元中分别会采集到一个点光斑的亚像素中心。将所述点光斑的亚像素中心通过标定参数文件转到世界坐标系真实高度后,所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏差值为此时的所述第一相机单元高度减去所述第二相机单元高度。

[0051] 所述曲率计算模块140用于根据所述高度偏差确定模块130获取的所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值。

[0052] 具体为,在本申请实施例中,控制水平间隔移动装置的运动方向和步长扫描待测的所述曲面屏幕所在的区域,并确定所述第一相机单元和所述第二相机单元在不同角度下的高度偏差值,通过所述高度偏差确定模块130获取的所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,通过修正公式得到扫描区域所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值,通过得到的各个点的曲率值绘制曲率变化散点图。其中,所述倾斜角指的是所述曲面屏幕与放置平面之间的倾斜角度。

[0053] 请参阅图2,其为图1中所示曲面屏幕的厚度测量系统的文件获取模块110的结构示意图。如图2所示,所述文件获取模块110包括滤波处理单元111、灰度计算单元112、算法模板构建单元113、亚像素位置获取单元114以及标定参数文件生成单元115。其中,所述滤波处理单元111与所述灰度计算单元112电性相连,所述灰度计算单元112与所述算法模板构建单元113电性相连,所述算法模板构建单元113与所述亚像素位置获取单元114电性相

连,所述亚像素位置获取单元114与所述标定参数文件生成单元115电性相连。也即为,所述滤波处理单元111、所述灰度计算单元112、所述算法模板构建单元113、所述亚像素位置获取单元114以及所述标定参数文件生成单元115依次电性相连。

[0054] 在本实施方式中,所述滤波处理单元111用于对获取的所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理,并将滤波处理后的点激光条纹系列标定图像传输给所述灰度计算单元112。

[0055] 具体为,在本申请实施例中,所述第一相机单元和第二相机单元获取通过利用一维高度电位移台以一定间隔移动被测平面,采集一系列点激光条纹系列标定图像,所述滤波处理单元111将获取的所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行高斯滤波处理,作为标定数据。其中,所述高斯函数的公式为:

$$[0056] \quad G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right] \text{公式 (1)}$$

[0057] 其中, σ 为模板大小。

[0058] 其中,滤波后的图像为: $g(x, y) = f(x, y) * G(x, y)$, *为卷积。

[0059] 所述灰度计算单元112用于以所述滤波处理单元111传输来的滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值,并确定灰度的均值最大值所在的位置。

[0060] 具体为,在本申请实施例中,根据所述滤波处理单元111传输来的高斯滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心,所述灰度计算单元112以周围5*5模板计算各个灰度的均值,进行图像越界处理,从而确定灰度的均值最大值所在的位置,记为A位置。其中,所述图像越界处理包括:分别对图像坐标系的高度和宽度进行处理,所述高度的处理范围为2到图像高-3,所述宽度的处理范围为2到图像高-3。

[0061] 所述算法模板构建单元113用于根据所述滤波处理单元111传输来的滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行中心提取处理,获取LOG算法参数模板,并将计算得到的LOG算法参数模板传输给亚像素位置获取单元114。

[0062] 具体为,在本申请实施例中,所述算法模板构建单元113根据滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行LOG算法中心提取,并通过LOG算法表达式计算所述LOG算法参数模板。可以理解的是,点激光成像不同于常规的激光条纹图像,只存在激光散斑,激光散斑的数学结构接近墨西哥草帽形;由一个兴奋中心区和一个抑制周边区组成,提取散斑的中心。

[0063] 其中,所述LOG算法参数模板为模板7*7的LOG算法参数模板。所述LOG算法表达式为:

$$[0064] \quad LoG(x, y; \sigma) = \frac{2\sigma^2 - (x^2 + y^2)}{2\pi\sigma^6} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \text{公式 (2)}$$

[0065] 所述亚像素位置获取单元114用于根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值以确定响应值最大的位置,对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置,并将得到的所述光斑亚像素位置传输给所述标定参数文件生成单元115。

[0066] 具体为,在本申请实施例中,所述亚像素位置获取单元114以所述灰度的均值最大值所在的位置(即A位置)为中心左右10*10的范围通过所述算法模板构建单元113传输来的

LOG算法参数模板计算LOG算法响应值,并确定响应值最大的位置即为点激光散斑的整像素位置B(xPos,yPos),以位置B为中心进行横向和竖向的上下3点(共7点)的二次拟合,获得光斑亚像素位置C(xPos+dx,yPos+dy)。其中,dx和dy的计算过程包括:

[0067] 设置拟合多项式;

[0068] 具体为,所述拟合多项式的函数表达式为: $y=a_0+a_1x+\dots+a_kx^k$ 公式(3);

[0069] 设置图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的公式;

[0070] 具体为,图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的函数表达式为:

$$R^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - (a_0 + a_1x + \dots + a_kx^k) \right]^2 \quad \text{公式(4);}$$

[0071] 根据所述各点到多项式曲线的距离之和构建拟合矩阵;

[0072] 具体为,所述拟合矩阵的函数表达式为:

$$[0073] \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \dots & \sum_{i=1}^n x_i^k \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \dots & \sum_{i=1}^n x_i^{k+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^n x_i^k & \sum_{i=1}^n x_i^{k+1} & \dots & \sum_{i=1}^n x_i^{2k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n x_i^k y_i \end{bmatrix} \quad \text{公式(5)}$$

[0074] 计算拟合多项式中每一项的系数;

[0075] 具体为,建立拟合矩阵后,计算拟合多项式每一项的系数时,根据拟合多项式的幂级数对公式(5)中的K赋值,当拟合多项式的幂级数为最小二乘的二次拟合时,K等于2,当拟合多项式的幂级数为最小二乘的三次拟合时,K等于3,然后将被选取的各点坐标分别代入公式(5)中计算得出拟合多项式每一项的系数。

[0076] 在本申请实施例中,将以位置B为中心进行横向和竖向的上下3点分别代入公式(5)的矩阵中,假设K=2,通过公式(5)的矩阵计算得到a₀、a₁和a₂的真实值,则多项式曲线

函数表达式为: $y=a_0+a_1x+a_2x^2$,其中, $dx=-\frac{a_1}{2a_2}$, $dy=-\frac{a_1}{2a_2}$,实际参数为横向和纵向。

[0077] 所述标定参数文件生成单元115用于获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并按照标定高度生成标定参数文件。

[0078] 具体为,所述标定参数文件生成单元115依次获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并按照标定高度增序的方式生成相应的标定参数文件。

[0079] 请参阅图3,其为图1中所示曲面屏幕的厚度测量系统的亚像素中心获取模块120的结构示意图。如图3所示,所述亚像素中心获取模块120包括点激光成像获取单元121以及亚像素中心提取单元122。其中,所述点激光成像获取单元121与所述亚像素中心提取单元122电性相连。

[0080] 在本申请实施例中,所述点激光成像获取单元121用于通过所述第一相机单元和第二相机单元分别获取预设位置处的点激光成像,获取每个角度的点激光成像,并将采集到的点激光成像传输给所述亚像素中心提取单元122。

[0081] 具体为,所述点激光成像获取单元121分别获取水平指定位置处的单条激光线下在所述第一相机单元和第二相机单元拍摄下的所述曲面屏幕的点激光成像,以当前位置为

角度调整前的基准0位置,通过角度仪旋转等间隔角度,采集-20度到20度共21幅点激光散斑图像。其中,所述角度仪旋转等间隔角度为2度,并规定前高后低为正向角度。

[0082] 所述亚像素中心提取单元122用于提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心,并将所述光斑亚像素中心的集合传输给所述高度偏差确定模块130。

[0083] 具体为,所述亚像素中心提取单元122将所述点激光成像获取单元121传输来的所述点激光散斑图像进行处理得到所述点激光条纹系列标定图像LOG算子的光斑亚像素中心,并将所述光斑亚像素中心的集合传输给所述高度偏差确定模块130。

[0084] 请参阅图4,其为图1中所示曲面屏幕的厚度测量系统的高度偏差确定模块130的结构示意图。如图4所示,所述高度偏差确定模块130包括坐标系转换单元131、高度计算单元132以及模型构建单元133。其中,所述高度计算单元132与所述坐标系转换单元131和所述模型构建单元133均电性相连。

[0085] 在本申请实施例中,所述坐标系转换单元131用于将所述亚像素中心提取单元122传输来的所述光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,并将转换后的所述光斑亚像素中心的集合传输给所述高度计算单元132。

[0086] 具体为,所述第一相机单元和第二相机单元的光斑亚像素中心的集合通过标定参数文件转换到所述预设坐标系,转换后的所述光斑亚像素中心的集合记为集合 Z_c (分为 $Z_{c_{左}}$ 和 $Z_{c_{右}}$),以 $C(x_c, y_c)$ 点为例,找到与像素高度 y_c 最相近的四个点,所述四个点分别记为: $C1(y_1, z_1)$ 、 $C2(y_2, z_2)$ 、 $C3(y_3, z_3)$ 、 $C4(y_4, z_4)$,其中, $y_1 < y_2 < y_c < y_3 < y_4$ 。其中,所述预设坐标系为世界坐标系。

[0087] 所述高度计算单元132用于对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点与与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值,计算所述预设点对应的高度集合,并将所述高度集合传输给所述模型构建单元133。

[0088] 具体为,以 C 点为所述预设点,在转换后的所述光斑亚像素中心的集合中,对预设点 C 和与该预设点的像素高度相近的四个点 $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、 $C4$ 进行线性插值运算,求解预设点 C 对应的高度集合,并将所述高度集合传输给所述模型构建单元133。其中, C 点的高度计算公式为:

$$[0089] \quad Z_c = 0.15 * \frac{y_c - y_1}{y_4 - y_1} z_1 + 0.35 * \frac{y_c - y_2}{y_3 - y_2} z_2 + 0.35 * \frac{y_3 - y_c}{y_3 - y_2} z_3 + 0.15 * \frac{y_4 - y_c}{y_4 - y_1} z_4 \quad \text{公式 (6)}$$

[0090] 所述模型构建单元133用于根据所述高度计算单元132传输来的所述高度集合计算所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型,并将得到的所述高度修正模型传输给所述曲率计算模块140。

[0091] 具体为,在本申请实施例中,所述模型构建单元133用于确定所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值,通过B样条模型(B-spline model)获取任意角度下的高度修正模型。其中,系统标定过程保证基准图像的高度偏差值接近0,通过B样条模型构建高度修正模型可以确定高度偏差值与倾斜角的函数对应,所述B样条模型为:

[0092] 当三次样条函数 $S(x)$, $x \in [a, b]$,且在每个小区间 $[x_j, x_{j+1}]$ 上都是三次多项式,其中 $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$ 是给定节点,并且在节点 x_j 上给定的函数值 $y_j = f(x_j)$, ($j=0, 1, \dots, n$),成立 $S(x_j) = y_j$ 则称 $S(x)$ 是节点 x_0, x_1, \dots, x_n 上的三次样条函数。由上述可知,要求出 $S(x)$,在每个小区间 $[x_j, x_{j+1}]$ 上都是三次多项式,所以要确定四个待定系数,共有 n 个小区

间,共需确定 $4n$ 个参数。

[0093] $S(x)$ 在 $[a, b]$ 上二阶导数连续,则节点 $x_j (j=1, 2, \dots, n-1)$ 处应满足连续性条件 $S(x_{j-dx}) = S(x_{j+dx}), S'(x_{j-dx}) = S'(x_{j+dx}), S''(x_{j-dx}) = S''(x_{j+dx})$, 其中, dx 为无穷小,共有 $3n-3$ 个条件,在加上 $S(x)$ 满足插值条件 $S(x_j) = y_j (j=0, 1, \dots, n)$, 共有 $4n-2$ 个条件;需补充全面屏的左右曲率端点应为最小值即 $S'(x_0) = 0, S'(x_n) = 0$, 共 $4n$ 参数求解出样条函数 $S(x)$ 。

[0094] 请参阅图5,其为图1中所示曲面屏幕的厚度测量系统的曲率计算模块140的结构示意图。如图5所示,所述曲率计算模块140包括轮廓线测量单元141、倾斜角计算单元142、高度曲线获取单元143和曲率计算单元144。其中,所述轮廓线测量单元141与所述倾斜角计算单元142电性相连,所述倾斜角计算单元142与所述高度曲线获取单元143电性相连,所述高度曲线获取单元143与所述曲率计算单元144电性相连。

[0095] 所述轮廓线测量单元141用于测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线,并将得到的所述曲面屏幕的外轮廓曲线传输给所述倾斜角计算单元142。

[0096] 具体为,所述轮廓线测量单元141预设测量轨迹,通过控制所述间隔移动装置触发,以预设步长等间隔点激光量所述曲面屏幕的外轮廓曲线。其中,所述曲面屏幕的外轮廓曲线的测量点数等于触发次数,设定步长为 $1\mu\text{m}$ 。

[0097] 所述倾斜角计算单元142用于计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏移量均值,获得所述曲面屏幕的倾斜角,并将所述曲面屏幕的倾斜角传输给所述高度曲线获取单元143。

[0098] 具体为,所述倾斜角计算单元142计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏移量,基于所述高度偏移量计算得到相应的高度偏移量均值,通过所述高度修正模型得到所述曲面屏幕的倾斜角。

[0099] 所述高度曲线获取单元143用于基于所述曲面屏幕的倾斜角计算得到测量轨迹的高度曲线,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并将得到的测量轨迹的高度曲线传输给所述曲率计算单元144。

[0100] 具体为,所述高度曲线获取单元143将计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度值进行求均值计算得到均值 $0.5 * Z_{c左} + 0.5 * Z_{c右}$, 所述均值减去基准图像的高度值得到基准偏差值 $Z_{c偏}$, 再通过修正公式进行计算得到测量轨迹的高度曲线。

[0101] 其中,所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的坐标通过修正公式消除倾斜角导致

的高度 H 对 dy 的调制, Y 坐标修正 $d_y = \begin{cases} Z_{c偏} / \cos\theta, & \text{倾斜角为正} \\ -Z_{c偏} / \cos\theta, & \text{倾斜角为负} \end{cases}$ 。

[0102] 所述曲率计算单元144用于计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

[0103] 具体为,所述曲率计算单元144构建等间隔坐标系(其中,横坐标为触发计数序号,竖坐标为出发点对应的求解高度),进行5点的二次拟合,通过曲率求解公式计算各个点的曲率值,并绘制曲率变化散点图。其中,曲率求解公式为:

[0104] 曲率 = $\frac{|y''|}{(1+y'^2)^{3/2}}$ 公式 (7)

[0105] 请参阅图6,其为本申请实施例公开的一种曲面屏幕的厚度测量方法的流程示意图,上述图1-图5所示实施例中的曲面屏幕的厚度测量系统用下述的曲面屏幕的厚度测量方法对手机等电子产品的屏幕厚度进行测量,以有效的提高了手机等电子产品的曲面屏幕生产线的工作效率。在本实施例中,所述曲面屏幕为透明材质的曲面屏幕。如图6所示,所述曲面屏幕的厚度测量方法至少包括以下步骤。

[0106] S10、获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像,提取所述点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件。

[0107] 在本实施例中,请结合图1,通过所述文件获取模块110获取单条激光线下第一相机单元和第二相机单元分别拍摄的曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像,根据点激光成像特性提取点激光条纹系列标定图像的光斑亚像素位置,并获得系列高度下的标定参数文件,将所述光斑亚像素中心传输给所述亚像素中心获取模块120。

[0108] 在本申请实施例中,请参阅图7并结合图2,所述步骤S10至少包括以下步骤。

[0109] S11、对所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理。

[0110] 具体为,所述滤波处理单元111将获取的所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行滤波处理,并将滤波处理后的点激光条纹系列标定图像传输给所述灰度计算单元112。

[0111] 在本申请实施例中,所述第一相机单元和第二相机单元获取通过利用一维高度电位移台以一定间隔移动被测平面,采集一系列点激光条纹系列标定图像,所述滤波处理单元111将获取的所述曲面屏幕的点激光条纹系列标定图像进行高斯滤波处理,作为标定数据。其中,所述高斯函数的公式为:

$$[0112] \quad G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right] \text{公式 (1)}$$

[0113] 其中, σ 为模板大小。

[0114] 其中,滤波后的图像为: $g(x, y) = f(x, y) * G(x, y)$, *为卷积。

[0115] S12、以滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值,并确定灰度的均值最大值所在的位置。

[0116] 具体为,所述灰度计算单元112根据所述滤波处理单元111传输来的滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心计算各个灰度的均值,并确定灰度的均值最大值所在的位置。

[0117] 在本申请实施例中,根据所述滤波处理单元111传输来的高斯滤波处理后的点激光条纹系列标定图像的像素坐标为中心,所述灰度计算单元112以周围5*5模板计算各个灰度的均值,进行图像越界处理,从而确定灰度的均值最大值所在的位置,记为A位置。其中,所述图像越界处理包括:分别对图像坐标系的高度和宽度进行处理,所述高度的处理范围为2到图像高-3,所述宽度的处理范围为2到图像高-3。

[0118] S13、对滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行中心提取处理,并获取LOG算法参数模板。

[0119] 具体为,所述算法模板构建单元113根据所述滤波处理单元111传输来的滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行LOG算法中心提取,计算LOG算法参数模板,并将计算得

到的LOG算法参数模板传输给亚像素位置获取单元114。

[0120] 在本申请实施例中,所述算法模板构建单元113根据滤波处理后的点激光条纹系列标定图像进行LOG算法中心提取,并通过LOG算法表达式计算所述LOG算法参数模板。可以理解的是,点激光成像不同于常规的激光条纹图像,只存在激光散斑,激光散斑的数学结构接近墨西哥草帽形;由一个兴奋中心区和一个抑制周边区组成,提取散斑的中心。

[0121] 其中,所述LOG算法参数模板为模板7*7的LOG算法参数模板。所述LOG算法表达式为:

$$[0122] \quad LoG(x, y; \sigma) = \frac{2\sigma^2 - (x^2 + y^2)}{2\pi\sigma^6} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \text{ 公式 (2)}$$

[0123] S14、根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值确定响应值最大的位置,并对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置。

[0124] 具体为,所述亚像素位置获取单元114根据所述灰度的均值最大值所在的位置和所述LOG算法参数模板计算LOG算法响应值以确定响应值最大的位置,对所述响应值最大的位置进行拟合得到光斑亚像素位置,并将得到的所述光斑亚像素位置传输给所述标定参数文件生成单元115。

[0125] 在本申请实施例中,所述亚像素位置获取单元114以所述灰度的均值最大值所在的位置(即A位置)为中心左右10*10的范围通过所述算法模板构建单元113传输来的LOG算法参数模板计算LOG算法响应值,并确定响应值最大的位置即为点激光散斑的整像素位置B(xPos,yPos),以位置B为中心进行横向和竖向的上下3点(共7点)的二次拟合,获得光斑亚像素位置C(xPos+dx,yPos+dy)。其中,dx和dy的计算过程包括:

[0126] 设置拟合多项式;

[0127] 具体为,所述拟合多项式的函数表达式为: $y = a_0 + a_1x + \dots + a_kx^k$ 公式(3);

[0128] 设置图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的公式;

[0129] 具体为,图像坐标系中被选取的各点到多项式曲线的距离之和的函数表达式为:

$$[0129] \quad R^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - (a_0 + a_1x + \dots + a_kx^k) \right]^2 \text{ 公式 (4);}$$

[0130] 根据所述各点到多项式曲线的距离之和构建拟合矩阵;

[0131] 具体为,所述拟合矩阵的函数表达式为:

$$[0132] \quad \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \dots & \sum_{i=1}^n x_i^k \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \dots & \sum_{i=1}^n x_i^{k+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^n x_i^k & \sum_{i=1}^n x_i^{k+1} & \dots & \sum_{i=1}^n x_i^{2k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n x_i^k y_i \end{bmatrix} \text{ 公式 (5)}$$

[0133] 计算拟合多项式每一项的系数;

[0134] 具体为,建立拟合矩阵后,计算拟合多项式每一项的系数时,根据拟合多项式的幂级数对公式(5)中的K赋值,当拟合多项式的幂级数为最小二乘的二次拟合时,K等于2,当拟合多项式的幂级数为最小二乘的三次拟合时,K等于3,然后将被选取的各点坐标分别代入

公式(5)中计算得出拟合多项式每一项的系数。

[0135] 在本申请实施例中,将以位置B为中心进行横向和竖向的上下3点分别代入公式(5)的矩阵中,假设 $K=2$,通过公式(5)的矩阵计算得到 a_0 、 a_1 和 a_2 的真实值,则多项式曲线

函数表达式为: $y=a_0+a_1x+a_2x^2$,其中, $dx=-\frac{a_1}{2a_2}$, $dy=-\frac{a_1}{2a_2}$,实际参数为横向和纵向。

[0136] S15、获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并生成相应的标定参数文件。

[0137] 具体为,所述标定参数文件生成单元115获取各个所述点激光条纹系列标定图像的标定高度对应的像素高度,并按照标定高度生成标定参数文件。

[0138] S20、分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,提取每个角度的所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合。

[0139] 在本实施例中,请结合图1,所述亚像素中心获取模块120分别获取预设位置处的所述第一相机单元和所述第二相机单元拍摄的所述曲面屏幕的点激光成像,获取每个角度的点激光成像,提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心,并将提取得到的光斑亚像素中心的集合传输给所述高度偏差确定模块130。

[0140] 具体为,在本申请实施例中,所述亚像素中心获取模块120分别获取预设位置处的单条激光线下在所述第一相机单元和第二相机单元拍摄下的所述曲面屏幕的点激光成像,以当前位置为0角度基准,通过角度仪旋转等间隔角度,从而获取每个角度的点激光成像,进而提取所述点激光成像不同角度下的光斑亚像素中心,并获得光斑亚像素中心的集合。其中,所述预设位置为水平指定位置。

[0141] 在本申请实施例中,请参阅图8并结合图3,所述步骤S20至少包括以下步骤。

[0142] S21、通过所述第一相机单元和第二相机单元分别获取预设位置处的点激光成像,得到每个角度的点激光成像。

[0143] 具体为,所述点激光成像获取单元121通过所述第一相机单元和第二相机单元分别获取预设位置处的点激光成像,获取每个角度的点激光成像,并将采集到的点激光成像传输给所述亚像素中心提取单元122。

[0144] 在本申请实施例中,所述点激光成像获取单元121分别获取水平指定位置处的单条激光线下在所述第一相机单元和第二相机单元拍摄下的所述曲面屏幕的点激光成像,以当前位置为角度调整前的基准0位置,通过角度仪旋转等间隔角度,采集-20度到20度共21幅点激光散斑图像。其中,所述角度仪旋转等间隔角度为2度,并规定前高后低为正向角度。

[0145] S22、提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心以获取所述光斑亚像素中心的集合。

[0146] 具体为,所述亚像素中心提取单元122提取所述点激光成像的对应的光斑亚像素中心,并将所述光斑亚像素中心的集合传输给所述高度偏差确定模块130。

[0147] 在本申请实施例中,所述亚像素中心提取单元122将所述点激光成像获取单元121传输来的所述点激光散斑图像进行处理得到所述点激光条纹系列标定图像LOG算子的光斑亚像素中心,并将所述光斑亚像素中心的集合传输给所述高度偏差确定模块130。

[0148] S30、将不同角度下的光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,确定所述第一

相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取相应的高度修正模型。

[0149] 在本实施例中,请参阅图1,所述高度偏差确定模块130将所述亚像素中心获取模块120传输来的不同角度下的光斑亚像素中心转换到预设坐标系下,确定所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型,并将获取的所述高度修正模型传输给所述曲率计算模块140。

[0150] 在本申请实施例中,请参阅图9并结合图4,所述步骤S30至少包括以下步骤。

[0151] S31、将所述光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下。

[0152] 具体为,所述坐标系转换单元131将所述亚像素中心提取单元122传输来的所述光斑亚像素中心的集合转换到预设坐标系下,并将转换后的所述光斑亚像素中心的集合传输给所述高度计算单元132。

[0153] 在本申请实施例中,所述第一相机单元和第二相机单元的光斑亚像素中心的集合通过标定参数文件转换到所述预设坐标系,转换后的所述光斑亚像素中心的集合记为集合 Z_c (分为 $Z_{c_{左}}$ 和 $Z_{c_{右}}$),以 $C(x_c, y_c)$ 点为例,找到与像素高度 y_c 最相近的四个点,所述四个点分别记为: $C_1(y_1, z_1)$ 、 $C_2(y_2, z_2)$ 、 $C_3(y_3, z_3)$ 、 $C_4(y_4, z_4)$,其中, $y_1 < y_2 < y_c < y_3 < y_4$ 。其中,所述预设坐标系为世界坐标系。

[0154] S32、对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点和与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值,并计算所述预设点对应的高度集合。

[0155] 具体为,所述高度计算单元132对转换后的所述光斑亚像素中心的集合中的预设点和与该预设点的像素高度相近的四个点进行线性插值,计算所述预设点对应的高度集合,并将所述高度集合传输给所述模型构建单元133。

[0156] 在本申请实施例中,以 C 点为所述预设点,在转换后的所述光斑亚像素中心的集合中,对预设点 C 和与该预设点的像素高度相近的四个点 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 进行线性插值运算,求解预设点 C 对应的高度集合,并将所述高度集合传输给所述模型构建单元133。其中, C 点的高度计算公式为:

$$[0157] \quad Z_c = 0.15 * \frac{y_c - y_1}{y_4 - y_1} z_1 + 0.35 * \frac{y_c - y_2}{y_3 - y_2} z_2 + 0.35 * \frac{y_3 - y_c}{y_3 - y_2} z_3 + 0.15 * \frac{y_4 - y_c}{y_4 - y_1} z_4 \quad \text{公式 (6)}$$

[0158] S33、根据所述高度集合计算所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型。

[0159] 具体为,所述模型构建单元133将所述高度计算单元132传输来的所述高度集合计算所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值以获取任意角度下的高度修正模型,并将得到的所述高度修正模型传输给所述曲率计算模块140。

[0160] 在本申请实施例中,所述模型构建单元133用于确定所述第一相机单元和第二相机单元在不同角度下的高度偏差值,通过B样条模型(B-spline model)获取任意角度下的高度修正模型。其中,系统标定过程保证基准图像的高度偏差值接近0,通过B样条模型构建高度修正模型可以确定高度偏差值与倾斜角的函数对应,所述B样条模型为:

[0161] 当三次样条函数 $S(x)$, $x \in [a, b]$,且在每个小区间 $[x_j, x_{j+1}]$ 上都是三次多项式,其中 $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$ 是给定节点,并且在节点 x_j 上给定的函数值 $y_j = f(x_j)$, ($j=0, 1, \dots, n$),成立 $S(x_j) = y_j$ 则称 $S(x)$ 是节点 x_0, x_1, \dots, x_n 上的三次样条函数。由上述可知,要求出 $S(x)$,在每个小区间 $[x_j, x_{j+1}]$ 上都是三次多项式,所以要确定四个待定系数,共有 n 个小区

间,共需确定 $4n$ 个参数。

[0162] $S(x)$ 在 $[a, b]$ 上二阶导数连续,则节点 $x_j (j=1, 2, \dots, n-1)$ 处应满足连续性条件 $S(x_{j-dx}) = S(x_{j+dx}), S'(x_{j-dx}) = S'(x_{j+dx}), S''(x_{j-dx}) = S''(x_{j+dx})$, 其中, dx 为无穷小,共有 $3n-3$ 个条件,在加上 $S(x)$ 满足插值条件 $S(x_j) = y_j (j=0, 1, \dots, n)$, 共有 $4n-2$ 个条件;需补充全面屏的左右曲率端点应为最小值即 $S'(x_0) = 0, S'(x_n) = 0$, 共 $4n$ 参数求解出样条函数 $S(x)$ 。

[0163] S40、根据所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,计算各个点的曲率值。

[0164] 在本实施例中,请结合图1,所述曲率计算模块140根据所述高度偏差确定模块130获取的所述高度修正模型得到所述曲面屏幕所在位置的倾斜角,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并计算各个点的曲率值。

[0165] 在本申请实施例中,请参阅图10并结合图5,所述步骤S40至少包括以下步骤。

[0166] S41、测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线。

[0167] 具体为,所述轮廓线测量单元141测量所述曲面屏幕的外轮廓曲线,并将得到的所述曲面屏幕的外轮廓曲线传输给所述倾斜角计算单元142。

[0168] 在本申请实施例中,所述轮廓线测量单元141预设测量轨迹,通过控制所述间隔移动装置触发,以预设步长等间隔点激光量所述曲面屏幕的外轮廓曲线。其中,所述曲面屏幕的外轮廓曲线的测量点数等于触发次数,设定步长为 $1\mu\text{m}$ 。

[0169] S42、根据所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏移量均值得到所述曲面屏幕的倾斜角。

[0170] 具体为,所述倾斜角计算单元142计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏移量均值,获得所述曲面屏幕的倾斜角,并将所述曲面屏幕的倾斜角传输给所述高度曲线获取单元143。

[0171] 在本申请实施例中,所述倾斜角计算单元142计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上各个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度偏移量,基于所述高度偏移量计算得到相应的高度偏移量均值,通过所述高度修正模型得到所述曲面屏幕的倾斜角。

[0172] S43、基于所述曲面屏幕的倾斜角得到测量轨迹的高度曲线,并修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌。

[0173] 具体为,所述高度曲线获取单元143基于所述曲面屏幕的倾斜角计算得到测量轨迹的高度曲线,修正获得所述曲面屏幕的完整3D形貌,并将得到的测量轨迹的高度曲线传输给所述曲率计算单元144。

[0174] 在本申请实施例中,所述高度曲线获取单元143将计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的所述第一相机单元和第二相机单元的高度值进行求均值计算得到均值 $0.5 * Z_{c左} + 0.5 * Z_{c右}$, 所述均值减去基准图像的高度值得到基准偏差值 $Z_{c偏}$, 再通过修正公式进行计算得到测量轨迹的高度曲线。

[0175] 其中,所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的坐标通过修正公式消除倾斜角导致

的高度 H 对 dy 的调制, Y 坐标修正 $d_y = \begin{cases} Z_{c偏} / \cos\theta, & \text{倾斜角为正} \\ -Z_{c偏} / \cos\theta, & \text{倾斜角为负} \end{cases}$ 。

[0176] S44、计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

[0177] 具体为,所述曲率计算单元144计算所述曲面屏幕的外轮廓曲线上每个点的曲率值。

[0178] 在本申请实施例中,所述曲率计算单元144构建等间隔坐标系(其中,横坐标为触发计数序号,纵坐标为出发点对应的求解高度),进行5点的二次拟合,通过曲率求解公式计算各个点的曲率值,并绘制曲率变化散点图。

[0179] 其中,曲率求解公式为:

$$\text{曲率} = \frac{|y''|}{(1+y'^2)^{3/2}} \text{公式 (7)}$$

[0181] 请参阅图11,其为本申请实施例公开的一种曲面屏幕的厚度测量装置的硬件结构示意图。如图11所示,本申请实施例提供的曲面屏幕的厚度测量装置200包括至少一个处理器201和存储器202。所述曲面屏幕的厚度测量装置200还包括至少一根总线203。其中,处理器201和存储器202通过总线203电性连接。所述曲面屏幕的厚度测量装置200可以是计算机或服务器,本申请对此不作特别限定。

[0182] 所述曲面屏幕的厚度测量装置200还可以包括如上述图1到图5所示实施例中的曲面屏幕的厚度测量系统。在具体实现过程中,至少一个处理器201执行所述存储器202存储的计算机执行指令,使得至少一个处理器201通过所述的曲面屏幕的厚度测量系统执行如图6-图10所述实施例的曲面屏幕的厚度测量方法。

[0183] 本申请实施例提供的处理器201的具体实现过程可参见上述图6-图10所述实施例的曲面屏幕的厚度测量方法实施例,其实现原理和技术效果类似,本实施例此处不再赘述。

[0184] 在本实施例中,所述曲面屏幕为透明材质的柔性屏幕。

[0185] 可以理解,处理器201可以为中央处理器(Central Processing Unit,CPU),还可以为其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)等。通用处理器可以为微处理器或该处理器也可以为任何常规处理器等。结合本申请所提供的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成,或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。

[0186] 所述存储器202可以为高速随机存取存储器(Random Access Memory,RAM),也可以为非易失性存储(Non-Volatile Memory,NVM)。

[0187] 所述总线203可以为工业标准体系结构(Industry Standard Architecture,ISA)总线、外部设备互连(Peripheral Component Interconnect,PCI)总线或扩展工业标准体系结构(Extended Industry Standard Architecture,EISA)总线等。为了便于表示,本申请附图中的总线203并不限定为仅有一根总线或者一种类型的总线。

[0188] 应当理解的是,本申请的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本申请所附权利要求的保护范围。

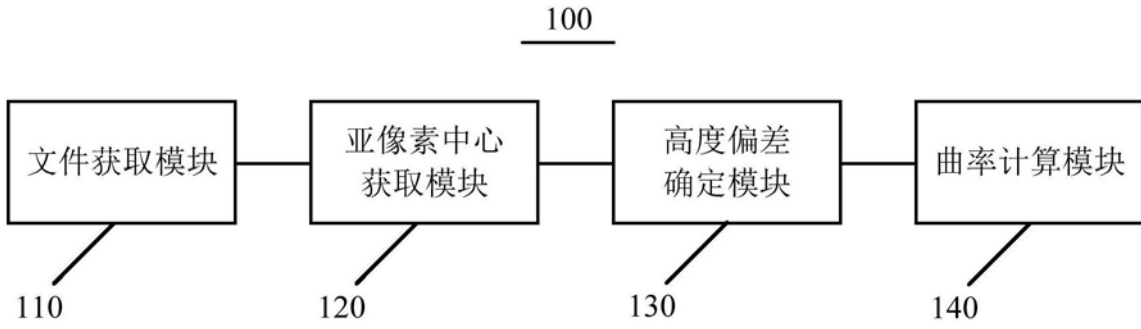


图1

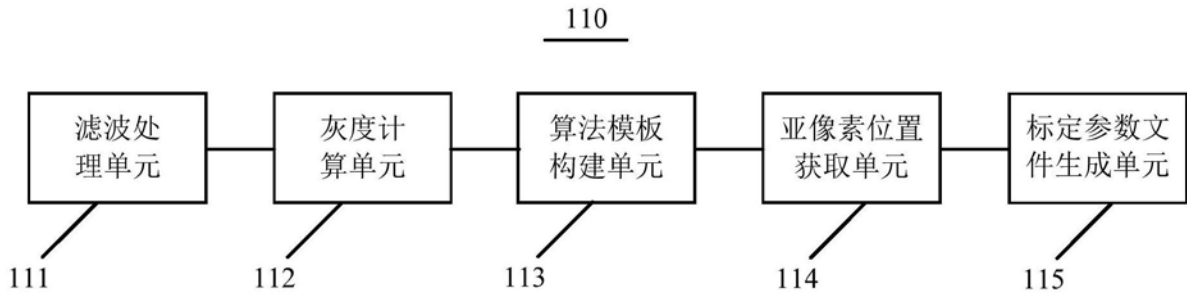


图2

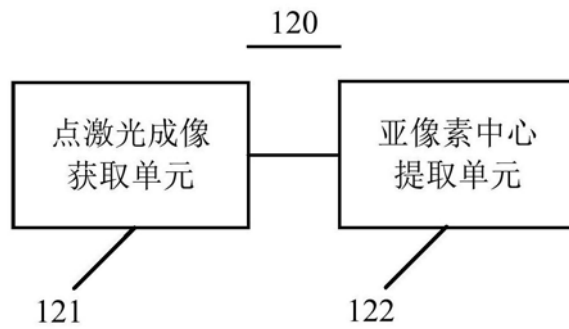


图3

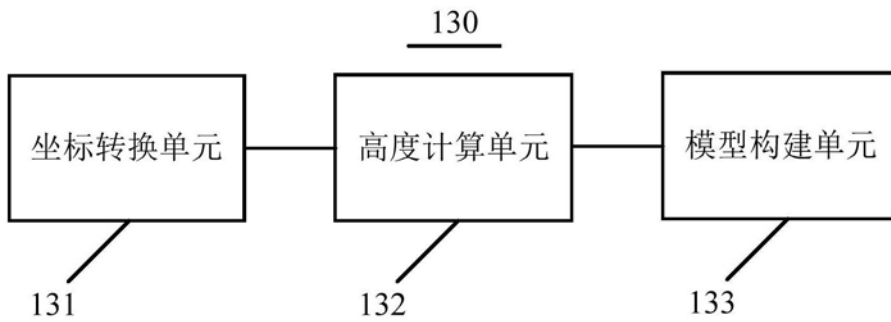


图4

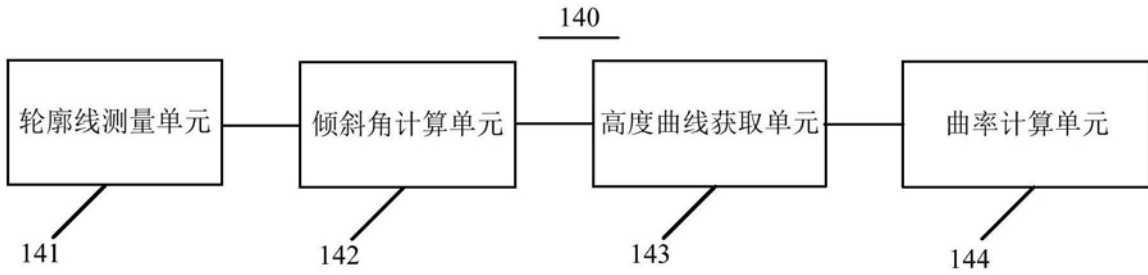


图5

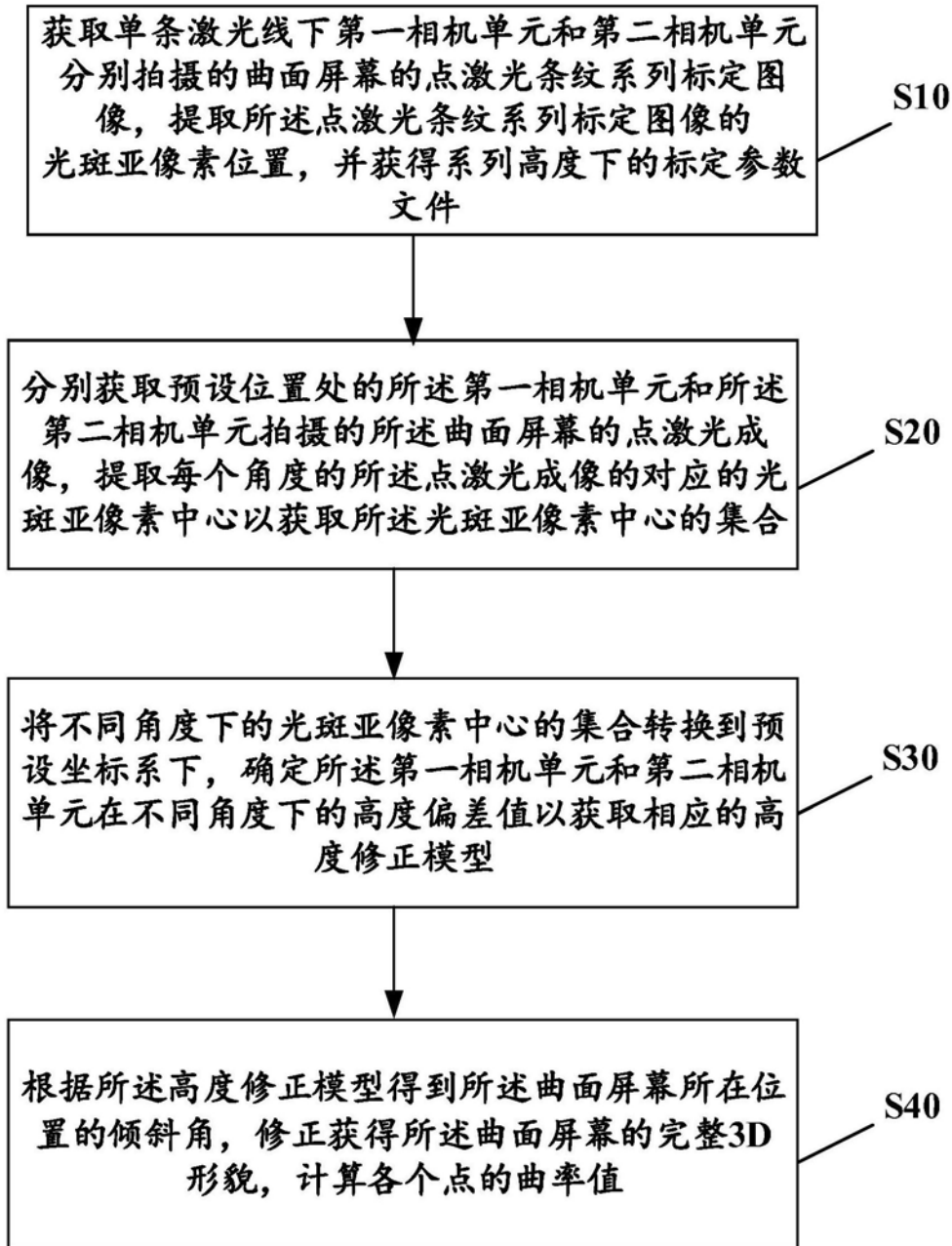


图6

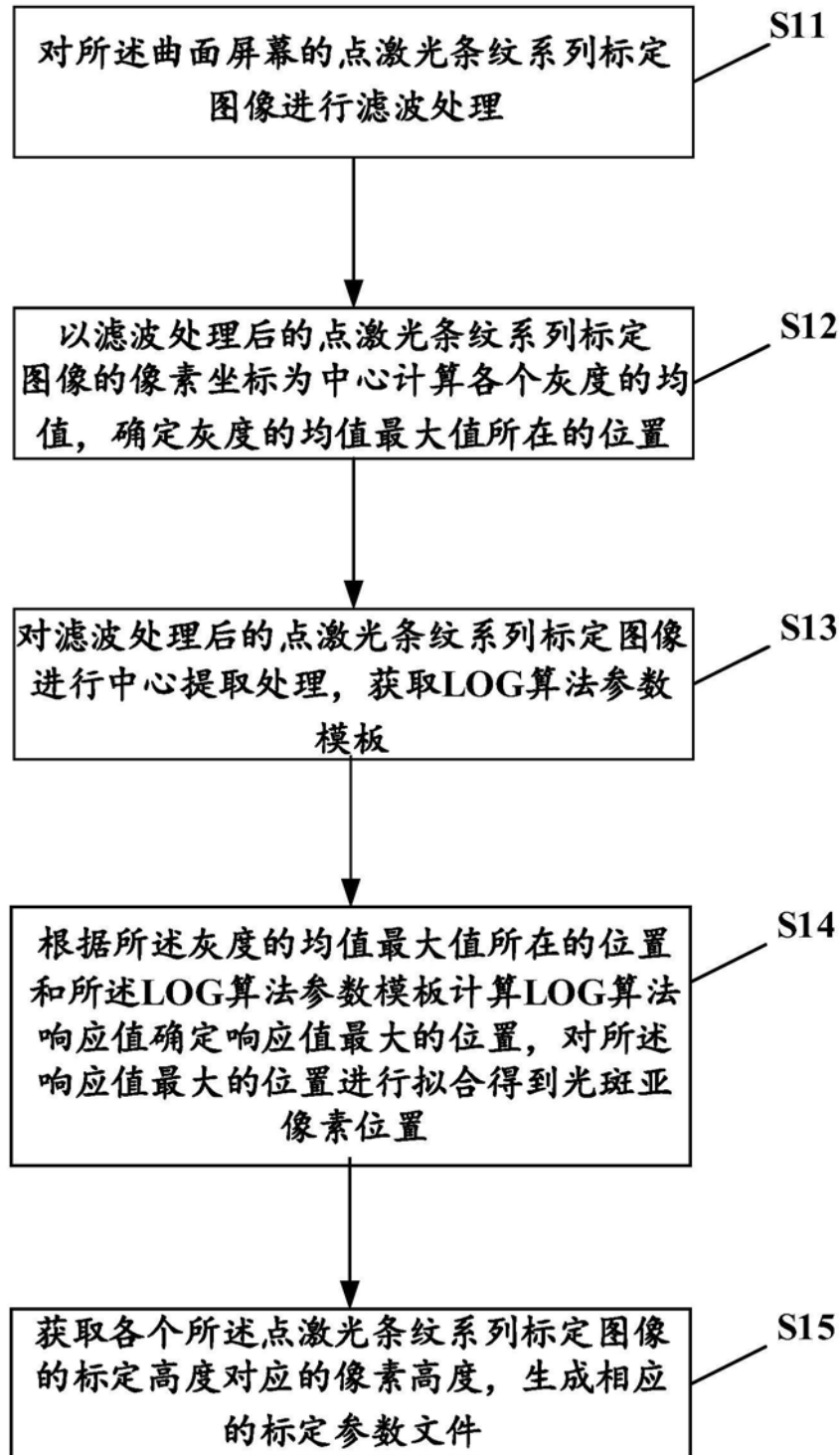


图7

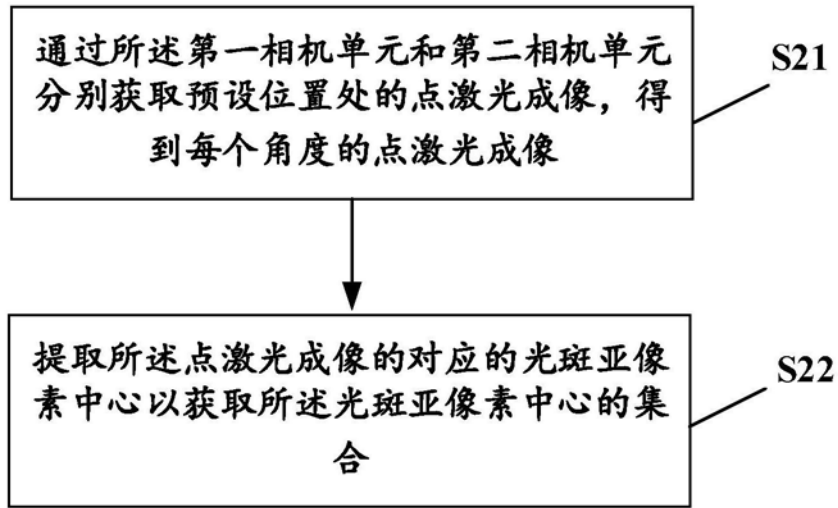


图8

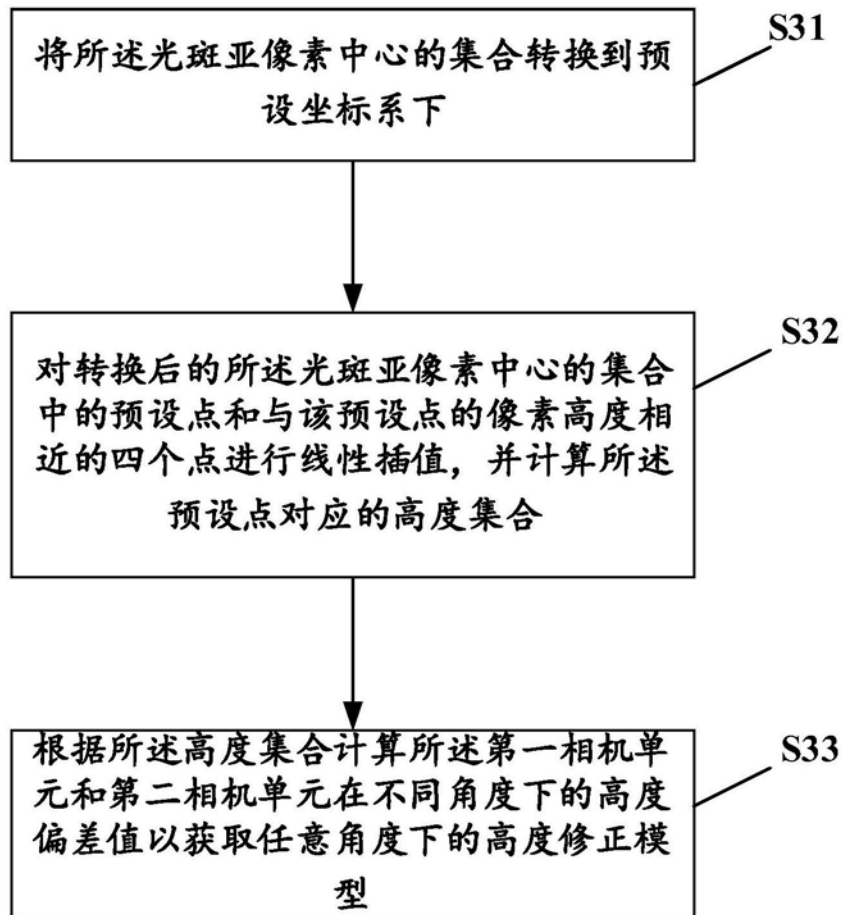


图9

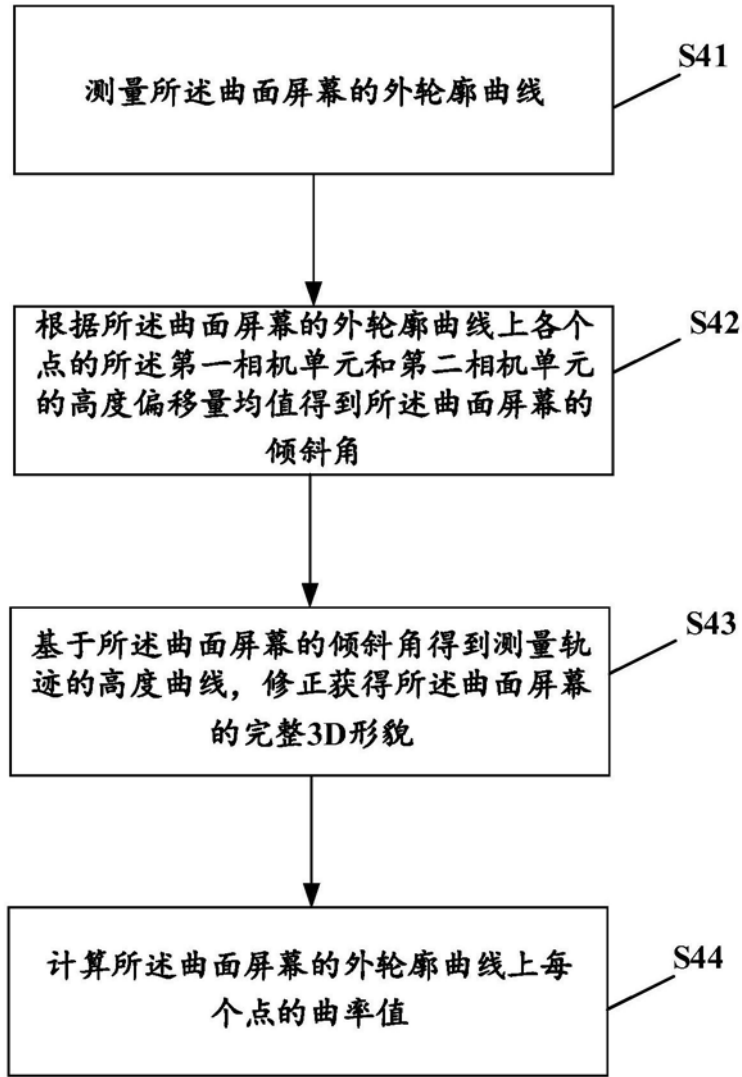


图10

200

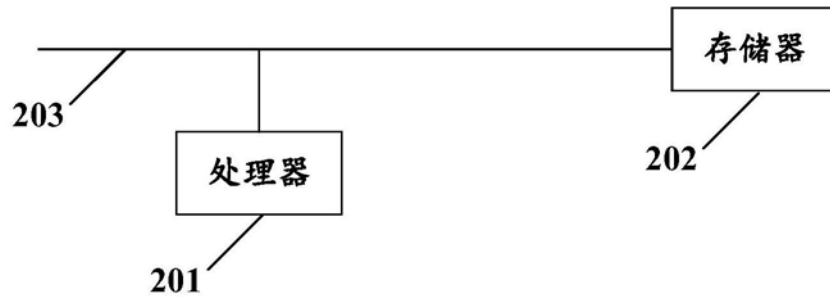


图11