



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104266606 B

(45)授权公告日 2017.01.25

(21)申请号 201410478588.1

CN 101799924 A, 2010.08.11,

(22)申请日 2014.09.18

JP 特开2005-3631 A, 2005.01.06,

(65)同一申请的已公布的文献号

JP 特开2001-12925 A, 2001.01.19,

申请公布号 CN 104266606 A

US 6639685 B1, 2003.10.28,

(43)申请公布日 2015.01.07

TW 385360 B, 2000.03.21,

(73)专利权人 河北工业大学

X.J Xu_et al..Simultaneously

地址 300401 天津市北辰区双口镇西平道
5340号measuring 3D shape and color texture of
moving objects using IR and color fringe
projection techniques.《Optics and Lasers
in Engineering》.2014, 第61卷第1-7页.

(72)发明人 张宗华 高楠 郑国权 黄淑君

丁雅斌_等.基于相位映射的三维主动视觉
标定.《光电子.激光》.2007, 第18卷(第10期), 第
1224-1227页.(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务
所(普通合伙) 12210ShuJun Huang_et al..3D fingerprint
imaging system based on full-field fringe
projection profilometry.《Optics and
Lasers in Engineering》.2013, 第52卷第123-
130页.

代理人 李济群

审查员 郝敏

(51)Int.Cl.

G01B 11/24(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(56)对比文件

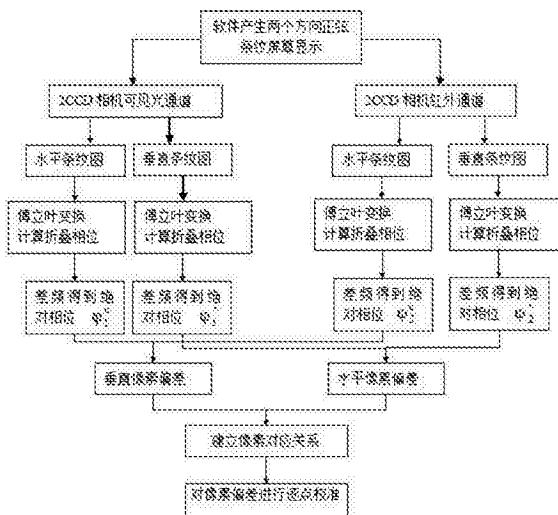
CN 101949693 A, 2011.01.19,
CN 103994732 A, 2014.08.20,
CN 102721376 A, 2012.10.10,
CN 102654391 A, 2012.09.05,

(54)发明名称

2CCD相机红外/可见光靶面校准方法

(57)摘要

本发明涉及2CCD相机红外/可见光靶面校准方法,该方法先利用软件产生水平和垂直方向上正弦条纹图,并由电脑显示屏显示;由2CCD相机的红外和可见光通道分别采集条纹图像;通过傅里叶变换的方法求解条纹图的折叠相位,以最佳条纹选择的方法解得绝对相位;对同方向条纹的一组绝对相位,通过寻找对应点以及插值的方法计算两通道间的像素偏差;根据两个方向的像素偏差建立像素对应关系;最后根据像素对应关系完成对两通道逐个像素点的校准,并给出校准的评价方法。



1.一种2CCD相机红外/可见光靶面校准方法,该方法的具体步骤是:

(1)以可变的条纹图像作为参考物,通过软件编程产生正弦条纹,并分别以水平和垂直方向显示在电脑显示屏上;

(2)通过2CCD相机的红外与可见光通道同时采集电脑显示屏上的条纹图像,得到水平条纹图像和垂直条纹图像,并对两通道水平和垂直条纹图像进行预处理;

(3)对步骤(2)得到的水平条纹图像和垂直条纹图像通过傅里叶变换及其一级谱的逆变换,计算出其相应的折叠相位图;利用最佳条纹选择方法把折叠相位展成绝对相位,得到两通道逐个像素点水平和垂直方向的绝对相位,并利用中值滤波和均值滤波对绝对相位图进行平滑处理;确定目标区间,在该目标区间插值运算,之后寻找绝对相位值最接近点,最后通过坐标变换计算像素偏差,利用水平条纹图像的绝对相位计算出2CCD相机垂直方向像素偏差,利用垂直条纹图像的绝对相位计算出2CCD相机水平方向像素偏差;

(4)根据步骤(3)得到的两通道同一点的水平方向和垂直方向像素偏差,计算红外通道每一像素点的偏差校正距离并加以汇总,得到2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系;

(5)将步骤(4)得到的2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系,对红外通道中的每个像素点位置进行校准,得到校准后的相位图,实现2CCD红外/可见光靶面间的精确校准。

2.根据权利要求1所述的2CCD相机红外/可见光靶面校准方法,其特征在于所述步骤(2)中两通道水平和垂直条纹图像预处理的过程是:

- a.从可见光通道采集的条纹图像中分离出绿色通道的条纹图像作为待处理图像;
- b.将红外通道采集的条纹图像和绿色通道的条纹图像以多次测量求平均的方式分别得到红外通道和绿色通道的平均条纹图像;
- c.对步骤b得到的平均条纹图像进行中值滤波处理。

2CCD相机红外/可见光靶面校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及相位计算与数字图像处理技术,具体为一种2CCD相机红外/可见光靶面校准方法。

背景技术

[0002] 具备红外/可见光通道的2CCD相机,由于具有各自独立且互不干扰的两个颜色通道,在同时得到物体形貌和彩色纹理信息的三维测量技术中具有独特的优势。2CCD相机既可以简化系统结构又便于控制,但由于制造和安装误差,2CCD相机可见和红外通道靶面像素间存在非对应问题。有关不同颜色通道之间像素位置关系的建立,在申请人检索的范围内,可以见到以下相关文献信息:

[0003] 1.K.Sakashita and Y.Yagi“基于多通道相机和红外投影仪的单幅网格成像获取三维形貌及纹理的系统”(A system for capturing textured 3D shapes based on one-shot grid pattern with multi-band camera and infrared projector,Proceedings of the international conference on 3D imaging, modeling, processing, visualization and transmission 2011:49–56)采用红外通道的网格结构光获取目标的三维形貌,用可见光获取纹理信息,有效地避免了三维形貌采集中结构光对纹理的干扰。将不同通道的形貌和纹理信息结合起来,得到目标的完整信息,并提出用棋盘格平板标定两个图像传感器之间的对应关系。此种方法仅建立起几个离散点之间的对应关系。

[0004] 2.Y.J.Xu,C.Chen,S.J.Huang and Z.H.Zhang“利用红外和彩色条纹投影技术同时测量移动物体的三维形貌和彩色纹理”(Simultaneously measuring 3D shape and colour texture of moving objects using IR and colour fringe projection techniques,Optics and lasers in Engineering,61(2014):1–7)采用红外通道正弦条纹结构光投影技术,从得到的绝对相位计算目标深度,进而获得物体三维形貌。2CCD相机可同时采集可见光通道的纹理信息,以实现移动目标三维形貌和纹理的快速测量。由于光线折射率的差异,2CCD相机的红外、可见光通道之间存在色差,使得同一目标点分别成像在2CCD两个靶面的不同位置。除此之外,位于分光棱镜后的两个CCD靶面,在理想情况下应是精确匹配的,而实际上其对应像素点反映的绝对位置也会存在偏差,这取决于CCD靶面的装配精度。基于上述原因,不同通道图像之间存在目标点不重合的现象,在物体三维形貌和纹理测量中会影响检测结果造成误差。其表现形式与可见光中RGB三通道间的色差类似。此方法中没有考虑两个靶面像素间的对应问题。

[0005] 3.J.Chang,H.Kang and M.G.Kang“伪彩色滤波修正轴向和垂轴色差”(Correction of axial and lateral chromatic aberration with false color filtering,IEEE Transactions on Image Processing,22(2013):1186–1198)针对色差导致的RGB图像中边缘不重叠的现象,设计了一种后期处理方法。采用边缘亮度暂时增强以及伪彩色滤波方法使不同颜色通道的边缘对齐。此方法修正了由色差造成的三通道边缘重影,却存在一定的局限性:不同的拍摄图像会导致修正效果有所差异,从而导致其对图像具

有选择性。

[0006] 4.T.E.Boult and G.Wolberg“使用图像变形校正色差”(Correcting chromatic aberrations using image warping, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings CVPR 1992)对色差的光学机理展开分析。在色差的补偿问题中,改进成像光学系统仍会遗留图像模糊和扭曲等问题,因而提出了图像变形的方法,使用外部参考物作为图像变形的标准,有效地消除了模糊和扭曲。此方法以图像的行和列分别进行单一方向的变形,没有考虑色差在平面上的分布规律及其二维分布的校正。

[0007] 5.张荣乔等公开的“影像色差补偿方法”(公开号CN1612028A)以及P.斯特克等公开的“用于处理色差和紫色条纹的方法和装置”(公开号CN102017639B)分别给出了以特定的校准图像作为参考,计算参考点在不同颜色平面上的距离差,通过插值的方法或以一定的校正比例对颜色平面进行变换,对色差进行补偿。由于参考点的个数有限,通过插值或计算校正比进行的色差补偿存在精度上的不足,特别是当色差呈非对称形式存在的时候,无法用已有的模式或规律来描述。

[0008] 6.V.Kaufmann and R.Ladstadter“由垂轴色差引起的数字照片彩色条纹消除方法”(Elimination of color fringes in digital photographs caused by lateral chromatic aberration, XXth International CIPA Symposium 2005)针对垂轴色差的校正展开研究。在分析了数字图像垂轴色差的数学模型后,采用黑白三角网格作为参照物,建立不同角点红蓝通道与绿通道之间的边缘距离和像素位置的关系,进而以图像中心为原点,用最小二乘法拟合的方式确定拉伸红通道和收缩蓝通道的尺度,有效地补偿了垂轴色差。此方法以离散点的变化趋势拟合得到全场的对应关系,精度上存在一定的不足,且受参照物三角网格频率的影响。

[0009] 7.J.Mallon and P.F.Whelan“图像垂轴色差的校正和消除”(Calibration and removal of lateral chromatic aberration in images, Pattern Recognition Letters 28(2007):125–135)给出了高密度用棋盘格标定不同颜色通道之间垂轴色差的方法,以三个通道中的绿色通道为基准,对另外两通道的图像进行一定的缩放,以消除垂轴色差,使三个颜色通道相同像素位置对应同一空间点。为不同颜色通道之间的图像配准提供了有效的方法。此方法以高密度棋盘格为参照物,可以增加对应点的数量从而提高校正精度,但未能实现视场内全像素色差的测量,仍属于基于有限点的校正方法。

[0010] 由上述文献可以看出,对于由色差导致的不同颜色通道间像素不匹配现象,一种校正方法是以单纯的图像处理手段来消除或减小各通道之间的偏差,此方法适用于特征明显颜色鲜明的目标,面对特征及颜色未知的目标时,达不到预期的效果。另一种方法是采用具有明显特征标识的参照物作为标定板,得到不同通道的图像,比较其中固定位置特征点在不同通道的像,得到其偏移量,再通过数学手段计算得到像平面内所有像素点的偏移量,并以此为依据对单一颜色通道图像进行相应的伸缩变换。此方法的问题在于:无论选择哪种模式的标定板,其特征点的个数是有限的,因而大多数的点需要通过插值或拟合得到。如果只存在色差且系统处于理想情况下,其偏移量以像平面中心为原点呈各向同性规则分布,用数学方法可以求出未知点的偏移量。而实际情况中导致各通道图像不匹配的因素还有CCD靶面之间的对应精度以及成像光学器件轴心重合度和几何精度等,这使得其偏移量

分布不具有各向同性规律,因而不存在适用于所有相机的通用数学模型。色差的校正主要用于改善数字图像的质量,其精度要求远不及三维测量,尤其是小视场微小物体测量,对2CCD相机两靶面像素间的匹配精度提出了更高的要求。对于2CCD相机靶面对应关系的校正研究,尚未出现在已公开的文献或专利中,目前用于色差校正中的标定板校正方法,无法满足三维测量系统对2CCD相机两个靶面对应关系的精度要求。如何进行2CCD像平面内所有像素的高精度匹配,是一个尚未解决的问题。

发明内容

[0011] 针对现有技术的不足,本发明拟解决的问题是,提供一种2CCD相机红外/可见光靶面校准方法,该方法可得到像平面内逐个像素点的高精度对应关系,对于特征明显颜色鲜明、特征及颜色未知的目标均适用,且校准精度高,能够实现2CCD相机两个靶面的高精度匹配。

[0012] 本发明解决所述技术问题所采用的技术方案是,提出一种2CCD相机红外/可见光靶面校准方法,该方法的具体步骤是:

[0013] (1)以可变的条纹图像作为参考物,通过软件编程产生正弦条纹,并分别以水平和垂直方向显示在电脑显示屏上;

[0014] (2)通过2CCD相机的红外与可见光通道同时采集电脑显示屏上的条纹图像,得到水平条纹图像和垂直条纹图像,并对两通道水平和垂直条纹图像进行预处理;

[0015] (3)对步骤(2)得到的水平条纹图像和垂直条纹图像通过傅里叶变换及其一级谱的逆变换,计算出其相应的折叠相位图;利用最佳条纹选择方法把折叠相位展成绝对相位,得到两通道逐个像素点水平和垂直方向的绝对相位,并利用中值滤波和均值滤波对绝对相位图进行平滑处理;通过插值计算的方法,利用水平条纹图像的绝对相位计算出2CCD相机垂直方向像素偏差,利用垂直条纹图像的绝对相位计算出2CCD相机水平方向像素偏差;

[0016] (4)根据步骤(3)得到的两通道同一点的水平方向和垂直方向像素偏差,计算红外通道每一像素点的偏差校正距离并加以汇总,得到2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系;

[0017] (5)将步骤(4)得到的2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系,对红外通道中的每个像素点位置进行校准,得到校准后的相位图,实现2CCD红外/可见光靶面间的精确校准。

[0018] 与现有技术相比,本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法,以可变的条纹图像作为参考物,以电脑显示屏代替已有方法中的标定板,将固定不变的参考图形改进为条纹数和方向可变的正弦条纹,此时参考特征点由标定板上的有限点变为相机视场内的所有像素点,由正弦条纹计算得到连续的绝对相位信息,同时结合插值运算,最终得到两通道逐个像素点间的对应关系,具有较高的分辨率和测量精度;依靠绝对相位的测量作为参照,对2CCD相机红外/可见光靶面实现校准,两个正交方向的绝对相位可以实现全局唯一性的编码,进一步保证了其对应关系的准确性。本发明以2CCD相机红外/可见光通道作为校正对象,与被测目标或使用环境无关,具有广泛的适用范围;同时,像素对应关系同时涵盖色差之外的不匹配因素,克服了已有文献中色差校正方法抗干扰能力差的缺陷。

附图说明

- [0019] 图1为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统结构示意图；
[0020] 图2为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统显示在电脑显示屏3上的正弦条纹图；其中，图2(a)为水平方向正弦条纹图；图2(b)为垂直方向正弦条纹图；
[0021] 图3为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统得到的水平正弦条纹相位图，其中，图3(a)是水平正弦条纹折叠相位图，图3(b)是水平正弦条纹绝对相位图；
[0022] 图4为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统得到的垂直正弦条纹相位图，其中，图4(a)是垂直接弦条纹折叠相位图，图4(b)是垂直接弦条纹绝对相位图；
[0023] 图5为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统关于2CCD之间对应点选取的示意图，其中CCD-1、CCD-2分别为红外、可见光CCD像平面， $P_1(i_1, j_1)$ 和 $P_2(i_2, j_2)$ 为一对对应点， $\Phi_1^u(P_1)$ ， $\Phi_2^u(P_2)$ ， $\Phi_1^v(P_1)$ 和 $\Phi_2^v(P_2)$ 分别是这两个点在垂直和平两个方向上的绝对相位值， P_1 和 P_2 点的对应关系为 $\Phi_1^u(P_1) = \Phi_2^u(P_2)$ ， $\Phi_1^v(P_1) = \Phi_2^v(P_2)$ ；
[0024] 图6为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统根据绝对相位计算像素偏差的流程图；
[0025] 图7为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统像素偏差校正的示意图，其中 Δi 为由水平条纹计算得到的垂直像素偏差， Δj 为由垂直条纹计算得到的水平像素偏差， $A(i, j)$ 为可见光通道一点的像素位置， $B(i + \Delta i, j + \Delta j)$ 为此点在红外通道中的对应位置，在偏差校正过程中，应在红外通道中将B点移至A点，以保证两通道相应像素点对应同一空间位置；
[0026] 图8为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统对2CCD相机校准前后垂直像素偏差比较图，其中图8(a)是中间一列校准前的垂直像素偏差，图8(b)是中间一列校准后的垂直像素偏差，图8(c)是校准前的整体垂直像素偏差，图8(d)是校准后的整体垂直像素偏差；
[0027] 图9为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统对2CCD相机校准前后水平像素偏差比较图，其中图9(a)是中间一行校准前的水平像素偏差，图9(b)是中间一行校准后的水平像素偏差，图9(c)是校准前的整体水平像素偏差，图9(d)是校准后的整体水平像素偏差；
[0028] 图10为本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统工作原理流程图；
[0029] 图中，1. 电脑、2. 2CCD数码相机(2CCD相机)、3. 电脑显示屏。

具体实施方式

- [0030] 下面结合实施例及其附图进一步叙述本发明。
[0031] 本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法(简称方法，参见图1-10)的具体步骤是：

[0032] (1)以可变的条纹图像作为参考物,通过软件编程产生正弦条纹,并分别以水平和垂直方向显示在电脑显示屏3上;

[0033] (2)通过2CCD相机2的红外与可见光通道同时采集电脑显示屏3上的条纹图像,得到水平条纹图像和垂直条纹图像,并对两通道水平和垂直条纹图像进行预处理,用于绝对相位的计算;

[0034] (3)对步骤(2)得到的水平条纹图像和垂直条纹图像通过傅里叶变换及其一级谱的逆变换,计算出其相应的折叠相位图;利用最佳条纹选择方法把折叠相位展成绝对相位,得到两通道逐个像素点水平和垂直方向的绝对相位,并利用中值滤波和均值滤波对绝对相位图进行平滑处理;通过插值计算的方法,利用水平条纹图像的绝对相位计算出2CCD相机垂直方向像素偏差,利用垂直条纹图像的绝对相位计算出2CCD相机水平方向像素偏差;

[0035] (4)根据步骤(3)得到的两通道同一点的水平方向和垂直方向像素偏差,计算红外通道每一像素点的偏差校正距离并加以汇总,得到2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系;

[0036] (5)将步骤(4)得到的2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系,对红外通道中的每个像素点位置进行校准,得到校准后的相位图,实现2CCD红外/可见光靶面间的精确校准。

[0037] 本发明方法的进一步特征在于所述步骤(2)中两通道水平和垂直条纹图像预处理的过程是:

[0038] a.从可见光通道采集的条纹图像中分离出绿色通道的条纹图像作为待处理图像;

[0039] b.将红外通道采集的条纹图像和绿色通道的条纹图像以多次测量求平均的方式分别得到红外通道和绿色通道的平均条纹图像;

[0040] c.对步骤b得到的平均条纹图像进行中值滤波处理。

[0041] 本发明方法的基本思路是:先通过软件编程产生正弦条纹,并分别以水平和垂直方向显示在电脑显示屏3上;通过2CCD相机2的红外与可见光通道同时采集电脑显示屏3上的条纹图像;通过傅里叶变换及其逆变换从所采集的条纹图像中计算折叠相位图;利用最佳条纹选择方法得到两通道逐个像素点水平和垂直方向的绝对相位信息;最后根据两通道同一点的绝对相位差分别建立两个方向的索引信息,以此为依据得到两通道像素的对应关系,实现2CCD两个靶面间的精确校准。

[0042] 本发明2CCD相机红外/可见光靶面校准方法所采用的校准系统(参见图1)主要包括:电脑1、2CCD数码相机(简称2CCD相机)2和电脑显示屏3;电脑显示屏3用来显示所产生的正弦条纹,2CCD相机2用于采集红外/可见光通道的正弦条纹图像,电脑1与2CCD相机2连接,可以存储、显示和处理所采集的图像,获得相应的数据结果,连接与使用情况参见Y.J.Xu, C.Chen, S.J.Huang and Z.H.Zhang“利用红外和彩色条纹投影技术同时测量移动物体的三维形貌和彩色纹理”(Simultaneously measuring 3D shape and colour texture of moving objects using IR and colour fringe projection techniques, Optics and lasers in Engineering, 61(2014):1-7)。电脑1、2CCD相机2和电脑显示屏3均为市购产品。

[0043] 本发明由绝对相位计算像素偏差的原理(参见图6和图7)是:根据2CCD两通道同一方向的绝对相位,以可见光通道像素点的绝对相位为基准,找到红外通道中该点所在适当区间内绝对相位最为接近的像素点,以此像素点为中心确定目标区间,在该目标区间内进

行插值运算,增加绝对相位的像素分辨率使得相位偏差的结果更为精确。在插值之后的数据区间寻找绝对相位值最接近的点作为对应点。如果出现插值后两点相位值相等的情况,选取像素位置最接近的点作为对应点。最后,对插值坐标(对应点)进行坐标变换计算得到精确的像素偏差值 Δi 与 Δj ,其中 Δi 为由水平条纹计算得到的垂直方向像素偏差, Δj 为由垂直条纹计算得到的水平方向像素偏差。在图7中,A(i,j)为可见光通道一点的像素位置,B(i+ Δi ,j+ Δj)为此点在红外通道中的对应位置,在偏差校正过程中,应在红外通道中将B点移至A点,以保证两通道相应像素点对应同一空间位置。插值运算中的插值方式与插值密度,可根据绝对相位分布状况、系统运算精度及运算时间的需求来设定。

[0044] 本发明的主要工作过程是(参见图10):由软件产生两个方向的正弦条纹,在电脑显示屏3上显示。2CCD相机2的两个通道(红外通道、可见光通道)同时采集屏幕上显示的条纹图,在每一通道均分别得到水平条纹图和垂直条纹图。然后,通过傅里叶变换的方法针对每一个条纹图计算其折叠相位,再以最佳条纹数投影条纹,例如最佳条纹数为100、99、90,对不同条纹数的折叠相位差频得到绝对相位,即可见光通道水平与垂直方向分别差频得到绝对相位 Φ_1^u 、 Φ_1^v ,红外通道水平与垂直方向分别差频得到绝对相位 Φ_2^u 和 Φ_2^v ,最终得到红外/可见光通道的水平/垂直条纹共4幅绝对相位图。对不同通道的同一方向条纹的2幅绝对相位图,以寻找对应点以及插值的方法计算每一像素点的像素偏差,即由2幅水平条纹图的绝对相位图得到垂直像素偏差,由2幅垂直条纹图的绝对相位图得到水平像素偏差,再根据垂直和水平像素偏差建立像素对应关系。最后,按照像素对应关系完成对两通道像素偏差的逐点校准。

[0045] 本发明方法所采用的数据处理流程是在Matlab中实现的。基本功能包括产生两个方向的正弦条纹、设定条纹数、图像采集和存储等功能。具体算法包括傅里叶变换计算折叠相位、最佳条纹选择差频计算绝对相位以及插值运算,均有相应公式以及成熟算法,本领域技术人员依据所述任务和对应算法不难给出具体程序。

[0046] 实施例1

[0047] 本实施例2CCD相机红外/可见光靶面校准方法的具体步骤是:

[0048] (1)首先利用软件产生一组水平和垂直两个方向上的正弦条纹图,选取正弦条纹图的条纹数目为100、99、90个,且符合最佳条纹数,在水平和垂直两个方向共产生6幅条纹图。然后由一台电脑显示屏3依次显示6幅正弦条纹图(参见图2(a)和图2(b));

[0049] (2)通过2CCD相机2的可见光和红外通道分别采集电脑显示屏3上的条纹图像,并通过两个千兆网线传输到电脑1。每一组实验数据包含两个通道共12幅条纹图,在同一实验条件下共采集五组实验数据;

[0050] 为了减小电脑显示屏3的随机噪声,先对采集的条纹图进行预处理。在可见光中绿光折射率位于红光和蓝光之间,因而绿色通道通常作为参考基准。从可见光条纹图像中分离出绿色通道的条纹图像作为待处理图像,将红外通道采集的条纹图像和绿色通道的条纹图像以测量3次求平均的方式分别得到红外通道和绿色通道的平均条纹图像,共测5组,每组12幅平均条纹图像;再对得到的每组平均条纹图像进行中值滤波处理。

[0051] (3)利用步骤(2)中得到的五组平均条纹图像进行偏差校准。首先对每组平均条纹图像进行进行傅里叶变换及其一级谱的逆变换得到相应的折叠相位图(参见图3(a)、图4(a)),通过最佳条纹选择方法得到绝对相位图,最佳条纹选择方法的目的是把折叠相位展

开成绝对相位,最后利用中值滤波和均值滤波对绝对相位图进行平滑处理,每一组条纹图像可以分别得到两幅绝对相位图(参见图3(b)、图4(b));

[0052] 通过插值计算的方法,利用水平条纹图像的绝对相位计算出2CCD垂直方向像素偏差,利用垂直条纹图像的绝对相位计算出2CCD水平方向像素偏差(参见图6),在第一组中,红外通道的每个像素点都能计算出相对于绿色通道水平和垂直方向的像素偏差,进而得到2CCD像素之间的对应关系(参见图5)。

[0053] (4)根据步骤(3)得到的两方向像素偏差计算红外通道每一像素点的偏差校正距离(参见图7),并将所有像素的校正距离汇总,即为2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系。

[0054] (5)根据步骤(4)中得到的2CCD相机红外/可见光两通道像素点间的对应关系,对红外通道每个像素点位置进行校准,得到校准后的一组相位图。以第一组数据得到的对应关系对后四组数据进行校准,得到相位图用于评价校准实验的准确性,最终实现2CCD红外/可见光靶面间的精确校准。

[0055] 为进一步验证本发明方法对两通道靶面校准的有效性,选用2CCD相机(AD-080GE, JAI)进行上述过程的两通道绝对相位测量与靶面校准,分别计算校准前后两通道垂直方向像素偏差和水平方向像素偏差。由于傅里叶变换在图像边缘处存在频谱泄漏,所得到的绝对相位在图像边缘处不准确(参见图3(b)、图4(b)),在实际处理过程中去掉图像边缘(参见图8、图9),由于去掉的仅是边缘的几个像素,对最终整个图像影响不大。相位在图像边缘不精确是傅里叶变换的固有问题,此方法校准2CCD相机2,在边缘处不能保证高精度,在应用中通过调整2CCD相机2使目标不在图像边缘,进而保证最终校准的准确性。对比图8(a)、图8(b)所示的中间一列校准前后的垂直像素偏差以及图9(a)、图9(b)所示的中间一行校准前后的水平像素偏差,结果表明对两通道CCD靶面的校准达到了亚像素的水平,两个方向整体像素偏差范围由2.5个像素减小为0.4个像素,最大像素偏差由1.6个像素减小为0.3个像素。由图8(c)、图8(d)和图9(c)、图9(d)可知,在垂直和水平方向的平均像素偏差,同样被大幅度的减小,说明两个颜色通道靶面的对应像素点间的位置偏差得到了很好的校准。

[0056] 本发明方法属于对相机内部的校正,与检测目标无关,对于特征明显颜色鲜明、特征及颜色未知的目标均适用;属于绝对相位校正,与现有技术中的标定板校正明显不同,同时采用插值法逐点测量,将绝对相位值归一化,转化为像素值,提高了对应精度,进而得到两通道像素的精确对应关系。

[0057] 本发明方法采用现有计算方法,依靠绝对相位的测量作为参照,对2CCD相机红外/可见光靶面实现校准。该方法可得到不同通道像平面内逐个像素点的对应关系,精度可达亚像素级别。本发明方法不仅提高了2CCD相机用于三维测量技术中的检测精度,对于三维测量领域检测器件的选择和检测方法的改进提供了扩展空间,也同样适用于多CCD靶面的成像设备由于色差、光学器件设计以及靶面装配等诸多原因造成的靶面不匹配问题。对于涉及成像系统的领域,诸如快速成型制造、工业自动在线检测、多媒体、虚拟现实、电子商务、生物医学等具有重要的应用价值。

[0058] 本发明未述及之处均适用于现有技术。

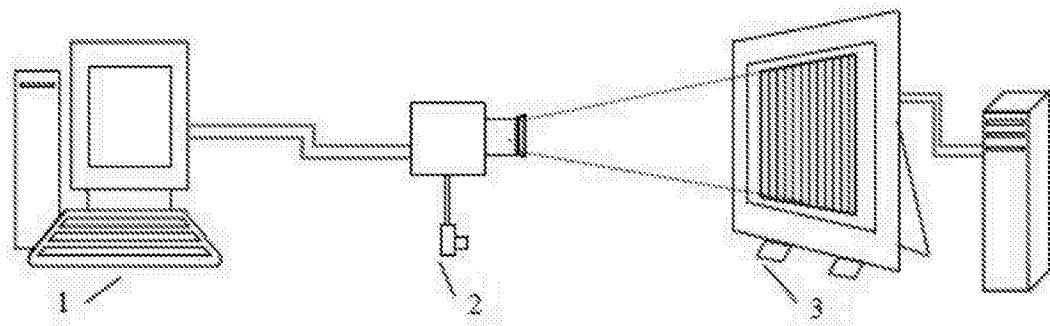


图1

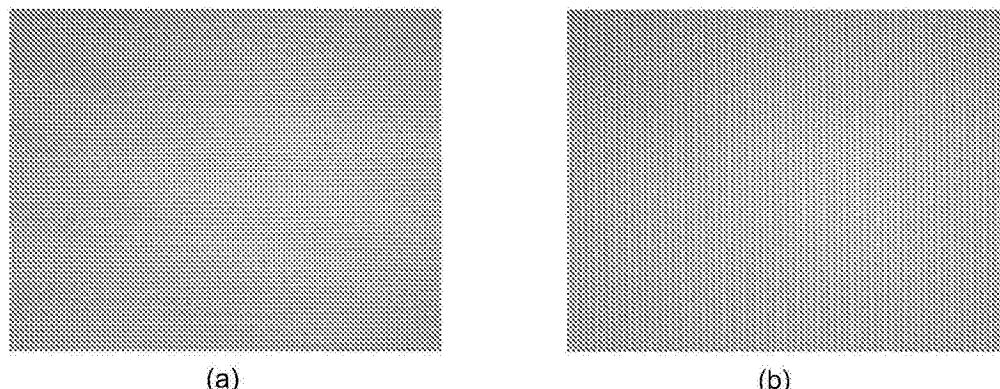


图2

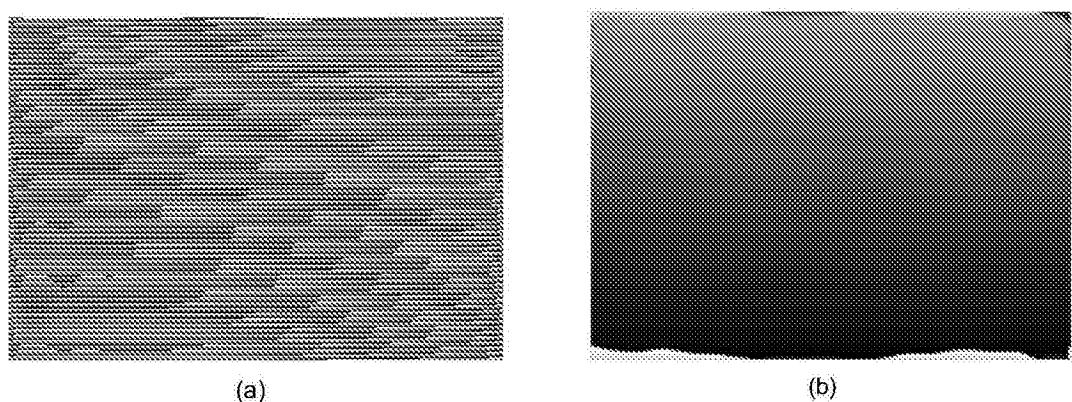


图3

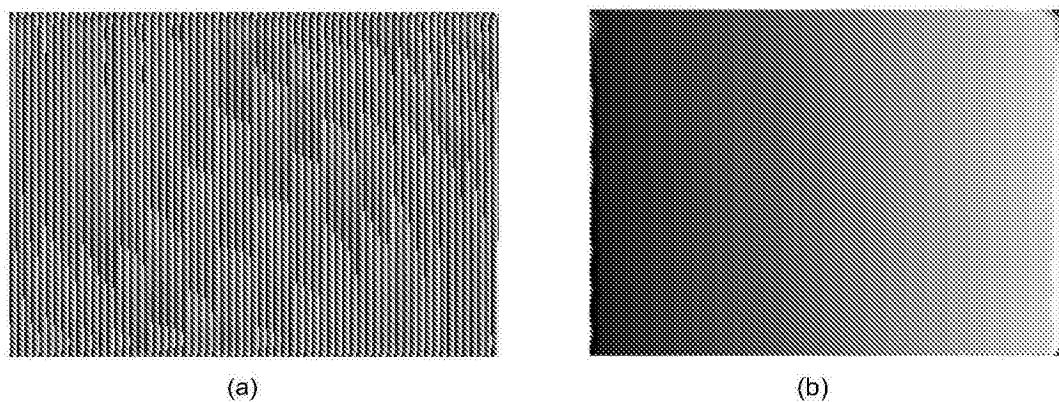


图4

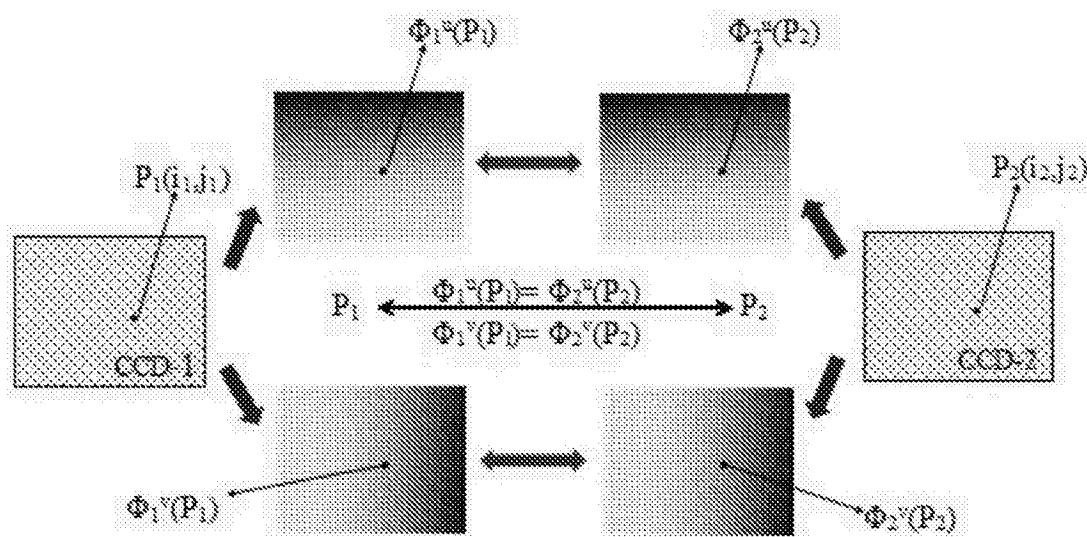


图5

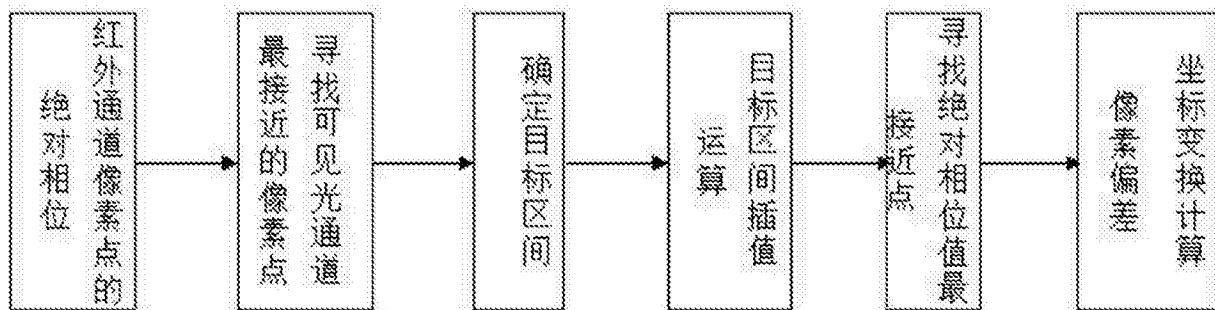


图6

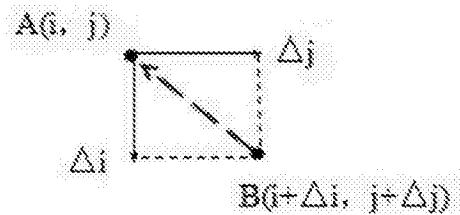


图7

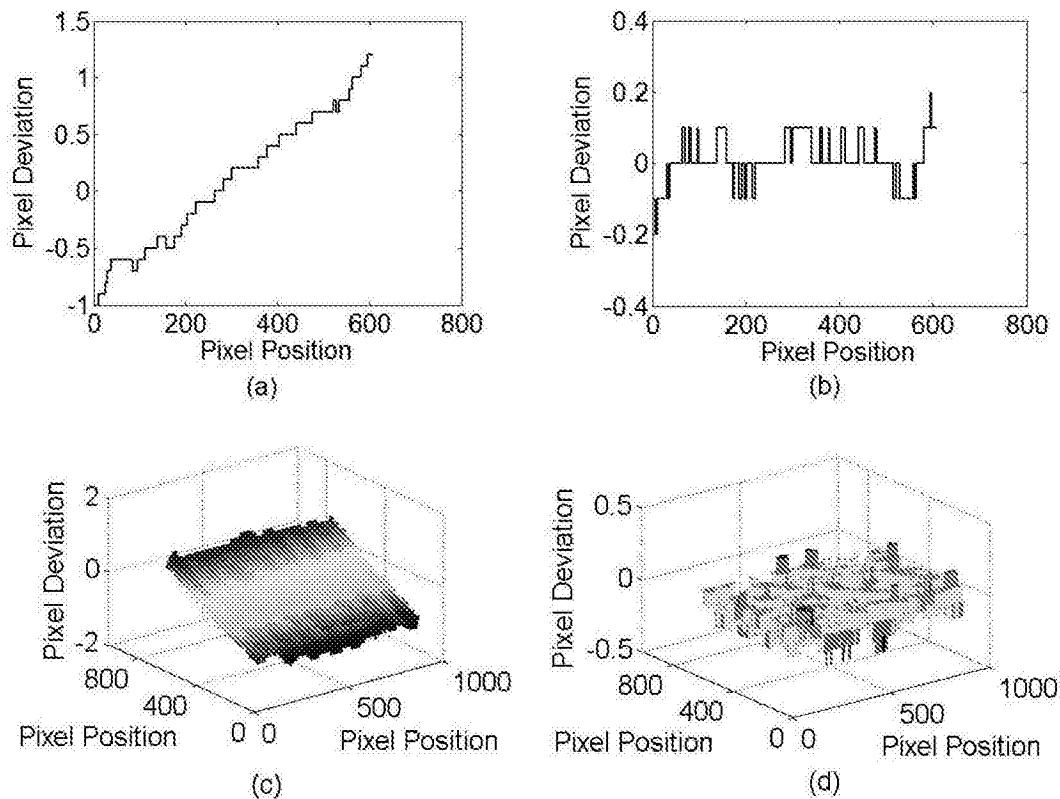
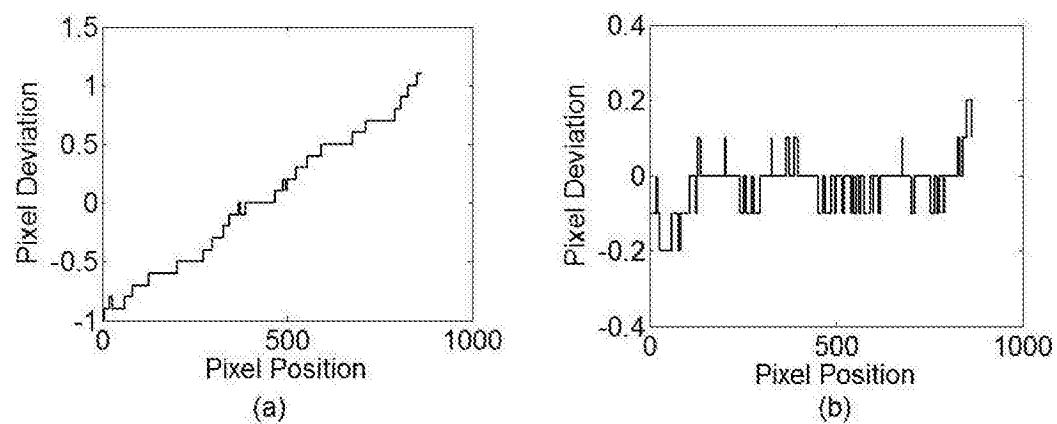


图8



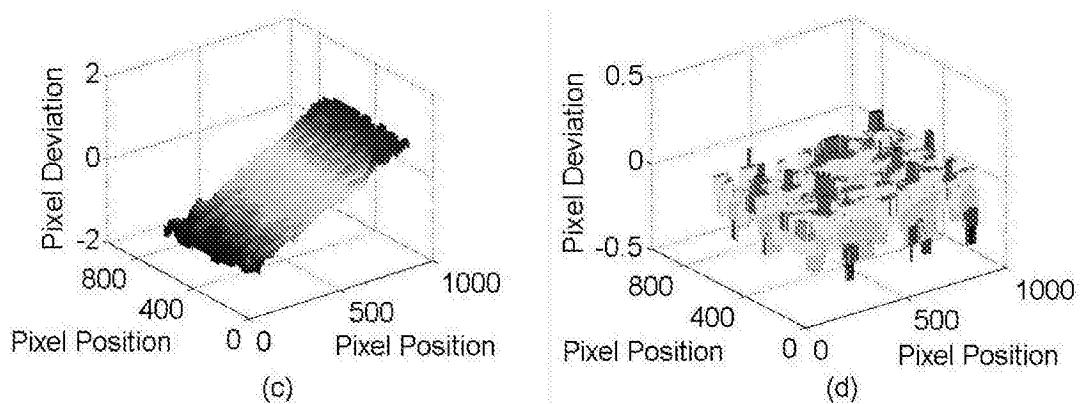


图9

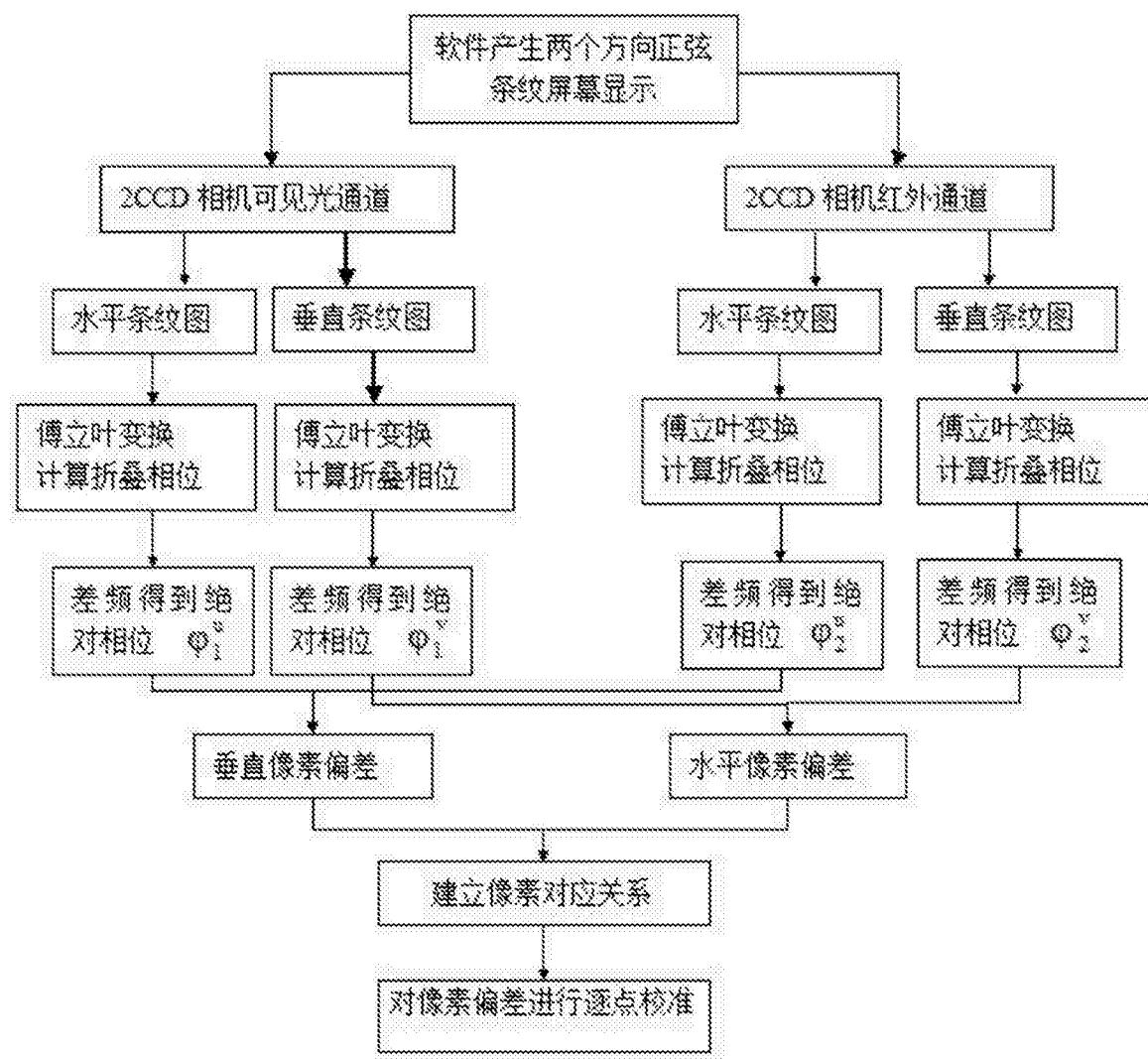


图10