

图像重建方法和装置及设备

技术领域

[01]本申请涉及图像处理技术领域，尤其涉及一种图像重建方法和装置及设备。

背景技术

[02]三维成像设备可以包括激光器和一个摄像机，使用激光器将线结构光投射到被测物体(即被测目标)表面，并使用摄像机对被测物体进行拍摄，得到带有线结构光的图像，即线结构光图像。在得到线结构光图像之后，可以获取线结构光图像的光条中心线，并根据预先标定的传感器参数对光条中心线进行转换，得到被测物体在当前位置的空间坐标(即三维坐标)。基于被测物体在当前位置的空间坐标，就可以实现被测物体的三维重建(即三维重构)。

发明内容

[03]本申请实施例提供一种图像重建方法，应用于三维成像设备，所述三维成像设备包括第一摄像机、第二摄像机和多线激光器，所述方法包括：

[04]在所述多线激光器将N条线结构光投射到被测物体时，获取第一摄像机采集的所述被测物体的第一原始图像，并获取第二摄像机采集的所述被测物体的第二原始图像，其中，N为大于1的正整数；确定第一原始图像对应的第一目标图像和第二原始图像对应的第二目标图像，其中，第一目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第一光条区域，第二目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第二光条区域；

[05]确定所述第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，并确定所述第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线；

[06]基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，其中，针对每个关键点对，该关键点对包括第一光条中心线中第一像素点和第二光条中心线中第二像素点，所述第一像素点和所述第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点；

[07]基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点；

[08]基于所述多个关键点对对应的三维点生成所述被测物体的三维重建图像。

[09]本申请实施例提供一种图像重建装置，应用于三维成像设备，所述三维成像设备包括第一摄像机、第二摄像机和多线激光器，所述装置包括：

[10]获取模块，用于在所述多线激光器将N条线结构光投射到被测物体时，获取所述第一摄像机采集的所述被测物体的第一原始图像，并获取所述第二摄像机采集的所述被测物体的第二原始图像，其中，N为大于1的正整数；

[11]确定模块，用于确定第一原始图像对应的第一目标图像和第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述第一目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第一光条区域，所述第二目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第二光条区域；确定所述第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，确定所述第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线；基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，其中，针对每个关键点对，该关键点对包括第一光条中心线中第一像素点和第二光条中心线中第二像素点，所述第一像素点和所述第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点；基于该关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点；

[12]生成模块，用于基于所述多个关键点对应的三维点生成所述被测物体的三维重建图像。

[13]本申请实施例提供一种三维成像设备，包括：处理器和机器可读存储介质，所述机器可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令；所述处理器用于执行所述机器可执行指令，以实现本申请上述实施例公开的图像重建方法。

[14]本申请实施例中，多线激光器每次将N条线结构光投射到被测物体，N为大于1的正整数，如7、11、15等，使得摄像机每次采集的线结构光图像包括N个光条中心线，该线结构光图像等价于被测物体的N个位置的线结构光图像，从而能够减少线结构光图像的采集次数，减少三维重建的时间。多线激光器对被测物体表面进行扫描时，能够快速获取被测物体的整个轮廓数据，输出被测物体的三维图像信息，提高检测精度和检测速度。通过使用第一摄像机和第二摄像机同时采集线结构光图像，基于两个摄像机采集的线结构光图像，就能够利用三角测量法获取被测物体的三维信息，即可以得到被测物体的深度信息，从而利用单次采集图像获取多线激光上的深度信息，能够将单次扫描效率提升N倍，能够快速实现对被测物体整个轮廓的全幅扫描。

附图说明

[15]图1A和图1B是本申请一种实施方式中的三维成像设备的结构示意图。

[16]图1C和图1D是本申请一种实施方式中的多条线激光的示意图。

[17]图2是本申请一种实施方式中的图像重建方法的流程示意图。

[18]图3是本申请一种实施方式中的图像重建方法的流程示意图。

[19]图4是本申请一种实施方式中的三角化方式的原理示意图。

[20]图5是本申请一种实施方式中的图像重建方法的流程示意图。

[21]图6是本申请一种实施方式中的图像重建装置的结构示意图。

具体实施方式

[22]在本申请实施例使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的，而非限制本申请。本申请和权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式，除非上下文清楚地表示其它含义。还应当理解，本文中使用的术语“和/或”是指包含一个或多个相关联的列出项目的任何或所有可能组合。

[23]应当理解，尽管在本申请实施例可能采用术语第一、第二、第三等来描述各种信息，但这些信息不应限于这些术语。这些术语仅用来将同一类型的信息彼此区分开。例如，在不脱离本申请范围的情况下，第一信息也可以被称为第二信息，类似地，第二信息也可以被称为第一信息。此外，取决于语境，所使用的词语“如果”可以被解释成为“在……时”或“当……时”或“响应于确定”。

[24]为了获取三维重建图像，在相关技术中，可以采用面结构光投影法、双目散斑法、TOF（Time of flight，飞行时间）法以及单线激光轮廓扫描法等。在采用面结构光投影法时，可以采用DLP（Digital Light Processing，数字光处理）或LCD（Liquid Crystal Display，液晶显示器）投影技术，采用LED（Light-Emitting Diode，发光二极管）光源作为投影光源，投影体积大，能量发散，在大视野远距离下，体积大、功耗大，不利于三维定位应用。在采用双目散斑法时，采用双目视差结合激光散斑双目匹配方法，检测精度低、且边缘轮廓差，不利于轮廓扫描和三维定位应用。在采用TOF法时，受限于相机分辨

率，检测精度在 cm 级别，不满足自动化高精度定位应用。在采用单线激光轮廓扫描法时，利用单线激光扫描物体的深度信息，扫描速度慢且稳定性差，不满足三维重建的定位需求。

[25]以采用单线激光轮廓扫描法为例，可以使用激光器将线结构光投射到被测物体表面，并使用摄像机对被测物体进行拍摄，得到带有线结构光的图像，即线结构光图像。在得到线结构光图像之后，可以基于线结构光图像得到被测物体在当前位置的空间坐标（即三维坐标），实现被测物体的三维重建（即三维重构）。但是，为了实现被测物体的三维重建，需要采集被测物体的不同位置的线结构光图像。即激光器将线结构光投射到被测物体的不同位置，每个位置对应一个线结构光图像。由于摄像机每次只采集一个位置对应的线结构光图像，从而导致摄像机需要多次采集线结构光图像才能够完成三维重建，即三维重建的时间比较长，扫描速度慢且稳定性差，不满足三维重建的定位需求。

[26]鉴于此，本申请实施例提出一种多线激光扫描的三维成像方法，可以利用三角测量法获取被测物体的深度信息，采用多线激光对被测物体表面形成光学扫描，能够快速获取被测物体的整个轮廓数据，输出被测物体的三维图像信息。其中，多线激光扫描的三维成像方法可以应用于机器视觉领域和工业自动化领域，可以用于实现三维测量和机器人定位，对此应用场景不做限制。

[27]本实施例中，可以利用三角测量法获取被测物体的深度信息，通过单次获取多线激光上的深度信息，如 10 线、20 线等，能够将单次扫描效率提升 10-20 倍，然后通过带动多线激光扫描，实现对被测物体的整个轮廓的全幅扫描。

[28]本实施例中，能够解决面结构光投影法的体积大、功耗大等问题，能够解决双目散斑法的检测精度低、且边缘轮廓差等问题，能够解决 TOF 法的检测精度低等问题，能够解决单线激光轮廓扫描法的扫描速度慢、稳定性差等问题。综上所述，本实施例中的多线激光扫描的三维成像方法，是一种高精度、低成本、小体积、低功耗的三维扫描成像方法，检测速度更快，检测精度更高。

[29]本申请实施例中提出一种多线激光扫描的三维成像方法，可以应用于三维成像设备。此三维成像设备可以是具有三维成像功能的任意设备，例如，机器视觉领域或者工业自动化领域的任意设备等，对此三维成像设备的类型不做限制。

[30]参见图 1A 所示，为三维成像设备的实际结构示意图，该三维成像设备可以包括但不限于：左相机、右相机、辅助相机、处理器、激光器、振镜电机和振镜驱动。在三维成像设备的另一种结构中，该三维成像设备可以包括但不限于：左相机、右相机、处理器、激光器、振镜电机和振镜驱动，即不具有辅助相机。

[31]参见图 1B 所示，为三维成像设备的结构框图，是三维成像设备的另一种表现形式，该三维成像设备可以包括但不限于：图像获取装置 100、光机扫描装置 200、多线激光发射装置 300、图像处理装置 400、固定支架 500。

[32]示例性的，图像获取装置 100 可以包括左相机 101 和右相机 102，图像获取装置 100 也可以包括左相机 101、右相机 102 和辅助相机 103。左相机 101 和右相机 102 通过双目匹配多线激光，根据三角测量法获取深度信息，辅助相机 103 可以参与重构也可以不参与重构。其中，左相机 101 和右相机 102 可以采用黑白相机，相机前端增加与激光器波长相同带宽的滤光片，只允许激光波长范围内的光通过，即只接收被测物体表面反射的激光器波长，获取激光线的反射图像，从而能够提高对比度，减少环境光干扰。左相机 101 和右相机 102 可以分别分布在机械振镜的两侧，左右对称安装。辅助相机 103 可以采用黑白相机或者 RGB 相机，辅助相机 103 的安装位置与机械振镜的出射光轴尽量靠近，从而保证短基线，使视野与激光扫描视野基本重合，这样，每次辅助相机 103 可

以完整的拍摄到所有激光线。当辅助相机 103 采用 RGB 相机时，可以关闭激光器拍摄一张被测物体表面的彩色图像，从而实现 RGBD 图像的输出功能。

[33]示例性的，光机扫描装置 200 可以包括机械振镜，即采用机械振镜实现扫描功能，且机械振镜可以包括振镜电机、振镜驱动和反射镜三部分，在图 1A 中只示出了振镜电机和振镜驱动。其中，机械振镜可以是高重复精度的机械振镜，反射镜具有可见光反射膜，能够反射激光线，改变激光线发射角度。

[34]示例性的，多线激光发射装置 300 可以包括激光器，激光器可以是多线激光器，即同时发射多条激光线的激光器。比如说，激光器可以采用多线激光器模组，主要由激光二极管、准直透镜、多线 DOE (Diffractive Optical Element, 衍射光学元件) 组成。激光二极管采用大功率红光激光二极管，波长可以为 635nm、或 660nm、或其它波长。多线 DOE 可以同时发射 10 条激光线、或 11 条激光线、或 25 条激光线等，对此不做限制。

[35]示例性的，图像处理装置 400 可以包括处理器，如 CPU 或 GPU 等，图像处理装置 400 分别与图像获取装置 100、光机扫描装置 200 和多线激光发射装置 300 连接。图像处理装置 400 可以启动多线激光发射装置 300，由多线激光发射装置 300 发射多条线激光（即线结构光），多条线激光经过机械振镜反射后照射在被测物体表面，图像处理装置 400 控制机械振镜开始扫描，每扫描一个角度，图像处理装置 400 可以接收机械振镜的角度反馈信息，根据角度反馈信息触发图像获取装置 100 采集被测物体表面的多线激光图像。

[36]为了方便描述，在后续实施例中，以图像处理装置 400 是处理器，图像获取装置 100 是左相机、右相机和辅助相机，光机扫描装置 200 是机械振镜，多线激光发射装置 300 是激光器为例。参见图 1C 所示，激光器可以发射多条线激光（图 1C 中以 7 条线激光为例），这些线激光经过机械振镜反射后照射在被测物体表面。机械振镜的初始角度是角度 A，在角度 A 下，由左相机采集被测物体的线结构光图像 A1、右相机采集被测物体的线结构光图像 A2、辅助相机采集被测物体的线结构光图像 A3。然后，参见图 1D 所示，机械振镜的角度是角度 B，由左相机采集被测物体的线结构光图像 B1、右相机采集被测物体的线结构光图像 B2、辅助相机采集被测物体的线结构光图像 B3。以此类推，一直到机械振镜的最终角度，表示已经完成被测物体表面的完整扫描。

[37]基于线结构光图像 A1、线结构光图像 A2 和线结构光图像 A3，处理器可以确定角度 A 下的三维点（即三维点云）。基于线结构光图像 B1、线结构光图像 B2 和线结构光图像 B3，处理器可以确定角度 B 下的三维点，以此类推，可以得到所有角度下的三维点。在此基础上，可以将所有角度下的三维点拼接，得到被测物体表面的完整三维点，即得到被测物体表面的完整三维重建图像。

[38]当辅助相机采用 RGB 相机时，在完成扫描之后，处理器还可以关闭激光器，控制辅助相机采集 RGB 图像，然后将三维重建图像和 RGB 图像贴合对齐，输出 RGBD 图像，对此 RGBD 图像的处理过程，本实施例中不做限制。

[39]示例性的，固定支架 500 起固定和散热作用，采用金属铝或其它材质。对相机和机械振镜采用一体化固定设计，保证相机和机械振镜的相对位置不变。

[40]以下结合具体实施例，对本申请实施例的图像重建方法进行说明。参见图 2 所示，为本申请实施例中的图像重建方法的流程示意图，该方法可以包括步骤 201-206。

[41]步骤 201、在多线激光器将 N 条线结构光（即激光线）投射到被测物体（即被测目标）时，获取第一摄像机采集的被测物体的第一原始图像，获取第二摄像机采集的被测物体的第二原始图像。其中，N 可以为大于 1 的正整数。

[42]示例性的，该图像重建方法可以应用于三维成像设备，该三维成像设备可以包括第一摄像机、第二摄像机和多线激光器，该三维成像设备还可以包括处理器和机械振镜。其中，第一摄像机可以为左相机，第二摄像机可以为右相机，或者，第一摄像机可以为右相机，第二摄像机可以为左相机。多线激光器即上述实施例中的激光器。

[43]在机械振镜的角度是角度 A 时，通过多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体，左相机采集被测物体的线结构光图像 A1、右相机采集被测物体的线结构光图像 A2。在此基础上，假设第一摄像机为左相机，第二摄像机为右相机，那么，处理器可以获取第一原始图像（如线结构光图像 A1）和第二原始图像（如线结构光图像 A2），并基于第一原始图像和第二原始图像进行后续处理。

[44]在机械振镜的角度是角度 B 时，通过多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体，左相机采集被测物体的线结构光图像 B1、右相机采集被测物体的线结构光图像 B2。在此基础上，处理器获取第一原始图像（线结构光图像 B1）和第二原始图像（线结构光图像 B2），并基于第一原始图像和第二原始图像进行后续处理。以此类推，在机械振镜的每个角度，处理器可以获取第一摄像机采集的被测物体的第一原始图像、第二摄像机采集的被测物体的第二原始图像。

[45]示例性的，由于通过多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体，因此，第一原始图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第一光条区域，N 个第一光条区域与 N 条线结构光一一对应，第二原始图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第二光条区域，N 个第二光条区域与 N 条线结构光一一对应。

[46]步骤 202、确定第一原始图像对应的第一目标图像，并确定第二原始图像对应的第二目标图像，其中，第一目标图像包括 N 条线结构光对应的 N 个第一光条区域，第二目标图像包括 N 条线结构光对应的 N 个第二光条区域。

[47]在一种可能的实施方式中，可以直接将第一原始图像确定为第一目标图像，并将第二原始图像确定为第二目标图像。或者，对第一原始图像和第二原始图像进行双目校正，得到第一原始图像对应的第一目标图像和第二原始图像对应的第二目标图像。其中，双目校正用于使被测物体上的同一个位置点，在第一目标图像和第二目标图像中具有相同像素高度，对此双目校正过程不做限制。

[48]步骤 203、确定第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，并确定第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线。

[49]步骤 204、基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，各关键点对包括第一光条中心线中第一像素点和第二光条中心线中第二像素点，且该第一像素点和该第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点。

[50]在一种可能的实施方式中，针对每条线结构光，可以从所有第一光条中心线和所有第二光条中心线中确定该线结构光对应的目标第一光条中心线和目标第二光条中心线；针对目标第一光条中心线中每个第一像素点，将该第一像素点投影到第二目标图像，得到该第一像素点对应的投影像素点，并从目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点。基于该第一像素点和该第二像素点生成关键点对，即该关键点对包括该第一像素点和该第二像素点。

[51]示例性的，从目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点，可以包括但不限于：从目标第二光条中心线中确定与该投影像素点具有相同像素高度的像素点；若确定的像素点为一个，则将该像素点选取为第二像素点；若确定的像素点为至少两个，则确定至少两个像素点与该投影像素点之间的重投影误差，将最小重投影误差对应的像素点选取为第二像素点。

[52]示例性的,将第一像素点投影到第二目标图像,得到该第一像素点对应的投影像素点,可以包括但不限于:获取与该线结构光对应的第一标定方程和第二标定方程;其中,第一标定方程表示第一目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系,第二标定方程表示第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系。在此基础上,基于第一标定方程将该第一像素点转换为目标三维重建点;基于第二标定方程将该目标三维重建点转换为该投影像素点。

[53]步骤 205、基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点。

[54]在一种可能的实施方式中,相机标定参数可以包括第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参、第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参。可以通过第一摄像机的相机内参对第一像素点进行畸变校正,并将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标;通过第二摄像机的相机内参对第二像素点进行畸变校正,并将畸变校正后的像素点转换为第二齐次坐标。然后,基于第一齐次坐标、第二齐次坐标、第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参和该相机外参,利用三角化方式确定该关键点对对应的三维点,对此三角化方式不做限制。

[55]步骤 206、基于多个关键点对对应的三维点生成被测物体的三维重建图像。

[56]比如说,在机械振镜的角度是角度 A 时,可以基于角度 A 对应的第一原始图像和第二原始图像确定多个关键点对对应的三维点,在机械振镜的角度是角度 B 时,可以基于角度 B 对应的第一原始图像和第二原始图像确定多个关键点对对应的三维点,以此类推,基于所有角度对应的三维点,就可以生成三维重建图像,即得到被测物体表面的完整三维重建图像。

[57]在一种可能的实施方式中,三维成像设备还可以包括第三摄像机,即辅助相机。在此基础上:在多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体时,还可以获取第三摄像机采集的被测物体的第三原始图像(如线结构光图像 A3、线结构光图像 B3 等),并确定第三原始图像对应的第三目标图像,第三目标图像包括 N 条线结构光对应的 N 个第三光条区域。确定第三目标图像中每个第三光条区域对应的第三光条中心线。针对每条线结构光,从所有第三光条中心线中确定该线结构光对应的目标第三光条中心线。针对目标第一光条中心线中每个第一像素点,将该第一像素点投影到第二目标图像,得到该第一像素点对应的投影像素点,还可以包括:从目标第三光条中心线中确定与该第一像素点具有相同像素高度的第三像素点;基于该第一像素点、该第三像素点和相机标定参数确定目标三维重建点;基于第三标定方程将目标三维重建点转换为该投影像素点;其中,第三标定方程表示第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系。

[58]本申请实施例中,多线激光器每次将 N 条线结构光投射到被测物体, N 为大于 1 的正整数,如 7、11、15 等,使得摄像机每次采集的线结构光图像包括 N 个光条中心线,该线结构光图像等价于被测物体的 N 个位置的线结构光图像,从而能够减少线结构光图像的采集次数,减少三维重建的时间。多线激光器对被测物体表面进行扫描时,能够快速获取被测物体的整个轮廓数据,输出被测物体的三维图像信息,提高检测精度和检测速度。通过使用第一摄像机和第二摄像机同时采集线结构光图像,基于两个摄像机采集的线结构光图像,就能够利用三角测量法获取被测物体的三维信息,即可以得到被测物体的深度信息,从而利用单次采集图像获取多线激光上的深度信息,能够将单次扫描效率提升 N 倍,能够快速实现对被测物体整个轮廓的全幅扫描。

[59]以下结合具体应用场景,对本申请实施例的上述技术方案进行说明。

[60]应用场景 1:三维成像设备可以包括第一摄像机、第二摄像机、处理器、多线激光器和机械振镜,第一摄像机为左相机,第二摄像机为右相机,或者,第一摄像机为右相

机,第二摄像机为左相机。在应用场景1下,可以预先获取三维成像设备对应的相机标定参数、第一标定方程和第二标定方程,并为三维成像设备存储该相机标定参数、该第一标定方程和该第二标定方程。

[61]示例性的,相机标定参数可以包括第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参、第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参。第一摄像机的相机内参是与第一摄像机自身特性相关的参数,如焦距、像素大小、畸变系数等。第二摄像机的相机内参是与第二摄像机自身特性相关的参数,如焦距、像素大小、畸变系数等。第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参是世界坐标系中的参数,如第一摄像机的位置和旋转方向、第二摄像机的位置和旋转方向、第一摄像机与第二摄像机之间的位置关系,例如,旋转矩阵和平移矩阵等。

[62]关于第一摄像机的相机内参,是第一摄像机的固有参数,第一摄像机出厂时就已经给出第一摄像机的相机内参。关于第二摄像机的相机内参,是第二摄像机的固有参数,第二摄像机出厂时就已经给出第二摄像机的相机内参。

[63]关于第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参,如旋转矩阵和平移矩阵等,可以在目标场景部署多个标定点,通过第一摄像机采集目标场景的第一标定图像,该第一标定图像包括多个标定点,通过第二摄像机采集目标场景的第二标定图像,该第二标定图像包括多个标定点。基于多个标定点在第一标定图像中的像素坐标和多个标定点在第二标定图像中的像素坐标,就可以确定出第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参,对此相机外参的确定过程不做限制。

[64]示例性的,第一标定方程表示第一摄像机采集图像(记为图像s1)中像素点与三维重建点之间的函数关系,第二标定方程表示第二摄像机采集图像(记为图像s2)中像素点与三维重建点之间的函数关系。假设多线激光器将N条线结构光投射到被测物体,且机械振镜的角度一共是M种角度,则一共需要获取N*M个第一标定方程和N*M个第二标定方程,第一标定方程和第二标定方程均可以是光平面方程。关于第一标定方程和第二标定方程的获取方式,可以包括步骤S11-S15。

[65]步骤S11、针对机械振镜的每个角度,在多线激光器将N条线结构光投射到白色背景板时,获取第一摄像机采集的图像s1,并获取第二摄像机采集的图像s2。其中,图像s1包括N条线结构光对应的N个第一光条区域,N个第一光条区域与N条线结构光一一对应,图像s2包括N条线结构光对应的N个第二光条区域,N个第二光条区域与N条线结构光一一对应。

[66]步骤S12、确定图像s1中每个第一光条区域对应的第一光条中心线,并确定图像s2中每个第二光条区域对应的第二光条中心线,即,得到N条线结构光对应的N个第一光条中心线,并得到N条线结构光对应的N个第二光条中心线。

[67]步骤S13、基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对,各关键点对包括第一光条中心线中第一中心点和第二光条中心线中第二中心点,且第一中心点和第二中心点是白色背景板上同一位置点对应的像素点。

[68]比如说,假设N条线结构光为线结构光1和线结构光2,图像s1包括线结构光1对应的第一光条区域1和线结构光2对应的第一光条区域2,图像s2包括线结构光1对应的第二光条区域1和线结构光2对应的第二光条区域2。第一光条区域1对应第一光条中心线1,第一光条区域2对应第一光条中心线2,第二光条区域1对应第二光条中心线1,第二光条区域2对应第二光条中心线2。

[69]示例性的,由于被测物体是白色背景板,将2条线结构光投射到白色背景板时,光条区域比较清晰,没有杂点产生,因此,在基于第一光条区域1确定第一光条中心线1

时,第一光条中心线1的每一行只有1个中心点,同理,第二光条中心线1的每一行只有1个中心点。在此基础上,将第一光条中心线1的第一行中心点与第二光条中心线1的第一行中心点组成关键点对11,将第一光条中心线1的第二行中心点与第二光条中心线1的第二行中心点组成关键点对12,以此类推。同理,可以将第一光条中心线2的第一行中心点与第二光条中心线2的第一行中心点组成关键点对21,将第一光条中心线2的第二行中心点与第二光条中心线2的第二行中心点组成关键点对22,以此类推。

[70]步骤 S14、针对每个关键点对,基于该关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点。比如说,可以采用三角化方式确定该关键点对对应的三维点,对此三角化方式可以参见后续实施例,在此暂不详述。

[71]步骤 S15、基于关键点对和该关键点对对应的三维点,确定与机械振镜的角度和线结构光对应的第一标定方程和第二标定方程。

[72]比如说,针对机械振镜的角度A,基于第一光条中心线1和第二光条中心线1之间的多个关键点对(如关键点对11、关键点对12等)、及各关键点对对应的三维点,确定角度A和线结构光1对应的第一标定方程和第二标定方程。

[73]例如,基于第一光条中心线1的大量中心点、及每个中心点对应的三维点,就可以确定第一标定方程,第一标定方程用于表示图像s1中像素点(即第一光条中心线1的中心点)与三维重建点(即中心点对应的三维点)之间的函数关系。比如说,使用平面模型或者二次模型进行拟合,得到第一标定方程。

[74]基于第二光条中心线1的大量中心点、及每个中心点对应的三维点,就可以确定第二标定方程,第二标定方程用于表示图像s2中像素点(即第二光条中心线1的中心点)与三维重建点(即中心点对应的三维点)之间的函数关系。

[75]同理,可以得到角度A和线结构光2对应的第一标定方程和第二标定方程,得到角度B和线结构光1对应的第一标定方程和第二标定方程,以此类推。

[76]综上,针对机械振镜的每个角度,可以得到与每个线结构光对应的第一标定方程和第二标定方程,即 $N*M$ 个第一标定方程和 $N*M$ 个第二标定方程。

[77]示例性的,针对多线激光器投射的N条线结构光,可以按照实际顺序对每条线结构光进行序号标记,如按照从左到右(或从右到左)的顺序,N条线结构光(即激光线)依次标记为1、2、3、...、N,便于对各线结构光进行匹配和索引。

[78]在上述应用场景1下,参见图3所示,本实施例的图像重建方法可以包括步骤301-309。

[79]步骤 301、在多线激光器将N条线结构光投射到被测物体时,获取第一摄像机采集的被测物体的第一原始图像,并获取第二摄像机采集的被测物体的第二原始图像,第一原始图像的采集时刻与第二原始图像的采集时刻可以相同。

[80]示例性的,第一原始图像包括N条线结构光对应的N个第一光条区域,如线结构光1对应的第一光条区域1、线结构光2对应的第一光条区域2、...、以此类推。第二原始图像包括N条线结构光对应的N个第二光条区域,如线结构光1对应的第二光条区域1、线结构光2对应的第二光条区域2、...、以此类推。

[81]步骤 302、对第一原始图像和第二原始图像进行双目校正,得到第一原始图像对应的第一目标图像和第二原始图像对应的第二目标图像。

[82]示例性的,双目校正用于使被测物体上的同一个位置点,在第一目标图像和第二目标图像中具有相同像素高度,也就是说,针对被测物体上的同一个位置点,通过双目校正将第一原始图像和第二原始图像校正到同样像素高度,这样匹配时,直接在一行里面

进行匹配，匹配起来更方便。比如说，在二维空间上匹配对应点非常耗时，为了减少匹配搜索范围，可以利用极线约束使得对应点的匹配由二维搜索降为一维搜索，而双目校正的作用就是将第一原始图像和第二原始图像进行行对应，得到第一目标图像和第二目标图像，使得第一目标图像和第二目标图像的极线恰好在同一水平线，第一目标图像上任意一点与第二目标图像上的对应点就必然具有相同行号，只需在该行进行一维搜索即可。

[83]示例性的，第一目标图像包括 N 条线结构光对应的 N 个第一光条区域，如线结构光 1 对应的第一光条区域 1、线结构光 2 对应的第一光条区域 2、...、以此类推。第二目标图像包括 N 条线结构光对应的 N 个第二光条区域，如线结构光 1 对应的第二光条区域 1、线结构光 2 对应的第二光条区域 2、...、以此类推。

[84]步骤 303、确定第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，并确定第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线。

[85]示例性的，针对第一光条区域的每一行，可以包括多个像素点，可以从多个像素点中选取该行的中心点，而第一光条区域的所有行的中心点就组成第一光条中心线，因此，得到第一光条区域 1 对应的第一光条中心线 1、第一光条区域 2 对应的第一光条中心线 2、...、以此类推。同理，得到第二光条区域 1 对应的第二光条中心线 1、第二光条区域 2 对应的第二光条中心线 2、...、以此类推。

[86]示例性的，可以采用光条中心线提取算法确定光条区域对应的光条中心线，例如，可以使用高斯拟合、COG (Center of Gravity, 重心) 或者 STEGER 等方式，提取光条区域的每一行的中心点，从而得到光条中心线，本实施例中对此过程不做限制。

[87]示例性的，假设第一目标图像和第二目标图像的高度为 H ，则每个第一光条中心线均包括 H 行的中心点，每个第二光条中心线均包括 H 行的中心点。

[88]步骤 304、针对每条线结构光，从所有第一光条中心线和所有第二光条中心线中确定该线结构光对应的目标第一光条中心线和目标第二光条中心线。

[89]比如说，确定线结构光 1 对应的第一光条中心线 1 和第二光条中心线 1，确定线结构光 2 对应的第一光条中心线 2 和第二光条中心线 2，以此类推。

[90]步骤 305、针对每条线结构光，基于该线结构光对应的第一标定方程和该线结构光对应的目标第一光条中心线，针对该目标第一光条中心线中每个第一像素点，基于该第一标定方程将该第一像素点转换为目标三维重建点。

[91]示例性的，可以确定机械振镜的角度，即第一原始图像和第二原始图像是在该角度下采集的，针对每条线结构光，可以从 $N*M$ 个第一标定方程中选取与该角度和该线结构光对应的第一标定方程。由于该第一标定方程表示第一目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系，因此，可以基于该第一标定方程将目标第一光条中心线中每个第一像素点转换为目标三维重建点。

[92]比如说，针对线结构光 1 对应的第一光条中心线 1，基于线结构光 1 对应的第一标定方程将第一光条中心线 1 中的每个第一像素点转换为目标三维重建点。针对线结构光 2 对应的第一光条中心线 2，基于线结构光 2 对应的第一标定方程将第一光条中心线 2 中的每个第一像素点转换为目标三维重建点，以此类推。

[93]步骤 306、针对每个第一像素点对应的目标三维重建点，可以基于该线结构光对应的第二标定方程将该目标三维重建点转换为第二目标图像中的投影像素点，这个投影像素点也就是该第一像素点对应的投影像素点。

[94]比如说，针对每条线结构光，从 $N*M$ 个第二标定方程中选取与该线结构光对应的第

二标定方程。由于第二标定方程表示第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系，因此，将目标第一光条中心线中的第一像素点转换为目标三维重建点之后，可以基于第二标定方程将目标三维重建点转换为投影像素点。

[95]比如说，基于线结构光 1 对应的第二标定方程将目标三维重建点转换为投影像素点时，得到第一光条中心线 1 中的每个第一像素点对应的投影像素点。基于线结构光 2 对应的第二标定方程将目标三维重建点转换为投影像素点时，得到第一光条中心线 2 中的每个第一像素点对应的投影像素点，以此类推。

[96]综上所述，针对目标第一光条中心线中的每个第一像素点，可以将该第一像素点投影到第二目标图像，得到该第一像素点对应的投影像素点。

[97]步骤 307、针对每个第一像素点，在得到第一像素点对应的投影像素点之后，从目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点。

[98]比如说，针对每条线结构光，以线结构光 1 为例，可以确定线结构光 1 对应的目标第二光条中心线，即第二光条中心线 1，针对线结构光 1 对应的第一光条中心线 1 中的每个第一像素点，在得到第一像素点对应的投影像素点之后，可以从第二光条中心线 1 中选取与该投影像素点对应的第二像素点。

[99]显然，该第一像素点和该第二像素点可以组成一个关键点对，即该关键点对包括第一光条中心线 1 中的第一像素点和第二光条中心线 1 中的第二像素点，且该第一像素点和该第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点，第一像素点是第一目标图像中的像素点，第二像素点是第二目标图像中的像素点。

[100]在一种可能的实施方式中，从目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点，可以包括：从目标第二光条中心线中确定与该投影像素点具有相同像素高度的像素点；若确定的像素点为一个，则将该像素点选取为第二像素点；若确定的像素点为至少两个，则确定至少两个像素点与该投影像素点之间的重投影误差，将最小重投影误差对应的像素点选取为第二像素点。

[101]示例性的，第二光条中心线的一行可能包括一个像素点，在该情况下，若与投影像素点具有相同像素高度的像素点为一个，则将该像素点选取为第二像素点。第二光条中心线的一行也可能包括至少两个像素点，如光条区域存在杂点时，会导致一行存在至少两个像素点，在该情况下，若与投影像素点具有相同像素高度的像素点为至少两个，则确定该投影像素点与每个像素点之间的重投影误差，对此确定方式不做限制，在得到该投影像素点与每个像素点之间的重投影误差之后，可以将最小重投影误差对应的像素点选取为第二像素点。

[102]步骤 308、基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点。

[103]示例性的，针对每个关键点对，该关键点对包括第一目标图像中的第一像素点和第二目标图像中的第二像素点，且该第一像素点和该第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点，在此基础上，可以采用三角化方式确定该关键点对对应的三维点，以下结合具体步骤，对该过程进行说明。

[104]步骤 3081、通过第一摄像机的相机内参对第一像素点进行畸变校正，并将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标；通过第二摄像机的相机内参对第二像素点进行畸变校正，并将畸变校正后的像素点转换为第二齐次坐标。

[105]例如，由于透镜制造精度以及组装工艺偏差等原因，会导致第一摄像机采集的图像存在失真，即存在畸变，如径向畸变和切向畸变等。为了解决畸变问题，第一摄像机的相机内参包括畸变参数，如径向畸变参数 k_1 , k_2 , k_3 ，切向畸变参数 p_1 , p_2 等。基于

此,本实施例中,可以利用第一摄像机的相机内参对第一像素点进行畸变校正,得到去畸变处理后的像素坐标。在得到去畸变处理后的像素坐标之后,可以将去畸变处理后的像素坐标转换为第一齐次坐标。同理,可以利用第二摄像机的相机内参对第二像素坐标进行畸变校正,并将畸变校正后的像素坐标转换为第二齐次坐标。综上所述,关键点对的齐次坐标可以包括第一关键点的第一齐次坐标和第二关键点的第二齐次坐标。

[106]步骤 3082、基于第一齐次坐标、第二齐次坐标、第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参和第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参(如位置关系等),利用三角化方式确定该关键点对对应的三维点。

[107]比如说,参见图 4 所示,为三角化方式的原理示意图, O_L 为第一摄像机的位置, O_R 为第二摄像机的位置,基于第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参,就可以获知 O_L 和 O_R 之间的位置关系。针对三维空间中的三维点 P ,在第一摄像机的像平面的成像位置为 p_l ,在第二摄像机的像平面的成像位置为 p_r 。 p_l 作为第一像素点, p_r 作为第二像素点,该第一像素点和该第二像素点组成一个关键点对,而三维点 P 就是该关键点对对应的三维点。将 O_L , O_R , p_l 和 p_r 转换到同一坐标系下,针对同一坐标系下的 O_L , O_R , p_l 和 p_r , O_L 和 p_l 之间存在一条直线 a_1 , O_R 和 p_r 之间存在一条直线 a_2 ,若直线 a_1 与直线 a_2 存在交点,则直线 a_1 与直线 a_2 的交点就是三维点 P 。若直线 a_1 与直线 a_2 不存在交点,则三维点 P 是与直线 a_1 和直线 a_2 最近的点。基于上述应用场景,可以采用三角化方式获得三维点 P 的三维空间坐标,从而得到该关键点对对应的三维点。当然,上述实现方式只是三角化方式的示例,对此三角化方式的实现方式不做限制。

[108]综上所述,针对每个关键点对,可以得到该关键点对对应的三维点,第一目标图像包括 N 个第一光条中心线,每个第一光条中心线包括 H 个第一像素点,因此,可以得到 $N*H$ 个关键点对,且 $N*H$ 个关键点对对应 $N*H$ 个三维点。

[109]步骤 309、基于多个关键点对对应的三维点生成三维重建图像。

[110]比如说,针对机械振镜的每个角度,可以采用步骤 301-步骤 308,确定该角度下的 $N*H$ 个三维点,在机械振镜的扫描过程中,每个角度下都可以获取到一组原始图像进行上述操作,假设机械振镜一共存在 M 个角度,则可以得到 M 个角度下的 $M*N*H$ 个三维点。在此基础上,可以基于 $M*N*H$ 个三维点生成三维重建图像,三维重建图像即点云数据,并输出三维重建图像。或者,也可以将该三维重建图像投影到某个摄像机上得到深度图像,并输出深度图像。

[111]应用场景 2: 三维成像设备可以包括第一摄像机、第二摄像机、第三摄像机、处理器、多线激光器和机械振镜,第一摄像机为左相机、第二摄像机为右相机、第三摄像机为辅助相机,或者,第一摄像机为右相机,第二摄像机为左相机、第三摄像机为辅助相机。可以预先获取三维成像设备对应的相机标定参数和第三标定方程,并为三维成像设备存储该相机标定参数和该第三标定方程。

[112]示例性的,相机标定参数包括第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参、第三摄像机的相机内参、第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参(如位置关系,如旋转矩阵和平移矩阵等)、第一摄像机与第三摄像机之间的相机外参(如位置关系)、第二摄像机与第三摄像机之间的相机外参(如位置关系)。

[113]关于相机标定参数的获取方式,可以参见应用场景 1,在此不再赘述。

[114]示例性的,第三标定方程表示第二摄像机采集图像(记为图像 s_2)中像素点与三维重建点之间的函数关系。假设多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体,且机械振镜的角度一共是 M 种角度,则需要一共获取 $N*M$ 个第三标定方程,第三标定方程均可以是光平面方程。关于第三标定方程的获取方式,可以参见应用场景 1 中第二标定方程

的获取方式。在此不再赘述。

[115]示例性的，针对多线激光器投射的 N 条线结构光，可以按照实际顺序对每条线结构光进行序号标记，如按照从左到右（或从右到左）的顺序， N 条线结构光（即激光线）依次标记为 1、2、3、...、 N ，便于对各线结构光进行匹配和索引。

[116]在上述应用场景 2 下，参见图 5 所示，本实施例的图像重建方法可以包括步骤 501-509。

[117]步骤 501、在多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体时，获取第一摄像机采集的被测物体的第一原始图像，获取第二摄像机采集的被测物体的第二原始图像，获取第三摄像机采集的被测物体的第三原始图像。其中，第一原始图像的采集时刻、第二原始图像的采集时刻和第三原始图像的采集时刻可以相同。

[118]示例性的，该第一原始图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第一光条区域，该第二原始图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第二光条区域，该第三原始图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第三光条区域。

[119]步骤 502、对第一原始图像、第二原始图像和第三原始图像进行三目校正，得到第一原始图像对应的第一目标图像、第二原始图像对应的第二目标图像和第三原始图像对应的第三目标图像。其中，三目校正用于使被测物体上的同一个位置点，在第一目标图像、第二目标图像和第三目标图像中具有相同像素高度，也就是说，针对被测物体上的同一个位置点，通过三目校正，可以将第一原始图像、第二原始图像和第三原始图像校正到同样像素高度。

[120]示例性的，该第一目标图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第一光条区域，该第二目标图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第二光条区域，该第三目标图像可以包括 N 条线结构光对应的 N 个第三光条区域。

[121]步骤 503、确定该第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，确定该第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线，并确定该第三目标图像中每个第三光条区域对应的第三光条中心线。

[122]示例性的，可以采用光条中心线提取算法确定光条区域对应的光条中心线，例如，可以使用高斯拟合、COG 或者 STEGER 等方式，提取光条区域的每一行的中心点，从而得到光条中心线，本实施例中对此过程不做限制。

[123]步骤 504、针对每条线结构光，从所有第一光条中心线确定线结构光对应的目标第一光条中心线，从所有第二光条中心线确定线结构光对应的目标第二光条中心线，从所有第三光条中心线确定线结构光对应的目标第三光条中心线。

[124]步骤 505、基于该线结构光对应的目标第一光条中心线和目标第三光条中心线，针对目标第一光条中心线中每个第一像素点，从目标第三光条中心线中确定与该第一像素点具有相同像素高度的第三像素点，并基于该第一像素点、该第三像素点和相机标定参数确定该第一像素点对应的目标三维重建点。

[125]示例性的，针对目标第一光条中心线中每个第一像素点，从目标第三光条中心线中确定与该第一像素点具有相同像素高度的像素点。若确定的像素点为一个，则将该像素点选取为第三像素点。若确定的像素点为至少两个，则确定至少两个像素点与该第一像素点之间的重投影误差，对此重投影误差的确定方式不做限制，并将最小重投影误差对应的像素点选取为第三像素点。

[126]示例性的，该第一像素点和该第三像素点可以组成一个关键点对，即该关键点对包括第一目标图像中的第一像素点和第三目标图像中的第三像素点，且该第一像素点和该

第三像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点。在此基础上,可以采用三角化方式确定该关键点对应的三维点,这个三维点就是该第一像素点对应的目标三维重建点。比如说,通过第一摄像机的相机内参对第一像素点进行畸变校正,将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标;通过第三摄像机的相机内参对第三像素点进行畸变校正,将畸变校正后的像素点转换为第三齐次坐标。基于第一齐次坐标、第三齐次坐标、第一摄像机的相机内参、第三摄像机的相机内参、第一摄像机与第三摄像机之间的相机外参(如位置关系等),利用三角化方式确定该关键点对应的三维点,对此过程不再赘述。

[127]综上所述,针对目标第一光条中心线中每个第一像素点,确定该第一像素点对应的目标三维重建点,即得到第一像素点和目标三维重建点的对应关系。

[128]步骤 506、针对每个第一像素点对应的目标三维重建点,可以基于该线结构光对应的第三标定方程将该目标三维重建点转换为第二目标图像中的投影像素点,这个投影像素点也就是该第一像素点对应的投影像素点。

[129]比如说,针对每条线结构光,从 $N \times M$ 个第三标定方程中选取与该线结构光对应的第三标定方程。由于第三标定方程表示第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系,因此,将目标第一光条中心线中的第一像素点转换为目标三维重建点之后,可以基于第三标定方程将目标三维重建点转换为投影像素点。

[130]综上所述,针对目标第一光条中心线中的每个第一像素点,可以将该第一像素点投影到第二目标图像,得到该第一像素点对应的投影像素点。

[131]步骤 507、针对每个第一像素点,在得到第一像素点对应的投影像素点之后,从目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点。

[132]比如说,可以从目标第二光条中心线中确定与该投影像素点具有相同像素高度的像素点;若确定的像素点为一个,则将该像素点选取为第二像素点;若确定的像素点为至少两个,则确定至少两个像素点与该投影像素点之间的重投影误差,将最小重投影误差对应的像素点选取为第二像素点。

[133]显然,该第一像素点和该第二像素点可以组成一个关键点对,且该第一像素点和该第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点,第一像素点是第一目标图像中的像素点,第二像素点是第二目标图像中的像素点。

[134]步骤 508、基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对应的三维点。比如说,通过第一摄像机的相机内参对第一像素点进行畸变校正,将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标;通过第二摄像机的相机内参对第二像素点进行畸变校正,将畸变校正后的像素点转换为第二齐次坐标。基于第一齐次坐标、第二齐次坐标、第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参、第一摄像机与第二摄像机之间的相机外参,利用三角化方式确定该关键点对应的三维点。

[135]综上所述,针对每个关键点对,可以得到该关键点对应的三维点。

[136]步骤 509、基于多个关键点对应的三维点生成三维重建图像。

[137]本申请实施例中,多线激光器每次将 N 条线结构光投射到被测物体,使得摄像机每次采集的线结构光图像包括 N 个光条中心线,该线结构光图像等价于被测物体的 N 个位置的线结构光图像,从而能够减少线结构光图像的采集次数,减少三维重建的时间。多线激光器对被测物体表面进行扫描时,能够快速获取被测物体的整个轮廓数据,输出被测物体的三维图像信息,提高检测精度和检测速度。通过使用第一摄像机和第二摄像机同时采集线结构光图像,基于两个摄像机采集的线结构光图像,就能够利用三角测量法获取被测物体的三维信息,即可以得到被测物体的深度信息,从而利用单次采集图像

获取多线激光上的深度信息，能够将单次扫描效率提升N倍，能够快速实现对被测物体整个轮廓的全幅扫描。采用多线激光三角测量法，一次获取多条激光线上的深度信息，采用机械振镜实现激光线间距的小角度扫描，即可完成被测物体表面整个轮廓的高精度扫描。由于激光对比度高，准直性好，景深比较大，三维检测应用时对材质适应性更好，检测精度更高，因此，可以适合于机器视觉领域三维测量应用和工业自动化领域三维抓取和定位应用。

[138]基于与上述方法同样的构思，本申请实施例中提出一种图像重建装置，应用于三维成像设备，所述三维成像设备包括第一摄像机、第二摄像机和多线激光器，参见图6所示，为所述装置的结构示意图，所述装置可以包括获取模块61、确定模块62和生成模块63。

[139]获取模块61用于在所述多线激光器将N条线结构光投射到被测物体时，获取所述第一摄像机采集的所述被测物体的第一原始图像，并获取所述第二摄像机采集的所述被测物体的第二原始图像；其中，N为大于1的正整数。

[140]确定模块62用于确定第一原始图像对应的第一目标图像和第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述第一目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第一光条区域，所述第二目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第二光条区域；确定所述第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，并确定所述第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线；基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，其中，针对每个关键点对，该关键点对包括第一光条中心线中第一像素点和第二光条中心线中第二像素点，所述第一像素点和所述第二像素点是被测物体上同一位置点对应的像素点；基于该关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点。

[141]生成模块63用于基于所述多个关键点对对应的三维点生成被测物体的三维重建图像。

[142]示例性的，所述确定模块62确定第一原始图像对应的第一目标图像和第二原始图像对应的第二目标图像时具体用于：将第一原始图像确定为第一目标图像，并将第二原始图像确定为第二目标图像；或者，对第一原始图像和第二原始图像进行双目校正，得到所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述双目校正用于使所述被测物体上的同一个位置点，在所述第一目标图像和所述第二目标图像中具有相同像素高度。

[143]示例性的，所述确定模块62基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对时具体用于：针对每条线结构光，从所有第一光条中心线和所有第二光条中心线中确定该线结构光对应的目标第一光条中心线和目标第二光条中心线；针对所述目标第一光条中心线中每个第一像素点，将所述第一像素点投影到所述第二目标图像，得到所述第一像素点对应的投影像素点，并从所述目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点；然后，可以基于所述第一像素点和所述第二像素点生成关键点对。

[144]示例性的，所述确定模块62从所述目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点时具体用于：从目标第二光条中心线中确定与该投影像素点具有相同像素高度的像素点；若确定的像素点为一个，将该像素点选取为第二像素点；若确定的像素点为至少两个，确定至少两个像素点与该投影像素点之间的重投影误差，将最小重投影误差对应的像素点选取为第二像素点。

[145]示例性的，所述确定模块62将所述第一像素点投影到所述第二目标图像，得到所

述第一像素点对应的投影像素点时具体用于：获取与该线结构光对应的第一标定方程和第二标定方程，第一标定方程表示第一目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系，第二标定方程表示第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系；基于所述第一标定方程将所述第一像素点转换为目标三维重建点；基于所述第二标定方程将所述目标三维重建点转换为所述投影像素点。

[146]示例性的，所述三维成像设备还包括第三摄像机，所述获取模块 61，还用于在多线激光器将 N 条线结构光投射到被测物体时，获取第三摄像机采集的所述被测物体的第三原始图像。所述确定模块 62，还用于确定第三原始图像对应的第三目标图像，第三目标图像包括所述 N 条线结构光对应的 N 个第三光条区域；确定第三目标图像中每个第三光条区域对应的第三光条中心线；针对每条线结构光，从所有第三光条中心线中确定该线结构光对应的目标第三光条中心线。针对所述目标第一光条中心线中每个第一像素点，所述确定模块将所述第一像素点投影到第二目标图像，得到所述第一像素点对应的投影像素点时具体用于：从目标第三光条中心线中确定与所述第一像素点具有相同像素高度的第三像素点；基于所述第一像素点、所述第三像素点和相机标定参数确定目标三维重建点；基于第三标定方程将所述目标三维重建点转换为所述投影像素点，其中，所述第三标定方程表示第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系。

[147]示例性的，所述相机标定参数包括第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参、所述第一摄像机与所述第二摄像机之间的相机外参；所述确定模块 62 基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点时具体用于：通过第一摄像机的相机内参对所述第一像素点进行畸变校正，并将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标；通过第二摄像机的相机内参对所述第二像素点进行畸变校正，并将畸变校正后的像素点转换为第二齐次坐标；基于第一齐次坐标、第二齐次坐标、第一摄像机的相机内参、第二摄像机的相机内参和所述相机外参，利用三角化方式确定该关键点对对应的三维点。

[148]基于与上述方法同样的构思，本申请实施例中提出一种三维成像设备，所述三维成像设备可以包括处理器和机器可读存储介质，所述机器可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令；所述处理器用于执行机器可执行指令，以实现本申请上述实施例公开的图像重建方法。

[149]基于与上述方法同样的构思，本申请实施例还提供一种机器可读存储介质，所述机器可读存储介质上存储有若干计算机指令，所述计算机指令被处理器执行时，能够使所述处理器实现本申请上述实施例公开的图像重建方法。

[150]其中，上述机器可读存储介质可以是任何电子、磁性、光学或其它物理存储装置，可以包含或存储信息，如可执行指令、数据，等等。例如，机器可读存储介质可以是：RAM（Random Access Memory，随机存取存储器）、易失存储器、非易失性存储器、闪存、存储驱动器（如硬盘驱动器）、固态硬盘、任何类型的存储盘（如光盘、DVD 等），或者类似的存储介质，或者它们的组合。

[151]上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元，具体可以由实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机，计算机的具体形式可以是个人计算机、膝上型计算机、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件收发设备、游戏控制台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任意几种设备的组合。

[152]为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种单元分别描述。当然，在实施本申请时可以把各单元的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[153]本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序

产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请实施例可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

[154]本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可以由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其它可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其它可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[155]而且，这些计算机程序指令也可以存储在能引导计算机或其它可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或者多个流程和/或方框图一个方框或者多个方框中指定的功能。

[156]这些计算机程序指令也可装载到计算机或其它可编程数据处理设备上，使得在计算机或者其它可编程数据处理设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其它可编程数据处理设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[157]以上所述仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的权利要求范围之内。

权利要求书

1、一种图像重建方法，应用于三维成像设备，所述三维成像设备包括第一摄像机、第二摄像机和多线激光器，所述方法包括：

在所述多线激光器将N条线结构光投射到被测物体时，获取所述第一摄像机采集的所述被测物体的第一原始图像，并获取所述第二摄像机采集的所述被测物体的第二原始图像，其中，N为大于1的正整数；确定所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述第一目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第一光条区域，所述第二目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第二光条区域；

确定所述第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，并确定所述第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线；

基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，其中，针对每个关键点对，该关键点对包括第一光条中心线中第一像素点和第二光条中心线中第二像素点，所述第一像素点和所述第二像素点是所述被测物体上同一位置点对应的像素点；

基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点；

基于所述多个关键点对对应的三维点生成所述被测物体的三维重建图像。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述确定所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像，包括：

将所述第一原始图像确定为所述第一目标图像，并将所述第二原始图像确定为所述第二目标图像；或者，

对所述第一原始图像和所述第二原始图像进行双目校正，得到所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述双目校正用于使所述被测物体上的同一个位置点，在所述第一目标图像和所述第二目标图像中具有相同像素高度。

3、根据权利要求1或2所述的方法，其中，所述基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，包括：

针对每条线结构光，从所有第一光条中心线和所有第二光条中心线中确定该线结构光对应的目标第一光条中心线和目标第二光条中心线；

针对所述目标第一光条中心线中每个第一像素点，将所述第一像素点投影到所述第二目标图像，得到所述第一像素点对应的投影像素点，并从所述目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点；

基于所述第一像素点和所述第二像素点生成关键点对。

4、根据权利要求3所述的方法，其中，所述从所述目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点，包括：

从所述目标第二光条中心线中确定与该投影像素点具有相同像素高度的像素点；

若确定的像素点为一个，则将该像素点选取为所述第二像素点；

若确定的像素点为至少两个，则确定至少两个像素点与该投影像素点之间的重投影误差，将所述至少两个像素点中最小重投影误差对应的像素点选取为所述第二像素点。

5、根据权利要求3所述的方法，其中，所述将所述第一像素点投影到所述第二目标图像，得到所述第一像素点对应的投影像素点，包括：

获取与所述线结构光对应的第一标定方程和第二标定方程，其中，所述第一标定方程表示所述第一目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系，所述第二标定方程表示所述第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系；

基于所述第一标定方程将所述第一像素点转换为目标三维重建点；

基于所述第二标定方程将所述目标三维重建点转换为所述投影像素点。

6、根据权利要求3所述的方法，其中，所述三维成像设备还包括第三摄像机，所

述方法还包括：在所述多线激光器将所述N条线结构光投射到所述被测物体时，获取所述第三摄像机采集的所述被测物体的第三原始图像，确定所述第三原始图像对应的第三目标图像，其中，所述第三目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第三光条区域；确定所述第三目标图像中每个第三光条区域对应的第三光条中心线；针对每条线结构光，从所有第三光条中心线中确定该线结构光对应的目标第三光条中心线；

其中，针对所述目标第一光条中心线中每个第一像素点，所述将所述第一像素点投影到所述第二目标图像，得到所述第一像素点对应的投影像素点，包括：从所述目标第三光条中心线中确定与所述第一像素点具有相同像素高度的第三像素点；基于所述第一像素点、所述第三像素点和相机标定参数确定目标三维重建点；基于第三标定方程将所述目标三维重建点转换为所述投影像素点，其中，所述第三标定方程表示所述第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系。

7、根据权利要求1所述的方法，其中，

所述相机标定参数包括所述第一摄像机的相机内参、所述第二摄像机的相机内参、所述第一摄像机与所述第二摄像机之间的相机外参；

所述基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点，包括：

通过所述第一摄像机的相机内参对所述第一像素点进行畸变校正，并将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标；通过所述第二摄像机的相机内参对所述第二像素点进行畸变校正，并将畸变校正后的像素点转换为第二齐次坐标；

基于所述第一齐次坐标、所述第二齐次坐标、所述第一摄像机的相机内参、所述第二摄像机的相机内参和所述相机外参，利用三角化方式确定该关键点对对应的三维点。

8、一种图像重建装置，应用于三维成像设备，所述三维成像设备包括第一摄像机、第二摄像机和多线激光器，所述装置包括：

获取模块，用于在所述多线激光器将N条线结构光投射到被测物体时，获取所述第一摄像机采集的所述被测物体的第一原始图像，并获取所述第二摄像机采集的所述被测物体的第二原始图像，其中，N为大于1的正整数；

确定模块，用于确定所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述第一目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第一光条区域，所述第二目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第二光条区域；确定所述第一目标图像中每个第一光条区域对应的第一光条中心线，并确定所述第二目标图像中每个第二光条区域对应的第二光条中心线；基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对，其中，针对每个关键点对，该关键点对包括第一光条中心线中第一像素点和第二光条中心线中第二像素点，所述第一像素点和所述第二像素点是所述被测物体上同一位置点对应的像素点；基于该关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点；

生成模块，用于基于所述多个关键点对对应的三维点生成所述被测物体的三维重建图像。

9、根据权利要求8所述的装置，其中，所述确定模块确定所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像时具体用于：

将所述第一原始图像确定为所述第一目标图像，并将所述第二原始图像确定为所述第二目标图像；或者，

对所述第一原始图像和所述第二原始图像进行双目校正，得到所述第一原始图像对应的第一目标图像和所述第二原始图像对应的第二目标图像，其中，所述双目校正用于使所述被测物体上的同一个位置点，在所述第一目标图像和所述第二目标图像中具有相同像素高度。

10、根据权利要求8或9所述的装置，其中，所述确定模块基于所有第一光条中心线和所有第二光条中心线确定多个关键点对时具体用于：

针对每条线结构光,从所有第一光条中心线和所有第二光条中心线中确定该线结构光对应的目标第一光条中心线和目标第二光条中心线;

针对所述目标第一光条中心线中每个第一像素点,将所述第一像素点投影到所述第二目标图像,得到所述第一像素点对应的投影像素点,并从所述目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点;

基于所述第一像素点和所述第二像素点生成关键点对。

11、根据权利要求10所述的装置,其中,所述确定模块从所述目标第二光条中心线中选取与该投影像素点对应的第二像素点时具体用于:

从所述目标第二光条中心线中确定与该投影像素点具有相同像素高度的像素点;

若确定的像素点为一个,则将该像素点选取为所述第二像素点;

若确定的像素点为至少两个,则确定至少两个像素点与该投影像素点之间的重投影误差,将所述至少两个像素点中最小重投影误差对应的像素点选取为所述第二像素点。

12、根据权利要求10所述的装置,其中,所述确定模块将所述第一像素点投影到所述第二目标图像,得到所述第一像素点对应的投影像素点时具体用于:

获取与该线结构光对应的第一标定方程和第二标定方程,其中,所述第一标定方程表示所述第一目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系,所述第二标定方程表示所述第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系;

基于所述第一标定方程将所述第一像素点转换为目标三维重建点;

基于所述第二标定方程将所述目标三维重建点转换为所述投影像素点。

13、根据权利要求10所述的装置,其中,所述三维成像设备还包括第三摄像机,

所述获取模块,还用于在所述多线激光器将所述N条线结构光投射到所述被测物体时,获取所述第三摄像机采集的所述被测物体的第三原始图像;

所述确定模块,还用于确定所述第三原始图像对应的第三目标图像,其中,所述第三目标图像包括所述N条线结构光对应的N个第三光条区域;确定所述第三目标图像中每个第三光条区域对应的第三光条中心线;针对每条线结构光,从所有第三光条中心线中确定该线结构光对应的目标第三光条中心线;

针对所述目标第一光条中心线中每个第一像素点,所述确定模块将所述第一像素点投影到所述第二目标图像,得到所述第一像素点对应的投影像素点时具体用于:从所述目标第三光条中心线中确定与所述第一像素点具有相同像素高度的第三像素点;基于所述第一像素点、所述第三像素点和相机标定参数确定目标三维重建点;基于第三标定方程将所述目标三维重建点转换为所述投影像素点,其中,所述第三标定方程表示所述第二目标图像中像素点与三维重建点之间的函数关系。

14、根据权利要求8所述的装置,其中,

所述相机标定参数包括所述第一摄像机的相机内参、所述第二摄像机的相机内参、所述第一摄像机与所述第二摄像机之间的相机外参;

所述确定模块基于关键点对和相机标定参数确定该关键点对对应的三维点时具体用于:

通过所述第一摄像机的相机内参对所述第一像素点进行畸变校正,并将畸变校正后的像素点转换为第一齐次坐标;通过所述第二摄像机的相机内参对所述第二像素点进行畸变校正,并将畸变校正后的像素点转换为第二齐次坐标;

基于所述第一齐次坐标、所述第二齐次坐标、所述第一摄像机的相机内参、所述第二摄像机的相机内参和所述相机外参,利用三角化方式确定该关键点对对应的三维点。

15、一种三维成像设备,包括:处理器和机器可读存储介质,所述机器可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令;所述处理器用于执行所述机器可执行指令,以实现权利要求1-7任一所述的方法。