

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 12 月 30 日 (30.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/258445 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01B 11/24 (2006.01) **G06T 17/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/098911
- (22) 国际申请日: 2019 年 8 月 1 日 (01.08.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910570997.7 2019年6月27日 (27.06.2019) CN
- (71) 申请人: 四川大学(SICHUAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国四川省成都市一环路南一段 24 号, Sichuan 610065 (CN)。
- (72) 发明人: 刘凯(LIU, Kai); 中国四川省成都市一环路南一段 24 号, Sichuan 610065 (CN)。胡子阳(HU, Ziyang); 中国四川省成都市一环路南一段 24 号, Sichuan 610065 (CN)。许斌

(XU, Bin); 中国四川省成都市一环路南一段 24 号, Sichuan 610065 (CN)。

(74) 代理人: 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙)(CHOFN INTELLECTUAL PROPERTY); 中国北京市海淀区北四环西路 68 号左岸工社 1215-1218 室, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: REAL-TIME BIDIRECTIONAL STRUCTURED LIGHT THREE-DIMENSIONAL IMAGING

(54) 发明名称: 实时双向结构光三维成像

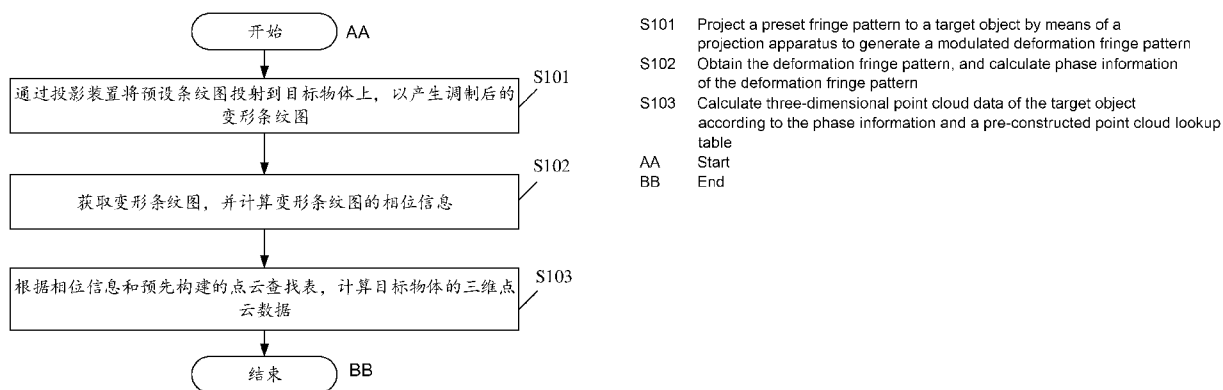


图 1

(57) Abstract: A real-time bidirectional structured light three-dimensional imaging method and apparatus, relating to the technical field of data processing. A preset fringe pattern is firstly projected to a target object by means of a projection apparatus to generate a modulated deformation fringe pattern; then the deformation fringe pattern is obtained, further corresponding phase information is calculated according to the deformation fringe pattern; and three-dimensional point cloud data is calculated by means of a pre-constructed point cloud lookup table after the phase information is calculated, so that the calculation efficiency of the three-dimensional point cloud data can be improved, and the calculation accuracy is high.

(57) 摘要: 一种实时双向结构光三维成像方法及装置, 涉及数据处理技术领域。先通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上, 以产生调制后的变形条纹图, 然后再获取该变形条纹图, 进一步地, 根据该变形条纹图计算出相应的相位信息, 在计算出相位信息之后, 通过预先构建的点云查找表, 计算出三维点云数据, 能够提升三维点云数据的计算效率, 计算精确度高。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

实时双向结构光三维成像

相关申请交叉引用

本申请要求于 2019 年 06 月 27 日提交中国专利局的申请号为 201910570997.7、名称为“一种三维重建方法及装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及数据处理技术领域，具体而言，涉及一种实时双向结构光三维成像方法及装置。

背景技术

目前，相位测量轮廓术（Phase Measuring Profilometry, PMP）是一种高精度，快速的结构光三维测量技术，基于结构光对被测物体进行三维成像和轮廓重建，因此又被称为三维重建技术，广泛应用于逆向工程，工业检测，模式识别等领域。在获取到物体的相位信息后，将物体的相位信息速度较快地转化为精确的三维点云显得尤为重要。现有实时双向结构光三维成像方法先通过变形条纹图计算出相位后，再通过矩阵伪逆、最小二乘法以及其他方程技巧求解出相应的三维点云数据，计算效率低，精确度低。

发明内容

本申请实施例的目的包括提供一种实时双向结构光三维成像方法及装置，能够提升三维点云数据的计算效率，计算精确度高。

本申请实施例提供了一种三维重建方法，包括：

通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图；

获取所述变形条纹图，并计算所述变形条纹图的相位信息；

根据所述相位信息和预先构建的点云查找表，计算所述目标物体的三维点云数据。

可选地，所述变形条纹图的表示公式为：

$$\begin{cases} I_n^x = A^x + B^x \cos\left(\phi^x - \frac{2\pi n}{N}\right) \\ I_n^y = A^y + B^y \cos\left(\phi^y - \frac{2\pi n}{N}\right) \end{cases};$$

其中， I_n^x 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向扫描的图像亮度， I_n^y 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向扫描的图像亮度， A^x 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向的调制分量， A^y 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向的调制分量， ϕ^x 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平相位， ϕ^y 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直相位， n 表示所述变形条纹图的序号索引， N 表示所述变形条纹图的总数量。

可选地，所述相位信息包括 ϕ^x 和 ϕ^y ；

计算 ϕ^x 和 ϕ^y 的计算公式为：

$$\begin{cases} \phi^x = \pi + \operatorname{atan} 2\left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \\ \phi^y = \pi + \operatorname{atan} 2\left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \end{cases}。$$

可选地，在所述通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图之前，还包括：

通过摄像装置获取用于构建点云查找表的扫描图片；

获取所述摄像装置对应的摄像装置校准矩阵和所述投影装置对应的投影装置校准矩阵；

计算所述扫描图片上每个坐标点对应的极线方程；

根据所述摄像装置校准矩阵、所述投影装置校准矩阵和所述每个坐标点对应的极线方程构建所述点云查找表。

可选地，当所述预设条纹图是水平方向变化的时，则所述摄像装置和投影装置需要满足对左右关系；当所述预设条纹图是垂直变化的时，则所述摄像装置和投影装置需要满足对上下关系。

可选地，所述摄像装置的扫描方向包括水平扫描、垂直扫描、水平和垂直两个方向扫描。

可选地，所述摄像装置的扫描模式包括正弦波、直线、灰度码。

可选地，根据所述相位信息和预先构建的点云查找表，计算所述目标物体的三维点云数据，包括：

根据所述相位信息计算投影空间坐标，并根据所述变形条纹图中各个点的二维坐标和预先构建的点云查找表，确定每个所述二维坐标对应的点云查找变量；

根据每个所述二维坐标对应的所述点云查找变量和所述投影空间坐标计算每个所述二维坐标对应的三维坐标；

根据所有所述二维坐标对应的三维坐标，得到所述目标物体的三维点云数据。

可选地，所述点云查找表的计算公式为：

$$\begin{pmatrix} X^w x^p \\ Y^w x^p \\ Z^w x^p \\ X^w y^p \\ Y^w y^p \\ Z^w y^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^p & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x^p & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x^p & Z^w & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 \\ 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & Z^w & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_0^w \\ Y_0^w \\ Z_0^w \\ x_0^p \\ A^{x^p} - X_0^w x_0^p \\ B^{x^p} - Y_0^w x_0^p \\ C^{x^p} - Z_0^w x_0^p \\ y_0^p \\ A^{y^p} - X_0^w y_0^p \\ B^{y^p} - Y_0^w y_0^p \\ C^{y^p} - Z_0^w y_0^p \end{pmatrix} ;$$

其中， X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 、 C^{x^p} 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 均为所述点云查找变量， $(X^w, Y^w, Z^w)^T$ 是所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点的三维坐标的转置， (x^p, y^p) 是所述投影空间坐标， W^p 是所述投影装置投影的水平分辨率， H^p 是所述投影装置投影的垂直分辨率。

可选地，所述计算每个所述二维坐标对应的三维坐标的计算公式为：

$$\begin{cases} X^w = \frac{A^{x^p}(x^p - x_0^p) + A^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + X_0^w \\ Y^w = \frac{B^{x^p}(x^p - x_0^p) + B^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Y_0^w \\ Z^w = \frac{C^{x^p}(x^p - x_0^p) + C^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Z_0^w \end{cases} .$$

可选地，所述预设条纹图是灰度图像，包括不同相位的正弦条纹图。

可选地，所述三维点云数据包括目标物体的三维点云坐标。

本申请实施例公开了一种三维重建装置，包括：

投影模块，用于通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图；

第一获取模块，用于获取所述变形条纹图，并计算所述变形条纹图的相位信息；

计算模块，用于根据所述相位信息和预先构建的点云查找表，计算所述目标物体的三维点云数据。

本申请实施例公开了一种计算机设备，包括存储器以及处理器，所述存储器用于存储计算机程序，所述处理器运行所述计算机程序以使所述计算机设备执行本申请公开的部分或者全部所述的三维重建方法。

本申请实施例公开了一种计算机可读存储介质，其存储有用于实现本申请提供的三维重建方法所用的计算机程序。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本申请的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，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相关的附图。

图 1 为本申请实施例提供的一种实时双向结构光三维成像方法的流程示意图；

图 2 为本申请实施例提供的变形条纹图测量示意图；

图 3 为本申请实施例提供的一种实时双向结构光三维成像方法的流程示意图；

图 4 为本申请实施例提供的一种实时双向结构光三维成像装置的结构示意图；

图 5 为本申请实施例提供的另一种实时双向结构光三维成像装置的结构示意图。

附图标号：

310-投影模块；320-第一获取模块；330-计算模块；331-坐标计算子模

块；332-变量确定子模块；333-点云计算子模块；340-第二获取模块；350-第三获取模块；360-方程计算模块；370-构建模块。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行描述。

应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。同时，在本申请的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

请参看图1，图1为本申请实施例提供了一种实时双向结构光三维成像（重建）方法的流程示意框图。如图1所示，该实时双向结构光三维成像方法包括：

S101、通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图。

本申请实施例中，请参阅图2，图2是本申请实施例提供了一种变形条纹图测量示意图。在进行三维重建时，需要通过一个摄像设备和一个投影设备以获取目标物体的变形条纹图，摄像设备和投影设备的设置位置如图2所示，先通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，然后通过摄像装置获取被测目标物体调制的变形条纹图。

本申请实施例中，预设条纹图是灰度图像，用于帮助用户研究图像像素在不同混合模式下变化的规律，探讨混合模式的特点以及相互之间的区别和联系。预设变形条纹图包括不同相位的正弦条纹图等，对此本申请实施例不作限定。

本申请实施例中，如果扫描模式是条纹状的，例如：正弦波、直线、灰度码等，预设条纹图的变化方向需要满足摄像设备和投影设备的位置关系，假设预设条纹图是水平方向变化的，则摄像设备或者投影设备需要满足对左右关系；假设预设条纹图是垂直变化的，则摄像设备或者投影设备需要满足对上下关系，否则重建的三维点云质量会很差，甚至是完全错误的。通过保持摄像设备和投影设备之间的基线足够长，并沿着水平和垂直方向投射图案，则可以忽略摄像设备和投影设备之间的位置关系，进而可

以满足两个方向同时扫描的位置条件。

S102、获取变形条纹图，并计算变形条纹图的相位信息。

本申请实施例中，变形条纹图的获取可以通过摄像装置扫描获得，其扫描方向可以为水平扫描、垂直扫描、水平和垂直两个方向扫描等，对此本申请实施例不作限定。

S103、根据相位信息和预先构建的点云查找表，计算目标物体的三维点云数据。

本申请实施例中，三维点云数据包括目标物体的三维点云坐标等，对此本申请实施例不作限定。

在上述实现过程中，先通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图，然后再获取该变形条纹图，进一步地，根据该变形条纹图计算出相应的相位信息，在计算出相位信息之后，通过预先构建的点云查找表，计算出三维点云数据。可见，实施本实施例所描述的实时双向结构光三维成像方法，能够提升三维点云数据的计算效率，计算精确度高。

请参看图3，图3为本申请另一实施例提供的一种实时双向结构光三维成像方法的流程示意框图。如图3所示，该实时双向结构光三维成像方法包括：

S201、通过摄像装置获取用于构建点云查找表的扫描图片。

本申请实施例中，在构建点云查找表时，可以先以一个物体为目标，通过投影装置向该物体投射条纹图，然后再通过摄像装置获取物体对该条纹图进行调制得到的变形条纹图，则通过摄像装置获取的用于构建点云查找表的扫描图片即为该变形条纹图。

S202、获取摄像装置对应的摄像装置校准矩阵和投影装置对应的投影装置校准矩阵。

本申请实施例中，摄像装置对应的摄像装置校准矩阵和投影装置对应的投影装置校准矩阵为预先存储好的，可以直接获取并使用的。

S203、计算扫描图片上每个坐标点对应的极线方程。

本申请实施例中，根据对极几何可知，对于每一个坐标为 (x^c, y^c) 的点来说，都有唯一一条极线与之对应，则坐标为 (x^c, y^c) 的点对应的极线

方程的表示公式为：

$$ax^p + by^p + c = 0 ;$$

其中 a、b、c 为极线方程的直线系数。该直线系数可以由摄像装置校准矩阵和投影装置校准矩阵计算得到。

S204、根据摄像装置校准矩阵、投影装置校准矩阵和每个坐标点对应的极线方程构建点云查找表。

在上述实现过程中，在计算目标物体的三维点云数据之前，需要预先构建点云查找表，在构建点云查找表时，先根据摄像装置获取的扫描图片，计算该扫描图片上每个坐标点对应的极线方程，最后再根据获取到的摄像装置校准矩阵、投影装置校准矩阵和每个坐标点对应的极线方程构建点云查找表，在构建了点云查找表之后，就可以根据该点云查找表重建任意物体的三维点云数据。

本申请实施例中，摄像装置校准矩阵是描述摄像装置捕捉回的图片上的点与真实三维空间上的点的对应关系的参数矩阵，投影装置校准矩阵是描述投影装置投射的图像上的点与真实三维空间上的点的对应关系的参数矩阵。

本申请实施例中，摄像装置校准矩阵和投影装置校准矩阵均可以为 3×4 矩阵，为预先存储好的，是预先已知的两个矩阵。设摄像装置扫描到的图片上点的坐标为 (x^c, y^c) ，点 (x^c, y^c) 对应的三维坐标为 (X^w, Y^w, Z^w) ，投影装置投射的图像上点的坐标为 (x^p, y^p) ，则 (x^c, y^c) 与 (X^w, Y^w, Z^w) 之间的变换方程为：

$$\begin{aligned} x^c &= \frac{m_{11}^{wc} X^w + m_{12}^{wc} Y^w + m_{13}^{wc} Z^w + m_{14}^{wc}}{m_{31}^{wc} X^w + m_{32}^{wc} Y^w + m_{33}^{wc} Z^w + m_{34}^{wc}} \\ y^c &= \frac{m_{21}^{wc} X^w + m_{22}^{wc} Y^w + m_{23}^{wc} Z^w + m_{24}^{wc}}{m_{31}^{wc} X^w + m_{32}^{wc} Y^w + m_{33}^{wc} Z^w + m_{34}^{wc}} ; \end{aligned}$$

$$\text{其中, } M_{wc} = \begin{bmatrix} m_{11}^{wc} & m_{12}^{wc} & m_{13}^{wc} & m_{14}^{wc} \\ m_{21}^{wc} & m_{22}^{wc} & m_{23}^{wc} & m_{24}^{wc} \\ m_{31}^{wc} & m_{32}^{wc} & m_{33}^{wc} & m_{34}^{wc} \end{bmatrix}, M_{wc} \text{ 是摄像装置校准矩阵；}$$

(x^p, y^p) 与 (X^w, Y^w, Z^w) 之间的转换公式以如下形式给出：

$$x^p = \frac{m_{11}^{wp} X^w + m_{12}^{wp} Y^w + m_{13}^{wp} Z^w + m_{14}^{wp}}{m_{31}^{wp} X^w + m_{32}^{wp} Y^w + m_{33}^{wp} Z^w + m_{34}^{wp}}$$

$$y^p = \frac{m_{21}^{wp} X^w + m_{22}^{wp} Y^w + m_{23}^{wp} Z^w + m_{24}^{wp}}{m_{31}^{wp} X^w + m_{32}^{wp} Y^w + m_{33}^{wp} Z^w + m_{34}^{wp}} ;$$

其中， $M_{wp} = \begin{bmatrix} m_{11}^{wp} & m_{12}^{wp} & m_{13}^{wp} & m_{14}^{wp} \\ m_{21}^{wp} & m_{22}^{wp} & m_{23}^{wp} & m_{24}^{wp} \\ m_{31}^{wp} & m_{32}^{wp} & m_{33}^{wp} & m_{34}^{wp} \end{bmatrix}$ ， M_{wp} 是投影装置校准矩阵。

本申请实施例中，点云查找表的计算公式为：

$$\begin{pmatrix} X^w x^p \\ Y^w x^p \\ Z^w x^p \\ X^w y^p \\ Y^w y^p \\ Z^w y^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^p & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x^p & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x^p & Z^w & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 \\ 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & Z^w & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_0^w \\ Y_0^w \\ Z_0^w \\ x_0^p \\ A^{x^p} - X_0^w x_0^p \\ B^{x^p} - Y_0^w x_0^p \\ C^{x^p} - Z_0^w x_0^p \\ y_0^p \\ A^{y^p} - X_0^w y_0^p \\ B^{y^p} - Y_0^w y_0^p \\ C^{y^p} - Z_0^w y_0^p \end{pmatrix} ;$$

其中， X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 、 C^{x^p} 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 均为点云查找变量， $(X^w, Y^w, Z^w)^T$ 是变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点的三维坐标的转置， (x^p, y^p) 是投影空间坐标， W^p 是投影装置投影的水平分辨率， H^p 是投影装置投影的垂直分辨率。

在上述实现过程中，在计算目标物体三维点云数据时，可以根据点云查找表确定出变形条纹图中各个点的二维坐标对应的点云查找变量的值。

本申请实施例中，根据上述点云查找表的计算公式，可以构建关于点云查找变量的十一个子查找表，分别为 X_0^w 子查找表、 Y_0^w 子查找表、 Z_0^w 子查找表、 x_0^p 子查找表、 y_0^p 子查找表、 A^{x^p} 子查找表、 B^{x^p} 子查找表、 C^{x^p} 子查找表、 A^{y^p} 子查找表、 B^{y^p} 子查找表和 C^{y^p} 子查找表。

S205、通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图。

作为一种可选的实施方式，可以通过投影装置采用正弦模式沿水平和垂直两个方向将预设条纹图投射至目标物体，然后再通过摄像装置捕获目

标物体对该预设条纹图调制的变形条纹图，得到的变形条纹图的表示公式为：

$$\begin{cases} I_n^x = A^x + B^x \cos\left(\phi^x - \frac{2\pi n}{N}\right) \\ I_n^y = A^y + B^y \cos\left(\phi^y - \frac{2\pi n}{N}\right) \end{cases};$$

其中， I_n^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向扫描的图像亮度， I_n^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向扫描的图像亮度， A^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向的调制分量， A^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向的调制分量， ϕ^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平相位， ϕ^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直相位， n 表示变形条纹图的序号索引， N 表示变形条纹图的总数量。

在上述实现过程中，在得到变形条纹图之后，可以得到该变形条纹图的表示公式，进而有利于相位信息的计算。

在步骤 S205 之后，还包括以下步骤：

S206、获取变形条纹图，并计算变形条纹图的相位信息。

本申请实施例中，相位信息包括 ϕ^x 和 ϕ^y 。对于每一个坐标为 (x^c, y^c) 的点，其对应的 ϕ^x 和 ϕ^y 的计算公式为：

$$\begin{cases} \phi^x = \pi + \operatorname{atan} 2\left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \\ \phi^y = \pi + \operatorname{atan} 2\left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \end{cases};$$

在上述实现过程中，可以根据变形条纹图计算出相应的相位信息，该相位信息包括变形条纹图上每个坐标为 (x^c, y^c) 的点对应的相位信息。其中， ϕ^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平相位， ϕ^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直相位， n 表示变形条纹图的序号索引， N 表示变形条纹图的总数量， I_n^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向扫描的图像亮度， I_n^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向扫描的图像亮度。

本申请实施例中，在得到变形条纹图之后，则可以根据变形条纹图确

定出变形条纹图上各个点的坐标 (x^c, y^c) 。

S207、根据相位信息计算投影空间坐标，并根据变形条纹图中各个点的二维坐标和预先构建的点云查找表，确定每个二维坐标对应的点云查找变量。

本申请实施例中，根据相位信息计算投影空间坐标的计算公式为：

$$(x^p, y^p) = \left(\frac{\phi^x W^p}{2\pi}, \frac{\phi^y H^p}{2\pi} \right);$$

其中， (x^p, y^p) 为投影空间坐标， ϕ^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平相位， ϕ^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直相位， W^p 是投影装置投影的水平分辨率， H^p 是投影装置投影的垂直分辨率。

本申请实施例中，点云查找表包括十一个子查找表，点云查找表包括 X_0^w 子查找表、 Y_0^w 子查找表、 Z_0^w 子查找表、 x_0^p 子查找表、 y_0^p 子查找表、 A^{x^p} 子查找表、 B^{x^p} 子查找表、 C^{x^p} 子查找表、 A^{y^p} 子查找表、 B^{y^p} 子查找表和 C^{y^p} 子查找表。当需要确定二维坐标 (x^c, y^c) 对应的点云查找变量包括 X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 、 C^{x^p} 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 。

举例来说，当二维坐标 $(x^c, y^c) = (2, 7)$ ，确定 X_0^w 的值时，则在 X_0^w 子查找表中确定出 $(2, 7)$ 对应的值，即为二维坐标 $(2, 7)$ 对应的 X_0^w 的值。在实际应用中， X_0^w 子查找表相当于一个 X_0^w 的值的矩阵，在确定二维坐标 $(2, 7)$ 对应的 X_0^w 的值的时侯，在 X_0^w 的值的矩阵中确定出第 2 行第 7 列的值，即为二维坐标 $(2, 7)$ 对应的 X_0^w 的值，其他点云查找变量的值同理可得。

在步骤 S207 之后，还包括以下步骤：

S208、根据每个二维坐标对应的点云查找变量和投影空间坐标计算每个二维坐标对应的三维坐标。

本申请实施例中，变形条纹图的获取可以通过摄像装置扫描获得，其扫描方向可以为水平扫描、垂直扫描、水平和垂直两个方向扫描等，对此本申请实施例不作限定。

本申请实施例中，当摄像装置通过水平和垂直两个方向扫描的方式获

取变形条纹图时，则计算每个二维坐标对应的三维坐标 $(X^w, Y^w, Z^w)^T$ 的计算公式（三维坐标计算公式 1）为：

$$\begin{cases} X^w = \frac{A^{x^p}(x^p - x_0^p) + A^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + X_0^w \\ Y^w = \frac{B^{x^p}(x^p - x_0^p) + B^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Y_0^w \\ Z^w = \frac{C^{x^p}(x^p - x_0^p) + C^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Z_0^w \end{cases};$$

其中， X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 、 C^{x^p} 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 均为点云查找变量， (x^p, y^p) 是投影空间坐标。

作为一种可选的实施方式，当摄像装置通过垂直方向扫描的方式获取变形条纹图时，则上述三维坐标计算公式 1 中， $y^p - y_0^p = 0$ ，进而可得垂直方向扫描的三维坐标的计算公式（三维坐标计算公式 2）为：

$$\begin{cases} X^w = \frac{A^{x^p}}{(x^p - x_0^p)} + X_0^w \\ Y^w = \frac{B^{x^p}}{(x^p - x_0^p)} + Y_0^w \\ Z^w = \frac{C^{x^p}}{(x^p - x_0^p)} + Z_0^w \end{cases};$$

其中， X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 和 C^{x^p} 均为点云查找变量， (x^p, y^p) 是投影空间坐标。

作为一种可选的实施方式，当摄像装置通过水平方向扫描的方式获取变形条纹图时，则上述三维坐标计算公式 1 中， $x^p - x_0^p = 0$ ，则可得水平方向扫描的三维坐标的计算公式（三维坐标计算公式 3）为：

$$\begin{cases} X^w = \frac{A^{y^p}}{(y^p - y_0^p)} + X_0^w \\ Y^w = \frac{B^{y^p}}{(y^p - y_0^p)} + Y_0^w \\ Z^w = \frac{C^{y^p}}{(y^p - y_0^p)} + Z_0^w \end{cases};$$

其中， X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 均为点云查找变量， (x^p, y^p) 是投影空间坐标。

在步骤 S208 之后，还包括以下步骤：

S209、根据所有二维坐标对应的三维坐标，得到目标物体的三维点云数据。

在上述实现过程中，在计算目标物体的三维点云数据时，先根据相位信息计算投影空间坐标并根据变形条纹图中各个点的二维坐标，确定每个所述二维坐标对应的点云查找变量，最后，再根据每个所述二维坐标对应的点云查找变量和投影空间坐标计算出每个二维坐标对应的三维坐标，进而得到目标物体的三维点云数据。

本申请实施例中，实施上述步骤 S207~步骤 S209，能够根据相位信息和预先构建的点云查找表，计算目标物体的三维点云数据。

可见，实施图 3 所描述的实时双向结构光三维成像方法，能够提升三维点云数据的计算效率，计算精确度高。

请参看图 4，图 4 为本申请实施例提供的一种实时双向结构光三维成像装置的结构示意框图。如图 4 所示，该实时双向结构光三维成像装置包括：

投影模块 310，用于通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图。

本申请实施例中，变形条纹图的表示公式为：

$$\begin{cases} I_n^x = A^x + B^x \cos\left(\phi^x - \frac{2\pi n}{N}\right) \\ I_n^y = A^y + B^y \cos\left(\phi^y - \frac{2\pi n}{N}\right) \end{cases};$$

其中， I_n^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向扫描的图像亮度， I_n^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向扫描的图像亮度， A^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向的调制分量， A^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向的调制分量， ϕ^x 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平相位， ϕ^y 表示变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直相位， n 表示变形条纹图的序号索引， N 表示变形条纹图的总数量。

第一获取模块 320，用于获取变形条纹图，并计算变形条纹图的相位信息。

本申请实施例中，相位信息包括 ϕ^x 和 ϕ^y ；

计算 Φ^x 和 Φ^y 的计算公式为：

$$\begin{cases} \phi^x = \pi + \operatorname{atan} 2 \left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \sin \left(\frac{2\pi n}{N} \right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \cos \left(\frac{2\pi n}{N} \right) \right) \\ \phi^y = \pi + \operatorname{atan} 2 \left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \sin \left(\frac{2\pi n}{N} \right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \cos \left(\frac{2\pi n}{N} \right) \right) \end{cases}。$$

计算模块 330, 用于根据相位信息和预先构建的点云查找表, 计算目标物体的三维点云数据。

在上述实现过程中, 投影模块先通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上, 以产生调制后的变形条纹图, 然后第一获取模块再获取该变形条纹图, 并根据该变形条纹图计算出相应的相位信息, 在计算出相位信息之后, 计算模块通过预先构建的点云查找表, 计算出三维点云数据, 能够提升三维点云数据的计算效率, 计算精确度高。

作为一种可选的实施方式, 请参阅图 5, 图 5 是本申请实施例提供的另一种实时双向结构光三维成像装置的结构示意图。其中, 图 5 所示的实时双向结构光三维成像装置是由图 6 所示的实时双向结构光三维成像装置进行优化得到的, 如图 5 所示, 该实时双向结构光三维成像装置还包括：

第二获取模块 340, 用于在通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上, 以产生调制后的变形条纹图之前, 通过摄像装置获取用于构建点云查找表的扫描图片。

第三获取模块 350, 用于获取摄像装置对应的摄像装置校准矩阵和投影装置对应的投影装置校准矩阵。

方程计算模块 360, 用于计算扫描图片上每个坐标点对应的极线方程。

构建模块 370, 用于根据摄像装置校准矩阵、投影装置校准矩阵和每个坐标点对应的极线方程构建点云查找表。

作为一种可选的实施方式, 计算模块 330 包括：

坐标计算子模块 331, 用于根据相位信息计算投影空间坐标。

变量确定子模块 332, 用于根据变形条纹图中各个点的二维坐标和预先构建的点云查找表, 确定每个二维坐标对应的点云查找变量。

坐标计算子模块 331, 还用于根据每个二维坐标对应的点云查找变量和投影空间坐标计算每个二维坐标对应的三维坐标。

点云计算子模块 333, 用于根据所有二维坐标对应的三维坐标, 得到目

标物体的三维点云数据。

本申请实施例中，点云查找表的计算公式为：

$$\begin{pmatrix} X^w x^p \\ Y^w x^p \\ Z^w x^p \\ X^w y^p \\ Y^w y^p \\ Z^w y^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^p & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x^p & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x^p & Z^w & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 \\ 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & Z^w & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_0^w \\ Y_0^w \\ Z_0^w \\ x_0^p \\ A^{x^p} - X_0^w x_0^p \\ B^{x^p} - Y_0^w x_0^p \\ C^{x^p} - Z_0^w x_0^p \\ y_0^p \\ A^{y^p} - X_0^w y_0^p \\ B^{y^p} - Y_0^w y_0^p \\ C^{y^p} - Z_0^w y_0^p \end{pmatrix};$$

其中， X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 、 C^{x^p} 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 均为点云查找变量， $(X^w, Y^w, Z^w)^T$ 是变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点的三维坐标的转置， (x^p, y^p) 是投影空间坐标， W^p 是投影装置投影的水平分辨率， H^p 是投影装置投影的垂直分辨率。

本申请实施例中，计算每个二维坐标对应的三维坐标的计算公式为：

$$\begin{cases} X^w = \frac{A^{x^p}(x^p - x_0^p) + A^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + X_0^w \\ Y^w = \frac{B^{x^p}(x^p - x_0^p) + B^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Y_0^w \\ Z^w = \frac{C^{x^p}(x^p - x_0^p) + C^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Z_0^w \end{cases}。$$

在上述实现过程中，当要计算变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点对应的三维坐标时，先计算投影空间坐标 (x^p, y^p) ，再根据查找表确定出 (x^c, y^c) 对应的点云查找变量，最后将投影空间坐标 (x^p, y^p) 和点云查找变量的值代入到上述三维坐标的计算公式中，进而可以计算出 (x^c, y^c) 对应的三维坐标 (X^w, Y^w, Z^w) ，同理可得变形条纹图上所有点的三维坐标，进而得到目标物体的三维构建数据。

可见，实施本实施例描述的实时双向结构光三维成像装置，实现了能够提升三维点云数据的计算效率，计算精确度高。

此外，本申请还提供了一种计算机设备。该计算机设备包括存储器和

处理器，存储器可用于存储计算机程序，处理器通过运行计算机程序，从而使该计算机设备执行上述方法或者上述实时双向结构光三维成像装置中的各个模块的功能。

存储器可包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序（比如声音播放功能、图像播放功能等）等；存储数据区可存储根据移动终端的使用所创建的数据（比如音频数据、电话本等）等。此外，存储器可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

本实施例还提供了一种计算机存储介质，用于储存上述计算机设备中使用的计算机程序。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，附图中的流程图和框图显示了根据本申请的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分，所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现方式中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个连续的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

另外，在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分，也可以是各个模块单独存在，也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储

介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请的保护范围，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

工业实用性

本申请提供了一种实时双向结构光三维成像方法及装置，能够提升三维点云数据的计算效率，具有计算精确度高的优点。

权利要求书

1.一种三维重建方法，其特征在于，包括：

通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图；

获取所述变形条纹图，并计算所述变形条纹图的相位信息；

根据所述相位信息和预先构建的点云查找表，计算所述目标物体的三维点云数据。

2.根据权利要求1所述的三维重建方法，其特征在于，所述变形条纹图的表示公式为：

$$\begin{cases} I_n^x = A^x + B^x \cos\left(\phi^x - \frac{2\pi n}{N}\right) \\ I_n^y = A^y + B^y \cos\left(\phi^y - \frac{2\pi n}{N}\right) \end{cases};$$

其中， I_n^x 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向扫描的图像亮度， I_n^y 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向扫描的图像亮度， A^x 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平方向的调制分量， A^y 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直方向的调制分量， ϕ^x 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的水平相位， ϕ^y 表示所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点处的垂直相位， n 表示所述变形条纹图的序号索引， N 表示所述变形条纹图的总数量。

3.根据权利要求1或2所述的三维重建方法，其特征在于，所述相位信息包括 ϕ^x 和 ϕ^y ；

计算 ϕ^x 和 ϕ^y 的计算公式为：

$$\begin{cases} \phi^x = \pi + \arctan 2\left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^x \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \\ \phi^y = \pi + \arctan 2\left(\sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right), \sum_{n=0}^{N-1} I_n^y \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \end{cases}.$$

4.根据权利要求1至3中任一项所述的三维重建方法，其特征在于，在所述通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上，以产生调制后的变形条纹图之前，还包括：

通过摄像装置获取用于构建点云查找表的扫描图片；

获取所述摄像装置对应的摄像装置校准矩阵和所述投影装置对应的投影装置校准矩阵；

计算所述扫描图片上每个坐标点对应的极线方程；

根据所述摄像装置校准矩阵、所述投影装置校准矩阵和所述每个坐标点对应的极线方程构建所述点云查找表。

5. 根据权利要求 4 所述的三维重建方法，其特征在于，当所述预设条纹图是水平方向变化的时，则所述摄像装置和投影装置需要满足对左右关系；当所述预设条纹图是垂直变化的时，则所述摄像装置和投影装置需要满足对上下关系。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的三维重建方法，其特征在于，所述摄像装置的扫描方向包括水平扫描、垂直扫描、水平和垂直两个方向扫描。

7. 根据权利要求 4 至 6 中任一项所述的三维重建方法，其特征在于，所述摄像装置的扫描模式包括正弦波、直线、灰度码。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的三维重建方法，其特征在于，所述根据所述相位信息和预先构建的点云查找表，计算所述目标物体的三维点云数据，包括：

根据所述相位信息计算投影空间坐标，并根据所述变形条纹图中各个点的二维坐标和预先构建的点云查找表，确定每个所述二维坐标对应的点云查找变量；

根据每个所述二维坐标对应的所述点云查找变量和所述投影空间坐标计算每个所述二维坐标对应的三维坐标；

根据所有所述二维坐标对应的三维坐标，得到所述目标物体的三维点云数据。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的三维重建方法，其特征在于，所述点云查找表的计算公式为：

$$\begin{pmatrix} X^w x^p \\ Y^w x^p \\ Z^w x^p \\ X^w y^p \\ Y^w y^p \\ Z^w y^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^p & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x^p & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x^p & Z^w & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X^w & 1 & 0 & 0 \\ 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Y^w & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & y^p & 0 & 0 & 0 & 0 & Z^w & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_0^w \\ Y_0^w \\ Z_0^w \\ x_0^p \\ A^{x^p} - X_0^w x_0^p \\ B^{x^p} - Y_0^w x_0^p \\ C^{x^p} - Z_0^w x_0^p \\ y_0^p \\ A^{y^p} - X_0^w y_0^p \\ B^{y^p} - Y_0^w y_0^p \\ C^{y^p} - Z_0^w y_0^p \end{pmatrix};$$

其中, X_0^w 、 Y_0^w 、 Z_0^w 、 x_0^p 、 y_0^p 、 A^{x^p} 、 B^{x^p} 、 C^{x^p} 、 A^{y^p} 、 B^{y^p} 和 C^{y^p} 均为所述点云查找变量, $(X^w, Y^w, Z^w)^T$ 是所述变形条纹图上坐标为 (x^c, y^c) 的点的三维坐标的转置, (x^p, y^p) 是所述投影空间坐标, W^p 是所述投影装置投影的水平分辨率, H^p 是所述投影装置投影的垂直分辨率。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的三维重建方法, 其特征在于, 所述计算每个所述二维坐标对应的三维坐标的计算公式为:

$$\begin{cases} X^w = \frac{A^{x^p}(x^p - x_0^p) + A^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + X_0^w \\ Y^w = \frac{B^{x^p}(x^p - x_0^p) + B^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Y_0^w \\ Z^w = \frac{C^{x^p}(x^p - x_0^p) + C^{y^p}(y^p - y_0^p)}{(x^p - x_0^p)^2 + (y^p - y_0^p)^2} + Z_0^w \end{cases}.$$

11. 根据权利要求 1 至 10 中任一项所述的三维重建方法, 其特征在于, 所述预设条纹图是灰度图像, 包括不同相位的正弦条纹图。

12. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的三维重建方法, 其特征在于, 所述三维点云数据包括目标物体的三维点云坐标。

13. 一种三维重建装置, 其特征在于, 包括:

投影模块, 用于通过投影装置将预设条纹图投射到目标物体上, 以产生调制后的变形条纹图;

第一获取模块, 用于获取所述变形条纹图, 并计算所述变形条纹图的相位信息;

计算模块, 用于根据所述相位信息和预先构建的点云查找表, 计算所

述目标物体的三维点云数据。

14.一种计算机设备，其特征在于，包括存储器以及处理器，所述存储器用于存储计算机程序，所述处理器运行所述计算机程序以使所述计算机设备执行权利要求 1 至 12 中任一项所述的三维重建方法。

15.一种计算机可读存储介质，其特征在于，其存储有用于实现权利要求 1 至 12 中任一项所述的三维重建方法时所使用的计算机程序。

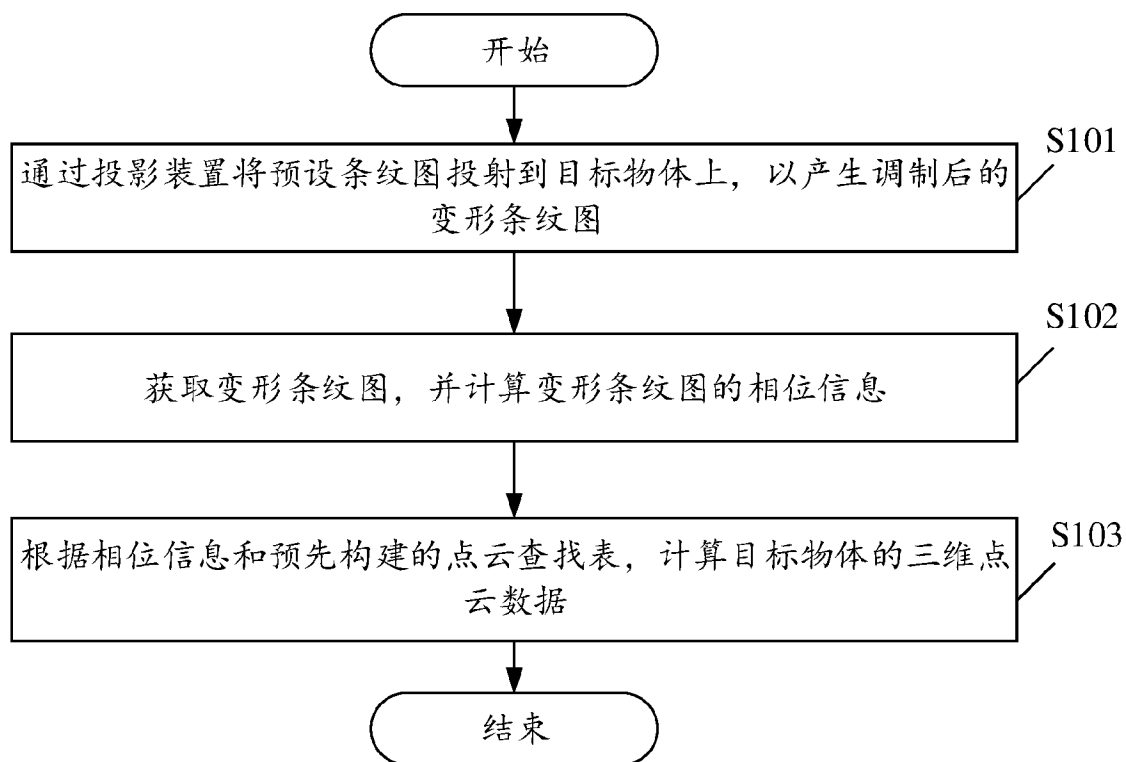


图 1

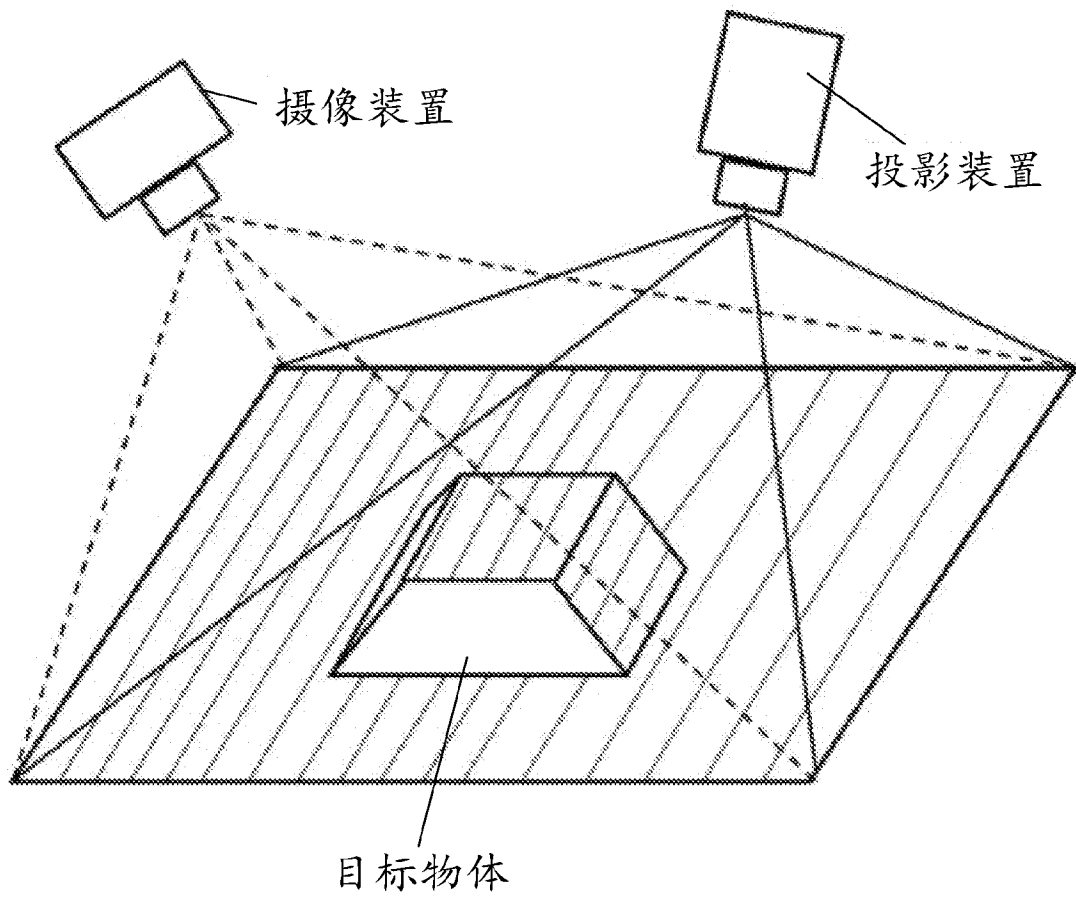


图 2

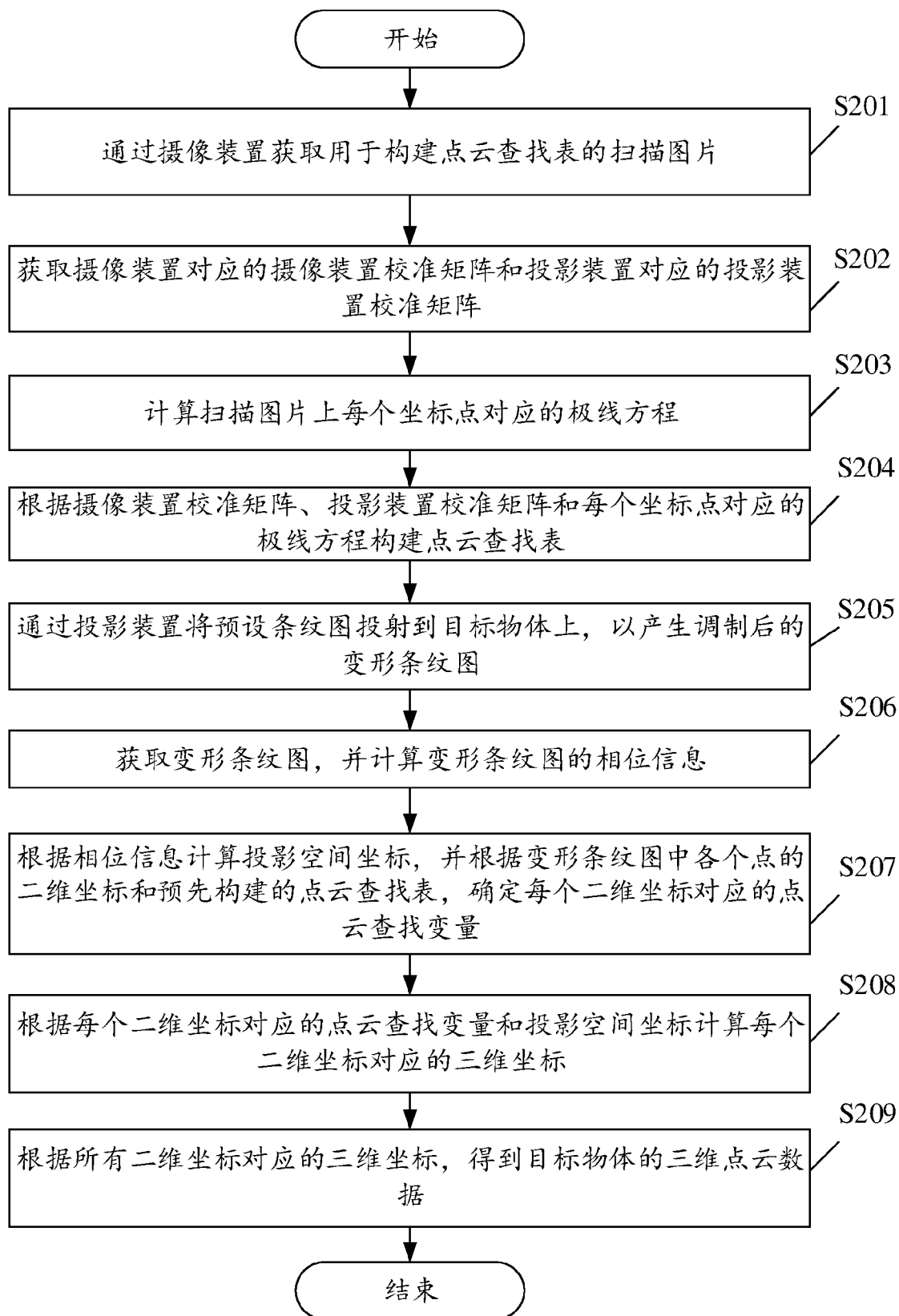


图 3

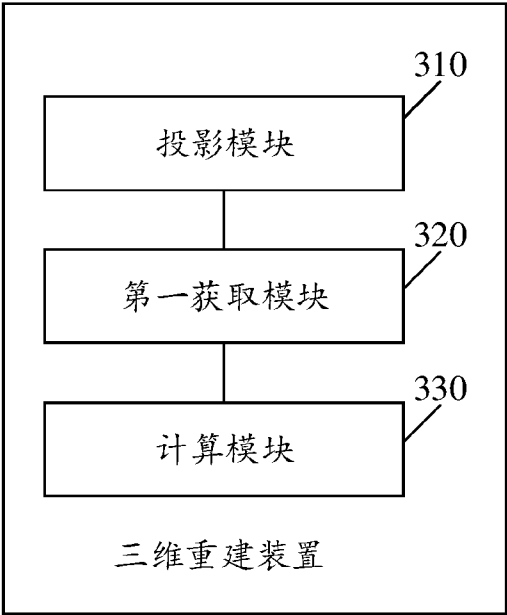


图 4

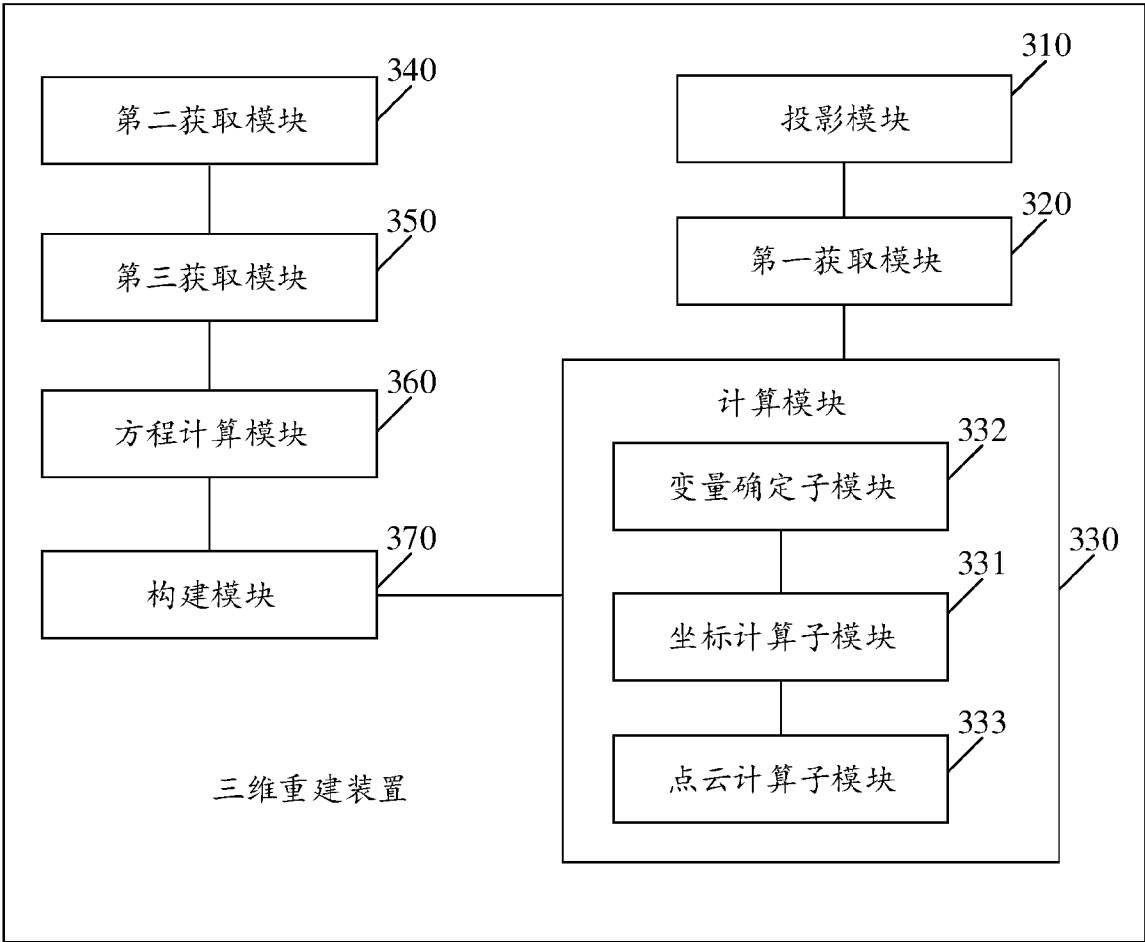


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/098911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/24(2006.01)i; G06T 17/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B; G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; 万方; WANFANG; 超星; SUPERSTAR; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; IEEE: 四川大学, 查找表, 相位, 查询, 点云, 二维坐标, 条纹, 分辨率, 三维, 变量, 投影, three-dimensional, point, cloud, phase, scan, image, lookup, query, fringe pattern

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106767533 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs [0054]-[0129], and figures 1-8	1-3, 11-15
X	CN 105953746 A (XI'AN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY) 21 September 2016 (2016-09-21) description, paragraphs [0026]-[0061]	1-3, 11-15
X	CN 106257995 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 28 December 2016 (2016-12-28) description, paragraphs [0041]-[0091]	1-3, 11-15
A	KR 20170119524 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH) 27 October 2017 (2017-10-27) entire document	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 February 2020

Date of mailing of the international search report

27 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/098911

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106767533	A	31 May 2017	CN	106767533	B	05 July 2019
CN	105953746	A	21 September 2016	CN	105953746	B	14 December 2018
CN	106257995	A	28 December 2016	WO	2018018363	A1	01 February 2018
				CN	106257995	B	07 June 2019
KR	20170119524	A	27 October 2017	KR	101827847	B1	09 February 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/098911

A. 主题的分类

G01B 11/24(2006.01)i; G06T 17/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01B; G06T

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;万方;超星;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;IEEE;四川大学, 查找表, 相位, 查询, 点云, 二维坐标, 条纹, 分辨率, 三维, 变量, 投影, three-dimensional, point, cloud, phase, scan, image, lookup, query, fringe pattern

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 106767533 A (深圳大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0054]-[0129]段, 附图1-8	1-3、11-15
X	CN 105953746 A (西安工业大学) 2016年 9月 21日 (2016 - 09 - 21) 说明书第[0026]-[0061]段	1-3、11-15
X	CN 106257995 A (深圳大学) 2016年 12月 28日 (2016 - 12 - 28) 说明书第[0041]-[0091]段	1-3、11-15
A	KR 20170119524 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH) 2017年 10月 27日 (2017 - 10 - 27) 全文	1-15

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 2月 26日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

周群

电话号码 86-(0512)-88997268

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/098911

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106767533	A	2017年 5月 31日	CN	106767533	B	2019年 7月 5日
CN	105953746	A	2016年 9月 21日	CN	105953746	B	2018年 12月 14日
CN	106257995	A	2016年 12月 28日	W0	2018018363	A1	2018年 2月 1日
				CN	106257995	B	2019年 6月 7日
KR	20170119524	A	2017年 10月 27日	KR	101827847	B1	2018年 2月 9日