

(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
2019 年 10 月 17 日 (17.10.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/196001 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01B 11/25 (2006.01) **G01B 11/22** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/082441
- (22) 国际申请日: 2018 年 4 月 10 日 (10.04.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳市汇顶科技股份有限公司 (SHENZHEN GOODIX TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区腾飞工业大厦B座13层, Guangdong 518045 (CN)。
- (72) 发明人: 杨孟达 (YANG, Meng-Ta); 中国广东省深圳市福田区腾飞工业大厦B座13层, Guangdong 518045 (CN)。
- (74) 代理人: 上海晨皓知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHANGHAI CHENHAO INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM GENERAL PARTNERSHIP); 中国上海市黄浦区制造局路787号二幢202B室, Shanghai 200011 (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,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL IMAGE RANGING SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称: 三维影像测距系统及方法

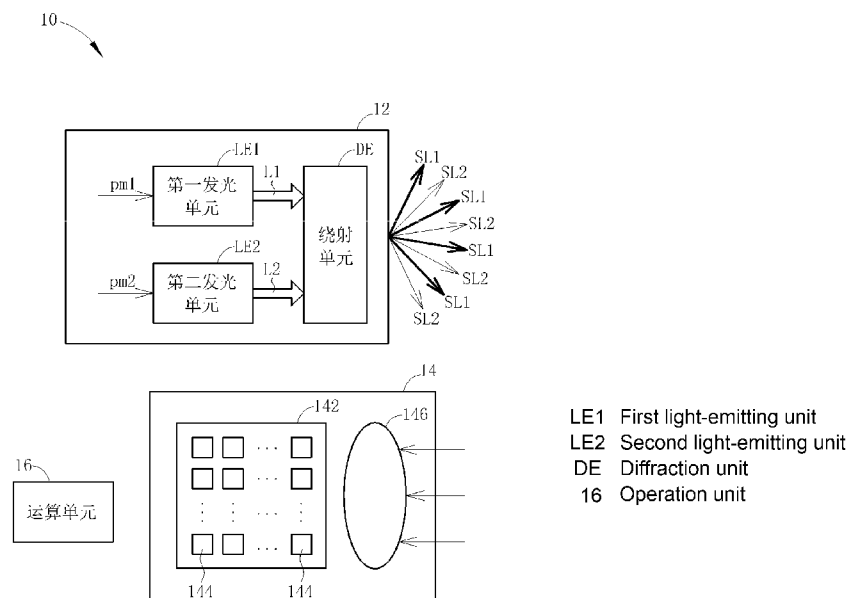


图2

(57) Abstract: A three-dimensional image ranging system (10), comprising a light-emitting module (12), a photosensitive pixel array (142) and an operation unit (16). The light-emitting module transmits a first structured light in a first time and transmits a second structured light in a second time, wherein the structured light phase difference between the first structured light and the second structured light is an odd multiple of $\pi/2$. The photosensitive pixel array generates a first image (P1) in the first time and generates a second image (P2) in the second time. The operation unit is used for generating an in-phase image (I) related to the first structured light and an

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (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))。

orthogonal image (Q) related to the second structured light according to the first image and the second image, and generating a depth image (DP) corresponding to a target object according to the in-phase image and the orthogonal image.

(57) 摘要: 一种三维影像测距系统 (10), 包括发光模块 (12)、感光像素阵列 (142) 及运算单元 (16)。所述发光模块于第一时间中发射第一结构光, 并于第二时间中发射第二结构光, 其中所述第一结构光与所述第二结构光之间的结构光相位差为 $\pi/2$ 的奇数倍。所述感光像素阵列于所述第一时间产生第一影像 (P1), 并于所述第二时间产生第二影像 (P2)。运算单元用来根据所述第一影像及所述第二影像, 产生相关于所述第一结构光的同相影像 (I) 及相关于所述第二结构光的正交影像 (Q), 以及根据所述同相影像及所述正交影像, 产生对应于目标物件的深度影像 (DP)。

三维影像测距系统及方法

技术领域

本申请涉及一种三维影像测距系统及方法，尤其涉及一种可计算结构光的精细位置的三维影像测距系统及方法。

背景技术

随着科学与技术的飞速发展，物体三维信息的获取在很多应用领域都有着广泛的应用前景，如生产自动化、人机交互、医学诊断、逆向工程、数字化建模等。其中，结构光三维测量法作为一种非接触式的三维信息获取技术，因其实现简单、速度快和精度高等优点得到了广泛应用。

结构光三维测量法的基本思想是利用结构光投影的几何关系来获得物体的三维信息。首先通过投影设备将编码的结构光模版投射到待测物体上，并使用摄像机记录下投影图像，将所拍图像与所投影的结构光模版进行匹配，找到匹配点后，利用投影点、匹配点及物体的三角关系求解目标物体的三维信息。

然而，现有结构光三维测量系统在计算物体于所拍摄图像的坐标位置不够精细，而限制其三维信息的精准度。因此，现有技术实有改进的必要。

发明内容

因此，本申请部分实施例的目的即在于提供一种可计算结构光的精细位置的三维影像测距系统及方法，以改善现有技术的缺点。

为了解决上述技术问题，本申请实施例提供了一种三维影像测距系统，包括发光模块，包括绕射单元；第一发光单元，用于于第一时间中发射第一光至所述绕射单元，所述绕射单元于所述第一时间中对所述第一光形成绕射作用而产生第一结构光；第二发光单元，用于于第二时间中发射第二光至所述绕射单元，所述绕射单元于所述第二时间中对所述第二光形成绕射作用而产生第二结构光，其中所述第一结构光与所述第二结构光之间的结构光相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍；感光像素阵列，用于于所述第一时间接收对应于所述第一结构光的反射光，以产生第一影像，并于所述第二时间接收对应于所述第二结构光的反射光，以产生第二影像；运算单元，耦接于所述感光像素阵列，用来执行以下步骤：根据所述第一影像及所述第二影像，产生相关于所述第一结构光的同相影像及相关于所述第二结构光的正交影像；以及根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于目标物件的深度影像。

例如，所述绕射单元包括第一绕射子单元及第二绕射子单元，所述第一绕射子单元于所述第一时间中对所述第一光形成绕射作用而产生所述第一结构光，所述第二绕射子单元于所述第二时间中对所述第二光形成绕射作用而产生所述第二结构光。

例如，所述第一发光单元接收第一脉冲信号并根据所述第一脉冲信号发射出所述第一光，所述第二发光单元接收第二脉冲信号并根据所述第二脉冲信号发射出所述第二光。

例如，所述第一脉冲信号及所述第二脉冲信号的占空比小于特定占空比，所述第一发光单元及所述第二发光单元的发光功率大于特定功率。

例如，所述第一发光单元所发射的所述第一光相对于所述绕射单元具有第一入射角，所述第二发光单元所发射的所述第二光相对于所述绕射单元具有第二入射角，所述第一入射角与所述第二入射角不同，而使得所述第一结构光与所述第二结构光之间的所述结构光相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍。

例如，所述感光像素阵列包括多个感光像素电路，多个感光像素电路中一第一感光像素电路包括感光元件；第一光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：第一传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第一传输闸于所述第一时间导通；第一输出晶体管，耦接于所述第一传输闸；以及第一读取晶体管，耦接于所述第一输出晶体管，用来输出第一输出信号；以及第二光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：第二传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第二传输闸于所述第二时间导通；第二输出晶体管，耦接于所述第二传输闸；以及第二读取晶体管，耦接于所述第二输出晶体管，用来输出第二输出信号；其中，所述第一影像中对应于所述第一感光像素电路的一第一像素值为所述第一输出信号，所述第二影像中对应于所述第一感光像素电路的一第二像素值为所

述第二输出信号；其中，所述同相影像中对应于所述第一感光像素电路的第一同相像素值相关于所述第一输出信号，所述正交影像中对应于所述第一感光像素电路的第一正交像素值相关于所述第二输出信号。

例如，所述第一感光像素电路还包括：第三光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：第三传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第三传输闸于第三时间导通，于所述第三时间中，所述第一发光单元及所述第二发光单元皆不发光；第三输出晶体管，耦接于所述第三传输闸；以及第三读取晶体管，耦接于所述第三输出晶体管，用来输出第三输出信号；其中，所述同相影像中对应于所述第一感光像素电路的所述第一同相像素值相关于所述第一输出信号减去所述第三输出信号，所述正交影像中对应于所述第一感光像素电路的所述第一正交像素值相关于所述第二输出信号减去所述第三输出信号；其中，所述多个感光像素电路所输出的多个第三输出信号形成第三影像。

例如，所述第一感光像素电路还包括第四光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：第四传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第四传输闸于第四时间导通，所述第一时间与所述第四时间相隔时间间隔；第四输出晶体管，耦接于所述第四传输闸；以及第四读取晶体管，耦接于所述第四输出晶体管，用来输出第四输出信号；其中，所述同相影像中对应于所述第一感光像素电路的所述第一同相像素值相关于所述第一输出信号及第四输出信号；其中，所述多个感光像素电路所输出的多个第四输出信号形成第四影像；其中，所述运算单元根据所述第一影像及所述第四影像，取得对应于所述目标物件的飞时距离。

例如，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：根据所述同相影像及所述正交影像，产生相位影像，其中所述相位影像代表所述第一结构光所形成的所述同相影像与所述第二结构光所形成的所述正交影像之间的影像相位；根据所述相位影像，产生对应于第一相位角度的第一光条纹影像，其中所述第一光条纹影像纪录所述影像相位为所述第一相位角度的坐标位置；以及根据所述第一光条纹影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

例如，所述第一相位角度为 0。

例如，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述相位影像，产生对应于所述第一相位角度的所述第一光条纹影像：取得所述相位影像中位于第一像素坐标位置的第一相位影像像素值，并取得所述相位影像中位于第二像素坐标位置的第二相位影像像素值，其中所述第一像素坐标位置于第一维度直接相邻于所述第二像素坐标位置；判断所述第一相位角度是否介于所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间；当所述第一相位角度介于所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间时，根据所述第一相位角度、所述第一相位影像像素值及所述第二相位影像像素值，执行内插运算，以取得内插结果；将所述内插结果储存至所述第一光条纹影像的所述第一像素坐标位置，而所述内插结果成为所述第一光条纹影像中于所述第一像素坐标位置的光条纹影像像素值。

例如，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述第一相位角度、所述第一相位影像像素值及所述第二相位影像像素值，执行所述内插运算以取得所述内插结果：计算所述内插结果为 $\frac{\theta - \text{PHI}(n-1, m)}{\text{PHI}(n, m) - \text{PHI}(n-1, m)} + n - 1$ ；其中， θ 代表所述第一相位角度， (n, m) 代表所述第一像素坐标位置， $(n-1, m)$ 代表所述第二像素坐标位置， $\text{PHI}(n, m)$ 代表所述第一相位影像像素值， $\text{PHI}(n-1, m)$ 代表所述第二相位影像像素值。

例如，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述相位影像，产生对应于所述第一相位角度的所述第一光条纹影像：当所述第一相位角度不介于所述相位影像中所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间时，所述第一光条纹影像中对应于所述第一像素坐标位置的光条纹影像像素值为 0。

例如，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述第一光条纹影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：取得所述目标物件对应于第三像素坐标位置的第一二维图像坐标，其中所述第一二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, \text{LSP}_1(n, m))$ ， y_0 代表所述第一二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述第一二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第三像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第三像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $\text{LSP}_1(n, m)$ 代表所述第一光条纹影像于第三像素坐标位置的光条纹影像像素值；根据所述第一二维图像坐标，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的第一三维图像坐标；以及根据所述第一三维图像坐标，计算所述目标物

件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

例如，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：根据所述相位影像，产生对应于至少一第二相位角度的至少一第二光条纹影像，其中所述至少一第二相位角度不同于所述第一相位角度，所述至少一第二光条纹影像不同于所述第一光条纹影像影像相位；以及将所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像整合成为整合影像；以及根据所述整合影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

例如，所述至少一第二相位角度为 $(2\pi/L)$ 的整数倍， L 为大于1的正整数。

例如，所述运算单元用来执行以下步骤，以将所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像整合成为所述整合影像：产生所述整合影像为所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像的相加结果。

例如，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述整合影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：取得所述目标物件于所述整合影像中对应于第四像素坐标位置的所述第二二维图像坐标，其中所述所述第二二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n, m))$ ， y_0 代表所述第二二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述第二二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第四像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第四像素坐标位置于所述第二维度的坐标值，

$MG(n,m)$ 代表所述整合影像于第四像素坐标位置的整合影像像素值；根据所述第二二维图像坐标，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的第三二维图像坐标；以及根据所述第二三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

例如，所述感光像素阵列于第三时间接收背景光以产生第三影像，所述感光像素阵列于第四时间中接收对应于所述第一结构光的反射光以产生第四影像，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：根据所述第一影像及所述第四影像，产生对应于所述目标物件的飞时距离；根据所述飞时距离及所述第一光条纹影像，决定角度，其中所述角度代表所述目标物件、所述发光模块与所述感光像素阵列之间的夹角；以及根据所述整合影像以及所述角度，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

例如，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述整合影像以及所述角度，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：取得所述目标物件于所述整合影像中对应于第四像素坐标位置的第三二维图像坐标，其中所述第三二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n,m))$ ， y_0 代表所述第三二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述第三二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第四像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第四像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $MG(n,m)$ 代表所述整合影像于第四像素坐标位置的整合影像像素值；根据所述第三二维图像坐标以及所述角度，取得所述目标物件对应于所述

第三像素坐标位置的第三三维图像坐标；以及根据所述第三三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

为了解决上述技术问题，本申请实施例另提供了一种三维影像测距方法，应用于三维影像测距系统，其特征在于，所述三维影像测距系统包括发光模块及感光像素阵列，所述发光模块于第一时间中发射第一结构光，并于第二时间中发射第二结构光，所述感光像素阵列于所述第一时间接收对应于所述第一结构光的反射光以产生第一影像，并于所述第二时间接收对应于所述第二结构光的反射光以产生第二影像，其中所述第一结构光与所述第二结构光之间的结构光相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍，所述三维影像测距方法包括：根据所述第一影像及所述第二影像，产生相关于所述第一结构光的同相影像及相关于所述第二结构光的正交影像；以及根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于目标物件的深度影像。

本申请实施例利用包括结构光相位差为 $(\pi/2)$ 或 $(3\pi/2)$ 的第一结构光及第二结构光，计算影像相位；并根据影像相位，计算条纹状结构光在（与条纹状结构光垂直的）第一方向/维度的精细位置。相较于现有技术，本申请可精确地取得目标物件的深度信息。

附图说明

图 1 为本申请实施例一三维影像测距系统的外观示意图；

图 2 为图 1 的三维影像测距系统的功能方块示意图；

- 图 3 为本申请实施例一绕射单元的示意图；
- 图 4 为本申请实施例一第一结构光及一第二结构光的示意图；
- 图 5 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 6 为本申请实施例一感光像素电路的示意图；
- 图 7 为本申请实施例一感光像素电路的示意图；
- 图 8 为本申请实施例一感光像素电路的示意图；
- 图 9 为本申请实施例多个信号的时序示意图；
- 图 10 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 11 为本申请实施例一相位影像的示意图；
- 图 12 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 13 为本申请实施例一光条纹影像的示意图；
- 图 14 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 15 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 16 为本申请实施例一光条纹影像的示意图；
- 图 17 为本申请实施例一光条纹影像的示意图；
- 图 18 为本申请实施例一光条纹影像的示意图；
- 图 19 为本申请实施例一整合影像的示意图；
- 图 20 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 21 为本申请实施例的发光模块、感光模块的相对位置关系图；
- 图 22 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 23 为本申请实施例一流程的示意图；
- 图 24 为本申请实施例一发光模块的示意图；

图 25 为条纹状结构光投射于物件的示意图。

具体实施方式

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

在本申请说明书以及权利要求中，影像 A 与影像 B 之间进行加减乘除运算代表影像 A 及影像 B 进行像素与像素之间的加减乘除运算。详细来说，假设 $A(n,m)$ 、 $B(n,m)$ 及 $C(n,m)$ 分别代表影像 A、影像 B 及影像 C 于像素坐标位置 (n,m) 的像素值，影像 C 等于影像 A 加影像 B（记为 $C=A+B$ ）代表影像 C 的第 (n,m) 个像素值 $C(n,m)$ 为 $C(n,m)=A(n,m)+B(n,m)$ ，影像 C 等于影像 A 减影像 B（记为 $C=A-B$ ）代表影像 C 的第 (n,m) 个像素值 $C(n,m)$ 为 $C(n,m)=A(n,m)-B(n,m)$ ，影像 C 等于影像 A 乘以影像 B（记为 $C=A*B$ ）代表影像 C 的第 (n,m) 个像素值 $C(n,m)$ 为 $C(n,m)=A(n,m)*B(n,m)$ ，影像 C 等于影像 A 除以影像 B（记为 $C=A/B$ ）代表影像 C 的第 (n,m) 个像素值 $C(n,m)$ 为 $C(n,m)=A(n,m)/B(n,m)$ 。对影像 A 进行函数 f 运算代表对影像 A 中每一元素进行函数 f 运算，例如 $C=f(A)$ 代表影像 C 的第 (n,m) 个像素值 $C(n,m)$ 为 $C(n,m)=f(A(n,m))$ 。另外， n 为影像中的行指针（Row Index）， m 为影像中的列指针（Column Index）。另外，角度或相位的单位为弧度（又称弧度，即 Radian）。

三维影像测距系统可利用条纹状结构光以及三角测量法量测距离，请参考

图 25，图 25 为条纹状结构光投射于物件（手掌）的示意图。条纹状结构光垂直于第一方向 D1（或第一维度 D1）而平行于第二方向 D2（或第二维度 D2）。如图 25 所示，条纹状结构光投射于物件时会因物件的形状而扭曲，而对应条纹状结构光的影像在第一方向/维度 D1 会有较大的变化。现有技术中，计算条纹状结构光影像在第一方向/维度 D1 的坐标位置受限于像素本身，而无法更加精细，而影响三角测量法所计算出的距离。本申请可计算条纹状结构光在第一方向/维度 D1 的精细位置，进而精确地取得物件的深度信息。

具体来说，图 1 为本申请实施例一三维影像测距系统 10 的外观示意图，图 2 为三维影像测距系统 10 的功能方块示意图。三维影像测距系统 10 可设置于电子装置 1 中，电子装置 1 可为智能手机、或平板电脑。三维影像测距系统 10 包括发光模块 12、感光模块 14 以及运算单元 16，发光模块 12 于第一时间 T_1 中发射第一结构光 SL1，并于第二时间 T_2 中发射第二结构光 SL2，其中第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 之间具有结构光相位差，而结构光相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍，例如，结构光相位差可为 $(\pi/2)$ 或是 $(3\pi/2)$ 。感光模块 14 可包括镜头（Lens）146 以及感光像素阵列 142，感光像素阵列 142 包括排列成阵列的多个感光像素电路 144，感光像素阵列 142 用来于第一时间 T_1 接收对应于第一结构光 SL1 的反射光，以产生第一影像 P1，并于第二时间 T_2 接收对应于第二结构光 SL2 的反射光，以产生第二影像 P2。运算单元 16 耦接于感光像素阵列 142，其可包含处理器或差分运算放大器，运算单元 16 用来以接收第一影像 P1 及第二影像 P2，并根据第一影像 P1 及第二影像 P2，产生对应于目标物件的深度影像。

发光模块 12 包括绕射单元 DE、第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2，绕射单元 DE 可包括单一绕射光学元件（Diffraction Optical Element, DOE），第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2 可为发光二极管（LED）或激光（Laser）发射单元。第一发光单元 LE1 用于于第一时间 T_1 中发射第一光 L1 至绕射单元 DE，绕射单元 DE 于第一时间 T_1 中对第一光 L1 形成绕射作用而产生第一结构光 SL1；第二发光单元 LE2 用于于第二时间 T_2 中发射第二光 L2 至绕射单元 DE，绕射单元 DE 于第二时间 T_2 中对第二光 L2 形成绕射作用而产生第二结构光 SL2。

第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2 可瞬间发出强光（类似一般照相机的闪光灯），而第一光 L1 及第二光 L2 可为脉冲调变（Pulse Modulated）光，使得关于结构光 SL1、SL2 的光信号不易受到背景光干扰。换句话说，第一发光单元 LE1 接收第一脉冲信号 pm1 并根据第一脉冲信号 pm1 发射出第一光 L1，第二发光单元 LE2 接收第二脉冲信号 pm2 并根据第二脉冲信号 pm2 发射出第二光 L2。其中，第一脉冲信号 pm1 及第二脉冲信号 pm2 的占空比小于特定占空比，而第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2 的发光功率大于特定功率。于一实施例中，第一脉冲信号 pm1 及第二脉冲信号 pm2 的占空比可小于 1/50 或小于 1/1000，第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2 的发光功率可大于 4 瓦特。其余关于发光模块 12 根据脉冲信号 pm1、pm2 产生结构光 SL1、SL2 的技术细节，可参考现有的文献所揭露的内容，于此不再赘述。

图 3 为本申请实施例第一结构光 SL1 及第二结构光 SL2 的示意图。为了方便说明，于子图 3a 中，第一结构光 SL1 及第二结构光 SL2 分别用黑色条纹及斜线阴影条纹来表示，第一结构光 SL1 的光条纹及第二结构光 SL2 的光条纹（Light Strip）皆垂直于第一方向/维度 D1 而平行于第二方向/维度 D2。实际上，黑色条纹及斜线阴影条纹分别代表第一结构光 SL1 及第二结构光 SL2 最亮的光条纹，另外，子图 3b 中的曲线 CV1 及曲线 CV2 分别代表第一结构光 SL1 及第二结构光 SL2 沿第一方向 D1 的强度分布曲线（Intensity Profile），曲线 CV1、CV2 皆为正弦式（Sinusoidal）曲线。于子图 3b 所绘示的实例中，曲线 CV2 可视为相较于曲线 CV1 延迟了 $(\pi/2)$ （或曲线 CV1 可相较于曲线 CV2 领先了 $(3\pi/2)$ ），即第二结构光 SL2 的结构光相位相较于第一结构光 SL1 的结构光相位延迟 $(\pi/2)$ （或第一结构光 SL1 的结构光相位相较于第二结构光 SL2 的结构光相位领先 $(3\pi/2)$ ），因此，曲线 CV1 可视为正弦波（Sine Wave），曲线 CV2 可视为余弦波（Cosine Wave）。

另一方面，对应第一结构光 SL1 的光条纹（黑色条纹）彼此之间相隔一距离 PD，第二结构光 SL2 的结构光相位相较于第一结构光 SL1 的结构光相位延迟 $(\pi/2)$ 代表对应第二结构光 SL2 的光条纹（即斜线阴影条纹）位于对应第一结构光 SL1 的光条纹（即黑色条纹）下方 PD/4 处，其中 PD 可代表曲线 CV1 的周期。

为了达到第二结构光 SL2 的结构光相位相较于第一结构光 SL1 的结构光相位延迟 $(\pi/2)$ ，或达到对应第二结构光 SL2 的光条纹（斜线阴影条纹）位于对应

第一结构光 SL1 的光条纹（黑色条纹）下方 PD/4 处，可调整第一发光单元 LE1 及第二发光单元 LE2 相对于绕射单元 DE 的入射角。请参考图 4，图 4 为本申请实施例第一发光单元 LE1、第二发光单元 LE2 及绕射单元 DE 的示意图。如图 4 所示，第一发光单元 LE1 所发射的第一光 L1 通过准直器（Collimator）CM 之后相对于绕射单元 DE 具有第一入射角 μ_1 ，第二发光单元 LE2 所发射的第二光 L2 通过准直器 CM 之后相对于绕射单元 DE 具有第二入射角 μ_2 ，其中第一入射角 μ_1 与第二入射角 μ_2 不同，可调整第一入射角 μ_1 及第二入射角 μ_2 ，而使得第二结构光 SL2 的结构光相位相较于第一结构光 SL1 的结构光相位延迟 $(\pi/2)$ ，即第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 之间的所述结构光相位差为 $(\pi/2)$ 。

另外，由于曲线 CV1 为正弦波而曲线 CV2 为余弦波，运算单元 16 可根据对应于第一结构光 SL1 的反射光的第一影像 P1 及对应于第二结构光 SL2 的反射光的第二影像 P2，产生相关于第一结构光 SL1 的一同相（In-Phase）影像 I 以及相关于第二结构光 SL2 的一正交（Quadrature）影像 Q，并根据同相影像 I 及正交影像 Q，计算同相影像 I 与正交影像 Q 之间的影像相位，并根据影像相位，产生对应于目标物件的深度影像。

另外，于本申请说明书以及权利要求中，影像中不同行（Row）的像素值代表感光模块 14 所拍摄到对应第一方向/维度 D1 上不同位置的像素值，影像中不同列（Column）的像素值代表感光模块 14 所拍摄到对应第二方向/维度 D2 上不同位置的像素值。

关于运算单元 16 的运作，可归纳成为一流程 A0。图 5 为本申请实施例流程 A0 的示意图。流程 A0 可由运算单元 16 来执行，流程 A0 包含以下步骤：

步骤 A02：根据第一影像 P1 及第二影像 P2，产生相关于第一结构光 SL1 的同相影像 I 以及相关于第二结构光 SL2 的正交影像 Q。

步骤 A04：根据同相影像 I 及正交影像 Q，产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。

于步骤 A02 中，运算单元 16 根据第一影像 P1 产生同相影像 I 并根据第二影像 P2 产生正交影像 Q。详细来说，请参考图 6、图 7 及图 8，图 6、图 7 及图 8 分别为本申请实施例一感光像素电路 60、一感光像素电路 70 及一感光像素电路 80 的示意图。感光像素电路 60、70、80 可用来实现感光像素电路 144，为了方便说明，感光像素电路 60、70、80 可为感光像素阵列 142 中位于像素坐标位置(n,m)的感光像素电路（即为第(n,m)个感光像素电路）。

感光像素电路 60 包括感光元件 PD 以及光电读取电路 61、62，感光元件 PD 可为感光二极管（Photo Diode）。光电读取电路 61 包括传输闸 TG1、输出晶体管 DV1 以及读取晶体管 RD1，光电读取电路 62 包括传输闸 TG2、输出晶体管 DV2 以及读取晶体管 RD2。传输闸 TG1、TG2 耦接于感光元件 PD，输出晶体管 DV1、DV2 分别耦接于传输闸 TG1、TG2，读取晶体管 RD1、RD2 分别耦接于输出晶体管 DV1、DV2，并分别输出第一输出信号 Pout1、第二输出信号 Pout2。传输闸 TG1、TG2 分别接收信号 TX1、TX2，读取晶体管 RD1、RD2 接收信号 ROW。光电读取电路 61、62 另分别包括重置晶体管 RT1、RT2，

重置晶体管 RT1、RT2 接收重置信号 Rst。感光像素电路 60 另包括一防晕染 (Anti-Blooming) 晶体管 AB, 以将感光元件 PD 因接收背景光而产生的光电子汲取出来, 以免影响电路的正常运作。防晕染晶体管 AB 接收信号 TX5。

感光像素电路 70 与感光像素电路 60 类似, 故相同元件沿用相同符号。与感光像素电路 60 不同的是, 感光像素电路 70 另包括光电读取电路 63, 光电读取电路 63 与光电读取电路 61、62 的电路结构相同, 其包括传输闸 TG3、输出晶体管 DV3 以及读取晶体管 RD3, 其中传输闸 TG3 接收信号 TX3。

感光像素电路 80 与感光像素电路 70 类似, 故相同元件沿用相同符号。与感光像素电路 70 不同的是, 感光像素电路 80 另包括光电读取电路 64, 光电读取电路 64 与光电读取电路 61、62、63 的电路结构相同, 其包括传输闸 TG4、输出晶体管 DV4 以及读取晶体管 RD4, 其中传输闸 TG4 接收信号 TX4。感光像素电路 80 可用于计算发光模块 12 所发出光线的光线飞行时间 (Time of Flight, ToF), 运算单元 16 可根据光线飞行时间利用飞时测距法, 取得对应于目标物件的飞时距离, 其细节详述于后。

请一并参考图 9, 图 9 为本申请实施例第一脉冲信号 pm1、第二脉冲信号 pm2、信号 TX1、TX2、TX3、TX4、TX5 以及重置信号 Rst 的时序示意图。如图 9 所示, 第一脉冲信号 pm1 及第二脉冲信号 pm2 分别于时间 T_1' 及时间 T_2' 具有脉冲, 第一发光单元 LE1 于时间 T_1' 发射第一光 L1, 第二发光单元 LE2 于时间 T_2' 发射第二光 L2, 其中时间 T_1' 与第一时间 T_1 重叠而位于第一时间

T_1 中，时间 T_2' 与第二时间 T_2 重叠而位于第二时间 T_2 中。

于第一时间 T_1 ，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 60、70、80）的传输闸 TG1 导通，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 60、70、80）的读取晶体管 RD1 输出第一输出信号 Pout1，感光像素阵列 142 根据每个感光像素电路 144 所输出的第一输出信号 Pout1，输出第一影像 P1。

于第二时间 T_2 ，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 60、70、80）的传输闸 TG2 导通，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 60、70、80）的读取晶体管 RD2 输出第二输出信号 Pout2，感光像素阵列 142 根据每个感光像素电路 144 所输出的第二输出信号 Pout2，输出第二影像 P2。

于第三时间 T_3 ，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 70、80）的传输闸 TG3 导通，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 70、80）的读取晶体管 RD3 输出第三输出信号 Pout3，感光像素阵列 142 根据每个感光像素电路 144 所输出的第三输出信号 Pout3，输出第三影像 P3。其中，第三时间 T_3 与第一时间 T_1 及第二时间 T_2 不相互重叠，即于第三时间 T_3 中，第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2 皆不发光。换句话说，于第三时间 T_3 ，感光像素阵列 142 接收背景光而产生第三影像 P3。

于第四时间 T_4 ，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 80）的传输闸 TG4 导通，感光像素阵列 142 中每个感光像素电路 144（其可为感光像素电路 80）的读取晶体管 RD4 输出第四输出信号 Pout4，感光像素阵列 142 根据每个感光像素电路 144 所输出的第四输出信号 Pout4，输出第四影像 P4。其中，第四时间 T_4 与第一时间 T_1 相隔时间间隔 T_d 。

于一实施例中，感光像素电路 144 以感光像素电路 60 来实现，运算单元 16 产生同相影像 I 为第一影像 P1，并产生正交影像 Q 为第二影像 P2，即 $I = P1$ （公式 1.1）， $Q = P2$ （公式 1.2），换句话说，同相影像 I 中第(n,m)个同相影像像素值 $I(n,m)$ 可为 Pout1，正交影像 Q 中第(n,m)个正交影像像素值 $Q(n,m)$ 可为 Pout2。当第一发光单元 LE1 以及第二发光单元 LE2 的发光功率够强以至于背景光可忽略不计时，运算单元 16 可根据公式 1.1 及 1.2 产生同相影像 I 及正交影像 Q。

于一实施例中，感光像素电路 144 以感光像素电路 70 来实现，运算单元 16 产生同相影像 I 为第一影像 P1 减去第三影像 P3，并产生正交影像 Q 为第二影像 P2 减去第三影像 P3，即 $I = P1 - P3$ （公式 2.1）， $Q = P2 - P3$ （公式 2.2），换句话说，同相影像 I 中第(n,m)个同相影像像素值 $I(n,m)$ 可为 Pout1-Pout3，正交影像 Q 中第(n,m)个正交影像像素值 $Q(n,m)$ 可为 Pout2-Pout3。当运算单元 16 根据公式 2.1 及 2.2 产生同相影像 I 及正交影像 Q 时，可消除背景光的干扰。

于一实施例中，感光像素电路 144 以感光像素电路 80 来实现，运算单元 16 产生同相影像 I 为第一影像 P1 加上第四影像 P4 后再减去第三影像 P3 的 2 倍，并产生正交影像 Q 为第二影像 P2 减去第三影像 P3，即 $I = P1 + P4 - 2 * P3$ （公式 3.1）， $Q = P2 - P3$ （即公式 2.2），换句话说，同相影像 I 中第(n,m)个同相影像像素值 $I(n,m)$ 可为 $Pout1 + Pout4 - 2 * Pout3$ ，正交影像 Q 中第(n,m)个正交影像像素值 $Q(n,m)$ 可为 $Pout2 - Pout3$ 。当感光像素电路 144 以感光像素电路 80 来实现且运算单元 16 根据公式 3.1 及 2.2 产生同相影像 I 及正交影像 Q 时，运算单元 16 可根据第四影像 P4 另外计算出对应于目标物件的飞时距离。其中，步骤 A02 中的公式 2.1、2.2、3.1 可通过运算单元 16 内的差分运算放大器来执行。

于步骤 A04 中，运算单元 16 根据同相影像 I 及正交影像 Q，产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。请参考图 10，图 10 为本申请实施例一流程 B0 的示意图。流程 B0 为步骤 A04 的操作细节，其包含以下步骤：

步骤 B02：根据同相影像 I 及正交影像 Q，产生相位影像 PHI。

步骤 B04：根据相位影像 PHI，产生对应于第一相位角度 θ_1 的光条纹影像 LSP_1 。

步骤 B06：根据光条纹影像 LSP_1 ，产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。

于步骤 B02 中，运算单元 16 产生相位影像 PHI 为 $PHI = \tan^{-1}(I/Q)$ （公式 4），即相位影像 PHI 的第(n,m)个像素值 $PHI(n,m)$ 为 $PHI(n,m) = \tan^{-1}(I(n,m)/Q(n,m))$ 。由于第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 具有 $(\pi/2)$ 的结构光相

位差，曲线 CV1 可视为正弦波而曲线 CV2 可视为余弦波，因此，相位影像 PHI 可视为同相影像 I 与正交影像 Q 之间的影像相位。

请参考图 11，图 11 为本申请实施例相位影像 PHI 的示意图。于图 11 中，相位影像 PHI 为 20×10 的影像，另外，图 11 绘示经过遮罩 (Mask) 处理过后的相位影像 PHI，于遮罩处理后的相位影像 PHI 中，非有效区域（或非目标物件 OBJ）的影像已先排除，也就是说，执行完公式 4 后，运算单元 16 可将相位影像 PHI 中对应于非有效区域（或非目标物件 OBJ）影像的像素值设为 0 到 2π 以外的特定数值，于图 11 的实施例中，该特定数值为 -1。换句话说，图 11 的相位影像 PHI 中像素值介于 0 到 2π 的像素即形成有效区域的影像（或对应于目标物件 OBJ 的目标影像）。另外，于一实施例中，运算单元 16 可根据感光像素电路输出信号（如 Pout1、Pout2、Pout3 或 Pout4）的信号强度决定遮罩处理的遮罩区域，即决定有效区域或非有效区域。

于步骤 B04 中，运算单元 16 根据相位影像 PHI，产生对应于第一相位角度 θ_1 的光条纹影像 LSP_1 。于一实施例中，运算单元 16 可根据遮罩处理后的相位影像 PHI（如图 11）执行步骤 B04。于一实施例中，第一相位角度 θ_1 为 0。请参考图 12，图 12 为本申请实施例一流程 C0 的示意图。一般来说，流程 C0 用来产生对应于（一般）相位角度 θ 的（一般）光条纹影像 LSP；然而，对步骤 B04 而言，运算单元 16 执行流程 C0 以产生对应于（特定）相位角度 θ_1 的（特定）光条纹影像 LSP_1 ，即步骤 B04 为运算单元 16 将（特定）相位角度 θ_1 代入流程 C0 中以产生（特定）光条纹影像 LSP_1 。于后续关于流程 C0 的说明中，

将对（一般）相位角度 θ 以及（一般）光条纹影像 LSP 进行说明。如图 12 所示流程 C0 包含以下步骤：

步骤 C00：开始。

步骤 C02：取得相位影像 PHI 的第(n,m)个像素值 PHI (n,m)。

步骤 C04：判断像素值 PHI (n,m)是否介于 0 到 2π ？若是，执行步骤 C06；
若否，执行步骤 C14。

步骤 C06：取得相位影像 PHI 的第(n-1,m)个像素值 PHI (n-1,m)。

步骤 C08：判断相位角度 θ 是否介于像素值 PHI (n,m)与像素值 PHI (n-1,m)之间？若是，执行步骤 C10；若否，若是，执行步骤 C14。

步骤 C10：执行内插运算，以取得内插结果 r。

步骤 C12：令 LSP (n,m)=r。

步骤 C14：令 LSP(n,m)=0。

步骤 C16：结束。

于步骤 C00 中，运算单元 16 可跳过行指标 n 为 1 ($n=1$) 而先从行指标 n 大于或等于 2 ($n \geq 2$) 开始计算。另外，于一实施例中，运算单元 16 可预先配置光条纹影像 LSP 中所有的光条纹影像像素值为 0。

于步骤 C02 中，运算单元 16 取得相位影像 PHI 的第(n,m)个像素值 PHI (n,m)（可对应权利要求中的第一相位影像像素值）。于步骤 C06 中，运算单元 16 取得相位影像 PHI 的第(n-1,m)个像素值 PHI (n-1,m)（可对应权利要求中的第二相位影像像素值）。需注意的是，相位影像 PHI 的第(n,m)个像素与相位影

像 PHI 的第(n-1,m)个像素为于第一方向/维度 D1 上直接相邻两个像素。

于步骤 C08 中, 运算单元 16 判断相位角度 θ 是否介于像素值 PHI (n,m)与像素值 PHI (n-1,m)之间, 运算单元 16 可判断 $\text{PHI (n-1,m)} \leq \theta < \text{PHI (n,m)}$ (或判断 $\text{PHI (n-1,m)} < \theta \leq \text{PHI (n,m)}$ 、 $\text{PHI (n-1,m)} \leq \theta \leq \text{PHI (n,m)}$ 、 $\text{PHI (n-1,m)} < \theta < \text{PHI (n,m)}$ 其中之一) 是否为真 (True)。另外, 当相位角度 θ 为 0 ($\theta=0$) 时, 运算单元 16 于步骤 C08 等同于判断 $\text{PHI (n-1,m)} + \pi \leq \theta + \pi < \text{PHI (n,m)} + \pi$ (或判断公式 5 如下) 是否为真。

$$\text{mod}(\text{PHI (n-1,m)} + \pi, 2\pi) \leq \text{mod}(\theta + \pi, 2\pi) < \text{mod}(\text{PHI (n,m)} + \pi, 2\pi) \quad (\text{公式 5})$$

于步骤 C10 中, 运算单元 16 可根据相位角度 θ 、相位影像像素值 PHI (n,m) 及 PHI (n-1,m), 计算内插结果 r 为公式 6 如下。运算单元 16 执行步骤 C10 的目的在于计算出第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 之间的结构光相位差为相位角度 θ 的精细位置, 更精确的说, 运算单元 16 可利用步骤 C10 执行内插运算, 以结构光相位差确实为相位角度 θ 于第一方向 D1 (或第一维度 D1) 上的精细位置。

$$r = \frac{\theta - \text{PHI (n-1,m)}}{\text{PHI (n,m)} - \text{PHI (n-1,m)}} + n - 1 \quad (\text{公式 6})$$

于步骤 C12 中, 运算单元 16 将内插结果 r 储存至光条纹影像 LSP₁ 的像素坐标位置(n,m), 而内插结果 r 成为光条纹影像 LSP 中于像素坐标位置(n,m)的光条纹影像像素值 LSP (n,m), 即 $\text{LSP (n,m)} = r$ 。

另外,运算单元 16 执行流程 C0 后所得到非 0 的光条纹影像像素值 $LSP(n,m)$ 会介于 $n-1$ 与 n 之间,即 $n-1 < LSP(n,m) < n$ 。更进一步地,当光条纹影像像素值 $LSP(n,m)$ 不为 0 时,代表对应于像素坐标位置 $(n-1,m)$ 与像素坐标位置 (n,m) 之间具有(第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 的)结构光相位差为相位角度 θ 的存在事实,且 $LSP(n,m)$ 代表于第一方向/维度 D1 上,(第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 的)结构光相位差为相位角度 θ 发生的精细位置。

请参考图 13,图 13 为运算单元 16 执行步骤 B04 后所产生的光条纹影像 LSP_1 (其中相位角度 θ 为第一相位角度 θ_1 ,且 $\theta=\theta_1=0$)。为了方便说明,图 13 另标示有第一方向/维度 D1 以及第二方向/维度 D2,其中第一维度 D1 可对应二维图像坐标中的 y 轴,而第二维度 D2 可对应二维图像坐标中的 x 轴。由图 13 可知,(第一结构光 SL1 与第二结构光 SL2 的)结构光相位差为 0 发生于图 13/光条纹影像 LSP_1 的点状底纹处。在已知结构光相位差为 0 发生像素坐标位置 $(n-1,m)$ 与像素坐标位置 (n,m) 之间的情况下,更进一步地,于第一方向 D1 (或第一维度 D1) 上结构光相位差为 0 发生的精细位置为 $LSP_1(n,m)$ 。举例来说,结构光相位差为 0 发生像素坐标位置 $(8,4)$ 与像素坐标位置 $(9,4)$ 之间,即于第一方向/维度 D1 上结构光相位差为 0 发生的位置介于 8 与 9 之间,更进一步地,结构光相位差为 0 发生的位置于第一方向/维度 D1 上为 8.75。

于步骤 B06 中,运算单元 16 根据光条纹影像 LSP_1 ,产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。于一实施例中,运算单元 16 仅针对光条纹影像 LSP_1 中光条纹影像像素值不为 0 的像素坐标位置进行深度/距离计算。请参考图 14,图

14 为本申请实施例一流程 D0 的示意图。流程 D0 为步骤 B06 的操作细节，其包含以下步骤：

步骤 D02：取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的二维图像坐标 (x_0, y_0) 为 $(x_0, y_0) = (m, LSP_1(n, m))$ 。

步骤 D04：根据二维图像坐标 (x_0, y_0) ，取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) 。

步骤 D06：根据三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ，计算目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的深度影像像素值 $DP(n, m)$ 。

于步骤 D02 中，运算单元 16 取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的二维图像坐标 (x_0, y_0) 为 $(x_0, y_0) = (m, LSP_1(n, m))$ ，其中 x_0 代表二维图像坐标 (x_0, y_0) 于第二维度 D2 的坐标值， y_0 代表二维图像坐标 (x_0, y_0) 于第一维度 D1 的坐标值， n 代表像素坐标位置(n,m)于第一维度 D1 的坐标值， m 代表像素坐标位置(n,m)于第二维度 D2 的坐标值，条纹影像像素值 $LSP_1(n, m)$ 不为 0。

于步骤 D04 中，运算单元 16 根据二维图像坐标 (x_0, y_0) ，取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) 。于一实施例中，运算单元 16 可利用公式 7（即三角测量法），根据二维图像坐标 (x_0, y_0) 计算三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ，其中 b 为发光模块 12 与感光模块 14 之间的距离， α 为目标物件 OBJ 相对于发光模块 12 的俯仰角（Elevation Angle）， ρ 为目标物件 OBJ 相对于发光模块 12 的方位角（Azimuth Angle）， f 为镜头的焦距。另外，公式 7/三角测量法的细节为本领域技术人员所知，可参考现有文献所揭露的内容，于

此不再赘述。

$$\begin{cases} X_0 = \frac{x_0 \cdot b \tan \alpha \cos \rho}{f - \tan \alpha (x \sin \rho + y \cos \rho)}, \\ Y_0 = \frac{y_0 \cdot b \tan \alpha \cos \rho}{f - \tan \alpha (x \sin \rho + y \cos \rho)}, \\ Z_0 = \frac{f \cdot b \tan \alpha \cos \rho}{f - \tan \alpha (x \sin \rho + y \cos \rho)} \end{cases} \quad (\text{公式 7})$$

于步骤 D06 中，运算单元 16 根据三维图像坐标(X_0, Y_0, Z_0)，计算深度影像像素值 $DP(n,m)$ 。于一实施例中，运算单元 16 可计算深度影像像素值 $DP(n,m)$ 为 $DP(n,m) = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2}$ 。

另外，当 $LSP_1(n,m)$ 为 0 时，于一实施例中，深度影像像素值 $DP(n,m)$ 可为 0（即 $DP(n,m)=0$ ）。

另外，现有技术中利用三角测量法计算距离的二维图像坐标(x_0, y_0) 为(x_0, y_0)= (m, n) ，其中 n 为整数，无法精细地表达条纹状结构光的影像相位在第一方向/维度 D1 的坐标位置。相较之下，本申请利用三角测量法计算距离的二维图像坐标(x_0, y_0) 为(x_0, y_0)= $(m, LSP_1(n,m))$ ，其中 $LSP_1(n,m)$ 介于 $n-1$ 与 n 之间的有理数，换句话说，本申请可精细地表达条纹状结构光的影像相位在第一方向/维度 D1 的坐标位置，进而精确地取得物件的深度信息。

简言之，三维影像测距系统 10 利用包括第一发光单元 LE1 及第二发光单元 LE2 的发光模块 12，发射出结构光相位差为 $(\pi/2)$ 或是 $(3\pi/2)$ 的第一结构光 SL1

及第二结构光 SL2；利用流程 A0，产生相关于第一结构光 SL1 的同相影像 I 以及相关于第二结构光 SL2 的正交影像 Q；利用流程 B0，产生代表同相影像 I 与正交影像 Q 之间的影像相位的相位影像 PHI；利用流程 C0，产生对应于第一相位角度 θ_1 的光条纹影像 LSP₁；利用流程 D0，根据光条纹影像 LSP₁，产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。相较于现有技术，本申请可在第一方向/维度 D1 上，取得结构光相位差为第一相位角度 θ_1 发生的精细位置，其可更精确地计算目标物件 OBJ 的深度值。更进一步地，三维影像测距系统 10 利用步骤 B04/流程 C0 计算条纹状结构光在第一方向/维度 D1 的精细位置，增加目标物件 OBJ 深度值的精细度。另外，三维影像测距系统 10 利用同相影像 I 与正交影像 Q 之间的影像相位来计算深度值，影像相位与反射光强度无关，因此三维影像测距系统 10 所计算出的深度值不会受到目标物件 OBJ 的光反射率的影响。

然而，由图 13 可知，光条纹影像 LSP₁ 为较为稀疏（Sparse）的影像，而导致深度影像 DP 也较为稀疏，其中稀疏影像代表该影像中大部份的像素值为 0，仅少部份的像素值不为 0。为了使深度影像 DP 更加稠密（Dense），除了对应于第一相位角度 θ_1 的光条纹影像 LSP₁ 之外，本申请亦可产生对应于至少一相位角度 θ' （可对应至权利要求中的至少一第二相位角度）的至少一光条纹影像 LSP'（可对应至权利要求中的至少一第二光条纹影像），以增加深度影像 DP 的稠密性。其中，至少一相位角度 θ' 不同于第一相位角度 θ_1 ，至少一光条纹影像 LSP' 不同于光条纹影像 LSP₁。

具体来说，图 15 为本申请实施例一流程 E0 的示意图，流程 E0 包含以下

步骤:

步骤 E02: 根据同相影像 I 及正交影像 Q, 产生相位影像 PHI。

步骤 E04: 根据相位影像 PHI, 产生对应于第一相位角度 θ_1 的光条纹影像 LSP_1 。

步骤 E06: 根据相位影像 PHI, 产生对应于至少一相位角度 θ' 的至少一光条纹影像 LSP' , 至少一相位角度 θ' 不同于第一相位角度 θ_1 , 至少一光条纹影像 LSP' 不同于光条纹影像 LSP_1 。

步骤 E08: 将光条纹影像 LSP_1 及至少一光条纹影像 LSP' 整合成为整合影像 MG。

步骤 E10: 根据整合影像 MG, 产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。

流程 E0 中的步骤 E02、E04 与流程 B0 中的步骤 B02、B04, 于此不再赘述。

于步骤 E06 中, 运算单元 16 根据相位影像 PHI, 产生对应于至少一相位角度 θ' 的至少一光条纹影像 LSP' 。于后续的实施例中, 将以运算单元 16 根据相位影像 PHI 产生分别对应于除了相位角度 θ_1 以外 3 个相位角度 θ' 的 3 个光条纹影像 LSP' 为例进行说明, 换句话说, 运算单元 16 可根据相位影像 PHI, 产生分别对应于相位角度 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 的光条纹影像 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 , 其中相位角度 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 可分别为 $(\pi/2)$ 、 (π) 、 $(3\pi/2)$ 。步骤 E06 为运算单元 16 将 (特定) 相位角度 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 代入流程 C0 中, 以产生 (特定) 光条纹影像 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 。关于步骤 E06 的操作细节, 请参考关于流程 C0 的段落, 于此不再赘述。

请参考图 16~18, 图 16 为对应于相位角度 θ_2 ($\theta_2=\pi/2$) 的光条纹影像 LSP_2 , 图 17 为对应于相位角度 θ_3 ($\theta_3=\pi$) 的光条纹影像 LSP_3 , 图 18 为对应于相位角度 θ_4 ($\theta_4=3\pi/2$) 的光条纹影像 LSP_4 。光条纹影像 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 的特性与光条纹影像 LSP_1 类似, 而于此不再赘述。

于步骤 E08 中, 运算单元 16 将光条纹影像 LSP_1 及至少一光条纹影像 LSP' 整合 (Merge) 成为整合影像 MG。由于第一相位角度 θ_1 与至少一相位角度 θ' 不同, 光条纹影像 LSP_1 及至少一光条纹影像 LSP' 中非 0 的光条纹影像像素位置皆不相同, 因此, 运算单元 16 可产生整合影像 MG 为光条纹影像 LSP_1 及至少一光条纹影像 LSP' 的相加结果。也就是说, 承上述实施例, 因相位角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 互不相同, 光条纹影像 LSP_1 、 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 中非 0 的光条纹影像像素位置皆不相同, 因此, 运算单元 16 可将光条纹影像 LSP_1 、 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 相加, 以产生整合影像 MG 为光条纹影像 LSP_1 、 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 的相加结果, 即 $MG=LSP_1+LSP_2+LSP_3+LSP_4$ 。

请参考图 19, 图 19 为根据绘示于图 13、16、17、18 的光条纹影像 LSP_1 、 LSP_2 、 LSP_3 、 LSP_4 而整合成的整合影像 MG。由图 19 可知, 整合影像 MG 较光条纹影像 LSP_1 稠密。

步骤 E10 中, 运算单元 16 根据整合影像 MG, 产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。请参考图 20, 图 20 为本申请实施例一流程 F0 的示意图。流程 F0 为步骤 E10 的操作细节, 其包含以下步骤:

步骤 F02: 取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的二维图像坐标 (x_0, y_0) 为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n, m))$ 。

步骤 F04: 根据二维图像坐标 (x_0, y_0) ，取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) 。

步骤 F06: 根据三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ，计算目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的深度影像像素值 $DP(n, m)$ 。

流程 F0 与流程 D0 类似，不同之处在于步骤 F02 中，坐标值 y_0 为整合影像像素值 $MG(n, m)$ ， $MG(n, m)$ 为整合影像 MG 于像素坐标位置(n,m)的像素值，整合影像像素值 $MG(n, m)$ 不为 0。其余关于流程 F0 的操作细节，请参考关于流程 D0 的段落，于此不再赘述。

简言之，三维影像测距系统 10 利用流程 E0，产生对应于相位角度 $\theta_1 \sim \theta_4$ 的光条纹影像 $LSP_1 \sim LSP_4$ ，并将光条纹影像 $LSP_1 \sim LSP_4$ 整合成为较为稠密的整合影像 MG。因此，运算单元 16 执行流程 E0、F0 所产生的深度影像 DP 亦较为稠密，可增加深度影像 DP 的非 0 深度影像像素的个数。

需注意的是，流程 D0、F0 皆是单纯利用三角测量法计算目标物件 OBJ 的深度/距离。然而，三角测量法具有光平面模糊 (Light Plane Ambiguity) 的问题。请参考图 21，图 21 为发光模块 12、感光模块 14 以及位置 OA、OB、OC 的相对位置关系图。简单来说，光平面模糊的问题为三维影像测距系统会无法分辨目标物件 OBJ 是位于位置 OA 或是位置 OB 亦或是位置 OC (而位置 OA、OB、

OC 相对于发光模块 12 分别具有不同的角度 α_A 、 α_B 、 α_C ），反而影响测距精度。

为了解决光平面模糊的问题，三维影像测距系统 10 可利用飞时测距法先取得对应于目标物件的飞时距离（感光像素电路 144 由感光像素电路 80 来实现），再根据飞时距离计算出三角测量法所需的角 α ，最后根据该角 α 利用三角测量法计算对应目标物件 OBJ 的深度/距离。其中，角 α 为目标物件 OBJ 相对于发光模块 12 的俯仰角，即目标物件 OBJ、发光模块 12 与感光像素阵列 142 之间的夹角。

请参考图 22，图 22 为本申请实施例一流程 G0 的示意图。流程 G0 可由运算单元 16 来执行，流程 G0 包含以下步骤：

步骤 G02：根据第一影像 P1 及第四影像 P4，产生对应于目标物件 OBJ 的飞时距离 D_{ToF} 。

步骤 G04：根据飞时距离 D_{ToF} 及光条纹影像 LSP_1 ，决定角 α_{opt} ，其中角 α_{opt} 代表目标物件 OBJ、发光模块 12 与感光像素阵列 142 之间的夹角。

步骤 G06：根据整合影像 MG 以及角 α_{opt} ，产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。

于步骤 G02 中，运算单元 16 可根据第一影像 P1 及第四影像 P4 先取得飞时影像 TF（其中感光像素电路 144 以感光像素电路 80 来实现），再根据飞时

影像 TF 计算对应于目标物件 OBJ 的飞时距离 D_{ToF} 。于一实施例中，运算单元 16 可计算飞时影像 TF 为 $TF = (P4 - P3) / (P1 + P4 - 2 * P3) * (c * T)$ (公式 8)，其中 c 代表光速， T 代表传输闸的导通区间的时间长度，换句话说，运算单元 16 可产生飞时影像 TF 中第 (n, m) 个同相影像像素值 $TF(n, m)$ 为 $(Pout4 - Pout3) / (Pout1 + Pout4 - 2 * Pout3) * (c * T)$ 。飞时影像 TF 中每一飞时影像像素值 $TF(n, m)$ 代表于像素坐标位置 (n, m) 目标物件 OBJ 与三维影像测距系统 10 之间的飞时距离。另外，运算单元 16 可产生飞时距离 D_{ToF} 为飞时影像 TF 的一统计值，如运算单元 16 可产生飞时距离 D_{ToF} 为飞时影像 TF 的平均值、最大值、中位数或众数等统计值。另外，公式 8/飞时测距法的细节为本领域技术人员所知，于此不再赘述。

于步骤 G04 中，运算单元 16 可根据飞时距离 D_{ToF} 及光条纹影像 LSP_1 ，决定角度 α_{opt} 。运算单元 16 可事先取得可能的多个角度 $\alpha_{(1)} \sim \alpha_{(K)}$ ，角度 $\alpha_{(1)} \sim \alpha_{(K)}$ 可相关于绕射单元 DE 的特性。运算单元 16 可根据事先取得的角度 $\alpha_{(1)} \sim \alpha_{(K)}$ ，分别执行 K 次流程 D0，即将角度 $\alpha_{(1)} \sim \alpha_{(K)}$ 分别代入步骤 D04 中的公式 7，进而产生 K 个利用三角测量法产生的距离 $D_{\Delta, (1)} \sim D_{\Delta, (K)}$ 。运算单元 16 可将利用三角测量法产生的距离 $D_{\Delta, (1)} \sim D_{\Delta, (K)}$ 与步骤 G02 所得的飞时距离 D_{ToF} 进行比对，以取得 $D_{\Delta, (k_{opt})}$ 为距离 $D_{\Delta, (1)} \sim D_{\Delta, (K)}$ 最接近飞时距离 D_{ToF} 的距离。运算单元 16 决定角度 α_{opt} 为角度 $\alpha_{(1)} \sim \alpha_{(K)}$ 中对应于 $D_{\Delta, (k_{opt})}$ 的角度 $\alpha_{(k_{opt})}$ ，即 $\alpha_{opt} = \alpha_{(k_{opt})}$ 。

于步骤 G06 中，运算单元 16 可根据步骤 E08 所产生的整合影像 MG 以及步骤 G04 所产生的角度 α_{opt} ，产生对应于目标物件 OBJ 的深度影像 DP。请

参考图 23，图 23 为本申请实施例一流程 H0 的示意图。流程 H0 为步骤 G06 的操作细节，其包含以下步骤：

步骤 H02：取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的二维图像坐标 (x_0, y_0) 为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n, m))$ 。

步骤 H04：根据二维图像坐标 (x_0, y_0) 以及角度 α_{opt} ，取得目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) 。

步骤 H06：根据三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ，计算目标物件 OBJ 对应于像素坐标位置(n,m)的深度影像像素值 $DP(n, m)$ 。

流程 H0 与流程 F0、D0 类似，流程 H0 与流程 F0 不同之处在于，于步骤 H04 中，运算单元 16 将角度 α_{opt} 连同步骤 H02 所取得的 (x_0, y_0) 代入步骤 D04 中的公式 7，以产生对应于角度 α_{opt} 的三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ，于步骤 H06 中，运算单元 16 即可根据步骤 H04 所取得（对应于角度 α_{opt} ）的三维图像坐标 (X_0, Y_0, Z_0) ，计算深度影像像素值 $DP(n, m)$ 。其余关于流程 H0 的操作细节，请参考关于流程 F0 及流程 D0 的段落，于此不再赘述。

简言之，三维影像测距系统 10 利用流程 G0 取得目标物件 OBJ 的飞时距离 D_{ToF} ，并比对三角测量法产生的距离 $D_{\Delta, (I)} \sim D_{\Delta, (K)}$ 与飞时距离 D_{ToF} ，以决定角度 α_{opt} ，并根据整合影像 MG 以及角度 α_{opt} ，产生深度影像 DP。换句话说，本申请利用飞时距离 D_{ToF} 来排除光平面模糊的可能性，同时保有飞时测距法以及三角测量法的优点。

需注意的是，前述实施例用以说明本发明之概念，本领域具通常知识者当可据以做不同的修饰，而不限于此。举例来说，绕射单元不限于包括单一绕射光学元件，请参考图 24，图 24 为本申请实施例一发光模块 DE' 的示意图。所述绕射单元 DE' 包括第一绕射子单元 DE1 及第二绕射子单元 DE2，第一绕射子单元 DE1 可为一绕射光学元件，而第二绕射子单元 DE2 可为另一绕射光学元件。第一发光单元 LE1 可朝向第一绕射子单元 DE1 发光，而第二发光单元 LE2 可朝向第二绕射子单元 DE2 发光。换句话说，第一绕射子单元 DE1 于第一时间 T_1 中对第一光 L1 形成绕射作用而产生第一结构光 SL1，第二绕射子单元 DE2 于第二时间 T_2 中对第二光 L2 形成绕射作用而产生第二结构光 SL2，亦属于本申请的范畴。

综上所述，本申请利用包括结构光相位差为 $(\pi/2)$ 或 $(3\pi/2)$ 的第一结构光及第二结构光，计算影像相位；并根据影像相位，计算条纹状结构光在（与条纹状结构光垂直的）第一方向/维度的精细位置。相较于现有技术，本申请可精确地取得目标物件的深度信息。

以上所述仅为本申请的部分实施例而已，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种三维影像测距系统，其特征在于，包括：

发光模块，包括：

绕射单元；

5 第一发光单元，用于于第一时间中发射第一光至所述绕射单元，所述
绕射单元于所述第一时间中对所述第一光形成绕射作用而产生第
一结构光；

第二发光单元，用于于第二时间中发射第二光至所述绕射单元，所述
绕射单元于所述第二时间中对所述第二光形成绕射作用而产生第
10 二结构光，其中所述第一结构光与所述第二结构光之间的结构光
相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍；

感光像素阵列，用于于第一时间接收对应于所述第一结构光的反射光，
以产生第一影像，并于所述第二时间接收对应于所述第二结构光的反
射光，以产生第二影像；

15 运算单元，耦接于所述感光像素阵列，用来执行以下步骤：

根据所述第一影像及所述第二影像，产生相关于所述第一结构光的同
相影像及相关于所述第二结构光的正交影像；以及
根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于目标物件的深度影像。

20 2、如权利要求 1 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述绕射单元包
括第一绕射子单元及第二绕射子单元，所述第一绕射子单元于所述第一时间中

对所述第一光形成绕射作用而产生所述第一结构光，所述第二绕射子单元于所述第二时间中对所述第二光形成绕射作用而产生所述第二结构光。

3、如权利要求 1 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述第一发光单元接收第一脉冲信号并根据所述第一脉冲信号发射出所述第一光，所述第二发光单元接收第二脉冲信号并根据所述第二脉冲信号发射出所述第二光。

4、如权利要求 3 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述第一脉冲信号及所述第二脉冲信号的占空比小于特定占空比，所述第一发光单元及所述第二发光单元的发光功率大于特定功率。

5、如权利要求 1 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述第一发光单元所发射的所述第一光相对于所述绕射单元具有第一入射角，所述第二发光单元所发射的所述第二光相对于所述绕射单元具有第二入射角，所述第一入射角与所述第二入射角不同，而使得所述第一结构光与所述第二结构光之间的所述结构光相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍。

6、如权利要求 1 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述感光像素阵列包括多个感光像素电路，多个感光像素电路中一第一感光像素电路包括：
感光元件；
第一光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：

第一传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第一传输闸于所述第一时间导通；

第一输出晶体管，耦接于所述第一传输闸；以及

第一读取晶体管，耦接于所述第一输出晶体管，用来输出第一输出信号；以及

第二光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：

第二传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第二传输闸于所述第二时间导通；

第二输出晶体管，耦接于所述第二传输闸；以及

第二读取晶体管，耦接于所述第二输出晶体管，用来输出第二输出信号；

其中，所述第一影像中对应于所述第一感光像素电路的第一像素值为所述第一输出信号，所述第二影像中对应于所述第一感光像素电路的第二像素值为所述第二输出信号；

其中，所述同相影像中对应于所述第一感光像素电路的第一同相像素值相关于所述第一输出信号，所述正交影像中对应于所述第一感光像素电路的第一正交像素值相关于所述第二输出信号。

7、如权利要求 6 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述第一感光像素电路还包括：

第三光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：

第三传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第三传输闸于第三时间导通，于所述第三时间中，所述第一发光单元及所述第二发光单元皆不发光；

第三输出晶体管，耦接于所述第三传输闸；以及

5 第三读取晶体管，耦接于所述第三输出晶体管，用来输出第三输出信号；

其中，所述同相影像中对应于所述第一感光像素电路的所述第一同相像素值相关于所述第一输出信号减去所述第三输出信号，所述正交影像中对应于所述第一感光像素电路的所述第一正交像素值相关于所述第二输出信号减去所述第三输出信号；

10

其中，所述多个感光像素电路所输出的多个第三输出信号形成第三影像。

8、如权利要求 6 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述第一感光像素电路还包括：

15 第四光电读取电路，耦接于所述感光元件，包括：

第四传输闸，耦接于所述感光元件，其中所述第四传输闸于第四时间导通，所述第一时间与所述第四时间相隔时间间隔；

第四输出晶体管，耦接于所述第四传输闸；以及

第四读取晶体管，耦接于所述第四输出晶体管，用来输出第四输出信号；

20

其中，所述同相影像中对应于所述第一感光像素电路的所述第一同相像素值相关于所述第一输出信号及第四输出信号；

其中，所述多个感光像素电路所输出的多个第四输出信号形成第四影像；
其中，所述运算单元根据所述第一影像及所述第四影像，取得对应于所述目标物件的飞时距离。

5 9、如权利要求1所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：

根据所述同相影像及所述正交影像，产生相位影像，其中所述相位影像代表所述第一结构光所形成的所述同相影像与所述第二结构光所形成的
10 所述正交影像之间的影像相位；

根据所述相位影像，产生对应于第一相位角度的第一光条纹影像，其中所述
所述第一光条纹影像纪录所述影像相位为所述第一相位角度的坐标位置；以及

根据所述第一光条纹影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。
15

10、如权利要求9所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述第一相位角度为0。

11、如权利要求9所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元
20 用来执行以下步骤，以根据所述相位影像，产生对应于所述第一相位角度的所述
所述第一光条纹影像：

取得所述相位影像中位于第一像素坐标位置的第一相位影像像素值，并取得所述相位影像中位于第二像素坐标位置的第二相位影像像素值，其中所述第一像素坐标位置于第一维度直接相邻于所述第二像素坐标位置；

5 判断所述第一相位角度是否介于所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间；

当所述第一相位角度介于所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间时，根据所述第一相位角度、所述第一相位影像像素值及所述第二相位影像像素值，执行内插运算，以取得内插结果；

10 将所述内插结果储存至所述第一光条纹影像的所述第一像素坐标位置，而所述内插结果成为所述第一光条纹影像中于所述第一像素坐标位置的光条纹影像像素值。

12、如权利要求 11 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元
15 用来执行以下步骤，以根据所述第一相位角度、所述第一相位影像像素值及所述第二相位影像像素值，执行所述内插运算以取得所述内插结果：

计算所述内插结果为 $\frac{\theta - \text{PHI}(n-1, m)}{\text{PHI}(n, m) - \text{PHI}(n-1, m)} + n - 1$ ；

其中， θ 代表所述第一相位角度， (n, m) 代表所述第一像素坐标位置， $(n-1, m)$ 代表所述第二像素坐标位置， $\text{PHI}(n, m)$ 代表所述第一相位影像像素值，
20 $\text{PHI}(n-1, m)$ 所述第二相位影像像素值。

13、如权利要求 11 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述相位影像，产生对应于所述第一相位角度的所述第一光条纹影像：

5 当所述第一相位角度不介于所述相位影像中所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间时，所述第一光条纹影像中对应于所述第一像素坐标位置的光条纹影像像素值为 0。

14、如权利要求 9 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述第一光条纹影像，产生对应于所述目标物件的
10 所述深度影像：

取得所述目标物件对应于第三像素坐标位置的第一二维图像坐标，其中所述
第一二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, LSP_1(n, m))$ ， y_0 代表所述第一二维
图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述第一二维图像坐标于第二
维度的坐标值， n 代表所述第三像素坐标位置于所述第一维度的坐标
15 值， m 代表所述第三像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $LSP_1(n, m)$
代表所述第一光条纹影像于第三像素坐标位置的光条纹影像像素值；
根据所述第一二维图像坐标，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标
位置的第一三维图像坐标；以及
根据所述第一三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标
20 位置的深度影像像素值。

15、如权利要求 9 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：

根据所述相位影像，产生对应于至少一第二相位角度的至少一第二光条纹影像，其中所述至少一第二相位角度不同于所述第一相位角度，所述至少一第二光条纹影像不同于所述第一光条纹影像相位；以及将所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像整合成为整合影像；以及

根据所述整合影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

16、如权利要求 15 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述至少一第二相位角度为 $(2\pi/L)$ 的整数倍， L 为大于 1 的正整数。

17、如权利要求 15 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元用来执行以下步骤，以将所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像整合成为所述整合影像：

产生所述整合影像为所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像的相加结果。

18、如权利要求 15 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元用来执行以下步骤，以根据所述整合影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：

取得所述目标物件于所述整合影像中对应于第四像素坐标位置的所述第二二维图像坐标，其中所述第二二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n, m))$ ， y_0 代表所述第二二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述第二二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第四像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第四像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $MG(n, m)$ 代表所述整合影像于第四像素坐标位置的整合影像像素值；

根据所述第二二维图像坐标，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的第二三维图像坐标；以及

根据所述第二三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

19、如权利要求 15 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述感光像素阵列于第三时间接收背景光以产生第三影像，所述感光像素阵列于第四时间中接收对应于所述第一结构光的反射光以产生第四影像，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：

根据所述第一影像及所述第四影像，产生对应于所述目标物件的飞时距离；根据所述飞时距离及所述第一光条纹影像，决定角度，其中所述角度代表所述目标物件、所述发光模块与所述感光像素阵列之间的夹角；以及根据所述整合影像以及所述角度，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

20、如权利要求 19 所述的三维影像测距系统，其特征在于，所述运算单元另用来执行以下步骤，以根据所述整合影像以及所述角度，产生对应于所述目标物件的所述深度影像：

- 5 取得所述目标物件于所述整合影像中对应于第四像素坐标位置的第二二维图像坐标，其中所述第二二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n, m))$ ， y_0 代表所述第二二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第四像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第四像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $MG(n, m)$ 代表所述整合影像于第四像素坐标位置的整合影像像素值；
- 10 根据所述第二二维图像坐标以及所述角度，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的第二三维图像坐标；以及
- 根据所述第二三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标
- 15 位置的深度影像像素值。

- 21、一种三维影像测距方法，应用于三维影像测距系统，其特征在于，所述三维影像测距系统包括发光模块及感光像素阵列，所述发光模块于第一时间中发射第一结构光，并于第二时间中发射第二结构光，所述感光像素阵列于所述第一时间接收对应于所述第一结构光的反射光以产生第一影像，并于所述第二时间接收对应于所述第二结构光的反射光以产生第二影像，其中所述第一结
- 20

构光与所述第二结构光之间的结构光相位差为 $(\pi/2)$ 的奇数倍，所述三维影像测距方法包括：

根据所述第一影像及所述第二影像，产生相关于所述第一结构光的同相影像及相关于所述第二结构光的正交影像；以及

5 根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于目标物件的深度影像。

22、如权利要求 21 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像的步骤包括：

10 根据所述同相影像及所述正交影像，产生相位影像，其中所述相位影像代表所述第一结构光所形成的所述同相影像与所述第二结构光所形成的所述正交影像之间的影像相位；

根据所述相位影像，产生对应于第一相位角度的第一光条纹影像，其中所述
第一光条纹影像纪录所述影像相位为所述第一相位角度的坐标位置；以及

15 根据所述第一光条纹影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

23、如权利要求 22 所述的三维影像测距方法，其特征在于，所述第一相位角度为 0。

20 24、如权利要求 22 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述相位影像，产生对应于所述第一相位角度的所述第一光条纹影像的步骤包括：

取得所述相位影像中位于第一像素坐标位置的第一相位影像像素值，并取得所述相位影像中位于第二像素坐标位置的第二相位影像像素值，其中所述第一像素坐标位置于第一维度直接相邻于所述第二像素坐标位置；

5 判断所述第一相位角度是否介于所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间；

当所述第一相位角度介于所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间时，根据所述第一相位角度、所述第一相位影像像素值及所述第二相位影像像素值，执行内插运算，以取得内插结果；

10 将所述内插结果储存至所述第一光条纹影像的所述第一像素坐标位置，而所述内插结果成为所述第一光条纹影像中于所述第一像素坐标位置的光条纹影像像素值。

25、如权利要求 24 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述第一
15 相位角度、所述第一相位影像像素值及所述第二相位影像像素值，执行所述内插运算以取得所述内插结果的步骤包括：

计算所述内插结果为 $\frac{\theta - \text{PHI}(n-1, m)}{\text{PHI}(n, m) - \text{PHI}(n-1, m)} + n - 1$ ；

其中， θ 代表所述第一相位角度， (n, m) 代表所述第一像素坐标位置， $(n-1, m)$ 代表所述第二像素坐标位置， $\text{PHI}(n, m)$ 代表所述第一相位影像像素值，
20 $\text{PHI}(n-1, m)$ 所述第二相位影像像素值。

26、如权利要求 24 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述相位影像，产生对应于所述第一相位角度的所述第一光条纹影像的步骤另包括：

当所述第一相位角度不介于所述相位影像中所述第一相位影像像素值与所述第二相位影像像素值之间时，所述第一光条纹影像中对应于所述第一像素坐标位置的光条纹影像像素值为 0。

27、如权利要求 22 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述第一光条纹影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像的步骤包括：

取得所述目标物件对应于第三像素坐标位置的第一二维图像坐标，其中所述
10 第一二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, LSP_1(n, m))$ ， y_0 代表所述第一二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述第一二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第三像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第三像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $LSP_1(n, m)$ 代表所述第一光条纹影像于第三像素坐标位置的光条纹影像像素值；
15 根据所述第一二维图像坐标，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的第一三维图像坐标；以及
根据所述第一三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

20 28、如权利要求 22 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述同相影像及所述正交影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像的步骤另包括：

根据所述相位影像，产生对应于至少一第二相位角度的至少一第二光条纹影像，其中所述至少一第二相位角度不同于所述第一相位角度，所述至少一第二光条纹影像不同于所述第一光条纹影像影像相位；以及将所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像整合成为整合影像；

5 以及

根据所述整合影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

29、如权利要求 28 所述的三维影像测距方法，其特征在于，所述至少一第二相位角度为 $(2\pi/L)$ 的整数倍， L 为大于 1 的正整数。

30、如权利要求 28 所述的三维影像测距方法，其特征在于，将所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像整合成为所述整合影像的步骤包括：

产生所述整合影像为所述第一光条纹影像及所述至少一第二光条纹影像的相加结果。

31、如权利要求 28 所述的三维影像测距方法，其特征在于，根据所述整合影像，产生对应于所述目标物件的所述深度影像的步骤包括：

取得所述目标物件于所述整合影像中对应于第四像素坐标位置的所述第二二维图像坐标，其中所述第二二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n, m))$ ， y_0 代表所述第二二维图像坐标于第一维度的坐标值， x_0 代表所述二维图像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第四像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第四像素坐标位置于所述第二维度的坐

标值, $MG(n,m)$ 代表所述整合影像于第四像素坐标位置的整合影像像素值;

根据所述第二二维图像坐标, 取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的所述第二三维图像坐标; 以及

5 根据所述第二三维图像坐标, 计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

32、如权利要求 28 所述的三维影像测距方法, 其特征在于, 所述感光像素阵列于第三时间接收背景光以产生第三影像, 所述感光像素阵列于第四时间中
10 接收对应于所述第一结构光的反射光以产生第四影像, 根据所述同相影像及所述正交影像, 产生对应于所述目标物件的所述深度影像的步骤另包括:

根据所述第一影像及所述第四影像, 产生对应于所述目标物件的飞时距离; 根据所述飞时距离及所述第一光条纹影像, 决定角度, 其中所述角度代表
所述目标物件、所述发光模块与所述感光像素阵列之间的夹角; 以及
15 根据所述整合影像以及所述角度, 产生对应于所述目标物件的所述深度影像。

33、如权利要求 32 所述的三维影像测距方法, 其特征在于, 根据所述整合影像以及所述角度, 产生对应于所述目标物件的所述深度影像的步骤另包括:

20 取得所述目标物件于所述整合影像中对应于第四像素坐标位置的第二二维图像坐标, 其中所述第二二维图像坐标为 $(x_0, y_0) = (m, MG(n,m))$, y_0 代表所述第二二维图像坐标于第一维度的坐标值, x_0 代表所述二维图

像坐标于第二维度的坐标值， n 代表所述第四像素坐标位置于所述第一维度的坐标值， m 代表所述第四像素坐标位置于所述第二维度的坐标值， $MG(n,m)$ 代表所述整合影像于第四像素坐标位置的整合影像像素值；

- 5 根据所述第二二维图像坐标以及所述角度，取得所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的第二三维图像坐标；以及
- 根据所述第二三维图像坐标，计算所述目标物件对应于所述第三像素坐标位置的深度影像像素值。

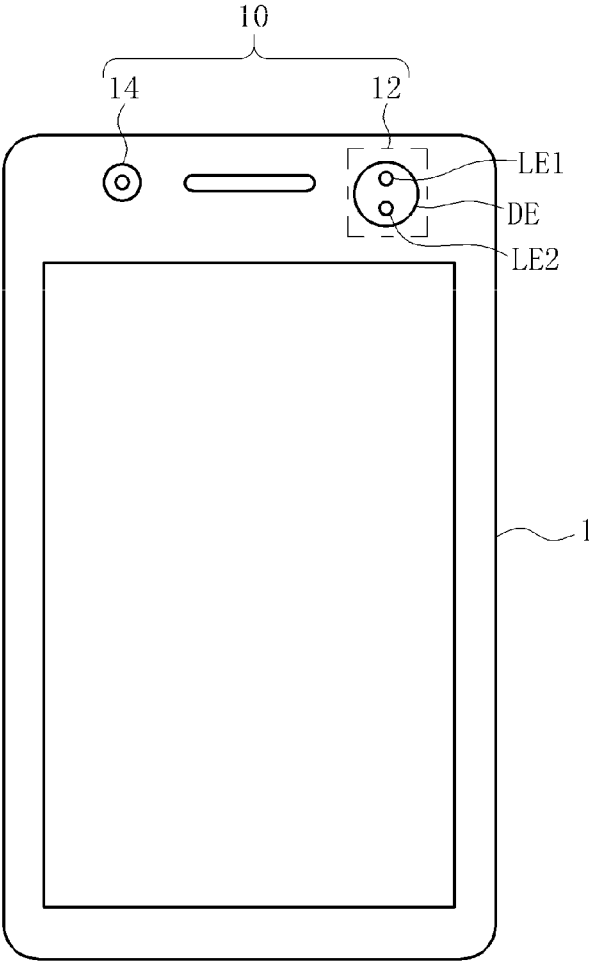


图1

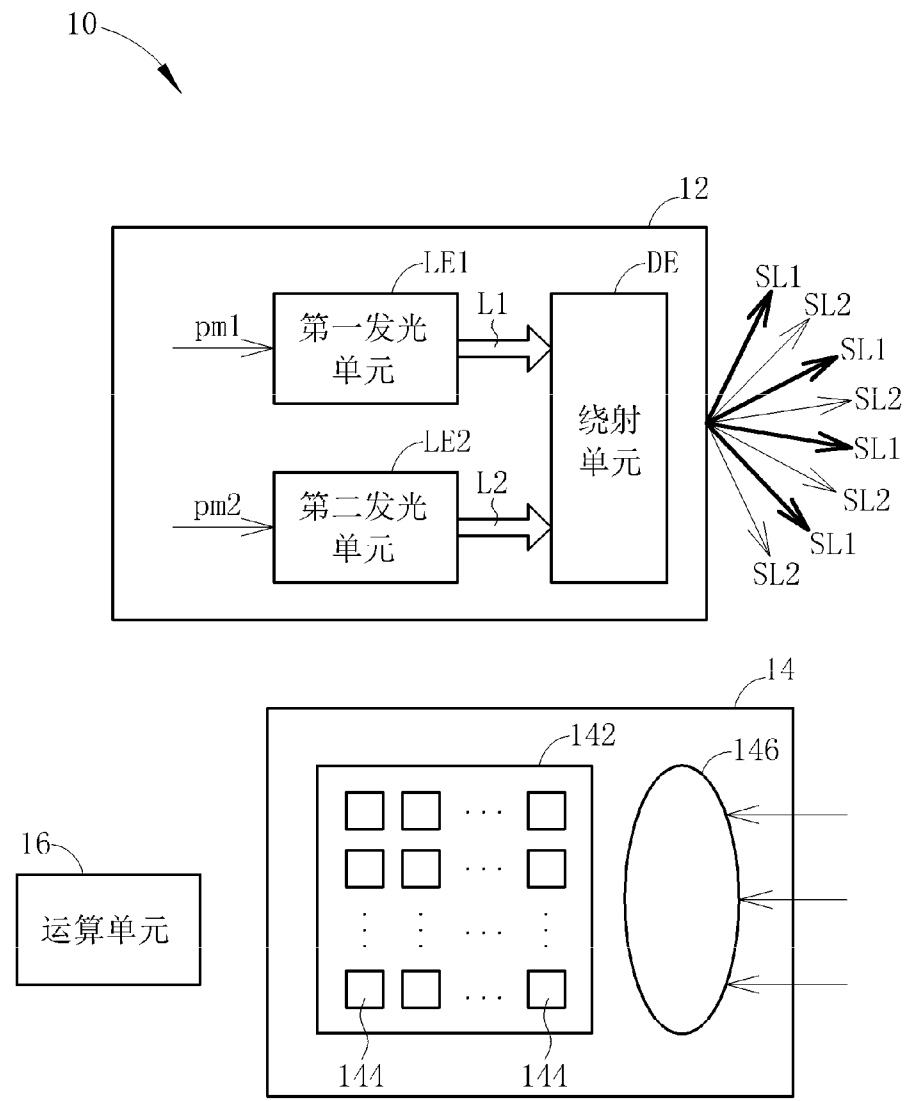


图2

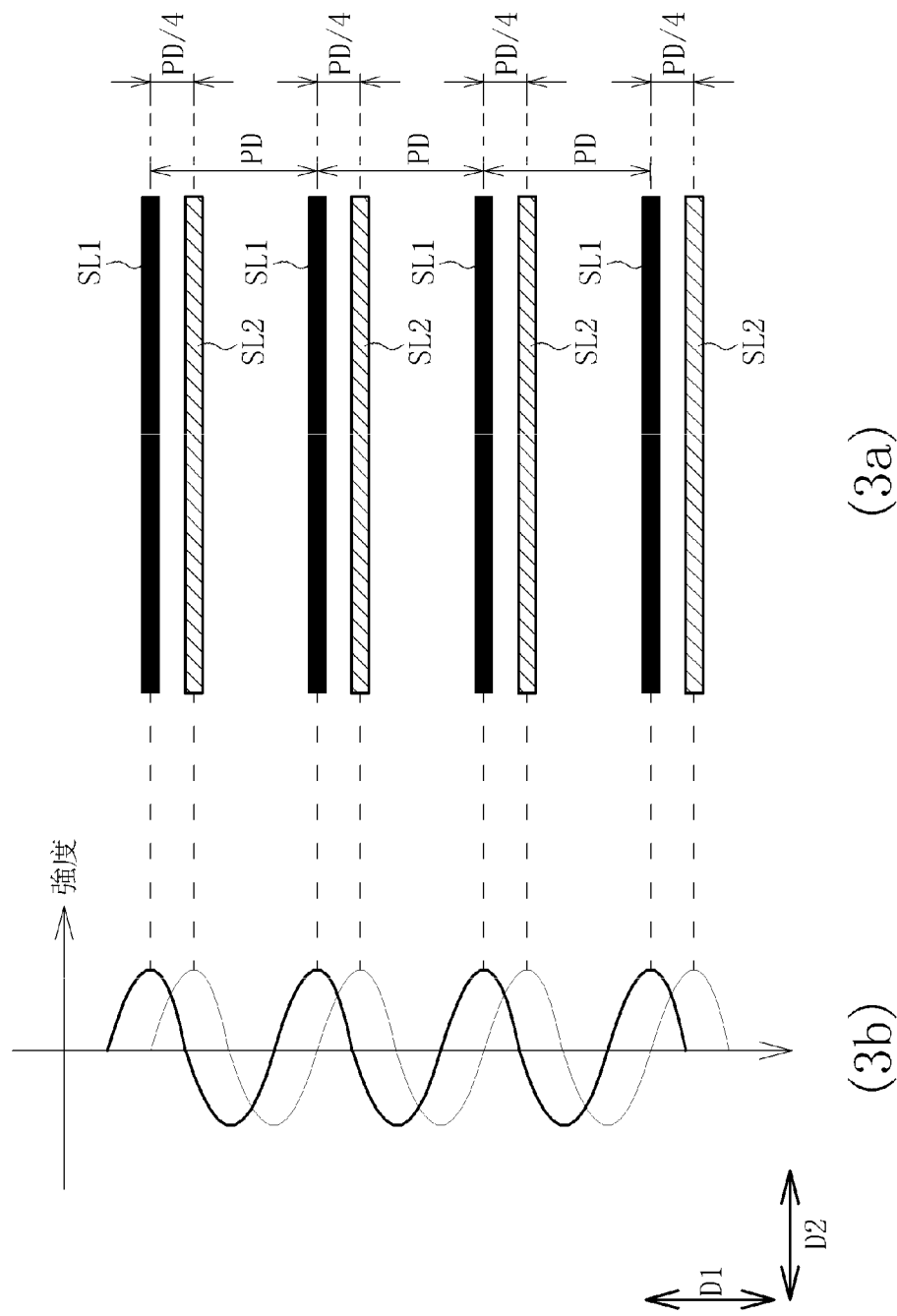


图3

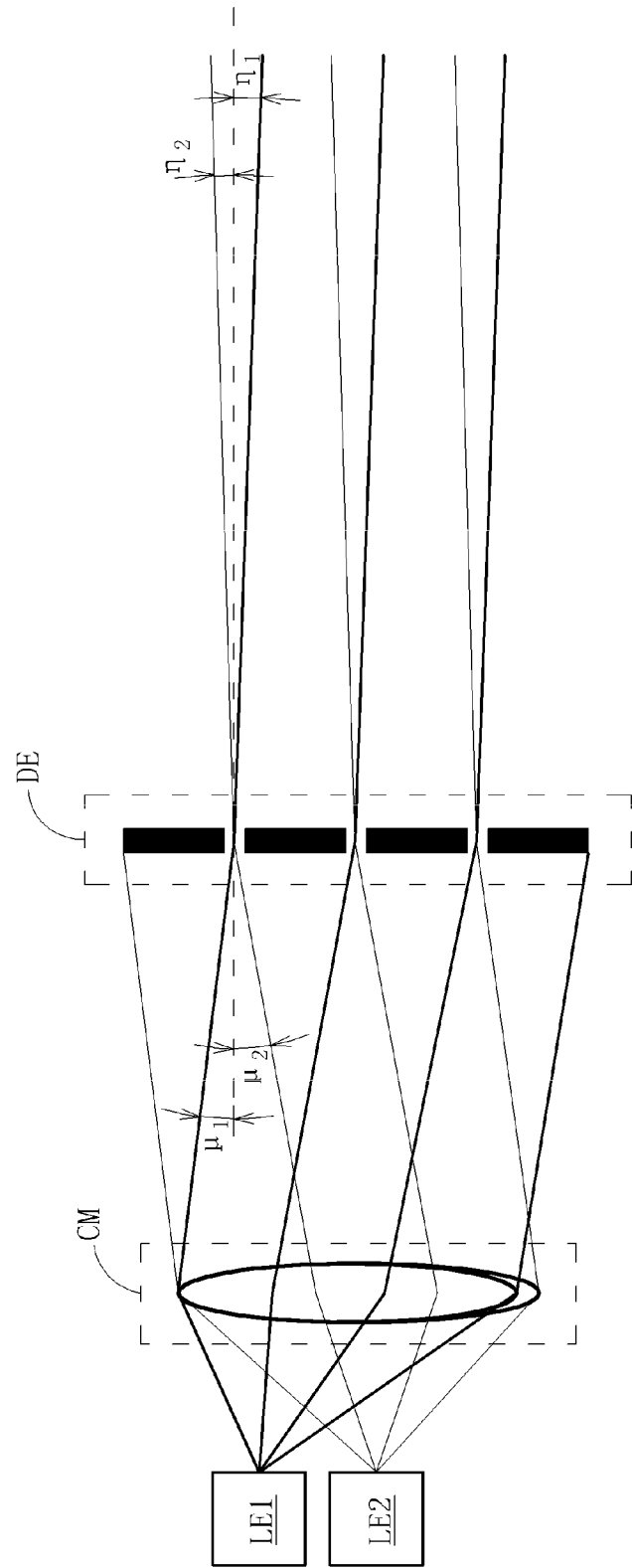


图4

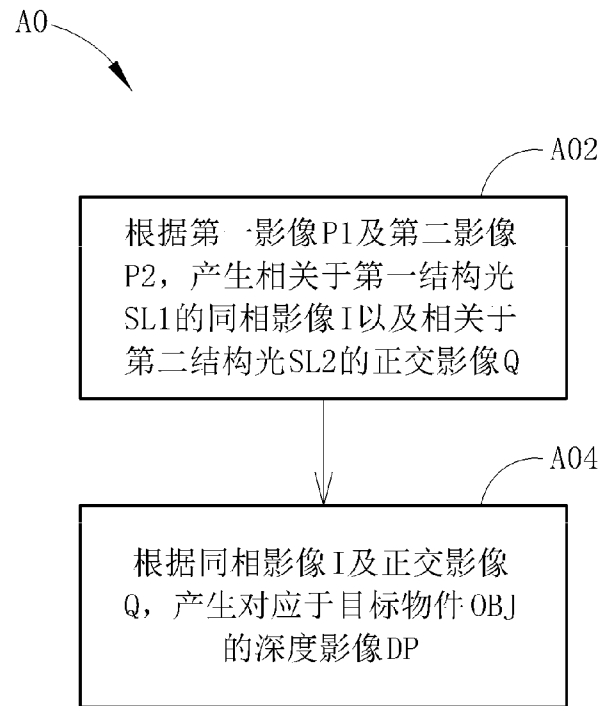


图5

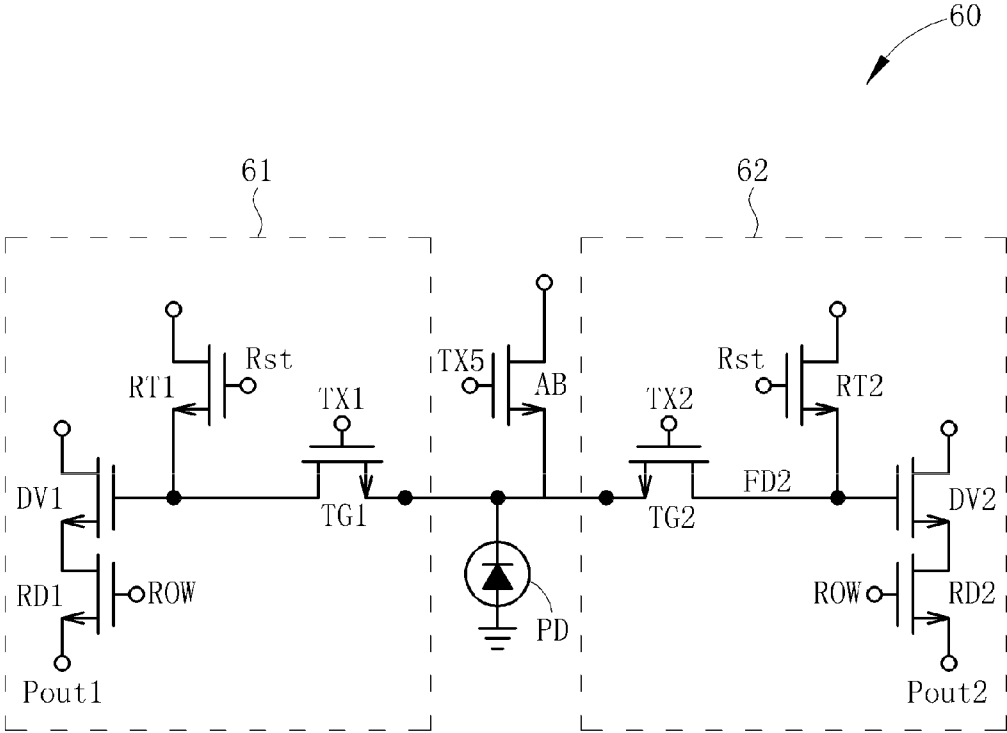


图6

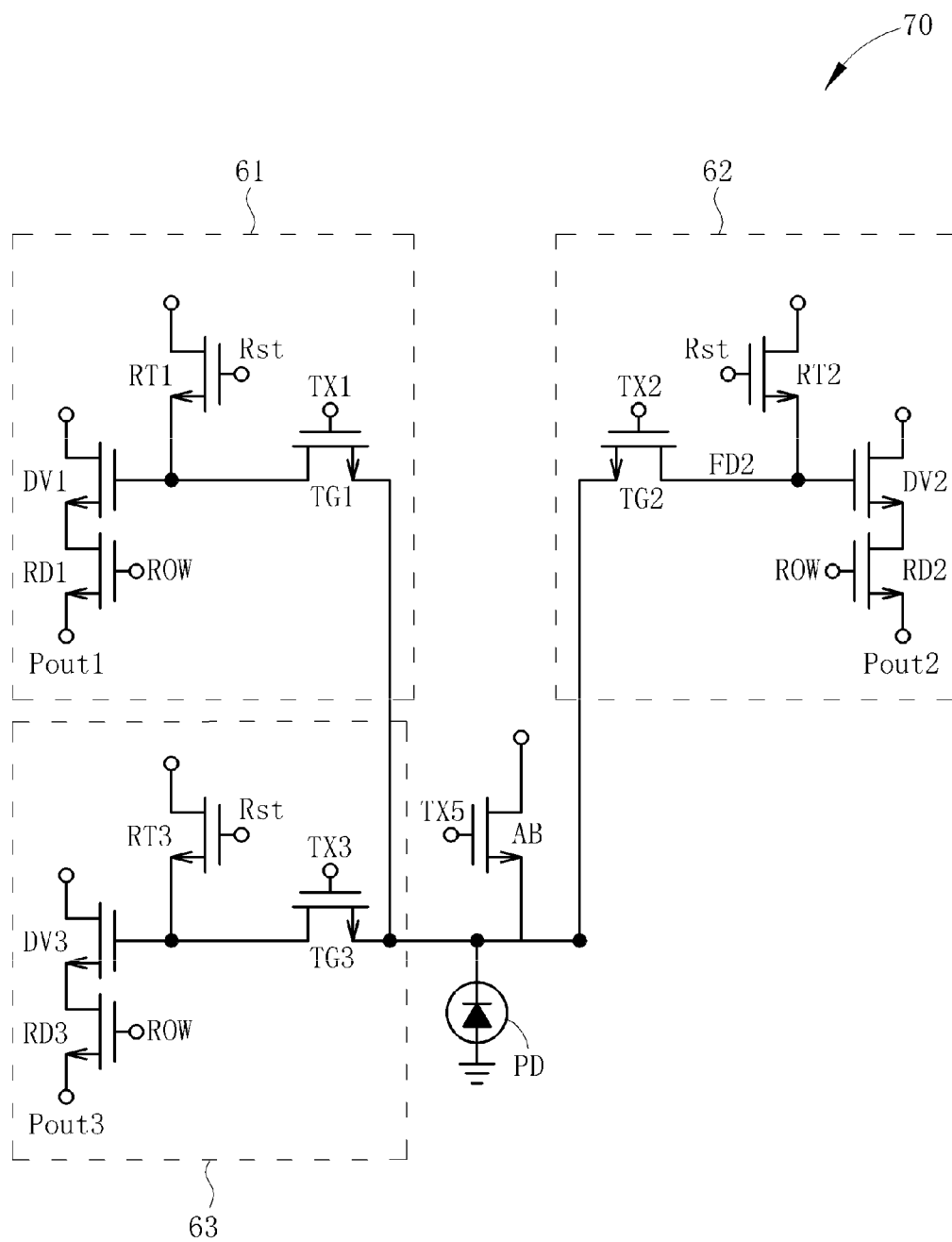


图7

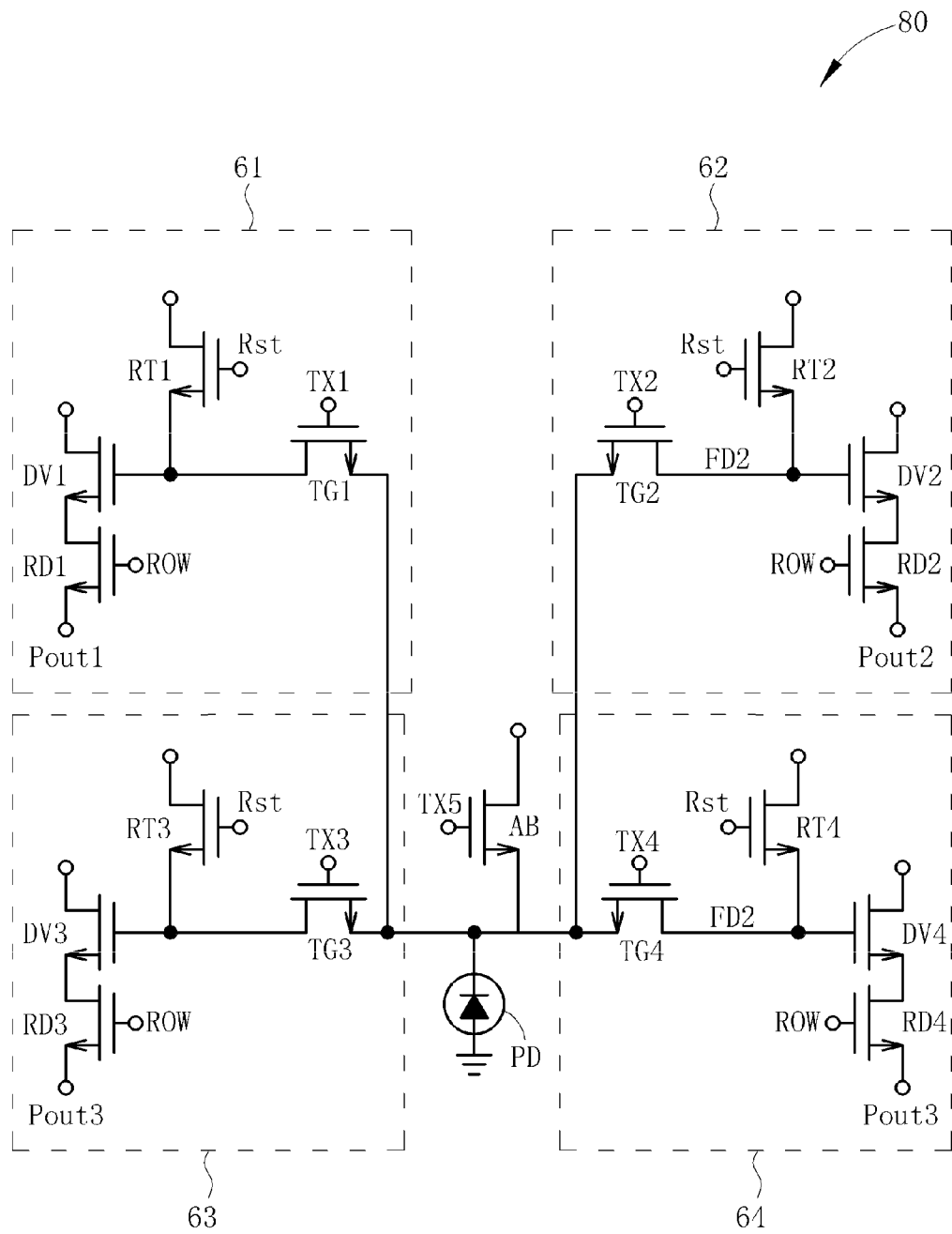


图8

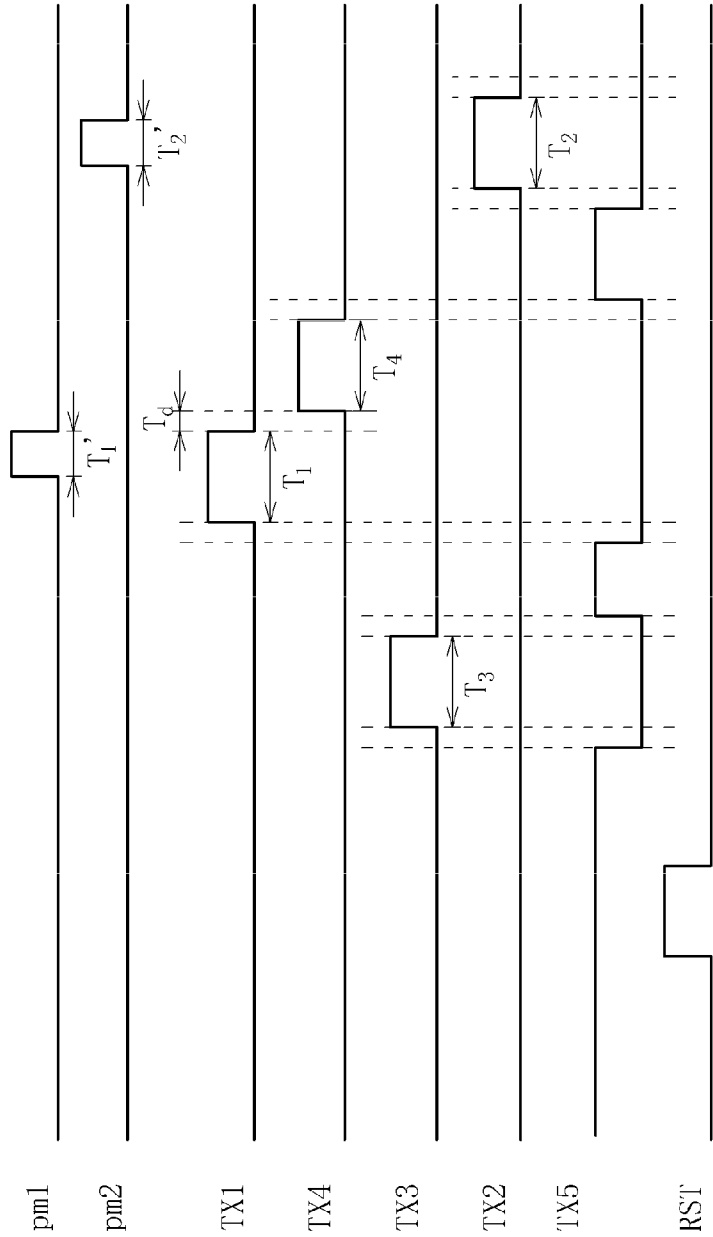


图9

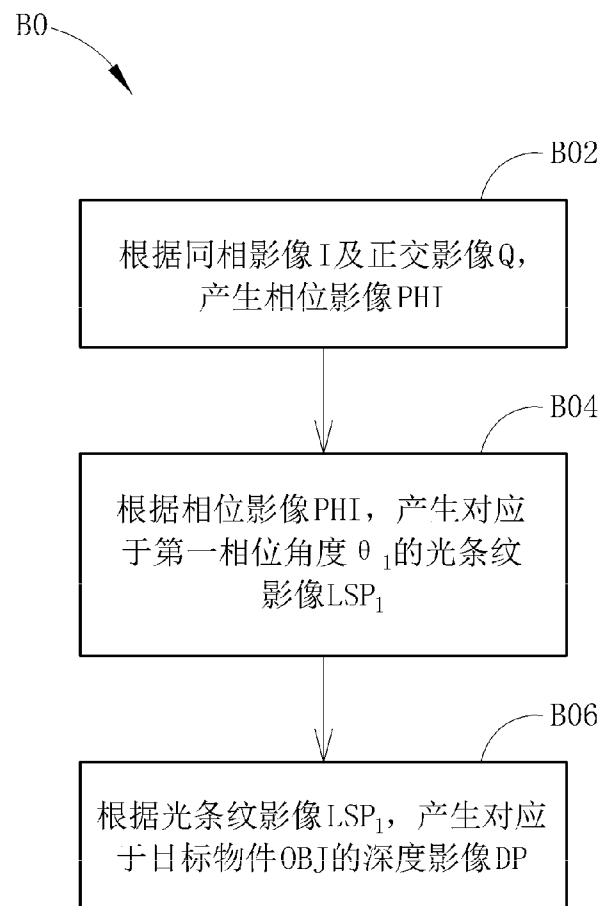


图10

PHI

$\frac{n}{m}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	-1	-1	2.57	3.37	2.07	1.67	-1	-1
3	-1	-1	-1	-1	4.14	4.94	3.64	3.24	-1	-1
4	-1	-1	-1	5.11	5.71	0.23	5.21	4.81	-1	-1
5	-1	-1	0.1	0.4	1	1.8	0.5	0.1	-1	-1
6	-1	1.59	1.67	1.97	2.57	3.37	2.07	1.67	-1	-1
7	3.34	3.16	3.24	3.54	4.14	4.94	3.64	3.24	-1	-1
8	4.91	4.73	4.81	5.11	5.71	0.23	5.21	4.81	-1	-1
9	0.2	0.02	0.1	0.4	1	1.8	0.5	0.1	1	1
10	1.77	1.59	1.67	1.97	2.57	3.37	2.07	1.67	1.87	-1
11	3.34	3.16	3.24	3.54	4.14	4.94	3.64	3.24	3.44	-1
12	4.91	4.73	4.81	5.11	5.71	0.23	5.21	4.81	5.01	1
13	0.2	0.02	0.1	0.4	1	1.8	0.5	0.1	0.3	0.5
14	1.77	1.59	1.67	1.97	2.57	3.37	2.07	1.67	1.87	2.07
15	3.34	3.16	3.24	3.54	4.14	4.94	3.64	3.24	3.44	-1
16	-1	4.73	4.81	5.11	5.71	0.23	5.21	4.81	-1	-1
17	-1	-1	0.1	0.4	1	1.8	0.5	0.1	-1	-1
18	-1	-1	-1	1.97	2.57	3.37	2.07	-1	-1	-1
19	-1	-1	-1	-1	4.14	4.94	-1	-1	-1	-1
20	-1	-1	-1	-1	-1	0.23	-1	-1	-1	-1

图11

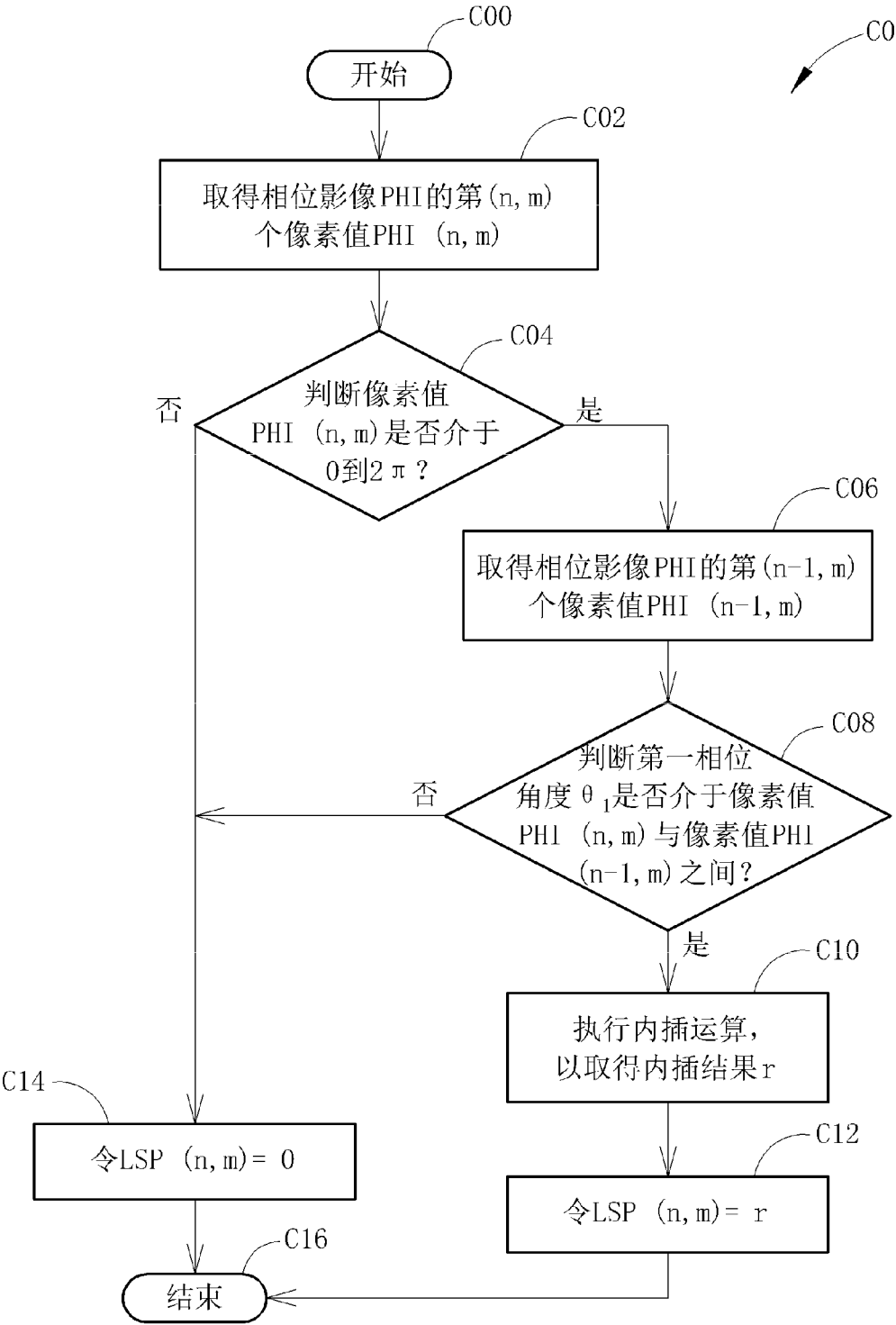


图12

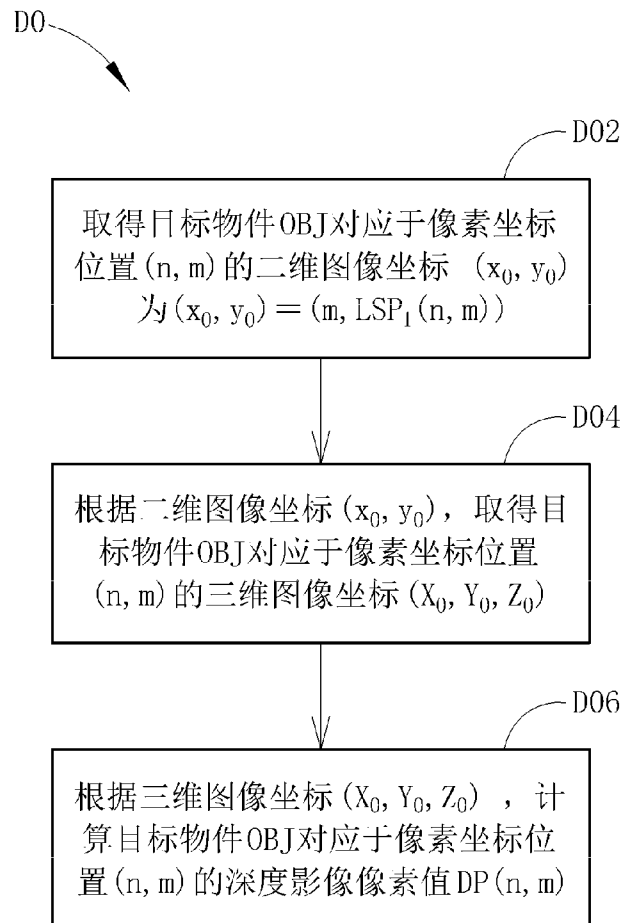


图14

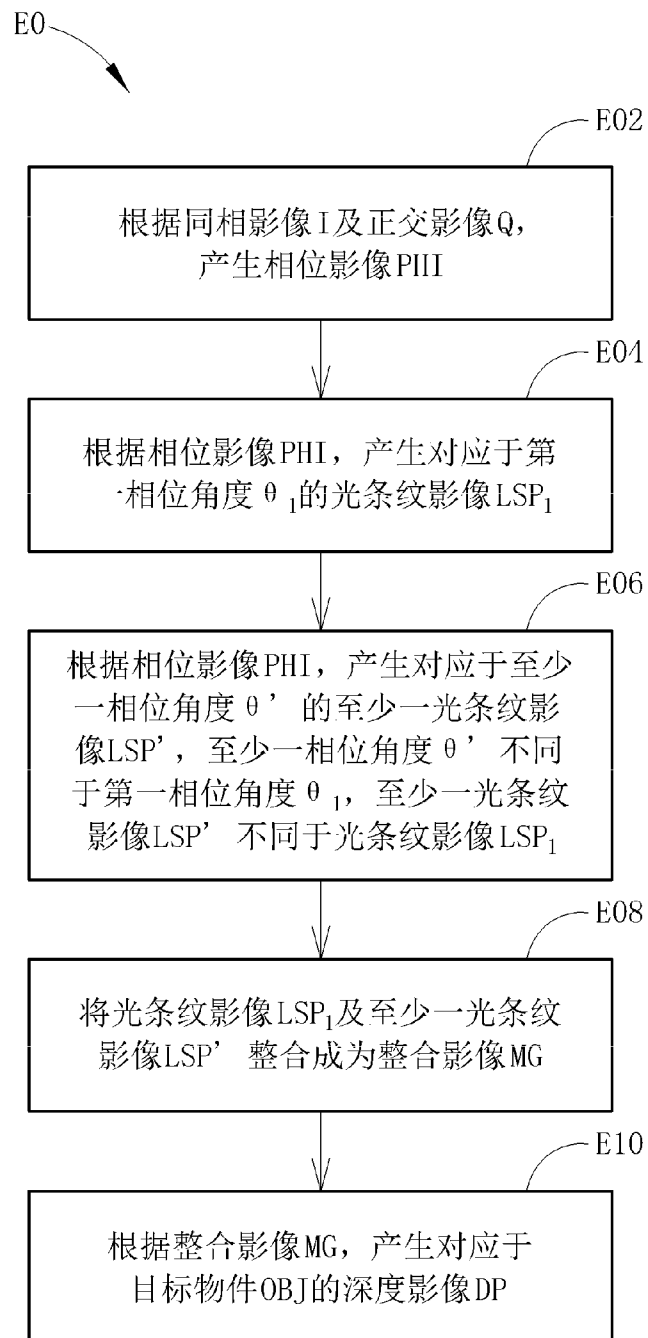


图15

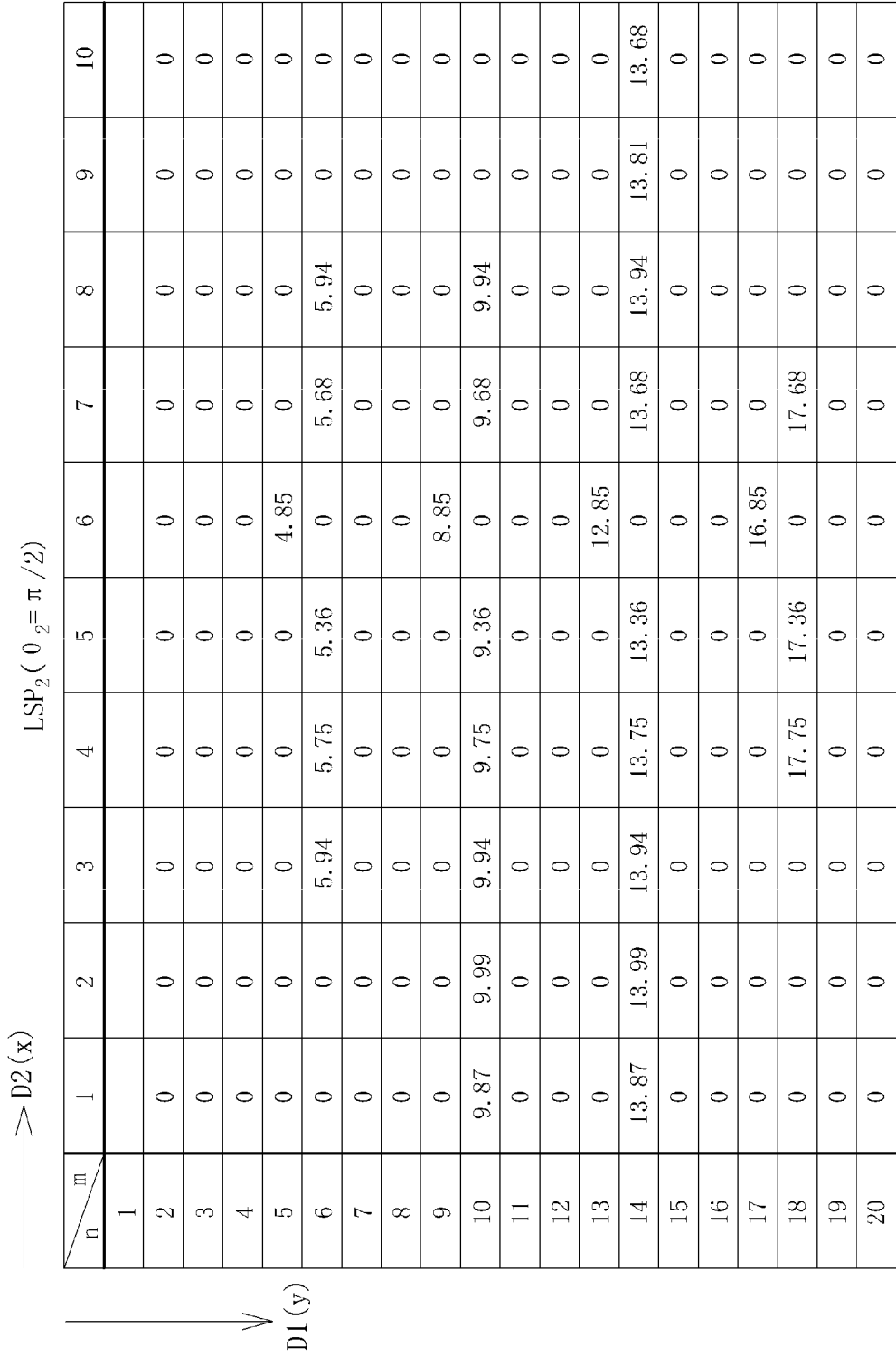


图16

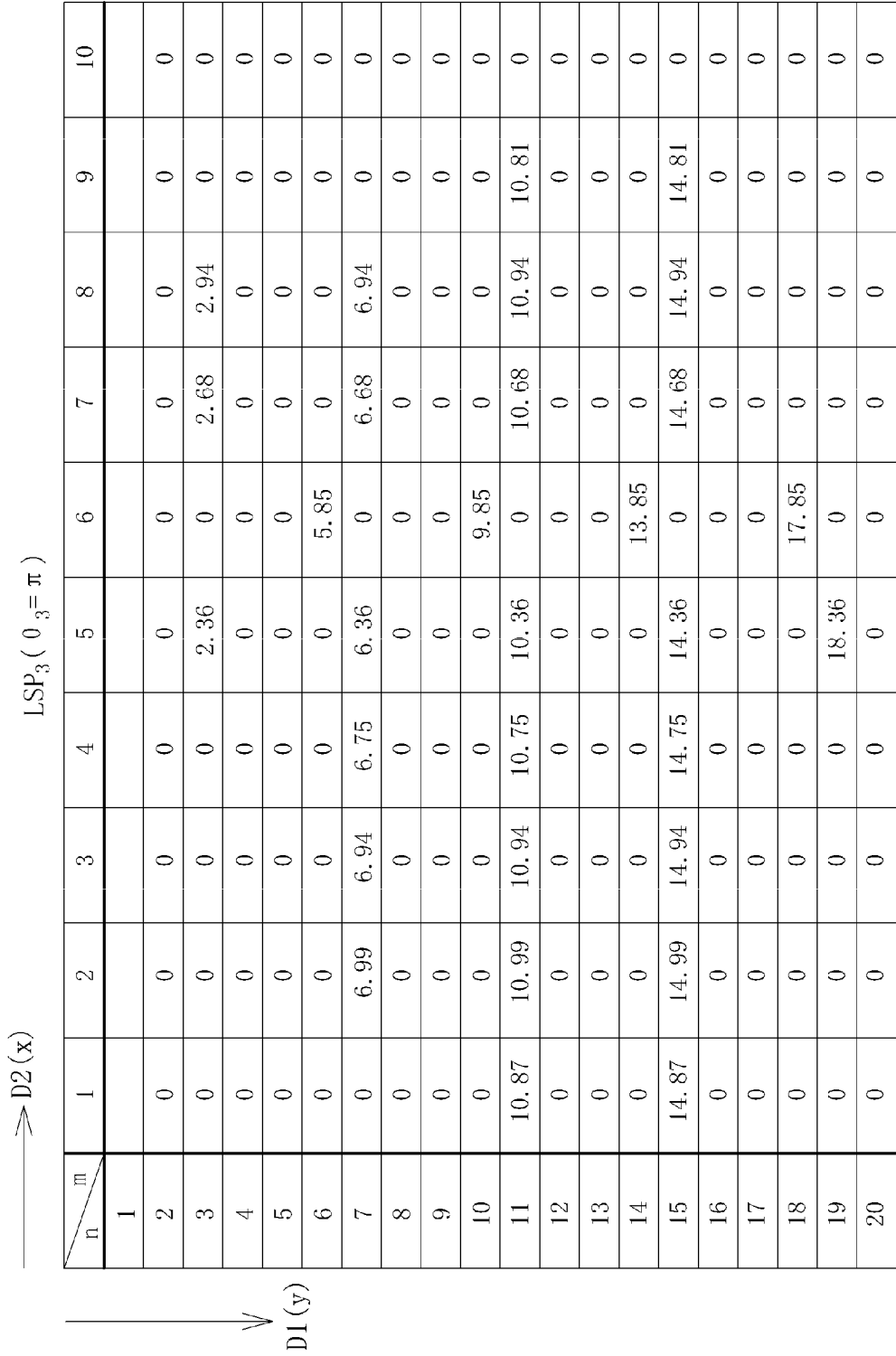


图17

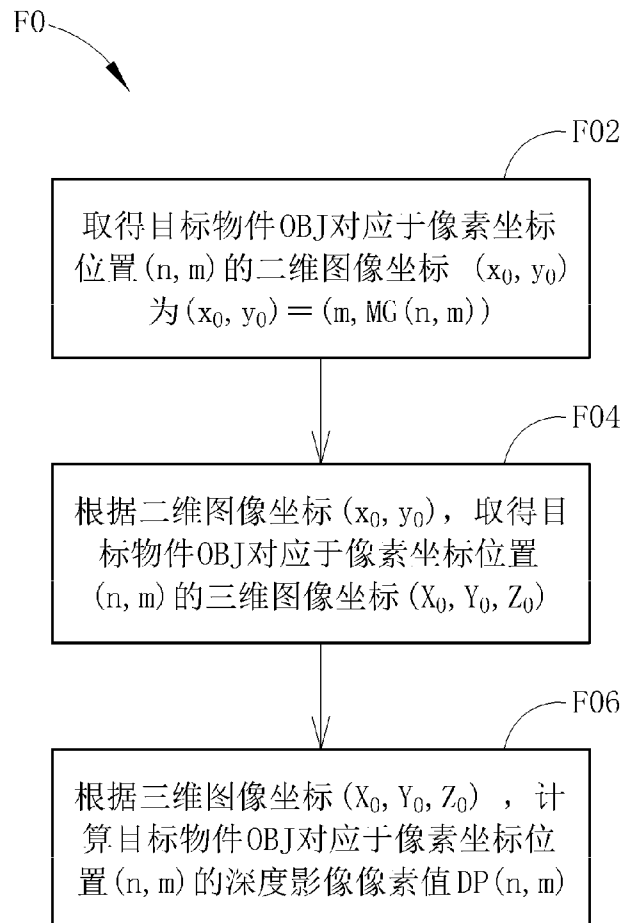


图20

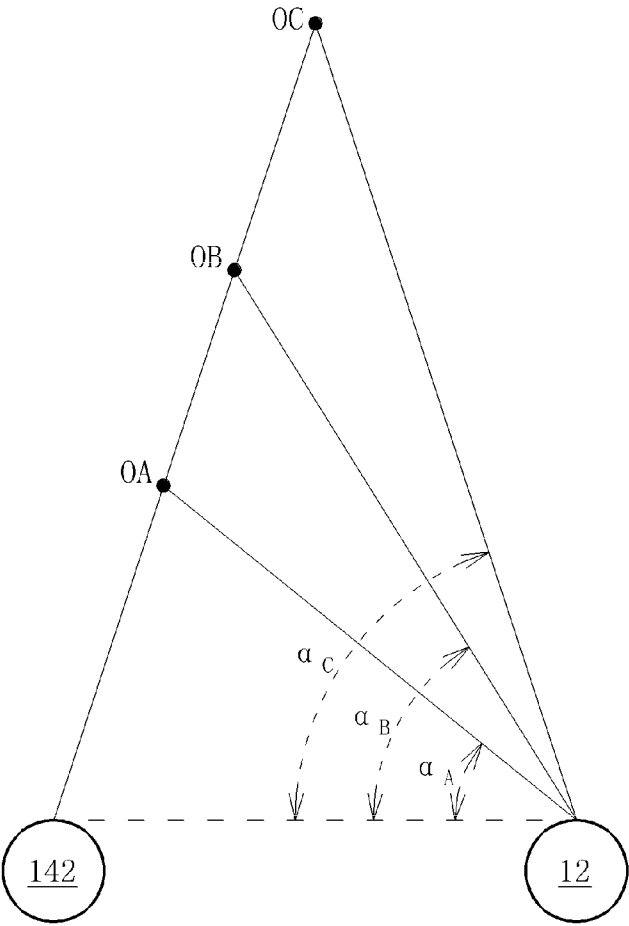


图21

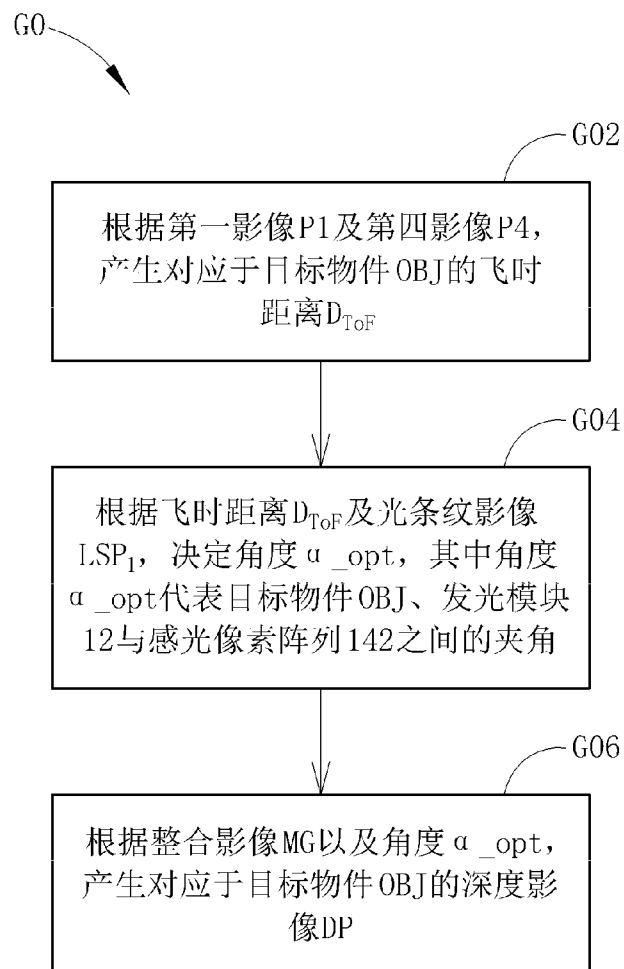


图22

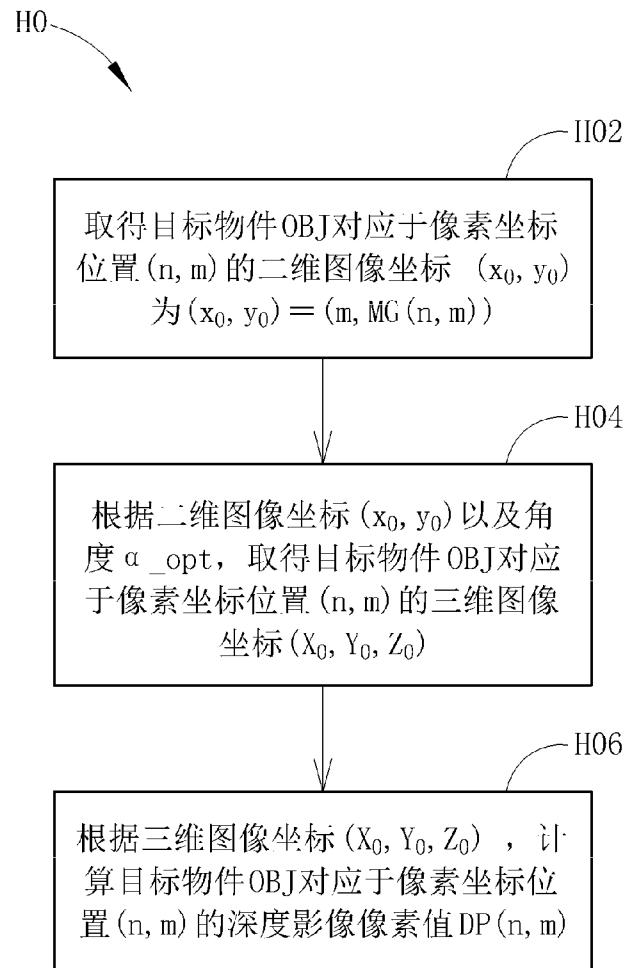


图23

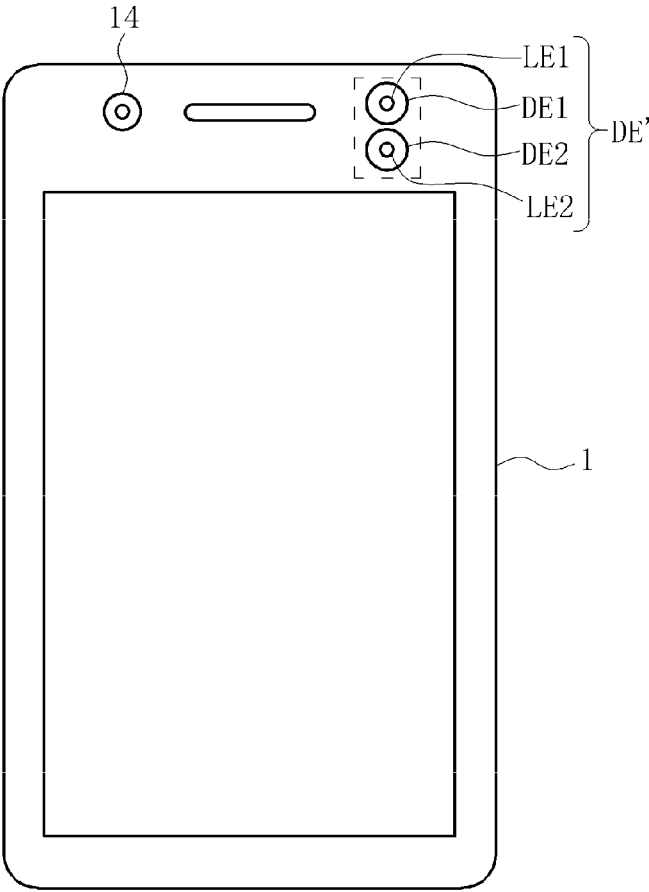
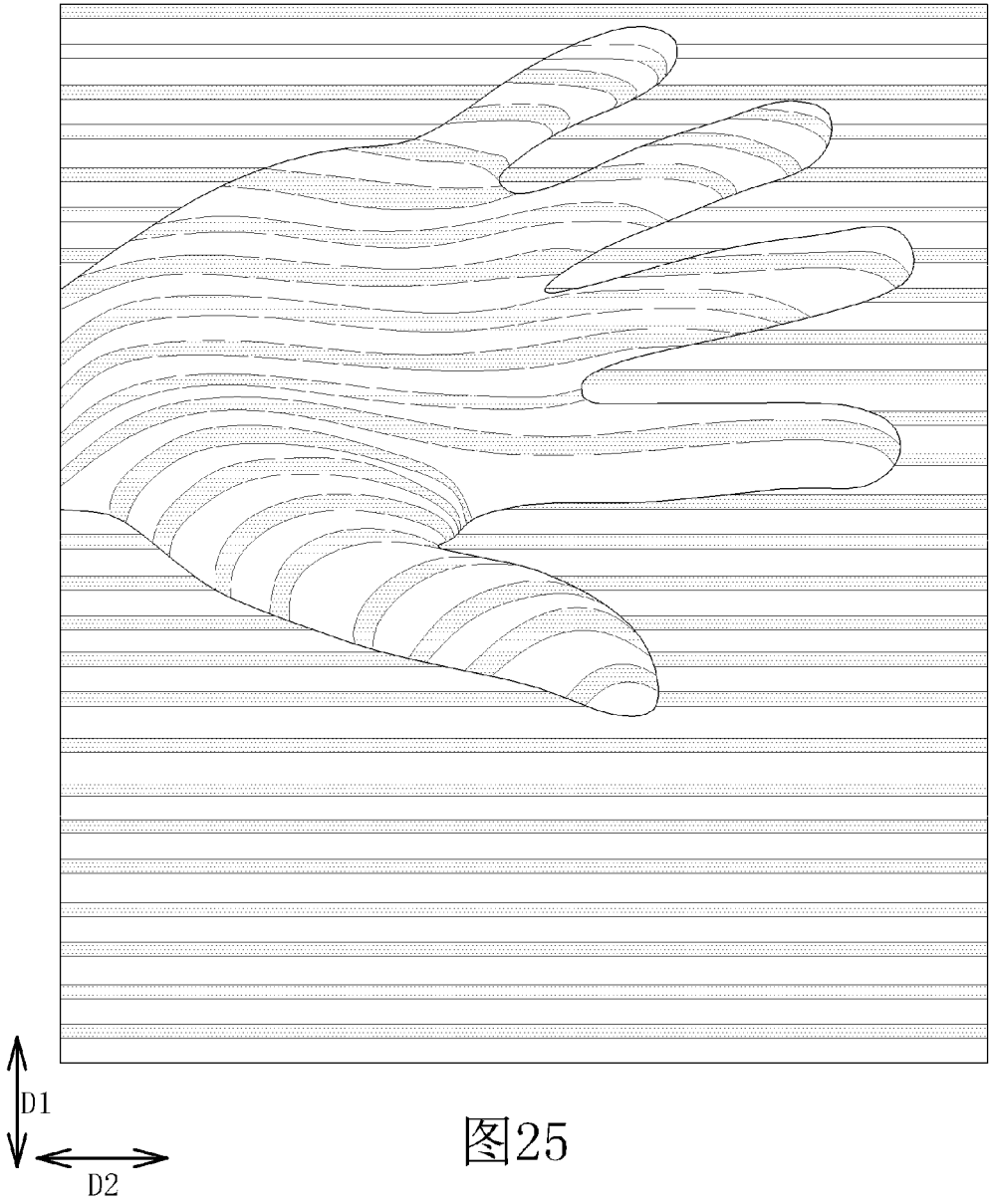


图24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/082441

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/25(2006.01)i; G01B 11/22(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 11

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, DWPI, SIPOABS, CNKI: 三维, 影像, 测距, 测量, 第一, 第二, 发光, 绕射, 衍射, 结构光, 相位差, 同相, 正交, 深度, 3D, three w dimensional, image, distance, first, second, diffract, structured w light, phase, depth

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106289092 A (EVERREADY PRECISION INDUSTRIAL CORP.) 04 January 2017 (2017-01-04) description, specific embodiment, and figures 1-5	1-33
A	CN 107690565 A (SHENZHEN GOODIX TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 February 2018 (2018-02-13) entire document	1-33
A	CN 1786658 A (TSINGHUA UNISPLENDOR (GROUP) CO., LTD.) 14 June 2006 (2006-06-14) entire document	1-33
A	US 2017236014 A1 (TRW AUTOMOTIVE US LLC) 17 August 2017 (2017-08-17) entire document	1-33
A	US 2016063309 A1 (GOOGLE INC.) 03 March 2016 (2016-03-03) entire document	1-33

☐ 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

13 December 2018

Date of mailing of the international search report

11 January 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/082441

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106289092	A	04 January 2017	None			
CN	107690565	A	13 February 2018	None			
CN	1786658	A	14 June 2006	CN	1330928	C	08 August 2007
US	2017236014	A1	17 August 2017	CN	107076553	A	18 August 2017
				WO	2016073699	A1	12 May 2016
				DE	112015005020	T5	27 July 2017
US	2016063309	A1	03 March 2016	EP	3186777	A1	05 July 2017
				JP	6211734	B1	11 October 2017
				AU	2015307191	A1	19 January 2017
				JP	2017534836	A	24 November 2017
				US	9507995	B2	29 November 2016
				CN	106575438	A	19 April 2017
				KR	101772367	B1	28 August 2017
				AU	2015307191	B2	28 September 2017
				WO	2016032600	A1	03 March 2016
				KR	20170031252	A	20 March 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/082441

A. 主题的分类

G01B 11/25(2006.01)i; G01B 11/22(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 11

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, DWPI, SIPOABS, CNKI: 三维, 影像, 测距, 测量, 第一, 第二, 发光, 绕射, 衍射, 结构光, 相位差, 同相, 正交, 深度, 3D, three w dimensional, image, distance, first, second, diffract, structured w light, phase, depth

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
A	CN 106289092 A (高准精密工业股份有限公司) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 说明书具体实施方式、附图1-5	1-33
A	CN 107690565 A (深圳市汇顶科技股份有限公司) 2018年 2月 13日 (2018 - 02 - 13) 全文	1-33
A	CN 1786658 A (清华紫光股份有限公司) 2006年 6月 14日 (2006 - 06 - 14) 全文	1-33
A	US 2017236014 A1 (TRW AUTOMOTIVE US LLC) 2017年 8月 17日 (2017 - 08 - 17) 全文	1-33
A	US 2016063309 A1 (GOOGLE INC) 2016年 3月 3日 (2016 - 03 - 03) 全文	1-33

☐ 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

2018年 12月 13日

国际检索报告邮寄日期

2019年 1月 11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

受权官员

黄蓉

电话号码 86-(10)-62085267

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/082441

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	106289092	A	2017年 1月 4日	无			
CN	107690565	A	2018年 2月 13日	无			
CN	1786658	A	2006年 6月 14日	CN	1330928	C	2007年 8月 8日
US	2017236014	A1	2017年 8月 17日	CN	107076553	A	2017年 8月 18日
				WO	2016073699	A1	2016年 5月 12日
				DE	112015005020	T5	2017年 7月 27日
US	2016063309	A1	2016年 3月 3日	EP	3186777	A1	2017年 7月 5日
				JP	6211734	B1	2017年 10月 11日
				AU	2015307191	A1	2017年 1月 19日
				JP	2017534836	A	2017年 11月 24日
				US	9507995	B2	2016年 11月 29日
				CN	106575438	A	2017年 4月 19日
				KR	101772367	B1	2017年 8月 28日
				AU	2015307191	B2	2017年 9月 28日
				WO	2016032600	A1	2016年 3月 3日
				KR	20170031252	A	2017年 3月 20日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)