

(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
2022 年 1 月 27 日 (27.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/016412 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 5/20 (2006.01)

(SHEN, Jian); 中国广东省深圳市福田区腾飞工业大厦B座13层, Guangdong 518045 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/103458

(22) 国际申请日: 2020 年 7 月 22 日 (22.07.2020)

(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: 袁晓龙 (YUAN, Xiaolong); 中国广东省深圳市福田区腾飞工业大厦B座13层, Guangdong 518045 (CN)。 姚国峰 (YAO, Guofeng); 中国广东省深圳市福田区腾飞工业大厦B座13层, Guangdong 518045 (CN)。 沈健

(74) 代理人: 北京龙双利达知识产权代理有限公司 (LONGSUN LEAD IP LTD.); 中国北京市海淀区北清路中关村壹号B3栋801室, Beijing 100094 (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, IT, 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: DEPTH INFORMATION IMAGE ACQUISITION APPARATUS AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 深度信息图像采集装置和电子设备

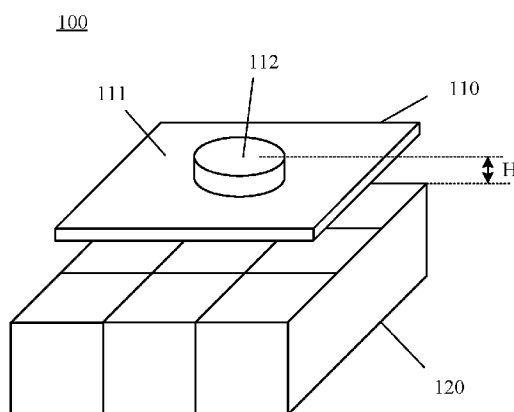


图 1

(57) Abstract: A depth information image acquisition apparatus and an electronic device (400). The present application is simple in structure, can reduce device power consumption, and facilitates the improvement of outdoor use effect. The apparatus comprises: multiple two-dimensional optical phase modulation structures (110), each two-dimensional optical phase modulation structure (110) comprising a substrate (111) and a protrusion (112) disposed on the substrate (111), and being used for performing spatial phase modulation on an optical signal reflected by an object; and an optical sensor that is disposed below the multiple two-dimensional optical phase modulation structures (110) and comprises multiple pixel arrays (120). The multiple pixel arrays (120) correspond one-to-one to the multiple two-dimensional optical phase modulation structures (110). A pixel array (120) is used for receiving the optical signal modulated by the corresponding two-dimensional optical phase modulation structure (110). A pixel array (120) comprises multiple pixels. The intensity distribution of optical signals received by the multiple pixels is used for determining the incident angle of the optical signal incident on the corresponding two-dimensional optical phase modulation structure (110), and the incident angle is used for determining depth information of an object image.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则4.17(ii))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种深度信息图像采集装置和电子设备 (400), 结构简单, 能够降低设备功耗且有利于提高户外使用效果。该装置包括: 多个二维光学相位调制结构 (110), 每个二维光学相位调制结构 (110) 包括基板 (111) 和设置在基板 (111) 上的凸台 (112), 且用于对物体反射的光信号进行空间相位调制; 光学传感器, 设置在多个二维光学相位调制结构 (110) 的下方, 且包括多个像素点阵列 (120), 多个像素点阵列 (120) 与多个二维光学相位调制结构 (110) 一一对应, 一个像素点阵列 (120) 用于接收经过与其对应的二维光学相位调制结构 (110) 调制后的光信号, 一个像素点阵列 (120) 包括多个像素点, 多个像素点接收的光信号的强度分布用于确定入射至对应的二维光学相位调制结构 (110) 的光信号的入射角度, 入射角度用于确定物体图像的深度信息。

深度信息图像采集装置和电子设备

技术领域

本申请实施例涉及计算机领域，并且更具体地，涉及一种深度信息图像采集装置和电子设备。

背景技术

目前采集具有深度信息的图像越来越多地应用于智能互联设备以及智能可穿戴设备中，例如智能手机、虚拟现实（virtual reality，VR）或增强现实（augmented reality，AR）设备中。但是目前的深度信息测量方案存在很多问题，例如，需要额外的主动式光源、对环境干扰敏感、计算复杂等问题，这阻碍了深度测量装置的大规模商用。

发明内容

本申请实施例提供了一种深度信息图像采集装置和电子设备，能够降低设备功耗且有利于提高户外使用效果。

第一方面，提供了一种深度信息图像采集装置，包括：多个二维光学相位调制结构，所述多个二维光学相位调制结构中的每个二维光学相位调制结构包括基板以及设置在基板上的凸台，所述每个二维光学相位调制结构用于对所述物体反射的光信号进行空间相位调制；光学传感器，设置在所述多个二维光学相位调制结构的下方，所述光学传感器包括多个像素点阵列，所述多个像素点阵列与所述多个二维光学相位调制结构具有一一对应关系，所述多个像素点阵列中的一个像素点阵列用于接收经过与其对应的二维光学相位调制结构调制后的光信号，所述一个像素点阵列包括多个像素点，所述多个像素点接收的光信号的强度分布用于确定入射至所述对应的二维光学相位调制结构的光信号的入射角度，所述入射角度用于确定所述物体图像的深度信息。

本申请不需要额外的光源即可进行深度信息检测，能够降低设备功耗；且这种检测方式受环境干扰较小，有利于提高户外使用效果。

本申请可以在传统图像探测芯片的结构上，直接引入一层二维光学相位调制结构，结构简单，所引入的二维光学相位调制结构也无需像传统全场相

机那样进行复杂的光学设计。

在一些可能的实现方式中，所述凸台的横截面为中心对称图形。

中心对称的凸台形状在角度识别过程中引入的信号误差比较小，有利于提高探测角度的准确性。

5 在一些可能的实现方式中，所述凸台为圆柱形结构。

在一些可能的实现方式中，所述凸台的中心与与其对应的像素点阵列的中心重合。

10 在一些可能的实现方式中，所述凸台的中心相对于与其对应的像素点阵列的中心具有偏移量，使得所述对应的像素点阵列确定的入射角度为光信号的实际入射角度-主光线入射角。

未经偏移的凸台为直接检测入射光在光学系统主坐标系中实际的入射角度绝对值，经过偏移后的凸台用于检测实际入射光线相对于成像光学系统成像主光线入射角的相对值，这有利于降低计算复杂度，可直接用于判断欠焦还是过焦。

15 在一些可能的实现方式中，所述凸台的横向尺寸与一个像素点的尺寸之间的比值介于 0.5~1.5 之间。

在一些可能的实现方式中，所述凸台的高度位于 $\lambda/4 \sim 5\lambda$ 之间， λ 为入射至所述凸台的光信号在真空中的波长。

20 在一些可能的实现方式中，所述多个二维光学相位调制结构与光学传感器之间的距离 H 小于 $10\mu\text{m}$ 。

距离 H 小于 $10\mu\text{m}$ 能够保证探测角度在角度探测范围内单调，有利于提高探测角度的准确性。

在一些可能的实现方式中，一个二维光学相位调制结构中的基板与与其对应的像素点阵列在垂直于所述基板表面的方向上的投影重叠。

25 在一些可能的实现方式中，所述一个像素点阵列为 $N \times N$ 像素点阵列， N 为大于或等于 2 的正整数。

$N \times N$ 像素点阵列对称性较好，有利于降低计算的复杂度。

在一些可能的实现方式中，所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列。

3×3 像素点阵列具有较高的角度探测范围和探测精度。

30 在一些可能的实现方式中，所述一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列。

2×2 像素点阵列使得整个相位调制结构单元使用总像素点较少，同样面

积的成像光学传感器上可以放置更多的该相位调制结构单元用于参与角度探测，可提升具有深度信息的图片分辨率。

在一些可能的实现方式中，所述一个像素点阵列接收的光信号的总和用于生成所述物体的图像。

5 在一些可能的实现方式中，所述光学传感器为背照式光学传感器。

采用背照式光学传感器，光信号在到达像素点阵列之前不必穿过像素点阵列电路的金属布线层，能够减小光信号的干扰和串扰问题。

在一些可能的实现方式中，所述多个二维光学相位调制结构中的凸台的几何尺寸均相同。

10 在一些可能的实现方式中，所述多个二维光学相位调制结构包括至少两种几何尺寸的凸台。

在一些可能的实现方式中，还包括滤光结构，所述滤光结构设置在所述多个二维光学相位调制结构与所述光学传感器之间，所述滤光结构用于对所述物体反射的光信号进行过滤。

15 加入滤光结构可以减小入射光的光谱宽度，较窄的光谱有利于提升角度探测的准确性。

在一些可能的实现方式中，一个二维光学相位调制结构对应一种颜色的滤光片。

在一些可能的实现方式中，所述滤光结构包括马赛克滤光片。

20 马赛克滤光片可用于生成物体的彩色图像。

在一些可能的实现方式中，所述滤光结构包括拜耳滤光阵列。

在一些可能的实现方式中，所述滤光结构包括不同颜色的滤光片，不同颜色的滤光片对应的二维光学相位调制结构的凸台的几何尺寸不同，使得不同二维光学相位调制结构能够探测的光信号入射角度的范围相同。

25 在一些可能的实现方式中，还包括微透镜阵列，所述微透镜阵列设置在所述多个二维光学相位调制结构与所述光学传感器之间，所述微透镜阵列中的微透镜与所述光学传感器中的像素点具有一一对应的关系，所述微透镜阵列用于将经过所述多个二维光学相位调制结构调制后的光信号汇聚至所述光学传感器。

30 在一些可能的实现方式中，所述入射角度包括方位角和倾斜角，所述倾斜角表示光信号与垂直于所述多个二维光学相位调制结构所在平面的方向

的夹角,所述方位角表示光信号在所述多个二维光学相位调制结构所在平面的投影与所述平面上的坐标轴的夹角。

第二方面,提供了一种电子设备,包括:如第一方面或第一方面中任一可能的实现方式中的深度信息图像采集装置。

- 5 在一些可能的实现方式中,还包括处理器,连接至所述深度信息图像采集装置,所述处理器用于根据所述一个像素点阵列中的像素点接收的光信号的强度,确定入射至所述对应的二维光学相位调制结构的光信号的入射角度,所述入射角度包括方位角和倾斜角。

在一些可能的实现方式中,所述处理器用于根据以下公式计算方位角 φ :

$$10 \quad \varphi = \arctan(Y_G / X_G)$$

其中, X_G 表示X方向的像素点接收的光信号的强度在X轴上的重心坐标, Y_G 表示Y方向的像素点接收的光信号的强度在Y轴上的重心坐标,X方向与Y方向为二维光学相位调制结构所在平面上相互垂直的两个方向。

在一些可能的实现方式中,所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列,

- 15 所述处理器用于通过以下公式计算重心坐标(X_G , Y_G):

$$X_G = \frac{X_{1,2} \times P_{1,2} + X_{2,1} \times P_{2,1} + X_{2,3} \times P_{2,3} + X_{3,2} \times P_{3,2}}{P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,3} + P_{3,2}}$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1} + Y_{2,3} \times P_{2,3} + Y_{3,2} \times P_{3,2}}{P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,3} + P_{3,2}}$$

- 20 其中, X_{ij} 表示第i行第j列的像素点在X方向上的坐标, Y_{ij} 表示第i行第j列的像素点在Y方向上的坐标, P_{ij} 表示第i行第j列的像素点接收的光信号的强度,i和j均为正整数。

在一些可能的实现方式中,所述一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列,所述处理器用于通过以下公式计算重心坐标(X_G , Y_G):

$$X_G = \frac{X_{1,1} \times P_{1,1} + X_{1,2} \times P_{1,2} + X_{2,1} \times P_{2,1} + X_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}}$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,1} \times P_{1,1} + Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1} + Y_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}}$$

- 25 其中, X_{ij} 表示第i行第j列的像素点在X方向上的坐标, Y_{ij} 表示第i行第j列的像素点在Y方向上的坐标, P_{ij} 表示第i行第j列的像素点接收的光信号的强度,i和j均为正整数。

通过上述公式确定的中心坐标比较准确。

在一些可能的实现方式中, 所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列, 所述处理器用于根据以下公式计算方位角 φ :

$$\varphi = \arctan(G_y / G_x)$$

- 5 其中, G_y 表示根据索贝尔算子得到的 Y 方向的强度梯度, G_x 表示根据索贝尔算子得到的 X 方向的强度梯度。

在一些可能的实现方式中, 所述处理器用于根据预先建立的 θ 与 $f(\theta)$ 之间的对应关系确定倾斜角 θ , 且所述处理器用于根据以下公式确定 $f(\theta)$:

$$f(\theta) = \Delta P_y \times \cos(\varphi) + \Delta P_x \times \sin(\varphi)$$

- 10 φ 表示方位角, ΔP_x 表示 X 方向的归一化功率差, ΔP_y 表示 Y 方向的归一化功率差。

在一些可能的实现方式中, 所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列, 所述处理器用于通过以下公式确定 X 方向和 Y 方向的像素点的归一化功率差:

$$\begin{aligned} \Delta P_x &= \frac{[P_{2,3} - P_{2,1}]}{[P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,2}]} \\ \Delta P_y &= \frac{[P_{3,2} - P_{1,2}]}{[P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,2}]} \end{aligned}$$

$P_{i,j}$ 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度。

通过上述公式确定的归一化功率差比较准确。

- 20 在一些可能的实现方式中, 所述一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列, 所述处理器用于通过以下公式确定 X 方向和 Y 方向的像素点的归一化功率差:

$$\begin{aligned} \Delta P_x &= \frac{[P_{1,1} - P_{2,2}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}]} \\ \Delta P_y &= \frac{[P_{1,2} - P_{2,1}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}]} \end{aligned}$$

$P_{i,j}$ 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度。

- 25 通过上述公式确定的归一化功率差比较准确。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的深度信息图像采集装置的局部结构示意图。

图 2 是图 1 所示装置中凸台的几种实施例的形状示意图。

图 3 是本申请实施例提供的深度信息图像采集装置的俯视图。

图 4 是本申请实施例提供的深度信息图像采集装置的另一种局部结构示意图。

图 5-图 7 是本申请实施例提供的一种像素点阵列的分布图。

图 8 是本申请实施例提供的深度信息图像采集装置的另一种局部结构示意图。

图 9 和图 10 是本申请实施例提供的入射至光学相位调制结构的光信号的方位角和倾斜角的示意图。

图 11 是本申请实施例提供的 2×2 像素点阵列中的 X 方向和 Y 方向的示意图。

图 12 是本申请实施例提供的一种 $f(\theta)$ 的仿真曲线图。

图 13 是本申请实施例提供的一种确定物体图像的深度信息的方法的示意性流程图。

图 14 是本申请实施例提供的一种电子设备的示意性框图。

图 15 是本申请实施例提供的透镜成像过程的示意性结构图。

具体实施方式

三维成像技术目前越来越多地应用于移动智能互联设备以及智能可穿戴设备中，例如智能手机、VR 设备或 AR 设备中。

当下热门技术基于光飞行时间 (time-of-flight, TOF) 和结构光 (Structure Light) 技术，需要利用脉冲的、图案的或调制的连续红外光主动照射场景，额外的红外光源和探测器的使用会增加功耗以及整个装置的空间尺寸。另外，这些技术往往对干扰信号、镜面反射和环境红外光敏感，影响户外使用效果。基于压缩感知和非线性重建的随机二进制掩模和编码孔径技术，大量图像字典和计算费用阻碍了其大规模商用。利用单探测器 (不需要人工光源) 的探测方法还有传统光场相机，该技术需要通过对多个同时采集的图像的比较分析、利用复杂的机器学习或图像重建技术来计算深度信息，或者还需要使用有源照明器和传感器组成的额外信号探测装置配合来恢复深度信息。

基于此，本申请实施例提供一种深度信息图像采集装置，无需引入额外

的主动式光信号发射装置以及额外信号探测装置，且能够减少受环境干扰的影响，降低设备功耗，尤其适用于移动智能设备。

5 本技术可以用于需要或可受益于增强的图像深度探测和其它三维成像能力的成像应用。例如以允许用户改变捕获的场景图像的焦点、视点和/或景深。本技术可以应用于或实施在各种类型的三维成像系统和方法中，包括但不限于使用全光描述的光场成像应用、通过衍射的色度依赖性的比较分析的测距应用、以及单传感器单图像深度采集应用。本申请实施例可以应用于电子设备的摄像装置，例如，智能手机的前置/后置摄像头、安防探头的摄像装置等。

10 下面结合图 1-图 12，对本申请实施例的深度信息图像采集装置进行描述。

该深度信息图像采集装置 100 可以包括多个二维相位调制结构和光学传感器。

15 多个二维光学相位调制结构用于对物体反射的光信号进行空间相位调制。

光学传感器可以设置在多个二维相位调制结构的下方，该光学传感器包括多个像素点阵列，该多个像素点阵列与该多个二维光学相位调制结构具有一一对应关系，即一个像素点阵列对应一个二维光学相位调制结构。该多个像素点阵列中的一个像素点阵列 120 用于接收经过与其对应的一个二维光学
20 相位调制结构 110 调制后的光信号，该一个像素点阵列 120 中的像素点接收的光信号的强度用于确定入射至该对应的二维光学相位调制结构 110 的光信号的入射角度，该入射角度用于确定成像物体的图像的深度信息。

二维光学相位调制结构指的是经过该二维相位调制结构后的光信号会在二维空间上进行分布。

25 空间相位调制可以理解为光信号经过二维光学相位调制结构的不同折射率区域时产生光程差，从而达到对光信号的相位调制。

可以理解的是，光信号的强度也可以理解为光信号的功率。

图 1 示出的是一个二维光学相位调制结构 110 与一个像素点阵列 120 的示意图，本申请实施例中的装置 100 可以包括多个图 1 所示的结构。

30 该二维光学相位调制结构的核心为具有二维的折射率调制图案（如图 1 所示的凸台结构），光经过不同折射率区域形成光程差进而调制入射光的空

间相位分布，进而影响入射光在像素点阵列不同像素点上的能量分布。以图 1 为例，由于凸台和空气的折射率不同，光经过凸台和经过凸台周围的空气层会发生不同的折射，从而会形成光程差。

本申请利用波动光学中的泰伯效应，多个二维光学相位调制结构的周期性结构引入对入射光的周期性调制。经过调制的入射光发生自相干，在相干增强的位置产生上述周期性结构的“图像副本”，入射光角度不同会影响光程差，通过自相干进而影响调制光的光场周期性空间分布，本申请利用光场的空间分布与入射角的关系探测入射角。

另外，本申请实施例的深度信息图像采集可以无需改变原有的光学传感器的结构，仅需在原有的光学传感器制作完成后，在其顶部增加一层二维光学相位调制结构即可。

不同入射角度的光信号在像素点上的能量分布不同，本申请实施例可以根据该能量分布确定入射光的角度信息。

本申请实施例不需要额外的光源即可进行深度信息检测，能够降低设备功耗；且这种检测方式受环境干扰较小，有利于提高户外使用效果。

本申请可以在传统图像探测芯片的结构上，直接引入一层二维光学相位调制结构，结构简单，所引入的二维光学相位调制结构也无需像传统全场相机那样进行复杂的光学设计。

本申请可利用单一探测器获得的单一图像进行图像深度信息探测和图像三维重构，采用较少功率来执行其功能的无源感测模式。虽然本申请实施例的装置无需主动光源即可实现，但装置仍然可以与主动光源相兼容。装置的结构简单且低成本地集成到现有的图像传感器硬件和制造工艺中；与常规互补金属氧化物半导体（complementary metal oxide semiconductor, CMOS）和充电耦合设备（charged coupled device, CCD）图像传感器的兼容；并且消除了对多个部件的需求，诸如配备有用于深度检测的有源照明系统。

本申请利用相位调制原理进行角度检测，使用小尺寸像素点（波长量级或亚波长量级像素点）也可以取得较好的测量结果。

为方便描述，下文将二维光学相位调制结构简称为相位调制结构。

本申请实施例的相位调制结构能够对入射光进行相位调制，且调制后的光信号的能量分布与光信号的入射角度相关。

例如，如图 1 所示，该相位调制结构 110 可以包括基板 111 和设置在基

板 111 上的凸台 112, 该基板 111 和凸台 112 可用于对入射光信号进行相位调制。又如, 该相位调制结构可以包括基板以及设置在基板上的小孔阵列, 该基板和小孔阵列可用于对入射光信号进行相位调制。

多个相位调制结构 110 可以沿着 X 方向和 Y 方向周期性排列, 并和多个像素点阵列 120 共同形成本申请的深度信息图像采集装置。其中, X 方向和 Y 方向可以为相位调制结构所在平面的任意两个相互垂直的方向。例如, X 方向和 Y 方向可以为图 4 或图 11 所示的两个方向。

下面以基板和凸台为例, 对本申请的相位调制结构进行描述。

凸台的横截面可以是中心对称图形, 例如, 凸台的横截面可以是圆形、正方形、菱形、正六边形或正八边形等, 如图 2 所示。

优选地, 凸台的横截面为圆形, 即凸台为圆柱形结构。

中心对称的凸台形状在角度识别过程中引入的信号误差比较小, 有利于提高探测角度的准确性。相比于非中心对称的凸台结构, 光信号经过中心对称的凸台结构后, 光强分布的对称性会越好, 越容易确定光强分布的中心, 且确定的光强分布的中心也比较准确, 从而使得确定的角度信息也会更准确。

相位调制结构的参数可以包括凸台中心的位置、凸台的几何尺寸、相位调制结构与像素点阵列之间的距离、基板的尺寸等, 这些参数能够影响装置的探测角度范围和/或探测精度。下面对相位调制结构的参数的设计进行描述。

一个相位调制结构中凸台的中心可以与该一个相位调制结构对应的像素点阵列的中心重合。假设像素点阵列为 3×3 像素点阵列, 则凸台的中心可以与 3×3 像素点阵列中心重合。具体地, 如图 1 所示, 凸台 112 的中心可以与像素点阵列 120 的中间像素点的中心重合, 其中该中间像素点的中心也是该像素点阵列 120 的中心。

作为一种实现方式, 所有的凸台的中心可以均设置在与其对应的像素点阵列的中心上。如图 3 所示, 图 3 示出了 9 个像素点阵列, 每个像素点阵列为 3×3 像素点阵列, 每个凸台的中心均位于各自对应的像素点阵列的中心。

凸台的中心也可以相对于与其对应的像素点阵列的中心具有偏移量, 该偏移量的大小可以根据成像光学系统的主光线确定的。具体地, 该偏移量的大小可以根据一个相位调制结构在整个光学传感器上的位置与成像光

学系统共同决定的该位置上的主光线入射角确定的,从而使得所述对应的像素点阵列确定的入射角度为光信号的实际入射角度-主光线入射角。

成像光学系统可以包括主透镜,由于成像光学系统中主透镜的汇聚作用,不同位置的相位调制结构接收的光信号的主光线入射角(chief ray angle, CRA)不同。例如,位于中间位置的相位调制结构接收的光信号的主光线倾斜角为 0,但是位于边缘的相位调制结构接收的光信号的主光线倾斜角大于 0,并且,越靠近边缘位置,主光线倾斜角越大。

除了按照上文描述的将凸台的中心与与其对应的像素点阵列的中心对齐之外,本申请实施例还可以将凸台的中心根据不同位置的 CRA 进行平移优化,实际装置为平衡由于 CRA 的变化引起不同位置的像素点阵列的像素点的响应偏移,可以根据 CRA 将凸台进行偏移,以平衡得到的角度相对于 CRA 的相对数值。

如果所有位置的凸台均位于与其对应的像素点阵列的中心,则每个位置感测的角度=入射光的实际入射角度(光学系统坐标系下);而如果每个位置的凸台的中心均根据 CRA 进行了一定的偏移,则每个位置感测的角度=入射光的实际入射角度(光学系统坐标系下)-每个位置的 CRA。

也就是说,未经偏移的凸台为直接检测入射光在光学系统主坐标系中实际的入射角度绝对值,经过偏移后的凸台用于检测实际入射光线相对于成像光学系统成像主光线入射角的相对值,经过偏移后的方案有利于降低计算复杂度,可直接用于判断欠焦还是过焦。

在计算凸台的偏移量的过程中,可通过仿真计算具有一定间距的凸台位置处的具体偏移量,即仅计算部分凸台的偏移量,其余位置的凸台的偏移量可以根据差值算法计算得到,这样无需计算每个位置处的凸台的偏移量,能够降低计算的复杂度。

本申请实施例中,凸台的几何尺寸可以包括凸台的横向尺寸和凸台的高度。

凸台的横向尺寸与一个像素点的尺寸之间的比值可以在 0.5~1.5 之间。例如,凸台的横向尺寸可以与一个像素点的尺寸之间的比值约等于 1:1。具体的比值可以根据整个装置以及具体情况进行优化,原因是在像素点排布一定时,凸台的横向尺寸决定了相位调制结构的占空比,该占空比对入射光倾斜角的有效探测范围强相关。

这里的横向尺寸可以指凸台的横截面沿光学传感器表面的方向上的尺寸。如果凸台的形状为圆形，则凸台的横向尺寸可以为凸台的直径；如果凸台的形状为正方形，则凸台的横向尺寸可以为凸台的边长。

5 凸台的高度可以位于 $\lambda/4 \sim 5\lambda$ 之间， λ 为入射至凸台的光信号在真空中的波长。

过低的凸台高度会增加加工难度，过高的凸台高度会对大角度入射的光形成遮挡作用，本申请实施例的凸台高度可以根据实际需要进行选择，凸台高度会影响调制后光的光场分布，会影响角度探测范围，因此，凸台的高度可以根据实际需要的角度探测范围来确定。

10 由于凸台的高度与光信号的波长有关，因此，入射至凸台的光信号的波长不同，凸台的高度也会因此而调整。例如，本申请实施例还可以在相位调制结构的上方设置滤光结构，该滤光结构可以包括不同颜色的滤光片，如果两个凸台上方的滤光片的颜色不同，则入射至这两个凸台的光信号的波长不同，最佳凸台的高度也可能因此波长的不同而不同。

15 其中，每个相位调制结构的凸台可以选择为同一高度和横向尺寸，但是这样可能会损失某些入射角范围内的探测精度，优选地是根据不同感光颜色的角度探测单元通过仿真计算设计满足相同探测角度范围的最佳凸台高度和横向尺寸。

20 多个相位调制结构中的凸台的几何尺寸可以均相同，或者多个相位调制结构中的凸台的几何尺寸可以不完全相同，即多个相位调制结构可以包括至少两种几何尺寸的凸台。

单一几何尺寸的凸台，对于探测多点强光源物体时，深度探测过程会出现误差，在凸台最佳设计值附近选择两种或三种尺寸，可有效降低多点强光源成像误差问题。

25 多个相位调制结构与光学传感器之间的距离 H 可以与凸台的周期、入射至该一个相位调制结构的光信号的波长、像素点尺寸中的至少一个相关，换句话说，多个相位调制结构与光学传感器之间的距离 H 可以根据凸台的周期、入射至该一个相位调制结构的光信号的波长、像素点尺寸中的至少一个确定的。

30 其中，凸台的周期 P 为装置中任意两个相邻凸台之间的间距，如图 3 所示。

多个相位调制结构与光学传感器之间的 H 可以指凸台的上表面与像素点阵列的上表面之间的距离，如图 1 和图 4 所示。

通过仿真优化得出，多个相位调制结构与光学传感器之间的距离 H 小于 $10\mu\text{m}$ 能够保证探测角度在角度探测范围内单调，有利于提高探测角度的准确性。下文会结合角度信息的计算过程进行详细描述。

本申请实施例中，一个相位调制结构中基板的尺寸可以与该一个相位调制结构对应的像素点阵列的尺寸一致，也就是说，一个二维光学相位调制结构中的基板与与其对应的像素点阵列在垂直于所述基板表面的方向上的投影重叠。如在图 1 所示的结构中，基板 111 与像素点阵列 120 在垂直于基板表面的方向上的投影重叠。

本申请实施例中的基板和凸台均为透光材料，能够透过入射光信号，并使该光信号到达光学传感器，入射光信号指的是经物体反射的光信号经主透镜、滤光结构后到达相位调制结构的光信号。

相位调制结构可以通过在透明光学基板上利用纳米压印技术，激光直写技术，或光刻加等离子刻蚀组合技术等方式加工形成。透明光学基板材料可选熔融石英、玻璃基板、二氧化硅等，本申请不做具体限定且并不强调该相位调制结构的工艺制造。

例如，光学相位调制结构可以在厚的基板上去除多余的材料，形成薄的基板和相对凸出的凸台。

为了更好地探测物体的深度信息，可以设计不同尺寸的调制结构，本申请仅需在版图上设计不同尺寸的图案，通过一次光刻即可得到不同尺寸的凸台。

像素点的感光单元可基于 CMOS 技术或 CCD 技术来实现。

本申请实施例中的像素点阵列可以为 $N \times N$ 像素点阵列， N 为大于或等于 2 的正整数。 $N \times N$ 像素点阵列对称性较好，有利于降低计算的复杂度。

当然，像素点阵列也可以为 $N \times M$ 像素点阵列， N 和 M 不相等，且均为正整数。

对于 $N \times N$ 像素点阵列，相位调制结构在 X 方向与 Y 方向上的周期（如图 3 中的 P ）等于一个像素点阵列的像素点尺寸（即 N 个单一像素点尺寸之和）。

以图 3 为例，由于每个凸台的中心均位于与其对应的像素点阵列的中心，

且每个像素点阵列的大小均相同，所以相位调制结构的周期 P 等于一个像素点阵列的长度。

优选地，一个像素点阵列可以为 3×3 像素点阵列，或一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列。

- 5 一个像素点阵列中的所有像素点组成一个成像像素点，一个像素点阵列接收的光信号的总和用于生成所述物体的图像。一个像素点阵列中的多个像素点感测的光信号的强度之和为一个成像像素点的感测强度，即单个像素点阵列中每个像素点都会根据入射光感应得到感光信号，比如代表光强度的感光信号，而多个像素点的感光信号之和输出作为该成像像素点的感光信号，
10 该一个像素点阵列检测的深度信息为该一个成像像素点的深度信息。

将单个像素点阵列看作为一个成像像素点，该成像像素点除了探测入射光强度外还同时探测了该入射光的角度信息，而多个成像像素点周期性地排布形成的阵列即为本申请实施例的新型图像传感器件，可同时捕获物体图像的二维图像信息和深度信息。

- 15 本申请实施例的凸台方案像素点利用率高，一个像素点阵列中的像素点除了可以探测角度外，像素点的信号相加还可用于成像；而凹槽方案虽然也能探测入射光的角度信息，但是需要损失一部分像素点用于角度探测，像素点不能全部用于成像。

- 20 本申请实施例的光学传感器可以为背照式光学传感器，采用背照式光学传感器，光信号在到达像素点阵列之前不必穿过像素点阵列电路的金属布线层，能够减小光信号的干扰和串扰问题。

- 25 可选地，本申请实施例可以在像素点阵列上方依次设置光学微透镜阵列 (micro lens array)、光学滤光结构、光学隔板 (grid)、光学减反射膜 (anti-reflection film) 等。其中，在装置 100 中加入光学滤光结构为优选方案，可以提升角度探测的准确性，但是并非必选方案，宽光谱入射光，比如自然光仍然可以使用本发明。在本申请中单个相位调制结构对应的光学滤光结构为同一种，不同类型相位调制结构对应的光学滤光结构可以选择不同类型，也可以为同一类型。

- 30 如图 4 所示，深度信息图像采集装置还可以包括滤光结构 140，该滤光结构可以设置在光学传感器的上方，具体地，该滤光结构 140 可以设置在相位调制结构 110 与像素点阵列 120 之间，该滤光结构 140 可用于对物体

反射的光信号进行过滤。

这里的滤光结构可以是 RGB 相机中的滤光结构，加入滤光结构后，该深度信息图像采集装置可以获得物体的彩色图像信息以及深度信息。

加入滤光结构可以减小入射光的光谱宽度，较窄的光谱有利于提升角度探测的准确性。但是这并非必选方案，宽光谱入射光或白光仍然适用于本申请。

可以理解的是，深度信息图像采集装置可以不包括滤光结构，如果不包括滤光结构，则深度信息图像采集装置可以得到物体的灰度图像以及深度信息。

10 本申请中的滤光结构可以透过特定波长的光信号，而过滤非特定波长的光信号。以滤光结构包括红色滤光片为例，该红色滤光片可以透过红色光信号，而过滤非红色光信号。

在一种可能的实现方式中，该滤光结构可以包括一种颜色的滤光片，即所有的像素点阵列上方的滤光片的颜色均相同，该滤光结构为单色滤光片。

15 例如，在图 5 所示的 4 个像素点阵列中，每个像素点阵列上方设置的滤光片均为红色滤光片，该 4 个像素点阵列可用于接收经过红色滤光片过滤后的红色光信号。

在另一种可能的实现方式中，该滤光结构可以包括多种颜色的滤光片。该滤光结构可以选择透过红（R）光、绿（G）光、蓝（B）光等光信号中的一种，也可以根据实际应用选择透过从紫外（UV）到太赫兹（THz）波段范围内的任意波长为中心波长的光信号。

该多种颜色的滤光片可以按照马赛克滤光阵列进行排列，即该滤光结构可以包括马赛克滤光阵列，使得该多个像素点阵列能够生成物体的彩色图像。

25 作为一种优选的方式，该滤光结构可以包括拜耳（bayer）滤光阵列。如图 6 和图 7 所示，该滤光结构可以按照 RGB Bayer 进行排布，对应的像素点阵列用于感测 RGB 光信号。

30 一个像素点阵列可以对应一种颜色的滤光片，例如，在图 6 和图 7 中，像素点阵列 1 可用于接收红色光信号，像素点阵列 2 和像素点阵列 3 可用于接收绿色光信号，像素点阵列 4 可用于接收蓝色光信号，且图 6 和图 7 所示的 4 个像素点阵列可用于生成物体的彩色图像。

本申请实施例并不限于 Bayer 型图案，而是可以适用于任何适当的马赛克颜色图案，例如该马赛克颜色图案可以为 RGB-IR、RGB-W、CYGM、CYYM、RGBE、RGBW 等。

其中，R 表示红色，G 表示绿色，B 表示蓝色，C 表示青色，Y 表示黄色，M 表示品红，IR 表示红外，E 表示祖母绿 (emerald) 色，W 表示白光。

一个像素点阵列上方的滤光片的颜色为同一种颜色，则该像素点阵列可用于采集一种颜色的光信号。在某种情况下，一个像素点阵列上方的滤光片的颜色也可以包括多种，该像素点阵列可用于接收多种颜色的光信号，即该像素点阵列中的两个像素点可以接收不同颜色的光信号。

由于相位调制结构能够探测的光信号的角度范围与入射光的波长有关，因此，对于滤光结构包括不同颜色的滤光片的情况，不同颜色的滤光片对应的凸台的几何尺寸可以不同，使得不同相位调制结构能够探测的光信号的入射角度的范围相同。

此外，作为一种实现方式，即使多个相位调制结构上方对应不同颜色的滤光片，但是也可以将该多个相位调制结构的凸台的几何尺寸设置为相同。这是由于虽然不同相位调制结构能够探测的光信号的入射角度的范围不同，但是本申请可以使用最小的入射角度范围进行深度信息探测。

此外，如图 4 所示，深度信息图像采集装置还可以包括微透镜阵列 130，该微透镜阵列 130 可以设置在相位调制结构 110 和像素点阵列 120 之间，用于将经过相位调制结构 110 调制后的光信号汇聚至像素点阵列 120。

该微透镜阵列中的微透镜与光学传感器中的像素点具有一一对应的关系，即一个像素点可以对应一个微透镜，一个微透镜可以将相位调制结构调制后的光信号汇聚至对应的像素点。如图 4 所示，微透镜 131 与像素点 121 对应。

此外，深度信息图像采集装置还可以包括减反膜 (anti-reflection coating, ARC)，减反膜有利于提高光学传感器接收的光信号的强度。该减反膜可以设置在深度信息图像采集装置中任一器件的表面。例如，为了提高通过相位调制结构的光量，可以在相位调制结构的上表面设置一层减反膜。又如，为了提高像素点阵列接收的光量，可以在光学传感器的表面设置一层减反膜。

作为一种实现方式，微透镜阵列 130 可以设置在相位调制结构 110 的下方，滤光结构 140 可以设置在微透镜阵列 130 和像素点阵列 120 之间，该像

素点阵列 120 的上表面可以设置一层减反膜。

深度信息图像采集装置还可以包括主透镜，该主透镜也可以称为成像透镜，该主透镜用于对物体进行成像，该主透镜可以设置在所有相位调制结构的上方。多个相位调制结构用于接收经过该主透镜的光信号，并对该光信号
5 进行相位调制，光学传感器用于接收该经过相位调制后的光信号。

下面结合图 8，对本申请实施例的深度信息图像采集装置中的器件的位置关系进行描述。

该深度信息图像采集装置 200 可以包括相位调制结构 210、微透镜阵列 220、滤光结构 230、隔板 240、减反膜 250 以及像素点阵列 260。其中，相位调制结构 210 包括基板 211 以及设置在基板 211 上方的凸台 212；像素点
10 阵列 260 可以包括感光单元 261。

该相位调制结构 210 可以设置在像素点阵列 260 的上方，微透镜阵列 220 可以设置在相位调制结构 210 与像素点阵列 260 之间，滤光结构 230 可以设置在微透镜阵列 220 与像素点阵列 260 之间，减反膜 250 可以设置在像素点
15 阵列 260 的上表面。

此外，如图 14 所示，本申请实施例还提供一种电子设备 400，该电子设备 400 深度信息图像采集装置 410 和处理器 420，该深度信息图像采集装置 410 可以为上文描述的任一种深度信息图像采集装置。

该处理器 410 可用于根据一个像素点阵列中的像素点接收的光信号的强度，确定入射至对应的相位调制结构的光信号的入射角度。
20

本申请实施例中的入射角度可以包括方位角和倾斜角，深度信息图像采集装置可以探测入射光信号的方位角和倾斜角。对于凹槽的相位调制结构，如果探测两个方向的角度信息，则需要设计不同轴线方向的凹槽，并且这种方式会牺牲分辨率，且需要通过插值法计算得到两个方向的角度信息。而本
25 申请采用凸台的相位调制结构，通过一个相位调制结构即可同时探测出物体的方位角和倾斜角，结构简单，不需要进行复杂的光学设计。

方位角可以表示入射光信号在相位调制结构所在平面的投影与该平面上的坐标轴的夹角，倾斜角可以表示光信号与垂直于相位调制结构所在平面的方向的夹角。

如图 9 和图 10 所示， θ 表示倾斜角， φ 表示方位角。且在图 10 中，X 轴和 Y 轴表示凸台所在平面上的任意两个相互垂直的方向，Z 轴表示垂直于
30

凸台所在平面的方向。倾斜角 θ 表示光信号与 Z 轴之间的夹角，方位角 φ 表示光信号与 X 轴之间的夹角。

对于 3×3 像素点阵列，X 轴和 Y 轴优选为沿着像素点阵列的排列方向延伸的方向，如图 4 所示。对于 2×2 像素点阵列，X 轴和 Y 轴优选为沿着像素点阵列的对角线延伸的方向，如图 11 所示。

下面对方位角和倾斜角的确定过程进行描述。

基于三角函数关系，处理器 410 可以根据如下公式计算方位角 φ ：

$$\varphi = \arctan(Y_G / X_G) \quad (1)$$

其中， X_G 表示 X 方向的像素点接收的光信号的强度在 X 轴上的重心坐标， Y_G 表示 Y 方向的像素点接收的光信号的强度在 Y 轴上的重心坐标，X 方向与 Y 方向为像素点阵列所在平面上相互垂直的两个方向。

以一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列为例，可以将中间像素点的位置坐标设置为零点位置 $(0,0)$ ，处理器 410 可以通过以下公式计算重心坐标 (X_G, Y_G) ：

$$X_G = \frac{X_{1,2} \times P_{1,2} + X_{2,1} \times P_{2,1} + X_{2,3} \times P_{2,3} + X_{3,2} \times P_{3,2}}{P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,3} + P_{3,2}} \quad (2)$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1} + Y_{2,3} \times P_{2,3} + Y_{3,2} \times P_{3,2}}{P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,3} + P_{3,2}} \quad (3)$$

其中， X_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 X 方向上的坐标， Y_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 Y 方向上的坐标， P_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度，i 和 j 均为正整数。

在该情况下，X 轴和 Y 轴均为与像素点的排列方向一致的方向，如图 4 所示。

以上是以像素点 $(1,2)$ 、 $(2,1)$ 、 $(2,3)$ 、 $(3,2)$ 为例计算重心坐标的，这样计算的重心坐标比较准确，但本申请实施例并不限于此，还可以使用其他像素点计算重心坐标。

例如，本申请实施例还可以使用以下公式计算重心坐标：

$$X_G = \frac{X_{2,3} \times P_{2,3} + X_{2,1} \times P_{2,1}}{P_{2,3} + P_{2,1}}$$

$$Y_G = \frac{Y_{3,2} \times P_{3,2} + Y_{1,2} \times P_{1,2}}{P_{3,2} + P_{1,2}}$$

如果一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列, 所述处理器 410 用于通过以下公式计算重心坐标 (X_G , Y_G):

$$X_G = \frac{X_{1,1} \times P_{1,1} + X_{1,2} \times P_{1,2} + X_{2,1} \times P_{2,1} + X_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}} \quad (4)$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,1} \times P_{1,1} + Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1} + Y_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}} \quad (5)$$

其中, X_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 X 方向上的坐标, Y_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 Y 方向上的坐标, P_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度, i 和 j 均为正整数。

在该情况下, X 轴和 Y 轴为与像素点的排列方向呈 45° 夹角的方向, 如图 11 所示。

采用公式 (4) 和公式 (5) 计算的重心坐标比较准确, 但是本申请实施例并不限于此, 例如, 还可以使用以下公式计算重心坐标:

$$X_G = \frac{X_{1,1} \times P_{1,1} + X_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{2,2}}$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1}}{P_{1,2} + P_{2,1}}$$

此外, 对于一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列的情况, 方位角 φ 还可以通过索贝尔算子进行计算。

例如, 处理器 410 可以根据以下公式计算方位角 φ :

$$\varphi = \arctan(G_y / G_x) \quad (6)$$

其中, G_y 表示根据索贝尔算子 (sobel operator) 法得到的 Y 方向的强度梯度, G_x 表示根据索贝尔算子得到的 X 方向的强度梯度。

具体地, 索贝尔算子可以如下:

$$sobel_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$sobel_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$P = \begin{bmatrix} P(3,1) & P(3,2) & P(3,3) \\ P(2,1) & P(2,2) & P(2,3) \\ P(1,1) & P(1,2) & P(1,3) \end{bmatrix} \quad (9)$$

公式 (9) 中, P 表示一个像素点阵列的像素点强度。

将公式 (7)、公式 (8) 与公式 (9) 进行卷积运算, 如公式 (10) 和公式 (11), 得到 X 方向的强度梯度 G_x 和 Y 方向的强度梯度 G_y , * 表示卷积运算。

$$G_x = sobel_x * P \quad (10)$$

$$G_y = sobel_y * P \quad (11)$$

并且通过强度梯度可以得到入射光的方位角 φ :

$$\varphi = \arctan(G_y / G_x) \quad (12)$$

10 利用索贝尔算子法, 可以充分利用上述 3×3 像素点阵列中的所有像素点, 提升探测角度信息的精确度。

在通过上述方式计算得到方位角 φ 之后, 处理器 410 可以根据预先建立的 θ 与 $f(\theta)$ 之间的对应关系确定倾斜角 θ , 且处理器 410 可以根据以下公式确定 $f(\theta)$:

$$15 \quad f(\theta) = \Delta P_y \times \cos(\varphi) + \Delta P_x \times \sin(\varphi) \quad (13)$$

φ 表示方位角, ΔP_x 表示 X 方向的归一化功率差, ΔP_y 表示 Y 方向的归一化功率差。

当入射光方位角 φ 为 0 度时, Y 方向像素点光功率差与 X 方向像素点光功率差之和可以表示为关于倾斜角 θ 的函数, 如下:

$$20 \quad f(\theta) = \Delta P_y(\theta, 0) + \Delta P_x(\theta, 0) \quad (14)$$

入射光方位角 φ 为 0 度时的 Y 方向像素点光功率差与 X 方向像素点光功率差之和 $\Delta P_y(\theta, 0) + \Delta P_x(\theta, 0)$ 与方位角 φ 为其他角度时的功率差之和 $\Delta P_y(\theta, \varphi) + \Delta P_x(\theta, \varphi)$ 满足一定的光功率守恒关系。

如下, 通过仿真可以得到以下守恒关系:

$$25 \quad \Delta P_y(\theta, 0) + \Delta P_x(\theta, 0) = \Delta P_y(\theta, \varphi) \times \cos(\varphi) + \Delta P_x(\theta, \varphi) \times \sin(\varphi) \quad (15)$$

通过图 12 可以看出, $\varphi = 0$ 和 $\varphi = 45^\circ$ 时, $f(\theta)$ 的曲线基本吻合, 因此, φ 为 0 度时的归一化功率差之和与 φ 为 45 度时的归一化功率差之和满足上述功率守恒关系。

结合公式 (14) 和公式 (15), $f(\theta)$ 可以表示为:

$$f(\theta) = \Delta P_y(\theta, \varphi) \times \cos(\varphi) + \Delta P_x(\theta, \varphi) \times \sin(\varphi) \quad (16)$$

归一化功率差 ΔP_x 、 ΔP_y 可以根据像素点阵列中的像素点接收的光功率计算得到, 方位角 φ 可以根据上文描述的方式计算得到, 从而可以根据公式(16)计算得到 $f(\theta)$ 。

- 5 θ 与 $f(\theta)$ 之间的对应关系可以通过计算机仿真或通过实验探测得到, 在通过上述公式计算得到 $f(\theta)$ 后, 可以根据该 θ 与 $f(\theta)$ 之间的对应关系得到 θ 。

确定归一化功率差的方式有多种, 本申请实施例对此不做具体限定。

对于一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列的情况, 处理器 410 可用于根据以下公式确定 ΔP_x 和 ΔP_y :

$$10 \quad \Delta P_x = \frac{[P_{2,3} - P_{2,1}]}{[P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,2}]} \quad (17)$$

$$\Delta P_y = \frac{[P_{3,2} - P_{1,2}]}{[P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,2}]} \quad (18)$$

公式(17)和公式(18)仅是确定 ΔP_x 和 ΔP_y 的一种实现方式, 通过这种方式计算得到的 ΔP_x 和 ΔP_y 比较准确, 但本申请并不限于此, 还可以通过以下公式来确定 ΔP_x 和 ΔP_y 。

- 15 例如:

$$\Delta P_x = \frac{[P_{2,3} - P_{2,1}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{1,3} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,1} + P_{3,2} + P_{3,3}]} \quad (19)$$

$$\Delta P_y = \frac{[P_{3,2} - P_{1,2}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{1,3} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,1} + P_{3,2} + P_{3,3}]} \quad (20)$$

又例如:

$$\Delta P_x = \frac{[P_{2,3} - P_{2,1}]}{[P_{2,3} + P_{2,1}]}$$

20

$$\Delta P_y = \frac{[P_{3,2} - P_{1,2}]}{[P_{3,2} + P_{1,2}]}$$

对于一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列的情况, 处理器 410 可用于根据以下公式确定 ΔP_x 和 ΔP_y :

$$\Delta P_x = \frac{[P_{1,1} - P_{2,2}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}]} \quad (21)$$

$$\Delta P_y = \frac{[P_{1,2} - P_{2,1}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}]} \quad (22)$$

公式 (21) 和公式 (22) 仅是确定 ΔP_x 和 ΔP_y 的一种实现方式, 通过这种方式计算得到的 ΔP_x 和 ΔP_y 比较准确, 但本申请并不限于此, 还可以通过以下

5 公式来确定 ΔP_x 和 ΔP_y 。

例如:

$$\Delta P_x = \frac{[P_{1,1} - P_{2,2}]}{[P_{1,1} + P_{2,2}]}$$

$$\Delta P_y = \frac{[P_{1,2} - P_{2,1}]}{[P_{1,2} + P_{2,1}]}$$

在上述计算过程中, 2×2 像素点阵列使得整个相位调制结构单元使用总
10 像素点较少, 同样面积的成像光学传感器上可以放置更多的该相位调制结构单元用于参与角度探测, 可提升具有深度信息的图片分辨率。 3×3 像素点阵列具有较高的角度探测范围和探测精度, 但会牺牲一定图片空间分辨率。具体采用哪种像素点阵列可根据实际需要确定。

当然, 像素点阵列也不限于上述两种形式, 还可以采用 4×4 像素点阵
15 列或 5×5 像素点阵列等。

由图可以看出, 在倾斜角 θ 为 0 或接近于 0 的情况下, 光信号是以基本垂直于凸台所在平面的方向入射, 在该情况下, 方位角 φ 可以是任意值。因此, 为了提高计算的角度的精度, 本申请实施例还提供了一种计算入射光角度信息的方法, 如图 13 所示, 该方法可以由处理器 410 执行的。

20 本申请实施例可以先确定 $f(\theta)$ 的绝对值, 判断 $f(\theta)$ 的绝对值是否小于一定阈值。如果 $f(\theta)$ 的绝对值小于该阈值, 则可直接确定 $\theta=0$, $\varphi=0$ 。如果 $f(\theta)$ 的绝对值不小于该阈值, 则根据上述公式计算方位角 φ ; 然后根据方位角 φ 和公式计算出 $f(\theta)$, 再根据 θ 与 $f(\theta)$ 之间的对应关系求出 θ 。

25 本申请实施例可以将一个相位调制结构与其对应的像素点阵列统称为一个角度敏感探测单元。

角度敏感探测单元选择不同颜色滤光片会形成不同颜色的角度敏感探测单元，虽然凸台高度在一定范围就能产生上述能量分布现象，但是相同的凸台高度对不同波长的入射光探测方位角和倾斜角的精度有不同的影响，优选地可以通过数值仿真对不同波长角度敏感探测单元的凸台的高度进行优化。

相位调制结构距离像素点感光单元的高度 H 与入射光倾斜角探测范围强相关，过大的 H 会使 $f(\theta)$ 出现随入射光倾斜角 θ 出现类似周期性的分布，即多个倾斜角对应相同的 $f(\theta)$ 数值，这样对于相同的 $f(\theta)$ 数值，会反演产生多个 θ 值。因此，在设计 H 的大小时，在设计探测范围内需要将 $f(\theta)$ 保持单调。 H 的具体取值与凸台的周期、入射光的波长、像素点尺寸等多个因素相关，可通过仿真优化得出， H 一般小于 $10\mu\text{m}$ 。

举例来说，通过仿真可以得出，像素点尺寸为 $2\mu\text{m}$ ，凸台横向尺寸与像素点尺寸之间的比值为 $1:1$ ，凸台高度为 $0.344\mu\text{m}$ ， H 为 $2.644\mu\text{m}$ ，可以获得倾斜角 θ 探测范围为 ± 23 度，方位角的探测精度小于 ± 5 度。

可以理解的是，本申请实施例中的探测角度范围可以指在该范围内， $f(\theta)$ 对应的 θ 值唯一。

单个角度敏感探测单元包含的所有像素点的探测强度之和作为该角度敏感探测单元整体的探测强度，多个角度敏感探测单元周期性地排布形成的新图像探测像素点阵列的强度值通过算法生成物体的图像。单个角度敏感探测单元通过本申请的角度探测方法，可以得到每个角度敏感探测单元入射光角度信息，即可同时得到入射方位角和倾斜角，利用该角度信息形成图像深度探测和三维图像重构。

下面对根据光信号的入射角度确定物体图像的深度信息的方式进行描述。

直观理解为，当角度敏感探测单元收集的光信号的入射角已知后，根据光路可逆原理，以及根据成像光学系统的物理参数，可以反推出成像物点的位置信息。但实际三维图像成像或重构过程，可以使用散焦测距 (depth from defocus, DFD) 算法。

使用理想薄透镜成像的原理示意图如图 15 所示。

$$\frac{1}{z_s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{z_f}$$

其中, z_f 为在理想成像过程中, 成像物体平面与光学系统物方主平面之间的距离; z_s 为在理想成像过程中, 感光传感器与光学系统像方主平面之间的距离, f 代表成像光学系统的焦距。

光学系统成像时, 将物平面上的点理想地成像于像平面, 此时将感光传感器放置于像平面即可成清晰二维图像。

考虑成像空间中的任意一点同样满足高斯成像公式。其中 u 代表物距, v 代表像距。

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v}$$

当 $u \neq z_f$ 时, 该光学系统成模糊像, 根据上述两式可以得出模糊像点的大小 b_w , 通过在实际探测到的图像中计算 b_w , 并通过下式可以得出实际物体距光学系统物方主点的距离 u 即成像物体的图像的深度信息即可得出。

$$b_w = Dz_s \left(\frac{1}{z_f} - \frac{1}{u} \right) = D \left(\frac{z_f f}{z_f - f} \right) \left(\frac{1}{z_f} - \frac{1}{u} \right)$$

其中 D 为光瞳孔径。

需要指出的是, 当物点位于对准平面 (对准平面与理想成像物像平面为共轭面) 前或者后时, 可以产生相同的 b_w 值, 会给计算 u 带来未知因素, 仅通过上述公式无法判断。如图 15 所示, 在 $u > z_f$ 时, 物点的成像过程可以如图 15 中的实线所示, 当 $u < z_f$ 时, 物点的成像过程可以如图 15 中的虚线所示, 在这两种情况下, b_w 的大小相同, 因此, 仅根据 b_w 无法判断是欠焦还是过焦, 从而无法判断物距。

但是, 结合上文描述的判断感光面上的入射光方向, 尤其是倾斜角 θ , 可以清晰地判断出是欠焦还是过焦, 从而准确地确定出物距, 然后通过物距可以确定物体图像的深度信息。以图 15 为例, 实线和虚线光信号入射至感光面处的光信号的方向正好相反, 因此, 可以根据入射光信号的方向能够判断出是欠焦还是过焦。

位于对准平面前后的物点的成像光束入射到感光传感器上的角度敏感探测单元时的入射角度, 尤其是倾斜角 θ 可以清楚地分辨。

需要说明的是, 在本申请实施例和所附权利要求书中使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的, 而非旨在限制本申请实施例。

例如, 在本申请实施例和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一

种”、“所述”、“上述”和“该”也旨在包括多数形式，除非上下文清楚地表示其他含义。

所属领域的技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特
5 定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请实施例的范围。

如果以软件功能单元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，本申请实施例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，
10 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）执行本申请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、随机存取存储器、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。
15

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的设备、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的电子设备、装置
20 和方法，可以通过其它的方式实现。

例如，以上所描述的装置实施例中单元或模块或组件的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如，多个单元或模块或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些单元或模块或组件可以忽略，或不执行。

又例如，上述作为分离/显示部件说明的单元/模块/组件可以是或者也可以不是物理上分开的，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元/模块/组件来实现
25 本申请实施例的目的。

最后，需要说明的是，上文中显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合
30 或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

以上内容，仅为本申请实施例的具体实施方式，但本申请实施例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实施例揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请实施例的保护范围之内。因此，本申请实施例的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权利要求

1、一种深度信息图像采集装置，其特征在于，包括：

多个二维光学相位调制结构，所述多个二维光学相位调制结构中的每个
5 二维光学相位调制结构包括基板以及设置在所述基板上的凸台，所述二维光学相位调制结构用于对物体反射的光信号进行空间相位调制；

光学传感器，设置在所述多个二维光学相位调制结构的下方，所述光学传感器包括多个像素点阵列，所述多个像素点阵列与所述多个二维光学相位调制结构具有一一对应关系，所述多个像素点阵列中的一个像素点阵列用于
10 接收经过与其对应的二维光学相位调制结构调制后的光信号，所述一个像素点阵列包括多个像素点，所述多个像素点接收的光信号的强度分布用于确定入射至所述对应的二维光学相位调制结构的光信号的入射角度，所述入射角度用于确定所述物体图像的深度信息。

2、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述凸台的横截面为中心对称图形。
15

3、根据权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，所述凸台为圆柱形结构。

4、根据权利要求 1-3 中任一项所述的装置，其特征在于，所述凸台的中心与与其对应的像素点阵列的中心重合。

20 5、根据权利要求 1-3 中任一项所述的装置，其特征在于，所述凸台的中心相对于与其对应的像素点阵列的中心具有偏移量，使得所述对应的像素点阵列确定的入射角度为光信号的实际入射角度-主光线入射角。

6、根据权利要求 1-5 中任一项所述的装置，其特征在于，所述凸台的横向尺寸与一个像素点的尺寸之间的比值介于 0.5~1.5 之间。

25 7、根据权利要求 1-6 中任一项所述的装置，其特征在于，所述凸台的高度位于 $\lambda/4 \sim 5\lambda$ 之间， λ 为入射至所述凸台的光信号在真空中的波长。

8、根据权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述多个二维光学相位调制结构与光学传感器之间的距离 H 小于 $10\mu\text{m}$ 。

9、根据权利要求 1-8 中任一项所述的装置，其特征在于，一个二维光学相位调制结构中的基板与与其对应的像素点阵列在垂直于所述基板表面的方向上的投影重叠。
30

10、根据权利要求 1-9 中任一项所述的装置，其特征在于，所述一个像素点阵列为 $N \times N$ 像素点阵列， N 为大于 2 的正整数。

11、根据权利要求 1-9 中任一项所述的装置，其特征在于，所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列。

5 12、根据权利要求 1-9 中任一项所述的装置，其特征在于，所述一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列。

13、根据权利要求 1-12 中任一项所述的装置，其特征在于，所述一个像素点阵列接收的光信号的总和用于生成所述物体的图像。

10 14、根据权利要求 1-13 中任一项所述的装置，其特征在于，所述光学传感器为背照式光学传感器。

15、根据权利要求 1-14 中任一项所述的装置，其特征在于，所述多个二维光学相位调制结构中的凸台的几何尺寸均相同。

16、根据权利要求 1-14 中任一项所述的装置，其特征在于，所述多个二维光学相位调制结构包括至少两种几何尺寸的凸台。

15 17、根据权利要求 1-16 中任一项所述的装置，其特征在于，还包括滤光结构，所述滤光结构设置在所述多个二维光学相位调制结构与所述光学传感器之间，所述滤光结构用于对所述物体反射的光信号进行过滤。

18、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，一个二维光学相位调制结构对应一种颜色的滤光片。

20 19、根据权利要求 17 或 18 所述的装置，其特征在于，所述滤光结构包括马赛克滤光片。

20、根据权利要求 17-19 中任一项所述的装置，其特征在于，所述滤光结构包括拜耳滤光阵列。

25 21、根据权利要求 17-20 中任一项所述的装置，其特征在于，所述滤光结构包括不同颜色的滤光片，不同颜色的滤光片对应的二维光学相位调制结构的凸台的几何尺寸不同，使得不同二维光学相位调制结构能够探测的光信号入射角度的范围相同。

30 22、根据权利要求 1-21 中任一项所述的装置，其特征在于，还包括微透镜阵列，所述微透镜阵列设置在所述多个二维光学相位调制结构与所述光学传感器之间，所述微透镜阵列中的微透镜与所述光学传感器中的像素点具有一一对应的关系，所述微透镜阵列用于将经过所述多个二维光学相位调制

结构调制后的光信号汇聚至所述光学传感器。

- 23、根据权利要求 1-22 中任一项所述的装置，其特征在于，所述入射角度包括方位角和倾斜角，所述倾斜角表示光信号与垂直于所述多个二维光学相位调制结构所在平面的方向的夹角，所述方位角表示光信号在所述多个二维光学相位调制结构所在平面的投影与所述平面上的坐标轴的夹角。

24、一种电子设备，其特征在于，包括：

如权利要求 1-23 所述的深度信息图像采集装置；以及

- 10 处理器，连接至所述深度信息图像采集装置，所述处理器用于根据所述一个像素点阵列中的像素点接收的光信号的强度，确定入射至所述对应的二维光学相位调制结构的光信号的入射角度，所述入射角度包括方位角和倾斜角。

25、根据权利要求 24 所述的电子设备，其特征在于，所述处理器用于根据以下公式计算方位角 φ ：

$$\varphi = \arctan(Y_G / X_G)$$

- 15 其中， X_G 表示 X 方向的像素点接收的光信号的强度在 X 轴上的重心坐标， Y_G 表示 Y 方向的像素点接收的光信号的强度在 X 轴上的重心坐标，X 方向与 Y 方向为二维光学相位调制结构所在平面上相互垂直的两个方向。

- 26、根据权利要求 25 所述的电子设备，其特征在于，所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列，所述处理器用于通过以下公式计算重心坐标 (X_G , Y_G):

$$X_G = \frac{X_{1,2} \times P_{1,2} + X_{2,1} \times P_{2,1} + X_{2,3} \times P_{2,3} + X_{3,2} \times P_{3,2}}{P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,3} + P_{3,2}}$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1} + Y_{2,3} \times P_{2,3} + Y_{3,2} \times P_{3,2}}{P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,3} + P_{3,2}}$$

- 25 其中， X_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 X 方向上的坐标， Y_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 Y 方向上的坐标， P_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度，i 和 j 均为正整数。

27、根据权利要求 25 所述的电子设备，其特征在于，所述一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列，所述处理器用于通过以下公式计算重心坐标 (X_G , Y_G):

$$X_G = \frac{X_{1,1} \times P_{1,1} + X_{1,2} \times P_{1,2} + X_{2,1} \times P_{2,1} + X_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}}$$

$$Y_G = \frac{Y_{1,1} \times P_{1,1} + Y_{1,2} \times P_{1,2} + Y_{2,1} \times P_{2,1} + Y_{2,2} \times P_{2,2}}{P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}}$$

其中, X_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 X 方向上的坐标, Y_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点在 Y 方向上的坐标, P_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度, i 和 j 均为正整数。

28、根据权利要求 24 所述的电子设备, 其特征在于, 所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列, 所述处理器用于根据以下公式计算方位角 φ :

$$\varphi = \arctan(G_y / G_x)$$

其中, G_y 表示根据索贝尔算子得到的 Y 方向的强度梯度, G_x 表示根据索贝尔算子得到的 X 方向的强度梯度。

29、根据权利要求 25-28 中任一项所述的电子设备, 其特征在于, 所述处理器用于根据预先建立的 θ 与 $f(\theta)$ 之间的对应关系确定倾斜角 θ , 且所述处理器用于根据以下公式确定 $f(\theta)$:

$$f(\theta) = \Delta P_y \times \cos(\varphi) + \Delta P_x \times \sin(\varphi)$$

φ 表示方位角, ΔP_x 表示 X 方向的归一化功率差, ΔP_y 表示 Y 方向的归一化功率差。

30、根据权利要求 29 所述的电子设备, 其特征在于, 所述一个像素点阵列为 3×3 像素点阵列, 所述处理器用于通过以下公式确定 X 方向和 Y 方向的像素点的归一化功率差:

$$\Delta P_x = \frac{[P_{2,3} - P_{2,1}]}{[P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,2}]}$$

$$\Delta P_y = \frac{[P_{3,2} - P_{1,2}]}{[P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{3,2}]}$$

P_{ij} 表示第 i 行第 j 列的像素点接收的光信号的强度。

31、根据权利要求 29 所述的电子设备, 其特征在于, 所述一个像素点阵列为 2×2 像素点阵列, 所述处理器用于通过以下公式确定 X 方向和 Y 方向的像素点的归一化功率差:

$$\Delta P_x = \frac{[P_{1,1} - P_{2,2}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}]}$$

$$\Delta P_y = \frac{[P_{1,2} - P_{2,1}]}{[P_{1,1} + P_{1,2} + P_{2,1} + P_{2,2}]}$$

P_{ij} 表示第*i*行第*j*列的像素点接收的光信号的强度。

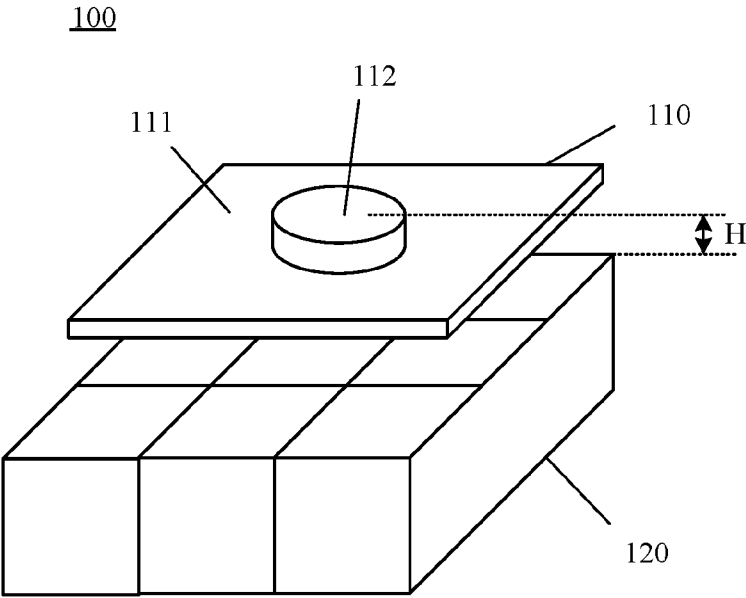


图 1

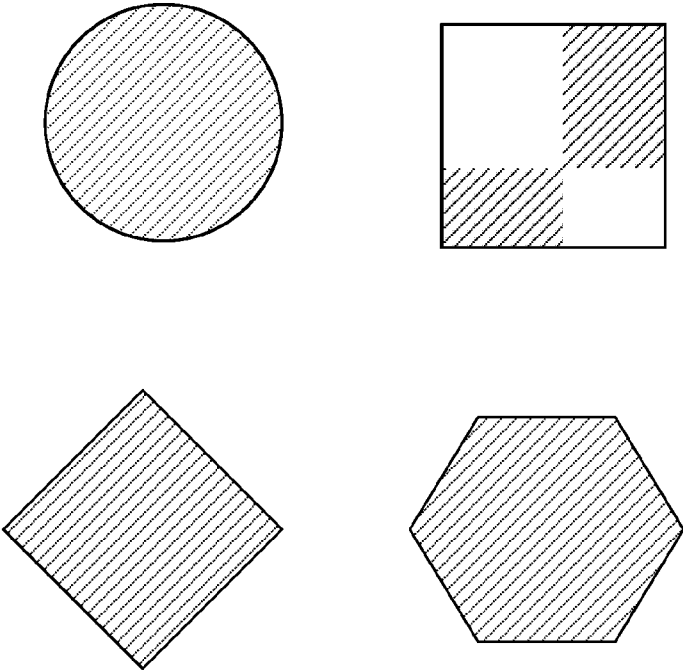


图 2

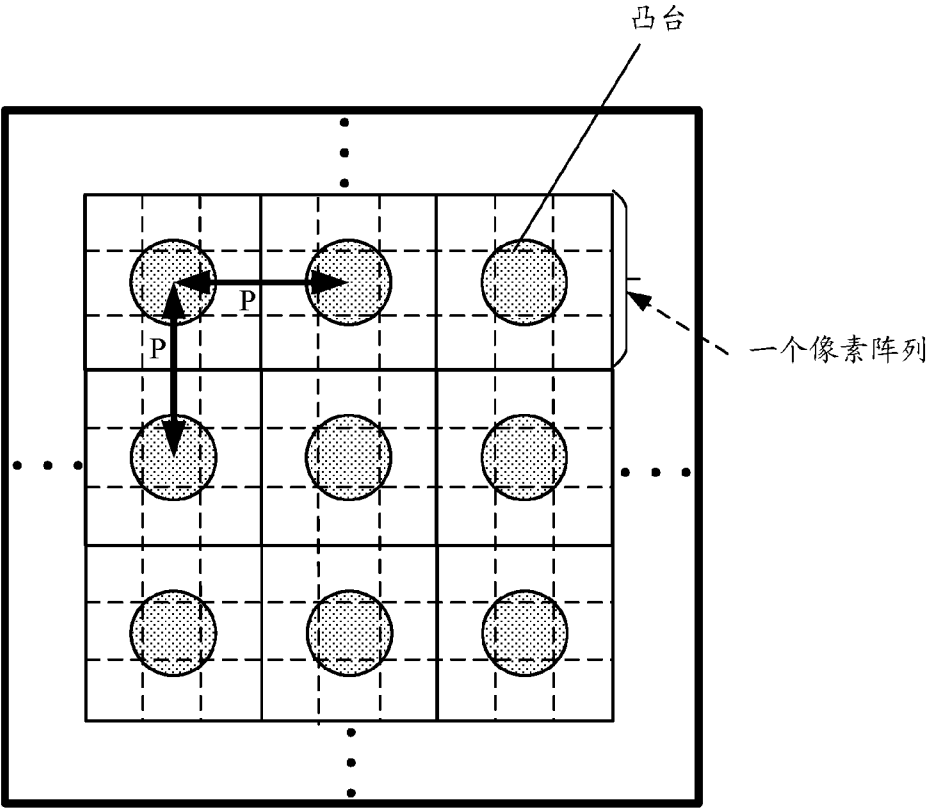


图 3

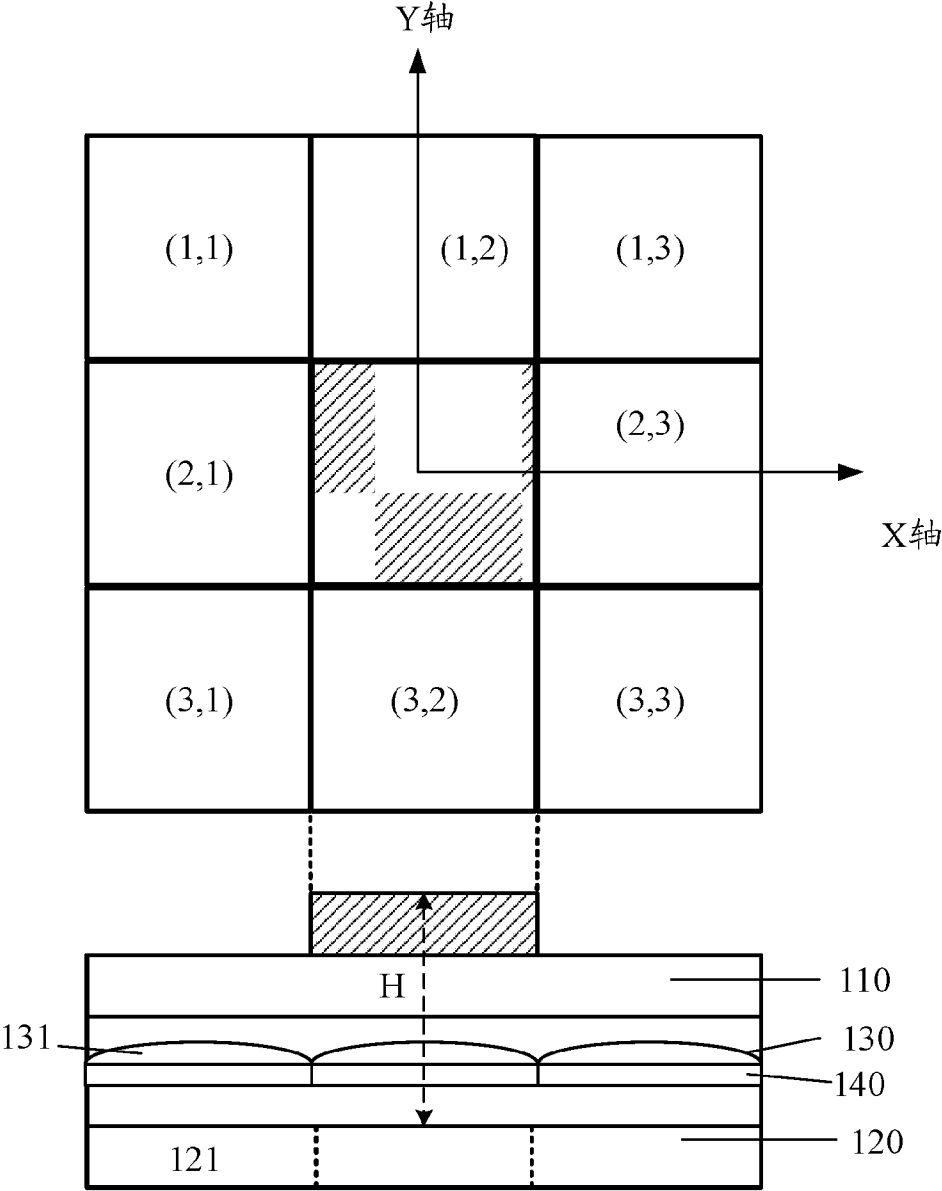


图 4

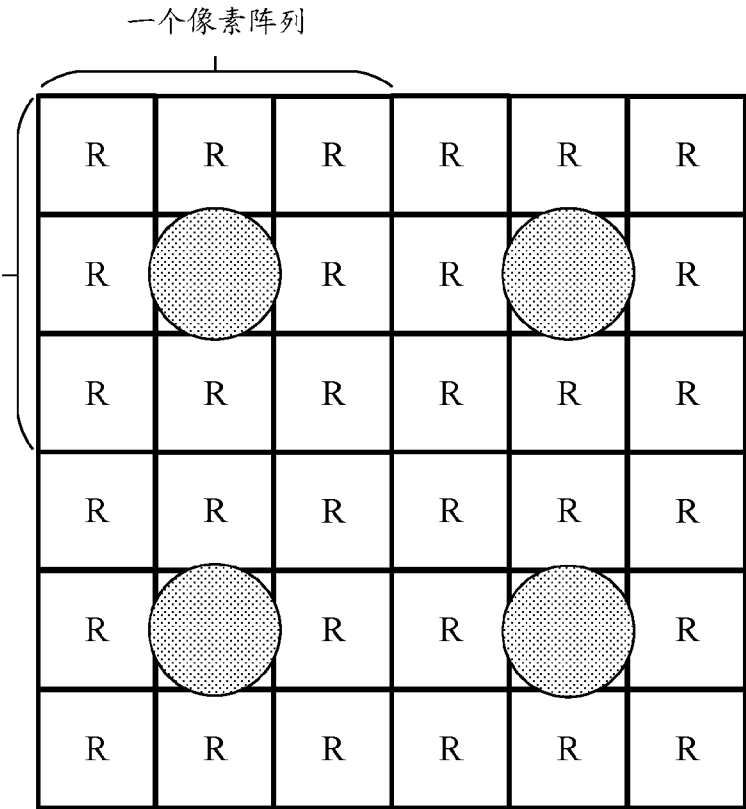


图 5

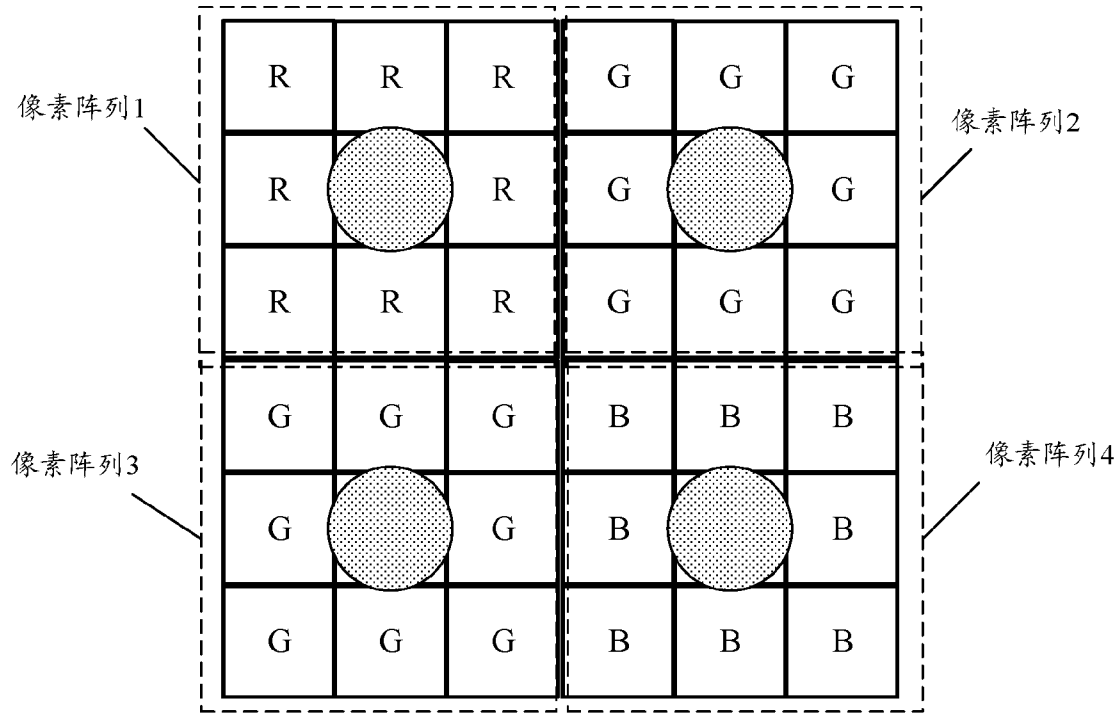


图 6

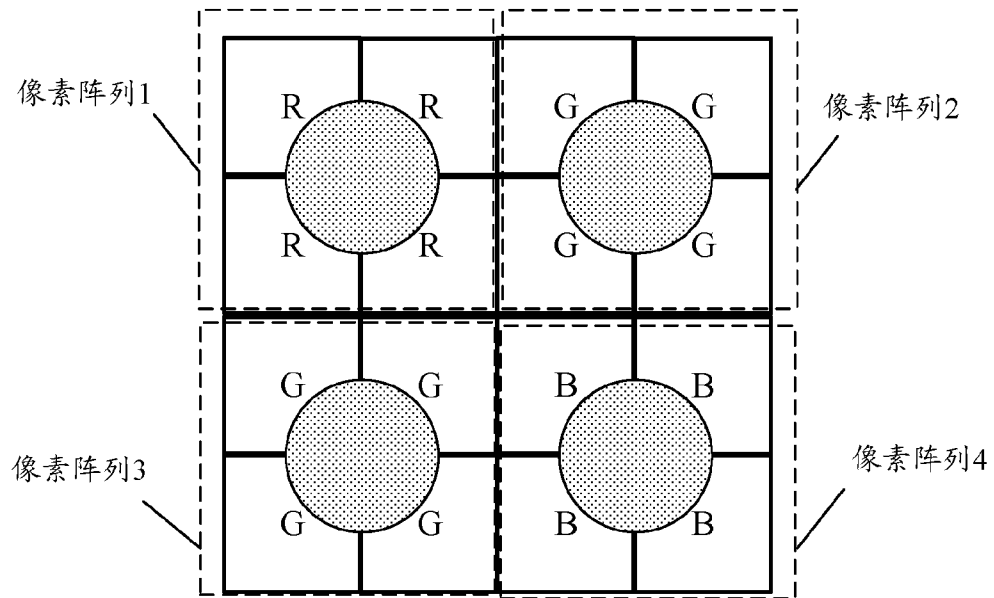


图 7

200

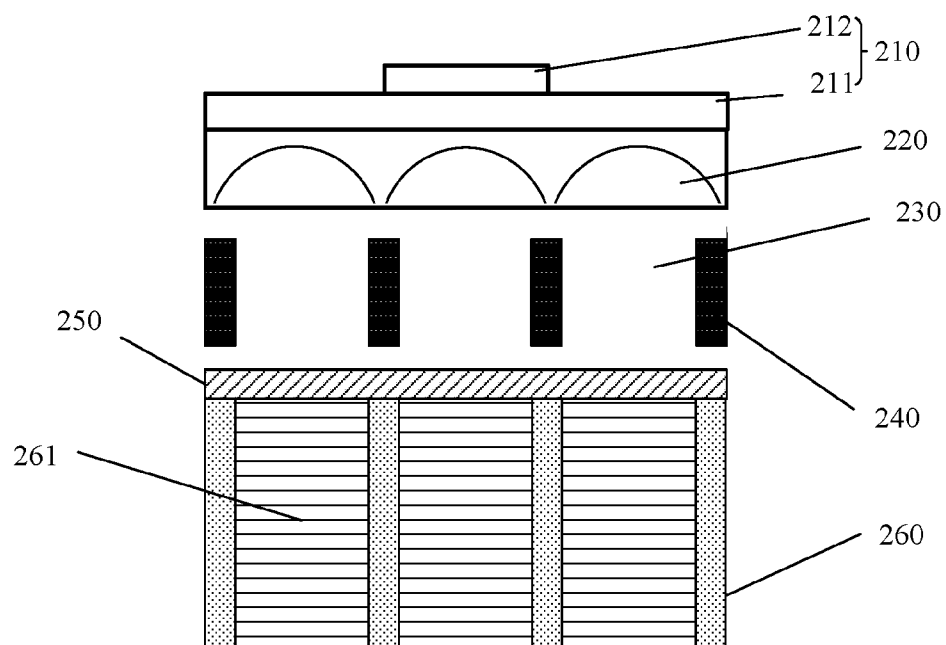


图 8

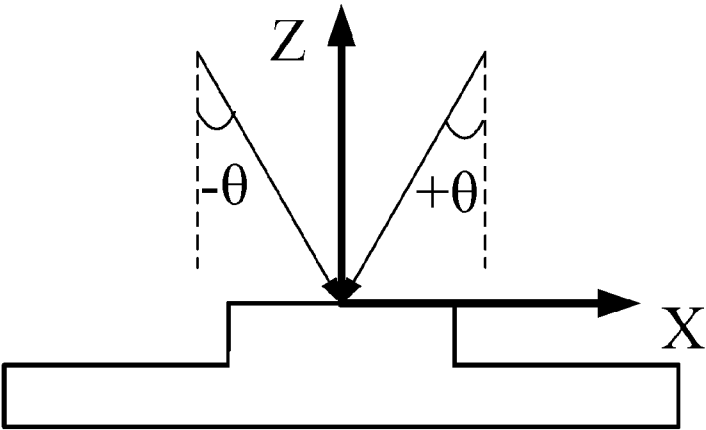


图 9

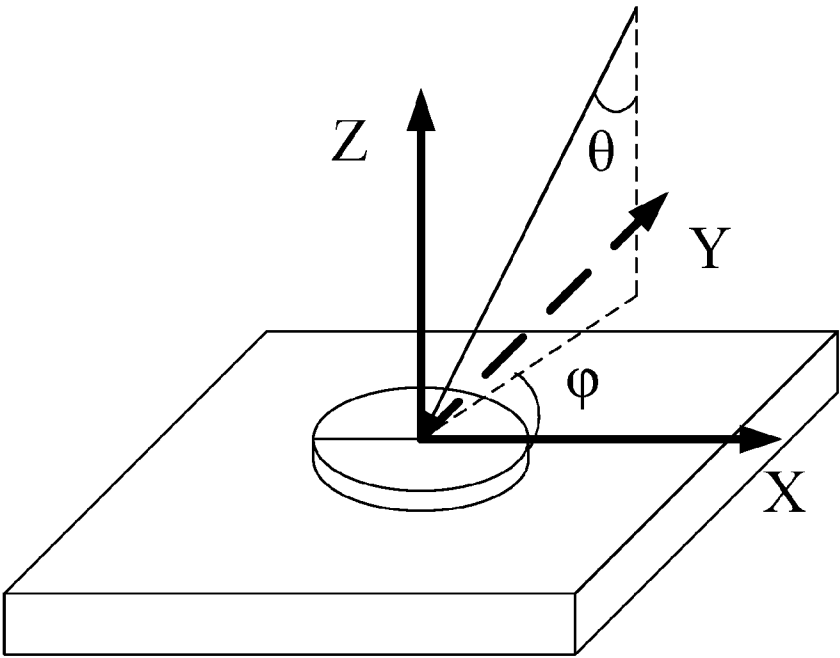


图 10

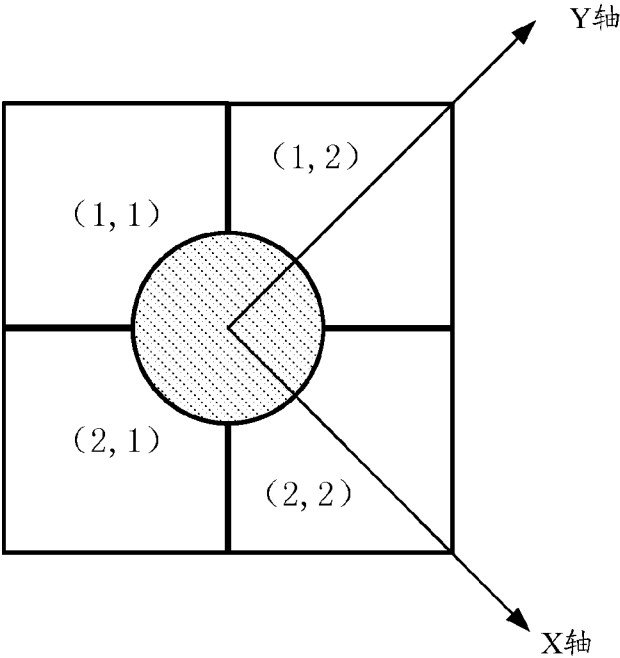


图 11

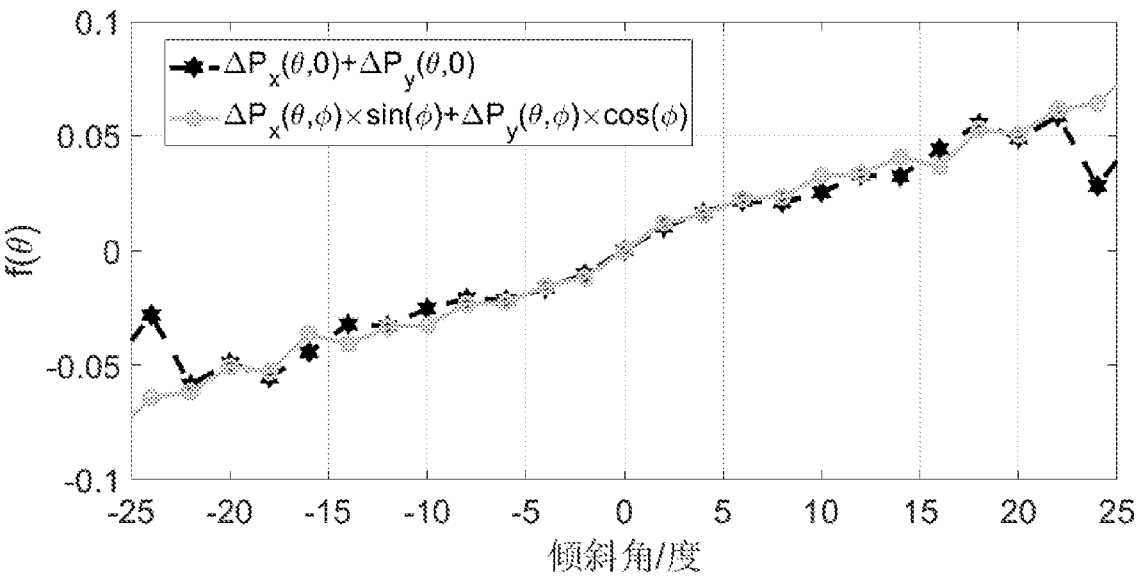


图 12

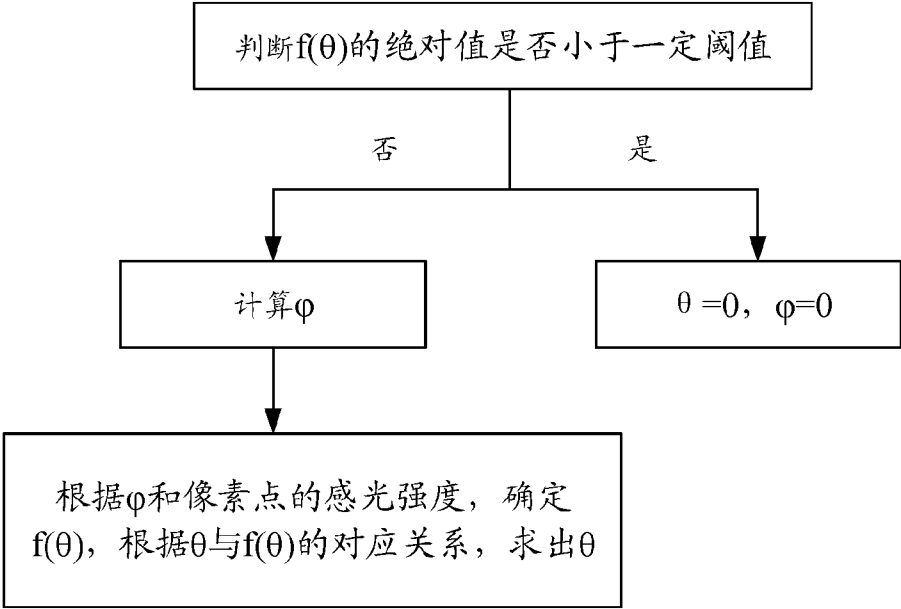


图 13

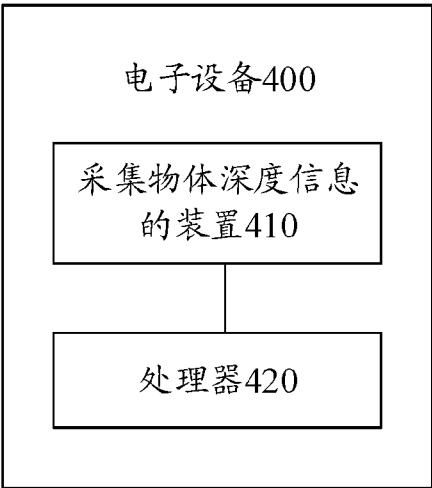


图 14

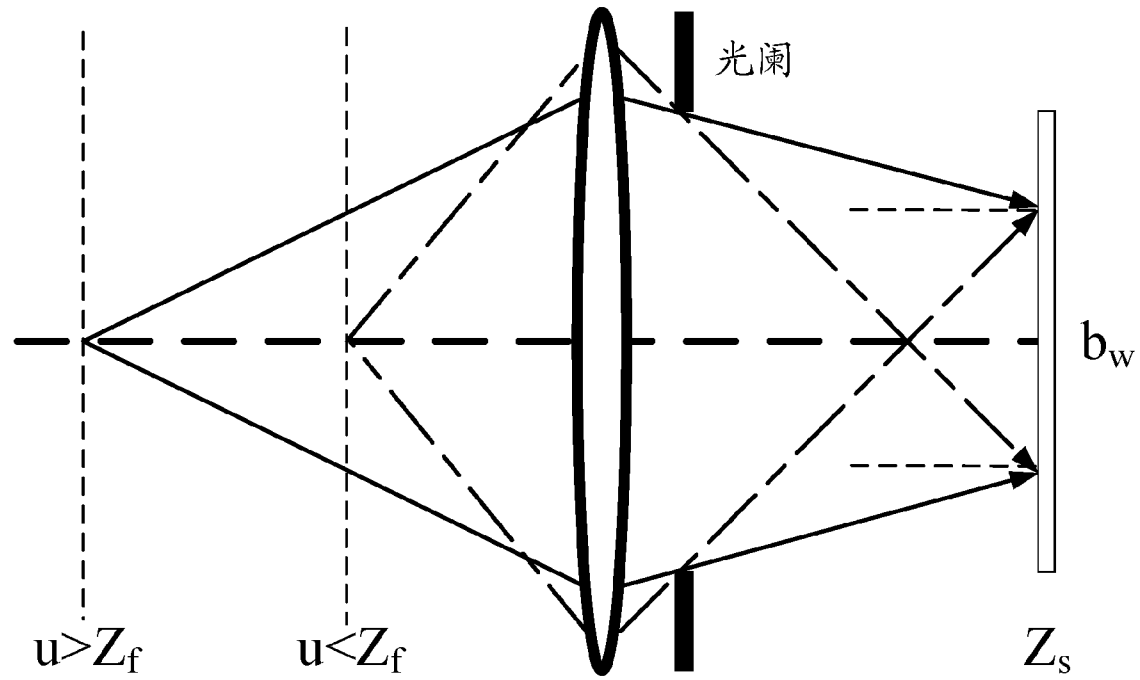


图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/103458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/20(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)

G02B

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)

CNPAT; CNTXT; CNKI; WPI; EPODOC: 深度, 图像, 采集, 检测, 相位, 调制, 基板, 空间, 光学, 传感器, 像素点, 阵列, 入射角, 角度, 强度, 三维, 成像, 衍射, 光栅, depth, image, acquisition, detection, phase, modulation, substrate, space, optic, sensor, pixel, array, angle, intensity, three-dimensional, 3D

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109716176 A (AIRY3D INC.) 03 May 2019 (2019-05-03) description, paragraphs [0067]-[0140], and figures 1-19	1-25, 28
X	TW 201925860 A (AIRY3D INC.) 01 July 2019 (2019-07-01) description, paragraphs [0069]-[0117]	1-25, 28
A	US 2012091372 A1 (CORNELL UNIVERSITY) 19 April 2012 (2012-04-19) entire document	1-31
A	CN 110612429 A (SHENZHEN GOODIX TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 December 2019 (2019-12-24) entire document	1-31



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

06 April 2021

Date of mailing of the international search report

21 April 2021

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/CN2020/103458

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109716176	A	03 May 2019	JP	2019523910	A	29 August 2019
				WO	2017210781	A1	14 December 2017
				US	2019257987	A1	22 August 2019
				KR	20190020730	A	04 March 2019
				EP	3466052	A1	10 April 2019
				CA	3026789	A1	14 December 2017
TW	201925860	A	01 July 2019	KR	20200112825	A	05 October 2020
				CN	111670576	A	15 September 2020
				CA	3084679	A1	13 June 2019
				EP	3721621	A1	14 October 2020
				WO	2019109182	A1	13 June 2019
				US	2020359004	A1	12 November 2020
				JP	2021506168	W	18 February 2021
US	2012091372	A1	19 April 2012	None			
CN	110612429	A	24 December 2019	WO	2019196001	A1	17 October 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/103458

A. 主题的分类

G02B 5/20 (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)

G02B

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))

CNPAT;CNTXT;CNKI;WPI;EPDOC:深度, 图像, 采集, 检测, 相位, 调制, 基板, 空间, 光学, 传感器, 像素点, 阵列, 入射角, 角度, 强度, 三维, 成像, 衍射, 光栅, depth, image, acquisition, detection, phase, modulation, substrate, space, optic, sensor, pixel, array, angle, intensity, three-dimensional, 3D

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 109716176 A (艾瑞3D有限公司) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03) 说明书第[0067]-[0140]段以及说明书附图1-19	1-25、28
X	TW 201925860 A (加拿大商艾瑞3D股份有限公司) 2019年 7月 1日 (2019 - 07 - 01) 说明书第[0069]-[0117]段	1-25、28
A	US 2012091372 A1 (CORNELL UNIVERSITY) 2012年 4月 19日 (2012 - 04 - 19) 全文	1-31
A	CN 110612429 A (深圳市汇顶科技股份有限公司) 2019年 12月 24日 (2019 - 12 - 24) 全文	1-31

☐ 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

2021年 4月 6日

国际检索报告邮寄日期

2021年 4月 21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

王璐

电话号码 86-(10)-53961303

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/103458

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	109716176	A	2019年 5月 3日	JP	2019523910	A	2019年 8月 29日
				WO	2017210781	A1	2017年 12月 14日
				US	2019257987	A1	2019年 8月 22日
				KR	20190020730	A	2019年 3月 4日
				EP	3466052	A1	2019年 4月 10日
				CA	3026789	A1	2017年 12月 14日
TW	201925860	A	2019年 7月 1日	KR	20200112825	A	2020年 10月 5日
				CN	111670576	A	2020年 9月 15日
				CA	3084679	A1	2019年 6月 13日
				EP	3721621	A1	2020年 10月 14日
				WO	2019109182	A1	2019年 6月 13日
				US	2020359004	A1	2020年 11月 12日
				JP	2021506168	W	2021年 2月 18日
US	2012091372	A1	2012年 4月 19日	无			
CN	110612429	A	2019年 12月 24日	WO	2019196001	A1	2019年 10月 17日