

(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 6 月 18 日 (18.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/119681 A1

(51) 国际专利分类号:

G01J 3/28 (2006.01)

广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道
1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(21) 国际申请号:

PCT/CN2019/124313

(22) 国际申请日:

2019 年 12 月 10 日 (10.12.2019)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201811533394.1 2018年12月14日 (14.12.2018) CN

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 马翠 (MA, Cui); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 林慧 (LIN, Hui); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 余明 (YU, Ming); 中国

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司 (SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市福田区园岭街道深南中路1014号报春大厦9楼 (5号信箱), Guangdong 518028 (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: SPECTRAL IMAGING SYSTEM AND SPECTRAL IMAGING METHOD

(54) 发明名称: 一种光谱成像系统及光谱成像方法

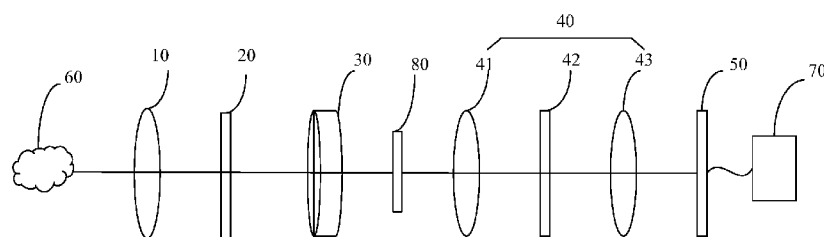


图 1

(57) Abstract: Provided is a spectral imaging system (100), comprising an imaging unit (10), an encoding unit (20), a cylindrical lens unit (30), a beam-splitting unit (40), and a detector (50), which are sequentially arranged in the direction of light transmission, the imaging unit (10) being used for imaging an object light on the encoding unit (20); the encoding unit (20) is used for encoding the object light to obtain a first image (P1), the first image (P1) comprising a plurality of encoded image points (P11), the encoding method being adjustable to obtain multiple first images (P1); the cylindrical lens unit (30) is used for enlarging the first image (P1) in a first direction to obtain a second image (P2), the second image (P2) comprising a plurality of fringe images (P21), the fringe images (P21) being obtained by way of superimposing the encoded image points (P11) having uniform coordinates in the second direction after uniform enlargement, the light intensity being uniform everywhere; the beam-splitting unit (40) is used for splitting the second image (P2) in the first direction; the detector (50) is used for detecting optical information after the second image (P2) is split, so as to obtain a third image (P3), each band being shifted by at least one pixel in the third image (P3). The system simplifies the optical path structure while reducing calculation complexity.

(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))。

(57) 摘要: 一种光谱成像系统 (100), 包括沿光传输方向依次设置的成像单元 (10)、编码单元 (20)、柱面镜单元 (30)、分光单元 (40) 及探测器 (50), 成像单元 (10) 用于将物光成像于编码单元 (20); 编码单元 (20) 用于对物光进行编码, 获得第一图像 (P1), 第一图像 (P1) 包括多个编码像点 (P11), 编码方式可调以获得多种第一图像 (P1); 柱面镜单元 (30) 用于将第一图像 (P1) 在第一方向上放大, 获得第二图像 (P2), 第二图像 (P2) 包括多个条纹像 (P21), 条纹像 (P21) 由在第二方向上坐标一致的编码像点 (P11) 经均匀放大后叠加得到, 其各处光强均匀; 分光单元 (40) 用于对第二图像 (P2) 在第一方向上分光; 探测器 (50) 用于探测第二图像 (P2) 分光后的光信息, 获得第三图像 (P3), 第三图像 (P3) 中, 每一波段至少偏移一个像素。该系统能够在简化光路结构的同时降低计算复杂程度。

一种光谱成像系统及光谱成像方法

技术领域

本发明属于光谱成像技术领域，特别涉及一种光谱成像系统及光谱成像方法。

背景技术

5 光谱成像可得到空间信息和光谱信息，可以进行物体外在特征识别，也可用于内部特性分析，广泛用于遥感环境分析、生物医学等。光谱成像系统得到的是三维数据立方体，包括二维空间信息和一维光谱信息。可以看作是在二维空间上，得到各个空间点的光谱信息；也可以看作是得到不同波段下的空间图像。

光谱成像系统分类方法很多，可以根据不同波段、不同分光器件、不同的实现方式划分。光电探测器只能检测二维信息，当用光电探测器检测时，需采用直接扫描方式或间接变换方式得到三维数据。直接扫描方式就是通过点扫、线扫或面扫得到三维数据。如：通过狭缝实现空间信息的点扫或者线扫，通过滤光片轮实现波段的面扫方式。间接变换方式包括干涉式傅里叶光谱成像、编码变换光谱成像等。

在编码变换方式中，已有的编码光谱成像系统有两种：一种是双光栅系统，光栅进行分光后又合光，编码器件位于两光栅之间，仅对光谱进行编码，系统增加了合光光路，结构较复杂。另一种是单光栅系统，对空间编码后进行分光，需对空间和光谱的混合信息进行解码重建，计算较复杂。

技术问题

本发明的目的在于提供一种光谱成像系统，旨在解决传统的编码光谱成像光路结构复杂以及数据计算复杂的技术问题。

技术方案

本发明是这样实现的，一种光谱成像系统，包括沿着光传输方向依次设置的成像单元、编码单元、柱面镜单元、分光单元以及探测器，其中，

所述成像单元用于将被测物体发出的物光成像于所述编码单元；

25 所述编码单元用于对所述物光进行编码，获得第一图像，所述第一图像包括点阵状分布的多个编码像点，所述编码单元的编码方式可调以获得多种第一图像；

所述柱面镜单元用于将所述第一图像在第一方向上放大，获得第二图像，所述第二图像包括多个平行排布的条纹像，每一所述条纹像由在第二方向上坐标一致的编码像点经均匀放大后叠加得到，所述第二方向和第一方向垂直，所述条纹像各处光强均匀；

30 所述分光单元用于对所述第二图像在第一方向上分光；

所述探测器用于探测第二图像分光后的光信息，获得第三图像，所述第三图像中，每一波段至少偏移一个像素。

进一步地，所述光谱成像系统还包括运算单元，与所述探测器连接，用于根据所述第三图像和所述编码单元的编码值计算所述被测物体的空间信息和光谱信息，获得物体的光谱图像。

进一步地，所述编码单元包括阵列排布的编码模块，所述编码模块可调节以控制物光的透过率，形成所述编码像点，所述编码值对应所述透过率。

进一步地，所述柱面镜单元包括同光轴的柱面镜、凸透镜和/或凹透镜，所述柱面镜包括柱形表面，所述柱形表面在所述第一方向上成弧形，在所述第二方向上呈直线型。

进一步地，所述分光单元包括沿着光传输方向依次设置的第一镜组、分光光栅和第二镜组，所述探测器设置于所述第二镜组的输出方向，所述分光光栅为一维透射光栅或一维反射光栅，分光方向与第一方向一致。

进一步地，所述光谱成像系统还包括设置于所述柱面镜单元和分光单元之间的光阑，用于获取所述第二图像中光强均匀的部分。

进一步地，所述探测器形成的第三图像包括多条平行的探测器条纹像，所述探测器条纹像中，每一波段沿所述第一方向至少偏移一个像素；

所述运算单元包括：

第三图像处理模块，用于计算第三图像中每个探测器条纹像中的每一波段的光强信息；

编码逆运算模块，用于根据所述每个探测器条纹像的光强信息，结合编码单元的编码值，逆运算获得每一波段的空间信息，进而将各波段的空间信息组合后获得被测物体的光谱图像。

进一步地，

在第二方向的任一坐标下，所述被测物体和所述第一图像具有如下关系：

$$I_1(x) = I_0(x) \cdot T(x);$$

其中， $I_0(x)$ 为被测物体的空间光强， $I_1(x)$ 为第一图像的光强， $x=1, \dots, n$ ， n 为x方向像素数， $T(x)$ 为编码单元的编码值，所述x方向为所述第一方向；

所述第二图像和所述被测物体具有如下关系：

$$\begin{bmatrix} I_{2T_1} \\ I_{2T_2} \\ \vdots \\ I_{2T_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1(1) & T_1(2) & \cdots & T_1(n) \\ T_2(1) & T_2(2) & \cdots & T_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_N(1) & T_N(2) & \cdots & T_N(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0(1) \\ I_0(2) \\ \vdots \\ I_0(n) \end{bmatrix},$$

其中, $T_N(x)$ 表示第 N 次编码值, I_{2T_N} 表示第 N 次编码对应的第二图像的光强;
所述第三图像和第二图像具有如下关系:

$$\begin{bmatrix} I_3(1) \\ I_3(2) \\ \vdots \\ I_3(M) \\ \vdots \\ I_3(n+M-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2(\lambda_1) \\ I_2(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_2(\lambda_M) \end{bmatrix},$$

5 其中, $I_2(\lambda_j)$ 为一个条纹像中 λ_j 波段下的光强, $j=1, \cdots, M$, M 为波段数;

$I_3(x)$ 为第三图像中一个探测器条纹像的像素 x 的光强, $1 \leq x \leq n+M-1$ 。

本发明的另一目的在于提供一种光谱成像方法, 包括:

将被测物体进行第一次成像及空间编码, 获得第一图像, 所述第一图像包括点阵状分布的编码像点, 所述空间编码的编码方式可调, 以获得多个不同的第一图像;

10 对所述第一图像进行第二次成像, 将所述第一图像在第一方向上放大, 在与所述第一方向垂直的第二方向上保持不变, 获得包括多个平行排布的条纹像的第二图像;

对所述第二图像在第一方向上分光, 并探测分光后的光信息, 获得第三图像, 所述第三图像包括多个平行的探测器条纹像, 所述探测器条纹像中, 每个波段至少错位一个像素;

15 根据所述探测器条纹像以及多次编码的编码值计算被测物体的空间光谱信息, 获得光谱图像。

进一步地, 通过柱面镜单元对所述第一图像在第一方向上放大, 通过分光光栅对所述第二图像在第一方向上分光。

进一步地,

在第二方向的任一坐标下, 所述被测物体和所述第一图像具有如下关系:

20 $I_1(x) = I_0(x) \cdot T(x)$ ————式 (1)

其中, $I_0(x)$ 为被测物体的空间光强, $I_1(x)$ 为第一图像的光强, $x=1, \dots, n$, n 为 x 方向像素

数, $T(x)$ 为编码单元的编码值, 所述 x 方向为所述第一方向;

所述第二图像和所述被测物体具有如下关系:

$$\begin{bmatrix} I_{2T_1} \\ I_{2T_2} \\ \vdots \\ I_{2T_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1(1) & T_1(2) & \cdots & T_1(n) \\ T_2(1) & T_2(2) & \cdots & T_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_N(1) & T_N(2) & \cdots & T_N(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0(1) \\ I_0(2) \\ \vdots \\ I_0(n) \end{bmatrix} \quad \text{————式 (2)}$$

其中, $T_N(x)$ 表示第 N 次编码值, I_{2T_N} 表示第 N 次编码对应的第二图像的光强;

5 所述第三图像和第二图像具有如下关系:

$$\begin{bmatrix} I_3(1) \\ I_3(2) \\ \vdots \\ I_3(M) \\ \vdots \\ I_3(n+M-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2(\lambda_1) \\ I_2(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_2(\lambda_M) \end{bmatrix} \quad \text{————式 (3)}$$

其中, $I_2(\lambda_j)$ 为一个条纹像中 λ_j 波段下的光强, $j=1, \cdots, M$, M 为波段数;

$I_3(x)$ 为第三图像中一个探测器条纹像的像素 x 的光强, $1 \leq x \leq n+M-1$;

所述的根据所述探测器条纹像以及多次编码的编码值计算被测物体的空间光谱信息,

10 获得光谱图像的步骤包括:

根据所述式 (3), 基于所述 $I_3(x)$ 计算 $I_2(\lambda_j)$;

根据所述式 (2), 基于所述 $I_2(\lambda_j)$ 和 $T_N(x)$ 计算一个所述条纹像对应的被测物体的光谱空间信息 $I_0(x, \lambda_j)$;

对每个条纹像进行相同的计算, 获得被测物体的光谱空间信息 $I_0(x, y, \lambda_j)$, 其中, x 代

15 表第一方向, y 代表第二方向。

进一步地, 所述空间编码的次数 N 小于或等于所述 x 方向像素数 n 。

进一步地, 所述编码方式包括哈达码编码、正弦灰度编码和随机编码。

有益效果

本发明实施例提供的光谱成像系统及方法具有如下效果:

20 第一、该光谱成像系统采用成像单元、编码单元、柱面镜单元、分光单元和探测器构建成像系统, 通过编码单元对空间编码, 通过柱面镜单元对编码后的图形进行一维放大,

通过分光单元对放大混合后的区域进行分光，探测器探测分光后的图像。利用柱面镜单元的一维放大作用，将一个维度上的不同空间点放大叠加到同一空间线上，得到不同空间点编码后的混合累加强度。利用分光方向与一维放大方向一致的分光单元，得到一个维度上不同波段下的混合累加强度，空间信息与编码相关，光谱信息与分光相关，通过探测器得到的信息计算光谱信息而避免与空间信息混杂，通过编码逆运算空间信息而避免与光谱信息混杂，进而将空间信息和光谱信息的处理分开，使数据计算更为简单。

第二，该系统只需一个分光单元，即只需一个分光光栅，与传统的双光栅系统相比，光路结构大幅度简化，搭建光路更为容易，成本更低，且能够降低系统结构带来的误差；

第三，该系统基于编码单元的多次编码进行计算，多次编码产生多组数据，对成像效果具有优化作用，提升成像质量。

第四，该系统可以适用于不同的空间编码解码方式，如：哈达码编码、正弦灰度编码、随机编码等；还可以考虑空间的稀疏性，减小编码次数进行压缩优化解码，编码灵活度较高。

附图说明

图 1 是本发明实施例提供的光谱成像系统的结构示意图；

图 2 是本发明实施例提供的光谱成像系统的第一图像示意图；

图 3 是本发明实施例提供的光谱成像系统的第二图像示意图；

图 4 是本发明实施例提供的光谱成像系统的柱面镜单元的放大光路图；

图 5 是本发明实施例提供的光谱成像系统的第三图像示意图；

图 6 是本发明实施例提供的光谱成像系统的编码单元示意图；

图 7 是本发明实施例提供的光谱成像系统的柱面镜单元示意图；

图 8 是本发明实施例提供的光谱成像系统的分光光栅示意图；

图 9 是本发明实施例提供的光谱成像系统的运算单元示意图；

图 10 是本发明实施例提供的光谱成像方法的流程示意图。

本发明的实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明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用以解释本发明，并不用于限定本发明。

需说明的是，当部件被称为“固定于”或“设置于”另一个部件，它可以直接或者间接位于该另一个部件上。当一个部件被称为“连接于”另一个部件，它可以是直接或者间接连接至该另一个部件上。术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖

直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置为基于附图所示的方位或位置，仅是为了便于描述，不能理解为对本技术方案的限制。术语“第一”、“第二”仅用于便于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明技术特征的数量。“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

5 为了说明本发明所述的技术方案，以下结合具体附图及实施例进行详细说明。

请参阅图 1 至图 5，本发明实施例提供一种光谱成像系统 100，能够在简化系统光路的同时减少数据处理的复杂程度。该光谱成像系统 100 包括沿着光传输方向依次设置的成像单元 10、编码单元 20、柱面镜单元 30、分光单元 40 以及探测器 50，其中，光传输方向是指被测物体 60 发出或者反射的物光在该系统中的传输方向。成像单元 10 将被测物体 60 发出的物光成像于编码单元 20；编码单元 20 对物光进行编码，获得第一图像 P1，如图 2。该第一图像 P1 包括点阵状分布的多个编码像点 P11，编码单元 20 的编码方式可调以获得多种第一图像 P1，其调整的次数依成像要求而定，不严格限制，考虑成像的分辨率和清晰度，一般可以为几次至像素数 n 次不等。上述柱面镜单元 30 用于将第一图像 P1 在第一方向上放大，获得第二图像 P2，如图 3。可以理解，柱面镜可视为将圆柱形透镜延平行于中心轴的截面截取其一部分得到，在平行于截面的方向，柱面镜表面不发生弯曲，对光线没有拉伸或压缩效应，在垂直于截面的方向，柱面镜表面为圆弧形，对光线有放大效应，且可视为均匀放大，进而本实施例通过柱面镜单元 30 能够将第一图像 P1 在第一方向上放大，而在与第一方向垂直的第二方向上保持不变，该第一方向即上述与截面垂直的方向，第二方向为与上述的中心轴平行的方向。进而，参考图 4，第一图像 P1 经过柱面镜单元 30 后，形成的第二图像 P2 包括多个平行排布的条纹像 P21，每一条纹像 P21 由在第二方向上坐标一致的编码像点 P11 经均匀放大后叠加得到，条纹像 P21 各处光强均匀。上述分光单元 40 用于对第二图像 P2 在第一方向上分光。探测器 50 则用于探测第二图像 P2 分光后的光信息，获得第三图像 P3。如图 5，该第三图像 P3 中，由于分光后成像，进而可以通过对分光单元 40 等器件进行设置以使得每一波段至少偏移一个像素，以用于后续运算。当然，每一波段也可以偏移多个像素。

进一步地，该光谱成像系统 100 还包括运算单元 70，其与探测器 50 连接，用于根据第三图像 P3 和编码单元 20 的编码值计算被测物体 60 的空间信息和光谱信息，获得物体的光谱图像。具体地，运算单元 70 可以是专用的计算机，或者安装于常规计算机内部的程序。该运算单元 70 可以预存或者在测量时接收各种计算数据，对数据进行所需的处理和分析等，同时可以输出被测物体 60 的光谱图像。

具体地，该光谱成像系统 100 具体可以通过如下方式进行光谱成像：

首先，在第二方向（y 方向）的任一坐标下，被测物体 60 和第一图像 P1 具有如下关系： $I_1(x) = I_0(x) \cdot T(x)$ —— 式（1）；

其中， $I_0(x)$ 为被测物体 60 的空间光强，具体可以是被测物体 60 在一个空间点处的光强， $I_1(x)$ 为第一图像 P1 的光强，具体可以是与该空间点对应的第一图像 P1 中的一个编码像点 P11 的光强； $x=1, \dots, n$, n 为 x 方向（第一方向）像素数，具体可以是在未分光状态下，物光在探测器 50 像面第一方向上所占据的像素数； $T(x)$ 为编码单元 20 的编码值，不同的编码方式对应不同的编码值，可以有多种选择，不影响成像结果。例如，编码单元采用数字微镜器件 DMD 实现，可进行哈达码编码、正弦灰度编码和随机编码等等。

进一步地，第一图像 P1 经过柱面镜单元 30 后，在 x 方向被放大，在 y 方向保持不变，使得相同的 y 坐标对应的不同的编码像点 P11 在 x 方向均被均匀放大，并且相互叠加，形成一条条纹像 P21，该条纹像 P21 各处光强相等，设为 I_2 ，该第二图像 P2 和被测物体 60 具有如下关系：

$$\begin{bmatrix} I_{2T_1} \\ I_{2T_2} \\ \vdots \\ I_{2T_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1(1) & T_1(2) & \cdots & T_1(n) \\ T_2(1) & T_2(2) & \cdots & T_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_N(1) & T_N(2) & \cdots & T_N(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0(1) \\ I_0(2) \\ \vdots \\ I_0(n) \end{bmatrix} \quad \text{——式（2），}$$

其中， N 表示编码次数， $T_N(x)$ 表示第 N 次编码值， I_{2T_N} 表示第 N 次编码对应的第二图像 P2 的光强，具体是第二图像 P2 中的条纹像 P21 对应的光强，当然，每一条纹像 P21 的光强均可用式（2）表示，在计算过程中，根据某一条条纹像 P21 的 I_{2T_N} 对应计算获得该条纹像 P21 对应的被测物体 60 的空间点的信息，多个条纹像 P21 进行相同的计算过程，即可获得整个被测物体 60 的信息。计算方法与编码方式和测量次数有关，当 $N=n$ 时，采用简单的逆矩阵计算就可得到准确解；当 $N < n$ 时，编码需要考虑稀疏性，可采用优化算法得到最优解。

进一步地，第二图像 P2 经过分光后，由探测器 50 所探测，探测器 50 获得第三图像 P3，该第三图像 P3 包括多个与第二图像 P2 的条纹像 P21 一一对应的探测器条纹像 P31，该探测器条纹像 P31 在第一方向上基于波段发生偏移，每个波段偏移至少一个像素，第三图像 P3 和第二图像 P2 具有如下关系：

$$\begin{bmatrix} I_3(1) \\ I_3(2) \\ \vdots \\ I_3(M) \\ \vdots \\ I_3(n+M-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2(\lambda_1) \\ I_2(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_2(\lambda_M) \end{bmatrix} \quad \text{——式 (3) ,}$$

其中, $I_2(\lambda_j)$ 为一个条纹像P21中 λ_j 波段下的光强, $j=1, \dots, M$, M 为波段数; 当然, 每个探测器条纹像P31的光强均用上式表示。 $I_3(x)$ 为第三图像P3中一个探测器条纹像P31的像素 x 的光强, 由于分光作用, 该像面像素有所扩展, 此时, $1 \leq x \leq n+M-1$, 当每一波段
5 偏移一个像素时, $x=1, \dots, n+M-1$; n 为 x 方向像素数, 像素数 n 一般大于波段数 M 。每次编码, 均会产生一第三图像P3, 第三图像P3中, 每个探测器条纹像P31中各像素点的光强均可获知, 通过上式 (3) 可以获得第二图像P2中对应条纹像P21的各波段的光强 $I_2(\lambda_j)$ 。进行 N 次编码后, 可以获得 N 组第二图像P2中对应条纹像P21的各波段的光强 $I_2(\lambda_j)$, 再结合公式 (2) 以及对应的编码值, 可以逆运算获得被测物体60的空间光强 $I_0(x, \lambda_j)$ 。对 y 方向每一被测区
10 段进行相同的测量, 就可以获得被测物体60完整的空间光强信息 $I_0(x, y, \lambda_j)$ 。

基于上述成像系统的结构设计和工作原理, 本发明实施例提供的光谱成像系统 100 具有如下效果:

第一、该光谱成像系统 100 采用成像单元 10、编码单元 20、柱面镜单元 30、分光单元 40 和探测器 50 构建成像系统, 通过编码单元 20 对空间编码, 通过柱面镜单元 30 对编码后的图形进行一维放大, 通过分光单元 40 对放大混合后的区域进行分光, 探测器 50 探测分光后的图像。利用柱面镜单元 30 的一维放大作用, 将一个维度上的不同空间点放大叠加到同一空间线上, 得到不同空间点编码后的混合累加强度。利用分光方向与一维放大方向一致的分光单元 40, 得到一个维度上不同波段下的混合累加强度, 空间信息与编码相关, 光谱信息与分光相关, 通过探测器 50 得到的信息计算光谱信息而避免与空间信息混杂, 通过编码逆运算空间信息而避免与光谱信息混杂, 进而将空间信息和光谱信息的处理分开, 使数据计算更为简单。
20

第二, 该系统只需一个分光单元 40, 即只需一个分光光栅, 与传统的双光栅系统相比, 光路结构大幅度简化, 搭建光路更为容易, 成本更低, 且能够降低系统结构带来的误差;

第三, 该系统基于编码单元 20 的多次编码进行计算, 多次编码产生多组数据, 对成像

效果具有优化作用，提升成像质量。

第四，该系统可以适用于不同的空间编码解码方式，如：哈达码编码、正弦灰度编码、随机编码等；还可以考虑空间的稀疏性，减小编码次数进行压缩优化解码，编码灵活度较高。

5 在一个实施例中，成像单元 10 包括一个、两个或多个透镜，具体可以是凸透镜、凹透镜、凸透镜组、凹透镜组或者凸透镜和凹透镜的组合。

在一个实施例中，参考图 6，编码单元 20 可以采用数字微镜器件 DMD。编码单元 20 包括阵列排布的编码模块 21，编码模块 21 具体可以包括反光镜、透光镜等状态可调节的部件，用以控制物光的透过率，形成点阵状分布的编码像点 P11，上述编码值即对应该透过率，当然，编码值和透过率不必是相同的数值，而是存在确定的运算关系。

10 在一个实施例中，参考图 7，柱面镜单元 30 包括同光轴的柱面镜 31，还可以进一步包括凸透镜，还可以进一步包括凹透镜，柱面镜 31、凸透镜和凹透镜 32 三者的位置不必严格限制，根据光路合理设计即可。其中，柱面镜 31 的柱形表面在第一方向上成弧形，在第二方向上呈直线型，进而在第一方向上放大图形。

15 在一个实施例中，分光单元 40 包括沿着光传输方向依次设置的第一镜组 41、分光光栅 42 和第二镜组 43，探测器 50 设置于第二镜组 43 的输出方向，参考图 8，分光光栅 42 为一维透射光栅或者一维反射光栅，一维透射光栅包括多个等间隔平行设置的狭缝 421，一维反射光栅包括多个等间隔平行设置的反光带，狭缝 421 或反光带的长度方向与第一方向垂直。第一镜组 41 和第二镜组 43 可以采用凸透镜、凹透镜、凸透镜组、凹透镜组或者凸凹透镜组。

进一步地，同一维度的不同的编码像点 P11 在第一方向上的放大可能存在一定的偏移，在多个编码像点 P11 放大叠加后，其两端的信息不均匀，进而，在柱面镜单元 30 和分光单元 40 之间还设有光阑 80，用于将两端不均匀不可用的信息过滤，获取第二图像 P2 中光强均匀的部分。

25 在一个实施例中，第三图像 P3 中的任一探测器条纹像 P31 中，每一波段沿第一方向偏移一个像素。在其他实施例中，第三图像 P3 中的任一探测器条纹像 P31 中，每一波段沿第一方向偏移两个以上像素，同样可以计算得到光谱信息。

在一个实施例中，参考图 9，运算单元 70 包括第三图像处理模块 71 和编码逆运算模块 72，其中，第三图像处理模块 71 用于计算第三图像 P3 中每个探测器条纹像 P31 的光强信息；编码逆运算模块 72 用于根据每个探测器条纹像 P31 的光强信息，结合编码单元 20 的编码值，逆运算获得每个探测器条纹像 P31 中每一波段的空间信息，进而将各波段的空

间信息组合后获得被测物体 60 的光谱图像。具体地, 首先根据探测器条纹像 P31 的光强信息, 结合上述公式 (3) 计算获得第二图像 P2 中对应条纹像 P21 的各波段的光强 $I_2(\lambda_j)$; 然后, 根据 $I_2(\lambda_j)$ 和公式 (2) 结合编码值计算每个探测器条纹像 P31 中每一波段的空间信息; 然后, 将各波段的空间信息结合, 获得被测物体 60 的光谱图像。

5 在一个实施例中, 编码次数 N 可以和像素数 n 相等, 此时可以得到最优化的成像效果。在其他实施例中, 还可以考虑空间的稀疏性, 减小编码次数进行压缩优化解码, 简化运算量。编码次数与所述编码方法有关, 如: 哈达码编码测量 $N=n$ 次, 逆变换可得到准确解; 随机编码 $N \ll n$ 次, 压缩感知计算可得到最优解。

10 本发明实施例进一步提供一种光谱成像方法, 该方法可以但不限于基于上述系统实现, 参考图 10, 该方法包括:

步骤 S101: 将被测物体 60 进行第一次成像及空间编码, 获得第一图像 P1, 所述第一图像 P1 包括点阵状分布的编码像点 P11, 所述空间编码的编码方式可调, 以获得多个不同的第一图像 P1;

15 步骤 S102: 对所述第一图像 P1 进行第二次成像, 将所述第一图像 P1 在第一方向上放大, 在与所述第一方形垂直的第二方向上保持不变, 获得包括多个平行排布的条纹像 P21 的第二图像 P2;

步骤 S103: 对所述第二图像 P2 在第一方向上分光, 并探测分光后的光信息, 获得第三图像 P3, 所述第三图像 P3 包括多个平行的探测器条纹像 P31, 所述探测器条纹像 P31 中, 20 每个波段至少错位一个像素;

步骤 S104: 根据所述探测器条纹像 P31 以及多次编码的编码值计算被测物体 60 的空间光谱信息, 获得光谱图像。

25 在一个实施例中, 通过柱面镜单元 30 对第一图像 P1 在第一方向上放大, 通过分光光栅 42 对第二图像 P2 在第一方向上分光。该柱面镜单元 30 可采用上述系统中的柱面镜单元 30。该分光光栅 42 可以采用上述系统中的分光光栅 42。进一步地, 还可在分光光栅 42 两侧分别设置第一镜组 41 和第二镜组 43。

在本实施例中, 在第二方向的任一坐标下, 被测物体 60 和第一图像 P1 具有如下关系:

$$I_1(x) = I_0(x) \cdot T(x) \quad \text{——式 (1)}$$

其中, $I_0(x)$ 为被测物体 60 的空间光强, $I_1(x)$ 为第一图像 P1 的光强, $x=1, \dots, n$, n 为 x

方向像素数, $T(x)$ 为编码单元 20 的编码值, x 方向为上述第一方向;

在步骤 S102 中, 在第二图像 P2 处, 各个 x 位置光强分布一致, 均为各空间点的累加:

$I_2 = C \cdot \sum_{x=1}^N I_1(x)$ 。其中, C 为常数, 表示光强的均匀分散系数, 计算时可忽略。第二图像 P2

和被测物体 60 具有如下关系:

$$5 \quad \begin{bmatrix} I_{2T_1} \\ I_{2T_2} \\ \vdots \\ I_{2T_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1(1) & T_1(2) & \cdots & T_1(n) \\ T_2(1) & T_2(2) & \cdots & T_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_N(1) & T_N(2) & \cdots & T_N(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0(1) \\ I_0(2) \\ \vdots \\ I_0(n) \end{bmatrix} \quad \text{——式 (2)}$$

其中, $T_N(x)$ 表示第 N 次编码值, I_{2T_N} 表示第 N 次编码对应的第二图像 P2 的光强。

经探测器 50 形成的第三图像 P3 和第二图像 P2 具有如下关系:

$$\begin{bmatrix} I_3(1) \\ I_3(2) \\ \vdots \\ I_3(M) \\ \vdots \\ I_3(n+M-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2(\lambda_1) \\ I_2(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_2(\lambda_M) \end{bmatrix} \quad \text{——式 (3)}$$

其中, $I_2(\lambda_j)$ 为一个条纹像 P21 中 λ_j 波段下的光强, $j=1, \dots, M$, M 为波段数;

10 $I_3(x)$ 为第三图像 P3 中一个探测器条纹像 P31 的像素 x 的光强, $1 \leq x \leq n+M-1$, 当每一波长错位一个像素时, $x=1, \dots, n+M-1$;

上述步骤 S104 所述的根据所述探测器条纹像 P31 以及多次编码的编码值计算被测物体 60 的空间光谱信息, 获得光谱图像的步骤包括:

第一步: 根据式 (3), 基于 $I_3(x)$ 计算 $I_2(\lambda_j)$;

15 第二步: 根据式 (2), 基于 $I_2(\lambda_j)$ 和 $T_N(x)$ 计算一个条纹像 P21 对应的被测物体 60 的光谱空间信息 $I_0(x, \lambda_j)$;

第三步: 对每个条纹像 P21 进行相同的计算, 获得被测物体 60 的光谱空间信息

$I_0(x, y, \lambda_j)$, 其中, x 代表第一方向, y 代表第二方向。

20 在该方法中, 空间编码的次数 N 小于或等于所述 x 方向像素数 n , 优选地, 空间编码的次数 N 等于 x 方向像素数 n , 以实现最优的成像效果。此时可以得到最优化的成像效果。

也可以考虑空间的稀疏性，减小编码次数进行压缩优化解码，简化运算量。

在一个实施例中，空间编码的编码方式可以选择但不限于哈达码编码、正弦灰度编码、随机编码等。

上述光谱成像方法具有如下效果：

5 第一、该光谱成像方法通过对空间编码，并对编码后的图形进行一维放大，再对放大混合后的区域进行分光，探测分光后的图像并进行数据运算。其将一个维度上的不同空间点放大叠加到同一空间线上，得到不同空间点编码后的混合累加强度。通过与一维放大方向一致的分光得到一个维度上不同波段下的混合累加强度，这样，空间信息与编码相关，光谱信息与分光相关，通过探测分光后的信息计算光谱信息而避免与空间信息混杂，通过
10 编码逆运算空间信息而避免与光谱信息混杂，进而将空间信息和光谱信息的处理分开，使数据计算更为简单。

第二，该方法对应的系统只需一个分光单元 40，即只需一个分光光栅 42，与传统的分光光栅系统相比，光路结构大幅度简化，搭建光路更为容易，成本更低，且能够降低系统结构带来的误差；

15 第三，该方法基于编码单元 20 的多次编码进行计算，多次编码产生多组数据，对成像效果具有优化作用，提升成像质量。

第四，该方法可以适用于不同的空间编码解码方式，如：哈达码编码、正弦灰度编码、随机编码等；还可以考虑空间的稀疏性，减小编码次数进行压缩优化解码，编码灵活度较高。

20 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种光谱成像系统，其特征在于，包括沿着光传输方向依次设置的成像单元、编码单元、柱面镜单元、分光单元以及探测器，其中，

所述成像单元用于将被测物体发出的物光成像于所述编码单元；

5 所述编码单元用于对所述物光进行编码，获得第一图像，所述第一图像包括点阵状分布的多个编码像点，所述编码单元的编码方式可调以获得多种第一图像；

所述柱面镜单元用于将所述第一图像在第一方向上放大，获得第二图像，所述第二图像包括多个平行排布的条纹像，每一所述条纹像由在第二方向上坐标一致的编码像点经均匀放大后叠加得到，所述第二方向和第一方向垂直，所述条纹像各处光强均匀；

10 所述分光单元用于对所述第二图像在第一方向上分光；

所述探测器用于探测第二图像分光后的光信息，获得第三图像，所述第三图像中，每一波段至少偏移一个像素。

2. 如权利要求1所述的光谱成像系统，其特征在于，所述光谱成像系统还包括运算单元，与所述探测器连接，用于根据所述第三图像和所述编码单元的编码值计算所述被测物
15 体的空间信息和光谱信息，获得物体的光谱图像。

3. 如权利要求2所述的光谱成像系统，其特征在于，所述编码单元包括阵列排布的编码模块，所述编码模块可调节以控制物光的透过率，形成所述编码像点，所述编码值对应所述透过率。

4. 如权利要求1所述的光谱成像系统，其特征在于，所述柱面镜单元包括同光轴的柱
20 面镜、凸透镜和/或凹透镜，所述柱面镜包括柱形表面，所述柱形表面在所述第一方向上成弧形，在所述第二方向上呈直线型。

5. 如权利要求1所述的光谱成像系统，其特征在于，所述分光单元包括沿着光传输方向依次设置的第一镜组、分光光栅和第二镜组，所述探测器设置于所述第二镜组的输出方向，所述分光光栅为一维透射光栅或一维反射光栅，分光方向与第一方向一致。

25 6. 如权利要求1所述的光谱成像系统，其特征在于，所述光谱成像系统还包括设置于所述柱面镜单元和分光单元之间的光阑，用于获取所述第二图像中光强均匀的部分。

7. 如权利要求2所述的光谱成像系统，其特征在于，所述探测器形成的第三图像包括多条平行的探测器条纹像，所述探测器条纹像中，每一波段沿所述第一方向至少偏移一个像素；

30 所述运算单元包括：

第三图像处理模块，用于计算第三图像中每个探测器条纹像的光强信息；

编码逆运算模块，用于根据所述每个探测器条纹像的光强信息，结合编码单元的编码值，逆运算获得每一波段的空间信息，进而将各波段的空间信息组合后获得被测物体的光谱图像。

- 5 8. 如权利要求 1 至 7 任一项所述的光谱成像系统，其特征在于，在第二方向的任一坐标下，所述被测物体和所述第一图像具有如下关系： $I_1(x) = I_0(x) \cdot T(x)$ ；

其中， $I_0(x)$ 为被测物体的空间光强， $I_1(x)$ 为第一图像的光强， $x=1, \dots, n$, n 为 x 方向像素数， $T(x)$ 为编码单元的编码值，所述 x 方向为所述第一方向；

所述第二图像和所述被测物体具有如下关系：

$$10 \quad \begin{bmatrix} I_{2T_1} \\ I_{2T_2} \\ \vdots \\ I_{2T_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1(1) & T_1(2) & \cdots & T_1(n) \\ T_2(1) & T_2(2) & \cdots & T_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_N(1) & T_N(2) & \cdots & T_N(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0(1) \\ I_0(2) \\ \vdots \\ I_0(n) \end{bmatrix},$$

其中， $T_N(x)$ 表示第 N 次编码值， I_{2T_N} 表示第 N 次编码对应的第二图像的光强；

所述第三图像和第二图像具有如下关系：

$$\begin{bmatrix} I_3(1) \\ I_3(2) \\ \vdots \\ I_3(M) \\ \vdots \\ I_3(n+M-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2(\lambda_1) \\ I_2(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_2(\lambda_M) \end{bmatrix},$$

其中， $I_2(\lambda_j)$ 为一个条纹像中 λ_j 波段下的光强， $j=1, \dots, M$ ， M 为波段数；

- 15 $I_3(x)$ 为第三图像中一个探测器条纹像的像素 x 的光强， $1 \leq x \leq n+M-1$ 。

9. 一种光谱成像方法，其特征在于，包括：

将被测物体进行第一次成像及空间编码，获得第一图像，所述第一图像包括点阵状分布的编码像点，所述空间编码的编码方式可调，以获得多个不同的第一图像；

- 20 对所述第一图像进行第二次成像，将所述第一图像在第一方向上放大，在与所述第一方向垂直的第二方向上保持不变，获得包括多个平行排布的条纹像的第二图像；

对所述第二图像在第一方向上分光，并探测分光后的光信息，获得第三图像，所述第

三图像包括多个平行的探测器条纹像,所述探测器条纹像中,每个波段至少错位一个像素;

根据所述探测器条纹像以及多次编码的编码值计算被测物体的空间光谱信息,获得光谱图像。

10. 如权利要求 9 所述的光谱成像方法,其特征在于,通过柱面镜单元对所述第一图像在第一方向上放大,通过分光光栅对所述第二图像在第一方向上分光。

11. 如权利要求 9 所述的光谱成像方法,其特征在于,在第二方向的任一坐标下,所述被测物体和所述第一图像具有如下关系:

$$I_1(x) = I_0(x) \cdot T(x) \quad \text{————式 (1)}$$

10 其中, $I_0(x)$ 为被测物体的空间光强, $I_1(x)$ 为第一图像的光强, $x=1, \dots, n$, n 为 x 方向像素数, $T(x)$ 为编码单元的编码值,所述 x 方向为所述第一方向;

所述第二图像和所述被测物体具有如下关系:

$$\begin{bmatrix} I_{2T_1} \\ I_{2T_2} \\ \vdots \\ I_{2T_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1(1) & T_1(2) & \cdots & T_1(n) \\ T_2(1) & T_2(2) & \cdots & T_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_N(1) & T_N(2) & \cdots & T_N(n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0(1) \\ I_0(2) \\ \vdots \\ I_0(n) \end{bmatrix} \quad \text{————式 (2)}$$

其中, $T_N(x)$ 表示第 N 次编码值, I_{2T_N} 表示第 N 次编码对应的第二图像的光强;

所述第三图像和第二图像具有如下关系:

$$\begin{bmatrix} I_3(1) \\ I_3(2) \\ \vdots \\ I_3(M) \\ \vdots \\ I_3(n+M-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2(\lambda_1) \\ I_2(\lambda_2) \\ \vdots \\ I_2(\lambda_M) \end{bmatrix} \quad \text{————式 (3)}$$

其中, $I_2(\lambda_j)$ 为一个条纹像中 λ_j 波段下的光强, $j=1, \dots, M$, M 为波段数;

$I_3(x)$ 为第三图像中一个探测器条纹像的像素 x 的光强, $1 \leq x \leq n+M-1$;

所述的根据所述探测器条纹像以及多次编码的编码值计算被测物体的空间光谱信息,获得光谱图像的步骤包括:

20 根据所述式 (3), 基于所述 $I_3(x)$ 计算 $I_2(\lambda_j)$;

根据所述式 (2), 基于所述 $I_2(\lambda_j)$ 和 $T_N(x)$ 计算一个所述条纹像对应的被测物体的光

谱空间信息 $I_0(x, \lambda_j)$;

对每个条纹像进行相同的计算, 获得被测物体的光谱空间信息 $I_0(x, y, \lambda_j)$, 其中, x 代表第一方向, y 代表第二方向。

12. 如权利要求11所述的光谱成像方法, 其特征在于, 所述空间编码的次数 N 小于或等于所述 x 方向像素数 n 。

13. 如权利要求9至12任一项所述的光谱成像方法, 其特征在于, 所述编码方式包括哈达码编码、正弦灰度编码和随机编码。

10

15

20

25

30

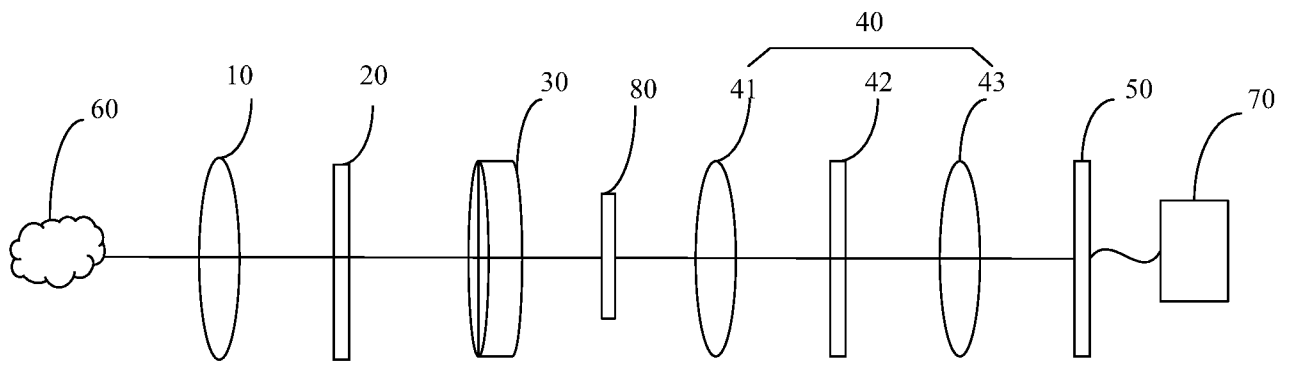


图 1

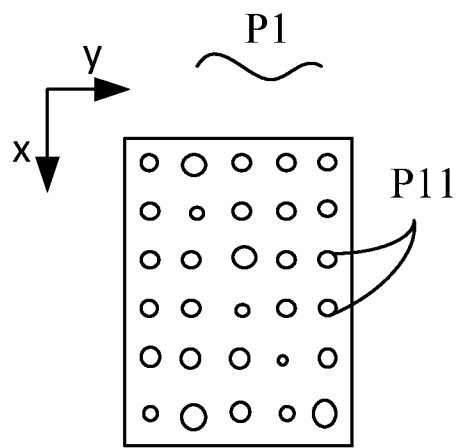


图 2

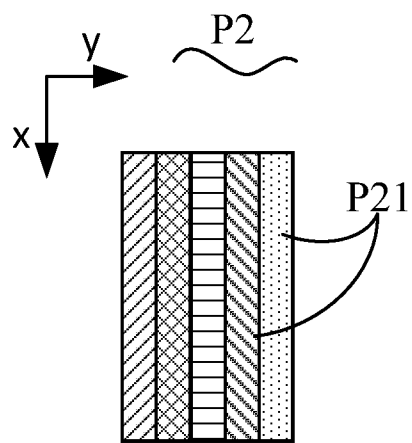


图 3

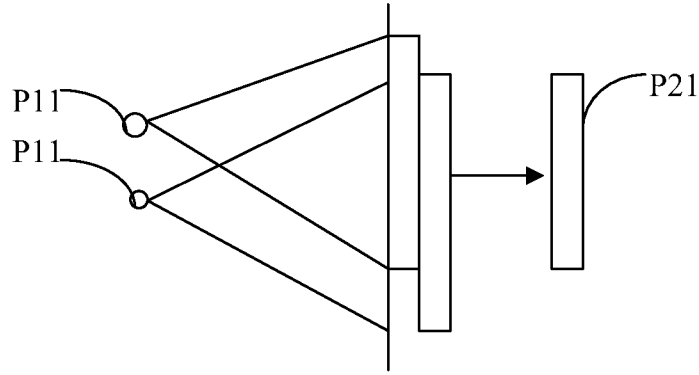


图 4

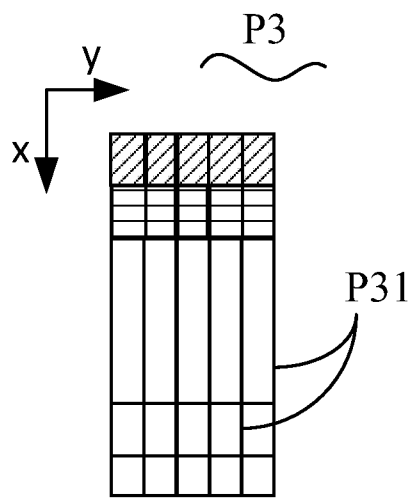


图 5

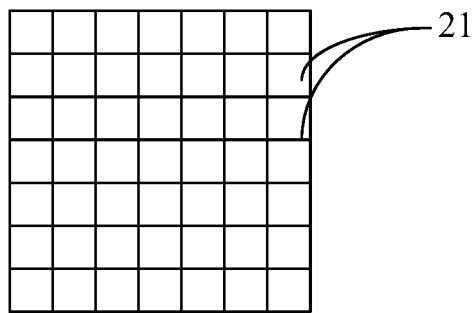


图 6

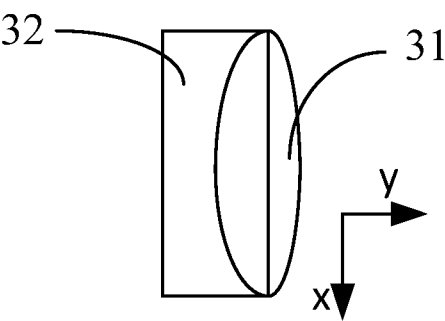


图 7

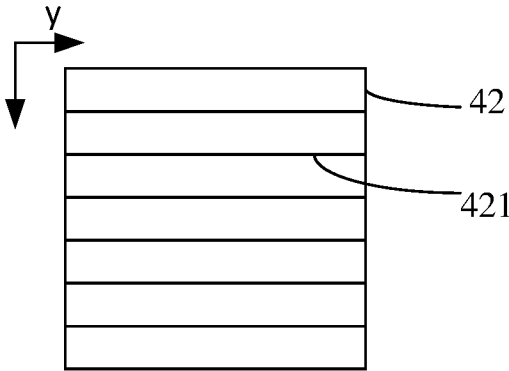


图 8

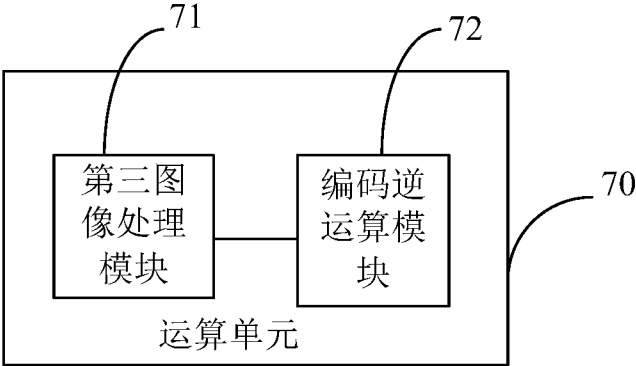


图 9

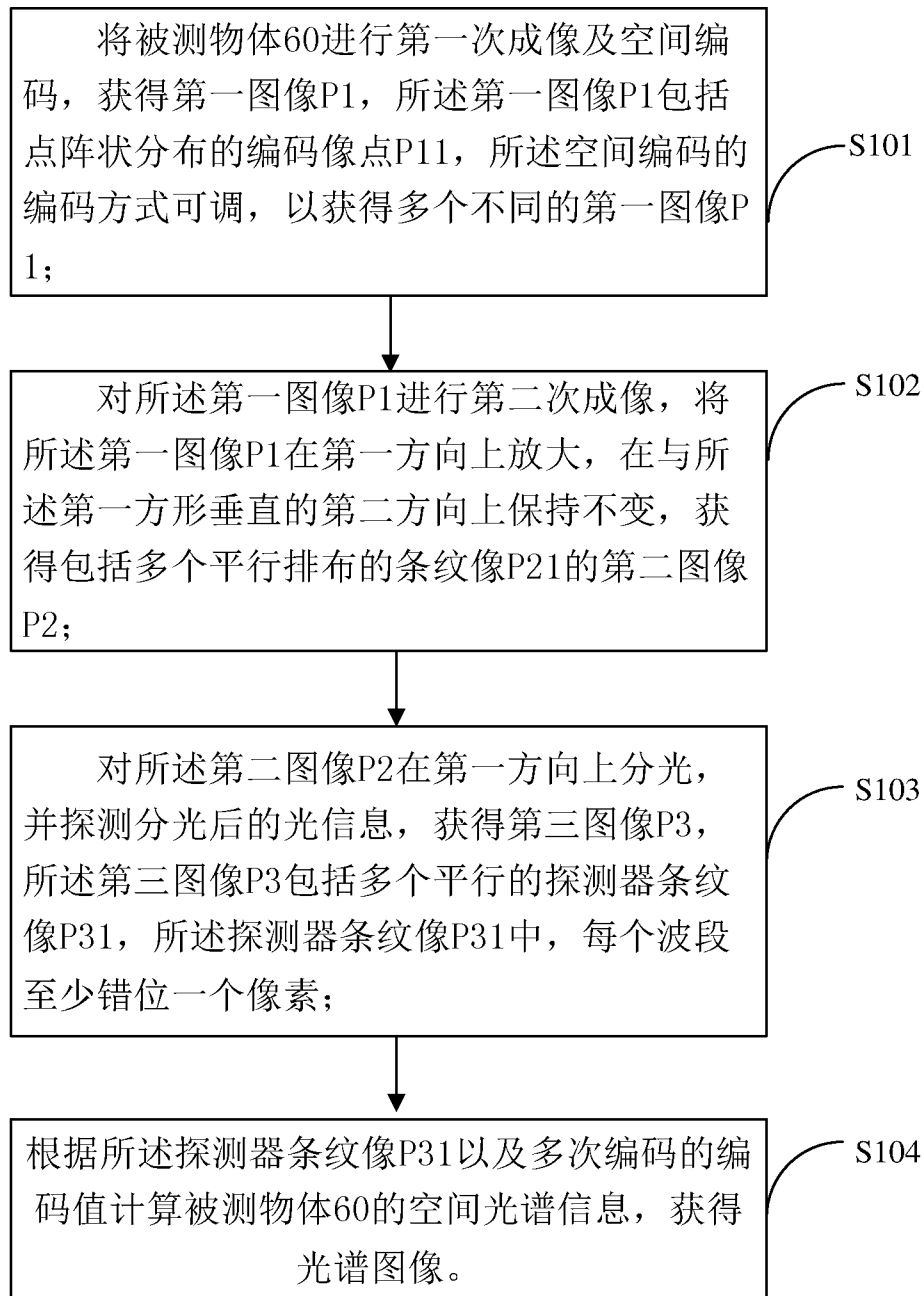


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/124313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J 3/28(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)

G01J

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, CNKI, WPI, EPODOC: 深圳先进技术研究, 马翠, 林慧, 余明, 光谱, 成像, 编码, 扩大, 放大, 偏移, 探测, 图像, 图象, spectral, imaging, encode, code, enlarge, deviate, detect, image.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109556719 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 02 April 2019 (2019-04-02) description, paragraphs [0072]-[0122], and figures 1-10	1-13
PX	CN 209197901 U (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 02 August 2019 (2019-08-02) description, paragraphs [0042]-[0093], and figures 1-10	1-13
A	CN 106768336 A (COLD AND ARID REGIONS ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs [0027]-[0044], and figures 1-4	1-13
A	CN 108225561 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 29 June 2018 (2018-06-29) entire document	1-13
A	CN 105675136 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 15 June 2016 (2016-06-15) entire document	1-13



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

18 February 2020

Date of mailing of the international search report

25 February 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

International application No.

PCT/CN2019/124313

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015077617 A1 (OLYMPUS CORP.) 19 March 2015 (2015-03-19) entire document	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/124313

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109556719	A	02 April 2019	None			
CN	209197901	U	02 August 2019	None			
CN	106768336	A	31 May 2017	CN	106092319	A	09 November 2016
				CN	106768336	B	23 March 2018
				CN	206531576	U	29 September 2017
CN	108225561	A	29 June 2018	None			
CN	105675136	A	15 June 2016	CN	105675136	B	16 October 2018
US	2015077617	A1	19 March 2015	WO	2013190938	A1	27 December 2013
				JP	2014006079	A	16 January 2014
				JP	6021462	B2	09 November 2016
				US	9494768	B2	15 November 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/124313

A. 主题的分类 G01J 3/28(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) G01J 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, CNKI, WPI, EP0D0C: 深圳先进技术研究院, 马翠, 林慧, 余明, 光谱, 成像, 编码, 扩大, 放大, 偏移, 探测, 图像, 图象, spectral, imaging, encode, code, enlarge, deviate, detect, image.																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109556719 A (深圳先进技术研究院) 2019年 4月 2日 (2019 - 04 - 02) 说明书第[0072]-[0122]段, 图1-10</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 209197901 U (深圳先进技术研究院) 2019年 8月 2日 (2019 - 08 - 02) 说明书第[0042]-[0093]段, 图1-10</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106768336 A (中国科学院寒区旱区环境与工程研究所) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0027]-[0044]段, 图1-4</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108225561 A (深圳先进技术研究院) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105675136 A (深圳先进技术研究院) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015077617 A1 (OLYMPUS CORP.) 2015年 3月 19日 (2015 - 03 - 19) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109556719 A (深圳先进技术研究院) 2019年 4月 2日 (2019 - 04 - 02) 说明书第[0072]-[0122]段, 图1-10	1-13	PX	CN 209197901 U (深圳先进技术研究院) 2019年 8月 2日 (2019 - 08 - 02) 说明书第[0042]-[0093]段, 图1-10	1-13	A	CN 106768336 A (中国科学院寒区旱区环境与工程研究所) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0027]-[0044]段, 图1-4	1-13	A	CN 108225561 A (深圳先进技术研究院) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29) 全文	1-13	A	CN 105675136 A (深圳先进技术研究院) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-13	A	US 2015077617 A1 (OLYMPUS CORP.) 2015年 3月 19日 (2015 - 03 - 19) 全文	1-13
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 109556719 A (深圳先进技术研究院) 2019年 4月 2日 (2019 - 04 - 02) 说明书第[0072]-[0122]段, 图1-10	1-13																					
PX	CN 209197901 U (深圳先进技术研究院) 2019年 8月 2日 (2019 - 08 - 02) 说明书第[0042]-[0093]段, 图1-10	1-13																					
A	CN 106768336 A (中国科学院寒区旱区环境与工程研究所) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0027]-[0044]段, 图1-4	1-13																					
A	CN 108225561 A (深圳先进技术研究院) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29) 全文	1-13																					
A	CN 105675136 A (深圳先进技术研究院) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-13																					
A	US 2015077617 A1 (OLYMPUS CORP.) 2015年 3月 19日 (2015 - 03 - 19) 全文	1-13																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																			
* 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 18日		国际检索报告邮寄日期 2020年 2月 25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 于子江 电话号码 86-(10)-53962358																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/124313

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	109556719	A	2019年 4月 2日	无			
CN	209197901	U	2019年 8月 2日	无			
CN	106768336	A	2017年 5月 31日	CN	106092319	A	2016年 11月 9日
				CN	106768336	B	2018年 3月 23日
				CN	206531576	U	2017年 9月 29日
CN	108225561	A	2018年 6月 29日	无			
CN	105675136	A	2016年 6月 15日	CN	105675136	B	2018年 10月 16日
US	2015077617	A1	2015年 3月 19日	WO	2013190938	A1	2013年 12月 27日
				JP	2014006079	A	2014年 1月 16日
				JP	6021462	B2	2016年 11月 9日
				US	9494768	B2	2016年 11月 15日