

(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
2025 年 6 月 26 日 (26.06.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/129804 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 5/60 (2024.01) **G06N 3/0455** (2023.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/075909

(22) 国际申请日: 2024 年 2 月 5 日 (05.02.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311765123.X 2023 年 12 月 21 日 (21.12.2023) CN

(71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区粤海街道南海大道 3688 号 518051 (CN)。

(72) 发明人: 何文奇 (HE, Wenqi); 中国广东省深圳市南山区粤海街道南海大道 3688 号 518051 (CN)。
陈俊成 (CHEN, Juncheng); 中国广东省深圳市南山区粤海街道南海大道 3688 号 518051 (CN)。
卢大江 (LU, Dajiang); 中国广东省深圳市南山区

粤海街道南海大道 3688 号 518051 (CN)。彭翔 (PENG, Xiang); 中国广东省深圳市南山区粤海街道南海大道 3688 号 518051 (CN)。

(74) 代理人: 华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE); 中国广东省广州市天河区珠江东路 6 号 4501 房 (部位: 自编 01-03 和 08-12 单元) (仅限办公用途) 510623 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: IMAGE RECOVERY METHOD AND APPARATUS, COMPUTER DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 图像恢复方法、装置、计算机设备和存储介质

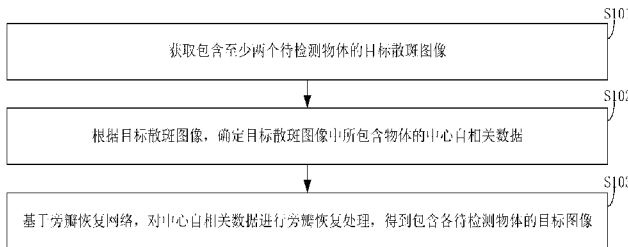


图 1

S101 Acquire a target speckle image containing at least two objects to be tested
S102 On the basis of the target speckle image, determine central autocorrelation data of the objects contained in the target speckle image
S103 On the basis of a sidelobe recovery network, perform sidelobe recovery processing on the central autocorrelation data to obtain a target image containing the objects to be tested

(57) Abstract: The present application relates to the technical field of image processing, and relates to an image recovery method and apparatus, a computer device, and a storage medium. The method comprises: acquiring a target speckle image containing at least two objects to be tested; on the basis of the target speckle image, determining central autocorrelation data of the objects contained in the target speckle image; and, on the basis of a sidelobe recovery network, performing sidelobe recovery processing on the central autocorrelation data to obtain a target image containing the objects to be tested. According to the present application, speckle autocorrelation sidelobes of the objects to be tested can be recovered by means of the central autocorrelation data, thereby implementing scattering imaging processing of a customized field of view, allowing scattering imaging technology to be applied to imaging application scenarios involving multiple objects to be tested, and ensuring the accuracy of scattering imaging for the multiple objects.

(57) 摘要: 本申请涉及一种图像恢复方法、装置、计算机设备和存储介质, 涉及图像处理技术领域。方法包括: 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像; 根据目标散斑图像, 确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据; 基于旁瓣恢复网络, 对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理, 得到包含各待检测物体的目标图像。本申请可实现通过中心自相关数据对各待检测物体的散斑自相关旁瓣进行恢复, 实现了定制化视场的散射成像处理, 使得散射成像技术能够应用在多个待检测物体的成像应用场景, 保证了针对多个待检测物体的散射成像准确性。

SE, SG, SK, SL, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

图像恢复方法、装置、计算机设备和存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及图像处理技术领域，特别是涉及一种图像恢复方法、装置、计算机设备和存储介质。

背景技术

[0002] 散射成像技术是一种基于散射原理的成像方法，通过测量样品对入射光的散射行为来实现成像。当样品受到光辐射时，其成分和结构对光线的反射和散射影响光线的传播。经过多次散射后，这些光线构成了样品发出的散射光。

[0003] 但是，现有的散射成像技术无法在一个空间内通过入射光散射成像多个不同的目标物体，进而，限制了散射成像技术的应用场景。

发明内容

[0004] 基于此，有必要针对上述技术问题，提供一种能够在一个空间内通过入射光散射成像多个不同的目标物体的图像恢复方法、装置、计算机设备和存储介质。

[0005] 第一方面，本申请提供了一种图像恢复方法。该方法包括：

[0006] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

[0007] 根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

[0008] 基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0009] 在其中一个实施例中，所述根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，包括：

[0010] 根据所述目标散斑图像，分别获取各所述待检测物体的候选物体强度图；

[0011] 根据各所述待检测物体的物体间距，对各所述待检测物体的候选物体强度图进行相关运算，得到所述中心自相关数据。

[0012] 在其中一个实施例中，所述根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，包括：

[0013] 分别对各所述待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据；

[0014] 分别对各所述待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；

[0015] 将所述第一自相关数据和所述第二自相关数据的和值，作为所述中心自相关数据。

[0016] 在其中一个实施例中，所述获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像，包括：

[0017] 获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像；

[0018] 对所述初始散斑图像进行包络校正处理，得到所述目标散斑图像。

[0019] 在其中一个实施例中，所述对所述初始散斑图像进行包络校正处理，得到所述目标散斑图像，包括：

[0020] 采用泽尼克多项式对所述初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面；

[0021] 将所述初始散斑图像与所述拟合曲面进行相除处理，得到所述目标散斑图像。

[0022] 在其中一个实施例中，所述旁瓣恢复网络的训练过程，包括：

[0023] 获取样本物体的参考图像和标准图像；其中，所述参考图像为初始恢复网络对所述样本物体的样本自相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，所述标准图像为包含所述样本物体的样本旁瓣的图像；

[0024] 对所述参考图像与所述标准图像进行相似度比较，得到所述参考图像与所述标准图像的图像相似度；

[0025] 根据所述参考图像的参考像素值和所述标准图像的标准像素值，确定所述参考图像与所述标准图像的平均误差幅度；

[0026] 根据所述图像相似度和所述平均误差幅度，对所述初始恢复网络进行参数调整，得到所述旁瓣恢复网络。

[0027] 第二方面，本申请还提供了一种图像恢复装置。该装置包括：

[0028] 获取模块，用于获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

[0029] 确定模块，用于根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

[0030] 恢复模块，用于基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0031] 第三方面，本申请还提供了一种计算机设备。所述计算机设备包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

[0032] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

[0033] 根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

[0034] 基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0035] 第四方面，本申请还提供了一种计算机可读存储介质。所述计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0036] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

[0037] 根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

[0038] 基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0039] 第五方面，本申请还提供了一种计算机程序产品。所述计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0040] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

[0041] 根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

[0042] 基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0043] 上述图像恢复方法、装置、计算机设备和存储介质，通过目标散斑图像，实现确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，进而，基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像；由于上述过程中，本申请并不是直接根据目标散斑图像，得到待检测物体的目标图像；而是通过确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，实现对各待检测物体的完整振幅信息进行恢复，实现对各待检测物体进行旁瓣恢复处理，保证了后续能够顺利根据旁瓣恢复网络得到包含各待检测物体的目标图像；因此，本申请可实现通过中心自相关数据对各待检测物体的散斑自相关旁瓣进行恢复，实现了在一个空间内通过入射光散射成像多个不同的待检测物体，使得散射成像技术能够应用在多个待检测物体的成像应用场景，保证了针对多个待检测物体的散射成像准确性。

附图说明

[0044] 图1为本申请实施例提供的一种图像恢复方法的流程示意图；

[0045] 图2为本申请实施例提供的获取初始散斑图像的流程示意图；

[0046] 图3为本申请实施例提供的旁瓣恢复网络的结构示意图；

[0047] 图4为本申请实施例提供的确定中心自相关数据的流程示意图；

[0048] 图5为本申请实施例提供的确定目标散斑图像的流程示意图；

[0049] 图6为本申请实施例提供的旁瓣恢复网络训练过程的流程示意图；

[0050] 图7为本申请实施例提供的另一种图像恢复方法的流程示意图；

- [0051] 图 8 为本申请实施例提供的第一种图像恢复装置的结构框图；
- [0052] 图 9 为本申请实施例提供的第二种图像恢复装置的结构框图；
- [0053] 图 10 为本申请实施例提供的第三种图像恢复装置的结构框图；
- [0054] 图 11 为本申请实施例提供的第四种图像恢复装置的结构框图；
- [0055] 图 12 为本申请实施例提供的第四种图像恢复装置的结构框图；
- [0056] 图 13 为一个实施例中计算机设备的内部结构图。

具体实施方式

[0057] 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。

[0058] 应当理解，此处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。在本申请的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0059] 在一个实施例中，如图 1 所示，提供了一种图像恢复方法，本实施例以该方法应用于终端进行举例说明，可以理解的是，该方法也可以应用于服务器，还可以应用于包括终端和服务器的系统，并通过终端和服务器的交互实现。其中，终端可以但不限于各种个人计算机、笔记本电脑、智能手机、平板电脑、物联网设备和便携式可穿戴设备，物联网设备可为智能音箱、智能电视、智能空调、智能车载设备等。便携式可穿戴设备可为智能手表、智能手环、头戴设备等。服务器可以用独立的服务器或者是多个服务器组成的服务器集群来实现。本实施例中，该方法包括以下步骤：

[0060] S101，获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像。

[0061] 需要说明的是，目标散斑图像指的是将目标相机采集到的初始散斑图像进行包络校正处理后的图像；因此，目标散斑图像相比起初始散斑图像，减少了包络对散斑纹理的遮挡，使得后续能够根据目标散斑图像得到更加准确的目标图像。

[0062] 进一步说明，初始散斑图像的获取过程，具体可包括以下内容：物体通过投影仪投射

到透镜上，形成物体的像；通过透镜将物体的像进行放大处理，并通过散射介质对放大后物体的像进行散射处理，形成散射像；通过目标相机对散射像进行捕捉拍摄，得到初始散斑图像。

[0063] 在本申请的一种实施例中，为进一步提高初始散斑图像的散射成像效果，如图 2 所示，可在散射成像过程中加入光阑和衰减片，以通过光阑能够限制散射光线的传播范围，控制散射光线的入射角度和光强分布，提高散射成像的效果；并且，通过衰减片对物体的像中不同区域的光线强度进行调整，使得物体的像各区域的光强分布更加均匀，进一步提高散射成像的效果。

[0064] 在本申请的另一种实施例中，为降低包络对散斑纹理的遮挡影响，本申请可采用泽尼克多项式对初始散斑图像对初始散斑图像进行包络校正处理，得到包络校正后的目标散斑图像。

[0065] S102，根据目标散斑图像，确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据。

[0066] 由于，在对目标散斑图像进行旁瓣恢复处理时，会收到目标散斑图像中包含各待检测物体的 OME（Optical Memory Effect，光学记忆效应）范围大小的影响，并且，目标散斑图像中的噪声也会对旁瓣恢复的准确性造成影响，影响恢复效果；因此，本申请通过深度学习，确定各待检测物体的 OME 范围的对应关系，实现对各待检测物体的 OME 范围进行扩展，得到中心自相关数据，使得后续能够根据中心自相关数据，顺利获取包含各待检测物体的目标图像。

[0067] 具体的，当待检测物体所处的视场超过 OME 范围时，需要用所提方法定制视场时，具体可包括以下内容：根据目标散斑图像，分别获取各待检测物体的候选物体强度图；对各待检测物体的候选物体强度图进行相关运算，得到中心自相关数据。

[0068] S103，基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0069] 需要说明的是，旁瓣恢复网络可以为 U-Net++（稠密链接神经网络）网络，旁瓣恢复网络由密集跳跃连接的编码器和解码器两部分组成，并通过跳跃连接将编码器和解码器中的特征图进行融合，从而实现了高分辨率特征图和低分辨率特征图的互补。旁瓣恢复网络可如图 3 所示，其中，旁瓣恢复网络中包含多个 $x^{(i,j)}$ 模块，各 $x^{(i,j)}$ 模块中均包含 relu （线性整流函数）激活函数，卷积层和批量归一化层；且旁瓣恢复网络的通道数呈完全对称分布。

[0070] 在本申请的一种实施例中，可通过将中心自相关数据输入至旁瓣恢复网络终端的输入

端，得到旁瓣恢复网络的输出端输出的输出结果，该输出结果即为包含各待检测物体的目标图像。

[0071] 进一步说明，由于目标图像中包含各待检测物体的完整傅里叶振幅信息，因此，可通过相位恢复算法对目标图像中包含的各待检测物体进行相位恢复，实现重构目标图像中各待检测物体的形状，以及各待检测物体的相对位置。

[0072] 上述图像恢复方法，通过目标散斑图像，实现确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，进而，基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像；由于上述过程中，本申请并不是直接根据目标散斑图像，得到待检测物体的目标图像；而是通过确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，实现对各待检测物体的完整振幅信息进行恢复，实现对各待检测物体进行旁瓣恢复处理，保证了后续能够顺利根据旁瓣恢复网络得到包含各待检测物体的目标图像；因此，本申请可实现通过中心自相关数据对各待检测物体的散斑自相关旁瓣进行恢复，实现了在一个空间内通过入射光散射成像多个不同的待检测物体，使得散射成像技术能够应用在多个待检测物体的成像应用场景，保证了针对多个待检测物体的散射成像准确性。

[0073] 在一种实施例中，由于现有的散射成像技术无法在一个空间内通过入射光散射成像多个不同的目标物体，对散射成像技术的应用场景造成了限制，因此，为解决上述技术问题，本实施例的计算机设备可通过如图 4 所示的方式，根据目标散斑图像，确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，具体包括如下步骤：

[0074] S401，根据目标散斑图像，分别获取各待检测物体的候选物体强度图。

[0075] 需要说明的是，可用计算公式（1）表征各待检测物体的候选物体强度图，具体的，计算公式（1）可如下所示：

[0076] 候选物体强度图 = $O_n(r - \Delta r_n)$ （1）

[0077] 其中， O_n 指的是目标散斑图像中第 n 个待检测物体； r 指的是目标散斑图像中图像中心的位置； Δr_n 指的是目标散斑图像中第 n 个待检测物体的位置关系。

[0078] S402，根据各待检测物体的物体间距，对各待检测物体进行相关运算，得到中心自相关数据。

[0079] 需要说明的是，当需要确定中心自相关数据时，具体可包括以下内容：分别对各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据；分别对各待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；将第一自相关数据和第二自相关数据

的和值，作为中心自相关数据。

[0080] 在本申请的一种实施例中，以散射系统中中包含两个待检测物体为例，根据上述内容可表示为计算公式（2），因此，可通过将两个待检测物体代入计算公式（2）中，得到中心自相关数据。其中，计算公式（2）如下所示：

$$\begin{aligned}
 & [O_1(r - \Delta r_1) + O_2(r - \Delta r_2)] \otimes [O_1(r - \Delta r_1) + O_2(r - \Delta r_2)] = \\
 & O_1(r - \Delta r_1) \otimes O_1(r - \Delta r_1) \\
 [0081] \quad & + O_2(r - \Delta r_2) \otimes O_2(r - \Delta r_2) \\
 & + O_1(r - \Delta r_1) \otimes O_2(r - \Delta r_2) \\
 & + O_2(r - \Delta r_2) \otimes O_1(r - \Delta r_1)
 \end{aligned} \quad (2)$$

[0082] 其中， $O_1(r - \Delta r_1) \otimes O_1(r - \Delta r_1)$ 和 $O_2(r - \Delta r_2) \otimes O_2(r - \Delta r_2)$ 指的是各待检测物体进行自相关运算得到的第一自相关数据； $O_1(r - \Delta r_1) \otimes O_2(r - \Delta r_2)$ 和 $O_2(r - \Delta r_2) \otimes O_1(r - \Delta r_1)$ 指的是各待检测物体进行互相关运算得到的第二自相关数据。 O_1 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体； O_2 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体； r 指的是目标散斑图像中图像中心的位置； Δr_1 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体的位置关系； Δr_2 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体的位置关系； $\otimes$ 指的是互相关运算。

[0083] 在本申请的一种实施例中，为保证能够当目标散斑图像中包含两个待检测物体时，可通过对目标散斑图像的函数表示，进行噪声分析和拟合逼近，得到计算公式（2）；其中，目标散斑图像的函数表示（3）可如下所示：

$$[0084] \quad I(r) = O_1(r - \Delta r_1) * psf_1(r - \Delta r_1) + O_2(r - \Delta r_2) * psf_2(r - \Delta r_2) \quad (3)$$

[0085] 其中， $O_1(r - \Delta r_1)$ 指的是第一个待检测物体； $O_2(r - \Delta r_2)$ 指的是第二个待检测物体； $psf_1(r - \Delta r_1)$ 指的是第一个待检测物体所在视场的点扩散函数； $psf_2(r - \Delta r_2)$ 指的是第二个待检测物体的点扩散函数； O_1 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体； O_2 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体； r 指的是目标散斑图像中图像中心的位置； Δr_1 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体的位置关系； Δr_2 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体的位置关系。

[0086] 进一步的，对目标散斑图像进行自相关运算，得到计算公式（4）

$$\begin{aligned}
 & I(r) \otimes I(r) = O_1(r - \Delta r_1) \otimes O_1(r - \Delta r_1) * psf_1(r - \Delta r_1) \otimes psf_1(r - \Delta r_1) \\
 & + O_2(r - \Delta r_2) \otimes O_2(r - \Delta r_2) * psf_2(r - \Delta r_2) \otimes psf_2(r - \Delta r_2) \\
 [0087] \quad & + O_1(r - \Delta r_1) \otimes O_2(r - \Delta r_2) * psf_1(r - \Delta r_1) \otimes psf_2(r - \Delta r_2) \\
 & + O_2(r - \Delta r_2) \otimes O_1(r - \Delta r_1) * psf_2(r - \Delta r_2) \otimes psf_1(r - \Delta r_1)
 \end{aligned} \quad (4)$$

[0088] 其中， $O_1(r - \Delta r_1)$ 指的是第一个待检测物体的候选物体强度图； $O_2(r - \Delta r_2)$ 指的是第二个待检测物体的候选物体强度图； $psf_1(r - \Delta r_1)$ 指的是第一个待检测物体的点扩散函数；

$\text{psf}_2(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_2)$ 指的是第二个待检测物体的点扩散函数； O_1 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体； O_2 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体； $\mathbf{r}$ 指的是目标散斑图像中图像中心的位置； $\Delta\mathbf{r}_1$ 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体的位置关系； $\Delta\mathbf{r}_2$ 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体的位置关系。

[0089] 进一步的，根据光学记忆效应可知，同一 OME 范围内待检测物体的点扩散函数具有高度相关性，并且，由于待检测物体的点扩散函数是随机分布的散斑图，因此，可将同一 OME 范围内待检测物体的点扩散函数近似作为脉冲函数；而不同 OME 范围内待检测物体的点扩散函数的相关性较低，因此，将不同 OME 范围内待检测物体的点扩散函数近似作为背景噪声；上述内容可用计算公式（5）表示：

$$[0090] \quad \begin{cases} \text{psf}_i(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_i) \otimes \text{psf}_i(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_i) \approx \delta \\ \text{psf}_i(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_i) \otimes \text{psf}_j(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_j) \approx \text{noise} \end{cases} \quad (5)$$

[0091] 其中， $\text{psf}_i(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_i)$ 指的是第*i*个待检测物体的点扩散函数； $\text{psf}_j(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_j)$ 指的是第*j*个待检测物体的点扩散函数； $\mathbf{r}$ 指的是目标散斑图像中图像中心的位置； $\Delta\mathbf{r}_i$ 指的是目标散斑图像中第*i*个待检测物体的位置关系； $\Delta\mathbf{r}_j$ 指的是目标散斑图像中第*j*个待检测物体的位置关系。

[0092] 进而，通过计算公式（5）对计算公式（4）进行简化处理，将不同待检测物体的点扩散函数之间的互相关运算作为背景噪声；将同一待检测物体的点扩散函数之间的互相关运算作为脉冲函数。得到候选计算公式（6），候选计算公式（6）如下所示：

$$[0093] \quad I(\mathbf{r}) \otimes I(\mathbf{r}) \approx O_1(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_1) \otimes O_1(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_1) + O_2(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_2) \otimes O_2(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_2) + C \quad (6)$$

[0094] 其中， $O_1(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_1) \otimes O_1(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_1)$ 和 $O_2(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_2) \otimes O_2(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r}_2)$ 指的是各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算得到的第一自相关数据； O_1 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体； O_2 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体； $\mathbf{r}$ 指的是目标散斑图像中图像中心的位置； $\Delta\mathbf{r}_1$ 指的是目标散斑图像中第1个待检测物体的位置关系； $\Delta\mathbf{r}_2$ 指的是目标散斑图像中第2个待检测物体的位置关系； $\otimes$ 指的是互相关运算； C 指的是目标散斑图像中的背景噪声。

[0095] 进一步的，由于候选计算公式（6）中引入了背景噪声，此时候选计算公式（6）中不存在各待检测对象的自相关旁瓣，因此，对各待检测物体进行旁瓣恢复处理，可将候选计算公式（6）中背景噪声 C 作为中心各待检测物体被湮灭的互相关项信息，进而，通过深度学习对各待检测物体的物体间距对应的背景噪声 C 进行学习分析，确定各待检测物体的 OME 范围的对应关系，确定对应关系的过程可看作对两个位置的点扩散函数进行拟合逼近，使得

$\text{psf}_2(x_2, y_2) \approx \text{psf}_1(x_1, y_1)$ ，进而得到计算公式（2）。进一步的，可通过采用不同物体间距

的样本对神经网络进行训练，以实现根据各待检测物体的物体间距，实现针对多尺度多数目的孤立或连续的视场进行定制化图像恢复操作。

[0096] 上述图像恢复方法，通过确定各待检测物体的候选物体强度图，并根据各待检测物体的候选物体强度图，确定中心自相关数据，实现对各待检测物体的完整振幅信息进行恢复，实现对各待检测物体进行旁瓣恢复处理，保证了后续能够顺利根据旁瓣恢复网络得到包含各待检测物体的目标图像

[0097] 在一种实施例中，如图 5 所示，当需要获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像时，具体可包括以下内容：

[0098] S501，获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像。

[0099] 在本申请的一种实施例中，可通过在投影仪与目标相机之间依次设置：光阑、衰减片、透镜、衰减片、散射介质，实现通过目标相机对散射像进行捕捉拍摄，得到初始散斑图像。

[0100] 具体的，物体通过投影仪投射到光阑上，以使光阑限制散射光线的传播范围，散射光线透过光阑达到衰减片，衰减片对不同区域的散射光线的光线强度进行调整，散射光线通过衰减片达到透镜，形成物体的像；通过透镜将物体的像进行放大处理，并在此通过衰减片达到散射介质，散射介质对放大后物体的像进行散射处理，形成散射像；通过目标相机对散射像进行捕捉拍摄，得到初始散斑图像。

[0101] S502，对初始散斑图像进行包络校正处理，得到目标散斑图像。

[0102] 需要说明的是，当需要对初始散斑图像进行包络校正处理时，具体可包括以下内容：采用泽尼克多项式对初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面；将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到目标散斑图像。

[0103] 进一步说明，在对初始散斑图像进行包络校正处理之前，可通过对初始散斑图像进行预处理，已达到提高后续对初始散斑图像进行包络校正处理准确信的效果。其中，预处理可以包括但不限于：噪声去除、图像增强等步骤。

[0104] 在本申请的一种实施例中，由于泽尼克多项式是一组描述散斑形状的基函数，因此，可根据初始散斑图像的散斑形状，得到泽尼克多项式系数；进而，根据泽尼克多项式系数，得到拟合曲面；通过将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到从初始散斑图像中减去由泽尼克多项式描述的形状特征的目的，从而得到目标散斑图像。

[0105] 进一步说明，在得到目标散斑图像后，还可对目标散斑图像进行后处理，已达到提高目标散斑图像清晰度和图像质量的目的；其中，后处理可以包括但不限于：平滑处理、锐化

处理等。

[0106] 上述图像恢复方法，通过对初始散斑图像进行包络校正处理，降低了降低包络对散斑纹理的遮挡影响，保证了后续能够顺利根据目标散斑图像，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0107] 在一种实施例中，如图 6 所示，旁瓣恢复网络的训练过程具体可包括以下内容：

[0108] S601，获取样本物体的参考图像和标准图像。

[0109] 其中，参考图像为初始恢复网络对样本物体的样本白相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，标准图像为包含样本物体的样本旁瓣的图像。

[0110] S602，对参考图像与标准图像进行相似度比较，得到参考图像与标准图像的图像相似度。

[0111] 需要说明的是，在对参考图像与标准图像进行相似度比较时，可从图像亮度、图像对比度和图像结构，三个部分对参考图像与标准图像进行相似度比较。

[0112] 进一步说明，可通过计算公式（7）对参考图像与标准图像进行相似度比较；计算公式（7）如下所示：

$$[0113] \quad \text{SSIM}(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (7)$$

[0114] 其中，**SSIM(x,y)**指的是参考图像与标准图像的图像相似度； μ_x 和 μ_y 指的是参考图像与标准图像的测量项（测量项可以为图像亮度、图像对比度和图像结构）均值； σ_x 和 σ_y 指的是参考图像与标准图像的测量项的标准差； σ_{xy} 指的是参考图像与标准图像的测量项的协方差； C_1 和 C_2 指的是常数项。

[0115] S603，根据参考图像的参考像素值和标准图像的标准像素值，确定参考图像与标准图像的平均误差幅度。

[0116] 需要说明的是，可将参考图像的参考像素值和标准图像的标准像素值代入计算公式（8），进而，通过计算公式（8）确定参考图像与标准图像的平均误差幅度，计算公式（8）如下所示：

$$[0117] \quad \text{MAE}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n |I_i(x, y) - \hat{I}_i(x, y)|}{n} \quad (8)$$

[0118] 其中，**MAE(x,y)**指的是参考图像与标准图像的平均误差幅度； $I_i(x, y)$ 指的是参考图像与标准图像的像素预测值； $\hat{I}_i(x, y)$ 指的是参考图像与标准图像的像素真实值； n 指的是参考

图像与标准图像的像素总和。

[0119] S604，根据图像相似度和平均误差幅度，对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。

[0120] 需要说明的是，由于参考图像与标准图像的平均误差幅度的取值较小，为更好的对初始恢复网络进行参数调整，可预先设定倍数 n ，进而，根据 n 倍的参考图像与标准图像的平均误差幅度和参考图像与标准图像的图像相似度，确定损失函数（9），进而，根据损失函数（9）对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。

[0121] 具体的，损失函数（9）如下所示：

$$[0122] \text{LOSS} = \text{MAE} * n + (1 - \text{SSIM}) \quad (9)$$

[0123] 其中， n 指的是预先设定的倍数（例如， n 可以取 10）；MAE 指的是参考图像与标准图像的平均误差幅度；SSIM 指的是参考图像与标准图像的图像相似度。

[0124] 进一步说明，在对旁瓣恢复网络进行参数调整的过程中，可划分为至少两个训练阶段，不同训练阶段采用不同的学习速率，进而，根据不同学习速率的训练阶段，对旁瓣恢复网络进行多循环参数调整，得到训练后的旁瓣恢复网络。

[0125] 举例说明，例如可将旁瓣恢复网络进行参数调整过程划分为三个训练阶段，三个训练阶段分别为第一训练阶段、第二训练阶段和第三训练阶段，其中，第一训练阶段对应旁瓣恢复网络的前十轮迭代训练；第二训练阶段对应旁瓣恢复网络的第十轮迭代训练至第三十轮迭代训练；第三训练阶段对应旁瓣恢复网络的第三十一轮迭代训练至第五十轮迭代训练；并且，第一训练阶段的学习速率可以为 0.001；第二训练阶段的学习速率可以为 0.0003；第三训练阶段的学习速率可以为 0.00003。

[0126] 举例说明，当需要根据样本物品对旁瓣恢复网络进行训练时，可将样本物体可划分为三组，具体的：第一组样本物体中两个物体之间的间距为 2mm；并且，设定第一组中不属于同一个 OME 范围的物体的点扩散函数不存在相关性；第二组样本物体中两个物体之间的间距包含：1mm、2mm 和 3mm；并且，设定第二组间距小于 2mm 物体的点扩散函数存在相关性；间距大于 1mm 物体的点扩散函数不存在相关性；第三组样本物体中两个物体之间的间距为 2mm；并且，三个样本物体之间程序三角形分布，并且，单个物体处于一个记忆效应范围内，三个物体各自所在位置的点扩散函数不存在相关性。

[0127] 上述图像恢复方法，通过确定图像相似度和平均误差幅度，实现了对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。保证了能够根据旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁

瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0128] 在一种实施例中，如图 7 所示，当需要确定包含各待检测物体的目标图像时，具体可包括以下内容：

[0129] S701，获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像。

[0130] S702，采用泽尼克多项式对初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面。

[0131] S703，将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到目标散斑图像。

[0132] S704，根据目标散斑图像，分别确定各待检测物体的候选物体强度图。

[0133] S705，分别对各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据。

[0134] S706，分别对各待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据。

[0135] S707，将第一自相关数据和第二自相关数据的和值，作为中心自相关数据。

[0136] S708，基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0137] 上述图像恢复方法，通过目标散斑图像，实现确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，进而，基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像；由于上述过程中，本申请并不是直接根据目标散斑图像，得到待检测物体的目标图像；而是通过确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，实现对各待检测物体的完整振幅信息进行恢复，实现对各待检测物体进行旁瓣恢复处理，保证了后续能够顺利根据旁瓣恢复网络得到包含各待检测物体的目标图像；因此，本申请可实现通过中心自相关数据对各待检测物体的散斑自相关旁瓣进行恢复，实现了在一个空间内通过入射光散射成像多个不同的待检测物体，使得散射成像技术能够应用在多个待检测物体的成像应用场景，保证了针对多个待检测物体的散射成像准确性。

[0138] 应该理解的是，虽然如上的各实施例所涉及的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示，但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明，这些步骤的执行并没有严格的顺序限制，这些步骤可以以其它的顺序执行。而且，如上的各实施例所涉及的流程图中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段，这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成，而是可以在不同的时刻执行，这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行，而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0139] 基于同样的发明构思，本申请实施例还提供了一种用于实现上述所涉及的图像恢复方

法的图像恢复装置。该装置所提供的解决问题的实施方案与上述方法中所记载的实施方案相似，故下面所提供的一个或多个图像恢复装置实施例中的具体限定可以参见上文中对于图像恢复方法的限定，在此不再赘述。

[0140] 在一个实施例中，如图 8 所示，提供了一种图像恢复装置，包括：获取模块 10、确定模块 20 和恢复模块 30，其中：

[0141] 获取模块 10，用于获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像。

[0142] 确定模块 20，用于根据目标散斑图像，确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据。

[0143] 恢复模块 30，用于基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0144] 其中，旁瓣恢复网络的训练过程包括：获取样本物体的参考图像和标准图像；其中，参考图像为初始恢复网络对样本物体的样本自相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，标准图像为包含样本物体的样本旁瓣的图像；对参考图像与标准图像进行相似度比较，得到参考图像与标准图像的图像相似度；根据参考图像的参考像素值和标准图像的标准像素值，确定参考图像与标准图像的平均误差幅度；根据图像相似度和平均误差幅度，对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。

[0145] 在一个实施例中，如图 9 所示，提供了一种图像恢复装置，该图像恢复装置中确定模块 20 包括：第一确定单元 21 和第二确定单元 22，其中：

[0146] 第一确定单元 21，用于根据目标散斑图像，分别获取各待检测物体的候选物体强度图。

[0147] 第二确定单元 22，用于根据各待检测物体的物体间距，对各待检测物体的候选物体强度图进行相关运算，得到中心自相关数据。

[0148] 在一个实施例中，如图 10 所示，提供了一种图像恢复装置，该图像恢复装置中第二确定单元 22 包括：第一确定子单元 221、第二确定子单元 222 和第三确定子单元 223，其中：

[0149] 第一确定子单元 221，用于分别对各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据。

[0150] 第二确定子单元 222，用于分别对各待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；

[0151] 第三确定子单元 223，用于将第一自相关数据和第二自相关数据的和值，作为中心自相关数据。

[0152] 在一个实施例中，如图 11 所示，提供了一种图像恢复装置，该图像恢复装置中获取模块 10 包括：获取单元 11 和校正单元 12，其中：

[0153] 获取单元 11，用于获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像。

[0154] 校正单元 12，用于对初始散斑图像进行包络校正处理，得到目标散斑图像。

[0155] 在一个实施例中，如图 12 所示，提供了一种图像恢复装置，该图像恢复装置中校正单元 12 包括：拟合子单元 121 和处理子单元 122，其中：

[0156] 拟合子单元 121，用于采用泽尼克多项式对初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面。

[0157] 处理子单元 122，用于将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到目标散斑图像。

[0158] 上述图像恢复装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

[0159] 在一个实施例中，提供了一种计算机设备，该计算机设备可以是终端，其内部结构图可以如图 13 所示。该计算机设备包括处理器、存储器、输入/输出接口、通信接口、显示单元和输入装置。其中，处理器、存储器和输入/输出接口通过系统总线连接，通信接口、显示单元和输入装置通过输入/输出接口连接到系统总线。其中，该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介质和内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的输入/输出接口用于处理器与外部设备之间交换信息。该计算机设备的通信接口用于与外部的终端进行有线或无线方式的通信，无线方式可通过 WIFI、移动蜂窝网络、NFC（近场通信）或其他技术实现。该计算机程序被处理器执行时以实现一种图像恢复方法。该计算机设备的显示单元用于形成视觉可见的画面，可以是显示屏、投影装置或虚拟现实成像装置。显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏，该计算机设备的输入装置可以是显示屏上覆盖的触摸层，也可以是计算机设备外壳上设置的按键、轨迹球或触控板，还可以是外接的键盘、触控板或鼠标等。

[0160] 本领域技术人员可以理解，图 13 中示出的结构，仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图，并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定，具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

[0161] 在一个实施例中，提供了一种计算机设备，包括存储器和处理器，存储器中存储有计

计算机程序，该处理器执行计算机程序时实现以下步骤：

[0162] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

[0163] 根据目标散斑图像，确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

[0164] 基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0165] 在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

[0166] 根据目标散斑图像，分别获取各待检测物体的候选物体强度图；

[0167] 根据各待检测物体的物体间距，对各待检测物体的候选物体强度图进行相关运算，得到中心自相关数据。

[0168] 在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

[0169] 分别对各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据；

[0170] 分别对各待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；

[0171] 将第一自相关数据和第二自相关数据的和值，作为中心自相关数据。

[0172] 在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

[0173] 获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像；

[0174] 对初始散斑图像进行包络校正处理，得到目标散斑图像。

[0175] 在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

[0176] 采用泽尼克多项式对初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面；

[0177] 将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到目标散斑图像。

[0178] 在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

[0179] 获取样本物体的参考图像和标准图像；其中，参考图像为初始恢复网络对样本物体的样本自相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，标准图像为包含样本物体的样本旁瓣的图像；

[0180] 对参考图像与标准图像进行相似度比较，得到参考图像与标准图像的图像相似度；

[0181] 根据参考图像的参考像素值和标准图像的标准像素值，确定参考图像与标准图像的平均误差幅度；

[0182] 根据图像相似度和平均误差幅度，对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。

[0183] 在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0184] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

- [0185] 根据目标散斑图像，确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；
- [0186] 基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。
- [0187] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：
- [0188] 根据目标散斑图像，分别获取各待检测物体的候选物体强度图；
- [0189] 根据各待检测物体的物体间距，对各待检测物体进行相关运算，得到自相关数据。
- [0190] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：
- [0191] 分别对各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据；
- [0192] 分别对各待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；
- [0193] 将第一自相关数据和第二自相关数据的和值，作为中心自相关数据。
- [0194] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：
- [0195] 获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像；
- [0196] 对初始散斑图像进行包络校正处理，得到目标散斑图像。
- [0197] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：
- [0198] 采用泽尼克多项式对初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面；
- [0199] 将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到目标散斑图像。
- [0200] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：
- [0201] 获取样本物体的参考图像和标准图像；其中，参考图像为初始恢复网络对样本物体的样本自相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，标准图像为包含样本物体的样本旁瓣的图像；
- [0202] 对参考图像与标准图像进行相似度比较，得到参考图像与标准图像的图像相似度；
- [0203] 根据参考图像的参考像素值和标准图像的标准像素值，确定参考图像与标准图像的平均误差幅度；
- [0204] 根据图像相似度和平均误差幅度，对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。
- [0205] 在一个实施例中，提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：
- [0206] 获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；
- [0207] 根据目标散斑图像，确定目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；
- [0208] 基于旁瓣恢复网络，对中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

[0209] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

[0210] 根据目标散斑图像，分别获取各待检测物体的候选物体强度图；

[0211] 根据各待检测物体的物体间距，对各待检测物体的候选物体强度图进行相关运算，得到中心自相关数据。

[0212] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

[0213] 分别对各待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据；

[0214] 分别对各待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；

[0215] 将第一自相关数据和第二自相关数据的和值，作为中心自相关数据。

[0216] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

[0217] 获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像；

[0218] 对初始散斑图像进行包络校正处理，得到目标散斑图像。

[0219] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

[0220] 采用泽尼克多项式对初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面；

[0221] 将初始散斑图像与拟合曲面进行相除处理，得到目标散斑图像。

[0222] 在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

[0223] 获取样本物体的参考图像和标准图像；其中，参考图像为初始恢复网络对样本物体的样本自相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，标准图像为包含样本物体的样本旁瓣的图像；

[0224] 对参考图像与标准图像进行相似度比较，得到参考图像与标准图像的图像相似度；

[0225] 根据参考图像的参考像素值和标准图像的标准像素值，确定参考图像与标准图像的平均误差幅度；

[0226] 根据图像相似度和平均误差幅度，对初始恢复网络进行参数调整，得到旁瓣恢复网络。

[0227] 需要说明的是，本申请所涉及的用户信息（包括但不限于用户设备信息、用户个人信息等）和数据（包括但不限于用于分析的数据、存储的数据、展示的数据等），均为经用户授权或者经过各方充分授权的信息和数据，且相关数据的收集、使用和处理需要遵守相关国家和地区的相关法律法规和标准。

[0228] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和易

失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、磁带、软盘、闪存、光存储器、高密度嵌入式非易失性存储器、阻变存储器（ReRAM）、磁变存储器（Magnetoresistive Random Access Memory，MRAM）、铁电存储器（Ferroelectric Random Access Memory，FRAM）、相变存储器（Phase Change Memory，PCM）、石墨烯存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）或外部高速缓冲存储器等。作为说明而非局限，RAM可以是多种形式，比如静态随机存取存储器（Static Random Access Memory，SRAM）或动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory，DRAM）等。本申请所提供的各实施例中所涉及的数据库可包括关系型数据库和非关系型数据库中至少一种。非关系型数据库可包括基于区块链的分布式数据库等，不限于此。本申请所提供的各实施例中所涉及的处理器可为通用处理器、中央处理器、图形处理器、数字信号处理器、可编程逻辑器、基于量子计算的数据处理逻辑器等，不限于此。

[0229] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0230] 以上实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请的保护范围应以所附权利要求为准。

权 利 要 求 书

1. 一种图像恢复方法，其特征在于，所述方法包括：

获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，包括：

根据所述目标散斑图像，分别获取各所述待检测物体的候选物体强度图；

根据各所述待检测物体的物体间距，对各所述待检测物体的候选物体强度图进行相关运算，得到所述中心自相关数据。

3. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据，包括：

分别对各所述待检测物体的候选物体强度图进行自相关运算，得到第一自相关数据；

分别对各所述待检测物体的候选物体强度图进行互相关运算，得到第二自相关数据；

将所述第一自相关数据和所述第二自相关数据的和值，作为所述中心自相关数据。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的方法，其特征在于，所述获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像，包括：

获取包含至少两个待检测物体的初始散斑图像；

对所述初始散斑图像进行包络校正处理，得到所述目标散斑图像。

5. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述对所述初始散斑图像进行包络校正处理，得到所述目标散斑图像，包括：

采用泽尼克多项式对所述初始散斑图像进行拟合处理，得到拟合曲面；

将所述初始散斑图像与所述拟合曲面进行相除处理，得到所述目标散斑图像。

6. 根据权利要求1-3任一项所述的方法，其特征在于，所述旁瓣恢复网络的训练过程，包括：

获取样本物体的参考图像和标准图像；其中，所述参考图像为初始恢复网络对所述样本物体的样本自相关数据进行旁瓣恢复处理得到的图像，所述标准图像为包含所述样本物体的样本旁瓣的图像；

对所述参考图像与所述标准图像进行相似度比较，得到所述参考图像与所述标准图像的图像

相似度；

根据所述参考图像的参考像素值和所述标准图像的标准像素值，确定所述参考图像与所述标准图像的平均误差幅度；

根据所述图像相似度和所述平均误差幅度，对所述初始恢复网络进行参数调整，得到所述旁瓣恢复网络。

7. 一种图像恢复装置，其特征在于，所述装置包括：

获取模块，用于获取包含至少两个待检测物体的目标散斑图像；

确定模块，用于根据所述目标散斑图像，确定所述目标散斑图像中所包含物体的中心自相关数据；

恢复模块，用于基于旁瓣恢复网络，对所述中心自相关数据进行旁瓣恢复处理，得到包含各待检测物体的目标图像。

8. 一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法的步骤。

9. 一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法的步骤。

10. 一种计算机程序产品，包括计算机程序，其特征在于，该计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法的步骤。

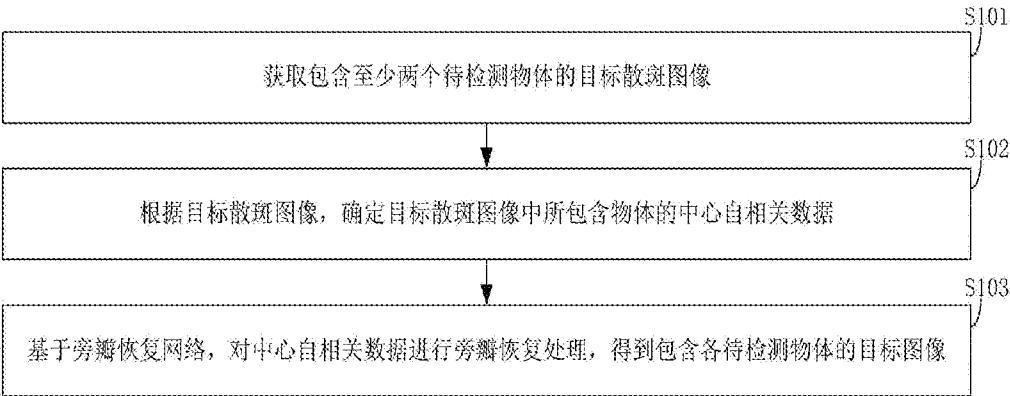


图 1

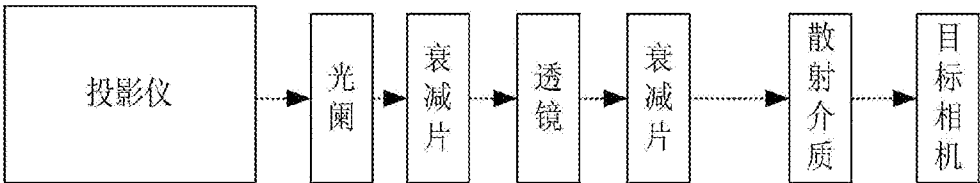


图 2

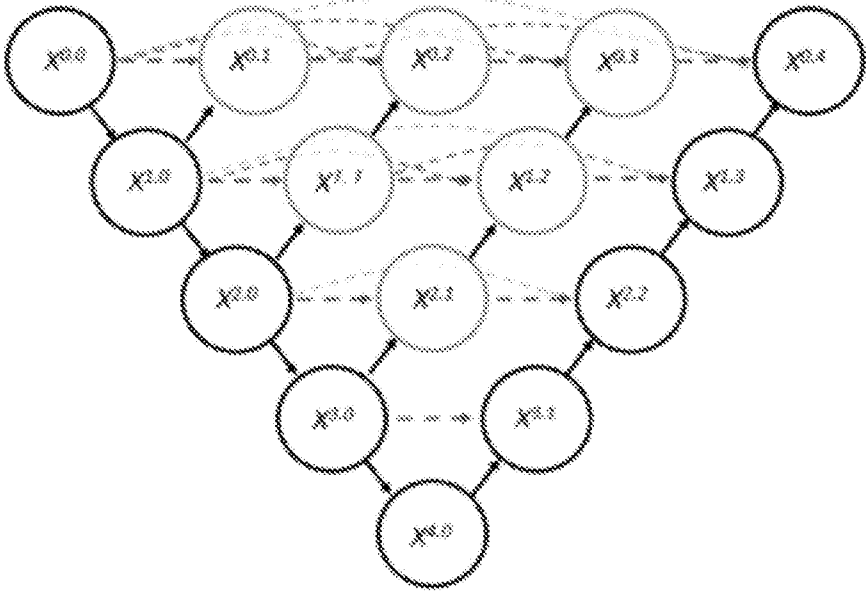


图 3

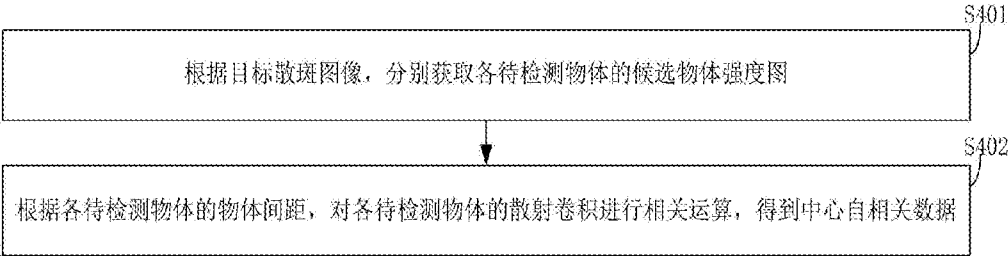


图 4

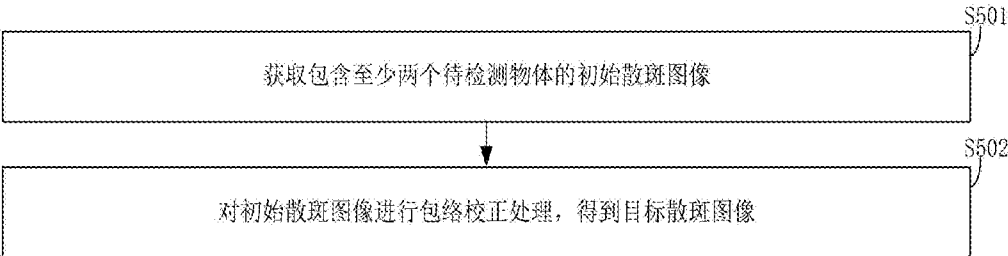


图 5

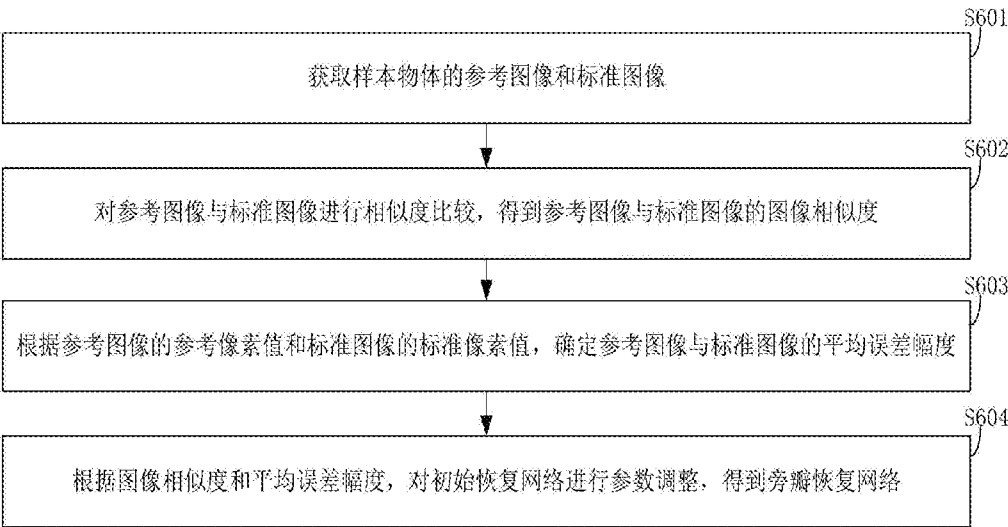


图 6

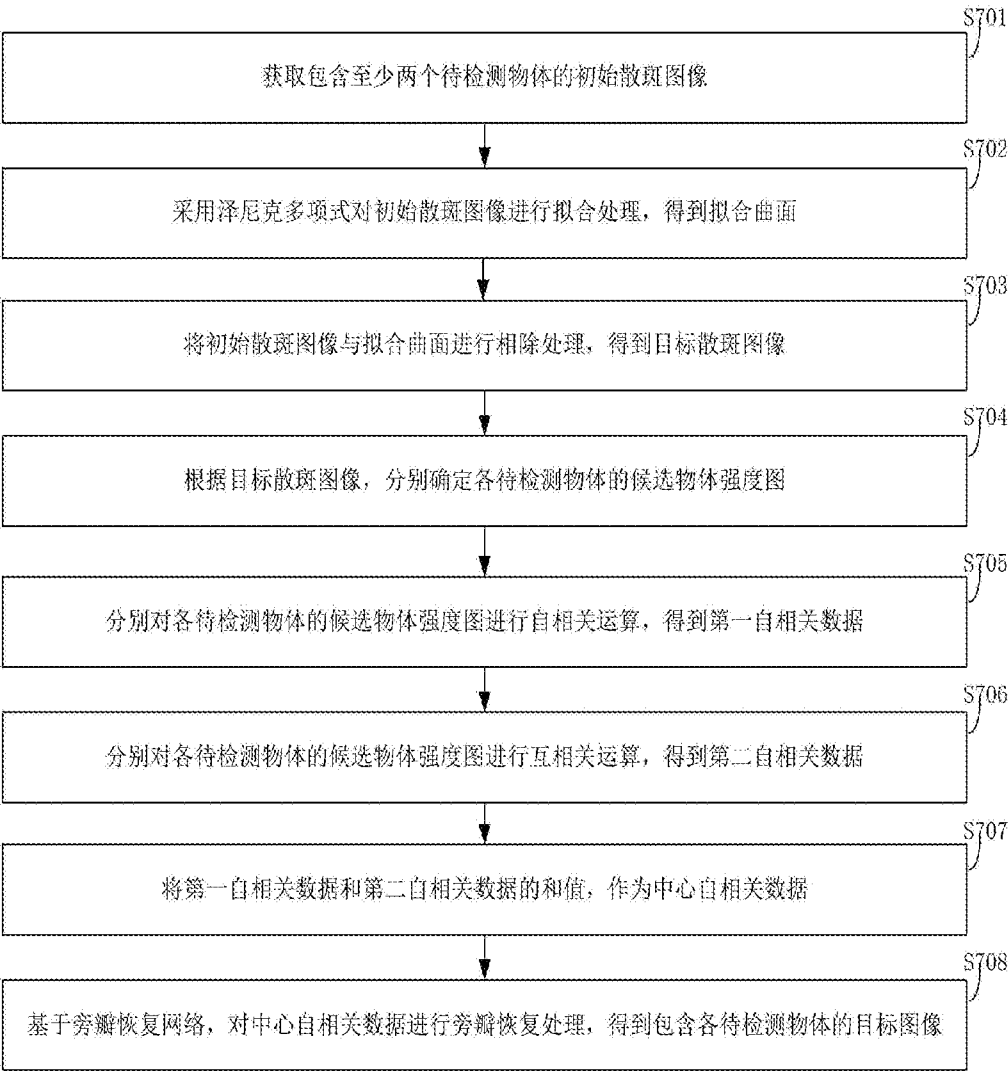


图 7

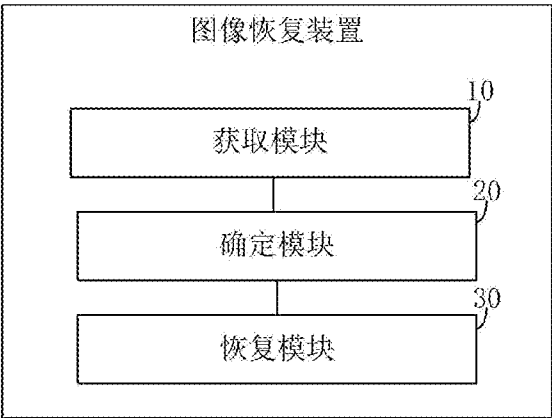


图 8

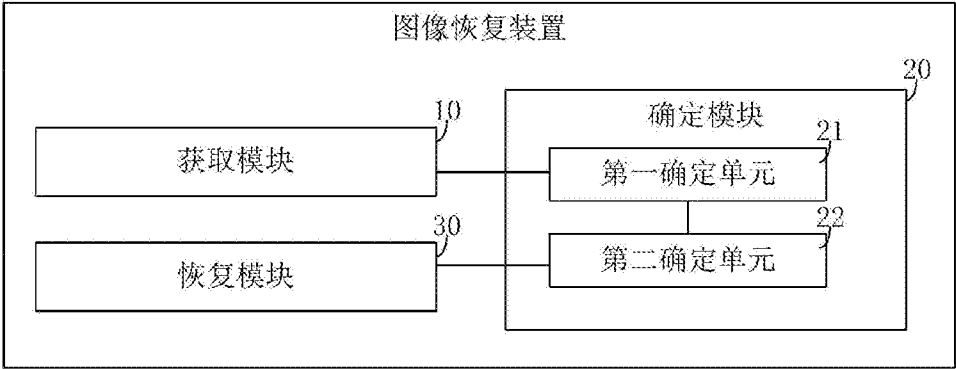


图 9

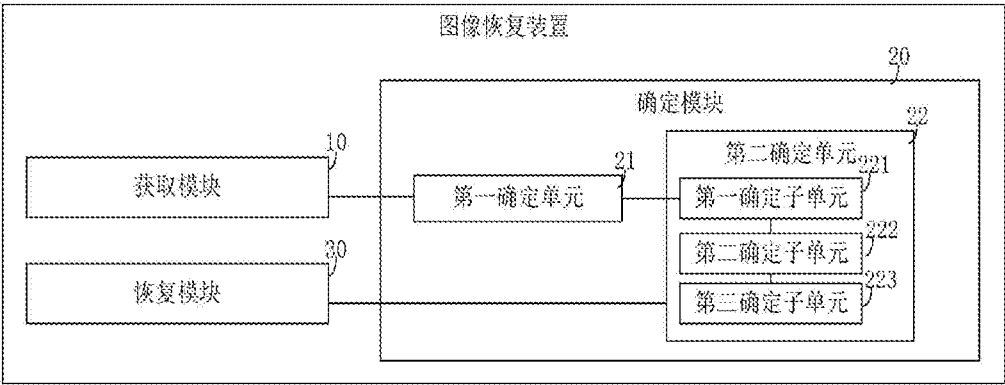


图 10

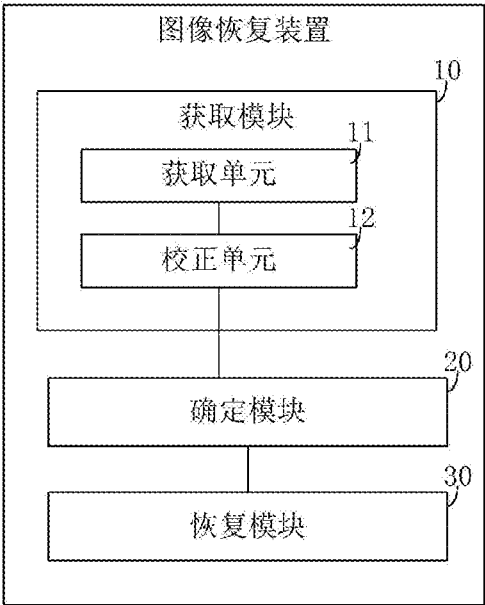


图 11

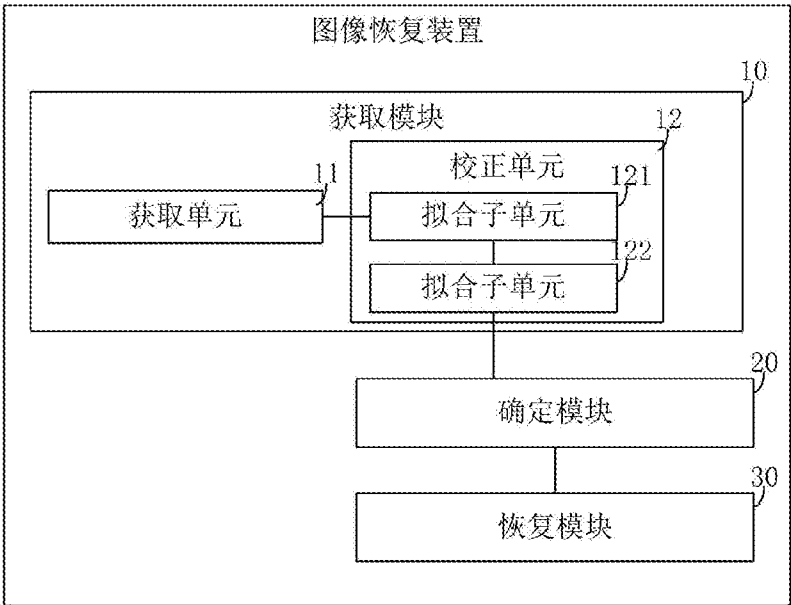


图 12

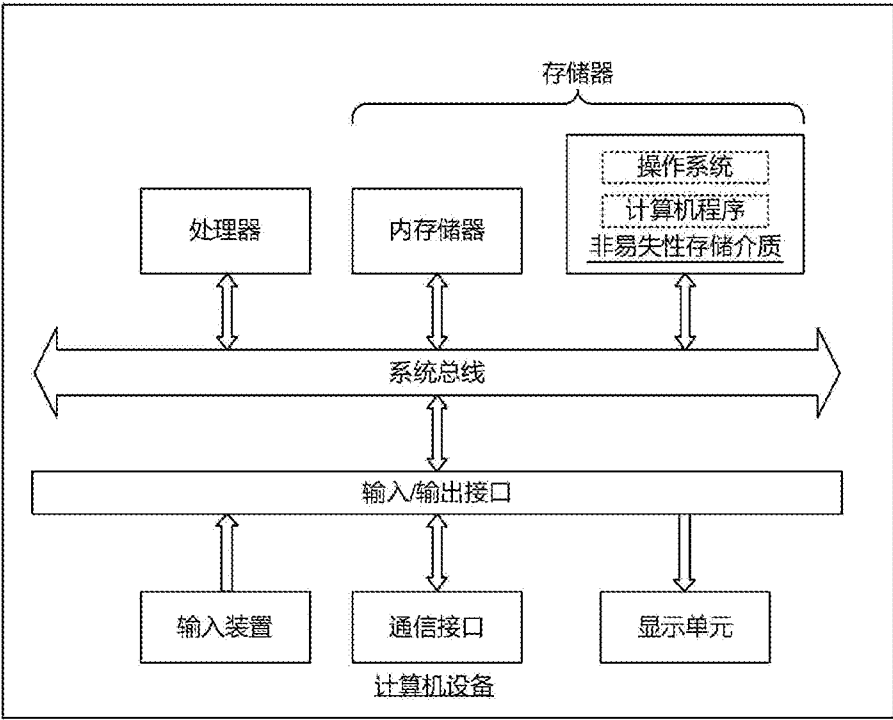


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/075909

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T5/60(2024.01)i; G06N3/0455(2023.01)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)

IPC: G06T5/-; G06N3/-

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)

CNTXT, CNABS, CNKI, VEN, WPABSC, USTXT, EPTXT, IEEE: 恢复, 旁瓣, 旁瓣恢复, 网络, 散斑, 中心自相关, 自相关, 图像, OME, correlation, sidelobe, speckle, sprocket, restorat+, self?correlation, side lobe, auto?correlation, recover+, image?, network

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 116506714 A (ZHEJIANG LAB) 28 July 2023 (2023-07-28) entire document	1-10
A	CN 113902819 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 07 January 2022 (2022-01-07) entire document	1-10
A	CN 111179368 A (XIDIAN UNIVERSITY) 19 May 2020 (2020-05-19) entire document	1-10
A	CN 115082364 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 20 September 2022 (2022-09-20) entire document	1-10
A	CN 114549486 A (HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY) 27 May 2022 (2022-05-27) entire document	1-10
A	CN 112950482 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 11 June 2021 (2021-06-11) entire document	1-10



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

16 August 2024

Date of mailing of the international search report

20 August 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/075909

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 111795949 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 20 October 2020 (2020-10-20) entire document	1-10
A	KR 101858137 B1 (DAEJIN UNIVERSITY CENTER FOR EDUCATIONAL INDUSTRIAL COOPERATION et al.) 16 May 2018 (2018-05-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/075909

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116506714	A	28 July 2023	CN	116506714	B	26 September 2023
CN	113902819	A	07 January 2022	None			
CN	111179368	A	19 May 2020	CN	111179368	B	07 April 2023
CN	115082364	A	20 September 2022	None			
CN	114549486	A	27 May 2022	None			
CN	112950482	A	11 June 2021	CN	112950482	B	26 May 2023
CN	111795949	A	20 October 2020	CN	111795949	B	31 May 2022
KR	101858137	B1	16 May 2018	WO	2018164490	A1	13 September 2018

A. 主题的分类

G06T5/60(2024.01)i; G06N3/0455(2023.01)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)

IPC: G06T5/-; G06N3/-

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))

CNTEXT,CNABS,CNKI,VEN,WPABSC,USTXT,EPTXT,IEEE:恢复,旁瓣,旁瓣恢复,网络,散斑,中心自相关,自相关,图像,OME, correlation,sidelobe,speckle,sprocket,restorat+,self?correlation,side lobe,auto?correlation,recover+,image?,network

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 116506714 A (之江实验室) 2023年7月28日 (2023 - 07 - 28) 全文	1-10
A	CN 113902819 A (深圳大学) 2022年1月7日 (2022 - 01 - 07) 全文	1-10
A	CN 111179368 A (西安电子科技大学) 2020年5月19日 (2020 - 05 - 19) 全文	1-10
A	CN 115082364 A (深圳大学) 2022年9月20日 (2022 - 09 - 20) 全文	1-10
A	CN 114549486 A (杭州电子科技大学) 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27) 全文	1-10
A	CN 112950482 A (深圳大学) 2021年6月11日 (2021 - 06 - 11) 全文	1-10
A	CN 111795949 A (北京理工大学) 2020年10月20日 (2020 - 10 - 20) 全文	1-10

☒ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2024年8月16日

国际检索报告邮寄日期

2024年8月20日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

张旭光

电话号码 (+86) 028-62967659

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

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	KR 101858137 B1 (DAEJIN UNIV CENTER FOR EDUCATIONAL INDUSTRIAL COOPERATION 等) 2018年5月16日 (2018 - 05 - 16) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/075909

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	116506714	A	2023年7月28日	CN 116506714 B	2023年9月26日
CN	113902819	A	2022年1月7日	无	
CN	111179368	A	2020年5月19日	CN 111179368 B	2023年4月7日
CN	115082364	A	2022年9月20日	无	
CN	114549486	A	2022年5月27日	无	
CN	112950482	A	2021年6月11日	CN 112950482 B	2023年5月26日
CN	111795949	A	2020年10月20日	CN 111795949 B	2022年5月31日
KR	101858137	B1	2018年5月16日	WO 2018164490 A1	2018年9月13日