超景深成像

技术领域

[01]本申请涉及超景深成像技术，特别涉及一种用于超景深成像的图像采集装置、一种超景深成像装置、一种超景深图像的图像生成方法、以及一种超景深图像的图像生成装置。

背景技术

[02]单张深度位置图像包括的清晰区域受限于光学镜头的景深范围，因此，为了获得更大的清晰区域，可以利用光学镜头在深度方向上的多个深度位置采集到的深度图像序列，生成超景深图像。其中，利用深度图像序列生成超景深图像的过程可以称为超景深成像，并且，超景深图像包括深度图和全聚焦 RGB 图，从而，超景深图像能够呈现出深度图像序列中的目标对象的三维对象信息。

发明内容

[03]有鉴于此，本申请的实施例提供了一种用于超景深成像的图像采集装置、一种超景深成像装置、一种超景深图像的图像生成方法、以及一种超景深图像的图像生成装置，有助于提高超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

[04]在本申请的一个实施例中，一种用于超景深成像的图像采集装置，包括：可调节光源模组，包括多个照射光源，所述多个照射光源用于选择性地按照至少两种光照模式中的任意一种使所述目标对象受光，所述目标对象的受光状态用于确定所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件，所述多个照射光源在不同光照模式下的启用状态不同，以使得所述目标对象在不同光照模式下的受光状态不同。

[05]在一些示例中，所述多个照射光源包括：同轴照射光源组，包括多个第一照射光源，每个所述第一照射光源用于产生平行于所述深度方向的第一单光源光束，所述多个第一照射光源分别产生的所述第一单光源光束覆盖所述光学镜头的视野区域中的圆形照射区域的不同扇形相位区间，并且，所述圆形照射区域与所述光学镜头的光轴同轴；环形照射光源组，包括多个第二照射光源，每个所述第二照射光源用于产生相对于所述深度方向倾斜的第二单光源光束，所述多个第二照射光源分别产生的所述第二单光源光束覆盖所述视野区域中的环形照射区域的不同扇环相位区间，并且，所述环形照射区域同轴环绕所述圆形照射区域。

[06]在一些示例中，所述目标对象的受光状态包括所述目标对象的受光方位，其中：所述受光方位与所述同轴照射光源组中被启用的至少一个所述第一照射光源在所述同轴照射光源组中的部署位置关联、和/或所述受光方位与所述环形照射光源组中被启用的至少一个所述第二照射光源在所述同轴照射光源组中的部署位置关联。

[07]在一些示例中，所述目标对象的受光状态包括受光强度，其中：所述受光强度与所述同轴照射光源组中被启用的至少一个所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束的强度关联、和/或所述受光强度与所述环形照射光源组中被启用的至少一个所述第二照射光源产生的所述第二光源光束的强度关联，和/或，所述同轴照射光源组引发的所述受光强度高于所述环形照射光源组。

[08]在一些示例中，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件还与所述感光元件的曝光时长关联。

[09]在一些示例中，所述光照模式包括同轴落射模式、同轴侧射模式、环形落射模式以及环形侧射模式中的至少两种，其中：在所述同轴落射模式下，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源被全部启用，并且，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源全部停用；在所述同轴侧射模式下，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源中的一部分被启用，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源中的另一部分停用，并且，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源全部停用；在所述环形落射模式下，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源被全部启用，并且，所述同

轴照射光源组中的所述多个第一照射光源全部停用；在所述环形侧射模式下，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源的一部分被启用，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源中的另一部分停用，并且，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源全部停用。

[10]在一些示例中，所述同轴落射模式包括正常曝光同轴落射模式和低曝光同轴落射模式，其中，在所述正常曝光同轴落射模式下，被全部启用的所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束具有第一光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为第一曝光时长，在所述低曝光同轴落射模式下，被全部启用的所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束具有低于所述第一光照强度的第二光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为小于所述第一曝光时长的第二曝光时长。

[11]在一些示例中，所述环形落射模式包括正常曝光环形落射模式和低曝光环形落射模式，在所述正常曝光环形落射模式下，被全部启用的所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束具有第三光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为第三曝光时长，在所述低曝光环形落射模式下，被全部启用的所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束具有低于所述第三光照强度的第四光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为小于所述第三曝光时长的第四曝光时长。

[12]在一些示例中，所述同轴侧射模式包括侧射方向不同的至少两个定向同轴侧射模式，并且，在任意两个所述定向同轴侧射模式下被分别启用的所述第一照射光源不全相同。

[13]在一些示例中，所述环形侧射模式包括侧射方向不同的至少两个定向环形侧射模式，并且，在任意两个所述定向环形侧射模式下被分别启用的所述第二照射光源不全相同。

[14]在一些示例中，所述可调节光源模组被配置为：当所述光学镜头的放大倍率大于或等于预设的倍率阈值时，分别以所述正常曝光同轴落射模式、所述低曝光同轴落射模式、以及至少两个所述定向同轴侧射模式使所述目标对象受光；和/或，当所述光学镜头的放大倍率小于预设的倍率阈值时，分别以所述正常曝光同轴落射模式、所述正常曝光环形落射模式、所述低曝光环形落射模式、以及至少两个所述定向环形侧射模式使所述目标对象受光。

[15]在一些示例中，所述可移动成像模组包括模组外壳，所述感光元件位于所述模组外壳中，并且，所述光学镜头装设于所述模组外壳朝向所述目标对象的端部开口，其中：所述多个第一照射光源固定装设在所述模组外壳中，并且，所述第一单光源光束被所述模组外壳中的分光镜约束为平行于所述深度方向；和/或，所述多个第二照射光源固定装设于所述模组外壳靠近所述端部开口的外周壁。

[16]在一些示例中，所述第一照射光源包括第一发光元件组、以及覆盖所述第一发光元件组的第一匀光片，其中，所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束的光束截面由所述第一匀光片束形，所述第一匀光片的形状为扇形，并且，各个所述第一照射光源的所述第一匀光片拼合为圆形；和/或，所述第二照射光源包括第二发光元件组、以及覆盖所述第二发光元件组的第二匀光片，其中，所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束的光束截面由所述第二匀光片束形，所述第二匀光片的形状为扇环，并且，各个所述第二照射光源的所述第二匀光片拼合为环形。

[17]在本申请的另一个实施例中，一种超景深成像装置，包括：可移动成像模组，包括光学镜头和感光元件，所述感光元件用于对所述光学镜头的镜头视野范围内的目标对象成像，并且，所述可移动成像模组的移动方向平行于所述光学镜头的深度方向；可调节光源模组，用于调节所述目标对象的受光状态；图像处理模组，用于：基于所述感光元件在不同成像感光条件下分别对所述目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，生成所述目标对象的超景深图像，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件与所述目标对象的受光状态关联，并且，每组所述深度图像序列包括所述感光元件在所述可移动成像模组处于所述深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到

的多幅图像。

[18]在本申请的另一个实施例中，一种超景深图像的图像生成方法，包括：获取可移动成像模组的感光元件在不同成像感光条件下分别对目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，其中，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件与所述目标对象的受光状态关联，并且，每组所述深度图像序列包括所述感光元件在所述可移动成像模组处于所述深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像；基于所述至少两组深度图像序列，生成所述目标对象的超景深图像。

[19]在本申请的另一个实施例中，一种超景深图像的图像生成装置，包括：图像获取模块，用于获取可移动成像模组的感光元件对目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，其中，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件与所述目标对象的受光状态关联，每组所述深度图像序列包括所述感光元件在所述可移动成像模组处于所述深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像，并且，任意两组所述深度图像序列的成像感光条件互不相同；超景深处理模块，用于基于至少两组所述深度图像序列，生成所述目标对象的超景深图像。

[20]在本申请的另一个实施例中，一种计算机程序产品，包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被处理器执行时实现如前述实施例所述的图像生成方法。

[21]在本申请的另一个实施例中，一种非瞬时计算机可读存储介质，所述非瞬时计算机可读存储介质存储指令，所述指令在由处理器执行时使得所述处理器执行如前述实施例所述的图像生成方法。

[22]基于上述实施例，可以为超景深成像提供成像感光条件不同的至少两组深度图像序列。对于目标对象的结构特征容易发生局部受光异常的情况，由于局部受光异常在不同的成像感光条件下的位置和程度会存在差异，因此，同一个局部受光异常出现在成像感光条件不同的所有深度图像序列中的概率极低，即，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列中存在的局部图像缺陷不全相同，从而，基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列生成超景深图像，可以通过目标对象在至少两组深度图像序列中呈现的不同对象信息的相互补充，降低局部受光异常引发的局部图像缺陷对超景深图像的影响，进而，可以有助于提高超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

附图说明

[23]以下附图仅对本申请做示意性说明和解释，并不限定本申请的范围：

[24]图 1 为本申请实施例中用于超景深成像的图像采集装置的示例性结构示意图。

[25]图 2 为本申请实施例中的超景深成像装置的示例性结构示意图。

[26]图 3 为本申请实施例中的超景深成像装置的超景深成像原理的示意。

[27]图 4 为本申请实施例中超景深图像的图像生成方法的示例性流程示意图。

[28]图 5 为本申请实施例中超景深图像的图像生成方法的第一优化流程示意图。

[29]图 6 为本申请实施例中超景深图像的图像生成方法的第二优化流程示意图。

[30]图 7 为本申请实施例中超景深图像的图像生成装置的示例性结构示意图。

具体实施方式

[31]为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下参照附图并举实施例，对本申请作进一步详细说明。

[32]超景深成像多用于观察在深度方向上具有突变的结构特征的目标对象，然而，在深度方向上具有突变的结构特征会使目标对象的局部受光异常，例如，目标对象可能会由于结构特征在深度方向上的凹陷、或结构特征之间的光照遮挡而存在局部受光盲区，或者，目标对象也可能由于结构特征的光照反射而存在局部过曝区域。从而，深度图像序列中的各幅图像会由于目标对象的局部受光异常而存在局部图像缺陷，进而，导致超景深图像呈现的三维对象信息的准确度不高。可见，有必要进一步提升超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

[33]图 1 为本申请实施例中用于超景深成像的图像采集装置的示例性结构示意图。请参见图 1，在本申请的实施例中，用于超景深成像的图像采集装置可以包括：可移动成像模组 10 和可调节光源模组 20。

[34]在本申请的实施例中，可移动成像模组 10 可以包括光学镜头 11 以及感光元件 12。其中，可移动成像模组 10 的移动方向可以平行于光学镜头 11 的深度方向，例如，可移动成像模组 10 的移动方向、以及光学镜头 11 的深度方向都可以垂直于用于放置目标对象 50 的承载平台；并且，感光元件 12 用于对光学镜头 11 的镜头视野范围内的目标对象 50 成像产生深度图像序列，例如，感光元件 12 可以选用诸如 CCD（Charge coupled Device，电荷耦合元件）或 CMOS（Complementary Metal-Oxide Semiconductor，互补性氧化金属半导体）等光感成像器件。

[35]示例性地，如本申请实施例的图示表达，可移动成像模组 10 还可以包括模组外壳 13，其中，感光元件 12 位于模组外壳 13 中，并且，光学镜头 11 装设于模组外壳 13 朝向目标对象 50（即朝向承载平台 30）的端部开口。

[36]在本申请的实施例中，感光元件 12 产生的深度图像序列可以包括感光元件 12 分别在可移动成像模组 10 处于深度方向上的多个深度位置时成像产生的多幅图像。

[37]在本申请的实施例中，可调节光源模组 20 可以包括多个照射光源，多个照射光源用于选择性地按照至少两种光照模式中的任意一种使所述目标对象 50 受光，目标对象 50 的受光状态用于确定感光元件 12 对该目标对象 50 成像的成像感光条件，并且，多个照射光源在不同光照模式下的启用状态不同，以使得目标对象 50 在不同光照模式下的受光状态不同。

[38]示例性地，如本申请实施例的图示表达，可调节光源模组 20 的多个照射光源可以包括同轴照射光源组 21 和环形照射光源组 22。

[39]同轴照射光源组 21 可以包括多个第一照射光源 210，每个第一照射光源 210 用于产生平行于深度方向的第一单光源光束，多个第一照射光源 210 分别产生的第一单光源光束覆盖光学镜头 11 的视野区域中的圆形照射区域的不同扇形相位区间，并且，该圆形照射区域与光学镜头 11 的光轴同轴。

[40]在此情况下，同轴照射光源组 21（即多个第一照射光源 210）可以位于光学镜头 11 的轴向内侧，并且，多个第一照射光源 210 分别产生的第一单光源光束穿透光学镜头 11 射向光学镜头 11 的视野区域中的圆形照射区域的对应扇形相位区间。例如，若可移动成像模组 10 包括前文描述的模组外壳 13，则，同轴照射光源组 21（即多个第一照射光源 210）可以固定装设在模组外壳 13 中，并且，多个第一照射光源 210 分别产生的第一单光源光束可以被模组外壳 13 中的分光镜 23 约束为平行于可移动成像模组 10 的移动方向，即光学镜头 11 的深度方向。

[41]环形照射光源组 22 可以包括多个第二照射光源 220，每个第二照射光源 220 用于产生相对于深度方向倾斜的第二单光源光束，多个第二照射光源 220 分别产生的第二单光源光束覆盖在光学镜头 11 的视野区域的环形照射区域的不同扇环相位区间，并且，环形照射光源组 22 的环形照射区域可以同轴环绕同轴照射光源组 21 的圆形照射区域。

[42]在此情况下，环形照射光源组 22（即多个第二照射光源 220）可以位于光学镜头 11 的径向外侧，并且，多个第二照射光源 220 分别产生的第二单光源光束可以从光学镜头 11 的径向外侧斜射至光学镜头 11 的视野区域中的环形照射区域的对应扇环相位区间。例如，若可移动成像模组 10 包括前文描述的模组外壳 13，则，环形照射光源组 22（即多个第二照射光源 220）可以固定装设于模组外壳 13 靠近光学镜头 11 所在的端部开口的外周壁。

[43]在本申请的实施例中，同轴照射光源组 21 在光学镜头 11 的视野区域中对应的圆形照射区域，以及环形照射光源组 22 在光学镜头 11 的视野区域中对应的环形照射区域可以彼此互补，即，环形照射光源组 22 的环形照射区域可以同轴嵌套在同轴照射光源组

21 的圆形照射区域的外周。

[44] 在本申请的实施例中，目标对象 50 的受光状态可以包括目标对象 50 的受光方位和/或受光强度。

[45] 示例性地，在本申请的实施例中，目标对象 50 的受光方位与同轴照射光源组 21 中被启用的至少一个第一照射光源 210 在同轴照射光源组 21 中的部署位置关联、和/或与环形照射光源组 22 中被启用的至少一个第二照射光源 220 在环形照射光源组 22 中的部署位置关联。

[46] 示例性地，在本申请的实施例中，目标对象 50 的受光强度与同轴照射光源组 21 中被启用的至少一个第一照射光源 210 产生的第一单光源光束的强度关联、和/或与环形照射光源组 22 中被启用的至少一个第二照射光源 220 产生的第二光源光束的强度关联。

[47] 在本申请的实施例中，每个第一照射光源 210 和/或每个第二照射光源 220 可以不限于单个发光元件，例如，如本申请实施例的图示表达，第一照射光源 210 和/或第二照射光源 220 采用多个发光元件与匀光片的组合结构，即：第一照射光源 210 可以包括第一发光元件组 211、以及覆盖第一发光元件组 211 的第一匀光片 212，其中，第一发光元件组 211 可以包括多个诸如 LED（Light Emitting Diode，发光二极管）等发光元件，并且，第一照射光源 210 产生的第一单光源光束的光束截面可以由第一匀光片 212 束形；第二照射光源 220 可以包括第二发光元件组 221、以及覆盖第二发光元件组 221 的第二匀光片 222，其中，第二发光元件组 221 可以包括多个诸如 LED 等发光元件，并且，第二照射光源 220 产生的第二单光源光束的光束截面可以由第二匀光片 222 束形。

[48] 在此情况下，同轴照射光源组 21 中的每个第一照射光源 210 产生的第一单光源光束的强度、和/或环形照射光源组 22 中的每个第二照射光源 220 产生的第二光源光束的强度，可以与其在启用时的发光元件的通电电流的电流大小关联。

[49] 示例性地，在本申请的实施例中，相比于第二照射光源 220 中的 LED，第一照射光源 210 中的 LED 可以具有更高的光强度和/或光方向性，在此情况下，同轴照射光源组 21 引发的目标对象 50 的受光强度可以高于环形照射光源组 22。

[50] 可以理解的是，对可调节光源模组 20 的上述说明，仅仅是为了体现多个照射光源的划分粒度，可以不局限于单个发光元件，并且，还用于体现：第一照射光源 210 和/或第二照射光源 220 采用多个发光元件与匀光片的组合结构，可以使得第一单光源光束和第二单光源光束对目标对象 50 产生均匀的光照效果。

[51] 示例性地，在本申请实施例的图示表达中，还以每个第一照射光源 210 产生的第一单光源光束的光束截面形状为扇形、和/或每个第二照射光源 220 产生的第二单光源光束的光束截面形状为扇环为例，即：第一照射光源 210 的第一匀光片 212 的形状可以为扇形，并且，各个第一照射光源 210 的第一匀光片 212 可以拼合为圆形，从而，多个第一照射光源 210 分别产生的第一单光源光束对应的扇形相位区间，可以彼此互补地拼接为同轴照射光源组 21 在光学镜头 11 的视野区域中对应的圆形照射区域；第二照射光源 220 的第二匀光片 222 的形状可以为扇环，并且，各个第二照射光源 220 的第二匀光片 222 可以拼合为环形，从而，多个第二照射光源 220 分别产生的第二单光源光束对应的扇环相位区间，可以彼此互补地拼接为环形照射光源组 22 在光学镜头 11 的视野区域中对应的环形照射区域。

[52] 在本申请的实施例中，可调节光源模组 20 的多个照射光源的选择性启用可以包括：对多个第一照射光源 210 的选择性启用、和/或对多个第二照射光源 220 的选择性启用。在此情况下，对多个第一照射光源 210 的选择性启用可以用于分别调节同轴照射光源组 21 在光学镜头 11 的视野区域中对应的圆形照射区域的多个扇形相位区间的照射状态，和/或，对多个第二照射光源 22 的选择性启用可以用于分别调节环形照射光源组 22 在光学镜头 11 的视野区域中对应的环形照射区域的多个扇环相位区间的照射状态。

[53] 在本申请的实施例中，同轴照射光源组 21 和环形照射光源组 22 相比：同轴照射光

源组 21 可以更有利于提升对目标对象 50 在深度方向上凹陷的结构特征的观察效果，因为凹陷的结构特征的底部受光容易被四周遮挡，只有平行于深度方向上的照射才能容易观察到凹陷结构，也就是，同轴照射光源组 21 的圆形照射区域对目标对象 50 的结构特征在深度方向上的凹陷的照射能力更强，以弥补目标对象 50 由于结构特征在深度方向上的凹陷、以及结构特征之间的光照遮挡而存在的局部受光盲区。

[54] 在本申请的实施例中，对可调节光源模组 20 的多个照射光源的选择性启用，可以调节目标对象 50 的受光状态，例如，目标对象 50 的受光状态可以包括目标对象 50 的受光强度和/或受光方位，并且，对目标对象的受光状态的调节可以用于引发感光元件 12 对目标对象 50 成像的成像感光条件的变化，从而，感光元件 12 基于目标对象 50 成像的成像感光条件的变化，可以用于：为超景深成像提供成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，并且，每组深度图像序列 Sq_i 包括：感光元件 12 在可移动成像模组 10 处于深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像。其中，m 为大于或等于 2 的正整数，m 表示深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的组数，并且，i 为大于等于 1 且小于等于 m 的正整数。

[55] 如上可见，本申请实施例中用于超景深成像的图像采集装置可以为超景深成像提供成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m。对于目标对象 50 的结构特征容易发生局部受光异常的情况，由于局部受光异常在不同的成像感光条件下的位置和程度会存在差异，因此，同一个局部受光异常出现在成像感光条件不同的所有深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中的概率极低，即，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中存在的局部图像缺陷不全相同，从而，基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 生成超景深图像，可以通过目标对象在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中呈现的不同对象信息的相互补充，以降低局部受光异常引发的局部图像缺陷对超景深图像的影响，进而，可以有助于提高超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

[56] 在本申请的实施例中，对于可调节光源模组 20 包括同轴照射光源组 21 和环形照射光源组 22 的情况，可以对可调节光源模组 20 进行选择性启用：同轴照射光源组 21 的圆形照射区域可以处于启用所有第一照射光源 210 时的全局照射状态（也可称为同轴落射状态），或者处于启用一部分第一照射光源 210 的局部侧射状态（也可称为同轴侧射状态）；环形照射光源组 22 的环形照射区域可以处于启用所有第二照射光源 220 的全局照射状态（也可称为环形落射状态），或者处于启用一部分第二照射光源 220 的局部侧射状态（也可称为环形侧射状态）。

[57] 在本申请的实施例中，可调节光源模组 20 的光照模式可以包括同轴落射模式、同轴侧射模式、环形落射模式以及环形侧射模式中的至少两种：在同轴落射模式下，同轴照射光源组 21 中的多个第一照射光源 210 被全部启用，并且，环形照射光源组 21 中的多个第二照射光源 220 全部停用；在同轴侧射模式下，同轴照射光源组 21 中的多个第一照射光源 210 中的一部分被启用，同轴照射光源组 21 中的多个第一照射光源 210 中的另一部分停用，并且，环形照射光源组 22 中的多个第二照射光源 220 全部停用；在环形落射模式下，环形照射光源组 22 中的多个第二照射光源 220 被全部启用，并且，同轴照射光源组 21 中的多个第一照射光源 210 全部停用；在环形侧射模式下，环形照射光源组 22 中的多个第二照射光源 220 的一部分被启用，环形照射光源组 22 中的多个第二照射光源 220 中的另一部分停用，并且，同轴照射光源组 21 中的多个第一照射光源 210 全部停用。

[58] 在本申请的实施例中，感光元件 12 对目标对象 50 成像的成像感光条件还可以与感光元件 12 的曝光时长关联，即，至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的成像条件的不同，可以是由于目标对象 50 的受光状态和/或感光元件 12 的曝光时长的不同而产生。

[59] 在本申请的实施例中，同轴落射模式可以包括正常曝光同轴落射模式和低曝光同轴

落射模式，其中，同轴照射光源组 21 中被全部启用的第一照射光源 210 在正常曝光同轴落射模式下产生的第一单光源光束具有第一光照强度、和/或感光元件 12 的曝光时长可以被配置为第一曝光时长，同轴照射光源组 21 中被全部启用的第一照射光源 210 在低曝光同轴落射模式下产生的第一单光源光束具有第二光照强度、和/或感光元件 12 的曝光时长可以被配置为第二曝光时长，并且，第二光照强度低于第一光照强度、第二曝光时长小于第一曝光时长，即，正常曝光同轴落射模式和低曝光同轴落射模式之间的曝光程度差异，可以由第一照射光源 210 的光照强度和/或感光元件 12 的曝光时长确定。

[60] 在本申请的实施例中，环形落射模式可以包括正常曝光环形落射模式和低曝光环形落射模式，其中，环形照射光源组 22 中被全部启用的多个第二照射光源 220 在正常曝光环形落射模式下产生的第二单光源光束具有第三光照强度、和/或感光元件 12 的曝光时长可以被配置为第三曝光时长，环形照射光源组 22 中被全部启用的多个第二照射光源 220 在低曝光环形落射模式下产生的第二单光源光束具有第四光照强度、和/或感光元件 12 的曝光时长可以被配置为第四曝光时长，并且，第四光照强度低于第三光照强度、第四曝光时长小于第三曝光时长，即，正常曝光环形落射模式和低曝光环形落射模式之间的曝光程度差异，可以由第二照射光源 220 的光照强度和/或感光元件 12 的曝光时长确定。

[61] 在本申请的实施例中，照射光源的光照强度可以由照射光源的功率确定，因此，若利用照射光源的光照强度确定曝光程度差异，则，可以通过控制照射光源的功率调节曝光程度，示例性地：第一照射光源 210 具有第一最大功率（例如 11w），其中，第一照射光源 210 在正常曝光同轴落射模式下用于产生第一光照强度的功率可以被设定为第一最大功率的三分之一至二分之一之间的第一额定功率值（例如 4 ± 0.5w），并且，第一照射光源 210 在低曝光同轴落射模式下用于产生第二光照强度的功率可以被设定为第一额定功率值的三分之一到三分之二之间（例如第一额定功率值的二分之一，例如 2w）；第二照射光源 220 具有低于第一最大功率值的第二最大功率（例如 9w），其中，第二照射光源 220 在正常曝光环形落射模式下用于产生第三光照强度的功率可以被设定为第二最大功率的三分之一至二分之一之间的第二额定功率值（例如 3 ± 0.5w），并且，第二照射光源 220 在低曝光环形落射模式下用于产生第四光照强度的功率可以被设定为第二额定功率值的三分之一到三分之二之间（例如第二额定功率值的二分之一，例如，1.5w）。

[62] 在本申请的实施例中，若利用感光元件 12 的曝光时长确定曝光程度差异，则，示例性地，第一曝光时长可以为在感光元件 12 的可用曝光时长范围（例如 0.5ms~100ms）内任意设定的曝光时长（例如 90ms），并且，第二曝光时长可以为小于或等于第一曝光时长的三分之二的任意可配置时长（例如第一曝光时长的一半，例如 45ms）。

[63] 在本申请的实施例中，同轴侧射模式可以包括侧射方向不同的至少两个（例如以 90° 等角分布的四个）定向同轴侧射模式，并且，同轴照射光源组 21 在任意两个定向同轴侧射模式下被分别启用的第一照射光源 210 不全相同。

[64] 在本申请的实施例中，环形侧射模式可以包括侧射方向不同的至少两个（例如以 90° 等角分布的四个）定向环形侧射模式，并且，环形照射光源组 22 在任意两个定向环形侧射模式下被分别启用的第二照射光源 220 不全相同。

[65] 在本申请的实施例中，每一种光照模式都可以设定为使目标对象 50 未发生局部受光异常的整体细节在图像中正常呈现，并且：环形侧射模式更有利于补偿目标对象 50 在任意一幅图像中的高亮过曝区域的纹理细节，从而，补偿目标对象 50 由于结构特征的光照反射而存在局部过曝区域；低曝光同轴落射模式和低曝光环形落射模式有助于抑制目标对象 50 在任意一幅图像中的高亮过曝区域。

[66] 如上可见，通过对光照模式的选择，可以使感光元件 12 对目标对象 50 成像的成像感光条件在不同的目标条件之间调节切换。

[67]在本申请的实施例中，对可调节光源模组 20 的光照模式的选择还可以进一步考虑光学镜头 11 的放大倍率，例如，当光学镜头 11 的放大倍率处于高倍率水平时，环形照射光源组 22 的环形照射区域的照明效果会低于同轴照射光源组 21 的圆形照射区域，因此，可调节光源模组 20 可以被配置为：当光学镜头 11 的放大倍率大于或等于预设的倍率阈值时，分别以正常曝光同轴落射模式、低曝光同轴落射模式、以及至少两个（例如以 90° 等角分布的四个方向中的至少两个方向）定向同轴侧射模式使目标对象 50 受光；和/或，当光学镜头的放大倍率小于预设的倍率阈值时，分别以正常曝光环形落射模式、低曝光环形落射模式、以及至少两个（例如以 90° 等角分布的四个方向中的至少两个方向）定向环形侧射模式使目标对象 50 受光。

[68]在本申请的实施例中，作为在光学镜头 11 的放大倍率大于或等于预设的倍率阈值时的优选方式，可以选择对以 90° 等角分布的四个定向同轴侧射模式的遍历使目标对象 50 受光，从而，通过对以 90° 等角分布的四个定向同轴侧射模式的遍历，可以使目标对象 50 分别在不同方位产生的侧向受光具有足够的强度、且覆盖 360° 全角度范围。而且，对以 90° 等角分布的四个定向同轴侧射模式的遍历使目标对象 50 受光，还可以与其他光照模式结合使用，例如，可以分别以正常曝光同轴落射模式、低曝光同轴落射模式、以及对以 90° 等角分布的四个定向同轴侧射模式的遍历使目标对象 50 受光，其中，正常曝光同轴落射模式可以使目标对象 50 产生最强的受光，低曝光同轴落射模式可以使目标对象 50 产生用于抑制过曝的受光，从而，可以使目标对象 50 的多次受光涉及不同的受光强度、以及具有 360° 全角度范围的不同受光方位。

[69]在本申请的实施例中，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 可以是顺序采集的，即，在成像感光条件匹配任意一个目标条件时，连续完成对应组的深度图像序列 Sq_i 的各幅图像的连续采集，然后再将成像感光条件切换为匹配另一个目标条件；或者，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 也可以是并行采集的，即，在每个深度位置，将成像感光条件轮询匹配至少两个目标条件，以依次采集至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中对应该深度位置的对应图像。

[70]无论是以何种顺序执行对成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的采集，成像元件 12 产生的各幅图像都可以被整理为至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的序列形态，例如，可以由诸如 ISP（Image Signal Processing，图像信号处理器）等处理器件整理，在此情况下，感光元件 12 的曝光时长可以由该处理器件控制，和/或，至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 可以由该处理器件进行包括去噪等图像预处理。

[71]图 2 为本申请实施例中的超景深成像装置的示例性结构示意图。请参见图 2，在本申请的实施例中，超景深成像装置可以是诸如超景深显微镜等任意一种具有超景深成像装置的电子设备，例如，超景深显微镜可应用于电路板、锂电池、半导体、文物、标本等微小物体三维模型观察，还可以应用于零件粗糙度测量、尺寸测量、微小零件的缺陷检测等，并且，在本申请的实施例中，超景深成像装置可以包括可移动成像模组 10、可调节光源模组 20 以及图像处理模组 60。

[72]在本申请的实施例中，超景深成像装置的可移动成像模组 10 可以与前文描述的基本相同，此处不再赘述。

[73]在本申请的实施例中，可调节光源模组 20 可以与前文描述的基本相同，或者，也可以不受前文描述的限制，即，可调节光源模组 20 只要具有用于调节目标对象 50 的受光状态的功能即可。

[74]在本申请的实施例中，图像处理模组 60 可以用于控制可调节光源模组 20 的光照模式，并且，图像处理模组 60 还可以用于控制感光元件 12 的曝光时长，例如，图像处理模组 60 可以包括前文提及的诸如 ISP 等处理器件。而且，图像处理模组 60 还可以包括诸如 CPU（Central Processing Unit，中央处理器）、GPU（Graphic Processing Unit，图

形处理器）等其他处理器件，和/或，诸如 MCU（Micro Controller Unit，微控制器）、FPGA（Field Programmable Gate Array，现场可编程门阵列）等控制器件。本申请实施例对于图像处理模组 60 包括的元器件不作特别限制。

[75] 在本申请的实施例中，图像处理模组 60 还可以用于：基于感光元件 12 在不同成像感光条件下分别对目标对象 50 成像得到的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，生成目标对象 50 的超景深图像 I_sd；其中，感光元件 12 对目标对象 50 成像的成像感光条件与目标对象 50 的受光状态关联，并且，每组深度图像序列 Sq_i 包括所述感光元件 12 在所述可移动成像模组 10 处于深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像。

[76] 如上可见，本申请实施例中的超景深成像装置可以利用成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 实现超景深成像。对于目标对象 50 的结构特征容易发生局部受光异常的情况，由于局部受光异常在不同的成像感光条件下的位置和程度会存在差异，因此，同一个局部受光异常出现在成像感光条件不同的所有深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中的概率极低，即，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中存在的局部图像缺陷不全相同，从而，基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 生成超景深图像，可以通过目标对象在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中呈现的不同对象信息的相互补充，降低局部受光异常引发的局部图像缺陷对超景深图像的影响，进而，可以有助于提高超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

[77] 在本申请的实施例中，超景深图像 I_sd 的生成至少可以使用清晰度评估值和置信度这两种参数，其中，若将每种成像感光条件下得到的一组深度图像序列 Sq_i 看作一个数据源，则：每组深度图像序列 Sq_i 都可以具有用于对应表征该组深度图像序列 Sq_i 在各像素位置处的清晰度评估值的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$、以及用于表征该组深度图像序列 Sq_i 的清晰度评估值的置信度的单源置信度图 $C_{i,merg}$。

[78] 其中，任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 可以包括：各个像素位置在该组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 中的单源评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,merg}$}，每个像素位置（x,y）的单源评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,merg}$}可以包括该像素位置（x,y）分别对应多个深度位置 z 的多个单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$；并且，任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源置信度图 $C_{i,merg}$ 可以包括：各个像素位置在该组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 中的单源评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,merg}$}的单源置信度 $C(x,y)_{i,\,merg}$。

[79] 从而，任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 和单源置信度图 $C_{i,merg}$ 可以分别表示为如下的表达式：

$$T_{i,merg} = \begin{bmatrix} \cdots & & \\ \vdots & \{\phi_{x,y}(z)_{i,merg}\} & \vdots \\ \cdots & & \end{bmatrix}$$

$$C_{i,merg} = \begin{bmatrix} \cdots & & \\ \vdots & C(x,y)_{i,merg} & \vdots \\ \cdots & & \end{bmatrix}$$

[80] 而且，由于单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 具有三个数据维度，因此，单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 也可以称为单源清晰度评估体。

[81] 至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源三维评估张量 $T_{1,merg}$~$T_{m,merg}$ 可以融合为多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$、以及单源置信度图 $C_{1,merg}$ ~$C_{m,merg}$，可以融合为多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$。

[82] 其中，多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 可以包括各个像素位置的多源评估向量{ $\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$}，每个像素位置（x,y）的多源评估向量{ $\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$}可以包括该像素位置（x,y）分别对应多个深度位置的多个多源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$；并且，多源置信度图 $C_{muti\text{-}}$

$_{merg}$ 可以包括各个像素位置在多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 中的多源评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{muti\text{-}merg}$}的多源置信度 $C(x, y)_{muti\text{-}merg}$。

[83]从而，多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 可以分别表示为如下的表达式:

$$T_{mult-merg} = \begin{bmatrix} \cdots & & \\ \vdots & \{\phi_{x,y}(z)_{mult-merg}\} & \vdots \\ \cdots & & \end{bmatrix}$$

$$C_{multi-merg} = \begin{bmatrix} \cdots & & \\ \vdots & C(x,y)_{mult-merg} & \vdots \\ \cdots & & \end{bmatrix}$$

[84]而且，由于多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 具有三个数据维度，因此，多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 也可以称为多源清晰度评估体。

[85]在此情况下，图像处理模组 60 可以用于：基于感光元件 12 对目标对象 50 成像得到的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，确定每组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 和单源置信度图 $C_{i,merg}$；基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源三维评估张量 $T_{1,merg}$~$T_{m,merg}$ 确定多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$、以及基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源置信度图 $C_{1,merg}$ ~$C_{m,merg}$，确定多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$；基于多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$，生成目标对象 50 的超景深图像 I_sd。

[86]从而，图像处理模组 60 可以用于：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，确定每个像素位置（x,y）在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$、以及所述单源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$ 的单源置信度 $C(x,y)_{i,\,merg}$；将每个像素位置（x,y）在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的成像感光条件下的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$ 融合为该像素位置（x,y）分别对应多个深度位置的多源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{muti\text{-}merg}$、和将每个像素位置（x,y）在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的成像感光条件下的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 融合为该像素位置（x,y）分别对应多个深度位置的多源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{muti\text{-}merg}$ 的多源置信度 $C(x, y)_{muti\text{-}merg}$，其中，每个像素位置（x,y）在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$ 的融合权重，与该像素位置（x,y）在该组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 关联；基于所述多个深度位置分别对应的多源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度 $C(x, y)_{muti\text{-}merg}$，生成目标对象 50 的超景深图像 I_sd。

[87]在本申请的实施例中，每个像素位置（x,y）的多源置信度 $C(x, y)_{muti\text{-}merg}$ 可以用于确定对该像素位置（x,y）分别对应多个景深位置的多个多源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$ 的平滑滤波处理（例如确定是否需要平滑处理和/或是否达到平滑处理的平滑阈值），超景深图像 I_sd 中的每个像素位置（x,y）的像素信息可以基于该像素位置（x,y）在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中对应的选定深度位置的各幅图像中的像素信息确定，并且，每个像素位置（x,y）对应的选定深度位置可以根据该像素位置（x,y）分别对应多个景深位置的多个多源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{muti\text{-}merg}$ 确定。

[88]在本申请的实施例中，基于多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 生成目标对象 50 的超景深图像 I_sd，可以是基于多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$，对至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的图像信息合成的过程，其中，图像信息的合成过程至少包括至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中的深度信息，并且，图像信息合成的结果可以包括超景深图像 I_sd。例如，超景深图像 I_sd 可以包括：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 中的深度信息重建的深度图（目标对象 50 的结构信息），和/或，基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 图像融合而得到的全聚焦图（目标对象 50 的色彩信息）。

[89]在本申请的实施例中，作为一种实施例，超景深图像 I_sd 的生成还可以进一步使用用于表征高亮过曝区域的高亮掩膜，在此情况下：每组深度图像序列 Sq_i 都可以具有对应的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$，其中，单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 用于表征目标对象 50 在该组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的高亮过曝区域。

[90]示例性地，在本申请的实施例中，若任意一个像素位置（x,y）在任意一组深度图像序列 Sq_i 中存在若干幅图像（大于等于预设图像数量阈值）中的像素值达到预设高亮阈值（例如 255），例如，该组深度图像序列 Sq_i 中，至少有一张图像中，该张图像中任一个像素位置的像素值达到 255，则，可以确定该像素位置位于该组深度图像序列 Sq_i 对应的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 中。而且，对于每组深度图像序列 Sq_i 对应的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$，还可以通过诸如去噪处理等进一步的图像处理进行优化，例如，去噪处理可以通过连通域检测，将连通域面积小于预设面积阈值的局部高亮过曝区域置为非高亮，即，消除单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 中连通面积过小的疑似噪声区域。

[91]至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 分别对应的单源高亮掩膜 $M_{1,merg}$~$M_{m,merg}$ 可以融合为多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$，其中，多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 用于表征目标对象 50 在不同成像感光条件下的高亮过曝区域，并且，多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 可以用于优化基于多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 生成的超景深图像 I_sd，例如，多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 可以用于在基于多源三维评估张量 $T_{muti\text{-}merg}$ 和多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 生成的超景深图像 I_sd 的过程中识别高亮过曝区域。

[92]而且，作为一种实施例，多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 也可以用于校准多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$。

[93]在此情况下，图像处理模组 60 还可以用于：基于感光元件 12 对目标对象 50 成像得到的至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，生成每组深度图像序列 Sq_i 对应的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$；基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 分别对应的单源高亮掩膜 $M_{1,merg}$~$M_{m,merg}$，生成多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$。

[94]从而，图像处理模组 60 还可以用于：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，确定目标对象在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的高亮过曝区域，其中，每个像素位置（x,y）在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$ 和/或单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的融合，与该像素位置（x,y）是否位于该组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的高亮过曝区域的位置关系关联。

[95]在本申请的实施例中，对每组深度图像序列 Sq_i 的清晰度评估值，可以采用至少两种清晰度评估指标。例如，至少两种基于空域的清晰度评价指标的组合、或至少两种基于变换域的清晰度评价指标的组合、或基于空域的清晰度评价指标和基于变换域的清晰度评价指标的组合。

[96]示例性地，本申请的实施例可以采用至少两种基于空域的清晰度评价指标，包括基于梯度的第一清晰度评价指标、基于拉普拉斯变换的第二清晰度评价指标、以及基于统计的第三清晰度评价指标中的至少两种。其中，第一清晰度评价指标使用 GRA 算子（Gradient-based operators，基于梯度的清晰度算子），第二清晰度评价指标使用 LAP 算子（Laplacian-based operators，基于拉普拉斯的清晰度算子），第三清晰度评价指标使用 STA 算子（Statistics-based operators，基于统计的清晰度算子）。

[97]第一清晰度评价指标使用 GRA 算子的评估原理可以表示为：

$$\phi_{x,y}(z)_{i,1} = \sum_{(p,q)\in\Omega(X1,Y1)} \{[Dx_i(z)_{p,q}]^2 + [Dy_i(z)_{p,q}]^2\}$$

[98]其中，$Dx_i(z)_{p,q}$ 表示深度图像序列 Sq_i 中，对应深度位置 z 的任意一幅图像中，在任意一个像素位置（x,y）的第一邻域窗口 X1 × Y1 内的任意邻域像素位置（p,q）处的 x 方向（即行方向）一阶导数，并且，$Dy_i(z)_{p,q}$ 表示深度图像序列 Sq_i 中，对应深度位置 z 的任意一幅图像中，在任意一个像素位置（x,y）的第一邻域窗口 X1 × Y1 内的任意邻

域像素位置（p,q）处的 y 方向（即列方向）一阶导数。

[99] 第二清晰度评价指标使用 LAP 算子的评估原理可以表示为：

$$\phi_{x,y}(z)_{i,2} = \sum_{(p,q)\in\Omega(X2,Y2)} E_i(z)_{p,q}{}^2$$

[100] 其中，$E_i(z)_{p,q}$ 表示深度图像序列 Sq_i 中，对应深度位置 z 的任意一幅图像中，在任意一个像素位置（x,y）的第二邻域窗口 X2 × Y2 内的任意邻域像素位置（p,q）处的拉普拉斯能量。

[101] 第三清晰度评价指标使用 STA 算子的评估原理可以表示为：

$$\phi_{x,y}(z)_{i,3} = \sum_{(p,q)\in\Omega(X3,Y3)} [L_i(z)_{p,q} - \overline{L_i(z)}]^2$$

[102] 其中，$L_i(z)_{p,q}$ 表示深度图像序列 Sq_i 中，对应深度位置 z 的任意一幅图像中，在任意一个像素位置（x,y）的第三邻域窗口 X3 × Y3 内的任意邻域像素位置（p,q）处的方差；并且，$\overline{L_i(z)}$表示第 i 组深度图像序列中对应深度位置 z 的图像在像素位置（x, y）的邻域窗口 X3 × Y3 内的方差均值。

[103] 在上述的表达式中，$\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 表示利用第 j 种清晰度评价指标对该组深度图像序列 Sq_i 进行评估得到的：即，任意一个像素位置（x,y）对应任意一个深度位置 z 的单指标清晰度评估值，其中，j 为大于等于 1 且小于等于 n 的正整数，n 为大于等于 2 的正整数，n 表示至少两种清晰度评估指标的种类总数，例如，若至少两种清晰度评估指标包括使用 GRA 算子的第一清晰度评价指标、使用 LAP 算子发第二清晰度评价指标、以及使用 STA 算子的第三清晰度评价指标，则，n 取 3。

[104] 图 3 为本申请实施例中的超景深成像装置的超景深成像原理的示意。请参见图 3，在本申请的实施例中，图像处理模组 60 在基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 生成目标对象 50 的超景深图像 I_sd 的过程中，确定每组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 和单源置信度图 $C_{i,merg}$ 的过程可以包括：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，确定每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种（即 n 种）清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$和单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$；基于每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种（即 n 种）清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$和单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$，确定每组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$和单源置信度图 $C_{i,merg}$。

[105] 其中，任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 可以包括：各个像素位置的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}，每个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}可以包括该像素位置（x,y）分别对应多个深度位置 z 的多个单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$；并且，任意一组深度图像序列 Sq_i 的单指标置信度图 $C_{i,j}$ 可以包括：各个像素位置在该组深度图像序列 Sq_i 的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$。

[106] 在此情况下，任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 中：各个像素位置的单源评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,merg}$}，可以是由该组深度图像序列 Sq_i 的分别对应至少两种（即 n 种）清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$ 中的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}融合得到的。

[107] 也就是，在本申请的实施例中，图像处理模组 60 可以用于：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，利用至少两种清晰度评估指标中的每种清晰度评估指标，确定每个像素位置（x,y）在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单指标清晰度评估值{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}、以及单指标清晰度评估值{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$；将每个像素位置（x,y）在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下，利用至少两种清晰度评估指标确定的单指标清晰度评估值{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}和单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$，

融合为该像素位置（x,y）在该组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$、以及单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$ 的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$；其中，每个像素位置（x,y）在每组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的每种清晰度评价指标的单指标清晰度评估值{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的融合权重，可以与该像素位置（x,y）在该组深度图像序列 Sq_i 的成像感光条件下的同种清晰度评价指标的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 关联。

[108] 而且，若本申请的实施例还使用高亮掩膜，则，单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}还可以用于校准单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$，并且，可以利用任意一组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$，校准单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$。例如，对任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 的校准可以包括：若任意像素位置（x,y）出现在所述高亮过曝区域中，并且，该像素位置（x,y）在至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$ 中的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 均高于预设单指标高置信度阈值（例如均为 1），则，将该像素位置（x,y）从该组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 中移除，然后，可以对单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 进行诸如形态学操作（例如，先膨胀后腐蚀，即，先使图像中的高亮过曝区域扩大，再使图像中的高亮过曝区域缩小），和/或，在至少两组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩膜 $M_{i,merg}$ 中，去除面积较小的像素位置区域。

[109] 在本申请的实施例中，图像处理模组 60 对于任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 和单指标置信度图 $C_{i,j}$ 的确定过程可以包括：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m，确定每组深度图像序列 Sq_i 对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$，其中，在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中：每个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,j}$ 是利用该清晰度评估指标对该组深度图像序列 Sq_i 评估得到的，即，每个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}中对应任意一个深度位置 z 的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,j}$，是利用该清晰度评估指标对该组深度图像序列 Sq_i 中对应该深度位置 z 的对应图像评估得到的；基于对每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$ 的融合，确定每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$，其中，在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,j}$ 中：每个像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 基于该像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的向量特征确定。

[110] 在本申请的实施例中，为了确定每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$，图像处理模组 60 可以用于：在每组深度图像序列 Sq_i 对应每种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 Ti,j 中，检测各个像素位置的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的评估值分布属性，用于确定单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 的向量特征可以包括单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的评估值分布属性；基于在每组深度图像序列 Sq_i 对应每种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 Ti,j 中检测到的评估值分布属性、以及预先设定的参考分布属性，确定每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$；其中，在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 Ti,j 中：若任意像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的评估值分布属性匹配参考分布属性，则，该像素位置（x,y）在该组深度图像序列 Sq_i 对应该清晰度评估指标的单指标置信度图 Ci,j 中的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 被置为表示高置信度的取值（例如值为 1 的第一取值）；若任意像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的评估值分布属性与参考分布属性匹配失败，则，该像素位置（x,y）在该组深度图像序列 Sq_i 对应该清晰度评估指标的单指标置信度图 Ci,j 中的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 被置为表示低置信度的取值（例如值为 0 的第二取值）。

[111] 在本申请的实施例中，单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 可以不限于第一取值和第二取值的二值置信度。例如，可以通过将前文提及的每一种清晰度评价指标使用算子评估时的邻域窗口设置不同的尺寸。从而，基于每一种清晰度评价指标对任意一组深度图像序列 Sq_i 的多尺度评估，每个像素位置（x,y）都可以具有至少两个尺度的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}，进而，可以依据至少两个尺度的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}的评估值分布属性，为单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 确定分别对应至少两个尺度的取值；分别对应至少两个尺度的取值之和或取值的均值，可以被确定为该单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 的非二值的最终值。

[112] 在本申请的实施例中，用于确定单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 的参考分布属性可以包括下述的至少之一：

[113]（a）、单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}具有单峰分布属性；

[114]（b）、单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}具有大于预设峰谷波动阈值的波动幅度，即，单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的取值分布具有足够大的区分度；

[115]（c）、单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}的每个值峰在深度方向上的值峰分布宽度均位于预设值峰宽度区间内，即，值峰的宽度需要适中。

[116] 在本申请的实施例中，对于值峰的判定可以使用值峰判定阈值，即，值峰可以认为是：单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中大于或等于该值峰判定阈值的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的评估值集合，并且，每个单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}对应的值峰判定阈值，可以根据该单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 确定。例如，对于每个单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}，其对应的值峰判定阈值可以根据该单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的最大值、最小值以及平均值确定，具体可以表示为如下的表达式：

$$\max\left\{\frac{\left(\max\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)+\min\left(\Phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)\right)}{2}, mean\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)\right\}$$

[117] 其中，max($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$)表示在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中，任意一个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的最大值，即，最大清晰度评估值；min($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$)表示在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应的任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中，任意一个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的最小值；mean($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$)表示在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中，任意一个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的平均值。

[118] 在本申请的实施例中，对于上述的参考分布属性（a），单峰分布属性并不是限制一个单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}只能有一个值峰，即，单峰分布属性是指：一个单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中判定出的所有值峰都分布在同一个连续的深度位置范围内，该连续的深度位置范围中的其中一个深度位置所对应的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 为前文描述的最大值 max($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$)，该连续的深度位置范围的范围尺寸可以是预先设定的、并且以对应最大值 max($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$)的深度位置定位。例如，图像处理模组 60 可以统计出每个单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中出现的值峰数量 W1，然后再统计该单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中出现在上述连续深度位置范围内的值峰数量 W2，从而，若判定出 W2-W1＜1，则确定单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}具有单峰分布属性，即，单峰分布属性（a）匹配成功，否则，判定单峰分布属性（a）匹配失败。

[119] 在本申请的实施例中，对于上述的参考分布属性（b），单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}的波动幅度可以根据该单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$ 的最大值和最小值确定，例如，单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}的波动幅度可以表示为如下的表达

式:

$$\frac{\max\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)-\min\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)}{\max\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)}$$

[120] 在此情况下，上述的参考分布属性（b）可以表示为如下的表达式:

$$\frac{\max\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)-\min\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)}{\max\left(\phi_{x,y}(z)_{i,j}\right)}>\mathrm{Thr_}\phi$$

[121] 其中，Thr_Φ表示预设峰谷波动阈值。

[122] 在本申请的实施例中，对于上述的参考分布属性（c），可以通过如下表达式来约束单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}的每个值峰在深度方向上的值峰分布宽度 Wth: Wth＜a×B，并且，Wth>b×B，其中，B 表示一组深度图像序列 Sq_i 中的图像数量，a 和 b 分别为可配置系数，并且，b 大于 a。

[123] 在本申请的实施例中，对于目标对象 50 存在结构特征之间的光照遮挡的情况，图像处理模组 60 还可以用于: 若任意一个单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}中存在峰间间隔位于预设间隔区间内的相邻双峰，则，将相邻双峰中处于光照遮挡的位置区域的其中一个值峰实施削峰抑制，以使得该值峰的封顶被抑制在对应的值峰判定阈值。

[124] 其中，上述相邻双峰存在的原因可能是: 在光学镜头 11 处于高倍率水平的情况下，在一个深度位置以较高清晰度拍摄到被遮挡的结构特征、且起遮挡作用的另一结构特征不清晰，然后，在另一个深度位置以较高清晰度拍摄到起遮挡作用的另一结构特征、且被遮挡的结构特征不清晰。因此，在本申请的实施例中，预设间隔区间可以用于表征: 相邻双峰是由于目标对象 50 的结构特征在深度方向上存在光照遮挡而引发。并且，在相邻双峰分别对应的两个深度位置中，被实施削峰抑制的一个值峰对应的深度位置，处于相比于另一个值峰对应的深度位置的受光下游，即，被实施削峰抑制的峰是表示以较高清晰度拍摄到的被遮挡的结构特征，而保留的峰则表示以较高清晰度拍摄到的起遮挡作用的另一个结构特征。而且，在本申请的实施例中，每个单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}中被实施削峰抑制的一个值峰，可以被抑制在该单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}对应的值峰判定阈值上。

[125] 在本申请的实施例中，对每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种（即 n 种）清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$ 和单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$ 的融合，可以采用单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$ 和单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$ 关联融合的方式。在此情况下，图像处理模组 60 可以用于: 对每个像素位置（x,y）在分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~$T_{i,n}$ 中的单指标评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,j}$}进行向量同源融合，其中，在任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,j}$ 中: 每个像素位置（x,y）的单源评估向量{ $\phi_{x,y(z)i,merg}$}的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$ 均通过向量同源融合确定; 以及，对每个像素位置（x,y）在分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$ 中的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 进行置信度同源融合，其中，在任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源置信度图 $C_{i,j}$ 中: 每个像素位置（x,y）的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 通过置信度同源融合确定、并且与对置信度同源融合做出贡献的深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 绑定关联; 其中，上述的向量同源融合和置信度同源融合相互关联。

[126] 在本申请的实施例中，相互关联的向量同源融合和置信度同源融合可以采用投票机制，并且，对置信度同源融合做出贡献的深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 可以是投票胜出的景深位置。在此情况下，图像处理模组 60 可以用于: 基于每组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~ $T_{i,n}$ 和单指标置信度图 $C_{i,1}$~ $C_{i,n}$，对深度方向上的多个深度位置进行以像素位置为粒度的置信度投票; 基于置信度投票的投票结果，确定每组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 和单源置信度图 $C_{i,merg}$。

其中：在任意一组深度图像序列 Sq_i 分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,1}$~$T_{i,n}$ 中，任意一个像素位置（x,y）的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}在向量同源融合中的融合权重与投票结果关联；任意一个像素位置（x,y）在任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源置信度图 $C_{i,merg}$ 中的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$，在置信度同源融合中与依据投票胜出的深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 的投票票值关联；任意一个像素位置（x,y）在任意一组深度图像序列 Sq_i 的单源置信度图 $C_{i,merg}$ 中的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$，在置信度同源融合中与投票胜出的深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 绑定关联。

[127] 示例性地，对于置信度投票，图像处理模组 60 可以用于：在每个像素位置（x,y）为每种清晰度评估指标分配用于置信度投票的一次投票权；利用单指标三维评估张量 $T_{i,j}$，确定置信度投票在每个像素位置(x,y)分别为至少两种清晰度评估指标设定的投票范围，其中，对于任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$，置信度投票在每个像素位置（x,y）为该种清晰度评估指标设定的投票范围包括：该像素位置(x,y)的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$}中的最大清晰度评估值 max($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$) 对应的深度位置、以及该深度位置的位置邻域中的其他深度位置；利用单指标置信度图 $C_{i,j}$，确定置信度投票在每个像素位置（x,y）分别为至少两种清晰度评估指标贡献的投票票值，其中，对于任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标置信度图 $C_{i,j}$：若任意像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 大于或等于预设票值判定阈值，即，像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 处于高置信度水平，则，置信度投票在该像素位置（x,y）为该种清晰度评估指标贡献的投票票值为第一票值（例如 1）；若任意像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 小于预设票值判定阈值，即，该像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 处于低置信度水平，则，置信度投票在该像素位置(x,y)为该种清晰度评估指标贡献的投票票值为小于第一票值的第二票值（例如 0.1）。

[128] 在本申请的实施例中，对于任意一组深度图像序列 Sq_i，同一像素位置（x,y）在分别对应不同清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中的单指标评估向量{ $\phi_{x,y}(z)_{i,j}$} 中的最大清晰度评估值 max($\phi_{x,y}(z)_{i,j}$)并不必然相同，因此，对于任意一组深度图像序列 Sq_i 对应的任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$，置信度投票在每个像素位置（x,y）分别为至少两种清晰度评估指标设定的投票范围可能不同。

[129] 假设，置信度投票在某个像素位置（x,y）分别为至少两种清晰度评估指标设定的投票范围不同：若某个深度位置仅落入在置信度投票在某个像素位置（x,y）为一种清晰度评估指标设定的投票范围内，并且，该深度位置由于该像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 处于低置信度水平，而仅在所在的一个投票范围内获得了第二票值(例如 0.1)，则，该深度位置获得的投票票值仅为一个第二票值（例如 0.1）；若另一个深度位置同时落入在置信度投票在某个像素位置（x,y）为所有（n 个）清晰度评估指标设定的投票范围内，并且，该深度位置由于该像素位置（x,y）的单指标置信度 $C(x,y)_{i,j}$ 处于高置信度水平，而在所有的投票范围内均获得了第一票值（例如 1），则，该深度位置获得的投票票值为 n 个第一票值（例如 1）之和。

[130] 上述两种极端情况可以表示：当任意一个深度位置落入在置信度投票在任意一个像素位置（x,y）为至少一个清晰度评估指标设定的投票范围内时，该深度位置可能获得的投票票值的下限值（即一个第二票值）和上限值（即 n 个第一票值）。并且，在置信度投票中投票胜出的深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 获得的最高投票值，可以位于以上述下限值和上述上限值为边界的票值区间内。

[131] 示例性地，对于置信度投票，图像处理模组 60 还可以用于：在每组深度图像序列 Sq_i 的单源置信度图 $C_{i,merg}$ 中，将每个像素位置(x,y)的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 设定为：在置信度投票中投票胜出的深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 获得的最高投票值；在每组深度图像序列 Sq_i 的单源三维评估张量 $T_{i,merg}$ 中，以各个像素位置对投票胜出的深度位置贡献的投票票值为权重，执行向量同源融合，其中，在任意一个像素位置（x,y）的单源评估向量

$\{\phi_{x,y(z)i,merg}\}$中，对应任意一个深度位置 z 的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$ 为：以置信度投票在该像素位置（x,y）对投票胜出的深度位置贡献的投票票值为权重，将该像素位置（x,y）在分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 的单指标评估向量$\{\phi_{x,y(z)i,j}\}$中，均对应该深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,j}$ 的归一化结果的加权值。

[132] 例如，在任意一个像素位置（x,y）的单源评估向量$\{\phi_{x,y(z)i,merg}\}$中，对应任意一个深度位置 z 的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$ 可以表示为如下的表达式：

$$\phi_{x,y}(z)_{i,merg} = \sum \widehat{\Phi}_{x,y}(z)_{i,j} \times V_{x,y}(Z_win_i_{x,y})_{i,j}$$

$$\widehat{\Phi}_{x,y}(z)_{i,j} = \frac{\phi_{x,y}(z)_{i,j}}{sum\{\phi_{x,y}(z)_{i,j}\}}$$

[133] 其中：$\hat{\varphi}_{x,y}(z)_{i,j}$表示在任意一组深度图像序列 Sq_i 对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量 $T_{i,j}$ 中，任意一个像素位置（x,y）的单指标评估向量$\{\phi_{x,y(z)i,j}\}$中的单指标清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,j}$ 的归一化结果；$V_{x,y}(Z_win_i_{x,y})_{i,j}$ 表示：对于任意一组深度图像序列 Sq_i，任意一个像素位置（x,y）为任意一种清晰度评估指标对具有投票胜出（即具有最高投票值）的景深位置 $Z_win_i_{x,y}$ 贡献的投票票值；例如，若投票胜出（即具有最高投票值）的景深位置 $Z_win_i_{x,y}$ 落入置信度投票在该像素位置（x,y）为该清晰度评估指标设定的投票范围内，则，该像素位置（x,y）为该清晰度评估指标对具有投票胜出（即具有最高投票值）的景深位置 $Z_win_i_{x,y}$ 贡献的投票票值可以为前文描述的一个第一票值或一个第二票值；或者，若投票胜出（即具有最高投票值）的景深位置 $Z_win_i_{x,y}$ 没有落入置信度投票在该像素位置（x,y）为该清晰度评估指标设定的投票范围内，则，该像素位置（x,y）为该清晰度评估指标对具有投票胜出（即具有最高投票值）的景深位置 $Z_win_i_{x,y}$ 贡献的投票票值可以为 0。

[134] 在本申请的实施例中，对至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源三维评估张量 $T_{1,merg}$~$T_{m,merg}$、以及单源置信度图 $C_{1,merg}$ ~$C_{m,merg}$ 的融合，可以采用关联融合的方式。在此情况下，图像处理模组 60 可以用于：对每个像素位置（x,y）在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源三维评估张量 $T_{1,merg}$~$T_{m,merg}$ 中的单源评估向量$\{\phi_{x,y(z)i,merg}\}$进行向量多源融合，其中，每个像素位置（x,y）的多源评估向量$\{\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}\}$的多源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$ 通过向量多源融合确定；对每个像素位置（x,y）在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源置信度图 $C_{1,merg}$~$C_{m,merg}$ 中的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 进行置信度多源融合，其中，每个像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$ 通过置信度多源融合确定；其中，上述的向量多源融合和置信度多源融合相互关联。

[135] 在本申请的实施例中，相互关联的向量多源融合和置信度多源融合，可以通过置信度水平的评定来实现。在此情况下，图像处理模组 60 可以用于：基于至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源置信度图 $C_{1,merg}$~$C_{m,merg}$，确定每个像素位置（x,y）在单源置信度图 $C_{1,merg}$~$C_{m,merg}$ 中的至少两个单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 中的最大单源置信度；基于每个像素位置（x,y）的最大单源置信度在预设置信度水平中的匹配置信度水平，执行上述的向量多源融合和置信度多源融合。

[136] 其中，预设置信度水平可以包括高置信度水平、中置信度水平以及低置信度水平。

[137] 若任意一个像素位置（x,y）的最大单源置信度的匹配置信度水平为高置信度水平或中置信度水平，则，在该像素位置（x,y）的向量多源融合可以被配置为：多源评估向量$\{\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}\}$中对应任意深度位置 z 的多源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$，可以由该深度位置 z 在单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 达到匹配置信度水平的 k 个单源评估向量$\{\phi_{x,y(z)i,merg}\}$中对应的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$ 的均值确定，例如在该像素位置（x,y）的向量多源融合被设定为该均值，其中，k 为小于或等于 m 的正整数。

[138] 若任意一个像素位置（x,y）的最大单源置信度的匹配置信度水平为低置信度水平，则，在该像素位置（x,y）的向量多源融合被配置为：多源评估向量{$\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$}中对应任意深度位置 z 的多源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)muti\text{-}merg}$，可以被设定为该深度位置 z 在具有最大单源置信度的单源评估向量{$\phi_{x,y(z)i,merg}$}中对应的单源清晰度评估值 $\phi_{x,y(z)i,merg}$。

[139] 对于任意一个像素位置（x,y），无论其最大单源置信度的匹配置信度水平为高置信度水平、中置信度水平、还是低置信度水平，在该像素位置（x,y）的置信度多源融合被配置为：基于该像素位置（x,y）的匹配置信度水平，确定该像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$。

[140] 在本申请的实施例中，图像处理模组 60 可以用于通过如下方式确定任意一个像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$：若任意一个像素位置（x,y）的最大单源置信度的匹配置信度水平为高置信度水平或中置信度水平，则，基于该像素位置（x,y）匹配到高置信度水平的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的高置信度水平匹配数量 k、以及该像素位置（x,y）匹配到高置信度水平的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的关联深度位置 $Z_win_i_{x,y}$，校验该像素位置（x,y）的匹配置信度水平，其中，在对任意一个像素位置（x,y）的匹配置信度水平的校验成功时，将该像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$，设定为与该像素位置的匹配置信度水平适配；在对任意一个像素位置（x,y）的匹配置信度水平的校验失败时，将该像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$，设定为与该像素位置（x,y）的匹配置信度水平的下一级置信度水平适配，即，从高置信度水平降级为中置信度水平，或从中置信度水平降级为低置信度水平；若任意一个像素位置（x,y）的最大单源置信度的匹配置信度水平为低置信度水平，则，依据该像素位置（x,y）在单源置信度图 $C_{1,merg}$~$C_{m,merg}$ 中的至少两个单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的均值，设定该像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$。

[141] 示例性地，若任意一个像素位置（x,y）的最大单源置信度的匹配置信度水平为高置信度水平或中置信度水平，则，图像处理模组 60 可以用于通过如下方式实现上述的校验：若任意一个像素位置（x,y）的高置信度水平匹配数量 k 大于或等于置信度判定阈值 confthre，并且，该像素位置（x,y）匹配到高置信度水平的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的关联深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 的位置分布跨度小于或等于预设区间阈值，则，确定对该像素位置（x,y）的匹配置信度水平的校验成功；若任意一个像素位置（x,y）的高置信度水平匹配数量 k 小于置信度判定阈值 confthre，和/或，该像素位置（x,y）匹配到高置信度水平的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的关联深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 的位置分布跨度大于预设区间阈值，则，确定对该像素位置（x,y）的匹配置信度水平的校验失败。

[142] 示例性地，对于任意一个像素位置（x,y）的最大单源置信度的匹配置信度水平为中置信度水平的情况，上述的校验还可以包括：校验该像素位置（x,y）是否位于与其最大单源置信度对应的一组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩模 $M_{i,merg}$ 中，其中，若该像素位置（x,y）的高置信度水平匹配数量 k 大于或等于置信度判定阈值 confthre，该像素位置（x,y）匹配到高置信度水平的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的关联深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 的位置分布跨度小于或等于预设区间阈值，并且，该像素位置（x,y）位于与其最大单源置信度对应的一组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩模 $M_{i,merg}$ 之外，则，确定对该像素位置（x,y）的匹配置信度水平的校验成功；若像素位置（x,y）的高置信度水平匹配数量 k 小于置信度判定阈值 confthre，和/或，该像素位置（x,y）匹配到高置信度水平的单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的关联深度位置 $Z_win_i_{x,y}$ 的位置分布跨度大于预设区间阈值，和/或，该像素位置（x,y）位于与其最大单源置信度对应的一组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩模 $M_{i,merg}$ 内，则，确定对该像素位置（x,y）的匹配置信度水平的校验失败。

[143] 示例性地，上述的校验过程中使用的置信度判定阈值 confthre 可以是与单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 关联的适配值，在此情况下，图像处理模组 60 可以用于：基于至少两组深度

图像序列 Sq_1~Sq_m 的单源置信度图 $C_{1,merg}$~$C_{m,merg}$，确定每个像素位置（x,y）的至少两个单源置信度 $C(x,y)_{i,merg}$ 的单源置信度之和$\sum C(x,y)_{i,merg}$；基于每个像素位置（x,y）的单源置信度之和$\sum C(x,y)_{i,merg}$，确定与该像素位置（x,y）适配的置信度判定阈值 confthre。

[144] 例如，对置信度判定阈值 confthre 的确定，可以参照单源置信度之和$\sum C(x,y)_{i,merg}$与预设置信度分级区间的匹配结果，其中，参照单源置信度之和$\sum C(x,y)_{i,merg}$与预设置信度分级区间的匹配结果确定置信度判定阈值 confthre 的实例参见如下的表达式:

$$confthre=\begin{cases}\max(1,0.2\times m), & \sum C(x,y)_{i,merg}<0.5\\ \max(1,0.3\times m), & 0.5\le\sum C(x,y)_{i,merg}<0.8\\ \max(1,0.4\times m), & 0.8\le\sum C(x,y)_{i,merg}\end{cases}$$

[145] 在如上述表达式所示的实例中，仅仅是以预设置信度分级区间包括（0，0.5）、[0.5，0.8）以及[0.8，+∞）为例，并且，预设置信度分级区间可以根据需要任意设定；同理，置信度判定阈值 confthre 的分段取值中与 m 相乘的系数也可以根据需要任意设定，其中，m 为深度图像的序列的组数，并且，用于约束置信度判定阈值 confthre 的下限值的取值“1”也可以根据需要设定为其他的数值。

[146] 在本申请的实施例中，若超景深图像的生成使用高亮掩膜，则，图像处理模组 60 还可以按照如下的方式实现单源高亮掩膜 $M_{1,merg}$~$M_{m,merg}$ 的掩膜融合：基于每个像素位置（x,y）出现在至少两组深度图像序列 Sq_1~Sq_m 分别对应的单源高亮掩模 $M_{1,merg}$~$M_{m,merg}$ 中的次数，确定该像素位置（x,y）是否位于多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 中，即，单源高亮掩膜 $M_{1,merg}$~$M_{m,merg}$ 的初步融合，其中，若出现在单源高亮掩模的次数大于或等于预设次数阈值，则，确定该像素位置（x,y）位于多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 中，否则，确定该像素位置（x,y）位于多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 外；和/或，在与每个像素位置（x,y）的最大单源置信度（例如用 $C(x,y)_{i,merg}$ 通用化表示）对应的同一组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩模 $M_{i,merg}$ 中，若该像素位置（x,y）位于该组深度图像序列 Sq_i 的单源高亮掩模 $M_{i,merg}$ 之外，并且，该像素位置（x,y）在多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 中的多源置信度 $C(x,y)_{muti\text{-}merg}$ 与上述的高置信度水平适配，则，禁止该像素位置（x,y）被置于多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$ 中，即，利用多源置信度图 $C_{muti\text{-}merg}$ 校准多源高亮掩模 $M_{muti\text{-}merg}$。

[147] 图 4 为本申请实施例中超景深图像的图像生成方法的示例性流程示意图。请参见图 4，本申请的实施例还提供了一种超景深图像的图像生成方法，并且，该图像生成方法可以包括步骤 S410 至 S430。

[148] S410：获取可移动成像模组的感光元件在不同成像感光条件下分别对目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，其中，感光元件对目标对象成像的成像感光条件与目标对象的受光状态关联，并且，每组深度图像序列包括感光元件在可移动成像模组处于深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像。

[149] S430：基于至少两组深度图像序列，生成目标对象的超景深图像。

[150] 关于超景深图像的具体说明可以参见前文，此处不再赘述。

[151] 如上可见，本申请实施例中的图像生成方法基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列生成超景深图像。对于目标对象的结构特征容易发生局部受光异常的情况，由于局部受光异常在不同的成像感光条件下的位置和程度会存在差异，因此，同一个局部受光异常出现在成像感光条件不同的所有深度图像序列中的概率极低，即，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列中存在的局部图像缺陷不全相同，从而，基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列生成超景深图像，可以通过目标对象在至少两组深度图像序列中呈现的不同对象信息的相互补充，降低局部受光异常引发的局部图像缺陷对超景深图像的影响，进而，可以有助于提高超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

[152] 图 5 为本申请实施例中超景深图像的图像生成方法的第一优化流程示意图。请参见图 5，在本申请的实施例中，若引入清晰度评估值和置信度，则，图 4 所示流程中的

S430 可以包括 S510 至 S550。

[153] S510: 基于至少两组深度图像序列，确定每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单源清晰度评估值、以及单源清晰度评估值的单源置信度。

[154] 例如，S510 可以基于至少两组深度图像序列，确定每组深度图像序列的单源三维评估张量和单源置信度图；其中，任意一组深度图像序列的单源三维评估张量包括：各个像素位置的单源评估向量，每个像素位置的单源评估向量包括该像素位置分别对应多个深度位置的多个单源清晰度评估值；并且，任意一组深度图像序列的单源置信度图包括：各个像素位置在该组深度图像序列的单源三维评估张量中的单源评估向量的单源置信度。

[155] S530: 将每个像素位置在至少两组深度图像序列的成像感光条件下的单源清晰度评估值和单源置信度，分别融合为该像素位置分别对应多个深度位置的多源清晰度评估值、以及多源清晰度评估值的多源置信度，其中，每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下的单源清晰度评估值的融合权重，与该像素位置在该组深度图像序列的成像感光条件下的单源置信度关联。

[156] 例如，S530 可以基于至少两组深度图像序列的单源三维评估张量和单源置信度图，确定多源三维评估张量和多源置信度图；其中，多源三维评估张量包括各个像素位置的多源评估向量，每个像素位置的多源评估向量包括该像素位置分别对应多个深度位置的多个多源清晰度评估值；并且，多源置信度图包括各个像素位置在多源三维评估张量中的多源评估向量的多源置信度。

[157] S550: 基于对应多个深度位置的多源清晰度评估值和多源置信度，生成目标对象的超景深图像。

[158] 例如，S550 可以基于对应多个深度位置的多源三维评估张量和多源置信度图，生成目标对象的超景深图像。

[159] 在本申请的实施例中，每个像素位置的多源置信度可以用于确定对该像素位置分别对应多个景深位置的多个多源清晰度评估值的平滑滤波处理（例如确定是否需要平滑处理和/或平滑处理的平滑阈值），超景深图像 I_sd 中的每个像素位置的像素信息可以基于该像素位置在至少两组深度图像序列中对应的选定深度位置的各幅图像中的像素信息确定，并且，每个像素位置对应的选定深度位置可以是根据该像素位置分别对应多个景深位置的多个多源清晰度评估值确定。

[160] 在本申请的实施例中，若进一步引入高亮过曝区域优化超景深图像，则，图 4 所示流程中的 S430 还可以包括：基于至少两组深度图像序列，确定目标对象在每组深度图像序列的成像感光条件下的高亮过曝区域，其中，每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下的单源清晰度评估值和/或单源置信度的融合，与该像素位置是否位于该组深度图像序列的成像感光条件下的高亮过曝区域的位置关系关联。例如，基于至少两组深度图像序列，生成每组深度图像序列对应的单源高亮掩膜，其中，任意一组深度图像序列对应的单源高亮掩膜用于表征：目标对象在该组深度图像序列的成像感光条件下的高亮过曝区域；例如，若任意一个像素位置在任意一组深度图像序列中的多于或等于预设图像数量阈值的若干幅图像中的像素值达到预设高亮阈值，则，可以确定该像素位置位于该组深度图像序列对应的单源高亮掩膜中；基于对至少两组深度图像序列分别对应的单源高亮掩膜的掩膜融合，生成多源高亮掩模，其中，多源高亮掩模用于表征目标对象在不同成像感光条件下的高亮过曝区域，并且，多源高亮掩模用于优化基于多源融合生成的超景深图像，即，如图 5 所示流程中的 S550 在生成超景深图像时可以进一步使用多源高亮掩模。另外，多源置信度图可以用于校准多源高亮掩模。

[161] 图 6 为本申请实施例中超景深图像的图像生成方法的第二优化流程示意图。请参见图 6，在本申请的实施例中，若引入至少两种清晰度评估指标确定单源三维评估张量

和单源置信度图，则，图 5 所示流程中的 S510 可以包括步骤 S610 至 S630。

[162] S610: 基于至少两组深度图像序列，分别利用至少两种清晰度评估指标确定每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单指标清晰度评估值、以及单指标清晰度评估值的单指标置信度。

[163] 例如，S610 可以基于至少两组深度图像序列，确定每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量和单指标置信度图；其中，任意一组深度图像序列的单指标三维评估张量包括：各个像素位置的单指标评估向量，每个像素位置的单指标评估向量包括该像素位置分别对应多个深度位置的多个单指标清晰度评估值；并且，任意一组深度图像序列的单指标置信度图包括：各个像素位置在该组深度图像序列的单指标三维评估张量中的单指标评估向量的单指标置信度。

[164] 例如，S610 可以利用基于梯度的第一清晰度评价指标、基于拉普拉斯的第二清晰评价指标、以及基于统计的第三清晰度评价指标中的至少两个，确定每组深度图像序列分别对应其中每一个的单指标三维评估张量。

[165] S630: 将每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下分别利用至少两种清晰度评估指标确定的单指标清晰度评估值和单指标置信度，分别融合为该像素位置在该组深度图像序列的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单源清晰度评估值、以及单源清晰度评估值的单源置信度，其中，每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下的每种清晰度评价指标的单指标清晰度评估值的融合权重，可以与该像素位置在该组深度图像序列的成像感光条件下的同种清晰度评价指标的单指标置信度关联。

[166] 例如，S630 可以基于对每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量和单指标置信度图的融合，确定每组深度图像序列的单源三维评估张量和单源置信度图。

[167] 在本申请的实施例中，若进一步引入高亮过曝区域优化超景深图像，则，单指标置信度图可以用于校准单源高亮掩膜。示例性地，上述 S610 可以包括：基于至少两组深度图像序列，确定每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量，其中，在任意一组深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量中：每个像素位置的单指标评估向量的单指标清晰度评估值是利用该清晰度评估指标对该组深度图像序列评估得到的；基于每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量，确定每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图，其中，在任意一组深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的单指标置信度图中：每个像素位置的单指标置信度基于该像素位置的单指标评估向量的向量特征确定。

[168] 在本申请的实施例中，若进一步引入高亮过曝区域优化超景深图像，并且，单指标置信度图可以用于校准单源高亮掩膜，则，可以利用每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图，校准单源高亮掩膜。例如，对任意一组深度图像序列的单源高亮掩膜的校准包括：若任意像素位置出现在单源高亮掩膜中，并且，该像素位置在至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图中的单指标置信度均高于预设单指标高置信度阈值，则，将该像素位置从单源高亮掩膜中移除。

[169] 在本申请的实施例中，S610 确定每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图的过程可以包括：在每组深度图像序列对应每种清晰度评估指标的单指标三维评估张量中，检测各个像素位置的单指标评估向量的评估值分布属性，向量特征包括评估值分布属性；基于在每组深度图像序列对应每种清晰度评估指标的单指标三维评估张量中检测到的评估值分布属性、以及预先设定的参考分布属性，确定每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图；其中，在任意一组深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量中：若任意像素位置的评估值分布属性匹配参考分布属性，则，该像素位置在该组深度图像序列对应该清晰

度评估指标的单指标置信度图中的单指标置信度被置为表示高置信度的取值；若任意像素位置的评估值分布属性与参考分布属性匹配失败，则，该像素位置在该组深度图像序列对应该清晰度评估指标的单指标置信度图中的单指标置信度被置为表示低置信度的取值。

[170] 例如，S610 使用的上述参考分布属性可以包括下述的至少之一：单指标评估向量具有单峰分布属性，单指标评估向量具有大于预设峰谷波动阈值的波动幅度，以及，单指标评估向量的每个值峰在深度方向上的值峰分布宽度均位于预设值峰宽度区间内。其中，对于值峰的定义以及上述参考分布属性的解释可以参见前文。

[171] 在本申请的实施例中，S610 还可以包括：若任意一个单指标评估向量中存在峰间间隔位于预设间隔区间内的相邻双峰，则，将相邻双峰中处于光照遮挡的位置区域的其中一个值峰实施削峰抑制，以使得该值峰的封顶被抑制在对应的值峰判定阈值。

[172] 在本申请的实施例中，S630 可以包括：对每个像素位置在分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量中的单指标评估向量进行向量同源融合，其中，在任意一组深度图像序列的单源三维评估张量中：每个像素位置的单源评估向量的单源清晰度评估值均通过向量同源融合确定；对每个像素位置在分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图中的单指标置信度进行置信度同源融合，其中，在任意一组深度图像序列的单源置信度图中：各个像素位置的单源置信度通过置信度同源融合确定、并且与对置信度同源融合做出贡献的深度位置绑定关联；其中，向量同源融合与置信度同源融合相互关联。

[173] 在本申请的实施例中，相互关联的向量同源融合与置信度同源融合可以包括：基于每组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量和单指标置信度图，分别对深度方向上的多个深度位置进行以像素位置为粒度的置信度投票；以及，基于置信度投票的投票结果，确定每组深度图像序列的单源三维评估张量和单源置信度图；其中，在任意一组深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量中，任意一个像素位置的单指标评估向量在向量同源融合中的融合权重与投票结果关联；任意一个像素位置在任意一组深度图像序列的单源置信度图中的单源置信度，在置信度同源融合中与依据投票胜出的深度位置的投票票值关联；并且，任意一个像素位置在任意一组深度图像序列的单源置信度图中的单源置信度，在置信度同源融合中与投票胜出的深度位置绑定关联。

[174] 示例性地，上述的置信度投票的具体实现方式可以包括：在每个像素位置为每种清晰度评估指标分配用于置信度投票的一次投票权；利用单指标三维评估张量，确定置信度投票在每个像素位置分别为至少两种清晰度评估指标设定的投票范围，其中，对于任意一组深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的单指标三维评估张量，置信度投票在每个像素位置为该种清晰度评估指标设定的投票范围包括：该像素位置的单指标评估向量中的最大清晰度评估值对应的深度位置、以及该深度位置的位置邻域中的其他深度位置；利用单指标置信度图，确定置信度投票在每个像素位置分别为至少两种清晰度评估指标贡献的投票票值，其中，对于任意一组深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的单指标置信度图：若任意像素位置的单指标置信度大于或等于预设票值判定阈值，则，置信度投票在该像素位置为该种清晰度评估指标贡献的投票票值为第一票值；若任意像素位置的单指标置信度小于预设票值判定阈值，则，置信度投票在该像素位置为该种清晰度评估指标贡献的投票票值为小于第一票值的第二票值。

[175] 例如，在每组深度图像序列的单源置信度图中，将每个像素位置的单源置信度设定为在置信度投票中投票胜出的深度位置获得的最高投票值；还例如，在每组深度图像序列的单源三维评估张量中，以各个像素位置对投票胜出的深度位置贡献的投票票值为权重，执行向量同源融合，其中，在任意一个像素位置的单源评估向量中，对应任意一个深度位置的单源清晰度评估值为：以置信度投票在该像素位置对投票胜出的深度位置贡

献的投票票值（即一个第一票值、或一个第二票值、或 0）为权重，将该像素位置在分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量的单指标评估向量中，均对应该深度位置的单指标清晰度评估值的归一化结果的加权值。

[176] 基于上述的具体处理方式，如图 5 所示流程中的 S530 可以包括：对每个像素位置在至少两组深度图像序列的单源融合三维评估张量中的单源评估向量进行向量多源融合，其中，每个像素位置的多源评估向量的多源清晰度评估值通过向量多源融合确定；对每个像素位置在至少两组深度图像序列的单源置信度图中的单源置信度进行置信度多源融合，其中，每个像素位置在多源置信度图中的多源置信度通过置信度多源融合确定；其中，向量多源融合与置信度多源融合相互关联。

[177] 示例性地，向量多源融合与所述置信度多源融合的相互关联可以表现为：基于至少两组深度图像序列的单源置信度图，确定每个像素位置的至少两个单源置信度中的最大单源置信度；基于每个像素位置的最大单源置信度在预设置信度水平中的匹配置信度水平，执行向量多源融合和置信度多源融合；其中，预设置信度水平包括高置信度水平、中置信度水平以及低置信度水平；若最大单源置信度的匹配置信度水平为高置信度水平或中置信度水平，则，向量多源融合被配置为：对于每个像素位置，多源评估向量中对应任意深度位置的多源清晰度评估值，由该深度位置在单源置信度达到匹配置信度水平的单源评估向量中对应的单源清晰度评估值的均值确定；若最大单源置信度的匹配置信度水平为低置信度水平，则，向量多源融合被配置为：对于每个像素位置，多源评估向量中对应任意深度位置的多源清晰度评估值，为该深度位置在具有最大单源置信度的单源评估向量中对应的单源清晰度评估值；置信度多源融合被配置为：基于每个像素位置的匹配置信度水平，确定该像素位置在多源置信度图中的多源置信度。

[178] 示例性地，基于每个像素位置的匹配置信度水平，确定该像素位置在多源置信度图中的多源置信度，可以包括：若任意一个像素位置的最大单源置信度的匹配置信度水平为高置信度水平或中置信度水平，则，基于该像素位置匹配到高置信度水平的单源置信度的高置信度水平匹配数量、以及该像素位置匹配到高置信度水平的单源置信度的关联深度位置，校验该像素位置的匹配置信度水平，其中，在对任意一个像素位置的匹配置信度水平的校验成功时，将该像素位置的多源置信度设定为与该像素位置的匹配置信度水平适配；在对任意一个像素位置的匹配置信度水平的校验失败时，将该像素位置的多源置信度设定为与该像素位置的匹配置信度水平的下一级置信度水平适配；若任意一个像素位置的最大单源置信度的匹配置信度水平为低置信度水平，则，依据该像素位置的至少两个单源置信度的均值，设定该像素位置的多源置信度。

[179] 示例性地，上述校验的具体实现方式可以包括：若任意一个像素位置的高置信度水平匹配数量大于或等于置信度判定阈值，并且，关联深度位置的位置分布跨度小于或等于预设区间阈值，则，确定对该像素位置的匹配置信度水平的校验成功；若任意一个像素位置的高置信度水平匹配数量小于置信度判定阈值，和/或，关联深度位置的位置分布跨度大于预设区间阈值，则，确定对该像素位置的匹配置信度水平的校验失败。

[180] 示例性地，上述置信度判定阈值可以为可适应性配置的阈值，即 S530 还可以包括：基于至少两组深度图像序列的单源置信度图，确定每个像素位置的至少两个单源置信度的单源置信度之和；基于每个像素位置的单源置信度之和，确定与该像素位置适配的置信度判定阈值。

[181] 在本申请的实施例中，若进一步引入高亮过曝区域优化超景深图像，则，单源高亮掩膜的掩膜融合包括：基于每个像素位置出现在至少两组深度图像序列分别对应的单源高亮掩模中的次数，确定该像素位置是否位于多源高亮掩模中，即，多源高亮掩模的初步融合；和/或，在与每个像素位置的最大单源置信度对应的同一组深度图像序列的单源高亮掩模中，若该像素位置位于该组深度图像序列的单源高亮掩模之外，并且，该像素位置在多源置信度图中的多源置信度与高置信度水平适配，则，禁止该像素位置被置于

多源高亮掩模中，即，利用多源置信度图像校准多源高亮掩模。

[182] 图 7 为本申请实施例中超景深图像的图像生成装置的示例性结构示意图。请参见图 7，本申请的实施例还提供了一种超景深图像的图像生成装置，并且，该图像生成装置可以包括：图像获取模块 710，用于获取可移动成像模组的感光元件在不同成像感光条件下分别对目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，其中，感光元件对目标对象成像的成像感光条件与目标对象的受光状态关联，并且，每组深度图像序列包括感光元件在可移动成像模组处于深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像；超景深处理模块 730，用于基于至少两组深度图像序列，生成目标对象的超景深图像。在本申请的实施例中，超景深处理模块 730 的具体工作原理可以参见前文对于 S430 的描述，此处不再赘述。

[183] 如上可见，本申请实施例中的图像生成装置可以基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列生成超景深图像。对于目标对象的结构特征容易发生局部受光异常的情况，由于局部受光异常在不同的成像感光条件下的位置和程度会存在差异，因此，同一个局部受光异常出现在成像感光条件不同的所有深度图像序列中的概率极低，即，成像感光条件不同的至少两组深度图像序列中存在的局部图像缺陷不全相同，从而，基于成像感光条件不同的至少两组深度图像序列生成超景深图像，可以通过目标对象在至少两组深度图像序列中呈现的不同对象信息的相互补充，降低局部受光异常引发的局部图像缺陷对超景深图像的影响，进而，可以有助于提高超景深图像呈现的三维对象信息的准确度。

[184] 本申请的实施例还提供了一种计算机程序产品，包括计算机可执行指令，计算机可执行指令在被处理器执行时实现如前述实施例所述的图像生成方法。

[185] 本申请的实施例还提供了一种非瞬时计算机可读存储介质，该非瞬时计算机可读存储介质存储指令，这些指令在由处理器执行时可以使得处理器执行如前述实施例所述的图像生成方法。

[186] 以上所述仅为本申请的一些实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请保护的范围之内。

权利要求书

1、一种用于超景深成像的图像采集装置，包括:

可移动成像模组，包括光学镜头和感光元件，所述可移动成像模组的移动方向平行于所述光学镜头的深度方向，所述感光元件用于对所述光学镜头的镜头视野范围内的目标对象成像产生深度图像序列;

可调节光源模组，包括多个照射光源，所述多个照射光源用于选择性地按照至少两种光照模式中的任意一种使所述目标对象受光，所述目标对象的受光状态用于确定所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件，所述多个照射光源在不同光照模式下的启用状态不同，以使得所述目标对象在不同光照模式下的受光状态不同。

2、根据权利要求 1 所述的图像采集装置，其中，所述多个照射光源包括:

同轴照射光源组，包括多个第一照射光源，每个所述第一照射光源用于产生平行于所述深度方向的第一单光源光束，所述多个第一照射光源分别产生的所述第一单光源光束覆盖所述光学镜头的视野区域中的圆形照射区域的不同扇形相位区间，所述圆形照射区域与所述光学镜头的光轴同轴;

环形照射光源组，包括多个第二照射光源，每个所述第二照射光源用于产生相对于所述深度方向倾斜的第二单光源光束，所述多个第二照射光源分别产生的所述第二单光源光束覆盖所述视野区域中的环形照射区域的不同扇环相位区间，所述环形照射区域同轴环绕所述圆形照射区域。

3、根据权利要求 2 所述的图像采集装置，其中，

所述目标对象的受光状态包括所述目标对象的受光方位，其中:

所述受光方位与所述同轴照射光源组中被启用的至少一个所述第一照射光源在所述同轴照射光源组中的部署位置关联、和/或

所述受光方位与所述环形照射光源组中被启用的至少一个所述第二照射光源在所述同轴照射光源组中的部署位置关联;

和/或，所述目标对象的受光状态包括受光强度，其中:

所述受光强度与所述同轴照射光源组中被启用的至少一个所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束的强度关联、和/或

所述受光强度与所述环形照射光源组中被启用的至少一个所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束的强度关联，和/或，

所述同轴照射光源组引发的所述受光强度高于所述环形照射光源组;

和/或，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件还与所述感光元件的曝光时长关联。

4、根据权利要求 2 所述的图像采集装置，其中，所述光照模式包括同轴落射模式、同轴侧射模式、环形落射模式以及环形侧射模式中的至少两种:

在所述同轴落射模式下，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源被全部启用，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源全部停用;

在所述同轴侧射模式下，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源中的一部分被启用，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源中的另一部分停用，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源全部停用;

在所述环形落射模式下，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源被全部启用，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源全部停用;

在所述环形侧射模式下，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源的一部分被启用，所述环形照射光源组中的所述多个第二照射光源中的另一部分停用，所述同轴照射光源组中的所述多个第一照射光源全部停用。

5、根据权利要求 4 所述的图像采集装置，其中，

所述同轴落射模式包括正常曝光同轴落射模式和低曝光同轴落射模式，其中，

在所述正常曝光同轴落射模式下，被全部启用的所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束具有第一光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为第一曝光时长，

在所述低曝光同轴落射模式下，被全部启用的所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束具有低于所述第一光照强度的第二光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为小于所述第一曝光时长的第二曝光时长；

和/或，所述环形落射模式包括正常曝光环形落射模式和低曝光环形落射模式，其中，

在所述正常曝光环形落射模式下，被全部启用的所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束具有第三光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为第三曝光时长，

在所述低曝光环形落射模式下，被全部启用的所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束具有低于所述第三光照强度的第四光照强度、和/或所述感光元件的曝光时长被配置为小于所述第三曝光时长的第四曝光时长；

和/或，所述同轴侧射模式包括侧射方向不同的至少两个定向同轴侧射模式，在任意两个所述定向同轴侧射模式下被分别启用的所述第一照射光源不全相同；

和/或，所述环形侧射模式包括侧射方向不同的至少两个定向环形侧射模式，在任意两个所述定向环形侧射模式下被分别启用的所述第二照射光源不全相同。

6、根据权利要求 5 所述的图像采集装置，其中，所述可调节光源模组被配置为：

当所述光学镜头的放大倍率大于或等于预设的倍率阈值时，分别以所述正常曝光同轴落射模式、所述低曝光同轴落射模式、以及至少两个所述定向同轴侧射模式使所述目标对象受光；

和/或，

当所述光学镜头的放大倍率小于预设的倍率阈值时，分别以所述正常曝光同轴落射模式、所述正常曝光环形落射模式、所述低曝光环形落射模式、以及至少两个所述定向环形侧射模式使所述目标对象受光。

7、根据权利要求 2 所述的图像采集装置，其中，

所述多个第一照射光源位于所述光学镜头的轴向内侧，所述第一单光源光束穿透所述光学镜头射向所述圆形照射区域；和/或，

所述多个第二照射光源位于所述光学镜头的径向外侧，所述第二单光源光束从所述光学镜头的径向外侧斜射至所述环形照射区域。

8、根据权利要求 7 所述的图像采集装置，其中，所述可移动成像模组包括模组外壳，所述感光元件位于所述模组外壳中，所述光学镜头装设于所述模组外壳朝向所述目标对象的端部开口，其中：

所述多个第一照射光源固定装设在所述模组外壳中，所述第一单光源光束被所述模组外壳中的分光镜约束为平行于所述深度方向；和/或，

所述多个第二照射光源固定装设于所述模组外壳靠近所述端部开口的外周壁。

9、根据权利要求 2 所述的图像采集装置，其中，

所述第一照射光源包括第一发光元件组、以及覆盖所述第一发光元件组的第一匀光片，其中，所述第一照射光源产生的所述第一单光源光束的光束截面由所述第一匀光片束形，所述第一匀光片的形状为扇形，各个所述第一照射光源的所述第一匀光片拼合为圆形；和/或，

所述第二照射光源包括第二发光元件组、以及覆盖所述第二发光元件组的第二匀光片，其中，所述第二照射光源产生的所述第二单光源光束的光束截面由所述第二匀光片束形，所述第二匀光片的形状为扇环，各个所述第二照射光源的所述第二匀光片拼合为环形。

10、一种超景深成像装置，包括：

可移动成像模组，包括光学镜头和感光元件，所述感光元件用于对所述光学镜头的镜头视野范围内的目标对象成像，所述可移动成像模组的移动方向平行于所述光学镜头的深度方向；

可调节光源模组，用于调节所述目标对象的受光状态；

图像处理模组，用于：基于所述感光元件在不同成像感光条件下分别对所述目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，生成所述目标对象的超景深图像，其中，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件与所述目标对象的受光状态关联，每组所述深度图像序列包括所述感光元件在所述可移动成像模组处于所述深度方向上的多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像。

11、根据权利要求 10 所述的超景深成像装置，其中，所述可调节光源模组，包括多个照射光源用于选择性地按照至少两种光照模式中的任意一种使所述目标对象受光，所述目标对象的受光状态用于确定所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件，所述多个照射光源在不同光照模式下的启用状态不同，以使得所述目标对象在不同光照模式下的受光状态不同，并且，所述多个照射光源包括：

同轴照射光源组，包括多个第一照射光源，每个所述第一照射光源用于产生平行于所述深度方向的第一单光源光束，所述多个第一照射光源分别产生的所述第一单光源光束覆盖所述光学镜头的视野区域中的圆形照射区域的不同扇形相位区间，所述圆形照射区域与所述光学镜头的光轴同轴；

环形照射光源组，包括多个第二照射光源，每个所述第二照射光源用于产生相对于所述深度方向倾斜的第二单光源光束，所述多个第二照射光源分别产生的所述第二单光源光束覆盖所述视野区域中的环形照射区域的不同扇环相位区间，所述环形照射区域同轴环绕所述圆形照射区域。

12、根据权利要求 10 所述的超景深成像装置，其中，所述图像处理模组用于：

基于至少两组所述深度图像序列，确定每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下分别对应多个深度位置的单源清晰度评估值、以及所述单源清晰度评估值的单源置信度；

将每个像素位置在所述至少两组深度图像序列的成像感光条件下的所述单源清晰度评估值和所述单源置信度，分别融合为该像素位置分别对应多个深度位置的多源清晰度评估值、以及所述多源清晰度评估值的多源置信度，其中，每个像素位置在每组所述深度图像序列的成像感光条件下的所述单源清晰度评估值的融合权重，与该像素位置在该组深度图像序列的成像感光条件下的所述单源置信度关联；

基于所述多个深度位置分别对应的所述多源清晰度评估值和所述多源置信度，生成所述超景深图像。

13、根据权利要求 12 所述的超景深成像装置，其中，所述图像处理模组还用于：

基于所述至少两组深度图像序列，分别利用至少两种清晰度评估指标确定每个像素位置在每组所述深度图像序列的成像感光条件下对应多个深度位置的单指标清晰度评估值、以及所述单指标清晰度评估值的单指标置信度；

将每个像素位置在每组深度图像序列的成像感光条件下分别利用至少两种清晰度评估指标确定的所述单指标清晰度评估值和所述单指标置信度，分别融合为该像素位置在该组深度图像序列的成像感光条件下对应多个深度位置的所述单源清晰度评估值、以及所述单源清晰度评估值的所述单源置信度，其中，每个像素位置在每组所述深度图像序列的成像感光条件下的所述单指标清晰度评估值的融合权重，与该像素位置在该组深度图像序列的成像感光条件下的所述单指标置信度关联。

14、根据权利要求 12 所述的超景深成像装置，其中，所述图像处理模组还用于：

基于所述至少两组深度图像序列，确定所述目标对象在每组所述深度图像序列的成像感光条件下的高亮过曝区域；

其中，每个像素位置在每组所述深度图像序列的成像感光条件下的所述单源清晰度评估值和/或所述单源置信度的融合，与该像素位置是否位于该组深度图像序列的成像感光条件下的所述高亮过曝区域的位置关系关联。

15、根据权利要求 12 所述的超景深成像装置，其中，所述图像处理模组用于：

基于所述至少两组深度图像序列，确定每组所述深度图像序列的单源三维评估张量和单源置信度图；其中，任意一组所述深度图像序列的所述单源三维评估张量包括：各个像素位置的单源评估向量，每个像素位置的所述单源评估向量包括该像素位置分别对应多个深度位置的多个单源清晰度评估值；任意一组所述深度图像序列的所述单源置信度图包括：各个像素位置在该组深度图像序列的所述单源三维评估张量中的所述单源评估向量的单源置信度；

基于所述至少两组深度图像序列的所述单源三维评估张量和所述单源置信度图，确定多源三维评估张量和多源置信度图；其中，所述多源三维评估张量包括各个像素位置的多源评估向量，每个像素位置的所述多源评估向量包括该像素位置分别对应多个深度位置的多个多源清晰度评估值；所述多源置信度图包括各个像素位置在所述多源三维评估张量中的所述多源评估向量的多源置信度；

基于所述多源三维评估张量和所述多源置信度图，生成所述超景深图像。

16、根据权利要求 15 所述的超景深成像装置，其中，所述图像处理模组用于：

基于所述至少两组深度图像序列，确定每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的单指标三维评估张量和单指标置信度图；其中，任意一组所述深度图像序列的所述单指标三维评估张量包括：各个像素位置的单指标评估向量，每个像素位置的所述单指标评估向量包括该像素位置分别对应多个深度位置的所述多个单指标清晰度评估值；任意一组所述深度图像序列的所述单指标置信度图包括：各个像素位置在该组深度图像序列的所述单指标三维评估张量中的所述单指标评估向量的所述单指标置信度；

基于对每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量和所述单指标置信度图的融合，确定每组所述深度图像序列的单源三维评估张量和单源置信度图。

17、根据权利要求 16 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

基于所述至少两组深度图像序列，确定每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量，其中，在任意一组所述深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量中：每个像素位置的所述单指标评估向量的所述单指标清晰度评估值是利用该清晰度评估指标对该组深度图像序列评估得到的；

基于每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量，确定每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标置信度图，其中，在任意一组所述深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的所述单指标置信度图中：每个像素位置的所述单指标置信度基于该像素位置的所述单指标评估向量的向量特征确定。

18、根据权利要求 17 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组还用于：

基于所述至少两组深度图像序列，生成每组所述深度图像序列对应的单源高亮掩膜，其中，任意一组所述深度图像序列对应的所述单源高亮掩膜用于表征：所述目标对象在该组深度图像序列的成像感光条件下的高亮过曝区域；

利用每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标置信度图，校准所述单源高亮掩膜；

基于对所述至少两组深度图像序列分别对应的所述单源高亮掩膜的掩膜融合，生成多源高亮掩模，其中，所述多源高亮掩模用于表征所述目标对象在不同成像感光条件下的高亮过曝区域，所述多源高亮掩模用于优化基于多源融合生成的所述超景深图像；

其中，对任意一组所述深度图像序列的所述单源高亮掩膜的校准包括：若任意像素位置出现在所述单源高亮掩膜中，该像素位置在至少两种清晰度评估指标的单指标置信度图中的单指标置信度均高于预设单指标高置信度阈值，则，将该像素位置从所述单源高亮掩膜中移除。

19、根据权利要求 17 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

在每组所述深度图像序列对应每种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量中，检测各个像素位置的所述单指标评估向量的评估值分布属性，所述向量特征包括所述评估值分布属性；

基于在每组所述深度图像序列对应每种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量中检测到的所述评估值分布属性、以及预先设定的参考分布属性，确定每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标置信度图；

其中，在任意一组所述深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量中：

若任意像素位置的所述评估值分布属性匹配所述参考分布属性，则，该像素位置在该组深度图像序列对应该清晰度评估指标的所述单指标置信度图中的所述单指标置信度被置为表示高置信度的取值；

若任意像素位置的所述评估值分布属性与所述参考分布属性匹配失败，则，该像素位置在该组深度图像序列对应该清晰度评估指标的所述单指标置信度图中的所述单指标置信度被置为表示低置信度的取值。

20、根据权利要求 19 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

确定每个像素位置在每组所述深度图像序列对应每种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量的所述单指标评估向量中的值峰，所述值峰为所述单指标评估向量中大于或等于对应的值峰判定阈值的单指标清晰度评估值的评估值集合，所述单指标评估向量对应的所述值峰判定阈值根据所述单指标评估向量中的所述单指标清晰度评估值的最大值、最小值以及平均值确定；

其中：

所述参考分布属性包括下述的至少之一：所述单指标评估向量具有单峰分布属性，所述单指标评估向量具有大于预设峰谷波动阈值的波动幅度，或，所述单指标评估向量的每个所述值峰在所述深度方向上的值峰分布宽度均位于预设值峰宽度区间内；

和/或，

所述图像处理模组还用于：若任意一个所述单指标评估向量中存在峰间间隔位于预设间隔区间内的相邻双峰，则，将所述相邻双峰中处于光照遮挡的位置区域的其中一个值峰实施削峰抑制，以使得该值峰的封顶被抑制在对应的所述值峰判定阈值。

21、根据权利要求 17 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

基于每组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量和所述单指标置信度图，分别对所述深度方向上的多个深度位置进行以像素位置为粒度的置信度投票；

基于所述置信度投票的投票结果，确定每组所述深度图像序列的所述单源三维评估张量和所述单源置信度图，以对每个像素位置在分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量中的所述单指标评估向量进行向量同源融合、以及对每个像

素位置在分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标置信度图中的单指标置信度进行置信度同源融合;

其中，在任意一组所述深度图像序列分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量中，任意一个像素位置的所述单指标评估向量在所述向量同源融合中的融合权重与所述投票结果关联；任意一个像素位置在任意一组所述深度图像序列的所述单源置信度图中的所述单源置信度，在所述置信度同源融合中与依据投票胜出的深度位置的投票票值关联；任意一个像素位置在任意一组所述深度图像序列的所述单源置信度图中的所述单源置信度，在所述置信度同源融合中与投票胜出的深度位置绑定关联。

22、根据权利要求 21 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

在每个像素位置为每种清晰度评估指标分配用于所述置信度投票的一次投票权;

利用所述单指标三维评估张量，确定所述置信度投票在每个像素位置分别为至少两种清晰度评估指标设定的投票范围，其中，对于任意一组所述深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量，所述置信度投票在每个像素位置为该种清晰度评估指标设定的投票范围包括：该像素位置的所述单指标评估向量中的最大清晰度评估值对应的深度位置、以及该深度位置的位置邻域中的其他深度位置;

利用所述单指标置信度图，确定所述置信度投票在每个像素位置分别为至少两种清晰度评估指标贡献的投票票值，其中，对于任意一组所述深度图像序列对应任意一种清晰度评估指标的所述单指标置信度图：若任意像素位置的所述单指标置信度大于或等于预设票值判定阈值，则，所述置信度投票在该像素位置为该种清晰度评估指标贡献的投票票值为第一票值；若任意像素位置的所述单指标置信度小于所述预设票值判定阈值，则，所述置信度投票在该像素位置为该种清晰度评估指标贡献的投票票值为小于所述第一票值的第二票值。

23、根据权利要求 21 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

在每组所述深度图像序列的所述单源置信度图中，将每个像素位置的所述单源置信度设定为在所述置信度投票中投票胜出的深度位置获得的最高投票值;

在每组所述深度图像序列的所述单源三维评估张量中，以各个像素位置对投票胜出的深度位置贡献的投票票值为权重，执行所述向量同源融合，其中，在任意一个像素位置的所述单源评估向量中，对应任意一个深度位置的所述单源清晰度评估值为：以所述置信度投票在该像素位置对投票胜出的深度位置贡献的投票票值为权重，将该像素位置在分别对应至少两种清晰度评估指标的所述单指标三维评估张量的所述单指标评估向量中，均对应该深度位置的所述单指标清晰度评估值的归一化结果的加权值。

24、根据权利要求 21 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

基于所述至少两组深度图像序列的所述单源置信度图，确定每个像素位置的至少两个所述单源置信度中的最大单源置信度;

基于每个像素位置的所述最大单源置信度在预设置信度水平中的匹配置信度水平，对每个像素位置在所述至少两组深度图像序列的所述单源融合三维评估张量中的所述单源评估向量进行向量多源融合、以及对每个像素位置在所述至少两组深度图像序列的所述单源置信度图中的单源置信度进行置信度多源融合;

其中，所述预设置信度水平包括高置信度水平、中置信度水平以及低置信度水平，并且：

若所述最大单源置信度的所述匹配置信度水平为所述高置信度水平或所述中置信度水平，则，所述向量多源融合被配置为：对于每个像素位置，所述多源评估向量

中对应任意深度位置的所述多源清晰度评估值，由该深度位置在所述单源置信度达到所述匹配置信度水平的所述单源评估向量中对应的所述单源清晰度评估值的均值确定；

若所述最大单源置信度的所述匹配置信度水平为所述低置信度水平，则，所述向量多源融合被配置为：对于每个像素位置，所述多源评估向量中对应任意深度位置的所述多源清晰度评估值，为该深度位置在具有所述最大单源置信度的所述单源评估向量中对应的所述单源清晰度评估值；

所述置信度多源融合被配置为：基于每个像素位置的所述匹配置信度水平，确定该像素位置在所述多源置信度图中的所述多源置信度。

25、根据权利要求 24 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组还用于：

基于所述至少两组深度图像序列，生成每组所述深度图像序列对应的单源高亮掩膜，其中，任意一组所述深度图像序列对应的所述单源高亮掩膜用于表征：所述目标对象在该组深度图像序列的成像感光条件下的高亮过曝区域；

基于对所述至少两组深度图像序列分别对应的单源高亮掩膜的掩膜融合，生成多源高亮掩模，其中，所述多源高亮掩模用于表征所述目标对象在不同成像感光条件下的高亮过曝区域，所述多源高亮掩模用于优化基于所述多源融合生成的所述超景深图像；

其中，所述单源高亮掩膜的掩膜融合包括：

基于每个像素位置出现在所述至少两组深度图像序列分别对应的所述单源高亮掩模中的次数，确定该像素位置是否位于所述多源高亮掩模中；

和/或，

在与每个像素位置的最大单源置信度对应的一组深度图像序列的单源高亮掩模中，若该像素位置位于该组深度图像序列的单源高亮掩模之外，且该像素位置在所述多源置信度图中的多源置信度与高置信度水平适配，则，禁止该像素位置被置于所述多源高亮掩模中。

26、根据权利要求 24 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

若任意一个像素位置的最大单源置信度的匹配置信度水平为所述高置信度水平或所述中置信度水平，则，基于该像素位置匹配到所述高置信度水平的单源置信度的高置信度水平匹配数量、以及该像素位置匹配到所述高置信度水平的所述单源置信度的关联深度位置，校验该像素位置的所述匹配置信度水平，其中，在对任意一个像素位置的所述匹配置信度水平的校验成功时，将该像素位置的所述多源置信度设定为与该像素位置的所述匹配置信度水平适配；在对任意一个像素位置的所述匹配置信度水平的校验失败时，将该像素位置的所述多源置信度设定为与该像素位置的所述匹配置信度水平的下一级置信度水平适配；

若任意一个像素位置的所述最大单源置信度的所述匹配置信度水平为所述低置信度水平，则，依据该像素位置的至少两个单源置信度的均值，设定该像素位置的所述多源置信度。

27、根据权利要求 26 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于：

若任意一个像素位置的所述高置信度水平匹配数量大于或等于置信度判定阈值，所述关联深度位置的位置分布跨度小于或等于预设区间阈值，则，确定对该像素位置的所述匹配置信度水平的校验成功；

若任意一个像素位置的所述高置信度水平匹配数量小于所述置信度判定阈值，和/或，所述关联深度位置的位置分布跨度大于所述预设区间阈值，则，确定对该像素位置的所述匹配置信度水平的校验失败。

28、根据权利要求 27 所述的超景深成像装置，其中，

所述图像处理模组用于:

基于所述至少两组深度图像序列的单源置信度图，确定每个像素位置的至少两个所述单源置信度的单源置信度之和;

基于每个像素位置的所述单源置信度之和，确定与该像素位置适配的所述置信度判定阈值。

29、一种超景深图像的图像生成方法，包括:

获取可移动成像模组的感光元件在不同成像感光条件下分别对目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，其中，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件与所述目标对象的受光状态关联，每组所述深度图像序列包括所述感光元件在所述可移动成像模组处于多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像;

基于所述至少两组深度图像序列，生成所述目标对象的超景深图像。

30、一种超景深图像的图像生成装置，包括:

图像获取模块，用于获取可移动成像模组的感光元件在不同成像感光条件下分别对目标对象成像得到的至少两组深度图像序列，其中，所述感光元件对所述目标对象成像的成像感光条件与所述目标对象的受光状态关联，每组所述深度图像序列包括所述感光元件在所述可移动成像模组处于多个深度位置时以相同成像感光条件分别成像得到的多幅图像;

超景深处理模块，用于基于至少两组所述深度图像序列，生成所述目标对象的超景深图像。

31、一种非瞬时计算机可读存储介质，其中，所述非瞬时计算机可读存储介质存储指令，所述指令在由处理器执行时使得所述处理器执行如权利要求 29 所述的图像生成方法。