

(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
2021 年 4 月 29 日 (29.04.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/077944 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 5/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/115325

(22) 国际申请日: 2020 年 9 月 15 日 (15.09.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910998260.5 2019年10月21日 (21.10.2019) CN

(71) 申请人: 南京大学 (NANJING UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市栖霞区仙林大道 163 号, Jiangsu 210000 (CN)。

(72) 发明人: 曹汛 (CAO, Xun); 中国江苏省南京市栖霞区仙林大道 163 号, Jiangsu 210000 (CN)。

李晓雯 (LI, Xiaowen); 中国江苏省南京市栖霞区仙林大道 163 号, Jiangsu 210000 (CN)。 华夏 (HUA, Xia); 中国江苏省南京市栖霞区仙林大道 163 号, Jiangsu 210000 (CN)。

(74) 代理人: 江苏法德东恒律师事务所 (FADEDONGHENG LAW FIRM); 中国江苏省南京市鼓楼区清江南路 70 号河海科技大厦 5 楼, Jiangsu 210000 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

(54) Title: METHOD FOR ELIMINATING PERIODIC NOISE IN LIGHT FIELD RECONSTRUCTED IMAGE BASED ON FREQUENCY DOMAIN

(54) 发明名称: 基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法

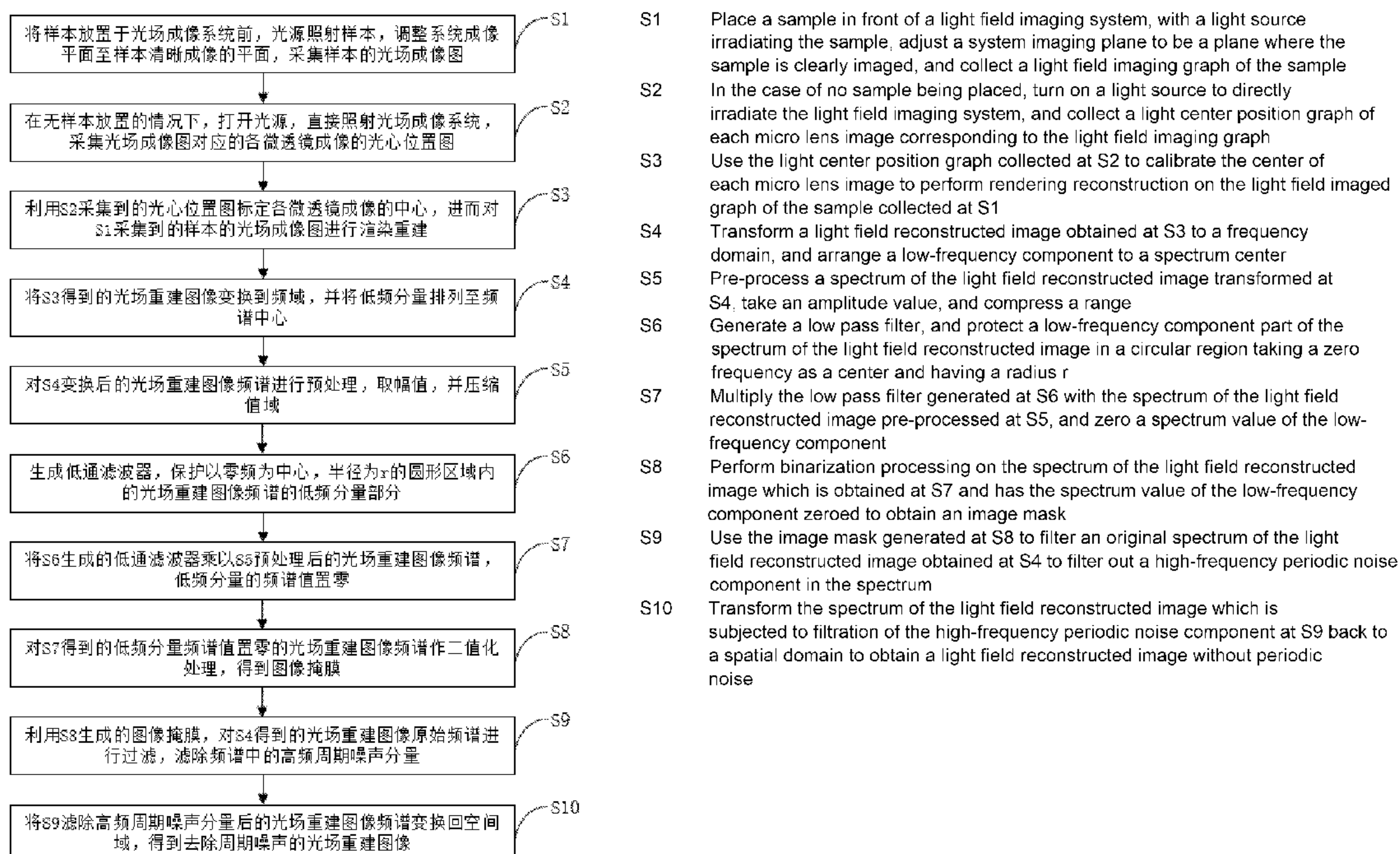


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a method for eliminating periodic noise in a light field reconstructed image based on a frequency domain. Specific steps are as follows: S1 collecting a light field imaged graph of a sample; S2 collecting a sample free light center position graph; S3 calibrating a center of each micro lens image, and performing rendering reconstruction on the light field imaged graph; S4 transforming a light field reconstructed image to a frequency domain to generate an image spectrum; S5 preprocessing the image spectrum; S6 generating a low pass filter; S7 multiplying the low pass filter with a pre-processed image spectrum, and zeroing a

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

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4. 17的声明：

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则4. 17(ii))
- 发明人资格 (细则4. 17(iv))

本国际公布：

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

spectrum value of a low-frequency component; S8 performing binarization processing on a spectrum of the light field reconstructed image to obtain an image mask; S9 filtering out a high-frequency periodic noise component in an original spectrum of the light field reconstructed image; and S10 transforming the filtered spectrum of the light field reconstructed image back to a spatial domain to obtain a light field reconstructed image without periodic noise. The present invention can effectively eliminate the periodic noise in the light field reconstructed image, eliminate spliced edge traces, and optimize the reconstruction result.

(57) 摘要：本发明公开了一种基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法。具体步骤为：S1采集样本的光场成像图；S2采集无样本光心位置图；S3标定各微透镜成像的中心并对光场成像图进行渲染重建；S4将光场重建图像变换至频域，生成图像频谱；S5对图像频谱进行预处理；S6生成低通滤波器；S7将低通滤波器与预处理后的图像频谱相乘，低频分量的频谱值置零；S8对光场重建图像频谱作二值化处理，得到图像掩膜；S9滤除光场重建图像原始频谱中的高频周期噪声分量；S10将过滤后的光场重建图像频谱变换回空间域，得到去除周期噪声的光场重建图像。本发明能够有效的去除光场重建图像中的周期噪声，消除拼接边缘痕迹，优化重建结果。

基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法

技术领域

本发明属于光场成像领域，尤其涉及一种基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法。

背景技术

光场相机的出现为人们提供了一种关于图像拍摄机制的新思考。传统相机在拍摄时，必须先选定聚焦位置，一旦图像拍摄完成，聚焦位置即不可更改。然而在一些高速摄影场景下，如体育运动、动物摄影等，能够实现“先拍摄后聚焦”则显得意义重大。

光场相机通过在传统相机内部的主透镜和传感器之间加入微透镜阵列来实现。在微透镜阵列的作用下，光场相机能够在单次拍摄曝光下同时捕获光线的空间和角度信息，即完整的四维光场，并在拍摄后通过数字重聚焦技术调整合成相机的胶片平面，从而由一张光场图像渲染出分别聚焦在不同深度的重建结果。光场相机对传统摄影题材中的人像、高速运动、微观特写等都能实现好的数字重聚焦效果。I型光场相机将微透镜阵列放置在传感器前一倍焦距处，微透镜成像相对于主透镜成像完全散焦，最终渲染图像的分辨率受限于微透镜的数目，限制了I型光场相机的发展。II型光场相机改进了微透镜阵列的空间位置及聚焦位置，将每个微透镜作为主透镜的中继成像系统，微透镜成像聚焦在主透镜的成像平面上，最终渲染图像的分辨率不再受微透镜数目的制约，光场相机的成像分辨率得到显著提升。

对光场相机拍摄得到的图像进行渲染重建有两种方式：（1）全聚焦方法，即对每个微透镜图像取出的像素块直接拼接，得到无聚焦深度变化的完全清晰的重建图像；（2）重聚焦方法，即通过融合邻域微透镜图像来调节成像系统合成孔径大小，减小景深，得到聚焦在不同深度的重建图像。两种方式都涉及到从每个微透镜图像中取出大小相同的像素块并拼接，考虑到各微透镜图像的亮度差异等因素，重建结果的拼接边缘明显，重建效果下降。由于各像素块大小相同，拼接边缘的排列具有周期性，可利用去除图像周期噪声的方法加以优化。

现有常用的基于空间域的图像去噪方法，如均值滤波，中值滤波，高斯滤波等，对于颗粒噪声、高斯噪声、椒盐噪声、乘性噪声等有较好的去除效果，但是对于光场重建图像中拼接边缘带来的周期噪声，上述方法则会在平滑图像噪声的

同时使图像模糊，细节丢失，抑制噪声的同时也抑制了信号。

发明内容

针对以上现有技术缺陷，本发明的目的在于提供一种基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，能够在保护图像细节的同时有效去除光场重建图像中的拼接边缘噪声，优化重建效果。

实现本发明目的的技术解决方案为：

基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，包括如下步骤：

S1，利用光场成像系统采集样本的光场成像图；

S2，移除样本，将光源直接照射光场成像系统，采集光场成像图对应的各微透镜成像的光心位置图；

S3，利用所述光心位置图标定各微透镜成像的中心，进而对步骤 S1 采集的光场成像图进行渲染重建，得到光场重建图像；

S4，将所述光场重建图像变换到频域，并将低频分量排列至频谱中心；

S5，对步骤 S4 变换后的光场重建图像频谱进行预处理，即取幅值并压缩值域；

S6，生成低通滤波器，保护以零频为中心、半径为 r 的圆形区域内的光场重建图像频谱的低频分量部分；

S7，将所述低通滤波器乘以步骤 S5 预处理后的光场重建图像频谱，低频分量的频谱值置零；

S8，对经步骤 S7 处理后得到的光场重建图像频谱作二值化处理，得到图像掩膜；

S9，利用所述图像掩膜，对步骤 S4 变换得到的光场重建图像原始频谱进行过滤，滤除频谱中的高频周期噪声分量；

S10，将过滤后的光场重建图像频谱变换回空间域，得到去除周期噪声的光场重建图像。

进一步地，所述步骤 S2 中，采集光场成像图对应的各微透镜成像的光心位置图的具体过程为：以光源为样本直接照射成像系统，在确保光源经主透镜成像后足以覆盖整个微透镜阵列的前提下，各微透镜能够记录充足角度的光线，在传感器上成像为圆形，其圆心即为微透镜成像的中心，因此将光源的光场成像图作为计算各微透镜成像中心的光心位置图；调整光源与成像系统之间的距离，使各

微透镜成像之间不重叠。

进一步地，所述步骤 S3 中，利用光心位置图标定各微透镜成像的中心的具體方法为：首先初始化与微透镜阵列大小相同的两个二维矩阵 C_x 、 C_y ，分别记录各微透镜成像中心的横、纵坐标；检索光心位置图中出现的圆，将识别到的圆的圆心坐标填入矩阵 C_x 、 C_y 的相应位置，作为该位置的微透镜成像的中心位置坐标，对未识别到圆的位置对应的矩阵值进行插值填充，作为该位置微透镜成像的中心位置坐标的估计值。

进一步地，所述步骤 S3 中，对光场成像图进行渲染重建的具體方法为：在光场成像图中取出以各微透镜成像中心为中心、边长为 $(2l + 1)$ 大小的矩形像素块，按照微透镜阵列的位置排布，将从各微透镜成像中取出的像素块先水平翻转后再进行有序拼接，得到光场重建图像；其中，长度 l 的取值应小于微透镜半径。

进一步地，所述步骤 S6 的具體方法为：初始化一个与光场重建图像频谱大小相同的二维矩阵，该二维矩阵由其中心位置一个半径为 r 的圆划分为两部分：圆内矩阵值置 0，表示待处理对象中该区域对应的分量受到抑制并被滤除；圆外矩阵值置 1，表示待处理对象中该区域对应的分量不受影响并正常通过。

进一步地，所述步骤 S8 中，图像掩膜的具体生成方法为：将低通滤波器矩阵 Lp 与预处理后的光场重建图像频谱 I'_F 相乘，得到低频分量频谱值置零的光场重建图像频谱 I''_F ：

$$I''_F = Lp \times I'_F$$

设置二值化阈值 Tr ，对低频分量频谱值置零的光场重建图像频谱 I''_F 作二值化处理，得到图像掩膜 M ， M 值为 1 的部分即对应光场重建图像频谱 I_F 需要滤除的频率分量；通过改变阈值 Tr 的大小，调节图像掩膜 M 中值为 1 的频率分量的占比，进而调节对噪声的抑制程度。

进一步地，所述步骤 S9 中，若某频率分量对应的图像掩膜 M 的值为 1，则将该分量在光场重建图像频谱 I_F 中对应位置的频谱值置零，得到滤除高频周期噪声分量的光场重建图像频谱 I_{Fd} ：

$$I_{Fd}(i, j) = \begin{cases} I_F(i, j), & M(i, j) = 0 \\ 0, & M(i, j) = 1 \end{cases}$$

其中， $i = 1 \dots r$ ， $j = 1 \dots c$ ， r 、 c 分别为光场重建图像 I_r 的行数和列数。

本发明将光场重建图像变换至频域，利用周期噪声的频谱特征，生成图像掩

膜，滤除光场重建图像频谱中的高频周期噪声分量，得到去除周期噪声的光场重建图像。与现有技术相比，本方法是基于频域的图像去噪方法，能够在保护图像细节特征的同时，有效去除光场重建图像中周期性的拼接边缘噪声，避免图像模糊，优化重建效果。

附图说明

图 1 是本发明方法的流程图。

图 2 是本发明预处理之后的光场重建图像频谱的示意图。

图 3 是本发明图像掩膜的示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的，技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方法作进一步地详细描述。

参见图 1，本发明基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，步骤如下：

S1：将样本放置于光场成像系统前，光源照射样本，调整系统成像平面至样本清晰成像的平面，采集样本的光场成像图。

本发明的光场成像系统的原理是基于 II 型光场相机。该光场成像系统包括主透镜、微透镜阵列和传感器，具体成像过程为，样本 A 通过主透镜成像在微透镜阵列的前方，即像 A'；每个微透镜再以中继系统的形式将像 A' 的不同子部分成像在传感器上，得到样本的光场成像图 I_f 。后期处理时，传感器上各微透镜成像的不重叠部分拼接起来即可重建成完整的场景。

S2：保持光场成像系统与步骤 S1 的一致，在无样本放置的情况下，打开光源，直接照射光场成像系统，采集光场成像图对应的各微透镜成像的光心位置图。

为将光场重建图像 I_f 中各微透镜成像进行整合以重建出完整的场景，需要确定 I_f 中各微透镜成像的中心位置。以光源为样本直接照射成像系统，在确保光源经主透镜成像后足以覆盖整个微透镜阵列的前提下，各微透镜能够记录充足角度的光线，在传感器上成像为圆形，其圆心即为微透镜成像的中心，因此可以将光源的光场成像图作为计算各微透镜成像中心的光心位置图 I_c 。

在拍摄时，要注意调整光源的入射方向，使各微透镜成像趋近于完整的圆形，此时的圆心才可认为是微透镜成像的中心；注意调整光源与成像系统之间的距离，使各微透镜成像之间不重叠。

S3：利用步骤 S2 采集到的光心位置图计算各微透镜成像的中心，进而对 S1

采集到的样本的光场成像图进行渲染重建。

计算各微透镜成像中心的方法为，首先初始化与微透镜阵列大小相同的两个二维矩阵 C_x 、 C_y ，分别记录各微透镜成像中心的横、纵坐标。检索光心位置图 I_c 中出现的圆，将识别到的圆的圆心坐标填入矩阵 C_x 、 C_y 的相应位置，作为该位置的微透镜成像的中心位置坐标，对未识别到圆的位置对应的矩阵值进行插值填充，作为该位置微透镜成像的中心位置坐标的估计值。

对光场成像图进行渲染重建的方法为：选择合适的长度 l ，取出以各微透镜成像中心为中心、边长为 $(2l + 1)$ 大小的矩形像素块，按照微透镜阵列的位置排布，将从各微透镜成像中取出的像素块有序拼接，相邻像素块的图像内容得以衔接，得到光场重建图像 I_r 。调整长度 l 的大小，使重建图像细节明晰、锐利，长度 l 的取值应小于微透镜半径。重建时需注意，由于各微透镜成像是倒立的，因此在拼接之前需要对各像素块进行水平翻转。

S4：将步骤 S3 得到的光场重建图像变换到频域，并将低频分量排列至频谱中心；

利用傅里叶变换将光场重建图像 I_r 由空间域变换至频域，得到光场重建图像频谱 I_F ：

$$I_F = F(I_r)$$

其中， $F(\)$ 表示傅里叶变换。原始频谱中，高频分量分布在频谱中心，低频分量分布在频谱外围，难以对低频分量进行集中处理，因此对其重新排列，沿每个维度交换频谱的半空间，将零频移动至频谱中心。由于图像可以视作二维矩阵，频谱分布于四象限中，因此只需将原始频谱的一三象限交换，二四象限交换，即可得到低频分量排列于频谱中心的光场重建图像频谱，仍记为 I_F 。

S5：对步骤 S4 变换后的光场重建图像频谱进行预处理，取幅值，并压缩值域。

经傅里叶变换得到的光场重建图像频谱 I_F 为复数，取幅值，获得光场重建图像傅里叶变换的幅度谱 $|I_F|$ 。由于低频分量的频谱值过高，在二值化操作时会掩盖其他频谱分量，因此对光场重建图像傅里叶变换的幅度谱 $|I_F|$ 取对数，压缩值域。可见图 2，得到预处理后的光场重建图像频谱 I'_F ：

$$I'_F = \log (|I_F| + 1)$$

S6: 生成低通滤波器, 保护以零频为中心, 半径为 r 的圆形区域内的光场重建图像频谱的低频分量部分。

低通滤波器, 是一个与光场重建图像频谱 I_F 大小相同的二维矩阵 Lp , 由中心区域半径为 r 的圆划分为两部分: 圆内矩阵值置 0, 表示待处理对象中该区域对应的分量受到抑制、被滤除; 圆外矩阵值置 1, 表示待处理对象中该区域对应的分量不受影响、正常通过。由于经矩阵 Lp 处理得到的图像频谱在后续操作中被当作图像掩膜的初始态来对光场重建图像频谱 I_F 进行提取, 见步骤 S9, 且经图像掩膜过滤后, 频谱 I_F 中半径为 r 的圆形区域内的低频分量得以保留, 因此矩阵 Lp 最终对频谱 I_F 的处理作用表现为低通滤波器。处理时, 可通过调节半径 r 的大小, 控制希望保留的低频分量的范围。

S7: 将步骤 S6 生成的低通滤波器乘以步骤 S5 预处理后的光场重建图像频谱, 低频分量的频谱值置零。

将低通滤波器矩阵 Lp 与预处理后的光场重建图像频谱 I'_F 相乘, I'_F 中心半径为 r 的圆形区域内的频谱值被置零, 得到滤除低频分量的图像频谱 I''_F :

$$I''_F = Lp \times I'_F$$

I''_F 在后续操作中作为图像掩膜的初始态保护光场重建图像频谱 I_F 的低频分量, 低频分量为光场重建图像 I_r 的有用信号部分。置零的低频分量可见图 3 中心的黑色圆形区域 (黑色表示二值化后该位置频谱值为零)。

S8: 对步骤 S7 得到的低频分量频谱值置零的光场重建图像频谱作二值化处理, 得到图像掩膜。

设置二值化阈值 Tr , 对 S7 得到的图像频谱 I''_F 作二值化处理, 频谱值高于 Tr 的部分即对应光场重建图像频谱 I_F 需要滤除的频率分量, 得到图像掩膜 M , 可见图 3, 其中, 黑色表示二值化值为 0, 白色表示二值化值为 1。

考虑到经低通滤波器处理后的图像频谱 I''_F 的低频分量的频谱值被置零, 因此无论阈值 Tr 大小如何, 二值化得到的图像掩膜 M 的低频分量对应值一定为 0。对于上述低频分量之外的其他频率分量, 由于拼接边缘噪声具有较强的周期性, 对应在频谱图上表现为, 部分高频分量处频谱值较大, 在选择合适大小的 Tr 的前提下, 二值化后该部分高频分量对应的图像掩膜 M 的值为 1。处理时, 可通过改变阈值 Tr 的大小, 调节图像掩膜 M 中值为 1 的频率分量的占比, 进而调节对噪声的抑制程度。

S9: 利用步骤 S8 生成的图像掩膜, 对步骤 S4 得到的光场重建图像原始频谱进行过滤, 滤除频谱中的高频周期噪声分量。

利用步骤 S8 生成的图像掩膜 M , 对步骤 S4 得到的光场重建图像频谱 I_F 进行过滤, 若某频率分量对应的图像掩膜 M 的值为 1, 则将该分量在图像频谱 I_F 中对应位置的频谱值置零, 得到滤除高频周期噪声分量的光场重建图像频谱 I_{Fd} :

$$I_{Fd}(i,j) = \begin{cases} I_F(i,j), & M(i,j) = 0 \\ 0, & M(i,j) = 1 \end{cases}$$

其中, $i = 1 \dots r$, $j = 1 \dots c$, r 、 c 分别为光场重建图像 I_r 的行数和列数。

S10: 将步骤 S9 滤除高频周期噪声分量后的光场重建图像频谱变换回空间域, 得到去除周期噪声的光场重建图像。

对滤除了高频周期噪声分量的光场重建图像频谱 I_{Fd} 重新排列, 利用傅里叶逆变换从频域变换回空间域, 得到去除了周期噪声的光场重建图像 I_{rd} :

$$I_{rd} = F^{-1}(I_{Fd})$$

其中 $F^{-1}()$ 表示傅里叶逆变换。

权 利 要 求 书

1. 基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，包括如下步骤：

S1，利用光场成像系统采集样本的光场成像图；

S2，移除样本，将光源直接照射光场成像系统，采集光场成像图对应的各微透镜成像的光心位置图；

S3，利用所述光心位置图标定各微透镜成像的中心，进而对步骤 S1 采集的光场成像图进行渲染重建，得到光场重建图像；

S4，将所述光场重建图像变换到频域，并将低频分量排列至频谱中心；

S5，对步骤 S4 变换后的光场重建图像频谱进行预处理，即取幅值并压缩值域；

S6，生成低通滤波器，保护以零频为中心、半径为 r 的圆形区域内的光场重建图像频谱的低频分量部分；

S7，将所述低通滤波器乘以步骤 S5 预处理后的光场重建图像频谱，低频分量的频谱值置零；

S8，对经步骤 S7 处理后得到的光场重建图像频谱作二值化处理，得到图像掩膜；

S9，利用所述图像掩膜，对步骤 S4 变换得到的光场重建图像原始频谱进行过滤，滤除频谱中的高频周期噪声分量；

S10，将过滤后的光场重建图像频谱变换回空间域，得到去除周期噪声的光场重建图像。

2. 根据权利要求 1 所述的基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，所述步骤 S2 中，采集光场成像图对应的各微透镜成像的光心位置图的具体过程为：

以光源为样本直接照射成像系统，在确保光源经主透镜成像后足以覆盖整个微透镜阵列的前提下，各微透镜能够记录充足角度的光线，在传感器上成像为圆形，其圆心即为微透镜成像的中心，因此将光源的光场成像图作为计算各微透镜成像中心的光心位置图；调整光源与成像系统之间的距离，使各微透镜成像之间不重叠。

3. 根据权利要求 1 所述的基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，所述步骤 S3 中，利用光心位置图标定各微透镜成像的中心的

具体方法为：

首先初始化与微透镜阵列大小相同的两个二维矩阵 C_x 、 C_y ，分别记录各微透镜成像中心的横、纵坐标；检索光心位置图中出现的圆，将识别到的圆的圆心坐标填入矩阵 C_x 、 C_y 的相应位置，作为该位置的微透镜成像的中心位置坐标，对未识别到圆的位置对应的矩阵值进行插值填充，作为该位置微透镜成像的中心位置坐标的估计值。

4. 根据权利要求 1 所述的基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，所述步骤 S3 中，对光场成像图进行渲染重建的具体方法为：

在光场成像图中取出以各微透镜成像中心为中心、边长为 $(2l + 1)$ 大小的矩形像素块，按照微透镜阵列的位置排布，将从各微透镜成像中取出的像素块先水平翻转后再进行有序拼接，得到光场重建图像；其中，长度 l 的取值应小于微透镜半径。

5. 根据权利要求 1 所述的基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，所述步骤 S6 的具体方法为：

初始化一个与光场重建图像频谱大小相同的二维矩阵，该二维矩阵由其中心位置一个半径为 r 的圆划分为两部分：圆内矩阵值置 0，表示待处理对象中该区域对应的分量受到抑制并被滤除；圆外矩阵值置 1，表示待处理对象中该区域对应的分量不受影响并正常通过。

6. 根据权利要求 1 所述的基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，所述步骤 S8 中，图像掩膜的具体生成方法为：

将低通滤波器矩阵 Lp 与预处理后的光场重建图像频谱 I'_F 相乘，得到低频分量频谱值置零的光场重建图像频谱 I''_F ：

$$I''_F = Lp \times I'_F$$

设置二值化阈值 Tr ，对低频分量频谱值置零的光场重建图像频谱 I''_F 作二值化处理，得到图像掩膜 M ， M 值为 1 的部分即对应光场重建图像频谱 I_F 需要滤除的频率分量；通过改变阈值 Tr 的大小，调节图像掩膜 M 中值为 1 的频率分量的占比，进而调节对噪声的抑制程度。

7. 根据权利要求 1 所述的基于频域的去除光场重建图像中的周期噪声的方法，其特征在于，所述步骤 S9 中，若某频率分量对应的图像掩膜 M 的值为 1，则将该分量在光场重建图像频谱 I_F 中对应位置的频谱值置零，得到滤除高频周期

噪声分量的光场重建图像频谱 I_{Fd} :

$$I_{Fd}(i, j) = \begin{cases} I_F(i, j), & M(i, j) = 0 \\ 0, & M(i, j) = 1 \end{cases}$$

其中, $i = 1 \dots r$, $j = 1 \dots c$, r 、 c 分别为光场重建图像 I_r 的行数和列数。

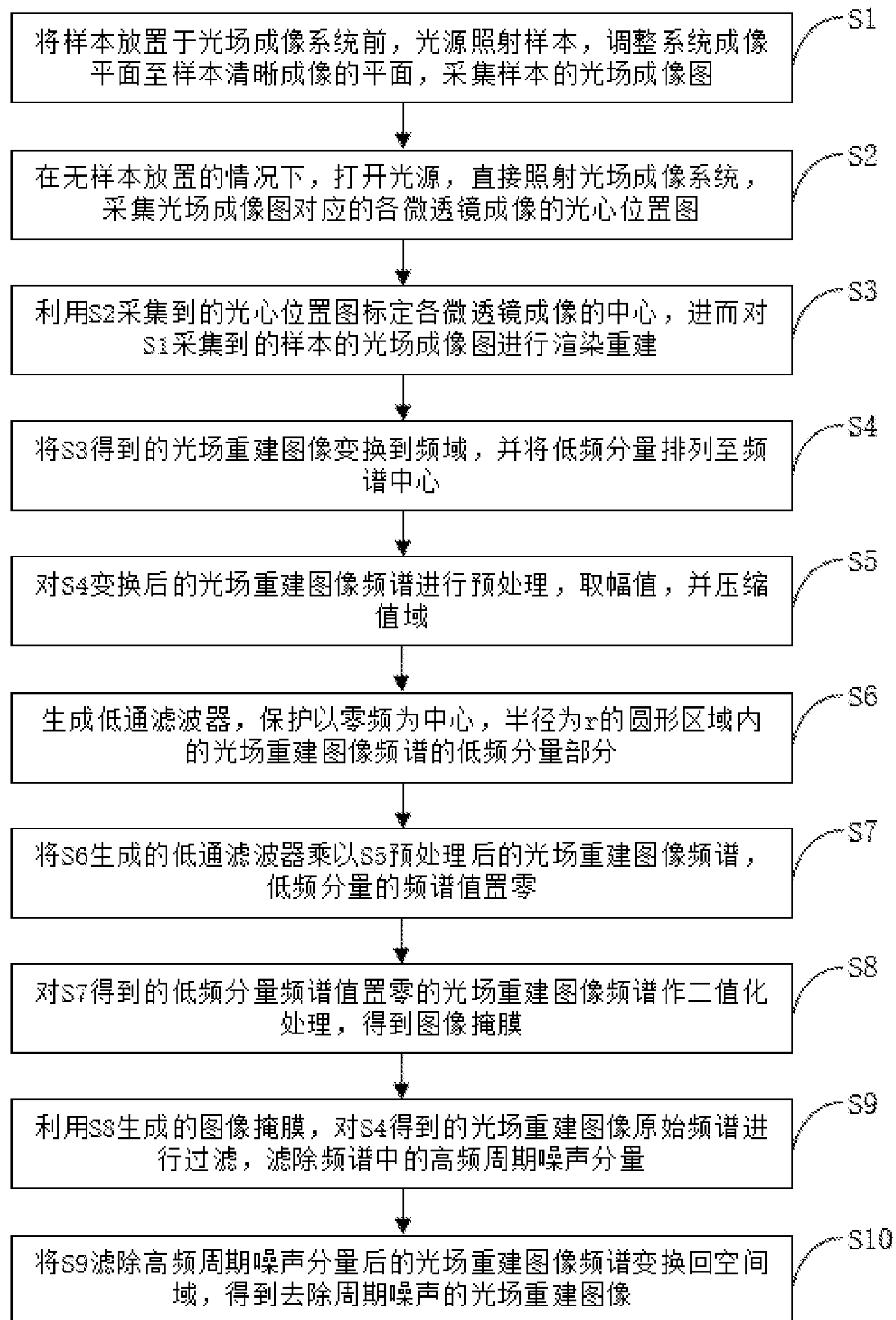


图 1

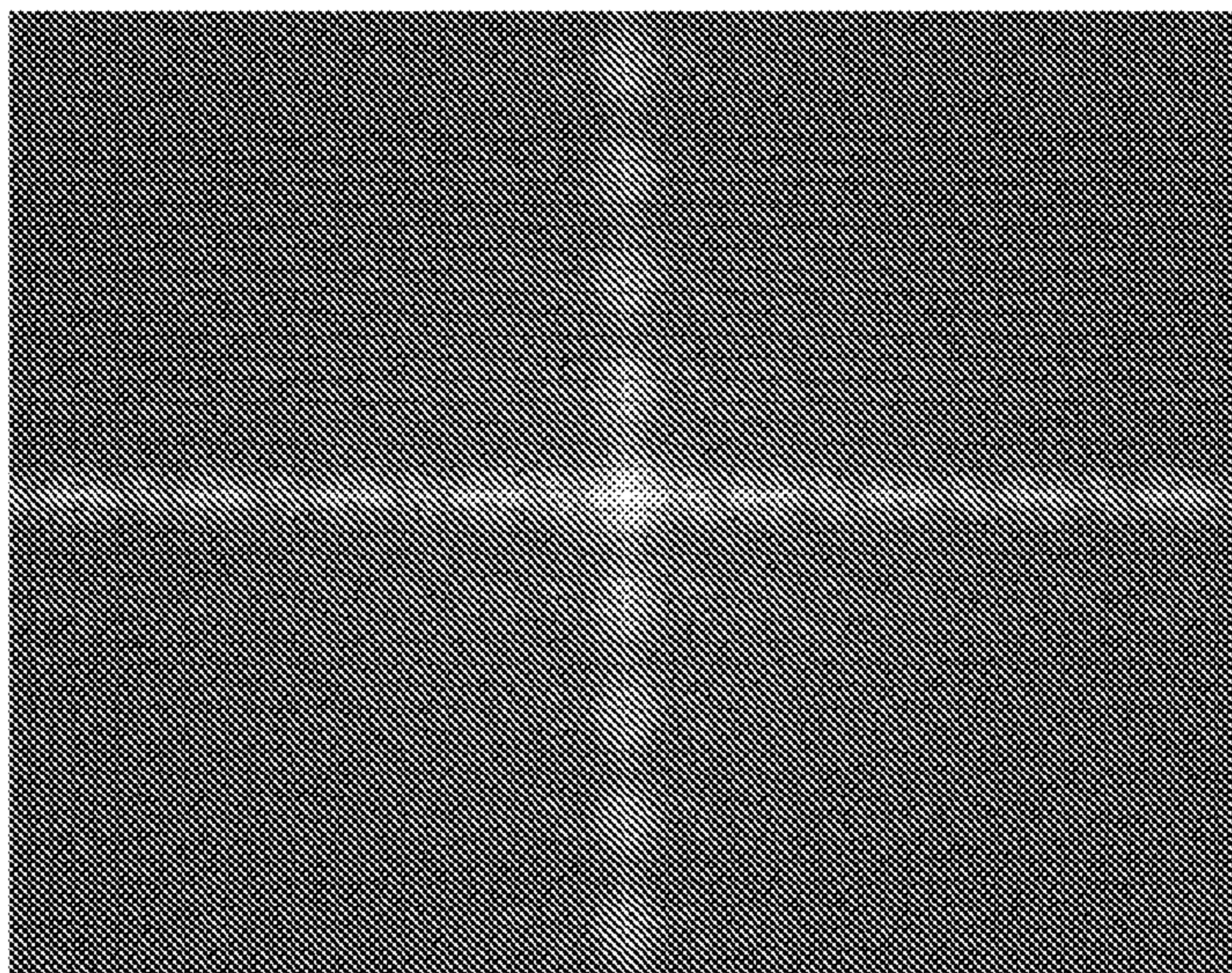


图 2

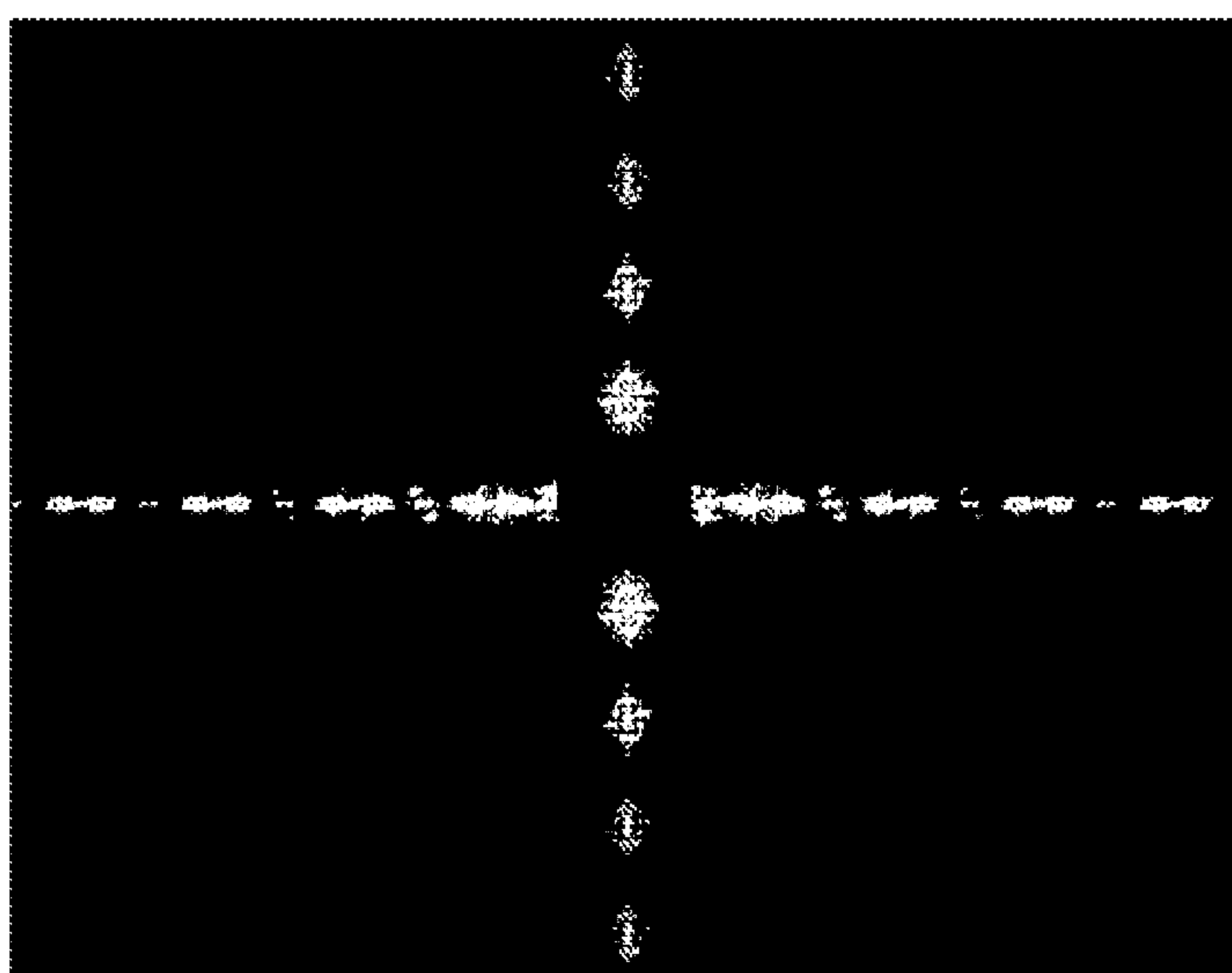


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/115325

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 5/00(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)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; TWABS; TWTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 光场, 重建, 聚焦, 周期, 噪声, 去噪, 滤波, 频域, 频率, 频谱; light field, reconstruct, focus, period, noise, denoise, filter, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110866874 A (NANJING UNIVERSITY) 06 March 2020 (2020-03-06) description, paragraphs 6-65, figure 1- figure 3	1-7
A	CN 108337434 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY OF PLA) 27 July 2018 (2018-07-27) description, paragraphs 4-34	1-7
A	CN 103679643 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 26 March 2014 (2014-03-26) description, paragraphs 4-33	1-7
A	CN 109712107 A (CHINA CHANGFENG SCIENCE & TECHNOLOGY INDUSTRY GROUP CORP.) 03 May 2019 (2019-05-03) entire document	1-7
A	US 2017078558 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 16 March 2017 (2017-03-16) entire document	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search

07 December 2020

Date of mailing of the international search report

16 December 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/115325

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110866874	A	06 March 2020	None			
CN	108337434	A	27 July 2018	CN	108337434	B	22 May 2020
CN	103679643	A	26 March 2014	CN	103679643	B	29 June 2016
CN	109712107	A	03 May 2019	None			
US	2017078558	A1	16 March 2017	US	10148862	B2	04 December 2018
				JP	2017060010	A	23 March 2017
				JP	6611531	B2	27 November 2019

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2020/115325
A. 主题的分类 G06T 5/00 (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) G06T 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNABS; CNTXT; TWABS; TWTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 光场, 重建, 聚焦, 周期, 噪声, 去噪, 滤波, 频域, 频率, 频谱; light field, reconstruct, focus, period, noise, denoise, filter, frequency		
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
PX	CN 110866874 A (南京大学) 2020年 3月 6日 (2020 - 03 - 06) 说明书第6-65段, 图1-图3	1-7
A	CN 108337434 A (中国人民解放军国防科技大学) 2018年 7月 27日 (2018 - 07 - 27) 说明书第4-34段	1-7
A	CN 103679643 A (哈尔滨工程大学) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 说明书第4-33段	1-7
A	CN 109712107 A (北京航天长峰科技工业集团有限公司) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03) 全文	1-7
A	US 2017078558 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 2017年 3月 16日 (2017 - 03 - 16) 全文	1-7
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了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 12月 7日	国际检索报告邮寄日期 2020年 12月 16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	授权官员 彭玉静 电话号码 86-(20)-28958030	

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/115325

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	110866874	A	2020年 3月 6日		无			
CN	108337434	A	2018年 7月 27日		CN	108337434	B	2020年 5月 22日
CN	103679643	A	2014年 3月 26日		CN	103679643	B	2016年 6月 29日
CN	109712107	A	2019年 5月 3日		无			
US	2017078558	A1	2017年 3月 16日		US	10148862	B2	2018年 12月 4日
					JP	2017060010	A	2017年 3月 23日
					JP	6611531	B2	2019年 11月 27日