

(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
2024 年 8 月 29 日 (29.08.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/175010 A1

(51) 国际专利分类号:

G02B 21/02 (2006.01) **G02B 21/08** (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01) **G02B 21/14** (2006.01)
G01N 21/03 (2006.01) **G02B 7/00** (2021.01)
G01N 21/01 (2006.01) **G02B 5/30** (2006.01)
G02B 21/36 (2006.01)

(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 210023 (CN)。

(72) 发明人: 洪煦昊 (HONG, Xuhao); 中国江苏省苏州市
碧溪街道研究院路7号, Jiangsu 215536 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/077834

(22) 国际申请日: 2024 年 2 月 20 日 (20.02.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202310138919.6	2023年2月20日 (20.02.2023)	CN
202311221510.7	2023年9月20日 (20.09.2023)	CN
202311222612.0	2023年9月20日 (20.09.2023)	CN
202311379043.0	2023年10月23日 (23.10.2023)	CN

(74) 代理人: 苏州禾润科晟知识产权代理
事务所 (普通合伙) (HERUN-KESHENG
INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL
PARTNERSHIP)); 中国江苏省苏州市工业
园区金鸡湖大道 1355 号国际科技园
A2001-061, Jiangsu 215000 (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,

(54) Title: IMAGING SYSTEM, PREPARATION METHOD, AND IMAGE CAPTURING APPARATUS

(54) 发明名称: 成像系统、制备方法及取像装置

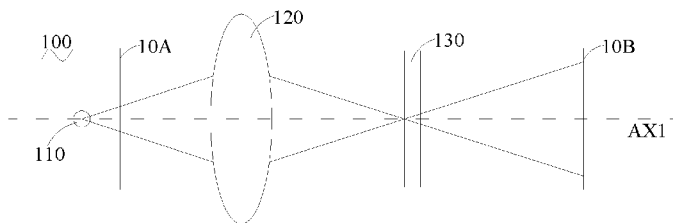


图 1

(57) Abstract: The present invention relates to an imaging system, a preparation method, and an image capturing apparatus. The imaging system successively comprises, from an object side to an image side along an optical axis: a light source, configured to provide light irradiated to a sample; an imaging lens group, configured to receive light transmitted by the sample to image the sample at least once; and a phase modulation unit, configured to modulate light transmitted by the imaging lens group to form an expected sample image on an imaging surface of the imaging system. A plane where the phase modulation unit is located and a plane where the light source is located are a pair of conjugate planes; no lens or lens group for Fourier transform is introduced into at least an optical path between the plane where the phase modulation unit is located and the imaging surface of the imaging system. According to the imaging system, more diverse imaging effects can be achieved without changing an original microscopic imaging optical path basically, the resolution reduction can be avoided, and the imaging quality can be improved.

(57) 摘要: 本发明涉及一种成像系统、制备方法及取像装置。上述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括: 光源, 被配置为提供照射至样品的光线; 成像透镜组, 被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像; 以及, 相位调制单元, 被配置为对经成像透镜组出射的光线进行调制以于成像系统的成像面形成期望的样品图像; 其中, 相位调制单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面; 并且, 至少相位调制单元所在的平面与成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。上述成像系统, 可在基本无需改变原有的显微成像光路的情况下实现更多样的成像效果, 同时可避免分辨率下降, 提升成像品质。

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,
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))。

说明书

成像系统、制备方法及取像装置

技术领域

本发明涉及光学成像技术领域，特别是涉及一种成像系统、制备方法及取像装置。

背景技术

为了实现生物等弱对比度透明样品的光学显微观察，样品的相位因子起到了关键作用。在显微领域，主流的有传统相衬显微镜、霍夫曼相差显微镜、微分干涉显微镜等来凸显样品的相位信息，以方便弱衬度样品的观测。

然而，上述几类显微镜成像效果有限，为了在一套成像系统中同时实现边缘增强的成像效果和浮雕成像效果，frey A .Davis 等人于 2000 年提出了一种基于 $4f$ 系统的螺旋相衬成像系统。该系统是利用一对共焦的透镜，在成像光路中使用带有螺旋相位的空间光调制器进行滤波，从而最终在成像面实现边界凸显或者浮雕像的成像效果。

但是，上述基于 $4f$ 系统的螺旋相衬成像系统的成像分辨率不高，且存在一定的光学畸变，还需要对原有的成像光路进行调整，不易直接装置于商业成套光学成像系统中。

发明内容

根据本申请的各种实施例，提供一种改进的成像系统、制备方法及取像装置，以及一种改进的物镜模组、元件的组合及外置模组，以及一种改进的外置成像模组及元件的组合，以解决上述问题中的至少之一。

根据本申请的一个方面，提供了一种成像系统，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；

其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；并且，至少所述相位调制单元所在的平面与所述成像系统的成像面

之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

根据本申请的另一个方面，提供了一种成像系统，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；

其中，所述成像系统具有与所述光源所在的平面共轭的目标平面，所述相位调制单元所在的平面位于所述成像透镜组的后焦面与所述目标平面之间；并且，至少所述相位调制单元所在的平面与所述成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

根据本申请的又一个方面，提供了一种成像系统，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；并且，所述相位调制单元与所述成像系统的成像面相邻。

根据本申请的又一个方面，提供了一种成像系统，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；并且，所述相位调制单元与所述成像系统的成像面之间设置有中间透镜组，所述中间透镜组的后焦面与所述成像系统的成像面偏离。

根据本申请的又一个方面，提供了一种成像系统的制备方法，包括：提供光源、成像透镜组和相位调制单元；将所述光源、所述成像透镜组和所述相位调制单元沿所述成像透镜组的光轴依序设置；调整所述相位调制单元的位置，使所述相位调整单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；其中，至少所述相位调制单元所在的平面与所述成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

根据本申请的又一个方面，提供了一种取像装置，包括如前文所述的

成像系统以及感光元件，所述感光元件的感光表面与所述成像系统的成像面重合。

根据本申请的又一个方面，提供了一种物镜模组，包括：壳体；成像透镜组，设于所述壳体内部，被配置为接收光源照射至样品并经样品出射的光线，以对样品进行至少一次成像；相位调制单元，设于所述壳体内部，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述物镜模组的成像面形成期望的样品图像；

其中，所述相位调制单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，并且，至少所述相位调制单元所在的平面和所述物镜模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

根据本申请的又一个方面，提供了一种元件的组合，包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；以及，外置模组，具有连接部，所述连接部可与物镜连接；其中，所述外置模组还具有相位调制单元；

当所述外置模组通过所述连接部连接至物镜时，所述相位调制单元被配置为对经物镜出射的光线进行调制以于物镜的成像面形成期望的样品图像；其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面共轭，并且，至少所述相位调制单元所在的平面和物镜的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

根据本申请的又一个方面，提供了一种外置模组，应用于如前文所述的组合，所述外置模组包括用于容纳所述相位调制单元的壳体，所述壳体上设置有所述连接部。

根据本申请的又一个方面，提供了一种外置成像模组，包括：壳体；成像透镜组，设于所述壳体内部，被配置为接收经物镜出射的光线，以对样品进行第二次或第二次以上次序的成像；其中，物镜被配置为接收光源照射至样品并经样品出射的光线，以对样品进行第一次成像；相位调制单元，设于所述壳体内部，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述外置成像模组的成像面形成期望的样品图像；

其中，所述相位调制单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，并且，至少所述相位调制单元所在的平面和所述外置成像模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

根据本申请的又一个方面，提供了一种元件的组合，应用于显微镜，包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；以及，如前文所述的外置

成像模组。

本申请的一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出。本申请的其他特征、目的和优点将从说明书、附图以及权利要求书变得明显。

附图说明

为了更好地描述和说明这里公开的那些发明的实施例或示例，可以参考一幅或多幅附图。用于描述附图的附加细节或示例不应当被认为是对所公开的发明、目前描述的实施例或示例以及目前理解的这些发明的最佳模式中的任何一者的范围的限制。

图1为本申请一实施例的成像光路示意图；

图2为本申请一实施例的成像光路示意图；

图3为本申请一实施例的部件连接示意图；

图4为本申请一实施例调整相位调制单元进行对中和偏心的示意图；

图5为本申请一实施例的成像光路示意图；

图6为本申请一实施例调整前置透镜进行对中和偏心的示意图；

图7为本申请一实施例的成像光路示意图；

图8为本申请一实施例所成的10倍放大的显微相衬成像对比图；

图9为本申请一实施例所成的20倍放大的显微相衬成像对比图；

图10为本申请一实施例所成的40倍放大的显微相衬成像对比图；

图11为本申请一实施例物镜模组的结构示意图；

图12为本申请一实施例物镜模组的结构示意图；

图13为本申请一实施例物镜模组观测的肿瘤细胞样品的10倍放大对比示意图；

图14为本申请一实施例物镜模组在光源成像与SPP中心重合时观测的肿瘤细胞样品的20倍放大示意图；

图15为本申请一实施例物镜模组在光源成像与SPP中心重合时观测的肿瘤细胞样品的40倍放大示意图；

图16为本申请一实施例物镜模组观测的未染色植物根茎切片的10倍放大对比图；

图17为本申请一实施例物镜模组观测的硅藻样品的10倍放大对比图；

图18为本申请一实施例的元件的組合的示意图；

图19为本申请一实施例的元件的組合与物鏡的配合示意图；

图20为本申请一实施例的外置模組的结构示意图；

图21为本申请一实施例外置成像模組的结构示意图；

图22为本申请一实施例外置成像模組的结构示意图；

图23为本申请一实施例所成的10倍放大的显微相衬成像对比图；

图24为本申请一实施例所成的20倍放大的显微相衬成像对比图；

图25为本申请一实施例所成的50倍放大的显微相衬成像对比图；

图26为本申请一实施例元件的組合的结构示意图。

元件标号说明：

100、成像系统，110、光源，110'~110'''、光源的像，120、成像透镜组，130、相位调制单元，131、第一位置，132、第二位置，140、第一壳体，150、第二壳体，10A、物平面，10B、成像面；

200、成像系统，210、光源，220、成像透镜组，230、相位调制单元，240、中间透镜组，241、中间透镜组的后焦面，20A、物平面，20B、成像面；

300、成像系统，310、光源，310'、光源的会聚点，310''、光源的会聚点的像，310'''、前置透镜位置改变后的光源的会聚点的像，320、前置透镜，330、成像透镜组，340、相位调制单元，341、相位调制单元的中心，30A、物平面，30B、成像面；

400、成像系统，410、光源，420、成像透镜组，421、成像透镜，422、中继透镜组，4221、第一中继透镜，4222、第二中继透镜，430、相位调制单元，40A、物平面，40B、成像面；

500、物鏡模組，510、壳体，511、第一壳体，512、第二壳体，513、光线射入端，514、光线射出端，515、通光孔，520、成像透镜组，530、相位调制单元；

600、元件的組合，610、光源，620、外置模組，621、连接部，622、相位调制单元；

700、外置模組，710、壳体，711、连接部，720、相位调制单元；

800、外置成像模組，810、壳体，811、第一壳体，812、第二壳体，820、成像透镜组，830、相位调制单元，840、通光孔，850、感光元件，860、连接部；

900、元件的组合，910、光源。

具体实施方式

为使本发明的技术方案和有益效果能够更加明显易懂，下面通过列举具体实施例的方式进行详细说明。其中，附图不一定是按比例绘制的，局部特征可以被放大或缩小，以更加清楚的显示局部特征的细节；除非另有定义，本申请所使用的技术和科学术语与本申请所属的技术领域中的技术和科学术语的含义相同。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

需要说明的是，当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“上”、“下”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的，并不表示是唯一的实施方式。

在本说明书中，物体相对于光学元件所处的一侧空间称为该光学元件的物侧，对应的，物体所成的像相对于光学元件所处的一侧空间称为该光学元件的像侧。在本说明书中，“相邻”的位置关系表示在不考虑光阑的情形下，成像系统中元件与元件之间、元件与物平面之间、元件与成像面之间未设置其他元件。在本说明书中，光源可包括自身发出光线的实体，也可包括反射入射光线进而使光线照射到样品的实体（如反光镜）。

在本说明书中，相位调制单元可以包括螺旋相位板（Spiral Phase Plate, SPP）、全息光栅、包含球形透镜和柱透镜的模式转换器、空间光调制器中的一个或多个。其中，螺旋相位板也叫螺旋相位片，或涡旋光元件，或贝塞尔振幅调制螺旋相位片，可将输入的高斯光转换成圆环形能量环，也就是产生涡旋光，其结构类似于螺旋或螺旋阶梯的形状，这种螺旋的设计其目的是控制涡旋光束的相位。螺旋相位片是获得涡旋光最简单、直接、最通用的方法，它能够方便地设计涡旋光的直径和拓扑荷数，满足用户的实际需求。目前，除了可用螺旋相位板产生涡旋光束之外，还有许多方法

可以产生涡旋光束，如运用全息光栅，由低阶高斯光产生涡旋光束；也可采用包含球形透镜和柱透镜的模式转换器，由高阶厄米原高斯光获得涡旋光束；还可选择空间光调制器来产生涡旋光束等。

为实现透明样品的显微立体成像，通常可使用传统相衬显微镜、霍夫曼相差显微镜、微分干涉显微镜等来凸显透明样品的相位信息，进而对透明样品进行观测。具体而言，相衬（相差）显微镜基于阿贝成像原理，利用光源中的透射环与物镜后焦面的暗场相位环，把相位信息转化为振幅信息，从而观测透明样品；霍夫曼相差显微镜，利用斜入射光源与霍夫曼灰度滤波片搭配，获得透明样品的三维形貌信息；微分干涉显微镜，利用两束微小偏移的入射光，辐照样品后，携带样品相位梯度信息，而后整合为强度信息呈现在最终图像中，因此样品有相位梯度的位置，会显得不同于平直区域的光强分布，显现出类似浮雕的效果。

然而，上述相衬显微镜的成像效果有限，例如相衬显微镜通常用于实现边缘增强的成像效果，霍夫曼相差显微镜通常用于实现浮雕的成像效果，微分干涉显微镜也通常用于实现浮雕的成像效果。除此之外，霍夫曼相差显微镜和微分干涉显微镜还对观测样品有要求，例如霍夫曼显微镜用于拍摄较厚的样品时，容易形成明暗的背景条纹，而微分干涉显微镜对双折射光路有要求，意味着样品中不能有对偏振敏感的材质。上述约束都限制了传统相衬显微镜的应用范围。

另一方面，加载螺旋相位板的 4f 滤波系统被大量研究，以克服传统显微镜成像效果有限的问题。然而，这类系统需使用成对的透镜，也就是说，这类系统相较于本申请的方案会在成像过程中对物光进行傅里叶变换与逆傅里叶变换从而引入额外的透镜，进而导致成像分辨率下降以及光学畸变增加，较难兼顾成像品质。

至此，如何丰富相衬显微镜的成像效果同时保证相衬显微镜的成像品质，并尽量减少对原有光路的改动，成为应当予以考虑并解决的问题。

基于上述问题，本申请提供一种成像系统，将相位调制单元放置于与光源所在的平面共轭的平面，从而可避免加入额外的进行傅里叶变换的透镜，在丰富相衬显微镜的成像效果同时可保证相衬显微镜的成像品质。

如图 1 所示，本申请一实施例提供一种成像系统 100。成像系统 100 沿着光轴 AX1 由物侧至像侧依序包括：光源 110，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组 120，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进

行至少一次成像；以及，相位调制单元 130，被配置为对经成像透镜组 120 出射的光线进行调制以于成像系统的成像面得到期望的样品图像。

进一步的，相位调制单元 130 所在的平面与光源 110 所在的平面为一对共轭面；并且，至少相位调制单元 130 所在的平面与成像系统 100 的成像面 10B 之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

图 1 示出了成像系统 100 的一种成像光路。在成像期间，样品位于光源 110 和成像透镜组 120 之间，其所在位置通过物平面 10A 示出，光源 110 提供照射至样品的光线，经样品出射后形成携带有样品信息的光线，携带有样品信息的光线经成像透镜组 120 出射后，再经相位调制单元 130 出射或反射，最终至成像系统 100 的成像面 10B。

示例性的，光源 110 包括平行光源和点光源，也可以包括能够等效为点光源的线光源或面光源。示例性的，成像透镜组 120 包括至少一个会聚透镜。示例性的，成像透镜组 120 整体对光线起会聚作用，或者说成像透镜组 120 整体具有正光焦度。示例性的，光源 110 为平行光源时，相位调制单元 130 所在的平面与成像透镜组 120 的后焦面重合。

示例性的，关于共轭，当一个物体通过光学系统成像后，物点和像点是一一对应的，那么物点和和像点就是一对共轭点，对应的，物点所在的平面和像点所在的平面就是一对共轭面。从而，将光源 110 作为物点，那么光源 110 通过成像透镜组 120 所成的像就是光源 110 的像点，当光源 110 的像点位于相位调制单元 130 所在的平面时，表示相位调制单元 130 所在的平面与光源 110 所在的平面为一对共轭面。

示例性的，“相位调制单元 130 所在的平面与成像系统 100 的成像面 10B 之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可表示为，该光路中没有设置透镜或透镜组，也可以表示该光路中虽然设置了透镜或透镜组，但其中的每个透镜均没有对光线进行傅里叶变换，或是透镜组整体没有对光线进行傅里叶变换。另一方面，透镜（或透镜组整体）的前后焦面上存在准确的傅里叶变换关系，从而，透镜（或透镜组整体）的后焦面可称为光路的傅里叶变换面，当透镜（或透镜组整体）的后焦面与成像面重合时，可称光路中的透镜或透镜组进行了有效的傅里叶变换。综上，“相位调制单元 130 所在的平面与成像系统 100 的成像面 10B 之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可示例性地表示为以下两种情况：

（1）如图 1 所示，相位调制单元 130 与成像面 10B 相邻，也就是说，

相位调制单元 130 与成像面 10B 之间没有额外设置其他透镜元件，此时相位调制单元 130 与成像面 10B 之间的光路必然不会引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组；

(2) 如图 2 所示，相位调制单元 230 与成像面 20B 之间虽然设置有中间透镜组 240，但是中间透镜组 240 的后焦面 241（即傅里叶变换面）与成像面 20B 偏离。

下面将从成像系统 100 的成像过程来阐述成像系统 100 实现丰富相衬显微镜的成像效果的同时保证相衬显微镜的成像品质的原理：

在近轴近似下点光源发出的球面波传递至物平面时的光场分布为：

$E_0(x_0, y_0) = \alpha \cdot \exp\left[\frac{ik}{2R}(x_0^2 + y_0^2)\right] A(x_0, y_0)$ ，其中 R 为光源 110 到物平面 10A 的在光轴 AX1 上的距离， x_0 和 y_0 为物平面 10A 上的空间坐标， $A(x_0, y_0)$ 为样品透射函数， i 为虚数单位， k 为波数， α 为不影响光场分布的常数， $\exp$ 表示以 e 为底的指数函数。

根据菲涅尔衍射公式，可得到紧靠成像透镜组 120 前的光场分布 $E_1(x_1, y_1)$ ，再经过成像透镜组 120 聚焦，可得到物光波（即携带了物体信息的球面波）传递至相位调制单元 130 所在表面时的光场分布为 $E_2(x_2, y_2)$ ，最终经滤波后可得到物光波在成像面的光场分布：

$$E_3(x_3, y_3) = \gamma \exp\left(ik \frac{x_3^2 + y_3^2}{2d_2}\right) F \left\{ H(x_2, y_2) \cdot F[\beta \cdot A(x_0, y_0)] \right\} \bigg|_{u=\frac{x_2}{\lambda f}, v=\frac{y_2}{\lambda f}} \bigg|_{u=\frac{x_3}{\lambda d_1}, v=\frac{y_3}{\lambda d_1}}, \text{ 其中, } x_2$$

和 y_2 为相位调制单元 130 所在平面上的空间坐标， x_3 和 y_3 为成像面 10B 上的空间坐标， γ 和 β 均为常数， d_1 表示相位调制单元 130 所在的平面与成像透镜组 120 在光轴 AX1 上的距离， d_2 表示相位调制单元 130 所在的平面与成像面 10B 在光轴 AX1 上的距离， f 为成像透镜组 120 的焦距， F 表示傅里叶变换， u 和 v 表示傅里叶变换的频谱坐标， $H(x_2, y_2)$ 表示相位调制单元 130 的透射函数， λ 表示波长。

可以看到， $E_3(x_3, y_3)$ 与利用 4f 系统实现相衬成像的最终光场函数的表达式基本相同，仅多出一项不影响光场强度分布的二次相位因子。因此，可知本申请的设置方式可以在不额外引入进行傅里叶变换的透镜的情况下，实现与 4f 系统基本一致的相衬成像效果，同时由于减少了透镜的引入，有利于减少光学畸变，提升成像分辨率。

上述成像系统 100，通过在成像光路中引入相位调制单元 130，并且使相位调制单元 130 所在的平面与光源 110 所在的平面为一对共轭面，从而相比于明场观测（即平面视觉效果的显微图），有利于实现更多样的成像

效果，例如可以实现边界增强的成像效果以及浮雕成像效果。除此之外，由于至少在相位调制单元 130 所在的平面与成像系统 100 的成像面 10B 之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免分辨率下降，提升成像品质。

在一些实施方式中，如图 3 所示，成像系统 100 还包括用于容纳成像透镜组 120 的第一壳体 140；以及用于容纳相位调制单元 130 的第二壳体 150，其中，第一壳体 140 与第二壳体 150 一体成型或可拆卸连接。首先，第一壳体 140 可用于固定成像透镜组 120，第二壳体 150 用于固定相位调制单元 130；其次，当第一壳体 140 和第二壳体 150 一体成型时，表示成像透镜组 120 和相位调制单元 130 可设置在同一镜筒中，例如可一同设置在物镜中，从而有利于成像系统 100 的模块化，例如，需要时可直接用该物镜替换原本的物镜；当第一壳体 140 和第二壳体 150 可拆卸连接时，表示成像透镜组 120 和相位调制单元 130 分别固定于不同的壳体，例如成像透镜组 120 为物镜中的镜片组，而包含相位调制单元 130 的壳体则作为外部模块，接着，通过将包含相位调制单元 130 的壳体装配至物镜使相位调制单元 130 位于与光源 110 所在的平面共轭的平面，如此便可不用对物镜的结构进行改造，通过装配简单的外置模块即可得到成像系统 100，大大降低了制备成本。

在一些实施方式中，相位调制单元包括螺旋相位板。通过控制光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心的相对位置关系，可得到不同的相衬成像效果。示例性的，螺旋相位板的透射函数可表示为 $H(r, \theta) = \text{circ}(\frac{r}{R_{sp}}) \exp(il\theta)$ ，其中， circ 表示孔径函数， $\exp$ 表示以 e 为底的指数函数， r 为径向坐标， θ 为角向坐标， l 为任意整数， R_{sp} 为螺旋相位板半径。

示例性的，当光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心重合时，可得到边缘增强的相衬显微图像；当光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心偏离、且螺旋相位板的中心仍位于螺旋相位板所在的平面时，可得到浮雕效果的相衬显微图像。图 8、图 9 和图 10 分别示出了 10 倍、20 倍和 40 倍物镜观测下的相衬显微对比图像。可以看到，不同放大倍率下，当为明场观测图像时，透明样品的细节纹理并不明显；当光源成像与螺旋相位板的中心重合（即对中）时，透明样品的细节边缘得到增强；当光源成像与螺旋相位板的中心微偏心时，透明样品的细节呈现明暗分布，立体浮雕成像效果显现；当光源成像与螺旋相位板的中心偏

心时，透明样品的细节具备明显的浮雕成像效果。

下面将提供三种调整光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心的相对位置关系的方式。

第一种，如图 4 所示，当光源 110 于螺旋相位板（即相位调制单元 130）所在的平面的成像 110' 的位置固定，可调整螺旋相位板的位置，使螺旋相位板的中心（黑色实心圆）在一第一位置 131 和一第二位置 132 之间移动，实现螺旋相位板的中心与光源的成像 110' 的重合或偏离。示例性的，成像系统 100 还包括与螺旋相位板连接的第一调节机构（图未示出），该第一调节机构可基于用户操作调整螺旋相位板的位置。示例性的，第一调节机构可以对螺旋相位板进行二维平面内的调节，例如可以使螺旋相位板在其所在的平面内平移或旋转，例如，可以采用手动调节方式，如在固定螺旋相位板的壳体上可开设螺纹孔，通过螺丝和螺纹孔的配合来对螺旋相位板进行二维位置的调节，又例如，可以采用电动调节机构，如通过驱动马达进行二维位置的调节。

第二种，如图 6 所示，当螺旋相位板的中心固定于位置 341，可使光源 310 于螺旋相位板所在的平面的成像移动，实现光源的成像与螺旋相位板的中心重合或偏离。示例性的，如图 5 所示，成像系统 300 还包括位于光源 310 和成像透镜组 330 之间的前置透镜 320，前置透镜 320 被配置为使经前置透镜 320 出射的光线会聚（会聚后的光线照射至样品），以及与前置透镜 320 连接的第二调节机构（图未示出）；其中，第二调节机构可基于用户操作改变前置透镜 320 的位置，使光源 310 发出的光线经前置透镜 320 后的会聚点 310' 于螺旋相位板（即相位调制单元 340）所在平面的成像与螺旋相位板的中心重合或偏离螺旋相位板的中心。因此，结合图 5 和图 6 可知，当第二调节机构控制前置透镜 320 处于第三位置时，光源 310 的会聚点 310' 的成像为 310''，此时成像 310'' 与螺旋相位板的中心重合，当第二调节机构控制前置透镜 320 处于第四位置时，光源 310 的会聚点 310' 的成像为 310'''，此时成像 310''' 与螺旋相位板的中心偏离。示例性的，第二调节机构同样可采用前述手动和电动调节方式的机构。

第三种，可以同步改变螺旋相位板的位置和前置透镜的位置，例如，可以同时具备第一调节机构和第二调节机构，从而更方便地实现光源（或光源会聚点）的成像与螺旋相位板的中心重合或偏离。

在一些实施方式中，成像系统 100 还包括设于前置透镜 320 和成像透

镜组 330 之间的滤波片，被配置为在光线照射至样品前对经前置透镜出射的光线进行滤波，以滤除环境杂散光对成像的影响，提升成像品质。

在一些实施方式中，成像系统 100 还包括用于承载样品的载台，从而当样品较薄时，成像系统 100 的物平面 10A 至成像透镜组 120 的距离可表示为载台至成像透镜组 120 在光轴上的距离；当样品较厚时，则成像系统 100 的物平面 10A 至成像透镜组 120 的距离还需要考虑样品的厚度，例如可以用载台至成像透镜组 120 在光轴上的距离减去样品厚度来表示。

在一些实施方式中，如图 7 所示，成像透镜组 420 沿着光轴 AX4 由物侧至像侧依序包括：至少一个成像透镜 421；以及至少一个中继透镜 422；其中，携带有样品信息的光线依次经至少一个成像透镜 421 和至少一个中继透镜 422 出射后至相位调制单元 430。示例性的，至少一个中继透镜 422 包括第一中继透镜 4221 和第二中继透镜 4222。通过设置中继透镜，有利于精确定位和更好地聚焦样品，从而提高成像清晰度。如此，也有利于得到适用于倒置显微镜的物镜模组，从而方便用户对培养的活细胞的观测。

在一些实施方式中，继续参考图 1，相位调制单元 130 所在的平面与成像透镜组 120 的后焦面重合。如此设置主要有两个方面的原因，一是原有显微光路中，大多采用平行光源入射，此时相位调制单元 130 所在的平面（即与光源所在的平面共轭的平面）和成像透镜组 120 的后焦面统一；二是相位调制单元 130 沿光轴 AX1 方向放置的位置具有一定的容忍度，基本定位于成像透镜组 120 的后焦面和与光源 110 所在的平面共轭的平面之间。综上，采用成像透镜组 120 的后焦面作为相位调制单元 130 的放置位置，既能保证所需的成像效果，也能方便成像系统 100 的制备，并且上述设置适用于原有的大部分显微镜，有助于实现产业化。

在一些实施方式中，继续参考图 1，成像系统 100 还包括第三调节机构（图未示出），与相位调制单元 130 连接，被配置为基于用户操作改变相位调制单元 130 在光轴方向上的位置。设置第三调节机构主要有三个方面的原因，一是可适应点光源的照射形式，方便相位调制单元 130 所在的平面匹配点光源 110 的成像所在的平面；二是对于不同放大倍率的成像透镜组 120，其后焦面的位置不同，通过设置第三调节机构方便相位调制单元 130 所在的平面匹配不同放大倍率的成像透镜组 120 的后焦面；三是当相位调制单元 130 发生位置偏移后，可通过第三调节机构对相位调制单元 130 的位置进行校准。示例性的，第三调节机构可以是手动调节机构（如

通过丝杆或是齿轮传动调节)，也可以是电动调节机构，如通过驱动马达调节。

本申请另一实施例提供一种成像系统，成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经成像透镜组出射的光线进行调制以于成像系统的成像面形成期望的样品图像；其中，成像系统具有与光源所在的平面共轭的目标平面，相位调制单元所在的平面位于成像透镜组的后焦面与目标平面之间；并且，至少相位调制单元所在的平面与成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

上述成像系统，考虑到相位调制单元在光线传播方向放置的位置具有一定的容忍度，因此可将相位调制单元基本定位于成像透镜组的后焦面与目标平面之间，此时相比于明场观测，仍旧可实现更多样的成像效果，例如可以实现边界增强的成像效果以及浮雕成像效果。除此之外，由于至少在相位调制单元所在的平面与成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免分辨率下降，提升成像品质。

如图 1 所示，本申请又一实施例提供一种成像系统 100，成像系统 100 沿着光轴 AX1 由物侧至像侧依序包括：光源 110，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组 120，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元 130，被配置为对经成像透镜组 120 出射的光线进行调制以于成像系统 100 的成像面 10B 形成期望的样品图像；其中，相位调制单元 130 所在的平面与光源 110 所在的平面为一对共轭面；并且，相位调制单元 130 与成像系统的成像面 10B 相邻。

上述成像系统 100，通过在成像光路中引入相位调制单元 130，并且使相位调制单元 130 所在的平面与光源 110 所在的平面为一对共轭面，从而相比于明场观测，有利于实现更多样的成像效果，例如可以实现边界增强的成像效果以及浮雕成像效果。除此之外，由于至少在相位调制单元 130 所在的平面与成像系统 100 的成像面 10B 之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免分辨率下降，提升成像品质。

如图 2 所示，本申请又一实施例提供一种成像系统 200，成像系统 200 沿着光轴 AX2 由物侧至像侧依序包括：光源 210，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组 220，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进

行至少一次成像；以及，相位调制单元 230，被配置为对经成像透镜组 220 出射的光线进行调制以于成像系统 200 的成像面 20B 形成期望的样品图像；其中，相位调制单元 230 所在的平面与光源 210 所在的平面为一对共轭面；并且，相位调制单元 230 与成像系统 200 的成像面 20B 之间设置有中间透镜组 240，中间透镜组 240 的后焦面与成像系统 200 的成像面 20B 偏离。

上述成像系统 200，通过在成像光路中引入相位调制单元 230，并且使相位调制单元 230 所在的平面与光源 210 所在的平面为一对共轭面，从而相比于明场观测，有利于实现更多样的成像效果，例如可以实现边界增强的成像效果以及浮雕成像效果。除此之外，由于至少在相位调制单元 230 所在的平面与成像系统 200 的成像面 20B 之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免分辨率下降，提升成像品质。

本申请又一实施例提供一种成像系统的制备方法，包括：

S100、提供光源、成像透镜组和相位调制单元；

S200、将光源、成像透镜组和相位调制单元沿成像透镜组的光轴依序设置；

S300、调整相位调制单元的位置，使相位调整单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面；其中，至少相位调制单元所在的平面与成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

上述成像系统的制备方法，通过依序排布光源、成像透镜组和相位调制单元，并将相位调制单元调整至与光源所在的平面共轭的平面，从而得到有利于实现更多样的成像效果的成像系统。除此之外，由于至少在相位调制单元所在的平面与成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免分辨率下降，提升成像品质。

在一些实施方式中，调整后的相位调制单元所在的平面与成像透镜组的后焦面重合。如此，既能保证所需的成像效果，也能方便成像系统的制备。

本申请又一实施例提供一种取像装置，该取像装置包括前文各实施例所述的成像系统以及感光元件，感光元件的感光表面与成像系统的成像面重合。具体的，感光元件可以采用互补金属氧化物半导体（CMOS，Complementary Metal Oxide Semiconductor）图像传感器或者电荷耦合元件（CCD，Charge-coupled Device）图像传感器。

上述取像装置，通过调整相位调制单元与光源成像的相对位置关系，可拍摄得到不同成像效果的相衬显微图像，例如边缘增强的相衬显微图像和浮雕效果的相衬显微图像，同时，拍摄得到的相衬显微图像具备较高的成像品质。

本申请还提供一种物镜模组，可与目镜配合方便用户观测透明样品，或是在物镜模组成像后通过相机拍摄透明样品的图像。本申请的物镜模组将相位调制单元放置于与光源所在的平面共轭的平面，从而可避免加入额外的进行傅里叶变换的透镜，在丰富相衬显微镜的成像效果同时无需改变原有的显微成像光路，并可保证相衬显微镜的成像品质。

如图 11 所示，本申请一实施例提供一种物镜模组 500，包括：壳体 510；成像透镜组 520，设于壳体 510 内部，被配置为接收光源照射至样品并经样品出射的光线，以对样品进行至少一次成像；相位调制单元 530，设于壳体 510 内部，被配置为对经成像透镜组 520 出射的光线进行调制以于物镜模组 500 的成像面形成期望的样品图像。进一步的，相位调制单元 530 所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，并且，至少相位调制单元 530 所在的平面和物镜模组 500 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。示例性的，成像透镜组 520 包括至少一个会聚透镜。示例性的，成像透镜组 520 整体对光线起会聚作用，或者说成像透镜组 520 整体具有正光焦度。

在成像期间，样品位于光源和成像透镜组 520 之间，光源提供照射至样品的光线，经样品出射后形成携带有样品信息的光线，携带有样品信息的光线经成像透镜组 520 出射后，再经相位调制单元 530 出射或反射，最终至物镜模组 500 的成像面。

示例性的，关于共轭，当一个物体通过光学系统成像后，物点和像点是一一对应的，那么物点和和像点就是一对共轭点，对应的，物点所在的平面和像点所在的平面就是一对共轭面。从而，将光源作为物点，那么光源通过成像透镜组 520 所成的像就是光源的像点，当光源的像点位于相位调制单元 530 所在的平面时，表示相位调制单元 530 所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面。

示例性的，“相位调制单元 530 所在的平面与物镜模组 500 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可表示为，该光路中

没有设置透镜或透镜组，也可以表示该光路中虽然设置了透镜或透镜组，但其中的每个透镜均没有对光线进行傅里叶变换，或是透镜组整体没有对光线进行傅里叶变换。另一方面，透镜（或透镜组整体）的前后焦面上存在准确的傅里叶变换关系，从而，透镜（或透镜组整体）的后焦面可称为光路的傅里叶变换面，当透镜（或透镜组整体）的后焦面与成像面重合时，可称光路中的透镜或透镜组进行了有效的傅里叶变换。综上，“相位调制单元 530 所在的平面与物镜模组 500 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可示例性地表示为以下两种情况：

（1）如图 11 所示，相位调制单元 530 与成像面相邻，也就是说，相位调制单元 530 与成像面之间没有额外设置其他透镜元件，此时相位调制单元 530 与成像面之间的光路必然不会引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组；

（2）相位调制单元 530 与成像面之间虽然设置有中间透镜组，但是中间透镜组的后焦面（即傅里叶变换面）与成像面偏离。

上述物镜模组 500，通过在显微成像光路中引入相位调制单元 530，并且使相位调制单元 530 所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，从而无需改变原有的显微成像光路便可实现更多成像效果，如边界增强的成像效果以及浮雕成像效果。除此之外，由于至少在相位调制单元 530 所在的平面与物镜模组 500 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免分辨率下降，提升成像品质。

在一些实施方式中，继续参考图 11，壳体 510 包括光线射入端 513 和光线射出端 514，以及沿物镜模组 500 的光轴 AX5 贯通光线射入端 513 和光线射出端 514 的通光孔 515；其中，成像透镜组 520 与相位调制单元 530 均与通光孔的孔壁连接。通过上述方式，可将相位调制单元 530 集成在原有的物镜中从而得到专用的螺旋相差物镜，当用户观测透明样品时，可直接使用该螺旋相差物镜替换显微镜上的普通物镜，实现对透明样品的有效观测。

在一些实施方式中，成像透镜组 520 包括沿着光轴 AX5 由物侧至像侧依序设置的至少一个成像透镜和至少一个中继透镜；其中，经样品出射的光线依次经至少一个成像透镜和至少一个中继透镜出射后至相位调制单元 530。通过设置中继透镜，有利于精确定位和更好地聚焦样品，从而提高成像清晰度；同时，无需限制于对原有物镜加装相位调制单元的方案，可在

由中继透镜拓展的成像光路中寻找与光源所在的平面共轭的平面位置来设置相位调制单元，换言之有更自由的位置选择空间来选择放置相位调制单元，进而得到本实施方式的物镜模组。通过本实施方式得到的物镜模组，可适用于倒置显微镜，从而方便用户对培养的活细胞进行观测。

在一些实施方式中，如图 12 所示，壳体 510 包括可拆卸连接的第一壳体 511 和第二壳体 512；其中，成像透镜组 520 设于第一壳体 511 的内部，相位调制单元 530 设于第二壳体 512 的内部。如此，可将物镜模组 500 分为至少两个独立模块，从而方便清洗，并且，当其中一个模块损坏时，只需更换损坏的模块，无需更换全部模块，降低维护成本。除此之外，本实施方式中，可以将普通物镜中的镜片组作为成像透镜组 520，即无需对原有的物镜进行改动（换言之适用于任何原有物镜），通过外接一个设置有相位调制单元 530 的外置模组便可实现与前述螺旋相差物镜基本一致的成像效果，从而免去了额外购入螺旋相差物镜或是中高端相衬显微镜的麻烦，大大降低了成本。

在一些实施方式中，如图 11 所示，相位调制单元 530 所在的平面与成像透镜组 520 的后焦面重合。如此设置主要有两个方面的原因，一是原有显微光路中，大多采用平行光源照射样品，此时相位调制单元 530 所在的平面（即与光源所在的平面共轭的平面）和成像透镜组 520 的后焦面统一；二是相位调制单元 530 对沿光轴 AX5 方向放置的位置具有一定的容忍度，基本定位于成像透镜组 520 的后焦面和与光源所在的平面共轭的平面之间。综上，在物镜模组 500 中，采用成像透镜组 520 的后焦面作为相位调制单元 530 的放置位置，既能保证所需的成像效果，也能方便物镜模组 500 的制备，并且上述设置适用于原有的大部分显微镜，有助于实现产业化。

在一些实施方式中，相位调制单元 530 包括螺旋相位板，从而当光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心重合时，可得到边缘增强的相衬显微图像；当光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心偏离、且螺旋相位板的中心仍位于螺旋相位板所在的平面时，可得到浮雕效果的相衬显微图像。

示例性的，图 13 至图 15 分别示出了物镜模组观测的肿瘤细胞样品的 10 倍放大对比图、在光源成像与 SPP 中心重合时观测的肿瘤细胞样品的 20 倍放大示意图、在光源成像与 SPP 中心重合时观测的肿瘤细胞样品的 40 倍放大示意图。由图 3 可以看到，相同放大倍率下，当为明场观测图像

时（即平面视觉效果的显微图），透明样品的细节纹理并不明显，细胞图像衬度较差；当光源成像与螺旋相位板的中心重合（即对中）时，透明样品的细节边缘得到增强；当光源成像与螺旋相位板的中心偏离（即偏心）时，透明样品的细节与背景对比明显，形成浮雕成像效果图。由图 14 和图 15 可以看到，不同放大倍率下，当光源成像与螺旋相位板的中心重合时，透明样品的细节边缘均得到加强。

示例性的，图 16 示出了物镜模组观测的未染色植物根茎切片的 10 倍放大对比图。可以看到，相同放大倍率下，当为明场观测图像时，透明样品的细节纹理并不明显，平层显黑色网络状；当光源成像与螺旋相位板的中心重合时，透明样品的细节边缘得到增强；当光源成像与螺旋相位板的中心偏离时，透明样品的细节与背景对比明显，形成浮雕成像效果。

示例性的，图 17 示出了物镜模组观测的硅藻样品的 10 倍放大对比图。对于硅藻类样品，因其本身具有一定厚度，使用本实施例的物镜模组观测，立体感更为强烈。可以看到，相同放大倍率下，当为明场观测图像时，透明样品的细节纹理并不明显；当光源成像与螺旋相位板的中心重合时，透明样品的细节边缘得到增强。

进一步的，为了实现上述光源于螺旋相位板（即相位调制单元 530）所在平面的成像与螺旋相位板的中心的相对位置变化，物镜模组 500 可包括第一调节机构（图未示出）。具体的，第一调节机构与螺旋相位板连接，被配置为基于用户操作在螺旋相位板所在的平面内改变螺旋相位板的位置，使螺旋相位板的中心与光源于螺旋相位板所在的平面的成像重合或偏离光源于螺旋相位板所在的平面的成像。示例性的，第一调节机构可以使螺旋相位板在其所在的平面内平移或旋转，例如，可以是手动调节机构，如在固定螺旋相位板的壳体上可开设螺纹孔，通过螺丝和螺纹孔的配合来对螺旋相位板进行二维位置的调节，也可以是电动调节机构，如通过驱动马达调节。

在一些实施方式中，物镜模组 500 还可包括第二调节机构（图未示出）。具体的，第二调节机构与相位调制单元 530 连接，被配置为基于用户操作改变相位调制单元 530 在物镜模组 500 的光轴方向上的位置。设置第二调节机构主要有三个方面的原因，一是可适应点光源的照射形式，方便相位调制单元 530 所在的平面匹配点光源的成像所在的平面；二是对于不同放大倍率的成像透镜组 520，其后焦面的位置不同，通过设置第二调节机构

方便相位调制单元 530 所在的平面匹配不同放大倍率的成像透镜组 520 的后焦面；三是当相位调制单元 530 发生位置偏移后，可通过第二调节机构对相位调制单元 530 的位置进行校准。示例性的，第二调节机构可以是手动调节机构（如通过丝杆或是齿轮传动调节），也可以是电动调节机构，如通过驱动马达调节。

在一些实施方式中，物镜模组 500 也可同时包括前述第一调节机构和第二调节机构，以更好地实现期望的相衬成像效果，同时保证物镜模组 500 的可靠性。

如图 18 和图 19 所示，本申请另一实施例提供一种元件的组合 600，包括光源 610，被配置为提供照射至样品的光线；以及，外置模组 620，具有连接部 621，连接部 621 可与物镜连接；其中，外置模组 620 还具有相位调制单元 622；当外置模组 620 通过连接部 621 连接至物镜时，相位调制单元 622 被配置为对经物镜出射的光线进行调制以于具有物镜的物镜模组的成像面形成期望的样品图像；其中，相位调制单元 622 所在的平面与光源 610 所在的平面共轭，并且，至少相位调制单元 622 所在的平面和物镜模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。其中，关于“光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可参见前述实施例中的阐释，此处不再赘述。

上述元件的组合 600，通过提供光源 610 和设有相位调制单元 622 的外置模组 620，并使光源 610 照射样品，外置模组 620 连接至物镜的光线射出端便可实现同螺旋相差物镜基本一致的成像效果，无需对原有的物镜进行改动，免去了额外购入螺旋相差物镜或是中高端相衬显微镜的麻烦，大大降低了成本。

示例性的，光源 610 包括平行光源或点光源。示例性的，光源 610 为平行光源时，相位调制单元 622 所在的平面与物镜的后焦面重合。

示例性的，物镜模组的成像面可以是利用包括物镜在内的整个透镜系统观测样品，形成样品图像的像面。也就是说，物镜模组中可以仅设有物镜，还可以设有除了物镜以外的其他透镜。

在一些实施方式中，相位调制单元 622 包括螺旋相位板，外置模组 620 还具有第一调节机构（图未示出），与相位调制单元 622 连接，被配置为基于用户操作在相位调制单元 622 所在的平面内改变相位调制单元 622 的位置，以当外置模组 620 通过连接部 621 连接至物镜时，使相位调制单元

622 的中心与光源 610 于相位调制单元 622 所在的平面的成像重合或偏离光源 610 于相位调制单元 622 所在的平面的成像。如此，通过第一调节机构，使得光源 610 于相位调制单元 622 所在平面的成像与相位调制单元 622 的中心重合时，可得到边缘增强的相衬显微图像；使得光源 610 于相位调制单元 622 所在平面的成像与相位调制单元 622 的中心偏离、且相位调制单元 622 的中心仍位于相位调制单元 622 所在的平面时，可得到浮雕效果的相衬显微图像。第一调节机构的具体设置形式可参见前述实施例，此处不再赘述。

在一些实施方式中，外置模组 620 还具有第二调节机构（图未示出），与相位调制单元连接，被配置为基于用户操作改变相位调制单元在物镜的光轴方向上的位置。设置第二调节机构的原因以及第二调节机构的具体设置形式可参见前述实施例，此处不再赘述。

在一些实施方式中，由于原有显微光路中，大多采用平行光源照射样品，此时相位调制单元 622 所在的平面（即与光源所在的平面共轭的平面）和物镜的后焦面统一，另外，相位调制单元 622 对沿光轴方向放置的位置具有一定的容忍度，基本定位于物镜的后焦面和与光源 610 所在的平面共轭的平面之间。因此，如图 19 所示，当外置模组 620 通过连接部 621 连接至物镜时，可设置相位调制单元 622 所在的平面与物镜的后焦面重合，如此，既能保证所需的成像效果，也能方便物镜模组 500 的制备，并且上述设置适用于原有的大部分显微镜，有助于实现产业化。

如图 20 所示，本申请又一实施例提供一种外置模组 700，可应用于前述元件的组合。外置模组 700 包括用于容纳相位调制单元 720 的壳体 710，壳体 710 上设置有可与物镜连接的连接部 711。

上述外置模组 700，在装配至物镜时，可使相位调制单元 720 所在的平面与光源所在的平面共轭，从而实现所需的相衬成像效果。另一方面，对于已配置有光源的显微光路，可直接将外置模组 700 装配至物镜，进而得到所需的相衬成像效果。

本申请还提供一种外置成像模组，可与物镜配合通过相机拍摄透明样品的图像。本申请的外置成像模组是在额外增加的成像光路中将相位调制单元放置于与光源所在的平面共轭的平面，从而可避免加入额外的进行傅里叶变换的透镜，在丰富相衬显微镜的成像效果同时无需改变原有的显微

成像光路，并可保证相衬显微镜的成像品质。

如图 21 所示，本申请一实施例提供一种外置成像模组 800，包括：壳体 810；成像透镜组 820，设于壳体 810 内部，被配置为接收经物镜出射的光线，以对样品进行第二次或第二次以上次序的成像；其中，物镜被配置为接收光源照射至样品并经样品出射的光线，以对样品进行第一次成像；相位调制单元 830，设于壳体 810 内部，被配置为对经成像透镜组 820 出射的光线进行调制以于外置成像模组 800 的成像面形成期望的样品图像；其中，相位调制单元 830 所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，并且，至少相位调制单元 830 所在的平面和外置成像模组 800 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。示例性的，成像透镜组 820 包括至少一个会聚透镜。示例性的，成像透镜组 820 整体对光线起会聚作用，或者说成像透镜组 820 整体具有正光焦度。

在成像期间，经物镜出射的光线在进行第一次成像后可入射进外置成像模组 800，外置成像模组 800 将对样品进行第二次或第二次以上次序的成像，其中，携带有样品信息的光线经成像透镜组 820 出射后，将经相位调制单元 830 出射或反射，最终至外置成像模组 800 的成像面。具体的，“外置成像模组 800 将对样品进行第二次或第二次以上次序的成像”表示：当外置成像模组 800 与物镜直接邻接时，物镜与外置成像模组 800 之间的光路未引入其他透镜，此时外置成像模组 800 将对样品进行第二次成像；而当物镜与外置成像模组 800 之间的光路引入其他透镜时，其他透镜将对样品进行第二次成像，或是第二次、第三次成像，此时外置成像模组 800 将对样品进行第三次或是第四次成像。

示例性的，关于共轭，当一个物体通过光学系统成像后，物点和像点是一一对应的，那么物点和和像点就是一对共轭点，对应的，物点所在的平面和像点所在的平面就是一对共轭面。从而，将光源作为物点，那么光源最终通过成像透镜组 820 所成的像就是光源的像点，当光源的像点位于相位调制单元 830 所在的平面时，表示相位调制单元 830 所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面。

示例性的，“相位调制单元 830 所在的平面与外置成像模组 800 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可表示为，该光路中没有设置透镜或透镜组，也可以表示该光路中虽然设置了透镜或透镜组，但其中的每个透镜均没有对光线进行傅里叶变换，或是透镜组整体没有对

光线进行傅里叶变换。另一方面，透镜（或透镜组整体）的前后焦面上存在准确的傅里叶变换关系，从而，透镜（或透镜组整体）的后焦面可称为光路的傅里叶变换面，当透镜（或透镜组整体）的后焦面与成像面重合时，可称光路中的透镜或透镜组进行了有效的傅里叶变换。综上，“相位调制单元 830 所在的平面与外置成像模组 800 的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组”可示例性地表示为以下两种情况：

（1）如图 1 所示，相位调制单元 830 与成像面相邻，也就是说，相位调制单元 830 与成像面之间没有额外设置其他透镜元件，此时相位调制单元 830 与成像面之间的光路必然不会引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组；

（2）相位调制单元 830 与成像面之间虽然设置有中间透镜组，但是中间透镜组的后焦面（即傅里叶变换面）与成像面偏离。

上述外置成像模组 800，可在原有的显微成像光路之后增加额外的成像光路，并在该额外的成像光路中设置相位调制单元，且使相位调制单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，从而无需改变原有的显微成像光路便可实现更多成像效果，如边界增强的成像效果以及浮雕成像效果。除此之外，由于至少在相位调制单元 830 所在的平面与外置成像模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组，从而可避免引入额外透镜带来的分辨率下降、光学畸变增加等不利影响，提升成像品质。

在一些实施方式中，如图 21 所示，壳体 810 上设置有连接部 860，连接部 860 可与显微镜的摄影口连接。继续参考图 1，显微镜的摄影口本来为最终成像面（即图 1 中的原成像面），在此处增加外置成像模组 800，可将该最终成像面作为中间像，投射至另一远处的成像面，再被相机采集，此时，外置成像模组 800 对样品进行的是最后一次成像。通过在显微镜的摄影口设置新的成像光路，将不会对原有的显微成像光路造成影响。

在一些实施方式中，继续参考图 21，外置成像模组 800 还包括感光元件 850，感光元件 850 的感光表面与外置成像模组 800 的成像面重合。通过在外置成像模组 800 的成像面设置感光元件 850，可拍摄透明样品的显微相衬图像，其中，感光元件具体可以采用互补金属氧化物半导体（CMOS，Complementary Metal Oxide Semiconductor）图像传感器或者电荷耦合元件（CCD，Charge-coupled Device）图像传感器。

在一些实施方式中，继续参考图 21，壳体 810 开设有通光孔 840，通

光孔 840 自壳体 810 的一端沿外置成像模组 800 的光轴方向延伸，其中，成像透镜组 820 与相位调制单元 830 均与通光孔 840 的孔壁连接。通过上述方式，可将成像透镜组 820 与相位调制单元 830 集成在一个模组中，从而方便外置成像模组 800 的拆装。

在一些实施方式中，如图 22 所示，壳体 810 包括可拆卸连接的第一壳体 811 和第二壳体 812，其中，成像透镜组 820 设于第一壳体 811 的内部，相位调制单元 830 设于第二壳体 812 的内部。如此，可将外置成像模组 800 分为至少两个独立模块，从而方便外置成像模组 800 的清洗，并且，当其中一个模块损坏时，只需更换损坏的模块，无需更换全部模块，降低维护成本。

在一些实施方式中，相位调制单元 830 所在的平面与成像透镜组 820 的后焦面重合。由于相位调制单元 830 对沿光轴方向放置的位置具有一定的容忍度，基本定位于成像透镜组 820 的后焦面和与光源所在的平面共轭的平面之间。综上，在外置成像模组 800 中，采用成像透镜组 820 的后焦面作为相位调制单元 830 的放置位置，既能保证所需的成像效果，也能方便外置成像模组 800 的制备，有助于实现产业化。

在一些实施方式中，相位调制单元 830 包括螺旋相位板，从而当光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心重合时，可得到边缘增强的相衬显微图像；当光源于螺旋相位板所在平面的成像与螺旋相位板的中心偏离、且螺旋相位板的中心仍位于螺旋相位板所在的平面时，可得到浮雕效果的相衬显微图像。图 23、图 24 和图 25 分别示出了另一透明样品在 10 倍、20 倍和 50 倍物镜观测下的相衬显微对比图像。可以看到，不同放大倍率下：当光源成像与螺旋相位板的中心重合（即对中）时，透明样品的细节边缘得到增强；当光源成像与螺旋相位板的中心偏心时，透明样品的细节具备明显的浮雕成像效果。

进一步的，为了实现上述光源于螺旋相位板（即相位调制单元 830）所在平面的成像与螺旋相位板的中心的相对位置变化，外置成像模组 800 可包括第一调节机构（图未示出）。具体的，第一调节机构与螺旋相位板连接，被配置为基于用户操作在螺旋相位板所在的平面内改变螺旋相位板的位置，使螺旋相位板的中心与光源于螺旋相位板所在的平面的成像重合或偏离光源于螺旋相位板所在的平面的成像。示例性的，第一调节机构可以使螺旋相位板在其所在的平面内平移或旋转，例如，可以是手动调节机

构，如在固定螺旋相位板的壳体上可开设螺纹孔，通过螺丝和螺纹孔的配合来对螺旋相位板进行二维位置的调节，也可以是电动调节机构，如通过驱动马达调节。

在一些实施方式中，外置成像模组 800 还可包括第二调节机构（图未示出）。具体的，第二调节机构与相位调制单元 830 连接，被配置为基于用户操作改变相位调制单元 830 在外置成像模组 800 的光轴方向上的位置。设置第二调节机构主要由两个方面的原因，一是可适应点光源的照射形式，方便相位调制单元 830 所在的平面匹配点光源的成像所在的平面；二是当相位调制单元 830 发生位置偏移后，可通过第二调节机构对相位调制单元 830 的位置进行校准。示例性的，第二调节机构可以是手动调节机构（如通过丝杆或是齿轮传动调节），也可以是电动调节机构，如通过驱动马达调节。

在一些实施方式中，外置成像模组 800 也可同时包括前述第一调节机构和第二调节机构，以更好地实现期望的相衬成像效果，同时保证外置成像模组 800 的可靠性。

如图 26 所示，本申请另一实施例提供一种元件的组合 900，可应用于显微镜，包括：光源 910，被配置为提供照射至样品的光线；以及，如前文所述的外置成像模组 800。

上述元件的组合 900，通过提供光源 910 和设有相位调制单元 830 的外置成像模组 800，并使光源 910 照射样品，便可通过外置成像模组 800 实现期望的相衬成像效果，而无需对原有的显微成像光路进行改动，且保证了成像品质，免去了额外购入中高端相衬显微镜的麻烦，大大降低了成本。

需要指出的是，用于描述和要求保护本申请的某些实施例的表示数量或性质的数字应理解为在某些情况下被术语“大致”、“大约”、“近似”或“基本”修饰。例如，除非另外说明，否则“大致”、“大约”、“近似”或“基本”可以指示其所描述的值的 $\pm 20\%$ 变化。相应地，在一些实施例中，说明书和权利要求中使用的数值参数均为近似值，该近似值根据个别实施例所需特点可以发生改变。在一些实施例中，数值参数应考虑规定的有效数位并采用一般位数保留的方法。尽管本申请一些实施例中用于确认其范围广度的数值域和参数为近似值，在具体实施例中，此类数值的设定在可行范围内

尽可能精确。

应当理解，以上实施例均为示例性的，不用于包含权利要求所包含的所有可能的实施方式。在不脱离本公开的范围的情况下，还可以在以上实施例的基础上做出各种变形和改变。同样的，也可以对以上实施例的各个技术特征进行任意组合，以形成可能没有被明确描述的本发明的另外的实施例。因此，上述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，不对本发明专利的保护范围进行限制。

权利要求书

1、一种成像系统，其特征在于，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：

光源，被配置为提供照射至样品的光线；

成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，

相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；

其中，

所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；并且，至少所述相位调制单元所在的平面与所述成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

2、根据权利要求1所述的成像系统，其特征在于，所述光源包括平行光源或点光源。

3、根据权利要求1所述的成像系统，其特征在于，所述相位调制单元与所述成像系统的成像面相邻。

4、根据权利要求1所述的成像系统，其特征在于，还包括：

用于容纳所述成像透镜组的第一壳体；以及，

用于容纳所述相位调制单元的第二壳体；

其中，所述第一壳体与所述第二壳体一体成型或可拆卸连接。

5、根据权利要求1~4中任一项所述的成像系统，其特征在于，所述相位调制单元包括螺旋相位板。

6、根据权利要求5所述的成像系统，其特征在于，还包括：

第一调节机构，与所述相位调制单元连接；

其中，所述第一调节机构被配置为基于用户操作在所述相位调制单元所在的平面内改变所述相位调制单元的位置，使所述相位调制单元的中心与所述光源于所述相位调制单元所在的平面的成像重合或偏离所述光源于所述相位调制单元所在的平面的成像。

7、根据权利要求5所述的成像系统，其特征在于，还包括：

前置透镜，位于所述光源和所述成像透镜组之间，被配置为使经所述前置透镜出射的光线会聚；以及，

第二调节机构，与所述前置透镜连接；

其中，所述第二调节机构被配置为基于用户操作改变所述前置透镜的位置，使所述光源发出的光线经所述前置透镜后的会聚点于所述相位调制单元所在平面的成像与所述相位调制单元的中心重合或偏离所述相位调制单元的中心。

8、根据权利要求 7 所述的成像系统，其特征在于，还包括：

滤波片，设于所述前置透镜和所述成像透镜组之间，被配置为在光线照射至样品前对经所述前置透镜出射的光线进行滤波。

9、根据权利要求 1~4 中任一项所述的成像系统，其特征在于，所述成像透镜组沿着光轴由物侧至像侧依序包括：

至少一个成像透镜；以及，

至少一个中继透镜；

其中，携带有样品信息的光线依次经所述至少一个成像透镜和所述至少一个中继透镜出射后至所述相位调制单元。

10、根据权利要求 1~4 中任一项所述的成像系统，其特征在于，所述相位调制单元所在的平面与所述成像透镜组的后焦面重合。

11、根据权利要求 1~4 中任一项所述的成像系统，其特征在于，所述成像系统还包括：

第三调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作改变所述相位调制单元在光轴方向上的位置。

12、一种成像系统，其特征在于，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：

光源，被配置为提供照射至样品的光线；

成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，

相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；

其中，所述成像系统具有与所述光源所在的平面共轭的目标平面，所述相位调制单元所在的平面位于所述成像透镜组的后焦面与所述目标平面之间；并且，至少所述相位调制单元所在的平面与所述成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

13、一种成像系统，其特征在于，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；并且，所述相位调制单元与所述成像系统的成像面相邻。

14、一种成像系统，其特征在于，所述成像系统沿着光轴由物侧至像侧依序包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；成像透镜组，被配置为接收经样品出射的光线以对样品进行至少一次成像；以及，相位调制单元，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述成像系统的成像面形成期望的样品图像；其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；并且，所述相位调制单元与所述成像系统的成像面之间设置有中间透镜组，所述中间透镜组的后焦面与所述成像系统的成像面偏离。

15、一种成像系统的制备方法，其特征在于，包括：

提供光源、成像透镜组和相位调制单元；

将所述光源、所述成像透镜组和所述相位调制单元沿所述成像透镜组的光轴依序设置；

调整所述相位调制单元的位置，使所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面为一对共轭面；

其中，至少所述相位调制单元所在的平面与所述成像系统的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

16、根据权利要求 15 所述的制备方法，其特征在于，调整后的所述相位调制单元所在的平面与所述成像透镜组的后焦面重合。

17、一种取像装置，其特征在于，包括如权利要求 1~14 中任一项所述的成像系统以及感光元件，所述感光元件的感光表面与所述成像系统的成像面重合。

18、一种物镜模组，其特征在于，包括：

壳体；

成像透镜组，设于所述壳体内部，被配置为接收光源照射至样品并经样品出射的光线，以对样品进行至少一次成像；

相位调制单元，设于所述壳体内部，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述物镜模组的成像面形成期望的样品图像；

其中，

所述相位调制单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，并且，至少所述相位调制单元所在的平面和所述物镜模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

19、根据权利要求 18 所述的物镜模组，其特征在于，

所述壳体包括光线射入端和光线射出端，以及沿所述物镜模组的光轴贯通所述光线射入端和所述光线射出端的通光孔；

其中，

所述成像透镜组与所述相位调制单元均与所述通光孔的孔壁连接。

20、根据权利要求 19 所述的物镜模组，其特征在于，

所述成像透镜组包括沿着所述光轴由物侧至像侧依序设置的至少一个成像透镜和至少一个中继透镜；

其中，经样品出射的光线依次经所述至少一个成像透镜和所述至少一个中继透镜出射后至所述相位调制单元。

21、根据权利要求 18 所述的物镜模组，其特征在于，

所述壳体包括可拆卸连接的第一壳体和第二壳体；

其中，

所述成像透镜组设于所述第一壳体的内部，所述相位调制单元设于所述第二壳体的内部。

22、根据权利要求 18~21 中任一项所述的物镜模组，其特征在于，所

述相位调制单元所在的平面与所述成像透镜组的后焦面重合。

23、根据权利要求 18~21 中任一项所述的物镜模组，其特征在于，所述相位调制单元包括螺旋相位板。

24、根据权利要求 23 所述的物镜模组，其特征在于，还包括：

第一调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作在所述相位调制单元所在的平面内改变所述相位调制单元的位置，使所述相位调制单元的中心与光源于所述相位调制单元所在的平面的成像重合或偏离光源于所述相位调制单元所在的平面的成像。

25、根据权利要求 18~21 中任一项所述的物镜模组，其特征在于，还包括：

第二调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作改变所述相位调制单元在所述物镜模组的光轴方向上的位置。

26、一种元件的组合，其特征在于，包括：

光源，被配置为提供照射至样品的光线；以及，

外置模组，具有连接部，所述连接部可与物镜连接；

其中，所述外置模组还具有相位调制单元；

当所述外置模组通过所述连接部连接至物镜时，所述相位调制单元被配置为对经物镜出射的光线进行调制以具有所述物镜的物镜模组的成像面形成期望的样品图像；其中，所述相位调制单元所在的平面与所述光源所在的平面共轭，并且，至少所述相位调制单元所在的平面和所述物镜模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

27、根据权利要求 26 所述的组合，其特征在于，所述相位调制单元包括螺旋相位板，所述外置模组还具有：

第一调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作在所述相位调制单元所在的平面内改变所述相位调制单元的位置，以当所述外置模组通过所述连接部连接至物镜时，使所述相位调制单元的中心与所述光源于所述相位调制单元所在的平面的成像重合或偏离所述光源于所述相位调制单元所在的平面的成像。

28、根据权利要求 26 或 27 所述的组合，其特征在于，所述外置模组

还具有：

第二调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作改变所述相位调制单元在物镜的光轴方向上的位置。

29、根据权利要求 26 或 27 所述的组合，其特征在于，当所述外置模组通过所述连接部连接至物镜时，所述相位调制单元所在的平面与物镜的后焦面重合。

30、一种外置模组，其特征在于，应用于如权利要求 26~29 中任一项所述的组合，所述外置模组包括用于容纳所述相位调制单元的壳体，所述壳体上设置有所述连接部。

31、一种外置成像模组，其特征在于，包括：

壳体；

成像透镜组，设于所述壳体内部，被配置为接收经物镜出射的光线，以对样品进行第二次或第二次以上次序的成像；其中，物镜被配置为接收光源照射至样品并经样品出射的光线，以对样品进行第一次成像；

相位调制单元，设于所述壳体内部，被配置为对经所述成像透镜组出射的光线进行调制以于所述外置成像模组的成像面形成期望的样品图像；

其中，

所述相位调制单元所在的平面与光源所在的平面为一对共轭面，并且，至少所述相位调制单元所在的平面和所述外置成像模组的成像面之间的光路未引入进行傅里叶变换的透镜或透镜组。

32、根据权利要求 31 所述的外置成像模组，其特征在于，所述壳体上设置有连接部，所述连接部可与显微镜的摄影口连接。

33、根据权利要求 32 所述的外置成像模组，其特征在于，还包括感光元件，所述感光元件的感光表面与所述外置成像模组的成像面重合。

34、根据权利要求 31 所述的外置成像模组，其特征在于，

所述壳体开设有通光孔，所述通光孔自所述壳体的一端沿所述外置成像模组的光轴方向延伸，其中，所述成像透镜组与所述相位调制单元均与所述通光孔的孔壁连接。

35、根据权利要求 31 所述的外置成像模组，其特征在于，所述壳体包

括可拆卸连接的第一壳体和第二壳体，其中，所述成像透镜组设于所述第一壳体的内部，所述相位调制单元设于所述第二壳体的内部。

36、根据权利要求 31～35 中任一项所述的外置成像模组，其特征在于，所述相位调制单元所在的平面与所述成像透镜组的后焦面重合。

37、根据权利要求 31～35 中任一项所述的外置成像模组，其特征在于，所述相位调制单元包括螺旋相位板。

38、根据权利要求 37 所述的外置成像模组，其特征在于，还包括：

第一调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作在所述相位调制单元所在的平面内改变所述相位调制单元的位置，使所述相位调制单元的中心与光源于所述相位调制单元所在的平面的成像重合或偏离光源于所述相位调制单元所在的平面的成像。

39、根据权利要求 31～35 中任一项所述的外置成像模组，其特征在于，还包括：

第二调节机构，与所述相位调制单元连接，被配置为基于用户操作改变所述相位调制单元在所述外置成像模组的光轴方向上的位置。

40、一种元件的组合，其特征在于，应用于显微镜，包括：光源，被配置为提供照射至样品的光线；以及，如权利要求 31～39 中任一项所述的外置成像模组。

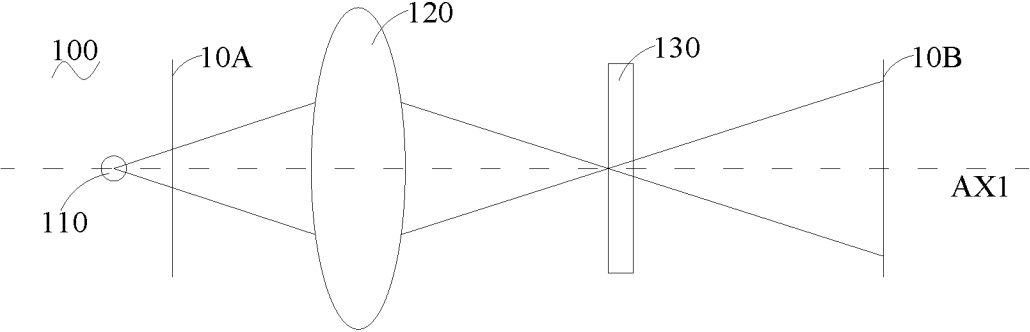


图 1

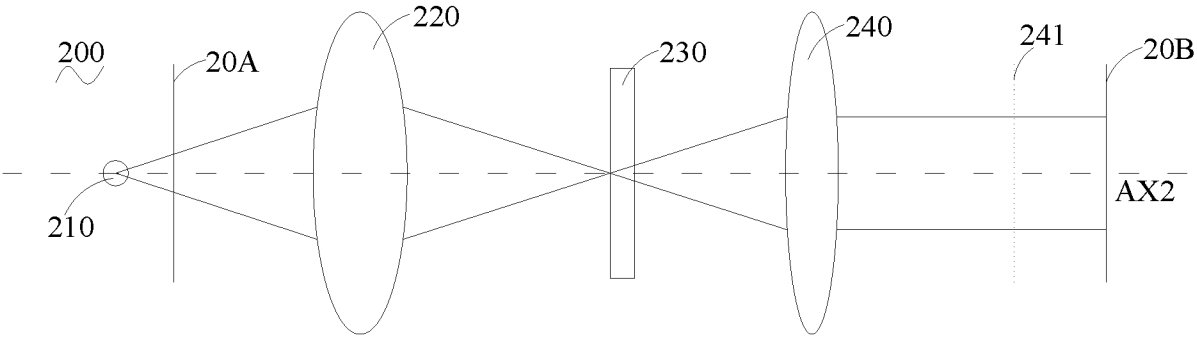


图 2

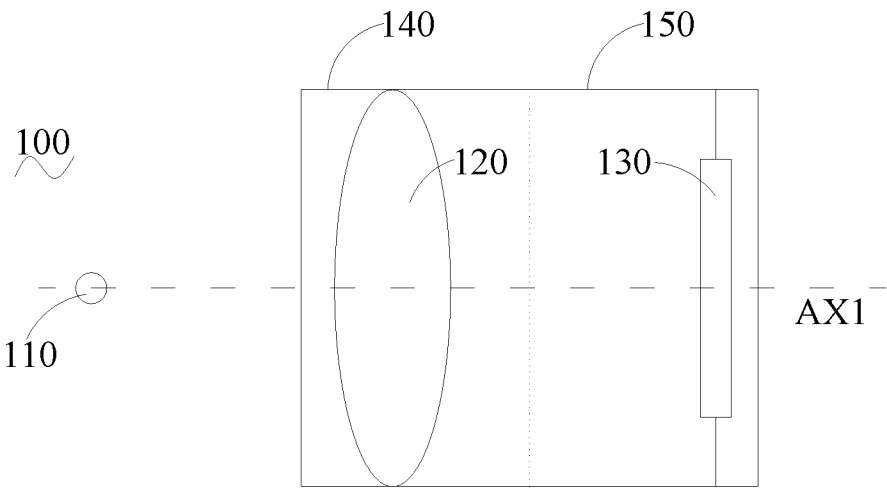


图 3

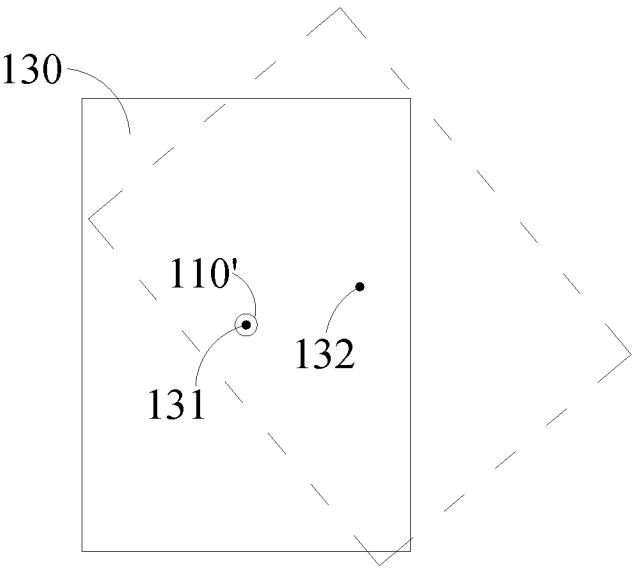


图 4

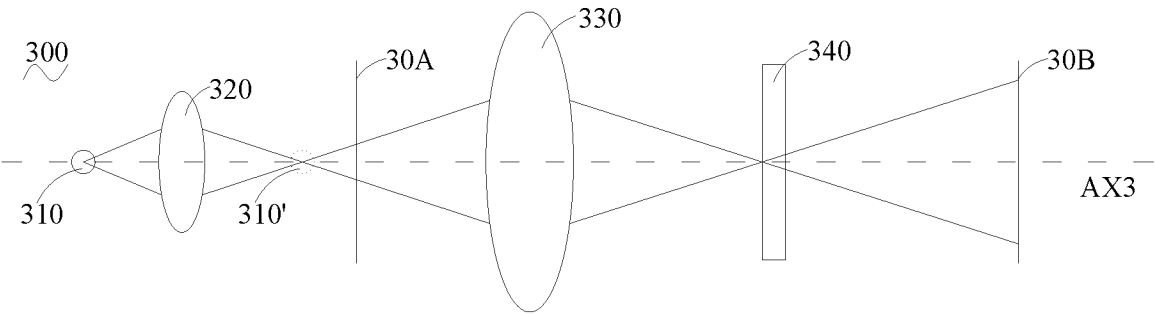


图 5

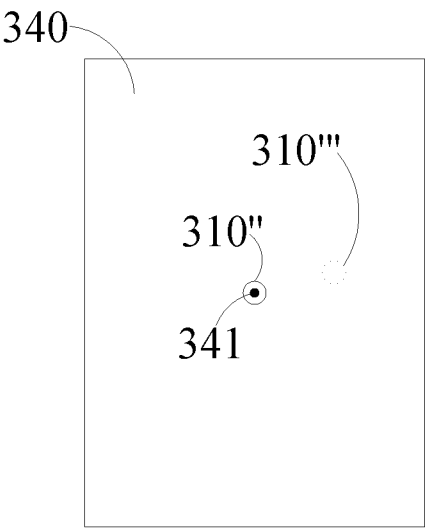


图 6

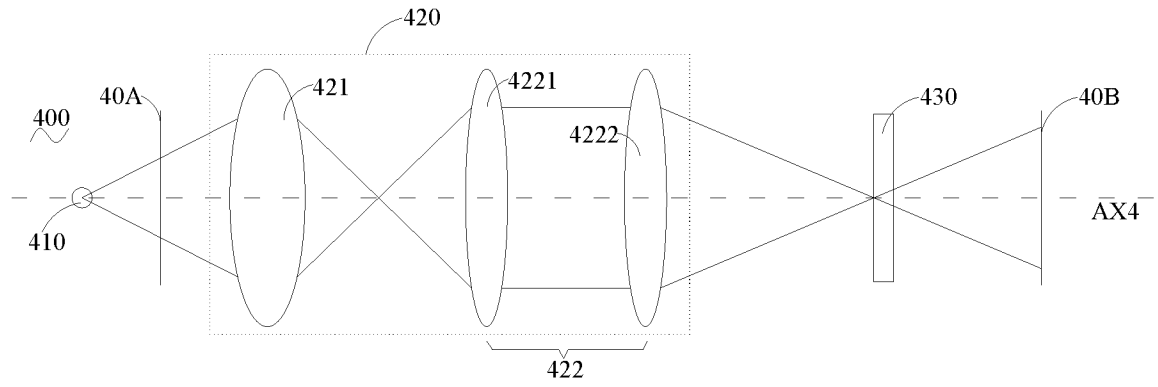


图 7

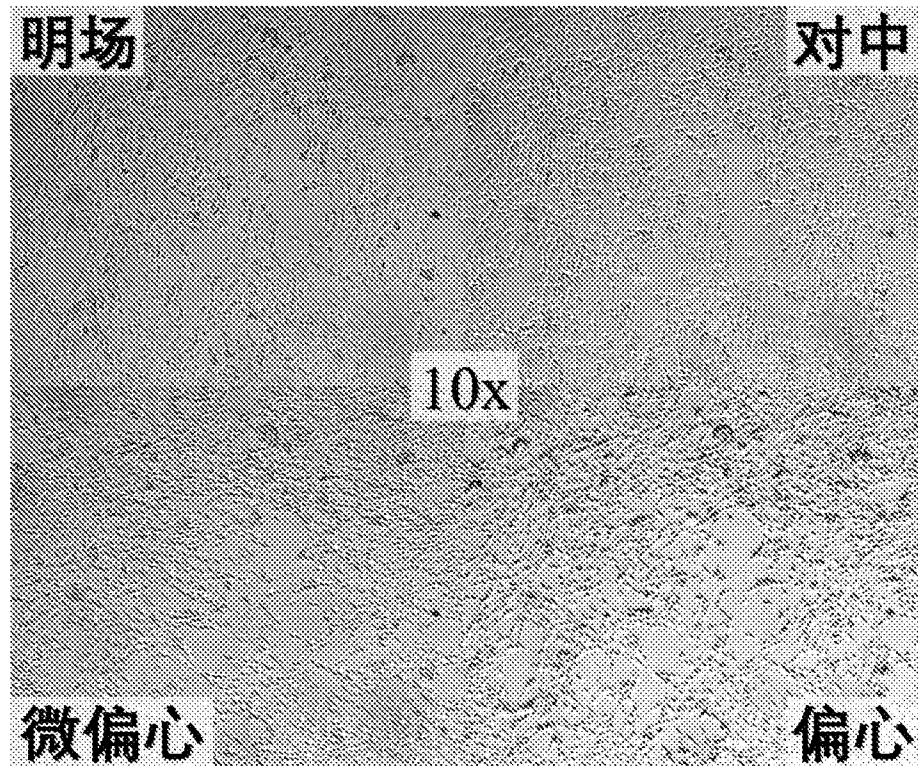


图 8

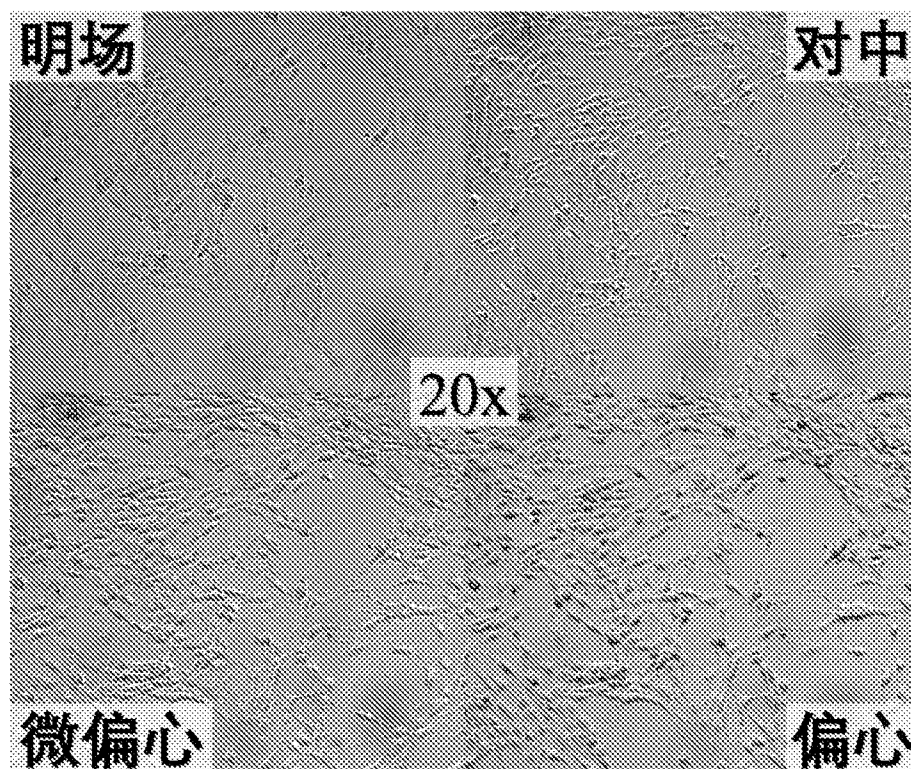


图 9

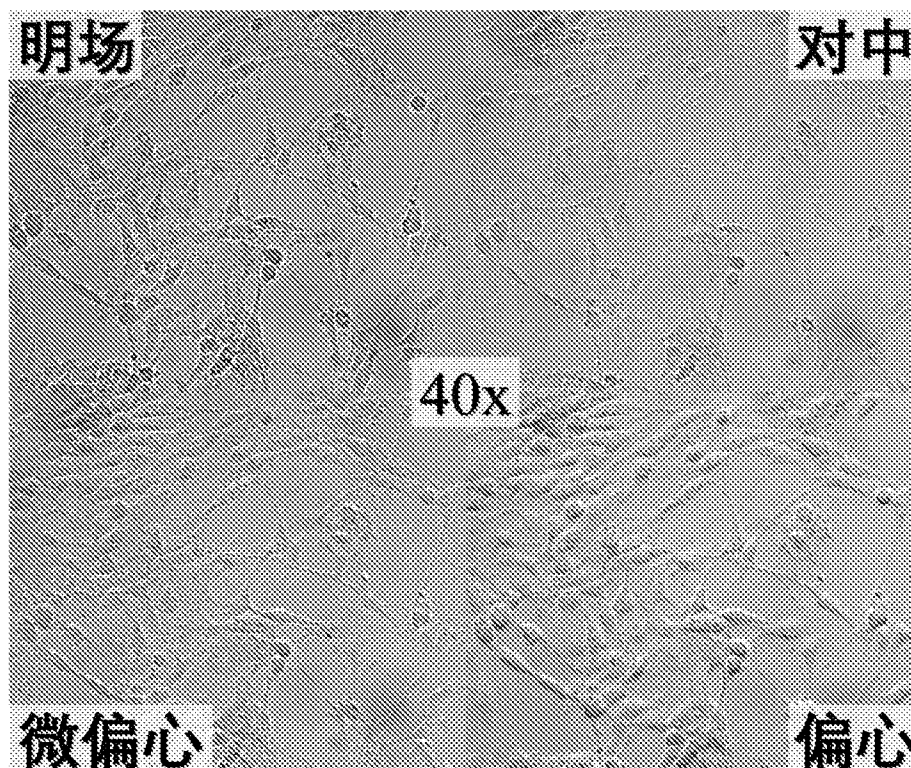


图 10

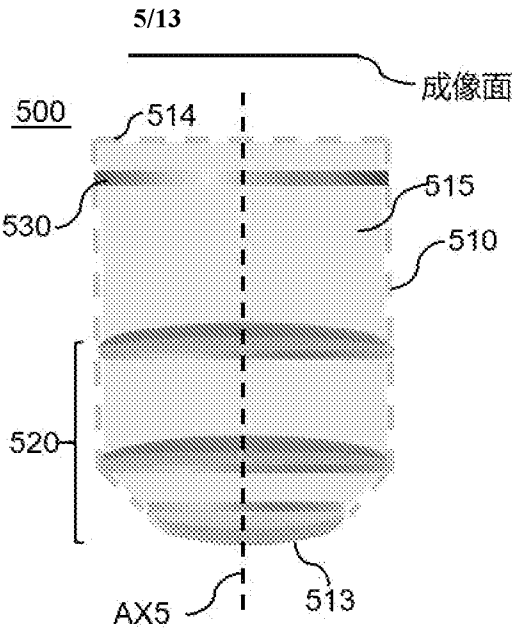


图 11

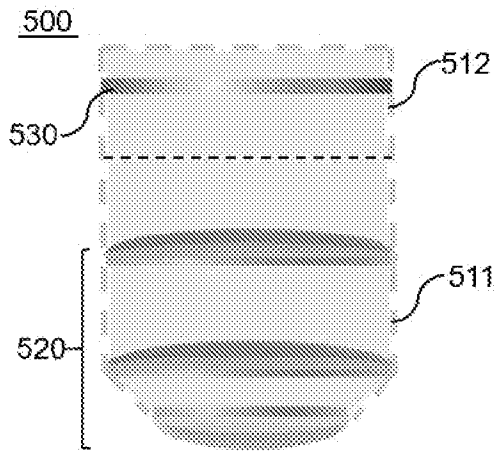


图 12

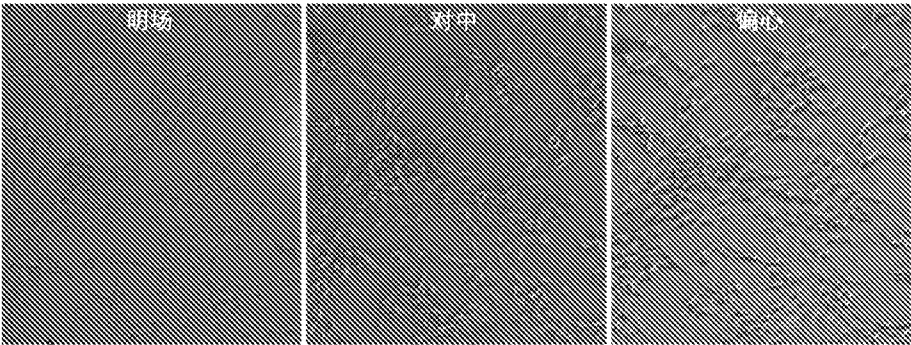


图 13

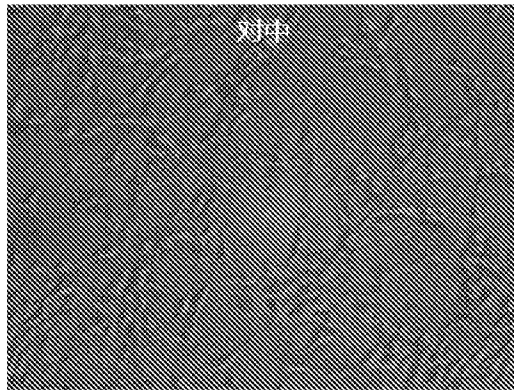


图 14

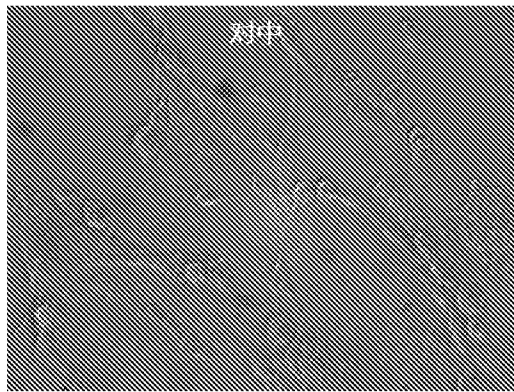


图 15

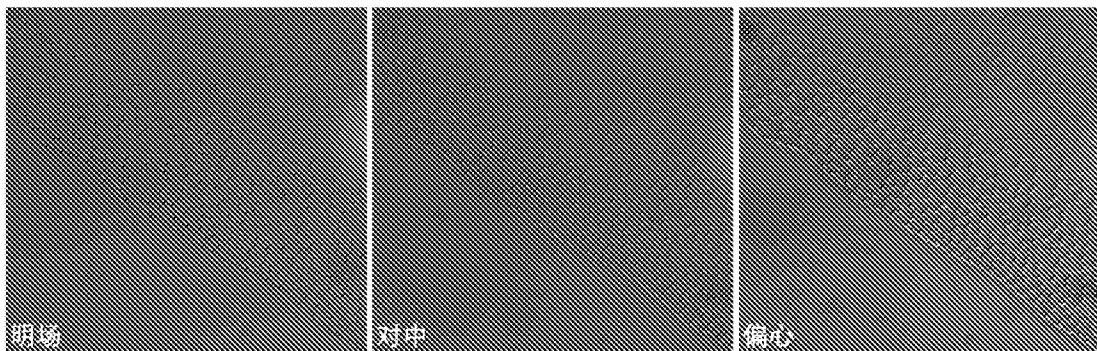


图 16

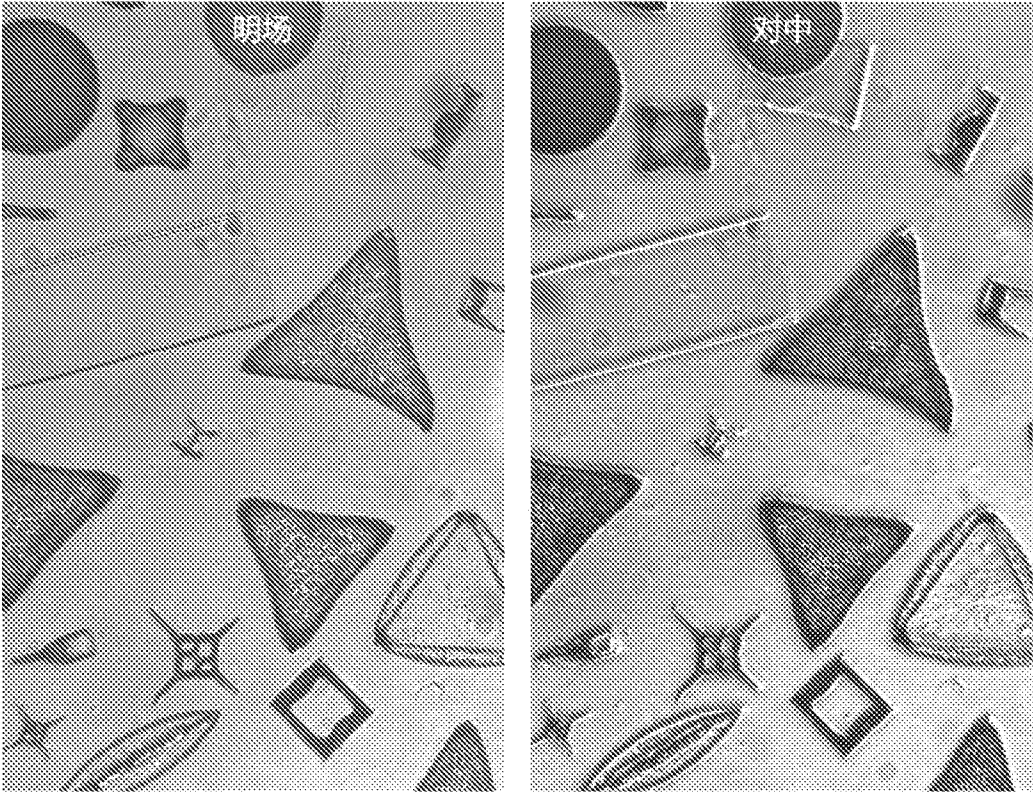


图 17

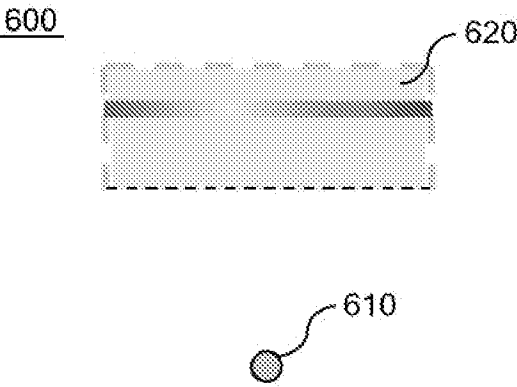


图 18

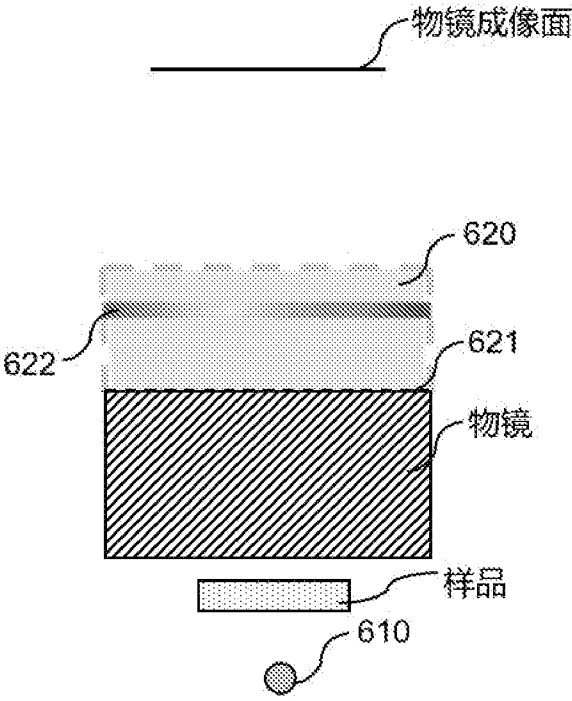


图 19

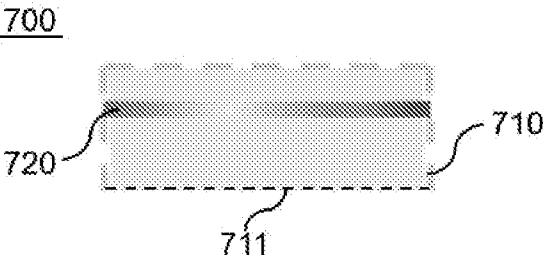


图 20

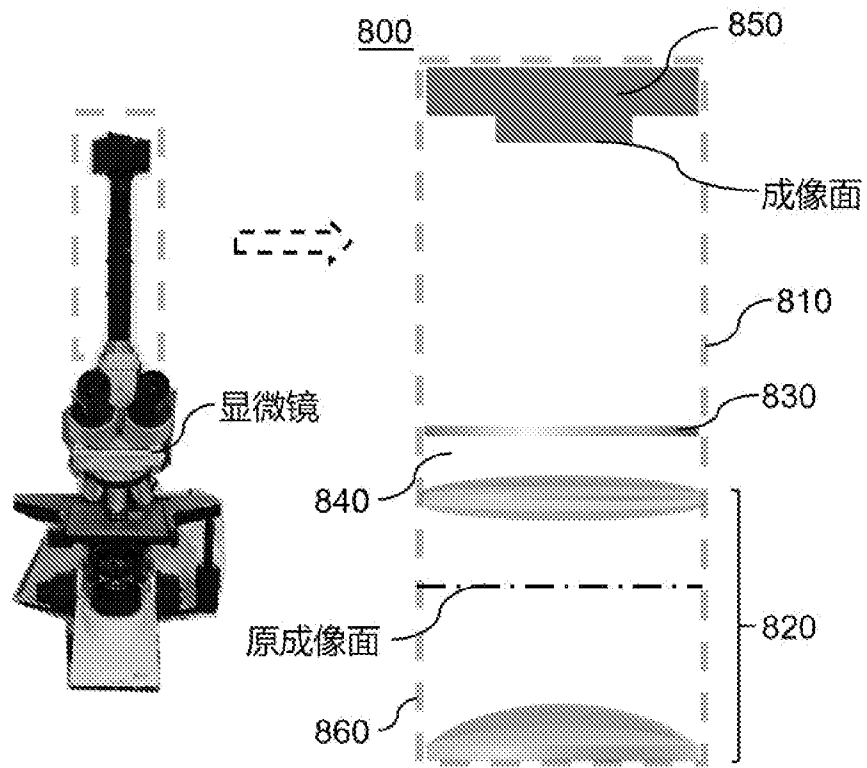


图 21

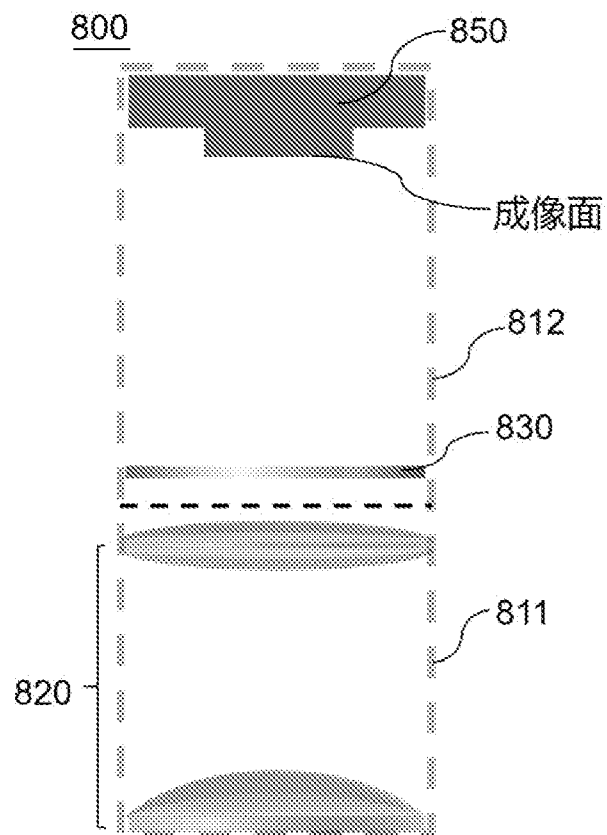


图 22

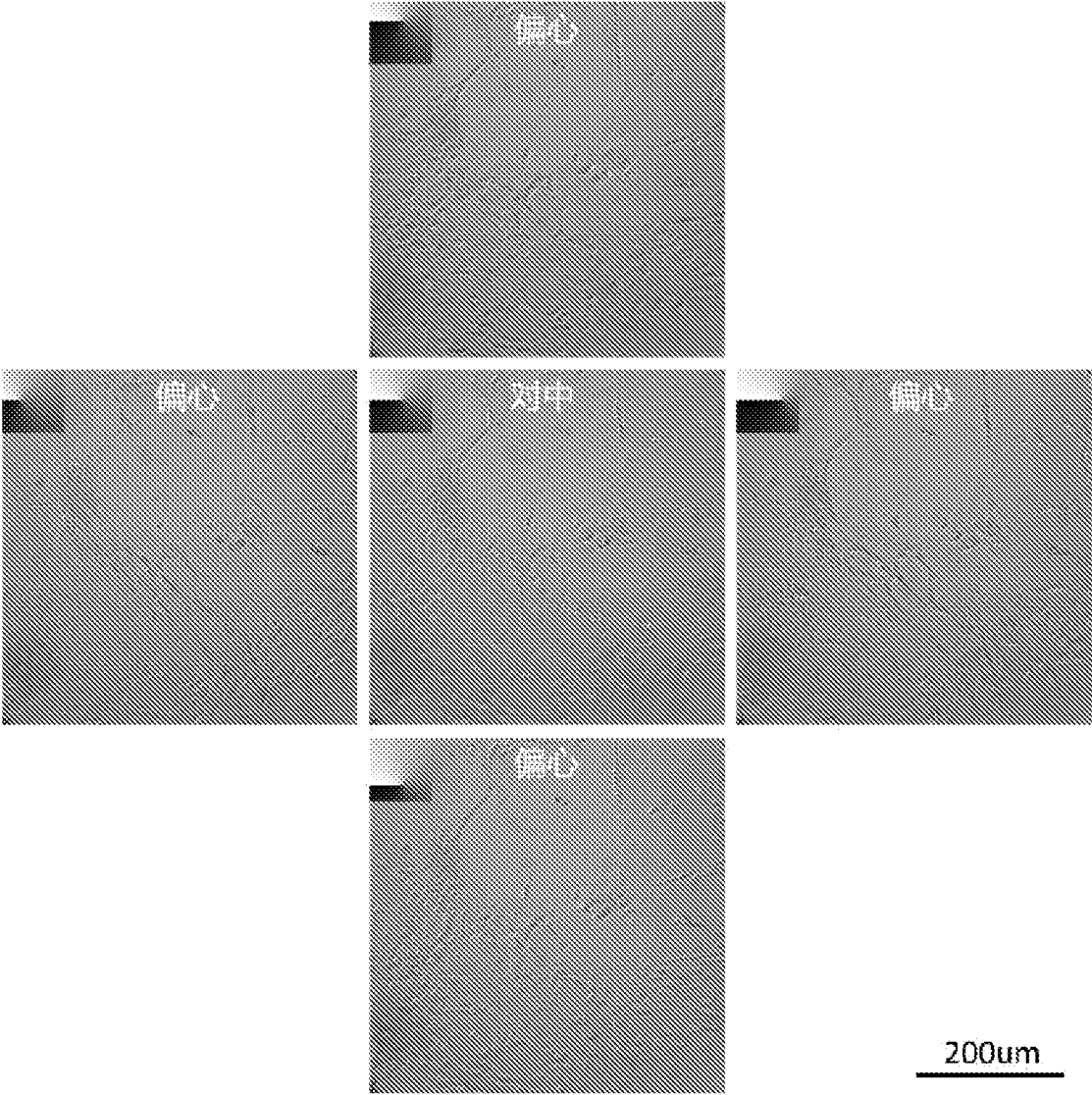


图 23

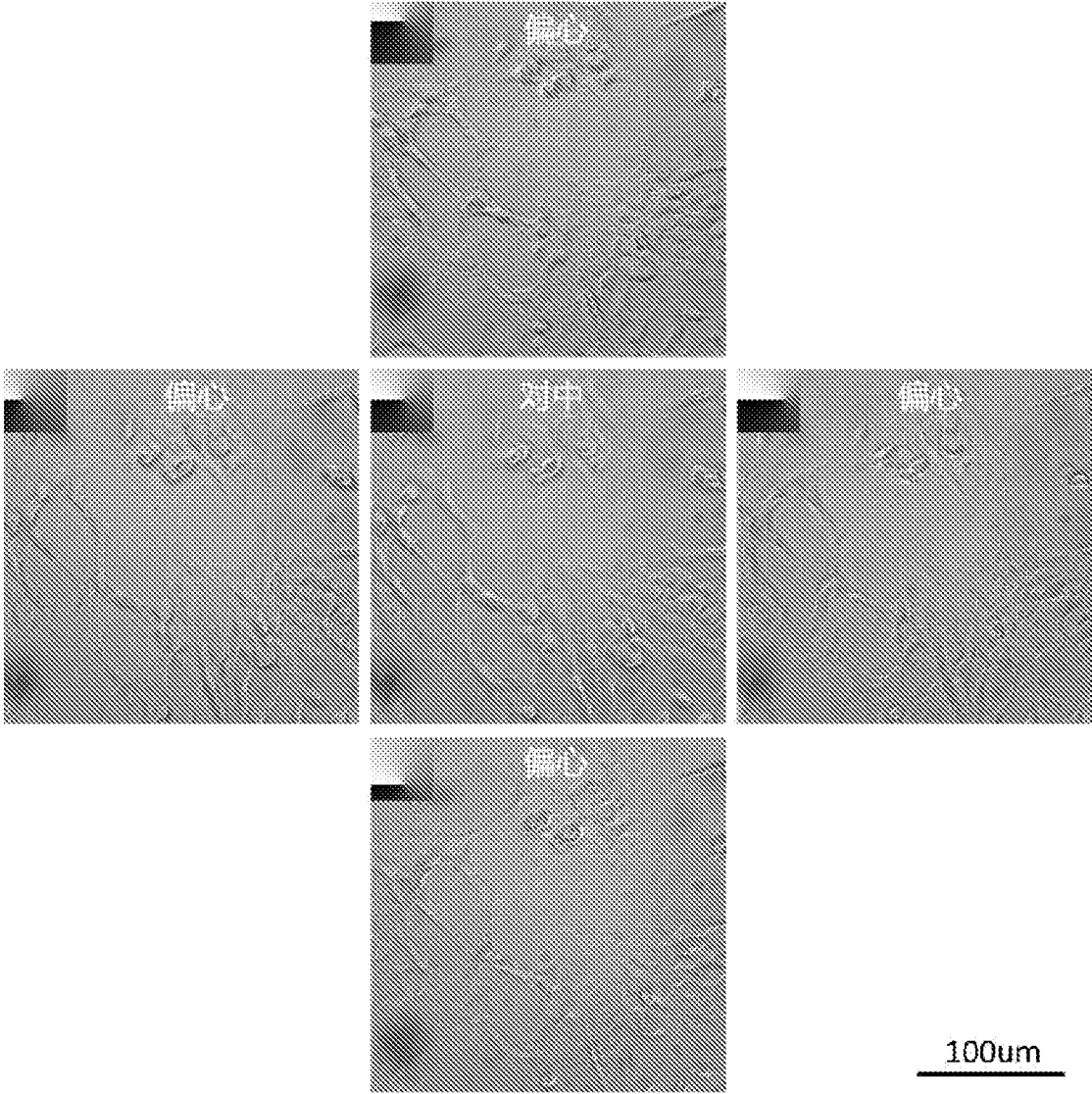


图 24

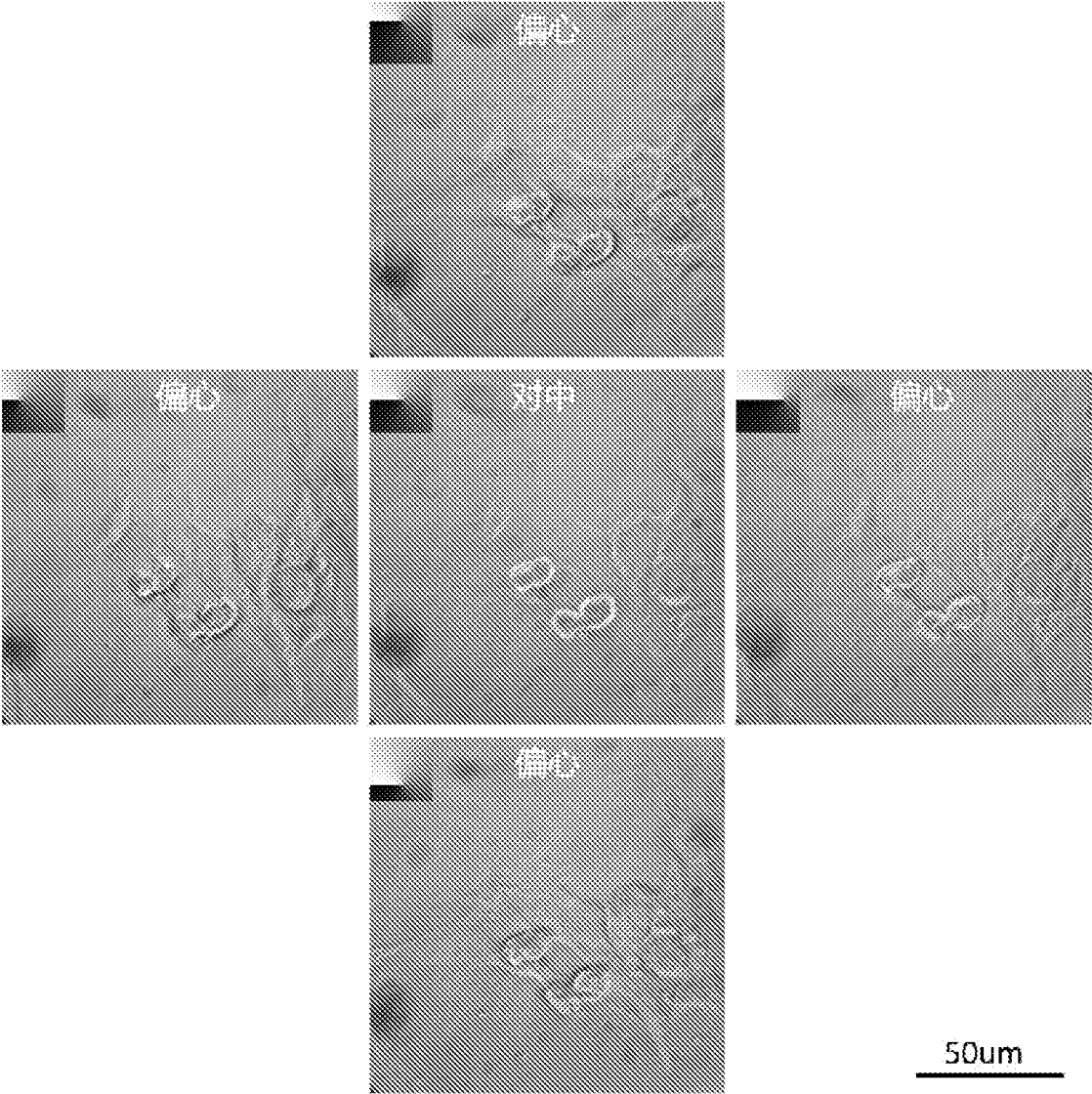


图 25

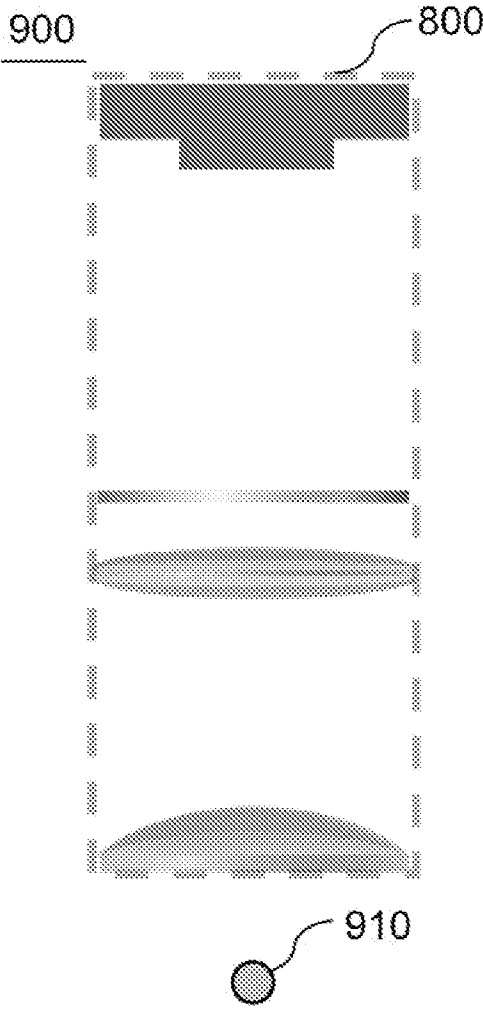


图 26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/077834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B21/02(2006.01)i; G01N21/17(2006.01)i; G01N21/03(2006.01)i; G01N21/01(2006.01)i; G02B21/36(2006.01)i; G02B21/08(2006.01)i; G02B21/14(2006.01)i; G02B7/00(2021.01)i; G02B5/30(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) IPC: G02B G01N 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; WPABSC; ENTXTC; CNKI; VEN; WPABS; ENTXT: 成像, 透镜, 螺旋, 涡旋, 相位, 调制, 显微, 共轭, 对称, 浮雕, imaging, lens, spiral, vortex, phase, modulat+, microscopic, conjugate, symmetry, relief		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 117192757 A (NANJING UNIVERSITY) 08 December 2023 (2023-12-08) claims 1-17, description, paragraphs [0005]-[0092], and figures 1-10	1-40
PX	CN 117250744 A (NANJING UNIVERSITY) 19 December 2023 (2023-12-19) claims 1-13, description, paragraphs [0005]-[0075], and figures 1-10	1-40
PX	CN 117310961 A (NANJING UNIVERSITY) 29 December 2023 (2023-12-29) claims 1-10, description, paragraphs [0005]-[0059], and figures 1-6	1-40
X	JP 2016145874 A (CANON K.K.) 12 August 2016 (2016-08-12) description, paragraphs [0005]-[0050], and figures 1-10	1-40
A	JP 2009300486 A (RICOH K. K.) 24 December 2009 (2009-12-24) entire document	1-40
A	JP 2020201364 A (OLYMPUS CORP.) 17 December 2020 (2020-12-17) entire document	1-40
A	WO 2006072581 A1 (MEDIZINISCHE UNIVERSITAET INNSBRUCK et al.) 13 July 2006 (2006-07-13) entire document	1-40
☐ 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 22 May 2024		Date of mailing of the international search report 01 June 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/077834

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	117192757	A	08 December 2023	None			
CN	117250744	A	19 December 2023	None			
CN	117310961	A	29 December 2023	None			
JP	2016145874	A	12 August 2016	None			
JP	2009300486	A	24 December 2009	None			
JP	2020201364	A	17 December 2020	JP	7210385	B2	23 January 2023
WO	2006072581	A1	13 July 2006	None			

A. 主题的分类

G02B21/02(2006.01)i; G01N21/17(2006.01)i; G01N21/03(2006.01)i; G01N21/01(2006.01)i; G02B21/36(2006.01)i; G02B21/08(2006.01)i; G02B21/14(2006.01)i; G02B7/00(2021.01)i; G02B5/30(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)

IPC: G02B G01N

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;WPABSC;ENTXTC;CNKI;VEN;WPABS;ENTXT: 成像, 透镜, 螺旋, 涡旋, 相位, 调制, 显微, 共轭, 对称, 浮雕, imaging, lens, spiral, vortex, phase, modulat+, microscopic, conjugate, symmetry, relief

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 117192757 A (南京大学) 2023年12月8日 (2023 - 12 - 08) 权利要求1-17, 说明书第[0005]-[0092]段, 图1-10	1-40
PX	CN 117250744 A (南京大学) 2023年12月19日 (2023 - 12 - 19) 权利要求1-13, 说明书第[0005]-[0075]段, 图1-10	1-40
PX	CN 117310961 A (南京大学) 2023年12月29日 (2023 - 12 - 29) 权利要求1-10, 说明书第[0005]-[0059]段, 图1-6	1-40
X	JP 2016145874 A (CANON KK) 2016年8月12日 (2016 - 08 - 12) 说明书第[0005]-[0050]段, 图1-10	1-40
A	JP 2009300486 A (RICOH KK) 2009年12月24日 (2009 - 12 - 24) 全文	1-40
A	JP 2020201364 A (OLYMPUS CORP) 2020年12月17日 (2020 - 12 - 17) 全文	1-40
A	WO 2006072581 A1 (UNIV INNSBRUCK 等) 2006年7月13日 (2006 - 07 - 13) 全文	1-40

☐ 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5月22日

国际检索报告邮寄日期

2024年6月1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

周峰

电话号码 (+86) 0512-88997463

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/077834

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	117192757	A	2023年12月8日	无	
CN	117250744	A	2023年12月19日	无	
CN	117310961	A	2023年12月29日	无	
JP	2016145874	A	2016年8月12日	无	
JP	2009300486	A	2009年12月24日	无	
JP	2020201364	A	2020年12月17日	JP 7210385 B2	2023年1月23日
WO	2006072581	A1	2006年7月13日	无	