

# (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  
2019 年 12 月 12 日 (12.12.2019)



(10) 国际公布号  
**WO 2019/233178 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**G02F 1/13363** (2006.01) **G02F 1/137** (2006.01)  
**G02F 1/1337** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/082347
- (22) 国际申请日: 2019 年 4 月 12 日 (12.04.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201810583633.8 2018年6月7日 (07.06.2018) CN
- (71) 申请人: 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。
- (72) 发明人: 李燕 (LI, Yan); 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。 苏翼

凯 (SU, Yikai); 中国上海市闵行区东川路 800号, Shanghai 200240 (CN)。

(74) 代理人: 上海汉声知识产权代理有限公司等 (SHANGHAI HANGSOME INTELLECTUAL PROPERTY LTD. et al.); 中国上海市闵行区银都路3828弄56号307室, Shanghai 201108 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: OPTICAL ORIENTATION APPARATUS FOR ACHIEVING ARBITRARY DISTRIBUTION THROUGH SINGLE EXPOSURE AND METHOD FOR PREPARING OPTICAL ELEMENT

(54) 发明名称: 一次曝光实现任意分布的光取向装置及一种光学元件的制备方法

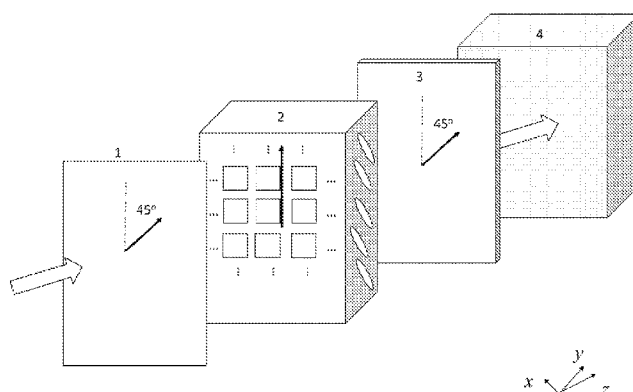


图 1

(57) Abstract: Disclosed are an optical orientation apparatus for achieving arbitrary distribution through single exposure and a method for preparing an optical element. The apparatus comprises a light source, a linear polarized membrane (1), a pixelated electrically-controlled phase delay device (2) and a phase delay wave plate (3) which are placed sequentially in space, wherein the light source is used for providing light required for optical orientation exposure; the linear polarized membrane (1) is used for changing the light emitted by the light source into linear polarized light, the polarization direction of which is parallel to the direction of a light transmission axis of the linear polarized membrane (1); the phase delay of each pixel of the pixelated electrically-controlled phase delay device (2) is respectively controlled by a corresponding voltage so as to generate a phase delay with arbitrary graph distribution; and the phase delay wave plate (3) is used for generating an unpixelated phase delay. By means of designing relative optical axis directions of the linear polarized membrane (1), the pixelated electrically-controlled phase delay device (2) and the phase delay wave plate (3) and a phase delay value of each phase delay device (2), polarization graphs with arbitrary shapes can be generated, and corresponding arrangement contours thereof are formed on a polarization sensitive medium (4).

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, 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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

---

(57) 摘要: 一次曝光实现任意分布的光取向装置及一种光学元件的制备方法, 包括在空间上顺序摆放的光源、线性极化膜 (1)、像素化电控相位延迟器件 (2) 和相位延迟波片 (3), 光源用于提供光取向曝光所需的光; 线性极化膜 (1) 用于将光源发出的光变成极化方向与线性极化膜 (1) 透光轴方向平行的线性极化光; 像素化电控相位延迟器件 (2) 的每个像素的相位延迟由对应的电压分别控制, 用于产生任意图形分布的相位延迟; 相位延迟波片 (3) 用于产生非像素化的相位延迟。通过设计线性极化膜 (1)、像素化电控相位延迟器件 (2)、相位延迟波片 (3) 的相对光轴方向, 和各个相位延迟器件 (2) 的相位延迟值, 可以生成任意形状的极化图, 并在极化敏感介质 (4) 上形成相应的排列轮廓。

## 一次曝光实现任意分布的光取向装置及一种光学元件的制备方法

### 技术领域

本发明涉及光学技术领域，特别涉及一次曝光实现任意分布的光取向装置及一种光学元件的制备方法。

### 背景技术

液晶由于其大光学各向异性、低功耗、轻巧、容易进行电、光、磁等方式调控等优点被广泛应用于液晶显示技术、可调液晶光子学器件等领域。但是要实现液晶的调控往往需要取向层帮助才能使液晶指向矢（局部液晶光轴的概率统计方向）按一定方向进行排列。传统的取向层一般靠在聚合物材料薄层材料上摩擦获得，该材料会造成污染环境，且摩擦取向均匀性较差。最近，光取向技术，利用光的极化方向控制极化敏感介质排列方向，并进一步控制液晶指向矢方向的方法，日益成熟，并开始在一些商业产品上得到应用（如面内驱动的小尺寸液晶面板）。用非接触式的光控制液晶的取向，具有环保、易于实现，均匀性更好等优点，是液晶取向未来发展趋势。

光取向，相比于传统摩擦取向的另一个优点是可以实现不同区域液晶沿不同方向取向，因此可以应用于基于图形化相位延迟片的三维显示、安全保密文件显示、几何相位液晶全息图等方面。

几何相位全息图（GPH）可以看作由很多光轴在空间变化的相位延迟片拼接而成。它依靠光轴在空间中分布来形成相位在空间中分布，具有衍射效率高，对波长、角度不敏感等优点，可广泛应用于光束偏转、全息成像、增强现实眼镜等领域。几何相位全息图主要有以下几种制备方式：

第一种方法是利用两个旋性相反的圆极化光进行全息干涉，生成空间上极化方向变化的线极化光。当极化敏感介质暴露于干涉图案时，就根据光的极化方向进行相应排列。该种方式难以生成任意图形分布的光轴空间排列。

第二种方法是由紫外光经过一个或多个掩模板对极化敏感介质进行多次曝光实现。这种方法所形成的取向分布完全由掩模板图案决定。设计新的取向分布需要更换或者移动掩模板；紫外光的极化选择一般由机械转动线性极化膜实现；由于每次曝光只能实现一个极化方向的排列，需要的取向方向越多，需要曝光的次数越多。

另有一种数字微反射镜阵列器件（DMD）的方法，通过刷新 DMD 上的强度分布图，可以快速生成需要的掩模板图形，而不需要物理地生产新的掩模板，更容易实现各种形状的取向分布。但是他们仍然用机械旋转线性极化膜的方法来控制光的极化方向，因此仍然需要多次曝光才能完成复杂图案的光取向。

另有一种激光直写的光取向和几何相位全息图的制备方法。利用二维机械扫描和极性选择器，将全息图或者取向逐点曝光完成。全息图的分辨率越高，需要直写的次数越多。如分辨率为  $100 \times 100$ ，需要曝光 10000 次。

## 发明内容

为了克服现有技术中的不足，本发明提供一种曝光实现任意分布的光取向装置及一种光学元件的制备方法，通过设计线性极化膜、像素化电控相位延迟器件、相位延迟波片的相对光轴方向，和各个相位延迟器件的相位延迟值，可以生成任意形状的极化图，并在极化敏感介质上形成相应的排列轮廓。极化敏感介质又影响光学各向异性介质，生成任意形状的几何相位全息器件。

为了达到上述发明目的，解决其技术问题所采用的技术方案如下：

本发明公开了一种一次曝光实现任意分布的光取向装置，包括在空间上顺序摆放的光源、线性极化膜、像素化电控相位延迟器件和相位延迟波片，其中：

所述光源用于提供光取向曝光所需的光；

所述线性极化膜用于将所述光源发出的光变成极化方向与线性极化膜透光轴方向平行的线性极化光；

所述像素化电控相位延迟器件的每个像素的相位延迟由对应的电压分别

控制，用于产生任意图形分布的相位延迟；

所述相位延迟片用于产生非像素化的相位延迟。

进一步的，所述线性极化膜、像素化电控相位延迟器件和相位延迟波片部件之前、之后、任意两者之间均可加入一个或多个光学元件。

优选的，所述光学元件为透镜、透镜组、反射镜、衰减片、孔阑、相位延迟器件、偏振片、扩束器、滤光片、棱镜、光学窗口、光学基底、光束位移光学元件、衍射光学元件和/或偏振旋转器件。

进一步的，所述相位延迟波片的相位延迟在  $\pi/4+m\pi$  到  $3/4\pi+m\pi$  之间，其中， $m$  是整数。

优选的，所述相位延迟波片的相位延迟是  $\pi/2$  的奇数倍。

进一步的，所述线性极化膜的透光轴方向与垂直入射到所述像素化电控相位延迟器件中的非寻常光的极化方向成 30 度到 60 度范围的夹角，或者成负 60 度到负 30 度范围的夹角，或者成 120 度到 150 度范围的夹角，或者成负 150 度到负 120 度范围的夹角。

优选的，所述线性极化膜的透光轴方向与垂直入射到所述像素化电控相位延迟器件中的非寻常光的极化方向成 45 度、或者负 45 度、或者 135 度、或者负 135 度。

进一步的，所述线性极化膜的透光轴方向与所述相位延迟波片的慢轴方向成 30 度到 60 度范围的夹角，或者成负 60 度到负 30 度范围的夹角，或者成 120 度到 180 度范围的夹角，或者成负 180 度到负 120 度范围的夹角。

优选的，所述线性极化膜的透光轴方向与所述相位延迟波片的慢轴方向成 45 度、或者负 45 度、或者 135 度、或者负 135 度。

进一步的，所述像素化电控相位延迟器件为液晶器件，所述液晶器件的初始配相为两面水平配相、或者为两面竖直配相，或者一面是水平配相另一面是竖直配相。

进一步的，所述像素化电控相位延迟器件包括透射式和反射式。

进一步的，所述光源为紫外光或可见光。

进一步的，所述光源为激光或者 LED。

本发明另外公开了一种光学元件的制备方法，通过采用上述任意一项所

述的一次曝光实现任意分布的光取向装置进行制备，其中，所述光学元件包含极化敏感介质和光学各向异性介质，所述光学各向异性介质有局部光轴定向轮廓，可以呈任意形状分布，所述光学元件的具体制备过程包括以下步骤：

由光取向装置生成极化敏感介质中的光轴定向轮廓；

由极化敏感介质中的光轴定向轮廓决定光学各向异性介质的局部光轴定向轮廓。

进一步的，所述光学元件可用电压控制其电光特性。

进一步的，所述极化敏感介质、光学各向异性介质为两层分离的介质，或者为两种介质混合成一层，或者为既具有极化敏感特性又具有光学各向异性的同一种介质。

进一步的，所述极化敏感介质和光学各向异性介质均被光取向装置输出的光曝光；或，所述光学各向异性介质不被光取向装置输出的光曝光，而是曝光后加入到光学元件中。

进一步的，所述极化敏感介质为光取向材料或偶氮苯聚合物，所述光学各向异性介质为液晶、液晶聚合物或偶氮苯聚合物。

本发明由于采用以上技术方案，使之与现有技术相比，具有以下优点和积极效果：

通过设计线性极化膜、像素化电控相位延迟器件、相位延迟波片的相对光轴方向，和各个相位延迟器件的相位延迟值，可以生成任意形状的极化图，并在极化敏感介质上形成相应的排列轮廓。极化敏感介质又影响光学各向异性介质，生成任意形状的几何相位全息器件。本发明只需要一次曝光就可以实现任意形状的极化图和几何相位全息器件，大大简化了器件制备工艺；本发明通过精确地用电压控制像素化电控相位延迟器件上电压分布，只需要一次曝光，就可以控制光极化和各向异性介质局部光轴在任意方向的连续变化。本发明的任意形状极化图可以通过计算机控制像素化电控相位延迟器件，进行实时更新，不需要每次重新做光掩模板，大大降低了制作成本。

## 附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所

需要使用的附图作简单的介绍。显而易见，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。附图中：

图 1 为本发明实例 1 的装置示意图；

图 2 为本发明一些实例的装置示意图；

图 3 为本发明一些实例的光取向过程；

图 4 为本发明实例 2 的光取向过程；

图 5 为本发明实例 2 中采用一  $6 \times 5$  个像素的像素化电控液晶可调相位延迟器件生成的任意液晶光轴分布的几何相位全息图；

图 6 为本发明实例 2 中制备的一印有学校缩写的几何相位全息图照片；

图 7 为本发明可制备的具有连续变化的极化方向的几何相位光栅光轴分布图；

图 8 为本发明可制备的只有两个极化方向的几何相位光栅的光轴分布图。

#### 【主要符号标记】

1-线性极化膜；

2-像素化电控相位延迟器件；

3-相位延迟波片；

4-极化敏感介质；

5-分光棱镜；

6-反射式像素化电控相位延迟器件；

51-光取向层；

52-ITO 玻璃；

53-液晶；

54-极化敏感介质。

## 具体实施方式

以下将结合本发明的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述和讨论，显然，这里所描述的仅仅是本发明的一部分实例，并不是

全部的实例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

### 实施例一

如图 1 所示，本发明公开了一种一次曝光实现任意分布的光取向装置，包括在空间上顺序摆放的光源、线性极化膜 1、像素化电控相位延迟器件 2 和相位延迟波片 3，其中：

所述光源用于提供光取向曝光所需的光；

所述线性极化膜 1 用于将所述光源发出的光变成极化方向与线性极化膜 1 透光轴方向平行的线性极化光；

所述像素化电控相位延迟器件 2 的每个像素的相位延迟由对应的电压分别控制，用于产生任意图形分布的相位延迟；

所述相位延迟片用于产生非像素化的相位延迟。

本实施例中，所述光源出射的光依次经过线性极化膜（偏振片）1、像素化电控相位延迟器件 2、相位延迟波片 3，然后入射到极化敏感介质 4。这里，图中用箭头画出了线性极化膜 1 的透光轴的方向，用箭头画出了在像素化电控相位延迟器件 2 中的非寻常光的极化方向，用箭头画出了相位延迟波片 3 的慢轴方向。以光的传播方向为 z 轴，以 1/4 波片的慢轴方向为 y 轴，以它的快轴方向为 x 轴，建立坐标系。线性极化片透光轴的方向也在 y 轴，像素化电控相位延迟器件 2 中的非寻常光的极化方向在 xy 平面内，且与 y 轴成 45 度角。

采用上述光取向装置后，只需要一次曝光就可实现极化敏感介质 4 中创建局部光轴定向轮廓，像素化电控相位延迟器件 2 的每个像素的相位延迟由对应的电压分别控制，入射到极化敏感介质 4 的为线偏振或椭圆偏振，其偏振方向或者椭圆极化长轴方向可以由像素化电控相位延迟器件 2 实现像素级控制。

进一步的，所述线性极化膜 1、像素化电控相位延迟器件 2 和相位延迟波片 3 部件之前、之后、任意两者之间均可加入一个或多个光学元件，其本质并不影响本装置实现任意形状的极化图。优选的，所述光学元件为透镜、透

镜组、反射镜、衰减片、孔阑、相位延迟器件、偏振片、扩束器、滤光片、棱镜、光学窗口、光学基底、光束位移光学元件、衍射光学元件和/或偏振旋转器件。特别地，当在像素化电控相位延迟器件 2 之后任意位置加入透镜组，可以将像素化电控相位延迟器件 2 出射的光斑进行放大和缩小。尤其缩小其光斑，也可以缩小像素化电控相位延迟器件 2 的像素的像，使得制备的几何相位全息图的空间分辨率得到提高。

进一步的，所述相位延迟波片 3 的相位延迟在  $\pi/4+m\pi$  到  $3/4\pi+m\pi$  之间，其中， $m$  是整数。优选的，所述相位延迟波片 3 的相位延迟是  $\pi/2$  的奇数倍，即其为  $1/4\lambda$  波片。

进一步的，所述线性极化膜 1 的透光轴方向与垂直入射到所述像素化电控相位延迟器件 2 中的非寻常光的极化方向成 30 度到 60 度范围的夹角，或者成负 60 度到负 30 度范围的夹角，或者成 120 度到 150 度范围的夹角，或者成负 150 度到负 120 度范围的夹角。优选的，所述线性极化膜 1 的透光轴方向与垂直入射到所述像素化电控相位延迟器件 2 中的非寻常光的极化方向成 45 度、或者负 45 度、或者 135 度、或者负 135 度。

进一步的，所述线性极化膜 1 的透光轴方向与所述相位延迟波片 3 的慢轴方向成 30 度到 60 度范围的夹角，或者成负 60 度到负 30 度范围的夹角，或者成 120 度到 180 度范围的夹角，或者成负 180 度到负 120 度范围的夹角。优选的，所述线性极化膜 1 的透光轴方向与所述相位延迟波片 3 的慢轴方向成 45 度、或者负 45 度、或者 135 度、或者负 135 度。

进一步的，所述像素化电控相位延迟器件 2 为液晶器件，所述液晶器件的初始配相为两面水平配相、或者为两面竖直配相，或者一面是水平配相另一面是竖直配相。

进一步的，所述光源为紫外光或可见光，可实现极化敏感介质 4 的曝光。

进一步的，所述光源为激光或者 LED。当所述光源选用激光时，其光源准直性好，能量高。当所述光源选用 LED 时，其光源为非准直光，具有体积小、价格低的特点。

进一步的，所述像素化电控相位延迟器件 2 包括透射式和反射式。本实施例中，所述像素化电控相位延迟器件 2 可连接计算机进行相位延迟分布设

计，并可进行实时刷新。

在一些实施例中，像素化电控相位延迟器件 2 为水平配相的透射式液晶器件，且液晶为  $\Delta\epsilon > 0$  的正性液晶，则：

当电压为零时，相位延迟，即非常光和寻常光的相位差是最大值。其值约为  $\delta = 2\pi\Delta n d/\lambda$ ，其中， $\Delta n$  是液晶的双折射率， $d$  是液晶盒厚， $\lambda$  是入射光的波长；

随着某个像素对应的电压的逐渐增大时，液晶指向矢越来越从水平排列逐渐转向竖直排列，使得该像素相位延迟  $\delta$  随着电压逐渐减小；

当电压足够大时，液晶指向矢完全竖直排列，相位延迟  $\delta$  为 0。

对于入射光来说，经过了极化片、像素化电控相位延迟器件 2 的相位延迟为  $\delta$  的一像素、1/4波片后，其偏振的琼斯矩阵表达为：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\delta} \end{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{xin} \\ E_{yin} \end{bmatrix} = jE_{yin} \begin{bmatrix} -\sin\frac{\delta}{2} \\ \cos\frac{\delta}{2} \end{bmatrix}$$

根据计算结果可以发现，出射光为线性极化光，它的极化方向相对于线性极化片的透光轴方向（y 轴）转过了  $-\delta/2$  的角度，它的强度由入射光的 y 分量决定。

当像素化电控相位延迟器件 2 的最大相位延迟为  $2\pi$ ，最小相位延迟为 0 的时候，就可以实现 0-180 度的任意角度的极化旋转。

因此根据上面计算结果，就可以使出射光形成像素化的任意极化分布。即出射光局部区域（一个像素对应的区域）是具有相同极化方向的线性极化光，不同局部区域（不同像素对应的区域），可以实现不同方向极化的线性极化光。

实际中，由于误差的原因，出射光的每一点可能是一个椭圆极化光，但是其椭圆极化光的长轴方向类似地由像素化电控相位可调器件，实现任意图形化的分布。

现在的液晶显示技术、硅基液晶技术可以用薄膜晶体管阵列驱动几百万个像素电控液晶可调相位延迟器件，并且与计算机高度兼容，可以直接在计

计算机上指定任意像素的灰度，使得像素化电控相位延迟器件 2 中生成相应的电压分配，并进一步生成任意相撞的相位延迟 $\delta$ 分布，最终生成任意极化方向分布的出射光。

极化敏感介质 4，在足够光强曝光后，如甲基红分子在各个方向随机分布，但最终吸收长轴会与往极化方向（或者椭圆极化的长轴方向）垂直，以获得最稳定的状态，进而在极化敏感记录介质上分子排列轮廓也由前述的像素化电控相位延迟器件 2 决定。

在一些实施例中，像素化电控相位延迟器件 2 为垂直配相的透射式液晶器件，且液晶为 $\Delta\epsilon < 0$  的负性液晶。同样不同电压可以产生不同的相位延迟 $\delta$ 。

在本发明的一些实施例中像素化电控相位延迟器件 2 可以是反射式的，如图 2 所示。光经过图 2 中所示的装置，光源发出的光依次经过线性极化膜 1、分光棱镜 5、反射式像素化电控相位延迟器件（硅基液晶调制器）6、分光棱镜 5、1/4 波片 3 后，在极化敏感记录介质 4 处生成任意图形化的排列轮廓。这里反射式像素化电控可调相位延迟器件相比于图 1 中的透射式像素化电控可调相位延迟器件，在相同材料、液晶盒厚条件下，产生 2 倍的极化旋转。

## 实施例二

本发明另外公开了一种光学元件的制备方法，通过采用上述任意一项所述的一次曝光实现任意分布的光取向装置进行制备，其中，所述光学元件包含极化敏感介质 4 和光学各向异性介质，所述光学各向异性介质有局部光轴定向轮廓，即局部光轴定向沿着其表面在至少一个方向上改变，可以呈任意形状分布，所述光学元件的具体制备过程包括以下步骤：

由光取向装置生成极化敏感介质 4 中的光轴定向轮廓；

由极化敏感介质 4 中的光轴定向轮廓决定光学各向异性介质的局部光轴定向轮廓。

进一步的，所述光学元件可用电压控制其电光特性。

进一步的，所述极化敏感介质 4、光学各向异性介质为两层分离的介质，或者为两种介质混合成一层，或者为既具有极化敏感特性又具有光学各向异性的同一种介质。如极化敏感介质 4 为光配相层 SD1，光学各向异性介质为液晶属于第一种情况；极化敏感介质 4 为甲基红，光学各向异性介质为液晶属

于第二种情况；有些偶氮苯聚合物，同时具有极化敏感和光学各向异性的特点，属于第三种情况。

进一步的，所述极化敏感介质 4 和光学各向异性介质均被光取向装置输出的光曝光；或，所述光学各向异性介质不被光取向装置输出的光曝光，而是曝光后加入到光学元件中。

进一步的，所述极化敏感介质 4 为光取向材料或偶氮苯聚合物，可以根据入射光的极化方向，相应地改变分子的排列方向。所述光学各向异性介质为液晶、液晶聚合物或偶氮苯聚合物。

具体实施例中，我们用实施例 1 的装置来制备具有光轴定向轮廓的光学元件。该光学元件制备过程为，将液晶 53 和极化敏感介质 54 的混合物，如 E7 和甲基红的混合物，混合均匀后灌入成品液晶盒接受实施例 1 中的装置的曝光。这里，甲基红作为极化敏感介质 54，而 E7 液晶作为光学各向异性介质，成品液晶盒由两层氧化铟锡(Indium Tin Oxide, ITO)玻璃用间隔子控制盒厚，并用胶封住有效区域，留出前后两个小孔，用来注入液晶 53。由于从实施例 1 中形成的光具有偏振分布轮廓，导致液晶盒中不同区域的甲基红，也有不同的排列方向，并进而带动液晶 E7 指向矢有不同的排列方向。这样就可以制成液晶光轴在玻璃基板平面内任意形状变化的器件。这个曝光过程如图 4 所示，其中，52 是 ITO 玻璃，53 是液晶，54 是极化敏感介质。

特别地，当液晶盒的盒厚控制得当，当任意位置液晶的相位差均为固定值时，且液晶光轴方向在玻璃基板的二维平面中随着空间变化，就形成了一种几何相位全息图。

如图 5 所示为由一 6 X 5 个像素的像素化电控液晶可调相位延迟器件生成的任意局部光轴分布的几何相位全息图。

图 6 所示为一印有学校缩写的几何相位全息图。它的生成方法如下我们用计算机生成 “S” “J” “T” “U” 和背景。每个字母或背景都有不同的灰度。当这个灰度图投影到像素化可调相位延迟器件，不同字母或背景就对应有了不同极化方向的线性极化光。我们用 E7 和甲基红混合后灌入的液晶盒在接受曝光后，形成了不同区域有不同液晶光轴排列的图案。图 6 液晶盒

是在互相垂直的偏振片下进行转动得到的。我们可以看到，转到不同区域，“S” “J” “T” “U” 和背景的亮度会随着液晶盒旋转的角度发生变化，这是因为甲基红和液晶均按照我们给定的灰度图进行光轴方向排列的结果。因为所用光源是白光，而不是单色光，所以对比度不太高。

图 7 所示该方法可制备的具有连续变化的极化方向的几何相位光栅光轴分布图。如图 8 所示是只有两个极化方向的几何相位光栅的光轴分布图。我们用图 2 的装置，将 E7 和甲基红混合后的液晶盒曝光，得到如图 8 的光轴分布。为了证明液晶光轴确实有如此周期性排列，我们用不被甲基红吸收的红光（633nm）进行照射，观察到了明显的光栅衍射现象。

在一些实例中，所制备的几何相位全息图中的光学各向异性层是正性的液晶，可以施加垂直于基板的电压，让原本平行于基板的液晶光轴逐渐往平行于电场方向转动。这样就可以用电压调节几何相位全息图的局部相位差，从而调节其的电光特性。当电压加的很大时候，液晶光轴几乎垂直于基板，不产生任何相位延迟，因此几何相位全息图消失。但这种制作方法不局限于制备液晶器件。

在本发明的另一些制备方法实例中，记录物质极化敏感介质为光取向层 51，而光学各向异性介质为液晶。光取向层 51 被旋涂在 ITO 玻璃 52 上。两块涂了光取向层 51 的 ITO 玻璃 52，用间隔子控制间隔，再用 UV 胶封住，构成一个空液晶盒。光取向层 51 均在该空液晶盒内侧，用来排列液晶。将一个这样的空液晶盒子放在图 1 或者图 2 中极化敏感记录介质 4 处。就可以用计算机控制像素化电控相位延迟器件 2 每个像素的电压，进而控制光取向层 51 分子局部排列方向。曝光过程如图 3 所示，其中 51 为光取向层，52 为 ITO 玻璃。再将液晶灌入盒中，液晶就会根据光取向层的局部排列方向，而进行相应的液晶指向矢排列轮廓。液晶指向矢基本上平行于玻璃基板排列，而在面内的排列方向，由其对应区域的光取向层 51 排列决定。这样，我们可以制成液晶光轴在玻璃基板平面内任意形状变化的器件。

在本发明的一些实例中，在像素化电控相位调制器件与极化敏感介质之间，有光学系统，以将光束大小进行调整，以得到所需的曝光精度和面积。

一些实例中，用极化敏感聚合物即作为极化敏感介质，又具有光学各向

异性特性，也可以类似地生成几何相位全息图。

以上所述，仅为本发明较佳的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

## 权 利 要 求 书

1、一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在于，包括在空间上顺序摆放的光源、线性极化膜、像素化电控相位延迟器件和相位延迟波片，其中：

所述光源用于提供光取向曝光所需的光；

所述线性极化膜用于将所述光源发出的光变成极化方向与线性极化膜透光轴方向平行的线性极化光；

所述像素化电控相位延迟器件的每个像素的相位延迟由对应的电压分别控制，用于产生任意图形分布的相位延迟；

所述相位延迟片用于产生非像素化的相位延迟。

2、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在于，所述线性极化膜、像素化电控相位延迟器件和相位延迟波片部件之前、之后、任意两者之间均可加入一个或多个光学元件。

3、根据权利要求 2 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在于，所述光学元件为透镜、透镜组、反射镜、衰减片、孔阑、相位延迟器件、偏振片、扩束器、滤光片、棱镜、光学窗口、光学基底、光束位移光学元件、衍射光学元件和/或偏振旋转器件。

4、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在于，所述相位延迟波片的相位延迟在  $\pi/4 + m\pi$  到  $3/4\pi + m\pi$  之间，其中， $m$  是整数。

5、根据权利要求 4 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在于，所述相位延迟波片的相位延迟是  $\pi/2$  的奇数倍。

6、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在于，所述线性极化膜的透光轴方向与垂直入射到所述像素化电控相位延迟器件中的非寻常光的极化方向成 30 度到 60 度范围的夹角，或者成负 60 度到负 30 度范围的夹角，或者成 120 度到 150 度范围的夹角，或者成负 150 度到负 120 度范围的夹角。

7、根据权利要求 6 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置，其特征在

于, 所述线性极化膜的透光轴方向与垂直入射到所述像素化电控相位延迟器件中的非寻常光的极化方向成 45 度、或者负 45 度、或者 135 度、或者负 135 度。

8、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置, 其特征在于, 所述线性极化膜的透光轴方向与所述相位延迟波片的慢轴方向成 30 度到 60 度范围的夹角, 或者成负 60 度到负 30 度范围的夹角, 或者成 120 度到 180 度范围的夹角, 或者成负 180 度到负 120 度范围的夹角。

9、根据权利要求 8 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置, 其特征在于, 所述线性极化膜的透光轴方向与所述相位延迟波片的慢轴方向成 45 度、或者负 45 度、或者 135 度、或者负 135 度。

10、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置, 其特征在于, 所述像素化电控相位延迟器件为液晶器件, 所述液晶器件的初始配相为两面水平配相、或者为两面竖直配相, 或者一面是水平配相另一面是竖直配相。

11、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置, 其特征在于, 所述像素化电控相位延迟器件包括透射式和反射式。

12、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置, 其特征在于, 所述光源为紫外光或可见光。

13、根据权利要求 1 所述一次曝光实现任意分布的光取向装置, 其特征在于, 所述光源为激光或者 LED。

14、一种光学元件的制备方法, 其特征在于, 通过采用权利要求 1-13 中任意一项所述的一次曝光实现任意分布的光取向装置进行制备, 其中, 所述光学元件包含极化敏感介质和光学各向异性介质, 所述光学各向异性介质有局部光轴定向轮廓, 可以呈任意形状分布, 所述光学元件的具体制备过程包括以下步骤:

由光取向装置生成极化敏感介质中的光轴定向轮廓;

由极化敏感介质中的光轴定向轮廓决定光学各向异性介质的局部光轴定向轮廓。

15、根据权利要求 14 所述一种光学元件的制备方法, 其特征在于, 所述

光学元件可用电压控制其电光特性。

16、根据权利要求 14 所述一种光学元件的制备方法，其特征在于，所述极化敏感介质、光学各向异性介质为两层分离的介质，或者为两种介质混合成一层，或者为既具有极化敏感特性又具有光学各向异性的同一种介质。

17、根据权利要求 14 所述一种光学元件的制备方法，其特征在于，所述极化敏感介质和光学各向异性介质均被光取向装置输出的光曝光；或，所述光学各向异性介质不被光取向装置输出的光曝光，而是曝光后加入到光学元件中。

18、根据权利要求 14 所述一种光学元件的制备方法，其特征在于，所述极化敏感介质为光取向材料或偶氮苯聚合物，所述光学各向异性介质为液晶、液晶聚合物或偶氮苯聚合物。

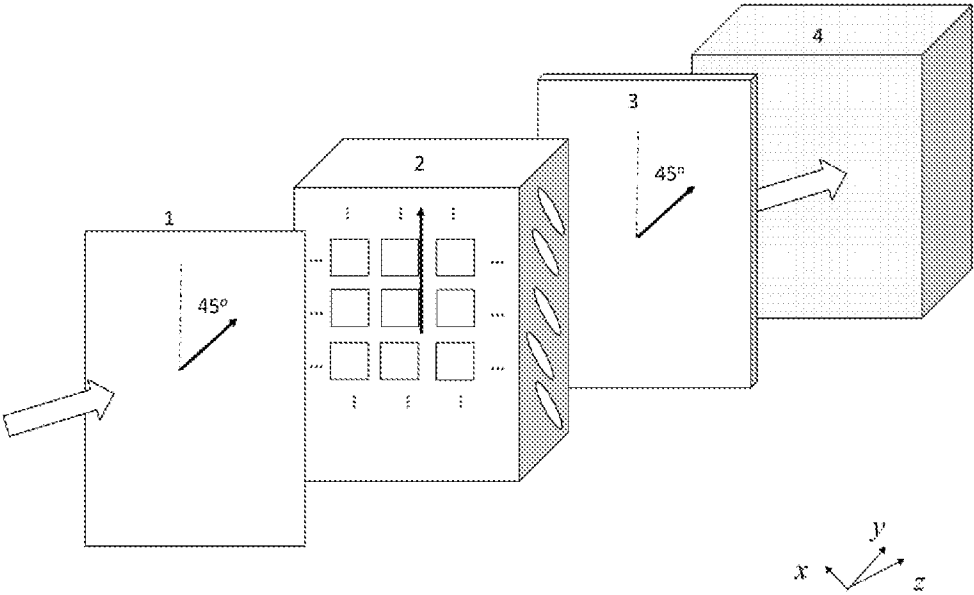


图 1

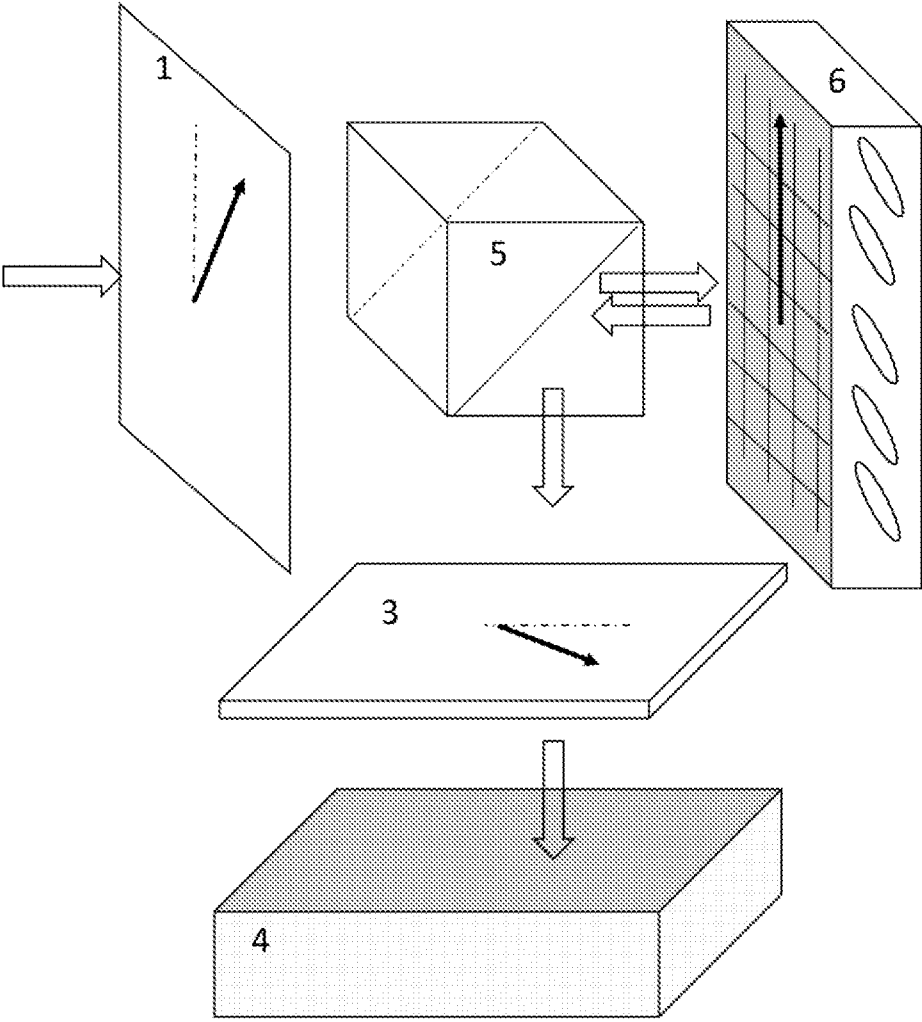


图 2

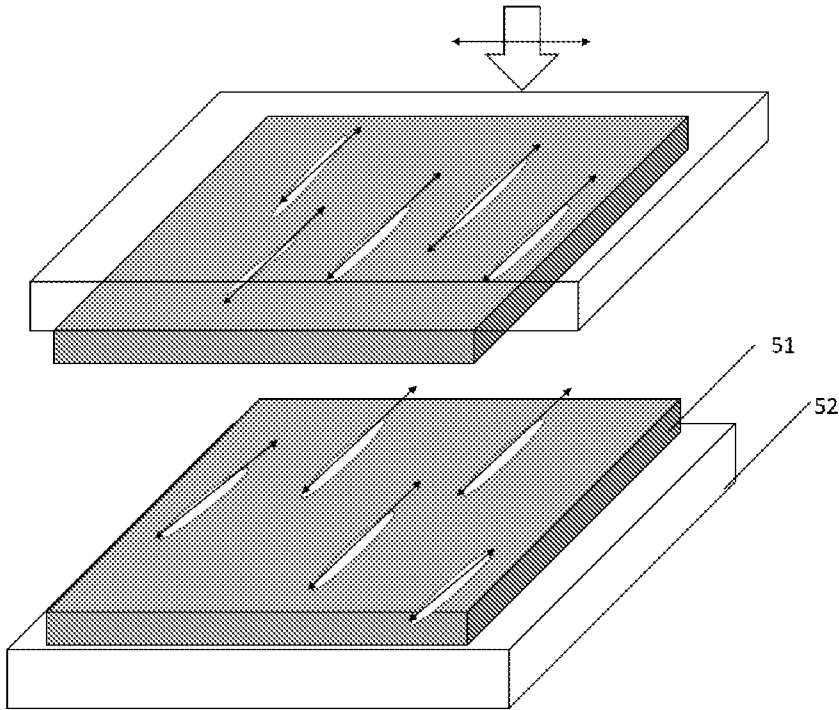


图 3

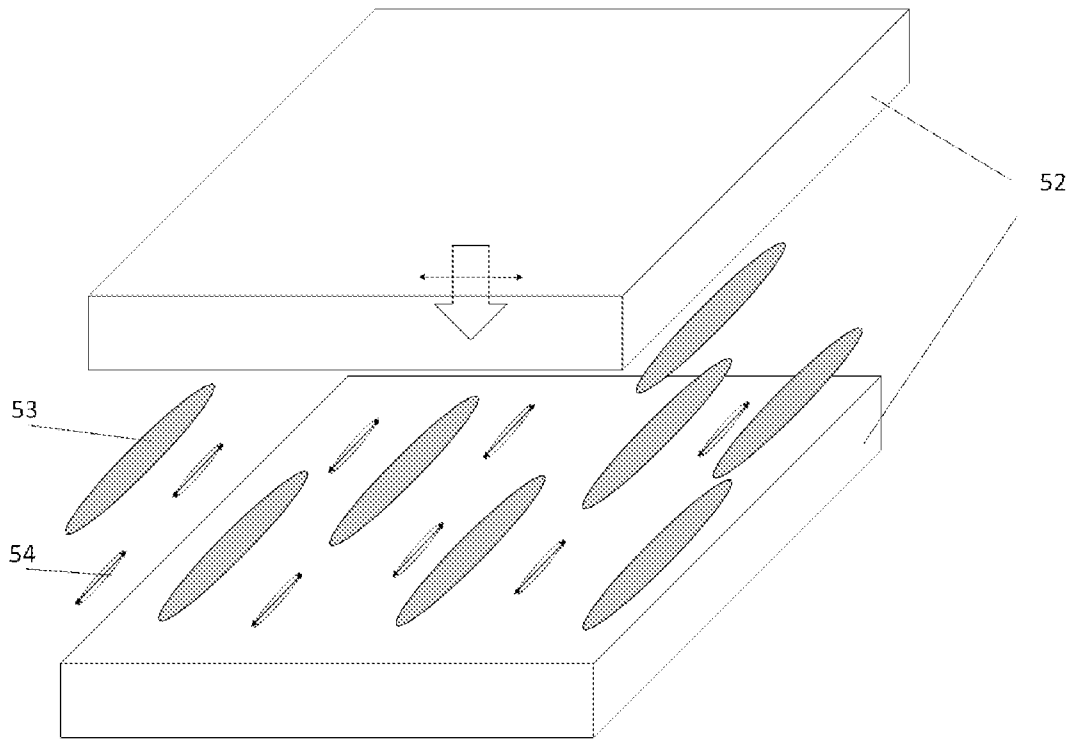


图 4

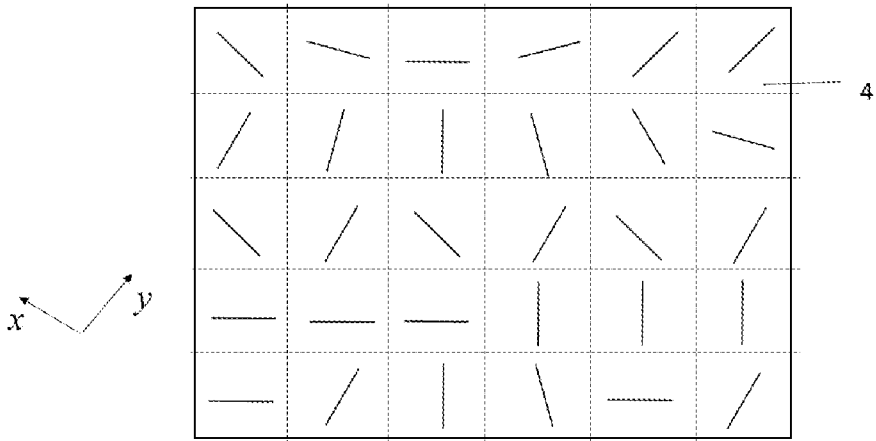


图 5

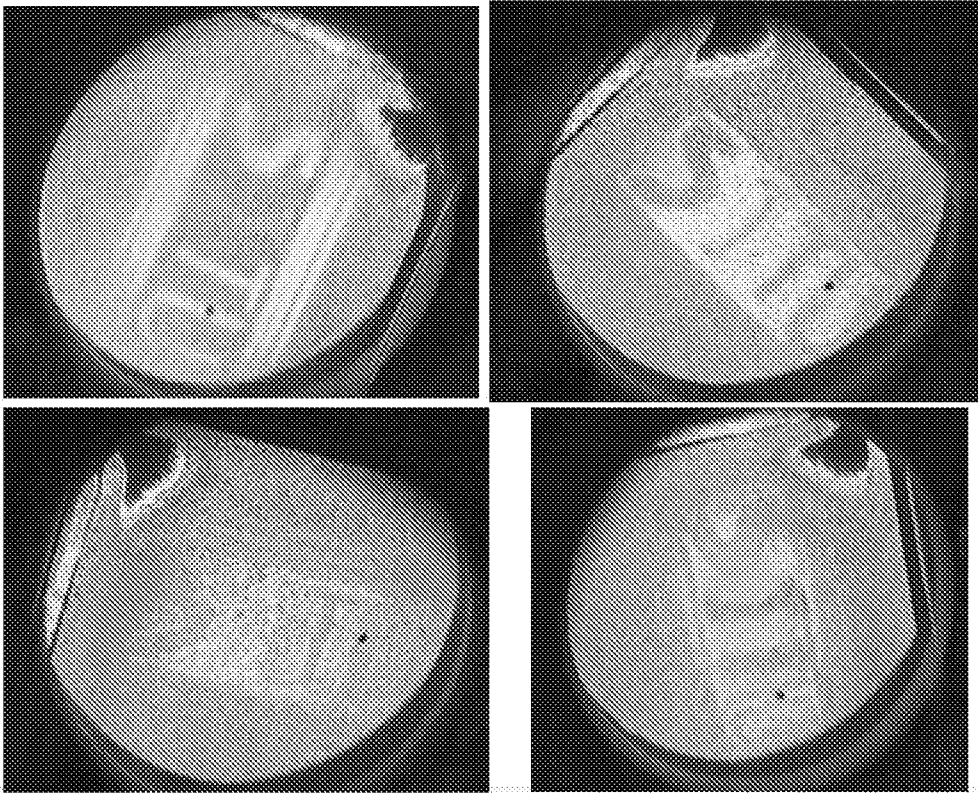


图 6

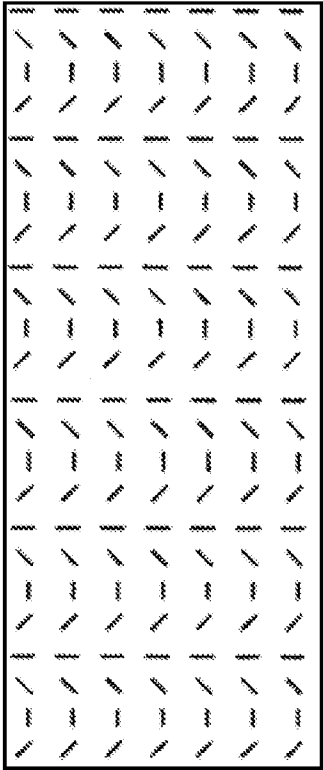


图 7

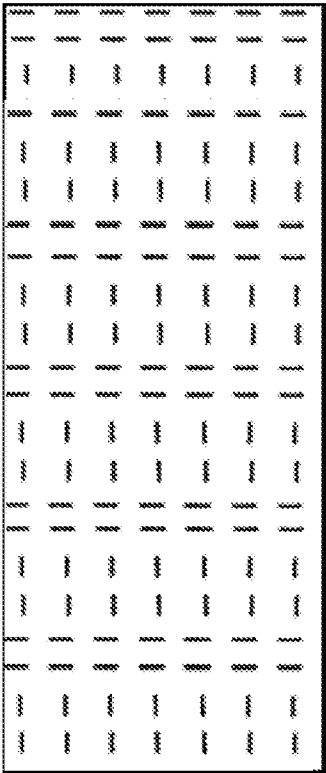


图 8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/082347

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G02F 1/13363(2006.01)i; G02F 1/1337(2006.01)i; G02F 1/137(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)

G02F

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)

CNKI, CNPAT, EPODOC, WPI: 上海交通大学, 李燕, 苏翼凯, 取向, 配向, 定向, 光致, 光控, 光敏, 紫外, 极化, 位相, 相位, 相位差, 延迟, 迟延, 补偿, 波片, 像素, 象素, 画素, 像元, 象元, 图案化, 图形化, 阵列, align???, orient????, PI, direct???, pre 1w tilt???, induc+, UV, ultraviolet, phase?, difference?, retard+, delay+, optic+, compensat+, pixel?, (picture or image) 1w element?, array?, pattern?, matrix

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | CN 102455522 A (THE HONG KONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 16 May 2012 (2012-05-16)<br>description, paragraphs [0020]-[0041], and figures 1-6 | 1-18                  |
| PX        | CN 108594538 A (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY) 28 September 2018 (2018-09-28)<br>claims 1-18                                                            | 1-18                  |
| A         | CN 104704406 A (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY) 10 June 2015 (2015-06-10)<br>entire document                                                          | 1-18                  |
| A         | US 2004201797 A1 (NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY) 14 October 2004 (2004-10-14)<br>entire document                                                      | 1-18                  |
| A         | EP 1146379 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 17 October 2001 (2001-10-17)<br>entire document                                               | 1-18                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 2019

Date of mailing of the international search report

27 June 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (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/CN2019/082347**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 102455522  | A  | 16 May 2012                          | US                      | 2012092668 | A1 | 19 April 2012                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2015079302 | A1 | 19 March 2015                        |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 102455522  | B  | 12 November 2014                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 9383607    | B2 | 05 July 2016                         |
| CN                                        | 108594538  | A  | 28 September 2018                    | CN                      | 208636625  | U  | 22 March 2019                        |
| CN                                        | 104704406  | A  | 10 June 2015                         | WO                      | 2014062615 | A2 | 24 April 2014                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 9690026    | B2 | 27 June 2017                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 6301937    | B2 | 28 March 2018                        |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2015532468 | A  | 09 November 2015                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2015331167 | A1 | 19 November 2015                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 2906974    | A2 | 19 August 2015                       |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 104704406  | B  | 29 August 2017                       |
| US                                        | 2004201797 | A1 | 14 October 2004                      | US                      | 2004213923 | A1 | 28 October 2004                      |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2004070264 | A  | 04 March 2004                        |
|                                           |            |    |                                      | TW                      | 565721     | B  | 11 December 2003                     |
| EP                                        | 1146379    | A1 | 17 October 2001                      | WO                      | 0033122    | A1 | 08 June 2000                         |
|                                           |            |    |                                      | TW                      | 468351     | B  | 11 December 2001                     |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/082347

## A. 主题的分类

G02F 1/13363(2006.01)i; G02F 1/1337(2006.01)i; G02F 1/137(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)

G02F

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))

CNKI, CNPAT, EP0D0C, WPI: 上海交通大学, 李燕, 苏翼凯, 取向, 配向, 定向, 光致, 光控, 光敏, 紫外, 极化, 位相, 相位, 相位差, 延迟, 迟延, 补偿, 波片, 像素, 象素, 画素, 像元, 象元, 图案化, 图形化, 阵列, align????, orient????, PI, direct???, pre 1w tilt???, induc+, UV, ultraviolet, phase?, difference?, retard+, delay+, optic+, compensat+, pixel?, (picture or image) 1w element?, array?, pattern?, matrix

## 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 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| X    | CN 102455522 A (香港科技大学) 2012年 5月 16日 (2012 - 05 - 16)<br>说明书第[0020]-[0041]段、图1-6              | 1-18    |
| PX   | CN 108594538 A (上海交通大学) 2018年 9月 28日 (2018 - 09 - 28)<br>权利要求1-18                             | 1-18    |
| A    | CN 104704406 A (北卡罗莱纳州立大学) 2015年 6月 10日 (2015 - 06 - 10)<br>全文                                | 1-18    |
| A    | US 2004201797 A1 (NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY) 2004年 10月 14日 (2004 - 10 - 14)<br>全文        | 1-18    |
| A    | EP 1146379 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 2001年 10月 17日 (2001 - 10 - 17)<br>全文 | 1-18    |

☐ 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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 6月 13日

国际检索报告邮寄日期

2019年 6月 27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

房元锋

电话号码 86-(10)-53962357

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/082347

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 102455522  | A  | 2012年 5月 16日   | US   | 2012092668 | A1 | 2012年 4月 19日   |
|             |            |    |                | US   | 2015079302 | A1 | 2015年 3月 19日   |
|             |            |    |                | CN   | 102455522  | B  | 2014年 11月 12日  |
|             |            |    |                | US   | 9383607    | B2 | 2016年 7月 5日    |
| CN          | 108594538  | A  | 2018年 9月 28日   | CN   | 208636625  | U  | 2019年 3月 22日   |
| CN          | 104704406  | A  | 2015年 6月 10日   | WO   | 2014062615 | A2 | 2014年 4月 24日   |
|             |            |    |                | US   | 9690026    | B2 | 2017年 6月 27日   |
|             |            |    |                | JP   | 6301937    | B2 | 2018年 3月 28日   |
|             |            |    |                | JP   | 2015532468 | A  | 2015年 11月 9日   |
|             |            |    |                | US   | 2015331167 | A1 | 2015年 11月 19日  |
|             |            |    |                | EP   | 2906974    | A2 | 2015年 8月 19日   |
|             |            |    |                | CN   | 104704406  | B  | 2017年 8月 29日   |
| US          | 2004201797 | A1 | 2004年 10月 14日  | US   | 2004213923 | A1 | 2004年 10月 28日  |
|             |            |    |                | JP   | 2004070264 | A  | 2004年 3月 4日    |
|             |            |    |                | TW   | 565721     | B  | 2003年 12月 11日  |
| EP          | 1146379    | A1 | 2001年 10月 17日  | WO   | 0033122    | A1 | 2000年 6月 8日    |
|             |            |    |                | TW   | 468351     | B  | 2001年 12月 11日  |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)