

(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
2020 年 7 月 9 日 (09.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/140392 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 1/00 (2006.01) *G02F 1/1337* (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01) *G02B 27/28* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/091154

(22) 国际申请日: 2019 年 6 月 13 日 (13.06.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910007580.X 2019 年 1 月 4 日 (04.01.2019) CN

(71) 申请人: 南方科技大学(SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 李贵新(LI, Guixin); 中国广东省深圳市南山区西丽南方科技大学第二科研楼 401, Guangdong 518055 (CN)。 刘言军(LIU, Yanjun); 中国广东省深圳市南山区西丽南方科技大学第二科研楼 401, Guangdong 518055 (CN)。 毛宁斌(MAO, Ningbin); 中国广东省深圳市南山区西丽南方科技大学第二科研楼 401, Guangdong 518055 (CN)。 刘萱(LIU, Xuan); 中国广东省深圳市南山区西丽南方科技大学第二科研楼 401, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司(BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路 39 号西金大厦 6 层, Beijing 100036 (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,

(54) Title: LINEARLY POLARIZED LIGHT CONVERSION ELEMENT, MANUFACTURING METHOD AND LINEARLY POLARIZED LIGHT CONVERSION SYSTEM

(54) 发明名称: 线偏振光转换元件、制备方法和线偏振光转换系统

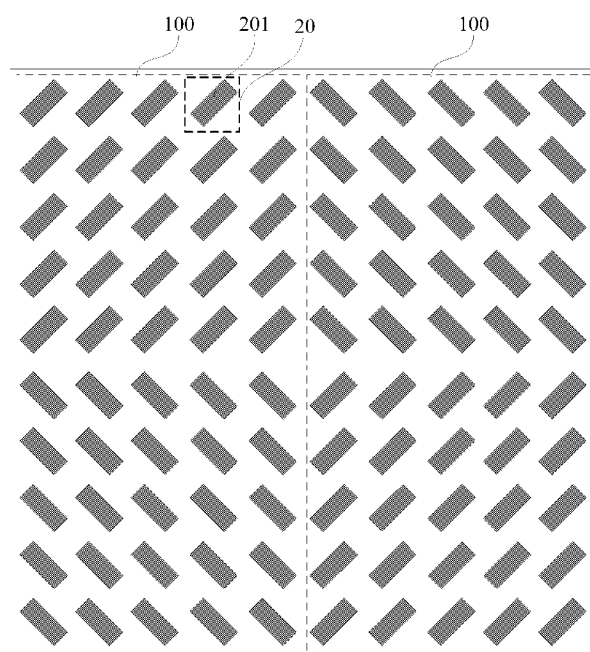


图 1

(57) Abstract: Provided are a linearly polarized light conversion element, a manufacturing method and a linearly polarized light conversion system. The linearly polarized light conversion element comprises: a substrate (1) and a metasurface (2) provided on the substrate (1). The metasurface (2) comprises at least one light field modulation region (100), each light field modulation region (100) comprises at least one metasurface function unit (20), and the metasurface function unit (20) comprises an anisotropic sub-wavelength

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, 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))。

structure (201). In a light field modulation region (100), the direction of a long axis of each sub-wavelength structure (201) is identical.

(57) 摘要: 提供了一种线偏振光转换元件、制备方法和线偏振光转换系统。线偏振光转换元件包括: 衬底 (1); 超构表面 (2), 位于衬底1) 上; 其中, 超构表面 (2) 包括至少一个光场调控区 (100), 每个光场调控区 (100) 包括至少一个超构表面功能单元 (20), 超构表面功能单元 (20) 包括各向异性的亚波长结构 (201), 在同一光场调控区 (100) 中, 每个亚波长结构 (201) 的长轴方向一致。

线偏振光转换元件、制备方法和线偏振光转换系统

本申请要求在2019年01月04日提交中国专利局、申请号为201910007580.X的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请实施例涉及超构表面技术领域，例如涉及一种线偏振光转换元件、制备方法和线偏振光转换系统。

背景技术

液晶是兼有液体和晶体两方面性质的独特材料,广泛用于各类液晶显示器。液晶分子在电场作用下，其排列结构会发生转变，同时其光学特性也会发生变化，这也是液晶显示的基础。液晶在显示屏里的有序排列是通过液晶与基板界面上的预取向来实现的，液晶取向就是为了达到这一目的而发展起来的技术。

目前液晶取向技术主要包括摩擦取向法和光控取向法等。液晶光控取向技术是一种通过偏振光照射来实现液晶取向的非接触式方法,不同于摩擦取向法,它具有无污染、无静电和易实现区域多取向等优点。光控取向技术利用光敏材料在紫外线偏光照射下发生定向光交联、异构化或光裂解反应进而诱导液晶分子定向排列。

然而，现有液晶光控取向技术大多数仅能实现均匀的取向分布。为实现可控的非均匀取向分布，往往需要复杂的光学系统，体积庞大，成本高。需要经过多次曝光完成，不利于实现大面积及高精度的液晶光子学器件制造。另外，基于空间光调制器和数控微镜阵列的实施方案难以实现高空间分辨率（比如 $1\mu\text{m}$ ）的液晶分子取向。

发明内容

有鉴于此，本申请提出一种线偏振光转换元件、制备方法和线偏振光转换系统，以实现光束偏振方向的调控，从而可便于实现高空间分辨率的液晶光控取向。

本申请实施例提供了一种线偏振光转换元件，包括：

衬底；

超构表面，位于所述衬底上；

其中，所述超构表面包括至少一个光场调控区，每个所述光场调控区包括至少一个超构表面功能单元，每个所述超构表面功能单元包括各向异性的亚波长结构，在同一所述光场调控区中，每个所述亚波长结构的长轴方向一致。

本申请实施例提供了一种线偏振光转换系统，包括激光器、光束整形器、线偏振片和本申请任一实施例的线偏振光转换元件；

所述激光器设置为提供激光光源；所述光束整形器设置为对所述激光器出射的激光进行整形；所述线偏振片设置为将整形后的激光变换成线偏振入射光，并传播至所述线偏振光转换元件的超构表面。

本申请实施例提供了一种线偏振光转换元件的制备方法，包括：

提供衬底；

在所述衬底上形成超构表面，其中，所述超构表面包括多个超构表面功能单元，所述超构表面功能单元包括各向异性的亚波长结构，所述亚波长结构基于线偏振入射光的偏振方向以及所需出射光的线偏振状态分布而排布。

附图概述

下面将通过参照附图详细描述本申请的示例性实施例，使本领域的普通技术人员更清楚本申请的上述及其他特征和优点，附图中：

图 1 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件的平面结构示意图；

图 2 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件的剖面结构示意图；

图 3 是本申请实施例提供的线偏振光转换系统的结构及原理示意图；

图 4 是本申请实施例提供的涡旋光束和参考光的叉形干涉图样；

图 5 是本申请实施例提供的一种亚波长结构的排布示意图；

图 6 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件的制备方法的流程图；

图 7 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件具体制备方法的流程图；

图 8-图 12 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件的制备方法中各工艺流程对应的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本申请的技术方案。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本申请，而非对本申请的限

定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部结构。

目前，一般光控取向法中，首先在衬底上涂敷光敏分子材料（光控取向层），然后用紫外偏振光照射光控取向层进而诱导液晶分子的取向。可通过变换光学掩模版和多次曝光的方法实现非均匀取向分布。而基于空间光调制器（Spatial Light Modulator, SLM）的光控取向法可根据需要灵活控制局部偏振光的偏振方向，从而灵活控制液晶分子取向。另外，基于数控微镜阵列（Digital Micro-mirror Device, DMD）的缩微投影系统，通过微机电系统（Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS）控制 DMD 上的单个像素(单个微镜)呈现不同的反转状态来实现动态掩模，来实现对液晶取向结构图案和取向方向的动态控制。

但上述光控取向法需要复杂的光学系统，体积庞大，成本高。需要经过多次曝光完成，不利于实现大面积、高精度的液晶光子学器件制造。且基于空间光调制器和数控微镜阵列的实施方案难以实现高空间分辨率（比如 $1\mu\text{m}$ ）的液晶分子取向。

本申请实施例提供了一种线偏振光转换元件，可实现对一线偏振入射光进行至少一种偏振方向的调控，产生具有亚波长空间分辨率的矢量光场分布（至少一种线偏振状态分布）。

图 1 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件的平面结构示意图；图 2 是本申请实施例提供的线偏振光转换元件的剖面结构示意图。该线偏振光转换元件适用于液晶光控取向技术，如图 1 和图 2 所示，本实施例提供的线偏振光转换元件包括：

衬底 1；

超构表面 2，位于衬底 1 上；

其中，超构表面 2 包括至少一个光场调控区 100，每个光场调控区 100 包括至少一个超构表面功能单元 20，超构表面功能单元 20 包括各向异性的亚波长结构 201，在同一光场调控区 100 中，每个亚波长结构 201 的长轴方向一致。

本实施例中，超构表面是由具有空间变化的超构表面功能单元（亚波长超构功能基元）构成的界面，可以有效调控光的偏振、振幅和相位；可用于实现高效率的光学全息成像、高数值孔径透镜和产生光学轨道角动量等。超构表面的二维属性降低了加工难度，并具有体积紧凑，损耗低的优势，与现有的互补金属氧化物半导体技术兼容。

上述光场调控区 100 可以理解为根据亚波长结构 201 的排布或所需出射光的线偏振状态分布对应划分的区域，在一个光场调控区 100 中，亚波长结构 201 的排布一致，经该光场调控区 100 出射的光的偏振方向一致，该光场调控区 100 的划分便于理解亚波长结构 201 的整体排布情况。上述衬底 1 的材料可以为硅、玻璃、或 ITO 等透明材料；亚波长结构 201 的形状为棒状或椭圆形。

基于上述技术方案，本实施例提供的线偏振光转换元件设计原理为：由贝里几何相位原理，即圆偏振光与各向异性的亚波长结构相互作用，可以使入射圆偏振光的圆偏振态发生反转同时引入几何相位因子 $e^{-2i\sigma\varphi}$ ，其中 $\sigma = \pm 1$ 代表入射光的圆偏振态； φ 是各向异性的亚波长结构在平面上的方位角（亚波长结构的长轴方向与入射至线偏振光转换元件的线偏振入射光的偏振方向之间的夹角），因而，通过简单改变各向异性的亚波长结构的方位角可实现对入射光相位从 $0-2\pi$ 的连续调控，且不同圆偏振状态的入射光引起的相位变化符号相反。而入射的线偏振光可分解为左旋圆偏振光和右旋圆偏振光，左旋圆偏振光和右旋圆偏振光经过亚波长结构产生大小相等，符号相反的相位变化，合成可再次形成线偏振光，且偏振方向为 2φ 。由此可以看出，通过简单改变各向异性的亚波长结构的方位角可实现对入射的线偏振光的偏振方向进行调控，而亚波长结构的方位角与亚波长结构的长轴方向及线偏振入射光的偏振方向相关，因此，在线偏振入射光的偏振方向一定时，根据所需出射光的线偏振状态分布，通过排布亚波长结构，即设置亚波长结构的长轴方向，便可实现对线偏振入射光的偏振方向的调控，使出射光满足所需出射光的线偏振状态分布。

在一实施例中，针对液晶光控取向技术，可根据所需液晶分子取向分布，确定用于曝光光控取向层的出射光的线偏振状态分布，其中，液晶分子的取向方向与出射光的线偏振方向一致。从而基于该出射光的线偏振状态分布确定亚波长结构的排布，进行制备具有该排布的亚波长结构的超构表面得到线偏振光转换元件。由此可在亚波长尺度控制液晶分子取向，实现了高空间分辨率的液晶光控取向。

本实施例利用超构表面设计线偏振光转换元件，通过将超构表面划分为至少一个光场调控区，每个光场调控区包括至少一个超构表面功能单元，每个超构表面功能单元包括一个各向异性的亚波长结构，且在同一光场调控区中，每个亚波长结构的长轴方向（排布）一致；由此，同一偏振方向的线偏振入射光经线偏振光转换元件的超构表面反射或透射后，基于每个光场调控区的亚波长

结构的排布，每个光场调控区可将对应入射的线偏振入射光经的偏振方向转换成另一偏振方向的光出射，从而实现了光束偏振方向的调控，且可稳定多次重复使用。同时，可根据所需的出射光的线偏振状态分布，设计超构表面中亚波长结构的排布，从而得到本申请的线偏振光转换元件，进而可利用该线偏振光转换元件，通过该线偏振光转换元件将线偏振入射光转换成至少一束线偏振光，对光控取向层的至少一个曝光场进行一次曝光，便可实现对光控取向层至少一种取向，进而实现对液晶分子相应的取向，工艺流程简单，成本低，且可在亚波长尺度控制液晶分子取向，实现了高空间分辨率的液晶光控取向。

在一实施例中，继续参考图 1，至少一个光场调控区 100 包括两个或多个光场调控区 100（图中示出了 4 个光场调控区 100），不同的光场调控区 100 中的亚波长结构 201 的长轴方向不同。

由此，同一线偏振入射光同时经过超构表面不同的光场调控区 100 后，可输出不同于线偏振入射光偏振方向的出射光，且对应不同光场调控区 100 的出射光的偏振方向不同，进而可同时产生多束矢量光场，增加单次曝光样品的数量，提高生产效率。在一实施例中，在利用该线偏振光转换元件对液晶分子进行光控取向时，仅通过一次曝光便可实现液晶分子的非均匀取向分布，减少了曝光次数，简化了光控取向的工艺流程。同时，基于上述贝里几何相位原理还可以看出，通过简单改变各向异性的亚波长结构的方位角可实现对入射光相位从 $0-2\pi$ 的连续调控，而入射光不同的相位可以引起反射光不同角度的偏转，进而可以通过设置亚波长结构的方位角来调节反射光的偏转角度。针对本实施例，在亚波长结构的方位角一定的情况下，在确定投影到光控取向层的曝光场的出射光的出射角度后，可结合射线光学及广义的反射定律确定入射至线偏振光转换元件（超构表面）的线偏振入射光的入射角。由此可通过调整线偏振入射光的入射角实现对出射光出射角的调节，以实现光控取向层的曝光场的曝光及对应液晶分子的取向。

需要说明的是，图 1 仅用于示例性的说明亚波长结构的排布情况，具体排布视实际情况而定。

另外，上述线偏振光转换元件可以通过对线偏振入射光的反射或透射实现对线偏振入射光偏振方向的调控，相应的，线偏振光转换元件中的超构表面可以为反射式超构表面或透射式超构表面。在一实施例中，针对反射式超构表面，超构表面/超构表面功能单元可包括金属反射层 202、介质层 203 和金属亚波长

结构 201 的叠层结构（参考图 2），或者超构表面功能单元可包括金属反射层和金属亚波长结构的叠层结构，或者超构表面功能单元可包括金属反射层和介质亚波长结构的叠层结构；针对透射式超构表面，超构表面功能单元可包括介质亚波长结构。本申请实施例对超构表面/超构表面功能单元的具体膜层结构不作限制，具体可视实际情况而定。

基于上述实施例，本申请的另一实施例提供了一种线偏振光转换系统，如图 3 所示，该线偏振光转换系统 10 包括激光器 101、光束整形器 102、线偏振片 103 和上述实施例提供的线偏振光转换元件 104。

其中，激光器 101 设置为提供激光光源；光束整形器 102 设置为对激光器 101 出射的激光进行整形；线偏振片 103 设置为将整形后的激光变换成线偏振入射光，并传播至线偏振光转换元件 104 的超构表面。

上述光束整形器 102 可以为高斯平顶光束转换器或者空间滤波准直系统。

在一实施例中，线偏振光转换系统 10 可以为液晶光控取向系统。此时，参考图 3，由激光器 101 发射的激光经光束整形器 102 和线偏振片 103 后形成线偏振入射光入射至线偏振光转换元件 104 的超构表面，参考上述任一实施例提供的线偏振光转换元件 104 的作用，线偏振光转换元件 104 可将线偏振入射光转换成满足需求的线偏振分布状态的出射光，并将出射光投影至预先旋涂到导电玻璃衬底 30 上的光控取向层 31，完成对光控取向层 31 的取向，从而实现对光控取向层 31 之间的液晶分子 32 的高分辨率空间排列分布。

本实施例所提供的线偏振光转换系统，包括本申请实施例所提供的线偏振光转换元件，具备相应的功能和有益效果。

另外，利用上述线偏振光转换系统制备的特殊的液晶光子学器件（如分束器），也可通过制备的液晶光子学器件产生与调控特殊光场（如涡旋光束、贝塞尔光束和艾里光束等）。

在一实施例中，以通过本申请的线偏振光转换系统制备可产生与调控涡旋光束的液晶光子学器件为例进行说明。涡旋光束具有螺旋形的等相位面，每个光子具有 $m\hbar$ 的轨道角动量，其中 m 为拓扑量子数，可以是任意的整数，表示轨道角动量指数，不同的值对应相互正交的角动量状态， $\hbar$ 为约化普朗克常量。涡旋光束中心是相位奇点，该处振幅为零，因此呈现出环形的光场分布。涡旋光束

在光镊、光通讯、超分辨成像、以及天文观测等领域具有广泛的应用。

基于全息的原理，涡旋光束和参考光（如高斯光束，理想的平面波）有角度的干涉时会得到叉形干涉图样（如图 4 所示）。此时，待制备的液晶光子学器件中的液晶分子的取向分布应呈图 4 所示的叉形干涉图样进行排布，进而可基于该叉形干涉图样设计亚波长结构的排布图案（如图 5 所示），然后利用具有图 5 所示的亚波长结构的超构表面定向液晶分子，可使液晶分子取向分布呈图 4 所示的叉形干涉图样，再用参考光照射即可产生涡旋光。

基于上述实施例，本申请又一实施例提供了一种线偏振光转换元件的制备方法，如图 6 所示，该线偏振光转换元件的制备方法包括：步骤 110 和步骤 120。

在步骤 110 中，提供衬底。

其中，衬底 1 的材料可以为硅、玻璃、或 ITO 等透明材料。

在步骤 120 中，在衬底上形成超构表面。

其中，超构表面包括多个超构表面功能单元，超构表面功能单元包括各向异性的亚波长结构，亚波长结构基于线偏振入射光的偏振方向以及所需出射光的线偏振状态分布而排布。

在一实施例中，在衬底上形成超构表面可包括：根据所需出射光的线偏振状态分布，确定超构表面上亚波长结构在平面上的方位角分布，其中，方位角为亚波长结构的长轴方向与入射至线偏振光转换元件的线偏振入射光的偏振方向之间的夹角；根据线偏振入射光的偏振方向及方位角分布，确定亚波长结构的排布图案；基于亚波长结构的排布图案，在衬底上至少形成亚波长结构。

在一实施例中，基于亚波长结构的排布图案，在衬底上至少形成亚波长结构可包括：在衬底上蒸镀形成依次层叠的金属反射层和介质层；在介质层远离衬底一侧的表面旋涂光刻胶或电子束胶；光刻光刻胶或电子束胶，以去除部分光刻胶或电子束胶，并在去除的光刻胶或电子束胶处形成亚波长结构的排布图案；整面蒸镀一层金属；溶解剩余光刻胶或电子束胶，去除蒸镀于光刻胶或电子束胶上的金属，以使剩余金属形成亚波长结构。

基于上述技术方案，在本申请的一应用实施例中，如图 7 所示，线偏振光转换元件的制备方法包括：步骤 210 至步骤 280。

在步骤 210 中，提供衬底。

在步骤 220 中，根据所需出射光的线偏振状态分布，确定超构表面上亚波

长结构在平面上的方位角分布。

其中，方位角为亚波长结构的长轴方向与入射至线偏振光转换元件的线偏振入射光的偏振方向之间的夹角。

根据所需出射光的线偏振状态分布，可确定超构表面上每个区域所出射光的偏振方向，由上述实施例中的贝里几何相位原理可知，出射光的偏振方向为亚波长结构的方位角的 2 倍，因此可确定超构表面上亚波长结构在平面上的方位角分布。

在步骤 230 中，根据线偏振入射光的偏振方向及方位角分布，确定亚波长结构的排布图案。

由于方位角为亚波长结构的长轴方向与入射至线偏振光转换元件的线偏振入射光的偏振方向之间的夹角，因此，在线偏振入射光的偏振方向一定的条件下，根据步骤 220 得到的方位角分布可确定超构表面上每个区域亚波长结构的长轴方向，进而确定亚波长结构的排布图案。

在步骤 240 中，在衬底上蒸镀形成依次层叠的金属反射层和介质层。

参考图 8，在衬底 1 上蒸镀形成依次层叠的金属反射层 202 和介质层 203。其中，金属反射层 202 的材料可以为铝或金，介质层 203 的材料可以为二氧化硅。在一实施例中，可采用热蒸镀或电子束蒸镀技术在衬底 1 上依次蒸镀金属反射层 202 和介质层 203。

在步骤 250 中，在介质层远离衬底一侧的表面旋涂光刻胶或电子束胶。

如图 9 所示，在介质层 203 远离衬底 1 一侧的表面旋涂光刻胶 40 或电子束胶。

在步骤 260 中，光刻光刻胶或电子束胶，以去除部分光刻胶或电子束胶，并在去除的光刻胶或电子束胶处形成亚波长结构的排布图案。

在一实施例中，如图 10 所示，采用紫外光刻曝光光刻胶 40，或者采用电子束光刻曝光电子束胶，再使用相应的显影液去除曝光的光刻胶 40 或电子束胶，以在去除的光刻胶 40 或电子束胶处形成亚波长结构的排布图案 200，最后对剩余光刻胶 40 或电子束胶进行清洗。

在步骤 270 中，整面蒸镀一层金属。

在一实施例中，如图 11 所示，采用电子束蒸镀工艺或热蒸镀工艺在介质层 203 表面和剩余光刻胶 40 或电子束胶表面蒸镀一层金属 50。

在步骤 280 中，溶解剩余光刻胶或电子束胶，去除蒸镀于光刻胶或电子束

胶上的金属，以使剩余金属形成亚波长结构。

在一实施例中，如图 12 所示，利用相应的去胶液去除剩余光刻胶 40 或电子束胶，使位于剩余光刻胶 40 或电子束胶上的金属随之脱落，进而保留介质层 203 表面的金属层，形成亚波长结构 201。

通过上述线偏振光转换元件的制备方法，可制备具有反射式超构表面的线偏振光转换元件，上述实施例仅示例性的描述了具有金属反射层 202、介质层 203 和金属亚波长结构 201 的反射式超构表面的制备方法，需要说明的是，本申请中线偏振光转换元件的反射式超构表面还可包括金属反射层和金属亚波长结构的叠层结构，或者金属反射层和介质亚波长结构的叠层结构，其具体制备方法可基于本实施例的线偏振光转换元件的制备方法合理性推出，此处不再赘述。

另外，本申请实施例还提供了一种具有透射式超构表面的线偏振光转换元件的制备方法，具体可包括如下步骤：步骤 310 至步骤 390。

在步骤 310 中，提供透明的衬底。

在步骤 320 中，根据所需出射光的线偏振状态分布，确定超构表面上亚波长结构在平面上的方位角分布。

在步骤 330 中，根据线偏振入射光的偏振方向及方位角分布，确定亚波长结构的排布图案。

在步骤 340 中，在透明的衬底上蒸镀或沉积介质层。

其中，介质层的材料可以为硅、氮化硅或二氧化钛。

在步骤 350 中，在介质层远离衬底一侧的表面旋涂光刻胶或电子束胶。

在步骤 360 中，光刻光刻胶或电子束胶，以去除部分光刻胶或电子束胶，并在去除的光刻胶或电子束胶处形成亚波长结构的排布图案。

在步骤 370 中，整面蒸镀一层保护层。

其中，保护层的材料可以为铬。

在步骤 380 中，溶解剩余光刻胶或电子束胶，去除蒸镀于光刻胶或电子束胶上的保护层。

在步骤 390 中，以剩余保护层为掩膜，对没有覆盖保护层的介质层进行刻蚀，并去除剩余保护层，以使剩余介质层形成亚波长结构。

在一实施例中，所需出射光的线偏振状态分布由待取向液晶的取向方向确定。由此，可基于待取向液晶的取向方向确定所需出射光的线偏振状态分布，进而制备用于液晶光控取向的液晶光控取向系统，可在亚波长尺度控制液晶分

子取向，实现高空间分辨率的液晶光控取向。

另外，本申请还可基于表面等离子激元共振原理，通过调整亚波长结构的参数（如长和宽）来提高超构表面的光学反射效率，进而提高线偏振入射光的利用率，减少线偏振入射光的损失。

权利要求书

1、一种线偏振光转换元件，包括：

衬底；

超构表面，位于所述衬底上；

其中，所述超构表面包括至少一个光场调控区，每个所述光场调控区包括至少一个超构表面功能单元，每个所述超构表面功能单元包括各向异性的亚波长结构，在同一所述光场调控区中，每个所述亚波长结构的长轴方向一致。

2、根据权利要求1所述的元件，其中，所述至少一个光场调控区包括至少两个光场调控区，不同的光场调控区中的所述亚波长结构的长轴方向不同。

3、根据权利要求1所述的元件，其中，所述超构表面功能单元包括以下任意一种：(i) 金属反射层、介质层和金属亚波长结构的叠层结构，(ii) 金属反射层和金属亚波长结构的叠层结构，(iii) 金属反射层和介质亚波长结构的叠层结构，以及(iv) 介质亚波长结构。

4、一种线偏振光转换系统，包括激光器、光束整形器、线偏振片和如权利要求1-3任一项所述的线偏振光转换元件；

所述激光器设置为提供激光光源；所述光束整形器设置为对所述激光器出射的激光进行整形；所述线偏振片设置为将整形后的激光变换成线偏振入射光，并传播至所述线偏振光转换元件的超构表面。

5、根据权利要求4所述的系统，其中，所述线偏振光转换系统为液晶光控取向系统。

6、一种线偏振光转换元件的制备方法，包括：

提供衬底；

在所述衬底上形成超构表面，其中，所述超构表面包括多个超构表面功能单元，所述超构表面功能单元包括各向异性的亚波长结构，所述亚波长结构基于线偏振入射光的偏振方向以及所需出射光的线偏振状态分布而排布。

7、根据权利要求6所述的方法，其中，在所述衬底上形成超构表面，包括：

根据所需出射光的线偏振状态分布，确定所述超构表面上所述亚波长结构在平面上的方位角分布，其中，方位角为所述亚波长结构的长轴方向与入射至所述线偏振光转换元件的线偏振入射光的偏振方向之间的夹角；

根据线偏振入射光的偏振方向及所述方位角分布，确定所述亚波长结构的排布图案；

基于所述亚波长结构的排布图案，在所述衬底上至少形成所述亚波长结构。

8、根据权利要求 7 所述的方法，其中，基于所述亚波长结构的排布图案，在所述衬底上至少形成所述亚波长结构，包括：

在所述衬底上蒸镀形成依次层叠的金属反射层和介质层；

在所述介质层远离所述衬底一侧的表面旋涂光刻胶或电子束胶；

光刻所述光刻胶或所述电子束胶，以去除部分所述光刻胶或所述电子束胶，并在去除的所述光刻胶或所述电子束胶处形成所述亚波长结构的排布图案；

整面蒸镀一层金属；

溶解剩余所述光刻胶或所述电子束胶，去除蒸镀于所述光刻胶或所述电子束胶上的金属，以使剩余金属形成所述亚波长结构。

9、根据权利要求 7 所述的方法，其中，基于所述亚波长结构的排布图案，在所述衬底上至少形成所述亚波长结构，包括：

在透明的衬底上蒸镀或沉积介质层；

在所述介质层远离所述衬底一侧的表面旋涂光刻胶或电子束胶；

光刻所述光刻胶或所述电子束胶，以去除部分所述光刻胶或所述电子束胶，并在去除的所述光刻胶或所述电子束胶处形成所述亚波长结构的排布图案；

整面蒸镀一层保护层；

溶解剩余所述光刻胶或所述电子束胶，去除蒸镀于所述光刻胶或所述电子束胶上的保护层；

以剩余所述保护层为掩膜，对没有覆盖所述保护层的介质层进行刻蚀，并去除剩余所述保护层，以使剩余所述介质层形成所述亚波长结构。

10、根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述所需出射光的线偏振状态分布由待取向液晶的取向方向确定。

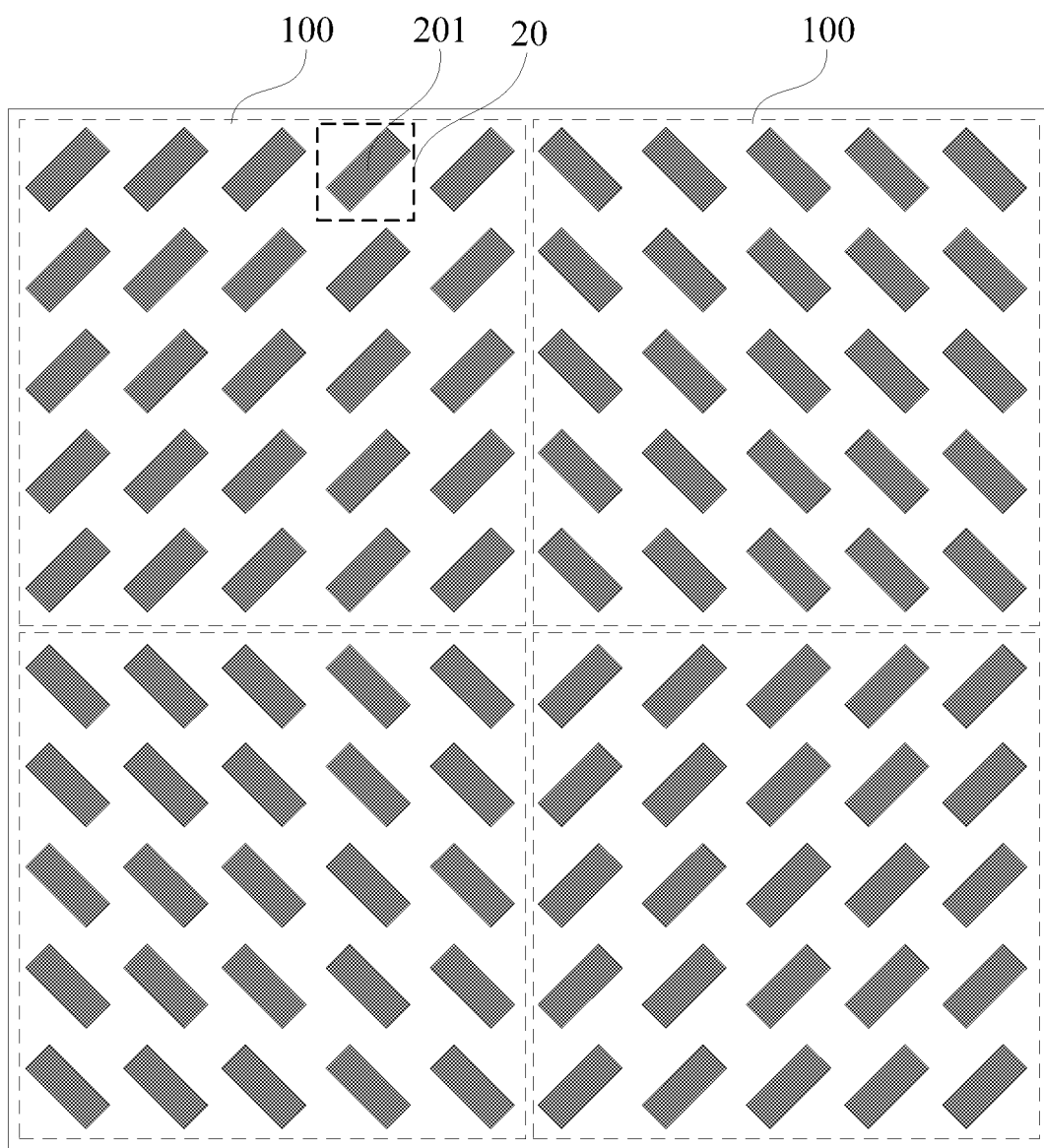


图 1

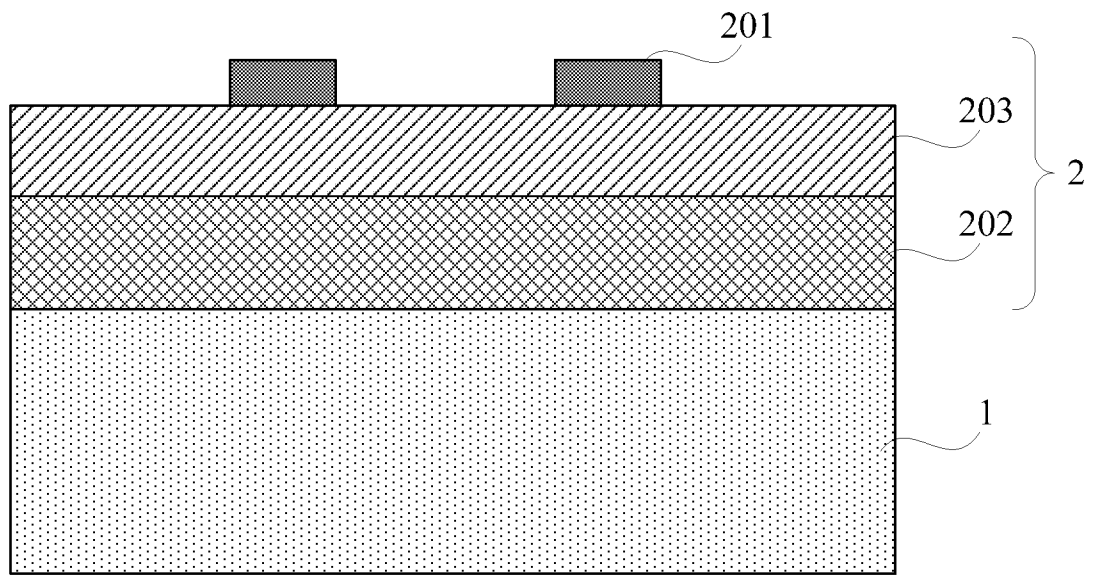


图 2

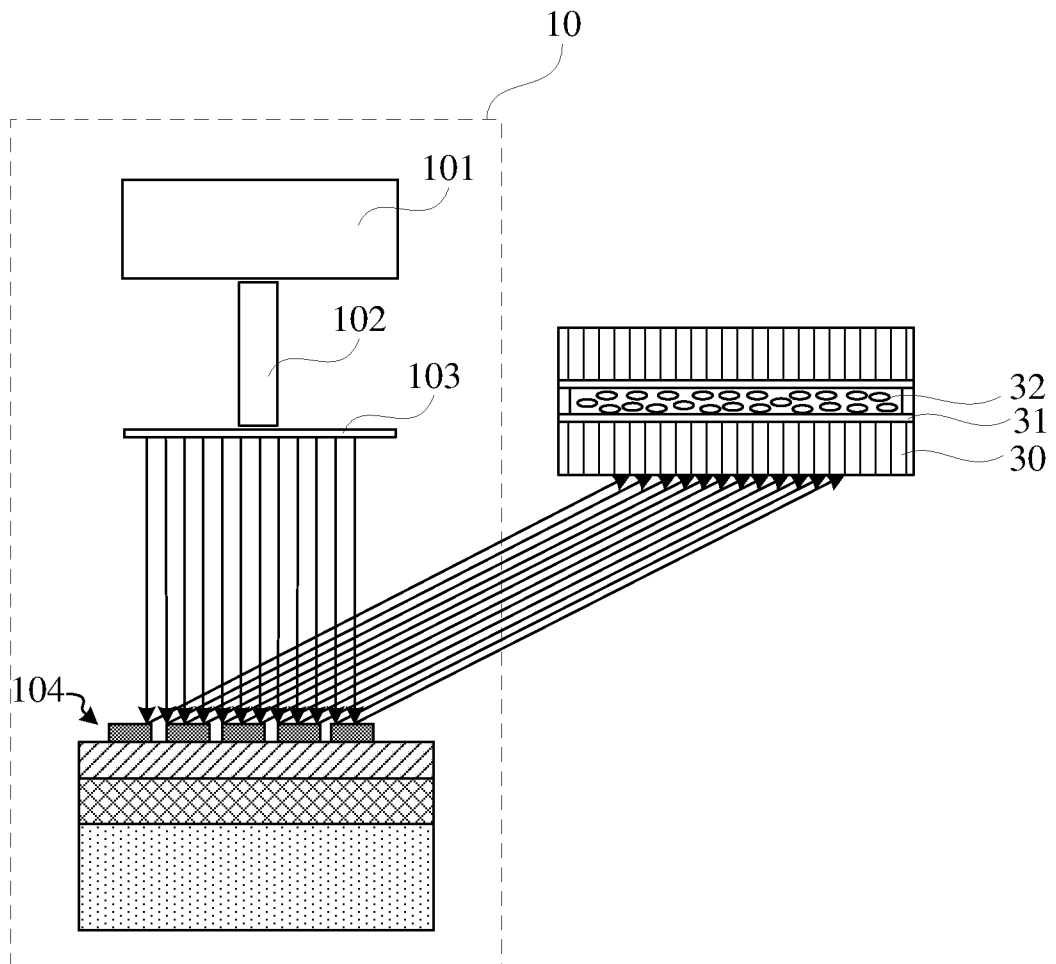


图 3

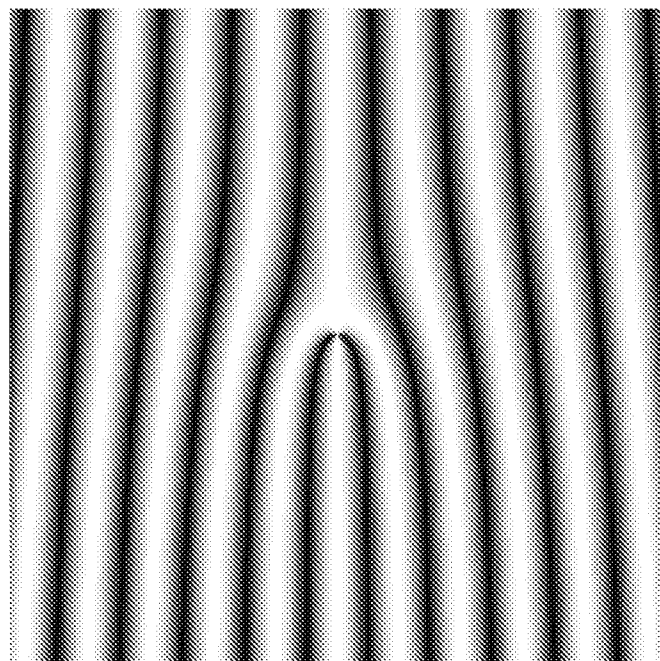


图 4

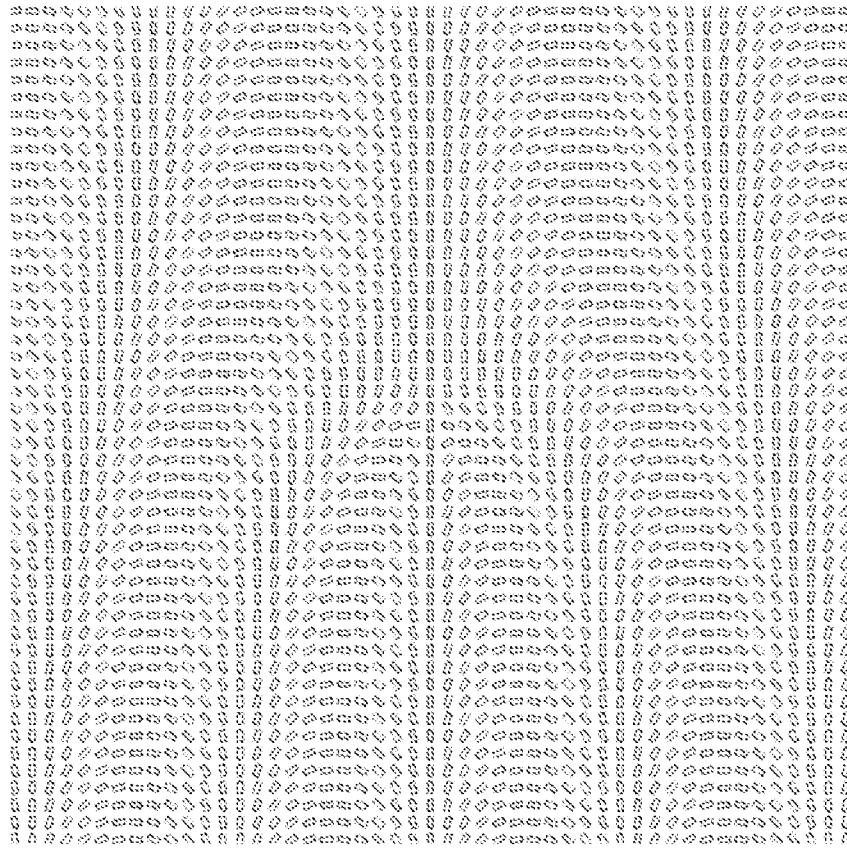


图 5

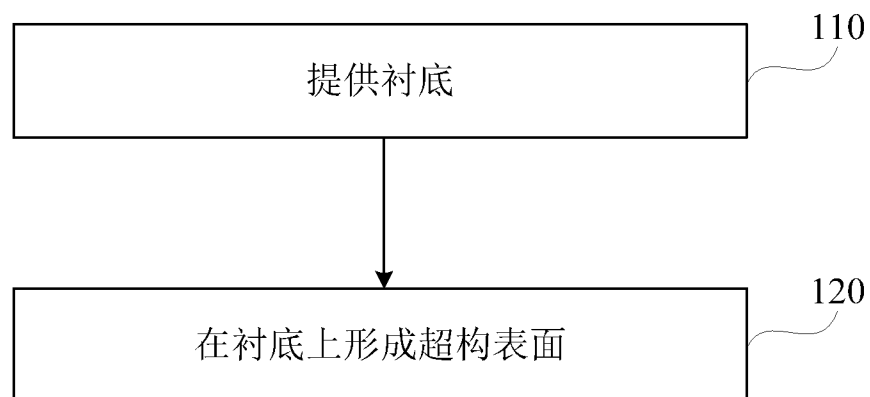


图 6

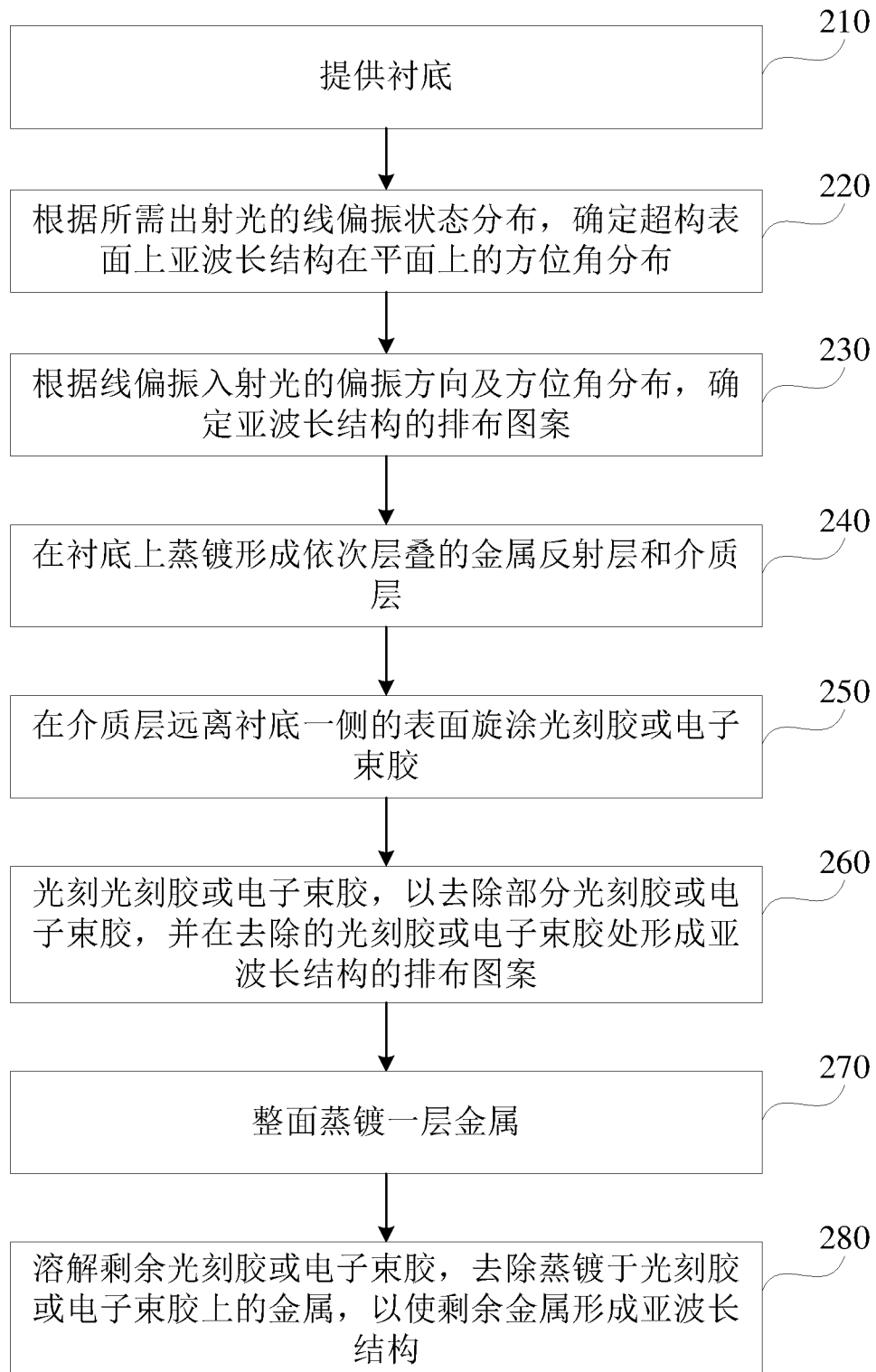


图 7

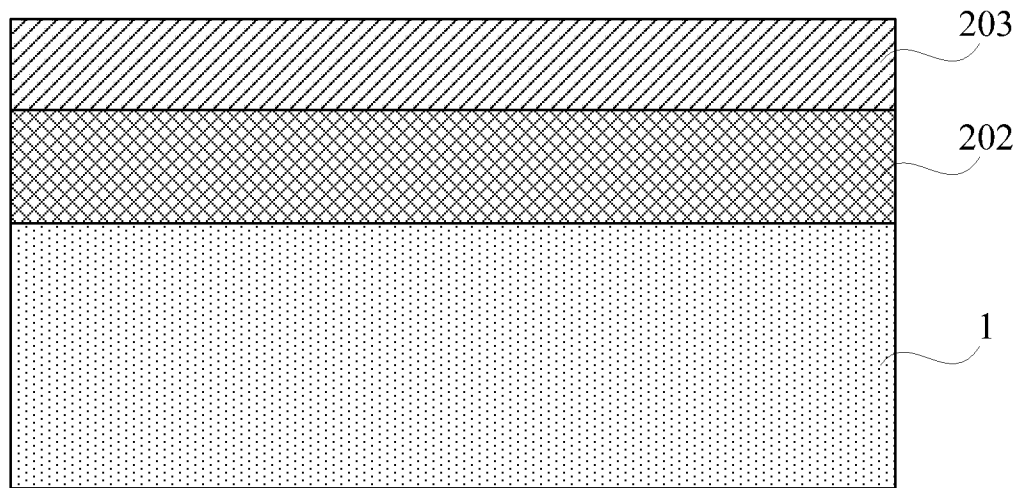


图 8

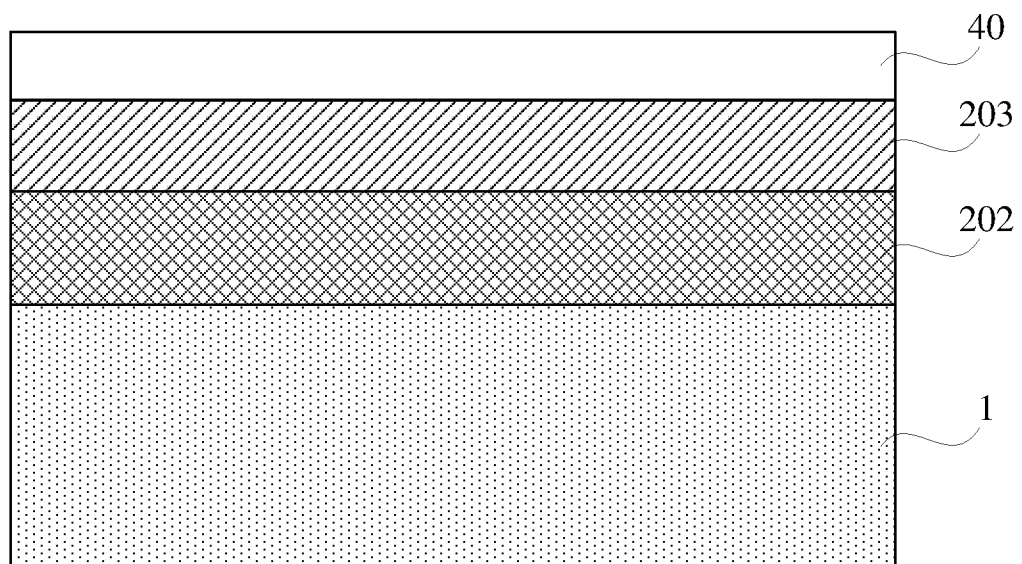


图 9

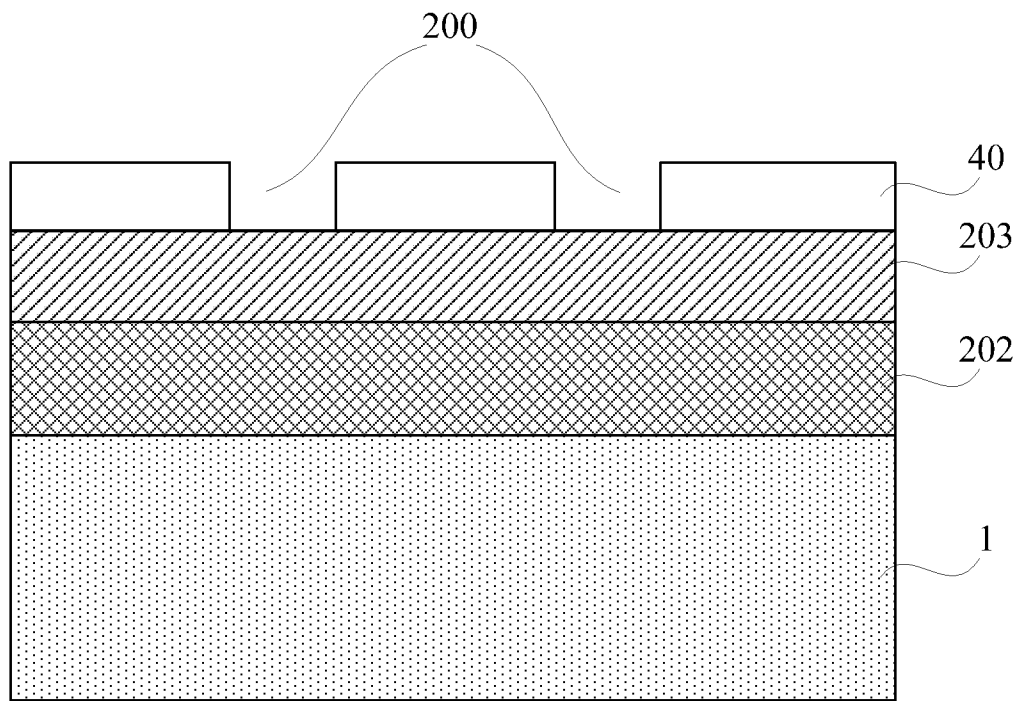


图 10

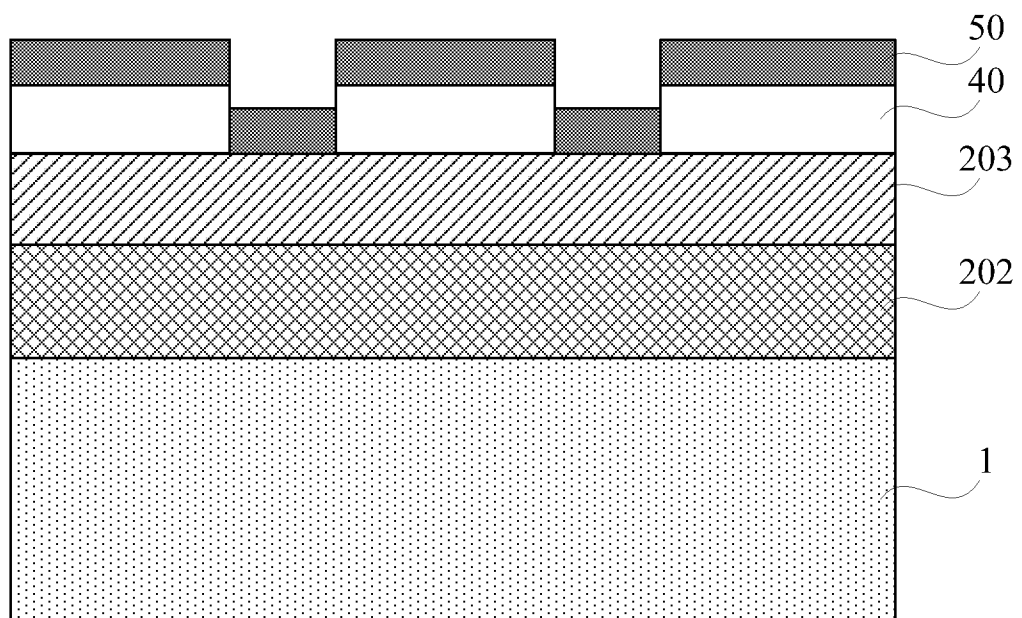


图 11

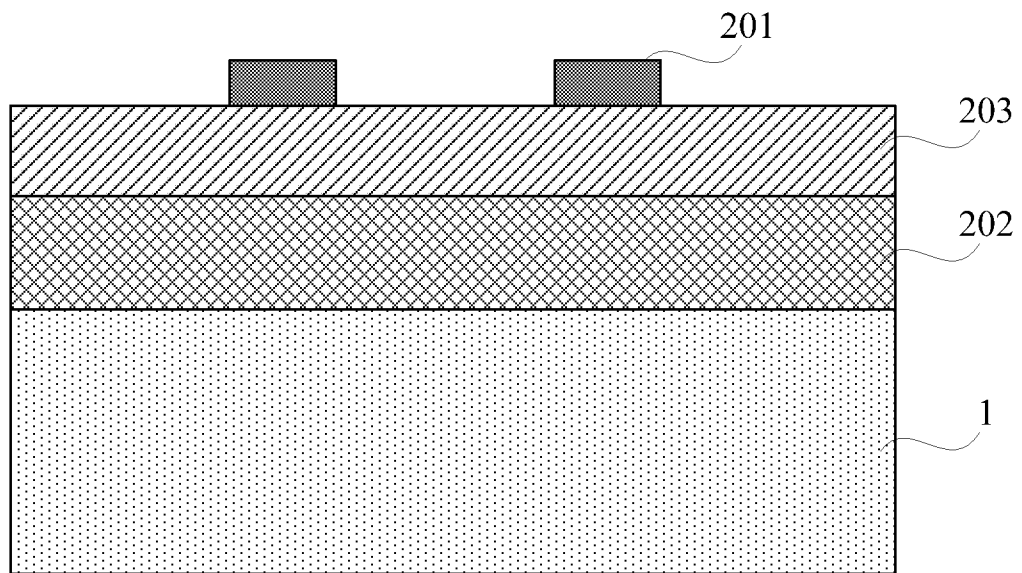


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/091154

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 1/00(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i; G02F 1/1337(2006.01)i; G02B 27/28(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)

G02B; 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)

VEN; CNTXT: surface, polar+, align+, 方位角, orient+, 超, substrate?, field, ultra+, 线偏振, angle??, super+, linear+, nano+, 亚波长, direct+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 107272216 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 20 October 2017 (2017-10-20) description, paragraphs 46-70, and figures 1-4	1-10
X	CN 108490603 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 04 September 2018 (2018-09-04) description, paragraphs 41-56, and figures 1-5	1-10
PX	CN 109581548 A (SOUTH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 05 April 2019 (2019-04-05) description, particular embodiments	1-10
A	CN 103792605 A (NANJING UNIVERSITY) 14 May 2014 (2014-05-14) entire document	1-10
A	US 2011134520 A1 (ADVANCED MICRO DEVICES INC.) 09 June 2011 (2011-06-09) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

“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

27 September 2019

Date of mailing of the international search report

09 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
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/CN2019/091154

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107272216	A	20 October 2017	None			
CN	108490603	A	04 September 2018	None			
CN	109581548	A	05 April 2019	None			
CN	103792605	A	14 May 2014	None			
US	2011134520	A1	09 June 2011	US	8537464	B2	17 September 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/091154

A. 主题的分类 G02B 1/00(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i; G02F 1/1337(2006.01)i; G02B 27/28(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) G02B; 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)) VEN;CNTXT:surface, polar+, align+, 方位角, orient+, 超, substrate?, field, ultra+, 线偏振, angle??. super+, linear+, nano+, 亚波长, direct+																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 107272216 A (中国科学院半导体研究所) 2017年 10月 20日 (2017 - 10 - 20) 说明书第46-70段, 图1-4</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108490603 A (北京理工大学) 2018年 9月 4日 (2018 - 09 - 04) 说明书第41-56段, 图1-5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109581548 A (南方科技大学) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书具体实施方式部分</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103792605 A (南京大学) 2014年 5月 14日 (2014 - 05 - 14) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2011134520 A1 (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 2011年 6月 9日 (2011 - 06 - 09) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 107272216 A (中国科学院半导体研究所) 2017年 10月 20日 (2017 - 10 - 20) 说明书第46-70段, 图1-4	1-10	X	CN 108490603 A (北京理工大学) 2018年 9月 4日 (2018 - 09 - 04) 说明书第41-56段, 图1-5	1-10	PX	CN 109581548 A (南方科技大学) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书具体实施方式部分	1-10	A	CN 103792605 A (南京大学) 2014年 5月 14日 (2014 - 05 - 14) 全文	1-10	A	US 2011134520 A1 (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 2011年 6月 9日 (2011 - 06 - 09) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 107272216 A (中国科学院半导体研究所) 2017年 10月 20日 (2017 - 10 - 20) 说明书第46-70段, 图1-4	1-10																		
X	CN 108490603 A (北京理工大学) 2018年 9月 4日 (2018 - 09 - 04) 说明书第41-56段, 图1-5	1-10																		
PX	CN 109581548 A (南方科技大学) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 说明书具体实施方式部分	1-10																		
A	CN 103792605 A (南京大学) 2014年 5月 14日 (2014 - 05 - 14) 全文	1-10																		
A	US 2011134520 A1 (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 2011年 6月 9日 (2011 - 06 - 09) 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “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 2019年 9月 27日		国际检索报告邮寄日期 2019年 10月 9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 崔双魁 电话号码 62085581																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/091154

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	107272216	A	2017年 10月 20日	无	
CN	108490603	A	2018年 9月 4日	无	
CN	109581548	A	2019年 4月 5日	无	
CN	103792605	A	2014年 5月 14日	无	
US	2011134520	A1	2011年 6月 9日	US 8537464 B2	2013年 9月 17日