

(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
2012年8月9日 (09.08.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/103823 A2

- (51) 国际专利分类号:
H01P 1/18 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/072298
- (22) 国际申请日: 2012年3月14日 (14.03.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **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; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): **许牧 (XU, Mu)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **高磊 (GAO, Lei)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **苏翼凯 (SU, Yikai)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **李菲 (LI, Fei)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: **北京中博世达专利商标代理有限公司 (BEIJING ZBSD PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.)**; 中国北京市海淀区大柳树路 17 号富海大厦 B 座 501 室, Beijing 100081 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[见续页]

(54) Title: PHASE SHIFTER, COUPLER AND METHODS FOR THEIR PRODUCTION

(54) 发明名称: 一种移相器和耦合器及其制造方法

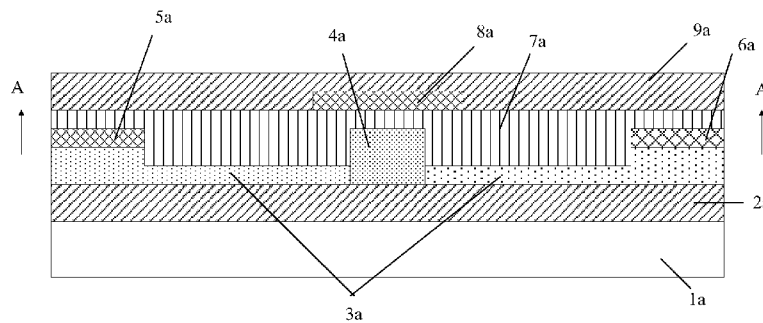
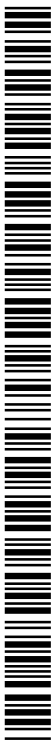


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A phase shifter, a coupler and methods for their production are provided by the embodiments of the present invention, which relates to the field of photonics, wherein the methods can reduce optical damage, improve the utilization ratio of the light field energy, and improve the response speed of device. The phase shifter comprises: a base silicon layer and an insulated layer covering the base silicon layer; a top silicon layer covering the insulated layer, wherein the top silicon layer includes two isolation grooves, which are separated by a common groove wall with each other, wherein the common groove wall is a waveguide, and the height of the waveguide is higher than the outside groove walls of the two isolation grooves; a first cathode metal layer and a second cathode metal layer covering two outside groove walls of the two isolation grooves respectively; an electro-optic polymer material layer covering the first cathode metal layer, the second cathode metal layer and the top silicon layer; an upper electrode formed on the top of the electro-optic polymer material layer, and the slits formed between the upper electrode and the waveguide and filled by the electro-optic polymer material layer; a second protect layer covering the upper electrode and the electro-optic polymer material layer. The embodiments of the present invention are applied to the electro-optic phase shift.

[见续页]



WO 2012/103823 A2



RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

— 不包括国际检索报告，在收到该报告后将重新公布(细则 48.2(g))。

本国际公布:

- 根据申请人的请求，在条约第 21 条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

(57) 摘要:

本发明实施例提供一种移相器和耦合器及其制造方法，涉及光子学领域，能够减小光学损耗、提高光场能量利用率并提高器件响应速度。该移相器包括：底层硅层和覆盖底层硅层的绝缘层；覆盖绝缘层的顶层硅层，顶层硅层包括两个隔离槽，两个隔离槽被公共槽壁隔开，该公共槽壁即波导，波导的高度高于两个隔离槽的外侧槽壁；分别覆盖两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层和第二阴极金属层；覆盖第一阴极金属层、第二阴极金属层和顶层硅层的电光聚合物材料层；形成在波导上方的电光聚合物材料层上方的上层电极，上层电极和波导之间形成有被电光聚合物材料层填充的狭缝；覆盖上层电极和电光聚合物材料层的第二保护层。本发明实施例应用于电光移相。

一种移相器和耦合器及其制造方法

技术领域

本发明涉及集成硅基光子学领域，尤其涉及一种移相器和耦合器及其制造方法。

背景技术

硅基移相器作为实现电信号-光信号转换的关键，是实现硅基高速调制的核心器件，在集成硅基光子学领域具有十分重要的意义，其研究工作已成为学术界和工业界的热点。对于硅材料，由于其本身缺乏线性电光效应，通常采用载流子色散效应来实现对折射率的调制以达到移相的目的。总体上看，在硅基器件中，折射率的改变主要依赖于自由载流子浓度的变化，它主要存在两方面问题：第一，普通硅基波导对光场的限制作用有限，调制效率不高，通常需要几十微米到几毫米长度级别的波导进行移相，极大地限制了硅基器件的高密度集成。第二，伴随载流子浓度变化而产生的自由载流子色散（FCD, free charge carriers dispersion）和自由载流子吸收（FCA, free charge carriers absorption）效应会对电光转换的响应时间造成延迟，极大地限制了硅基移相器速率的提升。

近年来，随着对表面等离子体效应研究的深入，出现了一些基于表面等离子体波导结构的移相器设计方案。然而，这些新型表面等离子体移相调制器的工作性能并不令人满意，主要原因可以归结于以下几个方面：第一，波导结构设计存在缺陷，加工工艺要求高，由等离子体效应带来的损耗较大，性能不稳定。第二，严重依赖硅基载流子效应，调制信号延迟大，畸变严重。

发明内容

本发明的实施例提供一种移相器和耦合器及其制造方法，采用

在金属上电极和掺杂硅电介质之间的缝隙填充具有电光效应的材料的结构，使得器件更加小型化、同时降低了载流子效应带来的不利影响提高了器件的响应速度。

为达到上述目的，本发明的实施例采用如下技术方案：

一方面，提供一种移相器，包括：

底层硅层和覆盖所述底层硅层的绝缘层；

覆盖所述绝缘层的顶层硅层，所述顶层硅层包括两个隔离槽，所述两个隔离槽被位于所述两个隔离槽之间的公共槽壁隔开，所述公共槽壁即波导，且所述波导的高度高于所述两个隔离槽的外侧槽壁；

分别覆盖所述两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层和第二阴极金属层；

覆盖第一阴极金属层、所述第二阴极金属层和所述顶层硅层的电光聚合物材料层；

形成在所述波导上方的所述电光聚合物材料层上方的上层电极，所述上层电极和所述波导之间形成有被所述电光聚合物材料层填充的狭缝；

覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

另一方面，提供一种耦合器，所述耦合器的输出端与所述移相器的输入端相吻合，所述耦合器包括：

底层硅层和覆盖所述底层硅层的绝缘层；

覆盖所述绝缘层的顶层硅层，所述顶层硅层包括两个隔离槽，所述两个隔离槽被位于所述两个隔离槽之间的公共槽壁隔开，所述公共槽壁即耦合器波导，其中所述耦合器波导的高度高于所述两个隔离槽的外侧槽壁，所述耦合器波导输入侧的宽度大于输出侧的宽度；

分别覆盖所述两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层和第二阴极金属层；

覆盖第一阴极金属层、所述第二阴极金属层和所述顶层硅层的

电光聚合物材料层；

形成在所述耦合器波导上方的所述电光聚合物材料层上方的上层电极，所述上层电极和所述波导之间形成有被所述电光聚合物材料层填充的狭缝；

覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

在一方面，提供一种移相器的制造方法，包括：

在具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片的顶层硅层上通过刻蚀形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽；

对所述中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子，形成波导；

对所述两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流子，形成波导阴极；

在所述两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层；

制作覆盖所述第一阴极金属层、所述第二阴极金属层、所述顶层硅层的电光聚合物材料层；

制作覆盖所述电光聚合物材料层上的第一保护层；

制作覆盖所述第一保护层的极化金属电极；

以所述极化金属电极作为阳极、以所述第一阴极金属层和第二阴极金属层作为阴极施加第一电场强度对所述电光聚合物材料层进行预定时长的预极化；

去除所述极化金属电极和所述第一保护层；

在所述波导上方的所述电光聚合物材料层上形成上层电极；

制作覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

又一方面，提供一种耦合器的制造方法，包括：

在具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片的顶层硅层上通过刻蚀形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽；

对所述中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子，形成耦合器波导；

对所述两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流

子，形成耦合器波导阴极；

在所述两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层；

制作覆盖所述第一阴极金属层、所述第二阴极金属层、所述顶层硅层的电光聚合物材料层；

制作覆盖所述电光聚合物材料层上的第一保护层；

制作覆盖所述第一保护层的极化金属电极；

以所述极化金属电极作为阳极、以所述第一阴极金属层和第二阴极金属层作为阴极施加第一电场强度对所述电光聚合物材料层进行预定时长的预极化；

去除所述极化金属电极和所述第一保护层；

在所述波导上方的所述电光聚合物材料层上形成上层电极；

制作覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

本发明的实施例提供一种移相器和耦合器及其制造方法，采用在金属上电极和掺杂硅电介质之间的缝隙填充具有电光效应的材料的结构，使得器件更加小型化、同时降低了载流子效应带来的不利影响提高了器件的响应速度。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，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。

图 1 为本发明实施例提供的移相器端面结构示意图；

图 2 为本发明实施例提供的图 1 所示的移相器 A-A 面的剖面结构示意图；

图 3 为本发明实施例提供的耦合器输出端端面结构示意图；

图 4 为本发明实施例提供的图 3 所示的耦合器 B-B 面的剖面结构示意图；

图 5 为本发明另一实施例提供的移相器端面结构示意图；

图 6 为本发明实施例提供的图 5 所示的移相器 A-A 面的剖面结构示意图；

图 7 为本发明另一实施例提供的耦合器输出端端面结构示意图；

图 8 为本发明实施例提供的图 7 所示的耦合器 B-B 面的剖面结构示意图；

图 9 为本发明实施例提供的一种移相器的制造方法流程示意图；

图 10a~10g 为本发明实施例提供的一种移相器的制造过程示意图；

图 11 为本发明实施例提供的一种耦合器的制造方法流程示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

结合图 1、2 所示，本发明实施例提供一种移相器，包括：

底层硅层 1a 和覆盖底层硅层 1a 的绝缘层 2a；覆盖绝缘层 2a 的顶层硅层，顶层硅层包括两个隔离槽 3a，两个隔离槽 3a 被位于两个隔离槽之间的公共槽壁隔开，公共槽壁即波导 4a，且波导 4a 的高度高于两个隔离槽 3a 的外侧槽壁；分别覆盖两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层 5a 和第二阴极金属层 6a；覆盖第一阴极金属层 5a、第二阴极金属层 6a 和顶层硅层的电光聚合物材料层 7a；形成在波导 4a 上方的电光聚合物材料层 7a 上方的上层电极 8a，上层

电极 8a 和波导 4a 之间形成有被电光聚合物材料层 7a 填充的狭缝；覆盖上层电极 8a 和电光聚合物材料层 7a 的第二保护层 9a。

本发明的实施例提供的种移相器，采用在金属上电极和掺杂硅电介质之间的缝隙填充具有电光效应的材料的结构，使得器件更加小型化、同时降低了载流子效应带来的不利影响提高了器件的响应速度。

需要说明的是，上层电极 8a 宽于波导 4a 的宽度；两个隔离槽的宽度相等、两个隔离槽的底部的厚度相等；波导 4a 的形状为长方体。

本发明实施例提供的移相器的结构中由于表面等离子体极化模式的特性，强化了电光聚合物材料狭缝对光场的限制作用，通过通过改变上层电极和波导上的电压来控制狭缝中电光聚合物材料的折射率进而实现对光场相位的调节，最终达到移相的目的。

结合图 3、4 所示，本发明实施例提供一种耦合器，该耦合器的输出端与图 1、2 提供的移相器的输入端相吻合，该耦合器包括：

底层硅层 1b 和覆盖底层硅层 1b 的绝缘层 2b；

覆盖绝缘层 2b 的顶层硅层，顶层硅层包括两个隔离槽 3b，两个隔离槽 3b 被位于两个隔离槽 3b 之间的公共槽壁隔开，公共槽壁即耦合器波导 4b，其中耦合器波导 4b 的高度高于两个隔离槽 3b 的外侧槽壁，耦合器波导 4b 输入侧的宽度大于输出侧的宽度；

分别覆盖两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层 5b 和第二阴极金属层 6b；

覆盖第一阴极金属层 5b、第二阴极金属层 6b 和顶层硅层的电光聚合物材料层 7b；

形成在耦合器波导 4b 上方的电光聚合物材料层 7b 上方的上层电极 8b，上层电极 8b 和耦合器波导 4b 波导之间形成有被电光聚合物材料层 7b 填充的狭缝；

覆盖上层电极 8b 和电光聚合物材料层 7b 的第二保护层 9b。

此外，上层电极 8b 宽于耦合器波导 7b 的最宽宽度；两个隔离

槽的宽度相等、两个隔离槽的底部的厚度相等。

这里，本发明实施例提供的耦合器从形状和结构上限制了只能配合应用于本发明所提供的移向器，为本发明提供的移相器提供输入光波。由于耦合器输出端和移相器的输入端相吻合，且层结构相同，耦合器的上层电极和耦合器波导可以提供与移相器狭缝中相同的电场强度，因此在光波进入耦合器时耦合器也起到了对光场的移相作用，虽然耦合器的长度相对移相器来说比较短，但是光波通过本发明实施例提供的耦合器进入移相器的设计，在一定程度上可以增强移相的效果，即可以在更低的电压改变量发生时便能达到良好的移相效果，从而降低了能耗。

具体的，结合图 5、6 所示本发明实施例给出一种移相器的实例，其中，优选的该移相器的上层电极的宽度为 1.5 微米、厚度为 200 纳米；两个隔离槽的宽度均为 2 微米，隔离槽底部的厚度均为 50 纳米。波导的高度为 150 纳米，波导的宽度为 400 纳米；移相器的长度为 10 微米；狭缝的高度为 20 纳米。

这时根据移相器的相位改变公式：

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} n^3 \gamma_{33} \frac{l}{d} \Gamma S \cdot \Delta V$$

可以得到相位随电压的改变量，在上述公式中， λ 为导入移相器的光波波长， n 为电光聚合物材料的折射率， γ_{33} 为电光聚合物材料的二阶非线性系数， l 为移相器的长度， d 为聚合物狭缝的高度， Γ 为狭缝中的光场能量所占的百分比， S 为波导中相速度与群速度的比值， ΔV 为电压值改变量， $\Delta\varphi$ 相位改变量。

结合图 7、8 所述，本发明实施例给出一种耦合器的实例，优选的该耦合器上层电极宽度为 1.5 微米、厚度为 200 纳米；两个隔离槽在输入端宽度均为 1.975 微米，在输出端宽度均为 2 微米，两个隔离槽底部的厚度均为 50 纳米；耦合器波导的高度为 150 纳米，耦合器波导在输入端宽度为 450 纳米、在输出端宽度为 400 纳米；耦合器的长度为 500 纳米，狭缝的高度为 20 纳米。

当然这里给出的只是移相器和耦合器的优选参数，只要本领域技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到参数的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

这里，本发明实施例提供的耦合器从形状和结构上限制了只能配合应用于本发明所提供的移向器，为本发明提供的移相器提供输入光波。

如图 9 所示为本发明实施例提供的移相器的制造方法，结合图 10a~10g 包括以下步骤：

S101a、在具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片的顶层硅层上通过刻蚀形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽。

这里，具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片也称作 SOI (Silicon-On-Insulator, 绝缘衬底上的硅) 硅片，其中中间绝缘层为氧化硅材料，如图 10a 所示，通过刻蚀工艺形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽。

S102a、对中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子，形成波导。

S103a、对两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流子，形成波导阴极。

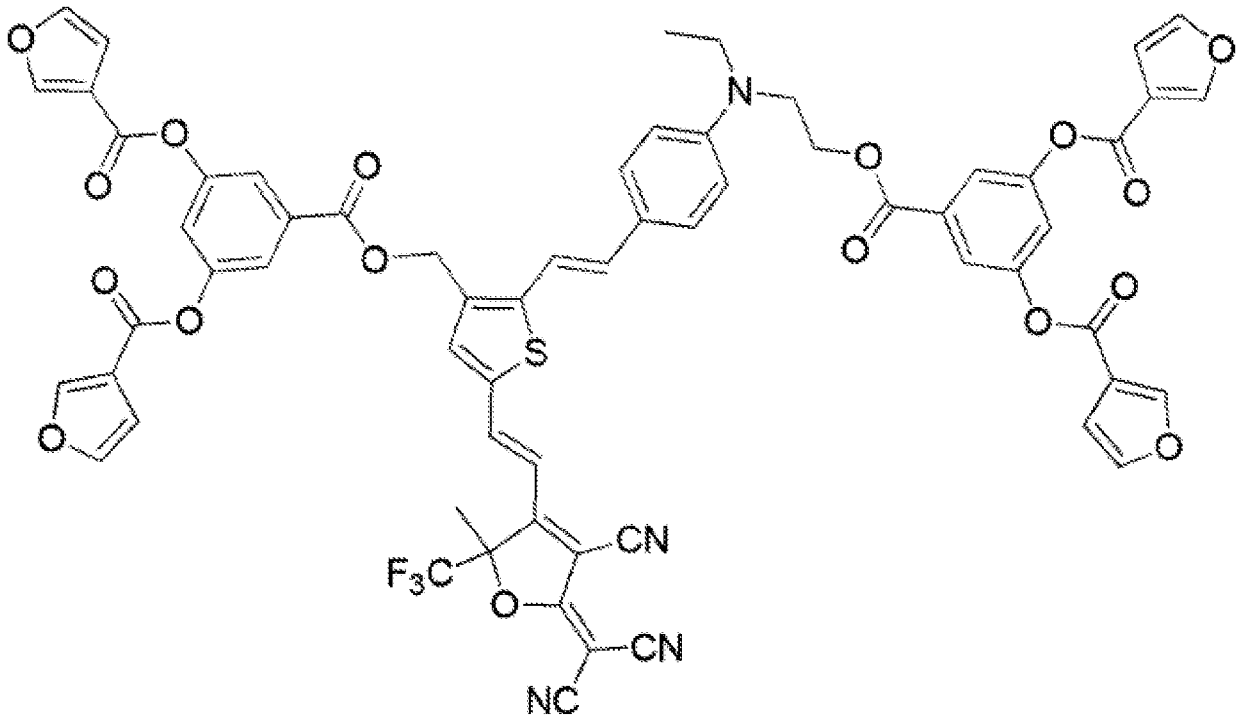
具体的，步骤 S102 和 S103，如图 10b 所示，对中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子， $10^{16} \sim 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，形成波导；对两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流子，此浓度优选 10^{20}cm^{-3} 。

S104a、在两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层。

这里，如图 10c 所示，可以采用蒸镀和剥离法在两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层，其中第一阴极金属层和第二阴极金属层为银或金，在通电时第一阴极金属层和第二阴极金属层为导通的并同时作为波导的阴极电极。

S105a、制作覆盖第一阴极金属层、第二阴极金属层、顶层硅层的电光聚合物材料层。

如图 10d 所示，这里采用旋涂的方式制作电光聚合物材料层，其中电光聚合物材料层为与聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA 发生交联的 AJLS103，可选的，其折射率为 1.63，非线性系数为 100~200pm/V。其中 AJLS103 的分子式为如以下式 1 所示：



式 1

S106a、制作覆盖所述电光聚合物材料层上的第一保护层。

S107a、制作覆盖第一保护层的极化金属电极。

如图 10e 所示，同样采用旋涂的方式制作第一保护层，该第一保护层为二氧化硅材料；采用蒸镀的方法在第一保护层上制作极化金属电极。

S108a、以极化金属电极作为阳极、以第一阴极金属层和第二阴极金属层作为阴极施加第一电场强度对电光聚合物材料层进行预定时长的预极化。

可选的，这里的预极化过程所采用的第一电场强度为 100V/um，预定时长为 10min。

S109a、去除极化金属电极和第一保护层。

这里直接将极化金属电极和第一保护层剥离即可。

S110a、在波导上方的电光聚合物材料层上形成上层电极。

如图 10f 所示，通过蒸镀和剥离法在电光聚合物材料层上形成上层电极。

S111a、制作覆盖上层电极和电光聚合物材料层的第二保护层。

如图 10g 所示，直接旋涂二氧化硅材料作为第二保护层覆盖上层电极和电光聚合物材料层。

本发明的实施例提供的移相器制造方法，采用在金属上电极和掺杂硅电介质之间的缝隙填充具有电光效应的材料的结构，使得器件更加小型化、同时降低了载流子效应带来的不利影响提高了器件的响应速度。

需要说明的是，移相器的相位改变公式为：

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} n^3 \gamma_{33} \frac{l}{d} \Gamma S \cdot \Delta V$$

其中， λ 为波长， n 为电光材料的折射率， γ_{33} 为聚合物的二阶非线性系数， l 为移相器的长度， d 为聚合物狭缝的厚度， Γ 为狭缝中的光场能量所占的百分比， S 为波导中相速度与群速度的比值， ΔV 为电压值改变量， $\Delta\varphi$ 相位改变量。

如图 10 所示，为本发明实施例提供的耦合器的制造方法，包括以下步骤：

S101b、在具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片的顶层硅层上通过刻蚀形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽。

这里，具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片也称作 SOI (Silicon-On-Insulator, 绝缘衬底上的硅) 硅片，其中中间绝缘层为氧化硅材料。

S102b、对中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子，形成耦合器波导。

S103b、对两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流子，形成耦合器波导阴极。

可选的，步骤 S102 和 S103 中低浓度为 $10^{16} \sim 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，高浓度为

10^{20}cm^{-3} 。

S104b、在两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层。

这里，可以采用蒸镀和剥离法在两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层，其中第一阴极金属层和第二阴极金属层为银或金，在通电时第一阴极金属层和第二阴极金属层为导通的并同时作为耦合器波导的阴极电极。

S105b、制作覆盖第一阴极金属层、第二阴极金属层、顶层硅层的电光聚合物材料层。

这里采用旋涂的方式制作电光聚合物材料层，其中电光聚合物材料层为与聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA 发生交联的 AJLS103, 可选的，其折射率为 1.63，非线性系数为 100~200pm/V。

S106b、制作覆盖电光聚合物材料层上的第一保护层。

同样可以采用旋涂的方式制作第一保护层，该第一保护层为二氧化硅材料。

S107b、制作覆盖第一保护层的极化金属电极。

采用蒸镀的方法在第一保护层上制作极化金属电极。

S108b、以极化金属电极作为阳极、以第一阴极金属层和第二阴极金属层作为阴极施加第一电场强度对电光聚合物材料层进行预定时长的预极化。

可选的，这里的预极化过程所采用的第一电场强度为 100V/um，预定时长为 10min。

S109b、去除极化金属电极和第一保护层。

这里直接将极化金属电极和第一保护层剥离即可。

S110b、在波导上方的电光聚合物材料层上形成上层电极。

通过蒸镀和剥离法在电光聚合物材料层上形成上层电极。

S111b、制作覆盖上层电极和电光聚合物材料层的第二保护层。

直接旋涂二氧化硅材料作为第二保护层覆盖上层电极和电光聚合物材料层。

这里，本发明实施例提供的耦合器从形状和结构上限制了只能配合应用于本发明所提供的移向器，为本发明提供的移相器提供输入光波。且由于在制作工艺上各层的处理工艺及整个制备步骤相同因此本发明实施例所提供的移相器和耦合器也可以一体制备，即直接将本发明提供的耦合器制备在本发明提供的移相器的输入端，从而进一步增强器件的精密性。此外由于耦合器输出端和移相器的输入端相吻合，且层结构相同，耦合器的上层电极和耦合器波导可以提供与移相器狭缝中相同的电场强度，因此在光波进入耦合器时耦合器也能到了对光场的移相作用，虽然耦合器的长度相对移相器来说比较短，但是光波通过本发明实施例提供的耦合器进入移相器的设计，在一定程度上可以增强移相的效果，即可以在更低的电压改变量发生时便能达到良好的移相效果，从而降低了能耗。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，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所述以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种移相器，其特征在于，包括：

底层硅层和覆盖所述底层硅层的绝缘层；

覆盖所述绝缘层的顶层硅层，所述顶层硅层包括两个隔离槽，所述两个隔离槽被位于所述两个隔离槽之间的公共槽壁隔开，所述公共槽壁即波导，且所述波导的高度高于所述两个隔离槽的外侧槽壁；

分别覆盖所述两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层和第二阴极金属层；

覆盖第一阴极金属层、所述第二阴极金属层和所述顶层硅层的电光聚合物材料层；

形成在所述波导上方的所述电光聚合物材料层上方的上层电极，所述上层电极和所述波导之间形成有被所述电光聚合物材料层填充的狭缝；

覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

2、根据权利要求 1 所述的移相器，其特征在于，所述上层电极宽于所述波导的宽度。

3、根据权利要求 2 所述的移相器，其特征在于，所述上层电极的宽度为 1.5 微米、厚度为 200 纳米。

4、根据权利要求 1 所述的移相器，其特征在于，所述两个隔离槽的宽度相等且所述两个隔离槽的底部的厚度相等。

5、根据权利要求 4 所述的移相器，其特征在于，所述两个隔离槽的宽度均为 2 微米，所述隔离槽底部的厚度均为 50 纳米。

6、根据权利要求 1 所述的移相器，其特征在于，所述波导的形状为长方体。

7、根据权利要求 6 所述的移相器，其特征在于，所述波导的高度为 150 纳米，所述波导的宽度为 400 纳米。

8、根据权利要求 1 所述的移相器，所述移相器的长度为 10 微米。

9、根据权利要求 1 所述的移相器，所述狭缝的高度为 20 纳米。

10、一种耦合器，其特征在于，所述耦合器的输出端与所述移相器的输入端相吻合，所述耦合器包括：

底层硅层和覆盖所述底层硅层的绝缘层；

覆盖所述绝缘层的顶层硅层，所述顶层硅层包括两个隔离槽，所述两个隔离槽被位于所述两个隔离槽之间的公共槽壁隔开，所述公共槽壁即耦合器波导，其中所述耦合器波导的高度高于所述两个隔离槽的外侧槽壁，所述耦合器波导输入侧的宽度大于输出侧的宽度；

分别覆盖所述两个隔离槽的两个外侧槽壁的第一阴极金属层和第二阴极金属层；

覆盖第一阴极金属层、所述第二阴极金属层和所述顶层硅层的电光聚合物材料层；

形成在所述耦合器波导上方的所述电光聚合物材料层上方的上层电极，所述上层电极和所述耦合器波导之间形成有被所述电光聚合物材料层填充的狭缝；

覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

11、根据权利要求 10 所述的耦合器，其特征在于，所述上层电极宽于所述耦合器波导的最宽宽度。

12、根据权利要求 11 所述的耦合器，其特征在于，所述上层电极宽度为 1.5 微米、厚度为 200 纳米。

13、根据权利要求 10 所述的耦合器，其特征在于，在所述两个隔离槽的宽度相等且所述两个隔离槽的底部的厚度相等。

14、根据权利要求 13 所述的耦合器，其特征在于，所述两个隔离槽在输入端宽度均为 1.975 微米，在输出端宽度均为 2 微米，所述两个隔离槽底部的厚度均为 50 纳米。

15、根据权利要求 10 所述的耦合器，其特征在于，所述波导的高度为 150 纳米，所述波导在输入端宽度为 450 纳米、在输出端宽度为 400 纳米。

16、根据权利要求 10 所述的耦合器，所述耦合器的长度为 500 纳米。

17、根据权利要求 10 所述的耦合器，所述狭缝的高度为 20 纳米。

18、一种移相器的制造方法，其特征在于，包括：

在具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片的顶层硅层上通过刻蚀形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽；

对所述中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子，形成波导；

对所述两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流子，形成波导阴极；

在所述两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层；

制作覆盖所述第一阴极金属层、所述第二阴极金属层、所述顶层硅层的电光聚合物材料层；

制作覆盖所述电光聚合物材料层上的第一保护层；

制作覆盖所述第一保护层的极化金属电极；

以所述极化金属电极作为阳极、以所述第一阴极金属层和第二阴极金属层作为阴极施加第一电场强度对所述电光聚合物材料层进行预定时长的预极化；

去除所述极化金属电极和所述第一保护层；

在所述波导上方的所述电光聚合物材料层上形成上层电极；

制作覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

19、根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，上层金属、第一阴极金属层、第二阴极金属层和极化金属电极为银、金。

20、根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述电光聚合物材料层为与聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA 发生交联的 AJLS103，其中所述电光聚合物材料的折射率为 1.63，非线性系数为 100~200pm/V。

21、根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述低浓度为 $10^{16} \sim 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，所述高浓度为 10^{20}cm^{-3} 。

22、根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，通电时所述第一阴极金属层与所述第二阴极金属层连通。

23、根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述绝缘层为

SiO₂,所述第一保护层为 SiO₂,所述第二保护层为 SiO₂。

24、根据权利要求 18 所述的方法,其特征在于,所述第一电场强度为 100V/um,所述预定时长为 10min。

25、根据权利要求 18 所述的方法,其特征在于,所述移相器的相位改变公式为:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} n^3 \gamma_{33} \frac{l}{d} \Gamma S \cdot \Delta V$$

其中, λ 为波长, n 为电光材料的折射率, γ_{33} 为聚合物的二阶非线性系数, l 为移相器的长度, d 为聚合物狭缝的厚度, Γ 为狭缝中的光场能量所占的百分比, S 为波导中相速度与群速度的比值, ΔV 为电压值改变量, $\Delta\varphi$ 相位改变量。

26、一种耦合器的制造方法,其特征在于,包括:

在具有底层硅层、中间绝缘层和顶层硅层的硅片的顶层硅层上通过刻蚀形成被中间公共槽壁隔开的两个隔离槽;

对所述中间公共槽壁掺杂低浓度 N 型载流子,形成耦合器波导;

对所述两个隔离槽的底部和两个外侧槽壁掺杂高浓度 N 型载流子,形成耦合器波导阴极;

在所述两个隔离槽的外侧槽壁上制作第一阴极金属层和第二阴极金属层;

制作覆盖所述第一阴极金属层、所述第二阴极金属层、所述顶层硅层的电光聚合物材料层;

制作覆盖所述电光聚合物材料层上的第一保护层;

制作覆盖所述第一保护层的极化金属电极;

以所述极化金属电极作为阳极、以所述第一阴极金属层和第二阴极金属层作为阴极施加第一电场强度对所述电光聚合物材料层进行预定时长的预极化;

去除所述极化金属电极和所述第一保护层;

在所述波导上方的所述电光聚合物材料层上形成上层电极;

制作覆盖所述上层电极和所述电光聚合物材料层的第二保护层。

27、根据权利要求 26 所述的方法，其特征在于，上层金属、第一阴极金属层、第二阴极金属层和极化金属电极为银、金。

28、根据权利要求 26 所述的方法，其特征在于，所述电光聚合物材料层为与聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA 发生交联的 AJLS103，其中所述电光聚合物材料的折射率为 1.63，非线性系数为 100~200pm/V。

29、根据权利要求 26 所述的方法，其特征在于，所述低浓度为 $10^{16}\sim 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ，所述高浓度为 10^{20}cm^{-3} 。

30、根据权利要求 26 所述的方法，其特征在于，通电时所述第一阴极金属层与所述第二阴极金属层连通。

31、根据权利要求 26 所述的方法，其特征在于，所述绝缘层为 SiO_2 ，第一保护层为 SiO_2 ，所述第二保护层为 SiO_2 。

32、根据权利要求 26 所述的方法，其特征在于，所述第一电场强度为 100V/um，所述预定时长为 10min。

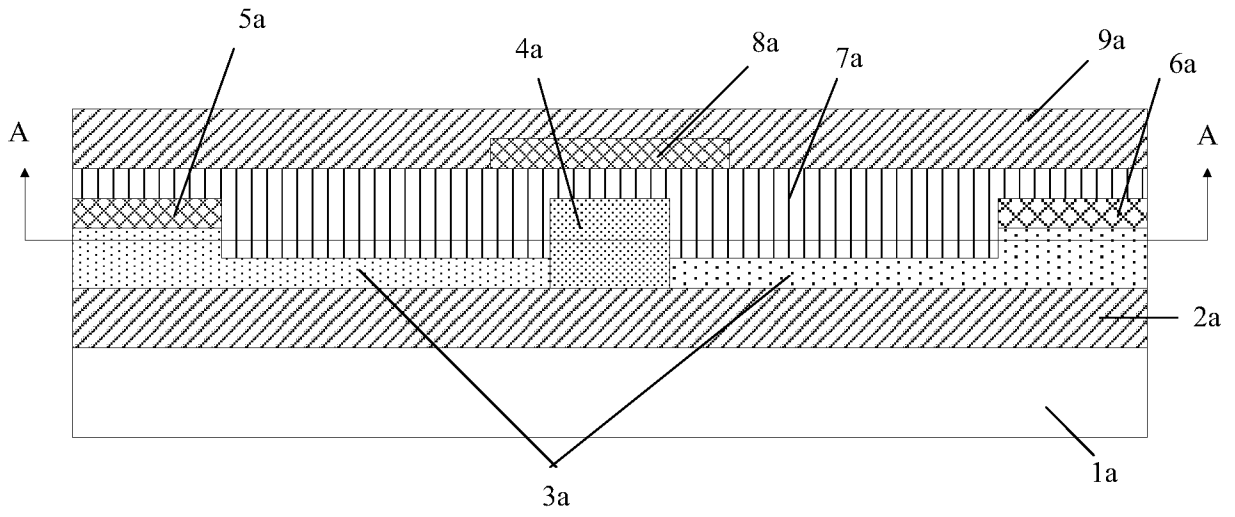


图 1

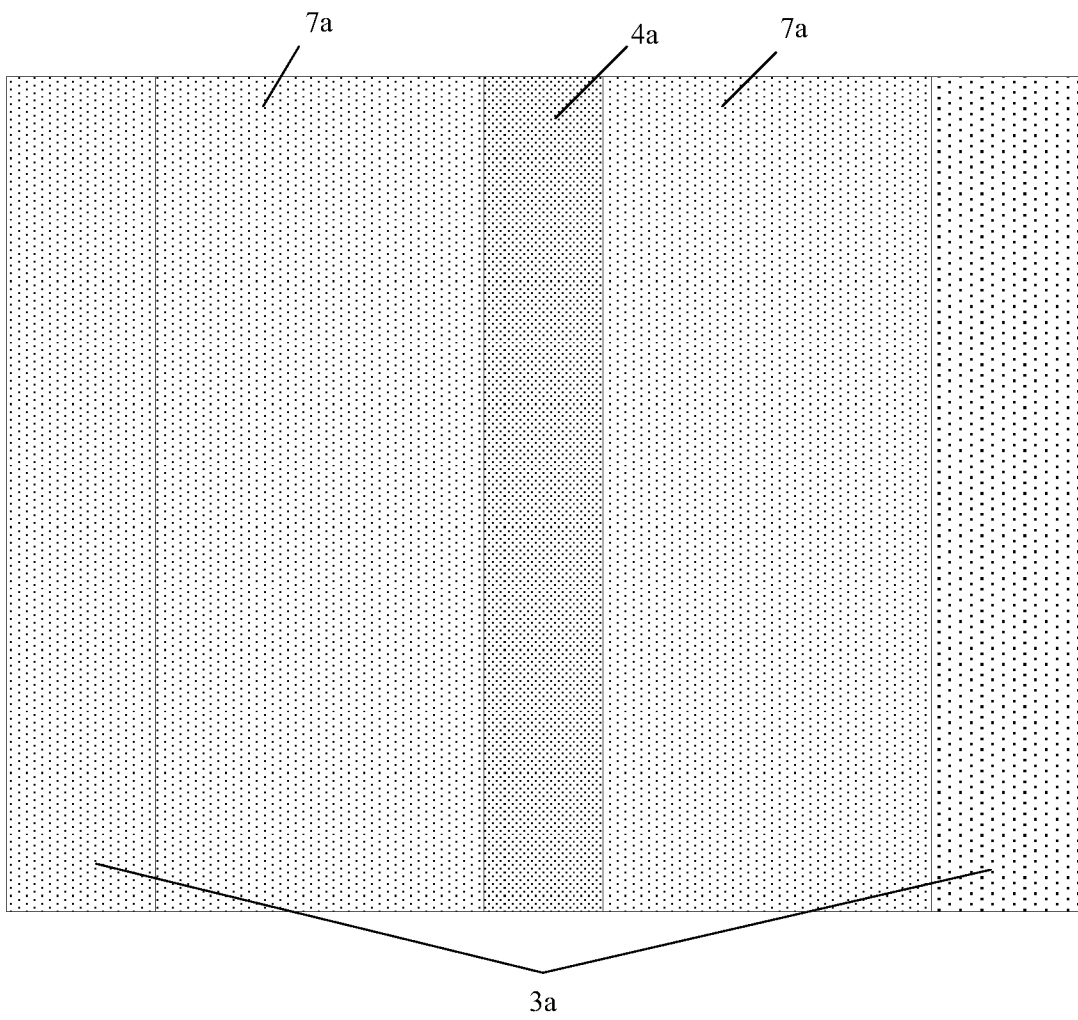


图 2

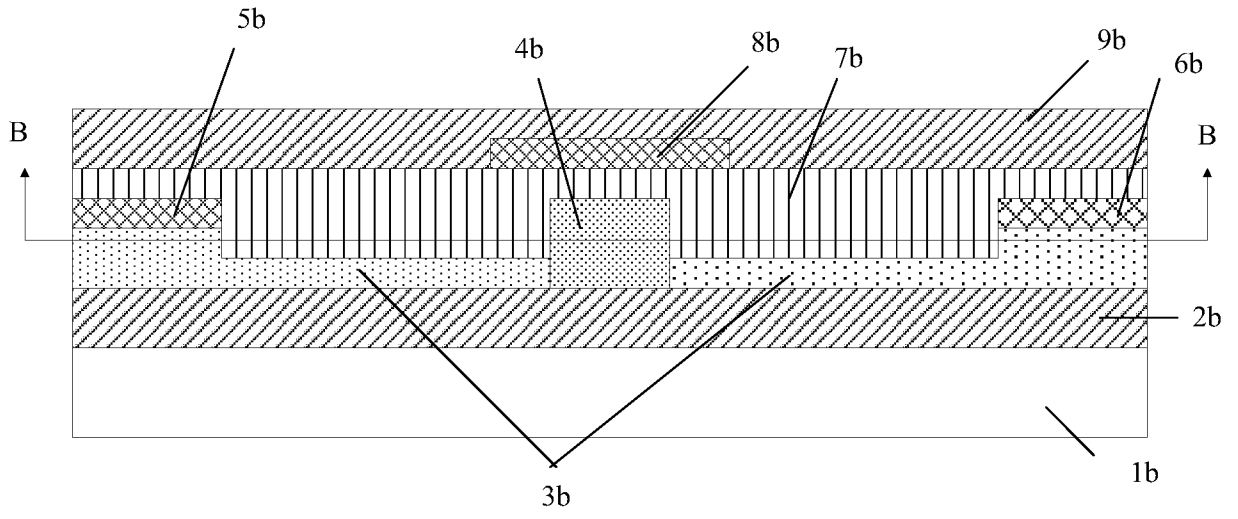


图 3

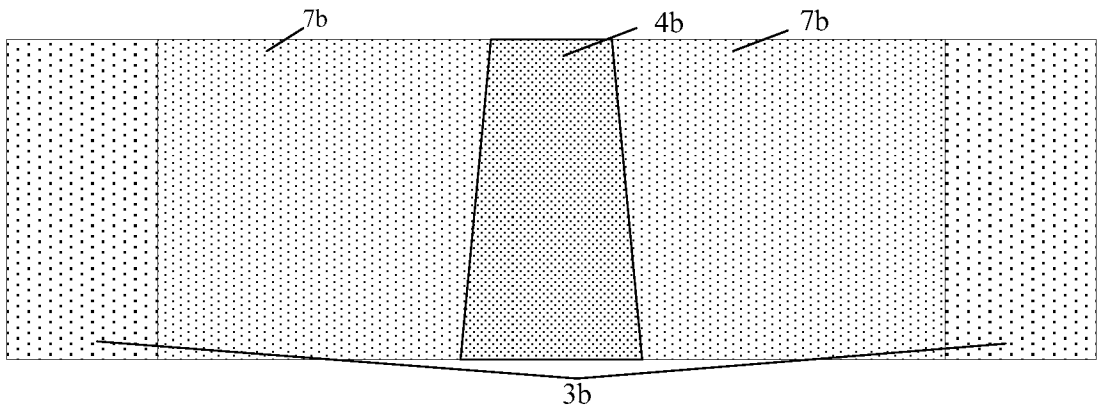


图 4

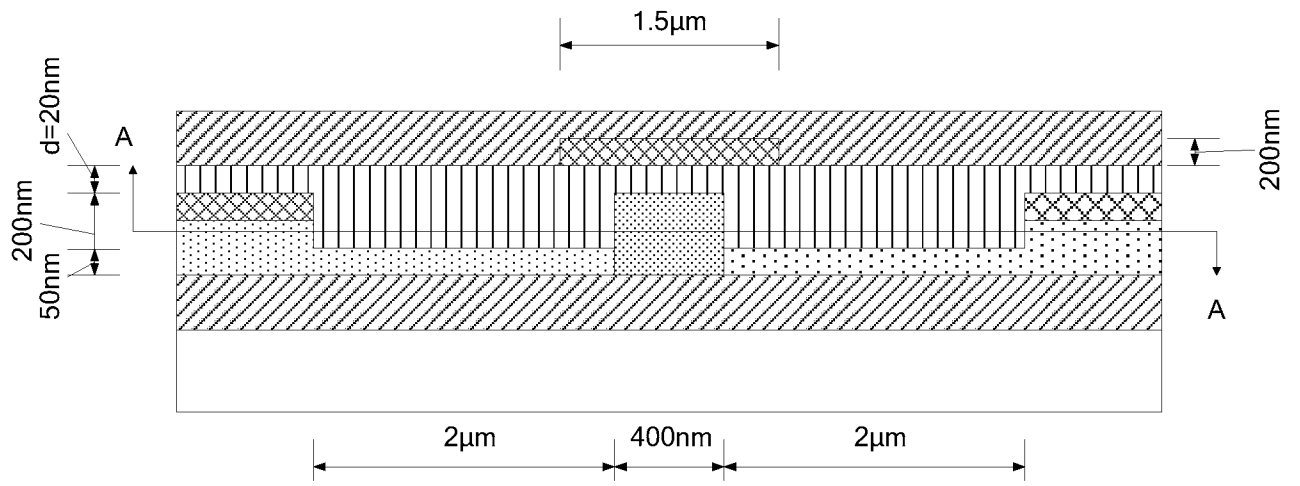


图 5

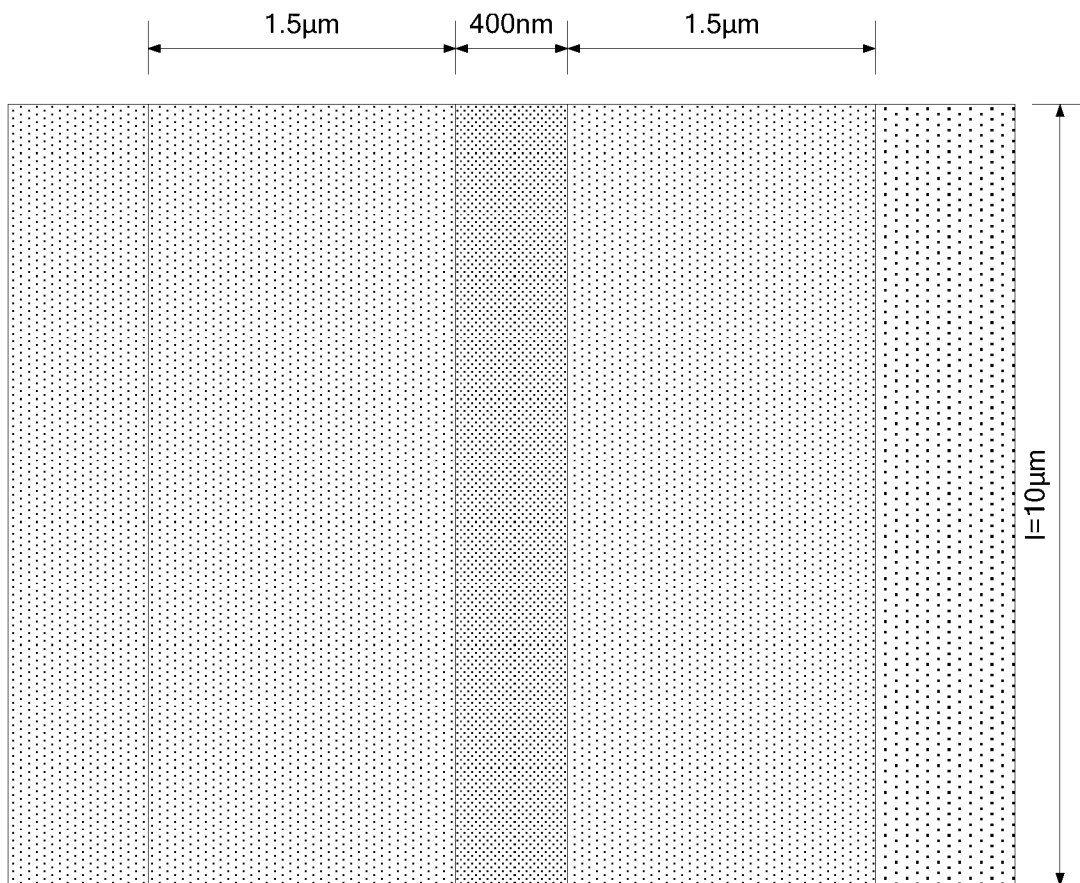


图 6

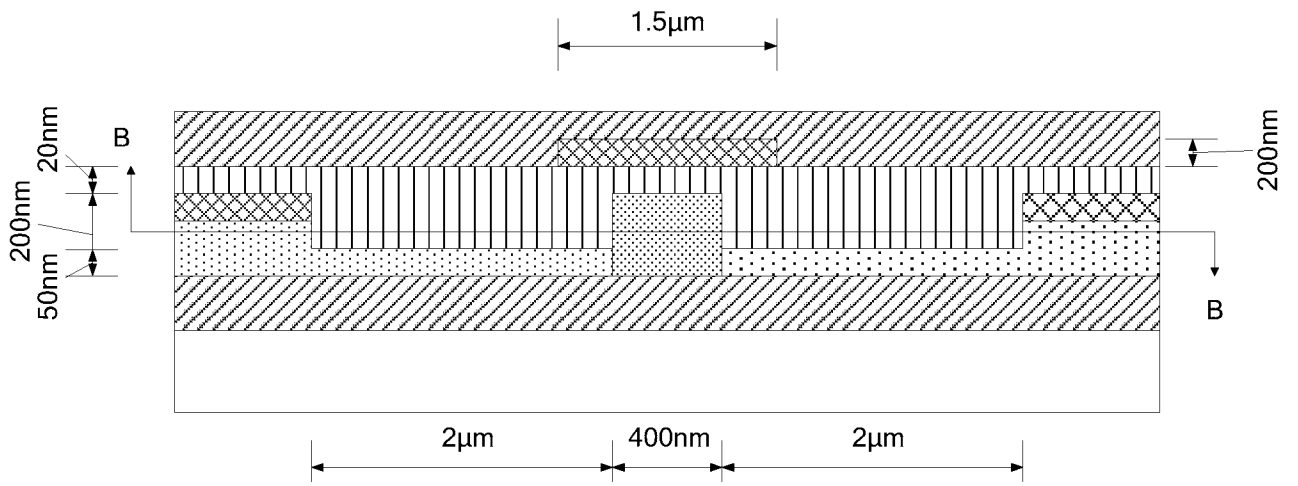


图 7

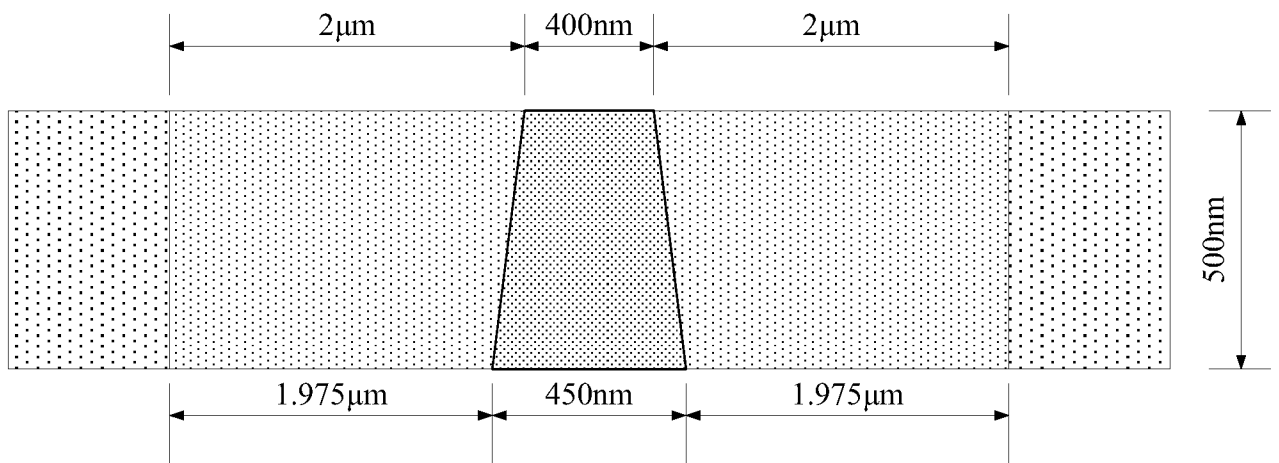


图 8

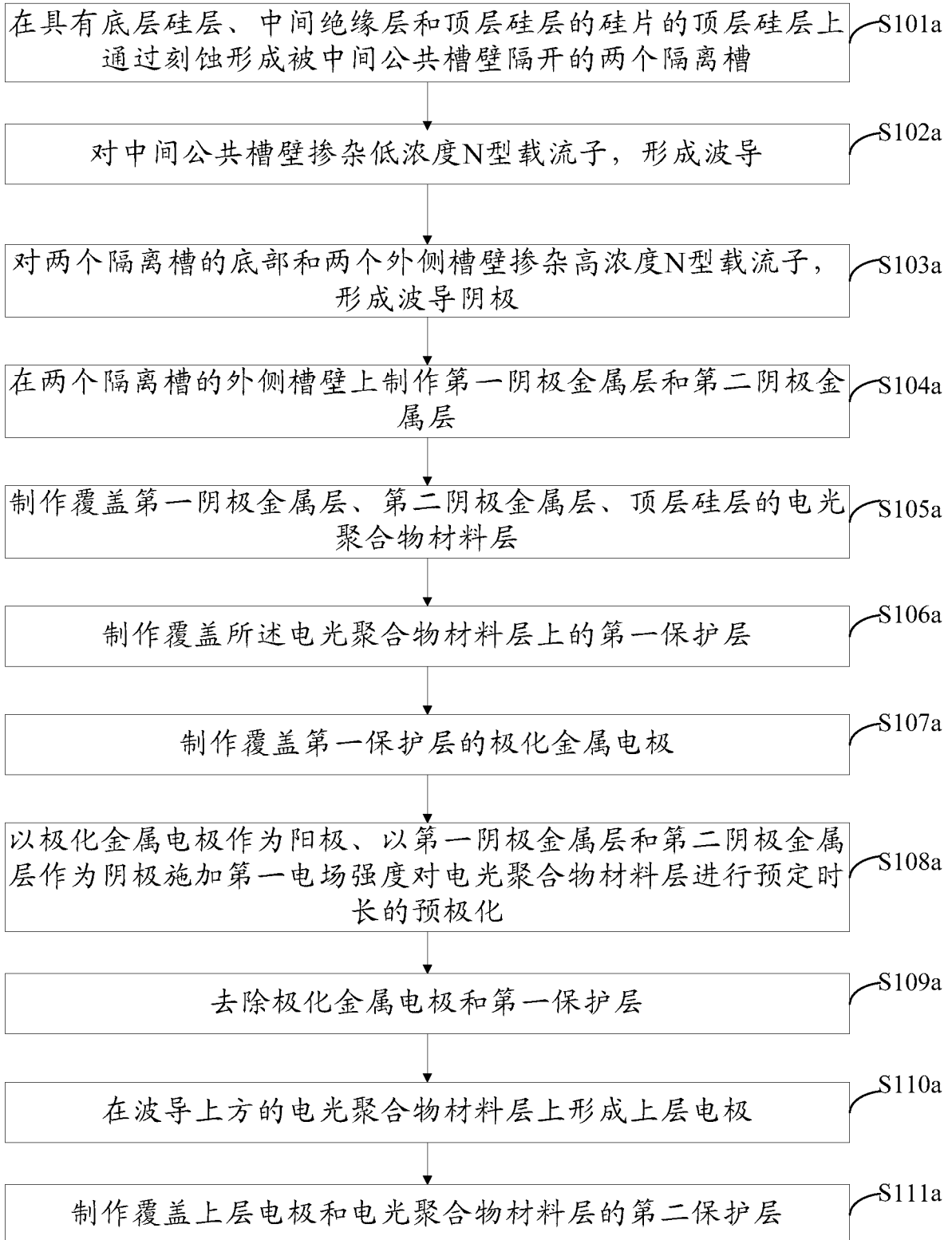


图 9

6/10

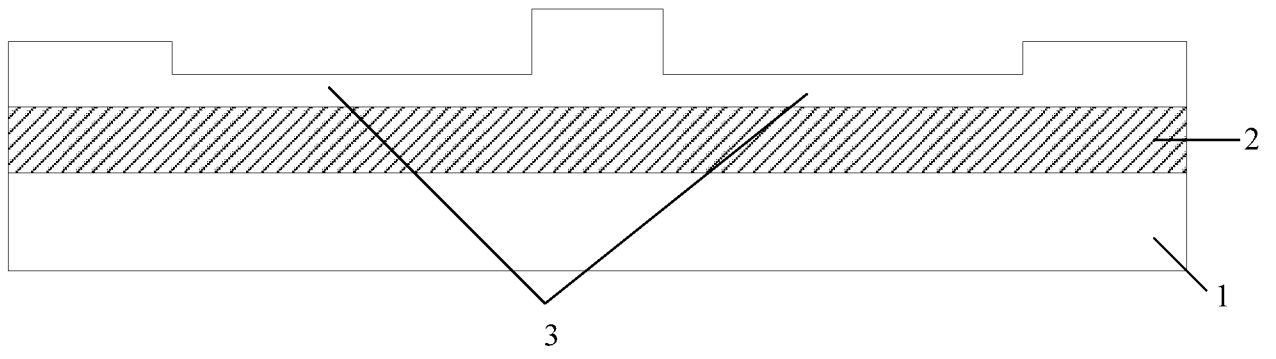


图 10a

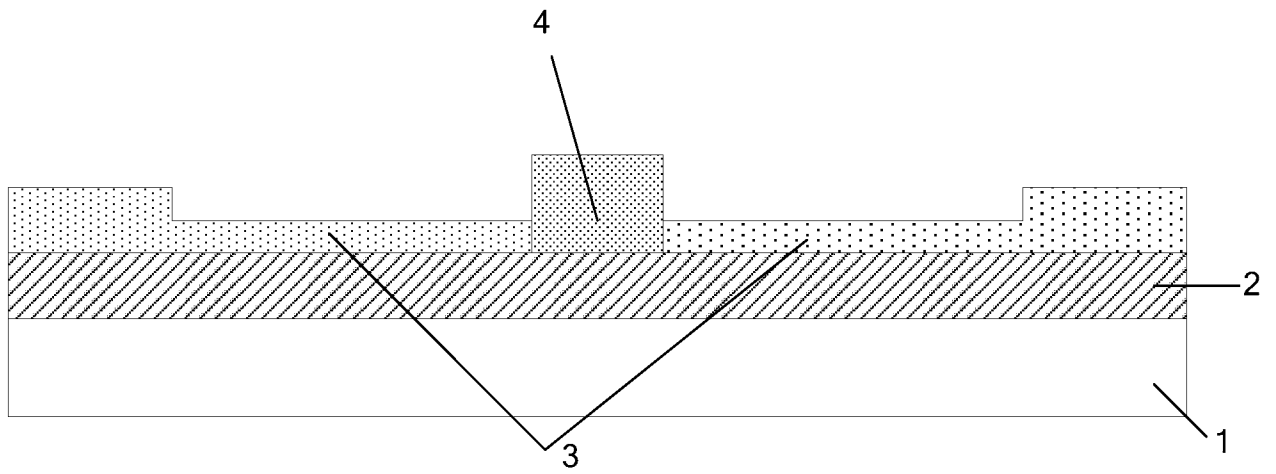


图 10b

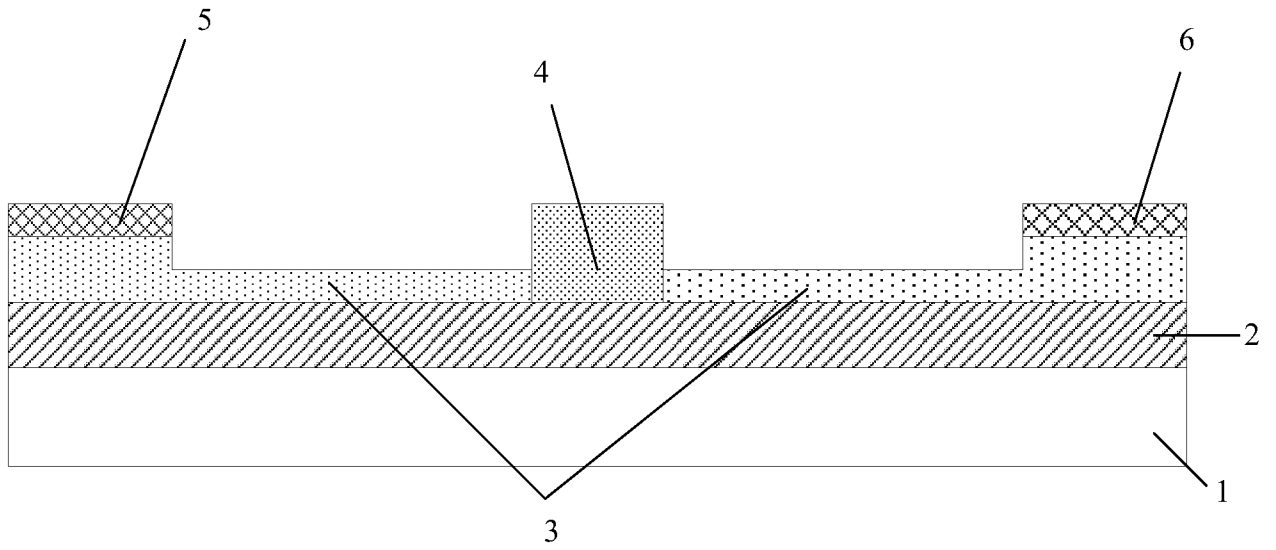


图 10c

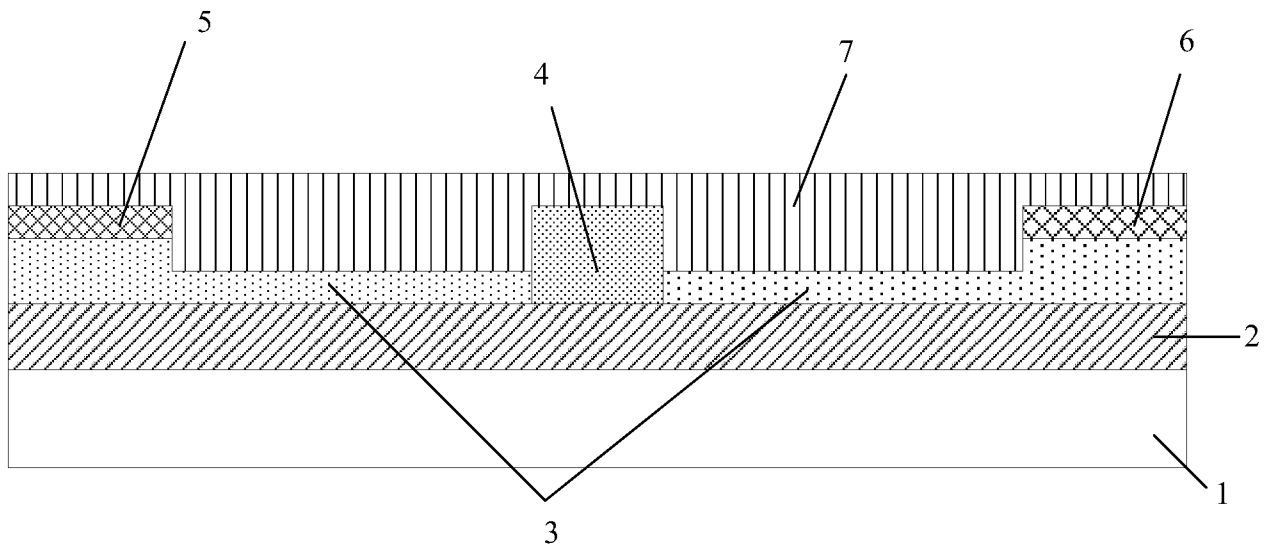


图 10d

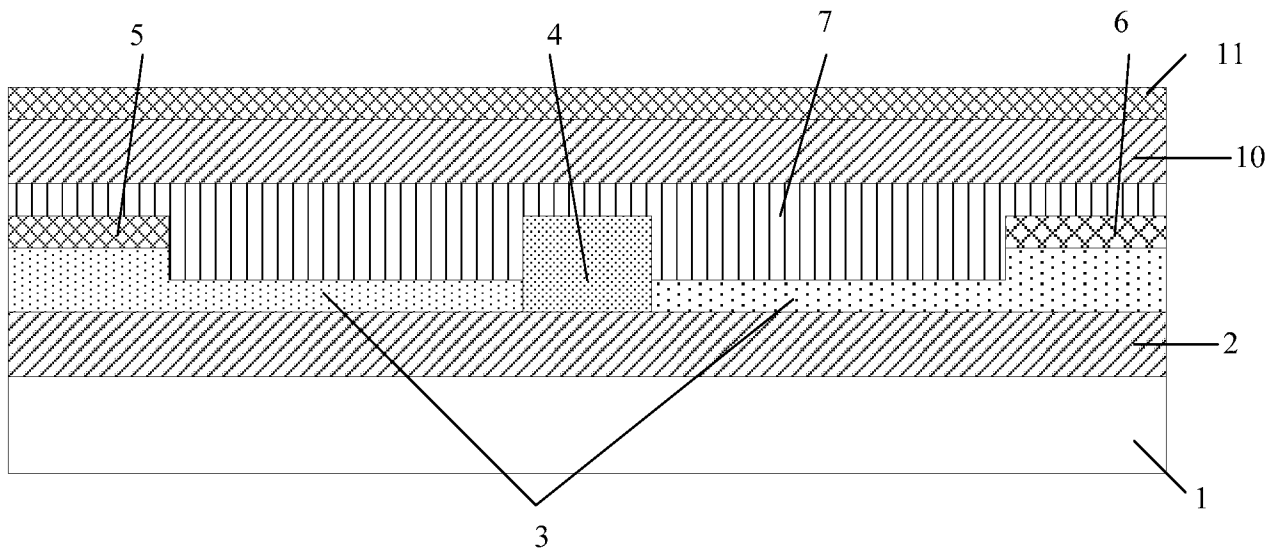


图 10e

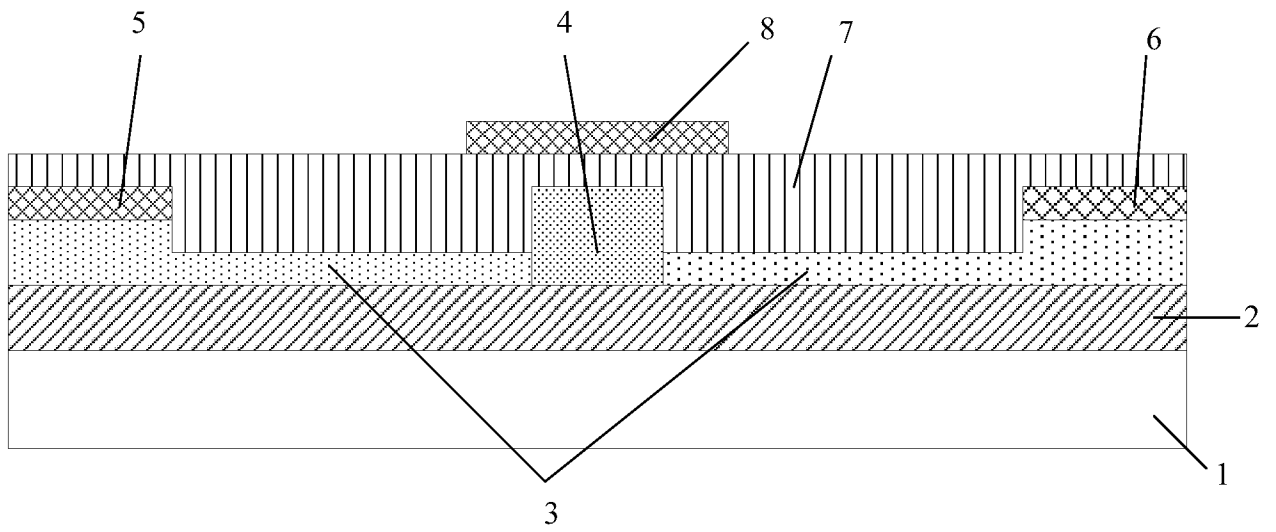


图 10f

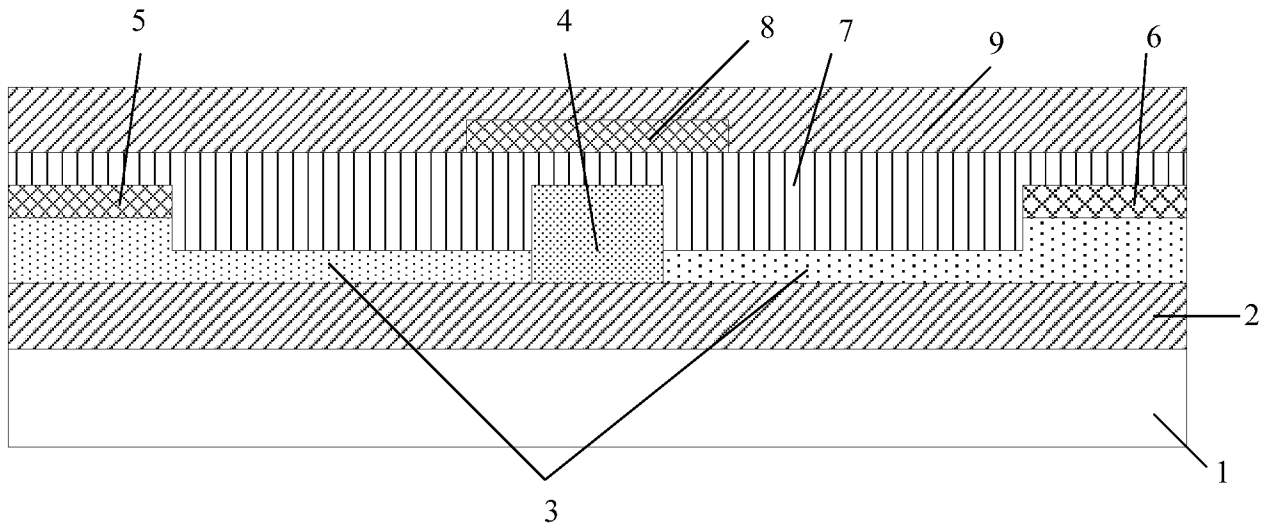


图 10g

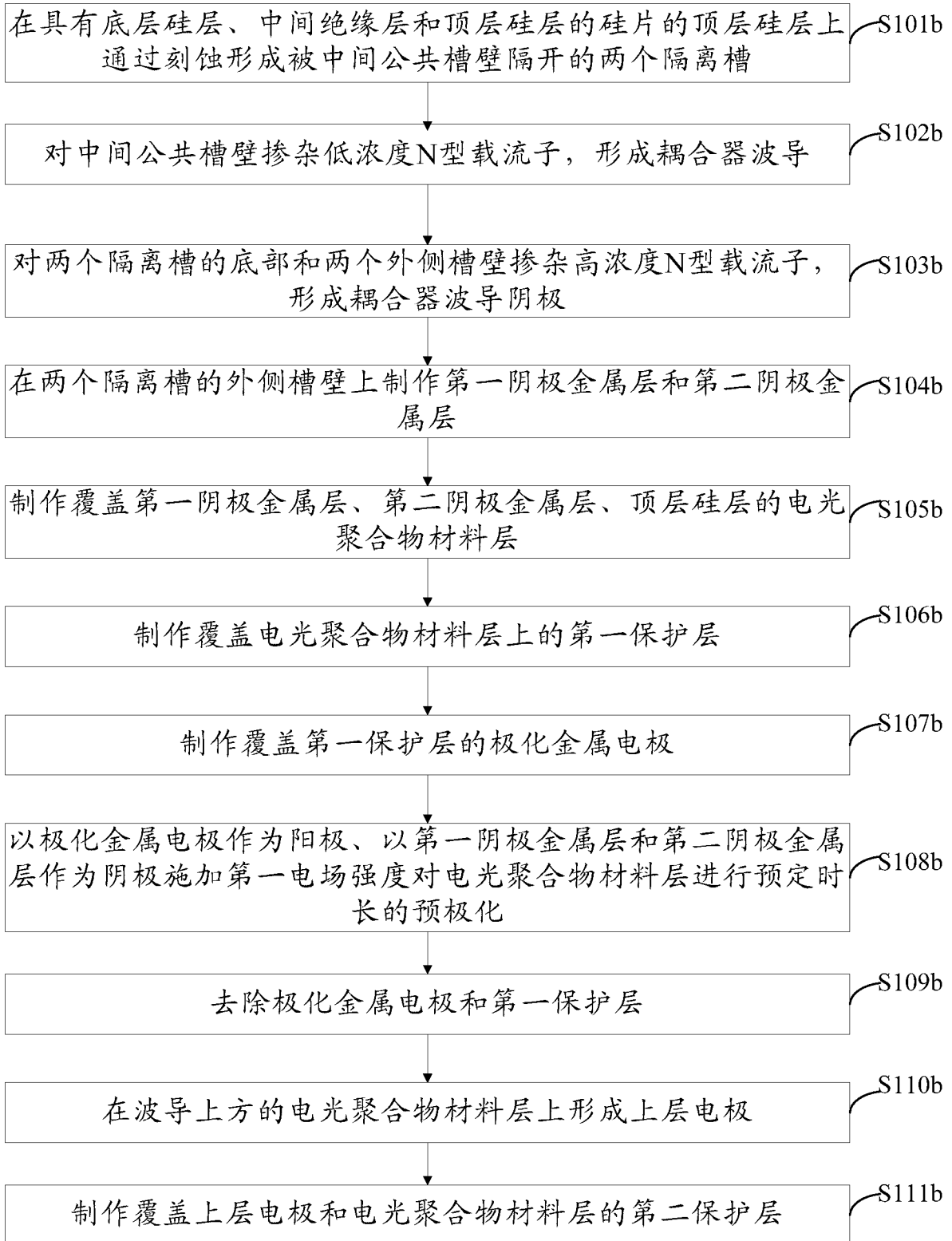


图 11