



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102565936 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201210021962. 6

(22) 申请日 2012. 01. 31

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 王维彪 梁静秋 梁中翥 周建伟

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G02B 6/122(2006. 01)

G02B 6/13(2006. 01)

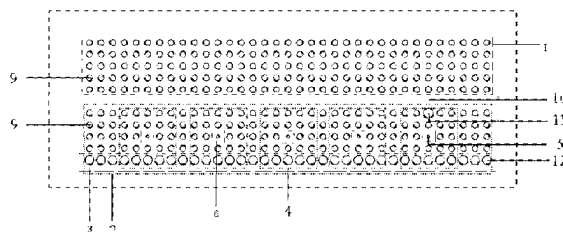
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 9 页

## (54) 发明名称

侧面耦合单向传输光子晶体波导器件及制作方法

## (57) 摘要

侧面耦合单向传输光子晶体波导器件及制作方法, 涉及光学技术领域中的一种微结构光子晶体元件, 提供一种能实现光子晶体波导和传统光学器件或外置光源间高效耦合的波导器件及制作方法。本发明采用多光子晶体谐振腔并联的方式, 电磁波从波导二区中的耦合区进入由多个光子晶体谐振腔并联构成的耦合系统, 与并联光子晶体谐振腔及光子晶体波导响应频率相同的电磁波经过数个并联光子晶体谐振腔高效耦合进缺陷区, 电磁波在缺陷区中单向传播, 最后由光子晶体波导的一侧出射, 达到提高耦合面积的目的, 耦合效率高, 光子晶体波导结构更紧凑、体积更小, 并具有更高的集成度。



1. 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件,包括波导层(13)、低折射率埋层(7)和衬底层(8),所述波导层位于低折射率埋层(7)的上部,低折射率埋层(7)的下部与衬底层(8)相连;所述波导层包括波导一区(1)、缺陷区(10)和波导二区(2);其特征是,波导一区(1)与波导二区(2)的衔接处分布缺陷区(10),所述波导一区(1)由多个介质柱(9)周期性排列组成,所述波导二区(2)最外面一行分布耦合介质柱(12),该行耦合介质柱(12)构成耦合区(3),所述波导二区(2)中包含多个沿平行于缺陷区(10)方向排列的点缺陷(6),每个点缺陷(6)与其周围的介质柱(9)和最外面的耦合介质柱(12)构成光子晶体谐振腔(4);多个光子晶体谐振腔(4)并联;在最右端的光子晶体谐振腔(4)中点缺陷(6)的上部对应位置有一个反射介质柱(11),反射介质柱(11)与缺陷区(10)相邻,所述介质柱(9)的半径  $r = 102\text{nm}$ ,点缺陷(6)由半径为  $r_1$  的介质柱(5)构成, $r_1 = 51\text{nm}$ ,所述耦合介质柱(12)的半径  $r_2$  大于或小于介质柱(9)的半径  $r$ ,反射介质柱(11)半径为  $r_3$  大于或小于介质柱(9)的半径  $r$ 。

2. 根据权利要求1所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件,其特征在于,所述耦合介质柱(12)的半径  $r_2 = 160\text{nm}$ ,反射介质柱(11)的半径  $r_3 = 260\text{nm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件,其特征在于,所述半径为  $r_1$  的介质柱(5)为光子晶体中改变一个或多个介质柱(9)的半径形成的缺陷或者在光子晶体中去掉一个或多个介质柱形成的空隙。

4. 基于权利要求1所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的制作方法,其特征是,该方法由以下步骤实现:

步骤一、制备划片所需的划片槽;

步骤二、使用纳米压印工艺,制备刻蚀钛酸锶柱所需的光刻胶掩膜,并在其掩蔽下进行 ICP 刻蚀,制作侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体结构;

步骤三、加工对要求尺寸精度高于  $10\text{nm}$  的介质柱;

步骤四、去除器件结构边缘区;获得侧面耦合单向传输光子晶体波导器件。

5. 根据权利要求4所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的制作方法,其特征在于,步骤一所述的制备划片所需的划片槽的具体过程为:

步骤一一、对衬底硅(101)上生长的二氧化硅层(102)进行清洁处理;

步骤一二、在步骤一一所述的二氧化硅层(102)上采用溶胶凝胶法制备一层钛酸锶薄膜(103);

步骤一三、在步骤一二所述的钛酸锶薄膜(103)上涂覆一层光刻胶膜(104);

步骤一四、将步骤一三制作完成的结构放入烘箱中前烘;

步骤一五、对光刻胶膜(104)进行紫外曝光,得到与刻蚀划片槽所需光刻版相同的图形,然后经过显影、坚膜,得到制作划片槽所需的光刻胶掩膜结构;

步骤一六、对步骤一五制作好的光刻胶掩膜结构进行 ICP 刻蚀,去掉光刻胶膜(104)得到划片槽结构。

6. 根据权利要求4所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的制作方法,其特征在于,步骤二所述的使用纳米压印工艺,制备刻蚀钛酸锶柱所需的光刻胶掩膜,并在其掩蔽下进行 ICP 刻蚀,制作侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体结构的具体制作过程为:

步骤二一、在硅片(201)上涂覆一层光刻胶膜(202);然后对所述光刻胶膜202进行电

子束曝光、显影、坚膜,得到制作纳米压印模具所需的光刻胶掩膜结构;

步骤二二、对步骤二一制作好的光刻胶掩膜结构进行 ICP 刻蚀;去胶、清洗,得到纳米压印模具(203);

步骤二三、在步骤一六制作完成的划片槽结构上涂覆一层聚合物(204),将聚合物(204)加热到玻璃化温度以上时,用纳米压印模具(203)带有刻蚀沟槽的表面对其施加压力,开始压印;

步骤二四、冷却聚合物(204)到玻璃化温度以下,进行脱模;并通过 O2RIE 刻蚀去除残余聚合物(204),以开出窗口得到 ICP 光刻胶掩膜结构;

步骤二五、对步骤二四制作好的 ICP 光刻胶掩膜结构进行 ICP 刻蚀,得到钛酸锶柱;将钛酸锶柱上的光刻胶去除,并清洗;获得侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体结构。

7. 根据权利要求 4 所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的制作方法,其特征在于,步骤三所述的加工对要求尺寸精度高于 10nm 的介质柱的加工过程为:

步骤三一、在步骤二五得到的光子晶体波导结构上涂覆一层光刻胶(301)作为保护层;

步骤三二、对步骤三一制备好的光刻胶(301)进行光学曝光、显影,得到光刻胶掩膜结构,将需要加工的介质柱所在区域暴露出来;

步骤三三、采用 FIB 工艺对需要加工的介质柱进行刻蚀,使其达到所需尺寸,去除光刻胶。

8. 根据权利要求 4 所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的制作方法,其特征在于,步骤四所述的去除步骤三所述的介质柱的边缘区;获得侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的具体过程为:

步骤四一、在步骤三三得到的器件结构表面涂覆 PMMA 层(401);

步骤四二、对 PMMA 层(401)进行同步辐射 X 射线曝光、显影,在器件结构的光子晶体波导区域上制作一个保护层;

步骤四三、按照划片槽划片,得到由钛酸锶柱构成的光子晶体波导结构;

步骤四四、将步骤四三得到的器件结构放入磨片机中,分别用不同的抛光液进行侧面研磨及抛光,去除器件结构边缘区并使器件侧面平整;

步骤四五、对剩余的 PMMA 层(401)进行同步辐射 X 射线曝光,然后通过显影去除 PMMA 保护层并对其进行清洗,得到侧面耦合单向传输光子晶体波导器件结构。

## 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件及制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学技术领域中的一种微结构光子晶体元件,具体涉及一种侧面耦合单向传输光子晶体波导器件及制作方法。

### 背景技术

[0002] 光子晶体是由具有不同介电常数的物质,在空间周期性排列形成的人工微结构。近年来,基于光子晶体材料的光电功能器件得到了广泛的关注,利用光子晶体的光子禁带和光子局域特性,光子晶体波导、滤波器、光开关、耦合器等光子晶体光电器件已见诸报道,为未来大规模光电集成以及全光网络的实现打下了良好的基础。

[0003] 光子晶体是由不同折射率的介质周期性排列而成的人工微结构,电磁波在其中传播时由于布拉格散射,电磁波会受到调制而形成能带结构,这种能带结构叫做光子能带。光子能带之间可能出现带隙,即光子带隙。由于带隙中没有任何态存在,频率落在带隙中的电磁波被禁止传播。如果在光子晶体中引入介电缺陷或介电无序,会出现光子局域现象,在光子带隙中将形成相应的缺陷能级,特定频率的光可在这个缺陷能级中出现。通过在完整的二维光子晶体中引入缺陷,破坏光子禁带,引入缺陷态,可用来制作二维光子晶体功能器件。若在完整的二维光子晶体中引入线缺陷即去掉数排介质柱,那么相应频率的电磁波就只能在这个线缺陷中传播,离开线缺陷就会迅速衰减,可以通过在二维光子晶体中引入线缺陷来制作光子晶体波导。

[0004] 实现光子晶体器件与传统光学器件或光源间的高效耦合对于未来全光网络的实现有着重要的意义。然而,由于光子晶体器件尺寸较小,在光子晶体器件与传统光学器件或光源的耦合过程中,耦合面积和耦合效率均难以提升。近年来,几何光学方法及倏逝波耦合等方法被提出以实现高效耦合。几何光学方法是通过使用聚焦透镜以及透镜光纤等外置几何光学器件将光聚焦到光子晶体器件入射端面以实现耦合的方法。然而,要想将光聚焦到光子晶体器件尺度上是非常困难的。另外,几何光学耦合方法从根本讲并没有提高系统的耦合面积,而且过多外置器件的引入会使系统结构复杂化,不利于与其他器件的集成。同时,外置光学器件所引起的反射、散射损耗以及插值损耗会降低系统的耦合效率。倏逝波耦合方法利用倏逝波产生及耦合的原理将光从器件的顶端耦合到器件中,从而大大的提高了耦合面积。倏逝波方法也面临着一些问题,例如特定渐变光纤的加工、耦合过程中使用的渐变光纤与光子晶体器件的距离参数难以控制、需要精密的外置校准和调节系统以及外置的校准调节系统对集成度的影响等问题,这些都限制了倏逝波耦合方法的应用。因此,迫切需要一种耦合效率高、集成度高、操作简单且能够实现光子晶体器件与传统光学器件或光源高效耦合的方法。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种能够实现光子晶体波导和传统光学器件或外置光源间高效耦合的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件及制作方法。

[0006] 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件,包括波导层、低折射率埋层和衬底层,所述波导层位于低折射率埋层的上部,低折射率埋层的下部与衬底层相连;所述波导层包括波导一区、缺陷区和波导二区;波导一区与波导二区的衔接处分布缺陷区,所述波导一区由多个介质柱周期性排列组成,所述波导二区最外面一行分布耦合介质柱,该行耦合介质柱构成耦合区,所述波导二区中包含多个沿平行于缺陷区方向排列的点缺陷,每个点缺陷与其周围的介质柱和最外面的耦合介质柱构成光子晶体谐振腔;多个光子晶体谐振腔并联;在最右端的光子晶体谐振腔中点缺陷的上部对应位置有一个反射介质柱,反射介质柱与缺陷区相邻,所述介质柱的半径  $r = 102\text{nm}$ ,点缺陷由半径为  $r_1$  的介质柱构成,  $r_1 = 51\text{nm}$ ,所述耦合介质柱的半径  $r_2$  大于或小于介质柱的半径  $r$ ,反射介质柱半径为  $r_3$  大于或小于介质柱的半径  $r$ 。

[0007] 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的制作方法,该方法由以下步骤实现:

[0008] 步骤一、制备划片所需的划片槽;

[0009] 步骤二、使用纳米压印工艺,制备刻蚀钛酸锶柱所需的光刻胶掩膜,并在其掩蔽下进行 ICP 刻蚀,制作侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体结构;

[0010] 步骤三、加工对要求尺寸精度高于  $10\text{nm}$  的介质柱;

[0011] 步骤四、去除器件结构边缘区;获得侧面耦合单向传输光子晶体波导器件。

[0012] 本发明的工作原理:本发明采用多光子晶体谐振腔并联的方式,电磁波从波导二区中的耦合区进入由多个光子晶体谐振腔并联构成的耦合系统,与并联光子晶体谐振腔及光子晶体波导响应频率相同的电磁波经过数个并联光子晶体谐振腔高效耦合进缺陷区,由于右端第一个光子晶体谐振腔带有起反射镜作用的反射介质柱,因而电磁波在缺陷区中能够单向传播,最后由光子晶体波导的一侧出射。从而达到提高耦合面积的目的,耦合效率高。同时,耦合面积的提高也为耦合前预聚焦和对准等操作提供了便利。另外,整个光子晶体波导集成在同一基片上,不需要外置的光学元件,使得光子晶体波导结构更紧凑、体积更小,并具有更高的集成度。本发明区别于传统光学波导的内反射原理,光子晶体波导基础原理是不同方向缺陷模共振匹配,故理论上光子晶体波导不受转角限制,弯曲损耗极小,因此本发明可以用于低损耗转弯波导。本发明的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件也可以作为一种高效的  $90^\circ$  转弯波导。

[0013] 本发明的有益效果:本发明采用纳米压印与 ICP 刻蚀或 FIB 相结合的加工方法,使光子晶体侧面耦合波导有加工精度高、表面粗糙度低等优点,解决了因粗糙度偏高带来的散射大的问题。将同步辐射 X 射线光刻技术与研磨、抛光技术相结合进行边缘区去除及侧面修整,可以在去除边缘区的过程中有效保护侧面耦合单向传输光子晶体波导器件结构。

#### 附图说明

[0014] 图 1 是本发明的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体平面示意图;

[0015] 图 2 是本发明的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件二区部分示意图;

[0016] 图 3a、3b 是耦合效率随介质柱参数变化曲线;

[0017] 图 4 是本发明侧面耦合单向传输光子晶体波导器件三维示意图;

[0018] 图 5 为刻蚀划片槽所需光刻版示意图;

[0019] 图 6 中 6a ~ 6g 为制备划片所需的划片槽工艺过程示意图;

[0020] 图 7 中 7a ~ 7h 为使用纳米压印工艺制作侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体结构过程示意图；

[0021] 图 8 中 8a ~ 8f 加工尺寸要求严格的介质柱的工艺过程示意图；

[0022] 图 9 中 9a ~ 9f 为去除器件边缘区,以得到侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的工艺过程示意图。

### 具体实施方式

[0023] 具体实施方式一、结合图 1 至图 5 说明本实施方式,本实施方式所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件,包括波导层 13、低折射率埋层 7 和衬底层 8,所述波导层位于低折射率埋层 7 的上部,低折射率埋层 7 的下部与衬底层 8 相连;所述波导层包括波导一区 1、缺陷区 10 和波导二区 2;波导一区 1 与波导二区 2 的衔接处分布缺陷区 10,所述波导一区 1 由多个介质柱 9 周期性排列组成,所述波导二区 2 最外面一行分布耦合介质柱 12,该行耦合介质柱 12 构成耦合区 3,所述波导二区 2 中包含多个沿平行于缺陷区 10 方向排列的点缺陷 6,每个点缺陷 6 与其周围的介质柱 9 和最外面的耦合介质柱 12 构成光子晶体谐振腔 4;多个光子晶体谐振腔 4 并联;在最右端的光子晶体谐振腔 4 中点缺陷 6 的上部对应位置有一个反射介质柱 11,反射介质柱 11 与缺陷区 10 相邻,所述介质柱 9 的半径  $r = 102\text{nm}$ ,点缺陷 6 由半径为  $r_1$  的介质柱 5 构成, $r_1 = 51\text{nm}$ ,所述耦合介质柱 12 的半径  $r_2$  大于或小于介质柱 9 的半径  $r$ ,反射介质柱 11 半径为  $r_3$  大于或小于介质柱 9 的半径  $r$ 。所述波导层集成在同一片低折射率埋层 7 和衬底层 8 上;

[0024] 本实施方式所述的光子晶体谐振腔 4 与光子晶体波导层的响应频率相同。

[0025] 本实施方式所述的点缺陷 6 为光子晶体中改变一个或多个介质柱 9 的半径形成的缺陷,所述点缺陷 6 也可为光子晶体中去掉一个或多个介质柱形成的空隙。

[0026] 本实施方式针对 1550nm 的电磁波,以钛酸锶柱作为介质柱为例对本实施方式作详细说明。

[0027] 结合图 2,为了达到耦合的目的,本实施方式利用五个并联谐振腔 4 对光束进行高效耦合,此时器件的耦合长度在  $15\mu\text{m}$  左右,可以在保证耦合效率的同时为光源预聚焦极对准操作提供便利。制作过程中要求在完整的光子晶体结构中对钛酸锶柱的半径进行优化,其中,构成侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体的钛酸锶柱为正方晶格结构,其晶格周期为 510nm。入射光从波导耦合区 3 入射,经过五个并联谐振腔 4 的高效耦合,将光耦合进缺陷区 10,第 5 个谐振腔在侧面耦合单向传输光子晶体波导器件中起到反射镜的作用,以实现器件的单通道传播。

[0028] 对于 1550nm 的电磁波,构成光子晶体波导主体的介质柱半径  $r = 102\text{nm}$ 。

[0029] 如图 3a、3b 所示:

[0030] 当构成点缺陷的介质柱半径  $r_1 = 51\text{nm}$ ,耦合层介质柱半径  $r_2 = 160\text{nm}$ ,反射介质柱  $r_3 = 260\text{nm}$  时,侧面耦合单向传输光子晶体波导器件可实现 94.49% 的耦合效率。

[0031] 当构成点缺陷的介质柱半径  $r_1 = 51\text{nm}$ ,耦合层介质柱半径  $r_2 = 250\text{nm}$ ,反射介质柱  $r_3 = 150\text{nm}$  时,侧面耦合单向传输光子晶体波导器件可实现 91.4% 的耦合效率。

[0032] 当构成点缺陷的介质柱半径  $r_1 = 51\text{nm}$ ,耦合层介质柱半径  $r_2 = 185\text{nm}$ ,反射介质柱  $r_3 = 80\text{nm}$  时,侧面耦合单向传输光子晶体波导器件可实现 82.7% 的耦合效率。

[0033] 当构成点缺陷的介质柱半径  $r_1 = 51\text{nm}$ , 耦合层介质柱半径  $r_2 = 100\text{nm}$ , 反射介质柱  $r_3 = 180\text{nm}$  时, 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件耦合效率为 81.47%。

[0034] 当构成点缺陷的介质柱半径  $r_1 = 51\text{nm}$ , 耦合层介质柱半径  $r_2 = 120\text{nm}$ , 反射介质柱  $r_3 = 60\text{nm}$  时, 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件耦合效率为 84.22%。

[0035] 结合图 4 所示, 侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体上钛酸锶柱的高度  $h_1 = 220\text{nm}$ , 二氧化硅埋层厚度  $h_2 = 3\ \mu\text{m}$ , 底层硅厚度  $h_3 = 600\ \mu\text{m}$ 。

[0036] 图 5 为刻蚀划片槽所需光刻版示意图。光刻版为边长为  $A = 2\text{cm}$  的正方形结构, 正方形结构被分为 16 个正方形小单元, 每个单元边长为  $a = 0.5\text{cm}$ 。所设计的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件制作于小单元内, 经过划片一次曝光可得 16 组侧面耦合单向传输光子晶体波导器件。

[0037] 具体实施方式二、结合图 6 至图 9 说明本实施方式, 本实施方式与具体实施一所述的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件的具体制作过程:

[0038] 第一步, 制备划片所需的划片槽: 如图 6a ~ 6g 所示。

[0039] (A) 对衬底硅 101 为  $600\ \mu\text{m}$  厚, 其上生长  $3\ \mu\text{m}$  厚二氧化硅层 102 的基底 (如图 6a 所示) 进行清洁处理;

[0040] (B) 如图 6b 所示, 在二氧化硅层 102 上利用溶胶凝胶法制备一层钛酸锶薄膜 103;

[0041] (C) 如图 6c 所示, 在钛酸锶薄膜 103 上涂覆一层厚度为  $2\text{--}3\ \mu\text{m}$  的光刻胶膜 104;

[0042] (D) 将步骤 (C) 制作完成的结构放入烘箱中前烘;

[0043] (E) 如图 6d 所示, 对光刻胶膜 104 进行紫外曝光, 得到与刻蚀划片槽所需光刻版相同的图形;

[0044] (F) 如图 6e 所示, 经过显影、坚膜, 得到制作划片槽所需的光刻胶掩膜结构;

[0045] (G) 如图 6f 所示, 对制作好的光刻胶掩膜结构进行 ICP (感应耦合等离子体刻蚀) 刻蚀, 刻蚀深度为  $4\ \mu\text{m}$ ; 如图 6g 所示, 去掉光刻胶膜 104 得到划片槽结构;

[0046] 第二步, 使用纳米压印工艺, 制备刻蚀钛酸锶柱所需的掩膜, 并进行 ICP 刻蚀, 制作侧面耦合单向传输光子晶体波导器件主体结构:

[0047] (H) 如图 7a 所示, 在硅片 201 上涂覆一层光刻胶膜 202;

[0048] (I) 如图 7b、7c 所示, 对光刻胶膜 202 进行电子束曝光, 显影, 坚膜, 得到制作纳米压印模具所需的光刻胶掩膜结构;

[0049] (J) 对制作好的光刻胶掩膜结构进行 ICP 刻蚀;

[0050] (K) 如图 7d 所示, 去胶、清洗, 得到纳米压印模具 203;

[0051] (L) 如图 7e 所示, 在步骤 (G) 制作完成的划片结构上涂覆一层聚合物 204, 将聚合物 204 加热到玻璃化温度以上时, 用纳米压印模具 203 带有刻蚀沟槽的表面对其施加压力, 开始压印;

[0052] (M) 冷却聚合物 204 到玻璃化温度以下, 进行脱模;

[0053] (N) 如图 7f 所示, 通过  $\text{O}_2$  RIE (反应离子刻蚀) 刻蚀去除残余聚合物, 以开出窗口;

[0054] (O) 如图 7g 所示, 对步骤 (N) 制作好的 ICP 光刻胶掩膜结构进行 ICP 刻蚀, 刻蚀深度为  $220\text{nm}$ , 得到钛酸锶柱 9;

[0055] (P) 如图 7h 所示, 将钛酸锶柱 9 上的光刻胶去除, 并清洗;

[0056] 第三步,对要求尺寸精度高于 10nm 的介质柱进行单独加工;

[0057] (Q) 如图 8a、8b 所示,在步骤 (P) 得到的光子晶体波导结构上涂覆一层光刻胶 301 作为保护层;

[0058] (R) 如图 8c、8d 所示,对制备好的光刻胶 301 进行光学曝光、显影,得到光刻胶掩膜结构,将需要加工的介质柱(包括耦合区介质柱 12、反射介质柱 11 和构成点缺陷的介质柱 5,图中以介质柱 5 为例)所在区域暴露出来;

[0059] (S) 如图 8e、8f 所示,利用聚焦离子束(FIB)工艺对需要调整的介质柱进行高精度加工使其达到所需尺寸,去除光刻胶;

[0060] 第四步,去除边缘区;

[0061] (T) 如图 9a、9b 所示,在步骤 (S) 得到的器件结构表面涂覆 PMMA 层 401;

[0062] (U) 如图 9c、9d 所示,对 PMMA 层 401 进行同步辐射 X 射线曝光、显影,在器件结构的光子晶体波导区域上制作一个保护层;

[0063] (V) 按照划片槽划片,即得到 16 个由钛酸锶柱 9 构成的光子晶体波导结构;

[0064] (W) 如图 9e 所示,将步骤 (V) 得到的器件结构放入磨片机中,分别用不同的抛光液进行侧面研磨及抛光,去除器件结构边缘区并使器件侧面平整;

[0065] (X) 如图 9f 所示,对剩余的 PMMA 层 401 进行同步辐射 X 射线曝光,然后通过显影去除 PMMA 保护层、并对其进行清洗,得到本发明的侧面耦合单向传输光子晶体波导器件结构。

[0066] 本发明不限于上述实施方式,光子晶体波导也可以是其他型,如 W3 型、W5 型;中间缺陷区可以是光子晶体中去掉一行或多行介质柱形成,或者由大于或小于波导一区、波导二区介质柱的一行或多行介质柱构成;波导二区中点缺陷可以由一个尺寸不同的介质柱构成,也可以由多个尺寸不同介质柱构成,也可以通过去掉一个或多个介质柱构成;耦合区介质柱和反射介质柱尺寸可以大于或小于其他介质柱。因此,凡是在本发明权利要求 1 技术方案基础上作出的任何简单变形,都在本发明意图保护范围之内。



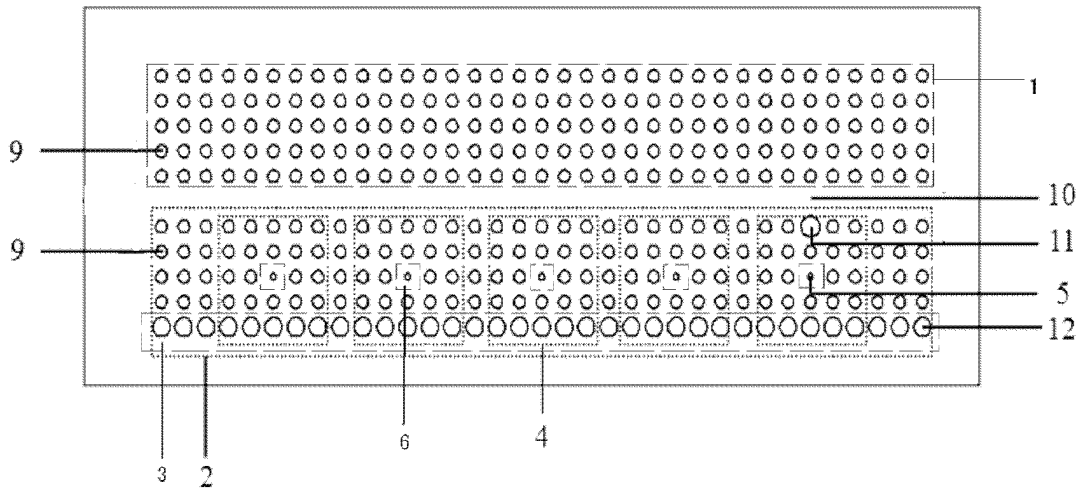


图 1

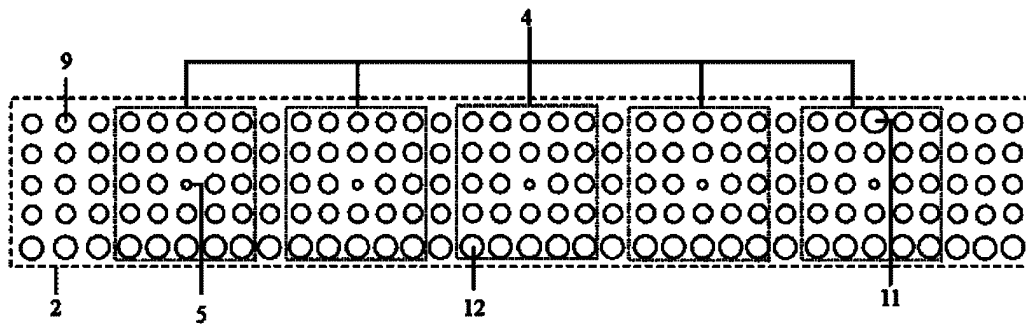


图 2

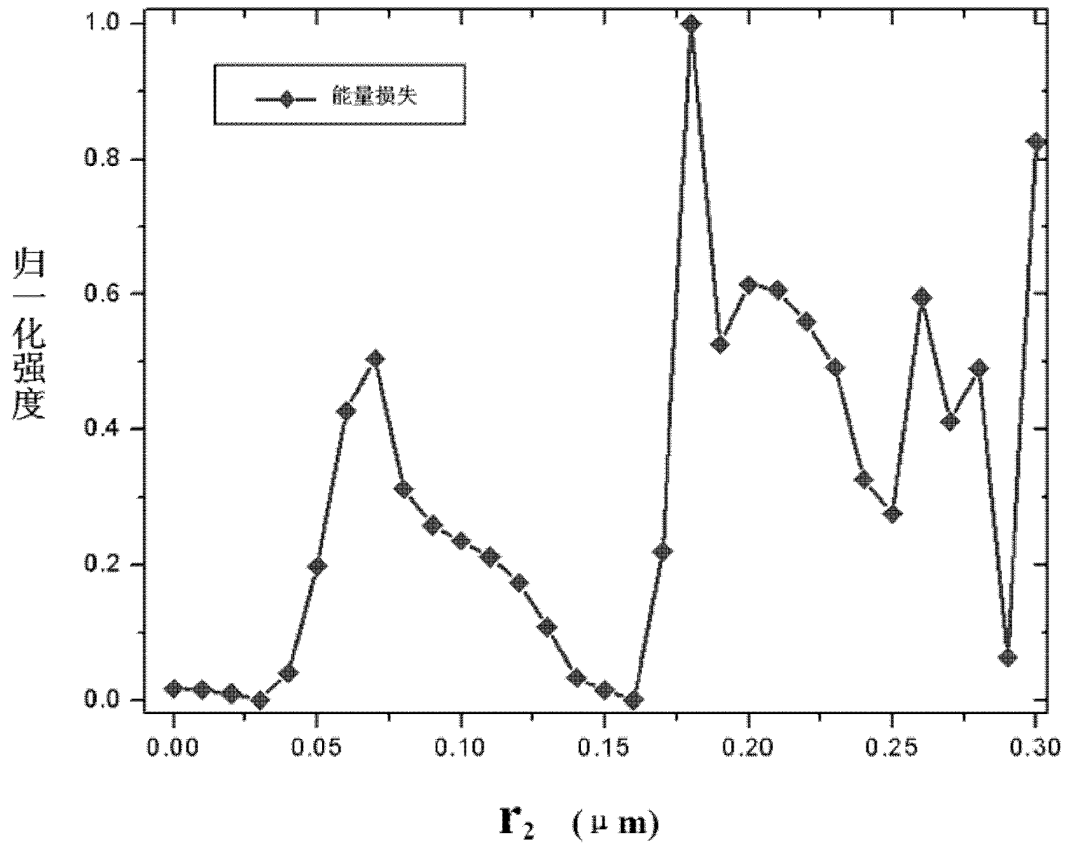


图 3a

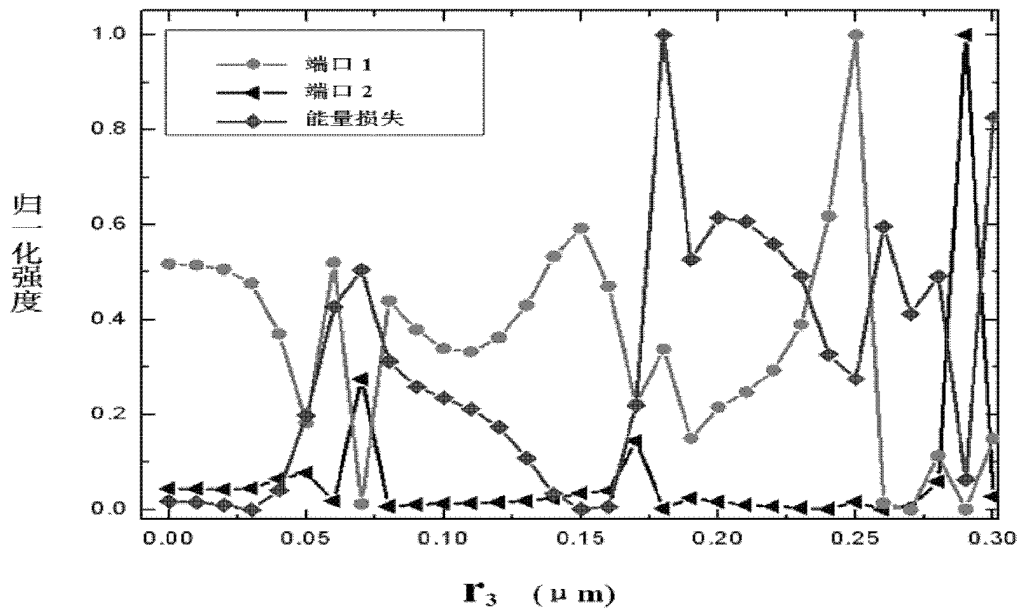


图 3b

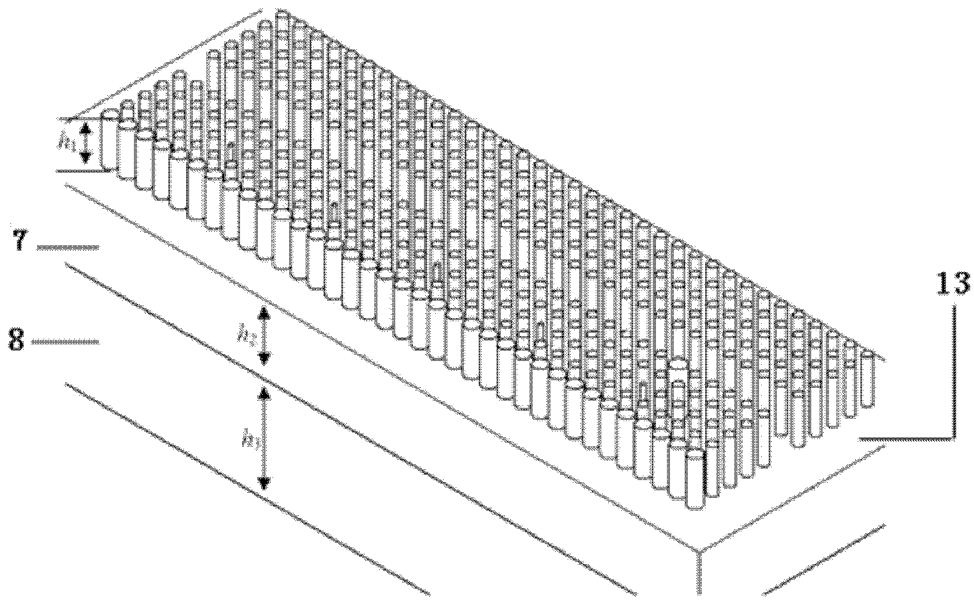


图 4

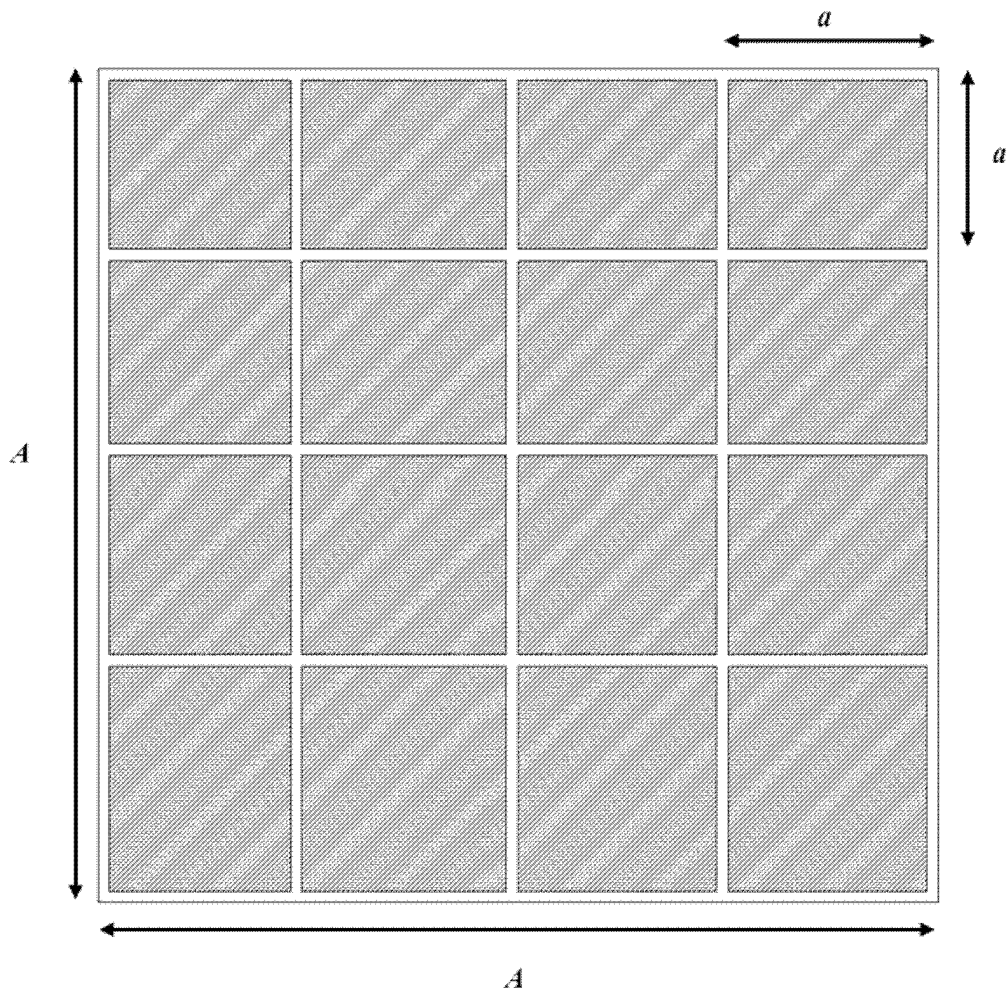


图 5

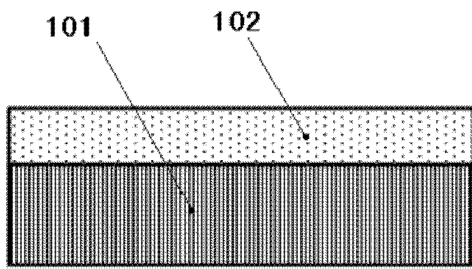


图 6a

### 制备钛酸锶薄膜

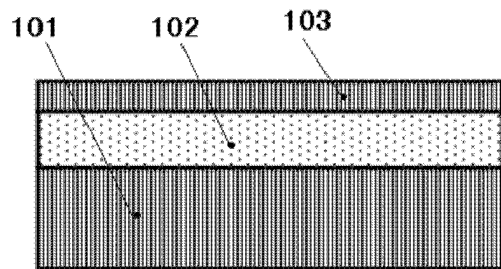


图 6b

旋涂光刻胶

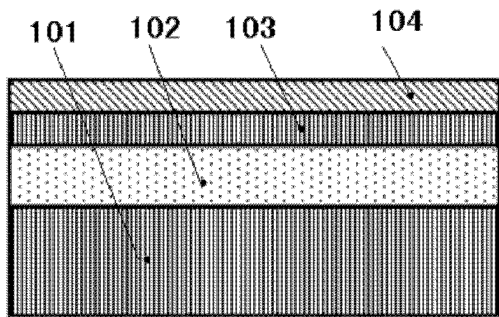


图 6c

曝光

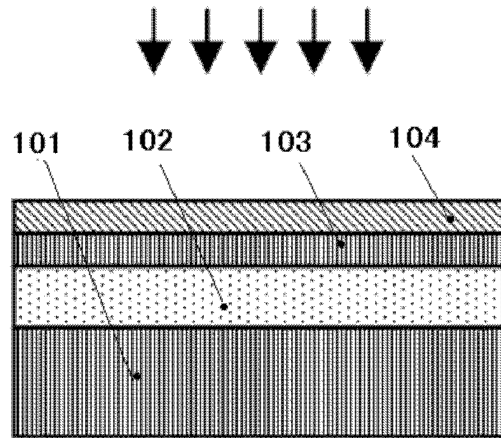


图 6d

显影

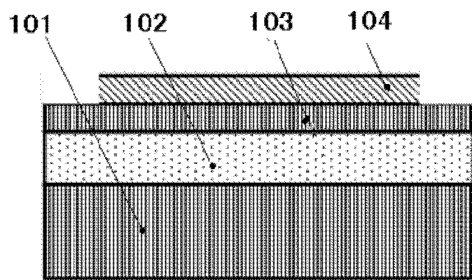


图 6e

ICP 刻蚀

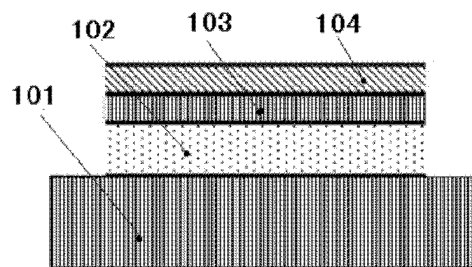


图 6f

### 去胶

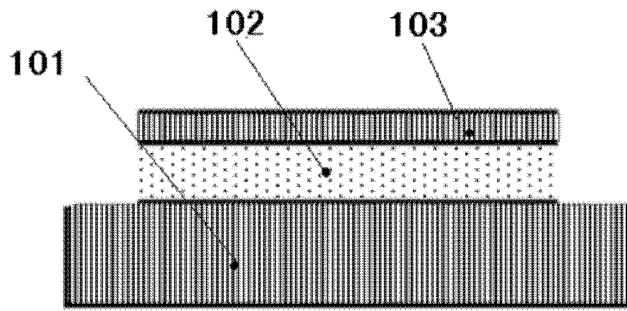


图6g

### 硅片上旋涂光刻胶

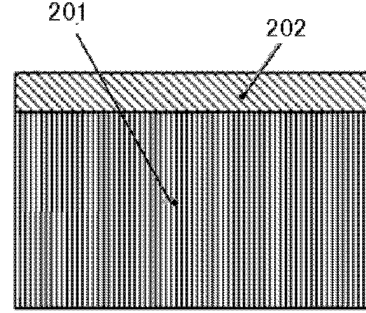


图7a

### 电子束曝光

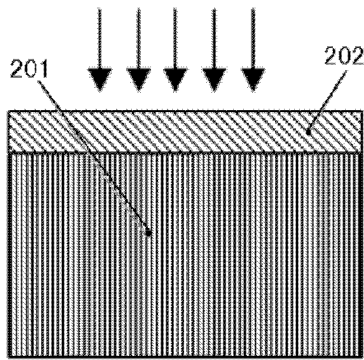


图7b

### 显影

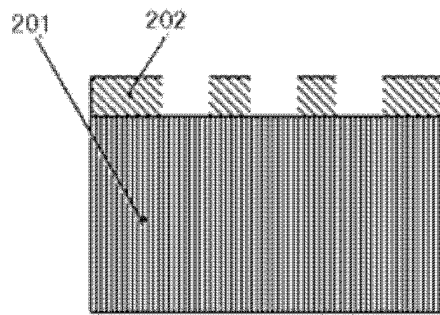


图7c

### ICP 刻蚀、去胶

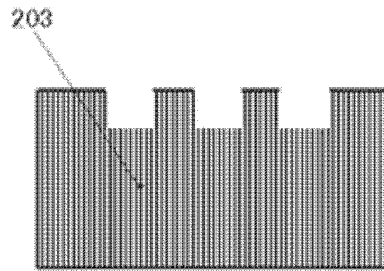


图7d

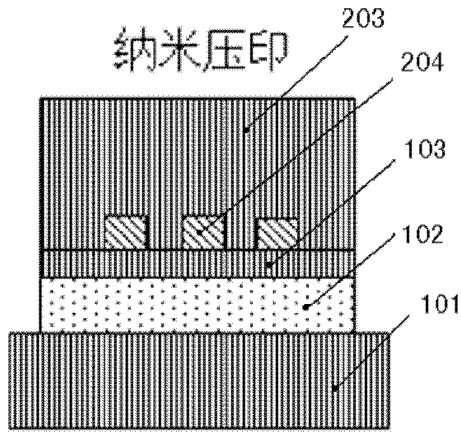


图 7e

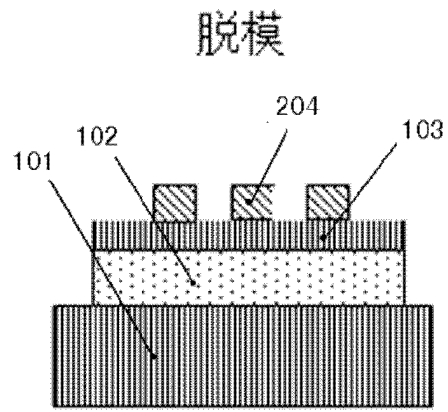


图 7f

ICP 刻蚀

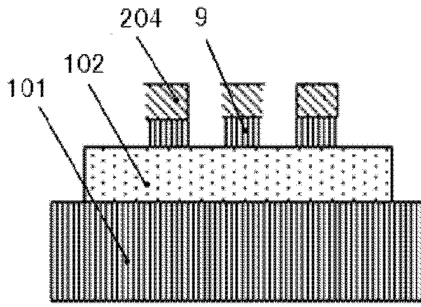


图 7g

去胶

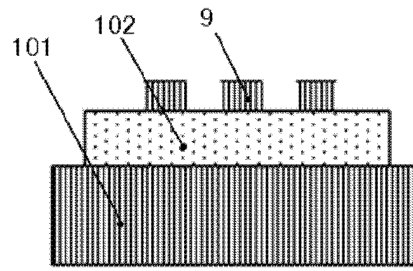


图 7h

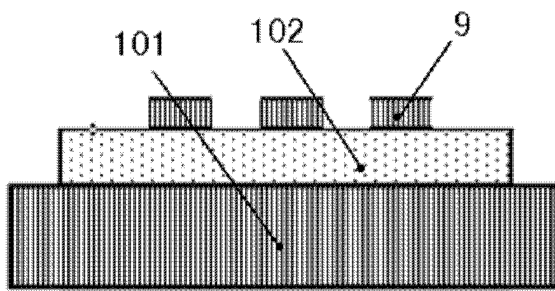


图 8a

旋涂光刻胶

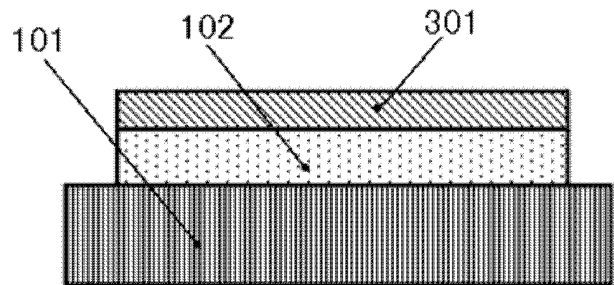


图 8b

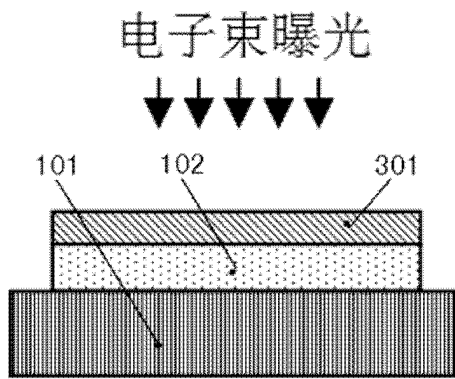


图8c

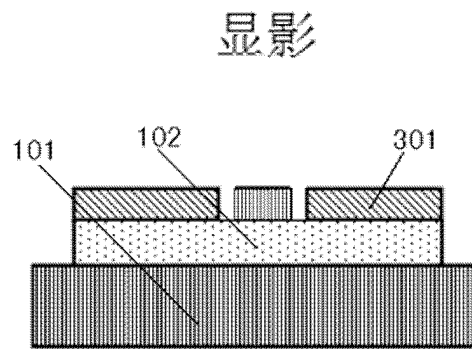


图8d

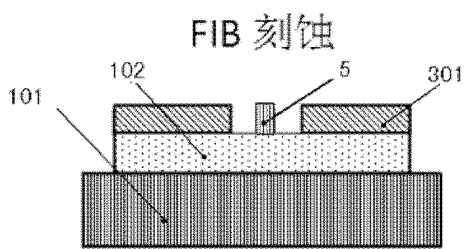


图8e

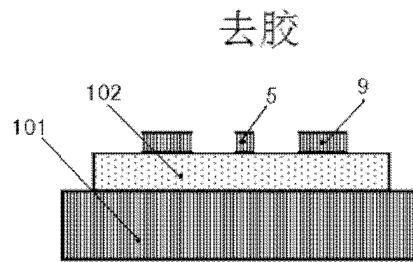


图8f

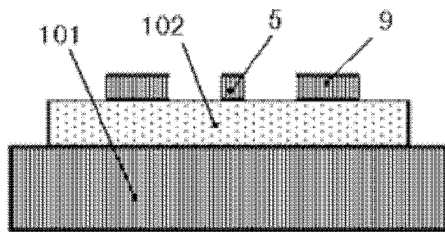


图 9a

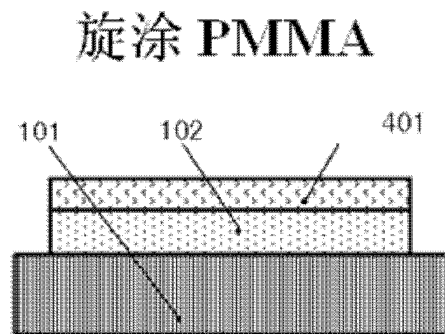


图 9b



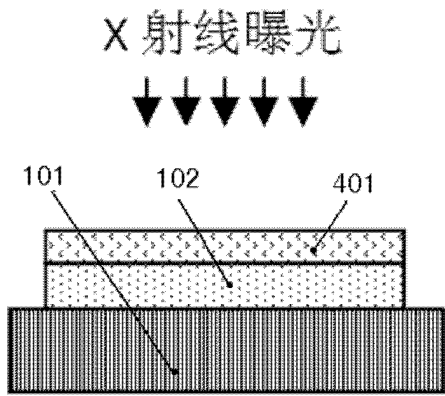


图 9c

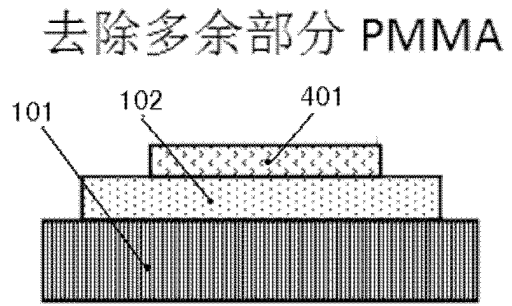


图 9d

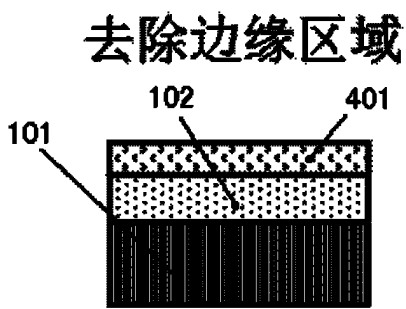


图9e

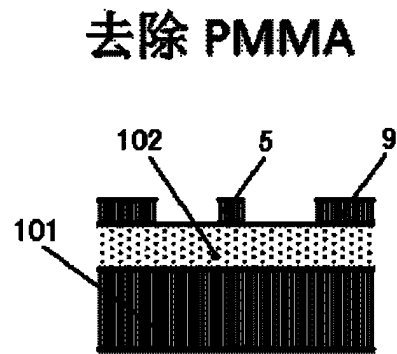


图9f