



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107522163 A

(43)申请公布日 2017.12.29

(21)申请号 201710480011.8

(22)申请日 2017.06.22

(66)本国优先权数据

201610850629.4 2016.09.26 CN

(71)申请人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 何洋 刘少维 杨儒元 周庆庆

曾行昌 朱宝 徐玉坤 刘谦

李小婷 王颖 苑伟政 吕湘连

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心

61204

代理人 陈星

(51)Int.Cl.

B81B 7/02(2006.01)

B81C 1/00(2006.01)

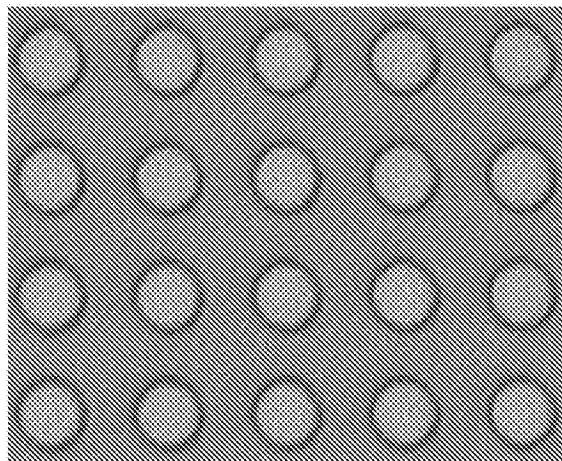
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种PDMS结构的高保型转移方法

(57)摘要

本发明公开了一种PDMS结构的高保型转移方法,可以用于PDMS柔性多层微纳结构的制备。该方法首先制备待转移PDMS结构的硅模板2;制作PDMS转移层5;沿硅模板中央缓缓试滴准量的PDMS溶液,待其从表面中央往四周散开,缓缓流进各个结构空腔内,要求PDMS溶液不溢出硅片模板表面以外区域;使用PDMS转移层5,置于硅模板2有PDMS结构的一面,均匀施加压力,放入恒温箱中固化后取出,然后将硅模板2剥离,这样硅模板2上各结构空腔内的PDMS结构就保型转移至PDMS转移层5上。本发明工艺过程相对简单,为制备多层微纳结构工艺提供了重要保障,也为转移工艺在其他微纳结构制备工艺的应用提供了新的解决方案。



1. 一种PDMS结构的高保型转移方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一:制备待转移PDMS结构的硅模板2;

步骤二:制作PDMS转移层5;具体包括以下子步骤:

子步骤一:制备等厚PDMS层4;

子步骤二:将子步骤一制备的的等厚PDMS层4及一个培养皿放入透明真空箱内,进行抽真空,而后通过通过进气阀往箱体里注入氮气这一惰性气体直至内外气压平衡;迅速打开箱体并将氟硅烷溶液滴进培养皿内,然后迅速关闭箱体并立即进行抽真空操作,静置一段时间,待PDMS等厚层表面沉积了一层氟硅烷后取出;该过程中的氮气是作为保护气防止即将滴入的氟硅烷氧化失效的;

子步骤三:将子步骤二氟化处理后的PDMS等厚层3放入恒温箱中保温一段时间后取出;该过程是为了完成氟硅烷层4与PDMS等厚层表面的分子组装,使氟硅烷层4在其表面上更稳定存留;

至此,完成PDMS转移层5的制作;

步骤三:沿步骤一的硅模板中央缓缓试滴准量的PDMS溶液,待其从表面中央往四周散开,缓缓流进各个结构空腔内,要求PDMS溶液不溢出硅片模板表面以外区域;

步骤四:使用步骤二制作的PDMS转移层5,置于步骤三中硅模板2有PDMS结构的一面,均匀施加压力,放入恒温箱中固化后取出,然后将硅模板2剥离,这样硅模板2上各结构空腔内的PDMS结构就保型转移至PDMS转移层5上。

2. 一种如权利要求1所述的PDMS结构的高保型转移方法,其特征在于,所述步骤一包含如下子步骤:

子步骤一:制备硅片掩膜版;

子步骤二:以子步骤一制备的掩膜版对单晶硅1进行光刻和干法刻蚀,得到所需待转移PDMS结构的硅模板2。

3. 一种如权利要求1所述的PDMS结构的高保型转移方法,其特征在于,所述步骤二中子步骤二的更优方案为:通过制作PDMS转移层制备模具腔室I,然后将配比好的PDMS与固化剂进行真空处理后,倒入PDMS转移层模具腔室I内固化后实现;所述制作PDMS转移层制备模具腔室I的具体过程为:取两块洁净的石英玻璃板6、四块有机玻璃垫块8、一条实心柔性橡胶圈7、四个长尾夹,将实心柔性橡胶圈7放置在其中一块石英玻璃板6上围成一开放式圆腔,将有机玻璃垫块8放置在橡胶圈7的四个位置,然后将另外一块石英玻璃板6以正对最下面的石英玻璃版6的方向覆盖在上面组成PDMS转移层制备模具腔I,然后用长尾夹沿四个方向均匀加紧固定。

4. 一种如权利要求1所述的PDMS结构的高保型转移方法,其特征在于,所述步骤四的采用的是高精度硅模板装载腔体来实现的,其具体过程包括如下子步骤:

子步骤一:取一块洁净的石英玻璃板6,在其中心区域固定一块与所使用的硅片模具同等尺寸的硅模板2;

子步骤二:另取一块洁净的石英玻璃板6、四块有机玻璃垫块8、一条实心柔性橡胶圈7、四个长尾夹,将硅模板2固定在石英玻璃板表面中心位置,将实心柔性橡胶圈7放置在子步骤一的石英玻璃板6上并围成一开放式圆腔,将有机玻璃垫块8放置在实心柔性橡胶圈7的四个位置,然后将另外一块石英玻璃板6以正对最下面的石英玻璃版6的方向覆盖在上面组

成高精度硅模板装载模具制备腔室II,然后用长尾夹沿四个方向均匀加紧固定;

子步骤三:往子步骤二得到的高精度硅模板装载模具制备腔室II内倒入配比好的PDMS溶液10,然后放入恒温箱内固化;固化好后将PDMS高精度硅模板装载模具I整体取出;将硅模板放入该高精度硅模板装载模具9,使得硅模板表面和高精度硅模板装载模具9上表面保持平齐。

一种PDMS结构的高保型转移方法

[0001] 所属领域

[0002] 本发明属于集成电路和微纳电子机械系统制作领域,尤其涉及一种PDMS结构的高保型转移方法,可以用于PDMS柔性多层微纳结构的制备。

背景技术

[0003] 多层不等高微纳结构在仿生学、在光学,表面科学,医药等领域有着广泛应用前景。多层微纳结构已经在防结冰,超疏水,和热传递等领域开展了广泛研究和应用。聚二甲基硅氧烷(PDMS)是一种实验室常用的聚合物材料,具有较好的憎水性、柔性与弹性、热稳定性、抗酸碱及有机溶剂、环境友好等优点,实验室经常用此材料进行微纳结构的制备。为了制备多层不等高微纳结构,现在采用逐层转移组装的方法,将多层不等高结构分为各个独立的单层,然后通过结构转移的方法将各个结构层转移到PDMS转移层上,然后再通过对准键合的方式将各个PDMS转移层上的结构按从低到高的顺序依次转移到PDMS结构基层上去,完成多层不等高微纳结构的制备。在采用逐层转移组装的方法制备多层不等高微纳结构时,保证各PDMS分层结构的高保型转移制备是一个重要的问题。现有的PDMS结构制备中,是将PDMS旋涂于结构模板上,待PDMS固化后从模板上剥离得到所要的PDMS结构,根本无法形成所需PDMS结构的保型转移。

[0004] 转移结构时,常常由于硅模具与施加载荷层之间存在应力集中的问题,从而导致在PDMS转移层通过外界载荷与硅片模具贴合时,因为PDMS转移层本身是柔性材料,由于应力集中的问题,导致PDMS转移层出现微小变形,这种微小变形对于转移制备微米级的结构常常影响很大,进而造成所转移出来的结构层出现、扭曲变形、形貌失真等问题,无法完成结构层的高保型转移,目前仍没有关于微纳结构的高保型转移方法,为了解决微纳结构转移过程中的工艺难题,提出了一种全新的PDMS结构的高保型转移方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的是:采用转移的方法将PDMS结构从硅模板转移到PDMS转移层上去,会面临PDMS柔性结构转移工艺中结构的尺寸和形貌的失真、扭曲变形等工艺问题。本发明解决了现有的技术中无PDMS结构高保型转移的问题。

[0006] 针对上述问题,本发明的技术方案是:一种PDMS结构的高保型转移方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤一:制备待转移PDMS结构的硅模板2;具体包括如下子步骤:

[0008] 子步骤一:制备硅片掩膜版;

[0009] 子步骤二:以子步骤一制备的掩膜版对单晶硅1进行光刻和干法刻蚀,得到所需待转移PDMS结构的硅模板2;

[0010] 步骤二:制作PDMS转移层5;具体包括以下子步骤:

[0011] 子步骤一:制备等厚PDMS层4;

[0012] 作为该子步骤中的更优方案,该过程通过制作PDMS转移层制备模具腔室I,然后将

配比好的PDMS与固化剂进行真空处理后,倒入PDMS转移层模具腔室I内固化后实现;所述制作PDMS转移层制备模具腔室I的具体过程为:取两块洁净的石英玻璃板6、四块有机玻璃垫块8、一条实心柔性橡胶圈7、四个长尾夹,将实心柔性橡胶圈7放置在其中一块石英玻璃板6上围成一开放式圆腔,将有机玻璃垫块8放置在橡胶圈7的四个位置,然后将另外一块石英玻璃板6以正对最下面的石英玻璃版6的方向覆盖在上面组成PDMS转移层制备模具腔I,然后用长尾夹沿四个方向均匀加紧固定。

[0013] 子步骤二:将子步骤一制备的的等厚PDMS层4及一个培养皿放入透明真空箱内,进行抽真空,而后通过通过进气阀往箱体里注入氮气这一惰性气体直至内外气压平衡;迅速打开箱体并将氟硅烷溶液滴进培养皿内,然后迅速关闭箱体并立即进行抽真空操作,静置一段时间,待PDMS等厚层表面沉积了一层氟硅烷后取出;该过程中的氮气是作为保护气防止即将滴入的氟硅烷氧化失效的;

[0014] 子步骤三:将子步骤二氟化处理后的PDMS等厚层3放入恒温箱中保温一段时间后取出;该过程是为了完成氟硅烷层4与PDMS等厚层表面的分子组装,使氟硅烷层4在其表面上更稳定存留。

[0015] 至此,完成PDMS转移层5的制作。

[0016] 步骤三:沿步骤一的硅模板中央缓缓试滴准量的PDMS溶液,待其从表面中央往四周散开,缓缓流进各个结构空腔内,要求PDMS溶液不溢出硅片模板表面以外区域;

[0017] 步骤四:使用步骤二制作的PDMS转移层5,置于步骤三中硅模板2有PDMS结构的一面,均匀施加压力,放入恒温箱中固化后取出,然后将硅模板2剥离,这样硅模板2上各结构空腔内的PDMS结构就保型转移至PDMS转移层5上;

[0018] 为了在这个过程中更好的对PDMS转移层5均匀施加压力,本发明作为一种更优方案,采用的是高精度硅模板装载腔体来实现的,其具体过程包括如下子步骤:

[0019] 子步骤一:取一块洁净的石英玻璃板6,在其中心区域固定一块与所使用的硅片模具同等尺寸的硅模板2。

[0020] 子步骤二:另取一块洁净的石英玻璃板6、四块有机玻璃垫块8、一条实心柔性橡胶圈7、四个长尾夹,将硅模板2固定在石英玻璃板表面中心位置,将实心柔性橡胶圈7放置在子步骤一的石英玻璃板6上并围成一开放式圆腔,将有机玻璃垫块8放置在实心柔性橡胶圈7的四个位置,然后将另外一块石英玻璃板6以正对最下面的石英玻璃版6的方向覆盖在上面组成高精度硅模板装载模具制备腔室II,然后用长尾夹沿四个方向均匀加紧固定。

[0021] 子步骤三:往子步骤二得到的高精度硅模板装载模具制备腔室II内倒入配比好的PDMS溶液10,然后放入恒温箱内固化。固化好后将PDMS高精度硅模板装载模具I整体取出。将硅模板放入该高精度硅模板装载模具9,使得硅模板表面和高精度硅模板装载模具9上表面保持平齐。

[0022] 使用该高精度硅模板装载模具9去装载硅模板2,当施加均布载荷11作用于PDMS转移层5时,PDMS转移层5与硅模板2将不再存在接触边线应力集中的问题,硅模板2与PDMS转移层5在均布载荷11作用下受力会更均衡。优化了高保型工艺转移方法。本发明的有益效果是:解决了用转移组装的方法制备多层微纳结构时的结构扭曲、变形等工艺缺陷。微结构转移工艺的关键是在施加载荷时容易在硅模板与PDMS转移层5的接触线上的应力集中问题,因PDMS转移层5本身是柔性材料,因而特别容易引起变形,从而导致最终转移到PDMS转移层

5上的结构出现变形、扭曲及高度失真等问题,通过制作PDMS板的方法反过来制作500 μm 高精度硅模板装载模具9,进而能将厚度为500 μm 的标准晶圆硅片模具嵌入该高精度硅模板装载模具9内,同时经过系列实验测试,在不影响结构能转移到PDMS转移层5的情况下,提高PDMS与固化剂的配比来提高PDMS转移层5的厚度,并最终确定为7:1的比例,恰好来减小或消除在结构层与转移层键合时的应力集中问题。工艺过程相对简单,为制备多层微纳结构工艺提供了重要保障,也为转移工艺在其他微纳结构制备工艺的应用提供了新的解决方案。

附图说明

[0023] 图1是本发明提出的高保型转移工艺流程图。

[0024] 图2是PDMS转移层制备模具腔室I和高精度硅模板装载模具制备腔室II

[0025] 图3是实施例最终完成高保型转移时大景深显微镜观测图。

[0026] 图中:1-单晶硅,2-硅模板,3-PDMS等厚层,4-氟硅烷层,5-PDMS转移层,6-石英玻璃板,7-实心柔性橡胶圈,8-有机玻璃垫块,9-高精度硅模板装载模具,10-PDMS溶液,11-均布载荷。

[0027] 具体实施方法

[0028] 实施例1:

[0029] 本实施例给出了一种单层结构的高保型转移方法,该层结构为圆形柱状阵列结构层。该例中所设计的结构尺寸圆柱直径为5 μm ,圆柱高度为8 μm ,圆柱间的纵向中心距为10 μm ,横向中心距为10 μm 。本实施例单层结构的高保型转移方法包括如下步骤:

[0030] 步骤一:制备待转移PDMS结构的硅模板;具体包括如下子步骤:

[0031] 子步骤一:制备硅片掩模版;通过掩模版设计圆柱状阵列结构,结构阵列尺寸:圆柱直径为5 μm ,圆柱高度为8 μm ,圆柱间的纵向中心距为10 μm ,横向中心距为10 μm 。

[0032] 子步骤二:以子步骤一制备的掩模版对单晶硅进行光刻,得到所需待转移PDMS结构的硅模板;光刻采用的是电感耦合等离子体反应刻蚀,其采用刻蚀工艺的具体参数为:SF₆,气体流量180sccm/min,刻蚀时间14s;C₄F₆,气体流量85sccm/min,钝化时间7s;刻蚀/钝化循环的次数为7-28次;刻蚀结束后,以O₂作为工作气体,去除光刻胶;

[0033] 步骤二:制作PDMS转移层;具体包括以下子步骤:

[0034] 子步骤一:制备PDMS等厚层;该实施例中,首先以7:1的质量比例配比PDMS与固化剂,其中PDMS液体21克,固化剂3克。将两者分别倒入培养皿中并搅拌均匀,放入真空干燥箱内,对其抽真空处理,待抽至PDMS溶液内无气泡时关闭真空干燥箱,将其从真空干燥箱内取出;接下来是制作PDMS转移层制备模具腔室:取两块洁净的石英玻璃板、四块尺寸2mm \times 2mm \times 2mm的有机玻璃垫块、一条在自然状态下直径为3mm,长度为20mm的实心柔性橡胶圈、四个长尾夹,将实心柔性橡胶圈放置在其中一块石英玻璃板上围成一开放式圆腔,将垫块放置在尼龙绳的四个位置,然后将另外一块石英玻璃板以正对最下面的石英玻璃版的方向覆盖在上面组成PDMS转移层制备模具腔室,然后用长尾夹沿四个方向均匀加紧固定;最后将抽好真空的PDMS溶液倒入所制作的PDMS转移层制备模具腔室内,然后将其整体放入恒温箱内,以60 $^{\circ}\text{C}$ 的温度,固化8小时,固化好后将其取出,拆掉模具腔室,将PDMS取出,得到固化好的厚度为2mm的PDMS。

[0035] 子步骤二:将子步骤一制备的PDMS等厚层及一个培养皿放入透明真空箱内,进行抽真空直至气压差为一个大气压,而后通过通过进气阀往箱体里注入氮气这一惰性气体作为保护气防止即将滴入的氟硅烷氧化失效,注入氮气气体直至内外气压平衡。随后迅速打开箱体并将2-3ml氟硅烷溶液滴进培养皿内,然后迅速关闭箱体并立即进行抽真空操作,直至内外压差为一个大气压。静置3h后取出。

[0036] 子步骤三:将子步骤二氟化处理后的PDMS等厚层放入恒温箱中以60摄氏度的温度保温一段时间后取出;该过程是为了完成氟硅烷层与PDMS等厚层表面的分子组装,使氟硅烷层在其表面上更稳定存留。

[0037] 至此,完成PDMS转移层的制作。

[0038] 步骤三:沿硅片一的硅模板中央缓缓试滴准量的PDMS溶液,待其从表面中央往四周散开,缓缓流进各个结构空腔内,要求PDMS溶液不溢出硅模板表面以外区域;

[0039] 步骤四:使用步骤二制作的PDMS转移层,置于步骤三中硅模板有PDMS结构的一面,均匀施加压力,放入恒温箱中固化后取出,然后将PDMS转移层剥离,这样硅模板上各结构空腔内的PDMS结构就保型转移至PDMS转移层上;

[0040] 为了在这个过程中更好的对PDMS转移层均匀施加压力,本实施例中采用的是高精度硅模板装载腔体来实现的,其具体过程包括如下子步骤:

[0041] 子步骤一:以5:1的质量比例配比PDMS液体与固化剂,其中PDMS液体质量15克,固化剂质量为3克,倒入同一玻璃容器,经玻璃棒搅拌均匀后进行抽真空处理;

[0042] 子步骤二:制作高精度硅模板装载模具制备腔室:取两块洁净的石英玻璃板、四块尺寸 $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的有机玻璃垫块、一条在自然状态下直径为3mm,长度为20mm的实心柔性橡胶圈、四个长尾夹,将实心柔性橡胶圈放置在其中一块石英玻璃板上围成一开放式圆腔,将垫块放置在实心柔性橡胶圈的四个位置,将一块 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的厚度为 $500\mu\text{m}$ 的标准晶圆用双面胶贴合在该片石英玻璃板上,然后将另外一块石英玻璃板以正对最下面的石英玻璃板的方向覆盖在上面组成高精度硅模板装载模具制备腔室,然后用长尾夹沿四个方向均匀加紧固定;

[0043] 子步骤三:待PDMS固化完成后,拆掉腔体,取出所制备的高精度硅模板装载模具。

[0044] 本实施例中硅模板微结构的高保型转移过程分为以下子步骤:

[0045] 子步骤一:以10:1的质量比例配比液体PDMS与固化剂,进行抽真空处理;

[0046] 子步骤二:取出工具:双向平口钳、尺寸为 $50\text{mm} \times 100\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的石英玻璃两块、铝箔纸、双面胶。裁剪铝箔纸,通过双面胶分别平整地贴合在两块石英玻璃板上,将步骤5里制备的高精度硅模板装载模具放在其中一片石英玻璃板上,利用铝箔纸与PDMS的吸附作用,使其贴合在表面,将所要转移的结构的硅模板放入高精度硅模板装载模具中;

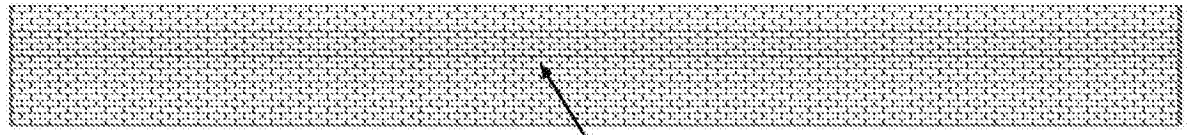
[0047] 子步骤三:将子步骤一中得到的PDMS溶液,取少量滴在硅模板表面,待其覆盖表面即可,而后静置10min待PDMS溶液完全进入硅模板内,将步骤二制作的PDMS转移层,沿石英玻璃板的一边轻轻往另一边捻压,保证捻压中无气泡出现,直至完全覆盖在硅模板的表面。

[0048] 子步骤四:竖直放置双向平口钳,将子步骤三中贴合好的PDMS转移层与硅模板连同石英玻璃板一起放置在双向平口钳的下夹持面上,然后拧动旋钮下降上夹持面,施加载荷夹紧。整体放入恒温箱内,以 60°C 的温度固化8小时;

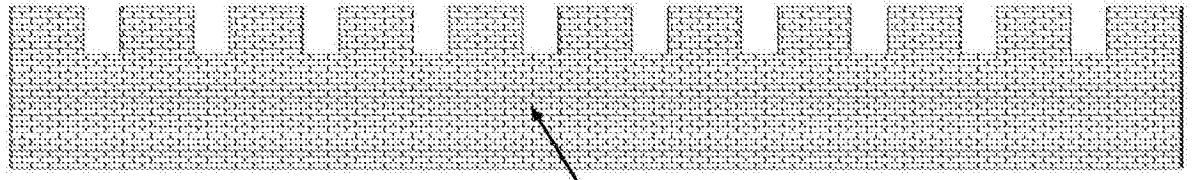
[0049] 子步骤五:固化好后,整体取出反向旋转双向平口钳旋钮,移开上夹持面,将PDMS

转移层连同硅模板内的结构整体取出,完成PDMS柔性结构的硅模板内的高保型转移。

[0050] 使用该高精度硅模板装载腔体去装载硅模板,当施加载荷作用于PDMS转移层时,PDMS转移层与硅模板将不再存在接触边线应力集中的问题,硅模板与PDMS转移层在载荷作用下受力会更均衡。优化了高保型工艺转移方法。最终所转移结构的大景深显微镜观测图如图3所示。



1
(a)



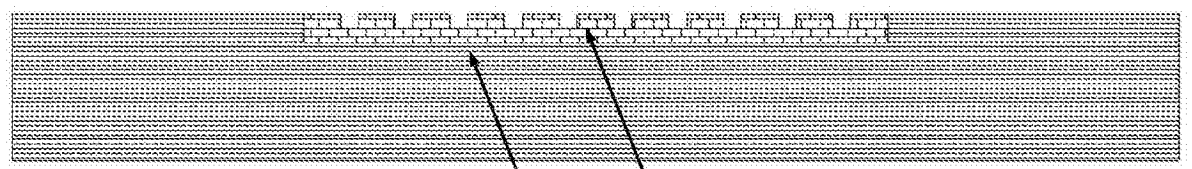
2
(b)



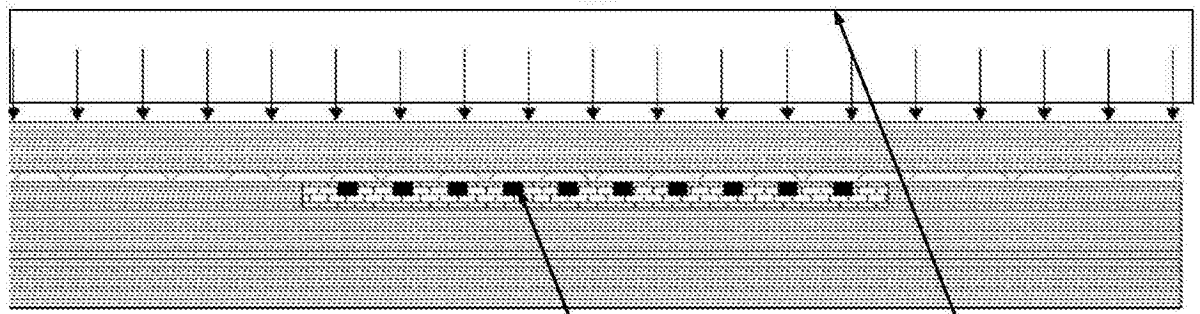
3 4 5
(c)



9
(d)



9 2
(e)



10 11
(f)

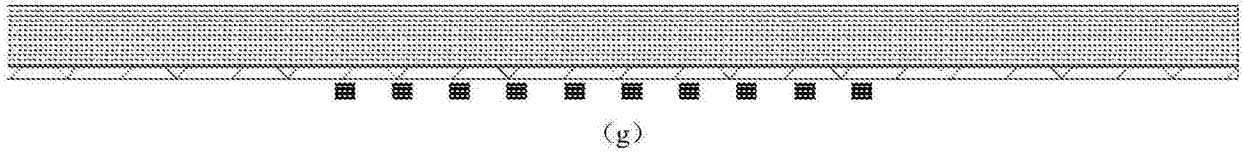


图1

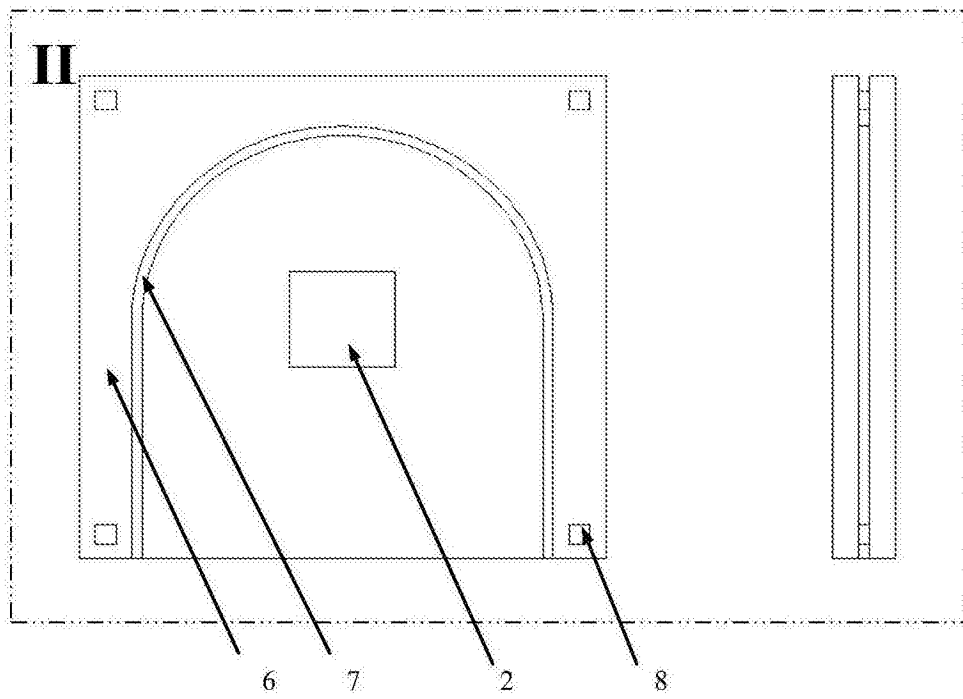
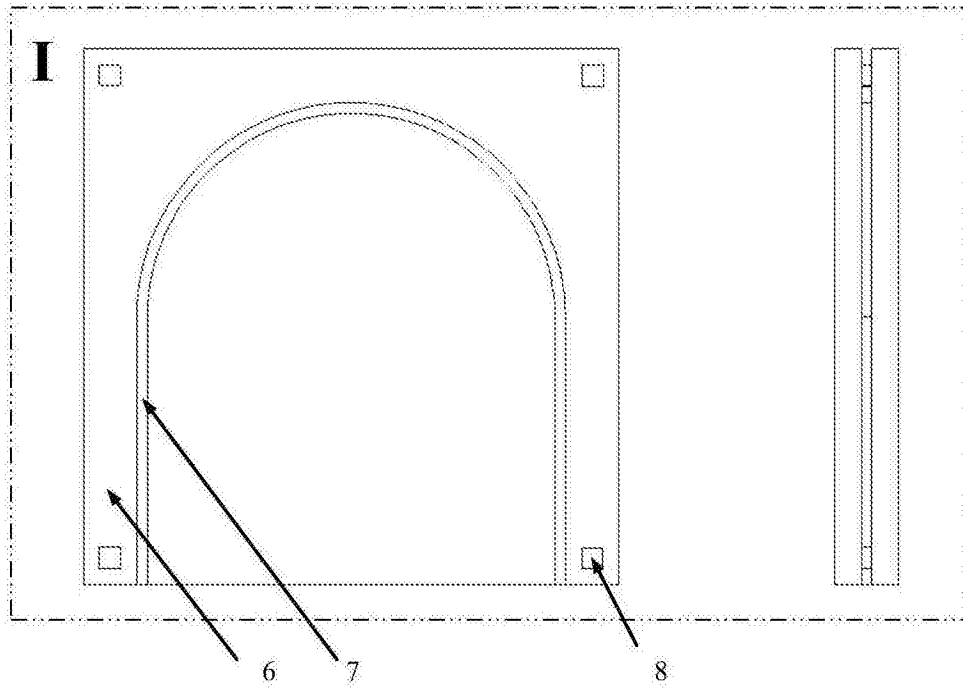


图2

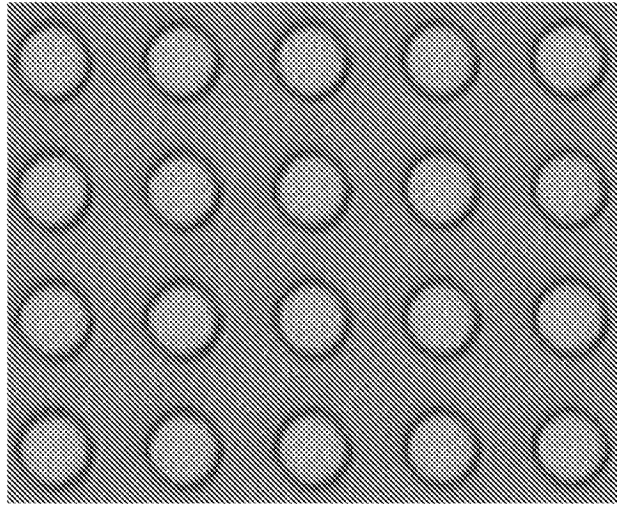


图3