



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108469644 B

(45)授权公告日 2019.10.29

(21)申请号 201810169872.9

(22)申请日 2018.02.28

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108469644 A

(43)申请公布日 2018.08.31

(73)专利权人 中国科学院高能物理研究所  
地址 100049 北京市石景山区玉泉路19号  
乙

(72)发明人 王雨婷 伊福廷 王波 周悦  
张天冲 刘静

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021  
代理人 任岩

(51)Int.Cl.  
G02B 5/18(2006.01)

(56)对比文件

CN 102460236 A,2012.05.16,全文.

CN 103390657 A,2013.11.13,全文.

CN 103901516 A,2014.07.02,全文.

CN 104199252 A,2014.12.10,全文.

审查员 梁乐民

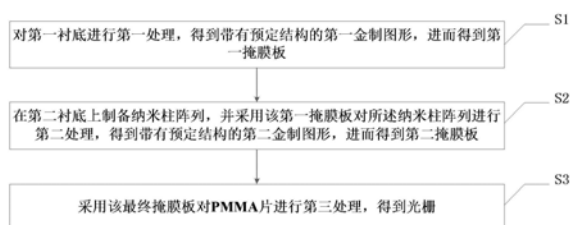
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

光栅及其制备方法

(57)摘要

本发明提供了一种光栅及其制备方法,其中,该方法包括:对第一衬底进行第一处理,得到带有预定结构的第一金制图形,进而得到中间掩膜板;在第二衬底上制备纳米柱阵列,并采用该中间掩膜板对所述纳米柱阵列进行第二处理,得到带有预定结构的第二金制图形,进而得到最终掩膜板;以及采用所述最终掩膜板对PMMA片进行第三处理,得到正弦型位相光栅。本发明的制备方法简单,且能够制备得到表面形貌较为复杂的光栅。



1. 一种光栅的制备方法,包括:

对第一衬底进行第一处理,得到带有预定结构的第一金制图形,进而得到中间掩模板,所述第一处理包括步骤:

在第一衬底表面蒸镀铬和金,形成第一蒸镀层;

在所述第一蒸镀层上涂覆一层第一光刻胶;以及

采用预定结构位于侧边的原始掩模板对所述第一光刻胶进行紫外曝光,并进行显影、电镀金和去胶,且所述预定结构包括周期性的正弦型、波浪形和锯齿形结构;

在第二衬底上制备纳米柱阵列,并采用该中间掩模板对所述纳米柱阵列进行第二处理,得到带有预定结构的第二金制图形,进而得到最终掩模板,所述第二处理包括步骤:

在所述纳米柱阵列的表面蒸镀铬和金,形成第二蒸镀层;

在所述第二蒸镀层上涂覆一层第二光刻胶;以及

采用预定结构位于侧边的中间掩模板对所述第二光刻胶进行X射线纳米光刻,并进行显影、电镀金和去胶;以及

采用该最终掩模板对PMMA片进行第三处理,得到光栅。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,采用该最终掩模板对PMMA片进行第三处理,包括步骤:

以所述最终掩模板对PMMA片进行X射线深度光刻;以及

对光刻后的PMMA片进行显影。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中:

在得到中间掩模板之前还包括步骤:对所述第一金制图形旋涂一次聚酰亚胺,去除所述第一金制图形背面的第一衬底;以及

在得到最终掩模板之前还包括步骤:对所述第二金制图形旋涂两次聚酰亚胺,去除所述第二金制图形背面的第二衬底。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述中间掩模板为预定结构位于侧边的柱体,且该柱体的厚度为 $1.2\sim 1.5\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一蒸镀层的厚度为 $10\sim 100\text{nm}$ ,所述第一光刻胶的厚度大于 $2\mu\text{m}$ ;所述第二光刻胶的厚度大于 $15\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述纳米柱阵列的高宽比为 $10\sim 40$ ,且纳米柱阵列的直径为 $50\sim 200\text{nm}$ ,高度为 $2\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中:

所述第一衬底为硅衬底或者锗衬底;和/或

所述第二衬底为硅衬底或者锗衬底。

8. 一种光栅,采用如权利要求1至7中任一所述的方法制备得到。

## 光栅及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微细加工、镀膜技术领域,尤其涉及一种光栅及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 光刻技术是指利用特定波长的光进行辐照,将掩膜板上的图形转移到光刻胶上的过程。一般光刻工艺要经历表面处理与预处理、涂胶、前烘、对准与曝光、后烘、显影、坚膜、图形检测、去胶等工序。

[0003] 传统的光刻技术主要关注的重点是图形在二维平面内的线宽尺寸的精度,即原始图形转移的精度,因而光刻胶往往比较薄,光刻胶厚度大多为百纳米、微米、十微米量级。若要对百微米、毫米量级厚度的光刻胶进行曝光,即微结构局部具有很大的高宽比或深宽比,常会使用LIGA技术。

[0004] LIGA技术是指用光刻的方法制备电铸的掩膜,用电铸的方法获得与掩膜反型的微结构模具,再使用该模具用压塑和注塑的方法获得微细结构的制备工艺,可加工材质范围广泛,包括金属、陶瓷、聚合物、玻璃等,图形结构灵活,精度高,能加工光刻胶厚度为毫米级的结构,可用于跨尺度、多维度结构加工,具有可复制以及制备成本较低等特点。LIGA工艺的过程主要包括:X射线光刻、电铸和塑铸。首先,利用X射线经过一个掩膜对光刻胶进行照射,从而将掩膜上的结构转移到光刻胶上,经显影后得到光刻胶的结构模;然后通过电铸工艺,将这一胶结构模转换成塑铸所用的金属模具;最后利用该金属进行大批量塑料结构的产品复制,或进行大批量复制再电铸所需要的塑料结构模,用再电铸工艺的塑料结构模,完成大批量低成本金属结构产品的需要。

[0005] 光栅作为一种常见的分光器件,被使用在多种光学仪器之中,其中位相光栅在微小位移测量系统的成像、光纤通信、非线性光学等领域有重要应用。目前由于一些光栅结构的表面形貌较为复杂,直接在材料表面进行刻蚀或生长都难以实现。即使以同样的思路,传统工艺所制备出的结构,厚度较小,难以有实际应用。

### 发明内容

[0006] (一)要解决的技术问题

[0007] 本发明的目的在于提供一种光栅及其制备方法,以解决上述的至少一项技术问题。

[0008] (二)技术方案

[0009] 本发明的一方面,提供了一种光栅的制备方法,包括:

[0010] 对第一衬底进行第一处理,得到带有预定结构的第一金制图形,进而得到中间掩膜板;

[0011] 在第二衬底上制备纳米柱阵列,并采用该中间掩膜板对所述纳米柱阵列进行第二处理,得到带有预定结构的第二金制图形,进而得到最终掩膜板;以及

[0012] 采用该最终掩膜板对PMMA片进行第三处理,得到光栅。

- [0013] 在本发明的一些实施例中,对第一衬底进行第一处理,包括步骤:
- [0014] 在第一衬底表面蒸镀铬和金,形成第一蒸镀层;
- [0015] 在所述第一蒸镀层上涂覆一层第一光刻胶;以及
- [0016] 采用预定结构位于侧边的原始掩模板对所述第一光刻胶进行紫外曝光,并进行显影、电镀金和去胶,且所述预定结构包括周期性的正弦型、波浪形和锯齿形结构。
- [0017] 在本发明的一些实施例中,采用该中间掩模板对所述纳米柱阵列进行第二处理,包括步骤:
- [0018] 在所述纳米柱阵列的表面蒸镀铬和金,形成第二蒸镀层;
- [0019] 在所述第二蒸镀层上涂覆一层第二光刻胶;以及
- [0020] 采用预定结构位于侧边的中间掩模板对所述第二光刻胶进行X射线纳米光刻,并进行显影、电镀金和去胶。
- [0021] 在本发明的一些实施例中,采用该最终掩模板对PMMA片进行第三处理,包括步骤:
- [0022] 以所述最终掩模板对PMMA片进行X射线深度光刻;以及
- [0023] 对光刻后的PMMA片进行显影。
- [0024] 在本发明的一些实施例中,其中:
- [0025] 在得到中间掩模板之前还包括步骤:对所述第一金制图形旋涂一次聚酰亚胺,去除所述第一金制图形背面的第一衬底;以及
- [0026] 在得到最终掩模板之前还包括步骤:对所述第二金制图形旋涂两次聚酰亚胺,去除所述第二金制图形背面的第二衬底。
- [0027] 在本发明的一些实施例中,所述中间掩模板为预定结构位于侧边的柱体,且该柱体的厚度为 $1.2\sim 1.5\mu\text{m}$ 。
- [0028] 在本发明的一些实施例中,所述第一蒸镀层的厚度为 $10\sim 100\text{nm}$ ,所述第一光刻胶的厚度大于 $2\mu\text{m}$ ;所述第二光刻胶的厚度大于 $15\mu\text{m}$ 。
- [0029] 在本发明的一些实施例中,所述纳米柱阵列的高宽比为 $10\sim 40$ ,且纳米柱阵列的直径为 $50\sim 200\text{nm}$ ,高度为 $2\mu\text{m}$ 。
- [0030] 在本发明的一些实施例中,其中:
- [0031] 所述第一衬底为硅衬底或者锗衬底;和/或
- [0032] 所述第二衬底为硅衬底或者锗衬底。
- [0033] 本发明的另一方面,还提供了一种光栅,采用以上任一所述的方法制备得到。
- [0034] (三)有益效果
- [0035] 本发明的光栅及其制备方法,相较于现有技术,至少具有以下优点:
- [0036] 1、本发明的制备方法利用LIGA工艺,利用X射线能对毫米级厚度的光刻胶进行曝光的特点,将预定结构设计在该光栅器件的侧壁上,通过紫外光刻、X射线纳米光刻、X射线深度光刻,对光刻胶进行曝光、显影等工序,得到最终的光栅结构。
- [0037] 2、本发明制备得到的光栅,可以有多种复杂的表面形貌,且厚度适中,在光学成像、光纤通信、非线性光学等领域有重要应用价值。

## 附图说明

- [0038] 图1为本发明实施例的光栅的制备方法的步骤示意图。

[0039] 图2为本发明实施例的步骤S1中对第一衬底进行第一处理的步骤示意图。

[0040] 图3为本发明实施例的步骤S2中采用该中间掩模板对所述纳米柱阵列进行第二处理的步骤示意图。

[0041] 图4为本发明实施例的步骤S2的详细操作示意图。

[0042] 图5为本发明实施例的步骤S3中采用该中间掩模板对PMMA片进行第三处理的步骤示意图。

[0043] 图6为本发明实施例的光栅的结构示意图。

## 具体实施方式

[0044] 现有技术中,难以制备厚度适中,且表面形貌较为复杂的光栅,有鉴于此,本发明提供了一种光栅及其制备方法,制备方法简单易操作,且制备得到的光栅厚度适中,且具有多种复杂的表面形貌,能够满足实际应用需求。

[0045] 一般来说,当不使用本发明的方法时,用各种曝光技术曝光、显影后,获得的光刻胶,侧壁都近似垂直于基片表面,难以形成正弦型的结构或者其他复杂结构。利用X射线能够对毫米级厚度的PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯)光刻胶进行光刻的特点,本发明将正弦型结构设计在样品的侧壁上,利用LIGA技术所得的曝光的高精度和高陡直度,可以制得最终的光栅。

[0046] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0047] 本发明实施例的一方面,提供了一种光栅的制备方法,图1为本发明实施例的光栅的制备方法的步骤示意图,如图1所示,该制备方法包括以下步骤:

[0048] S1、对第一衬底进行第一处理,得到带有预定结构的第一金制图形,进而得到中间掩模板。

[0049] 图2为本发明实施例的步骤S1中对第一衬底进行第一处理的步骤示意图,如图2所示,对第一衬底进行第一处理,包括以下子步骤:

[0050] S11、在第一衬底表面蒸镀铬和金,形成第一蒸镀层。所述第一蒸镀层的厚度为10~100nm;所述第一衬底可以为硅衬底或者锗衬底。在其他实施例中,还可以为蓝宝石和碳化硅等其他材料。

[0051] S12、在所述第一蒸镀层上涂覆(可以为旋涂)一层第一光刻胶(例如6510PMMA光刻胶);所述第一光刻胶的厚度大于2 $\mu$ m。

[0052] S13、采用预定结构位于侧边的原始玻璃掩模板,其中的图案为铬材料,对所述第一光刻胶进行紫外曝光,并进行显影、电镀金和去胶,且所述预定结构包括周期性的正弦型、波浪形和锯齿形结构。此处选用紫外曝光是因为原始掩模板的厚度比较薄,不需采用较强的X射线光刻。

[0053] 可以理解的是,在其他实施例中,预定结构还可以包括其他非周期性的复杂图形,本发明的制备方法都可以制备得到。

[0054] 在此之后,可以得到带有预定结构的第一金制图形,在对该第一金制图形旋涂一次聚酰亚胺。每次旋涂后都需要在烘箱中烘烤150摄氏度保持30分钟,再升至280摄氏度保持90分钟。再用湿法腐蚀去除所述第一金制图形背面的第一衬底,由此得到中间掩模板。所

述中间掩膜板为预定结构位于侧边的柱体,且该柱体的厚度为 $1.2\sim 1.5\mu\text{m}$ 。

[0055] 其中,湿法腐蚀的具体步骤为:将第一衬底放入原始掩膜板中,露出所需腐蚀的区域,第一衬底的腐蚀液的配比可以根据实际情况选择,例如氢氟酸:硝酸的体积比为2:1,硅片被腐蚀后,露出铬、金层,再进行清理。

[0056] S2、在第二衬底上制备纳米柱阵列,并采用该中间掩膜板对所述纳米柱阵列进行第二处理,得到带有预定结构的第二金制图形,进而得到最终掩膜板。

[0057] 在第二衬底表面可以采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列,其直径可以为 $50\sim 200$ 纳米,高度可以为2微米。

[0058] 所述第二衬底可以为硅衬底或者锗衬底。在其他实施例中,还可以为蓝宝石和碳化硅等其他材料。

[0059] 在本发明的一些实施例中,所述纳米柱阵列的高宽比较大,可以为 $10\sim 40$ ,且纳米柱阵列的直径为 $50\sim 200\text{nm}$ ,高度为 $2\mu\text{m}$ 。

[0060] 图3为本发明实施例的步骤S2中采用该中间掩膜板对所述纳米柱阵列进行第二处理的步骤示意图,如图2所示,采用该中间掩膜板对所述纳米柱阵列进行第二处理,包括以下子步骤:

[0061] S21、在所述纳米柱阵列的表面蒸镀铬和金,形成第二蒸镀层。

[0062] S22、在所述第二蒸镀层上涂覆一层第二光刻胶;所述第二光刻胶的厚度大于 $15\mu\text{m}$ 。

[0063] S23、采用预定结构位于侧边的中间掩膜板对所述第二光刻胶进行X射线纳米光刻,并进行显影、电镀金和去胶。此处选择X射线纳米光刻是因为中间掩膜板上相较于第一掩膜板还覆盖有第二蒸镀层和第二光刻胶,因此需要强度稍强于紫外曝光的X射线纳米光刻对中间掩膜板进行处理。

[0064] 图4为本发明实施例的步骤S2的详细操作示意图,如图4所示,在此之后,可以得到第二金制图形,再对该第二金制图形旋涂两次聚酰亚胺,每次旋涂后,都需要在烘箱中烘烤 $150$ 摄氏度保持30分钟,再升至 $280$ 摄氏度保持90分钟。再用湿法腐蚀去除所述第二金制图形背面的第二衬底,由此得到最终掩膜板。在此,对该第二金制图形旋涂两次聚酰亚胺是因为此时第二金制图形的金的厚度比第一金制图形更大,从而保证聚酰亚胺的覆盖率。

[0065] S3、采用该最终掩膜板对PMMA片进行第三处理,得到光栅。

[0066] 图5为本发明实施例的步骤S3中采用该中间掩膜板对PMMA片进行第三处理的步骤示意图,如图5所示,采用该最终掩膜板对PMMA片进行第三处理,包括步骤:

[0067] S31、以所述最终掩膜板对PMMA片(例如厚度为 $0.7$ 毫米的平片)进行X射线深度光刻;此处选择X射线深度光刻是因为最终掩膜板厚度大于中间掩膜板,因此需要强度强于X射线纳米光刻的X射线深度光刻对最终掩膜板进行处理。

[0068] S32、对光刻后的PMMA片进行显影,最终得到光栅。

[0069] 本发明实施例的另一方面,还提供了一种光栅,采用前述的光栅的制备方法得到,其侧边具有一预定结构,该预定结构包括周期性的正弦型、波浪形和锯齿形结构,也包括非周期性的其他复杂结构。此外,该光栅整体可以为长方体等形状,其形状主要取决于原始掩膜板的整体形状。

[0070] 图6为本发明实施例的光栅的结构示意图,如图6所示,该光栅侧边的正弦型结构

的周期为10微米,振幅为2.25微米,厚度为14微米。

[0071] 综上,本发明的光栅的制备方法利用LIGA工艺,利用X射线能对毫米级厚度的光刻胶进行曝光的特点,将预定结构设计在该光栅器件的侧壁上,通过紫外光刻、X射线纳米光刻、X射线深度光刻,对光刻胶进行曝光、显影等工序,得到最终的光栅结构。此外,本发明制备得到的光栅,可以有多种复杂的表面形貌,且厚度适中,在光学成像、光纤通信、非线性光学等领域有重要应用价值。

[0072] 除非有所知名为相反之意,本说明书及所附权利要求中的数值参数是近似值,能够根据通过本发明的内容所得的所需特性改变。具体而言,所有使用于说明书及权利要求中表示组成的含量、反应条件等等的数字,应理解为在所有情况中是受到“约”的用语所修饰。一般情况下,其表达的含义是指包含由特定数量在一些实施例中 $\pm 10\%$ 的变化、在一些实施例中 $\pm 5\%$ 的变化、在一些实施例中 $\pm 1\%$ 的变化、在一些实施例中 $\pm 0.5\%$ 的变化。

[0073] 再者,“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。

[0074] 说明书与权利要求中所使用的序数例如“第一”、“第二”、“第三”等的用词,以修饰相应的元件,其本身并不意味着该元件有任何的序数,也不代表某一元件与另一元件的顺序、或是制造方法上的顺序,该些序数的使用仅用来使具有某命名的一元件得以和另一具有相同命名的元件能做出清楚区分。

[0075] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

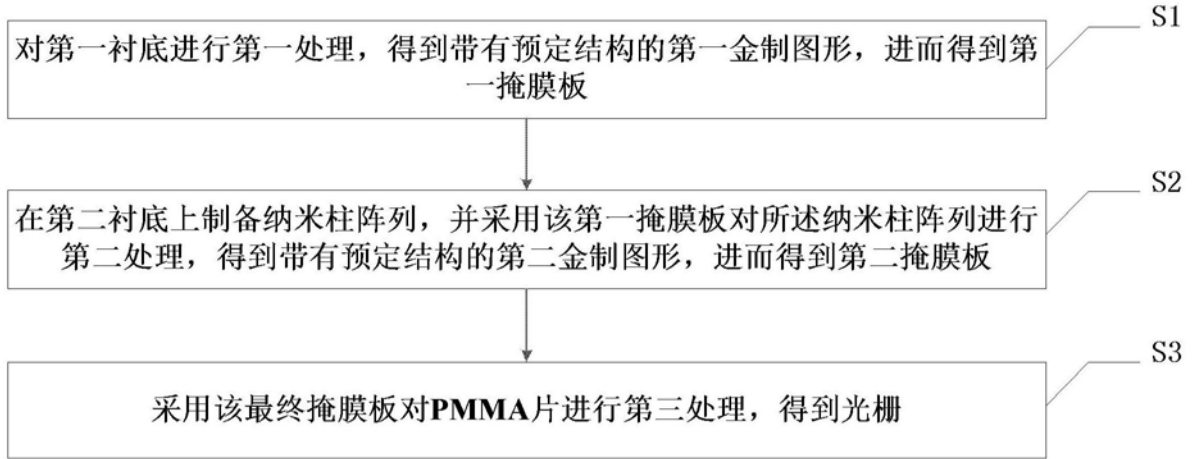


图1

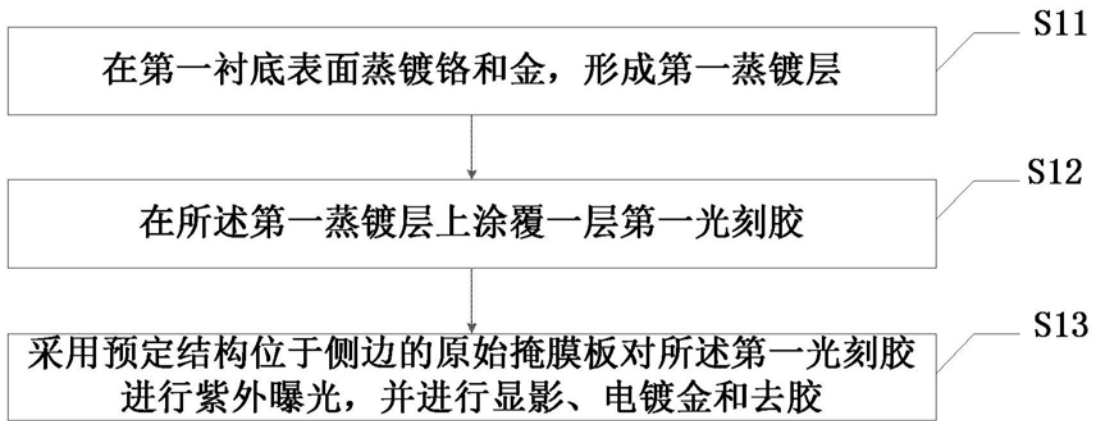


图2

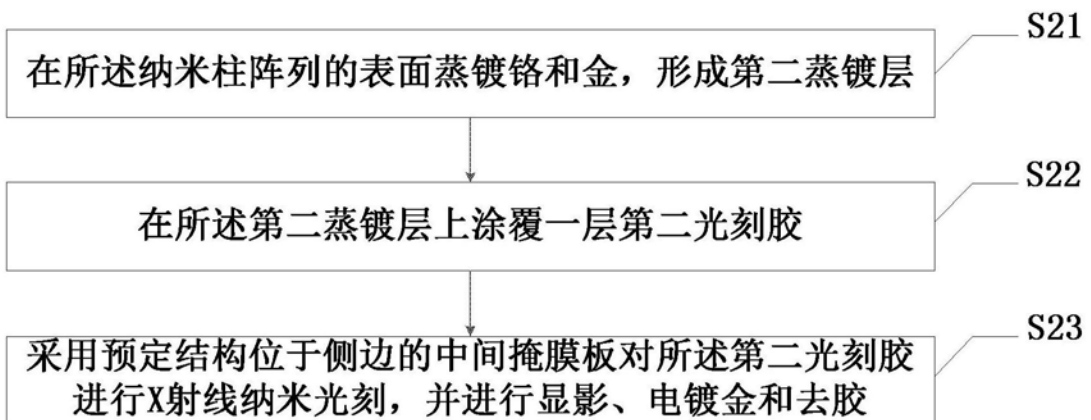


图3



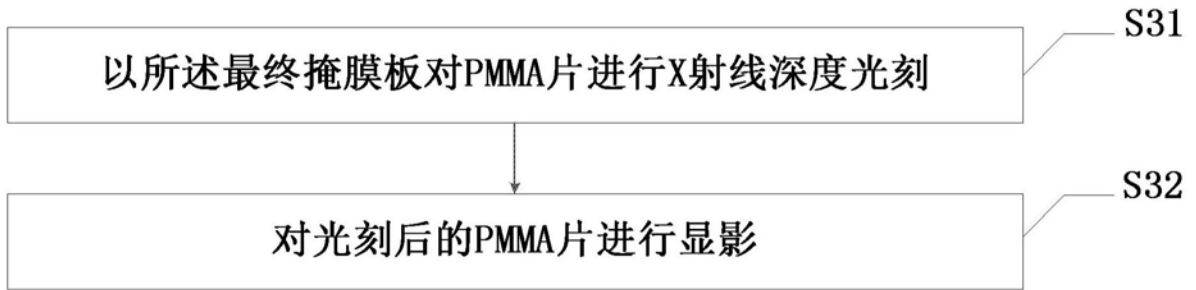


图4

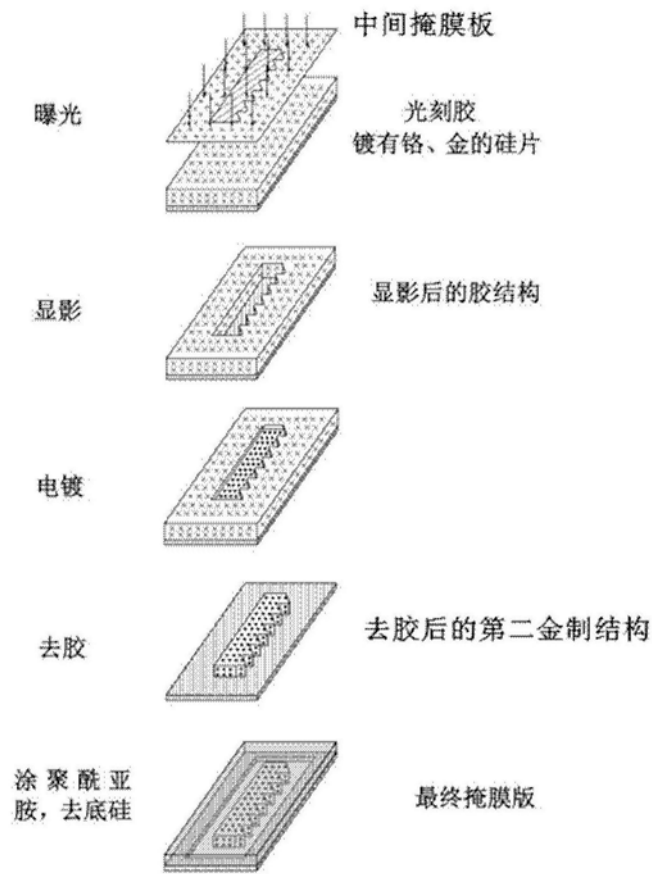


图5

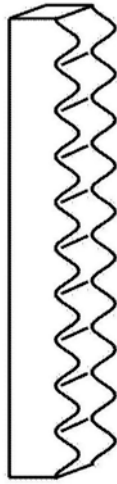


图6