



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114520080 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 04

(21) 申请号 202210127766.0

G01L 1/18 (2006.01)

(22) 申请日 2022.02.11

G01K 7/22 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114520080 A

审查员 赵佳

(43) 申请公布日 2022.05.20

(73) 专利权人 清华大学  
地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 冯雪 焦阳 王鹏

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11277  
专利代理师 刘新宇 张会华

(51) Int. Cl.  
H01B 13/00 (2006.01)  
H01Q 1/08 (2006.01)  
H01Q 1/38 (2006.01)

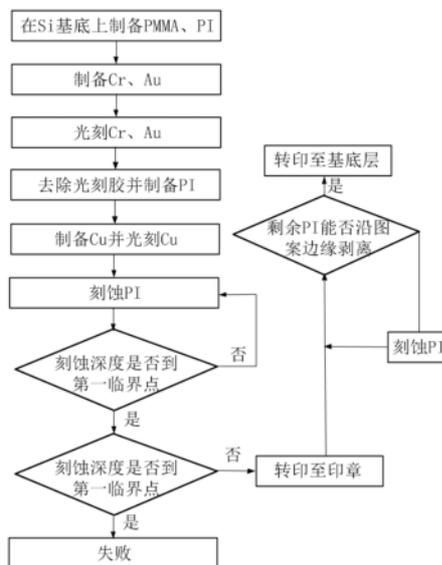
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

柔性电子器件的制备方法

(57) 摘要

本申请提出一种柔性电子器件的制备方法，其包括形成预定形状的导电层(1)，并且，在所述导电层(1)的正反两面形成封装层(2)；刻蚀所述封装层(2)，使所述封装层(2)产生应力集中区域，将所述导电层(1)和所述封装层(2)一起转印至印章(8)，通过对所述封装层(2)的应力集中区域施加载荷，使部分所述封装层(2)发生剪切破坏而剥离，从而去除部分的所述封装层(2)，使所述封装层(2)形成与所述导电层(1)相同的反复弯曲盘绕的线状。



1. 一种柔性电子器件的制备方法,其特征在于,包括:  
形成预定形状的导电层(1),并且,在所述导电层(1)的正反两面形成封装层(2);  
刻蚀所述封装层(2),使所述封装层(2)产生应力集中区域,将所述导电层(1)和所述封装层(2)一起转印至印章(8),通过对所述封装层(2)的应力集中区域施加载荷,使部分所述封装层(2)发生剪切破坏而剥离,从而去除部分的所述封装层(2),使所述封装层(2)形成与所述导电层(1)相同的反复弯曲盘绕的线状,然后将上述结构转印至基层(3),以得到柔性电子器件,  
在转印至所述印章(8)之前测量刻蚀深度,  
如果刻蚀深度未达到第一临界点,则继续进行刻蚀;  
如果刻蚀深度刚好在第一临界点或在第一临界点和第二临界点之间,则满足预期要求;  
如果刻蚀深度达到第二临界点,那么该柔性电子器件报废;其中  
所述第一临界点是刻蚀所述封装层(2)至所述封装层(2)的上边缘与所述导电层(1)的下边缘平齐,  
所述第二临界点是刻蚀所述封装层(2)至与所述封装层(2)相接的牺牲层(4)。
2. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,在剥离所述封装层(2)之前,整体减少所述封装层(2)的厚度,以增加应力集中水平便于所述封装层(2)发生剪切破坏而剥离。
3. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,在刻蚀所述封装层(2)之前,在所述封装层(2)上制备掩蔽层(7),并根据所述的柔性电子器件的结构,去除部分所述掩蔽层(7),使所述掩蔽层(7)形成与所述导电层(1)相同或相似的形状,所述掩蔽层(7)用于保护所述导电层(1)和所述封装层(2)。
4. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,剥离所述封装层(2)时,通过加压气体对应力集中区域施加载荷。
5. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,所述导电层(1)包括导电层主体(11)和粘贴层(12),所述导电层主体(11)通过所述粘贴层(12)附着于所述封装层(2)。
6. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,形成预定形状的所述导电层(1)之后,去除影响所述导电层(1)的电阻变化敏感性的物质和/或结构。
7. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,所述封装层(2)由聚合物制成。
8. 根据权利要求1所述的柔性电子器件的制备方法,其特征在于,所述封装层(2)由聚酰亚胺制成。

## 柔性电子器件的制备方法

### 技术领域

[0001] 本申请属于柔性电子器件领域,特别涉及一种柔性电子器件的制备方法。

### 背景技术

[0002] 柔性电子器件具有可延展性、可弯曲性,极大拓展了电子器件的应用环境。柔性电子器件向着高性能、多模态的方向发展,集成度逐渐提高。为保证柔性电子器件功能的可靠性,需要制备精细的导线结构,并进行合理封装。然而,现有的光刻工艺更适宜硅基材料、金属等的精密加工,难以加工聚合物基封装材料。激光切割、反应离子刻蚀等微纳加工技术的设备昂贵、能耗高,高精度加工具有窄线宽的器件效率低。

### 发明内容

[0003] 本申请旨在提出一种柔性电子器件的制备方法,使柔性电子器件的制作成本较低,可以容易地大规模生产。

[0004] 本申请提出一种柔性电子器件的制备方法,包括:

[0005] 形成预定形状的导电层,并且,在所述导电层的正反两面形成封装层;

[0006] 刻蚀所述封装层,使所述封装层产生应力集中区域,将所述导电层和所述封装层一起转印至印章,通过对所述封装层的应力集中区域施加载荷,使部分所述封装层发生剪切破坏而剥离,从而去除部分的所述封装层,使所述封装层形成与所述导电层相同的反复弯曲盘绕的线状。

[0007] 优选地,在剥离所述封装层之前,整体减少所述封装层的厚度,以增加应力集中水平便于所述封装层发生剪切破坏而剥离。

[0008] 优选地,在刻蚀所述封装层之前,在所述封装层上制备掩蔽层,并根据所述的柔性电子器件的结构,去除部分所述掩蔽层,使所述掩蔽层形成与所述导电层相同或相似的形状,所述掩蔽层用于保护所述导电层和所述封装层。

[0009] 优选地,在转印至所述印章之前测量刻蚀深度,

[0010] 如果刻蚀深度未达到第一临界点,则继续进行刻蚀;

[0011] 如果刻蚀深度刚好在第一临界点或在第一临界点和第二临界点之间,则满足预期要求;

[0012] 如果刻蚀深度达到第二临界点,那么该柔性电子器件报废;其中

[0013] 所述第一临界点是刻蚀所述封装层至所述封装层的上边缘与所述导电层的下边缘平齐,

[0014] 所述第二临界点是刻蚀所述封装层至与所述封装层相接的牺牲层。

[0015] 优选地,剥离所述封装层时,通过加压气体对应力集中区域施加载荷。

[0016] 优选地,所述导电层包括导电层主体和粘贴层,所述导电层主体通过所述粘贴层附着于所述封装层。

[0017] 优选地,形成预定形状的所述导电层之后,去除影响所述导电层的电阻变化敏感

性的物质和/或结构。

[0018] 优选地,所述封装层由聚合物制成。

[0019] 优选地,所述封装层由聚酰亚胺制成。

[0020] 通过采用上述技术方案,本申请可以获得以下有益效果中的至少一个。

[0021] (1) 通过形成应力集中区域而剥离多余封装层,使柔性电子器件的制造成本降低,生产效率提高,适合大规模生产。

[0022] (2) 在柔性电子器件制造过程中测量刻蚀深度和第一临界点、第二临界点的关系,可以提高通过形成应力集中区域来剥离多余封装层的成功率,进而提高生产效率。

[0023] (3) 将使用现有技术较难实现精细加工的封装材料通过形成应力集中区域而剥离多余封装层进行加工。应力集中区域原本是柔性电子器件的封装层上的一部分结构,形成应力集中区域对于设备加工精度要求较低,特别适用于窄线宽(线状)的柔性电子器件加工。

### 附图说明

[0024] 图1示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件的制备方法的流程图。

[0025] 图2示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件的制备方法的步骤示意图。

[0026] 图3示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S9中的施压示意图。

[0027] 图4示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S6中刻蚀深度达到第一临界点的扫描的示意图。

[0028] 图5示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S6中刻蚀深度达到第二临界点的扫描的示意图。

[0029] 图6示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S1中的结构示意图。

[0030] 图7示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S2中的结构示意图。

[0031] 图8示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S3中的结构示意图。

[0032] 图9示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S4中的结构示意图。

[0033] 图10示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S5中的结构示意图。

[0034] 图11A至11C示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S6中的结构示意图。

[0035] 图12A和12B示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S7中的结构示意图。

[0036] 图13A和13B示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S8中的结构示意图。

[0037] 图14A和14B示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S9

中的结构示意图。

[0038] 图15A和15B示出了根据本申请的实施方式的柔性电子器件在制备方法的步骤S10中的结构示意图。

[0039] 附图标记说明

[0040] 1导电层11导电层主体12粘贴层

[0041] 2封装层3基底层4牺牲层5衬底6光刻胶7掩蔽层8印章。

### 具体实施方式

[0042] 为了更加清楚地阐述本申请的上述目的、特征和优点,在该部分结合附图详细说明本申请的具体实施方式。除了在本部分描述的各个实施方式以外,本申请还能够通过其他不同的方式来实施,在不违背本申请精神的情况下,本领域技术人员可以做相应的改进、变形和替换,因此本申请不受该部分公开的具体实施例的限制。本申请的保护范围应以权利要求为准。

[0043] 如图1至图15B所示,本申请提出一种柔性电子器件的制备方法,柔性电子器件例如为柔性温度传感器,其包括导电层1(例如由金Au和/或铬Cr制成)、封装层2(由聚合物制成,例如由PI,即,聚酰亚胺制成)和基底层3(例如由PLA,即,聚乳酸制成)。柔性电子器件还可以是柔性天线。

[0044] 导电层1连接有电极,封装层2包裹导电层1的正反面并且露出电极,电极使导电层1能够与外部设备电连接。封装层2的作用是防止导电层1短路,封装层可以由除了聚酰亚胺以外的其他导电性差、导热性好的材料制成。电极可以延伸的较长,从而方便距离检测部位较远的外部设备与柔性电子器件相连。

[0045] 导电层1包括热敏材料,热敏材料的电阻率可以随温度变化而变化,通过导电层1的电阻率随温度变化实现温度测量。

[0046] 可以理解,在上述实施方式的柔性温度传感器中,导电层1包括热敏材料,然而本申请不限于此,柔性电子器件可以是其他类型的传感器,相应的导电层也可以是其他导电材料。例如在其他实施方式中,柔性电子器件可以为柔性压力传感器,导电层可以包括压敏材料。

[0047] 参照图15A和图15B,在本实施方式中,导电层1可以包括导电层主体11和粘贴层12,导电层主体11可以包括金(Au),粘贴层12可以包括铬(Cr)。导电层1可以包括除了金以外的其他电阻率受温度影响而变化的材料。导电层1可以形成为弯曲盘绕的形状,从而具有延展性。

[0048] 基底层3用于承载导电层1和封装层2,基底层3可以具备与导电层1和封装层2相近的弯曲形状,从而具有延展性。基底层3可以由除了聚乳酸以外的其他导热性好的材料制成,基底层3可以具备如可降解、形状记忆、透光等特性。

[0049] 如图1至图15B所示,以柔性温度传感器为例说明柔性电子器件的制备方法,其包括以下步骤。

[0050] S1:制备第一封装层,参照图1和图6,在衬底5上制备牺牲层4,在牺牲层4上制备封装层2,也就是说,牺牲层4夹在衬底5和封装层2之间。衬底5可以选用硅(Si),牺牲层4可以选用聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA),封装层2可以选用聚酰亚胺(PI)。牺牲层4作用是在后面的

转印步骤中方便将其他结构从衬底5上剥离。

[0051] S2:制备导电层1,参照图1和图7,制备导电层1,导电层1可以包括例如金(Au)层的导电层主体11和例如铬(Cr)层的粘贴层12,粘贴层12有助于使封装层2和导电层主体11粘贴在一起。

[0052] S3:将导电层1结构化,参照图1和图8,将导电层1结构化,采用例如光刻的方法使原本片状的导电层1形成预定形状。光刻后在导电层1的表面残留有光刻胶6。

[0053] S4:制备第二封装层,参照图1和图9,去除步骤S3形成的光刻胶6并在导电层1上制备封装层2,封装层2可以选用聚酰亚胺(PI),这样,导电层1的正反两面均覆盖封装层2。

[0054] 可以理解,去除光刻胶6可以避免光刻胶6对导电层1的电阻的温度敏感性造成影响,如果步骤S3采用除了光刻法外的其他方法将导电层1结构化,也应将影响导电层1的电阻随温度变化敏感性的物质和/或结构清除。

[0055] S5:制备掩蔽层7,参照图1和图10,制备掩蔽层7,在封装层2上制备掩蔽层7,并对掩蔽层7进行光刻形成预定形状,光刻后在掩蔽层7的表面残留有光刻胶6。掩蔽层7可以选用铜(Cu),掩蔽层7是后续步骤的掩蔽材料,掩蔽层7根据柔性电子器件的导电层1的结构来设计,掩蔽层7用于保护必要的导电层1和封装层2在后续步骤的刻蚀中不被破坏。掩蔽层7的结构与导电层1相同,或遮蔽层7比导电层1略短,以便于暴露出导电层1的电极,方便电极与外部设备连接。

[0056] S6:去除部分封装层材料形成应力集中区域,参照图1、图4、图5和图11A至图11C,根据各层厚度计算得到第一临界点和第二临界点的数值,根据测量得到的刻蚀深度,选择执行对应步骤。刻蚀后的封装层2可以形成与导电层1相同的预定形状,刻蚀深度可以通过例如台阶仪、原子力显微镜等手段扫描刻蚀后的表面进行测量,得到高度形貌。图4对应图11A所示的刻蚀深度为第一临界点的扫描示意图,图5对应图11C所示的刻蚀深度为第二临界点的扫描示意图。

[0057] 第一临界点是刻蚀封装层至其上边缘与导电层1的下边缘平齐。第二临界点是刻蚀封装层2至牺牲层4。

[0058] 如果测量得到的刻蚀深度未达到第一临界点,则继续进行刻蚀。

[0059] 如果测量得到的刻蚀深度刚好在第一临界点,执行S7。

[0060] 如果测量得到的刻蚀深度在第一临界点和第二临界点(不包括第二临界点)之间,执行S7。

[0061] 如果测量得到的刻蚀深度达到第二临界点,那么该产品报废,不再进行后续步骤。

[0062] S7:转印至印章8,参照图1、图12A和图12B,上述结构从衬底5上剥离,并且转印至印章8,印章8可以选用柔性材料,例如印章8可以由聚二甲基硅氧烷(PDMS)制成。

[0063] 图12A和图12B分别对应上一步骤中的图11A和图11B所示的结构转印至印章8的形态。

[0064] S8:减少封装层2的厚度,参照图1、图13A和图13B,减少封装层2的厚度(但不应完全去除封装层),以增加应力集中水平,便于执行步骤S9。

[0065] 图13A和图13B分别对应上一步骤中的图12A和图12B所示的结构在减少封装层2的厚度后的形态。

[0066] S9:剥离多余封装层,参照图3、图1、图14A和图14B,对封装层2施加载荷,由应力集

中区域的边缘剥离多余的封装层,如果应力集中水平足够使多余封装层剥离,可以跳过步骤S8,在步骤S7之后直接执行步骤S9。可以理解,应力集中水平是否足够可以与施加的载荷相关。对应力集中区域的载荷可以通过加压气体施加,多余的封装层由于应力集中,从而发生剪切破坏而剥离。

[0067] 参照图14A,可以跳过步骤S8直接施加载荷,由应力集中区域的边缘剥离多余的封装层,如图14B所示,可以经过步骤S8后再施加载荷,由应力集中区域的边缘剥离多余的封装层。

[0068] S10:转印至基底层,参照图1、图15A和图15B,上述结构转印至基底层3,得到柔性温度传感器。

[0069] 图15A是跳过步骤S8得到的柔性温度传感器,导电层1一侧(下侧)的封装层2厚度较厚,图15B是经过步骤S8得到的柔性温度传感器,导电层1一侧(下侧)的封装层2厚度较薄。

[0070] 柔性温度传感器在使用前需要经过标定,确定电阻变化和温度变化的对应关系,具体地,是在不同温度下测量电阻。

[0071] 除用于体内的柔性温度传感器外,本专利也可以用于体外的柔性温度传感器,以及非人体应用的柔性温度传感器。

[0072] 本发明的优点包括:

[0073] (1)通过形成应力集中区域而剥离多余封装层,使柔性温度传感器的制造成本降低,生产效率提高,适合大规模生产。

[0074] (2)在柔性温度传感器制造过程中测量刻蚀深度和第一临界点、第二临界点的关系,可以提高通过形成应力集中区域来剥离多余封装层的成功率,进而提高生产效率。

[0075] (3)将使用现有技术较难实现精细加工的封装材料通过形成应力集中区域而剥离多余封装层进行加工。应力集中区域原本是柔性电子器件的封装层上的一部分结构,形成应力集中区域对于设备加工精度要求较低,特别适用于窄线宽(线状)的柔性电子器件加工。

[0076] 虽使用上述实施方式对本申请进行了详细说明,但对于本领域技术人员来说,本申请显然并不限于在本说明书中说明的实施方式。本申请能够在不脱离由权利要求书所确定的本申请的主旨以及范围的前提下加以修改并作为变更实施方式加以实施。因此,本说明书中的记载以示例说明为目的,对于本申请并不具有任何限制性的含义。

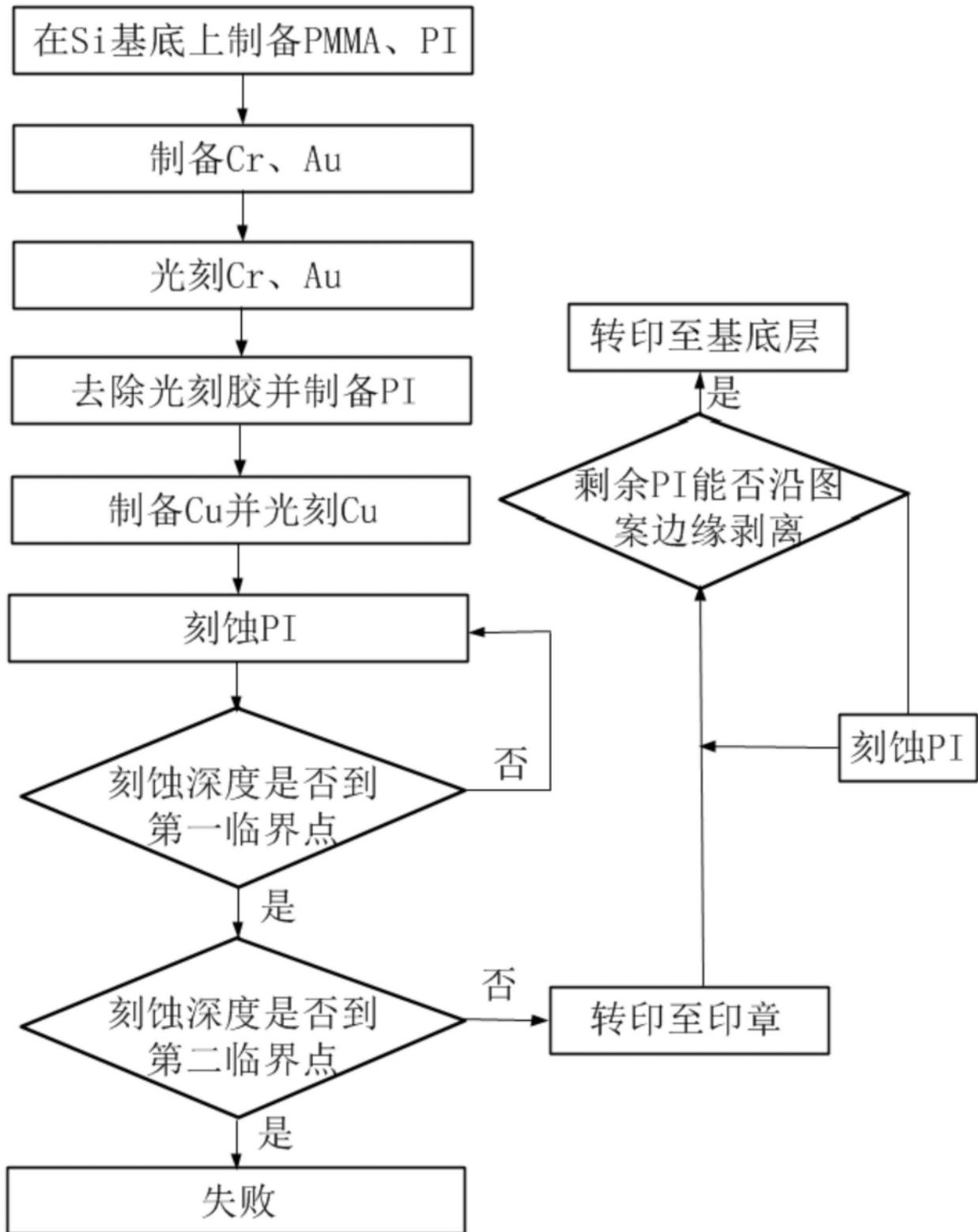


图1

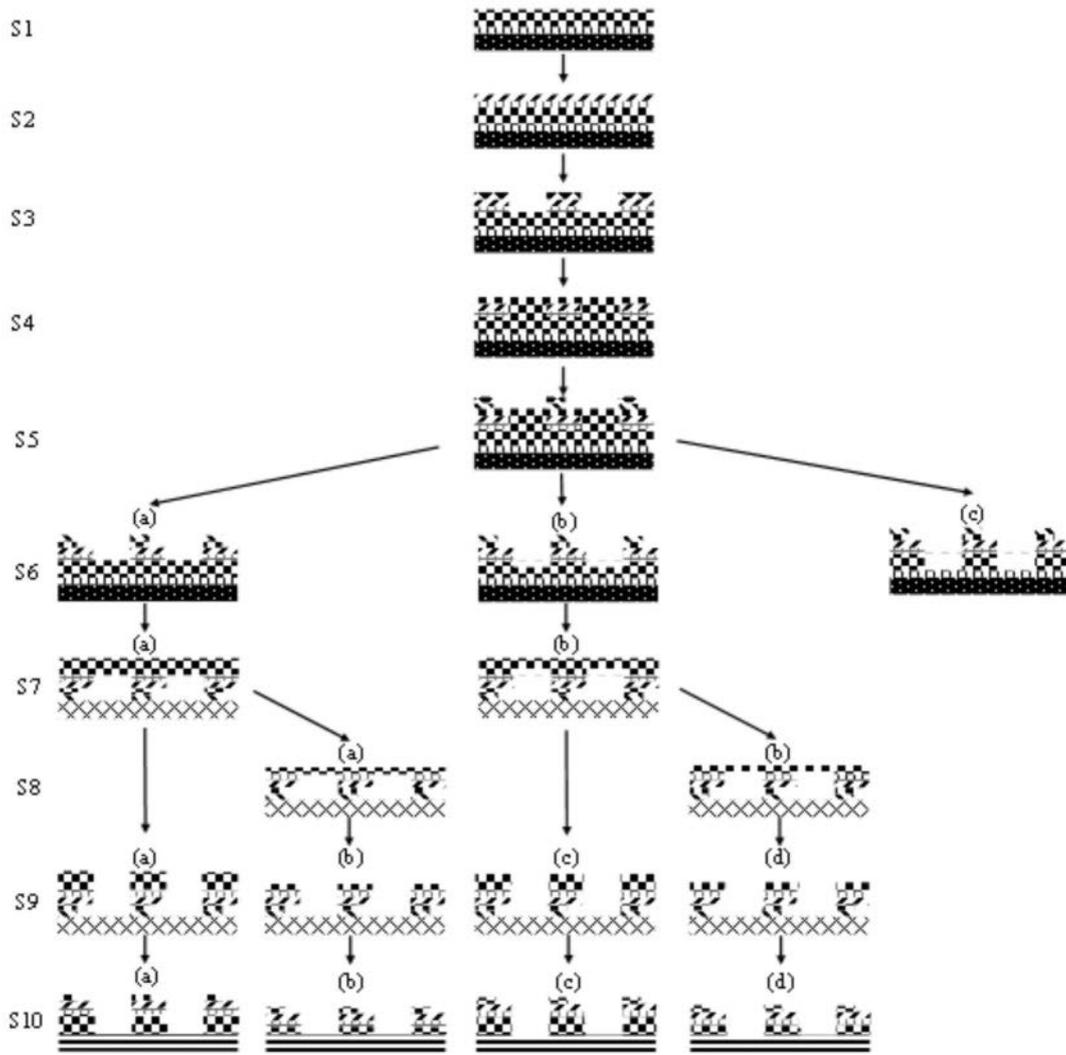


图2

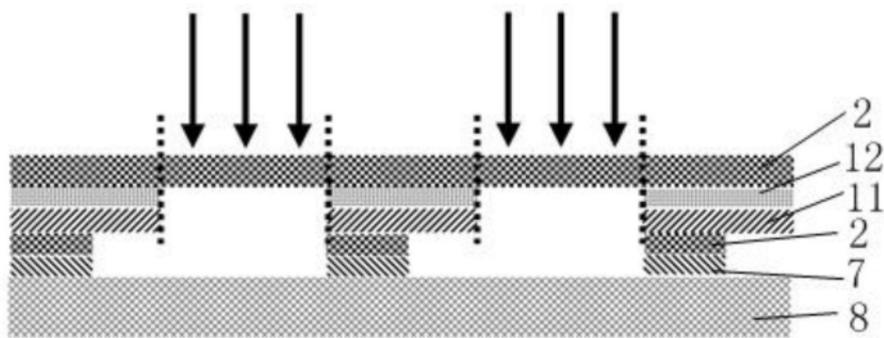


图3

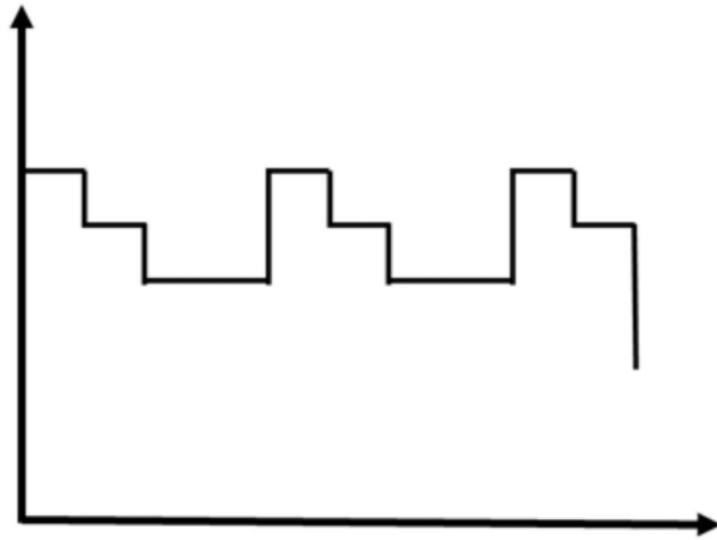


图4

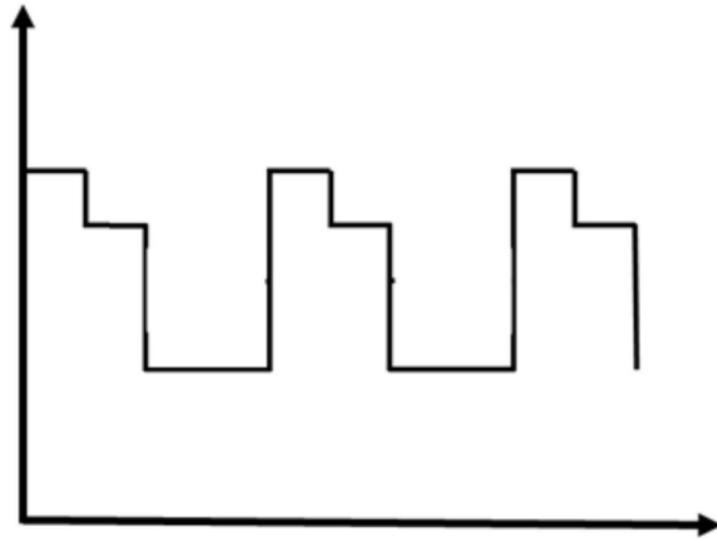


图5

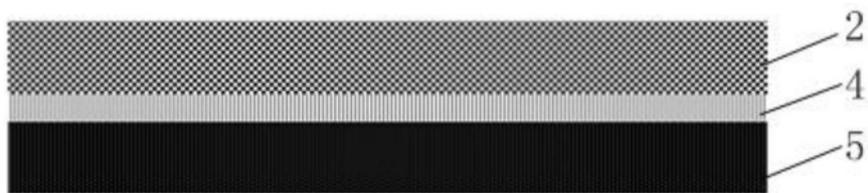


图6

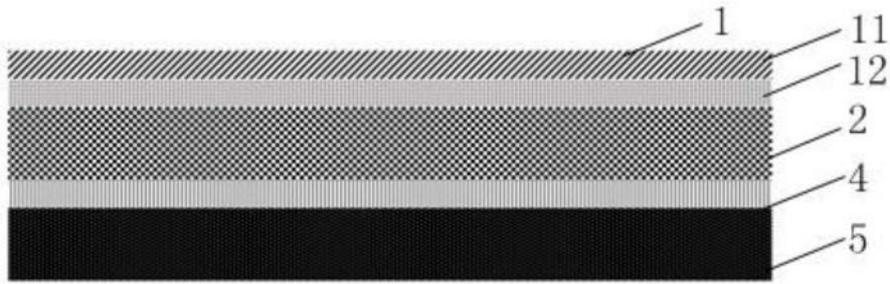


图7

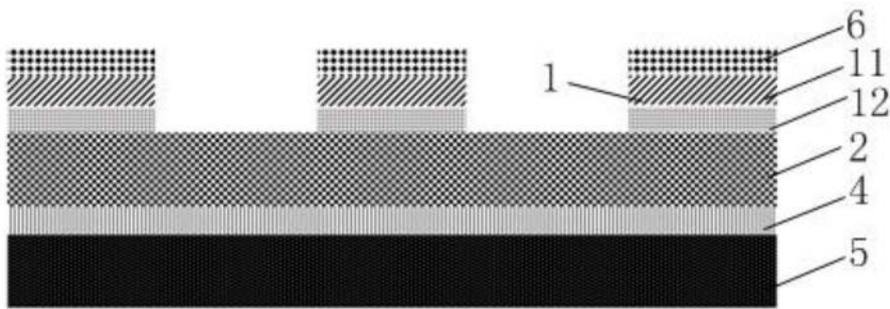


图8

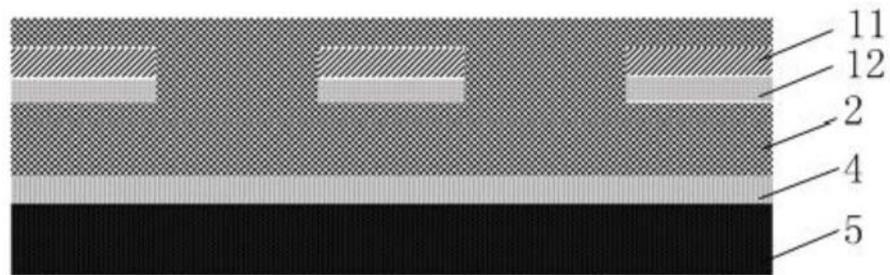


图9

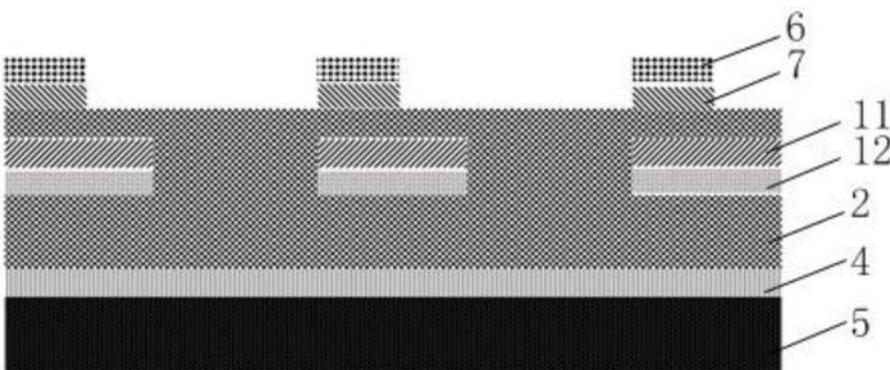


图10

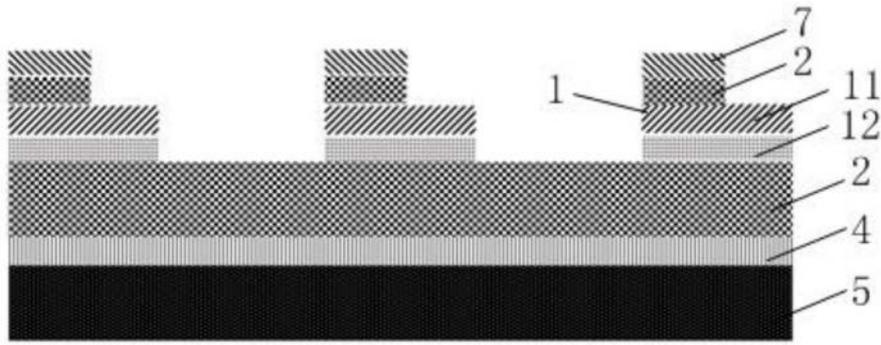


图11A

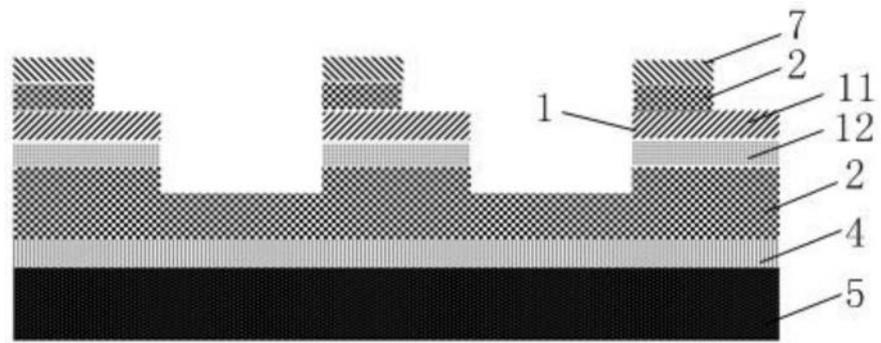


图11B

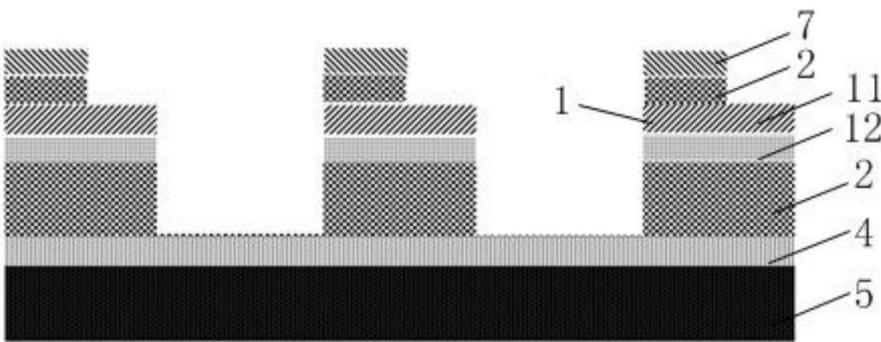


图11C

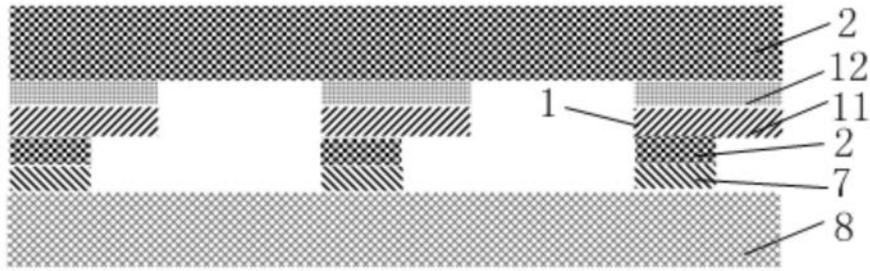


图12A

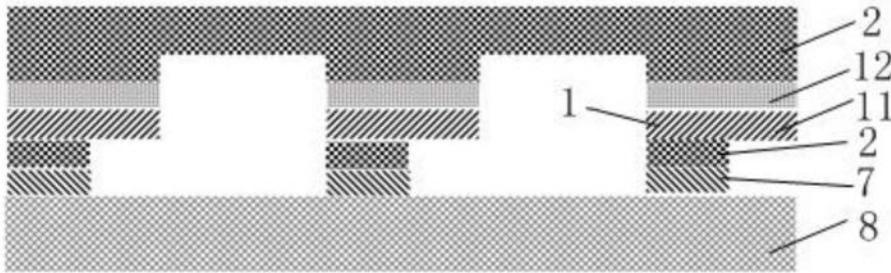


图12B

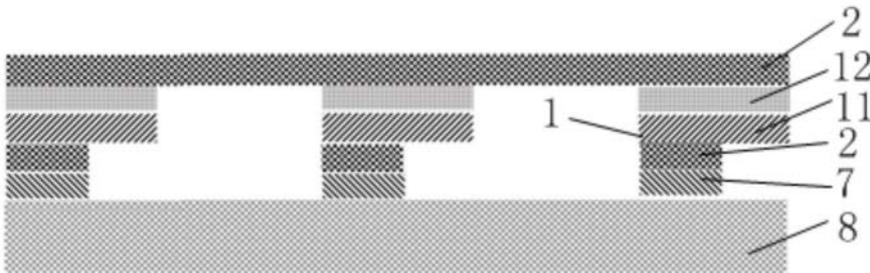


图13A

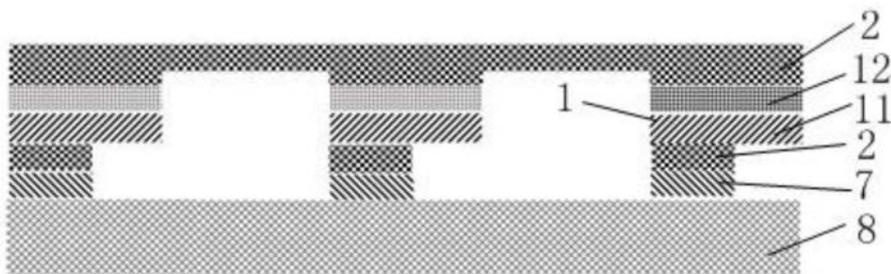


图13B

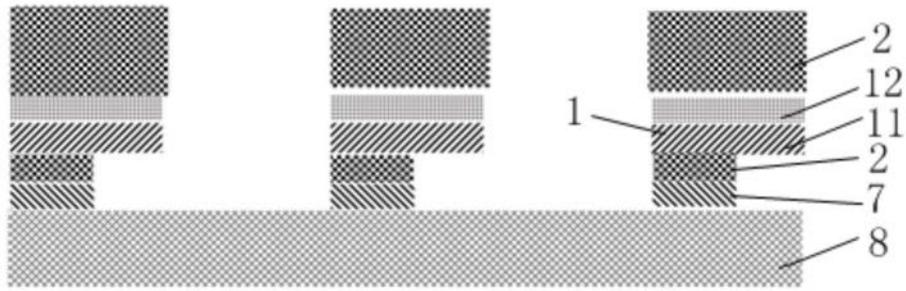


图14A

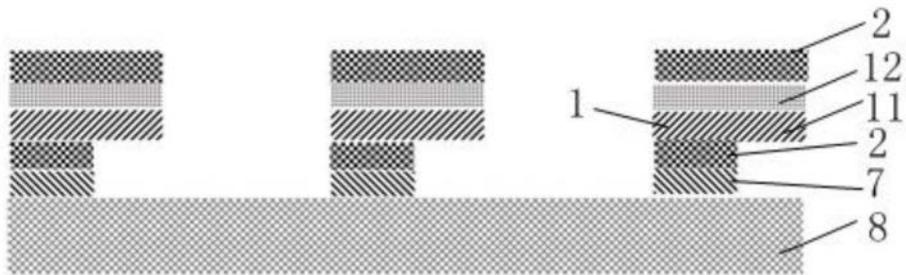


图14B

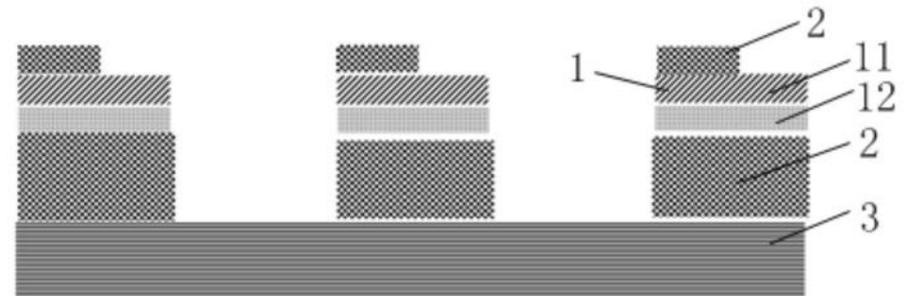


图15A

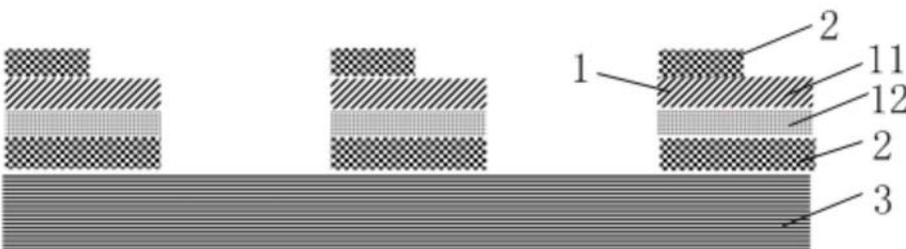


图15B