



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108155276 B

(45)授权公告日 2020.05.22

(21)申请号 201711424036.2

H01L 33/00(2010.01)

(22)申请日 2017.12.25

审查员 杨慧敏

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108155276 A

(43)申请公布日 2018.06.12

(73)专利权人 上海集成电路研发中心有限公司

地址 201210 上海市浦东新区上海张江高  
斯路497号

(72)发明人 胡少坚 尚恩明 陈寿面

(74)专利代理机构 上海思微知识产权代理事务  
所(普通合伙) 31237

代理人 王仙子

(51)Int.Cl.

H01L 33/06(2010.01)

H01L 33/44(2010.01)

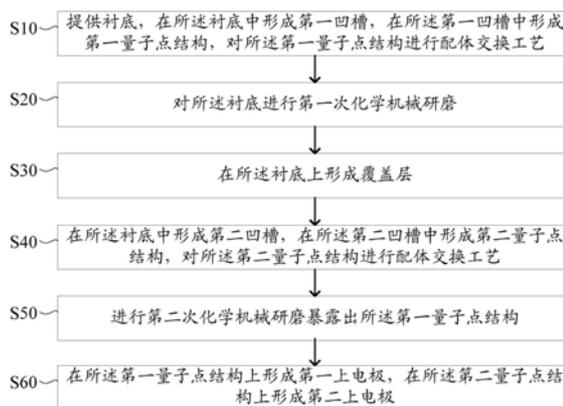
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

光电器件及其制作方法

(57)摘要

本发明提供一种光电器件及其制作方法,所述光电器件包括第一量子点结构和第二量子点结构,所述光电器件的制作方法采用了两次化学机械研磨。在本发明提供的光电器件及其制作方法中,通过第一量子点结构和第二量子点结构可形成不同波段的器件组合,还通过配体交换工艺提升了第一/第二量子点结构的性能;在制作方法中采用两次化学机械研磨对量子点结构进行图形化,可提高光电器件的工艺兼容性,降低窜扰发生的可能性,适用于量子点材料,从而降低了生产成本。



1. 一种光电器件的制作方法,其特征在于,所述光电器件的制作方法包括:  
提供衬底,所述衬底上形成有保护层,在所述衬底中形成第一凹槽,在所述第一凹槽中形成第一量子点结构,对所述第一量子点结构进行配体交换工艺;  
对所述衬底进行第一次化学机械研磨,停止在所述保护层;  
在所述保护层上形成覆盖层,所述覆盖层覆盖所述第一量子点结构;  
在所述衬底中形成第二凹槽,在所述第二凹槽中形成第二量子点结构,对所述第二量子点结构进行配体交换工艺;  
进行第二次化学机械研磨,去除所述覆盖层,暴露出所述第一量子点结构;  
在所述第一量子点结构上形成第一上电极,在所述第二量子点结构上形成第二上电极。
2. 根据权利要求1所述的光电器件的制作方法,其特征在于,所述配体交换工艺包括:采用配体交换溶液进行表面涂覆,保持时间在1min~10min后去除剩余溶液。
3. 根据权利要求2所述的光电器件的制作方法,其特征在于,所述配体交换溶液包括钙钛矿溶液或乙二硫醇溶液。
4. 根据权利要求1-3中任意一项所述的光电器件的制作方法,其特征在于,所述覆盖层的材料包括二氧化硅,所述覆盖层的厚度为50nm~200nm。
5. 根据权利要求1-3中任意一项所述的光电器件的制作方法,其特征在于,所述衬底包括位于表面的保护层,所述保护层的材料包括氮化硅,所述保护层的厚度为50nm~200nm。
6. 根据权利要求1-3中任意一项所述的光电器件的制作方法,其特征在于,形成所述第一上电极和形成所述第二上电极包括:采用磁控溅射的方法淀积氧化铟锡层,所述氧化铟锡层的厚度为100nm~500nm,再经过光刻刻蚀形成。
7. 一种光电器件,其特征在于,所述光电器件包括:  
第一量子点结构和第二量子点结构,所述第一量子点结构和所述第二量子点结构的形成均采用了配体交换工艺,所述第一量子点结构和所述第二量子点结构分别位于衬底中的第一凹槽和第二凹槽中,所述衬底上表面为保护层;  
第一上电极和第二上电极,所述第一上电极和所述第二上电极均设置在所述衬底上,所述第一上电极连接所述第一量子点结构,所述第二上电极连接所述第二量子点结构。
8. 根据权利要求7所述的光电器件,其特征在于,所述衬底中设置有第一下电极和第二下电极,所述第一下电极连接所述第一量子点结构,所述第二下电极连接所述第二量子点结构。
9. 根据权利要求8所述的光电器件,其特征在于,所述第一下电极、所述第二下电极、所述第一上电极和所述第二上电极分别连接至信号器件,所述信号器件包括晶体管和/或电容。
10. 根据权利要求7-9中任意一项所述的光电器件,其特征在于,所述第一量子点结构响应的光波长包括400nm~760nm,所述第二量子点结构响应的光波长包括900nm~1700nm。

## 光电器件及其制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造领域,特别涉及一种光电器件及其制作方法。

### 背景技术

[0002] 光电探测器能把光学图像信息转化成电信号的器件,光电探测器中的光电器件是图像传感器、光谱仪、红外夜视等产品中的关键器件。常见的光电探测器有CCD(电荷耦合装置)和化合物半导体或硅工艺中的光电二极管器件,常见的CMOS(互补金属氧化物半导体)图像传感器采用硅光电二极管。

[0003] 目前,光电探测器可采用量子点(quantum dot)材料制成,其探测波长随量子点大小可调,同时具有较高的响应度。目前基于量子点的光电探测器开发出可见光和近红外图像传感器,相比传统CMOS图像传感器等,量子点的光电探测器具有灵敏度高,串扰小,填充率高,快门速度快等优势。

[0004] 在量子点的光电探测器应用中,每个量子点的光电探测器会与信号处理单元如信号器件等结合从而可以形成一个像素单元,为了避免各像素之间得串扰,需要将每个像素点的量子点膜隔离,因此需要量子点膜进行图形化处理。同时,信号处理单元可采用CMOS工艺制作,完成之后再对量子点的光电器件结构得形成工艺,包含量子点膜的图形化工艺等。而对于量子点的光电探测器经常需要两种不同的量子点,或者是同一种量子点需要不同的处理工艺,以达到所需性能。这样,图像化可能需要对两种不同量子点区域分别进行图像化和工艺处理。因此需要可以支持多次量子点成膜和图形化的工艺集成方法。

[0005] 因此,如何提供一种光电器件及其制作方法是本领域技术人员需要解决的一个技术问题。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种光电器件及其制作方法,以提供一种光电器件。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供一种光电器件的制作方法,包括:

[0008] 提供衬底,在所述衬底中形成第一凹槽,在所述第一凹槽中形成第一量子点结构,对所述第一量子点结构进行配体交换工艺;

[0009] 对所述衬底进行第一次化学机械研磨;

[0010] 在所述衬底上形成覆盖层;

[0011] 在所述衬底中形成第二凹槽,在所述第二凹槽中形成第二量子点结构,对所述第二量子点结构进行配体交换工艺;

[0012] 进行第二次化学机械研磨暴露出所述第一量子点结构;

[0013] 在所述第一量子点结构上形成第一上电极,在所述第二量子点结构上形成第二上电极。

[0014] 可选的,在所述光电器件的制作方法中,所述配体交换工艺包括:采用配体交换溶液进行表面涂覆,保持时间在1min~10min后去除剩余溶液。

[0015] 可选的,在所述光电器件的制作方法中,所述配体交换溶液包括钙钛矿溶液或乙二醇溶液。

[0016] 可选的,在所述光电器件的制作方法中,所述覆盖层的材料包括二氧化硅,所述覆盖层的厚度为50nm~200nm。

[0017] 可选的,在所述光电器件的制作方法中,所述衬底包括位于表面上的保护层,所述保护层的材料包括氮化硅,所述保护层的厚度为50nm~200nm。

[0018] 可选的,在所述光电器件的制作方法中,形成所述第一上电极和形成所述第二上电极包括:采用磁控溅射的方法淀积氧化铟锡层,所述氧化铟锡层的厚度为100nm~500nm,再经过光刻刻蚀形成。

[0019] 本发明还提供一种光电器件,所述光电器件包括第一量子点结构、第二量子点结构、第一上电极和第二上电极,所述第一量子点结构和所述第二量子点结构的形成均采用了配体交换工艺,所述第一量子点结构和所述第二量子点结构均位于衬底中,所述第一上电极和所述第二上电极均设置在所述衬底上,所述第一上电极连接所述第一量子点结构,所述第二上电极连接所述第二量子点结构。

[0020] 可选的,在所述光电器件中,所述衬底中设置有第一下电极和第二下电极,所述第一下电极连接所述第一量子点结构,所述第二下电极连接所述第二量子点结构。

[0021] 可选的,在所述光电器件中,所述第一下电极、所述第二下电极、所述第一上电极和所述第二上电极分别连接至信号器件,所述信号器件包括晶体管和/或电容。

[0022] 可选的,在所述光电器件中,所述第一量子点结构响应的光波长包括400nm~760nm,所述第二量子点结构响应的光波长包括900nm~1700nm。

[0023] 综上所述,在本发明提供的光电器件及其制作方法中,通过第一量子点结构和第二量子点结构可形成不同波段的器件组合,还通过配体交换工艺提升了第一/第二量子点结构的性能;在制作方法中采用两次化学机械研磨对量子点结构进行图形化,可提高光电器件的工艺兼容性,降低窜扰发生的可能性,适用于量子点材料,从而降低了生产成本。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明实施例的光电器件的制作方法的流程图;

[0025] 图2-图6为本发明实施例的光电器件的制作方法中各步骤中光电器件的剖视图;

[0026] 图7是本发明实施例的光电器件的剖视图;

[0027] 其中,10-衬底,11-第一凹槽,12-保护层,13-第二凹槽,20-第一量子点结构,21-第一上电极,22-第一下电极,30-覆盖层,40-第二量子点结构,41-第二上电极,42-第二下电极,50-信号器件。

## 具体实施方式

[0028] 为了使本发明的目的、特征和优点能够更加明显易懂,请参阅附图。须知,本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0029] 如图1所示,本发明提供一种光电器件的制作方法,所述光电器件的制作方法包括:

[0030] 步骤S10、提供衬底,在所述衬底中形成第一凹槽,在所述第一凹槽中形成第一量子点结构,对所述第一量子点结构进行配体交换工艺;

[0031] 步骤S20、对所述衬底进行第一次化学机械研磨 (Chemical Mechanical Polishing, CMP);

[0032] 步骤S30、在所述衬底上形成覆盖层;

[0033] 步骤S40、在所述衬底中形成第二凹槽,在所述第二凹槽中形成第二量子点结构,对所述第二量子点结构进行配体交换工艺;

[0034] 步骤S50、进行第二次化学机械研磨暴露出所述第一量子点结构;

[0035] 步骤S60、在所述第一量子点结构上形成第一上电极,在所述第二量子点结构上形成第二上电极。

[0036] 下面结合附图2-6更为详细的介绍本发明提供的光电器件的制作方法的特点。

[0037] 首先,如图2所示,按照步骤S10,提供衬底10,在所述衬底10中形成第一凹槽11,衬底可以是硅衬底,可通过光刻工艺在衬底中形成凹槽,在所述第一凹槽11中形成第一量子点结构20,第一量子点结构20可通过量子点溶液涂覆第一凹槽11中,可将量子点溶液采用旋涂、喷涂等方法形成量子点薄膜,并辅以烘干等成型,通过多步旋涂/喷涂以及坚膜后形成适当厚度的量子点薄膜,厚度可为100nm~500nm,再对所述第一量子点结构20进行配体交换工艺,使得量子点溶液中的配体可被其它配体所取代,从而可提高量子点结构的光电响应灵敏度。例如,如光电器件的量子点结构针对可见光的应用,量子点溶液可以是硫化铅溶液或硒化镉溶液。

[0038] 继续参考图2所示,为了实现保护作用,所述衬底还包括位于表面的保护层12,所述保护层12的材料包括氮化硅,所述保护层12的厚度为50nm~200nm,从而防止其它工艺步骤对衬底的损伤,在形成第一凹槽11时需要刻蚀掉该凹槽处的保护层12,使得其它区域得以被保护。

[0039] 在本实施例中,所述配体交换工艺包括:采用配体交换溶液进行表面涂覆,也就是就涂覆在成形的量子点结构表面,保持时间在1min~10min后去除剩余溶液,即待配体进行交换后去除剩余的溶液。

[0040] 可选的,所述配体交换溶液包括钙钛矿 (ABO<sub>3</sub>) 溶液或乙二硫醇 (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S<sub>2</sub>) 溶液,钙钛矿溶液的主要化学组成包括氧化钙 (CaO) 和氧化钛 (TiO<sub>2</sub>),例如,采用钙钛矿溶液作为配体交换可提升PbS量子点结构在可见光的灵敏度,如果该量子点成膜针对短波红外应用,可以采用乙二硫醇作为配体交换以提升PbS量子点结构在短波红外不断的响应性能。

[0041] 然后,按照步骤S20,对应于第一量子点结构20形成后在衬底10表面的处理,对所述衬底10进行第一次化学机械研磨,通过第一次化学机械研磨可以将衬底10表面残留的量子点溶液以及配体交换溶液去除,且不会影响到第一凹槽11中形成第一量子点结构20,相比于其它工艺减小了对衬底中量子点结构及其它器件的影响,在具体的实施方式中,第一次化学机械研磨可以研磨至为氮化硅的保护层12。

[0042] 接着,如图3所示,按照步骤S30,在所述衬底上形成覆盖层30,覆盖层30会覆盖衬底10中的第一量子点结构20,通过对第一量子点结构20的覆盖处理后,防止后续工艺制程

的影响。

[0043] 可选的,所述覆盖层30的材料包括二氧化硅,所述覆盖层30的厚度为50nm~200nm,可采用原子层沉积(Atomic Layer Deposition,ALD)工艺在衬底10表面形成二氧化硅层,起到防护的衬底及第一量子点结构的作用,以进行后续工艺制程。

[0044] 再然后,如图4所示,按照步骤S40,在所述衬底10中形成第二凹槽13,同理如第一凹槽11,在所述第二凹槽13中形成第二量子点结构40,对所述第二量子点结构40进行配体交换工艺,第一量子点结构20和第二量子点结构40的厚度范围均可为100nm~500nm,第二凹槽13为第一凹槽11外设置的另一凹槽,第一凹槽11与第二凹槽13并不限定其相对位置关系,具体的位置以及尺寸、形状等关系可由形成的像素阵列来确定。在形成第二凹槽13时需要刻蚀掉该凹槽处的保护层12以及覆盖层30。通过分别形成的第一量子点结构20和第二量子点结构40可得到两种不同的感光单元,同时,可以实现分别对两种感光单元的不同处理方式,满足各种不同产品以及工艺条件的需要,同时避免相互之间的影响。

[0045] 再接着,如图5所示,按照步骤S50,进行第二次化学机械研磨暴露出所述第一量子点结构20,也就是通过第二次化学机械研磨去除掉覆盖层30后使第一量子点结构20暴露出来,同时也会清除掉衬底表面残留的量子点溶液以及配体交换溶液,相比于其它工艺减小对衬底10中第一/第二量子点结构等其它器件的影响。在具体的实施方式中,化学机械研磨还可以研磨掉氮化硅的保护层12露出硅衬底。

[0046] 最后,如图6所示,按照步骤S60,在所述第一量子点结构20上形成第一上电极21,在所述第二量子点结构40上形成第二上电极41,从而可实现光电器件的电性连接关系。

[0047] 在本实施例中,形成所述第一上电极21和形成所述第二上电极41包括:采用磁控溅射的方法淀积氧化铟锡(Indium Tin Oxide,ITO)层,所述氧化铟锡层的厚度为100nm~500nm,再经过光刻刻蚀形成。也就是第一上电极21和第二上电极41均为透明的电极材料氧化铟锡,且可同时形成,再通过光刻工艺分别在第一量子点结构20和第二量子点结构40上形成第一上电极21和第二上电极41。

[0048] 结合上述光电器件的制作方法,本发明还提供一种光电器件,如图7所示,所述光电器件包括第一量子点结构20、第二量子点结构40、第一上电极21和第二上电极41,所述第一量子点结构20和所述第二量子点结构40均采用配体交换工艺形成,所述第一量子点结构20和所述第二量子点结构40均位于衬底10中,所述第一上电极21和所述第二上电极41均设置在所述衬底10上,所述第一上电极21连接所述第一量子点结构20,所述第二上电极41连接所述第二量子点结构40。

[0049] 继续参考图7所示,所述衬底10中设置有第一下电极22和第二下电极42,所述第一下电极22连接所述第一量子点结构20,所述第二下电极42连接所述第二量子点结构40,第一下电极22和第二下电极42可通过CMOS前道制造工艺在衬底10中形成,可通过形成器件互连所需通孔的金属互连方式,通过光刻、刻蚀、淀积等工艺形成通孔和多层互连线,并通过介质层来实现金属连线之间的隔离。可以采用CMOS工艺形成光电器件的下电极以及通孔连线,该通孔连线还可实现与光电器件的第一/第二上电极相连。通孔连线周边介质层可为氧化硅介质层材料,还可以在介质层上面淀积一层氮化硅等,厚度可为50nm~200nm。在具体的实施方式中,可以通过第二次化学机械研磨将连接第一上电极和第二上电极的通孔连线暴露出来,实现电性连接关系。

[0050] 可选的,所述第一下电极22、所述第二下电极42、所述第一上电极21和所述第二上电极41分别连接至信号器件50,所述信号器件50包括晶体管和/或电容,晶体管可通过开始开关控制信号来进行开关控制,电容可用来存储或读取电信号,从而可将第一量子点结构20和第二量子点结构40都连接至信号处理单元。其中,实现连接第一/第二下电极以及实现连接第一/第二上电极的通孔连线的材料包括铜和氮化钛。

[0051] 在本实施例中,所述第一量子点结构20响应的光波长包括400nm~760nm,即可覆盖可见光波段,所述第二量子点结构40响应的光波长包括900nm~1700nm,即可覆盖短波红外波段。

[0052] 可通过重复上述步骤,按需对光电器件的阵列中各应用波段量子点结构进行成膜和图形化,这些光电器件可以是不同于前述量子点膜的材料,也可能是同一种材料但需要不同的工艺处理,因此需要采用上述步骤进行成膜及图形化。

[0053] 为实现最优的光电响应,可通过多种量子点的光电器件集成,形成阵列包含响应R(红光)、G(绿光)、B(蓝光)、S(短波红外)等种量子点光电器件。例如,采用全量子点的光电器件形成的图像传感器可覆盖可见光波段和短波红外波段,每个像素点可包含四个感光单元,分别为R/G/B/S,R/G/B响应可见光(400nm~760nm),其中R单元感应红光,G单元感应绿光,B单元感应蓝光,S单元感光短波红外单元(900nm~1.7um)。这里每种量子点光电器件结构可以相似,都可以是由上、下电极以及中间的量子点结构构成,上、下电极可以是同种金属材料,不同量子点光电器件可能需要不同的量子点材料成膜,或者同种量子点材料成膜后需要不同的处理工艺以提升各自应用波段的性能,在进行量子点膜图形化时,可对不同光电器件的量子点膜分别图形化。

[0054] 由于在光刻工艺中的光刻胶可能会沾污量子点膜从而影响其性能,此外如果顶层通孔工艺在量子点膜形成之后进行,这使得硅片需要返回CMOS工艺生产线,实际上因为量子点膜使用的材料目前是不允许在现有的CMOS工艺生产线上采用,所以硅片是无法返回进行相关制程。这使得需要在加工量子点膜的生产线增加额外设备以制作顶层通孔。从而通过本申请提供的光电器件的制作方法提升与CMOS工艺的兼容性,CMOS工艺是指包括形成晶体管、电容、通孔、金属连线、介质层等多道工艺方式,主要可实现各种应用所需的读写电路,并实现这些电路与光电器件的电学连接的相关工艺。另外,本申请提供的光电器件对于可见光波段仍可采用CMOS的光电二极管。

[0055] 对于较宽感光范围的应用(如覆盖可见光+短波红外的多个波段)的全量子点图像传感器,本申请的方案通过两种不同的量子点,或者是同一种量子点需要不同的处理工艺,可以达到所需性能。这样,图像化可以对两种不同量子点区域分别进行图像化和工艺处理,从而也可以支持多次量子点成膜和图形化的工艺集成方法。

[0056] 综上所述,在本发明提供的光电器件及其制作方法中,通过第一量子点结构和第二量子点结构可形成不同波段的器件组合,还通过配体交换工艺提升了第一/第二量子点结构的性能;在制作方法中采用两次化学机械研磨对量子点结构进行图形化,可提高光电器件的工艺兼容性,降低窜扰发生的可能性,适用于量子点材料,从而降低了生产成本。

[0057] 上述描述仅是对本发明较佳实施例的描述,并非对本发明范围的任何限定,本发明领域的普通技术人员根据上述揭示内容做的任何变更、修饰,均属于权利要求书的保护范围。

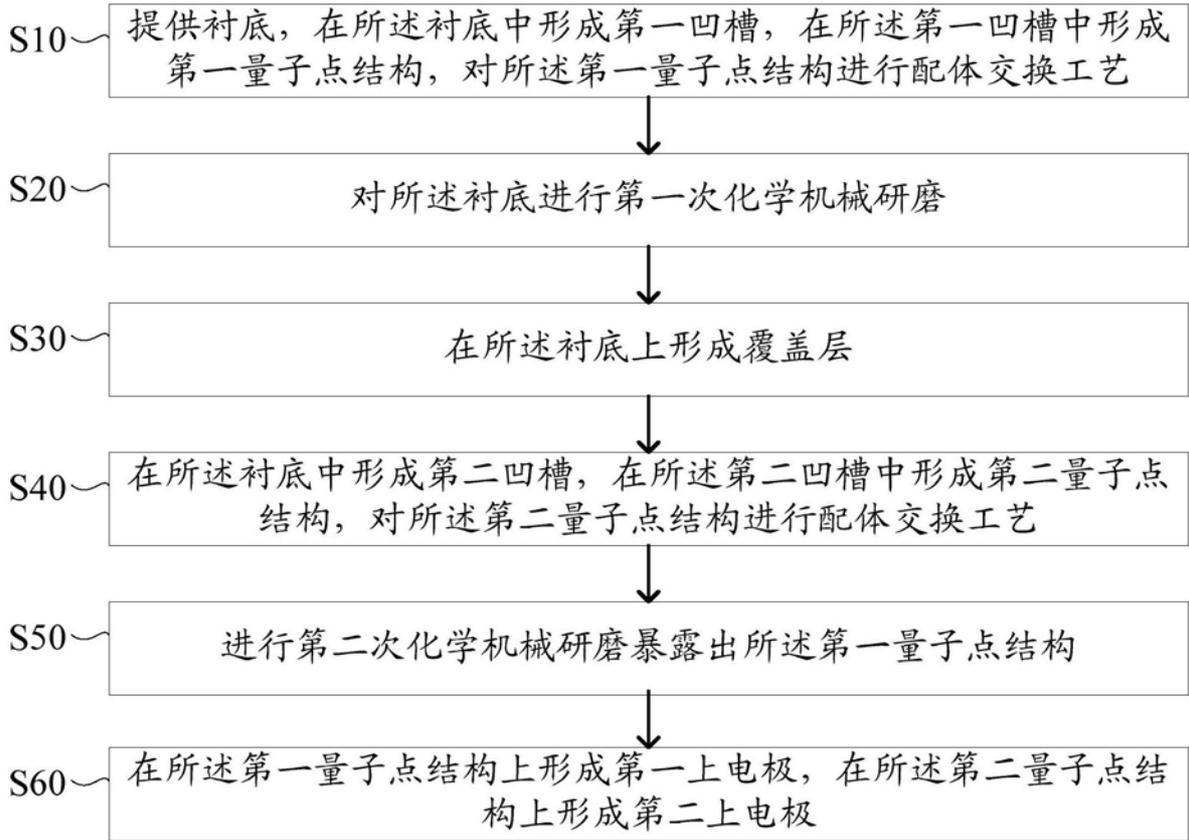


图1



图2



图3



图4

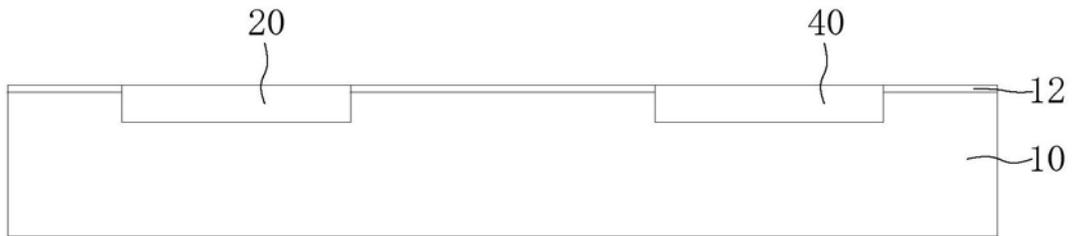


图5

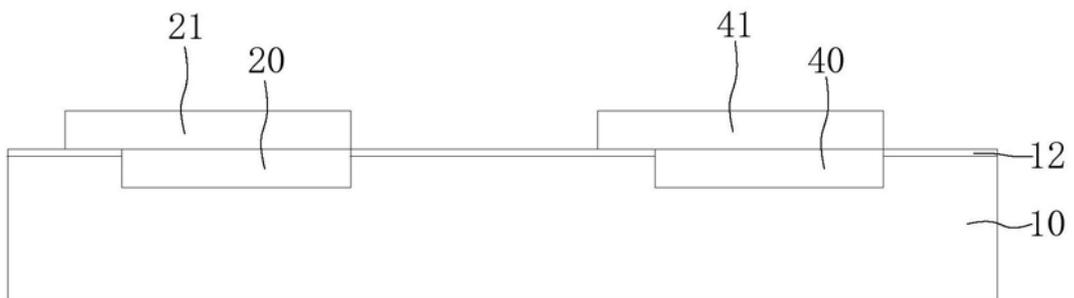


图6

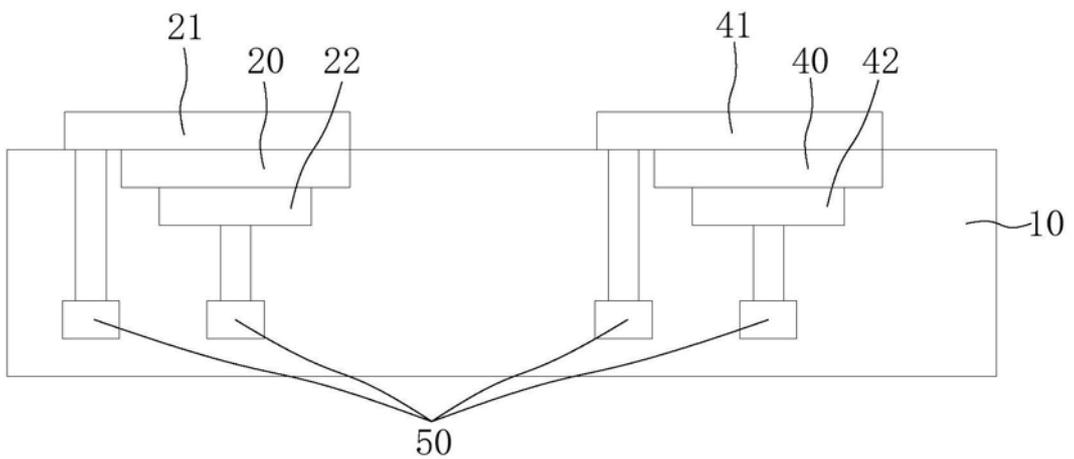


图7