



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102593248 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 22

(21) 申请号 201210038628. 1

(22) 申请日 2012. 02. 20

(73) 专利权人 中山大学

地址 510006 广东省广州市大学城外环东路
132 号中山大学工学院 C501

(72) 发明人 沈辉 刘家敬 邹禧武 陈达明

(74) 专利代理机构 广州新诺专利商标事务所有
限公司 44100

代理人 罗毅萍

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101540350 A, 2009. 09. 23, 说明书第 1 页
第 2 段 - 第 3 页第 7 段, 实施例 3.

US 6461969 B1, 2002. 10. 08, 说明书第 3 栏

第 32 行 - 第 6 栏第 10 行, 图 1-5.

KR 2008-0050863 A, 2008. 06. 10, 全文.

CN 102064210 A, 2011. 05. 18, 全文.

CN 102231408 A, 2011. 11. 02, 全文.

审查员 仵乐娟

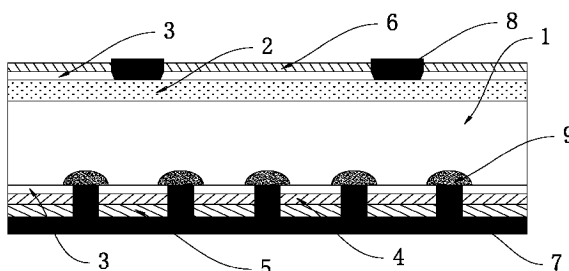
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅
太阳能电池的制备方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于等离子刻蚀技术的背面
接触晶体硅太阳能电池的制备方法, 在硅片衬底上
通过热氧化形成二氧化硅层和氮化硅, 以形成双
层钝化复合膜, 随后在硅片衬底背面丝网印刷有
空心阵列图案的、无玻璃料的铝浆料层并烧结, 将
硅片放入等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅
片衬底背面空心图案处的氮化硅, 随后在硅片背
面丝网印刷含玻璃料铝浆料层, 经烘干烧结烧穿
背面薄层二氧化硅, 以形成背面点接触电极或线
接触电极及局域铝背场。本发明采用丝网印刷及
等离子刻蚀等成熟技术, 完成高效背面接触电池
的制备, 其投入成本低, 可产业化生产, 具有很大
市场前景。



1. 一种基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于包括以下步骤;(1) 在硅片衬底的两面经过高温扩散炉形成 n 型层;

(2) 采用化学腐蚀溶液去除硅片衬底背面的 n 型层;

(3) 在硅片衬底的两面通过热氧化形成热氧化层;

(4) 在硅片衬底背面镀上一层氮化硅,与热氧化层形成复合钝化膜;

(5) 在硅片衬底背面丝网印刷有空心阵列图案的无玻璃料铝浆料层,并烧结,所述无玻璃料铝浆料层可以用丝网印刷硅浆料层或有机掩膜代替,所述硅浆料层的厚度为 5 ~ 30 μm ;

(6) 在等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅片衬底背面空心图案处的背面氮化硅层,所述等离子刻蚀设备的气源为 CF_4/O_2 , 或者 CF_4/H_2 , 或者 CHF_3/O_2 ;

(7) 在硅片衬底前表面镀上氮化硅,与热氧化层形成双层减反膜;

(8) 在硅片衬底背面丝网印刷有玻璃料铝浆料层并烘干;

(9) 在硅片衬底前表面印刷银浆料图案并烘干;

(10) 通过烧结炉高温烧结使做背电极的有玻璃料铝浆料层烧穿热氧化层,与硅片衬底形成局域欧姆接触及局域铝背场,前表面银浆料电极烧穿双层减反膜与硅片衬底形成欧姆接触。

2. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:在步骤 (1) 前对硅片衬底进行标准工艺清洗及制绒,在步骤 (1) 后步骤 (2) 前对硅片衬底用氢氟酸清洗表面磷硅玻璃。

3. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:步骤 (2) 中的化学腐蚀溶液为 HF/HNO_3 的混合液,或者为 NaOH 或 KOH 溶液。

4. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:步骤 (3) 中热氧化层为厚度为 5 ~ 50nm 的二氧化硅层或厚度为 5-100nm 的镀氧化铝层。

5. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:步骤 (4) 中氮化硅的厚度为 40 ~ 300nm。

6. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:步骤 (5) 中空心阵列图案占硅片衬底背面面积的 0.5% ~ 20%。

7. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:步骤 (7) 中双层减反膜的厚度为 40 ~ 100nm。

8. 根据权利要求 1 所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于:步骤 (8) 中有玻璃料铝浆料层厚度为 5 ~ 30 μm ,步骤 (9) 中银浆料图案的厚度为 5 ~ 30 μm 。

一种基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能电池技术领域，具体涉及到一种基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法。

背景技术

[0002] 随着太阳能电池生产成本不断降低以及太阳能电池效率的不断提升，光伏产业在各国政府的政策支持下得到了快速发展，并成为近几年新能源行业的领头羊。为了实现更低的生产成本和更高的转化效率，各部门及单位的研究人员提出了不同的新工艺、新方法、新结构。传统铝背场工艺无法满足薄硅片背面低复合速率的要求，背面接触电池则被认为是一种可以减少金属一半导体接触面积，钝化背面大部分区域，有效地减少太阳能电池背面复合速率，增加背面反射性能，提高太阳能电池效率的有效方式。同时，对于拥有局域背场的背面点接触太阳能电池，其性能相对没有局域背场的背面点接触太阳能电池更加优异。

[0003] 目前背面接触电池主要有背面点接触电池及背面线接触电池，制备它们的要点是在硅片背面介质层制备出点电极或线电极，其余大部分仍旧保持低复合率的介质层。而目前制备背面点接触电极方式有丝网印刷腐蚀性浆料开孔、喷墨打印腐蚀性浆料开孔、光刻开孔、激光开孔等。光刻开孔产业化投入大，激光开孔容易造成很大热损伤从而形成很大的复合中心，同时激光器的可靠性和稳定性直接影响电池产品质量，而丝网印刷腐蚀性浆料开孔精度不高。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是为解决以上问题，提供一种对电池表面的损伤较小，具有较高的生产效率，投入成本较低的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法。

[0005] 为实现以上目的，本发明采取了以下的技术方案：

[0006] 一种基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，包括以下步骤：

[0007] (1) 在硅片衬底的两面经过高温扩散炉形成 n 型层；

[0008] (2) 采用化学腐蚀溶液去除硅片衬底背面的 n 型层；

[0009] (3) 在硅片衬底的两面通过热氧化形成热氧化层；

[0010] (4) 在硅片衬底背面镀上一层氮化硅，与热氧化层形成复合钝化膜；

[0011] (5) 在硅片衬底背面丝网印刷有空心阵列图案的无玻璃料铝浆料层，并烧结；

[0012] (6) 在等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅片衬底背面空心图案处的背面氮化硅层；

[0013] (7) 在硅片衬底前表面镀上氮化硅，与热氧化层形成双层减反膜；

[0014] (8) 在硅片衬底背面丝网印刷有玻璃料铝浆料层并烘干；

- [0015] (9) 在硅片衬底前表面印刷银浆料图案并烘干；
- [0016] (10) 通过烧结炉高温烧结使做背电极的有玻璃料铝浆料层烧穿热氧化层，与硅片衬底形成局域欧姆接触及局域铝背场，前表面银浆料电极烧穿双层减反膜与硅片衬底形成欧姆接触。
- [0017] 进一步，上述所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，还需在步骤(1)前对硅片衬底进行标准工艺清洗及制绒，在步骤(1)后步骤(2)前对硅片衬底用氢氟酸清洗表面磷硅玻璃。
- [0018] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(2)中的化学腐蚀溶液为 HF/HNO₃ 的混合液，或者为 NaOH 或 KOH 溶液。
- [0019] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(3)中热氧化层为厚度为 5 ~ 50nm 的二氧化硅层或厚度为 5-100nm 的镀氧化铝层。
- [0020] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(4)中氮化硅的厚度为 40 ~ 300nm。
- [0021] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(5)中空阵列图案占硅片衬底背面面积的 0.5% ~ 20%；无玻璃料铝浆料层可以用丝网印刷硅浆料层或有机掩膜代替，所述硅浆料层的厚度为 5 ~ 30 μm。
- [0022] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(6)中的等离子体设备的气源为 CF₄/O₂，或者 CF₄/H₂，或者 CHF₃/O₂。
- [0023] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(7)中双层减反膜的厚度为 40 ~ 100nm。
- [0024] 进一步，所述基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳电池的制备方法，步骤(8)中有玻璃料铝浆料层厚度为 5 ~ 30 μm，步骤(9)中银浆料图案的厚度为 5 ~ 30 μm。
- [0025] 本发明与现有技术相比，具有如下优点：
- [0026] (1) 采用等离子刻蚀技术蚀刻局域氮化硅，其蚀刻速度可达 50nm/min，具有较高的生产效率，便于产业化生产。
- [0027] (2) 采用丝网印刷技术形成，可以保证点电极或线电极的图形更小以及制备得到的背面铝金属-硅基底的接触欧姆电阻低，并容易形成局域铝背场，所得到的背面接触电池转化效率高。
- [0028] (3) 无玻璃料的中间铝浆料层作为背面铝浆料层掩模，保证背面铝浆料层无法烧穿二氧化硅/氮化硅复合钝化膜，保证了背面大部分区域的钝化性能。
- [0029] (4) 采用丝网印刷和等离子刻蚀等传统工艺制备背面点接触电池或背面线接触电池，其技术成熟，制造成本较低，适合规模化生产。

附图说明

- [0030] 图 1 是在硅片衬底的两面经过高温扩散炉形成 n 型层的截面结构示意图；
- [0031] 图 2 是采用化学腐蚀溶液去除硅片衬底背面的 n 型层后的截面结构示意图；
- [0032] 图 3 是在硅片衬底的两面通过热氧化形成热氧化层的截面结构示意图；
- [0033] 图 4 在硅片衬底背面镀上氮化硅后形成复合钝化膜的截面结构示意图；
- [0034] 图 5 是在硅片衬底背面丝网印刷有空心阵列图案的无玻璃料铝浆料层并烧结后

的截面结构示意图；

[0035] 图 6 是在等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅片衬底背面空心图案处的背面氮化硅截面结构示意图；

[0036] 图 7 是在硅片衬底前表面镀上氮化硅，与热氧化层形成双层减反膜后的截面结构示意图；

[0037] 图 8 是在硅片衬底背面丝网印刷有玻璃料铝浆料层并烘干后的截面结构示意图；

[0038] 图 9 是在硅片衬底前表面印刷银浆料图案并烘干后的截面结构示意图；

[0039] 图 10 是通过烧结炉高温烧结使做背电极的有玻璃料铝浆料烧穿热氧化层，与硅片衬底形成局域欧姆接触及局域铝背场、前表面刷银浆料电极烧穿减反膜与硅片衬底形成后欧姆接触的截面结构示意图；

[0040] 图 11 是背面点接触电池结构空间结构示意图；

[0041] 图 12 是背面线接触电池结构空间结构示意图。

[0042] 附图说明：1- 硅片衬底；2-n 型层；3- 热氧化层；4- 背面氮化硅层；5- 无玻璃料铝浆料层；6- 前表面氮化硅层；7- 有玻璃料铝浆料层；8- 银浆料图案；9 局域欧姆接触及局域铝背场。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的内容做进一步详细说明。

[0044] 本实施例所述的基于等离子刻蚀技术的背面接触晶体硅太阳能电池制备方法，其具体步骤如下：

[0045] 实施例 1：

[0046] 步骤一：将硅片衬底 1 放入高温扩散炉中，以 POCl_3 作为磷源，通过高温扩散掺磷使硅片两面均形成 n 型层 2，n 型层 2 的方块电阻为 $40 \sim 50 \Omega / \square$ 。

[0047] 步骤二：采用 HF/HNO_3 混合溶液通过单面蚀刻设备去除硅片衬底 1 背面的 n 型层 2，其中 HF 溶液浓度为 49%， HNO_3 溶液浓度为 69%， HF 溶液与 HNO_3 溶液体积比为 1:3；

[0048] 步骤三：将硅片衬底 1 放入氧化炉中，在高温下使硅片衬底 1 的两面通过干法热氧化形成热氧化层 3，所述热氧化层 3 为二氧化硅层，其厚度为 $5 \sim 15\text{nm}$ 。

[0049] 步骤四：通过 PECVD 设备在硅片衬底 1 背面镀上一层氮化硅 ($\text{SiN}_x:\text{H}$)，形成背面氮化硅层 4，背面氮化硅层 4 与二氧化硅层形成二氧化硅 / 氮化硅复合钝化膜，所述背面氮化硅层 4 的厚度为 $40 \sim 180\text{nm}$ 。

[0050] 步骤五：在硅片衬底 1 背面丝网印刷有空心阵列图案的无玻璃料铝浆料层 5，并烧结，作为等离子刻蚀掩模，所述空心阵列图案为正方形点阵列，其占背面面积的 0.5%，无玻璃料铝浆料层 5 的厚度为 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 。

[0051] 步骤六：在等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅片衬底 1 背面空心图案处的氮化硅，该等离子设备的气源为 CF_4/O_2 。

[0052] 步骤七：通过 PECVD 设备在硅片衬底 1 前表面镀上氮化硅，形成前表面氮化硅层 6，前表面氮化硅层 6 与二氧化硅层形成双层减反膜，所述前表面氮化硅层 6 的厚度为 $40 \sim 70\text{nm}$ 。

[0053] 步骤八：在硅片衬底 1 背面丝网印刷有玻璃料铝浆料层 7 并烘干，有玻璃料铝浆料

层 7 的厚度为 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 。

[0054] 步骤九:在硅片衬底 1 前表面印刷作为前电极的银浆料图案 8,烘干,所述银浆料图案 8 的厚度为 $5 \sim 15 \mu\text{m}$;

[0055] 步骤十:通过烧结炉高温烧结使做背电极的有玻璃料铝浆料层 7 烧穿薄二氧化硅层,与硅片衬底 1 形成局域欧姆接触及局域铝背场 9,前表面银浆料图案 8 烧穿正表面二氧化硅/氮化硅减反膜与硅片衬底 1 形成欧姆接触。

[0056] 所述硅片衬底 1 为 p 型单晶硅片衬底或 p 型多晶硅片,硅片衬底 1 的电阻率为 $0.5 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1 \Omega \cdot \text{cm}$,厚度为 $100 \sim 170 \mu\text{m}$ 。在扩散之前,需要对硅片衬底进行标准工艺预清洗及制绒。同时,扩散后的硅片衬底需要用先氢氟酸清洗表面磷硅玻璃,方可进行下一步骤。该工艺制备出的电池为背面点接触电池。

[0057] 实施例 2:

[0058] 步骤一:将硅片衬底 1 放入高温扩散炉中,以 POCl_3 作为磷源,通过高温扩散掺磷使硅片两面均形成 n 型层 2, n 型层 2 的方块电阻为 $50 \sim 60 \Omega / \square$ 。

[0059] 步骤二:采用 KOH 溶液通过单面蚀刻设备去除硅片衬底 1 背面的 n 型层 2,其中 KOH 溶液浓度为 20%;

[0060] 步骤三:将硅片衬底 1 放入氧化炉中,在高温下使硅片衬底 1 两面通过干法热氧化形成热氧化层 3,该热氧化层 3 为二氧化硅层,其厚度为 $35 \sim 50\text{nm}$ 。

[0061] 步骤四:通过 PECVD 设备在硅片衬底 1 背面镀上一层氮化硅 ($\text{SiN}_x\text{:H}$),形成背面氮化硅层 4,背面氮化硅层 4 与二氧化硅层形成二氧化硅/氮化硅复合钝化膜,所述背面氮化硅层 4 的厚度为 $60 \sim 180\text{nm}$ 。

[0062] 步骤五:在硅片衬底 1 背面丝网印刷有空心阵列图案的无玻璃料铝浆料层 5,并烧结,作为等离子刻蚀掩模,所述空心阵列图案为圆形点阵列,其占背面面积的 10%,无玻璃料铝浆料层 5 的厚度为 $10 \sim 15 \mu\text{m}$ 。

[0063] 步骤六:在等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅片衬底 1 背面空心图案处的氮化硅,该等离子设备的气源为 CF_4/H_2 。

[0064] 步骤七:通过 PECVD 设备在硅片衬底 1 前表面镀上氮化硅,形成前表面氮化硅层 6,前表面氮化硅层 6 与二氧化硅层形成双层减反膜,所述前表面氮化硅层 6 的厚度为 $50\text{--}80\text{nm}$ 。

[0065] 步骤八:在硅片衬底 1 背面丝网印刷有玻璃料铝浆料层 7 并烘干,有玻璃料铝浆料层 7 的厚度为 $10 \sim 15 \mu\text{m}$ 。

[0066] 步骤九:在硅片衬底 1 前表面印刷作为前电极的银浆料图案 8 并烘干,银浆料图案 8 的厚度为 $15 \sim 20 \mu\text{m}$;

[0067] 步骤十:通过烧结炉高温烧结使做背电极的有玻璃料铝浆料层 7 烧穿薄二氧化硅层 3,与硅片衬底 1 形成局域欧姆接触及局域铝背场 9,前表面银浆料图案 8 烧穿正表面二氧化硅/氮化硅减反膜与硅片衬底 1 形成欧姆接触。

[0068] 所述硅片衬底为 p 型单晶硅片衬底或 p 型多晶硅片,硅片衬底电阻率为 $1 \Omega \cdot \text{cm} \sim 3 \Omega \cdot \text{cm}$,厚度为 $170 \sim 190 \mu\text{m}$ 。在扩散之前,需要对硅片衬底进行标准工艺预清洗及制绒。同时,扩散后的硅片衬底需要用先氢氟酸清洗表面磷硅玻璃,方可进行下一步骤。该工艺制备出的电池为背面点接触电池。

[0069] 实施例 3:

[0070] 步骤一:将硅片衬底 1 放入高温扩散炉中,以 POCl_3 作为磷源,通过高温扩散掺磷使硅片两面均形成 n 型层 2, n 型层 2 的方块电阻为 $60 \sim 70 \Omega / \square$ 。

[0071] 步骤二:采用 NaOH 溶液通过单面蚀刻设备去除硅片衬底 1 背面的 n 型层 2,其中 KOH 溶液浓度为 20%;

[0072] 步骤三:将硅片衬底放入氧化炉中,在高温下使硅片衬底 1 的两面通过干法热氧化形成热氧化层 3,其厚度为 $15 \sim 30\text{nm}$ 。

[0073] 步骤四:通过 PECVD 设备在硅片衬底 1 背面镀上一层氮化硅 ($\text{SiN}_x\text{:H}$),形成背面氮化硅层 4,背面氮化硅层 4 与二氧化硅层形成二氧化硅 / 氮化硅复合钝化膜,所述背面氮化硅层 4 的厚度为 $160 \sim 300\text{nm}$ 。

[0074] 步骤五:在硅片衬底 1 背面丝网印刷有空心阵列图案的无玻璃料铝浆料层 5,并烧结,作为等离子刻蚀掩模,空心阵列图案为长方形线阵列,其占背面面积的 20%,无玻璃料铝浆料层 5 的厚度为 $15 \sim 30 \mu\text{m}$ 。

[0075] 步骤六:在等离子刻蚀设备中通过等离子体去除硅片衬底 1 背面空心图案处的氮化硅,该等离子设备的气源为 CHF_3/O_2 。

[0076] 步骤七:通过 PECVD 设备在硅片衬底 1 前表面镀上氮化硅,形成前表面氮化硅层 6,形成前表面氮化硅层 6 与二氧化硅层形成双层减反膜,所述前表面氮化硅层 6 的厚度为 $80 \sim 100\text{nm}$ 。

[0077] 步骤八:在硅片衬底 1 背面丝网印刷有玻璃料铝浆料层 7 并烘干,有玻璃料铝浆料层 7 的厚度为 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 。

[0078] 步骤九:在硅片衬底 1 前表面印刷作为前电极的银浆料图案 8 并烘干,银浆料图案 8 的厚度为 $20 \sim 30 \mu\text{m}$;

[0079] 步骤十:通过烧结炉高温烧结使做背电极的有玻璃料铝浆料层 7 烧穿薄二氧化硅层 3,与硅片衬底 1 形成局域欧姆接触及局域铝背场 9,前表面银浆料图案 8 烧穿正表面二氧化硅 / 氮化硅减反膜与硅片衬底 1 形成欧姆接触。

[0080] 所述硅片衬底为 p 型单晶硅片衬底或 p 型多晶硅片,硅片衬底电阻率为 $3 \Omega \cdot \text{cm} \sim 10 \Omega \cdot \text{cm}$,厚度为 $190 \sim 200 \mu\text{m}$ 。在扩散之前,需要对硅片衬底进行标准工艺预清洗及制绒。同时,扩散后的硅片衬底需要用先氢氟酸清洗表面磷硅玻璃,方可进行下一步骤。该工艺制备出的电池为背面线接触电池。

[0081] 本发明中热氧化层还可以用厚度为 $5\text{-}100\text{nm}$ 的镀氧化铝层代替。

[0082] 上列详细说明是针对本发明可行实施例的具体说明,该实施例并非用以限制本发明的专利范围,凡未脱离本发明所为的等效实施或变更,均应包含于本案的专利范围内。

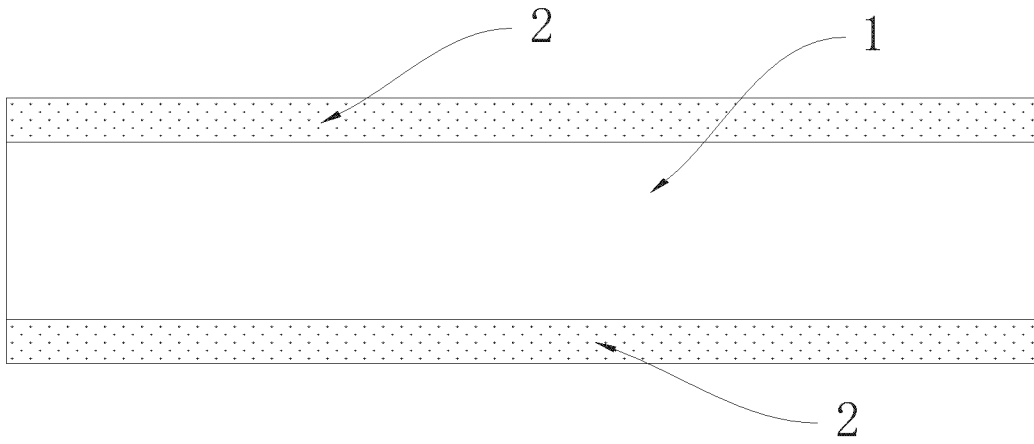


图 1

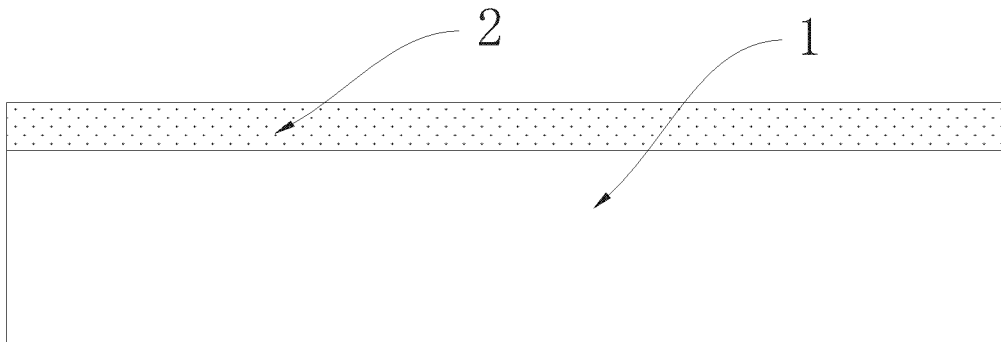


图 2

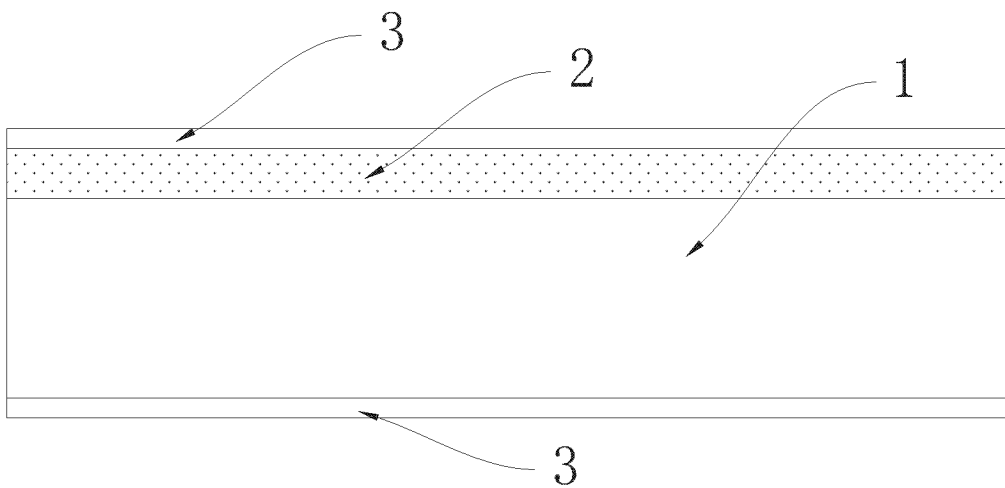


图 3

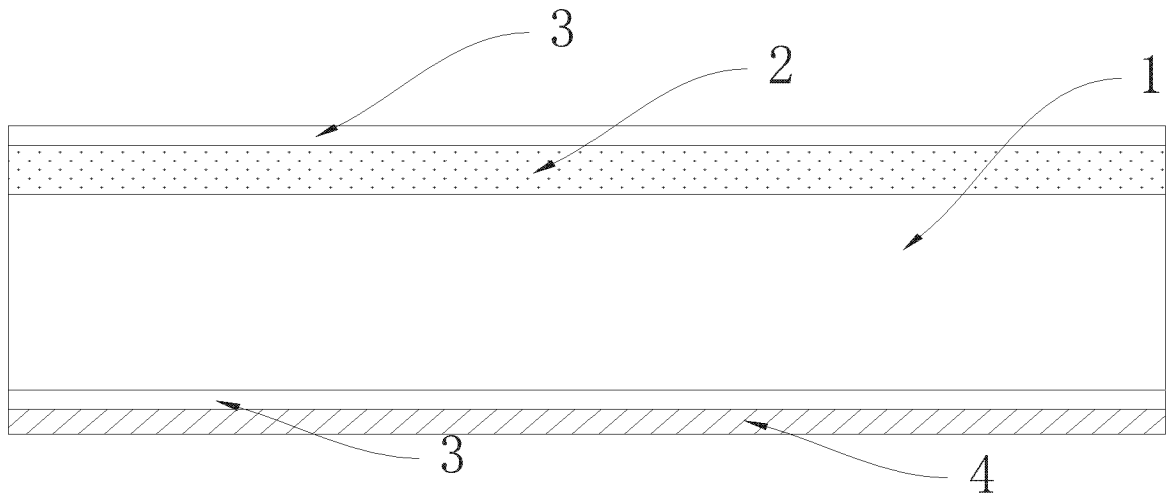


图 4

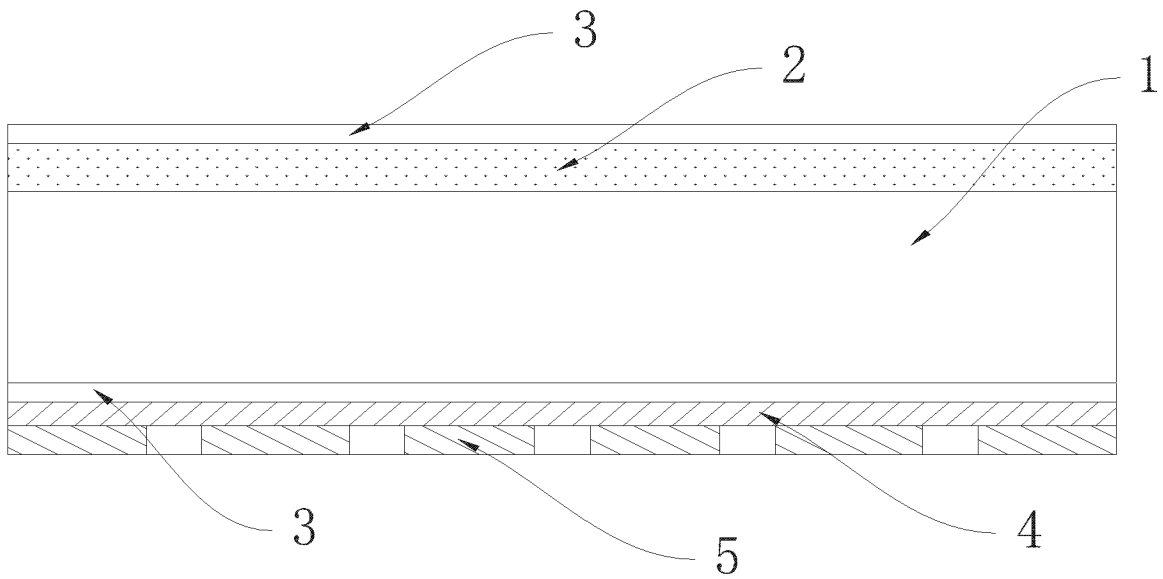


图 5

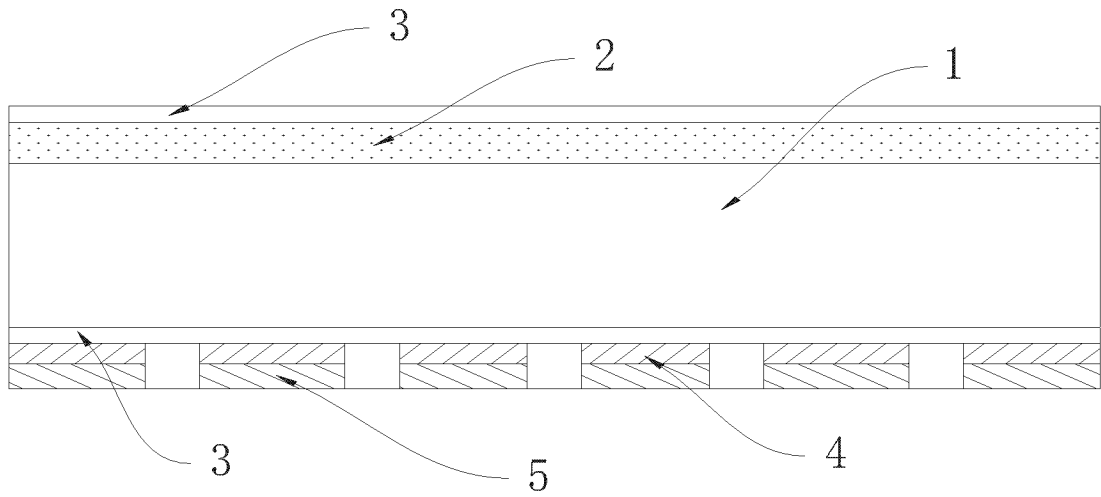


图 6

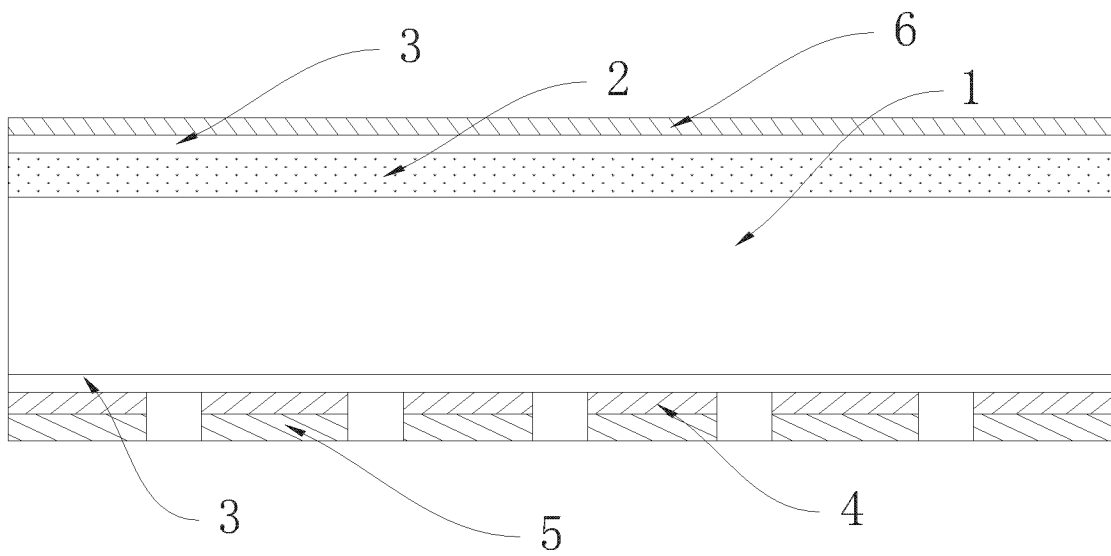


图 7

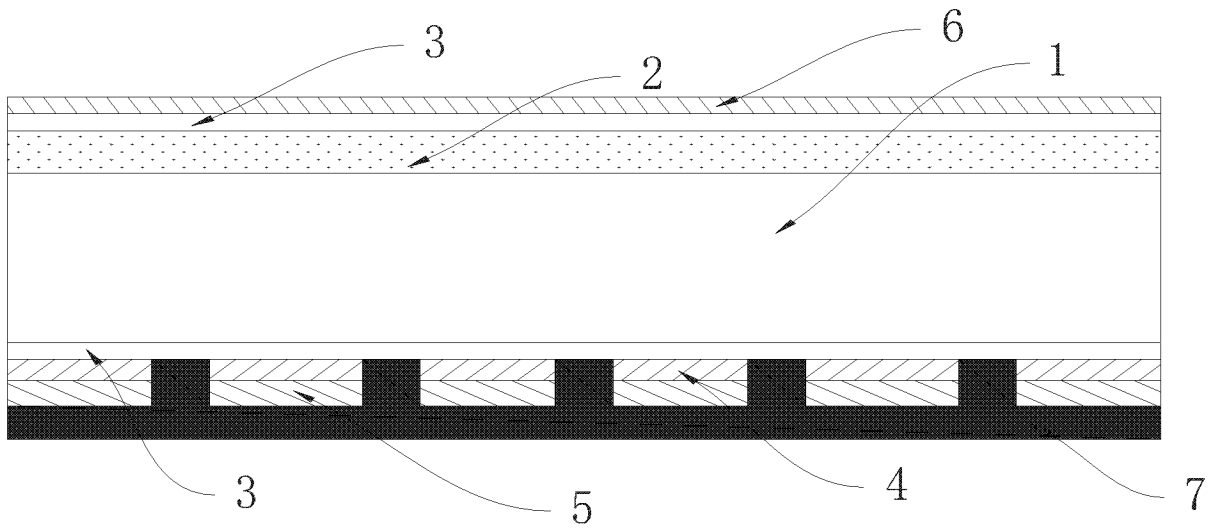


图 8

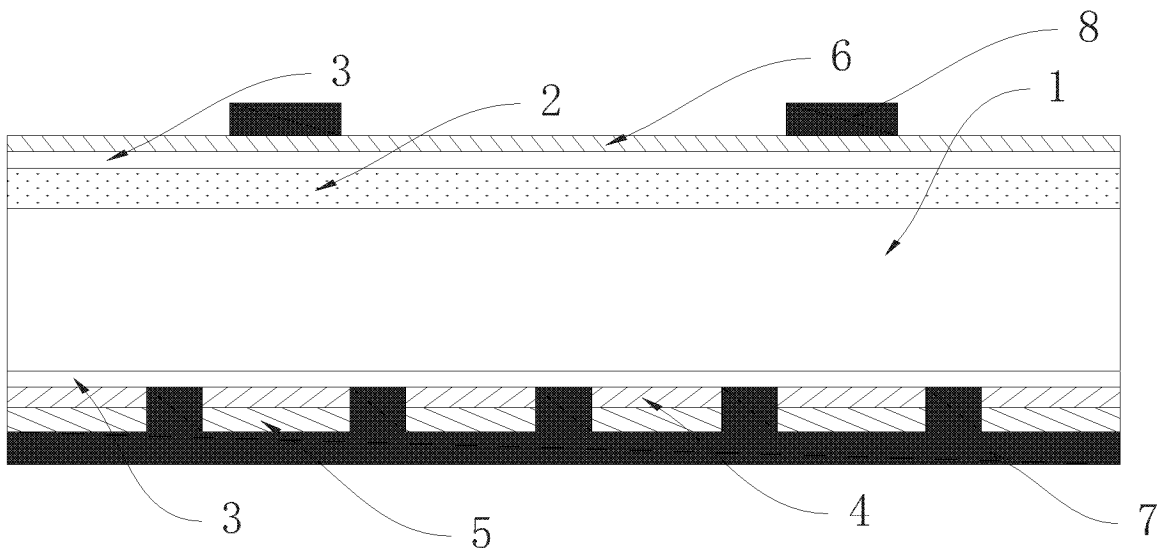


图 9

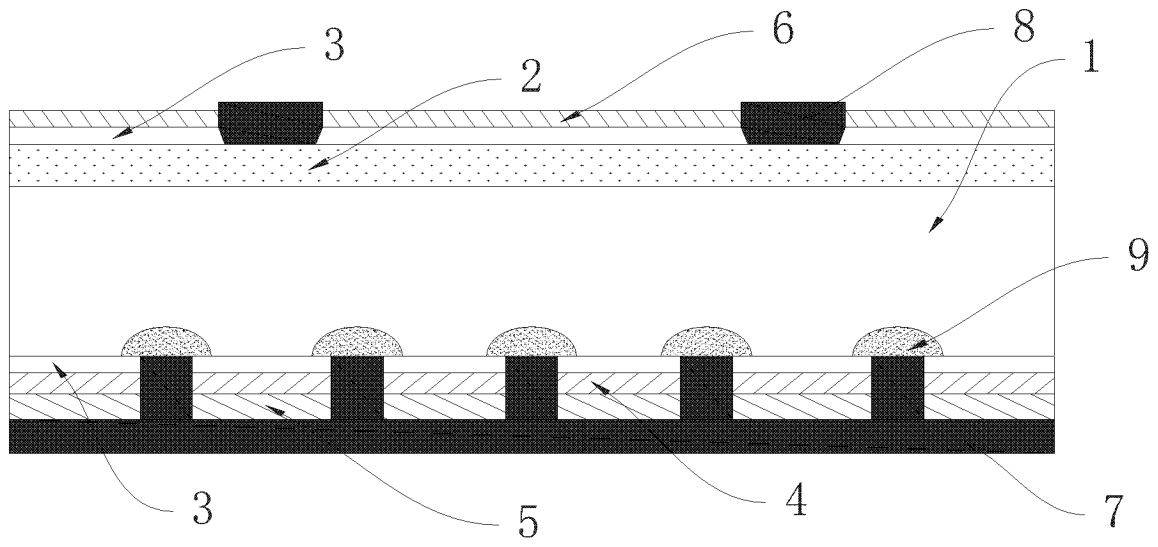


图 10

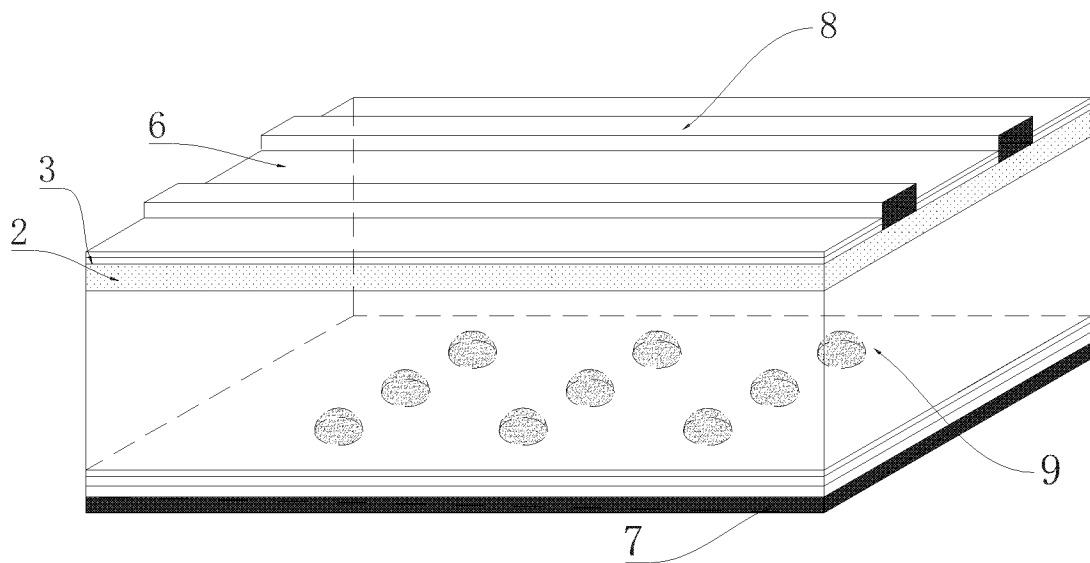


图 11

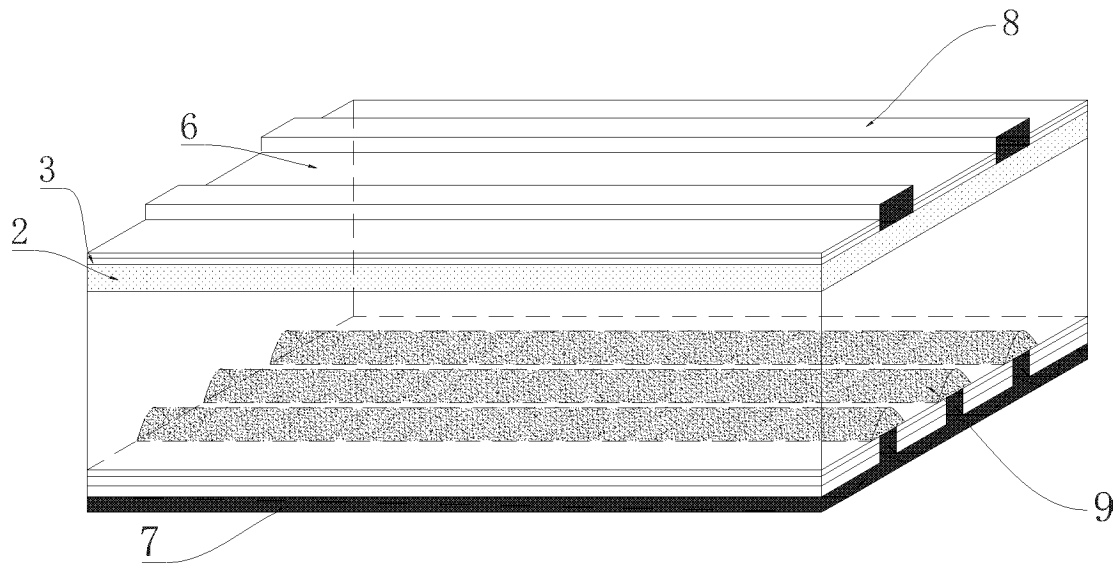


图 12