



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105745768 B

(45)授权公告日 2017.11.24

(21)申请号 201480063181.0

(22)申请日 2014.11.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105745768 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(30)优先权数据

20131549 2013.11.19 NO

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.05.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/NO2014/050215 2014.11.19

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2015/076678 EN 2015.05.28

(73)专利权人 能源技术研究所

地址 挪威凯勒

(72)发明人 朱俊杰 周肃 H·豪格

E·斯鲁德马斯泰因 S·E·福斯

王文静 周春兰

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

代理人 吴小瑛

(51)Int.Cl.

H01L 31/18(2006.01)

H01L 31/0216(2014.01)

(56)对比文件

US 2011284068 A1, 2011.11.24,

US 2009056800 A1, 2009.03.05,

EP 1304748 A2, 2003.04.23,

GB 2185626 B, 1990.03.28,

GB 2471128 A, 2010.12.22,

审查员 张跃

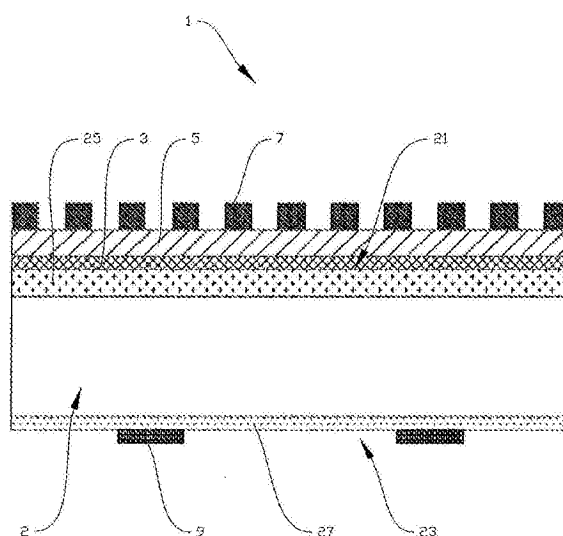
权利要求书2页 说明书6页 附图9页

(54)发明名称

晶体硅太阳能电池上的钝化堆叠件

(57)摘要

本发明描述了用于制造晶体硅太阳能电池(1)器件上的钝化堆叠件的方法,所述方法包括以下步骤:提供包括诸如晶体硅晶圆或晶片的晶体硅层(2)的基板;通过至少从晶体硅层(2)的一面的一部分去除氧化物层来清洁晶体硅层(2)的表面(21,23);在至少部分清洁表面(21,23)上沉积氮氧化硅层(3);以及在氮氧化硅层(3)的顶部沉积包含氢化的介电材料的覆盖层(5),其中在100℃至200℃、优选100℃至150℃且甚至更优选100℃至130℃的温度下沉积氮氧化硅层(3),其中沉积氮氧化硅层(3)的步骤包括以下子步骤:在N₂环境气氛中使用N₂O和SiH₄作为前体气体;以及用低于2、优选低于1且甚至更优选约0.5的气体流量比的N₂O与SiH₄来沉积氮氧化硅。本发明还描述了通过本发明的方法可获得的晶体硅太阳能电池器件。



1. 用于在晶体硅太阳能电池器件(1)上制造钝化堆叠件的方法,所述方法包括以下步骤:

- 提供包括晶体硅层(2)的基板;
- 通过至少从所述晶体硅层(2)的一面的一部分去除氧化物层来清洁所述晶体硅层(2)的表面(21,23);
- 在至少部分清洁的表面(21,23)上沉积氮氧化硅层(3);以及
- 在所述氮氧化硅层(3)的顶部沉积包含氢化的介电材料的覆盖层(5),其中在100℃至200℃的温度下沉积氮氧化硅层(3),特征在于沉积所述氮氧化硅层(3)的步骤包括以下子步骤:
 - 在N₂O环境气氛中使用N₂O和SiH₄作为前体气体;以及
 - 用低于2的N₂O与SiH₄的气体流量比来沉积氮氧化硅。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中在100℃至150℃的温度下沉积氮氧化硅层(3)。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中在100℃至130℃的温度下沉积氮氧化硅层(3)。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中用低于1的N₂O与SiH₄的气体流量比来沉积氮氧化硅层(3)。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中用约0.5的N₂O与SiH₄的气体流量比来沉积氮氧化硅层(3)。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述晶体硅层(2)为晶体硅晶圆或晶片。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积所述氮氧化硅层(3)的步骤包括使用等离子体增强的化学气相沉积。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积所述氮氧化硅层(3)的步骤包括以小于10nm的厚度沉积所述层(3)。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中沉积所述氮氧化硅层(3)的步骤包括以小于5nm的厚度沉积所述层(3)。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中沉积所述氮氧化硅层(3)的步骤包括以小于3nm的厚度沉积所述层(3)。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积所述氢化的介电材料的覆盖层(5)的步骤包括以大于25nm的厚度沉积所述层(5)。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中沉积所述氢化的介电材料的覆盖层(5)的步骤包括以40nm或更大的厚度沉积所述层(5)。

13. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积包含所述氢化的介电材料的覆盖层(5)的步骤包括在与沉积所述氮氧化硅层(3)相同的步骤中沉积所述氢化的介电材料层(5)。

14. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积包含所述氢化的介电材料的覆盖层(5)的步骤包括沉积氢化氮化硅层。

15. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积包含所述氢化的介电材料的覆盖层(5)的步骤包括在约400℃的温度下沉积所述层。

16. 根据权利要求1所述的方法,其中在沉积所述氮氧化硅层(3)和所述氢化的介电材料覆盖层(5)之后,所述方法还包括在高于700℃的温度下加热所述晶体硅层(2)的步骤。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述晶体硅层(2)在约800℃的温度下加热。

-
18. 制造晶体硅太阳能电池的方法,其包括前述权利要求中任一项所述的方法。
 19. 晶体硅太阳能电池器件(1),其包括可以通过前述方法权利要求中任一项所述的方法获得的钝化堆叠件。
 20. 晶体硅太阳能电池,其包括权利要求19所述的太阳能电池器件。

晶体硅太阳能电池上的钝化堆叠件

[0001] 本发明涉及用于制造晶体硅太阳能电池器件上的钝化堆叠件 (passivation stack) 的方法。更具体地,本发明涉及通过热稳定的钝化堆叠件来钝化晶体硅太阳能电池,该热稳定的钝化堆叠件通过本发明的方法制造。本发明还涉及通过本发明的方法可获得的晶体硅太阳能电池器件。

[0002] 在下文中,如果未另外规定,硅应该是指晶体、可能掺杂的硅。本领域技术人员理解,当用作太阳能电池的基底时,晶体硅晶片 (chip) 或晶圆 (wafer) 将被有目的地掺杂以使硅成为p-型或n-型。此外,本领域技术人员还理解,取决于沉积方法,下文中提及的介电材料层可包括未在化学计量式中示出的元素。例如,如果通过化学气相沉积法进行沉积,各个介电材料层可包括源自一种或多种前体气体的氢。本领域技术人员还理解,取决于沉积条件和方法,所述介电材料层可为非晶或晶体的。

[0003] 在下文中,使用方括号中的参考数字表示对其他公开的引用,由此这些参考文献的相关文本包括在本文中作为本公开的一部分,因为其包含本领域技术人员可能发现的可用于理解本发明的背景的技术信息。

[0004] 用于制造有成本有效的太阳能电池的关键参数比为每瓦特输出效应的成本,例如美元每瓦特。有两种降低每瓦特成本的方法:通过增加太阳能电池的效率和通过降低生产成本。

[0005] 具有低表面复合 (recombination) 速度的良好表面钝化是用于获得高效率的硅太阳能电池器件的前提,其中高的少数载流子寿命 (minority carrier lifetime) 是极其重要的。已知几种介电材料可单独地或以组合形式使用以钝化硅晶圆或晶片的表面,获得减少的表面复合。这种层的实例为氮化硅 (SiN_x)、非晶体硅 (a-Si)、氧化铝 (Al_2O_x) 和热生长的氧化硅 (SiO_2)。此外,还证实两种或更多种所提及的介电材料层的堆叠组合 (诸如 $\text{SiN}_x/\text{a-Si}$; $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ 和 $\text{SiN}_x/\text{Al}_2\text{O}_x$) 提供良好的表面钝化质量。

[0006] 在晶体硅基太阳能电池的制造过程中,太阳能电池通常暴露于高温下的一个或多个工艺步骤,通常在 800°C 和更高的温度范围内。一个这种工艺步骤是印刷接触件的烧制 (firing),即激活,以在晶圆中提供的接触件和p-n结点之间形成良好的连接。在任何介电材料钝化和/或抗反射层的存在下,通常必须使接触件通过提及的层进行烧制,这需要介电材料层必须能承受高温且不丧失实现其预期目的的品质。

[0007] 已证实单独地或与 SiN_x 或 SiO_2 堆叠的a-Si提供对于晶体硅表面的接近完美的钝化。然而,研究表明,如果加热至高于 500°C ,则a-Si丧失它的钝化性质[1]。在较低波长范围的可见光中,a-Si还具有非常高的光学吸收,因此在太阳能电池正面上的任何a-Si层可“截取 (steal)”一定量的入射光。硅的热氧化也可提供良好的表面钝化。然而,这种 SiO_2 层的生长需要很长一段时间的高温,由于加热所需的能量的量,其是低成本生产不期望的。此外,热预算还增加杂质在硅中的扩散,其在用于太阳能电池时通常为次电子级。杂质迁移可使硅中的少数载流子寿命显著降级,并因此显著降低硅太阳能电池的效率。已证实 SiN_x 提供晶体硅的合宜钝化,但当在p-型硅晶圆上使用时,由于 SiN_x 层中的高正电荷而存在寄生分流 (parasitic shunting) 问题[2]。最近,已证实具有负电荷的 Al_2O_x 为p-型晶体硅提供非常

好的表面钝化[3]。然而,Al₂O_x通常通过原子层沉积法(ALD)沉积,这需要非常高的真空,并且对于以太阳能电池制造设想的批量生产速度进行结合而言是极具挑战性的。

[0008] 已证实氮氧化硅(SiO_xN_y)是用于硅的表面钝化的有前景的介电材料[4,5]。还研究在具有SiN_x的堆叠件中使用SiO_xN_y来进行光伏应用中的表面钝化[6]。然而,目前报道的钝化质量并不足以获得令人满意的低表面复合速度。此外,SiO_xN_y的热稳定性是一个挑战,并且在诸如接触件烧制的高温处理之后,钝化质量通常降低。SiO_xN_y的沉积温度通常在250℃以及更高的范围内。

[0009] 本发明的目的是改善或减少至少一个现有技术的缺点,或至少向现有技术提供有用的可替代方式。

[0010] 本发明的目的通过下面说明书和随后的权利要求中详细描述的特征来实现。

[0011] 如上所述的太阳能电池的制造被认为是本领域技术人员已知的,并且只在不同于现有技术的范围内讨论本发明。

[0012] 在第一方面中,本发明涉及用于制造晶体硅太阳能电池器件上的钝化堆叠件的方法,所述方法包括以下步骤:

[0013] -提供包括诸如晶体硅晶圆或晶片的晶体硅层的基板;

[0014] -通过至少从晶体硅层的一面的一部分去除氧化物层来清洁晶体硅层的表面;

[0015] -在至少部分清洁表面上沉积氮氧化硅层;

[0016] -在氮氧化硅层的顶部沉积包含氢化的介电材料的覆盖层(capping layer),其中在100℃至200℃、优选100℃至150℃且甚至更优选100℃至130℃的温度下沉积氮氧化硅层;

[0017] -在N₂环境气氛中使用N₂O和SiH₄作为前体气体;以及

[0018] -使用低于2、优选低于1且甚至更优选约0.5的气体流量比的N₂O与SiH₄来沉积氮氧化硅。

[0019] 非常低的沉积温度的效果是显著改善的钝化效果和热稳定性,如在下文参考附图更详细地描述的。

[0020] 已证实用于生产根据本发明的第一方面的钝化堆叠件的前体气体的组合产生惊人的良好钝化结果。申请人的实验证实,氮氧化硅中的高硅含量有利于钝化质量。然而,还发现钝化质量对氮氧化硅组成的敏感性随沉积温度的降低而降低。

[0021] 本领域技术人员知晓从晶体硅层中去除氧化物的不同方法。氧化物可为当暴露于含氧气氛时在硅基板上自然生长的几纳米的所谓原生氧化物。作为实例,可通过液体氢氟酸或者通过在PECVD室中的等离子体蚀刻来实施清洁。此外,可通过完全RCA清洗、通过过氧硫酸(piranha)蚀刻(包含硫酸和过氧化氢的混合物)或者通过其他已知的去除氧化物层之外的有机污染物的清洁程序来化学清洁晶体硅层。

[0022] 在一个实施方案中,沉积氮氧化硅层的步骤可包括使用等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)。已证实PECVD产生具有高重现性的介电材料层,同时与大规模太阳能电池的制造相容。本领域技术人员还理解,可通过诸如其他化学气相沉积技术和溅射的其他沉积方法来沉积氮氧化硅层。本领域技术人员理解,通过这种方法和在上述温度下沉积的氮氧化硅层将是氢化的并且为非晶形、微晶或混相。

[0023] 在一个实施方案中,沉积氮氧化硅层的步骤可包括沉积具有小于10nm、优选小于5

纳米且甚至更优选约3纳米的厚度的所述层。已证实已经用厚度只有几纳米的层实现了氮氧化硅的良好钝化质量。所述层的厚度减小意味着沉积时间减少。此外,小于10纳米的氮氧化硅层有利于接触件通过氮氧化硅层的任何随后的激活/烧制。这可能尤其有利于太阳能电池相关的制造工艺,其中在一个最终制造步骤中,含金属的糊剂通过太阳能电池顶部的介电材料钝化和抗反射涂层来烧制,以与太阳能电池的高度掺杂的表面层接触。最后,较薄的层还意味着层中较少的光学吸收,即更多的光进入太阳能电池,因此提高了效率。

[0024] 在一个实施方案中,沉积氢化的介电材料的覆盖层的步骤可包括沉积具有大于25nm且优选40nm或更大厚度的所述层。已证实,一定厚度的介电材料覆盖层有利于获得最大的钝化质量,并且还有利于提高热稳定性。用厚度25nm以及更高的氢化的介电材料层观察到有益效果,使用厚度为40纳米以及更高的层(诸如40纳米至100纳米,包括75纳米)观察到最大效果。认为原因是需要从氢化的介电材料层充足供给氢至氮氧化硅层,以实现晶体硅的化学钝化效果。

[0025] 在一个实施方案中,沉积包含氢化的介电材料的覆盖层的步骤可包括在与沉积所述氮氧化硅层相同的步骤中沉积所述氢化的介电材料层。这可显著降低制造时间。作为实例,可通过相同的方法和相同的装置,例如通过PECVD,并且可能甚至在相同的PECVD室中来沉积氮氧化硅层和氢化的介电材料的覆盖层。

[0026] 在一个实施方案中,沉积包含氢化的介电材料的覆盖层的步骤包括沉积氢化氮化硅层。实验证实,为了实现太阳能电池的良好表面钝化的目的,氢化氮化硅可以尤其非常适合作为氮氧化硅的覆盖层。单独或堆叠件形式的氮化硅还经常用作太阳能电池上的抗反射涂层。因此,氮氧化硅与包含氮化硅的覆盖层组合可能非常适合钝化和抗反射目的两者。如本领域技术人员已知的,可调整氮化硅的厚度以优化太阳能电池的抗反射性质。氮化硅可用作唯一沉积的覆盖层,或者它可用于具有其他介电材料的堆叠件中,诸如具有非热氧化硅的堆叠件中。

[0027] 在一个实施方案中,在沉积氮氧化硅层和氢化的介电材料覆盖层之后,所述方法可包括在高于700℃、优选约800℃的温度下加热晶体硅基板的步骤。峰值加热可持续几秒,通常2-4秒。

[0028] 在一个实施方案中,该方法还涉及硅太阳能电池的制造,所述方法包括用于制造上述硅太阳能电池器件的方法的任何实施方案。

[0029] 已证实上述通过本发明的任何实施方案沉积的氮氧化硅层在随后的高温步骤下特别稳定。与通过现有技术的方法沉积的氮氧化硅层相比,在暴露于高温(这通常相应于上述的用于接触件烧制的温度)制造步骤之后,通过本发明的方法沉积的氮氧化硅层保持或甚至改进了其钝化质量,。

[0030] 在第二方面中,本发明涉及通过上述描述的方法可获得的晶体硅太阳能电池器件。

[0031] 在第三方面中,本发明还涉及包含上述太阳能电池器件的晶体硅太阳能电池。申请人实施试验,表明与没有氮氧化硅层的太阳能电池相比,包含通过本发明的第一方面的方法沉积的钝化堆叠件的太阳能电池显示明显的效率增益。特别地,申请人实施实验,表明与只具有SiN_x层的相似太阳能电池相比,包含SiN_x/SiO_xN_y堆叠件的多晶Si太阳能电池显示0.4%的绝对效率增益。

[0032] 已证实本发明第三方面的太阳能电池的另一个显著优势为当在太阳能模块中使用这种太阳能电池时,对电势诱导衰减(PID)的抗力得到改进。PID是存在于太阳能电池和模块中的不期望的效应并且常导致无法解释的产量损失。通常将产量损失视为分流电阻降低,并因此视为模块的最大功率点和开路电压的损失。发现PID的一个来源是由于电势诱导应力产生的力,可移动钠离子从模块的遮光玻璃至电池表面的扩散,虽然与一旦钠离子到达硅所涉及的机制尚不太清楚[7]。通过实验研究,本申请人发现与没有所述钝化堆叠件的硅太阳能电池相比,根据本发明的第三方面的硅太阳能电池,即具有根据本发明第一方面的方法制备的钝化堆叠件,具有显著改进的抗PID性。通过来自Freiburg Instruments GmbH的PIDcon进行实验。使用的硅太阳能电池为具有氢化氮化硅的抗反射涂层的p-型多晶电池。制备了在抗反射涂层和基板之间具有和没有氮氧化硅层的电池,因此前面的类型代表本发明第三方面的硅太阳能电池。在1000V的电压下,在60℃的温度下将具有前面或后面类型的硅太阳能电池的模块测试24小时。结果显示,包含根据本发明第三方面的硅太阳能电池的模块的分流电阻显著增加,且没有衰减。

[0033] 下面描述在附图中例示的优选实施方案的实例,其中:

[0034] 图1显示在各个钝化的晶体硅基板中的有效的少数载流子寿命;

[0035] 图2a显示在高温处理之前,吸光度随不同组成的介电材料层中的波数的变化;

[0036] 图2b显示在高温处理之后,相应吸光度随相同介电材料层中的波数的变化;

[0037] 图3显示不同介电材料层的消光系数随波长的变化;

[0038] 图4显示有效的少数载流子寿命和氮氧化硅的沉积速率随沉积温度的变化;

[0039] 图5显示有效的少数载流子寿命随氮氧化硅层的厚度的变化;以及

[0040] 图6a-6d显示根据本发明的硅太阳能电池的不同实施方案。

[0041] 通过过氧硫酸蚀刻并且随后在氢氟酸中去除氧化物来清洁用于实验的硅晶圆。在相同的PECVD室中,通过PEVCD沉积氮氧化硅 SiO_xN_y 和氢化氮化硅的覆盖层(为了简单称为 SiN_x)两者。在实验中,在 N_2 环境中使用 SiH_4 和 N_2O 作为前体来沉积 SiO_xN_y 层。 N_2O 与 SiH_4 的流量比为0:13至1000:13,其产生不同化学计量的 SiO_xN_y 层,从氢化非晶体硅(a-Si)经由 SiO_xN_y 变化至硅氧化物(SiO_x)。在100℃至400℃的温度下沉积厚度为1至40nm及以上的 SiO_xN_y 。如本领域技术人员理解的,检测沉积室中的温度。使用 SiH_4 和 NH_3 作为前体气体来沉积氢化 SiN_x 的覆盖层。

[0042] 沉积温度为130℃至400℃且 SiH_4 与 NH_3 的流量比为20:20至45:20,产生的 SiN_x 层具有不同的反射指数。在沉积 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 堆叠件之后,在峰值温度为800℃的带式炉中将一些钝化样品加热/退火3s,相应于制造晶体硅太阳能电池过程中的标准接触件烧制步骤。

[0043] 图1示出在烧制之前(以空心柱显示)和在烧制之后(以阴影线柱显示),使用本发明的 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 堆叠件钝化的p-和n-型晶体硅晶圆二者的有效少数载流子寿命(以微秒计的 T_{eff}),并与单层的氢化 SiN_x 的标准钝化比较。在该实验中,用20:45的 $\text{N}_2\text{O}:\text{SiH}_4$ 比沉积 SiO_xN_y 层。 SiN_x 层具有75nm的厚度。p-型晶圆为具有1-3欧姆·cm的电阻率的浮区(FZ)质量,而n-型晶圆为具有1-3欧姆·cm的电阻率的提拉(Czochralski,CZ)质量。在 10^{15}cm^{-3} 的注入水平下,通过准稳态光电导检测 T_{eff} ,对于本文公开的其他有效少数载流子寿命数据也是同样的情况。由附图可以看出,具有 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 钝化的p-和n-型硅材料二者在沉积态(as-deposited)和高温退火之后都显示毫秒范围的少数载流子寿命,且在退火之后具有增加的

寿命。与只具有SiN_x钝化的参照样品相比,寿命显著提高。对于通过SiN_x/SiO_xN_y钝化的样品,p-和n-型样品退火后的少数载流子寿命分别为2.3毫秒和3.2毫秒。

[0044] 在图2a和2b中,分别示出在烧制之前和之后通过傅里叶变换红外光谱仪(FTIR)检测的具有不同组成的SiO_xN_y层的吸光度A随波数 ω 的变化。将结果与SiN_x中的吸光度进行比较。图中的两个主峰C和D分别代表835cm⁻¹处的Si-N(a-s)键和1080cm⁻¹处的Si-O(s)键,如通过在一面的SiN_x的极值和在另一面上的1000:13的流量比的N₂O:SiH₄获得的。两个中间曲线显示用20:45和20:13的流量比的N₂O:SiH₄沉积的层中的吸光度。470cm⁻¹处的峰A表示Si-O(r)键,640cm⁻¹处的峰B表示Si₃-H(b)键的存在,2300cm⁻¹处的峰E表示Si₃-H(s)键,而3400cm⁻¹处的峰F表示N-H(s)键。即使化学计量随不同流量比而变化,但在高温步骤之后层似乎非常稳定,如在比较图2a和2b时看到的。这些结果结合未示出的电容-电压检测结果表明,钝化主要得自晶体硅表面处的悬挂键的化学钝化。

[0045] 如在图3中示出的, SiO_xN_y的光学性质还随沉积条件变化,其中通过椭圆偏振测量法检测的消光系数K显示为波长 λ 的函数。相比之下,结果表明在高达600纳米的光谱范围内, SiO_xN_y具有比非晶体硅显著更低的吸收。实际上, SiO_xN_y的吸收与低折射氢化SiN_x是相当的。此外,对于具有相对高的硅部分(即用低N₂O:SiH₄比,在该实例中N₂O:SiH₄比为20:45来沉积的)的SiO_xN_y层获得最佳钝化结果。

[0046] 图4示出前面提及的p-型硅的以微秒计的少数载流子寿命 T_{eff} 和SiO_xN_y的沉积速率随100℃至400℃的范围的沉积温度的变化。示出通过使用20:13和20:45的气体流量比的N₂O和SiH₄沉积的SiN_x/SiO_xN_y堆叠件钝化的样品的 T_{eff} 。示出的沉积速率相应于20:13的流量比。由附图可以看出,在其上用20:13的气体流量比沉积SiO_xN_y的样品的少数载流子寿命在烧制后获得1毫秒的最佳 T_{eff} ,而具有用20:45的流量比沉积的SiO_xN_y的样品在烧制后获得2.3毫秒的最佳 T_{eff} 。当沉积温度从400℃分别降低至130℃和100℃时,两个样品的 T_{eff} 几乎翻倍。由附图可以看出,另一有利效果在于沉积速率还随温度降低而增加,考虑到现有技术考虑,该结果有一点意外。例如,保持N₂O:SiH₄的流量比为20:13,当沉积温度从400℃降低至130℃时,沉积速率从0.46nm/s增加至0.7nm/s。

[0047] 在图5中,显示在次最佳条件下实施的实验中,少数载流子寿命 T_{eff} 随SiO_xN_y层的厚度的变化。然而,认为该结果对于在上述最佳条件下沉积的SiO_xN_y层也是有效的。在3nm的SiO_xN_y层厚度下,存在少数载流子寿命的峰值,而厚度大于10纳米的层的寿命与10纳米的相当。

[0048] 此外,证实SiN_x的沉积条件影响SiN_x/SiO_xN_y堆叠件的钝化质量。发现钝化质量随SiN_x的沉积温度的增加而提高。当在400℃下沉积SiN_x覆盖层时,获得最佳少数载流子寿命,并且在烧制之前和之后都显示少数载流子寿命随沉积温度从130℃至400℃而增加。SiH₄:NH₃的流量比的变化影响SiN_x层的光学性质,发现该变化对少数载流子寿命影响不大。发现为了优化钝化,作为覆盖层的SiN_x应具有约40nm或更大的厚度。

[0049] 图6a-6b示出具有本发明的钝化堆叠件的硅太阳能电池的各个实例。这种太阳能电池的功能性是本领域技术人员已知的,因此在本文不再详细讨论。示出简化和示意性的下列附图,并且图中的各个特征并非按比例绘制。相同的参考数字表示附图中相同或相似特征。

[0050] 在图6a中,参考数字1表示通常称为标准硅太阳能电池的类型的硅太阳能电池。通

过由氢化的介电材料(此处以氢化 SiN_x 形式示出)的第二层5覆盖的 SiO_xN_y 的第一层3来钝化晶体硅晶圆2。大体上,第一和第二层3、5充当太阳能电池1的正面21上的组合钝化和抗反射涂层。在正面21处提供薄的、高度掺杂区25以构成p-n结(junction)/二极管连同硅晶圆2的基底掺杂。在位于太阳能电池1的正面21上的第一层3的顶部提供一组正面接触件7,同时在背面23处提供一组背面接触件9,接触高度掺杂的背面区域27。示出烧制之前(即,在建立与高度掺杂的表面区域25的接触之前)的正面接触件。

[0051] 图6b示出所谓的两面太阳能电池1,其中在太阳能电池1的两个面上提供由 SiO_xN_y 的第一层3和 SiN_x 的第二层5构成的钝化/抗反射堆叠件。在可替代实施方案中,可只在正面21上或在背面23上提供钝化堆叠件 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 的两层3,5。

[0052] 在图6c中,示出钝化堆叠件 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 的两层3,5,如在钝化发射体后部接触件(PERC)太阳能电池的两个面上提供的,而在图6d中,示出在背面接触的背面接合太阳能电池的两个面上使用的两层3,5。在后一种情况下,在太阳能电池的背面23上提供两个极性接触件7,9(通常按照反向掺杂的发射器和基底区域29,29'的形状以交叉(interdigitated)指型图案)。此外,在这些实施方案中,可只在正面21上或在背面23上提供钝化堆叠件 $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 的两层3,5。

[0053] 参考文献

[0054] 1.S.Gatz,H.Plagwitz,P.P.Altermatt,B.Terheiden,and R.Brendel,Thermal stability of amorphous silicon/silicon nitride stacks for passivating crystalline silicon solar cells.Appl.Phys.Lett.2008,93:173502.

[0055] 2.S.Dauwe,L.Mittlestadt,A.Metz and R.Hezel,Experimental evidence of parasitic shunting in silicon nitride rear surface passivated solar cells,Prog.Photovolt:Res.Appl.2002,10:271.

[0056] 3.G.Dingemans and W.M.M.Kessels,Status and prospects of Al_2O_3 -based surface passivation schemes for silicon solar cells,J.Vac.Sci.Technol.A 2012,30(4):040802.

[0057] 4.YB Park,JK Kang,SW Rhee,Effect of $\text{N}_2\text{O}/\text{SiH}_4$ ratio on the properties of low-temperature silicon oxide films from remote plasma chemical vapour deposition,Thin Solid Films 1996,280:43.

[0058] 5.B.Hallam,B.Tjahjono,S.Wenham,Effect of PECVD silicon oxynitride film composition on the surface passivation of silicon wafers,Solar Energy Materials&Solar Cells 2012,96:173.

[0059] 6.A.Laades,M.Blech,H.C.Biank,C.Maier,M.Roczen,C.Leschinski,H.Strutzberg,A.Lawerenz,Fundamental study of silicon oxynitrides for photovoltaic applications,26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition,Hamburg,Germany 5th Sep.2011.

[0060] 7.S.Koch,C.Seidel,P.Grunow,S.Krauter,M.Schoppa,Polarization effects and Tests for Crystalline Silicone Solar Cells,26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition,Hamburg,Germany 5th Sep.2011.

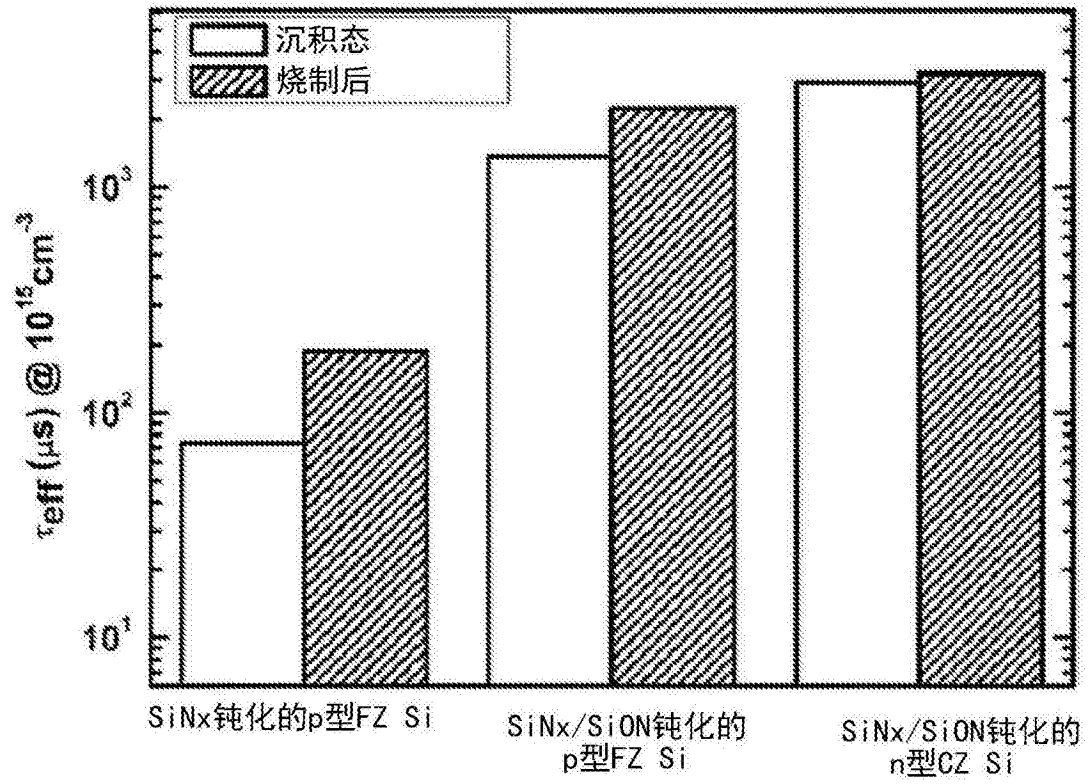


图1

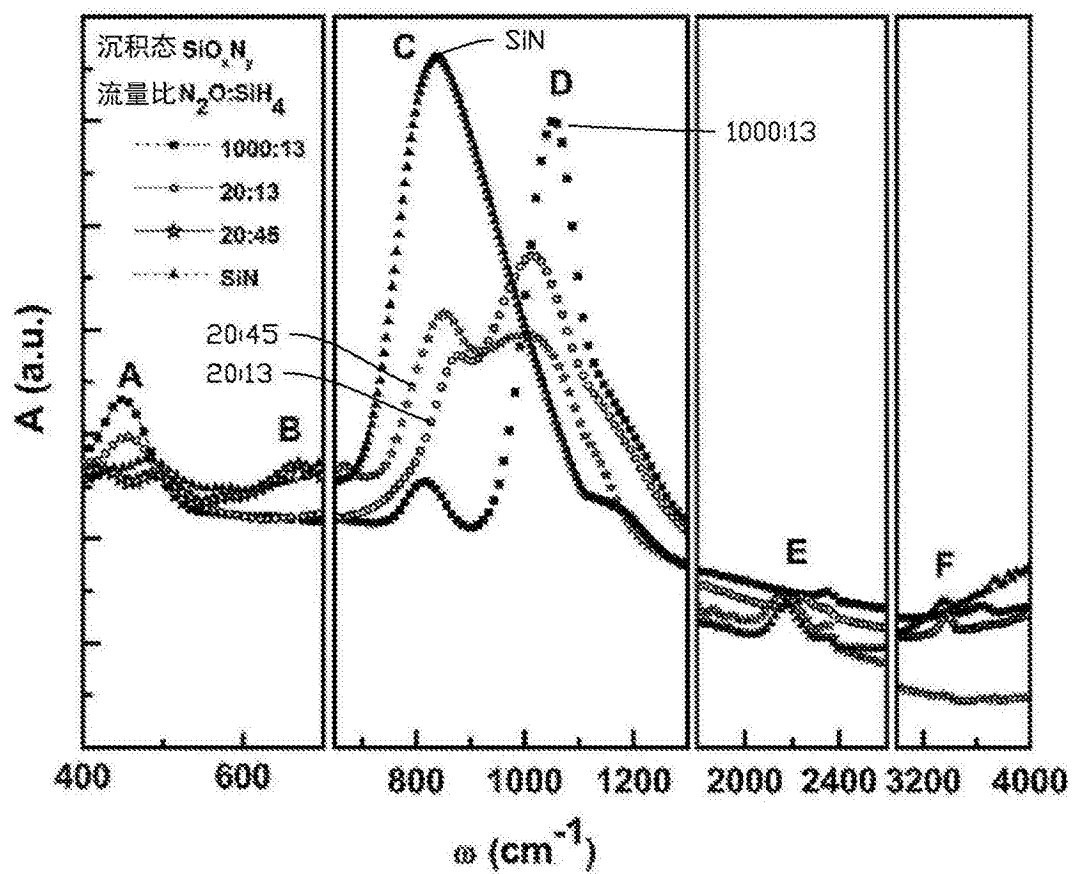


图2a

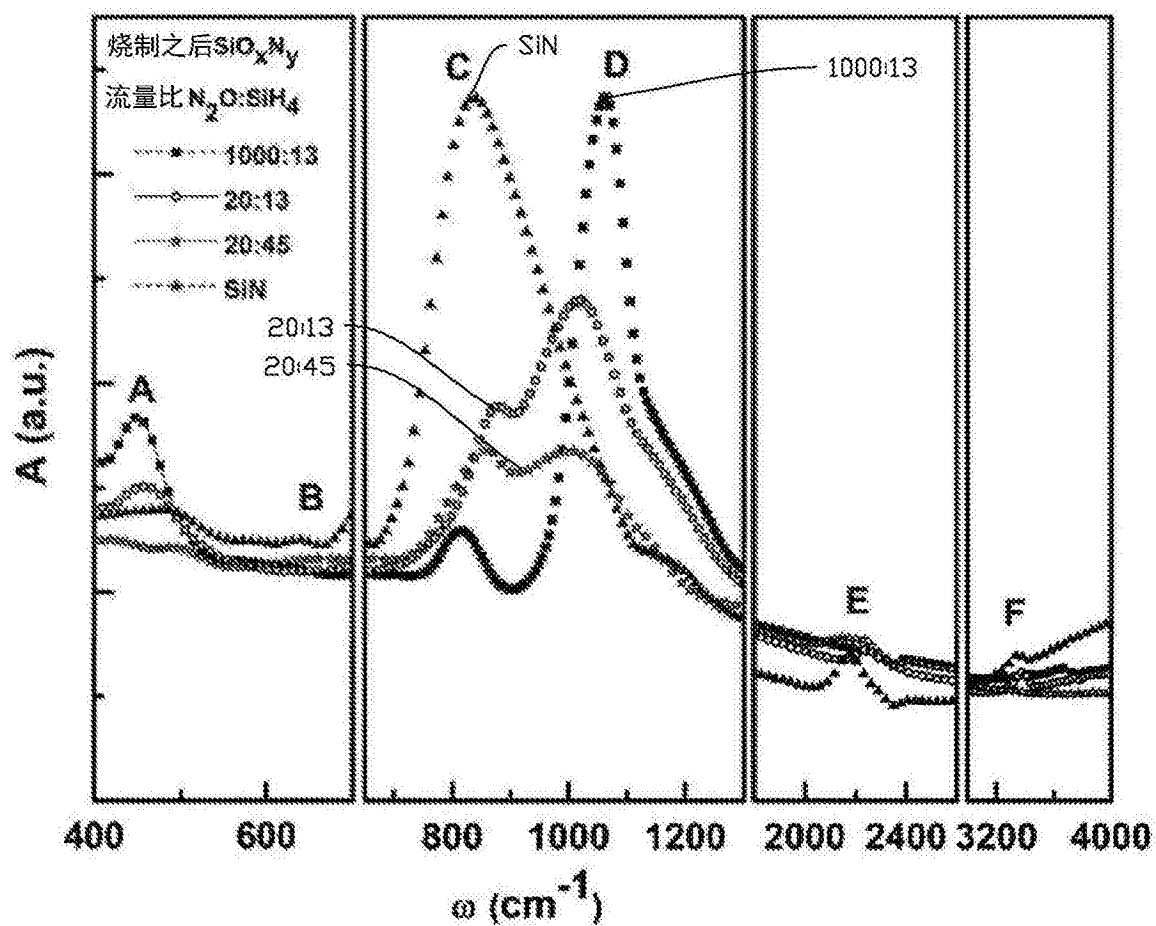


图2b

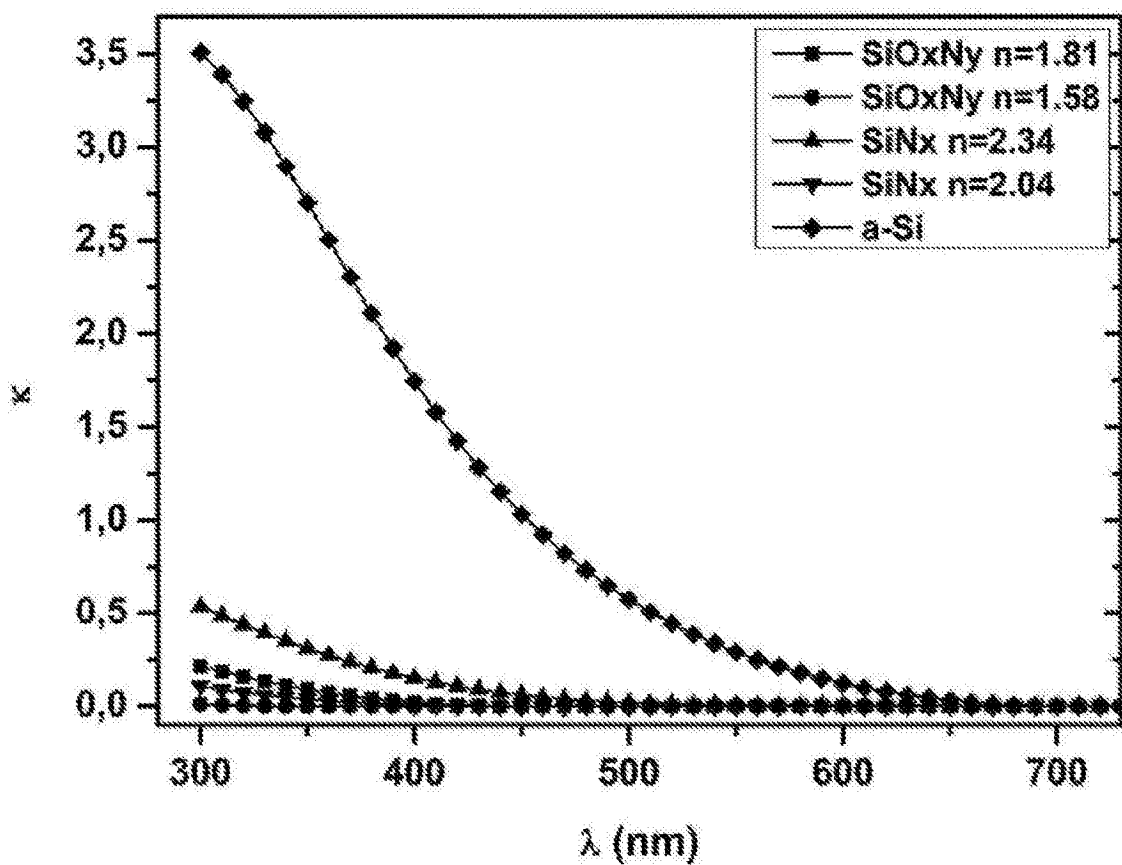


图3

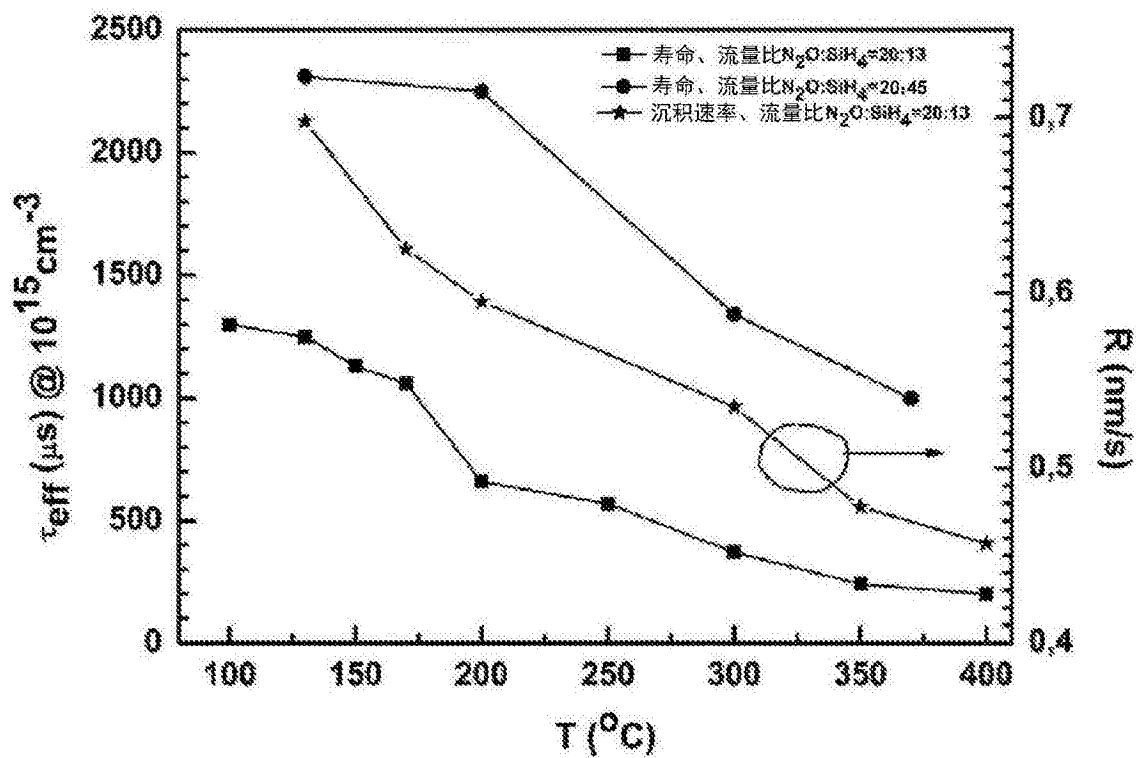


图4

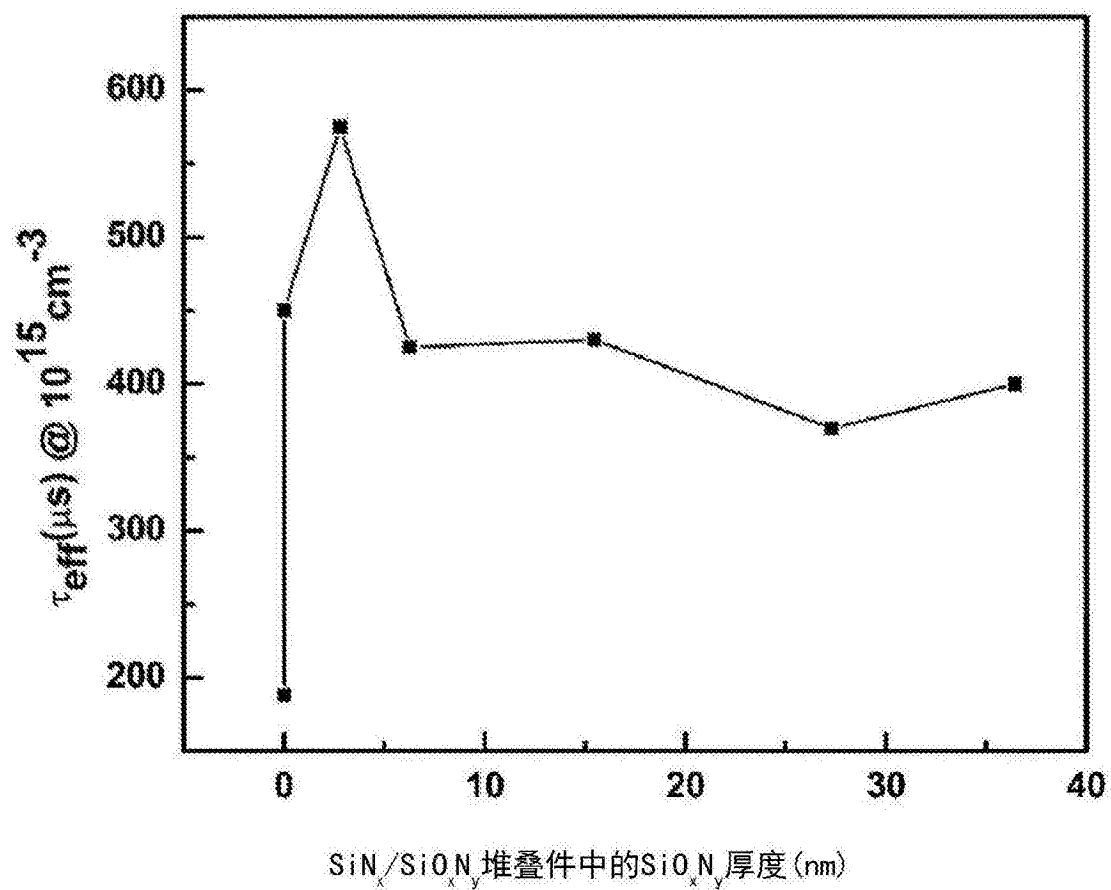


图5

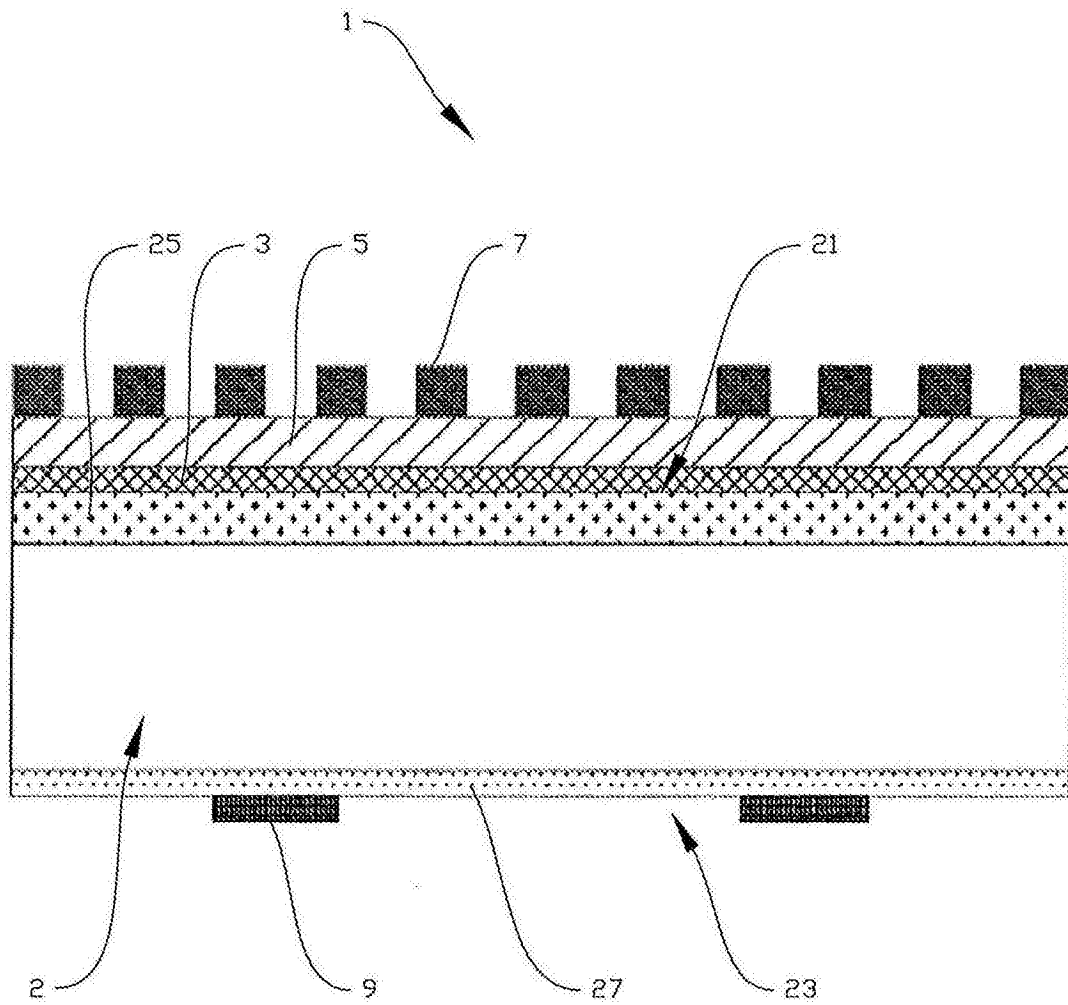


图6a

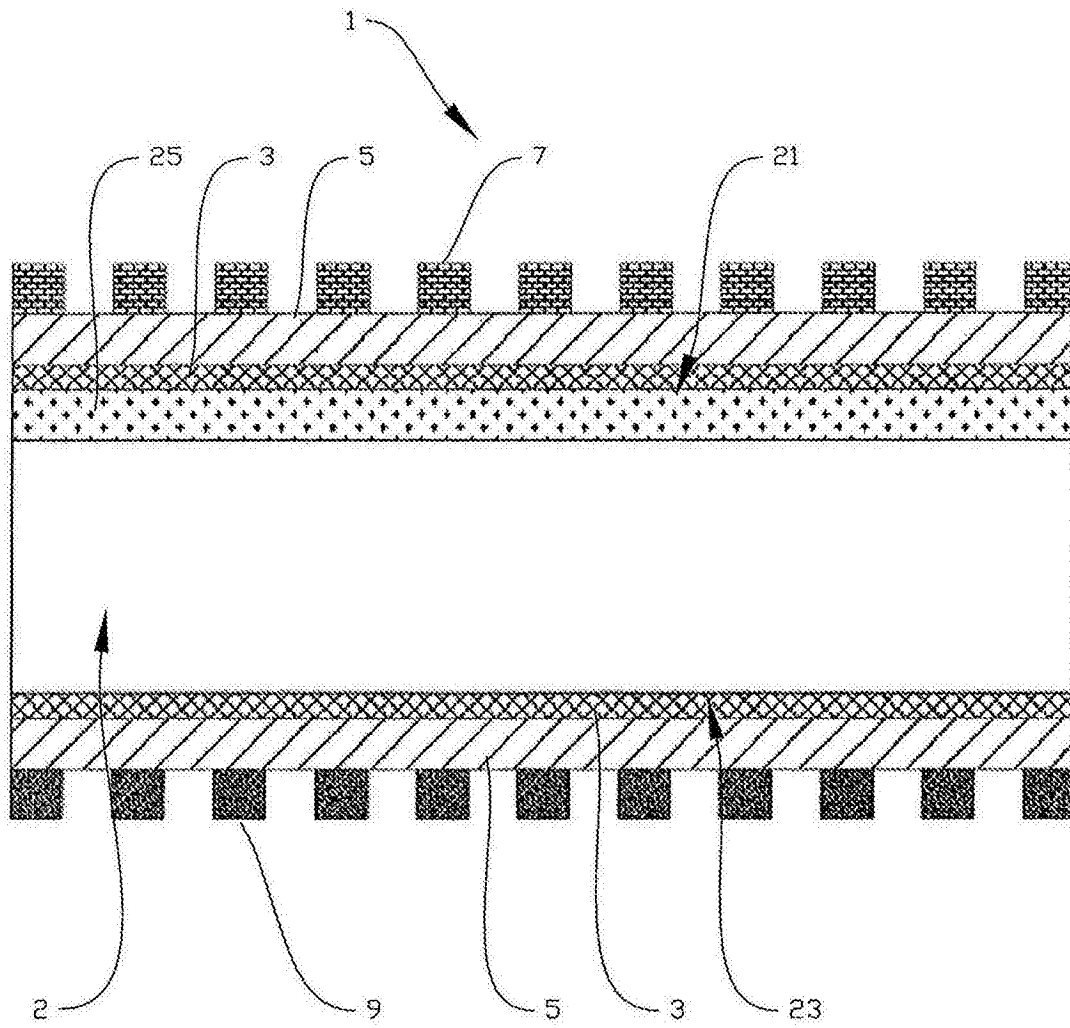


图6b

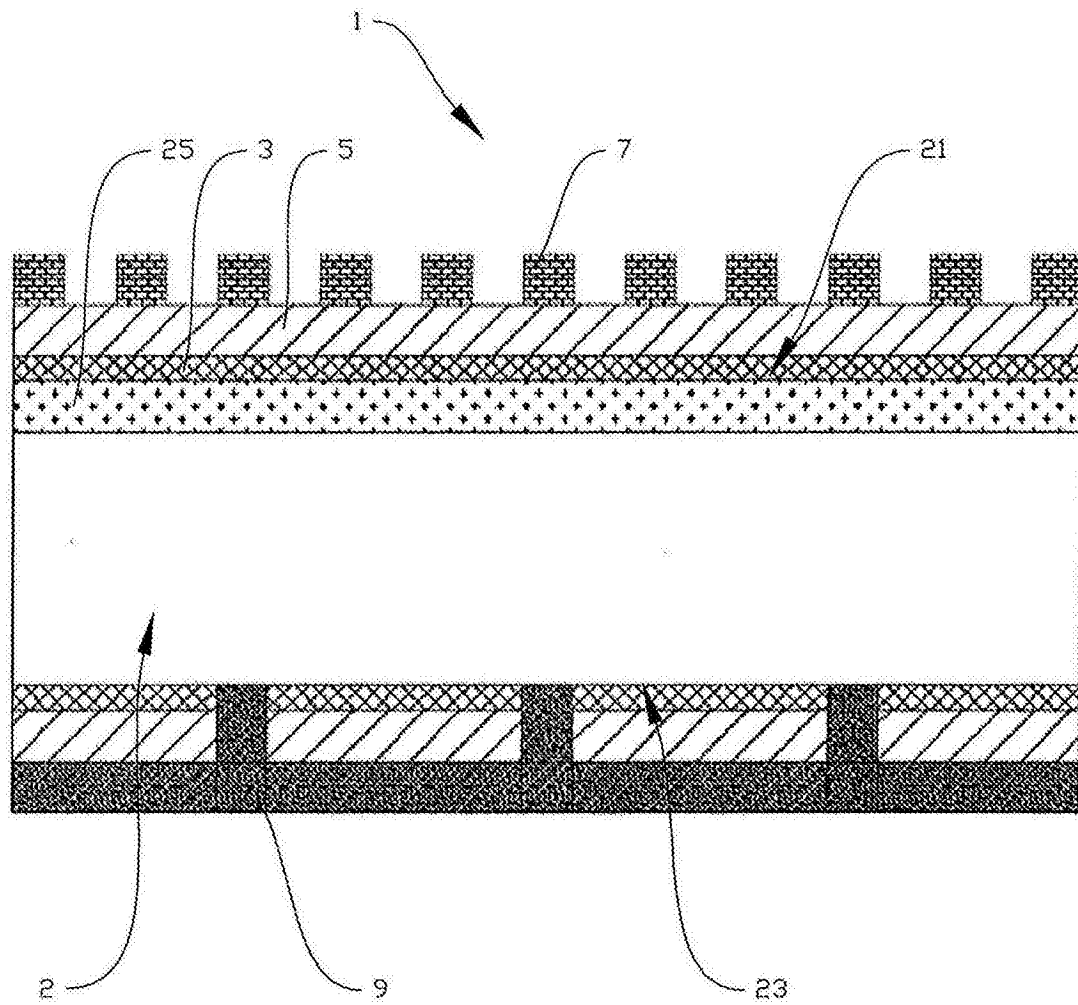


图6c

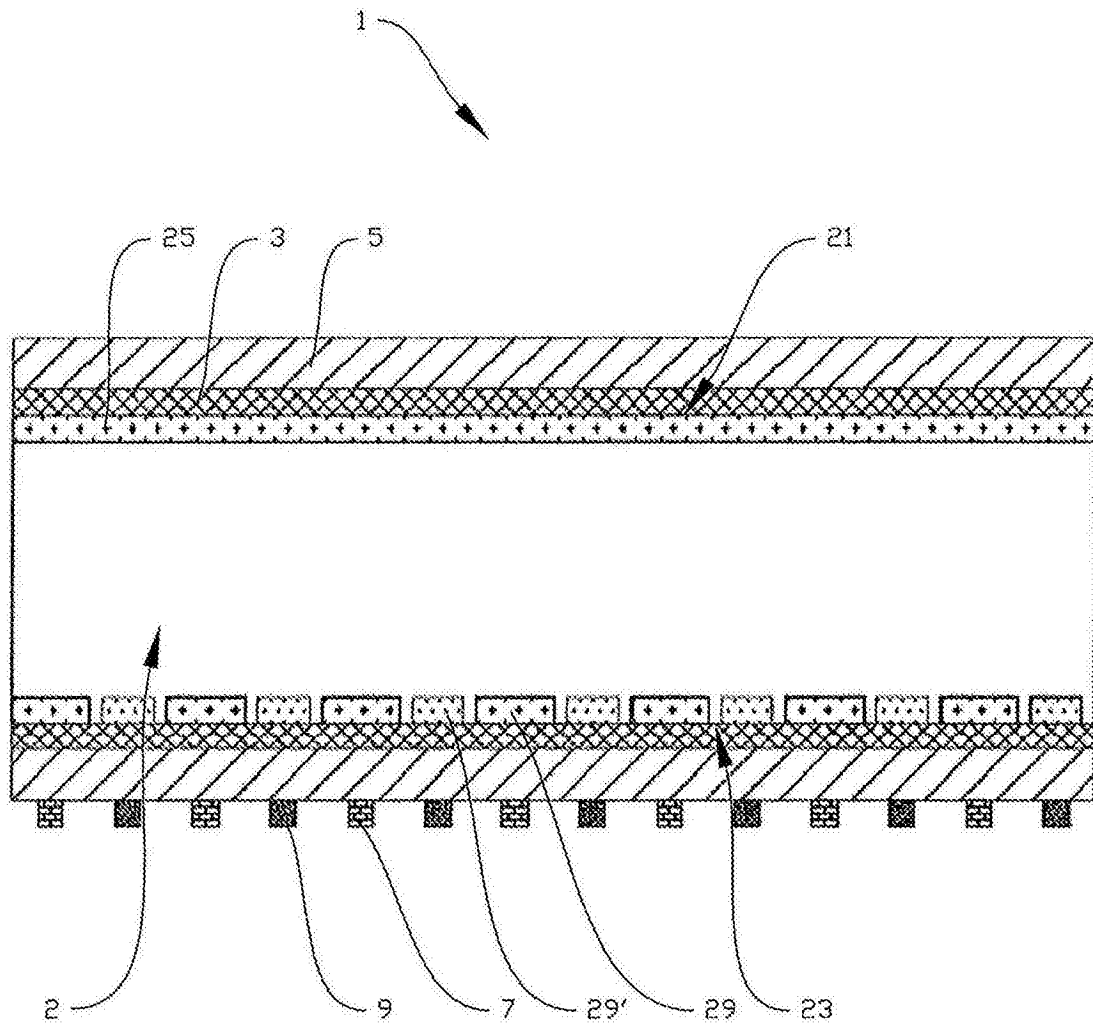


图6d