



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101889349 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 17

(21) 申请号 200880119239. 3

J • 什勒夫奇克 G • 博卡恩

(22) 申请日 2008. 12. 02

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

(30) 优先权数据

07122152. 7 2007. 12. 03 EP

60/992, 298 2007. 12. 04 US

代理人 项丹 周承泽

(51) Int. Cl.

H01L 31/0224 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 06. 01

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2008/066662 2008. 12. 02

(87) PCT申请的公布数据

W02009/071561 EN 2009. 06. 11

(71) 申请人 IMEC 公司

地址 比利时勒芬

申请人 光伏技术公司

(72) 发明人 F • 德罗斯 C • 阿尔贝

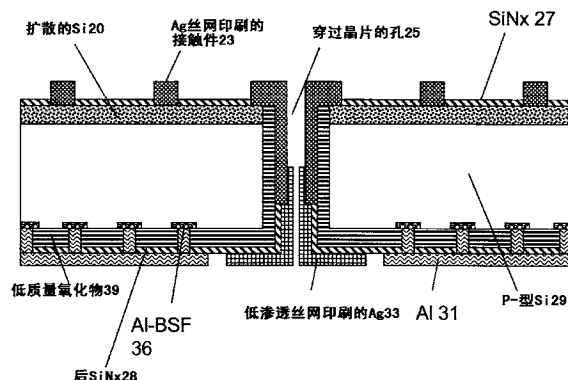
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 6 页

(54) 发明名称

包括金属覆盖穿通以及改进的钝化的光生伏打电池

(57) 摘要

一种光生伏打器件,其包括半导体基片,所述基片包括接受辐射的前表面以及后表面,一种导电类型的第一区 (29),以及与前表面相邻的具有相反导电类型的第二区 (20),以及减反射层 (27)。后表面被介电层 (39) 覆盖,所述介电层还覆盖所述通孔的内表面。所述前表面包括收集电流的导电接触件 (23),所述后表面包括穿过所述电介质的导电接触件 (31)。在通孔中提供了导电路径,用来传导来自前表面的光生电流。由于各处有电介质,无需对准和掩蔽,而且该电介质还用来绝缘,为半导体提供热保护,以及帮助表面和整体钝化。还避免了将结区设置在通孔附近的需求,因此减少了不希望出现的复合电流。



1. 一种光生伏打器件,其包括:半导体层(29),该半导体层包括用来接受入射光的前表面,以及与所述前表面相背的后表面,

位于所述前表面上的用来收集电流的前接触件(23),

位于器件后侧的后汇流条(33),用于在前侧上收集的电流;

穿过半导体层的通孔(25),所述通孔包括导电路径,用来将所述前接触件与后汇流条连接,

位于半导体层的后表面上的介电层(39),

用于所述半导体层的后表面的后接触件(31),其延伸穿过所述介电层,到达半导体层,其中,所述介电层还覆盖所述通孔的内表面,将所述导电路径与所述半导体层绝缘。

2. 如权利要求1所述的器件,其特征在于,所述半导体层包括扩散区(20),扩散区通过从前表面扩散而形成,以使所述扩散区在通孔附近不更深地延伸到半导体层中。

3. 如权利要求1或2所述的器件,其特征在于,所述介电层包含低质量氧化物层,所述低质量氧化物层包含以下材料中的任意一种:APCVD氧化物,火成岩氧化物,旋涂氧化物,喷涂氧化物,浸渍氧化物,氧化硅, TiO_2 , 通过溶胶-凝胶沉积的 TiO_2 , 或者 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 伪二元合金(PBA)。

4. 如权利要求3所述的器件,其特征在于,该器件包括位于所述介电层上的后侧钝化层(28)。

5. 如权利要求4所述的器件,其特征在于,所述后侧钝化层至少延伸进入通孔的一部分。

6. 如权利要求5所述的器件,其特征在于,所述后侧钝化层包含氢化的 SiN 。

7. 如权利要求6所述的器件,其特征在于,所述氢化的 SiN 层的厚度大于100纳米。

8. 如以上权利要求中任一项所述的器件,其特征在于,在未形成图案和未与通孔对准的情况下,所述介电层在所述通孔周围、在后表面上延伸。

9. 一种制造光生伏打器件的方法,所述器件包括半导体层,所述半导体层包括用来接受入射光的前表面,以及与所述前表面相背的后表面,所述方法包括以下步骤:

形成穿过所述半导体层的通孔,

在所述半导体层的后表面上形成介电层,使得所述介电层也覆盖所述通孔的内表面,

形成通过所述通孔的导电路径,用来从前表面收集电流,并用介电层将其与半导体层绝缘,

在所述器件的后侧形成后汇流条,用来连接穿过通孔的导电路径,

形成用于所述半导体层的后表面的后接触件,其延伸穿过所述介电层,到达半导体层。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:通过从前表面扩散,在所述半导体层中形成扩散区(20),以使所述扩散区在通孔附近不更深地延伸到半导体层中。

11. 如权利要求9或10所述的方法,其特征在于,所述形成介电层的步骤包括沉积氧化物层,所述氧化物层包含以下材料中的任意一种:APCVD氧化物,火成岩氧化物,旋涂氧化物,喷涂氧化物,浸渍氧化物,氧化硅, TiO_2 , 通过溶胶-凝胶沉积的 TiO_2 , 或者 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 伪二元合金(PBA)。

12. 如权利要求11所述的方法,其特征在于,其包括在所述介电层上形成后侧钝化层

(28) 的步骤。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述后侧钝化层至少延伸进入通孔的一部分。

14. 如权利要求 9-13 中任一项所述的方法,其特征在于,在未形成图案和未与通孔对准的情况下,形成所述介电层以使其在所述通孔周围、在后表面上延伸。

15. 如权利要求 9-14 中任一项所述的方法,其特征在于,所述后接触件是通过以下方式形成的:在所述介电层和钝化层中形成孔,然后用导电性接触材料填充所述孔。

16. 如权利要求 9-15 中任一项所述的方法,其特征在于,所述方法包括对器件进行烧制以形成后接触件的步骤。

包括金属覆盖穿通以及改进的钝化的光生伏打电池

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池之类的光生伏打器件。更具体来说,本发明涉及由特别的钝化方案改进的金属覆盖穿通 (metal wrap through) 太阳能电池,还涉及用来制造所述太阳能电池的有成本效益的方法。

背景技术

[0002] 根据一般结构,可以将现有技术中描述的大部分太阳能电池分为几类。

[0003] 其中的一类是所谓的后接触太阳能电池,这意味着与太阳能电池的两个相反掺杂区的欧姆接触都设置在太阳能电池的背面,即未受照射的表面上。这一原理避免或减少标准太阳能电池上的前金属接触格栅造成的遮蔽损失。

[0004] 制造后接触太阳能电池的最直接的方法是将相反掺杂的半导体区之间的载流子收集结设置在靠近电池的后表面 (“背面结 (back-junction)” 电池)。文献“1127.5%硅聚能器太阳能电池 (1127.5-Percent Silicon Concentrator Solar Cells) (R. A. Sinton, Y. Kwark, J. Y. Gan, R. M. Swanson, IEEE Electron Device Letters, 第 ED-7 卷, 第 10 期, 1986 年 10 月) 描述了这样的器件。

[0005] 因为大部分的光子总是在靠近电池前表面的位置被吸收的,在这些区产生的载流子必须扩散通过太阳能电池的整个基区,朝向靠近后表面的载流子收集结移动。对于这个原理,人们需要具有少数载流子扩散长度比电池厚度大的高质量的材料,因此,这一解决方案不适合通常扩散长度短的大多数太阳能级的材料。另外,需要对包括接近后表面的载流子收集结的电池进行完美的前表面钝化。

[0006] 最大的一类太阳能电池的载流子收集结靠近其前表面。通过与前表面上的掺杂区相连的金属接触件以及与背面上的相反掺杂区相连的第二接触件,从这些太阳能电池收集电流。尽管这种前格栅结构可以相对容易地进行优化,从而获得高收集效率,但是电阻损失与遮蔽损失之间的折衷,结果是覆盖占总面积 6-12% 的前表面。

[0007] 另一类太阳能电池将这两种方法相结合。这类太阳能电池包括与后表面上相反掺杂区相连的外部接触件,同时收集结靠近前表面。从前表面收集到的电流被引导通过通孔到达后表面,所述通孔穿过整个晶片。通过使用这种结构,显著减少了前金属化格栅通常会造成的遮蔽损失。

[0008] 文献 WO 1998/054763 (EP 0 985 233 B1) 描述了一种这样的结构,下文称为金属覆盖穿通 (Metal Wrap Through) (MWT)。

[0009] 尽管这些 MWT 太阳能电池的遮蔽区减小,但是由于会发生过多的分流,例如在通孔中和后发射体汇流条下面发生的复合,因此这些 MWT 太阳能的效率通常仍受到限制 (例如参见以下文献所述:“丝网印刷的 MC-Si 金属覆盖穿通 (MWT) 太阳能电池的加工和全面表征 (Processing and comprehensive characterisation of screen-printed MC-Si Metal Wrap Through (MWT) Solar cells)”, Clement et 等,第 22 届欧洲光生伏打太阳能会议会刊 (Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference),意

大利,米兰(2007),第1400-1402页;“对激光钻出的通孔用于发射体-覆盖-穿通-太阳能电池的寿命研究(Lifetime studies on laser drilled vias for application in Emitter-Wrap-Through-Solar Cells)”,Mingirulli等,第22届欧洲光生伏打太阳能会议会刊,意大利,米兰(2007),第1415-1418页)。

发明内容

[0010] 发明目的

[0011] 本发明的目的是提供光生伏打电池和制造光生伏打电池的方法,由此减轻或避免现有技术的一些问题。

[0012] 发明概述

[0013] 在本发明的第一个方面,提供了一种光生伏打器件,例如太阳能电池,所述光生伏打器件包括:半导体层,该半导体层具有用来接受入射光,例如太阳光的前表面,以及与所述前表面相背的后表面;前接触件,也称为发射体接触件,用来在前表面上收集电流;位于器件后面之上、例如位于后表面上的后汇流条,也称为发射体汇流条,用来引出前侧的电流;穿过所述半导体层的通孔,所述通孔包括导电路径,用来将所述前接触件与后汇流条连接;位于基片后表面上、即位于半导体层的后表面上的介电层;用于半导体层的后表面的后接触件,其穿过所述介电层,到达半导体层;所述介电层还覆盖所述通孔的内表面,将所述导电路径与半导体层绝缘。

[0014] 与现有的包括通孔的设计相比,通过在通孔内提供相同的电介质,而不是在通孔内包含一些其它的特别绝缘件,因此无需采用对准和掩蔽步骤,使该其它的特别绝缘件的电介质远离通孔。因此制造可以更廉价而且更快。另外,通孔内的电介质有助于减少在靠近通孔以及后表面上包括结区的需要,因此在结区域之内或附近钻通孔造成的损伤较小。这有助于减少不希望出现的复合电流,因此提高效率。因此电介质可以用于多重目的,例如表面和整体钝化,保护其免受烧制造成的热损伤,通过后表面反射以提高效率,使得通孔中的金属与半导体绝缘。

[0015] 后接触太阳能电池造成的弯曲通常比常规的太阳能电池更多,这是因为在前面不存在平衡后面的Al糊料引起的高应力的汇流条。此处,由于介电层叠件,制得的太阳能电池显示不利的弯曲问题少得多。

[0016] 本发明的另一个方面提供了一种制造光生伏打器件的方法,所述器件包括半导体层,所述半导体层包括用来接受入射光,例如阳光的前表面,以及与所述前表面相背的后表面,所述方法包括以下步骤:形成穿过所述半导体层的通孔,

[0017] 在基片的后表面上,即在半导体层的后表面上形成介电层,使得所述介电层也覆盖通孔的内表面,

[0018] 形成通过所述通孔的导电路径,用来从前表面收集电流,通过介电层将导电路径与半导体层绝缘,

[0019] 在器件的后面之上,例如在器件的后表面之上形成后汇流条,以连接通过通孔的导电路径,以及形成用于半导体层后表面的后接触件,其穿过介电层,到达半导体层。

[0020] 在所附的独立权利要求和从属权利要求中提出了本发明的具体和优选的方面。本发明的任意方面的实施方式可以包括任意的附加特征,其中一些附加特征在从属权利要求

中提出,一些附加特征列于详述部分的实施例中。在合适并且不只是如权利要求中清楚陈述的时候可以将从属权利要求中的特征与独立权利要求中的特征以及其它从属权利要求中的特征合并。

附图说明

[0021] 图 1 显示了根据本发明的一个实施方式,光生伏打器件如太阳能电池的制造方法的步骤的例子。

[0022] 图 2 显示根据本发明另外的实施方式的其它制造方法的步骤的图示。

[0023] 图 3 显示根据本发明的一个实施方式的光生伏打器件的截面图。

[0024] 图 4 显示根据另一个实施方式的类似的截面图。

[0025] 图 5 显示根据本发明的另一个实施方式的光生伏打器件的截面图。

[0026] 图 6 显示根据另一个实施方式的制造方法的步骤。

具体实施方式

[0027] 下面可参照某些附图,关于具体实施方式描述如何实施本发明,但是本发明不限于此。所述的附图仅仅是示意性的,而非限制性的。在附图中,为了说明,一些元件的尺寸放大了,未按比例绘制。

[0028] 另外,在描述以及权利要求书中,术语“第一”、“第二”和“第三”等用来区别类似的元件,而不一定描述次序或时间顺序。要理解,在合适的情况下,这些术语可以互换使用,本文所述的本发明实施方式能够按照本文所述或列举的次序以外的其它次序进行操作。

[0029] 另外,在说明书和权利要求书中,术语“顶部”、“底部”、“上方”、“下面”等是用来进行描述,而不一定描述相对位置。要理解,在合适的情况下,这些术语可以互换使用,本文所述的本发明实施方式能够按照本文所述或列举的取向以外的其它取向进行操作。

[0030] 所述的实施方式显示了一种新颖的改进的结构,其包括一部分上述已知的 MWT 结构的特征,以及文献 WO 2006/097303A1 中描述的所谓 i-perc 结构的一些特征。这种新的结构(称为 i-perc-BC)得益于不仅沉积于后侧而且沉积于通孔内的 i-perc 的稳定的钝化层叠件。至少一些实施方式与已知的 MWT 相比的一个重要区别在于,在通孔内以及后侧上不存在扩散。由此带来的结果是可以减少或者避免通孔形成过程中产生的,存在于发射体和/或耗尽区内的缺陷。这些缺陷会导致复合,由此降低性能。除了有益的钝化性质以外,所述层叠件还可以作为金属糊料与下方的裸露基区之间的阻挡层,所述金属糊料与发射体电连接,并覆盖通孔和后表面的一部分。

[0031] 在 i-perc 结构中,所述层叠件遍布整个基区,仅仅局部开放用来形成接触,由此为基侧上的表面提供极佳的钝化。类似地,在此新的结构中,所述层叠件在被基极覆盖的区内提供了钝化,还在位于发射体和后侧上的基极之间的类基区(base like regions)中提供了钝化。

[0032] 从工艺过程来看,所述新结构与最初的 MWT 结构相比的另一个优点在于:由于在后侧上没有发射体区,因此在后侧和前侧上都无需存在结隔离,由此简化了太阳能工艺过程。

[0033] 图 3-6,本发明的实施方式:

[0034] 图 3 显示了根据本发明实施方式的一种器件。图中显示了 P 型硅 29 形式的半导体层,和穿过晶片的孔 25 的形式的通孔。前侧包括被 SiNx 钝化层 27 覆盖的扩散区 20,和穿过所述钝化层的接触件 23,也称为发射体接触件。图中未显示所述接触件如何与通孔中的导电路径连接起来,从而将前侧电流通到后侧的汇流条,也称为发射体汇流条。在后侧上显示了 i-perc 型结构,其为介电层叠件的形式,由氧化层 39 形成,被 SiNx 层 28 覆盖。这可以使用 W02006 097303 所示的实施例来实施。背面接触件 Al-BSF 36 也被称为后接触件或基极接触件 (base contact),图中显示 Al (31) 穿过介电层叠件中的孔,到达该背面接触件,将基极接触件连接起来。所述介电层叠件延伸到通孔内。沉积的氧化物自始至终穿过通孔,所述 SiNx 至少延伸进入通孔的一部分。通孔中的导电路径被直接印刷在氧化物或 SiNx 上,部分从前侧印刷,部分从后侧印刷。如果需要的话,也可以使用特别的真空条件从后侧或前侧一步印刷,将糊料吸入通孔中。

[0035] 换言之,光生伏打器件的这个实施方式包括半导体基片,该基片至少包括接受辐射的前表面以及后表面,所述基片包括一种导电种类的第一区 (29) (可以是基区),以及与前表面相邻的具有相反导电种类的第二区 (20) (可以是发射体区),其被减反射层 (27) 覆盖。所述后表面被介电层 (39) (例如沉积的氧化层) 或者包括氧化物层和氮化硅层 (28) 的介电层叠件覆盖,所述介电层或者介电层叠件还覆盖了所述通孔的内表面。前表面具有与所述第二区 (20) 相接触的收集电流的导电接触件 (23) 以及延伸到通孔 (25 中) 的导电层,后表面具有穿过所述电介质、到达所述第一区 (29) 的收集电流的导电接触件 (31) 以及后导电终端电极 (termination electrode) (汇流条) (33)。该终端电极延伸到通孔中,与前导电层 23 一起形成导电路径,使得光生电流从前表面流到后表面上的终端电极 (33)。通过各处有电介质,无需对准和掩蔽,而且该电介质还用来绝缘,为半导体提供热保护,以及帮助表面和整体钝化。由此还可以无需在通孔附近设置结区,所以减少了通孔制造过程对通孔附近的结区造成的损伤,并因此减少了不希望出现的复合电流。

[0036] 图 4 显示了另一个实施方式,其中使用的编号与图 3 的编号相对应。与图 3 相比, SiNx 在通孔中自始至终延伸,穿过所述晶片到达前表面。在一些情况下,可以在通孔中自始至终沉积,在之后的制造步骤中,可以在靠近前表面的位置,从通孔中局部除去 SiNx,留下如图 3 所示的 SiNx 层。该局部除去 SiNx 的操作可以例如通过以下方式进行:施用前金属糊料,然后进行烧制步骤。图 4 所示的实施例还显示了在印刷前格栅 (Ag 丝网印刷的接触件 23 的形式) 之前,以丝网印刷的 Ag33 的形式印刷后汇流条。

[0037] 图 5 显示了类似的实施方式,其中使用类似的编号,但是后侧上的 SiNx 层没有延伸到通孔中。

[0038] 图 6 显示了根据一个实施方式的方法步骤。在步骤 54 中,通过激光或者任何其它的硅机械加工或蚀刻方法,切割穿过晶片的通孔。在步骤 52 中,在 P 型 Si 的前侧上形成 N+ 扩散层。然后形成 SiNx 和其它的前侧层 (如果有的话)。原则上,这一步骤可以在切割通孔之前进行。任意一种方式都是优选的,以避免在通孔附近形成扩散层,以使其在通孔相邻之处不会延伸得较深。在步骤 57 中,在没有进行对准或形成图案的情况下,介电层在整个后表面上形成,因此其会延伸到通孔中。在步骤 59 中,在介电层上形成介电层叠件的其它层,任选延伸到通孔中。在步骤 64,将介电层叠件局部开放。在步骤 62 和 68,形成发射体金属化。在后侧上形成发射体汇流条,将多个通孔连接起来,收集所有的前侧电流,如步骤

68 所示。然后在前侧形成发射体接触件格栅。它们通过通孔互相连接。延伸到通孔中的所述发射体电极在介电层上方通过介电层与半导体的基底 (base) 隔离。可以通过本领域技术人员已知的各种不同的方法,完成在通孔中形成这些导电路径的操作。在步骤 66,沉积金属以填充通过介电层到达半导体的后接触件孔。这些通向半导体基底的通路互相连接在一起。在步骤 72 中,对该器件进行烧制,对后接触件和前接触件进行热处理。

[0039] 附加特征:

[0040] 所述的实施方式显示了硅基片形式的半导体层,但是本发明不限于此。也可以使用其它合适的基片。可以使用宽带隙半导体层作为电介质,来提供介电层。可以使用许多小间距规则图案的通孔,以将损失减至最小,将被前侧上的金属遮蔽的量减至最小。通常间距可以为 2 毫米,但是也可以采用其它的值。前侧接触件可以以星形图案,从各个通孔向外辐射状设置,或者可以根据已知的实施方式,采用其它的图案。所述半导体层可以包括扩散区,其通过从前表面扩散而形成,使形成的扩散区不会更深地延伸到通孔附近的半导体层中。可以在介电层叠件内,在所述介电层顶部上提供包括氢化的 SiN 的钝化层。所述钝化层可以延伸到通孔内。

[0041] 在后侧上形成的发射体接触件的汇流条可以在对所述前格栅和后接触件进行烧制之后,使用例如低温糊料形成。

[0042] 可以在前格栅之前印刷所述发射体汇流条,使得汇流条的材料与介电隔离层直接接触。该材料提供了另外的保护,防止用于前格栅的糊料发生渗透,此种该糊料可能更有腐蚀性,因为其需要在烧制的过程中渗透通过前侧上作为 ARC 层沉积的 SiN_x。所述后 SiN 层或 SiN:H 层的厚度可以大于 100nm,优选大于 120nm,更优选大于 150nm,大于 180nm,或大于 200nm。

[0043] 对于双面太阳能电池的情况,前主表面和后表面都适于接受入射光。在此情况下,前主表面是适合用来接受最大部分入射光的表面。

[0044] 氢化的 SiN 层起钝化层的作用,因为其释放出氢气(在随后的高温步骤中),诱发出可供所述电介质/基片界面良好地进行表面钝化之用的电荷。

[0045] 后表面上的介电层可以包括沉积低质量氧化物。所述低质量的氧化物可以包括低质量的无定形氧化物,例如无定形氧化硅,与高质量氧化物的生产相比,所述低质量氧化物可以降低生产成本。所述低质量无定形氧化物可以是 APCVD 火成岩氧化物(pyrolithic oxide),旋涂氧化物(spin-on-oxide),喷涂氧化物(spray-on oxide)或浸渍氧化物(dip oxide)中的任意一种。在本发明的实施方式中,所述介电层可以是沉积的介电层。沉积介电层的质量通常比生长介电层的质量差。

[0046] 低质量介电层,例如无定形氧化物,可以例如是旋涂氧化物或 APCVD(常压化学气相沉积)火成岩氧化物(pyrox),旋涂氧化物、喷涂氧化物或浸渍氧化物。例如可以是氧化硅, TiO₂(例如通过溶胶-凝胶法沉积的 TiO₂),或者 Al₂O₃/TiO₂ 伪二元合金(PBAs)。

[0047] 在特定温度下沉积所述介电层或者宽带隙半导体层可以带来某些有益的效果,下文将对其中一些有益效果进行描述。在本发明的实施方式中,沉积温度可以低于 600℃,从而可以在不会使基片热中毒的情况下进行加工。在本发明的实施方式中,所述电介质可以在例如低于 500℃ 的温度下,通过 PECVD 沉积。在本发明的实施方式中,所述沉积温度可以低于 410℃,可以通过例如使用例如 pyrox 实现(其常规沉积温度为 404℃)。在本发明的

实施方式中,所述电介质或宽带隙半导体层可以通过低温 PEVCD ($< 300^{\circ}\text{C}$) 沉积。在本发明的其它实施方式中,所述沉积可以在室温下进行,例如使用液体、溶胶、溶胶-凝胶通过旋涂、喷涂、浸渍、或者任意其它的沉积进行。制得的介电层或者宽带隙半导体层可能需要在较高的温度下进一步固化,这可以在进一步的电池加工过程中进行。

[0048] 在本发明的一些实施方式中,如果使用硅基片,则可以使用任何种类的硅基片。一些硅基片的例子是切克劳斯基法生长的硅 (Czochralski Si) (cz-Si) 晶片,悬浮区熔硅 (Float-Zone Si) (fz-Si) 晶片,多晶硅 (mc-Si) 晶片和带状硅 (Ribbon Si) 晶片。层的一些例子是可以置于玻璃或玻璃-陶瓷上的多晶硅层,或者可以通过剥离 (lift-off) 法制得的单晶硅层。

[0049] 在本发明的一些实施方式中,所述介电层或宽带隙半导体层或介电层和 / 或宽带隙半导体层的子层叠件的厚度可以为 100-5000 纳米,优选 100-4000 纳米,更优选 100-3000 纳米,更优选 100-2000 纳米,更优选 100-1500 纳米,更优选 150-1200 纳米,更优选 200-1200 纳米,更优选 600-1200 纳米,或者 800-1200 纳米。或者,所述介电层或宽带隙半导体层或介电层层叠件的厚度可以为 400-800 纳米。在本发明的一些实施方式中,所述介电层或者宽带隙半导体层或介电层层叠件的最小厚度取决于所用的材料,由必须使用的材料的量决定,所述材料的用量必须同时在在发射体扩散过程中起扩散掩模的作用,同时还能够用于表面钝化和接触件形成。对于 pyrox 氧化硅,其厚度通常约为 300 纳米,对于通过溶胶-凝胶法沉积的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 伪二元合金 (PBAs),其厚度约为 150 纳米。这些厚度值仅仅是一种陈述,与该给定值的偏差可以为 10%, 20% 或更多。也可以使用不同材料的组合,或者不同材料层的层叠件,得到预定的阈值厚度,用于组合的扩散掩模,表面钝化,以及接触件形成工艺。

[0050] 根据本发明,将介电层或宽带隙半导体层施加于光生伏打器件 (例如太阳能电池) 的后表面的作用之一是增大后接触材料与基片表面之间的距离。已经惊奇地发现,对于 100-5000 纳米的距离,光生伏打器件 (例如太阳能电池) 后表面上的接触层和基片后表面之间的距离越大,所获得的钝化结果越好,即使使用低质量介电材料或者宽带隙半导体层也是如此。本发明一些实施方式的一个优点在于,可以在使用低质量电介质的同时获得充分的钝化结果。另外,预期通孔中沉积的氧化物越厚造成在通孔内以及背面上的汇流条区内发射体电极和半导体层基底之间的隔离越好。可以通过快速和成本低的沉积技术,进行这些低质量介电层的沉积。

[0051] 在一些实施方式中,形成后接触件可以包括在所述介电层或宽带隙半导体层和所述钝化层、或所述介电层层叠件 (可能提供有钝化层) 中形成孔,然后在所述钝化层或所述介电层层叠件上沉积接触材料层,由此填充所述孔。

[0052] 可以通过例如施加蚀刻糊料,机械刻划或激光烧蚀,形成孔。

[0053] 在本发明的一些实施方式中,可以通过蒸发、溅射或丝网印刷、喷墨印刷、模版印刷,进行沉积接触材料层的操作。可以使用金属作为接触材料,但是可优选使用铝。一些实施方式包括使用铝糊料,可以形成局部 BSF (后表面场) 接触件。或者,在沉积钝化层并对其进行烧制之后,可以不沉积金属,而是通过例如 PECVD 沉积 p^+ (或对于 n 型基片则使用 n^+) 半导体 (例如 a-Si), 然后在其上沉积金属。

[0054] 在本发明的一些实施方式中,所述接触材料的层可以是不连续的。在沉积接触材

料层的步骤中,所述接触材料可以基本上沉积在所述孔内。可以有不同的沉积方法沉积所述接触材料的不连续层,本领域普通技术人员了解这些方法。

[0055] 在一些实施方式中,所述接触材料层最初可以是不连续的。这意味着可以用接触材料覆盖不同的区域,由此这些不同的区域未互相电连接。可以后来将这些区域电连接,以允许最佳的电流通过器件和 / 或外部荷载。

[0056] 在本发明的一些实施方式中,可以使光也可以从后侧进入所述器件,从而可以制得双面太阳能电池的这种方式沉积所述接触材料的层。

[0057] 在本发明的一些实施方式中,可以对接触材料的层实施高温步骤,即温度为 600-1000℃ 的步骤,例如在快速热处理工艺(数十秒)中对前接触件和后接触件进行烧制。一般来说,本发明的方法是否使用高温步骤并不是必需的,但是所述介电层或宽带隙半导体层或介电层层叠件可以耐受这样的高温步骤,这步骤是所有工业太阳能电池的常规步骤。另外,在高温步骤中,例如在一个具体实施方式中,使用 SiNx:H/ 介电层叠件,此时电介质 / 硅界面的表面钝化可以获得改进。该高温步骤可以是例如接触件烧制步骤,可以在高于 730℃、低于 960℃ 的温度下进行最多大约数十秒。当前侧接触件和后侧接触件同时形成的时候,所述烧制步骤可以是“共烧制”。当采取分别烧制的方式时,后侧可以在高于 800℃ 的温度下进行烧制,然后前接触件可以在大约 750℃ 的温度下烧制(可能随后进行形成气体退火 -FGA-)。最后一段中的数字是陈述性的,可以有一定的偏差(例如约 25%)。

[0058] 在本发明的一些实施方式中,可以通过以下方式进行形成后接触件的过程:施加接触材料(例如金属)的连续层,然后例如通过使用激光器局部加热对接触材料层进行局部烧制。在此情况下,所述接触材料的连续层也可以作为后镜。

[0059] 在本发明的其它实施方式中,形成后接触件的操作可以通过以下方式进行:在光生伏打器件(例如太阳能电池)的钝化的后表面上施加形成图案的金属层,然后进行常规加热步骤。

[0060] 所述方法的一些实施方式可以进一步包括以下步骤:在沉积所述介电层或宽带隙半导体层或所述介电层层叠件之前,在待钝化的表面(即后表面)上进行扩散和除去发射体的步骤。但是,如果所述介电层或宽带隙半导体层或所述介电层层叠件适合用作扩散掩模,则也可以在形成发射体操作之前施加这些层。在此情况下,不会有掺杂剂从所述器件的后表面进入所述基片,因此根据本发明的一些实施方式,可以避免从待钝化的表面除去发射体的操作是有利的。

[0061] 在根据本发明实施方式的一个方法中,例如根据本发明第一方面的第一实施方式,可以在沉积介电层或宽带隙半导体层的步骤之后,沉积钝化层的步骤之前,进行扩散的步骤。

[0062] 在同一个实施方式中,所述介电层或宽带隙半导体层可以用作扩散掩模。在本发明的有利实施方式中,所述介电层或宽带隙半导体层可以同时用作扩散掩模以及用于表面钝化的目的,由此简化了电池工艺工序。所述介电层或宽带隙半导体层可以用作扩散掩模,无论其是否形成图案均可。通常其不形成图案,仅仅是在整个后表面上的掩模。但是,其也可形成图案,例如用于梳状或后接触的太阳能电池。之后,所述介电层或宽带隙半导体层(无论是否形成图案)均可局部地除去,烧蚀,蚀刻或形成图案,以形成用于与基片表面的局部接触的孔。

[0063] 在本发明的一些实施方式中,当不可能使用钝化层作为扩散掩模的时候,另外的步骤可以包括使用另一个能够被蚀刻去除的掩模进行扩散,或者进行无掩模扩散,随后在沉积所述介电层或宽带隙半导体层之前除去后侧寄生发射体。

[0064] 在本发明的一些实施方式中,所述前表面可能已经经历了常规的太阳能电池前表面加工。常规的太阳能电池前表面工艺可以包括对前表面进行织构化,在前侧扩散磷原子,蚀刻所述含磷玻璃,然后在前侧上沉积氮化硅层。或者,也可以将上文所述的用于后表面的方法步骤用于太阳能电池的前主表面。

[0065] 在本发明的一些实施方式中,所述基片,例如硅基片,可以是超薄的基片,其厚度通常小于 250 微米,优选小于 200 微米,更优选小于 150 微米。减小基片的厚度可以更高效地使用底涂材料,因此降低成本。但是超薄基片可能会在某些处理过程中或之后弯曲。本发明的一些实施方式可以改进这些超薄基片的抗弯曲性,从而减少超薄基片在用于光伏打器件,例如太阳能电池制造过程中的至少一部分困难。

[0066] 在本发明的一个实施方式中,将厚 SiN 层沉积在硅基片的后表面上。所述 SiN 层的厚度大于 100 纳米,优选其厚度至少为 180 纳米。当形成太阳能电池的时候,此种结构对于较高的电介质厚度显示电池效率增大。另外,发现对于介电层厚度大于 100 纳米的电池效率优于具有较小介电层厚度的现有技术电池的效率。

[0067] 图 1,2

[0068] 图 1 显示根据一个实施方式的制造方法中的步骤,图中未显示通孔。例如,将厚度大于 100 纳米、200 纳米、800 纳米的电介质 1(例如氧化物)沉积在基片表面 4 上,例如沉积在硅表面上。在电介质 1 顶上,沉积了一个对释放氢气最佳的 SiNx:H 层 3。通过氢化对基片表面钝化进行了改进。

[0069] 然后通过在此形成的介电层层叠件 1、3 中形成孔 6,使其开放,形成局部接触区。将一层接触材料 5 施加在所述介电层层叠件 1、3 上,由此填充所述孔。这可通过丝网印刷完成,例如通过同时或依次进行前侧和后侧丝网印刷完成。然后进行高温步骤,例如共烧制,以制造与基片 2 的接触件。可以以连续层或如图 2 所示以非连续层的形式施加所述接触材料 5。这意味着可以用接触材料 5 覆盖不同的区域,由此这些不同的区域未互相电连接。可以后来使用电连接方法 8 将这些区域电连接,以便使最佳的电流通过器件和 / 或外部荷载。

[0070] 由此开发了一种后侧钝化层,其具有以下特点;(a) 在烧制步骤过程中,其表面钝化质量得以保持,或者获得改进,(b) 不会被工业铝丝网印刷的糊料烧穿,同时损伤最少,能够在金属化之前通过快速技术局部地除去该层,并且(c) 在烧制加工过程中,或者在通过其它方式形成穿过该后侧钝化层的局部接触件的时候,不会与覆盖的金属层相互作用。

[0071] 由于该方法的特征,该方法具有以下优点:

[0072] - 提供了有效的表面钝化,其中

[0073] - 可以制造局部 (BSF) 接触件,以及

[0074] - 当使用超薄晶片或基片的时候,该方法消除了弯曲的问题(例如当超薄晶片上结合使用 Al 丝网印刷糊料的时候存在的问题)。

[0075] 在太阳能电池的后侧硅表面上,通过例如 APCVD,或旋涂法,沉积原生的低质量无定形氧化物(例如 SiO₂, SiO_x, SOG, TiO₂, Al₂O₃... 或其伪合金, SiON_x)。通过沉积最佳的氢

化的介电层（即 $\text{SiN}_x\text{:H}$ ），所述介电层的表面钝化性质获得改进。在短的高温处理过程中，这些层叠件保持钝化性质。在此处理过程中，钝化性质甚至获得改进。这一特征是很重要的，因为由此可以采用接触件共烧制工艺，该工艺被用于大多数工业硅太阳能电池的工艺工序中。另外，在本发明层叠件 a) 耐烧制；即不会丧失相关特性，b) 不会被烧穿，但是 c) 可以通过例如蚀刻糊料或者激光烧蚀之类的技术在其中形成局部的开口或者孔的条件下，本发明能够通过简易的方法，在层叠件本身烧制过程中，通过选择性产生合金形成局部后表面场 (Local Back SurfaceField) (LBSF)。所述产生合金工艺部分地修复了在层开口的过程中可能遭受的任意表面损伤，从而进一步简化了所述工艺。在产生合金过程中，一部分表面和表面下的 Si 与金属形成合金。因此表面终止并不决定性的，不像例如沉积另一半导体，或电介质的情况那样。形成后表面场，残留的表面下损伤的影响将会得到一定程度的减少。

[0076] 如图 1 所示，在一个实施例中，通过常压化学气相沉积 (APCVD) 在硅基片 2 上沉积氧化硅 1。与常规的热氧化物或湿氧化物（已知对于硅的表面钝化，它们是极佳的）相反，APCVD 氧化物具有很差的钝化性质，其在微电子领域中用作廉价而便利的扩散掩模或掺杂剂源。实际上，其可以在大约 400°C 进行沉积，这意味着即使是低质量的硅材料也可以耐受该沉积工艺而不会有热中毒的风险。

[0077] 热退火可以在某种程度上改进 APCVD 氧化物的表面钝化质量。但是，长时间的处理会导致样品劣化。

[0078] 另外，已经观察到在与空气接触的情况下，表面钝化质量可能降低。

[0079] 可以使用氢化的氮化硅 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 3 稳定地改进氧化物 / 硅界面 4 的质量。已知氮化硅可以在硅上得到极佳的表面和整体钝化性质，正是因为这样，其广泛用于太阳能电池技术。但是，其用于工业太阳能电池的后侧钝化的应用并不简单。氮化硅和金属覆盖层（即太阳能电池的后表面接触件）之间存在相互作用，这导致表面钝化和电池效率降低（如以下文献所述，人们认为这一相互作用不仅仅是“分流 (shunt)”作用：Dauwe S., Mittelstädt L., Metz A., Hezel R., “氮化硅后表面钝化的太阳能电池中寄生分流的实验证据 (Experimental evidence of parasitic shunting in silicon nitride rear surfacepassivated solar cells)”, Prog. Photovolt. Res. Appl., 10(4), 271-278, (2002)）。同样地，人们已知的表面钝化最佳的氮化物配方也无法耐受高温处理，例如在接触件共烧制过程中进行的高温处理。另一方面，已知氢化的氮化硅可以在高温退火处理过程中释放氢气。

[0080] 认为氮化硅用作下面的低质量氧化物的氢源，从而显著提高其表面钝化性质。一个试验中的氧化物层的厚度为 800 纳米，排除了上面覆盖的氮化硅带来的任何场引起的钝化作用，而在现有技术中认为这些场引起的钝化作用是获得良好钝化质量的原因。

[0081] 就在沉积之后，氧化物的表面钝化质量非常差。在氮化物沉积在氧化物层顶上之后，获得有限的提高（路径 A），最终当烧制样品的时候，获得极佳的表面钝化。热循环，例如在 POCl_3 扩散时发生的热循环，导致表面钝化改进有限，与氮化物沉积之后、烧制之前观察到的情况类似。再一次在氧化物顶上进行氮化物沉积，然后烧制，产生极佳的表面钝化（路径 B）。在顶上包括金属层或者不包括金属层的情况下进行烧制，产生同样良好的结果。已经表明单单进行烧制（而不首先进行 SiN 层沉积步骤）是不利的。如果单单对氧化物层进

行烧制,则其表面钝化性质有所降低。但是,可以通过随后沉积氮化物并进行烧制来重新获得(路径C)。

[0082] 所述技术的另一个优点在于,由于其可以用于低质量氧化物,还可以直接用于扩散掩模氧化物,因此大大简化了太阳能电池工艺。

[0083] 沉积了介电层层叠件,其包括厚度为 100-1500 纳米的介电层。当用于太阳能电池的时候,测量开路电压随低质量电介质厚度而变化。相对于通过标准的现有技术完全覆盖铝 BSF 法制得的电池的开路电压,电介质厚度 100-800 纳米提供了改进的开路电压。

[0084] 不同于上述硅(基片)/低质量氧化物(介电层)/氮化硅(钝化层)层叠件的其它的层叠件可以是例如

[0085] - 硅(基片)/电介质或宽带隙($> 2\text{eV}$,优选 $> 3\text{eV}$)半导体,例如碳化硅(SiC),氮化铝(AlN),氮化镓(GaN)或氮化硼(BN)/氮化硅

[0086] - 硅(基片)/氮化硅/低质量氧化物

[0087] - 硅(基片)/氮化硅/宽带隙($> 2\text{eV}$,优选 $> 3\text{eV}$)半导体或电介质

[0088] - 硅(基片)/ Al_2O_3 /低质量氧化物

[0089] - 硅(基片)/ Al_2O_3 /宽带隙($> 2\text{eV}$,优选 $> 3\text{eV}$)半导体或电介质

[0090] 根据本发明,在上述各个层叠件中,介电层层叠件的厚度大于 100 纳米。

[0091] 工艺工序的实施例

[0092] 常规的表面钝化(包括通孔内部)的工艺工序可以包括以下步骤

[0093] - 化学清洁

[0094] - 沉积低质量氧化物(100-1500 纳米)

[0095] - 沉积氮化硅;例如使用 SiH_4 和 NH_3 前体,在 400°C 的温度下低频(450kHz)直接 PECVD 沉积氢化的 SiN_x 。

[0096] - 在三区带式炉中进行烧制,使用高带速(例如大于 100 英寸/分钟),带式炉的峰值设定温度最高为 960°C 。

[0097] 在不同的情况下,可以将所述用于表面钝化的方法结合入太阳能电池工艺工序中:

[0098] A) 在扩散后进行沉积

[0099] - 开通孔,例如通过激光钻孔

[0100] - 前侧织构化

[0101] - 通过扩散(例如磷扩散),在整个基片上(即同时在前表面和后表面上)形成掺杂的(例如 n 型掺杂的)区

[0102] - 除去玻璃,例如除去含磷-玻璃,

[0103] - 在后侧蚀刻 Si(充分地除去后侧和通孔内的 n 型掺杂的区)

[0104] - 化学清洁

[0105] - 低质量氧化物沉积

[0106] - 氮化硅沉积(后侧,也可能前侧)

[0107] - 开放局部接触件(例如通过蚀刻糊料,刻划或激光烧蚀)

[0108] - 形成后接触件汇流条(通过通孔与前接触件格栅相连的前接触格栅的终端电极)。

- [0109] - 形成前接触件格栅。
- [0110] - 形成基极接触件 (base contacts) (例如通过蒸发、溅射、丝网印刷,在后表面上进行金属沉积,形成局部接触件)。
- [0111] - 在工业带式炉内进行烧制
- [0112] B) 在扩散之前
- [0113] - 开通孔,例如通过激光钻孔
- [0114] - 化学清洁
- [0115] - 在后侧和通孔内进行低质量氧化物沉积
- [0116] - 扩散 (将仅在前表面发生,以形成发射体,因为在后表面上已经沉积了低质量氧化物,并且该氧化物起了扩散的掩模的作用)
- [0117] - 氮化硅沉积 (后侧,也可能前侧)
- [0118] - 开放局部接触件 (例如通过蚀刻糊料,刻划或激光烧蚀)
- [0119] - 形成后接触件汇流条 (通过通孔与前接触件格栅相连的前接触格栅的终端电极)。
- [0120] - 形成前接触件格栅。
- [0121] - 形成基极接触件 (base contacts) (例如通过蒸发、溅射、丝网印刷,在后表面上进行金属沉积,形成局部接触件)。
- [0122] - 在工业带式炉内进行烧制
- [0123] 与其它技术的比较
- [0124] 与标准的金属覆盖贯通 (MWT) 电池相比较,讨论的至少一些实施方式显示:
- [0125] -A1-BSF 层和 A1 电极用 i-PERC 介电层叠体和局部后接触件代替,
- [0126] - 在整个后侧和通孔内沉积钝化层叠件,以及
- [0127] - 通孔内没有 n+ 扩散层
- [0128] 与 MWT 电池相比,一些实施方式获得了以下一些额外的特别的优点:
- [0129] 激光钻通孔造成深入整体内的结构损伤。在激光钻孔之后直接进行的化学蚀刻过程中,并非所有的损伤都可以被除去。因为 n+ 层在损伤的主体内在通孔中扩散,因此经常观察到高的复合电流。对于在扩散步骤之前用介电层叠件覆盖通孔的实施方式,后侧上没有 n+ 层。因为激光损伤层不再在结区附近,因此其对复合电流的贡献最小。
- [0130] 已知的 MWT 电池的另一个问题是由于通孔内和后侧之上的金属化都在“未覆盖的”n+ 层上进行直接印刷,而不是像前侧那样在氮化硅减反射涂层的顶上进行印刷而造成的。很难找到正确的接触件烧制方法,以使前侧金属化具有低接触电阻,而通孔内的金属化不会产生分流。如果烧制温度过高,则金属尖峰化会产生显著的分流。这又会降低性能。
- [0131] 最后,在已知的 MWT 电池中,后侧上的 n+ 层与 A1BSF 层直接接触,导致分流。施加激光结隔离来分离 n+ 区和 p+ 区。该步骤中结隔离的任何不良都对分流有影响。在所述的实施方式中,后表面上没有 n+ 层,两种极性的电极都印刷在电介质上,因此无需任何另外的隔离。在所述的实施方式中,两种极性的接触件对准的约束也得以放宽,这是因为金属印刷本身限定了接触件隔离,而无需采用另外的激光步骤,所述另外的激光步骤必须与 MWT 结构中的两个接触件之间的间隙对准。
- [0132] 当前接触金属糊料非常靠近基片的基区,并用沉积在通孔中 (特别是在通孔和前

表面的相交处)的氧化物层与其分离的时候,可能会造成困难或者引起缺陷。此处,电介质有可能比后表面上的薄很多。在测试中,在烧制过程中,前侧的 Ag 糊料确实通过了 SiNx 层,因此对 Si 造成了损伤。所以有理由预测其可能在通孔的前侧边缘通过 SiNx 层 + 相当薄的(但是厚度极难量化)氧化物层。实际上,对基底钝化最佳的 iPERC 层叠件证明了提供出乎意料的有效保护层,防止 Ag 糊料的渗透。

[0133] 这种新的结构还证明能够更好地避免填充因子 (FF) 损失,该问题是在扩散沿着通孔延伸的时候发生的。另外,还值得注意的是如果不沿着通孔扩散,则用来保护汇流条区所需的厚电介质也可用作 i-PERC 方法的后侧所需的厚电介质。

[0134] 与已知的 MWT 电池相比,本发明方法有不同的结构化,两个附加的电介质沉积的步骤,但是可以除去激光隔离步骤。与 i-PERC 标准电池相比,本发明方法添加了钻通孔的步骤,和采用了一种多金属化印刷步骤。

[0135] 设想权利要求书中可以包括其它的变化。

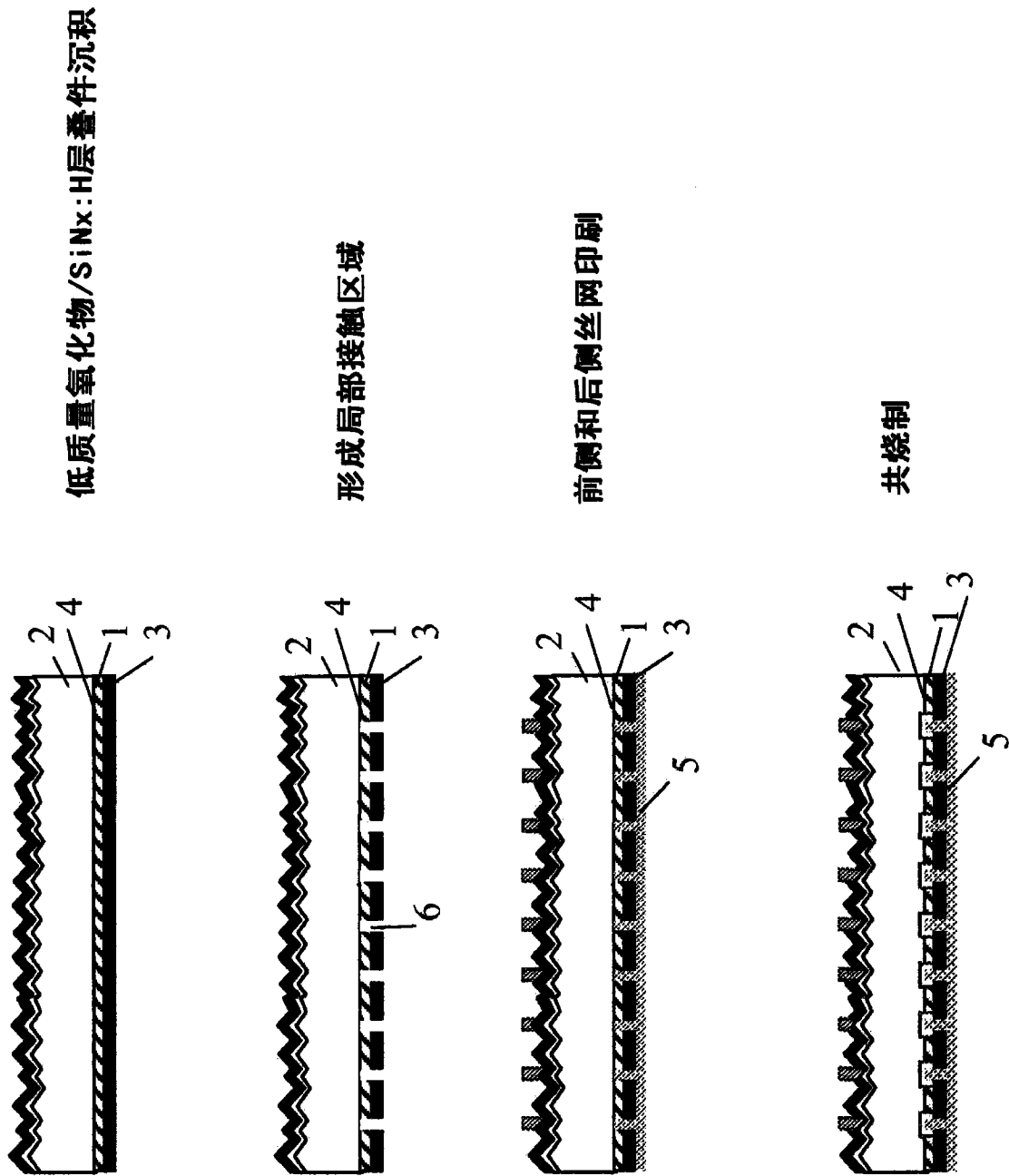
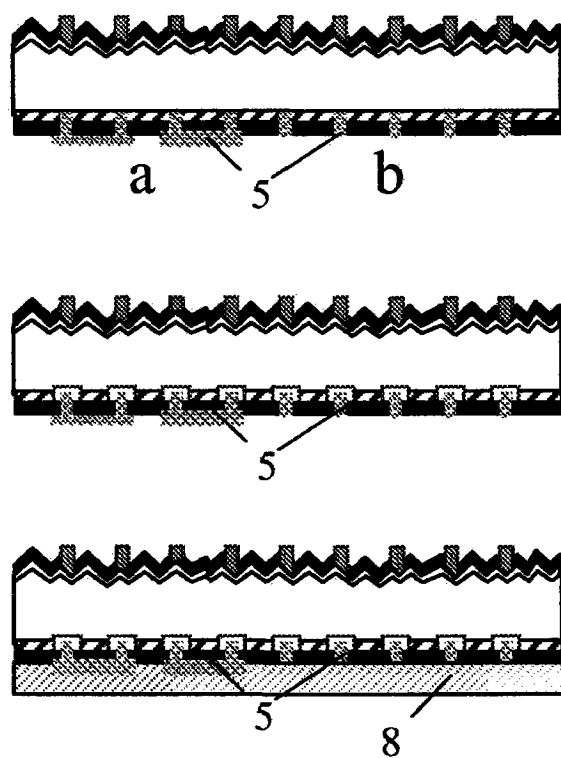


图 1



- 接触材料处于不连续的区域
- 接触材料基本处于孔内

烧制步骤

电连接(如果需要)

图 2

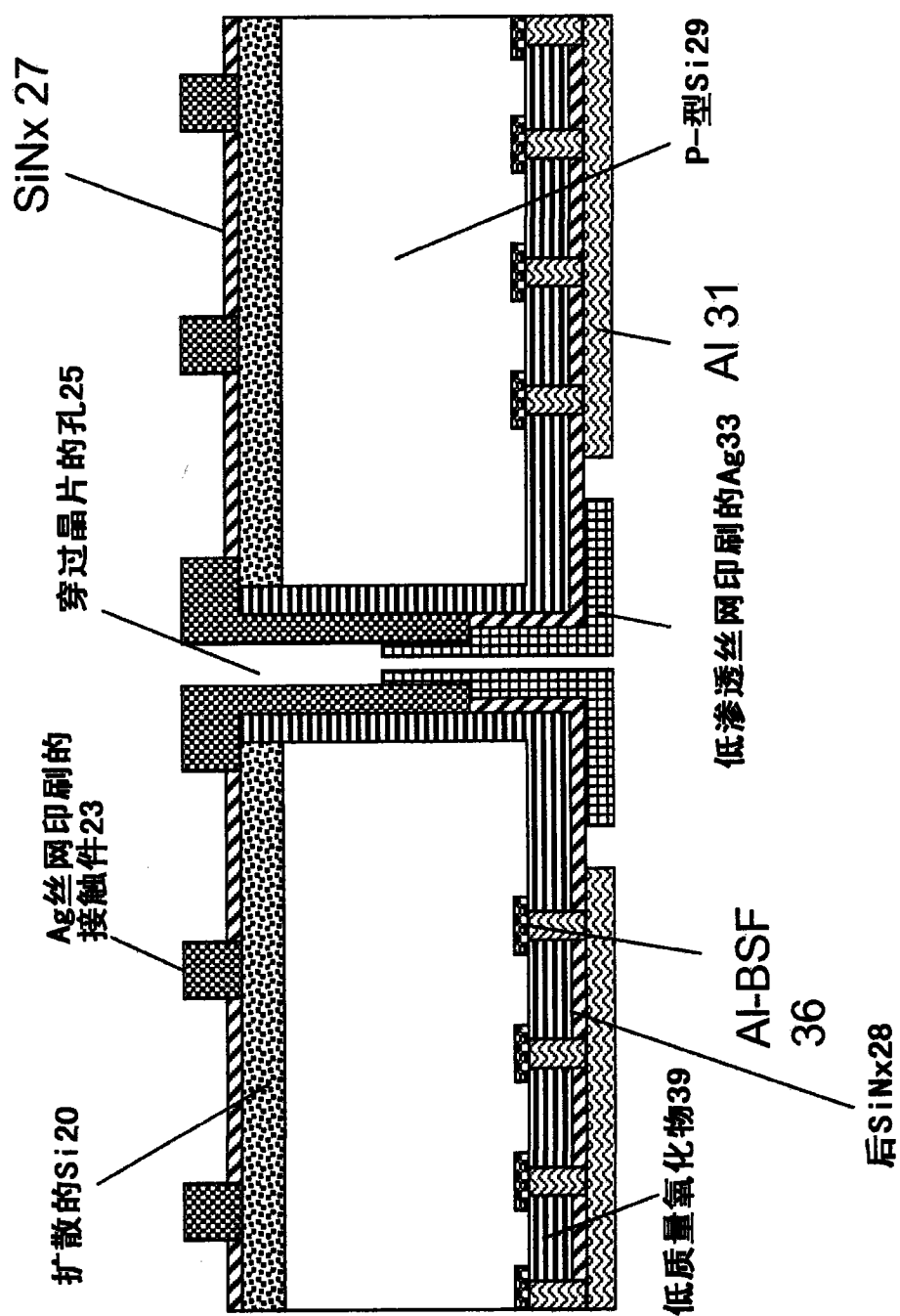


图 3

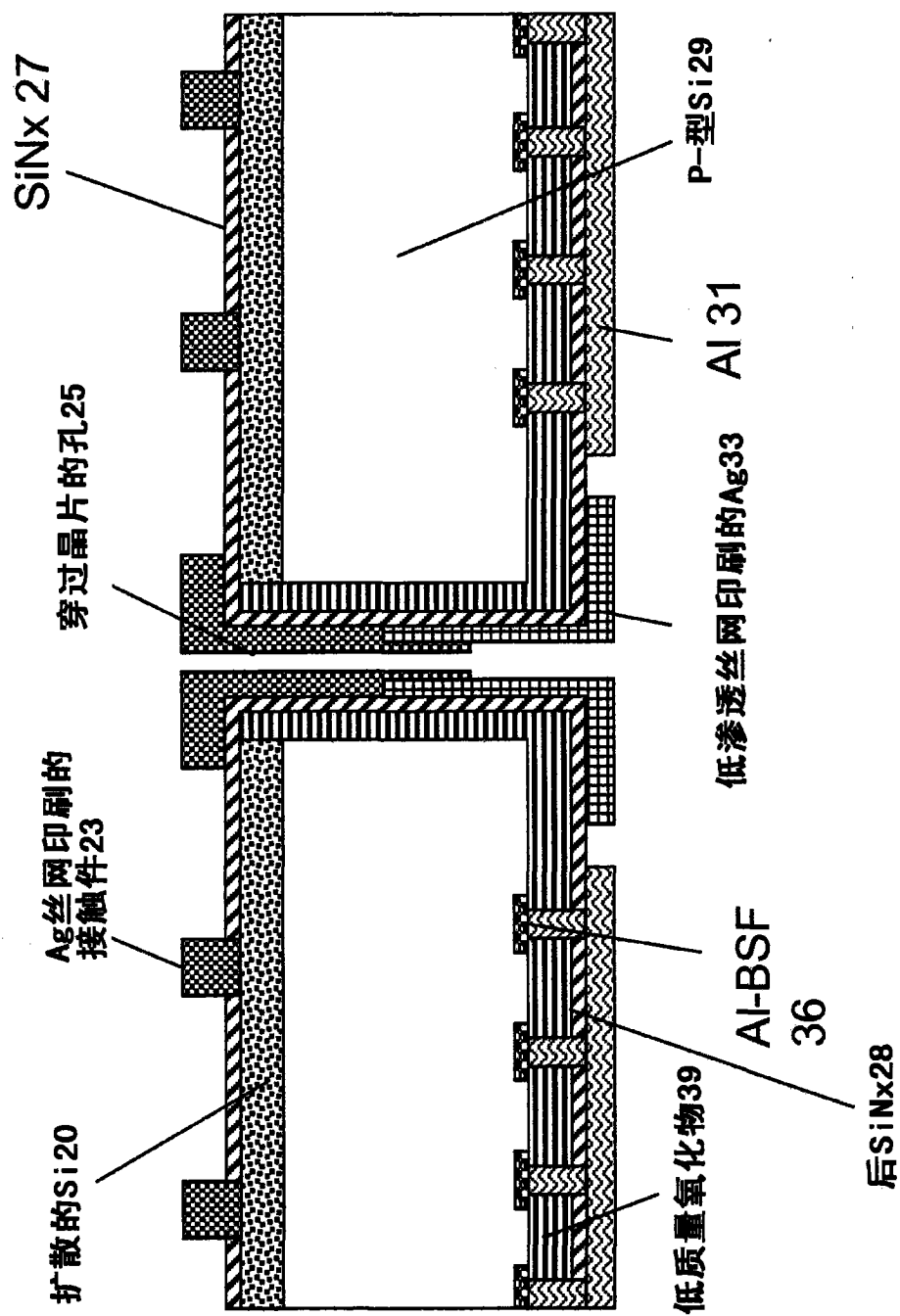


图 4

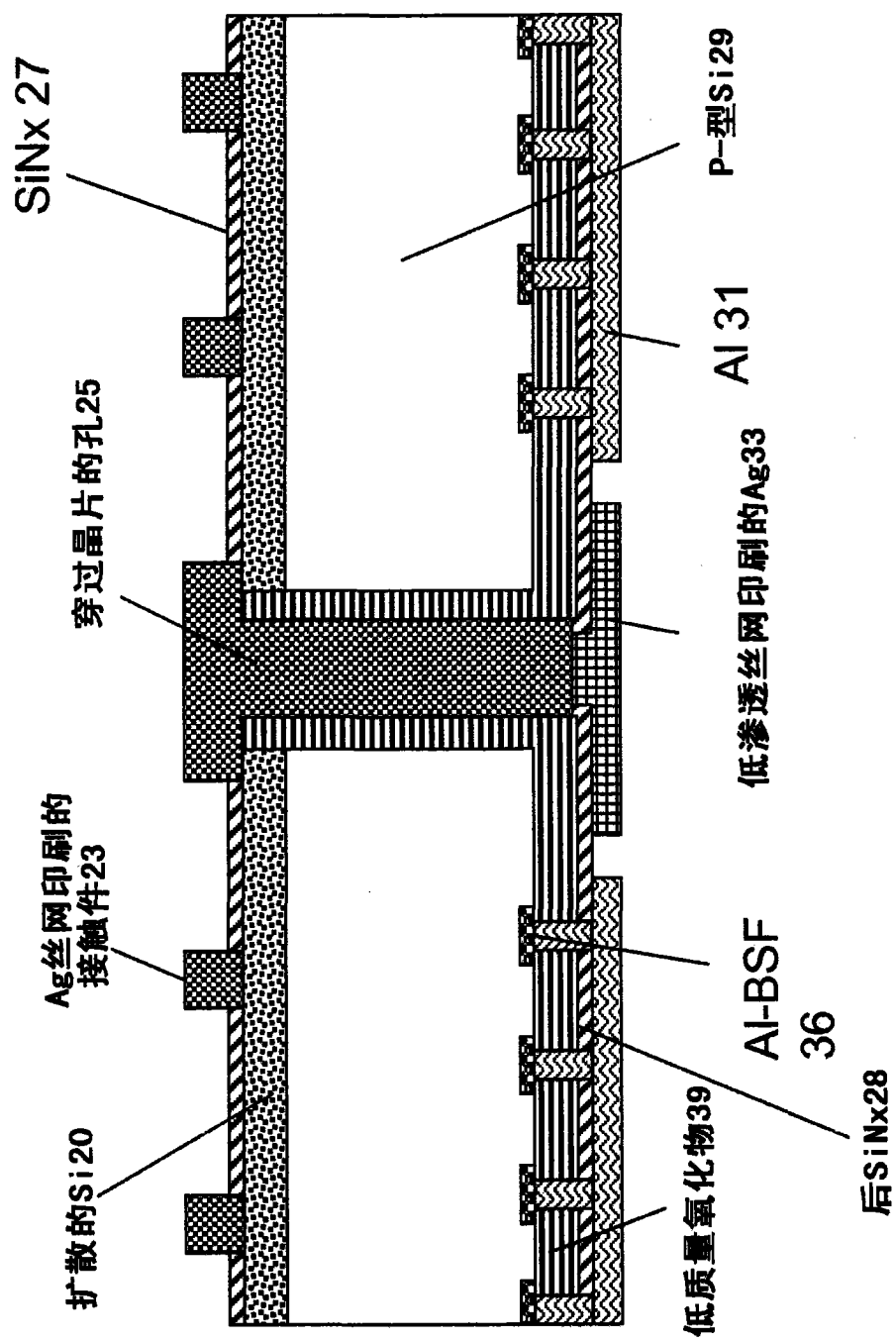


图 5

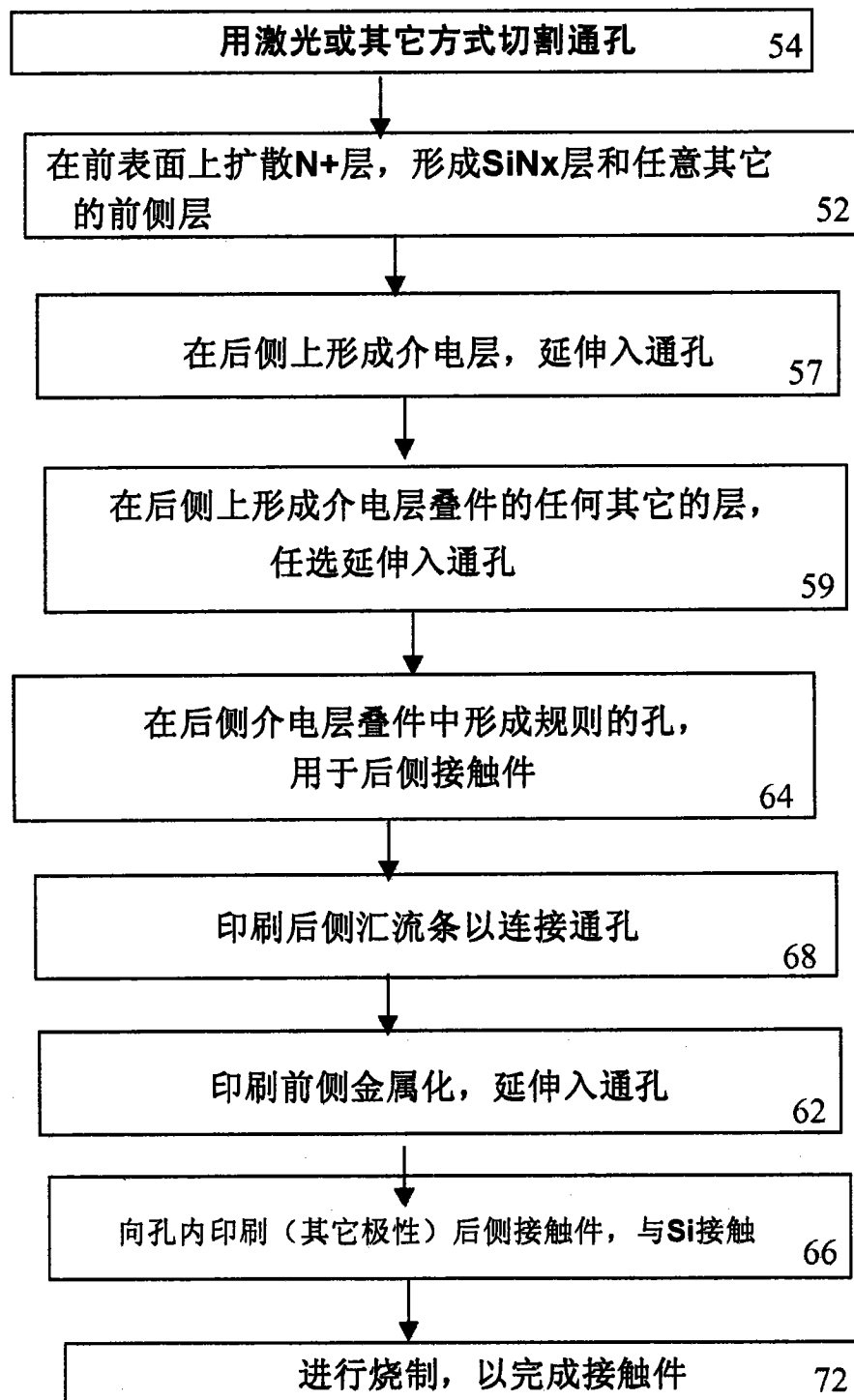


图 6