



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102460715 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 22

(21) 申请号 201080027881. 6

(22) 申请日 2010. 04. 21

(30) 优先权数据

61/171, 194 2009. 04. 21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/031869 2010. 04. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/123974 EN 2010. 10. 28

(73) 专利权人 泰特拉桑有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 O·舒尔茨-韦特曼 D·德赛斯特

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 过晓东

(51) Int. Cl.

H01L 31/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0295399 A1, 2007. 12. 27, 说明书第
[0022] 段, [0038] 段, [0041] 段及附图 4A-4D.

US 2007/0295399 A1, 2007. 12. 27, 说明书第
[0022] 段, [0038] 段, [0041] 段及附图 4A-4D.

US 2003/0136440 A1, 2003. 07. 24, 说明书第
[0034] 段、[0039] 段、[0070]-[0076] 段及附图 5.

US 2008/0000116 A1, 2008. 01. 03, 全文.

US 2002/0044228 A1, 2002. 04. 18, 全文.

US 2008/0223446 A1, 2008. 09. 18, 全文.

US 2006/0021354 A1, 2006. 02. 02, 全文.

US 6194763 B1, 2001. 02. 27, 全文.

审查员 纪金国

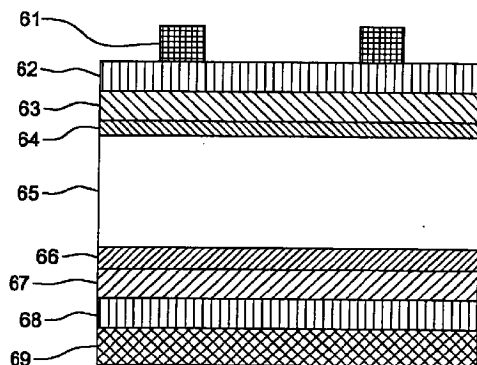
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

(54) 发明名称

高效率太阳能电池结构及制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种具有不同组成的太阳能电池,其通常包括中心衬底、导电层、抗反射层、钝化层和/或电极。多功能层提供了钝化、透明度、纵向载流子流足够的导电率、结、和/或不同程度的抗反射性的综合功能。本发明还公开了改进的制造方法,其包括单侧 CVD 沉积过程和用于形成层和/或转化的热处理。



60

1. 一种制造太阳能电池的方法,其包括:

提供作为中心衬底的晶片;

在所述衬底上沉积或生长至少一层界面钝化层;

在所述至少一层界面钝化层上沉积至少一层导电钝化层,所述至少一层导电钝化层包含掺杂剂;

提供 500°C 或更高温度下的热处理,所述热处理至少部分使所述至少一层导电钝化层结晶,并且促进所述掺杂剂从所述至少一层导电钝化层扩散到整个所述至少一层界面钝化层中;和

在所述热处理后在所述至少一层导电钝化层上提供金属化作为电极,其中所述扩散到整个至少一层界面钝化层中的掺杂剂缩短了电荷载流子在衬底和电极之间经过所述至少一层导电钝化层和至少一层界面钝化层的路径。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其还包括沉积至少一层抗反射层、和/或在该太阳能电池的背面形成良好的内部镜面的低反射率层。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其包括施加热处理以生产多功能薄膜,所述多功能薄膜被分离成表面钝化界面层和具有高透明性的高度掺杂的多晶钝化层。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中所述热处理导致所述钝化界面层穿孔,从而允许通过该穿孔输送载流子。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其中所述至少一层导电钝化层包括非晶的含硅化合物,以及其中所述热处理引发所述至少一层导电钝化层结晶成为多晶薄膜。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其中所述至少一层导电钝化层包括非晶的含硅化合物,以及其中所述热处理导致所述至少一层导电钝化层结晶并增加光学透射率。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其中所述至少一层导电钝化层包括非晶的含硅化合物,以及其中所述热处理激活所述化合物中的掺杂原子。

8. 一种形成太阳能电池的方法,其包括沉积非晶的含硅化合物以及利用大于 500°C 的热处理以激活所述化合物中的掺杂原子并使掺杂原子扩散通过至少一层界面钝化层到衬底内,从而提供高一低结或 p-n 结。

9. 一种根据权利要求 1 的方法形成的太阳能电池。

10. 一种太阳能电池,其包括:

作为中心衬底的晶片;

在所述衬底上形成的至少一层界面钝化层;

在所述至少一层界面钝化层上的至少一层导电钝化层,所述至少一层导电钝化层包含用 500°C 或更高温度下的热处理形成的晶体结构,以及包含掺杂剂,由于所述热处理,所述掺杂剂已至少部分从所述至少一层导电钝化层扩散到整个所述至少一层界面钝化层中;和

在所述至少一层导电钝化层上的作为电极的金属化,所述金属化是在对至少一层导电钝化层进行热处理之后提供的,其中所述扩散到整个至少一层界面钝化层中的掺杂剂缩短了电荷载流子在衬底和电极之间经过所述至少一层导电钝化层和至少一层界面钝化层的路径。

11. 如权利要求 10 所述的太阳能电池,其还包括至少一层抗反射层、和/或在该太阳能电池的背面形成良好的内部镜面的低反射率层。

12. 如权利要求 10 或 11 所述的太阳能电池,其中所述至少一层导电钝化层包括非晶的含硅化合物,以及其中所述热处理引发所述至少一层导电钝化层结晶成为多晶薄膜。

13. 如权利要求 10 或 11 所述的太阳能电池,其中所述至少一层导电钝化层包括非晶的含硅化合物,以及其中所述热处理导致所述至少一层导电钝化层结晶并增加光学透射率。

14. 如权利要求 10 或 11 所述的太阳能电池,其中所述至少一层导电钝化层包括非晶的含硅化合物,以及其中所述热处理激活所述化合物中的掺杂原子。

15. 如权利要求 10 所述的太阳能电池,其包括多功能薄膜,所述多功能薄膜经热处理分离成表面钝化界面层和具有高透明性的高度掺杂的多晶钝化层。

16. 如权利要求 15 所述的太阳能电池,其中所述界面钝化层包括穿孔,以允许通过该穿孔输送载流子,穿孔是通过对所述多功能薄膜进行热处理而形成的。

17. 一种太阳能电池,其包括非晶的含硅化合物,所述非晶的含硅化合物利用大于 500℃的热处理进行处理以激活该化合物中的掺杂原子,从而使掺杂原子扩散通过至少一层界面钝化层到衬底内,以提供高一低结或 p-n 结。

高效率太阳能电池结构及制造方法

[0001] 相关申请的信息

[0002] 本申请要求于 2009 年 4 月 21 日提交的名称为“High-Efficiency Solar Cell Structures and Methods of Manufacture(高效率太阳能电池结构及制造方法)”的美国临时申请号 61/171,194 的优先权,在此将其申请的整体内容援引加入作为参考。本发明的所有方面可以与上述申请的任何内容结合。

技术领域

[0003] 本发明涉及太阳能电池。更具体而言,本发明涉及改进的具有增加的电池效率的太阳能电池结构及其制造方法。

背景技术

[0004] 太阳能电池通过将基本上无限量的太阳能转换成可用电能而给社会提供了广泛的利益。随着它们用途的增加,某些经济因素变得重要,如高容量制造和效率。

[0005] 如果可以最小化制造步骤的数量、和每个步骤的复杂性,通常认为高容量制造能够获得高度的成本效力和效率。

[0006] 在工业上非常需要完成的太阳能电池具有 20% 以上的效率,然而,已知实施这种效率的电池往往遭受电池结构的复杂性和 / 或制造的复杂性。

[0007] 因此,需要能获得高运行效率的太阳能电池,并且其可以以成本有效的方式来制造。

发明内容

[0008] 本发明克服了现有技术的缺点并且提供了另外的优点,在一个方面本发明提供了以下公开的任何一个太阳能电池结构或其组合,其通常包括中心衬底、导电层、抗反射层、钝化层和 / 或电极。多功能层提供了钝化、透明度、纵向载流子流足够的导电率、结(junction)、和 / 或不同程度的抗反射性的综合功能。本发明还公开了改进的制造方法,其包括单侧 CVD 沉积过程和用于形成层和 / 或转化的热处理。

[0009] 在一个方面,本发明包括制造这些结构的方法,所述方法包括:提供晶片作为中心衬底;在所述衬底上沉积或生长界面钝化层;在所述钝化层上沉积导电层;提供热处理;任选沉积抗反射层(可能包括背面镜面);和提供金属化作为电极。

[0010] 在一个实施方案中,本发明包括施加热处理以生产多功能薄膜,所述多功能薄膜被分离成表面钝化界面层和具有高透明性的高度掺杂的多晶钝化层。

[0011] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶含硅化合物和利用热处理引发结晶成为多晶膜。

[0012] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶含硅化合物和利用热处理以使膜结晶并且增加光学透射率。

[0013] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶含硅化合物和利用热处理以便激活该化

合物中的掺杂原子。

[0014] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶含硅化合物和利用大于 500℃ 的热处理以便激活该化合物中的掺杂原子并且使掺杂原子扩散到衬底晶片内,从而提供高一低结或 p-n 结。

[0015] 此处还描述并要求保护与上述方法相应的系统和计算机程序产品。

[0016] 此外,通过本发明的技术还实现了其它的特征和优点。此处详细地描述了本发明的其它实施方案和方面,并且认为这些实施方案和方面是要求保护的本发明的一部分。

附图说明

[0017] 在本申请的权利要求书中清楚地描述了本发明的主题。由以下详细说明并结合附图,能够清晰可见本发明的上述及其它目的、特征、和优点,其中:

[0018] 图 1 是具有掺杂多晶硅层和钝化界面的 n- 型结晶硅太阳能电池的能带图;

[0019] 图 2 是太阳能电池的局部横截面图,其描述了用于正面结、p- 型晶片的一种少数和多数载流子流;

[0020] 图 3 是太阳能电池的局部横截面图,其描述了用于背面结、p- 型晶片的一种少数和多数载流子流;

[0021] 图 4 是太阳能电池的局部横截面图,其描述了用于正面结、n- 型晶片的一种少数和多数载流子流;

[0022] 图 5 是太阳能电池的局部横截面图,其描述了用于背面结、n- 型晶片的一种少数和多数载流子流;

[0023] 图 6 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 n- 型正面、n- 或 p- 型晶片、和 p- 型背面;

[0024] 图 7 是太阳能电池的局部横截面图,其在双面结构中具有 n- 型正面、n- 或 p- 型晶片、p- 型背面;

[0025] 图 8 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 n- 型正面、n- 型晶片、p- 型背面并且包括隔离的抗反射涂层;

[0026] 图 9 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 n 型正面、n- 型晶片、p- 型背面并且包括多功能透明的导电的高度掺杂的硅化合物层;

[0027] 图 10 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 n- 或 p- 型晶片、包括一些正面层的改进的 n- 型正面、和 p- 型背面;

[0028] 图 11 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 p- 型正面、n- 或 p- 型晶片、和 n- 型背面;

[0029] 图 12 是太阳能电池的局部横截面图,其在双面结构中具有 p- 型正面、n- 或 p- 型晶片、n- 型背面;

[0030] 图 13 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 p- 型正面、p- 型晶片、n- 型背面并且包括隔离的抗反射涂层;

[0031] 图 14 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 p- 型正面、p- 型晶片、n- 型背面并且包括多功能透明的导电的高度掺杂的硅化合物层;

[0032] 图 15 是太阳能电池的局部横截面图,其具有 n- 或 p- 型晶片、包括一些正面层的

改进的 p- 型正面、和 n- 型背面；

[0033] 图 16 是太阳能电池的局部横截面图，其中埋入电极的玻璃或其它透明膜被压制或粘合到该电池上；

[0034] 图 17 是太阳能电池的局部横截面图，其中埋入电极的玻璃或其它透明膜被压制或粘合到该电池上，该电池在背面包括局部电极；和

[0035] 图 18 是太阳能电池的局部横截面图，在其中形成另外的硅缓冲层；

[0036] 所有这些图都是依据本发明。

具体实施方式

[0037] 参考图 1-5 所示的太阳能电池的能带图和局部横截面图，假定太阳辐射优先照射太阳能电池的一个表面，通常其被称为正面。为了实现入射光子转换成电能的高能量转换效率，在形成电池的硅衬底材料内光子的有效吸收是重要的。这可通过光子在除了衬底本身之外的所有层内的低寄生光学吸收来实现。

[0038] 为了简单起见，在这些图中没有描绘层表面的几何表面形状（例如，在层表面上可以形成表面纹理如金字塔、或其它的表面纹理），然而，应该理解，可以以任何对改进太阳能电池效率有好处的形状来构造几何形状和 / 或表面，并且这些形状和 / 或表面属于本发明的范围。

[0039] 高太阳能电池效率的一个重要参数是表面钝化。表面钝化抑制电子和空穴在太阳能电池内的某些物理表面上或该表面附近复合。可以通过施加介电层来减少表面复合。这些层减少了界面能态密度，由此减少了复合中心的数量。两个实例是热生长的氧化硅和 PECVD 沉积的氮化硅。表面钝化层的另一个实例是本征非晶硅。这些层还可以提供电荷，所述电荷减少了相反极性的载流子的数量并且减少由这个原理复合的速率。两个实例是氮化硅和氧化铝。

[0040] 减少接近于表面的一类载流子数量的另一个方法是使与层掺杂类型相同掺杂或相反掺杂的掺杂原子扩散。在这种情况下，超过层掺杂的掺杂水平是获得高 - 低结（还通常被称为背面场或正面场）或 p-n 结所必需的。这可以与上述表面钝化的其它方法结合。

[0041] 表面钝化可以在实现高效率的太阳能电池中起重要作用。在根据本发明如下所述的大多数太阳能电池结构中，多层或多功能层可以提供优异的表面钝化。这可利用具有低界面能态密度和高带隙的层通过界面的非常陡的掺杂分布和另外的钝化来实现，从而产生用于衬底少数载流子通过的隧道势垒。在图 1 中显示了相应的能带图。实线表示具有钝化界面和掺杂多晶硅钝化层的 n- 型晶体硅晶片的情况。虚线表示 n- 型晶体硅晶片以及本征非晶硅和随后的掺杂非晶硅层的双层结构的情况，有时被称为异质结电池。

[0042] 这些结构为高效率太阳能电池提供了另一个好处：在触点下面的区域中的复合可以低至没有触点的区域。可以通过钝化来屏蔽触点。因而，可以最佳化光学性质的触点面积，从而最小化电阻的损失，但是载流子的复合被退耦。

[0043] 根据选择的材料、以及掺杂的类型和浓度，所公开的电池结构可以分为正面结或背面结电池。在正面结电池中，在照射侧上聚集少数载流子（在 p- 型晶片的情况下，这些是电子）。在背面结电池的情况下，在与照射侧相对的一侧上聚集少数载流子。在图 2-5 的太阳能电池局部横截面图中显示了 p- 型和 n- 型晶片的电流曲线图。

[0044] 图 2 显示了太阳能电池 20 的载流子流,其中少数载流子(实线)从具有正面结的 p- 型晶片 25 流向前电极 21。这些电子需要利用在薄 n- 型发射极 22 内的横向流以到达电极 21,而且发射极 22 的横向薄层电阻增加电阻的损失。多数载流子(虚线)可以利用通向全面积背面电极 29 的最短几何路径。

[0045] 图 3 显示了来自具有背面结的 p- 型晶片 35 的太阳能电池 30 的载流子流。多数载流子(虚线)可以利用整个晶片的导电性以到达前电极 31。少数载流子(实线)可以利用通向背后 n- 型发射极 38 的最短几何路径,并且它们在该发射极内的迁移是纵向的,而不是主要的横向。这个背面结的结构减少了对发射极层的横向导电率的要求。

[0046] 图 4 显示了太阳能电池 40 的载流子流,其中少数载流子(实线)从具有正面结的 n- 型晶片 45 流向前电极 41。这些空穴需要利用在薄 p- 型发射极 42 内的横向流以到达电极 41,而且该发射极的横向导电率决定了电阻的损失。多数载流子(虚线)可以利用通向全面积背电极 49 的最短几何路径。

[0047] 图 5 显示了来自具有背面结的 n- 型晶片 55 的太阳能电池 50 的载流子流。多数载流子(虚线)可以利用整个晶片的导电性到达前电极 51。少数载流子(实线)可以利用到达背后 p- 型发射极 58 的最短几何路径,并且它们在该发射极内的迁移是纵向的,而不是主要的横向。这个背面结的结构减少了对发射极层的横向导电率的要求。

[0048] 具有全面积背接触的背面结电池具有的好处是少数载流子不必通过横向流过发射极以到达触点,它们在该发射极内的迁移主要是纵向的。这减少了少数载流子在发射极内的横向迁移导致的损失。因为全接触面积的覆盖度是从该结构的这个性质得到好处的一个要求,因此屏蔽接触是重要的,例如,因为金属随处接触该层(“全面积接触覆盖度”),因此不需要少数载流子横向流到最近的触点,正如它们在例如图 4 中的发射极内所显示的。示例性电池结构:n- 型正面、n- 或 p- 型晶片、p- 型背面:

[0049] 图 6 是具有 n- 型正面、n- 或 p- 型晶片、和 p- 型背面的太阳能电池 60 的局部横截面图。

[0050] 金属电极 61 和 69 分别位于外层 62 和 68 上。这具有的好处是金属在它接触晶片之前不需要穿过下面的层。此外从接触界面屏蔽体硅晶片(silicon bulk wafer)65,由此最小化接触界面载流子复合。这个结构具有 n- 型正面,对于 p- 型晶片 65 其在正面上聚集少数载流子(电子)。因此,要求复合层 62、63 和 64 具有例如 5000hm/sq 的最大横向薄层电阻。对于 n- 型晶片,这个结构在背面上聚集少数载流子(空穴)。因此,在太阳能电池中的电流图是不同的,并且层 62 的横向导电率的要求不那么严格了。示例性电池 60 的层包括下列:

[0051] 61:正面金属电极。

[0052] 62:透明导电薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$;厚度为 $20\text{nm} < \text{厚度} < 110\text{nm}$;p- 型晶片(正面结太阳能电池)的薄层电阻小于 5000hm/sq, n- 型晶片(背面结太阳能电池)的比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括透明导电氧化物如氧化铟锡、铝掺杂的氧化锌、氟掺杂的氧化锡、氧化铟、氧化铟锡、氧化锗、氧化镓、氧化钛、氧化镓、氧化镓。

[0053] 63:电钝化的导电薄膜,高度 n- 掺杂的 $1e18\text{cm}^{-3} < N_D < 5e21\text{cm}^{-3}$;厚度为 $2\text{nm} < \text{厚度} < 50\text{nm}$;比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括:

[0054] ● n- 型非晶或多晶碳化硅:磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅;

- [0055] ● n- 型非晶或多晶硅 : 磷掺杂的非晶硅, 氮掺杂的非晶硅 ;
- [0056] ● n- 型非晶或多晶的类金刚石碳 : 氮掺杂的类金刚石碳。
- [0057] 任何上述列出的实例可以包括氧和氢 (n- 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; n- 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。
- [0058] 64 : 电钝化界面层 ; 厚度 $< 10\text{nm}$; 由于厚度小, 所以没有导电率的要求 ; 由于厚度小, 所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。
- [0059] 65 : n- 型或 p- 型晶体硅晶片 ; 厚度为 $w < 300\mu\text{m}$, n- 型晶片的基极电阻为 $0.50\text{hm cm} < \rho < 200\text{hm cm}$, p- 型晶片的基极电阻为 $0.10\text{hm cm} < \rho < 1000\text{hm cm}$ 。
- [0060] 66 : 电钝化界面层 ; 厚度 $< 10\text{nm}$; 由于厚度小, 所以没有导电率的要求 ; 由于厚度小, 所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。
- [0061] 67 : 电钝化的导电薄膜, 高度 p- 掺杂的 $1\text{E}18\text{--}5\text{E}21\text{cm}^{-3}$; 比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括 :
- [0062] ● p- 型非晶或多晶碳化硅 : 硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅 ;
- [0063] ● p- 型非晶或多晶硅 : 硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅 ;
- [0064] ● p- 型非晶或多晶类金刚石碳 : 硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。
- [0065] 任何上述实例可以包括氧和氢 (p- 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; p- 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。
- [0066] 68 : 透明的导电薄膜, 折射率为 $1.4 < n < 3$; 比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括导电氧化物如氧化铟锡、铝掺杂的氧化锌、氟掺杂的氧化锡、氧化钽、氧化铟锡、氧化锆、氧化锆、氧化钛、氧化镓、氧化镉。
- [0067] 69 : 背面金属电极。
- [0068] 图 7 是太阳能电池 70 的局部横截面图, 其在双面结构中具有 n- 型正面、n- 或 p- 型晶片、p- 型背面。电池 70 与电池 60 类似, 但是其包括在背面上的局部电极 79。由于在该背面上的局部结构, 在晶片 75 内可以吸收从太阳能电池后面碰撞的光子并且产生电子 - 空穴对。这可以增加由在户外工作状态下的太阳能电池产生的功率输出, 其中可以以低的辅助模件制造和安装成本使用反射率。
- [0069] 图 8 是太阳能电池 80 的局部横截面图, 其具有 n- 型正面、n- 型晶片、p- 型背面, 并且包括隔离的抗反射涂层。这个结构尤其是对材料组合有好处, 在这个材料组合中在电池结构 60 和 70 的正面上的导电层具有高的吸收。通过将电极 81 直接设置在接触层 83 上, 可以省去对层 82 的导电率要求并且可以使用传统的抗反射涂层薄膜 (其是绝缘体)。示例性电池 80 的层包括下列 :
- [0070] 81 : 正面金属电极。
- [0071] 82 : 抗反射薄膜, 其折射率为 $1.4 < n < 3$; 厚度为 $20\text{nm} < \text{厚度} < 110\text{nm}$ 。实例包括氮化硅、碳化硅、氧化硅、透明导电氧化物。
- [0072] 83 : 电钝化的导电薄膜 ; 其厚度 $< 110\text{nm}$; 高度 n- 掺杂的 $1\text{e}18\text{cm}^{-3} < N_D < 5\text{e}21\text{cm}^{-3}$, 比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括 :
- [0073] ● n- 型非晶或多晶碳化硅 : 磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅 ;
- [0074] ● n- 型非晶或多晶硅 : 磷掺杂的非晶硅, 氮掺杂的非晶硅 ;
- [0075] ● n- 型非晶或多晶类金刚石碳 : 氮掺杂的类金刚石碳。

[0076] 任何上述的实例可以包括氧和氢 (n - 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; n - 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0077] 84: 电钝化界面层; 其厚度 $< 10\text{nm}$; 由于厚度小, 所以没有导电率的要求; 由于厚度小, 所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0078] 85: n - 型晶体硅晶片; 其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$, n - 型晶片的基极电阻为 $0.50\text{hm cm} < \rho < 200\text{hm cm}$ 。

[0079] 86: 电钝化界面层; 其厚度 $< 10\text{nm}$; 由于厚度小, 所以没有导电率的要求; 由于厚度小, 所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0080] 87: 电钝化的导电薄膜, 高度掺杂的 p - 掺杂的 $1\text{e}18\text{cm}^{-3} < N_A < 5\text{e}21\text{cm}^{-3}$; 比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括:

[0081] ● p - 型非晶或多晶碳化硅: 硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅;

[0082] ● p - 型非晶或多晶硅: 硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅;

[0083] ● p - 型非晶或多晶类金刚石碳: 硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。

[0084] 任何上述实例可以包含氧和氢 (p - 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; p - 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0085] 88: 透明的导电薄膜, 其折射率为 $1.4 < n < 3$; 比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括透明导电氧化物如氧化铟锡、铝掺杂的氧化锌、氟掺杂的氧化锡、氧化铌、氧化锑锡、氧化锆、氧化锆、氧化钛、氧化镓、氧化镉。

[0086] 89: 背面金属电极。

[0087] 图 9 是太阳能电池 90 的局部横截面图, 其具有 n - 型正面、 n - 型晶片、 p - 型背面, 并且包括多功能的透明、导电、高度掺杂的硅化合物层。本发明的这个方面是对上述其它内容的改进, 因为例如图 6 的太阳能电池 60 的层 62 和 63 (以及在此处公开的任何其它实施方案中的任何其它相似的层) 的作用被合并成在图 9 所述的多功能层 93a。该层可以是电钝化、透明的, 并且具有足够使纵向载流子流向电极 (背面结太阳能电池) 的导电率, 其提供了与晶片 95 的结和 / 或减少了入射光的反射率 (例如, 抗反射涂层)。在背面上, 层 97a 可以合并例如图 6 的太阳能电池 60 的层 67 和 68 (和在此处公开的任何其它实施方案中的任何其它相似的层)。层 97a 提供了与晶片 95 的结, 其具有一定的折射率使得大于 900nm 波长的光子产生高的反射性并且具有足以使纵向载流子从晶片 95 流到金属电极 99 的导电率。示例性电池 90 的层包括下列:

[0088] 91: 正面金属电极。

[0089] 93a: 电钝化的透明导电薄膜, 其折射率为 $1.4 < n < 3$; 厚度为 $20\text{nm} < \text{厚度} < 110\text{nm}$; n - 型晶片的比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$; 高度掺杂的 n - 掺杂的 $1\text{e}18\text{cm}^{-3} < N_D < 5\text{e}21\text{cm}^{-3}$ 。实例包括:

[0090] ● n - 型非晶或多晶碳化硅: 磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅;

[0091] ● n - 型非晶或多晶硅: 磷掺杂的非晶硅、氮掺杂的非晶硅;

[0092] ● n - 型非晶或多晶类金刚石碳: 氮掺杂的类金刚石碳。

[0093] 任何上述的实例可以包括氧和氢 (n - 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; n - 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0094] 94: 电钝化界面层; 其厚度 $< 10\text{nm}$; 由于厚度小, 所以没有导电率的要求; 由于厚度小, 所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化

铝、氮化磷、氮化钛。

[0095] 95 :n-型或p-型晶体硅晶片 ;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$, n-型晶片的基极电阻为 $0.50\text{hm cm} < \rho < 200\text{hm cm}$, p-型晶片的基极电阻为 $0.10\text{hmcm} < \rho < 1000\text{hm cm}$ 。

[0096] 96 :电钝化界面层 ;厚度 $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求 ;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0097] 97a :电钝化的透明导电薄膜,其比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括 :

[0098] ● p-型非晶或多晶碳化硅 :硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅 ;

[0099] ● p-型非晶或多晶硅 :硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅 ;

[0100] ● p-型非晶或多晶类金刚石碳 :硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。

[0101] 任何上述实例可以包括氧和氢 (p-掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; p-掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0102] 99 :背面金属电极。

[0103] 图 10 是太阳能电池 100 的局部横截面图,其具有 n- 或 p- 型晶片、包括某些正面层的改进的 n- 型正面、和 p- 型背面。可以根据此处所述的任何其它结构来完成后面的表面结构 (为了方便起见被省略)。

[0104] 这个结构尤其对材料组合有好处,在这个材料组合中,在例如上述公开的结构正表面上的层 x3 和 x4 具有无法接受的高吸收性。(以下进一步说明 x3 和 x4 符号,其分别表示参考数字以 3、3a、4、4a 结束的上述层)。在电池 100 中,通过仅在触点下设置层 103 和 104,它们的光学性质 (折射率、吸收性) 对于电池效率而言不是重要的。仅仅通过流向触点 101 的纵向载流子流发生电阻损失。层 102、104b 和 105b 也不必屏蔽触点,因此它们可以最佳化透射率和表面钝化。如果它们提供了横向导电率,这将有助于电流流到触点并且还可以将接触结构设置成彼此距离很远。这减少了光学屏蔽损失。这个结构与背面结工作最好,因为省去了对层 102、104b 和 105b 的横向导电率的要求。示例性电池 100 的层包括下列 :

[0105] 101 :正面金属电极。

[0106] 102 :抗反射薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$;厚度 $< 150\text{nm}$ 。实例包括氮化硅、碳化硅、氧化硅、氧化钛、透明导电氧化物。

[0107] 103 :电钝化的导电薄膜 ;例如,其厚度 $< 50\text{nm}$;例如,其比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括 :

[0108] ● n-型非晶或多晶碳化硅 :磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅 ;

[0109] ● n-型非晶或多晶硅 :磷掺杂的非晶硅、氮掺杂的非晶硅 ;

[0110] ● n-型非晶或多晶类金刚石碳 :氮掺杂的类金刚石碳。

[0111] 任何上述实例可以包括氧和氢 (n-掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$; n-掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0112] 104 :电钝化界面层 ;其厚度 $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求 ;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0113] 104b :电钝化界面层 ;其厚度 $< 110\text{nm}$ 。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛、碳化硅或两个或多个这些材料的叠层。

[0114] 105 :n-型或 p-型晶体硅晶片 ;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$, n-型晶片的基极电阻为

$0.50\text{hm cm} < \rho < 200\text{hm cm}$, p-型晶片的基极电阻为 $0.10\text{hmcm} < \rho < 1000\text{hm cm}$ 。

[0115] 105b:磷扩散的硅层(任选存在),其薄层电阻 $> 700\text{hm/sq}$ 。

[0116] 上述结构不是互相排斥的,并且根据本发明,一个结构的任何特征可以应用于任何其它的结构。

[0117] 示例性电池结构:p-型正面、n-或 p-型晶片、n-型背面:

[0118] 图 11 是太阳能电池 110 的局部横截面图,其具有 p-型正面、n-或 p-型晶片、和 n-型背面。

[0119] 在这个电池中,金属电极 111 和 119 分别设置于外层 112 和 118 上。这具有的好处是金属在接触晶片之前不需要穿过下面的层。此外从接触界面屏蔽体硅晶片 115,由此最小化接触界面载流子复合。这个结构具有 p-型正面,对于 n-型晶片这个结构在正面上聚集少数载流子(空穴)。因此,允许结合层 112、113 和 114 具有 5000hm/sq 的最大横向薄层电阻。对于 p-型晶片,这个结构在背面上聚集少数载流子(电子)。因此,在太阳能电池中的电流图是不同的,并且层 112 的横向导电率的要求不那么严格了。示例性电池 110 的层包括下列:

[0120] 111:正面金属电极。

[0121] 112:透明的导电薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$;厚度 $< 110\text{nm}$;n-型晶片的薄层电阻小于 5000hm/sq , p-型晶片的比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括透明导电氧化物如氧化铟锡、铝掺杂的氧化锌、氟掺杂的氧化锡、氧化铌、氧化铋锡、氧化锆、氧化锆、氧化钛、氧化镓、氧化镉铟。

[0122] 113:电钝化的导电薄膜,高度掺杂的 p-掺杂的 $1\text{e}18\text{cm}^{-3} < N_A < 5\text{e}21\text{cm}^{-3}$;比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括:

[0123] ● p-型非晶或多晶碳化硅:硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅;

[0124] ● p-型非晶或多晶硅:硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅;

[0125] ● p-型非晶或多晶类金刚石碳:硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。

[0126] 任何上述实例可以包括氧和氢(p-掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;p-掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0127] 114:电钝化界面层; $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0128] 115:n-型或 p-型晶体硅晶片;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$, n-型晶片的基极电阻为 $0.50\text{hm cm} < \rho < 200\text{hm cm}$, p-型晶片的基极电阻为 $0.10\text{hmcm} < \rho < 1000\text{hm cm}$ 。

[0129] 116:电钝化界面层;其厚度 $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0130] 117:电钝化的透明导电薄膜;高度掺杂的 n-掺杂的 $1\text{e}18\text{cm}^{-3} < N_D < 5\text{e}21\text{cm}^{-3}$;例如,厚度为 $2\text{nm} < \text{厚度} < 50\text{nm}$ 或更大;比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括:

[0131] ● n-型非晶或多晶碳化硅:磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅;

[0132] ● n-型非晶或多晶硅:磷掺杂的非晶硅、氮掺杂的非晶硅;

[0133] ● n-型非晶或多晶类金刚石碳:氮掺杂的类金刚石碳。

[0134] 任何上述实例可以包含氧和氢(n-掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;n-掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0135] 118:透明的导电薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$;比电阻为 $\rho < 10000\text{hmcm}$ 。实例包括透明导电氧化物如氧化铟锡、铝掺杂的氧化锌、氟掺杂的氧化锡、氧化钽、氧化铋锡、氧化锆、氧化锆、氧化钛、氧化镓、氧化镉铋。

[0136] 119:背面金属电极。

[0137] 图 12 是太阳能电池 120 的局部横截面图,其在双面结构中具有 p- 型正面、n- 或 p- 型晶片、n- 型背面。电池 120 与电池 110 类似,但是其包括在背面上的局部电极 129。由于在该背面上的局部结构,在晶片 125 内可以吸收从太阳能电池后面碰撞的光子并且产生电子-空穴对。这可以改善在户外工作状态下的太阳能电池形成的效率,其中可以以低的辅助模件制造和安装成本使用反射率。

[0138] 图 13 是太阳能电池 130 电池的局部横截面图,其具有 p- 型正面、p- 型晶片、n- 型背面,并且包括隔离的抗反射涂层。这个结构尤其是对材料组合有好处,其中在这个材料组合中在电池结构 110 和 120 的正面上的导电层具有高的吸收性。通过将电极 131 直接设置在接触层 133 上,省去了对层 132 的导电率要求并且可以使用传统的抗反射涂层薄膜(其是绝缘体)。这个结构与背面结工作最好,因为层 133 和 134 的横向导电率要求不是紧要的。示例性电池 130 的层包括下列:

[0139] 131:正面金属电极。

[0140] 132:抗反射薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$; $< 150\text{nm}$ 。实例包括氮化硅、碳化硅、氧化硅、氧化铝、氧化钛、透明导电氧化物。

[0141] 133:电钝化的透明导电薄膜;其厚度 $< 110\text{nm}$;比电阻为 $\rho < 10000\text{hmcm}$ 。实例包括:

[0142] ● p- 型非晶或多晶碳化硅:硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅;

[0143] ● p- 型非晶或多晶硅:硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅;

[0144] ● p- 型非晶或多晶类金刚石碳:硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。

[0145] 任何上述实例可以包括氧和氢(p- 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;p- 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0146] 134:电钝化界面层;其厚度 $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0147] 135:p- 型晶体硅晶片;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$, p- 型晶片的基极电阻为 $0.10\text{hm cm} < \rho < 1000\text{hm cm}$ 。

[0148] 136:电钝化界面层;其厚度 $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0149] 137:电钝化的透明导电薄膜;高度掺杂的 n- 掺杂的 $1\text{e}18\text{cm}^{-3} < N_D < 5\text{e}21\text{cm}^{-3}$;比电阻为 $\rho < 10000\text{hm cm}$ 。实例包括:

[0150] ● n- 型非晶或多晶碳化硅:磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅;

[0151] ● n- 型非晶或多晶硅:磷掺杂的非晶硅、氮掺杂的非晶硅;

[0152] ● n- 型非晶或多晶类金刚石碳:氮掺杂的类金刚石碳。

[0153] 任何上述实例可以包括氧和氢(n- 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;n- 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0154] 138:透明的导电薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$ 的范围内;比电阻为 ρ

$< 10000 \Omega \cdot \text{cm}$ 。实例包括透明导电氧化物如氧化铟锡、铝掺杂的氧化锌、氟掺杂的氧化锡、氧化钽、氧化铋锡、氧化锆、氧化锆、氧化钛、氧化镓、氧化镉锡。

[0155] 139:背面金属电极。

[0156] 图 14 是太阳能电池 140 的局部横截面图,其具有 p- 型正面、p- 型晶片、n- 型背面,并且包括多功能的透明、导电、高度掺杂的硅化合物层。本发明的这个方面是对上述其它内容的改进,因为例如如图 11 的太阳能电池 110 的层 112 和 113(和在此处公开的任何其它实施方案中的任何其它相似的层)的作用被合并成在图 14 中所述的多功能层 143a。这个层可以是电钝化、透明的,并且具有足够使纵向载流子流向电极(背面结太阳能电池)的导电率,其提供了与晶片 145 的结和/或减少了入射光的反射率(例如抗反射涂层)。在背面上,层 147a 可以合并例如如图 11 的太阳能电池 110 的层 117 和 118(和在此处公开的任何其它实施方案中的任何其它相似的层)。层 147a 提供了与晶片 145 的结,其具有一定的折射率使得大于 900nm 波长的光子产生高的反射性并且具有足以使纵向载流子从晶片 145 流到金属电极 149 的导电率。示例性电池 140 的层包括下列:

[0157] 141:正面金属电极。

[0158] 143:电钝化的透明导电薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$;厚度 $< 150 \text{nm}$;比电阻为 $\rho < 10000 \Omega \cdot \text{cm}$ 。实例包括:

[0159] ● p- 型非晶或多晶碳化硅:硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅;

[0160] ● p- 型非晶或多晶硅:硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅;

[0161] ● p- 型非晶或多晶类金刚石碳:硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。

[0162] 任何上述实例可以包括氧和氢(p- 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;p- 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0163] 144:电钝化界面层;其厚度 $< 10 \text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0164] 145:n- 型或 p- 型晶体硅晶片;其厚度为 $w < 300 \mu\text{m}$,n- 型晶片的基极电阻为 $0.50 \Omega \cdot \text{cm} < \rho < 200 \Omega \cdot \text{cm}$,p- 型晶片的基极电阻为 $0.10 \text{m}\Omega \cdot \text{cm} < \rho < 1000 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0165] 146:电钝化界面层;其厚度 $< 10 \text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0166] 147a:电钝化的透明导电薄膜;对于高度掺杂的 n- 掺杂的 $1 \text{E}18 \text{cm}^{-3} < N_D < 5 \text{E}21 \text{cm}^{-3}$ 比电阻为 $\rho < 10000 \Omega \cdot \text{cm}$ 。实例包括:

[0167] ● n- 型非晶或多晶碳化硅:磷掺杂的碳化硅、氮掺杂的碳化硅;

[0168] ● n- 型非晶或多晶硅:磷掺杂的非晶硅、氮掺杂的非晶硅;

[0169] ● n- 型非晶或多晶类金刚石碳:氮掺杂的类金刚石碳。

[0170] 任何上述实例可以包括氧和氢(n- 掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;n- 掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0171] 149:背面金属。

[0172] 图 15 是太阳能电池 150 的局部横截面图,其具有 n- 或 p- 型晶片、包括某些正面层的改进的 p- 型正面、和 n- 型背面。可以根据此处所述的任何其它结构来完成后面的表面结构(为了方便起见被省略)。

[0173] 这个结构尤其对材料组合有好处,在这个材料组合中在例如上述公开的结构的正

表面上的层 xx3 和 xx4 具有不可接受的高吸收性。在电池 150 中,通过仅在触点下设置层 153 和 154,它们的光学性质(折射率、吸收性)对于电池效率而言不是重要的。仅仅通过流向触点 151 的纵向载流子流发生电阻损失。层 152、154b 和 155b 也不必屏蔽触点,因此它们可以最佳化透射率和表面钝化。如果它们提供了横向导电率,这将有助于电流流到触点并且还可以将接触结构设置成彼此距离很远。这减少了光学屏蔽损失。这个结构与背面结工作最好,因为省去了对层 152、154b 和 155b 的横向导电率要求。示例性电池 150 的层包括下列:

[0174] 151:正面金属电极。

[0175] 152:抗反射薄膜,其折射率为 $1.4 < n < 3$;厚度 $< 110\text{nm}$ 。实例包括氮化硅、碳化硅、氧化硅、氧化钛。

[0176] 153:电钝化导电薄膜,其厚度 $< 110\text{nm}$;比电阻为 $\rho < 10000\text{ohm cm}$ 。实例包括:

[0177] ● p-型非晶或多晶碳化硅:硼掺杂的碳化硅、铝掺杂的碳化硅、镓掺杂的碳化硅;

[0178] ● p-型非晶或多晶硅:硼掺杂的硅、铝掺杂的硅、镓掺杂的硅;

[0179] ● p-型非晶或多晶类金刚石碳:硼掺杂的类金刚石碳、铝掺杂的类金刚石碳。

[0180] 任何上述实例可以包括氧和氢(p-掺杂的 $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{H}_z$;p-掺杂的 $\text{SiN}_x\text{O}_y\text{H}_z$)。

[0181] 154:电钝化界面层;其厚度 $< 10\text{nm}$;由于厚度小,所以没有导电率的要求;由于厚度小,所以没有吸收限制。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛。

[0182] 154b:电钝化界面层;其厚度 $< 10\text{nm}$ 。实例包括氧化硅、氮化硅、本征非晶硅、本征多晶硅、氧化铝、氮化铝、氮化磷、氮化钛、碳化硅。

[0183] 155:n-型或 p-型晶体硅晶片;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$,n-型晶片的基极电阻为 $0.50\text{ohm cm} < \rho < 200\text{ohm cm}$,p-型晶片的基极电阻为 $0.10\text{hmcm} < \rho < 1000\text{ohm cm}$ 。

[0184] 155b:磷扩散的硅层(任选存在),薄层电阻 $> 700\text{ohm/sq}$ 。

[0185] 上述结构不是互相排斥的,并且根据本发明,一个结构的任何特征可以应用于任何其它的结构。

[0186] 示例性电池结构-替换的电极结构:

[0187] 图 16 是太阳能电池 160 的局部横截面图,该太阳能电池 160 具有埋入电极的玻璃或其它透明膜,其被压制或粘合到电池上。这个替换结构应用于任何上述结构,并且其可以包括 n-或 p-型正面、n-或 p-型晶片、和 p-或 n-型背面。作为直接沉积在电池上的金属电极的替换物,将金属电极 161 和 169 埋入玻璃或其它层压薄膜 161a 和 169a 中。当在压力下将该玻璃或层压薄膜压制或叠合时,埋入的电极分别在外层 162 和 168 的顶上接触。这具有的好处是金属不需要直接沉积在电池自身上,从而消除了可以导致电池弯曲的典型薄膜应力源。当处理非常大面积的晶片如薄膜硅板和/或非常薄的晶片时,这尤其是有用的。在许多上述实施方案中,金属电极在接触电池之前不需要穿过下面的层。而且,可以使用各种导电材料来提高金属电极 161 和 169 与外层 162 和 168 的表面之间的导电率。这些导电材料可以包括,但是不限于,各向异性导电膜(ACF)、导电环氧树脂、或类弹簧接触探头。示例性电池 160 的层包括以下(其可以由任何上述材料形成,为简单起见此处省略):

[0188] 161a:带有埋入的金属电极的玻璃板或透明膜。

[0189] 161:正面金属电极。

[0190] 162 :透明导电薄膜。

[0191] 163 :电钝化导电薄膜。

[0192] 164 :电钝化界面层。

[0193] 165 :n- 型或 p- 型晶体硅晶片 ;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$ 。

[0194] 166 :电钝化界面层。

[0195] 167 :电钝化导电薄膜。

[0196] 168 :透明导电薄膜。

[0197] 169 :背面金属电极。

[0198] 169a :带有埋入的金属电极的玻璃板或透明膜。

[0199] 图 17 是太阳能电池 170 的局部横截面图,该太阳能电池具有埋入电极的玻璃或其它透明膜并且在其背面具有局部电极 179,所述玻璃或其它透明膜被压制或粘合到电池上。由于在背面上的局部电极结构,在晶片 175 内可以吸收从太阳能电池后面碰撞的光子并且在这个双面结构中产生电子-空穴对。这可以改善在户外工作状态下的太阳能电池的效率,其中可以以低的辅助模件制造和安装成本使用反射率。

[0200] 这个替换结构应用于任何上述结构,并且其可以包括 n- 或 p- 型正面、n- 或 p- 型晶片、和 p- 或 n- 型背面。作为直接沉积在电池上的金属电极的替换物,将金属电极 171 和 179 埋入玻璃或其它层压薄膜 171a 和 179a 中。当在压力下将玻璃或层压薄膜压制或叠合时,埋入的电极分别在外层 172 和 178 的顶面上接触。这具有的好处是金属不需要直接沉积在电池自身上,从而消除了可以导致电池弯曲的典型薄膜应力源。当处理极大面积晶片如薄膜硅板和 / 或极薄晶片时,这尤其是有用的。在许多上述实施方案中,金属电极在接触电池之前不需要穿过下面的层。而且,可以使用各种导电材料来提高金属电极 171 和 179 与外层 172 和 178 的表面之间的导电率。这些导电材料可以包括,但是不限于,各向异性导电膜 (ACF)、导电环氧树脂、或类弹簧接触探头。示例性电池 170 的层包括以下 (其可以由任何上述材料形成,为简单起见此处省略) :

[0201] 171a :带有埋入的金属电极的玻璃板或透明膜。

[0202] 171 :正面金属电极。

[0203] 172 :透明导电薄膜。

[0204] 173 :电钝化导电薄膜。

[0205] 174 :电钝化界面层。

[0206] 175 :n- 型或 p- 型晶体硅晶片 ;其厚度为 $w < 300\mu\text{m}$ 。

[0207] 176 :电钝化界面层。

[0208] 177 :电钝化导电薄膜。

[0209] 178 :透明和电薄膜。

[0210] 179 :背面金属电极。

[0211] 179a :带有埋入的金属电极的玻璃板或透明膜。

[0212] 上述结构不是互相排斥的,并且根据本发明,一个结构的任何特征可以应用于任何其它的结构。

[0213] 制造方法 :

[0214] 以下生产流程是生产此处所公开的结构的方法 ;但是在不脱离本发明范围的情况

下其它的方法是可能的。最初,获得没有表面损伤的入射晶片,其可以在几何形状上进行构造或改变,且具有清洁表面。如上所述,为了简化起见,在这些图中没有画出层表面的几何表面形状(例如,可以在层表面上形成表面结构如金字塔、或其它表面结构),然而,应该理解,可以以任何对改进太阳能电池效率有好处的形状来构造几何形状和/或表面,并且这些形状和/或表面属于本发明的范围。

[0215] 随后的加工步骤可以如下(使用符号如“xx4”或任何其它类似的符合表示任何上述图 1-18 的结构以“4”或“4a”如 4、14、134、4a、14a、134a、等结束的相似层):

[0216] ●界面钝化层 xx4 和 xx6 的沉积或生长;

[0217] ●层 xx3 和 xx7 的沉积;

[0218] ●热处理;

[0219] ●任选的层 xx2 和 xx8 的沉积(为在背面上提供良好的内部镜面,可能包括低反射率层——折射率基本上小于 3.0,小于 2.6,小于 2.0,小于 1.5);和

[0220] ●金属化。

[0221] 在上述任何结构中,这些层(例如,xx2、xx3、xx4、xx6、xx7 和 xx8)是导电的,即,可以将金属化直接放置在外层上。(在典型的高效率太阳能电池中,情况不是这样的,因为通常使用也是电绝缘体的材料来实现表面钝化。)这允许创新的金属化方案,例如,可以将太阳能电池层压成在玻璃中或在叠片中已经埋入电极的组件。此外,还可以施加导电片以便机械加强电池。金属化的另一个方法可以包括沉积金属细线。由于表面的导电率,减少了对金属糊剂的需要,因为它们直接与外层接触,不需要腐蚀通过绝缘层以接触太阳能电池。另一个例子是在导电表面上直接蒸发或溅射金属。

[0222] 可以用诸如 PECVD、APCVD、LPCVD、PVD、电镀等方法沉积或生长如上所述的太阳能电池结构内的大多数层。对于一些层或层的组合,可以使用生产这些层和结构的创新方法。例如,可以使用热氧化或等离子沉积或等离子辅助的氧化来形成界面钝化层。

[0223] 例如,为了用成本有效的生产方法实现效率很高的太阳能电池,有利的是仅在一侧上沉积不同性能的薄膜。虽然这个可能难以实现,(例如,对于例如 LPCVD 沉积的多晶硅的标准管式炉沉积),但是在晶片的一侧上可以进行 PECVD 沉积,而在另一侧上没有沉积。PECVD 设备在工业规模上是可利用的,但是其仅可以在能够沉积非晶或微晶硅层的温度状况下工作。在所述的电池结构中,可以通过热处理将非晶硅层转化成多晶硅层。这还适用于非晶碳化硅等等的掺杂非晶硅层或化合物。这个结晶化不利地影响了硅/非晶硅界面层(如果其在电池结构中存在的话)的钝化性质。然而,从结晶的多晶硅层开始,层 xx4 和 xx6 缓冲了晶片表面。因此,在热处理之后该界面仍然是钝化的,而且在热处理温度下层体系是稳定的。

[0224] 根据本发明,在结晶过程中改变了层的许多性质:激活了供体或受体,增加了光透射、从该层中扩散出氢。热处理可以激活化合物中的掺杂原子,使掺杂原子扩散到衬底晶片以提供高-低结或 p-n 结。

[0225] 根据本发明,在高温热处理之后,层 xx4 和 xx6 的良好钝化会持续和/或改善。在沉积后钝化可能是足够的,但是高温热处理可以改善它的特性。因为层的组成,该钝化是温度稳定的(从 500°C、或 600°C、或 700°C 到 1100°C 或更高)。因此,500°C 以上的热处理构成本发明的一个方面。该结构的其它可能好处可以包括:热处理可能不改变硅衬底的结晶性,

至少在界面处的结晶性,因为第一界面层是非晶 SiO_2 ,和 / 或因为导电层是 SiC 。因此预期本发明的另一个方面是提供热处理,而不改变硅衬底的结晶度,和 / 或界面钝化层在热处理期间用作再结晶的缓冲层。

[0226] 如果正确地选择层的组成,则可以将单个工序中沉积的层分为两层(或更多层)。在非晶沉积层中引入的氧向硅界面迁移并且可以生长薄的氧化物。如果利用包含氧化物的薄膜 xx3 和 xx7 来研究这个原理,则不需要在层 xx3 和 xx7 之前生产钝化界面层 xx4 和 xx6,因此所有描述的结构没有层 xx4 和 xx6 下也可以工作。同时,薄膜结晶并且掺杂剂可以被激活。可以利用这个作用以便以极短的生产流程产生结构如上述公开的电池 90 和 140,但是其不局限于这个应用。因此,所有结构中的层 xx3 和 xx7 可用于利用这个原理,如果它们包含少量的氧并且用包含氧的相同层展开实施例。

[0227] 在内部应力下沉积或生长钝化界面层 xx4 和 xx6 以及高度掺杂层 xx3 和 xx7 的情况下,或者在如上所述用于结晶的热处理产生应力的情况下,这可以不利地影响晶片表面 xx5 的钝化性质。为了防止这个不利影响,参考图 18 的太阳能电池 180 的局部横截面图,可以在钝化膜 184 和 186 之上沉积薄的硅膜 1831 和 1871 作为缓冲层。图 18 说明了分别在钝化层 184 和 186 与层 183a 和 187a 之间的硅缓冲层 1831 和 1871 的这个构思。这个构思尤其对上述公开的电池 90 和 140 有好处,但是它的应用不局限于这些结构。

[0228] 这个硅缓冲层可以是,例如,未掺杂的多晶硅。在这种情况下、因为可以在两侧上沉积这个薄膜,可以使用标准管式炉。在钝化层 184 和 186 是薄的热氧化物的工艺程序中,在氧化工序之后可以在相同的炉但是不同的管(节省了晶片的处理)中或甚至在相同的管中,直接沉积多晶硅。可以通过利用用于结晶的热处理使掺杂剂掺入到薄膜 183a 和 187a 中,同时使该掺杂剂分别从层 183a 和 187a 进入到层 1831 和 1871 中,使它们钝化和导电来产生钝化所需要的掺杂。缓冲层的允许厚度取决于在顶面沉积的掺杂层的掺杂水平以及用于结晶这个掺杂顶层的时间 / 温度分布图。在这个热处理期间用掺杂层 183a 和 187a 掺杂未掺杂的层。缓冲层 1831 和 1871 还可由多个硅层组成。

[0229] 热处理的另一个作用是再组织钝化界面层 184 和 186。根据它们的厚度、热处理和在它们之上的层,这些层收缩和开孔(例如发生穿孔)使得相邻层 1831 和 1871 可以直接与晶片 185 接触。非常小部分的界面允许载流子绕过层 184 和 186。如果以不开孔或不充分开孔的方式选择热处理,则层 184 和 186 需要足够薄以便允许载流子隧穿。

[0230] 本发明的其它方面包括改善的金属化制造的方法。在一个例子中,可以根据于 2009 年 4 月 21 日提交的名称为“Method for Forming structures in a Solar Cell”的美国临时申请号 61/171,187;和代理人案号为 3304.002AWO 的共提交的国际专利申请“Method for Forming structures in a Solar Cell”来形成任何上述结构的金属化。在此整体援引加入这些申请作为参考。根据这些申请,可以按照在太阳能电池的表面上形成导电接触 / 异质接触图案的方法来形成金属化,包括在至少一个太阳能电池的底层上形成薄的导电层,和利用激光束烧蚀大部分薄的导电层,从而留下导电接触 / 异质接触图案。在导电接触图案上可以形成自排列的金属化。该底层可以包括在薄导电层之下的钝化层和 / 或抗反射层,其中导电接触图案通过该至少一个底层形成与太阳能电池的半导体层的电接触。

[0231] 在另一个例子中,可以根据于 2009 年 4 月 22 日提交的名称为“Localized Metal

Contacts By Localized Laser Assisted Reduction Of Metal-Ions In Functional Films, And Solar Cell Applications Thereof”的美国临时申请号 61/171,491 ;和代理人案号为 3304.003AW0 的共提交的国际专利申请“Localized Metal Contacts By Localized Laser Assisted Conversion Of Functional Films In Solar Cells”来形成任何上述结构的金属化。因此在此整体援引加入这些申请。根据这些申请,可以按照在太阳能电池的层中形成至少一个电接触的方法来形成金属化,包括在太阳能电池中形成层,其包括可被选择性改性以在激光辐照时电接触的材料;和向该层的至少一个区域施加选择的激光辐照从而在该层的所述区域中形成至少一个电接触。该层的剩余区域可以包括太阳能电池的功能层,并且不必去除:例如透明导电薄膜、和抗反射薄膜、和 / 或如上所述的钝化。

[0232] 本发明扩展到上述公开的任何一个太阳能电池结构或它们的组合,通常包括中心衬底、导电层、抗反射层、钝化层和 / 或电极。上述结构不是互相排斥的,根据本发明可以将一个结构的任何特征应用于此处的任何其它结构。

[0233] 本发明包括制造这些结构的方法,其包括:提供晶片作为中心衬底;在该衬底上沉积或生长界面钝化层 xx4 和 xx6;在该钝化层上沉积导电层 xx3 和 xx7;提供热处理;任选沉积抗反射层 xx2 和 xx8(可能包括为在背面上提供良好内部镜面的低反射率层);和提供金属化作为电极。

[0234] 在一个实施方案中,本发明包括施加热处理以生产多功能薄膜,所述多功能薄膜被分离成表面钝化界面层和具有高透明性的高度掺杂的多晶钝化层。

[0235] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶的含硅化合物和利用热处理引发结晶以使其成为多晶薄膜。

[0236] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶的含硅化合物和利用热处理导致该薄膜结晶并且增加光学透射率。

[0237] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶的含硅化合物和利用热处理以便激活化合物中的掺杂原子。

[0238] 在一个实施方案中,本发明包括沉积非晶的含硅化合物和利用大于 500°C 的热处理以便激活化合物中的掺杂原子并且使掺杂原子扩散到衬底晶片内,从而提供高一低结或 p-n 结。

[0239] 本发明的一个或多个工艺控制方面可以包括在具有例如计算机可用介质的制品(例如,一个或多个计算机程序产品)。该介质已经被体现成,例如,用于提供和促进本发明潜在能力的电脑可读的程序代码。该制品可以是计算机系统的一部分或单独销售。

[0240] 另外,可以提供至少一个通过设备可读的程序存储装置,所述设备包含至少一个可由该设备执行的指示程序以便实现本发明的潜在能力。

[0241] 此处描述的流程图和步骤仅是实施例。在没有脱离本发明的精神的情况下,可存在其中描述的这些示图或其中描述的步骤(或操作)的许多变化。例如,可以不同的顺序实施这些步骤,或可以添加、删除或改变步骤。所有这些变化被认为是所要求保护的发明的一部分。

[0242] 尽管此处已经详细描述了优选实施方案,但是在不偏离本发明精神的情况下可以进行不同的修改、添加、替换等,这对相关领域的技术人员来说是显而易见的,因此,认为这些修改、添加、替换等也属于所附权利要求所限定的本发明的范围内。

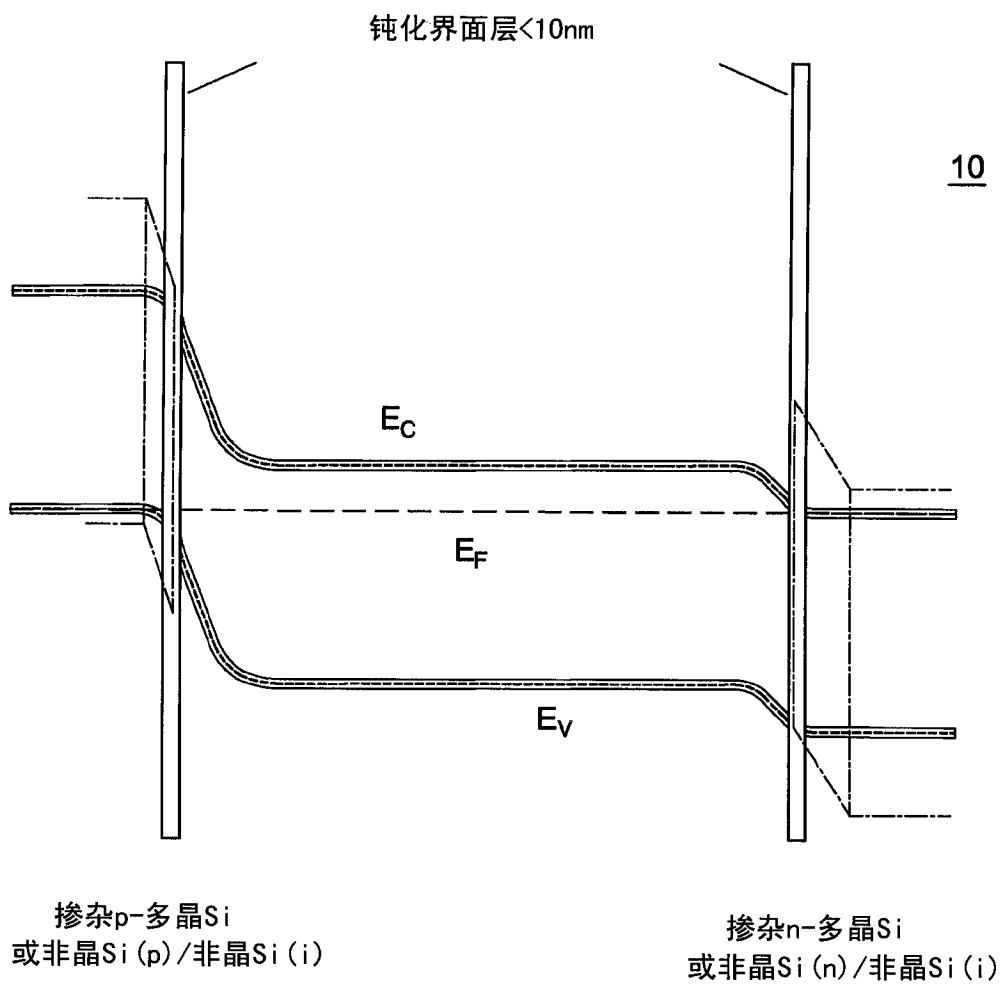


图 1

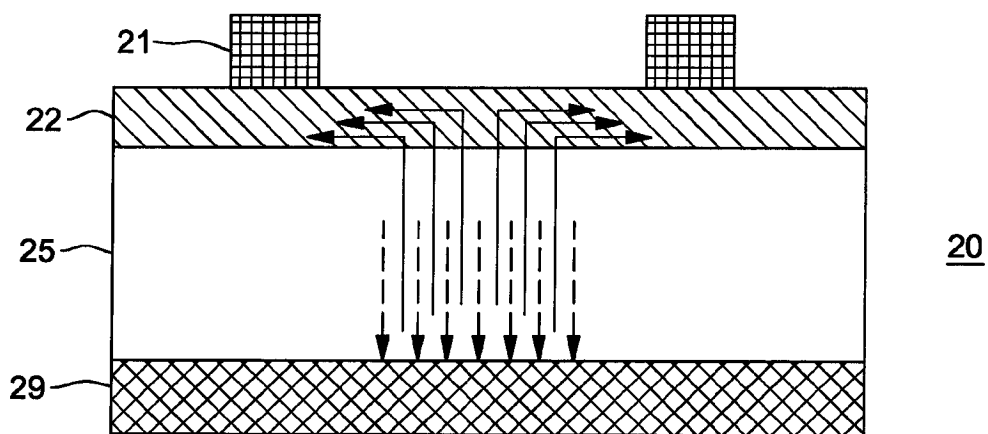


图 2

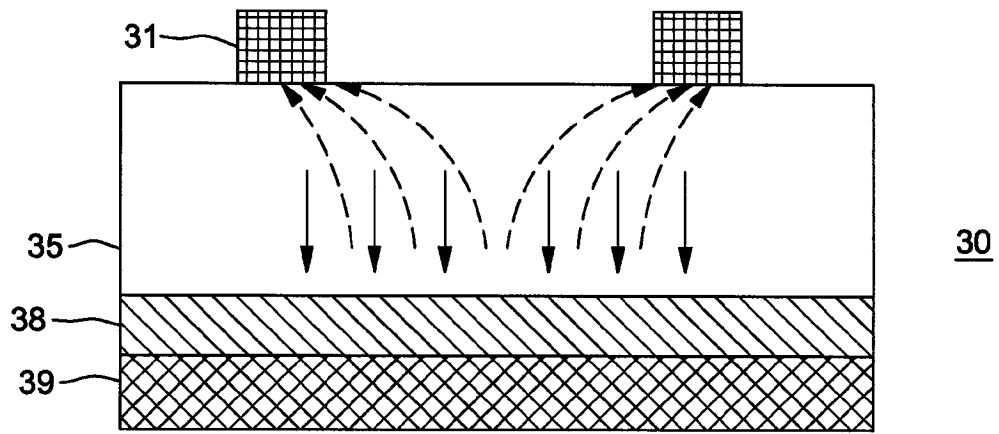


图 3

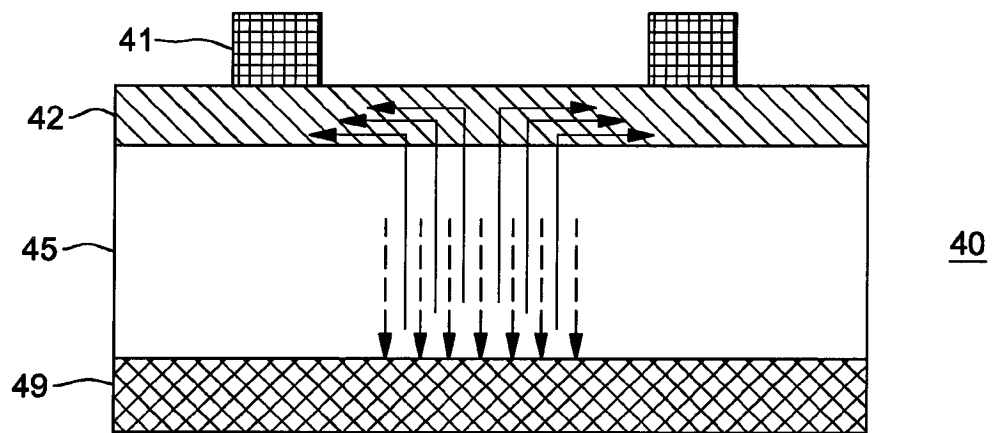


图 4

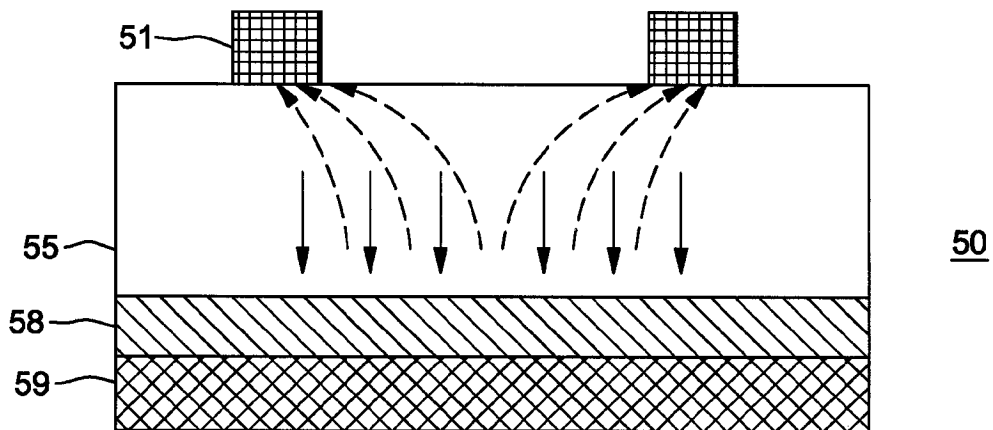


图 5

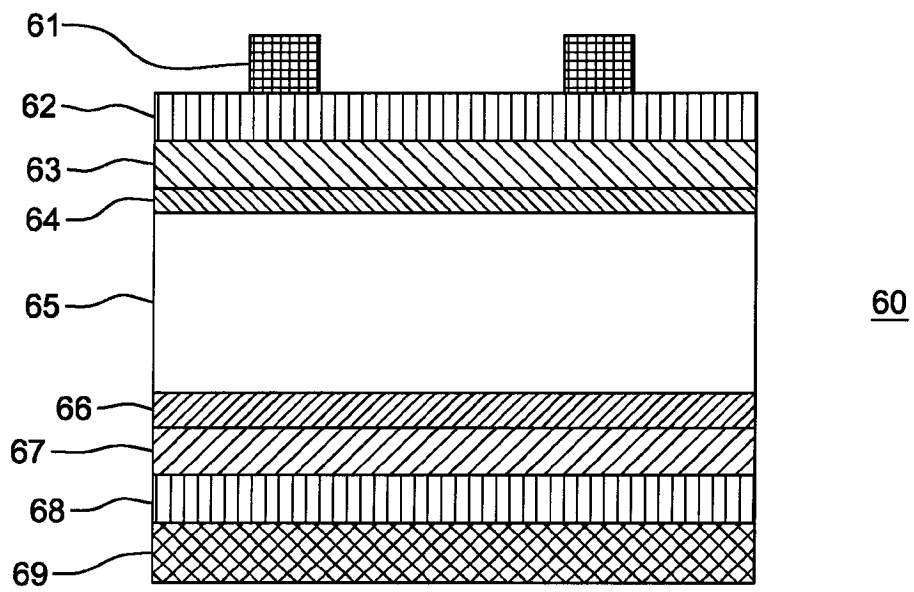


图 6

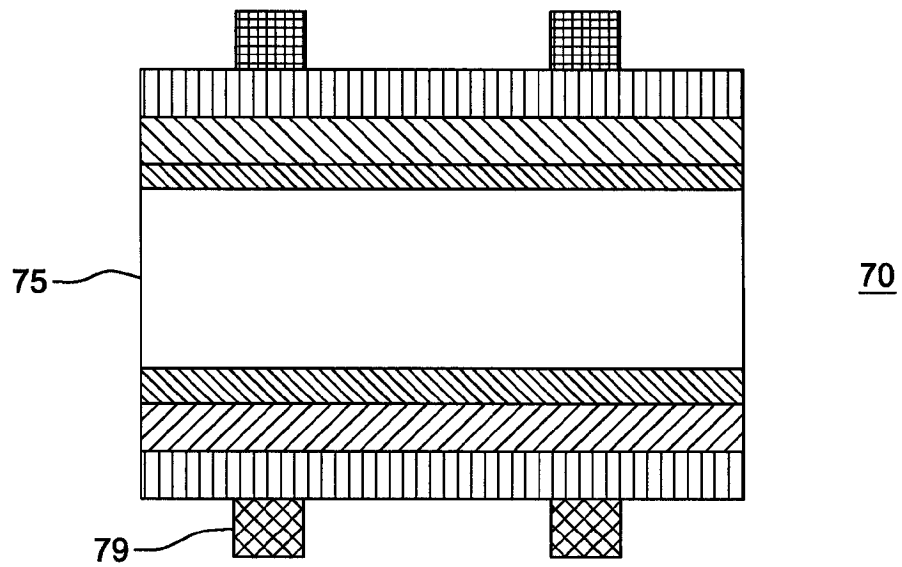


图 7

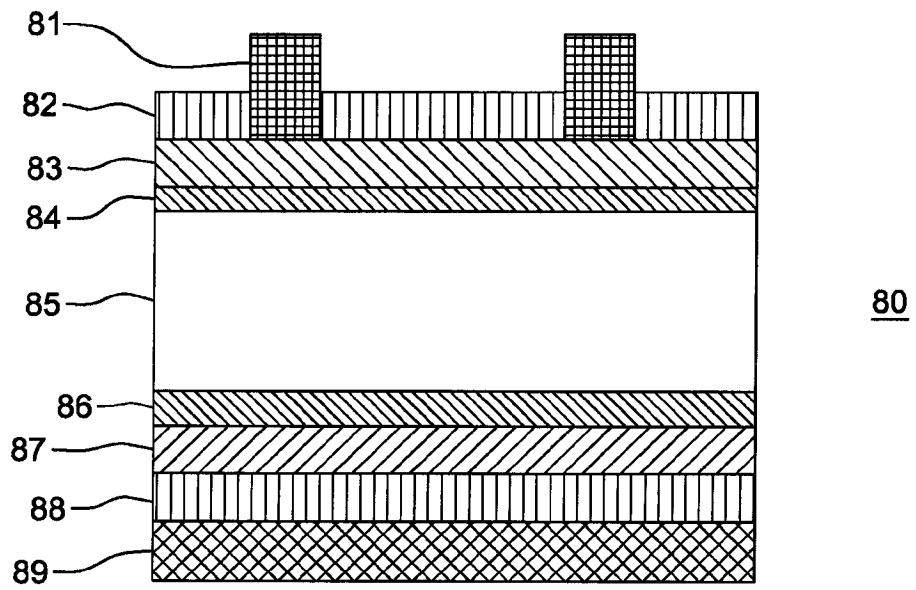


图 8

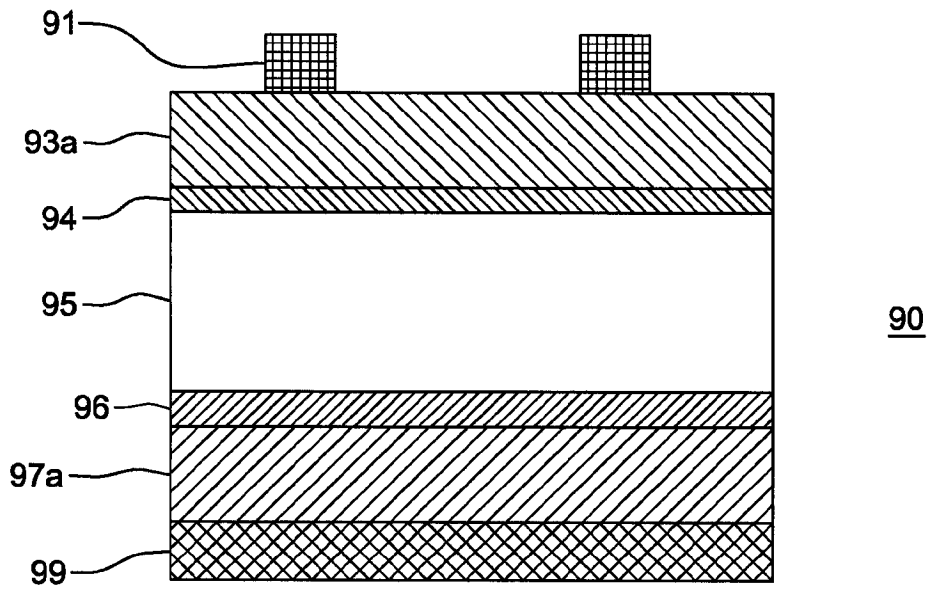


图 9

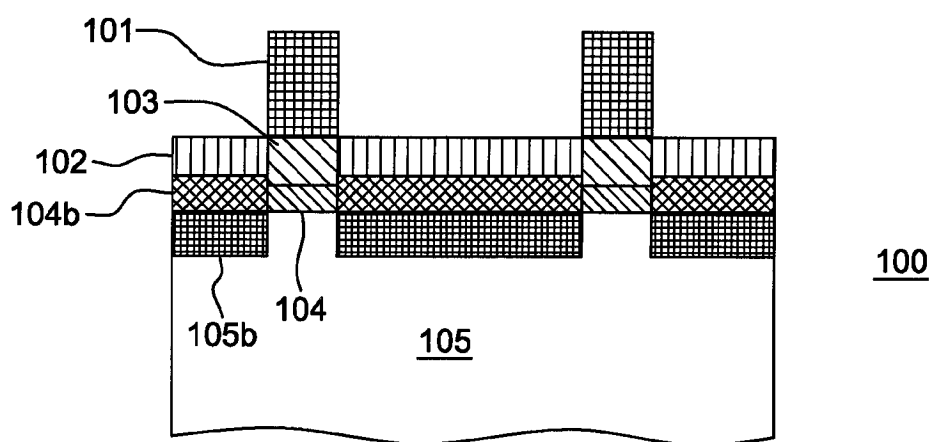


图 10

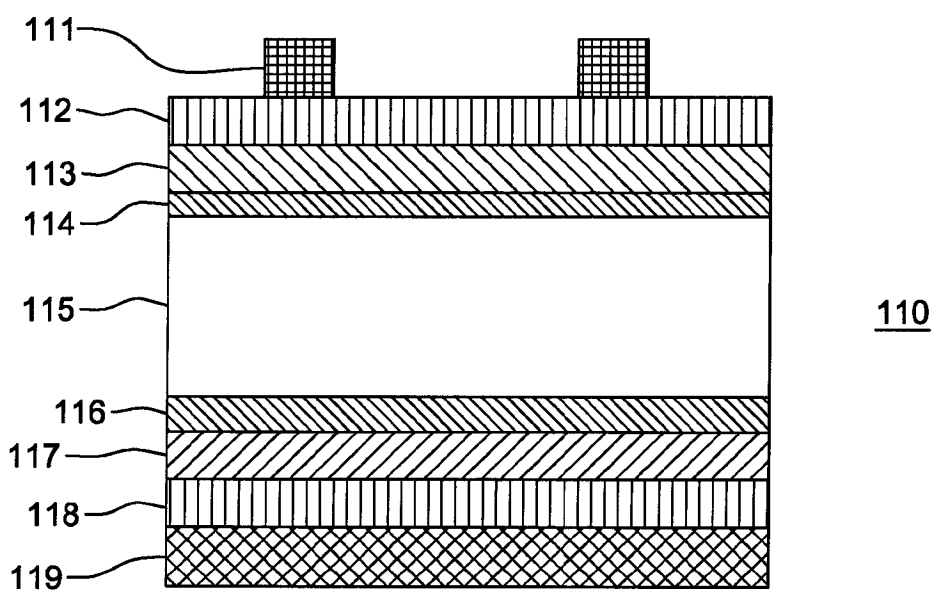


图 11

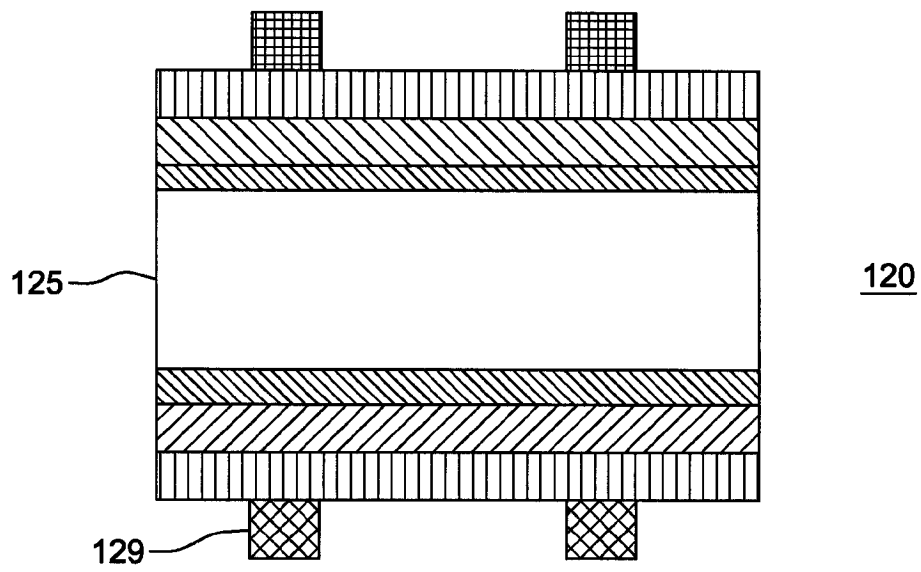


图 12

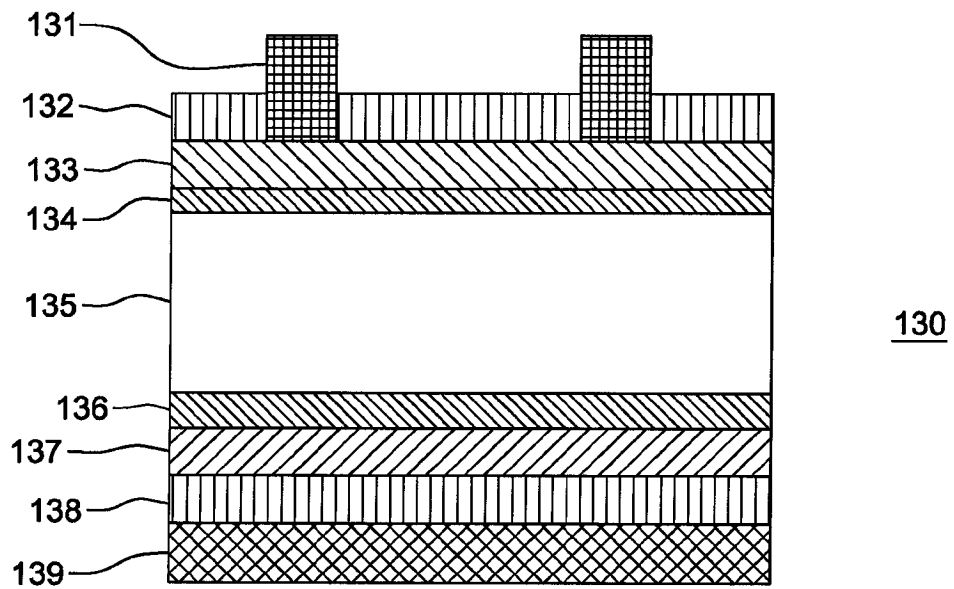


图 13

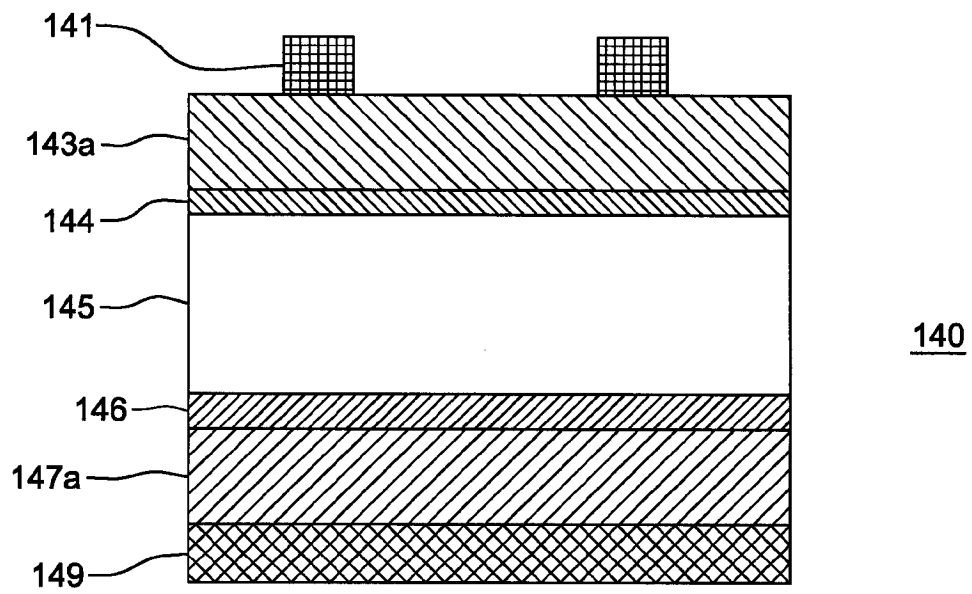


图 14

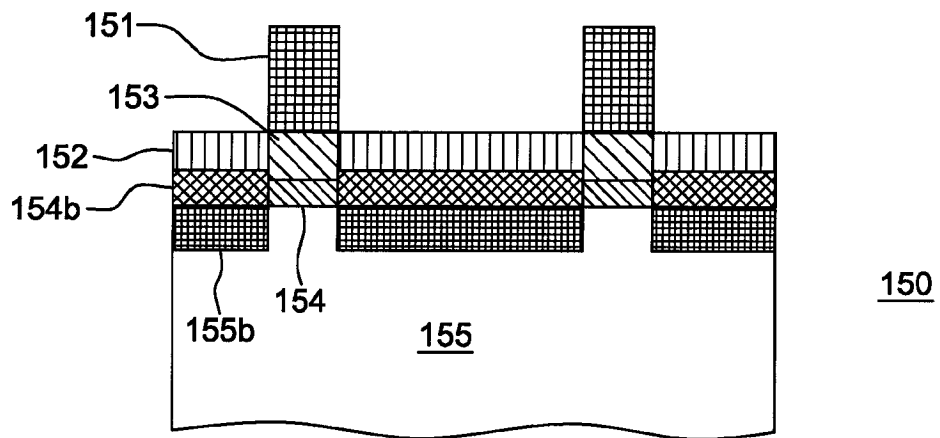


图 15

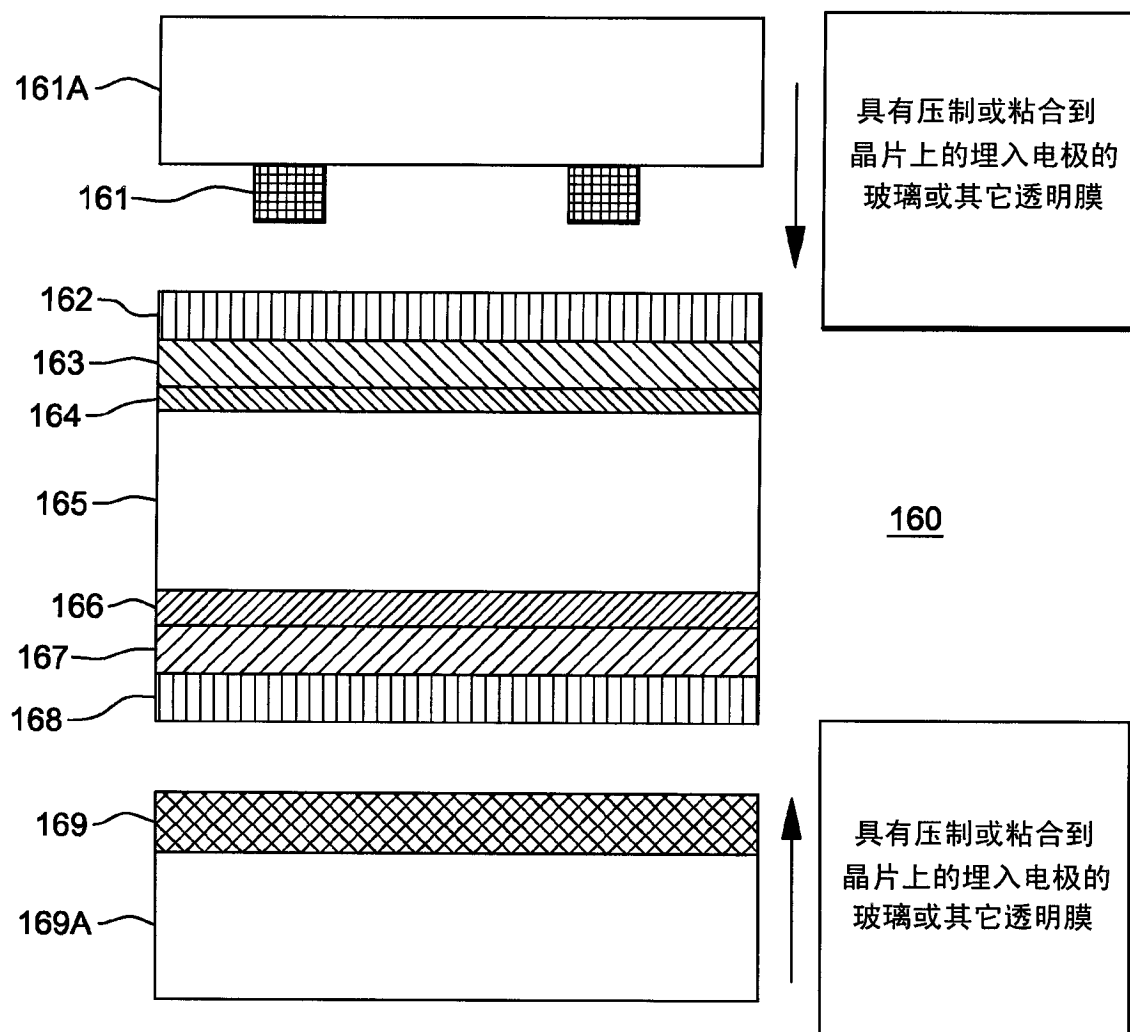


图 16

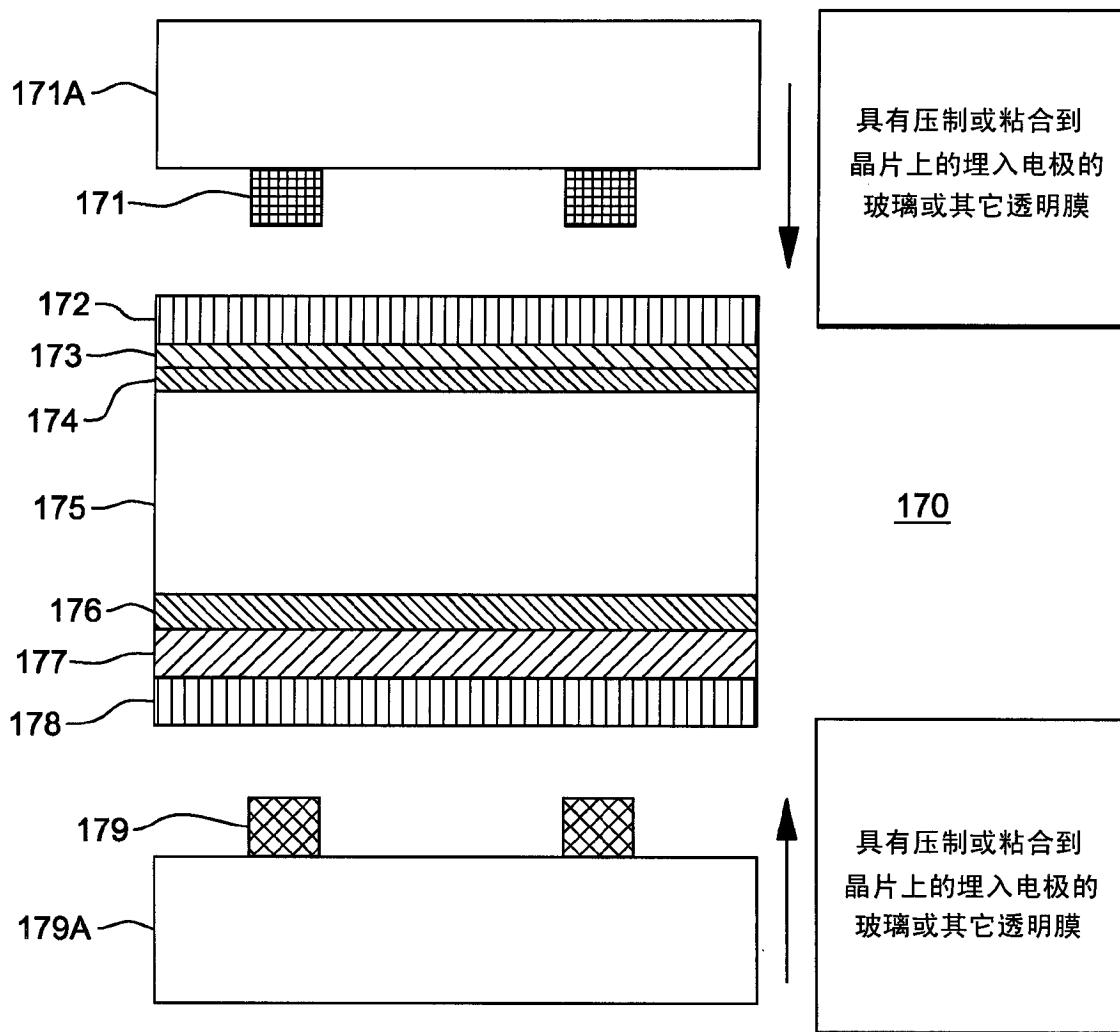


图 17

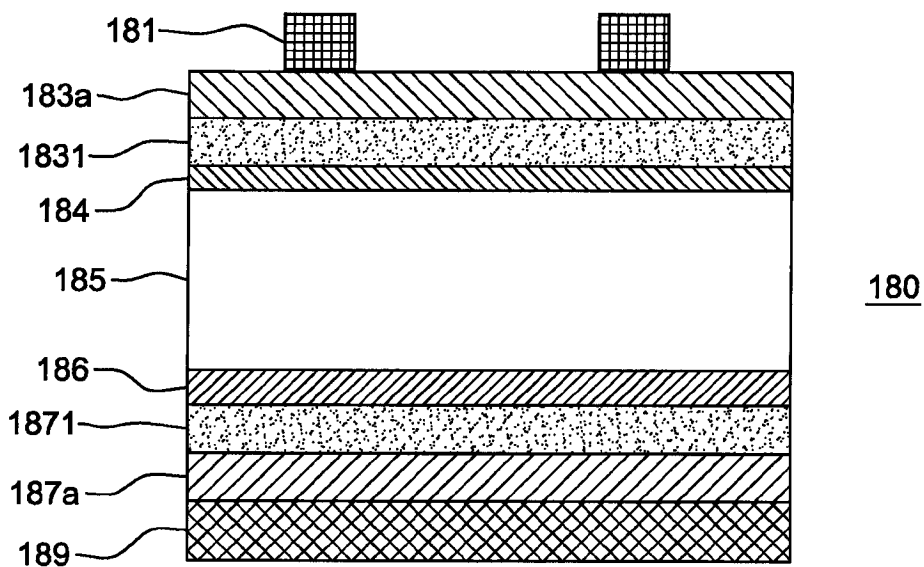


图 18