



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102983209 B

(45) 授权公告日 2015.09.02

(21) 申请号 201210151051.5

US 2004/0112426 A1, 2004.06.17,

(22) 申请日 2012.05.15

US 6524880 B2, 2003.02.25,

(30) 优先权数据

CN 101931029 A, 2010.12.29,

10-2011-0090802 2011.09.07 KR

US 2010/0229925 A1, 2010.09.16,

审查员 罗娱

(73) 专利权人 LG 电子株式会社

地址 韩国首尔

(72) 发明人 秦胤实 朴铉定 崔荣浩 朴昶绪

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 吕俊刚 杨薇

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006.01)

H01L 31/0288(2006.01)

H01L 31/0236(2006.01)

(56) 对比文件

US 2011/0139226 A1, 2011.06.16,

权利要求书2页 说明书12页 附图11页

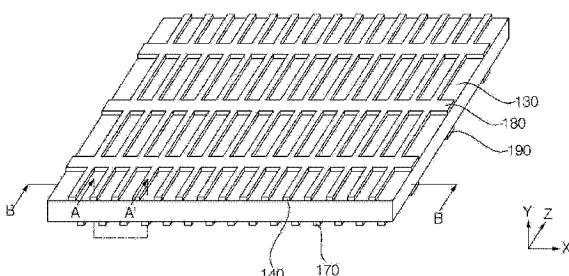
(54) 发明名称

太阳能电池及其制造方法

(57) 摘要

太阳能电池及其制造方法。一种太阳能电池，形成为具有：第一导电类型的硅半导体基板；发射极层，所述发射极层具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型，并且形成在所述硅半导体基板的第一表面上；背表面场层，所述背表面场层具有所述第一导电类型，并且形成在所述硅半导体基板的与所述第一表面相反的第二表面上；并且其中，所述发射极层至少包括第一浅掺杂区域，所述背表面场层至少包括第二浅掺杂区域，并且其中，所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度不同于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度。

100



1. 一种太阳能电池的制造方法,所述方法包括:

制备第一导电类型的硅半导体基板;

通过在所述硅半导体基板的第一表面上第一离子注入具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型的第一杂质来形成第一杂质掺杂区域;

通过在所述硅半导体基板的与所述第一表面相反的第二表面上执行第二离子注入具有所述第一导电类型的第一杂质来形成第二杂质掺杂区域;以及

执行热处理以对所述第一杂质掺杂区域和所述第二杂质掺杂区域同时进行热处理,以形成发射极层和背表面场层,

其中,所述发射极层至少包括第一浅掺杂区域,所述背表面场层至少包括第二浅掺杂区域,并且

其中,所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度不同于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度。

2. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度大于或者小于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度。

3. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度是  $0.3 \mu m$  至  $1 \mu m$ ,并且所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度是  $0.3 \mu m$  至  $1 \mu m$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述发射极层的第一浅掺杂区域的掺杂密度的差异或所述发射极层的第二浅掺杂区域的掺杂密度的差异在 0% 至不超过 10% 之间。

5. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述发射极层的第一浅掺杂区域的掺杂密度为从  $5E18$  到  $1E20$ ,并且所述背表面场层的第二浅掺杂区域的掺杂密度为从  $5E18$  到  $1E20$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述发射极层还包括具有与所述第一浅掺杂区域的掺杂浓度不同的掺杂浓度的第一高掺杂区域,并且所述背表面场层包括具有与所述第二浅掺杂区域的掺杂浓度不同的掺杂浓度的第二高掺杂区域。

7. 根据权利要求 1 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述发射极层还包括具有与所述第一浅掺杂区域的厚度不同的厚度的第一高掺杂区域,并且所述背表面场层包括具有与所述第二浅掺杂区域的厚度不同的厚度的第二高掺杂区域。

8. 根据权利要求 7 所述的太阳能电池的制造方法,其中,所述第一高掺杂区域的厚度大于所述第一浅掺杂区域的厚度,并且所述第二高掺杂区域的厚度大于所述第二浅掺杂区域的厚度。

9. 一种太阳能电池,所述太阳能电池包括:

第一导电类型的硅半导体基板;

发射极层,所述发射极层具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型,并且形成在所述硅半导体基板的第一表面上;

背表面场层,所述背表面场层具有所述第一导电类型,并且形成在所述硅半导体基板的与所述第一表面相反的第二表面上;以及

其中,所述发射极层至少包括第一浅掺杂区域,所述背表面场层至少包括第二浅掺杂

区域，并且

其中，所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度不同于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度，

其中，所述发射极层还包括具有与所述第一浅掺杂区域的掺杂浓度不同的掺杂浓度的第一高掺杂区域，并且所述背表面场层包括具有与所述第二浅掺杂区域的掺杂浓度不同的掺杂浓度的第二高掺杂区域。

10. 所根据权利要求 9 所述的太阳能电池，其中，所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度大于或者小于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度。

11. 根据权利要求 9 所述的太阳能电池，其中，所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度是  $0.3 \mu\text{m}$  至  $1 \mu\text{m}$ ，并且所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度是  $0.3 \mu\text{m}$  至  $1 \mu\text{m}$ 。

12. 根据权利要求 9 所述的太阳能电池，所述太阳能电池还包括：

前电极，该前电极连接至发射极区域以与所述第一高掺杂区域相对应；以及

后电极，该后电极连接至所述背表面场层以与所述第二高掺杂区域相对应。

13. 根据权利要求 9 所述的太阳能电池，其中，所述发射极层还包括具有与所述第一浅掺杂区域的厚度不同的厚度的第一高掺杂区域，并且所述背表面场层包括具有与所述第二浅掺杂区域的厚度不同的厚度的第二高掺杂区域。

14. 根据权利要求 13 所述的太阳能电池，其中，所述第一高掺杂区域的厚度大于所述第一浅掺杂区域的厚度，并且所述第二高掺杂区域的厚度大于所述第二浅掺杂区域的厚度。

## 太阳能电池及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及太阳能电池及该太阳能电池的制造方法。更具体地，本发明的实施方式涉及一种太阳能电池，其中发射极层的厚度和背表面场层的厚度彼此不同，以及该太阳能电池的制造方法。

### 背景技术

[0002] 已经预计到诸如石油或煤炭这样的传统能源会耗尽，对替代能源的兴趣正在增长，希望用它们代替传统能源。在这些替代能源中，太阳能电池作为能够通过使用半导体将太阳能直接转换为电能的下一代装置而受到公众的广泛关注。

[0003] 换句话说，太阳能电池是使用光伏(photovoltaic)效应将太阳能转换为电能的装置。根据所采用的材料，太阳能电池可以被分类为硅太阳能电池、薄膜型太阳能电池、染料敏化太阳能电池和有机聚合物型太阳能电池，其中硅太阳能电池比其它类型的太阳能电池更普遍。对于以上讨论的太阳能电池，很重要的是提高其效率，这就涉及将入射光线转换为电能的比例。

### 发明内容

[0004] 本发明的实施方式致力于提供一种具有优异的光伏转换效率的太阳能电池以及该太阳能电池的制造方法。

[0005] 为了实现该目的和其它目的，根据本发明的一个实施方式的太阳能电池包括：第一导电类型的硅半导体基板；发射极层，所述发射极层具有与所述第一导电类型相反的第二导电类型，并且形成在所述硅半导体基板的第一表面上；背表面场层，所述背表面场层具有所述第一导电类型，并且形成在所述硅半导体基板的与所述第一表面相反的第二表面上；并且其中，所述发射极层至少包括第一浅掺杂区域，所述背表面场层至少包括第二浅掺杂区域，并且其中，所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度不同于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度。

[0006] 另外，为了实现该目的，根据本发明的一个实施方式的太阳能电池的制造方法包括：制备第一导电类型的硅半导体基板；通过在所述硅半导体基板的第一表面上第一离子注入具有与第一导电类型相反的第二导电类型的第一杂质，来形成第一杂质掺杂区域；通过在所述硅半导体基板的与所述第一表面相反的第二表面上执行第二离子注入具有第一导电类型的第二杂质，来形成第二杂质掺杂区域；以及对第一杂质掺杂区域和第二杂质掺杂区域均执行热处理，以分别形成发射极层和背表面场层，其中，所述发射极层至少包括第一浅掺杂区域，所述背表面场层至少包括第二浅掺杂区域，并且其中，所述发射极层的第一浅掺杂区域的厚度不同于所述背表面场层的第二浅掺杂区域的厚度。

### 附图说明

[0007] 附图被包括进来以提供对本发明的进一步理解，并结合到本说明书中且构成本说

明书的一部分,这些附图例示了本发明的实施方式,并与描述一起用于解释本发明的原理。

- [0008] 图 1 是根据本发明的一个实施方式的太阳能电池的立体图;
- [0009] 图 2 是沿着图 1 的线 A-A' 截取的太阳能电池的截面图;
- [0010] 图 3 是沿着图 1 的线 B-B' 截取的太阳能电池的截面图;
- [0011] 图 4 是根据本发明的另一个实施方式的太阳能电池的截面图;
- [0012] 图 5 是图 4 的太阳能电池的发射极层的掺杂曲线;
- [0013] 图 6 例示太阳能电池中具有如图 5 所示的掺杂曲线的发射极层的变化电阻的测量结果;
- [0014] 图 7 到图 12 是例示根据本发明的一个实施方式的太阳能电池的制造方法的图;
- [0015] 图 13 是根据本发明的一个实施方式的太阳能电池模块的截面图;
- [0016] 图 14 是图 13 的 C 部分的放大图;
- [0017] 图 15 是根据本发明的另一个实施方式的太阳能电池的截面图;
- [0018] 图 16 是根据本发明的另一个实施方式的太阳能电池的截面图;以及
- [0019] 图 17 是根据本发明的另一个实施方式的太阳能电池的截面图。

### 具体实施方式

[0020] 将参照附图更详细描述本发明的实施方式。

[0021] 在下文,附图中包括对所有“直接”或者“间接”形成、安装、构建在各个元件“上”或者“下”的元件的引用,并且将基于附图描述对在各个其它元件“上”和“下”的元件的引用。为了便于例示,各个元件可能被夸大、省略或者示意地例示。

[0022] 图 1 是根据本发明的一个实施方式的太阳能电池的立体图;图 2 是沿着图 1 的线 A-A' 截取的太阳能电池的截面图;图 3 是沿着图 1 的线 B-B' 截取的太阳能电池的截面图。在此示例中,图 2 和图 3 对应于平行于 X-Y 平面切割图 1 的太阳能电池并且沿着 Z 轴观察的截面图。

[0023] 参照附图,根据本发明的一个实施方式的太阳能电池 100 包括第一导电类型的硅半导体基板 110;布置在基板 110 的一个表面上的发射极层 120;连接到发射极层 120 的多个前指状线(或者前指状电极)140;位于基板 110 的另一个表面上的背表面场层 150;以及连接到背表面场层 150 的多个后指状线(或者后指状电极)170。另外,太阳能电池 100 可以包括发射极层 120 上的第一防反射膜 130 和背表面场层 150 上的第二防反射膜 160。

[0024] 基板 110 可以由硅制成,并且可以由第一导电类型形成并掺杂有 P 型或者 N 型杂质。例如,硅可以掺杂有诸如 B、Ga 和 In 的 III 族元素的杂质,并且可以被实现为 P 型;并且硅可以掺杂有诸如 P、As 和 Sb 的 V 族元素的杂质,并且可以被实现为 N 型。

[0025] 基板 110 的表面可以具有凸-凹结构。凸-凹结构表示基板 110 的表面上的凸-凹图案,其通过纹理化(texturing)形成。如果向基板 110 应用纹理化,如以下描述的,发射极层 120、第一防反射层 130、背表面场层 150 和第二防反射层 160 也可以根据凸-凹结构的图案形成。因此,入射在太阳能电池 100 上的光线的反射率减小并且捕获的光量增加,因而太阳能电池 100 的光学损失减少。

[0026] 由于基板 110 掺杂有与基板 110 的导电类型相反的第二导电类型的第一杂质,形成发射极层 120。例如,如果基板 110 是 P 型,则发射极层 120 被掺杂有 N 型杂质;而如果

基板 110 是 N 型，则发射极层 120 被掺杂有 P 型杂质。如上所述，如果基板 110 和发射极层 120 被掺杂有彼此相反类型的杂质，则在基板 110 和发射极层 120 之间的表面中形成 PN 结。  
[0027] 另一方面，发射极层 120 可以包括邻接(adjoin)多个前指状线 140 的第一区域 124，以及布置在多个前指状线 140 之间的第二区域 122，即位于多个第一区域 124 之间的各个区域。

[0028] 总体而言，发射极层 120 包含的杂质越多，由于光伏效应而产生的复合电极 - 空穴对就越多。因此，对于在其中光子转换为电子 - 空穴对的第二区域 122，有利的是具有相对低的杂质密度；并且对于在其中分离的电子或者空穴朝向前指状线 140 移动的第一区域 124，更期望具有相对高的杂质密度以降低接触电阻。

[0029] 因此，为了降低对前指状线 140 的表面电阻并且防止或者减少由于表面复合引起的太阳能电池 100 的效率劣化，根据本发明的太阳能电池 100 可以形成为使得邻接前指状线 140 的第一区域 124 具有比第二区域 122 相对高的掺杂密度。因此，使发射极层 120 的第一区域 124 的表面电阻比第二区域 122 的表面电阻小。另外，可以使第一区域 124 的掺杂厚度 b 大于第二区域 122 的掺杂厚度 a。

[0030] 发射极层 120 的第一区域 124 可以具有从  $1E19$  到  $1E21$  的掺杂密度范围和  $0.5 \mu m$  到  $2 \mu m$  的掺杂深度(或者厚度)，而第二区域 122 可以具有从  $5E18$  到  $1E20$  的掺杂密度范围和  $0.3 \mu m$  到  $1 \mu m$  的掺杂深度(或者厚度)。

[0031] 在本示例中，发射极层 120 的第一区域 124 的表面电阻可以被设定为从  $30 \Omega / \square$  到  $70 \Omega / \square$  的范围，例如  $40 \Omega / \square$  到  $60 \Omega / \square$ ，而第二区域 122 的表面电阻从  $70 \Omega / \square$  到  $150 \Omega / \square$ ，例如从  $90 \Omega / \square$  到  $120 \Omega / \square$ 。

[0032] 第一防反射膜 130 减小入射在基板 110 的前表面上的太阳光线的反射率。因此，到达 PN 结的太阳能的量增加，因而增加太阳能电池 100 的短路电流  $I_{sc}$ 。第一防反射膜 130 可以具有包括从由氮化硅、二氧化硅、氮氧化硅、本征非晶硅、 $MgF_2$ 、 $ZnS$ 、 $TiO_2$  和  $CeO_2$  组成的组中选择的单膜的单膜结构；或者包括两个或更多个这些膜或者材料的组合的多层膜结构。可以使用其它材料。如果基板 110 是 P 型，则第一防反射膜 130 可以执行钝化层的功能。

[0033] 第一防反射膜 130 具有从 1.8 到 2.5 的折射率和  $60 \mu m$  到  $100 \mu m$  的厚度。具体地，如果第一防反射膜 130 的折射率小于 1.8，则防反射效果不显著。相反地，如果折射率大于 2.5，则入射光线中有助于电流转换的波长被光学地吸收到第一防反射膜 130 中，降低了太阳能电池 100 的光伏转换效率。

[0034] 同时，如果基板 110 是 N 型，则可以在发射极层 120 和第一防反射膜 130 之间进一步包括钝化层。钝化层可以由  $SiO_x$ 、 $Al_xO_y$  等形成。因此，诸如  $SiO_2/SiNx$ 、 $Al_2O_3/SiNx$  等的钝化层 / 第一防反射膜 130 的组合结构是可能的，但是不限于上述。

[0035] 多个前指状线 140 被形成，并且收集由于光伏效应产生的电子或者空穴。另外，多个前指状线 140 可以邻接与前指状线 140 交叉的前表面总线电极 180。通过连接到扁平电缆(ribbon)，前表面总线电极 180 可以将太阳能电池 100 产生的电流提供到外部。

[0036] 在当发射极层 120 是 P 型的情况下，为了与发射极层 120 欧姆接触，前指状线 140 可以以如下方式形成：使用具有开口的掩模将包括 AgAl、玻璃粉等的膏体丝网印刷在用于前指状线 140 的区域上，然后对膏体应用热处理。另一方面，如果发射极层 120 是 N 型的，

则包括 Ag、玻璃粉等的膏体被丝网印刷,然后对膏体应用热处理,形成前指状线 140。

[0037] 另外,可以如下形成前指状线 140 :使用激光烧蚀去除第一防反射膜 130 的部分,在经去除的部分处沉积基于 Ni 的种子层,然后使用涂覆或者溅射沉积金属层。如上所述形成的前指状线 140 可以具有 Ni/Cu/Sn、Ni/Ag 或者 Ni/Cu/Ag 的结构,但是不限于上述。另外,上述前指状线 140 可以形成为具有 10  $\mu\text{m}$  或者更大的宽度和 60  $\mu\text{m}$  到 80  $\mu\text{m}$  的高度,但是不限于上述。

[0038] 背表面场层 150 是高密度掺杂区域,能够防止或者减少分离的电子 - 空穴对的复合,减少漏电流,并且导致与后指状线 170 的优异的欧姆接触。可以使用与基板 110 相同类型的第一导电类型的第一杂质形成背表面场层 150。

[0039] 另外,背表面场层 150 可以具有与上述发射极层 120 相同的结构。换句话说,背表面场层 150 可以包括邻接多个后指状线 170 的第三区域 154,以及多个后指状线 170 之中的区域之间的第四区域 152,即位于多个第三区域 154 之间的各个区域。第三区域 154 中的杂质的掺杂密度可以大于第四区域 152 中的杂质的掺杂密度。因此,根据本发明的一个实施方式的太阳能电池 100 可以是双面太阳能电池,其结构具有选择性的发射极层 120,同时具有选择性的背表面场层 150。

[0040] 同时,由于背表面场层 150 的第三区域 154 的掺杂密度大于第四区域 152 的掺杂密度,所以第三区域 154 和后指状线 170 之间的接触电阻减小,并且由于第四区域 152 在基板 110 的整个后表面上形成,所以可以有效地防止或者减少电子和空穴的复合。因此,由于减少了由电子和空穴的复合引起的损失并且同时进一步加速了光伏效应产生的电子和空穴到后指状线 170 的迁移,可以极大地提高太阳能电池 100 的光伏转换效率。

[0041] 背表面场层 150 的第三区域 154 可以具有从 1E19 到 1E21 的掺杂密度范围和 0.5  $\mu\text{m}$  到 2  $\mu\text{m}$  的掺杂深度,而第四区域 152 可以具有从 5E18 到 1E20 的掺杂密度范围和 0.3  $\mu\text{m}$  到 1  $\mu\text{m}$  的掺杂深度。

[0042] 在本示例中,背表面场层 150 的第三区域 154 的表面电阻可以被设定为从 20  $\Omega/\square$  到 70  $\Omega/\square$ ,例如 40  $\Omega/\square$  到 60  $\Omega/\square$ ,而第四区域 152 的表面电阻从 60  $\Omega/\square$  到 150  $\Omega/\square$ ,例如从 90  $\Omega/\square$  到 120  $\Omega/\square$ 。第三区域 154 的厚度可以大于第四区域 152 的厚度。

[0043] 同时,根据本发明的实施方式,背表面场层 150 的厚度可以与发射极层 120 的厚度不同地形成。

[0044] 首先,如果基板 110 是 N 导电类型,例如,背表面场层 150 可以掺杂有 N 型杂质(例如,P),而发射极层 120 掺杂有 P 型杂质(例如,B)。在本示例中,背表面场层 150 的厚度可以大于发射极层 120 的厚度。更具体地,背表面场层 150 的第三区域 154 的掺杂厚度 d 比发射极层 120 的第一区域 124 的掺杂厚度 b 更深(或者更大);并且背表面场层 150 的第四区域 152 的掺杂厚度 c 可以比发射极层 120 的第二区域 122 的掺杂厚度 a 更深地形成。另外,背表面场层 150 的第三区域 154 的宽度可以形成为大于发射极层 120 的第一区域 124 的宽度。

[0045] 如上所述,如果背表面场层 150 的厚度形成为大于发射极层 120 的对应部分的厚度,则太阳能电池 100 的整个串联电阻减小,因而太阳能电池 100 的填充因数(FF)增加。

[0046] 另一方面,作为不同的示例,如果基板 110 是 P 导电类型,则背表面场层 150 可以

掺杂有 P 型杂质(例如, B),而发射极层 120 掺杂有 N 型杂质(例如, P)。在此示例中,发射极层 120 的厚度可以大于背表面场层 150 的厚度。在此示例中,可以减小发射极层 120 的表面杂质的密度并且容易地形成深的结。因此,可以增加太阳能电池 100 的开路电压 Voc。更具体地,背表面场层 150 的第三区域 154 的掺杂厚度 d 小于发射极层 120 的第一区域 124 的掺杂厚度 b,并且背表面场层 150 的第四区域 152 的掺杂厚度 d 可以形成为小于发射极层 120 的第二区域 122 的掺杂厚度 a。另外,背表面场层 150 的第三区域 154 的宽度可以形成为小于发射极层 120 的第一区域 124 的宽度。

[0047] 同时,在背表面场层 150 上布置第二防反射膜 160。第二防反射膜 160 可以类似于上述第一防反射膜 130。换句话说,第二防反射膜 160 具有包括从由氮化硅、二氧化硅、氮氧化硅、本征非晶硅、MgF<sub>2</sub>、ZnS、TiO<sub>2</sub>和 CeO<sub>2</sub>组成的组中选择的单膜的单膜结构;或者包括两个或更多个膜的组合的多层膜结构。因而,第二防反射膜 160 减小入射在基板 110 的后表面上的太阳光线的反射率,并且如果基板 110 是 N 型的,则第二防反射膜 160 执行钝化层的功能。上述第二防反射膜 160 具有从 1.8 到 2.5 的折射率和 60 μm 到 100 μm 的厚度。

[0048] 同时,如果基板 110 是 P 型,则可以在背表面场层 150 和第二防反射膜 160 之间进一步包括钝化层。钝化层可以由 SiO<sub>x</sub>、Al<sub>x</sub>O<sub>y</sub> 等形成。因此,诸如 SiO<sub>2</sub>/SiNx, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiNx 等的钝化层 / 第二防反射膜 160 的结构是可能的,但是不限于上述。

[0049] 可以形成多个后指状线 170,并且如果基板 110 是 N 型的,则为了与背表面场层 150 欧姆接触,可以在基板 110 上丝网印刷包括 Ag、玻璃粉等的膏体的方式形成后指状线 170。如果基板 110 是 P 型的,则可以通过使用包括 AgAl、玻璃粉等的膏体形成后指状线 170。

[0050] 另外,可以如下形成后指状线 170:使用激光烧蚀去除第二防反射膜 160 的部分,在经去除的部分处沉积基于 Ni 的种子层,然后使用涂覆或者溅射沉积金属层。如上所述形成的后指状线 170 可以具有 Ni/Cu/Sn、Ni/Ag 或者 Ni/Cu/Ag 的结构,但是不限于上述。另外,上述后指状线 170 可以形成为具有 10 μm 或者更大的宽度和 60 μm 到 80 μm 的高度,但是不限于上述。

[0051] 多个后指状线 170 可以邻接与后指状线 170 交叉的后表面总线电极 190,并且将由于光伏效应产生的电流提供到外部。

[0052] 同时,后指状线 170 的数目可以不同于前指状线 140 的数目。例如,后指状线 170 的数目或者数量可以大于前指状线 140 的数目或者数量。

[0053] 如果后指状线 170 的数目大于前指状线 140 的数目,则电子或者空穴朝向后指状线 170 的行进距离变短,减小了太阳能电池 100 的整体电阻。另外,由于不需要增加前指状线 140 的数目以减小电阻,没有附加地妨碍太阳能电池 100 的前表面中的光学吸收,因而可以防止或者减少太阳能电池 100 的光学吸收率的降低。

[0054] 图 3 是沿着图 1 的线 B-B' 截取的太阳能电池的截面图。图 3 例示背表面场层 150 形成为与基板 110 的后表面边缘隔开距离或者间隙“T”的情况。在其它实施方式中,发射极层 120 可以形成为与基板 110 的边缘隔开,并且发射极层 120 和背表面场层 150 两者可以形成为与基板 110 的边缘隔开间隙“T”。在以下,将参照图 3 给出描述。

[0055] 如图 3 所示,如果背表面场层 150 形成为与基板 110 的边缘隔开,则可以防止背表面场层 150 和发射极层 120 短路。在以下描述的示例中,可以省略用于防止基板 110 的前

表面和后表面短路的附加的边缘隔离工艺。另外,当基板 110 掺杂有用于形成背表面场层 150 的杂质时,防止或者减少杂质扩散到太阳能电池 100 的侧表面,从而抑制由于过多电流流过太阳能电池 100 的侧表面而产生的热点的出现。

[0056] 然而应注意的是,由于扩散,用于形成背表面场层 150 的第二杂质可能包括在背表面场层 150 和基板 110 的后表面边缘之间的间隙 T 内。然而,间隙 T 中的第二杂质的量很小,以至于可以防止背表面场层 150 和发射极层 120 短路。因此,可以忽略间隙 T 中的第二杂质的量。

[0057] 同时,背表面场层 150 和基板 110 的后表面边缘之间的间隙(或者,距离)T 的范围可以为从  $2 \mu\text{m}$  到  $300 \mu\text{m}$ 。如果背表面场层 150 和基板 110 的后表面边缘之间的间隙(或者,距离)T 短于  $2 \mu\text{m}$ ,则由于杂质扩散,背表面场层 150 和发射极层 120 可能短路,这可能是太阳能电池 100 的效率劣化的原因。另一方面,如果背表面场层 150 和基板 110 的后表面边缘之间的间隙(或者,距离)T 长于  $300 \mu\text{m}$ ,则要形成的背表面场层 150 的大小减小,因而促进了电子空穴对的复合,这可能使太阳能电池 100 的效率劣化。

[0058] 图 4 是根据本发明的另一个实施方式的太阳能电池的截面图;图 5 是图 4 的太阳能电池的发射极层的掺杂曲线;并且图 6 例示太阳能电池中具有如图 5 所示的掺杂曲线的发射极层的变化电阻的测量结果。

[0059] 参照图 4,根据本发明的另一个实施方式的太阳能电池 200 包括第一导电类型的硅半导体基板 210、布置在基板 210 的一个表面上的发射极层 220、连接到发射极层 220 的多个前指状线(前指状电极)240、以及连接到基板 210 的另一面上的背表面场层 250 的多个后指状线(后指状电极)270。太阳能电池 200 还可以包括发射极层 220 上的第一防反射膜 230 和背表面场层 250 上的第二防反射膜 260。

[0060] 基板 210、第一防反射膜 230、前指状线 240、第二防反射膜 260 和后指状线 270 类似于图 1 到图 3 中描述的对应部分。因而,不重复它们的重叠描述。

[0061] 参照图 4,发射极层 220 可以包括邻接多个前指状线 240 的第一区域 224,以及在多个前指状线 240 之中的区域之间的第二区域 222,即位于多个第一区域 224 之间的各个区域。在此示例中,可以使第一区域 224 的掺杂密度大于第二区域 222 的掺杂密度,而可以使第二区域的掺杂深度  $b'$  深于第一区域 224 的掺杂深度  $a'$ 。

[0062] 图 5 例示图 4 的发射极层 220 的掺杂曲线。图 5 的 A 表示整个发射极层 220 具有第二区域 222 的掺杂深度  $b'$  的情况(或者曲线),而 B 表示整个发射极层 220 具有第一区域 224 的掺杂深度  $a'$  的情况(或者曲线)。在此示例中,由图 5 的各个曲线图 A 和 B 形成的区域具有相同的大小。换句话说,尽管图 5 的 A 的掺杂深度比 B 更深,但是 A 和 B 具有相同的电阻值,均被设定为  $70 \Omega / \square$ 。

[0063] 图 6 例示具有如图 4 所示的掺杂曲线的发射极层 220 的变化电阻的测量结果。参照图 6,如图 6 的(a)所示,在情况 A 中,发射极层 220 的掺杂深度比情况 B 更深,  $J_{SC}$  稍微减小。然而,如图 6 的(b)所示,由于随着表面掺杂密度降低,针对 A 的表面复合速度(SRV)提高,与情况 B 相比,  $V_{OC}$  显著增加。结果,如(c)所示,对于掺杂深度比 B 更深的 A,太阳能电池的整体效率增加。

[0064] 同时,第一区域 224 是用于减小对前指状线 240 的接触电阻的高密度掺杂区域。因而,由于针对少数载流子的复合场所极有可能增加,所以优选地(但是不要求)第一区域 224

的掺杂深度  $a'$  浅于第二区域 222 的掺杂深度  $b'$ 。通过这样做,可以防止或者降低由于载流子的复合而引起的  $J_{sc}$  的减小。

[0065] 因此,根据本发明的一个实施方式的太阳能电池 200 可以通过使第二区域 222 的厚度  $b'$  形成为大于邻接前指状线 240 的第一区域 224 的厚度  $a'$  来补偿由于载流子复合引起的  $J_{sc}$  的减小量以及  $V_{oc}$  的增加量,并且可以通过降低对前指状线 240 的接触电阻来提高太阳能电池 200 的填充因数。

[0066] 发射极层 220 的第一区域 224 可以具有从  $1E19$  到  $1E21$  的掺杂密度范围和  $30 \Omega / \square$  到  $70 \Omega / \square$  的表面电阻,例如  $40 \Omega / \square$  到  $60 \Omega / \square$ 。另一方面,发射极层 220 的第二区域 222 可以具有从  $5E18$  到  $1E20$  的掺杂密度范围和  $70 \Omega / \square$  到  $150 \Omega / \square$  的表面电阻。例如  $90 \Omega / \square$  到  $120 \Omega / \square$ 。

[0067] 同时,背表面场层 250 可以具有与发射极层 220 相同的结构。换句话说,背表面场层 250 可以包括邻接多个后指状线 270 的第三区域 254,以及对应于多个后指状线 270 之中的区域的第四区域 252,即位于多个第三区域 254 之间的各个区域。在此示例中,可以使第四区域 252 的掺杂深度  $d'$  比第三区域 254 的掺杂深度  $c'$  更深。

[0068] 以上结构提供与上述发射极层 220 相同的结果。换句话说, $J_{sc}$  减小一些量。然而,随着第三区域 254 的掺杂厚度  $c'$  减小, $J_{sc}$  可以被补偿。另外,由于  $V_{oc}$  随着第四区域 252 的厚度  $d'$  变得更厚而提高,可以进一步提高太阳能电池的整体效率。

[0069] 另一方面,可以使第三区域 254 中的杂质的掺杂密度大于第四区域 252 中的杂质的掺杂密度,减小对后指状线 270 的接触电阻。在此示例中,第三区域 254 可以被设定为具有  $1E19$  到  $1E21$  的掺杂密度和  $30 \Omega / \square$  到  $70 \Omega / \square$  的表面电阻,例如  $40 \Omega / \square$  到  $60 \Omega / \square$ ,而第四区域 252 可以被设定为具有  $5E18$  到  $1E20$  的掺杂密度和  $70 \Omega / \square$  到  $150 \Omega / \square$  的表面电阻,例如  $90 \Omega / \square$  到  $120 \Omega / \square$ 。

[0070] 在此示例中,背表面场层 250 的厚度和发射极层 220 的厚度可以彼此不同。换句话说,如果基板 210 是 N 导电类型,可以使掺杂有 N 型杂质(例如,P)的背表面场层 250 的厚度比掺杂有 P 型杂质(例如,B)的发射极层 220 的厚度更厚。因此,太阳能电池 200 的整体串联电阻减小,增加了太阳能电池 200 的 FF。更具体地,背表面场层 250 的第三区域 254 的掺杂厚度  $c'$  比发射极层 220 的第一区域 224 的掺杂厚度  $a'$  更厚,并且可以使背表面场层 250 的第四区域 252 的掺杂厚度  $d'$  比发射极层 220 的第二区域 222 的掺杂厚度  $b'$  更厚。另外,可以使背表面场层 250 的第四区域 252 的宽度大于发射极层 220 的第二区域 222 的宽度。

[0071] 另外,如果基板 210 是 P 导电类型,可以使掺杂有 N 型杂质(例如,P)的发射极层 220 的厚度比掺杂有 P 型杂质(例如,B)的背表面场层 250 的厚度更厚。因此,发射极层 220 的表面杂质的密度可以减小,并且形成深的结变得容易。因此,太阳能电池 200 的开路电压  $V_{oc}$  可以增加。更具体地,背表面场层 250 的第三区域 254 的掺杂厚度  $c'$  比发射极层 220 的第一区域 224 的掺杂厚度  $a'$  更薄,并且背表面场层 250 的第四区域 252 的掺杂厚度  $d'$  比发射极层 220 的第二区域 222 的掺杂厚度  $b'$  更薄。另外,可以使背表面场层 250 的第四区域 252 的宽度小于发射极层 220 的第二区域 222 的宽度。

[0072] 图 4 进一步例示了背表面场层 250 与基板 210 的边缘隔开间隙(或者距离)T1 而发射极层 220 与基板 210 的边缘隔开间隙(或者距离)T2 的情况。由于上述构造,可以防止

背表面场层 250 和发射极层 220 短路，并且可以抑制由于过多电流流过太阳能电池 200 的侧表面而产生的热点。另外，可以省略用于防止基板 210 的前表面和后表面短路的附加的边缘隔离工艺。

[0073] 在此示例中，背表面场层 250 和基板 210 的后表面边缘之间的距离 T1 以及发射极层 220 和基板 210 的前表面边缘之间的距离 T2 可以是  $2 \mu\text{m}$  到  $300 \mu\text{m}$ 。如果上述间隙 T1、T2 比  $2 \mu\text{m}$  更短，则由于杂质扩散，背表面场层 250 和发射极层 220 可能短路，这可能是太阳能电池 200 的效率劣化的原因。另一方面，如果上述间隙 T1、T2 比  $300 \mu\text{m}$  更大，则要形成的背表面场层 250 和发射极层 220 的大小减小，因而促进了电子-空穴对的复合，这可能导致太阳能电池 200 的效率劣化。

[0074] 然而，本发明的实施方式不限于上述情形。而是，背表面场层 250 和发射极层 220 中的任一个与基板 210 的边缘隔开就足够了。

[0075] 图 7 到图 12 例示根据本发明的一个实施方式的太阳能电池的制造方法。首先，图 7 到图 11 例示图 1 到图 3 所示的太阳能电池 100 的制造工艺的一个示例。因此，将参照图 7 到图 11 描述根据本发明的一个实施方式的太阳能电池 100 的制造方法。首先，如图 7 所示，首先用与第一导电类型相反的第二导电类型的第一杂质掺杂第一导电类型的硅半导体基板 110，以具有第一掺杂密度，因而形成如上所述的发射极层 120 的第二区域 122。可以通过根据热扩散法、激光掺杂法或者离子注入法用第二导电类型的第一杂质掺杂基板 110 来执行形成第二区域 122。可以使用对基板 110 进行掺杂的其它方法。

[0076] 本发明的此实施方式描述了在基板 110 的整个前表面上形成第二区域 122 的情况，但是本发明的实施方式不限于上述情况。因此，如果如图 4 的太阳能电池 200 的情况那样，发射极层 220 形成为与基板 110 的边缘隔开，则可以首先用包裹(或者覆盖)基板 110 的周边的掩模来对基板 110 进行掺杂。这种掩模的形状类似于图 9 (a) 中所示的形状。

[0077] 同时，可以首先在基板 110 上形成凸-凹结构。可以通过将基板 110 浸入蚀刻溶液的工艺形成该凸-凹结构。该凸-凹结构可以形成为角锥形、方形或者三角形。可以使用其它形状以形成该凸-凹结构。

[0078] 接着，制备第一掩模 300，第一掩模 300 包括对应于要形成多个前指状线 140 的位置的开口 310，如图 8 的(a)所示。如图 8 的(b)所示，将掩模 300 置于基板 110 上，通过使用离子注入法等用第二导电类型的第一杂质二次掺杂基板 110，因而形成如图 8 的(c)所示的发射极层 120 的第一区域 124。开口 310 不仅可以形成在要形成前指状线 140 的位置处，而且可以形成在要形成前表面总线电极(图 1 的 180)的位置处。因此，如图 8 的(a)所示，开口 310 可以形成为具有网格形状以对应于前指状线 140 和前表面总线电极 180。

[0079] 例如可以通过采用离子注入法进行二次掺杂。通过二次掺杂形成的第一区域 124 具有比第二区域 122 更高的第二掺杂密度。第二掺杂密度的范围可以为从  $1\text{E}19$  到  $1\text{E}21$ 。因此，如以下描述的，可以减小对前指状线 140 的接触电阻。因此，可以提供选择性的发射极结构。

[0080] 接着，如图 9 所示，通过使用具有覆盖或者重叠基板 110 的后表面边缘部分的部分 412 的第二掩模 410，形成背表面场层 150 的第四区域 152。

[0081] 第四区域 152 防止或者减少与基板 110 的后表面分离的电子-空穴对的复合。可以通过根据热扩散法、激光掺杂法或者离子注入法以及其它方法用与基板 110 的导电类型

相同的第二杂质掺杂基板 110 来形成第四区域 152。第四区域 152 可以具有从 5E18 到 1E20 的掺杂密度范围和 0.3 μm 到 1 μm 的掺杂深度。

[0082] 另外,由于用于形成第四区域 152 的第二掩模 410 具有覆盖或者重叠从基板 110 的后表面边缘部分测量的距离 T 的部分 412,第二掩模 410 可以用于防止第四区域 152 与在基板 110 的侧表面形成的发射极层 120 接触。因此,可以省略用于使基板 110 的前表面和后表面绝缘的附加的边缘隔离工艺。

[0083] 由于上述结构,背表面场层 150 形成为与基板 110 的后表面边缘隔开距离“T”。在此示例中,背表面场层 150 和基板 110 的后表面边缘之间的距离 T 的范围可以为从 2 μm 到 300 μm。

[0084] 同时,第二掩模 410 还可以用于形成发射极层 120 的第二区域 122,使得发射极层 120 与基板 110 的边缘隔开。因此,第二掩模 410 可以用于形成发射极层 120 和背表面场层 150 两者,因而使发射极层 120 和背表面场层 150 与基板 110 的边缘隔开。如果第二掩模 410 用于形成第二区域 122,则可以使用第二掩模 410 而不是掩模 300,并且代替图 7 所示的工艺。

[0085] 接着,如图 10 的(a)所示,制备第三掩模 420,第三掩模 420 包含对应于要形成多个后指状线 170 的位置的开口 422。如图 10 的(b)所示,掩模 420 置于基板 110 的后表面上,并且通过使用例如离子注入法用第二杂质二次掺杂,形成如图 10 的(c)所示的背表面场层 150 的第三区域 154。

[0086] 第三掩模 420 的开口 422 不仅可以形成在对应于要形成后指状线 170 的位置处,而且可以形成在对应于在基板 110 上要形成后表面总线电极(图 1 的 190)的位置处。因此,如图 10 的(a)所示,开口 422 可以形成为具有网格形状以对应于后指状线 170 和后表面总线电极 190。

[0087] 由于第三掩模 420 还覆盖从基板 110 的后表面边缘部分测量的距离 T,第三掩模 420 维持通过使用第二掩模 410 形成的间隙 T 以防止具有第四区域 152 的发射极层 120 接触基板 110 的侧表面。因此,可以省略用于使基板 110 的前表面和后表面绝缘的附加的边缘隔离工艺。

[0088] 由于上述结构,通过使背表面场层 150 与基板 110 的后表面边缘隔开间隙“T”形成背表面场层 150。在此示例中,背表面场层 150 和基板 110 的后表面边缘之间的距离 T 的范围可以为从 2 μm 到 300 μm。

[0089] 在此示例中,在第三掩模 420 中形成的开口 422 的数目可以大于在第一掩模 300 中形成的开口 310 的数目。

[0090] 随后,同时对掺杂有第一杂质的发射极层 120 和掺杂有第二杂质的背表面场层 150 应用热处理。

[0091] 另一方面,例如可以使用离子注入掺杂第一杂质和第二杂质。在此示例中,可以执行用于掺杂第一杂质和第二杂质的离子注入,而不改变工艺条件,因此,可以增加太阳能电池 100 的制造生产率。换句话说,在使用离子注入掺杂第一杂质之后,可以在相同条件下使用离子注入掺杂第二杂质;因此,可以将均具有类似的投射深度范围 Rp 的第一杂质和第二杂质掺杂到基板 110 中。

[0092] 另一方面,在本发明的一个示例性实施方式中,如果基板 210 是 N 导电类型的,则

第一杂质可以是 P 型杂质(例如, B),而第二杂质可以是 N 型杂质(例如, P)。如果掺杂有第一杂质的发射极层 120 和掺杂有第二杂质的背表面场层 150 被同时煅烧或者热处理,由于这种做使 N 型杂质比 P 型杂质更容易扩散,所以掺杂有第二杂质的背表面场层 150 的厚度变得比发射极层 120 的厚度更厚。另外,太阳能电池 200 的整体串联电阻减小,因而可以增加太阳能电池 100 的 FF。

[0093] 在本发明的另一个示例性实施方式中,如果基板 210 是 N 导电类型的,则第一杂质可以是 P 型杂质(例如, P),而第二杂质可以是 P 型杂质(例如, B)。因此,发射极层 120 的厚度变得比背表面场层 150 的厚度更厚,并且容易地形成深的结。因此,可以增加太阳能电池 200 的开路电压  $V_{oc}$ 。

[0094] 接着,如图 11 所示,在发射极层 120 上形成第一防反射膜 130 和前指状线 140,在背表面场层 150 上形成第二防反射膜 160 和后指状线 170。另外,可以在发射极层 120 和背表面场层 150 上进一步形成钝化层。也就是说,在执行针对发射极层 120 和背表面场层 150 的热处理时可以形成氧化膜,因而该氧化膜可以用作钝化层。

[0095] 可以通过利用真空沉积法、化学气相沉积法、旋涂、丝网印刷或者喷涂形成第一防反射膜 130 和第二防反射膜 160,但是不限于此。

[0096] 例如可以按照如下方式形成前指状线 140:通过使用掩模在基板 110 的要形成前指状线 140 的区域上丝网印刷用于前表面电极的膏体,并且对膏体应用热处理。在所印刷的膏体中,随着膏体中包含的银通过在高温加热转换为液体并且在加热之后再次结晶为固体,由于烧穿(fire-through)现象(其中通过使用玻璃粉所印刷的膏体穿透第一防反射膜 130),银与发射极层 120 的第一区域 124 接触。

[0097] 另外,可以如下形成前指状线 140:使用激光烧蚀去除第一防反射膜 130 和 / 或钝化层的部分,在经去除的部分处沉积基于 Ni 的种子层,然后使用涂覆或者溅射沉积金属层。另外,可以通过激光烧蚀法和在激光烧蚀之后使用丝网印刷的方法形成前指状线 140,但是不限于此。

[0098] 由于可以按照与前指状线 140 类似的方式形成后指状线 170,在此不给出形成后指状线 170 的详细描述。

[0099] 同时,要形成的后指状线 170 的数目可以不同于前指状线 140 的数目,以降低或者防止太阳能电池 100 的电阻减小以及太阳能电池 100 的光伏转换效率的劣化。例如,后指状线 170 的数目可以大于前指状线 140 的数目。

[0100] 图 12 例示梳状掩模。通过使用梳状掩模 500,可以用杂质同时掺杂发射极层 120 的第一区域 124 和第二区域 122 或者背表面场层 150 的第三区域 154 和第四区域 152。

[0101] 梳状掩模 500 包括支撑单元 510 和从支撑单元 510 伸出的多个齿 520。在多个齿 520 中,形成狭缝 530 形式的开口。为了给出通过使用这种梳状掩模 500 形成发射极层 120 的方法的简单示例,梳状掩模 500 被固定在基板 110 上的一位置处,并且通过狭缝 530 在基板 110 上注射第一杂质,因而形成立发射极层 120 的第一区域 124。在形成第一区域 124 之后,置于梳状掩模 500 的下部的基板 110 移动,并且连续地将第一杂质注射到基板 110 中,因而形成第二区域 122。在此示例中,可以通过调整离子注射时间、用于掺杂的离子的量、离子加速能量等来控制第一区域 124 和第二区域 122 的掺杂密度。

[0102] 因此,通过使用梳状掩模可以同时(或者一起)形成立发射极层 120 和背表面场层

150,或者图 4 的发射极层 220 和背表面场层 250。

[0103] 图 13 是根据本发明的一个实施方式的太阳能电池模块的截面图,图 14 是图 13 的 C 部分的放大图。参照图 13,根据本发明的一个实施方式的太阳能电池模块 600 可以包括多个太阳能电池 650、电连接多个太阳能电池 650 的多个扁平电缆 643、在两侧密封太阳能电池 650 的第一密封膜 631 和第二密封膜 632、保护太阳能电池 650 的一个表面的前基板 610;以及保护太阳能电池 650 的另一个表面的后基板 620。

[0104] 多个太阳能电池 650 通过扁平电缆 643 彼此电连接,因而形成串 640。例如,两段扁平电缆 643 通过焊接(tabbing)工艺附接在太阳能电池 650 的上部和下部,并且电连接多个太阳能电池 650。换句话说,焊接工艺包括在太阳能电池 650 的一个表面上喷涂助熔剂,将扁平电缆 643 置于喷涂了助溶剂的太阳能电池 650 上,并且应用煅烧工艺(或者施加热)。

[0105] 另一方面,如图 14 所示,可以在太阳能电池 650 的一个表面和扁平电缆 643 之间附接导电膜 660;然后可以通过使用热压缩将扁平电缆 643 固定到多个太阳能电池 650 来串联或者并联多个太阳能电池 650。

[0106] 导电膜 660 可以包括基底膜 662 和分布在基底膜 662 中的导电颗粒 664。由于热压缩,导电颗粒 664 露出到基底膜 662 的外部,并且太阳能电池 650 和扁平电缆 643 可以由于露出的导电颗粒 664 而彼此电连接。

[0107] 例如可以使用诸如环氧树脂、丙烯酸树脂、聚酰亚胺树脂、聚碳酸酯树脂这样的具有优异的粘附性和绝缘属性的热固性树脂形成基底膜 662。例如,导电颗粒 664 可以是显示优异的导电属性的金、银、镍或者铜颗粒。另外,导电颗粒 664 可以是通过使用上述金属在聚合物颗粒上涂覆金属层而形成的颗粒。

[0108] 因此,当通过使用导电膜将多个太阳能电池 650 彼此连接而形成模块时,可以降低其工艺温度,因而防止串 640 变弯曲。

[0109] 再次地,参照图 13,第一密封膜 631 和第二密封膜 632 在两个表面处密封多个太阳能电池 650。通过层压将第一密封膜 631 和第二密封膜 632 彼此紧固,从而将多个太阳能电池 650 与可能不利地影响多个太阳能电池 650 的湿气或者氧气隔离。

[0110] 另外,第一密封膜 631 和第二密封膜 632 帮助太阳能电池 650 的每个元件彼此化学地组合。对于第一密封膜 631 和第二密封膜 632,可以采用乙烯醋酸乙烯(EVA)共聚物树脂,聚乙烯醇缩丁醛,乙烯醋酸乙烯部分氧化物,硅树脂,酯树脂,烯烃树脂等。

[0111] 优选地(但是不要求)将前基板 610 置于第一密封膜 631 上以便太阳光线透过,并且基板 610 由钢化玻璃制成以保护太阳能电池 650 免受外部冲击。另外,更优选地(但是不要求)使用低铁钢化玻璃以便减少或者防止太阳光线的反射并且增加太阳光线的透过率。

[0112] 后基板 620 意图在太阳能电池 650 的后表面处保护太阳能电池 650,提供防水功能、绝缘功能和紫外线阻挡功能。后基板 620 可以是 TPT (Tedlar/PET/Tedlar)型,但是不限于此。另外,可以由可透过太阳光线的透明材料形成后基板 620。

[0113] 根据本发明的太阳能电池不限于上述实施方式的组合或者执行上述方法。相反地,可以选择性地组合各个实施方式的整体或者一部分,从而对实施方式的多种修改是可能的。

[0114] 根据本发明,通过包括彼此具有不同厚度的发射极层和背表面场层,可以提高太阳电池的光伏转换效率。

[0115] 另外,通过利用离子注入注射发射极层和背表面场层的杂质并且同时应用煅烧,可以增加太阳能电池的生产率。

[0116] 在图 1 到图 3 的上述实施方式中,发射极层包括具有不同的掺杂浓度的第一区域 124 和第二区域 122,背表面场层 150 包括具有不同的掺杂浓度的第三区域 154 和第四区域 152。然而,本发明并不限于此。

[0117] 因而,参照图 15,发射极层 120a 可以仅包括作为浅掺杂区域或者轻掺杂区域的第二区域 122。另外,参照图 16,背表面场层 150a 可以仅包括作为浅掺杂区域的第四区域 152。另外,参照图 17,发射极层 120a 可以仅包括作为浅掺杂区域的第二区域 122,同时,背表面场层 150a 可以仅包括作为浅掺杂区域的第四区域 152。在本发明的实施方式中,浅掺杂区域覆盖基板 110 的前表面或者后表面的至少大部分(如果不是全部的话)。换句话说,浅掺杂区域覆盖基板 110 的前表面或者后表面的至少 51% 到 100%。另外,在浅掺杂区域中,杂质的掺杂密度或者浓度基本上是同质的,从而与期望值(诸如掺杂密度或者浓度的均值)存在不超过 10% 的差异。在本发明的实施方式中,例如,该差异可以在 0% 到不超过 10% 之间。

[0118] 在本发明的其它实施方式中,基板 110 可以附加地包括基板 110 的前表面或者后表面的不被浅掺杂区域或者轻掺杂区域覆盖的剩余区域,剩余区域是比各个浅掺杂区域具有更大掺杂浓度的高掺杂区域。

[0119] 在这些示例中,发射极层 120 或者发射极层 120a 和背表面场层 150 或者背表面场层 150a 的浅掺杂区域的厚度彼此不同。在本发明的实施方式中,厚度的差异可以是 5% 到 50%。在本发明的实施方式中,发射极层 120 或者发射极层 120a 的浅掺杂区域的厚度可以大于背表面场层 150 或者背表面场层 150a 的厚度,反之亦然。因而,第二区域 122 的厚度 a 不同于第四区域 152 的厚度 c。

[0120] 另外,涉及图 1 到图 3 的实施方式的修改实施方式可以应用于图 15 到图 17 的实施方式。

[0121] 已经描述了本发明的实施方式。然而,本发明并不限于以上描述的具体实施方式;在不背离由所附的权利要求限定的本发明的范围的前提下,本发明所属领域的技术人员可以对实施方式进行各种修改。另外,对实施方式的修改不应与本发明的技术原理或者方面分别理解。

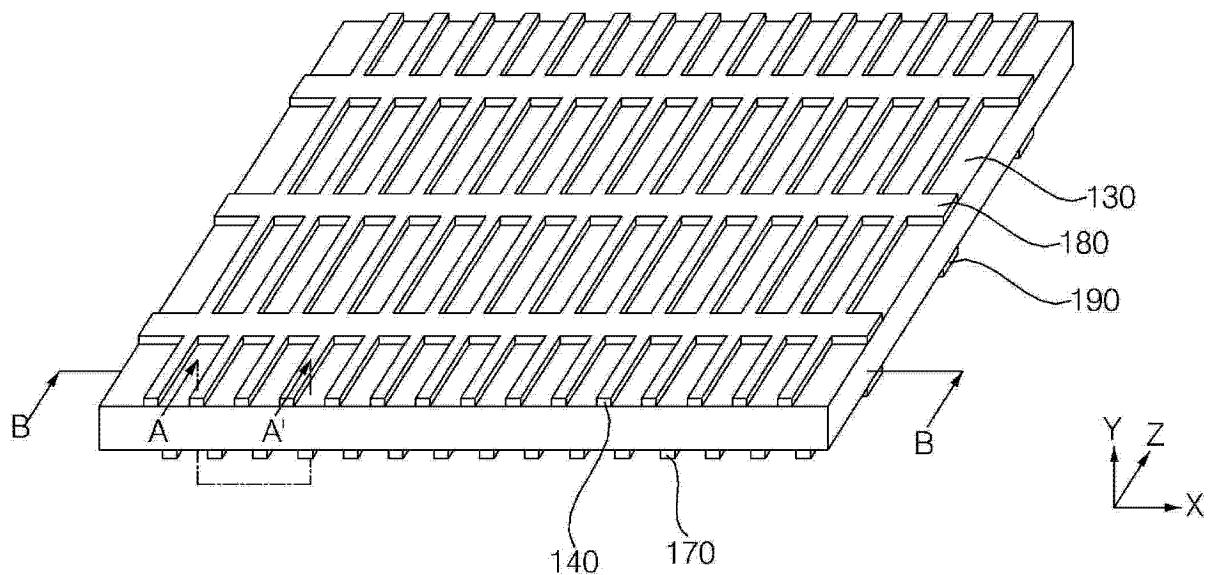
100

图 1

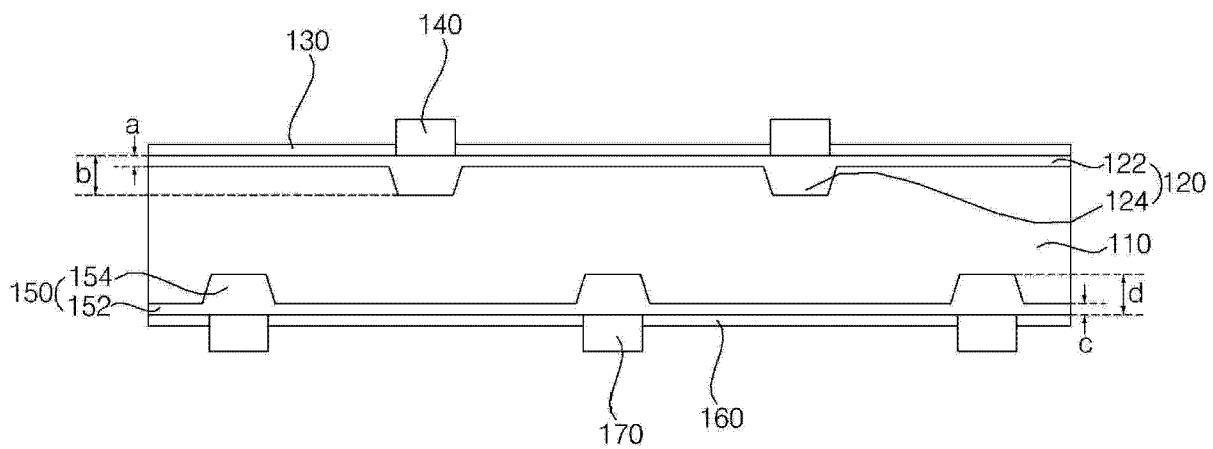


图 2

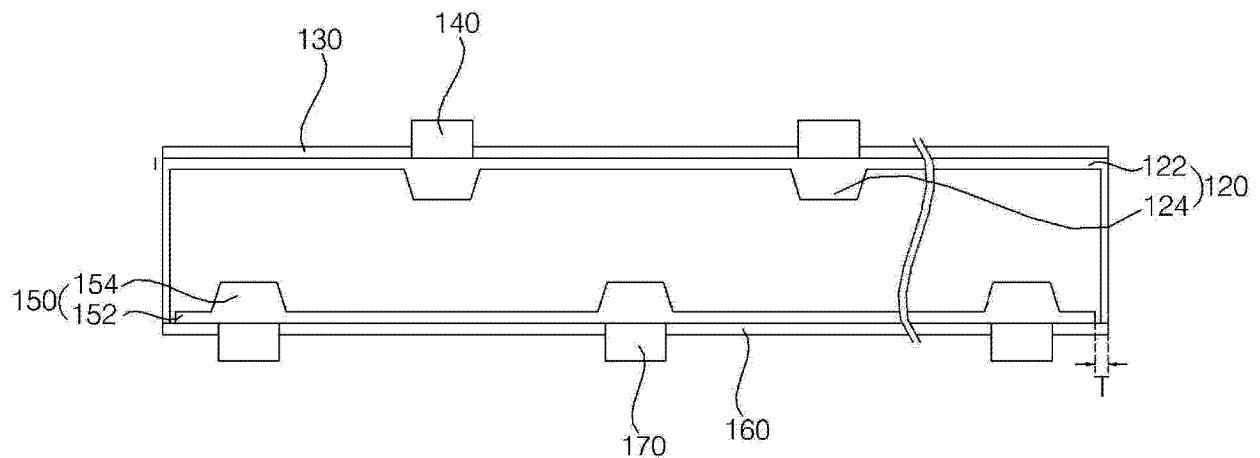


图 3

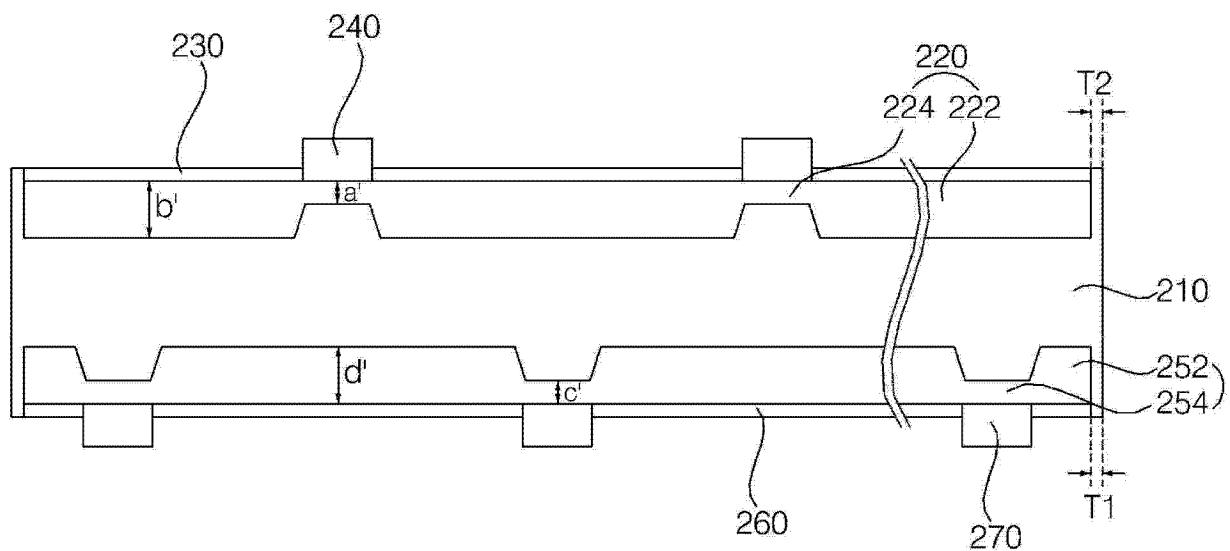
200

图 4

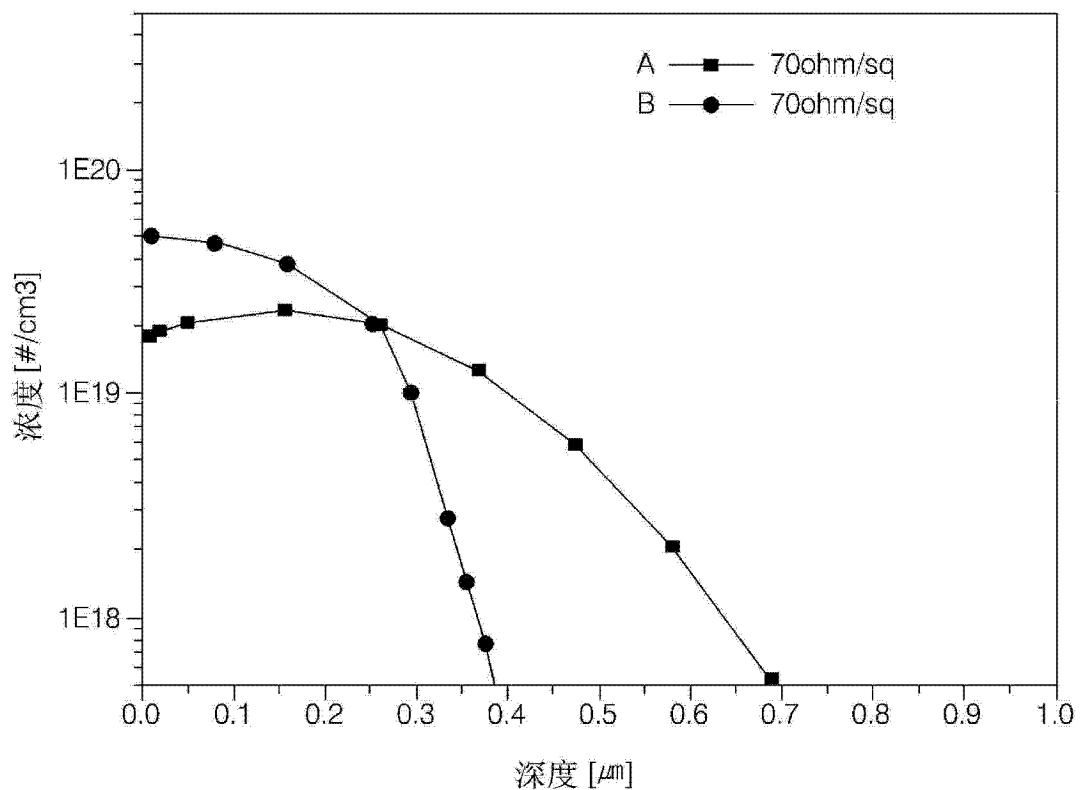


图 5

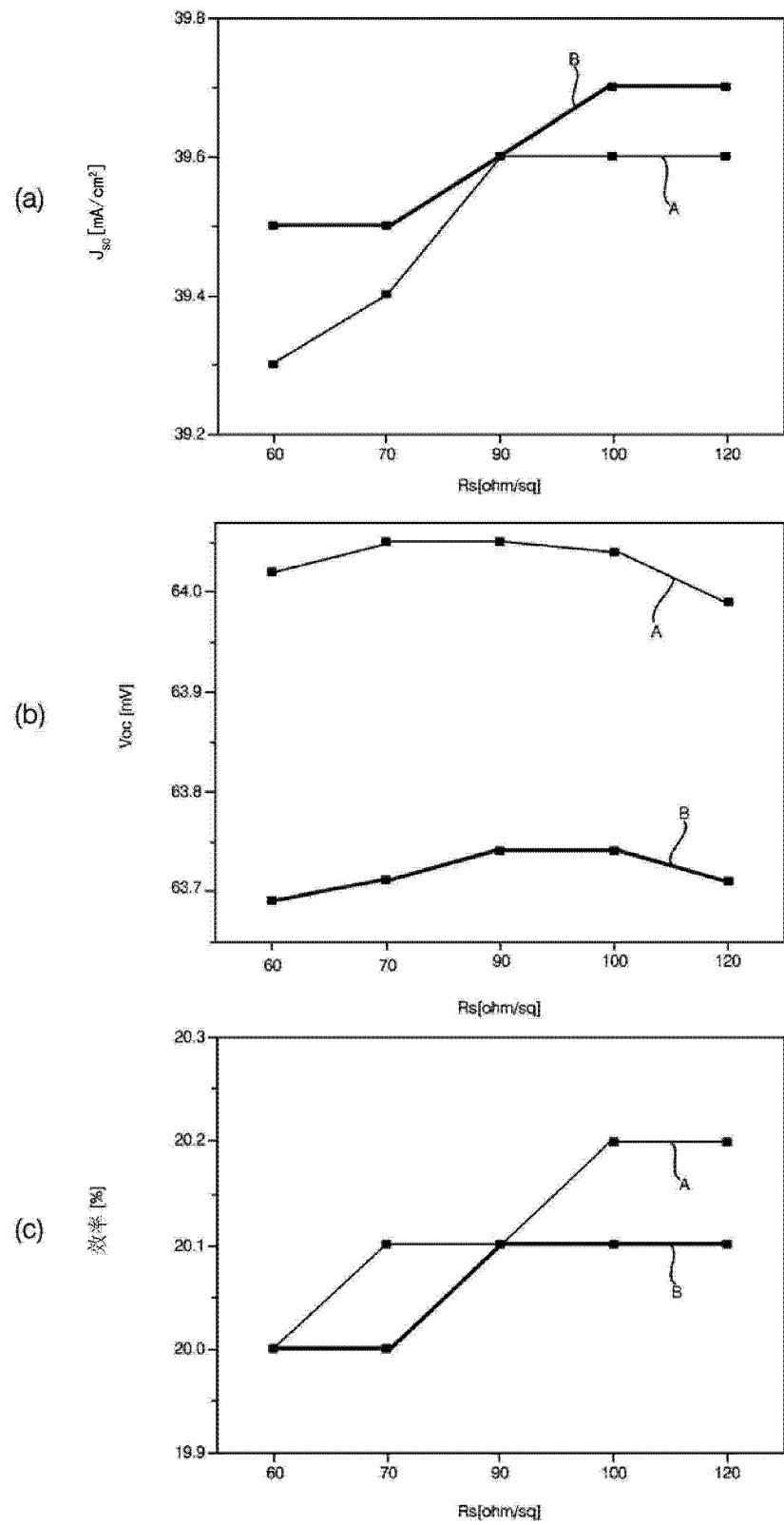
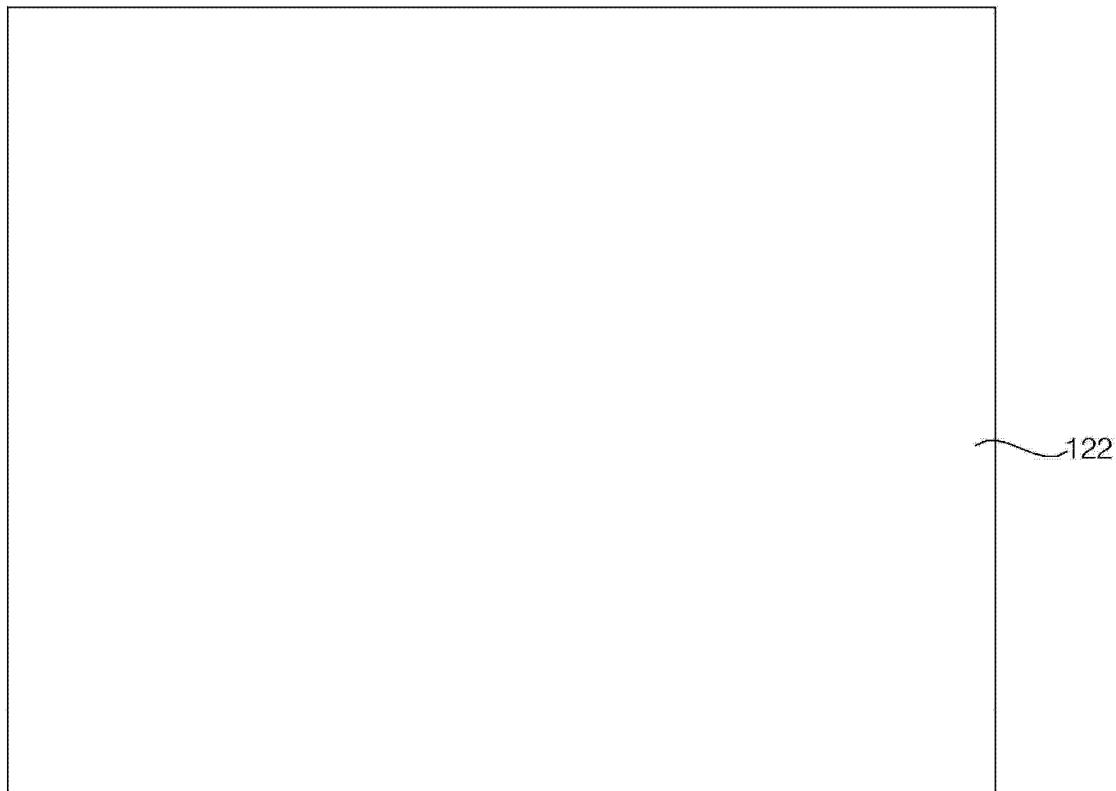
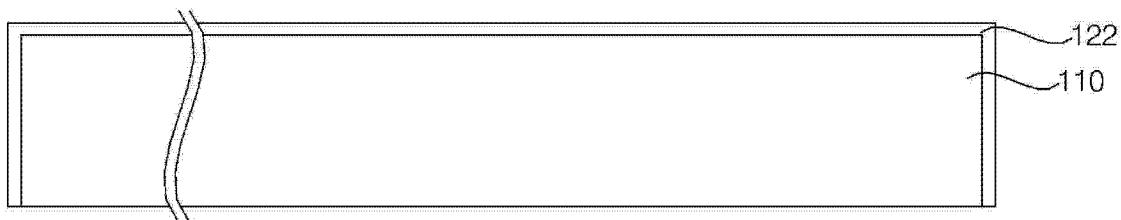


图 6



(a)



(b)

图 7

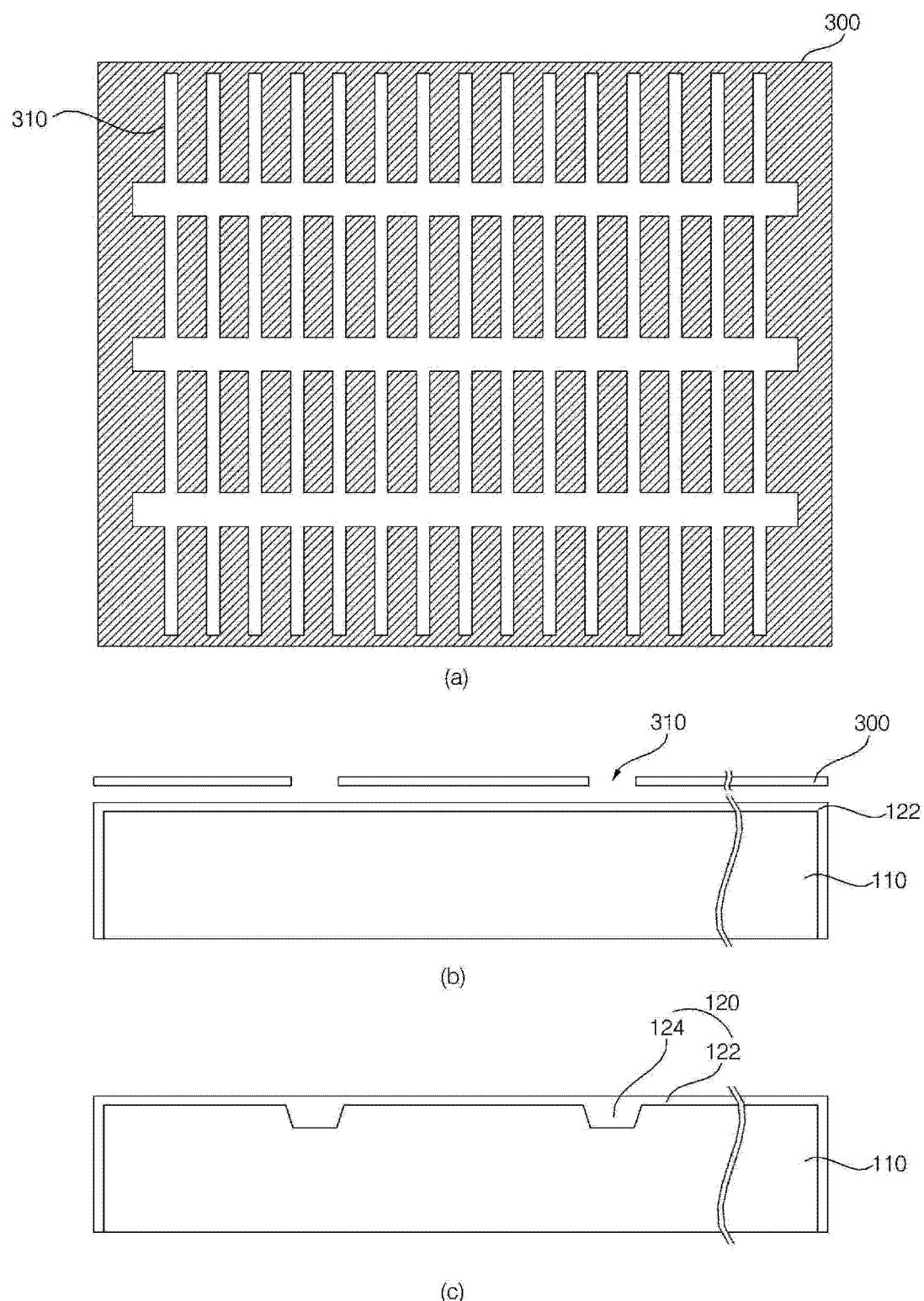
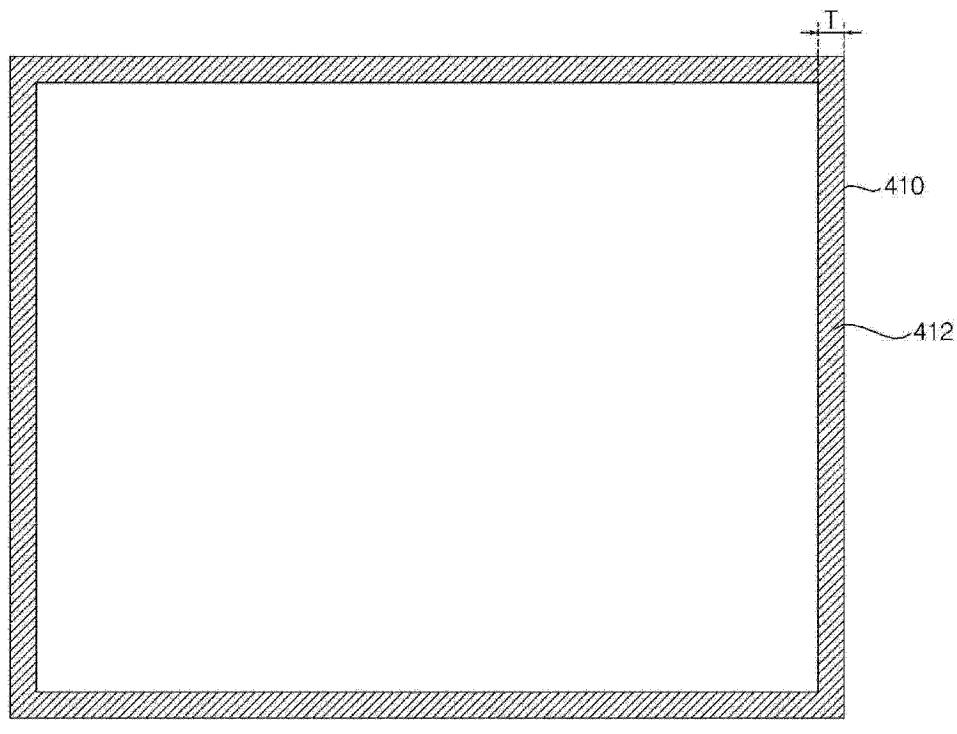
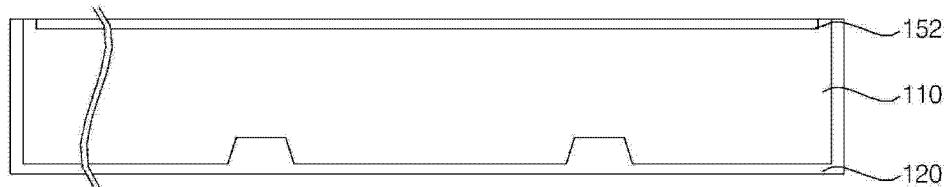


图 8



(a)



(b)

图 9

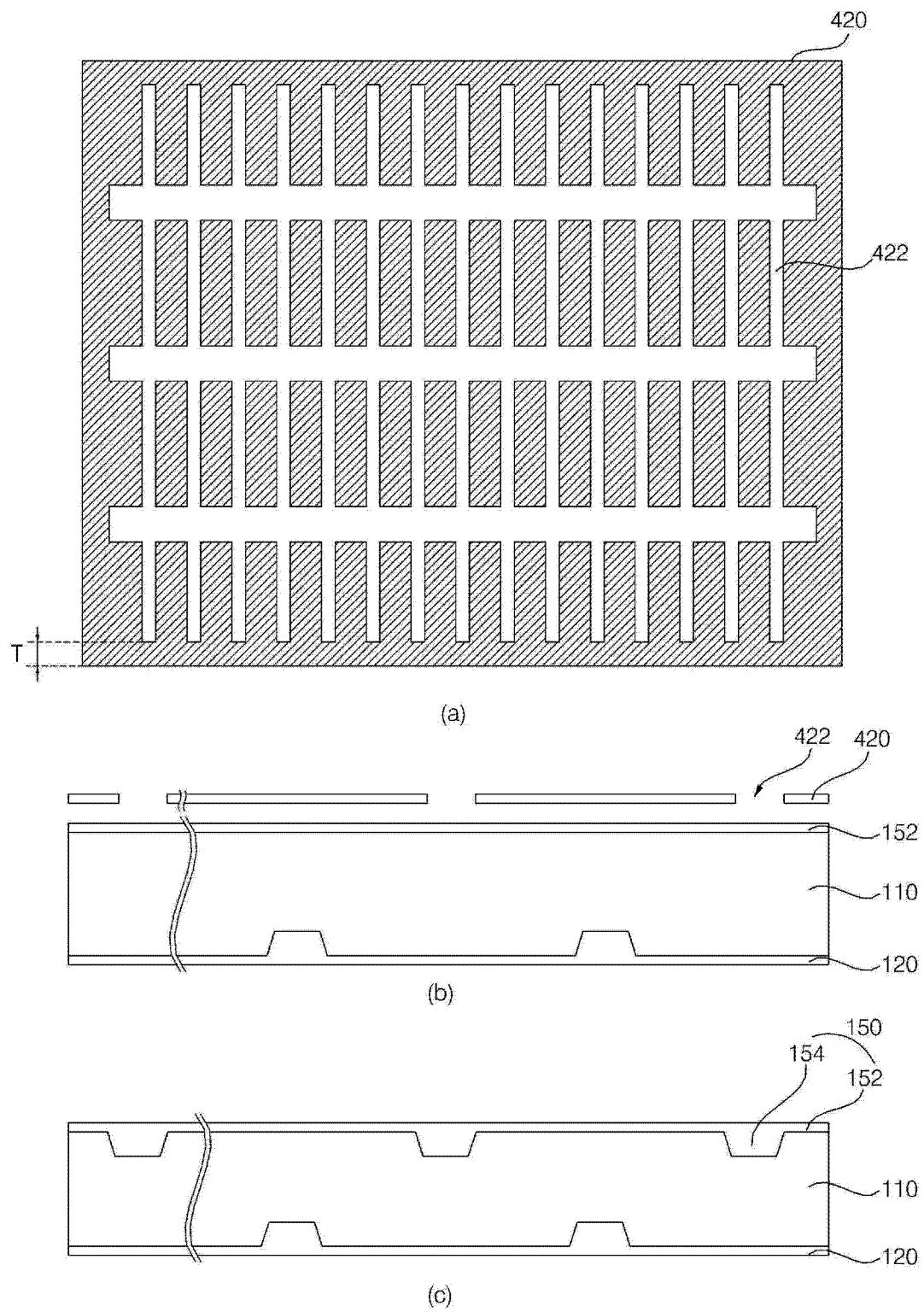


图 10

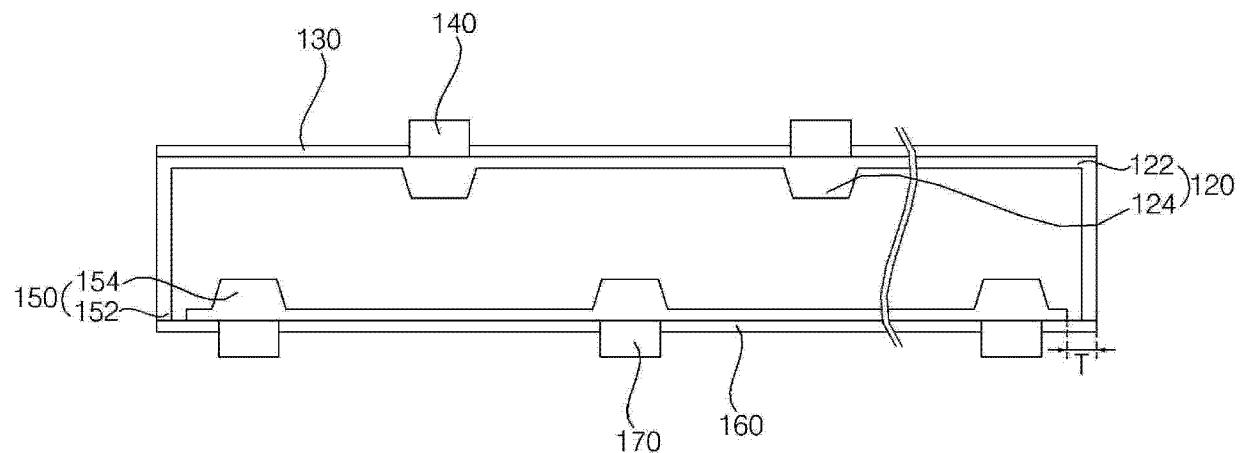


图 11

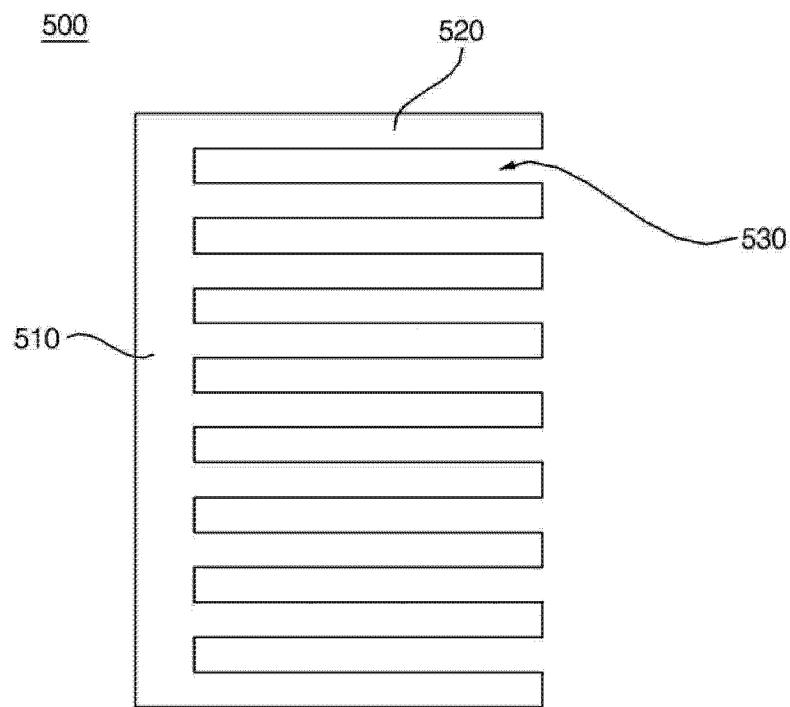


图 12

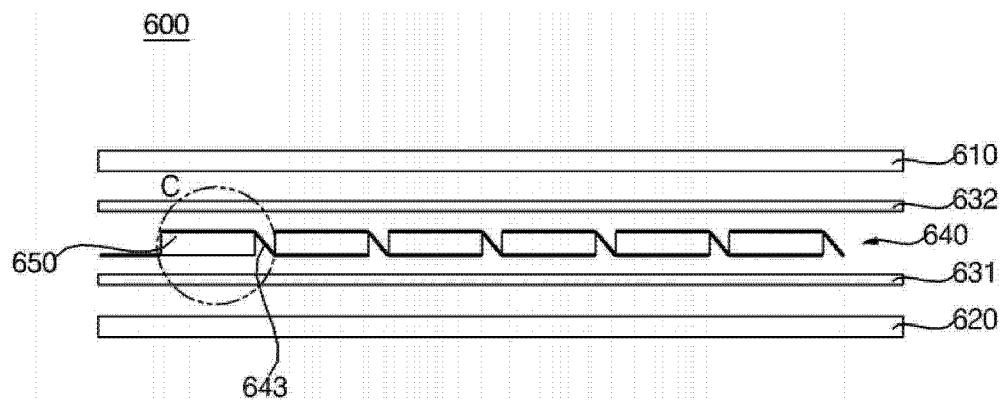


图 13

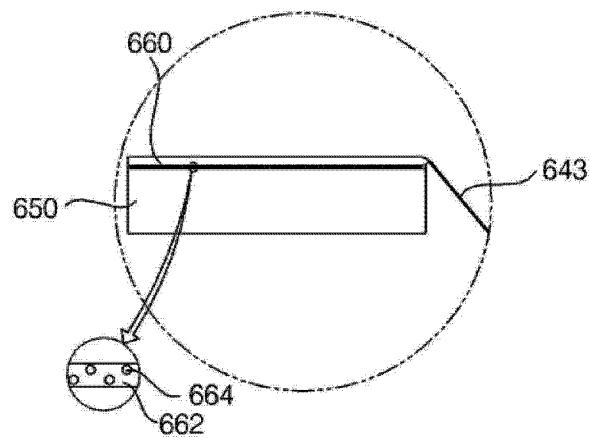


图 14

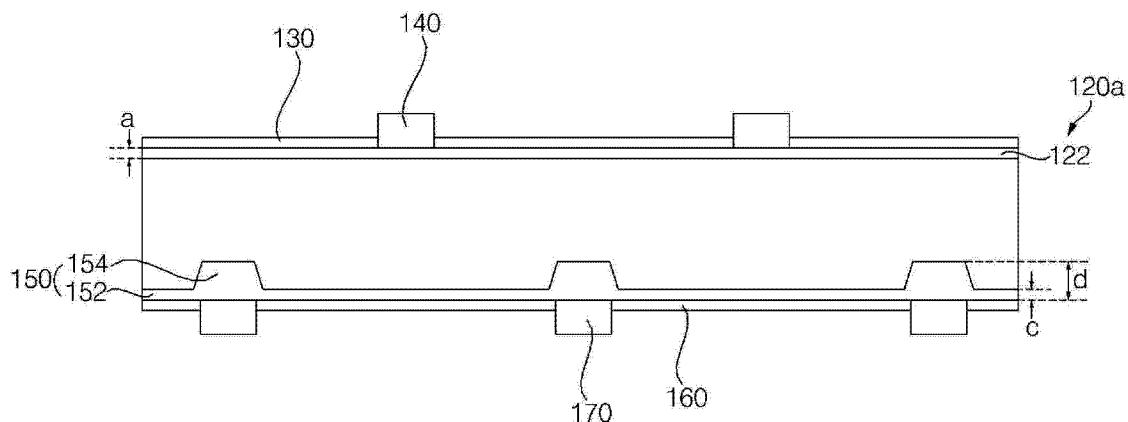


图 15

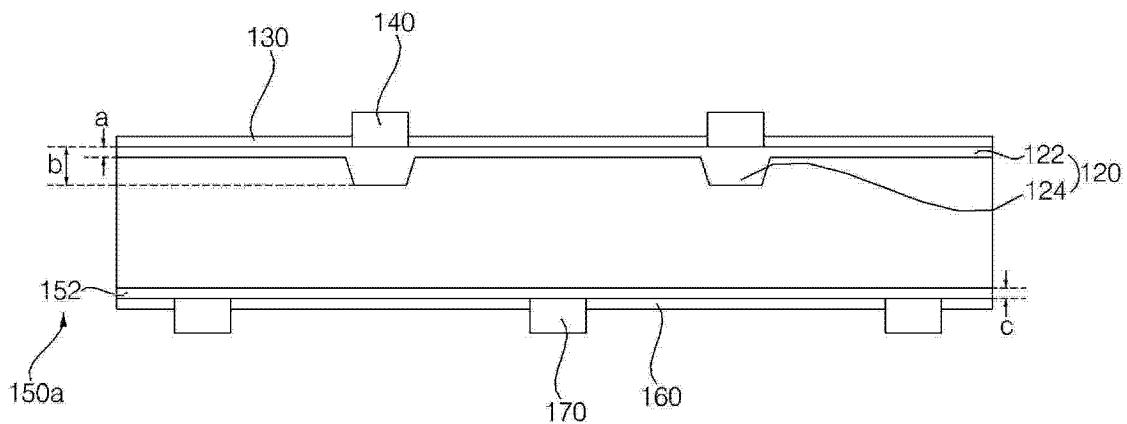


图 16

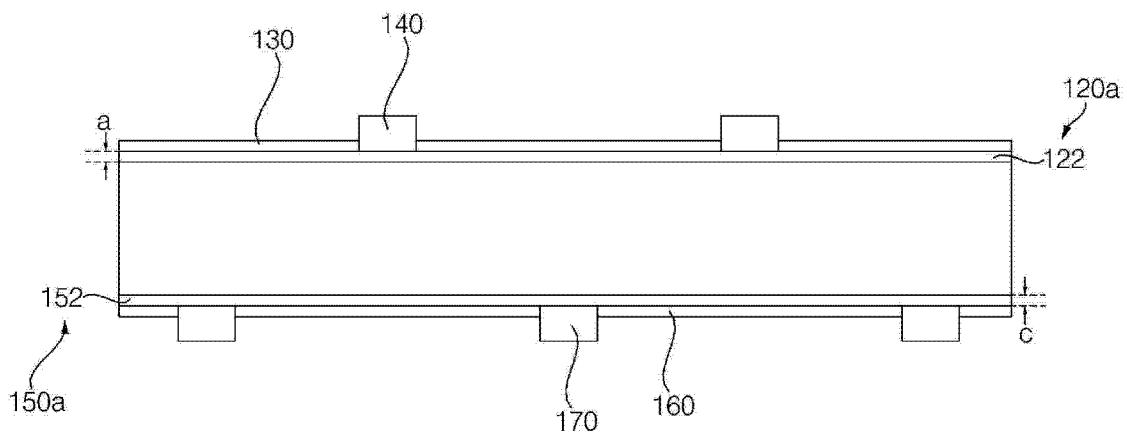


图 17