



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120092512 A

(43) 申请公布日 2025.06.03

(21) 申请号 202380077093.5

(22) 申请日 2023.08.09

(30) 优先权数据

2022-178203 2022.11.07 JP

PCT/JP2023/012085 2023.03.27 JP

2023-096794 2023.06.13 JP

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 朱丹

(51) Int.Cl.

H10F 77/20 (2025.01)

H01B 1/22 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.04.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/029078 2023.08.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/100947 JA 2024.05.16

(71) 申请人 纳美仕有限公司

地址 日本

(72) 发明人 今野圣也 田边秀雄 斋藤元希

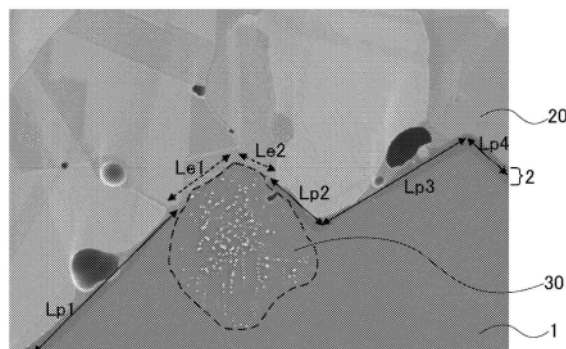
权利要求书1页 说明书26页 附图4页

(54) 发明名称

太阳能电池

(57) 摘要

提供具有高的开路电压(Voc)及填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池。本发明的太阳能电池包含:结晶系硅基板(1),其包含杂质扩散层;钝化膜(2),其配置于所述基板(1)的所述杂质扩散层的至少一部分上;以及电极(20),其包含银(Ag),且配置于所述钝化膜(2)的至少一部分上,所述太阳能电池进一步包含配置于所述电极(20)与所述基板(1)之间的至少一部分的至少1个AgSi区域(30),所述AgSi区域(30)包含至少1个深度为100nm以上的AgSi区域(30),在所述太阳能电池的包含所述AgSi区域(30)的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中,所述钝化膜(2)残存的长度的比例即所述钝化膜(2)的残存率为10~90%。



1. 一种太阳能电池,其包含:
基板,其包含结晶系硅,且在至少一个表面包含杂质扩散层;
钝化膜,其配置于所述基板的所述杂质扩散层的至少一部分上;以及
电极,其包含银(Ag),且配置于所述钝化膜的至少一部分上,
所述太阳能电池进一步包含配置于所述电极与所述基板之间的至少一部分的至少1个AgSi区域,
所述AgSi区域包含至少1个深度为100nm以上的AgSi区域,
在所述太阳能电池的包含所述AgSi区域的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中,所述钝化膜残存的长度的比例即所述钝化膜的残存率为10%~90%。
2. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其中,
所述钝化膜的刚刚成膜后的膜厚Da与在所述太阳能电池的表面形成所述电极而完成的所述太阳能电池的包含所述AgSi区域的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中的所述钝化膜的膜厚Db的比Db/Da为15%~85%。
3. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其中,
所述电极中相对于所述电极中含有的所述银(Ag)的100重量份进一步包含0.1重量份~5.0重量份的玻璃料。
4. 根据权利要求3所述的太阳能电池,其中,
所述玻璃料的玻璃化转变温度为250℃~600℃。
5. 根据权利要求3或4所述的太阳能电池,其中,
所述玻璃料包含选自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 Li_2O 及ZnO中的至少1种。
6. 根据权利要求3~5中任一项所述的太阳能电池,其中,
所述玻璃料实质上不包含PbO。
7. 根据权利要求1~6中任一项所述的太阳能电池,其中,
所述电极实质上不包含铅(Pb)。
8. 根据权利要求1~7中任一项所述的太阳能电池,其中,
所述电极实质上不包含铅粒子。
9. 根据权利要求1~8中任一项所述的太阳能电池,其中,
所述基板为第1导电型的所述结晶系硅基板,
所述杂质扩散层为第2导电型的杂质扩散层,
所述电极为配置于光入射侧表面的光入射侧表面电极,
所述太阳能电池进一步包含以与所述结晶系硅基板的与所述光入射侧表面相反的一侧的表面电连接的方式配置的背面电极,
所述光入射侧表面电极是进行了如下处理的所述光入射侧表面电极,即,一边对所述背面电极与所述光入射侧表面电极之间施加电压以使得在所述第2导电型的所述杂质扩散层与所述第1导电型的所述结晶系硅基板之间流过与正向相反的方向的电流,一边对所述太阳能电池的所述光入射侧表面照射来自点光源的光。

太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使用了结晶系硅基板的结晶系硅太阳能电池。

背景技术

[0002] 使用将单晶硅或多晶硅加工为平板状而成的结晶系硅作为基板的结晶系硅太阳能电池等半导体器件中,为了器件与外部的电接触,通常在硅基板表面使用电极形成用的导电性糊剂形成电极。在像这样形成电极的半导体器件中,近年来,结晶系硅太阳能电池的生产量大幅度增加。这些太阳能电池在结晶系硅基板的一个表面具有杂质扩散层、防反射膜(钝化膜)及光入射侧表面电极,在另一个表面具有背面电极。利用光入射侧表面电极及背面电极,能够将由结晶系硅太阳能电池发出的电力取出至外部。

[0003] 在以往的结晶系硅太阳能电池的电极形成中,使用包含导电性粉末、玻璃料、有机粘结剂、溶剂及其他添加物的导电性糊剂。作为导电性粉末,主要使用银粒子(银粉末)。

[0004] 专利文献1中,记载过结晶系硅太阳能电池的制造方法。专利文献1中记载,为了结晶系硅太阳能电池的电极的形成,使用包含无机材料的电极形成用导电性糊剂。专利文献1中记载,无机材料包含导电性粒子和玻璃料。

[0005] 专利文献2中,记载过一种改善硅太阳能电池中的接触栅格与发射极层之间的欧姆接触行为的工艺。具体而言,作为专利文献2的工艺记载如下,沿与硅太阳能电池的正向相反的方向施加给定的电压,将点光源导向硅太阳能电池的太阳面侧,由此向上述太阳面侧的子区段的截面照射。

[0006] 专利文献3中,记载过一种用于形成太阳能电池的电极的、包含银粉末、含有PbO的玻璃粉末和由有机物构成的载体的导电性组合物。专利文献3中,记载过一种导电性组合物,该导电性组合物用于形成贯穿氮化硅层而与形成于上述氮化硅层下的n型半导体层导通的电极。另外,专利文献3中记载,导电性组合物中含有的玻璃粉末的碱度为0.6以上且0.8以下,玻璃的转变温度为300℃~450℃。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开2011-86754号公报

[0010] 专利文献2:日本特表2021-513218号公报

[0011] 专利文献3:日本特开2009-231826号公报

发明内容

[0012] 图5中表示出通常的结晶系硅太阳能电池的截面示意图的一例。如图5所示,在通常的结晶系硅太阳能电池中,利用丝网印刷法等使用导电性糊剂将光入射侧表面电极20(表面电极)的电极图案印刷在作为钝化膜2发挥作用的钝化膜2上,使导电性糊剂干燥,在给定的温度下进行烧成,由此形成光入射侧表面电极20。在通常的结晶系硅太阳能电池中,在该给定的温度下的烧成时,导电性糊剂会烧穿钝化膜2。通过该烧穿,能够与杂质扩散层4

接触地形成光入射侧表面电极20。需要说明的是,所谓烧穿,是指以导电性糊剂中含有的玻璃料等来蚀刻作为绝缘膜的钝化膜2,使光入射侧表面电极20与杂质扩散层4导通。图5所示的例子中,在电极图案的烧成时,电极图案烧穿钝化膜2,由此钝化膜2消失,光入射侧表面电极20与杂质扩散层4接触。在n型结晶系硅基板1与杂质扩散层4的界面形成有pn结。入射至结晶系硅太阳能电池的入射光的大部分透过钝化膜2及杂质扩散层4后入射至n型结晶系硅基板1。该过程中在n型结晶系硅基板1中光被吸收,产生电子-空穴对。这些电子-空穴对由于pn结所致的电场的作用,电子被从n型结晶系硅基板1分离给背面电极15,空穴被从p型杂质扩散层4分离给光入射侧表面电极20。电子及空穴(载流子)经由这些电极以电流的形式取出至外部。

[0013] 图2中表示出结晶系硅太阳能电池的光入射侧表面的示意图的一例。如图2所示,在结晶系硅太阳能电池的光入射侧表面,作为光入射侧表面电极20,配置有主栅电极(光入射侧主栅电极20a)及光入射侧副栅电极20b(有时简称为“副栅电极20b”)。图5及图2所示的例子中,因入射至结晶系硅太阳能电池的入射光而产生的电子-空穴对中的电子汇集于副栅电极20b,进而汇集于光入射侧主栅电极20a。在光入射侧主栅电极20a,焊接有由焊料覆盖了周围的互联用的金属焊带,利用该金属焊带将电流取出至外部。

[0014] 太阳能电池的光-电转换效率(有时简称为“转换效率”)以填充因子(Fill Factor:FF)、开路电压(Open Circuit Voltage:Voc)及短路电流(Short Circuit Current:Jsc)的乘积表示。基本上,填充因子(FF)与开路电压(Voc)处于此消彼长的关系,难以同时提高填充因子和开路电压两者。

[0015] 为了获得高转换效率、特别是高填充因子(FF)的结晶系硅太阳能电池,要求光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的接触电阻低。

[0016] 另外,在以往的结晶系硅太阳能电池的情况下,在形成光入射侧表面电极20时,导电性糊剂的电极图案被烧成,由此烧穿钝化膜2而与杂质扩散层4接触。在该烧穿时,在杂质扩散层4产生损伤,从而有结晶系硅太阳能电池的性能(特别是开路电压(Voc))降低的问题。

[0017] 如上所述,通常难以同时地提高填充因子和开路电压两者。另一方面,若清楚为了获得具有高的开路电压(Voc)及填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池所必需的电极与基板之间的结构,则能够获得用于制造高效率的结晶系硅太阳能电池的指导方针。

[0018] 因而,本发明的目的在于,提供具有高的开路电压(Voc)及填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池。特别是,本发明为了获得具有高的开路电压(Voc)及填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池,目的在于,提供电极与上述基板之间为给定的结构的结晶系硅太阳能电池。

[0019] 为了解决上述课题,本发明具有以下构成。

[0020] (构成1)

[0021] 构成1是一种太阳能电池,其包含:

[0022] 基板,其包含结晶系硅,且在至少一个表面包含杂质扩散层;

[0023] 钝化膜,其配置于上述基板的上述杂质扩散层的至少一部分上;以及

[0024] 电极,其包含银(Ag),且配置于上述钝化膜的至少一部分上,

[0025] 上述太阳能电池进一步包含配置于上述电极与上述基板之间的至少一部分的至

少1个AgSi区域,

[0026] 上述AgSi区域包含至少1个深度为100nm以上的AgSi区域,

[0027] 在上述太阳能电池的包含上述AgSi区域的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中,上述钝化膜残存的长度的比例即上述钝化膜的残存率为10~90%。

[0028] (构成2)

[0029] 构成2是如下的构成1的太阳能电池,即,上述钝化膜的刚刚成膜后的膜厚Da与在上述太阳能电池的表面形成上述电极而完成的上述太阳能电池的包含上述AgSi区域的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中的上述钝化膜的膜厚Db的比Db/Da为15%~85%。

[0030] (构成3)

[0031] 构成3是如下的构成1或2的太阳能电池,即,上述电极中相对于上述电极中含有的上述银(Ag)的100重量份进一步包含0.1~5.0重量份的玻璃料。

[0032] (构成4)

[0033] 构成4是如下的构成3的太阳能电池,即,上述玻璃料的玻璃化转变温度为250~600℃。

[0034] (构成5)

[0035] 构成5是如下的构成3或4的太阳能电池,即,上述玻璃料包含选自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 Li_2O 及ZnO中的至少1种。

[0036] (构成6)

[0037] 构成6是如下的构成3~5中任一项的太阳能电池,即,上述玻璃料实质上不包含PbO。

[0038] (构成7)

[0039] 构成7是如下的构成1~6中任一项的太阳能电池,即,上述电极实质上不包含铅(Pb)。

[0040] (构成8)

[0041] 构成8是如下的构成1~7中任一项的太阳能电池,即,上述电极实质上不包含铝粒子。

[0042] (构成9)

[0043] 构成9是如下的构成1~8中任一项的太阳能电池,即,上述基板为第1导电型的上述结晶系硅基板,

[0044] 上述杂质扩散层为第2导电型的杂质扩散层,

[0045] 上述电极为配置于光入射侧表面的光入射侧表面电极,

[0046] 上述太阳能电池进一步包含以与上述结晶系硅基板的与上述光入射侧表面相反的一侧的表面电连接的方式配置的背面电极,

[0047] 上述光入射侧表面电极是进行了如下处理的上述光入射侧表面电极,即,一边对上述背面电极与上述光入射侧表面电极之间施加电压以使得在上述第2导电型的上述杂质扩散层与上述第1导电型的上述结晶系硅基板之间流过与正向相反的方向的电流,一边对上述太阳能电池的上述光入射侧表面照射来自点光源的光。

[0048] 根据本发明,能够提供具有高的开路电压(Voc)及填充因子(FF)的高效率的结晶

系硅太阳能电池。特别是,根据本发明,为了获得具有高的开路电压(Voc)及填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池,能够提供电极与上述基板之间为给定的结构的结晶系硅太阳能电池。

附图说明

[0049] 图1是本实施方式的结晶系硅太阳能电池的截面示意图的一例。

[0050] 图2是结晶系硅太阳能电池的光入射侧表面的示意图的一例。

[0051] 图3是结晶系硅太阳能电池的背面的示意图的一例。

[0052] 图4是本实施方式的双面受光型的结晶系硅太阳能电池的截面示意图的一例。

[0053] 图5是通常的结晶系硅太阳能电池的、光入射侧表面电极(副栅电极)所存在的附近的截面示意图的一例,是表示电极与杂质扩散层之间的防反射膜(钝化膜)因烧穿而消失的状态的截面示意图。

[0054] 图6是实施例3的结晶系硅太阳能电池的、光入射侧表面的钝化膜的附近的截面SEM(扫描型电子显微镜)照片(倍率:2万倍),是用于说明AgSi区域的深度d的图。

[0055] 图7是实施例3的结晶系硅太阳能电池的、光入射侧表面的钝化膜的附近的截面SEM(扫描型电子显微镜)照片(倍率:2万倍),是用于说明钝化膜的残存率 $L_p/(L_p+L_e)$ 的图。

[0056] 图8是比较例1的结晶系硅太阳能电池的、光入射侧表面的钝化膜的附近的截面SEM(扫描型电子显微镜)照片(倍率:2万倍)。

具体实施方式

[0057] 以下,对本发明的实施方式进行具体的说明。需要说明的是,以下的实施方式是将本发明具体化时的方式,并不将本发明限定于其范围内。

[0058] <太阳能电池>

[0059] 图1中表示出本实施方式的太阳能电池的截面示意图的一例。本实施方式的太阳能电池包含:包含结晶系硅的基板(结晶系硅基板1)、钝化膜2和电极(例如光入射侧表面电极20)。另外,本实施方式的太阳能电池进一步包含配置于电极与基板之间的至少一部分的至少1个AgSi区域30。

[0060] <<基板>>

[0061] 本实施方式的太阳能电池包含基板。本实施方式的太阳能电池的基板为结晶系硅基板1。因而,本实施方式的太阳能电池为结晶系硅太阳能电池。

[0062] 本说明书中,“结晶系硅”包含单晶及多晶硅。另外,所谓“结晶系硅基板”,是指为了形成电气元件或电子元件等半导体器件而将结晶系硅成形为平板状等适于元件形成的形状的材料。结晶系硅的制造方法无论使用何种方法都可以。例如,在单晶硅的情况下可以使用丘克拉斯基法,在多晶硅的情况下可以使用流延法。另外,利用其他制造方法、例如带提拉法制作的多晶硅带、在玻璃等异种基板上形成的多晶硅等也可以作为结晶系硅基板1使用。另外,所谓“结晶系硅太阳能电池”,是指使用结晶系硅基板1制作的太阳能电池。本说明书中,有时将结晶系硅基板1简称为“基板”。

[0063] 通常的太阳能电池中,作为太阳能电池的半导体基板材料,可以使用结晶系硅、

碳化硅、锗、砷化镓等。从作为太阳能电池的安全性及成本的方面出发,半导体基板材料优选为结晶系硅(单晶硅及多晶硅等)。

[0064] 本实施方式的太阳能电池的结晶系硅基板1是包含n型或p型的杂质的n型结晶系硅基板1或p型结晶系硅基板1。作为n型结晶系硅基板1中含有的n型杂质,可以举出硼(B)、铝(Al)及镓(Ga)等第13族元素。作为p型结晶系硅基板1中含有的p型杂质,可以举出磷(P)、砷(As)及锑(Sb)等第15族元素。

[0065] 如图1所示,本实施方式的太阳能电池在结晶系硅基板1的至少一个表面的至少一部分包含杂质扩散层4。在本实施方式的太阳能电池的情况下,形成于光入射侧表面的杂质扩散层4为p型或n型的杂质扩散层4。需要说明的是,本说明书中,如图1所示,有时将基板中的没有形成杂质扩散层4的部分称作“基板主体6”。

[0066] 本说明书中,在包含n型或p型的杂质的结晶系硅中,将一个导电型(n型或p型)称作第1导电型,将并非第1导电型的另一个导电型(p型或n型)称作第2导电型。在结晶系硅基板1为第1导电型的情况下,杂质扩散层4为第2导电型的杂质扩散层4。具体而言,在结晶系硅基板1为包含n型的杂质的n型结晶系硅基板1的情况下,形成于结晶系硅基板1的至少一个表面的杂质扩散层4为p型杂质扩散层4。另外,在结晶系硅基板1为包含p型的杂质的p型结晶系硅基板1的情况下,形成于结晶系硅基板1的至少一个表面的杂质扩散层4为n型杂质扩散层4。通过像这样选择第1及第2导电型,能够在形成有杂质扩散层4的结晶系硅基板1的表面附近形成pn结。

[0067] 本实施方式的太阳能电池的第1导电型的结晶系硅基板1优选为n型结晶系硅基板1。另外,本实施方式的太阳能电池的第2导电型的杂质扩散层4优选为p型杂质扩散层4。通常而言,n型结晶系硅基板1中的作为载流子的电子的迁移率高于p型结晶系硅基板1中的作为载流子的空穴的迁移率。因此,为了获得高转换效率的太阳能电池,使用n型结晶系硅基板1是有利的。

[0068] 杂质扩散层4的薄层电阻优选为 $30 \sim 300 \Omega/\square$ (square)、 $40 \sim 160 \Omega/\square$ (square),更优选为 $45 \sim 120 \Omega/\square$ 。另外,形成杂质扩散层4的深度可以为 $0.3 \mu\text{m} \sim 1.0 \mu\text{m}$ 。需要说明的是,所谓杂质扩散层4的深度,是指从杂质扩散层4的表面到pn结的深度。pn结的深度可以设为从杂质扩散层4的表面到杂质扩散层4中的杂质浓度为与基板主体6的杂质浓度相同程度的深度。

[0069] 需要说明的是,本说明书中,有时将本实施方式的结晶系硅太阳能电池的杂质扩散层4称作“硅发射极层”。

[0070] <<钝化膜2>>

[0071] 本实施方式的太阳能电池包含钝化膜2。钝化膜2配置于基板的杂质扩散层4的至少一部分上。

[0072] 钝化膜2可以具有作为防反射膜的功能。本说明书中,有时将形成于结晶系硅基板1的光入射侧表面的钝化膜2称作防反射膜。

[0073] 钝化膜2可以为由单层或多层构成的膜。在钝化膜2为单层的情况下,从能够有效地进行硅基板的表面的钝化的方面出发,优选为以氮化硅(SiN)作为材料的薄膜(SiN膜)。另外,在钝化膜2为多层的情况下,可以为以氮化硅作为材料的薄膜与以氧化硅作为材料的薄膜的层叠膜(SiN/SiO_x膜)。需要说明的是,在SiN/SiO_x膜为钝化膜2的情况下,从能够更加

有效地进行硅基板的表面的钝化的方面出发,优选以使 SiO_x 膜与硅基板1接触的方式形成 SiO_x 膜,在 SiO_x 膜上形成 SiN 膜。 SiO_x 膜可以为硅基板的自然氧化膜。

[0074] 图5中表示出通常的结晶系硅太阳能电池的截面示意图的一例。如图5所示,通常的结晶系硅太阳能电池中,在杂质扩散层4上形成钝化膜2(防反射膜)。此外,利用丝网印刷法等使用导电性糊剂将光入射侧表面电极20(表面电极)的电极图案印刷在钝化膜2上,使导电性糊剂干燥,在给定的温度下进行烧成,由此形成光入射侧表面电极20。通常的结晶系硅太阳能电池中,在该给定的温度下的烧成时,导电性糊剂烧穿钝化膜2。通常的结晶系硅太阳能电池中,利用该烧穿,能够与杂质扩散层4电接触地形成光入射侧表面电极20。需要说明的是,所谓烧穿,是指以导电性糊剂中含有的玻璃料等蚀刻作为绝缘膜的钝化膜2,使光入射侧表面电极20与杂质扩散层4导通。图5所示的通常的结晶系硅太阳能电池的例子中,在电极图案的烧成时,电极图案烧穿钝化膜2,由此钝化膜2消失,光入射侧表面电极20与杂质扩散层4接触。

[0075] 另一方面,如图1所示,在本实施方式的结晶系硅太阳能电池的情况下,在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的大部分存在钝化膜2(防反射膜)。因此,在本实施方式的结晶系硅太阳能电池的情况下,与结晶系硅基板1的杂质扩散层4接触的部分的钝化膜2中在后述的AgSi区域30以外的部分,钝化膜2的大部分能够原样不变地存在。由于钝化膜2的存在,能够防止成为载流子复合的原因的表面缺陷密度的增加。其结果是,本实施方式的结晶系硅太阳能电池能够获得高的开路电压(Voc)。

[0076] 在本实施方式的结晶系硅太阳能电池的情况下,在用于形成电极的烧成后,也会残存电极与杂质扩散层4之间的钝化膜2的大部分。本说明书中,将用于形成电极的烧成后的电极与结晶系硅基板1之间的钝化膜2残存的程度作为钝化膜2的残存率表示。关于钝化膜2的残存率将在后面叙述。

[0077] <<电极>>

[0078] 本实施方式的太阳能电池包含电极。本实施方式的太阳能电池的电极配置于钝化膜2的至少一部分上。另外,本实施方式的太阳能电池的电极包含银(Ag)。

[0079] 如图1所示,在结晶系硅太阳能电池的光入射侧表面,作为光入射侧表面电极20,配置有副栅电极20b。图1所示的例子中,因入射至结晶系硅太阳能电池的入射光而产生的电子-空穴对中的空穴经由杂质扩散层4(例如p型的杂质扩散层4)汇集于副栅电极20b。因而,要求副栅电极20b与杂质扩散层4之间的接触电阻低。

[0080] 需要说明的是,在图1所示的结晶系硅太阳能电池的与光入射侧表面相反的一侧的背面,配置有背面电极15。本说明书中,有时将作为用于从结晶系硅太阳能电池将电流取出至外部的电极的光入射侧表面电极20及背面电极15简称为“电极”。

[0081] 图4中表示出本实施方式的双面受光型的结晶系硅太阳能电池(双面发电型结晶系硅太阳能电池)的截面示意图的一例。图4所示的结晶系硅太阳能电池可以从2个表面(第1及第2光入射侧表面)入射光而进行发电。

[0082] 通常而言,结晶系硅太阳能电池的电极可以通过将导电性糊剂利用丝网印刷法等方法印刷并进行烧成而形成。本说明书中,有时将用于形成本实施方式的结晶系硅太阳能电池的电极的导电性糊剂称作给定的导电性糊剂。通常而言,导电性糊剂包含导电性粒子和有机载体。另外,导电性糊剂可以在导电性粒子及有机载体的基础上进一步包含玻璃料。

本实施方式的太阳能电池的电极包含银 (Ag)。因而,给定的导电性糊剂中含有的导电性粒子需要包含银 (Ag)。导电性糊剂中含有的有机载体在用于形成电极的烧成时烧失。因此,烧成后的电极包含有机载体以外的导电性糊剂中含有的成分。具体而言,烧成后的电极包含起因于导电性糊剂的导电性粒子的导电性成分。另外,在导电性糊剂包含玻璃料的情况下,烧成后的电极进一步包含起因于导电性糊剂的玻璃料的成分。

[0083] 从获得低电阻及高可靠性的方面出发,本实施方式的结晶系硅太阳能电池的给定的电极中含有的导电性成分优选仅由银构成。需要说明的是,仅由银构成的导电性成分可以含有作为不可避免地含有的杂质的其他金属元素。

[0084] 本说明书中,所谓玻璃料,是以多种氧化物、例如金属氧化物作为主材料的物质,通常以玻璃状的粒子的形态使用。在用于形成电极的烧成时,玻璃料发生软化,粒子相互结合。本说明书中,起因于电极中含有的玻璃料的成分(氧化物)也简称为“玻璃料”。

[0085] 本实施方式的太阳能电池中,电极中含有的玻璃料的含量相对于电极中含有的银 (Ag) 的含量100重量份优选为0.1~5.0重量份,更优选为0.2~4.0重量份,进一步优选为0.3~3.0重量份,特别优选为0.4~2.7重量份。通过使玻璃料的含量为适当的范围,在用于形成电极的烧成时,能够使玻璃料对钝化膜2的反应性适当。

[0086] 本实施方式的太阳能电池中,电极中含有的玻璃料的玻璃化转变温度优选为250~600℃,更优选为270~500℃,进一步优选为300~400℃。通过使玻璃料的玻璃化转变温度(Tg)为250℃以上,能够抑制对钝化膜2的反应性。另外,通过使玻璃化转变温度(Tg)为600℃以下,能够降低所得的电极(例如光入射侧表面电极20)与杂质扩散层4之间的接触电阻。

[0087] 本实施方式的太阳能电池中,电极中含有的玻璃料优选包含选自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 BaO 、 CuO 、 Li_2O 及 ZnO 中的至少1种。本实施方式的太阳能电池中,电极中含有的玻璃料更优选包含选自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 Li_2O 及 ZnO 中的至少1种。通过使玻璃料包含这些氧化物的至少1种,能够将玻璃料的碱度调整为适当的范围。通过将玻璃料的碱度调整为适当的范围,在用于形成电极的烧成时,能够使玻璃料对钝化膜2的反应性适当。

[0088] 虽然没有特别限定,然而本实施方式的太阳能电池中,电极中含有的玻璃料可以实质上不包含 PbO 。另外,本实施方式的太阳能电池的电极也可以实质上不包含铅(Pb)。本说明书中,所谓无铅玻璃料,意指实质上不包含铅(Pb)的玻璃料。由于玻璃料以金属氧化物作为原料来制造,因此无铅玻璃料意指实质上不包含氧化铅(PbO)的玻璃料。在制造无铅玻璃料时,不有意地使用包含铅的材料(PbO)。但是,无铅玻璃料可以包含作为杂质不可避免地混入的微量的铅。具体而言,本实施方式的无铅玻璃料中可以相对于玻璃料100重量%作为杂质包含0.1重量%以下的铅。

[0089] 在通常的结晶系硅太阳能电池的制造时,作为电极形成用的导电性糊剂中含有的玻璃料,使用包含氧化铅(PbO)的玻璃料(含铅玻璃料)。这是因为,在通常的结晶系硅太阳能电池的情况下,通过使电极形成用的导电性糊剂包含含铅玻璃料,能够降低光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的接触电阻。然而,铅会对人体造成不良影响。在使用包含铅的材料来制造产品的情况下,在产品的废弃时,铅有可能污染环境。因此,在制造产品时,期望使用不包含铅的无铅的材料。因此,在太阳能电池的制造工序中,优选使用无铅的玻璃料。通过使用无铅的玻璃料,能够制造具有实质上不包含铅(Pb)的电极的太阳能电池。因

此,能够抑制铅对环境的污染。

[0090] 另外,本实施方式中,本实施方式的结晶系硅太阳能电池的电极以外的材料也可以实质上不包含铅。为了防止铅对环境的污染,本实施方式的结晶系硅太阳能电池优选为无铅的太阳能电池。

[0091] 本实施方式的太阳能电池的电极可以进一步包含起因于铝粒子的铝成分。铝粒子可以作为与(A)导电性粒子不同的粒子包含。在用于形成电极的导电性糊剂包含铝的情况下,电极也包含铝。

[0092] 在结晶系硅基板1中,铝具有作为p型的杂质的性质。在将印刷于结晶系硅上的导电性糊剂烧成时,导电性糊剂中的铝在结晶系硅中扩散,成为p型的杂质。因而,在结晶系硅基板1的p型半导体层的表面形成电极的情况下,通过使导电性糊剂包含铝粒子,能够在电极与p型半导体层之间获得低接触电阻。因而,在结晶系硅基板1的p型半导体层的表面形成电极的情况下,导电性糊剂可以包含铝粒子。

[0093] 另一方面,因导电性糊剂包含铝粒子,电极对p型半导体层的粘接性降低,从而有产生电极易于从太阳能电池单元的p型半导体层剥离的问题。即,因导电性糊剂包含铝粒子,电极对于p型半导体层的可靠性大幅度受损。

[0094] 另外,为了将多个太阳能电池单元电连接,在太阳能电池的电极焊接互联用的金属焊带。在电极形成用的导电性糊剂包含铝粒子的情况下,有金属焊带对电极的焊接强度降低的问题。

[0095] 根据上述的说明,本实施方式的导电性糊剂优选包含给定量以下的铝粒子,或者不包含铝粒子。

[0096] 具体而言,铝粒子如下所示。本实施方式的导电性糊剂中相对于(A)银粒子100重量份进一步包含0.5重量份以下的铝粒子,或者不包含铝粒子。另外,本实施方式的导电性糊剂的铝粒子的含量的上限相对于(A)银粒子的100重量份优选为0.3重量份以下,更优选为小于0.3重量份,进一步优选包含0.25重量份以下。本实施方式的导电性糊剂可以为不包含铝粒子的导电性糊剂。需要说明的是,所谓“不包含铝粒子”,意指排除有意地添加“铝粒子”的情况,不排除包含作为不可避免地混入的杂质的铝成分的情况。

[0097] 另外,本发明中,在电极与基板之间的至少一部分,形成至少1个AgSi区域,由此在结晶系硅基板1的p型半导体层的表面形成电极的情况下,即使在电极中实质上不包含铝,也能够电极与p型半导体层之间获得低接触电阻。

[0098] 另一方面,在用于形成电极的导电性糊剂包含铝的情况下,从可靠性的观点考虑有影响。

[0099] 如图2及3所示,作为结晶系硅太阳能电池的电极,可以具有光入射侧主栅电极20a和/或背面TAB电极15a。光入射侧主栅电极20a具有将用于汇集由太阳能电池发出的电流的副栅电极20b与互联用的金属焊带电连接的功能。同样地,背面TAB电极15a具有将用于汇集由太阳能电池发出的电流的背面全面电极15b与互联用的金属焊带电连接的功能。若副栅电极20b与结晶系硅基板1接触,则副栅电极20b所接触的部分的结晶系硅基板1的表面(界面)的表面缺陷密度增加,太阳能电池性能降低。本实施方式的结晶系硅太阳能电池中,在形成副栅电极20b时,不会将钝化膜2(防反射膜)完全地烧穿。因此,与结晶系硅基板1接触的部分的钝化膜2的大部分能够保持原样不变的状态,能够防止成为载流子复合的原因的

表面缺陷密度的增加。其结果是,能够获得高开路电压(Voc)的结晶系硅太阳能电池。

[0100] 图1所示的结晶系硅太阳能电池可以具有图3所示的结构背面电极15。背面电极15以与第1导电型的半导体基板的另一个表面电连接的方式配置。如图3所示,背面电极15通常可以包含背面全面电极15b和与背面全面电极15b电连接的背面TAB电极15a。

[0101] 图1所示的结晶系硅太阳能电池的主栅电极包含图2所示的光入射侧主栅电极20a及图3所示的背面TAB电极15a。在光入射侧主栅电极20a及背面TAB电极15a,焊接由焊料覆盖了周围的互联用的金属焊带。利用该金属焊带,将由太阳能电池发出的电流取出至结晶系硅太阳能电池单元的外部。图4所示的双面受光型的结晶系硅太阳能电池也可以具有光入射侧主栅电极20a及与光入射侧主栅电极20a同样的形状的背面TAB电极15a。

[0102] 主栅电极(光入射侧主栅电极20a及背面TAB电极15a)的宽度可以为与互联用的金属焊带相同程度的宽度。为了使主栅电极为低电阻,优选宽度大。另一方面,为了增大光相对于光入射侧表面的入射面积,最好光入射侧主栅电极20a的宽度小。因此,主栅电极宽度可以设为0.05~5mm,优选设为0.08~3mm,更优选设为0.1~2mm,进一步优选设为0.15~1mm。另外,主栅电极的根数可以根据结晶系硅太阳能电池的大小来确定。主栅电极的根数任选。具体而言,主栅电极的根数可以设为3根或4根,或者设为其以上。最佳的主栅电极的根数可以通过太阳能电池动作的模拟以使结晶系硅太阳能电池的转换效率最大的方式来确定。需要说明的是,由于利用互联用的金属焊带将结晶系硅太阳能电池相互串联连接,因此光入射侧主栅电极20a及背面TAB电极15a的根数优选相同。根据同样的理由,光入射侧主栅电极20a及背面TAB电极15a的宽度优选相同。

[0103] 为了增大光相对于结晶系硅太阳能电池的入射面积,在光入射侧表面中光入射侧表面电极20所占的面积最好尽可能小。因此,光入射侧表面的副栅电极20b优选为尽可能小的宽度,且优选为尽可能少的根数。另一方面,从减少电损失(欧姆损耗)的方面出发,优选副栅电极20b的宽度大、根数多。另外,从减小副栅电极20b与结晶系硅基板1(杂质扩散层4)之间的接触电阻的方面出发,也优选副栅电极20b的宽度大。根据以上的说明,主栅电极的根数还可以根据结晶系硅太阳能电池的大小以及主栅电极的宽度来确定。最佳的副栅电极20b的宽度及根数(副栅电极20b的间隔)可以通过太阳能电池动作的模拟以使结晶系硅太阳能电池的转换效率最大的方式来确定。需要说明的是,关于图4所示的双面受光型的结晶系硅太阳能电池的背面电极15的背面副栅电极15c的宽度及根数,也可以同样地进行确定。

[0104] <<AgSi区域30>>

[0105] 本实施方式的太阳能电池包含至少1个AgSi区域30。AgSi区域30配置于电极与基板之间的至少一部分。图6的SEM照片中表示出AgSi区域30的一例。AgSi区域30只要配置于电极与基板之间的至少一部分即可,例如也可以将图6的SEM照片中的以虚线包围的符号30所示的区域设为AgSi区域30。

[0106] 在制造本实施方式的太阳能电池时,电极中含有的银(Ag)扩散至基板的硅(Si)中,由此可以在电极与基板之间的至少一部分形成银(Ag)与硅(Si)的合金的区域。本说明书中,将制造本实施方式的太阳能电池时形成的银(Ag)与硅(Si)的合金的区域称作“AgSi区域30”。AgSi区域30可以在对本实施方式的太阳能电池的截面利用能量色散型荧光X射线分析装置(Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer、以下有时称作EDX。)进行测定时作为Ag及Si两者都被检测出的区域来确定。

[0107] 所谓1个AgSi区域30,意指与其他AgSi区域30分离的AgSi区域30。在图6的SEM照片中,表示出1个AgSi区域30。本实施方式的太阳能电池优选在电极与基板之间的至少一部分具有多个斑点状的AgSi区域30。AgSi区域30作为局部导通部参与电极与杂质扩散层4之间的电传导。

[0108] 本实施方式的结晶系硅太阳能电池中,例如在对作为副栅电极的一部分的长度1mm的截面进行SEM观察时,包含1~3个左右的斑点状的AgSi区域30。因而,AgSi区域30所存在的部分可以说是形成有电极的区域中的极为微量的部分。

[0109] 本实施方式的结晶系硅太阳能电池包含至少1个深度d为100nm以上的AgSi区域30。

[0110] 本说明书中,所谓AgSi区域30的深度d,在对如图6所示的AgSi区域30的截面进行SEM观察而得的SEM照片中,是指从电极与AgSi区域30的界面的任意1点(图6的B1)连接到基板与AgSi区域30的界面的任意1点(图6的B2)的线段当中长度最大的线段的长度(连接图6的B1与B2的线段的长度d)。具体而言,在对钝化膜2附近的截面以倍率2万倍进行SEM观察而得的SEM照片重叠EDX测定中确定的AgSi区域30,确定上述的给定的线段,测定给定的线段的长度,由此可以得到AgSi区域30的深度d。

[0111] AgSi区域30的深度d优选为100~4000nm,更优选为120~3000nm,进一步优选为130~2500nm,特别优选为150~2000nm。通过使AgSi区域30的深度d为该范围,接触电阻减小,能够得到具有填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池。

[0112] 本实施方式的太阳能电池优选上述的AgSi区域30为通过进行激光处理工艺而形成的AgSi区域30。所谓激光处理工艺,是指对光入射侧表面电极20进行如下的处理,即,一边在背面电极15b与光入射侧表面电极20之间施加电压以使得在第2导电型的杂质扩散层4与第1导电型的结晶系硅基板1之间流过与正向相反的方向的电流,一边向太阳能电池的光入射侧表面照射来自点光源的光。该情况下,太阳能电池进一步包含以与结晶系硅基板1的与光入射侧表面相反的一侧的表面电连接的方式配置的背面电极15b。利用激光处理工艺,能够形成适当的AgSi区域30。

[0113] 关于激光处理工艺的详情将在后面叙述。

[0114] 图4中表示出双面受光型的结晶系硅太阳能电池的截面示意图的一例。图4所示的双面受光型的结晶系硅太阳能电池具有杂质扩散层4、钝化膜2(防反射膜)及背面钝化膜14。包含AgSi区域30的电极的给定的结构如图4所示,也可以作为双面受光型的结晶系硅太阳能电池的背面电极15(背面副栅电极15c)的结构合适地应用。因而,双面受光型的结晶系硅太阳能电池中,在形成光入射侧表面的光入射侧表面电极20(特别是副栅电极20b)以及背面电极15(背面副栅电极15c)时,可以在光入射侧表面附近及背面附近这两者形成给定的AgSi区域30。

[0115] <<钝化膜2的残存率>>

[0116] 本说明书中,可以将本实施方式的太阳能电池的用于形成电极的烧成后的、电极与结晶系硅基板1的杂质扩散层4之间的钝化膜2以何种程度存在作为钝化膜2的残存率表示。需要说明的是,在形成有AgSi区域30的部分,钝化膜2消失。由于在存在有钝化膜2的部分没有形成AgSi区域30,因此所谓钝化膜2的残存率,可以认为是在AgSi区域30的附近没有形成AgSi区域30的区域的比率。

[0117] 使用图7所示的太阳能电池的截面的SEM照片的例子,对钝化膜2的残存率的测定方法进行说明。首先,为了获得钝化膜2的残存率,首先对包含钝化膜2及AgSi区域30的截面以倍率2万倍进行SEM观察,由此得到SEM照片。需要说明的是,该SEM照片的横向(与基板表面水平的方向)的长度为 $5.7\mu\text{m}$,纵向(与基板表面垂直的方向)的长度为 $3.9\mu\text{m}$ 。然后,测定该SEM照片中的钝化膜2的截面的合计长度 L_p 。图7所示的例子中,SEM照片中的钝化膜2的截面的合计长度 L_p 为 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} 及 L_{p4} 的合计的长度。然后,在该SEM照片中,测定生成有AgSi区域30的部分中的AgSi区域30与电极的界面的截面的合计长度 L_e 。长度 L_e 相当于钝化膜2在太阳能电池的制造工序中消失的长度。图7所示的例子中,生成有AgSi区域30的部分中的AgSi区域30与电极的界面的截面的合计长度 L_e 为 L_{e1} 与 L_{e2} 的合计的长度。钝化膜2的残存率可以作为 $L_p/(L_p+L_e)$ 得到。需要说明的是,钝化膜2在太阳能电池的制造工序中消失的部分可以利用基于EDX的测定来确定。另外, L_{e1} 等的长度可以通过将钝化膜2等近似为直线来测定。

[0118] 本实施方式的结晶系硅太阳能电池中,钝化膜2的残存率为10~90%,优选为30%以上且小于90%,更优选为50%以上且小于90%,进一步优选为70%~89%。通过使钝化膜2的残存率为适当的范围,能够得到具有高的开路电压(V_{oc})及填充因子(FF)的高效率的结晶系硅太阳能电池。

[0119] <<钝化膜2的烧成前后的膜厚比>>

[0120] 本说明书中,所谓钝化膜2的烧成前后的膜厚比,是钝化膜2的用于形成电极的烧成前膜厚 D_a 与用于形成电极的烧成后(太阳能电池完成后)的膜厚 D_b 的比(D_b/D_a)。本说明书中,有时将烧成前后的膜厚比简称为“膜厚比(D_b/D_a)”。

[0121] 本实施方式的太阳能电池中,膜厚比(D_b/D_a)优选为15%~85%,更优选为20~70%,进一步优选为30~60%。通过使钝化膜2的膜厚比(D_b/D_a)为给定的范围,能够防止本实施方式的太阳能电池发电时成为载流子复合的原因的表面缺陷密度的增加。

[0122] 本说明书中,所谓钝化膜2的烧成前膜厚 D_a ,是在给定的基板形成钝化膜2时的钝化膜2的膜厚。刚刚成膜后的膜厚 D_a 可以在形成电极前利用钝化膜2附近的截面的SEM观察来测定。

[0123] 本说明书中,所谓太阳能电池完成后的膜厚 D_b ,是在太阳能电池的表面通过烧成来形成电极而完成后的太阳能电池的包含AgSi区域30的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中的钝化膜2的膜厚。

[0124] 本说明书中,所谓在太阳能电池的表面形成电极而完成后的太阳能电池的包含AgSi区域30的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中的钝化膜2的膜厚 D_b ,是在形成于给定的基板的钝化膜2上使用给定的导电性糊剂形成电极图案、进行给定的烧成等给定的处理来形成电极及AgSi区域30而完成后的太阳能电池的、AgSi区域30附近的钝化膜2的膜厚。有时将膜厚 D_b 称作“太阳能电池完成后的膜厚 D_b ”。对形成电极及AgSi区域30而完成后的太阳能电池的、包含钝化膜2及AgSi区域30的截面的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的图像范围进行SEM观察,由此可以测定太阳能电池完成后的膜厚 D_b 。即,太阳能电池完成后的膜厚 D_b 是完成后的太阳能电池的包含AgSi区域30的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的截面的扫描型电子显微镜照片中的钝化膜2的膜厚 D_b 。具体而言,对包含钝化膜2及AgSi区域30的截面以倍率2万倍进行SEM观察,由此得到SEM照片(SEM图像范围: $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$),将SEM照片沿纵向进行6等分,测定6

等分后的图像的5个交界的钝化膜2的膜厚(5处),可以作为5处的膜厚的平均值得到钝化膜2的太阳能电池完成后的膜厚Db。

[0125] <太阳能电池的制造方法>

[0126] 下面,对本实施方式的结晶系硅太阳能电池的制造方法进行说明。

[0127] 本实施方式的太阳能电池的制造方法包括通过将给定的导电性糊剂印刷于第2导电型的半导体层(杂质扩散层4)上的钝化膜2(防反射膜)的表面并进行干燥及烧成而形成电极(光入射侧表面电极20)的工序。关于给定的导电性糊剂将在后面叙述。

[0128] 本实施方式的太阳能电池的制造方法包括准备第1导电型(p型或n型)的结晶系硅基板1的工序。作为第1导电型的半导体基板,可以使用n型结晶系硅基板1或p型结晶系硅基板1。本实施方式的太阳能电池中,由于有可能能够获得更高效率的太阳能电池,因此优选使用n型结晶系硅基板1。

[0129] 需要说明的是,从获得高转换效率的观点出发,结晶系硅基板1的光入射侧的表面优选具有金字塔状的织构结构。

[0130] 继而,本实施方式的太阳能电池的制造方法包括在第1导电型的半导体基板的一个表面形成第2导电型的杂质扩散层4的工序。

[0131] 在使用n型结晶系硅基板1作为结晶系硅基板1的情况下,作为杂质扩散层4,例如可以形成使作为p型杂质的B(硼)等扩散而成的p型杂质扩散层4。需要说明的是,也可以使用p型结晶系硅基板1来制造结晶系硅太阳能电池。该情况下,作为杂质扩散层4,形成使作为n型杂质的P(磷)等扩散而成的n型杂质扩散层4。

[0132] 在形成杂质扩散层4时,可以以使杂质扩散层4的薄层电阻为 $30 \sim 300 \Omega/\square$ (square)、优选为 $40 \sim 150 \Omega/\square$ 、更优选为 $45 \sim 120 \Omega/\square$ 的方式形成。另外,在本实施方式的结晶系硅太阳能电池的制造方法中,形成杂质扩散层4的深度可以设为 $0.3\mu\text{m} \sim 1.0\mu\text{m}$ 。杂质扩散层4的薄层电阻及深度可以通过调节在结晶系硅基板1涂布的掺杂剂的浓度以及用于杂质元素的扩散的温度和/或时间等条件来控制。

[0133] 本实施方式的太阳能电池的制造方法包括以与第1导电型的半导体基板(n型结晶系硅基板1)的另一个表面电连接的方式形成背面电极15的工序。需要说明的是,背面电极15可以是形成光入射侧表面电极20前、或形成光入射侧表面电极20后的任一者。另外,用于形成背面电极15的烧成可以与用于形成光入射侧表面电极20的烧成同时地进行或者分开地进行。

[0134] 具体而言,本实施方式的结晶系硅太阳能电池的制造方法中,通过在结晶系硅基板1的另一个表面(背面)印刷导电性糊剂并进行烧成而形成背面电极15。

[0135] 需要说明的是,在制造如图4所示的双面受光型的结晶系的太阳能电池的情况下,可以形成第2杂质扩散层16。另一方面,可以使用给定的导电性糊剂(导电性组合物)形成背面电极15,在背面电极15与结晶系硅基板1之间形成上述的AgSi区域30。因而,在双面受光型的结晶系的太阳能电池的情况下,优选使用给定的导电性糊剂形成背面电极15。该情况下,背面电极15为给定的导电性糊剂的烧成体。

[0136] 继而,本实施方式的太阳能电池的制造方法包括以与第2导电型的半导体层(杂质扩散层4)的表面接触的方式形成钝化膜2的操作。钝化膜2能够具有作为防反射膜的功能。

[0137] 具体而言,本实施方式的结晶系硅太阳能电池的制造方法中,在上述的工序中形

成的杂质扩散层4的表面,形成兼具作为钝化膜2的功能的防反射膜。作为钝化膜2(防反射膜),可以形成氮化硅膜(SiN膜)。在使用氮化硅膜作为钝化膜2的情况下,氮化硅膜的层还具有作为光入射侧表面的钝化膜2的功能。因此,在使用氮化硅膜作为钝化膜2的情况下,能够得到高性能的结晶系硅太阳能电池。另外,通过使钝化膜2为氮化硅膜,能够对入射的光发挥防反射功能。氮化硅膜可以利用PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition,等离子体增强化学气相沉积)法等进行成膜。

[0138] 本实施方式的太阳能电池的制造方法包括在钝化膜2(防反射膜)的表面的至少一部分形成光入射侧表面电极20的工序。本实施方式的制造方法中,为了形成光入射侧表面电极20,使用后述的给定的导电性糊剂。因而,光入射侧表面电极20为给定的导电性糊剂的烧成体。

[0139] 本实施方式的结晶系硅太阳能电池的制造方法中,通过将给定的导电性糊剂印刷于钝化膜2(防反射膜)的表面并进行烧成而形成光入射侧表面电极20。需要说明的是,在用于形成光入射侧表面电极20的烧成时,可以同时地进行用于形成背面电极15的烧成。

[0140] 具体而言,首先,将使用给定的导电性糊剂印刷的光入射侧表面电极20的图案在100~150℃左右的温度下干燥数分钟(例如0.5~5分钟)。需要说明的是,此时,可以使用给定的导电性糊剂来形成光入射侧表面电极20的光入射侧主栅电极20a及光入射侧副栅电极20b。

[0141] 在光入射侧表面电极20的图案的印刷、干燥后,接着印刷用于形成背面电极15的导电性糊剂并进行干燥。为了形成结晶系的硅太阳能电池等太阳能电池的电极(光入射侧表面电极20以及根据情况而定的背面电极15),可以优选使用给定的导电性糊剂。

[0142] 其后,对干燥所印刷的导电性糊剂而得的材料,使用管状炉等烧成炉,在大气中并在给定的烧成条件下进行烧成。作为烧成条件,烧成气氛为大气中,烧成温度为500~1000℃,更优选为600~1000℃,进一步优选为500~900℃,特别优选为700~900℃。烧成优选在短时间内进行,烧成时的温度分布(温度-时间曲线)优选为峰状。例如,优选以上述温度作为峰值温度,使烧成炉的进出时间为10~100秒,更优选以20~80秒进行烧成,进一步优选以40~60秒进行烧成。

[0143] 在烧成时,优选同时地烧成用于形成光入射侧表面电极20及背面电极15的导电性糊剂,同时地形成两电极。通过像这样将给定的导电性糊剂印刷于光入射侧表面及背面并同时地烧成,能够使用于电极形成的烧成仅为1次。因此,能够以更低成本来制造结晶系硅太阳能电池。

[0144] 本实施方式的太阳能电池的制造方法包括形成上述的AgSi区域30的工序。本实施方式的太阳能电池的制造方法中,为了形成上述的AgSi区域30,例如可以进行激光处理工艺。

[0145] 所谓激光处理工艺是指如下的处理,即,在第2导电型的半导体层与第1导电型的半导体基板之间,一边对背面电极15及光入射侧表面电极20施加电压以使得在pn结中流过与正向相反的方向的电流,一边向太阳能电池的光入射侧表面照射来自点光源的光。由于来自点光源的光的作用,在半导体基板的内部产生载流子(电子-空穴对),因电压的施加而能够实现载流子的移动、即流过电流。以在pn结中使电流流动的方向为与正向相反的方向的方式施加电压。因而,在半导体基板为n型半导体基板、半导体层为p型半导体层的情况

下,以使电流从n型半导体基板流向p型半导体层的方式对背面电极15及光入射侧表面电极20施加电压。另外,在半导体基板为p型半导体基板、半导体层为n型半导体层的情况下,以使电流从n型半导体层流向p型半导体基板的方式,对背面电极15及光入射侧表面电极20施加电压。

[0146] 在以下的说明中,以第1导电型的半导体基板为n型结晶系硅基板1、第2导电型的半导体层为p型杂质扩散层4(有时简称为“杂质扩散层4”)的太阳能电池为例进行说明。

[0147] 如图1所示,在使用了激光处理工艺的情况下,在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的大部分存在钝化膜2(防反射膜)。激光处理工艺中,以在pn结中流过与正向相反的方向的电流的方式施加上述的给定的电压,照射来自点光源的光(例如激光),由此在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的微小的区域中流过电流,被局部地加热。其结果是,如图6及7所示,在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间,形成作为局部地电导通的部分(局部导通部)的银及硅的合金的区域。本说明书中,将通过进行激光处理工艺等而形成的银(Ag)与硅(Si)的合金的区域称作“AgSi区域30”。AgSi区域30可以利用基于能量色散型荧光X射线分析装置(Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer、以下有时称作EDX。)的测定作为Ag及Si这两者均被检测出的区域来确定。另外,在形成有AgSi区域30的部分不存在钝化膜2。即,在形成有AgSi区域30的部分,杂质扩散层4(第2导电型的硅发射极层)经由AgSi区域30与光入射侧表面电极20电导通。由于该局部地形成的AgSi区域30是电导通部分(局部导通部),因此能够实现光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的良好的电导通。

[0148] 通常而言,通过进行激光处理工艺,能够不降低作为太阳能电池特性的特性的开路电压(Open Circuit Voltage:Voc)地提高填充因子(Fill Factor:FF)。通过形成给定的AgSi区域30,能够获得更高的开路电压(Voc)以及更高的填充因子(FF)。

[0149] 可以如上所述地制造本实施方式的结晶系硅太阳能电池。

[0150] 将如上所述地得到的本实施方式的结晶系硅太阳能电池利用互联用的金属焊带电连接,利用玻璃板、密封材料及保护片等进行层压,由此能够制造太阳能电池模块。作为互联用的金属焊带,可以使用由焊料覆盖了周围的金属焊带(例如以铜作为材料的带)。作为焊料,可以使用以锡作为主成分的焊料,具体而言可以使用含有铅的有铅焊料或无铅焊料等在市场上能够买到的焊料。为了获得无铅的太阳能电池,优选使用无铅焊料作为焊料。

[0151] <导电性糊剂>

[0152] 对能够用于形成本实施方式的结晶系硅太阳能电池的电极的给定的导电性糊剂进行说明。该给定的导电性糊剂是适于形成上述的AgSi区域30的导电性糊剂。以下,有时将给定的导电性糊剂称作本实施方式的导电性糊剂。

[0153] 本实施方式的导电性糊剂与以往的导电性糊剂相比对钝化膜2(防反射膜)的反应性低,具有适于激光处理工艺的与钝化膜2(防反射膜)的反应性。因此,本实施方式的导电性糊剂可以为了使用激光处理工艺形成结晶系硅太阳能电池的光入射侧表面电极20而优选使用。

[0154] 本发明人等发现,在对使用以往的导电性糊剂形成有光入射侧表面电极20的太阳能电池应用激光处理工艺的情况下,对钝化膜2(防反射膜)及杂质扩散层4(及基板)造成不良影响,太阳能电池的转换效率降低。另外,本发明人等发现其原因是因为,以往的导电性

糊剂对钝化膜2(防反射膜)的烧穿性(反应性)过强。

[0155] 能够用于基于激光处理工艺的光入射侧表面电极20的形成的导电性糊剂需要具有与以往的导电性糊剂(能够烧穿钝化膜2的导电性糊剂)不同的性质。

[0156] 此外,本发明人等发现,通过使无铅玻璃料的碱度及含量为适当的范围,能够使玻璃料对钝化膜2(防反射膜)的反应性适当。由于使用无铅玻璃料作为玻璃料,因此能够防止向环境的铅的排出所致的铅污染,此外即使在使用了无铅玻璃料的情况下,也能够以与含铅玻璃料同等的程度降低接触电阻。得到上述见解的本发明人等发现了在使用了激光处理工艺的结晶系硅的制造时能够优选使用的导电性糊剂。

[0157] 使用本实施方式的导电性糊剂形成结晶系硅太阳能电池的电极,进行激光处理工艺,形成给定的AgSi区域30,由此能够不损害作为钝化膜2的功能地在电极与太阳能电池的杂质扩散层4之间获得低接触电阻。因此,通过使用本实施方式的导电性糊剂进行激光处理工艺,形成给定的AgSi区域30,能够获得高转换效率的结晶系硅太阳能电池。在制造结晶系硅太阳能电池时,为了利用激光处理工艺形成给定的AgSi区域30,可以优选使用本实施方式的导电性糊剂。

[0158] 对本实施方式的导电性糊剂中含有的成分进行具体的说明。

[0159] <<(A)导电性粒子>>

[0160] 本实施方式的导电性糊剂包含(A)导电性粒子。

[0161] 本实施方式的导电性糊剂中,作为导电性粒子,可以使用金属粒子或合金粒子。作为金属粒子或合金粒子中含有的金属,可以举出银、金、铜、镍、锌及锡等。作为金属粒子,可以使用银粒子(Ag粒子)。需要说明的是,在本实施方式的导电性糊剂中,可以包含银以外的其他金属,例如金、铜、镍、锌及锡等。从获得低电阻及高可靠性的方面出发,导电性粒子优选为由银构成的银粒子。需要说明的是,在由银构成的银粒子中,可以含有作为不可避免地含有的杂质的其他金属元素。另外,有时将大量银粒子(Ag粒子)称作银粉末(Ag粉末)。对于其他粒子也同样。

[0162] 导电性粒子的粒子形状及粒子尺寸(也称作粒径或粒子径)没有特别限定。作为粒子形状,例如可以使用球状及磷片状等形状。导电性粒子的粒子尺寸可以利用全部粒子的累积值50%的粒子尺寸(D50)来规定。本说明书中,也将D50称作平均粒径。需要说明的是,平均粒径(D50)可以利用Microtrac法(激光衍射散射法)进行粒度分布测定并根据粒度分布测定的结果求出。

[0163] 导电性粒子的平均粒径(D50)优选为 $0.5 \sim 2.5 \mu\text{m}$,更优选为 $0.8 \sim 2.2 \mu\text{m}$ 。通过使导电性粒子的平均粒径(D50)为给定的范围,在导电性糊剂的烧成中,能够抑制导电性糊剂对钝化膜2的反应性。需要说明的是,在平均粒径(D50)大于上述范围的情况下,有在丝网印刷时产生堵塞等情况。

[0164] 另外,可以将银粒子的大小表示为BET比表面积(也简称为“比表面积”)。银粒子的BET比表面积优选为 $0.1 \sim 1.5 \text{m}^2/\text{g}$,更优选为 $0.2 \sim 1.2 \text{m}^2/\text{g}$ 。BET比表面积例如可以使用全自动比表面积测定装置Macsoeb(MOUNTEC公司制)来进行测定。

[0165] <<(B)有机载体>>

[0166] 本实施方式的导电性糊剂包含(B)有机载体。

[0167] 作为有机载体,可以包含有机粘结剂及溶剂。有机粘结剂及溶剂担负调整导电性

糊剂的粘度等作用,均没有特别限定。也可以使有机粘结剂溶解于溶剂中后使用。

[0168] 本实施方式的导电性糊剂中, (B) 有机载体优选包含选自乙基纤维素、松香酯、丙烯酸类树脂及有机溶剂中的至少1种。通过使 (B) 有机载体包含选自乙基纤维素、松香酯、丙烯酸类树脂及有机溶剂中的至少1种,能够合适地进行导电性糊剂的丝网印刷,能够将所印刷的图案的形状制成恰当的形状。

[0169] 作为有机粘结剂,可以从纤维素系树脂(例如乙基纤维素、硝基纤维素等)、(甲基)丙烯酸系树脂(例如聚丙烯酸甲酯、聚甲基丙烯酸甲酯等)中选择使用。本实施方式的导电性糊剂中含有的有机载体优选包含选自乙基纤维素、松香酯、丁缩醛、丙烯酸类树脂及有机溶剂中的至少1种。有机粘结剂的添加量相对于银粒子100重量份通常为0.1~30重量份,优选为0.2~5重量份。

[0170] 作为有机溶剂,可以从醇类(例如蒔品醇、 α -蒔品醇、 β -蒔品醇等)、酯类(例如含羟基酯类、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇单异丁酸酯、二乙二醇单丁醚乙酸酯(丁基卡必醇乙酸酯)等)中选择使用1种或2种以上。溶剂的添加量相对于银粒子100重量份通常为0.5~30重量份,优选为2~25重量份。作为有机溶剂的具体例,可以举出二乙二醇单丁醚乙酸酯(丁基卡必醇乙酸酯)。

[0171] << (C) 玻璃料 >>

[0172] 本实施方式的导电性糊剂包含 (C) 玻璃料。

[0173] 本实施方式的导电性糊剂中, (C) 玻璃料的碱度 B_{GF} 与将导电性糊剂中的 (A) 导电性粒子的含量设为100重量份时的导电性糊剂中的以重量份为单位的 (C) 玻璃料的含量 G 的乘积 $B_{GF} \cdot G$ 为0.25~1.45的范围,优选为0.3~1.4的范围,更优选为0.3~1.2的范围。通过使玻璃料的碱度 B_{GF} 与含量 G 的乘积 $B_{GF} \cdot G$ 为适当的范围,能够使玻璃料对钝化膜2(防反射膜)的反应性适当。因此,在使用激光处理工艺制造结晶系硅时,可以优选使用实施方式的导电性糊剂。

[0174] 玻璃料的碱度可以利用专利文献3(日本特开2009-231826号公报)中记载的方法算出。即,关于“碱度”,可以使用“K.Morinaga, H.Yoshida And H.Takebe: J.AmCerm.Soc., 77, 3113 (1994)”中所示的式子来规定玻璃粉末的碱度。具体而言如下所示。

[0175] 氧化物 M_iO 的 M_i-O 间的键合力作为阳离子-氧离子间引力 A_i 由下式给出。

[0176] $A_i = Z_i \cdot Z_{O2-} / (r_i + r_{O2-})^2 = Z_i \cdot 2 / (r_i + 1.40)^2$

[0177] Z_i : 阳离子的价数、氧离子为2

[0178] r_i : 阳离子的离子半径(Å)

[0179] 氧离子的离子半径 r_i 为1.40nm。将上述式的 A_i 的倒数 $B_i (=1/A_i)$ 设为单成分氧化物 M_iO 的供氧能力。

[0180] $B_i \equiv 1/A_i$

[0181] 若将该 B_i 标准化为 $B_{CaO} = 1$ 、 $B_{SiO2} = 0$,则给出各单成分氧化物的 B_i -指标。若将该各成分的 B_i -指标利用阳离子百分率扩展到多成分体系,则可以算出任意组成的玻璃氧化物(玻璃料)的熔体的碱度(= B_{GF})。

[0182] $B_{GF} = \sum n_i \cdot B_i$

[0183] n_i : 阳离子百分率

[0184] 像这样规定的碱度(B_{GF})如上所述表示供氧能力,值越大则表示越容易供氧,越容易发生与其他金属氧化物的氧的授受。即,所谓“碱度”,可以表示向玻璃熔体中溶解的程度。

[0185] 由于(C)玻璃料的含量G是相对于(A)导电性粒子的含量的比,因此是无量纲的数。另外,如上所述,由于 B_i 是标准化为 $B_{CaO}=1$ 、 $B_{SiO_2}=0$ 的值,因此(C)玻璃料的碱度 $B_{GF}(=\sum n_i \cdot B_i)$ 是无量纲的数。因而,(C)玻璃料的碱度 B_{GF} 与含量G的乘积 $B_{GF} \cdot G$ 也是无量纲的数。

[0186] 本实施方式的玻璃料的碱度(B_{GF})优选为0.10~1.5,更优选为0.15~1.3,进一步优选为0.20~1.1。在碱度(B_{GF})为这样的范围的情况下,通过调节导电性糊剂中的玻璃料的添加量,能够使玻璃料对钝化膜2的反应性适当。

[0187] 本实施方式的导电性糊剂中的玻璃料的含量G优选相对于导电性粒子100重量份为0.1~5.0重量份,更优选为0.2~4.0重量份,进一步优选为0.3~3.0重量份,特别优选为0.4~2.7重量份。通过对导电性糊剂中的玻璃料的含量G与碱度(B_{GF})一起适当地进行调节,能够使玻璃料对钝化膜2的反应性适当。更具体而言,为了制成适于利用激光处理工艺形成电极的导电性糊剂,与以往相比减少玻璃料的含量并且使玻璃料的碱度为适当的范围,由此能够抑制对钝化膜2的反应性,提高Voc。

[0188] 本实施方式的导电性糊剂的(C)玻璃料的玻璃化转变温度(T_g)优选为250~600℃,更优选为270~500℃,进一步优选为300~400℃。通过使(C)玻璃料的玻璃化转变温度(T_g)为250℃以上,能够抑制对钝化膜2的反应性。另外,通过使玻璃化转变温度(T_g)为600℃以下,能够降低所得的电极(例如光入射侧表面电极20)与杂质扩散层4之间的接触电阻。

[0189] 玻璃化转变温度(T_g)可以如下所示地测定。即,使用差示热天平(株式会社MAC Science公司制 TG-DTA2000S),在该差示热天平中设置成为试样的玻璃粉末和基准物质,作为测定条件以升温速度10℃/分钟从室温升温到900℃,得到将作为试样的玻璃粉末与基准物质的温度差相对于温度绘图而成的曲线(DTA曲线)。可以将像这样得到的DTA曲线的第1拐点设为玻璃化转变温度 T_g 。

[0190] 玻璃料的粒子的形状没有特别限定,例如可以使用球状、不定形等形状。另外,粒子尺寸也没有特别限定。从操作性等方面出发,粒子的平均粒径(D50)优选为0.1~10μm的范围,更优选为0.5~5μm的范围。

[0191] 作为本实施方式的导电性糊剂中含有的玻璃料,可以分别独立地使用组成为不同种类的玻璃料(第1玻璃料及第2玻璃料)。

[0192] 首先,对第1玻璃料进行说明。

[0193] 本实施方式的导电性糊剂中含有的第1玻璃料优选包含选自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 BaO 、 CuO 、 Li_2O 及 ZnO 中的1种以上。本实施方式的导电性糊剂中含有的第1玻璃料更优选包含选自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 Li_2O 及 ZnO 中的1种以上。通过使第1玻璃料包含这些氧化物的至少1种,能够将第1玻璃料的碱度调整为适当的范围。

[0194] 第1玻璃料优选包含 Bi_2O_3 。第1玻璃料(100mol%)中的 Bi_2O_3 的含量优选为10~80mol%,更优选为15~75mol%,进一步优选为20~70mol%。通过使第1玻璃料包含 Bi_2O_3 ,能够在将对钝化膜2的反应性调节为适当的范围的同时降低接触电阻。

[0195] 本实施方式的导电性糊剂中第1玻璃料中的以mol%为单位的 Bi_2O_3 的含量(C_{Bi2O3})与第1玻璃料的含量G的乘积 $C_{Bi2O3} \cdot G$ 优选为10~200的范围,更优选为13~170的范围,进一

步优选为15~150的范围。通过使与玻璃料的含量G的乘积 $C_{\text{Bi203}} \cdot G$ 为上述范围,能够在将对钝化膜的反应性调节为适当的范围的同时降低接触电阻。

[0196] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 SiO_2 。在第1玻璃料包含 SiO_2 的情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 SiO_2 的含量优选为10~60mol%,更优选为15~40mol%。通过使第1玻璃料包含适当的含量的 SiO_2 ,能够控制对钝化膜2的反应性。

[0197] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 B_2O_3 。在第1玻璃料包含 B_2O_3 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 B_2O_3 的含量优选为3~60mol%,更优选为4~50mol%。通过使第1玻璃料包含适当的含量的 B_2O_3 ,能够控制对钝化膜2的反应性。

[0198] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 V_2O_5 。在第1玻璃料包含 V_2O_5 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 V_2O_5 的含量优选为小于8mol%,更优选为5mol%以下。通过使第1玻璃料包含 V_2O_5 ,能够降低第1玻璃料的碱度。因而,在第1玻璃料的碱度高的情况下,通过包含适当的含量的 V_2O_5 ,能够将第1玻璃料的碱度调节为适当的范围。

[0199] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 TeO_2 。在第1玻璃料包含 TeO_2 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 TeO_2 的含量优选为小于80mol%,更优选为50mol%以下。通过使第1玻璃料包含 TeO_2 ,能够降低第1玻璃料的碱度。因而,在第1玻璃料的碱度高的情况下,通过包含适当的含量的 TeO_2 ,能够将第1玻璃料的碱度调节为适当的范围。

[0200] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 BaO 。在第1玻璃料包含 BaO 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 BaO 的含量优选为3~20mol%,更优选为5~10mol%。通过使第1玻璃料包含适当的含量的 BaO ,能够将对钝化膜2的反应性调节为适当的范围。

[0201] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 CuO 。在第1玻璃料包含 CuO 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 CuO 的含量优选为10~40mol%,更优选为20~30mol%。通过使第1玻璃料包含适当的含量的 CuO ,能够将对钝化膜2的反应性调节为适当的范围。

[0202] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 Li_2O 。在第1玻璃料包含 Li_2O 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 Li_2O 的含量优选为3~40mol%,更优选为5~30mol%。通过使第1玻璃料包含适当的含量的 Li_2O ,能够将对钝化膜2的反应性调节为适当的范围。

[0203] 第1玻璃料可以在不对本实施方式的导电性糊剂造成不良影响的范围中包含 ZnO 。在第1玻璃料包含 ZnO 情况下,第1玻璃料(100mol%)中的 ZnO 的含量优选为5~70mol%,更优选为15~60mol%。通过使第1玻璃料包含 ZnO ,能够将第1玻璃料的碱度调整为适当的范围。

[0204] 本实施方式的导电性糊剂中含有的第1玻璃料优选为无铅玻璃料。该情况下,本实施方式的导电性糊剂中含有的第1玻璃料实质上不包含铅(Pb)。但是,本实施方式中使用的无铅的第1玻璃料中可以作为杂质包含不可避免地混入的微量的铅。具体而言,本实施方式

中使用的无铅的第1玻璃料中可以作为杂质包含0.1重量%以下的铅。通过使用包含无铅的第1玻璃料的导电性糊剂制造太阳能电池,在废弃太阳能电池时能够防止对环境的铅污染。

[0205] 下面,对第2玻璃料进行说明。第2玻璃料是包含PbO的玻璃料。

[0206] 本实施方式的导电性糊剂中含有的第2玻璃料优选包含选自PbO、SiO₂、Al₂O₃、B₂O₃、ZnO、V₂O₅、WO₃及Nb₂O₃中的1种以上。本实施方式的导电性糊剂中含有的第2玻璃料更优选包含PbO、SiO₂、Al₂O₃、B₂O₃及ZnO。

[0207] 本实施方式的导电性糊剂中,第2玻璃料优选包含选自ZnO、V₂O₅、WO₃及Nb₂O₃中的至少1种。通过使第2玻璃料包含这些氧化物的至少1种,能够将第2玻璃料的碱度调整为适当的范围。

[0208] 第2玻璃料优选包含PbO。第2玻璃料(100mol%)中的PbO的含量优选为25~60mol%,更优选为30~55mol%,进一步优选为40~55mol%。通过使第2玻璃料包含PbO,能够在抑制对钝化膜2的反应性的同时降低接触电阻。

[0209] 第2玻璃料优选包含SiO₂。第2玻璃料(100mol%)中的SiO₂的含量优选为20~65mol%,更优选为25~60mol%。通过使第2玻璃料包含SiO₂,能够抑制对钝化膜2的反应性。

[0210] 第2玻璃料优选包含Al₂O₃。第2玻璃料(100mol%)中的Al₂O₃的含量优选为3.0~6.8mol%,更优选为3.5~6mol%。通过使第2玻璃料包含Al₂O₃,能够抑制对钝化膜2的反应性。

[0211] 第2玻璃料优选包含B₂O₃。第2玻璃料(100mol%)中的B₂O₃的含量优选为3.0~15mol%,更优选为3.5~12mol%。

[0212] 第2玻璃料优选包含ZnO。第2玻璃料(100mol%)中的ZnO的含量优选为5~20mol%,更优选为8~15mol%。通过使第2玻璃料包含ZnO,能够将第2玻璃料的碱度调整为适当的范围。

[0213] 本实施方式的导电性糊剂优选第2玻璃料中的以mol%作为单位的PbO的含量C_{PbO}与第2玻璃料的含量G的乘积C_{PbO}·G为20~139的范围,更优选为22~130的范围,进一步优选为26~105的范围。在乘积C_{PbO}·G大于139的情况下,第2玻璃料与钝化膜2的反应性过高。另外,在积C_{PbO}·G小于20的情况下,所得的电极与杂质扩散层4之间的接触电阻过高。

[0214] 在第1及第2玻璃料中,玻璃料的粒子可以使用分别包含给定量的必需的多种氧化物的1种粒子。另外,也可以将由单一的氧化物构成的粒子作为按照必需的多种氧化物的每一种而不同的粒子使用。另外,也可以组合使用必需的多种氧化物的组成不同的多种粒子。为了协同地获得不同种类的氧化物的效果,第1及第2玻璃料的粒子优选为分别包含给定量的必需的多种氧化物的1种粒子。

[0215] <其他成分>

[0216] 本实施方式的导电性糊剂可以在不对所得的太阳能电池的太阳能电池特性造成不良影响的范围中包含上述例子以外的添加剂及添加物。

[0217] 在本实施方式的导电性糊剂中,作为添加剂,可以根据需要进一步配合选自增塑剂、消泡剂、分散剂、流平剂、稳定剂及密合促进剂等中的物质。它们当中,作为增塑剂,可以使用选自邻苯二甲酸酯类、乙醇酸酯类、磷酸酯类、癸二酸酯类、己二酸酯类及柠檬酸酯类等中的至少1种。

[0218] 本实施方式的导电性糊剂可以在不对所得的太阳能电池的太阳能电池特性造成不良影响的范围中包含上述例子以外的添加物。例如,本实施方式的导电性糊剂可以进一步包含选自树脂酸钛、氧化钛、氧化钴、氧化铈、氮化硅、铜锰锡、铝硅酸盐及硅酸铝中的至少1种添加物。通过包含这些添加物,能够提高电极对于钝化膜2的粘接强度。这些添加物可以为粒子的形态(添加物粒子)。相对于银粒子100重量份而言的添加物的添加量优选为0.01~5重量份,更优选为0.05~2重量份。为了获得更高的粘接强度,添加物优选为铜锰锡、铝硅酸盐或硅酸铝。添加物可以包含铝硅酸盐及硅酸铝这两者。

[0219] <导电性糊剂的制造方法>

[0220] 下面,对本实施方式的导电性糊剂的制造方法进行说明。本实施方式的导电性糊剂可以通过对于有机粘结剂及溶剂添加银粒子、玻璃料、以及根据需要使用的其他添加剂和/或添加物、并进行混合、分散而制造。

[0221] 混合例如可以利用行星式混合机来进行。另外,分散可以利用三辊磨机来进行。混合及分散并不限于这些方法,可以使用公知的各种方法。

[0222] 实施例

[0223] 以下,利用实施例对本实施方式进行具体的说明,然而本发明并不限于它们。

[0224] <实施例1~7以及比较例1及2的太阳能电池>

[0225] 在实施例及比较例中,制作单晶硅太阳能电池,测定单晶硅太阳能电池的电特性,由此评价实施例及比较例的太阳能电池的性能。

[0226] <<导电性糊剂的材料及制备比例>>

[0227] 在表1及2中,表示出实施例及比较例的导电性糊剂的(A)导电性粒子及(C)玻璃料的配合量。表1及2所示的配合量以及下述的各成分的配合量作为将(A)导电性粒子设为100重量份时的各成分的重量份表示。导电性糊剂中含有的各成分如下所示。

[0228] (A)银粒子

[0229] 表3中,表示出实施例及比较例的导电性糊剂中使用的银粒子A1及A2的型号、制造公司、形状、平均粒径(D50)、TAP密度以及BET比表面积。表1及2中,表示出实施例及比较例的导电性糊剂的银粒子A1及A2的配合量。需要说明的是,平均粒径(D50)通过利用Microtrac法(激光衍射散射法)进行粒度分布测定、并根据粒度分布测定的结果得到中值直径(D50)的值而求出。对于其他成分的平均粒径(D50)也同样。另外,BET比表面积的测定使用了全自动比表面积测定装置Macsoeb(MOUNTEC公司制)。关于BET比表面积,在100℃进行预干燥,流过10分钟氮气后,利用基于氮气吸附的BET1点法进行测定。

[0230] (B)有机载体

[0231] 作为有机载体,使用有机粘结剂及溶剂。作为有机粘结剂,使用乙氧基含量48~49.5重量%的乙基纤维素(0.4重量份)。作为溶剂,使用二乙二醇单丁醚乙酸酯(丁基卡必醇乙酸酯)(3重量份)。

[0232] (C)玻璃料

[0233] 表4中,表示出实施例及比较例的导电性糊剂中使用的玻璃料GF1~GF6的组成、碱度及玻璃化转变温度。需要说明的是,玻璃料GF1~GF6的平均粒径(D50)设为2 μ m。表1及2中,表示出实施例及比较例的导电性糊剂的(C)玻璃料的种类及含量G(重量份)。

[0234] 测定出玻璃料GF1~GF6的玻璃化转变温度。表4中表示出玻璃料GF1~GF6的玻璃

化转变温度的测定值。玻璃料的玻璃化转变温度的测定如下所示地进行。即,将约50mg的玻璃料GF1~GF6作为试样加入铂池中,将氧化铝粉末作为标准试样,在大气气氛下,使用差示热分析装置(株式会社RIGAKU制、TG-8120)以20℃/分钟的升温速度从室温升温到800℃,得到DTA曲线。将DTA曲线的第1吸热开始点(外推点)设为玻璃化转变温度。

[0235] 玻璃料GF1~GF6如下所示地制造。即,首先,计量成为原料的氧化物的粉末,进行混合,投入坩埚中。将该坩埚放入加热了的烘箱中,将坩埚的内容物升温到熔融温度(Melt temperature),在熔融温度维持原料至充分地熔融为止。然后,将坩埚从烘箱中取出,将熔融了的内容物搅拌均匀。然后,将坩埚的内容物使用不锈钢制的双辊在室温下进行急冷,得到板状的玻璃。最后将板状的玻璃一边在乳钵中粉碎一边均匀地分散,利用网眼的筛子进行筛分,由此能够得到具有所期望的粒度的玻璃料。筛分出通过100目的筛子然而残留于200目的筛子上的玻璃料,由此能够得到平均粒径(D50)为149 μm 的玻璃料。对该玻璃料进一步进行粉碎,由此能够得到平均粒径(D50)为2 μm 的玻璃料。

[0236] 然后,将上述的给定的种类及配合量的(A)导电性粒子、(B)有机载体及(C)玻璃料利用行星式混合机混合,进一步利用三辊磨机进行分散,使之糊剂化,由此制造出实施例及比较例的导电性糊剂。

[0237] <<单晶硅太阳能电池的制造>>

[0238] 制造出如图4中例示所示的双面受光型的单晶硅太阳能电池。基板使用了掺P(磷)的n型单晶硅基板(基板厚度200 μm)。

[0239] 首先,在上述基板利用干式氧化形成氧化硅层约20 μm 后,用混合有氟化氢、纯水及氟化铵的溶液进行蚀刻,除去基板表面的损伤。此外,用包含盐酸和过氧化氢的水溶液进行重金属清洗。

[0240] 然后,在该基板的两面利用湿式蚀刻形成织构(凸凹形状)。具体而言,利用湿式蚀刻法(氢氧化钠水溶液)在两面(主要的光入射侧表面及背面)形成金字塔状的织构结构。其后,用包含盐酸及过氧化氢的水溶液进行清洗。

[0241] 然后,向上述基板的具有织构结构的一个表面(光入射侧表面)注入硼,以约0.5 μm 的深度形成p型扩散层。p型扩散层的薄层电阻为150 $\Omega/\square$ 。

[0242] 另外,向上述基板的具有织构结构的另一个表面(背面)注入磷,以约0.5 μm 的深度形成n型扩散层。n型扩散层的薄层电阻为20 $\Omega/\square$ 。同时地利用热扩散法进行硼及磷的注入。

[0243] 然后,在形成有p型扩散层的基板的表面(光入射侧表面)以及形成有n型扩散层的基板的表面(背面)形成钝化膜2。具体而言,首先,在光入射侧表面及背面形成1~2nm的薄的氧化膜层后,利用等离子体CVD法使用硅烷气体及氨气以约60nm的厚度形成氮化硅膜。具体而言,对 $\text{NH}_3/\text{SiH}_4=0.5$ 的混合气体1Torr(133Pa)进行辉光放电分解,由此利用等离子体CVD法形成膜厚约70nm的氮化硅膜(防反射膜)。

[0244] 实施例及比较例的单晶硅太阳能电池的形成有p型扩散层的基板的表面(光入射侧表面)的电极形成用的导电性糊剂使用表1及2所示的配合量的导电性糊剂。

[0245] 利用丝网印刷法进行导电性糊剂的印刷。在上述的基板的钝化膜2上,以使膜厚约为20 μm 的方式,以由1.5mm宽的光入射侧主栅电极20a和60 μm 宽的光入射侧副栅电极20b构成的图案进行印刷,其后,在150℃干燥约1分钟。

[0246] 作为背面电极15(形成有n型扩散层的表面的电极),利用丝网印刷法印刷相同的Ag糊剂。需要说明的是,背面电极15的电极图案为与光入射侧表面电极20同样的电极图案形状。其后,在150℃干燥约60秒。干燥后的背面电极15b用的导电性糊剂的膜厚约为20 μm 。其后,使用Despatch Industries, Inc.制的带式炉(烧成炉)CDF7210,在峰值温度720℃、烧成炉的进出时间50秒的条件下进行双面同时烧成。如上所示地制作出单晶硅太阳能电池。

[0247] <<激光处理工艺>>

[0248] 对上述的实施例及比较例的单晶硅太阳能电池的光入射侧表面进行激光处理工艺,由此形成AgSi区域30。即,一边对背面电极15施加负的电压、对形成于光入射侧表面的图2所示的图案的光入射侧表面电极20施加正的电压以使得在太阳能电池单元的p型杂质扩散层4与n型结晶系硅基板1之间流过与正向相反的方向的电流,一边向太阳能电池的光入射侧表面照射激光。激光处理工艺时的施加电压为20V,所照射的激光强度为100W/cm²,电压的施加及激光的照射时间设为2秒。

[0249] 如上所示地制作出实施例及比较例的太阳能电池。

[0250] <激光处理工艺后的太阳能电池的电特性的测定>

[0251] 激光处理工艺后的单晶硅太阳能电池的电特性的测定如下所示地进行。即,对试制的太阳能电池的电流-电压特性使用英弘精机株式会社制的太阳光模拟器SS-150XIL在25℃、AM1.5的条件的太阳光模拟光(能量密度100mW/cm²)的照射下进行测定,根据测定结果算出填充因子(Fill Factor:FF)、开路电压(Open Circuit Voltage:Voc)及转换效率(%)。需要说明的是,制作2个相同制造条件的单晶硅太阳能电池,作为2个的平均值求出测定值。测定出激光处理工艺后的太阳能电池的电特性(填充因子(FF)、开路电压(Voc)及转换效率(%))。表1及2中表示出测定结果。

[0252] 从表1清楚地看到,使用给定的导电性糊剂制作的实施例1~7的太阳能电池的激光处理工艺后的电特性高,例如转换效率为21.3%到24.4%的范围。与之相对,使用比较例1的导电性糊剂制作的太阳能电池的激光处理工艺后的电特性低,例如转换效率为7.3到20.2的范围。因而,显而易见,具有给定的AgSi区域30的本实施方式的实施例1~7的太阳能电池与比较例1及2的太阳能电池相比,激光处理工艺后的电特性优异。

[0253] <SEM照片>

[0254] 对实施例及比较例的太阳能电池的钝化膜2(防反射膜)的附近的截面利用扫描型电子显微镜(SEM)进行观察。图6及7是实施例3的太阳能电池的截面SEM照片。另外,图8是比较例1的太阳能电池的截面SEM照片。

[0255] 在使用了激光处理工艺的情况下,在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的大部分存在钝化膜2(防反射膜)。激光处理工艺中,以在pn结中流过与正向相反的方向的电流的方式施加上述的给定的电压,并照射来自点光源的光(例如激光),由此在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间的微小的区域流过电流,被局部地加热。其结果是,如图6及7所示,在光入射侧表面电极20与杂质扩散层4之间,形成作为局部地电导通的部分(局部导通部)的AgSi区域30(银及硅的合金)。即,局部导通部包含银与硅的合金。另外,局部导通部中,杂质扩散层4(第2导电型的硅发射极层)不夹隔着钝化膜2(防反射膜)地与光入射侧表面电极20直接接触。利用该局部地形成的电导通部分(局部导通部),能够实现光入射侧表

面电极20与杂质扩散层4之间的良好的电导通。用于制造本实施方式的太阳能电池的给定的导电性糊剂对钝化膜2(防反射膜)的反应性低,具有适于激光处理工艺的与钝化膜2(防反射膜)的反应性。因此,本实施方式的导电性糊剂可以为了使用激光处理工艺形成结晶系硅太阳能电池的光入射侧表面电极20而优选使用。

[0256] <AgSi区域30的深度d>

[0257] 如下所示地测定出实施例1~7以及比较例1及2的AgSi区域30的深度d。表1及2中表示出测定结果。

[0258] 图6中例示出AgSi区域30的深度d。AgSi区域30的深度d如下测定,即,在对AgSi区域30的截面进行SEM观察而得的SEM照片中,作为连接电极与AgSi区域30的界面的任意1点(图6的B1)到基板与AgSi区域30的界面的任意1点(图6的B2)的线段当中长度达到最大的线段的长度(图6的连接B1与B2的线段的长度d)测定。对完成后的太阳能电池的包含钝化膜2及AgSi区域30的截面以倍率2万倍进行SEM观察,由此得到图6所示的SEM照片。

[0259] <钝化膜2的残存率>

[0260] 如下所示地测定出实施例1~7以及比较例1及2的钝化膜2的残存率。表1及2中表示出测定结果。

[0261] 具体而言,首先,对完成后的太阳能电池的包含钝化膜2及AgSi区域30的截面以倍率2万倍进行SEM观察,由此得到SEM照片(SEM图像范围: $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$)。需要说明的是,该SEM照片的横向(与基板表面水平的方向)的长度为 $5.7\mu\text{m}$,纵向(与基板表面垂直的方向)的长度为 $3.9\mu\text{m}$ 。然后,如图7中例示所示,测定出该SEM照片中的钝化膜2的截面的合计长度 L_p 。图7所示的例子中,SEM照片中的钝化膜2的截面的合计长度 L_p 为 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} 及 L_{p4} 的合计的长度。然后,在该SEM照片中,测定出生成了AgSi区域30的部分中的AgSi区域30与电极的界面的截面的合计长度 L_e 。长度 L_e 相当于钝化膜2在太阳能电池的制造工序中消失的长度。图7所示的例子中,钝化膜2消失的部分中的AgSi区域30与电极的界面的截面的合计长度 L_e 为 L_{e1} 及 L_{e2} 的合计的长度。钝化膜2的残存率可以作为 $L_p / (L_p + L_e)$ 得到。需要说明的是, L_{p1} 等长度通过将钝化膜2等近似为直线而测定。

[0262] <钝化膜2的烧成前后的膜厚及膜厚比>

[0263] 测定出实施例1~7以及比较例1及2的太阳能电池的钝化膜2的烧成前膜厚 D_a 和太阳能电池完成后的膜厚 D_b 。表1及2中表示出测定结果。表1及2中表示出钝化膜2的烧成前后的膜厚比。

[0264] 通过对刚刚成膜后的钝化膜2的截面的SEM观察,测定出钝化膜2的烧成前膜厚 D_a 。即,在与实施例及比较例相同的条件下在给定的结晶系硅基板1的表面形成钝化膜2,对钝化膜2的截面进行SEM观察,由此得到实施例及比较例的钝化膜2的烧成前膜厚 D_a 。

[0265] 关于太阳能电池完成后的膜厚 D_b ,是在太阳能电池的表面形成电极、并根据需要进行给定的激光处理工艺后的、完成后的太阳能电池的钝化膜2。具体而言,首先,对完成后的太阳能电池的包含钝化膜2及AgSi区域30的截面以倍率2万倍进行SEM观察,由此得到SEM照片(SEM图像范围: $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$)。然后,将SEM照片沿纵向进行6等分,测定出6等分后的图像的5个交界处的钝化膜2的膜厚(5处)。太阳能电池完成后的膜厚 D_b 设为钝化膜2的5处膜厚的平均值。

[0266] 钝化膜2的烧成前后的所谓膜厚比,是如上所述地测定的钝化膜2的烧成前膜厚 D_a

与太阳能电池完成后的膜厚 Db 的比(Db/Da)。

[0267] <评价>

[0268] 如表1及2所示,在实施例1~7的太阳能电池中,根据截面的SEM照片求出的AgSi区域30的深度 d 为200~1800nm的范围。另外,在实施例1~7的太阳能电池中,可以确认形成有给定的AgSi区域30。另外,实施例1~7的太阳能电池的钝化膜2的烧成前后的膜厚比为17~78%的范围,钝化膜2的残存率为10~90%的范围。因而可以确认,在通过进行给定的烧成及激光处理工艺而制造的实施例1~7的太阳能电池的制造后,也残存有给定的钝化膜2。其结果是,使用包含GF1~3、GF5及GF6的玻璃料的导电性糊剂制作的实施例1~7的太阳能电池的激光处理工艺后的电特性高,例如转换效率为21.3%到24.4%的范围。另外,在实施例1~7的太阳能电池中,由于残存有具有给定的钝化功能的钝化膜2,因此开路电压(V_{oc})高,为0.69~0.72V的范围。需要说明的是,实施例1~7的太阳能电池的填充因子(FF)为72.7~82.6%的范围,是良好的值。

[0269] 需要说明的是,实施例1~5的太阳能电池的钝化膜2的残存率为76~88%的范围,转换效率为23.4%到24.4%的范围。即,实施例1~5的太阳能电池的转换效率高于实施例6的太阳能电池(钝化膜2的残存率为10%)及实施例7的太阳能电池(钝化膜2的残存率为90%)的转换效率。因而可以说,在钝化膜2的残存率为30%以上且小于90%的情况下,能够获得更高转换效率的太阳能电池。

[0270] 另外,实施例1~5的太阳能电池的钝化膜2的烧成前后的膜厚比为36~51%的范围,转换效率为23.4%到24.4%的范围。即,实施例1~5的太阳能电池的转换效率高于实施例6的太阳能电池(膜厚比为78%)及实施例7的太阳能电池(膜厚比为17%)的转换效率。因而可以说,在钝化膜2的烧成前后的膜厚比为20~70%的情况下,能够获得更高转换效率的太阳能电池。

[0271] 另一方面,如表2所示,在比较例1的太阳能电池中,从截面的SEM照片中观察不到AgSi区域30。另外,比较例1的太阳能电池的钝化膜2的烧成前后的膜厚比为91%,钝化膜2的残存率为100%。因而,在通过进行给定的烧成及激光处理工艺而制造的比较例1的太阳能电池中可以确认,给定的钝化膜2相对于刚刚成膜后基本上没有变化地残存,并且没有形成AgSi区域。像这样,使用包含GF4的玻璃料的导电性糊剂制作的太阳能电池的激光处理工艺后的电特性低,例如转换效率为7.3%。特别是在比较例1的太阳能电池中,由于残存有作为绝缘膜的钝化膜2,因此填充因子(FF)是低至35.7%的值。

[0272] 在比较例2的太阳能电池中,在截面的SEM照片中观察到AgSi区域30。如表2所示,在比较例2的太阳能电池中,根据截面的SEM照片求出的AgSi区域30的深度 d 为1200nm。需要说明的是,比较例2的太阳能电池的钝化膜2的烧成前后的膜厚比为5%,钝化膜2的残存率为5%。因而,显而易见,通过进行给定的烧成及激光处理工艺而制造的比较例2的太阳能电池与实施例1~7的太阳能电池相比,钝化膜2的存在变少。其结果是,使用包含GF3的玻璃料的导电性糊剂制作的比较例2的太阳能电池的激光处理工艺后的转换效率为20.2%,低于实施例1~7的太阳能电池。另外,在比较例2的太阳能电池中,由于钝化膜2的存在变少,钝化功能降低,因此开路电压(V_{oc})为0.64V,是低的值。可以认为,在比较例2的太阳能电池中,在对利用包含GF3的玻璃料的导电性糊剂形成的电极进行烧成时,钝化膜2被烧穿。

[0273] 另外,实施例1、2及4~7的太阳能电池由于使用包含无铅的玻璃料(GF1~5的玻璃

料)的导电性糊剂制作,因此在太阳能电池被废弃时,能够防止对环境的铅污染。

[表1]

(配合量为重量份)		实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5
(A) 导电性粒子 (配合量)	导电性粒子 A1	100		100	100	100
	导电性粒子 A2		100			
(C) 玻璃料	种类	GF1	GF1	GF6	GF2	GF5
	配合量G	1	1	1	1	2.5
碱度×(C)配合量G		0.34	0.34	0.68	0.39	0.60
$C_{Bi203} \times (C)$ 配合量G		35	35	51	65	58
AgSi区域的深度(nm)		500	400	1800	200	1000
钝化膜的评价	烧成前膜厚 (Da)(nm)	180	180	180	180	180
	烧成、处理后 膜厚(Db)(nm)	90	92	76	64	64
	膜厚比 (Db/Da)	50%	51%	42%	36%	36%
	残存率	81%	85%	82%	88%	76%
激光处理工艺后	FF(%)	81.4	81.6	82.1	80.8	82.6
	Voc(V)	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72
	转换效率(%)	24.2	24.0	24.2	23.4	24.4

[0274]

[表2]

(配合量为重量份)		实施例6	比较例1	实施例7	比较例2
(A) 导电性粒子 (配合量)	导电性粒子 A1	100	100	100	100
	导电性粒子 A2				
(C) 玻璃料	种类	GF1	GF4	GF3	GF3
	配合量G	0.74	1.0	1.4	2.0
碱度×(C)配合量G		0.25	0.11	1.43	2.04
$C_{Bi203} \times (C)$ 配合量G		26	0	34	48
AgSi区域的深度(nm)		200	0	1000	1200
钝化膜的评价	烧成前膜厚 (Da)(nm)	180	180	180	180
	烧成、处理后 膜厚(Db)(nm)	140	164	30	9
	膜厚比 (Db/Da)	78%	91%	17%	5%
	残存率	90%	100%	10%	5%
激光处理工艺后	FF(%)	72.7	35.7	78.4	79.0
	Voc(V)	0.72	0.7	0.69	0.64
	转换效率(%)	21.3	7.3	22.3	20.2

[0275]

[表3]

	型号	制造公司	形状	平均粒径 D:50(μm)	TAP密度 (g/cm ³)	BET比表面积 (m ² /g)
银粒子 A1	AG-SNA-190	DOWA ELECTRONICS	球状	2	5	0.4
银粒子 A2	AG-SNA-188	DOWA ELECTRONICS	球状	1	5	1

[0276]

[表4]

[0277]

(配合量(mol%))	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6
PbO						51.0
SiO ₂	17.0	30.0			24.0	31.0
Al ₂ O ₃						4.0
B ₂ O ₃	41.0	5.0			35.0	4.0
V ₂ O ₅				8.0		
Bi ₂ O ₃	35.0	65.0	24.0		23.0	
TeO ₂				92.0		
Li ₂ O	7.0		27.0			
ZnO			49.0		18.0	10.0
合计(mol%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
碱度B _{GF}	0.34	0.39	1.02	0.11	0.24	0.24
玻璃化转变温度(°C)	375	364	不明确	270	459	459

[0278] 附图标记说明

[0279] 1结晶系硅基板,2 钝化膜,4 杂质扩散层,6 基板主体,14 背面钝化膜,15 背面电极,15a 背面TAB电极(背面主栅电极),15b 背面全面电极,15c 背面副栅电极,16 第2杂质扩散层,20 光入射侧表面电极(表面电极),20a 光入射侧主栅电极,20b 光入射侧副栅电极,30 AgSi区域。

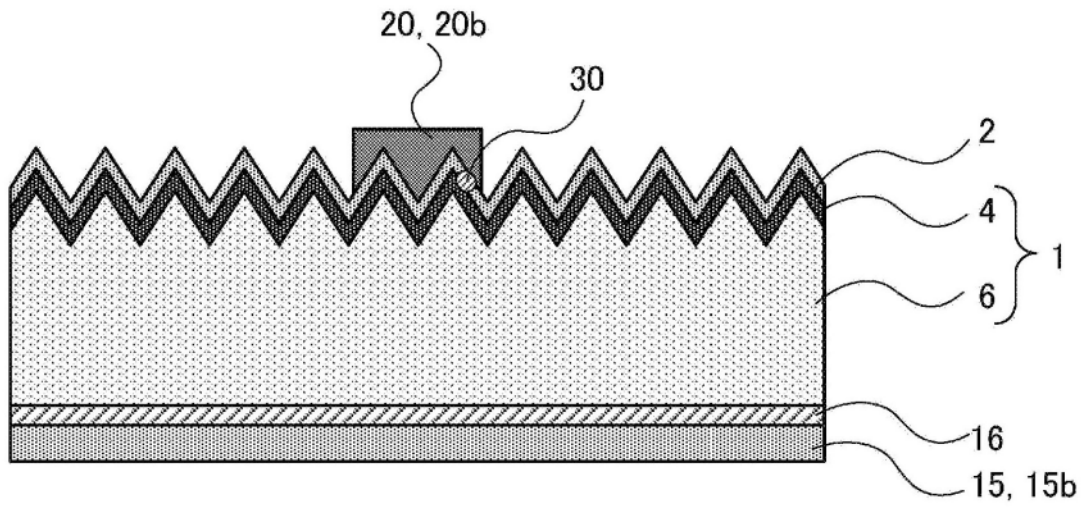


图1

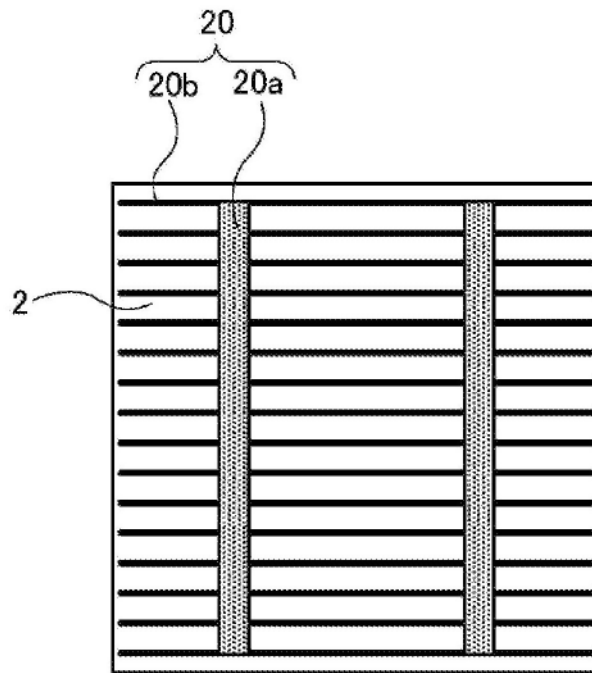


图2

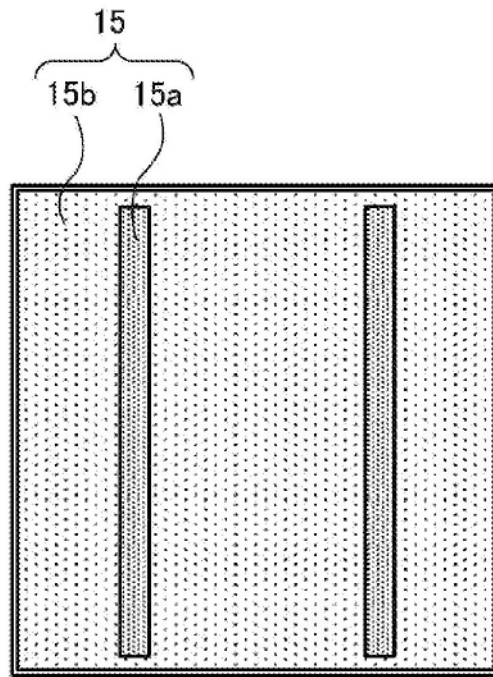


图3

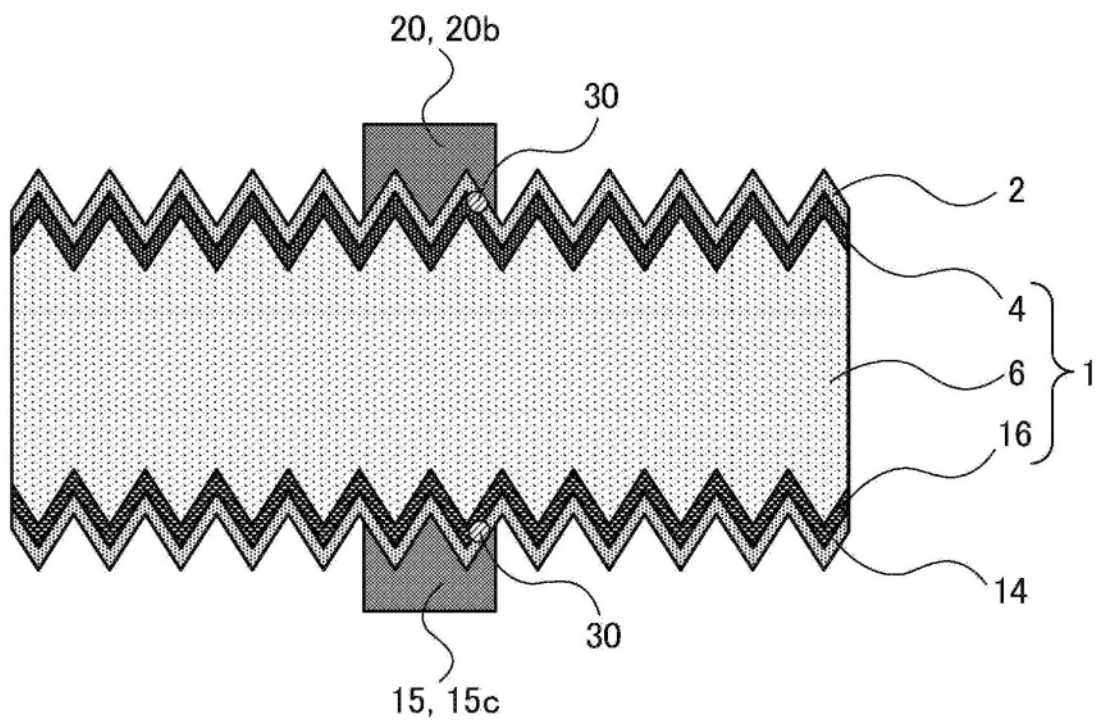


图4

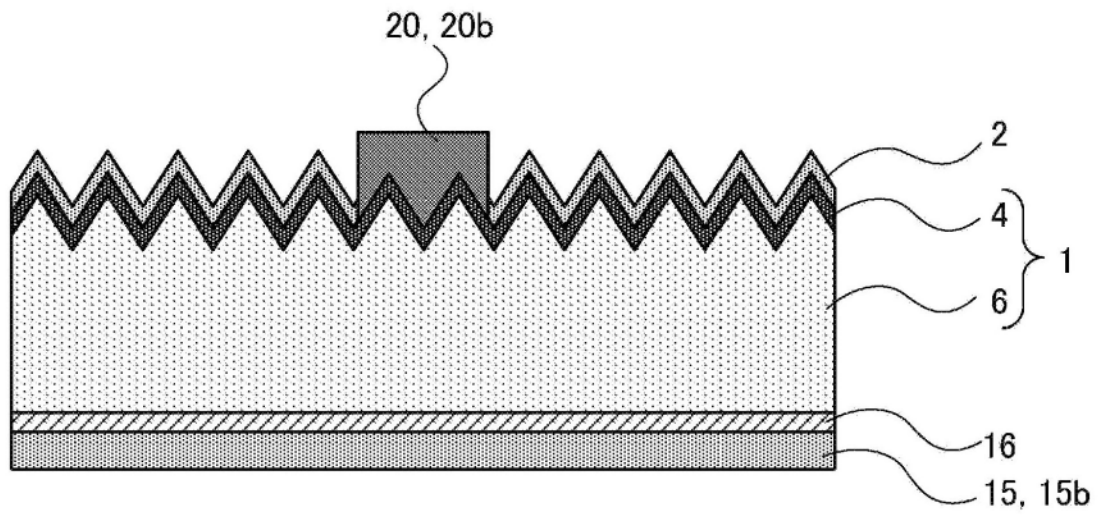


图5

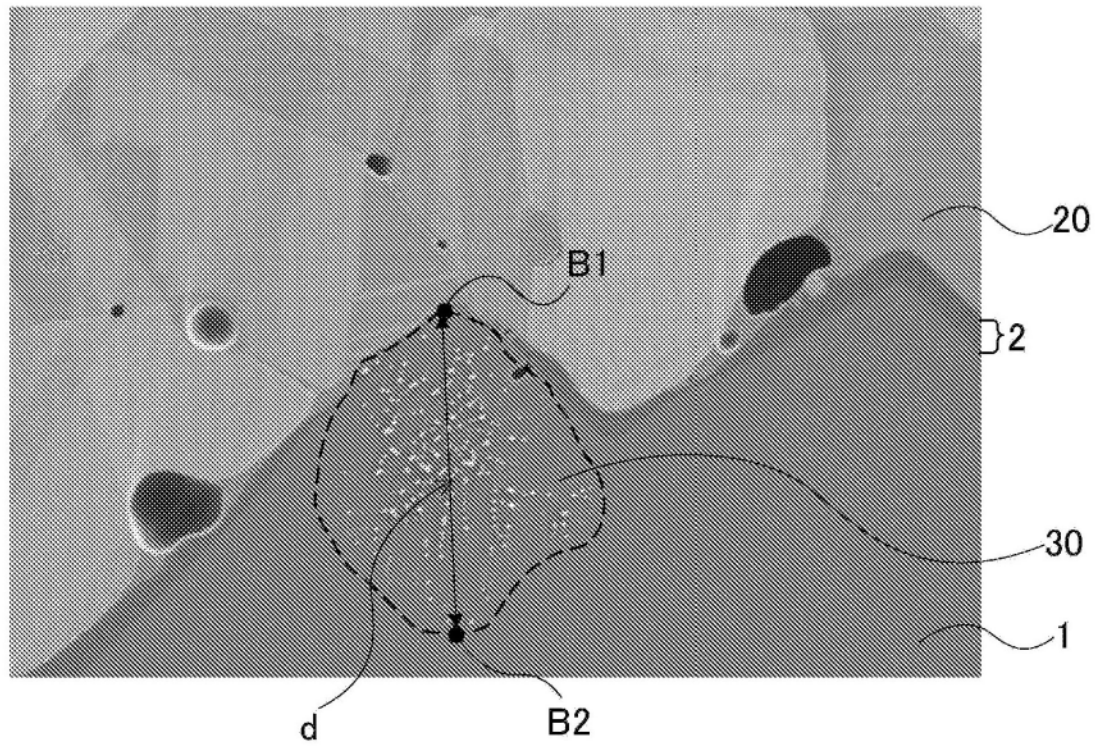


图6

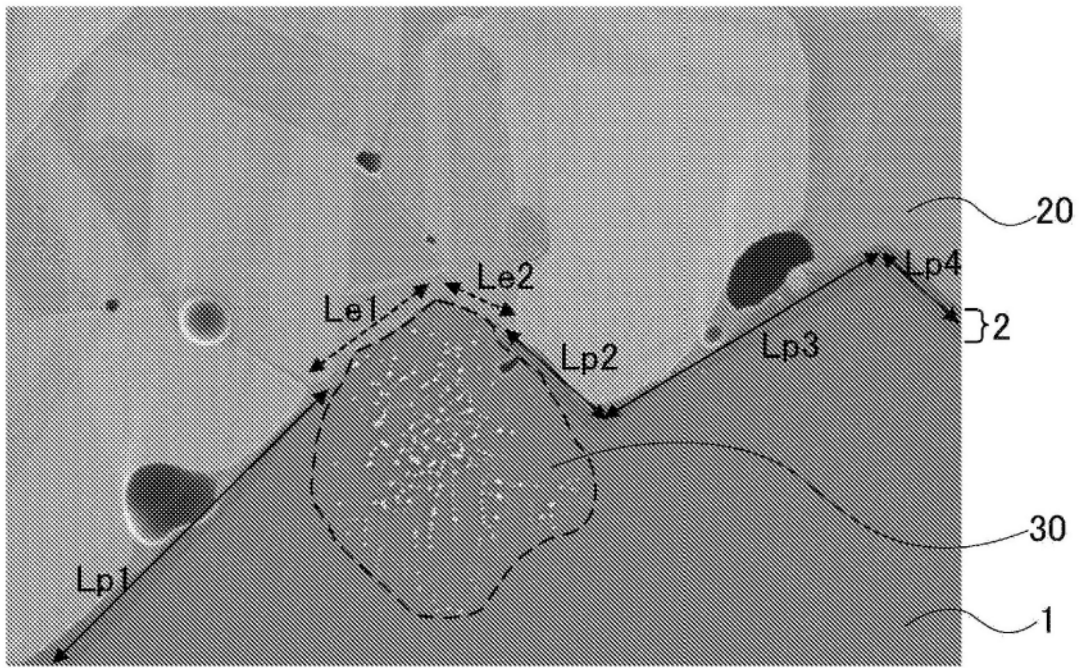


图7

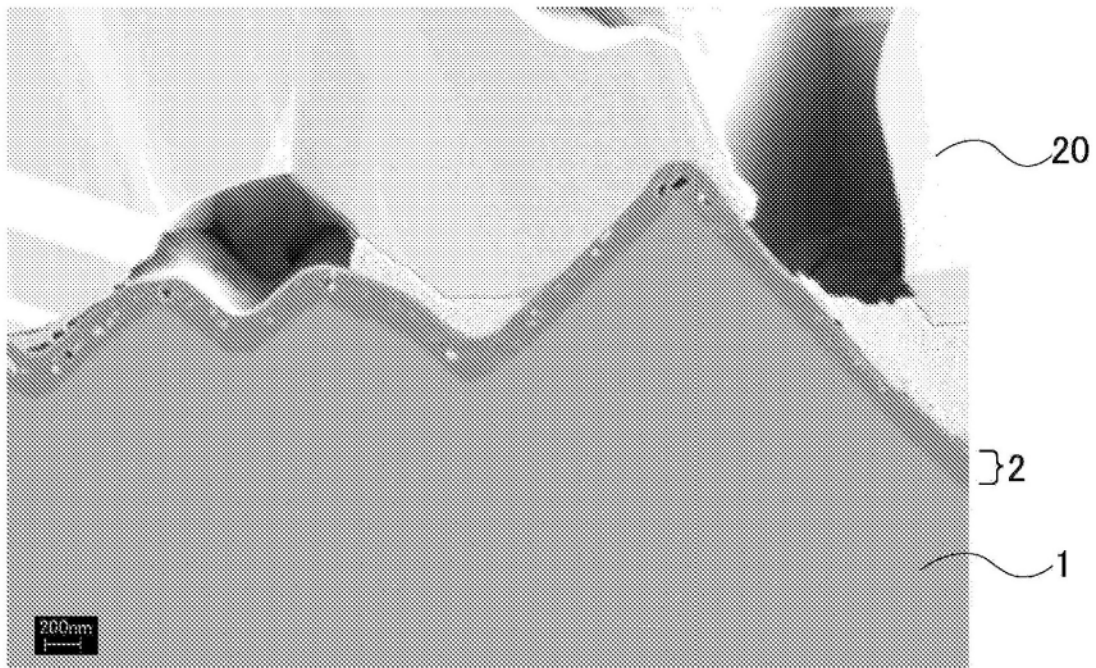


图8