



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104040733 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201280066671. 7

H01L 31/04 (2014. 01)

(22) 申请日 2012. 12. 27

H01L 31/0224 (2006. 01)

(30) 优先权数据

2012-001913 2012. 01. 10 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/083805 2012. 12. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/105446 JA 2013. 07. 18

(71) 申请人 夏普株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 田中聪 大石嘉弘

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 岳雪兰

(51) Int. Cl.

H01L 31/18 (2006. 01)

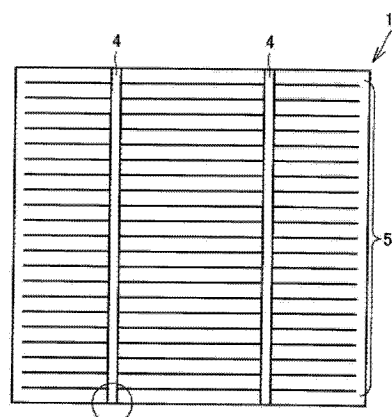
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

太阳能电池的制造方法及太阳能电池

(57) 摘要

本发明提供一种太阳能电池的制造方法及太阳能电池,是在基板的表面、形成主栅电极所使用的银膏中的银含有率低于形成次栅电极所使用的银膏中的银含有率的太阳能电池的制造方法及太阳能电池。



1. 一种太阳能电池的制造方法,为具有在基板的表面形成主栅电极及次栅电极的工序的太阳能电池的制造方法;

其特征在于,形成所述主栅电极所使用的银膏中的银含有率低于形成所述次栅电极所使用的银膏中的银含有率。

2. 如权利要求1所述的太阳能电池的制造方法,其特征在于,形成所述主栅电极所使用的所述银膏中的玻璃料含有率高于形成所述次栅电极所使用的所述银膏中的玻璃料含有率。

3. 如权利要求1或2所述的太阳能电池的制造方法,其特征在于,形成所述主栅电极所使用的所述银膏中的玻璃料含有率相对于银含有率的比例大于形成所述次栅电极所使用的所述银膏中的玻璃料含有率相对于银含有率的比例。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的太阳能电池的制造方法,其特征在于,形成所述主栅电极所使用的所述银膏中的玻璃料的软化点低于形成所述次栅电极所使用的所述银膏中的玻璃料的软化点。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的太阳能电池的制造方法,其特征在于,形成所述主栅电极所使用的所述银膏中银的 BET 值大于形成所述次栅电极所使用的所述银膏中银的 BET 值。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的太阳能电池的制造方法,其特征在于,所述主栅电极的中心部的厚度薄于所述次栅电极的厚度。

7. 一种太阳能电池,为在基板的表面具有主栅电极及次栅电极的太阳能电池,其特征在于,所述主栅电极中的银含有率低于所述次栅电极中的银含有率。

太阳能电池的制造方法及太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池的制造方法及太阳能电池。

背景技术

[0002] 近年来,特别是出于地球环境保护的观点,对将太阳能直接转换为电能的太阳能电池作为新一代能源的期待急剧高涨。作为太阳能电池,虽然具有使用化合物半导体或有机材料的太阳能电池等各种类型,但目前,使用硅晶的太阳能电池已成为主流。

[0003] 目前,制造及销售最多的太阳能电池的结构是在受光面和与受光面相反一侧的背面形成了电极的结构。

[0004] 图 6 表示日本特开 2004-14566 号公报(专利文献 1)所公开的现有太阳能电池的受光面的俯视示意图,图 7 表示沿图 6 的 VII-VII 的剖面示意图。

[0005] 如图 7 所示,专利文献 1 所公开的现有太阳能电池 101 在作为基材的 p 型硅基板 103 的太阳能电池 101 的受光面 121 侧的表面形成 n 型杂质扩散层 104。而且,形成防止反射膜 105,以覆盖 n 型杂质扩散层 104。

[0006] 而且,如图 6 及图 7 所示,在受光面 121 上形成基于银电极的电极部 102。电极部 102 由主栅 102a 和次栅 102b 构成。

[0007] 此外,如图 7 所示,在太阳能电池 101 的、与受光面 121 相反一侧的面即背面 122 上形成 p+ 型层即 BSF(Back Surface Field:背面电场)层 106。进而,在背面 122 上形成铝电极 107,以覆盖 BSF 层 106,在铝电极 107 上一部分重叠地形成银电极 108。

[0008] 太阳能电池 101 受光面 121 的电极部 102 是通过对银膏进行丝网印刷、使之干燥、并在氧化性气体下进行烧制而形成的。在此,电极部 102 在烧制银膏时,烧穿防止反射膜 105,从而穿透防止反射膜 105,与 n 型扩散层 104 接触。而且,在银膏的丝网印刷中,主栅 102a 及次栅 102b 的图案使用同一银膏、在一个工序中形成。

[0009] 专利文献 1:(日本)特开 2004-14566 号公报

[0010] 随着太阳能发电系统的快速普及,降低太阳能电池的制造成本成为当务之急。作为用来降低太阳能电池的制造成本的方法,减少电极部 102 的银使用量是有效的方法之一。

[0011] 然而,在减少电极部 102 的银使用量的情况下,由于电极部 102 电阻的升高,可能引起太阳能电池性能的大幅降低。

发明内容

[0012] 本发明是鉴于上述问题而提出的,本发明的目的在于提供能够减少电极的银使用量、却几乎不会使太阳能电池的性能降低的太阳能电池的制造方法及太阳能电池。

[0013] 本发明为一种太阳能电池的制造方法,为具有在基板的表面形成主栅电极及次栅电极的工序的太阳能电池的制造方法,形成主栅电极所使用的银膏中的银含有率低于形成次栅电极所使用的银膏中的银含有率。

[0014] 在此,在本发明的太阳能电池的制造方法中,形成主栅电极所使用的银膏中的玻璃料含有率优选高于形成次栅电极所使用的银膏中的玻璃料含有率。

[0015] 而且,在本发明的太阳能电池的制造方法中,形成主栅电极所使用的银膏中的玻璃料含有率相对于银含有率的比例优选大于形成次栅电极所使用的银膏中的玻璃料含有率相对于银含有率的比例。

[0016] 此外,在本发明的太阳能电池的制造方法中,形成主栅电极所使用的银膏中玻璃料的软化点优选低于形成次栅电极所使用的银膏中玻璃料的软化点。

[0017] 而且,在本发明的太阳能电池的制造方法中,形成主栅电极所使用的银膏中银的 BET 值优选大于形成次栅电极所使用的银膏中银的 BET 值。

[0018] 此外,在本发明的太阳能电池的制造方法中,主栅电极的中心部厚度优选薄于次栅电极的中心部厚度。

[0019] 进而,本发明为一种太阳能电池,为在基板的表面具有主栅电极及次栅电极的太阳能电池,并且主栅电极中的银含有率低于次栅电极中的银含有率。

[0020] 根据本发明,能够提供可减少电极的银使用量、却几乎不会使太阳能电池的性能降低的太阳能电池的制造方法及太阳能电池。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明太阳能电池的一例的受光面的俯视示意图；

[0022] 图 2 是由图 1 的圆所包围的部分的立体示意图；

[0023] 图 3 是主栅电极与次栅电极的接合部分的俯视示意图；

[0024] 图 4(a) 是串联两个太阳能电池后的状态的正视示意图,(b) 是 (a) 所表示的状态的侧视示意图；

[0025] 图 5(a) 是主栅电极与次栅电极的接合部分的前视示意图,(b) 是沿 (a) 的 Vb-Vb 的剖面示意图,(c) 是对由 (b) 的圆所包围的部分中银料的状况进行图解的示意性概念图；

[0026] 图 6 是专利文献 1 所公开的现有太阳能电池的受光面的俯视示意图；

[0027] 图 7 是沿图 6 的 VII-VII 的剖面示意图。

[0028] 附图标记说明

[0029] 1 p 型单晶 Si 基板 ;2 n 型杂质扩散层 ;3 防止反射膜 ;4 主栅电极 ;5 次栅电极 ;6 BSF 层 ;7 背面银电极 ;8 铝电极 ;9 中继馈线 ;11 太阳能电池 ;101 太阳能电池 ;102 电极部 ;102a 主栅 ;102b 次栅 ;103 硅基板 ;104 n 型杂质扩散层 ;105 防止反射膜 ;106 BSF 层 ;107 铝电极 ;108 银电极 ;121 受光面 ;122 背面。

具体实施方式

[0030] 下面,针对本发明的实施方式进行说明。另外,在本发明的附图中,相同的标记表示相同的部分或相当的部分。

[0031] 图 1 表示本发明太阳能电池的一例的受光面的俯视示意图,图 2 表示由图 1 的圆所包围的部分的立体示意图。图 1 及图 2 所示的太阳能电池 11 例如可以按照以下的方式进行制造。

[0032] 首先,通过对 p 型单晶 Si 基板 1 进行蚀刻,在 p 型单晶 Si 基板 1 上形成纹理。

然后,在 p 型单晶 Si 基板 1 的受光面(表面)上涂布异丙氧基钛酸脂中含有磷化合物的 PTG(Phosphoric Titanate Glass:磷酸钛酸盐玻璃)液后,使之干燥。

[0033] 接着,将涂布 PTG 液并干燥后的 p 型单晶 Si 基板 1 加热至例如 $800^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$, 由此,向 p 型单晶 Si 基板 1 扩散磷,从而形成 n 型杂质扩散层 2,同时形成由含有磷的 TiO_x 形成的防止反射膜 3。按照上述方式形成的 n 型杂质扩散层 2 的片电阻例如为 $45 \Omega / \square$ 左右。

[0034] 然后,在 p 型单晶 Si 基板 1 的非受光面(背面)上,对形成背面银电极 7 所使用的银膏及形成铝电极 8 所使用的铝膏进行印刷后,进行干燥。而且,在 p 型单晶 Si 基板 1 的受光面(表面)上,对形成次栅电极 5 所使用的银膏进行印刷,之后,对形成主栅电极 4 所使用的银膏进行印刷。在对形成次栅电极 5 所使用的银膏及形成主栅电极 4 所使用的银膏进行印刷后,使之干燥。

[0035] 此时,为了使形成主栅电极 4 所使用的银膏中的银含有率低于形成次栅电极 5 所使用的银膏中的银含有率,在形成主栅电极 4 所使用的银膏和形成次栅电极 5 所使用的银膏中使用不同的银膏。

[0036] 对于银膏及铝膏的印刷,例如可以使用丝网印刷法,即、使用具有形成所希望的图案的开口的丝网,对膏体进行挤压,由此而形成电极图案。在此,银膏是银为导电材料的主要成分的膏体,铝膏是铝为导电材料的主要成分的膏体。

[0037] 接着,在对所有的电极图案进行印刷后,在例如 800°C 左右的温度下烧制银膏及铝膏。此时,在形成主栅电极 4 所使用的银膏及形成次栅电极 5 所使用的银膏具有烧穿性的情况下,银膏贯通防止反射膜 3,与 n 型杂质扩散层 2 电连接。

[0038] 而且,通过铝膏的烧制,在 p 型单晶 Si 基板 1 上形成 p+ 层即 BSF 层 6。由此,制造出太阳能电池 11。

[0039] 图 3 表示主栅电极 4 与次栅电极 5 的接合部分的俯视示意图。为了减少形成次栅电极 5 所使用的银膏的使用量,在主栅电极 4 与次栅电极 5 重叠的部分分割次栅电极 5。

[0040] 在此,次栅电极 5 例如可以形成为线宽约 $80 \mu\text{m}$ 、平均厚度约 $15 \mu\text{m}$ 。而且,主栅电极 4 例如可以形成为线宽约 3mm 、中心部平坦部分的厚度约 $15 \mu\text{m}$ 。

[0041] 图 4(a) 表示串联两个太阳能电池 11 后的状态的正视示意图,图 4(b) 表示图 4(a) 所表示的状态的侧视示意图。在图 4(a) 及图 4(b) 中,简单表示了太阳能电池 11 的结构。

[0042] 如图 4(a) 及图 4(b) 所示,通常串联多个太阳能电池 11 进行使用。中继馈线 9 是用来串联太阳能电池 11 的配线,连接某太阳能电池 11 表面的主栅电极 4 与另一个太阳能电池 11 背面的背面银电极 7。对于中继馈线 9 的连接,例如可以使用焊料。中继馈线 9 的宽度例如可以为 2mm 左右。

[0043] 下面,对于次栅电极 5 与主栅电极 4 的必要特性进行说明。因为次栅电极 5 是经过从次栅电极 5 的端部至主栅电极 4 的数 cm 左右的距离进行集电、尽量不损耗太阳能电池 11 所产生的光电流的电极,所以要求为低电阻。据此,因为将导致电阻升高,因而不优选减少形成次栅电极 5 所使用的银膏的银含量。

[0044] 主栅电极 4 及次栅电极 5 的材料即烧制银比纯银的电阻率高一个数量级左右。另一方面,中继馈线 9 为被焊料覆盖的铜线,其电阻率可以与纯铜相当。

[0045] 因此,主栅电极 4 主要的作用为将次栅电极 5 所汇集的电流向中继馈线 9 传导,而不是长距离传导电流。电流在主栅电极 4 中流动的距离为主栅电极 4 的宽度以下,短于电

流在次栅电极 5 中流动的长度,所以,因主栅电极 4 的电阻造成的损耗较少。

[0046] 因此,即使减少形成主栅电极 4 所使用的银膏的银含有量而导致电阻增高,对太阳能电池 11 性能的影响也较小。本发明的发明者们着眼于该点,尝试在几乎不降低太阳能电池 11 性能的程度下减少形成主栅电极 4 所使用的银膏的银含有量。

[0047] 而且,在形成主栅电极 4 所使用的银膏与形成次栅电极 5 所使用的银膏中使用不同银膏的情况下,要求:上述电极间的电阻较低、上述电极的接合强度较高、以及上述电极具有长期可靠性。

[0048] 进而,主栅电极 4 有时会受到来自中继馈线 9 的外力。因此,为了不被外力剥离主栅电极 4,要求主栅电极 4 与太阳能电池 11 表面的粘接强度高,而且长期可靠性高。为了满足上述条件,对银膏中玻璃料的量等诸条件进行了研究。

[0049] 实施例

[0050] 下面,详细地说明本发明的实施例。

[0051] 在以下的实施例中,使用完全相同的银膏形成次栅电极 5,对形成主栅电极 4 所使用的银膏进行各种改变,调查其特性。将形成次栅电极 5 所使用的银膏作为基准银膏。另外,在以下的实施例中所使用的所有银膏都具有烧穿性。

[0052] 〈第一~第四实施例〉

[0053] 在第一~第四实施例中,使用改变了形成主栅电极 4 所使用的银膏的银含有率和玻璃料含有率的银膏,制作第一~第四实施例的太阳能电池。而且,在第一~第四实施例中,如上所述,使用基准银膏形成次栅电极 5。此外,作为基准,也制作使用基准银膏形成主栅电极 4 及次栅电极 5 这两者的基准太阳能电池。

[0054] 表 1 表示第一~第四实施例的太阳能电池及基准太阳能电池的特性。

[0055] [表 1]

[0056]

	第一实施例	第二实施例	第三实施例	第四实施例	基准
银含有率 (wt%)	80	78	80	70	83
玻璃料含有率 (wt%)	1.6	1.6	3.6	4.1	1.5
玻璃料 / 银含有率比 (%)	2	2.1	4.5	5.8	1.8
银含有率比 (%)	96.4	94.0	96.4	84.3	100
最大输出比 (%)	100.4	100.1	99.7	99.9	100
粘接强度	A	A	A	A	A
可靠性	A	A	A	A	A

[0057] 首先,对于表 1 的各项进行说明。

[0058] 表 1 所示的银含有率及玻璃料含有率分别为银膏中的银含有率及银膏中的玻璃料含有率。表 1 所示的银含有率及玻璃料含有率用 wt% (质量百分比) 来表示。

[0059] 表 1 所示的玻璃料 / 银含有率比为银膏中玻璃料含有率相对于银含有率的比例, 用百分比表示玻璃料含有率相对于银含有率的比例。

[0060] 表 1 所示的银含有率比为各银膏的银含有率相对于基准银膏的银含有率的比率。在表 1 所示的银含有率比低于 100% 的情况下, 表示已经减少了银的使用量。

[0061] 表 1 所示的最大输出比为第一~第四实施例的太阳能电池的最大输出 (P_m) 相对于使用基准银膏、形成主栅电极 4 及次栅电极 5 这两者的基准太阳能电池的最大输出 (P_m) 的比率。在表 1 所示的最大输出比接近 100% 的情况下, 可知具有毫不逊色于基准太阳能电池的性能。

[0062] 表 1 所示的粘接强度表示主栅电极 4 的粘接强度。在第一~第四实施例的太阳能电池及基准太阳能电池的主栅电极 4 上焊接被宽度为 2.00mm、厚度为 0.5mm 的焊料覆盖的中继馈线 9, 在 45° 方向上拉伸, 将其剥离强度为 2N 以上的情况视为合格。在表 1 中, 粘接强度合格的情况记为“A”, 不合格的情况记为“B”。

[0063] 表 1 所示的可靠性是指将第一~第四实施例的太阳能电池及基准太阳能电池在温度 85℃、湿度 85% 的环境下放置 500 小时时最大输出的保持率为 98% 以上的情况视为合格。对于可靠性, 表 1 中也将合格的情况记为“A”, 将不合格的情况记为“B”。

[0064] 首先, 根据基准银膏的表 1 所示的结果, 粘接强度及可靠性都是合格的。因此, 可知使用基准银膏形成至少主栅电极 4 及次栅电极 5 这两者而成为基准的太阳能电池经得起实际使用。

[0065] 然后, 根据第一~第四实施例的太阳能电池的结果, 可知第一~第四实施例的太阳能电池的银膏中的银含有率比都低于 100%, 可以降低银的使用量。而且, 形成第一~第四实施例太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏的玻璃料含有率都大于基准银膏 (1.5wt%), 为 1.6wt% 以上。进而, 形成第一~第四实施例的太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏中的玻璃料 / 银含有率比都大于基准银膏 (1.8%), 为 2% 以上。

[0066] 另一方面, 第一~第四实施例的太阳能电池的最大输出比为 99.7%~100.4%, 在性能上几乎没有差别。而且, 第一~第四实施例的太阳能电池在粘接强度及可靠性上都是合格的。

[0067] 据此, 通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中的银含有率小于形成次栅电极 5 所使用的银膏中的银含有率, 能够减少电极的银使用量, 却几乎不会降低第一~第四实施例的太阳能电池的性能。

[0068] 而且, 通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中的玻璃料含有率大于形成次栅电极 5 所使用的银膏中的玻璃料含有率, 即使在减少了银膏中的银使用量的情况下, 也能够得到与使用基准银膏的情况下相同程度的太阳能电池的性能。因此, 在该情况下, 能够降低成本, 却几乎不会降低太阳能电池的性能。

[0069] 此外, 通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中玻璃料含有率相对于银含有率的比例大于形成次栅电极 5 所使用的银膏中玻璃料含有率相对于银含有率的比例, 即使在减少了银膏中的银使用量的情况下, 也能够得到与使用基准银膏的情况相同程度的太阳能电池的性能。因此, 在该情况下, 能够降低成本, 却几乎不会降低太阳能电池的性能。

[0070] 〈第五~第八实施例〉

[0071] 在第五~第八实施例中, 对形成主栅电极 4 所使用的银膏的银含有率与玻璃料软

化点进行各种改变,制作第五~第八实施例的太阳能电池,对其特性进行调查。而且,作为第五~第八实施例的太阳能电池的次栅电极 5 所使用的银膏,如上所述,使用了基准银膏。此外,作为基准,如上所述,也制作了使用基准银膏形成主栅电极 4 及次栅电极这两者的基准太阳能电池。

[0072] 表 2 表示第五~第八实施例的太阳能电池及基准太阳能电池的特性。

[0073] [表 2]

[0074]

	第五实施例	第六实施例	第七实施例	第八实施例	基准
银含有率 (wt%)	80	78	80	70	83
玻璃料软化点 (°C)	550	460	460	560	590
与次栅电极的软化点差 (°C)	- 40	- 130	- 130	- 30	0
银含有率比 (%)	96. 4	94. 0	96. 4	84. 3	100
最大输出比 (%)	100. 4	100. 1	99. 7	99. 9	100
粘接强度	A	A	A	A	A
可靠性	A	A	A	A	A

[0075] 只针对表 2 项目中、与表 1 不同的项目进行说明。

[0076] 表 2 所示的玻璃料软化点表示形成第五~第八实施例的太阳能电池的主栅电极 4 所使用的各银膏中玻璃料的软化点的温度。

[0077] 而且,表 2 所示的与次栅电极的软化点差表示形成第五~第八实施例的太阳能电池的主栅电极 4 所使用的各银膏的玻璃料软化点与形成次栅电极 5 所使用的基准银膏的玻璃料软化点 590°C 的温度差。

[0078] 如表 2 所示,形成第五~第八实施例的太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏中的银含有率比都低于 100%,能够减少银的使用量。

[0079] 而且,形成第五~第八实施例的太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏的玻璃料软化点都低于基准银膏的玻璃料软化点 (590°C),都为 560°C 以下。

[0080] 另一方面,第五~第八实施例的太阳能电池的最大输出比为 99.7%~100.4%,在性能上与基准太阳能电池的最大输出几乎没有差别。而且,第五~第八实施例的太阳能电池的粘接强度及可靠性也都是合格的。

[0081] 根据上述结果,通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中的银含有率小于形成次栅电极 5 所使用的银膏的银含有率,能够减少银膏中的银使用量。

[0082] 而且,通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中的玻璃料软化点低于形成次栅电极 5 所使用的银膏中的玻璃料软化点,即使在减少了银膏中的银使用量的情况下,也能够得到与使用基准银膏、形成主栅电极 4 的情况相同程度的太阳能电池的性能。即能够降低成本,却几乎不会降低太阳能电池的性能。

[0083] 〈第九～第十二实施例〉

[0084] 在第九～第十二实施例中,对形成主栅电极 4 所使用的银膏的银含有率与银膏所使用的银料的 BET (Brunaure Emmett Teller Value :布鲁尼尔-埃密特-特勒值) 值进行各种改变,制作第九～第十二实施例的太阳能电池,对其特性进行调查。而且,作为第九～第十二实施例的太阳能电池的次栅电极 5 所使用的银膏,如上所述,使用了基准银膏。此外,作为基准,如上所述,也制作了使用基准银膏形成主栅电极 4 及次栅电极 5 这两者的基准太阳能电池。

[0085] 表 3 表示第九～第十二实施例的太阳能电池及基准太阳能电池的特性。

[0086] [表 3]

[0087]

	第九实施例	第十实施例	第十一实施例	第十二实施例	基准
银含有率 (wt%)	80	78	80	70	83
银料 BET 值的分类	大	大	大	大	中
银含有率比 (%)	96.4	94.0	96.4	84.3	100
最大输出比 (%)	100.4	100.1	99.7	99.9	100
粘接强度	A	A	A	A	A
可靠性	A	A	A	A	A

[0088] 只针对表 3 的项目中、与表 1 及表 2 不同的项目进行说明。

[0089] 表 3 所示的 BET 值为也称为比表面积的值,为物体单位质量的表面积。将 BET 值作为银料粒径的指标来使用,可以看出表 3 所示的 BET 值越大,银膏中银料的粒径越小。不考虑银膏中银料的形状,将 BET 值分为三类,即 $0.25\text{m}^2/\text{g}$ 以下的值为“小”, 0.25 至 $0.50\text{m}^2/\text{g}$ 的值为“中”, $0.50\text{m}^2/\text{g}$ 以上的值为“大”,表 3 表示了银料 BET 值的分类。

[0090] 如表 3 所示,形成第九～第十二实施例太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏的银含有率比都低于 100%,能够减少银的使用量。而且,第九～第十二实施例的银料的 BET 值的分类都为“大”,都大于基准银膏的 BET 值的分类“中”。即形成第九～第十二实施例太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏的银料粒径都小于基准银膏所使用的银料的粒径。

[0091] 另一方面,第九～第十二实施例的太阳能电池的最大输出比为 99.7%～100.4%,在性能上与基准太阳能电池的最大输出几乎没有差别。而且,第九～第十二实施例的太阳能电池的粘接强度及可靠性也都是合格的。

[0092] 根据上述结果,通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中的银含有率小于形成次栅电极 5 所使用的银膏的银含有率,能够减少银膏中的银使用量。

[0093] 而且,通过使形成主栅电极 4 所使用的银膏中银的 BET 值大于形成次栅电极 5 所使用的银膏中银的 BET 值,即使在减少了银膏中的银使用量的情况下,也能够得到与使用基准银膏、形成主栅电极 4 的情况相同程度的太阳能电池的性能。即能够降低成本,却几乎

不会降低太阳能电池的性能。

[0094] 图 5(a)～图 5(c) 示意性地表示第九～第十二实施例中主栅电极 4 与次栅电极 5 的接合部分的状况。图 5(a) 表示主栅电极 4 与次栅电极 5 的接合部分的正视示意图,图 5(b) 表示沿图 5(a) 的 Vb-Vb 的剖面示意图,图 5(c) 表示说明由图 5(b) 的圆所包围的部分中银料状况的概念图。另外,在图 5(c) 中,空心圆表示形成主栅电极 4 的银料,阴影圆表示形成次栅电极 5 的银料。

[0095] 如图 5(c) 所示,因为形成主栅电极 4 的银料的粒径小于形成次栅电极 5 的银料的粒径,所以,形成主栅电极 4 的银料进入形成次栅电极 5 的银料的间隙中,可以认为是以低电阻将主栅电极 4 与次栅电极 5 连接,并且上述电极的粘着度增高。

[0096] 〈第十三～第十五实施例及第一参考例〉

[0097] 在第十三～第十五实施例及第一参考例中,尝试在几乎不降低太阳能电池的性能的情况下,减薄主栅电极 4 的厚度。这是因为在减薄了主栅电极 4 厚度的情况下,能够进一步减少银膏的银使用量。

[0098] 作为形成第十三～第十五实施例及第一参考例的太阳能电池的次栅电极 5 所使用的银膏,使用基准银膏,进行丝网印刷,使次栅电极 5 的线宽约为 $80\ \mu\text{m}$,形成次栅电极 5 的平均厚度约为 $15\ \mu\text{m}$ 。

[0099] 而且,使用将厚度进行四种变化的丝网,对形成第一实施例的太阳能电池的主栅电极 4 所使用的银膏进行丝网印刷,由此,形成主栅电极 4,从而制作出第十三～第十五实施例及第一参考例的太阳能电池。主栅电极 4 的厚度是对主栅电极 4 中心部的平坦部分进行每条三点的测量,将其平均值作为平均厚度。

[0100] 表 4 表示制作第十三～第十五实施例及第一参考例的太阳能电池所使用的丝网的规格与评估结果。

[0101] [表 4]

[0102]

	第十三实施例	第十四实施例	第十五实施例	第一参考例
丝网规格	165 网孔 $45\ \mu\text{m}$ 线形	200 网孔 $30\ \mu\text{m}$ 线形	250 网孔 $30\ \mu\text{m}$ 线形	280 网孔 $30\ \mu\text{m}$ 线形
主栅电极平均厚度 (μm)	10.5	6.8	5.9	4.8
最大输出比 (%)	100.1	99.7	100.2	99.6
粘接强度	A	A	A	B
可靠性	A	A	A	B

[0103] 如表 4 所示,第十三实施例的主栅电极 4 的平均厚度最厚,第一参考例的主栅电极 4 的平均厚度最薄。而且,第十三～第十五实施例及第一参考例的太阳能电池的最大输出比为 99.6%～100.2%,性能上几乎没有差别。关于粘接强度与可靠性,第十三～第十五实施例合格,与之相对,第一参考例不合格。

[0104] 粘接强度与可靠性都合格的第十三～第十五实施例的太阳能电池的主栅电极 4

的平均厚度都薄于次栅电极 5 的平均厚度 $15\ \mu\text{m}$ 。这样,减少形成主栅电极 4 所使用的银膏中的银含有率,此外,使主栅电极 4 的中心部的平均厚度薄于次栅电极 5 的平均厚度,由此,减少银膏中的银使用量,能够谋求降低成本,而几乎不会降低太阳能电池的性能。

[0105] 另一方面,根据第一参考例的结果,可知如果主栅电极 4 的中心部的平均厚度过薄,则粘接强度与可靠性都降低。根据上述结果,因为在第十五实施例太阳能电池的主栅电极 4 的中心部的平均厚度 $5.9\ \mu\text{m}$ 与第一参考例太阳能电池的主栅电极 4 的中心部的平均厚度 $4.8\ \mu\text{m}$ 之间存在临界值,所以,优选主栅电极 4 的中心部的平均厚度为 $5.4\ \mu\text{m}$ 以上,进而优选为 $5.9\ \mu\text{m}$ 以上。

[0106] 在第十三~第十五实施例及第一参考例中,通过改变丝网规格,改变了主栅电极 4 的厚度,但通过改变银膏的粘度,也能够改变主栅电极 4 的厚度。

[0107] 如上所述,根据本发明,能够以低成本制造具有与现行太阳能电池相同程度的电气特性、粘接强度及可靠性的太阳能电池。

[0108] 如上所述,针对本发明的实施方式及实施例进行了说明,但从开始也计划使上述实施方式及各实施例的结构适当组合。

[0109] 本次所公开的实施方式及实施例在所有方面都是例示而不应该认为是限制。本发明的范围不是上述的说明而是由权利要求来表示,目的在于包括与权利要求的保护范围等等的含义和保护范围内的所有变更。

[0110] 工业实用性

[0111] 本发明能够广泛适用于使用形成主栅电极所使用的银膏与形成次栅电极所使用的银膏为不同银膏的太阳能电池的制造方法、太阳能电池、以及使用该太阳能电池的所有太阳能电池模块中。

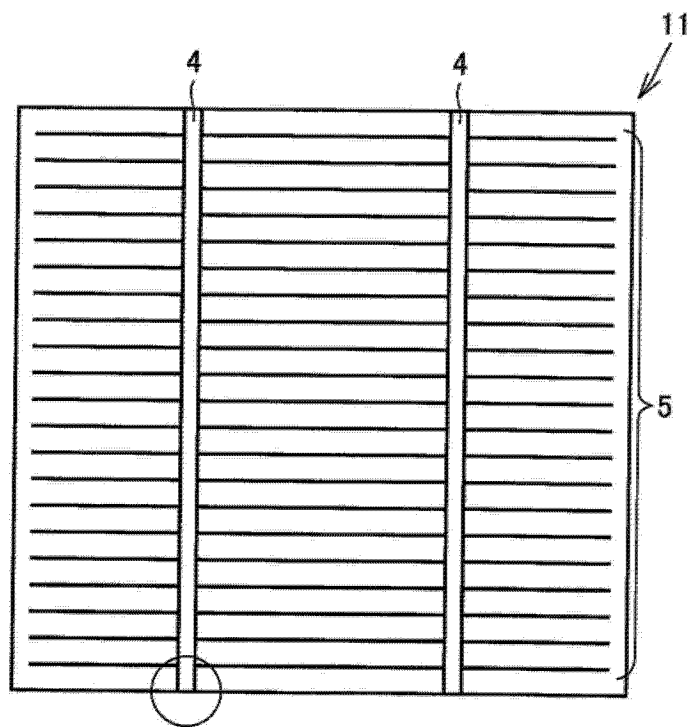


图 1

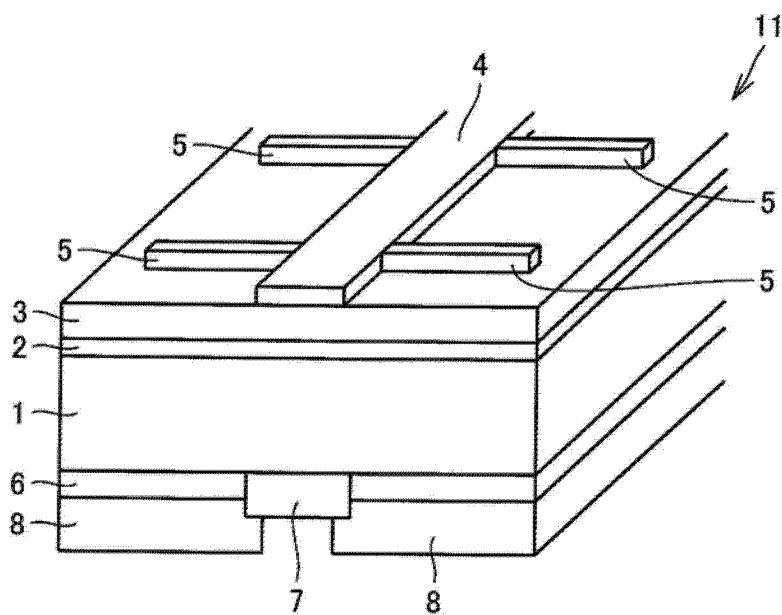


图 2

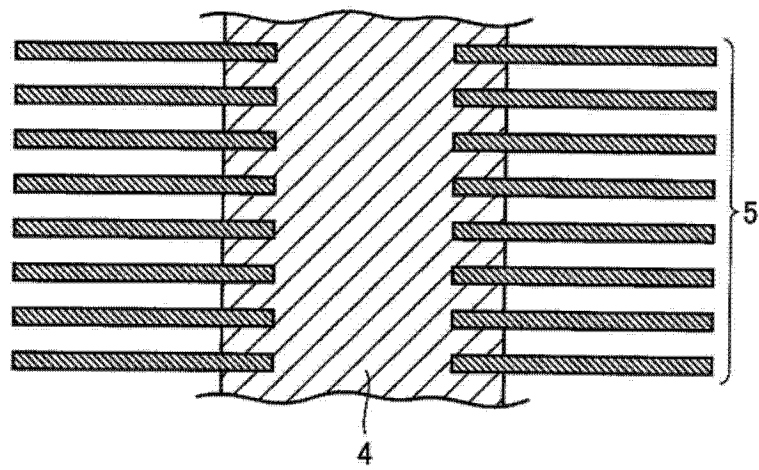


图 3

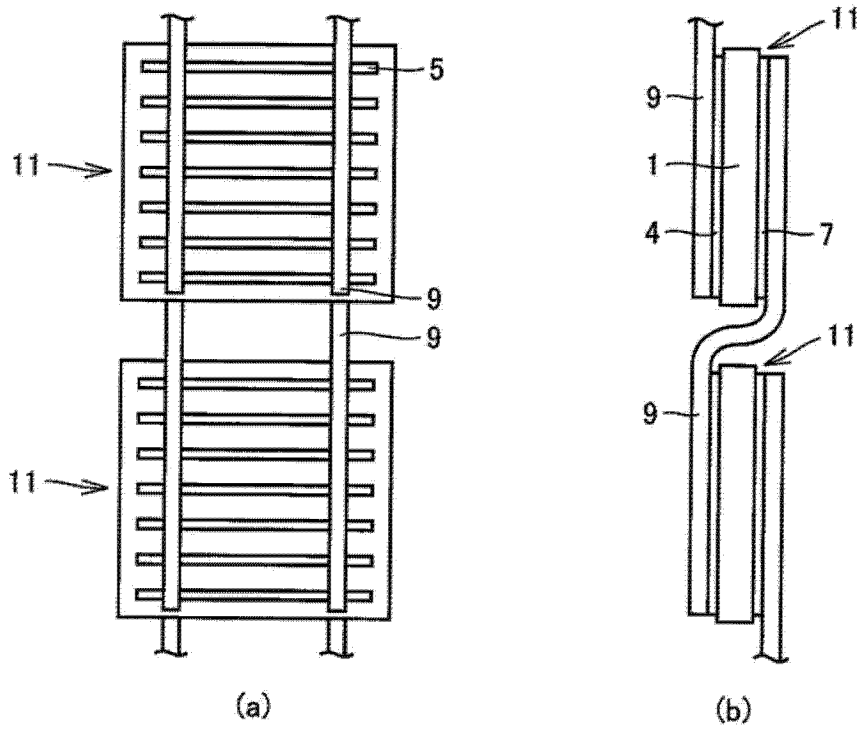


图 4

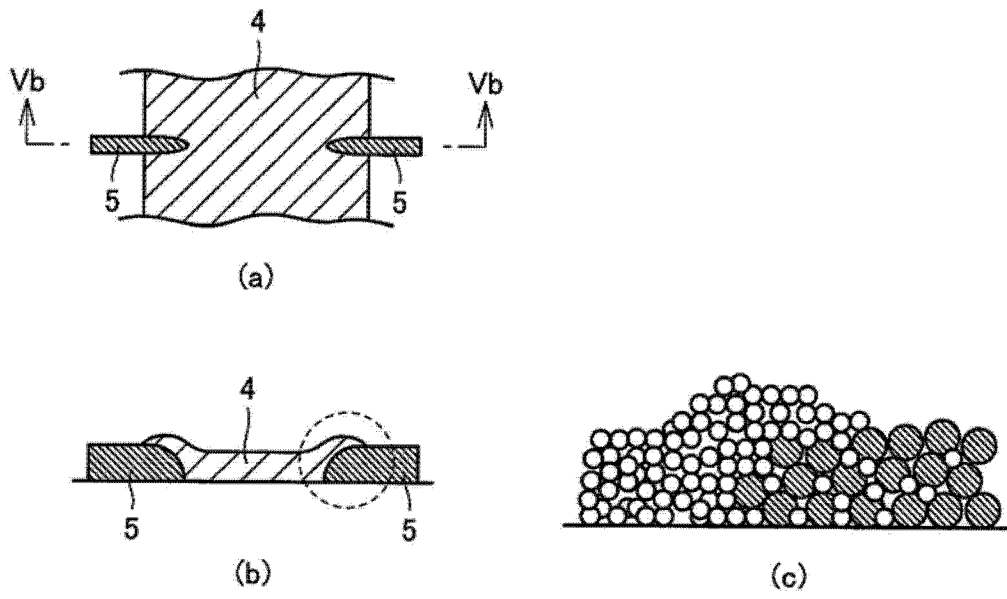


图 5

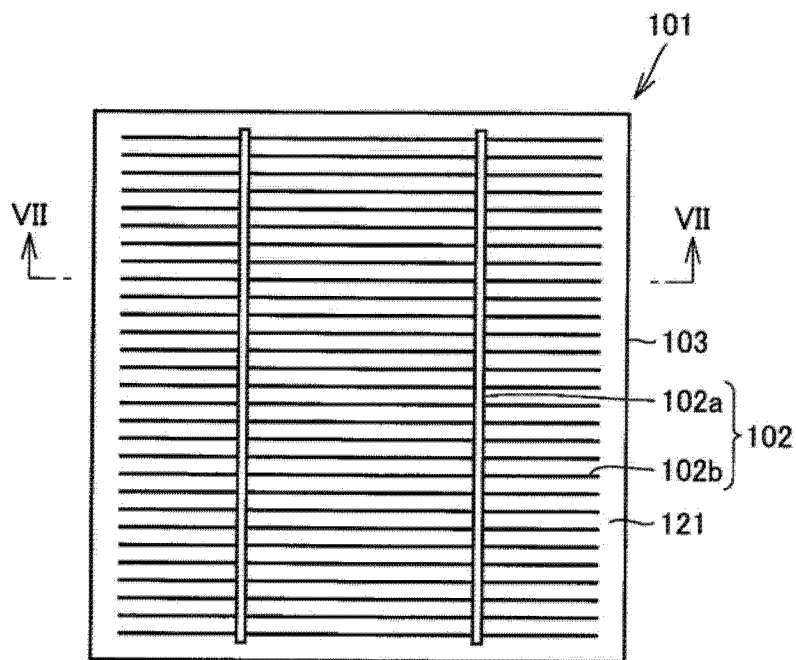


图 6

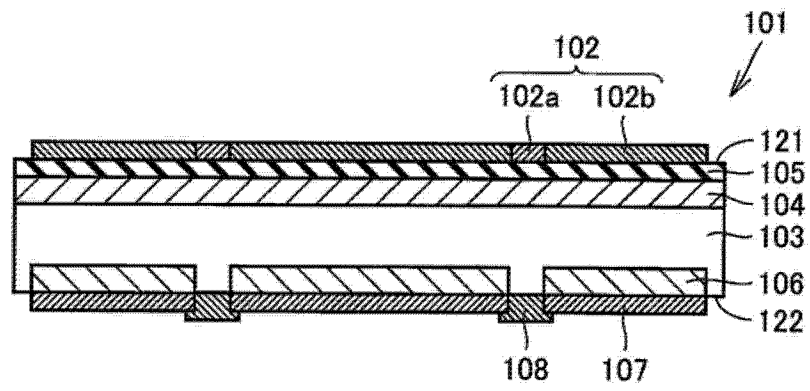


图 7