



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102144264 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 03

(21) 申请号 200980135103. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 09. 08

H01B 1/16 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/094, 458 2008. 09. 05 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 03. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/056156 2009. 09. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02010/028325 EN 2010. 03. 11

(71) 申请人 E. I. 内穆尔杜邦公司

地址 美国特拉华州

(72) 发明人 P · 布伦纳 A · G · 普林斯

R · J · S · 杨

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 项丹

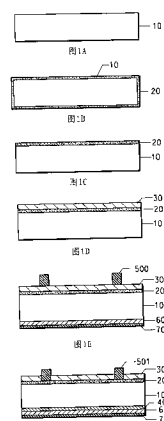
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

铝浆及其在硅太阳能电池生产中的用途

(57) 摘要

本发明描述了包含球状和结核状的粒状铝以及有机载体的铝浆, 以及它们在形成硅太阳能电池的 p 型铝背面电极时的用途。



1. 一种包含粒状铝和有机载体的铝浆,所述有机载体包含一种或多种有机溶剂,其中所述粒状铝包含 30 至 90 重量%的球状铝粉和 10 至 70 重量%的结核状铝粉,所述重量%是按所述球状铝粉和所述结核状铝粉的总重量之和计的。

2. 如权利要求 1 所述的铝浆,其中,所述粒状铝包含 50 至 75 重量%的球状铝粉和 25 至 50 重量%的结核状铝粉,所述重量%是按所述球状铝粉和所述结核状铝粉的总重量之和计的。

3. 如权利要求 2 所述的铝浆,其中,所述粒状铝包含 60 至 70 重量%的球状铝粉和 30 至 40 重量%的结核状铝粉,所述重量%是按所述球状铝粉和所述结核状铝粉的总重量之和计的。

4. 如前述任一项权利要求所述的铝浆,其中,所述球状铝粉加上结核状铝粉的总和占所述粒状铝的超过 90 重量%。

5. 如权利要求 4 所述的铝浆,其中,所述球状铝粉加上结核状铝粉的总和占所述粒状铝的 100 重量%。

6. 如前述任一项权利要求所述的铝浆,其中,按总铝浆组合物计,所述粒状铝以 50 至 80 重量%的比例存在。

7. 如前述任一项权利要求所述的铝浆,其中,所述铝浆附加包含按总铝浆组合物计,总比例为 0.01 至 5 重量%的一种或多种玻璃料。

8. 如前述任一项权利要求所述的铝浆,其中,所述有机载体还包含一种或多种有机聚合物和 / 或一种或多种有机添加剂。

9. 一种形成硅太阳能电池的方法,所述方法包括以下步骤:

(i) 将前述任一项权利要求的铝浆施用到硅片的背面上,所述硅片具有 p 型区、n 型区和 p-n 结;以及

(ii) 焙烧具有所述铝浆的表面,从而使所述硅片达到 700 至 900℃的峰值温度。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其中,所述铝浆的施用通过印刷来实施。

11. 如权利要求 9 或 10 所述的方法,其中,将焙烧实施为与其他正面和 / 或背面金属浆料一起共焙烧,所述其他正面和 / 或背面金属浆料在焙烧期间已施用到所述硅片上以在其上形成正面和 / 或背面电极。

12. 一种通过权利要求 9 至 11 中任一项的方法制备的硅太阳能电池。

13. 一种包括铝背面电极的硅太阳能电池,其中,所述铝背面电极利用权利要求 1 至 8 中任一项的铝浆制成。

14. 如权利要求 13 所述的硅太阳能电池,其中,所述硅太阳能电池还包括硅片。

铝浆及其在硅太阳能电池生产中的用途

发明领域

[0001] 本发明涉及铝浆以及它们在硅太阳能电池生产中的用途,即,在硅太阳能电池的铝背面电极和相应的硅太阳能电池的生产中的用途。

[0002] 发明技术背景

[0003] 常规的具有 p 型基底的太阳能电池结构具有通常位于电池正面或光照面上的负极和位于背面上的正极。众所周知,在半导体的 p-n 结上入射的合适波长的辐射充当在该半导体中产生电子-空穴对的外部能源。在 p-n 结处存在电势差,这导致空穴和电子以相反的方向跨过该结移动,从而产生能够向外部电路输送电力的电流。大部分太阳能电池为金属化的硅片形式,即具有导电的金属触点。

[0004] 在形成硅太阳能电池期间,一般将铝浆丝网印刷在硅片的背面上并将其干燥。然后将硅片在高于铝熔点的温度下焙烧以形成铝硅熔体,随后在冷却阶段期间形成掺入有铝的外延生长的硅层。该层一般被称为背表面场 (BSF) 层,并且有助于改善太阳能电池的能量转化效率。

[0005] 目前所用的太阳能发电电池大多为硅太阳能电池。在大规模的生产中,工艺流程一般要求实现最大程度的简化和尽量降低制造成本。具体地讲,电极通过使用诸如丝网印刷之类的方法由金属浆料制成。

[0006] 这种制备方法的实例结合图 1 描述如下。图 1A 示出了 p- 型硅基板 10。

[0007] 在图 1B 中,反向导电型的 n- 型扩散层 20 通过磷 (P) 等的热扩散而形成。通常将三氯化磷 (POCl_3) 用作气体磷扩散源,其他液体源为磷酸等。在不存在任何特定改性下,在硅基板 10 的整个表面上形成扩散层 20。形成 p-n 结,其中 p- 型掺杂剂的浓度等于 n- 型掺杂剂的浓度。具有靠近光照面的 p-n 结的常规电池具有介于 0.05 和 0.5 μm 之间的结深。

[0008] 在形成了该扩散层之后,通过用某种酸诸如氢氟酸进行蚀刻而将多余的表面玻璃从表面的其余部分上除去。

[0009] 接着,以图 1D 所示的方式,通过例如等离子体化学气相沉积 (CVD) 工艺,将减反射涂层 (ARC) 30 形成在 n 型扩散层 20 上至介于 0.05 和 0.1 μm 之间的厚度。

[0010] 如图 1E 所示,将用于正面电极的正面银浆 (形成正面电极的银浆) 500 丝网印刷在减反射涂层 30 上并随后进行干燥。此外,接着将背面银或银 / 铝浆 70 和铝浆 60 丝网印刷 (或一些其他施用方法) 在基板的背面上并相继进行干燥。通常,首先将背面银或银 / 铝浆丝网印刷到硅上而作为两个平行条 (母线) 或作为准备用于焊接互连条 (预焊接的铜带) 的矩形 (突出部),然后将铝浆印刷在裸露的区域中,与背面银或银 / 铝略微重叠。在一些情况下,在印刷了铝浆之后进行银或银 / 铝浆的印刷。然后通常在带式炉中进行焙烧,持续 1 至 5 分钟的时间,使硅片达到 700 至 900 $^{\circ}\text{C}$ 范围内的峰值温度。正面电极和背面电极可依次焙烧或共焙烧。

[0011] 因此,如图 1F 所示,在焙烧过程中,源自浆料的熔融铝将硅溶解,然后在冷却之后形成从硅基板 10 外延生长的共晶层,从而形成包含高浓度铝掺杂剂的 p+ 层 40。该层一般被称为背表面场 (BSF) 层,并且有助于改善太阳能电池的能量转化效率。一般在该外延层

的表面上存在薄的铝层。

[0012] 通过焙烧将铝浆由干燥状态 60 转化成铝背面电极 61。同时焙烧背面银或银 / 铝浆 70, 变成银或银 / 铝背面电极 71。焙烧期间, 背面铝与背面银或银 / 铝之间的边界呈合金状态并且还电连接。铝电极占据背面电极的大部分区域, 这部分地是由于需要形成 p+ 层 40。银或银 / 铝背面电极在部分背面上形成为电极 (通常作为 2-6mm 宽的母线), 用于借助预焊接的铜带等互连太阳能电池。此外, 正面银浆 500 在焙烧期间烧结并穿透减反射涂层 30, 从而能够电接触 n- 型层 20。这类方法一般被称作“烧透”。这种烧透状态在图 1F 的层 501 中显而易见。

[0013] 如上所述的此类铝浆已在许多专利申请中, 例如在 US-A-2007/0079868 中有所公开。在后一专利申请中公开了铝浆中所含的铝粉可以包括雾化铝。铝可以在空气或惰性气氛中雾化。

[0014] 由硅片制成并具有铝背面电极的硅太阳能电池为硅 / 铝双金属条并且可以表现出所谓的弯曲行为。弯曲是不可取的, 因为这可能引起太阳能电池破裂和损坏。弯曲还会引起与硅片加工相关的问题。在加工过程中, 通常利用自动处理设备以吸盘提升硅片, 而在过度弯曲的情况下吸盘可能无法可靠地工作。光伏行业内对弯曲度的要求通常为太阳能电池挠度 $< 1.5\text{mm}$ 。解决弯曲现象是一大难题, 对于由以下硅片制成的硅太阳能电池而言尤其如此: 大和 / 或薄的硅片, 例如厚度小于 $180\text{ }\mu\text{m}$ (具体地讲, 在 120 至小于 $180\text{ }\mu\text{m}$ 的范围内) 并且面积在大于 250 至 400cm^2 范围内的硅片。

[0015] 发明概述

[0016] 本发明涉及用于形成硅太阳能电池的 p 型铝背面电极的铝浆 (铝厚膜组合物)。其还涉及形成铝浆和在硅太阳能电池的生产中使用铝浆的方法以及硅太阳能电池自身。

[0017] 本发明涉及铝浆, 其包含: 粒状铝、有机载体和任选的一种或多种玻璃料组合物, 其中粒状铝包含 30 至 90 重量% (重量百分比) 的球状铝粉和 10 至 70 重量% 的结核状 (不规则形状) 铝粉, 所述重量% 按球状铝粉和结核状铝粉的总和计。

[0018] 本发明还涉及形成硅太阳能电池的方法和硅太阳能电池自身, 其利用具有 p 型区和 n 型区以及 p-n 结的硅片, 所述方法包括将本发明的铝浆施用 (具体地讲丝网印刷) 到硅片背面上, 并且焙烧印刷的表面, 从而使硅片达到 700 至 900°C 范围内的峰值温度。

[0019] 附图简述

[0020] 图 1 为工艺流程图, 示出了示例性的硅太阳能电池制造过程。

[0021] 图 1 中所示的附图标号说明如下。

[0022] 10 : p- 型硅片

[0023] 20 : n- 型扩散层

[0024] 30 : 减反射涂层, 例如 SiN_x 、 TiO_x 、 SiO_x

[0025] 40 : p+ 层 (背表面场, BSF)

[0026] 60 : 在背面上形成的铝浆

[0027] 61 : 铝背面电极 (通过焙烧背面铝浆获得)

[0028] 70 : 在背面上形成的银或银 / 铝浆

[0029] 71 : 银或银 / 铝背面电极 (通过焙烧背面银或银 / 铝浆获得)

[0030] 500 : 在正面上形成的银浆

[0031] 501:银正面电极(通过焙烧正面银浆获得)

[0032] 图 2A-D 说明了制造方法,所述方法使用本发明的导电铝浆来制造硅太阳能电池。图 2 中所示的附图标号说明如下。

[0033] 102 硅基板(硅片)

[0034] 104 受光表面侧电极

[0035] 106 用于第一电极的浆料组合物

[0036] 108 用于第二电极的导电浆料

[0037] 110 第一电极

[0038] 112 第二电极

[0039] 发明详述

[0040] 现已发现,含有如上指定的具体重量比的球状铝粉和结核状铝粉的铝厚膜组合物在用之制成的硅太阳能电池的弯曲和电性能方面表现出良好和均衡的整体性能。使用所述新型铝厚膜组合物生产硅太阳能电池的铝背面电极可使硅太阳能电池不仅表现出低弯曲行为和良好的电性能,还可降低甚至消除铝背面电极和硅片基板之间粘附力损失的趋势。铝背面电极和硅片基板之间的良好粘附力将使硅太阳能电池的耐久性或使用寿命延长。还有利的是,使用本发明的铝浆获得的 Al-Si 共晶层和背表面场的厚度非常均匀。

[0041] 本发明的铝浆包含粒状铝和有机载体(有机介质),其中粒状铝包含 30 至 90 重量%的球状铝粉和 10 至 70 重量%的结核状铝粉,所述重量%按球状铝粉和结核状铝粉的总和计。在一个实施方案中,球状铝粉加上结核状铝粉的总和占粒状铝的 90 重量%以上。在另一个实施方案中,其占粒状铝的 100 重量%。

[0042] 粒状铝可由铝或铝合金构成,所述铝合金具有一种或多种其他金属,例如锌、锡、银和镁。就铝合金而言,铝含量为例如 99.7 重量%至小于 100 重量%。

[0043] 如前文所述,粒状铝包含 30 至 90 重量%的球状铝粉和 10 至 70 重量%的结核状铝粉,所述重量%是按球状铝粉和结核状铝粉的总和计的。在一个实施方案中,其包含 30 至 90 重量%的球状铝粉和 10 至 70 重量%的结核状铝粉,其中所述重量%的总和为 100 重量%。

[0044] 在另一个实施方案中,粒状铝包含 50 至 75 重量%的球状铝粉和 25 至 50 重量%的结核状铝粉,所述重量%是按球状铝粉和结核状铝粉的总和计的。在另一个实施方案中,其包含 50 至 75 重量%的球状铝粉和 25 至 50 重量%的结核状铝粉,其中所述重量%的总和为 100 重量%。

[0045] 在另一个实施方案中,粒状铝包含 60 至 70 重量%的球状铝粉和 30 至 40 重量%的结核状铝粉,所述重量%是按球状铝粉和结核状铝粉的总和计的。在一个实施方案中,其包含 60 至 70 重量%的球状铝粉和 30 至 40 重量%的结核状铝粉,其中所述重量%的总和为 100 重量%。

[0046] 术语“球状铝粉”用于本文。该术语是指将单个铝颗粒置于显微镜下观察时其呈球状或近似球状,即,它们可以为正圆形或略呈椭圆形。球状铝粉通常通过在具有例如小于 5 至 0 体积%的低氧含量的惰性气氛(例如氮气气氛或氩气气氛)中雾化液态铝而制成。可用于本发明的铝浆中的可商购获得的球状铝粉的实例为得自 Poudres-Hermillon 的产品 ULT-0665。

[0047] 术语“结核状铝粉”用于本文。该术语是指将单个铝颗粒置于显微镜下观察时不呈球形。它们具有不规则但紧凑的形状,即,它们具有低纵横比,并且它们不应与铝薄片或铝薄板混淆。结核状铝粉通常通过在空气中雾化液态铝而制成。可用于本发明的铝浆中的可商购获得的结核状铝粉的实例为得自 Alcoa 的产品 1401/S2。

[0048] 通过激光散射法测定,球状铝粉和结核状铝粉两者都表现出例如 4 至 12 μm 的平均粒度(平均粒径 d_{50})。粒状铝可按以下比例存在于本发明的铝浆中:所述比例按总铝浆组合物计为 50 至 80 重量%,或者在一个实施方案中为 70 至 75 重量%。

[0049] 本说明书和权利要求书中关于平均粒度所作的所有陈述均涉及如存在于铝浆组合物中的相关材料的平均粒度。

[0050] 存在于铝浆中的粒状铝可伴随有一种或多种其他粒状金属,例如银或银合金粉。此类一种或多种其他粒状金属的比例为例如按粒状铝加上一种或多种粒状金属的总量计 0-10 重量%。

[0051] 在一个实施方案中,本发明的铝浆还包含作为无机粘合剂的一种或多种玻璃料。玻璃料组合物可包含 PbO ;在一个实施方案中,玻璃料组合物可为无铅的。玻璃料组合物可包括如下的那些:它们在焙烧之后经历再结晶或相分离并析出具有游离相的玻璃料,其所具有的软化点低于原来的软化点。

[0052] 玻璃料组合物(原来的)软化点(玻璃化转变温度,通过差热分析 DTA 在 10K/min 的加热速率下确定)可在 325 $^{\circ}\text{C}$ 至 600 $^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

[0053] 玻璃料表现出例如 2-20 μm 的通过激光散射确定的平均粒度(平均粒径)。在铝浆包含一种或多种玻璃料的情形中,一种或多种玻璃料的含量按总铝浆组合物计可为 0.01 至 5 重量%,或者在一个实施方案中为 0.1 至 2 重量%,或者在另一个实施方案中为 0.2 至 1.25 重量%。

[0054] 可用于铝浆中的一些玻璃料为本领域中常规的玻璃料。一些实例包括硼硅酸盐玻璃和硅铝酸盐玻璃。实例还包括如下氧化物的组合,例如: B_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CdO 、 CaO 、 BaO 、 ZnO 、 Na_2O 、 Li_2O 、 PbO 和 ZrO_2 ,它们可独立地使用或以组合方式使用以形成玻璃粘合剂。

[0055] 常规的玻璃料可为硼硅酸盐玻璃料,诸如硼硅酸盐玻璃料,铋、镉、钡、钙、或其他碱土金属硼硅酸盐玻璃料。此类玻璃料的制备是熟知的,并包括例如将氧化物形式的玻璃组分熔融在一起并将此类熔融组合物注入水中以形成玻璃料。当然,批料成分可为下述任何化合物,它们在通常的玻璃料生产条件下将产生所期望的氧化物。例如,氧化硼将从硼酸获得,二氧化硅将从燧石制备,氧化钡将从碳酸钡制备,等等。

[0056] 可将玻璃在球磨机中用水或惰性的低粘度低沸点有机液体进行研磨,以减小玻璃料的粒度并且获得大小基本上均匀的玻璃料。然后可将其沉降在水或所述有机液体中以分离出细料,并且可除去包含细料的上清液。也可使用其他分类方法。

[0057] 玻璃由常规玻璃制造技术制成,即将所期望的组分以所期望的比例混合,并且加热混合物以形成熔体。如本领域所熟知的那样,可加热至峰值温度并保持一段时间,使得熔体完全变成液体并且均匀。

[0058] 本发明的铝浆包含有机载体。可将多种多样的惰性粘稠材料用作有机载体。有机载体可为如下的载体:其中粒状组分(粒状铝、玻璃料(如果有的话))为可分散的,并具有足够的稳定度。有机载体的特性(尤其是流变性)可使得它们向铝浆组合物提供良好的施

用特性,包括:不溶性固体的稳定分散、便于施用(具体地讲便于丝网印刷)的适当粘度和触变性、硅片基板和浆料固体的适当的可润湿性、良好的干燥速率、和良好的焙烧特性。用于本发明的铝浆的有机载体可为非水性惰性液体。有机载体可为有机溶剂或有机溶剂混合物;在一个实施方案中,有机载体可为一种或多种有机聚合物溶于一种或多种有机溶剂中形成的溶液。在一个实施方案中,用于该目的的聚合物可为乙基纤维素。可单独使用或以组合方式使用的聚合物的其他实例包括乙基羟乙基纤维素、木松香、酚醛树脂和低级醇的聚(甲基)丙烯酸酯。合适的有机溶剂的实例包括醇酯和萘烯诸如 α -或 β -萘品醇或它们与其他溶剂诸如煤油、邻苯二甲酸二丁酯、二甘醇丁基醚、二甘醇丁醚乙酸酯、己二醇和高沸点醇的混合物。此外,在无机载体中还可包含挥发性有机溶剂,以用于促进在将铝浆施用到硅片背面上后的快速硬化。可配制这些溶剂和其他溶剂的各种组合以达到所期望的粘度和挥发性要求。

[0059] 本发明的铝浆中的有机溶剂含量按总铝浆组合物计可在5至25重量%,或在一个实施方案中10至20重量%的范围内。

[0060] 一种或多种有机聚合物可按如下比例存在于有机载体中:所述比例按总铝浆组合物计在0-20重量%,或在一个实施方案中5-10重量%的范围内。

[0061] 本发明的铝浆可以包含耐热无机化合物和/或金属有机化合物。“耐热无机化合物”是指对焙烧期间经历的热条件具有耐受性的无机化合物。例如,它们的熔点高于焙烧期间经历的温度。实例包括无机氧化物,例如无定形二氧化硅。金属有机化合物的实例包括锡有机化合物和锌有机化合物,例如新癸酸锌和2-乙基己酸亚锡。

[0062] 本发明的铝浆可包含一种或多种有机添加剂,例如表面活性剂、增稠剂、流变改性剂和稳定剂。一种或多种有机添加剂可为有机载体的一部分。然而,也有可能在制备铝浆时单独地加入一种或多种有机添加剂。一种或多种有机添加剂可按如下的总比例存在于本发明的铝浆中:所述总比例按总铝浆组合物计为例如0至10重量%。

[0063] 本发明的铝浆中的有机载体含量可取决于施用浆料的方法和所用的有机载体的种类,并且其可有变化。在一个实施方案中,其按总铝浆组合物计可为20-45重量%,或者在一个实施方案中,其可在22-35重量%的范围内。该数目20-45重量%包括一种或多种有机溶剂、可能的一种或多种有机聚合物和可能的一种或多种有机添加剂。

[0064] 本发明的铝浆为粘稠组合物,它们可通过机械地将粒状铝和任选的一种或多种玻璃料组合物与有机载体进行混合来制备。在一个实施方案中,可使用动力混合制造方法,其为一种等同于传统辊磨的分散技术;也可使用辊磨或其他混合技术。

[0065] 本发明的铝浆可以按原样使用或者可以通过加入额外的一种或多种有机溶剂将其稀释;因此,铝浆中所有其他组分的重量百分比可以减少。

[0066] 本发明的铝浆可用于制造硅太阳能电池的铝背面电极或相应地用于制造硅太阳能电池。该制造可通过如下方式进行:将铝浆施用到硅片的背面上,即,施用到它们的不被或不会被其他背面金属浆料(具体地讲,如背面银或银/铝浆)覆盖的那些表面部分上。硅片可包括单晶硅或多晶硅。在一个实施方案中,硅片可具有100至250cm²的面积和180至300 μ m的厚度。然而,本发明的铝浆甚至可成功地用于生产下述硅片背面上的铝背面电极,所述硅片更大和/或具有更薄的厚度,例如,硅片具有低于180 μ m,具体地讲在140至低于180 μ m范围内的厚度和/或具有高于250至400cm²范围内的面积。

[0067] 将铝浆施用至例如 15 至 60 μm 的干膜厚度。通常,将它们以单层形式施用于硅片的背面。铝浆的施用方法可以是印刷,例如硅氧烷移印;或在一个实施方案中,为丝网印刷。当通过使用 Brookfield HBT 粘度计和 14 号转子的效用杯以 10rpm 的转子速度并在 25°C 下测量时,本发明的铝浆的施用粘度可为 20 至 200Pa $\cdot$ s。

[0068] 在将铝浆施用到硅片的背面上后,可将它们干燥例如 1 至 100 分钟的时间,使硅片达到 100 至 300°C 范围内的峰值温度。干燥可利用例如带式、旋转式或静止式干燥机,具体地讲 IR(红外线)带式干燥机来进行。

[0069] 在它们的施用之后或在一个实施方案中,在它们的施用和干燥之后,焙烧本发明的铝浆以形成铝背面电极。焙烧可持续例如 1 至 5 分钟的时间,使硅片达到 700 至 900°C 范围内的峰值温度。焙烧可利用例如单区段或多区段带式炉尤其是多区段 IR 带式炉来进行。焙烧在存在氧的情况下尤其是在存在空气的情况下发生。在焙烧期间,可除去包括非挥发性有机材料的有机物质和在可能的干燥步骤期间没有蒸发的有机部分,即烧尽和/或碳化,具体地讲烧尽它们。焙烧期间除去的有机物质包括一种或多种有机溶剂、可能的一种或多种有机聚合物和可能的一种或多种有机添加剂。在铝浆包含一种或多种玻璃料的一个实施方案中,在焙烧期间可发生另一种过程,即烧结一种或多种玻璃料。可将焙烧实施为与已施用到硅片上的其他金属浆料即正面和/或背面金属浆料一起的所谓共焙烧,所述金属浆料在焙烧过程期间已被施用以形成硅片表面上的正面电极和/或背面电极。一个实施方案包括正面银浆和背面银或背面银/铝浆。

[0070] 接着,参见图 2,说明了一个非限制性实例,其中使用本发明的铝浆制备了硅太阳能电池。

[0071] 首先,制备了硅片基板 102。在硅片的受光面(正面表面)上(通常具有靠近该表面的 p-n 结)安装正面电极(例如,主要由银构成的电极)104(图 2A)。在硅片的背面上,涂布银或银/铝导电浆料(例如,PV202 或 PV502 或 PV583 或 PV581,可从 E. I. Du Pont de Nemours and Company 商购获得)以形成母线或突出部,使得与其他太阳能电池以平行电构型互连。在硅片的背面上,使用能够与上文提及的银或银/铝浆等略微重叠的图案通过丝网印刷来涂布本发明的用于太阳能电池的新型铝浆、以用作背面(或 p 型接触)电极 106,然后将其干燥(图 2B)。浆料的干燥例如在 IR 带式干燥机中进行,持续 1 至 10 分钟的时间,使硅片达到 100-300°C 的峰值温度。此外,铝浆可具有 15-60 μm 的干膜厚度,并且银或银/铝浆的厚度可为 15-30 μm 。此外,铝浆和银或银/铝浆的重叠部分可为约 0.5-2.5mm。

[0072] 接着,焙烧所得的基板,例如,在带式炉中焙烧 1 至 5 分钟的时间,使硅片达到 700-900°C 的峰值温度,以便获得所期望的硅太阳能电池(图 2D)。电极 110 由铝浆形成,其中所述浆料已焙烧而除去了有机物质并且(在铝浆包含玻璃料的情况下)烧结后者。

[0073] 如图 2D 所示,使用本发明的铝浆所获得的硅太阳能电池在硅基板 102 的受光面(表面)上具有电极 104,在背面上具有主要由铝构成的铝电极 110 以及主要由银或银和铝构成的银或银/铝电极 112(通过焙烧银或银/铝浆 108 形成)。

实施例

[0074] (1) 太阳能电池的制造

[0075] 如下形成太阳能电池:

[0076] (i) 在硅基板 (160 μm 厚的面积为 243cm^2 的多晶硅片, p 型 (硼) 块硅, 具有 n 型扩散的 POCl_3 发射极, 表面用酸纹理化, 具有通过化学气相沉积施用在硅片发射极上的 SiN_x 减反射涂层 (ARC)) 的背面上 (其正面上具有 20 μm 厚的银电极 (PV145Ag 组合物, 可从 E. I. Du Pont de Nemours and Company 商购获得)) 对银 / 铝浆 (PV202, 可从 E. I. Du Pont de Nemours and Company 商购获得的 Ag/Al 组合物) 进行印刷并干燥为 5mm 宽的母线。然后, 以 30 μm 的干膜厚度丝网印刷用于太阳能电池背面电极的铝浆, 从而在两个边缘处为铝膜的重叠部提供 1mm 的 Ag/Al 母线以确保电连续性。在焙烧之前, 干燥所述丝网印刷的铝浆。

[0077] 该实施例铝浆包含 72.5 重量%的铝粉 (每种情况下的平均粒度均为 6 μm)、27.5 重量%的聚合物树脂与有机溶剂形成的有机载体。对照浆料 A 中的铝粉完全由空气雾化的 (结核状的) 粉末构成。浆料 B 到 E (根据本发明) 中的铝粉包含空气雾化和氮气雾化的 (结核状和球状的) 粉末的混合物, 其中球状粉末的份额为 10 至 90 重量%。对照浆料 F 中的铝粉完全由氮气雾化的 (球状的) 粉末构成。

[0078] (ii) 然后将印刷过的硅片在 Centrotherm 炉中以 3000mm/min 的带速进行焙烧, 其中区段温度被限定为区段 1 = 450°C, 区段 2 = 520°C, 区段 3 = 570°C 且最后区段设定在 950°C, 从而使硅片达到 850°C 的峰值温度。焙烧后, 金属化晶片变成功能光伏器件。

[0079] 接下来进行电性能和弯曲度的测量。

[0080] (2) 测试规程

[0081] 效率

[0082] 将根据上述方法形成的太阳能电池放置在商业 I-V 测试器 (由 EETS Ltd. 提供) 中, 以便测量光转化效率。该 I-V 测试器中的灯模拟了具有已知强度 (大约 $1000\text{W}/\text{m}^2$) 的日光, 并且照射电池的发射极。随后用四个电探针接触印刷到焙烧电池上的金属化浆料。测量了这些太阳能电池在一系列电阻上产生的光电流 (V_{oc} , 开路电压; I_{sc} , 短路电流) 以计算出 I-V 响应曲线。随后从该 I-V 响应曲线推导出填充因数 (FF) 值和效率 (Eff) 值。

[0083] 弯曲度测量

[0084] 将弯曲度 (电池翘曲度) 定义为室温下在平坦的表面上测量时焙烧电池的中心的最大挠曲高度。通过以下方式进行弯曲度测量: 将电池放置在金属平板上, 并使用 μm 分辨率的测微计测量每个电池的最大挠曲度, 即, 测定晶片中心与平板表面的距离。

[0085] 表 1 中列出的实施例 A 至 F 示出了铝浆的电性能和弯曲行为随球状铝粉份额变化的关系。表 1 中的数据证实, 与使用对照浆料 A 和 F 的铝浆制备的太阳能电池相比, 使用根据实施例 B 至 E 的铝浆制备的太阳能电池在电池的电性能和弯曲度间表现出更好的平衡。

[0086] 表 1

[0087]

实施例	球状铝粉的份额 (重量%)	开路电压 (mV)	短路电流 (A)	效率 (%)	填充因数 (%)	弯曲度 (μm)
A	0	591.9	8.83	15.45	71.69	1902
B	30	597.1	8.89	15.88	72.53	2026
C	50	598.0	8.86	15.82	72.86	1703
D	70	600.2	8.98	15.99	72.27	1651
E	90	600.4	8.97	16.14	72.96	1659
F	100	599.9	8.79	15.73	72.63	1707



图 1A

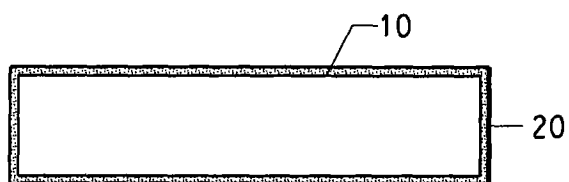


图 1B



图 1C

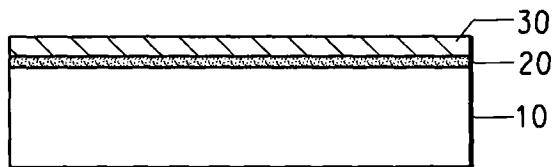


图 1D

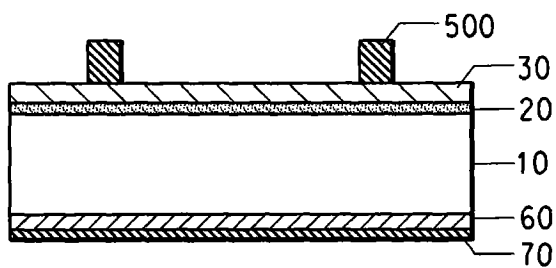


图 1E

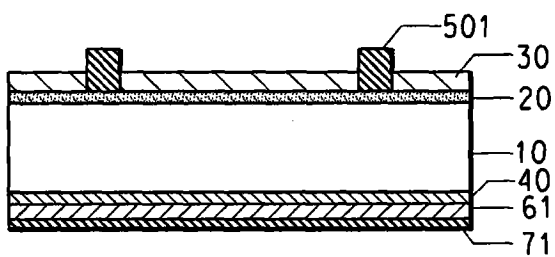


图 1F

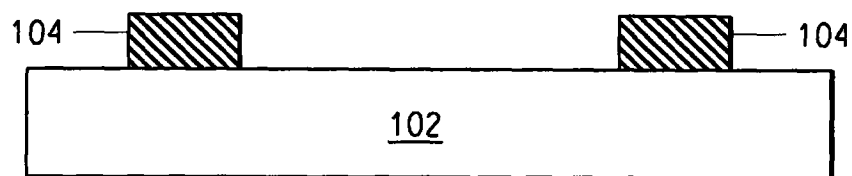


图 2A

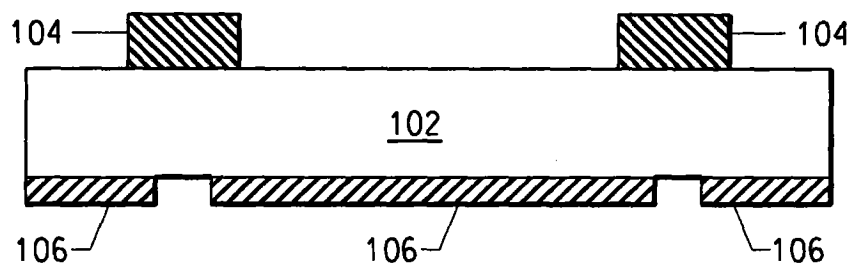


图 2B

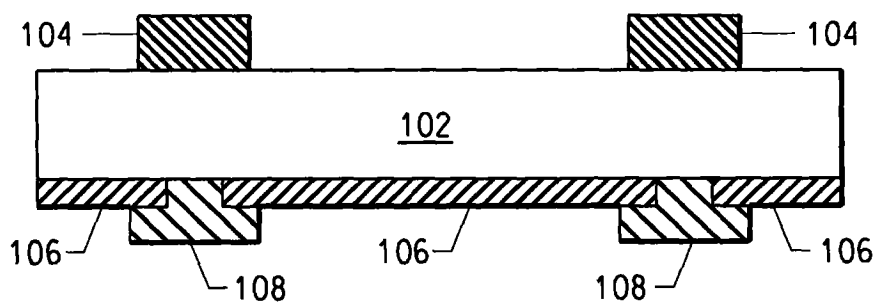


图 2C

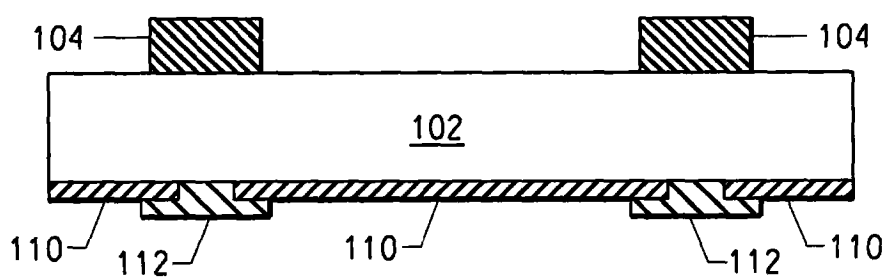


图 2D