(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103106946 B
(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201210448218.4

(22)申请日 2012.11.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103106946 A

(43)申请公布日 2013.05.15

(30)优先权数据
11008907.5 2011.11.09 EP
61/585,088 2012.01.10 US

(73)专利权人 赫劳斯贵金属有限两和公司
地址 德国哈瑙

(72)发明人 M·柯尼格 M·内伊德特
M·赫尔特斯 C·莫尔

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
代理人 彭飞 林柏楠

(51)Int.Cl.
H01B 1/16(2006.01)
H01B 1/22(2006.01)
H01L 31/0224(2006.01)
H01L 31/18(2006.01)

(56)对比文件
US 6174462 B1,2001.01.16,说明书第22栏第33-56行,权利要求1,2,6.
CN 101964219 A,2011.02.02,说明书9-12段.
CN 101816048 A,2010.08.25,说明书第129-187段及附图1.
CN 102315286 A,2012.01.11,全文.
CN 1881621 A,2006.12.20,全文.
US 6174462 B1,2001.01.16,说明书第22栏第33-56行,权利要求1,2,6.

审查员 丁立贞

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

厚膜导电组合物及其用途

(57)摘要

本发明涉及厚膜导电组合物及其用途。所述厚膜导电组合物包含:(a)金属粒子,其中根据ISO 9277通过BET测得的银粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克,(b)氧化锰;(c)玻璃粒子;和(d)有机基料。本发明的厚膜导电组合物可以用于在施用到半导体基底上的介电层上形成焊盘或焊接母线。

CN 103106946 B

1.厚膜导电组合物,其包含:

(a)金属粒子,其中根据ISO 9277通过BET测得的所述金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克,

(b)Mn(II)O;

(c)玻璃粒子;和

(d)有机基料。

2.权利要求1的厚膜组合物,其包含占总组合物的0.2至5重量%的Mn(II)O。

3.权利要求2的厚膜组合物,其包含占总组合物的0.2至3重量%的Mn(II)O。

4.权利要求1的厚膜组合物,基于总组合物的重量%,其包含:10至75重量%的所述金属粒子、0.5至10重量%的所述玻璃粒子和25至70重量%的所述有机基料。

5.权利要求2的厚膜组合物,基于总组合物的重量%,其包含:10至75重量%的所述金属粒子、0.5至10重量%的所述玻璃粒子和25至70重量%的所述有机基料。

6.权利要求3的厚膜组合物,基于总组合物的重量%,其包含:10至75重量%的所述金属粒子、0.5至10重量%的所述玻璃粒子和25至70重量%的所述有机基料。

7.权利要求1至6任一项的厚膜组合物,其中所述金属粒子是银。

8.根据权利要求1至7任一项的厚膜导电组合物的用途,用于在施用到半导体基底上的介电层上形成焊盘或焊接母线。

9.根据权利要求8的用途,其用于在太阳能电池的正面上形成母线。

10.根据权利要求8的用途,其用于在太阳能电池的背面上形成焊盘。

11.制造太阳能电池的方法,包括:

(I)提供半导体基底,该基底包含沉积到所述半导体基底表面上的至少一个介电层;

(II)将厚膜组合物施用到介电层的至少一部分上以形成层状结构,其中所述厚膜组合物包含:

(a)导电金属,其中根据ISO 9277通过BET测得的金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克,

(b)Mn(II)O;

(c)玻璃粉;和

(d)有机基料,和

(III)烧制所述层状结构,以形成与半导体基底的介电层接触的焊接元件。

12.根据权利要求11的方法,其中:

(I)提供半导体器件,在该半导体器件正面上具有介电层,和

(II)将所述厚膜组合物施用到所述正面上以形成母线。

13.根据权利要求11的方法,其中

(I)提供半导体器件,在该半导体器件背面上具有介电层,和

(II)将所述厚膜组合物施用到所述背面上以形成焊盘。

厚膜导电组合物及其用途

技术领域

[0001] 本发明涉及厚膜导电组合物。特别地，本发明涉及用在太阳能电池装置中的厚膜导电组合物。本发明还涉及该厚膜导电组合物的用途，用于在硅片的介电层上形成电极的方法中。

背景技术

[0002] 本发明可用于多种半导体器件，但其在光接收器件(例如发光二极管和太阳能电池)中尤其有效。下面以太阳能电池作为现有技术的具体实例描述发明背景。

[0003] 太阳能电池是利用光伏效应将太阳能转化成电力的装置。太阳能是有吸引力的能源，因为其可持续并且无污染。因此，大量研究目前正致力于开发具有提高的效率的太阳能电池并保持低的材料和制造成本。

[0004] 最常见的太阳能电池是基于硅的那些，更特别是通过在p-型硅基底上施用n-型扩散而由硅制成的p-n结，其与两个电接触层或电极连接。为了使太阳能电池对日光的反射最小化，在n-型扩散层上施用抗反射涂层，例如氮化硅。例如，使用银糊，可以将栅状金属触点丝网印刷到抗反射层上以充当前电极。电池的光入射面或正面上的这种电接触层通常以由“手指线”和“母线”构成的栅形图案存在。最后，将背面触点施用到基底上，例如通过在基底的整个背面上施用背面银或银/铝糊、然后施用铝糊来进行。然后将该器件在高温下烧制，以将金属糊转化成金属电极。典型太阳能电池及其制造方法的描述可见于例如欧洲专利申请公开No.1713093。

[0005] 为了提高效率，已经开发了不仅包含抗反射介电正面层还包含在其背面上的介电层的太阳能电池。通过太阳能电池表面的电钝化，减少了电荷载流子的重组，这对太阳能电池的效率具有积极作用。如果在金属化过程中避免形成重组中心，即施用选择性发射极、减小金属化面积和仅沿接触指接触太阳能电池，则可以制造最有效的太阳能电池。例如，母线和/或焊垫下方的钝化区不受金属化的影响。

[0006] 在施用含金属的组合物、烧制层状基底后，太阳能电池通过焊带的焊接互连到模件上。

[0007] 在WO 2011/066300A1中，描述了所谓的PERC(钝化的发射极和背面触点)硅太阳能电池和制备该电池的方法。通过在硅片背面上的多孔介电钝化层上施用和干燥银糊图案，制造背电极。银仅仅覆盖硅片背面的一部分，即留下裸区，在其上施用用于形成铝背电极的铝糊。对银糊没有特别规定，但其应具有“差”的烧穿能力(fire-through capability)并包含微粒银和有机基料。典型的厚膜导电组合物具有大约80重量％或更大的高金属粉末含量，即银粉含量。

[0008] 发明概述

[0009] 因此，鉴于上述现有技术，有必要提供可用于制造高效率太阳能电池的具有低金属含量的金属糊。

[0010] 因此，本发明涉及厚膜导电组合物，其包含：

[0011] (a)导电金属，其中根据ISO 9277通过BET测得的金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克，

[0012] (b)氧化锰；

[0013] (c)玻璃粉；和

[0014] (d)有机基料。

[0015] 根据第二实施方案，本发明涉及厚膜导电组合物的用途，用于在硅片钝化层上形成电极，所述组合物包含：

[0016] (a)导电金属，其中根据ISO 9277通过BET测得的金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克，

[0017] (b)氧化锰；

[0018] (c)玻璃粉；和

[0019] (d)有机基料。

[0020] 根据第三实施方案，本发明涉及厚膜导电组合物的用途，用于在硅片背面上形成电极，所述组合物包含：

[0021] (a)导电金属，其中根据ISO 9277通过BET测得的金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克，

[0022] (b)氧化锰；

[0023] (c)玻璃粉；和

[0024] (d)有机基料。

[0025] 本发明的厚膜导电组合物包含四种基本组分：具有一定比表面积的金属粒子、玻璃粉、氧化锰和有机基料。该厚膜组合物可包含其它添加剂，包括金属、金属氧化物或可在烧制过程中产生这些金属或金属氧化物的任何化合物。在下文中论述这些组分。

[0026] 本说明书中提到的所有表面积都是指根据DIN ISO 9277，2003-05通过BET测得的表面积。

[0027] 金属粒子

[0028] 导电金属选自由Cu、Ag、Pd、Zn、Ni、Sn、Al、Bi、以及Cu、Ag、Zn、Ni、Sn、Al、Bi、Pd的合金以及它们的混合物组成的组。该导电金属可以是薄片形式、球形、颗粒形式、结晶形式、粉末或其它不规则形式及其混合物。该导电金属可以在胶体悬浮液中提供。

[0029] 导电金属优选选自Ag、Cu、Zn、Sn。尤其优选作为导电金属的是Ag。其可以是银金属、银衍生物或其混合物形式。示例性衍生物包括例如：银的合金、氧化银(Ag_2O)、银盐，例如AgCl、$AgNO_3$、$AgOOCCH_3$(乙酸银)、$AgOOCF_3$(三氟乙酸银)、正磷酸银(Ag_3PO_4)。也可以使用与其它厚膜糊组分相容的其它形式的银。

[0030] 在一个实施方案中，该导电金属或其衍生物为该厚膜组合物的固体组分的大约10至大约75重量%。在进一步的实施方案中，该导电金属或其衍生物为该厚膜组合物的固体组分的大约30至大约70重量%。

[0031] 在一个实施方案中，该厚膜组合物的固体部分包括大约10至大约75重量%的金属粒子。

[0032] 该金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克，优选2.0至3.0平方米/克。

[0033] 该金属的粒度通常为0.1至10微米，优选0.3至8微米。

[0034] 除非本文中另行指明，本文中陈述的所有粒度或平均粒度是通过激光衍射测得的D50粒径。如本领域技术人员公知的那样，D50直径代表这样的尺寸：一半的单粒子(按重量计)小于所指定的直径。这样的直径为金属提供了合适的烧结性能，并在形成太阳能电池时使该厚膜导电组合物涂铺在抗反射层上。

[0035] 玻璃粉

[0036] 玻璃粉(或玻璃粒子)充当导电糊组合物中的无机粘合剂，并在烧制过程中充当熔剂以使金属沉积到基底上。玻璃的具体类型不是关键的，只要其不渗透介电层并产生良好粘合即可。优选的玻璃包括硼硅酸铅和硼硅酸铋，但其它无铅玻璃，例如硼硅酸锌，也是合适的。

[0037] 该玻璃粒子优选具有大约0.1至大约10微米、更优选小于大约5微米的粒度，并优选以所述糊组合物总重量的0.5至10重量％、更优选0.5重量％至5重量％的量包含在该组合物中。

[0038] 该玻璃粉可以是含铅玻璃粉，例如含有53至57重量％PbO、23至29重量％SiO_2、5至11重量％ZnO、6至9重量％B_2O_3和次要量的CaO、MgO和Na_2O。优选的是软化温度为410至480℃、更优选420至460℃的含铅玻璃粉。

[0039] 该玻璃粉也可以是含有Bi_2O_3作为主要组分的无铅玻璃粉。典型的无铅玻璃粉包含例如50至85重量％、更优选65至80重量％Bi_2O_3、0.5至10重量％SiO_2、＞0至7重量％、特别是2至6重量％Al_2O_3、3至10重量％ZnO、2至10重量％B_2O和＞0至3重量％MgO，并且具有400至550℃的软化温度。

[0040] 氧化锰

[0041] 本发明的厚膜导电组合物包含氧化锰。该氧化物可以是任何氧化锰或在烧制时转化成氧化锰的任何化合物。Mn(II)O是优选的。氧化锰的量优选为该糊总重量的0.2至5重量％，优选0.2至3重量％。优选的Mn(II)O的粒度优选等于或小于200纳米，更优选等于或小于100纳米。

[0042] 有机基料

[0043] 特定的有机基料或粘合剂不是关键的，并可以是本领域中已知的。可以使用各种有机基料的任何种类，其可以含有或者可以不含增稠剂、稳定剂和/或其它常见添加剂。有机介质通常是聚合物在溶剂中的溶液。另外，少量添加剂，例如表面活性剂，可以是该有机介质的一部分。最常用于此用途的聚合物是乙基纤维素。聚合物的其它实例包括乙基羟乙基纤维素、木松香、乙基纤维素与酚醛树脂的混合物，也可以使用低碳醇的聚甲基丙烯酸酯、和乙二醇单乙酸酯的单丁醚。厚膜组合物中存在的最常用溶剂是酯醇和萜烯，例如α-萜品醇或β-萜品醇，或它们与其它溶剂(例如煤油)的混合物，邻苯二甲酸二丁酯，丁基卡必醇，丁基卡必醇乙酸酯，己二醇和高沸点醇和醇酯。此外，在该基料中可包括有利于在施用于基底上之后快速硬化的挥发性液体。配制这些和其它溶剂的各种组合以获得所需粘度和挥发性要求。

[0044] 有机基料优选以该组合物总重量的25至70重量％、更优选30至60重量％的量存在于该组合物中。

[0045] 无机组分通常通过机械混合与有机介质混合，以形成具有适合印刷的稠度和流变性的被称作“糊”的粘性组合物。可以使用多种多样的惰性粘性材料作为有机介质。该有机

介质必须是无机组分可以以充足稳定度分散在其中的有机介质。该介质的流变性质必须使得它们为该组合物提供良好的施用性质，包括：稳定的固体分散、适于丝网印刷的粘度和触变性、对基底和糊固体的适当可润湿性、良好的干燥速率和良好的烧制性质。

[0046] 添加剂

[0047] 在本发明的厚膜组合物中可存在附加的金属/金属氧化物添加剂，并它们可选自(a)金属，其中所述金属选自Zn、Al、Ti、Sn、Pb、Ru、Co、Fe、Cu和Cr，(b)金属氧化物，其中所述金属选自Zn、Ti、Sn、Pb、Ru、Co、Fe、Cu和Cr，(c)在烧制时能够产生(b)的金属氧化物的任何化合物，和(d)它们的混合物。

[0048] 附加金属/金属氧化物添加剂的粒度不受任何特定限制，但不大于10微米、优选不大于5微米的平均粒度是合意的。

[0049] 包括氧化锰在内的金属/金属氧化物添加剂在该组合物中的范围通常为总组合物的0.2重量％至5重量％。

[0050] 在导电糊组合物中包括附加添加剂也在本发明的范围内。例如，可能希望独自或联合地包括增稠剂(增粘剂)、稳定剂、分散剂、粘度调节剂等化合物。这些组分是本领域中公知的。如果包括这样的组分，其量可通过常规实验根据所需导电糊的性质确定。

[0051] 用途/方法

[0052] 可以通过本领域中已知的或待开发的制备糊组合物的任何方法制备所述导电糊组合物；制备方法不是关键的。或者，可以将细金属粒子悬浮在液体介质(例如二甘醇或丁基卡必醇乙酸酯)中。然后可以将糊组分混合，例如用混合器混合，然后使其经过例如三辊磨，以制造分散的均匀糊。在本发明的范围内包括粉末形式的或悬浮在液体介质中的添加剂。

[0053] 已经发现，本发明的厚膜导电糊组合物尤其可用于施加到太阳能电池的介电钝化层上的金属化。已经发现，这种金属化不侵蚀太阳能电池的介电层，同时很好地附着到钝化层上，并由此实现硅太阳能电池的长耐用性或使用寿命。

[0054] 因此，本发明还涉及该厚膜导电糊组合物的用途，用于在硅片的钝化或介电层上形成焊盘或母线。

[0055] 该厚膜导电糊组合物尤其可用于在硅太阳能电池的正面上形成母线，或在钝化发射极和背面触点太阳能电池的背面上形成焊盘。

[0056] 根据另一方面，本发明涉及制造太阳能电池的方法，包括：

[0057] (I)提供半导体基底，其包含沉积到所述半导体基底表面上的至少一个介电层；

[0058] (II)将厚膜组合物施用到所述介电层的至少一部分上，以形成层状结构，其中所述厚膜组合物包含：

[0059] (a)导电金属，其中根据ISO 9277通过BET测得的金属粒子的比表面积等于或大于1.8平方米/克，

[0060] (b)氧化锰；

[0061] (c)玻璃粉；和

[0062] (d)有机基料，和

[0063] (III)烧制所述层状结构，以形成与半导体基底的介电层接触的焊接元件。

[0064] 具体而言，在半导体器件的至少一个表面上具有介电层的太阳能电池的制造包括

数个步骤。

[0065] 在太阳能电池的正面母线的金属化形成法的第一步骤中，在半导体器件上提供抗反射层或介电层。通常，该半导体器件是通常用于制造硅太阳能电池的单晶或多晶硅片。其具有p-型区、n-型区和p-n结。

[0066] 该正面上的钝化或介电涂层可以例如由SiN_x、SiO_x、Al_xO_y、TiO_x、HfO_x或其组合制成，例如$Al_xO_y/SiO_x/SiN_x$、Al_xO_y/SiN_x或$SiO_x/SiN_xSiO_x/SiO_x$的介电叠层。可以例如使用例如在氢存在下的等离子体CVD(化学气相沉积)或溅射、ALD(原子层沉积)、热生长(SiO_x)之类的方法进行介电层的沉积。介电层通常具有原子单层至200纳米的厚度。

[0067] 在第二步骤中，通过在电池正面上的抗反射涂层上丝网印刷市售厚膜导电组合物(形成前电极的厚膜导电组合物，优选为银糊)并干燥正面，以所谓的指形施用晶片的正面电极。然后丝网印刷由本发明厚膜组合物制成的正面母线，以形成所谓的H图案，其包含细的平行手指线(集电器线)和以直角与手指线相交的两个或更多个母线。母线的特点是与手指线交叠和接触的两条或更多条连续线或分离的盘(separated pads)。母线在烧制后形成与手指线的电接触。在烧制后，形成所谓手指线的市售厚膜组合物提供与半导体器件的电接触，而形成母线的本发明厚膜组合物完全或几乎不提供与半导体器件的电接触。

[0068] 但是，本发明的导电厚膜组合物也可用于在所谓的PERC太阳能电池的背面上的介电层上形成焊盘。

[0069] 在用用于在半导体器件的背面上制造焊盘的本发明厚膜组合物制造太阳能电池的方法中，介电层不仅施用到正面上，还根据上文已描述的方法施用到半导体器件的背面上。

[0070] 可首先将用于形成焊盘的本发明厚膜组合物施用(例如通过丝网印刷施用)到介电层上，此后在裸区中施用铝糊，稍与本发明的导电厚膜组合物重叠。

[0071] 但是，也可以首先将铝糊施用到介电层上，然后施用用于形成焊盘的厚膜组合物。

[0072] 然后，在这两种情况下都通常在带式炉中进行烧制，硅片达到700至900℃的峰值温度达1至5秒，同时总烧制过程花费0.75至2分钟。前电极和背电极可以相继烧制或共烧制。

[0073] 在烧制铝糊后例如通过激光烧制的触点(LFC)来提供硅片与铝糊之间的局部触点。但是，也可以通过在印刷铝之前施用局部结构化介电层来提供电触点。然后在触点烧制步骤过程中形成局部触点。

[0074] 将该硅片在高于铝熔点的温度烧制，以在铝与硅之间的局部触点处(即在硅片背面的未被介电钝化层覆盖的部位处)形成铝-硅熔体。

[0075] 在烧制时，本发明的厚膜组合物不形成与硅的直接接触，即，硅片背面上的介电钝化层在烧制过程中不受损或不显著受损。

[0076] 现在联系下列非限制性实施例描述本发明。

实施例

[0077] 根据标准程序制备厚膜组合物。向有机基料(含有乙基纤维素的萜品醇溶液)中加入如表I中所示的适当量的银粉、玻璃粉和金属氧化物。将该混合物通过通用混合器预混并通过三辊磨捏合，以获得银导电糊。

[0078] 实施例和对比例2中所用的银粉具有2.4微米的平均粒度D50和根据ISO 9277通过BET测得的2.3平方米/克的比表面积。对比例1中所用的银粉具有2.3微米的平均粒度和根据ISO 9277通过BET测得的1.1平方米/克的比表面积。

[0079] 实施例中所用的玻璃粉具有下述在ICP-OES(电感耦合等离子体光学发射光谱法)后的组成:54.8摩尔%PbO、26.0摩尔%SiO_2、9.5摩尔%ZnO、7.2摩尔%B_2O_3、0.7摩尔%Al_2O_3、0.2摩尔%CaO、0.3摩尔%MgO和1.3摩尔%Na_2O。

[0080] 使用丝网印刷法制造厚度180微米的156平方毫米的单晶(cz)p-型硅片。该硅片包含n-型扩散的$POCl_3$发射极(70Ω/平方薄层电阻)和70纳米厚的氮化硅抗反射涂层,该抗反射涂层通过等离子体增强的化学气相沉积法(PE-CVD)沉积在正面上。在硅片背面的整个面积上丝网印刷铝糊(CypoSol S55-10,可获自BASF AG,Ludwigshafen)。使用如表1中所示的不同样品糊和H-型网格丝网以手指线和母线印刷正面金属化。每个H型网格包含75个手指线(手指开口为80微米)和3个宽1.5毫米的母线。干膜厚度为20-25微米。

[0081] 将该涂布的硅片在箱式炉中在150℃干燥10分钟,并在快速热烧制炉中以850℃的设定温度烧制以完成金属化过程。带速为5600毫米/秒。

[0082] 用焊接机(Somont GmbH,Germany,260℃焊接温度,1.5秒接触时间,175℃热板温度)将烧制样品的母线焊接到熔融焊带(焊带:Sn62PB36Ag2,焊剂Kester Soldering Flux 961-E)上。在焊接后,用金刚石圆盘锯裁切母线并使用双面胶带粘到氧化铝基底上。

[0083] 根据本发明的一个实施方案,根据ISO 9277通过BET确定金属粒子、特别是银粒子的表面积。

[0084] 根据本发明的另一实施方案,根据下述测试方法通过BET确定金属粒子、特别是银粒子的表面积:根据DIN ISO 9277:1995进行确定银粒子比表面积的BET测量。使用按照SMART法(具有适应性剂量率的吸附法)工作的Gemini 2360(来自Micromeritics)进行测量。使用可获自BAM(Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung)的α氧化铝CRMBAM-PM-102作为参比材料。为了减小死体积,向参比和样品比色管中添加填料棒。将比色管安装在BET装置上。确定氮气的饱和蒸气压($N_2$5.0)。称取样品加入玻璃比色管中,其量使得具有填料棒的比色管被完全填满,产生最小的死体积。将样品保持在80℃达2小时以将其干燥。冷却后记录样品的重量。将含有样品的玻璃比色管安装在测量装置上。为将样品脱气,以选择的使得没有材料被吸入泵中的泵速将玻璃比色管抽空。脱气后的样品的质量用于计算。使用氦气(He 4.6)确定死体积。使用液氮浴将玻璃比色管冷却至77K。对于吸附物,使用在77K具有0.162nm^2的分子截面积的$N_2$5.0进行计算。进行具有5个测量点的多点分析,所获比表面积以m^2/g给出。

[0085] 使用I-V试验机(h.aJ.m.elektronik GmbH,Germany)测试太阳能电池。I-V试验机中的Xe弧光灯使用已知强度的模拟太阳光照射太阳能电池的正面以生成I-V曲线。使用这种数据测定效率和伪填充因数(pFF)。

[0086] 用GP Stable-Test Pro(GP Solar GmbH,Germany)在45°角下测试焊接到母线上的焊带的机械粘合。

[0087] 对于每种样品测量5个太阳能电池样品的数据,平均结果显示在表1中。

[0088] 表1:Ag组合物的比较

[0089]

	对比例1	对比例2	实施例
Ag粉1	69.43重量%		
Ag粉2		69.43重量%	69.43重量%
玻璃粉1	2.74重量%	2.74重量%	2.74重量%

[0090]

ZnO	1.62重量%	0.62重量%	0.62重量%
MnO			1.00重量%
有机基料	26.21重量%	26.21重量%	26.21重量%
效率	16.7%	5.0%	4.3%
pFF	83.4%	83.3%	83.0%
F最大	3.7N	1.4N	4.2N

[0091] 效率是这些糊在太阳能电池正面上的接触性能的有价值的指示，表明导电金属与硅片之间的电连接质量。只有在钝化SiN_x介电层被渗透并且在烧制过程中产生手指线与硅之间的电触时，才实现太阳能电池的规则正面所需的高的值。而在烧制后钝化层保持完好时获得低的效率。

[0092] 为证实钝化是否持久，观察伪填充因数(pFF)。本领域技术人员将pFF参数定义为太阳能电池的最大可得填充因数。其指示在金属化过程中诱发的电活性缺陷的存在或钝化层的完整性。在烧制过程中杂质从金属化糊合并在硅片的硅材料中造成的电缺陷会显著降低pFF。因此，烧制太阳能电池的高和稳定的pFF值与低效率一起表明钝化功能保持稳定，因此涂层不受正面金属化的影响。不仅效率显著降低，而且所述新型厚膜组合物还可显著提高了粘合。