



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103923578 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201310009060. 5

(22) 申请日 2013. 01. 10

(71) 申请人 杜邦公司

地址 美国特拉华

(72) 发明人 穆敏芳 刘增君

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 过晓东

(51) Int. Cl.

C09J 9/02 (2006. 01)

C09J 127/16 (2006. 01)

C09J 127/20 (2006. 01)

C09J 11/04 (2006. 01)

C09J 11/06 (2006. 01)

H01L 31/048 (2014. 01)

权利要求书1页 说明书10页

(54) 发明名称

包括含氟弹性体的导电粘合剂

(57) 摘要

在此公开的是导电粘合剂组合物以及其在太阳能电池模块中的用途,其中所述导电粘合剂包括含氟弹性体基体和分散于该含氟弹性体基体中的约40-90重量%的导电颗粒,所述组合物中包括的所有组分的重量%的总和为100重量%。

1. 一种包括至少一个太阳能电池和至少一个布线元件的太阳能电池模块,其中,
 - (i) 所述至少一个太阳能电池具有至少一个表面电极,并且所述至少一个布线元件经由导电粘合剂与所述至少一个表面电极相连接;
 - (ii) 所述导电粘合剂由包括弹性体基体和 40-90 重量%的分散于所述弹性体基体中的导电颗粒的粘合剂组合物形成,在所述粘合剂组合物中包括的所有组分的重量%的总和为 100 重量%;以及
 - (iii) 所述弹性体基体包括至少一种含氟弹性体。
2. 权利要求 1 的太阳能电池模块,其中所述弹性体基体包括至少一种含有偏二氟乙烯的含氟弹性体,所述含氟弹性体用交联剂进行交联。
3. 权利要求 2 的太阳能电池模块,其中所述交联剂选自双酚化合物、二氨基化合物、氨基酚化合物、氨基-硅氧烷化合物、氨基-硅烷、苯酚硅烷、过氧化物、以及其中的两种或更多种的组合。
4. 权利要求 2 的太阳能电池模块,其中所述至少一种含有偏二氟乙烯的含氟弹性体为偏二氟乙烯/六氟丙烯的共聚物。
5. 权利要求 1-3 之一的太阳能电池模块,其中所述导电颗粒选自金属颗粒和非金属颗粒。
6. 权利要求 5 的太阳能电池模块,其中所述导电颗粒为金属颗粒,或者优选地,所述导电颗粒选自 Au、Ag、Ni、Cu、Al、Sn、Zn、Ti、Sn、Bi、W、Pb 以及其中两种或更多种的合金的颗粒,或者更优选地,所述导电颗粒选自 Cu、Ag、Ni 以及其合金的颗粒,或者还更优选地,所述导电颗粒为 Ag 颗粒。
7. 权利要求 1-4 之一的太阳能电池模块,其中 40-85 重量%或者 45-83 重量%的所述导电颗粒分散于所述弹性体基体中,基于所述粘合剂组合物的总重量。
8. 权利要求 1-7 之一的太阳能电池模块,其中所述至少一个太阳能电池具有前表面电极和背表面电极,其中一个或多个前布线元件经由导电粘合剂而连接于前表面电极,并且一个或多个背布线元件经由导电粘合剂而连接于背表面电极。
9. 权利要求 8 的太阳能电池模块,其中所述至少一个太阳能电池为基于晶片的太阳能电池。
10. 权利要求 8 的太阳能电池模块,其中所述至少一个太阳能电池为薄膜太阳能电池。

包括含氟弹性体的导电粘合剂

技术领域

[0001] 本公开涉及基于含氟弹性体的导电粘合剂。

背景技术

[0002] 在太阳能电池模块中,太阳能电池具有表面电极,其连接有布线元件(也称为导电互连元件或带)以从电池中导出能量。所述布线元件通常呈金属带(例如铜带)的形式,并且通常通过焊接而连接于表面电极上。然而,因为焊接要求较高的温度,由于在用于产生能量的半导体结构、表面电极、焊锡和布线元件之间的热收缩系数的不同而使应力施加于该连接结构中。该热应力可能导致太阳能电池变形和断裂。

[0003] 为了解决该问题,人们建议使用基于聚合物的导电粘合剂代替焊锡来连接布线元件和太阳能电池的表面电极。基于聚合物的导电粘合剂通常包括绝缘聚合物(例如环氧树脂、丙烯酸聚合物、苯氧树脂、聚酰亚胺或硅橡胶和导电颗粒(例如银颗粒)(例如参见美国专利公开 2010/0147355 和 2012/0012153)。而且在它们之中,由于硅橡胶的模量低,基于硅橡胶的导电粘合剂比基于环氧树脂的导电粘合剂更加优选,这是。然而,人们发现硅橡胶具有比导电颗粒高得多的热膨胀系数(CTE),可能导致太阳能模块在热循环时输出功率降低。因此,仍需要开发新型的在热循环后能够保持其效率的基于聚合物的导电粘合剂。

发明内容

[0004] 本公开的目的是提供一种包括至少一个太阳能电池和至少一个布线元件的太阳能电池模块,其中,所述至少一个太阳能电池具有至少一个表面电极,并且所述至少一个布线元件经由导电粘合剂与所述至少一个表面电极相连接;所述导电粘合剂由包括弹性体基体和 40-90 重量%的分散于所述弹性体基体中的导电颗粒的粘合剂组合物形成,在所述粘合剂组合物中包括的所有组分的重量%的总和为 100 重量%;并且所述弹性体基体包括至少一种含氟弹性体。

[0005] 在所述太阳能电池模块的一个实施方案中,所述弹性体基体包括至少一种含有偏二氟乙烯的含氟弹性体,其用交联剂进行交联。

[0006] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述交联剂选自双酚化合物、二氨基化合物、氨基酚化合物、氨基-硅氧烷化合物、氨基-硅烷、苯酚硅烷、过氧化物以及其中的两种或更多种的组合。

[0007] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述至少一种含有偏二氟乙烯的含氟弹性体为偏二氟乙烯/六氟丙烯的共聚物。

[0008] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述导电颗粒选自金属颗粒和非金属颗粒。

[0009] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述导电颗粒为金属颗粒,或者优选所述导电颗粒选自 Au、Ag、Ni、Cu、Al、Sn、Zn、Ti、Sn、Bi、W、Pb 以及其中两种或更多种的合金的颗粒,或者更优选所述导电颗粒选自 Cu、Ag、Ni 以及其合金的颗粒,或者更优选所述

导电颗粒为 Ag 颗粒。

[0010] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,基于所述粘合剂组合物的总重量,40-85 重量% 或者 45-83 重量% 的导电颗粒分散于弹性体基体中。

[0011] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述至少一个太阳能电池具有前表面电极和后表面电极,其中一个或多个前布线元件经由所述导电粘合剂连接于所述前表面电极上,并且一个或多个后布线元件经由所述导电粘合剂连接于所述后表面电极上。

[0012] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述至少一个太阳能电池为基于晶片的太阳能电池。

[0013] 在所述太阳能电池模块的另一个实施方案中,所述至少一个太阳能电池为薄膜太阳能电池。

[0014] 依据本公开,当给出一个具有两个具体端点的范围时,应将其理解为该范围包括在所述两个端点之间的任何值以及等于或约等于任何两个端点的任何值。

具体实施方式

[0015] 在此公开的是包括弹性体基体和约 40-90 重量% 的分散于该弹性体基体中的导电颗粒的导电粘合剂组合物,在所述组合物中包括的所有组分的重量% 的总和为 100 重量%。所述弹性体基体包括至少一种含氟弹性体或基本由至少一种含氟弹性体组成。

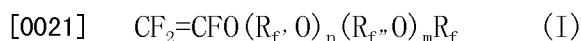
[0016] “含氟弹性体”是指无定型的弹性含氟聚合物。此处所用的含氟聚合物含有至少约 53 重量% 的氟或者至少约 64 重量% 的氟,基于所述含氟聚合物的总重量。

[0017] 依据本公开,所述含氟弹性体基体包括至少一种含有偏二氟乙烯的含氟弹性体。

[0018] 此处所用的含有偏二氟乙烯的含氟弹性体可以含有基于含氟弹性体总重量为约 25-70 重量% 的偏二氟乙烯 (VF₂) 的共聚单元。在该实施方案中,所述含氟弹性体的剩余单元包括一种或多种不同于偏二氟乙烯的其他共聚的单体。所述一种或多种不同于偏二氟乙烯的其他聚合的单体可以选自含氟烯烃、含氟乙烯醚、烃类烯烃以及其混合物。

[0019] 能够与偏二氟乙烯共聚合的含氟烯烃包括但不限于六氟丙烯 (HFP)、四氟乙烯 (TFE)、1, 2, 3, 3, 3- 五氟丙烯 (1-HPFP)、一氯三氟乙烯 (CTFE) 和氟乙烯。

[0020] 能够与偏二氟乙烯共聚合的含氟乙烯醚包括但不限于全氟(烷基乙烯基)醚 (PAVE)。适合用作单体的 PAVE 包括下式的那些:



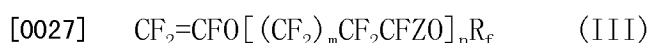
[0022] 其中 R_f 和 R_f 为具有 2-6 个碳原子的不同的直链或支链全氟亚烷基; m 和 n 为独立地为 0-10 的整数; 并且 R_f 为具有 1-6 个碳原子的全氟烷基。

[0023] 优选的全氟(烷基乙烯基)醚包括下式的那些:



[0025] 其中 X 为 F 或 CF₃; n 为 0-5 的整数; 并且 R_f 为具有 1-6 个碳原子的全氟烷基。

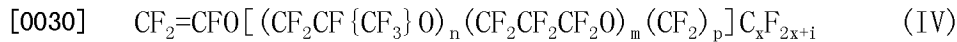
[0026] 最优选的全氟(烷基乙烯基)醚包括其中 n 为 0 或 1 且 R_f 含有 1-3 个碳原子的那些醚。该类全氟代醚的实例包括全氟(甲基乙烯基)醚 (PMVE) 和全氟(丙基乙烯基)醚 (PPVE)。其他有用的单体包括下式的化合物:



[0028] 其中 R_f 为具有 1-6 个碳原子的全氟烷基, m 为 0 或 1; n 为 0-5 的整数; 且 Z 为 F 或

CF₃。这类中优选其中 R_f 为 C₃F₇ ;m 为 0 且 n 为 1 的那些。

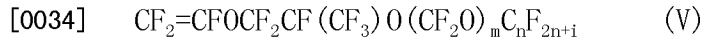
[0029] 其他的全氟(烷基乙烯基)醚单体包括下式的那些:



[0031] 其中 m 和 n 为独立地为 0-10 的整数;p 为 0-3 的整数;且 x 为 1-5 的整数。

[0032] 该类中优选的化合物包括其中 n 为 0 或 1;m 为 0 或 1 且 x 为 1 的化合物。

[0033] 有用的全氟(烷基乙烯基)醚的其他实例包括:



[0035] 其中 n 为 1-5 的整数;m 为 1-3 的整数;其中优选 n 为 1。

[0036] 若共聚单元 PAVE 存在于此处所用的含氟弹性体中,则 PAVE 含量基于含氟弹性体的总重量为通常为约 25 重量%-约 75 重量%。若使用 PMVE,则此处所用的含氟弹性体优选含有约 30 重量%至约 55 重量%之间的共聚 PMVE 单元。

[0037] 此处所用的含氟弹性体还可以任选包括一种或多种固化点单体的单元。合适的固化点单体的实例包括但并不限于 i) 含溴烯烃;ii) 含碘烯烃;iii) 含溴的乙烯基醚;iv) 含碘的乙烯基醚;v) 1,1,3,3,3-五氟丙烯(2-HPFP);和 vi) 非共轭的二烯。

[0038] 溴代的固化点单体可以含有其他的卤素,优选氟。溴代烯烃固化点单体的实例为 CF₂=CFOCF₂CF₂CF₂OCF₂CF₂Br;一溴三氟乙烯;4-溴-3,3,4,4-四氟-1-丁烯(BTFB);以及其他,诸如溴乙烯、1-溴-2,2-二氟乙烯、全氟烯丙基溴、4-溴-1,1,2-三氟-1-丁烯、4-溴-1,1,3,3,4,4-六氟丁烯、4-溴-3-氯-1,1,3,4,4-五氟丁烯、6-溴-5,5,6,6-四氟己烯、4-溴五氟-1-丁烯和 3,3-二氟烯丙基溴。此处可用的溴代的乙烯基醚的固化点单体包括 2-溴-全氟乙基全氟乙烯基醚和 CF₂Br-R_f-O-CF=CF₂(R_f 为全氟亚烷基)的氟代化合物,例如 CF₂BrCF₂O-CF=CF₂,以及 ROCF=CFBr 或 ROCF=CF₂(其中 R 低级烷基或氟代烷基)的氟代乙烯基醚,例如 CH₃OCF=CFBr 或 CF₃CH₂OCF=CFBr。

[0039] 合适的碘代固化点单体包括下式的碘代烯烃:CHR=CH-Z-CH₂CHR-I,其中 R 为 -H 或 -CH₃;Z 为 C₁-C₁₈ 直链或支链的(全)氟亚烷基,任选含有一个或多个醚氧原子,或者如美国专利 5,674,959 中公开的(全)氟聚氧化烯。有用的碘代固化点单体的其他实例为下式的不饱和醚:1(CH₂CF₂CF₂)_nOCF=CF₂ 和 ICH₂CF₂O[CF(CF₃)CF₂O]_nCF=CF₂ 等,其中 n 为 1-3 的整数,诸如美国专利 5,717,036 中公开的那些。此外,美国专利 4,694,045 中公开了合适的碘代固化点单体,包括碘代乙烯、4-碘-3,3,4,4-四氟-1-丁烯(ITFB)、3-氯-4-碘-3,4,4-三氟丁烯、2-碘-1,1,2,2-四氟-1-(乙烯基氧)乙烷、2-碘-1-(全氟乙烯基氧)-1,1,-2,2-四氟乙烯、1,1,2,3,3,3-六氟-2-碘-1-(全氟乙烯基氧)丙烯、2-碘乙基乙烯基醚、3,3,4,5,5,5-六氟-4-碘戊烯和一碘三氟乙烯。烯丙基碘和 2-碘-全氟乙基全氟乙烯基醚也是有用的固化点单体。

[0040] 非共轭二烯的固化点单体的实例包括但并不限于 1,4-戊二烯、1,5-己二烯、1,7-辛二烯、3,3,4,4-四氟-1,5-己二烯以及其他,诸如加拿大专利 2,067,891 和欧洲专利 0784064A1 中公开的那些。合适的三烯为 8-甲基-4-亚乙基-1,7-辛二烯。在以上列出的固化点单体中,在含氟弹性体用过氧化物进行固化的情况下,优选的化合物包括 4-溴-3,3,4,4-四氟-1-丁烯(BTFB)、4-碘-3,3,4,4-四氟-1-丁烯(ITFB)、烯丙基碘和一溴三氟乙烯。当含氟弹性体用多元醇进行固化时,2-HPFP 为优选的固化点单体。然而,在偏二氟乙烯和六氟丙烯的共聚物为了与多元醇固化时,并不需要固化点单体。

[0041] 固化点单体单元在存在于此处所用的含氟弹性体中时,其存在量通常基于含氟弹性体总重量为约 0.05-10 重量%,或约 0.05-5 重量%,或者约 0.05-3 重量%。

[0042] 此外,含碘的端基、含溴的端基或其混合物可以任选在含氟弹性体聚合物的一个或两个链端上存在,这是由于在制备含氟弹性体过程中使用了链转移剂或分子量调节剂的结果。若使用的话,应将链转移剂的量计算为碘或溴在含氟弹性体中的量为约 0.005-5 重量%,或约 0.05-3 重量%。

[0043] 链转移剂的实例包括含碘化合物,其导致在聚合物分子的一端或两端上连接有碘。该类链转移剂的代表为二碘甲烷、1,4-二碘全氟正丁烷和 1,6-二碘-3,3,4,4-四氟己烷。其他的碘代链转移剂包括 1,3-二碘全氟丙烷、1,6-二碘全氟己烷、1,3-二碘-2-氯全氟丙烷、1,2-二(碘二氟甲基)-全氟环丁烷、一碘全氟乙烷、一碘全氟丁烷、2-碘-1-氢全氟乙烷等。还包括在欧洲专利 0868447A1 中公开的氰基-碘链转移剂。尤其优选二碘代的链转移剂。溴代的链转移剂的实例包括 1-溴-2-碘全氟乙烷、1-溴-3-碘全氟丙烷、1-碘-2-溴-1,1-二氟乙烷以及诸如在美国专利 5,151,492 中公开的其他链转移剂。

[0044] 适用于此处使用的含氟弹性体中的其他链转移剂包括在美国专利 3,707,529 中公开的那些。该类链转移剂的实例包括异丙醇、二乙基丙二酸酯、乙酸乙酯、四氯化碳、丙酮和正十二烷基硫醇。

[0045] 此处可用的具体含氟弹性体包括但并不限于具有至少约 53 重量%氟且包括如下共聚单元的那些:i) 偏二氟乙烯和六氟丙烯;ii) 偏二氟乙烯、六氟丙烯和四氟乙烯;iii) 偏二氟乙烯、六氟丙烯、四氟乙烯和 4-溴-3,3,4,4-四氟-1-丁烯;iv) 偏二氟乙烯、六氟丙烯、四氟乙烯和 4-碘-3,3,4,4-四氟-1-丁烯;v) 偏二氟乙烯、全氟(甲基乙烯基)醚、四氟乙烯和 4-溴-3,3,4,4-四氟-1-丁烯;vi) 偏二氟乙烯、全氟(甲基乙烯基)醚、四氟乙烯和 4-碘-3,3,4,4-四氟-1-丁烯或者 vii) 偏二氟乙烯、全氟(甲基乙烯基)醚、四氟乙烯和 1,1,3,3,3-五氟丙烯。

[0046] 此处所用的含氟弹性体通常以乳液聚合方法而制备,其可以为连续方法、半间歇方法或间歇方法。

[0047] 此处所用的含氟弹性体可从多个供应商市购。例如,合适的含氟弹性体可以从美国 E. I. 内穆尔杜邦公司(E. I. du Pont de Nemours and Company,以下简称“杜邦”)以商品名 Viton® 或者从美国 3M 公司以商品名 3M™ Dyneon™,或者从日本大金工业株式会社以商品名 DAI-EL™,或者从 Tetralene Elastomer, Inc. (美国)以商品名 FluoTrex™ 得到。

[0048] 优选,此处所用的弹性体基体包括一种或多种与交联剂进行了交联的含有偏二氟乙烯的含氟弹性体或者由其组成。例如,此处所用的交联剂包括但并不限于双酚化合物、二胺化合物、氨基酚化合物、氨基-硅氧烷化合物、氨基-硅烷化合物、苯酚-硅烷和过氧化物。基于二胺交联剂的实例包括 N, N'-二亚肉桂基-1,6-六亚甲基二胺、六亚甲基二胺氨基甲酸酯、N, N'-二(亚水杨基)-1,3-丙二胺等。基于双酚的交联剂的实例包括 2,2-二(4-羟基苯基)六氟丙烷、4',4-(六氟异亚丙基)二苯酚、氯化苄基三苯基磷、2,4-二羟基二苯酮、双酚 AF 等。基于过氧化物的交联剂的实例包括过氧化叔丁基异丙苯、 α, α -二(过氧化叔丁基-异丙基)苯、2,5-二甲基-2,5-二(过氧化叔丁基)己烷等。合适的交联剂还可以从供应商市购的,包括但并不限于可从 3M 以商品名 3M™ Dynamar™ Rubber Curative RC、或者从 R. T. Vanderbilt Company, Inc. (美国),以商品名 VAROX™,或者从 AkzoNobel

Corporate(荷兰)(荷兰阿克苏诺贝尔公司)以商品名 Trigonox™ 或 Perkadox™、或者从杜邦以商品名 VITON® CURATIVE20、CURATIVE30 或 CURATIVE50 市购的那些。

[0049] 基于导电粘合剂组合物的总重量,所述弹性体基体的含量可以为约 10-60 重量%,或者约 15-60 重量%,或者约 17-55 重量%。

[0050] 此处所用的导电颗粒在粘合剂组合物中在电路连接下提供导电性。导电颗粒可以包括金属颗粒、非金属颗粒、涂覆有金属的颗粒以及其组合。合适的金属颗粒包括但不限于 Au、Ag、Ni、Cu、Al、Sn、Zn、Ti、Sn、Bi、W、Pb 以及其中两种或更多种的合金的颗粒。合适的非金属颗粒包括但不限于碳纳米管、石墨烯、聚苯胺、聚乙炔、和聚吡咯,以及其中两种或更多种的组合。用于涂覆有金属颗粒中的金属涂层材料可以包括但不限于 Au、Ag、Ni 以及其中两种或更多种的组合。合适的涂覆有金属的颗粒包括但不限于涂覆 Ag 的玻璃珠、涂覆 Ag 的聚苯乙烯颗粒、涂覆 Ag 的 Cu 颗粒、涂覆 Ni 的 Cu 颗粒以及其中两种或更多种的组合。所述导电颗粒的尺寸可以取决于电路间距而决定,并且取决于意欲应用而可以例如为约 0.1-50 μm 。

[0051] 基于导电粘合剂组合物的总重量,导电颗粒的含量可以为约 40-90 重量%,或者约 40-85 重量%,或者约 45-83 重量%。

[0052] 在此公开的导电粘合剂组合物一个实施方案中,所述含氟弹性体基体由含有偏二氟乙烯的含氟弹性体(例如偏二氟乙烯/六氟丙烯共聚物)和选自 Cu、Ag、Ni 及其合金颗粒的导电颗粒而形成。在此公开的导电粘合剂组合物的另一个实施方案中,所述含氟弹性体基体由含有偏二氟乙烯的含氟弹性体(例如偏二氟乙烯/六氟丙烯共聚物)和选自 Ag 颗粒的导电颗粒形成。

[0053] 另外在此公开的是由以上公开的导电粘合剂组合物形成的导电板或导电带。

[0054] 在此公开的还有包括一个或多个太阳能电池和所述导电粘合剂的太阳能电池模块。在该实施方案中,所包括的导电粘合剂被用于将太阳能电池的表面电极与布线元件(也称为带)进行电连接。所包括的布线元件将太阳能电池以串联和/或并联进行电连接,并且形成了用于从模块中输出电能的导电路径。

[0055] 此处所用的太阳能电池可以为任何可以将光转换为电能的物体或材料。例如,此处所用的太阳能电池包括但不限于基于晶片的太阳能电池(例如基于单晶硅(c-Si)或多晶硅(mc-Si)的太阳能电池)和薄膜太阳能电池(例如无定型硅(a-Si)、微晶硅($\mu\text{c-Si}$)、碲化镉(CdTe)、硒化铜铟(CIS)、硒化铜铟镓(CIGS)、吸收光的染料或基于有机半导体的太阳能电池)。

[0056] 太阳能电池的表面电极可以由任何可以提供电传导的合适材料制成。例如,表面电极可以通过将导电浆料印刷(例如丝网印刷或喷墨印刷)在太阳能电池表面上而形成。合适的导电浆料材料的具体实例包括但不限于银导电浆料、含有银的玻璃导电浆料、金导电浆料、碳导电浆料、镍导电浆料、铝导电浆料、透明的导电氧化物(TCO)(例如铟锡氧化物(ITO)或铝锌氧化物(AZO))。

[0057] 然而,布线元件可以由任何高导电性的材料形成,例如铜、银、铝、金、镍、镉及其合金。

[0058] 所述太阳能电池的表面电极可以呈任何合适的图案,并且在表面电极和布线元件之间的连接可以呈任何合适的形式。

[0059] 例如,在基于晶片的太阳能电池模块中,每个太阳能电池可以包括前表面电极和背表面电极,其中前表面电极可以由多个平行的细栅线(finger)和两个或更多个与细栅线垂直且相连的导电主栅线而组成,其中背表面电极可以由一层导电浆料和两个或更多个导电主栅线组成。在某些实施方案中,所述细栅线和导电主栅线由银导电浆料形成,并且在背表面电极中包括的导电浆料层可以由铝导电浆料形成。在该实施方案中,布线元件通过经由在此公开的导电粘合剂连接于前和背电极的主栅线而与前和背表面电极相连接。

[0060] 在另一个实施方案中,太阳能电池中包括的前和/或背表面电极可以不含主栅线。即,例如每个太阳能电池包括仅由多个细栅线而没有主栅线而形成的前表面电极,和由一层导电浆料和两个或更多个导电主栅线而形成的背表面电极。在该实施方案中,布线元件通过经由导电粘合剂连接于细栅线上而与前表面电极相连接,并且通过经由导电粘合剂连接于主栅线上而与背表面电极相连接。或者每个太阳能电池包括由多个细栅线和两个或更多个主栅线而形成的前表面电极以及仅由导电浆料而没有主栅线而形成的背表面电极。在该实施方案中,布线元件通过经由导电粘合剂连接于主栅线上而与前表面电极相连接,并且通过经由导电粘合剂连接于导电浆料上而与背表面电极相连接。或者每个太阳能电池包括仅由多个细栅线而没有主栅线而形成的前表面电极,以及仅由导电浆料而没有主栅线而形成的背表面电极。在该实施方案中,布线元件通过经由导电粘合剂连接于细栅线上而与前表面电极相连接,并且通过经由导电粘合剂连接于导电浆料上而与背表面电极相连接。

[0061] 在薄膜太阳能电池模块的形式中,相对的表面电极通常由透明TCO层或金属栅格形成。在某些实施方案中,背表面电极还可以由金属薄膜(诸如Al、TiN、Zn、Mo、不锈钢)形成。在该实施方案中,布线元件可以通过经由导电粘合剂粘接于电极上而与电极相连接。然而,在某些实施方案中,可以使用主栅线并且主栅线可以连接于每个电极上,并且布线元件可以通过经由导电粘合剂粘接于主栅线上而与电极相连接。

[0062] 在经由基于含氟弹性体的导电粘合剂而将布线元件连接于表面电极上时,可以使用任何合适的方法。在一个实施方案中,所述方法可以包括:使基于含氟弹性体的弹性体材料、导电颗粒、任选的交联剂以及其他添加剂在溶剂(诸如甲基异丁基酮或甲乙酮)中混合并溶解;在布线元件的一面或两面上浇铸溶液,然后干燥;将涂覆的布线元件层压在太阳能电池的表面电极上。或者所述方法可包括:使基于含氟弹性体的弹性体材料、导电颗粒、任选的交联剂以及其他添加剂在溶剂(诸如甲基异丁基酮或甲乙酮)中混合并溶解;在太阳能电池的表面电极上浇铸溶液,然后干燥;将布线元件层压在太阳能电池的表面电极的涂覆层上。在另一个实施方案中,所述方法包括首先制备基于含氟弹性体的导电组合物的预成型的薄膜或板,然后将布线元件层压在表面电极上且使所述预成型的导电薄膜或板位于其间。并且所述预成型的导电薄膜或板可以通过任何合适的方法制备,例如浇铸(在剥离膜上)、挤出、压延等。

[0063] 如下面的实施例所示,已经发现与传统的基于硅橡胶的导电粘合剂相比,基于含氟弹性体的导电粘合剂对热循环具有显著改进的耐受性。

[0064] 给出如下实施例和对比实施例以对一个或多个实施方案进行具体描述。然而,应理解的是所述实施方案并不局限于所述的具体内容。

[0065] 实施例

[0066] 材料：

[0067] • 硅橡胶：硅橡胶类密封剂，由中国北京天山新材料技术股份有限公司获得，商品名 Tonsan1521；

[0068] • Ag：粒径为 2-4 μm 的银片，由中国昆明诺曼电子材料有限公司获得；

[0069] • 含氟弹性体 -1 (FE-1)：包括 >99 重量 % 偏二氟乙烯 / 六氟丙烯共聚物和 <1 重量 % 硫酸钡的含氟弹性体组合物，标称粘度为 20 (在 121° C 下测量)，由杜邦获得，商品名为 **Viton®** A200；

[0070] • 含氟弹性体 -2 (FE-2)：包括 >99 重量 % 偏二氟乙烯 / 六氟丙烯共聚物和 <1 重量 % 硫酸钡的含氟弹性体组合物，标称粘度为 50 (在 121° C 下测量)，由杜邦获得，商品名为 **Viton®** A500；

[0071] • 含氟弹性体 -3 (FE-3)：包括 >95 重量 % 偏二氟乙烯 / 六氟丙烯共聚物、<1 重量 % 苄基三苯基膦 4,4'-<三氟-1-(三氟甲基)亚乙基>二苯酚盐 (1:1)；<2 重量 % 4,4'-[2,2,2-三氟-1-(三氟甲基)亚乙基]二酚；和 <1 重量 % 硫酸钡的偏二氟乙烯 / 六氟丙烯的组合物，由杜邦获得，商品名为 **Viton®** VTR；

[0072] • VC-30：**Viton®** Curative30，由杜邦获得；

[0073] • VC-20：**Viton®** Curative20，由杜邦获得；

[0074] • 炭黑 (CB)：Thermax™ Floform N990，中粒子热裂法的炭黑，由 Cancarb Ltd. (加拿大) 获得；

[0075] • 硅灰石：表面处理的硅灰石填料，由 Quarzwerke GmbH (Germany) 获得，商品名为 Tremin238600EST；

[0076] • MgO：氧化镁，由日本协和化学工业株式会社获得，商品名为 Kyowa Mag150；

[0077] • Ca(OH)₂：氢氧化钙，由中国靖江市常丰贸易有限公司获得；

[0078] • MIBK；甲基异丁基酮，由中国国药集团化学试剂有限公司获得；

[0079] • 硅烷偶联剂 (SCA)：3-缩水甘油醚氧丙基三乙氧基硅烷，由日本信越化学工业株式会社获得，商品名为 KBM403；

[0080] • ECA-1：基于硅橡胶的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量 %) 的制备如下：(i) 在研钵中将 2.2g 硅树脂和 3.9g Ag 研磨 2 分钟；和 (ii) 将另外 3.9g Ag 加入研钵中，并且继续研磨 8 分钟以得到 ECA-1；

[0081] • ECA-2：基于含氟弹性体的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量 %) 的制备如下：(i) 将 119g FE-2、7.1g VC-30、2.4g VC-20、71.5g 硅灰石在室温下在双辊开炼机中混合 20 分钟，并将 2g 上述制得的混合物溶解于 5g MIBK 中以形成第一个溶液；(ii) 将 155g FE-2、37g MgO 和 7.8gCa(OH)₂ 在室温下在双辊开炼机中混合 20 分钟，并将 2g 上述制得的混合物溶解于 5g MIBK 中以形成第二个溶液；(iii) 将 7.4g Ag 混入来自步骤 (ii) 的第二个溶液，并且将该混合物在研钵中研磨 2 分钟；(iv) 将 7.4g Ag 加入混合物中，并且在研钵中研磨另外 3 分钟；(v) 将 0.2gSCA 和来自步骤 (i) 的第一个溶液加入该混合物中，并且在研钵中研磨 5 分钟以得到导电粘合剂；

[0082] • ECA-3：基于含氟弹性体的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量 %)，以与 ECA-2 所用的相似方法而制备，不同之处在于 (a) 在第一个溶液中，用 153g FE-1 代替 119g FE-2 并且用 34.6g CB 代替 71.5g 硅灰石，并且 (b) 在第二个溶液中，用 155g FE-1 代替 155g

FE-2 ;

[0083] •ECA-4 :基于含氟弹性体的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量%), 以与 ECA-2 所用的相似方法而制备, 不同之处在于, 在第一个溶液中, 用 131g FE-2 代替 119g FE-2, 并且用 58.6g CB 代替 71.5g 硅灰石 ;

[0084] •ECA-5 :基于含氟弹性体的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量%), 以与 ECA-2 所用的相似方法而制备, 不同之处在于 (a) 在第一个溶液中, 用 72.4g FE-1 和 72.4g FE-2 代替 119g FE-2, 并且用 43.5g 硅灰石代替 71.5g 硅灰石 ;

[0085] •ECA-6 :基于含氟弹性体的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量%), 以与 ECA-2 所用的相似方法而制备, 不同之处在于 (a) 在第一个溶液中, 用 185g FE-1 代替 119g FE-2 并且省略了 71.5g 硅灰石 ; 并且 (b) 在第二个溶液中, 用 155g FE-1 代替 155g FE-2 ;

[0086] •ECA-7 :基于含氟弹性体的导电粘合剂 (最终的 Ag 浓度为 78 重量%), 以与 ECA-2 所用的相似方法而制备, 不同之处在于 (a) 在第一个溶液中, 用 185g FE-3 代替 119g FE-2 并且省略了 71.5g 硅灰石 ; 并且 (b) 在第二个溶液中, 用 155g FE-3 代替 155g FE-2 ;

[0087] •c-Si 电池 (c-Si) :中国茂迪 (苏州) 新能源有限公司获得的单晶太阳能电池, 商品名为 XS125-165R5”, 尺寸为 125×125mm(±0.5mm) 且包括一对 1.6mm 宽的银主栅线和一对宽为 2.8mm 的银 / 铝连续焊接垫 ;

[0088] •EVA 膜 (EVA) :由中国温州瑞阳光伏材料有限公司获得的 Revax™767 乙烯 - 乙酸乙烯酯 (EVA) 膜 (500 μ m 厚) ;

[0089] •玻璃板 (GS) :由中国南玻集团股份有限公司购买的 3.2mm 厚的钢化玻璃 ;

[0090] •TPT 背板 (TPT) :由 Krempel Group (德国) 获得的用于光伏模块的 Akasol™ PTL3HR1000V 背板 ;

[0091] 对比实施例 CE1 和实施例 E1-E6

[0092] 在 CE1 中, 一个电池的模块制备如下 : (i) 将 ECA-1 浇铸在 Cu 条上 (2mm 宽和 105 μ m 厚) ; (ii) 将两个涂覆有 ECA 的 Cu 条与 c-Si 电池的前侧上的两个主栅线分别连接, 并且将两个涂覆有 ECA 的 Cu 条与 c-Si 电池的背侧上的两个焊接垫分别连接 ; (iii) 将两个前侧涂覆有 ECA 的 Cu 条与第一个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带通过焊接而连接, 并且将两个背侧涂覆有 ECA 的 Cu 条与第二个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带通过焊接而连接 ; (iv) 将所述 c-Si 电池置于两层 EVA 之间, 然后在 c-Si 电池的前侧放置一层 GS 且在其背侧放置一层 TPT ; (v) 使用 Meier ICOLAM™10/08 层压机 (Meier Vakuumtechnik GmbH (德国)) 在 1atm 的压力和 145° C 的温度下将叠加件层压 15 分钟以形成最终的一个电池模块, 其中第一个和第二个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带各自具有一端延伸出模块之外。

[0093] 在 E1 中, 一个电池的模块制备如下 : (i) 提供 4 个 Cu 条 (2mm 宽, 105 μ m 厚) ; (ii) 将 ECA-2 浇铸在 Cu 条的一侧上, 然后在空气中干燥 1 小时, 然后在 115° C 下干燥 10 分钟 ; (iii) 将 ECA-2 浇铸在 c-Si 电池前侧上的两个主栅线上, 然后在空气中干燥 1 小时, 然后在 115° C 下干燥 10 分钟, 并且将 ECA-2 浇铸在 c-Si 电池背侧上的两个焊接垫上, 然后在空气中干燥 1 小时, 然后在 115° C 下干燥 10 分钟 ; (iv) 将两个涂覆有 ECA 的 Cu 条与两个主栅线分别排列, 使 Cu 条的 ECA-2 涂层与两个主栅线的 ECA-2 涂层相联接, 将另外两个涂覆有 ECA 的 Cu 条与两个焊接垫分别排列, 使 Cu 条的 ECA-2 涂层与两个焊接垫的 ECA-2 涂层相联接 ; (v) 通过焊接将两个前侧 Cu 条与第一个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带进行连接, 并将

两个背侧 Cu 条与第二个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带进行连接；(vi) 将所述 c-Si 电池置于两层 EVA 之间，然后在 c-Si 电池的前侧放置一层 GS 且在其后侧放置一层 TPT；(vii) 使用 Meier ICOLAMTM10/08 层压机 (Meier Vakuumtechnik GmbH (德国)) 在 1atm 的压力和 145° C 的温度下将组件层压 15 分钟以形成最终的一个电池模块，其中第一个和第二个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带各自具有一端延伸出模块之外。

[0094] 在 E2 中，以 E1 所述的相同方法制备一个电池的模块，不同之处在于使用 ECA-3 代替 ECA-2。

[0095] 在 E3 中，以 E1 所述的相同方法制备一个电池的模块，不同之处在于使用 ECA-4 代替 ECA-2。

[0096] 在 E4 中，以 E1 所述的相同方法制备一个电池的模块，不同之处在于使用 ECA-5 代替 ECA-2。

[0097] 在 E5 中，以 E1 所述的相同方法制备一个电池的模块，不同之处在于使用 ECA-6 代替 ECA-2。

[0098] 在 E6 中，以 E1 所述的相同方法制备一个电池的模块，不同之处在于使用 ECA-7 代替 ECA-2。

[0099] 对于 CE1 和 E1-E6 中制备的每个模块，使用 Spi-Sun Simulator™3500SLP (Spire Corporation (美国)) 测量所制备模块的输出功率 ($P_{\text{初始}}$) 和热循环测试 (P_{TC}) 的 50、100、150 和 200 循环后模块的输出功率。在各个热循环后的功率损耗如下计算并且列于表 1 中：

$$[0100] \quad P_{\text{损耗}} = (P_{\text{TC}} - P_{\text{初始}}) / P_{\text{初始}}$$

[0101] 在使用 ETCU110 太阳能电池板的环境实验槽 (由 Thermal Product Solutions (美国) 制造) 进行热循环测试的期间，在每个循环中，首先将实验槽的温度设为 25° C，然后以 1° C/min 的速度降至 -40° C，在 -40° C 下稳定 55 分钟，以 1° C/min 的速度升温至 85° C，在 85° C 下稳定 55 分钟，然后以 1° C/min 的速度降回至 25° C。

[0102] 如实施例所示，在使用基于硅橡胶的导电粘合剂 (CE1) 时，太阳能电池模块的效率在热循环测试的 200 个循环之后可能下降高至 7%。然而，在使用基于含氟弹性体的导电粘合剂时，热循环测试后模块效率的下降保持在 1% 以内。

[0103] 表 1

	CE1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
	导电粘合剂类型							
	基于硅橡胶	基于 FE	基于 FE	基于 FE	基于 FE	基于 FE	基于 FE	
[0104]	能量损耗							
	50× TC (%)	-2.9	-0.4	0.2	0.1	-0.2	-0.2	0.1
	100× TC (%)	-3.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.9	-1	0
	150× TC (%)	-4.1	0	-1.1	-1	-1.2	-1.5	-0.1
	200× TC (%)	-7	-0.3	-0.8	-1	-1	-1	-0.1

[0105] 实施例 E7

[0106] 在 E7 中，一个电池的组件制备如下：(i) 通过将 ECA-6 浇铸在剥离膜 (即 188 μ m

厚的 PET 膜) 上制备了导电粘合剂 (ECA) 条 (2mm 宽, 50 μ m 厚), 然后在 115° C 下干燥 10 分钟并切割; (ii) 在设定为 145° C 的热板上将 c-Si 电池前侧上的两个主栅线和背侧上的两个焊接垫用 ECA 条覆盖 5 秒钟; (iii) 从 ECA 条上除去剥离膜并将 Cu 条 (2mm 宽) 与每个 ECA 条排列; (iv) 通过焊接将两个前侧 Cu 条与第一个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带相连接并将两个背侧 Cu 条与涂覆有 Sn/Pd 的第二个 Cu 带相连接; (vi) 将所述 c-Si 电池置于两层 EVA 之间, 然后在 c-Si 电池的前侧放置一层 GS 且在其背侧放置一层 TPT; (vii) 使用 Meier ICOLAMTM10/08 层压机 (MeierVakuumentchnik GmbH (德国)) 在 1atm 的压力和 145° C 的温度下将叠加件层压 15 分钟以形成最终的一个电池模块, 其中第一个和第二个涂覆有 Sn/Pd 的 Cu 带各自具有一端延伸出模块之外。