



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102201479 A

(43) 申请公布日 2011.09.28

(21) 申请号 201110081539.0

(22) 申请日 2011.03.25

(30) 优先权数据

12/731,748 2010.03.25 US

(71) 申请人 罗门哈斯电子材料有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 G·卡纳里昂 N·普利亚诺

C·R·斯曼达 李哉衡

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 沙永生

(51) Int. Cl.

H01L 31/06 (2006.01)

H01L 31/072 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

薄膜光伏电池

(57) 摘要

本发明提供了一种薄膜光伏电池,其包括基片;提供在基片上的后接触件;提供在后接触件上的p-型半导体吸收层;在所述p-型半导体吸收层上提供的n-型半导体层;在所述n-型半导体层上提供的介电有机材料层;提供在所述介电有机材料层上的透明导电膜;以及任选的提供在所述透明导电膜上的减反射层。本发明还提供了一种制造薄膜光伏电池的方法。

1. 一种薄膜光伏电池,其包括:
基片;
提供在所述基片上的后接触件;
提供在所述后接触件上的 p- 型半导体吸收层;
提供在所述 p- 型半导体吸收层上的 n- 型半导体层;
提供在所述 n- 型半导体层上的介电有机材料层;
提供在所述介电有机材料层上的透明导电膜;以及,
任选的,提供在所述透明导电膜上的减反射层。
2. 如权利要求 1 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述介电有机材料层包含硅倍半氧烷。
3. 如权利要求 2 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述介电有机材料层的平均厚度为 10-150nm。
4. 如权利要求 1 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述基片是薄金属箔或聚合物材料。
5. 如权利要求 2 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述后接触件是钼。
6. 如权利要求 2 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述 p- 型半导体吸收层包含选自 CdTe 以及化学式为 $\text{Na}_L\text{Cu}_m\text{In}_{(1-d)}\text{Ga}_d\text{S}_{(2+e)(1-f)}\text{Se}_{(2+e)f}$ 的 CIGS 材料的 p- 型半导体吸收材料;其中 $0 \leq L \leq 0.75, 0.25 \leq m \leq 1.5, 0 \leq d \leq 1, -0.2 \leq e \leq 0.5, 0 < f \leq 1$;其中 $0.5 \leq (L+m) \leq 1.5$, 且 $1.8 \leq \{(2+e)f + (2+e)(1-f)\} \leq 2.5$ 。
7. 如权利要求 6 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述 n- 型半导体层包含硫化镉,平均厚度为 10-150nm。
8. 如权利要求 7 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,所述透明导电膜包含铝掺杂的氧化锌,平均厚度为 10-150nm。
9. 如权利要求 8 所述的薄膜光伏电池,其特征在于,根据 ASTM E927-05,使用 AM 1.5G 光源模拟阳光,由电流-电压曲线测得,所述薄膜太阳能电池的装置效率 $\geq 9\%$ 。
10. 一种用来制造薄膜光伏电池的方法,该方法包括:
提供基片;
提供后接触件;
提供 p- 型半导体吸收层,其中所述后接触件与所述 p- 型半导体吸收层电连接;
在所述 p- 型半导体吸收层上提供 n- 型半导体层;
提供介电有机材料层前体;
将所述介电有机材料层前体施加在所述 n- 型半导体层的表面上,在所述 n- 型半导体层的表面上形成介电有机材料层;以及,
在所述介电有机材料层上形成透明导电膜;以及,
任选地,提供与所述透明导电膜电接触的前电极。

薄膜光伏电池

技术领域

[0001] 本发明涉及薄膜光伏电池领域。更具体来说,本发明涉及薄膜光伏电池堆及其制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,人们对薄膜光伏电池的兴趣在持续升高。这种兴趣的升高可能是由于实验室规模制造的电池的转化效率的改进,人们预期相对于较老的较昂贵的晶体和多晶硅技术,可以显著降低生产成本。用术语“薄膜”将此种太阳能电池与更常见的基于硅的电池区别开,后者使用较厚的硅晶片。尽管单晶硅电池仍然保持着超过 20% 的转化效率的记录,但是现有的制造的薄膜电池已经接近该水平了。因此,薄膜电池的性能不再是限制其商业应用的主要问题了。目前仍然存在的薄膜光伏电池大规模商业化的一个主要障碍在于成本。用于商业薄膜光伏电池吸收材料的主要选择是多晶化合物半导体材料(即 CdTe 和 Cu(In, Ga)(S, Se)₂)。

[0003] 常规的基于 CdTe 和 Cu(In, Ga)(S, Se)₂ 的薄膜光伏电池具有叠层的多层结构。这些薄膜光伏电池包括基片(例如玻璃),在基片上形成了钼后接触件。在所述钼后接触件上形成了 CdTe 或 Cu(In, Ga)(S, Se)₂ 的 p-型半导体吸收层。在所述 p-型半导体吸收层上形成了 n-型半导体,缓冲层(例如 CdS)。在所述缓冲层上形成了第二 n-型半导体(例如未掺杂的 ZnO),在所述第二 n-型半导体上形成了前接触件(即透明的导电层(例如 ZnO:Al 或 In₂O₃:Sn))。

[0004] 在制造包括 CdTe 和 Cu(In, Ga)(S, Se)₂ 吸收层的常规薄膜光伏电池的时候,通常以玻璃、金属或聚合物基片开始。在所述基片上沉积钼,形成底部导电层。通过溅射,然后进行硒化,在钼上沉积吸收层。接下来的步骤是通过化学浴或溅射沉积工艺来沉积 CdS 缓冲层,从而在吸收层和缓冲层之间形成 p-n 结。然后在所述 CdS 缓冲层上溅射沉积本征(intrinsic)ZnO 层。在最后的步骤中,在所述本征 ZnO 层上沉积掺杂 Al 的 ZnO 层。所述 Al 掺杂的 ZnO 层形成光学透明的导电层。然后可以在 Al 掺杂的 ZnO 层上蒸发形成电极,以制造电接触。当阳光照射在电池上的时候,在底部和顶部电极之间产生电压,由此可以从电池提取电能。

[0005] Niesen 等人在美国专利第 2009/0223556 号中揭示了基于 CdTe 或 Cu(In, Ga)(S, Se)₂ 的薄膜光伏电池及其制造方法的一个例子。Niesen 等人揭示了一种制造薄膜光伏装置的方法,该方法包括以下步骤:a) 提供第一种掺杂类型的黄铜矿半导体的第一层;b) 在步骤 a) 之后,通过化学气相沉积来沉积本征氧化锌的第二层;c) 在步骤 b) 之后,通过不同于化学气相沉积的方法,沉积与第一掺杂类型相反的第二掺杂类型的氧化锌半导体的第三层。

[0006] 需要注意的是,人们需要用可溶液沉积的材料代替常规薄膜光伏装置中的一部分或所有的层,允许通过连续的卷到卷制造技术商业制造薄膜光伏电池。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种薄膜光伏电池,其包括:基片;提供在所述基片上的后接触件;提供在所述后接触件上的p-型半导体吸收层;提供在所述p-型半导体吸收层上的n-型半导体层;提供在所述n-型半导体层上的介电有机材料层;在所述介电有机材料层上提供的透明导电膜;以及任选的,提供在所述透明导电膜上的减反射层。

[0008] 本发明提供了一种用来制造薄膜光伏电池的方法,其包括:提供基片;提供后接触件;提供p-型半导体吸收层,所述后接触件与所述p-型半导体吸收层电连接;在所述p-型半导体吸收层上提供n-型半导体层;提供介电有机材料层前体;将所述介电有机材料层前体施加在所述n-型半导体层的表面上,在所述n-型半导体层的表面上形成介电有机材料层;以及,在所述介电有机材料层上形成透明的导电膜;任选的,提供与所述透明的导电膜电接触的前电极。

具体实施方式

[0009] 本发明的薄膜光伏堆用介电层代替介于透明的导电膜(即透明的前接触件)和n-型半导体层(即缓冲层)之间的常规半导体本征氧化锌层。本发明的薄膜光伏堆能够用可溶液沉积的材料代替通常化学气相沉积的本征氧化锌层。

[0010] 在本文以及权利要求书中,术语“在……上方”和“在……之上”包括“直接的上方(之上)”(即之间没有中间材料、元件或间隔体)和“间接的上方(之上)”(即,其间具有中间材料、元件或间隔体)。例如,在基片“之上”提供一个层可以包括直接在基片上形成该层,在该层和基片之间没有中间材料;以及不直接地在基片上提供该层,在该层和基片之间插有一个或多个中间材料。

[0011] 用于本发明的薄膜光伏电池的基片材料包括光伏电池中常用的那些基片材料。合适的基片材料包括例如:玻璃、金属和聚合物材料。对于玻璃基片,可能需要在玻璃基片上提供透明的导电涂层,例如氧化锡(SnO_2)。对于大规模制造(例如使用卷到卷技术的制造),优选使用挠性的基片。合适的挠性基片包括例如,薄金属箔(例如由铝、铌、钛、铬、铁、铋、锑和钢制造的箔);和聚合材料(例如由聚醚醚酮;聚酰亚胺和聚酯制造的膜)。

[0012] 用于本发明的薄膜光伏电池的后接触件能够促进薄膜光伏电池在电路中的电连接。所述后接触件任选覆盖基片的整个表面。或者,所述后接触件任选覆盖基片的一部分表面。任选的,所述后接触件不与基片通过界面邻接,而是所述后接触件任选连接在p-型半导体吸收层的一侧。所述后接触件可以由以下材料制成:钼、铝、银、氧化锌或氧化锡(SnO_2)。较佳的是,所述后接触件由钼、银和铝中的至少一种制成。任选的,所述后接触件由钼制成。任选的,所述后接触件由铝制成。任选的,所述后接触件由银制成。

[0013] 在本领域中,有时候将用于本发明的薄膜光伏电池的P-型半导体吸收材料称作“吸收层材料”。所述p-型半导体吸收层可以包含通常用于薄膜光伏电池的任何p-型半导体吸收材料。所述p-型半导体吸收材料优选选自具有高吸收系数的直接带隙材料。优选的p-型半导体吸收材料的例子包括例如碲化镉(CdTe), 锌黄锡矿 $-\text{Cu}_2(\text{Zn}, \text{Fe})\text{Sn}(\text{S}, \text{Se})_4$ 和黄铜矿(copperchalcopyrite)。适合用作本发明的薄膜光伏电池的p-型半导体吸收材料的黄铜矿包括第1a-1b-3a-6a族混合金属氧族化合物材料,包括例如二硒化铜-镉(CuInSe_2), 二硒化铜-镓(CuGaSe_2)和二硒化铜-镉-镓($\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$)。在本

领域中,通常将用作薄膜光伏电池的吸收材料的黄铜矿称作 CIGS 材料。优选的所述 p- 型半导体吸收材料是化学式为 $\text{Na}_L\text{Cu}_m\text{In}_{(1-d)}\text{Ga}_d\text{S}_{(2+e)(1-f)}\text{Se}_{(2+e)f}$ 的材料;其中 $0 \leq L \leq 0.75$, $0.25 \leq m \leq 1.5$, $0 \leq d \leq 1$, $-0.2 \leq e \leq 0.5$, $0 < f \leq 1$;其中 $0.5 \leq (L+m) \leq 1.5$ 且 $1.8 \leq \{(2+e)f+(2+e)(1-f)\} \leq 2.5$ 。所述 p- 型半导体吸收层任选完全覆盖所述后接触件的表面(或者对于后接触件与 p- 型半导体吸收层的一侧通过界面电连接的装置,覆盖基片的表面)。或者,所述 p- 型半导体吸收材料任选覆盖后接触件(或基片)表面的一部分。

[0014] 在本领域中,有时候将用于本发明的薄膜光伏电池的 n- 型半导体材料称作“缓冲层材料”。所述 n- 型半导体层可以包含通常用于薄膜光伏电池的任何 n- 型半导体材料。较佳的是,所述使用的 n- 型半导体材料选自硫化镉(CdS);硫化锌(ZnS);硫化铟(In_2S_3);硒化锌(ZnSe),硒化铟(InSe),硒化铟锌((Zn, In)Se);氧化锌,硫化锌,硫氧化锌(Zn(O, S));以及镁-锌(MgZn)。更优选的是,所用的 n- 型半导体材料选自硫化镉(CdS)和硫化锌(ZnS)。最优选的是,所使用的 n- 型半导体材料是 CdS。所述 n- 型半导体层任选完全覆盖 p- 型半导体吸收层的一个表面。或者,所述 n- 型半导体层任选覆盖 p- 型半导体吸收层的一个表面的一部分。

[0015] 所述 n 型半导体层优选在 p- 型半导体吸收层上沉积成平均厚度为 10-150 纳米的层;更优选为 10-100 纳米;更优选为 40-100 纳米;最优选为 40-60 纳米。

[0016] 用于本发明的薄膜光伏电池的介电有机材料可以是适合用作电容器电介质的任何聚合材料,其在 400-1200 纳米的电磁光谱内的透光率 $\geq 80\%$ 。较佳的是,所使用的介电有机材料的电阻率 $\geq 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$;更优选 $\geq 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$;更优选 $\geq 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$;最优选 $\geq 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 。较佳的是,所使用的介电有机材料的介电常数 ≥ 4 ;更优选 ≥ 5 ;最优选 ≥ 7 。较佳的是,使用的介电有机材料是硅倍半氧烷,例如烷基硅倍半氧烷,芳基硅倍半氧烷,氢硅倍半氧烷以及它们的混合物。更优选的是,使用的介电有机材料是 C_{1-10} 烷基硅倍半氧烷。最优选的是,使用的介电有机材料选自甲基硅倍半氧烷,乙基硅倍半氧烷,丙基硅倍半氧烷和丁基硅倍半氧烷。所述介电有机材料任选完全覆盖所述 n- 型半导体层的一个表面。或者,所述介电有机材料任选覆盖所述 n- 型半导体层的表面的一部分。

[0017] 本发明的薄膜光伏电池优选包括介于 n- 型半导体层的表面和透明导电膜的表面之间的介电有机材料层,其平均厚度为 10-150nm;更优选 10-100nm;更优选为 40-100nm;最优选为 40-90nm。

[0018] 用于本发明的薄膜光伏电池的透明导电膜材料可以是任何常规的透明导电材料。使用的透明导电膜材料可以选自透明的导电氧化物(例如铟掺杂的氧化锡,氟掺杂的氧化锡,掺杂的氧化锌-例如铝掺杂的氧化锌-,铟掺杂的氧化镉);碳纳米管网络;石墨烯(graphene);透明的导电聚合物(例如聚(3,4-亚乙基二氧基噻吩);聚(苯乙烯磺酸酯/磺酸盐掺杂的聚(3,4-亚乙基二氧基噻吩);聚(4,4-二辛基环戊二噻吩);碘掺杂的聚(4,4-二辛基环戊二噻吩);以及 2,3-二氯-5,6-二氰基-1,4-苯醌掺杂的聚(4,4-二辛基环戊二噻吩);纳米网络(例如银纳米线网络,银纳米片网络,银纳米管网络,银纳米颗粒网络)。较佳的是,使用的透明导电膜材料是铝掺杂的氧化锌。所述透明导电膜可以任选地完全覆盖介电有机材料层的表面,或者仅仅选择性地覆盖介电有机材料层表面的一部分。

[0019] 本发明的薄膜光伏电池优选包括透明的导电膜,其平均厚度为 10-150nm;更优选为 50-125nm;更优选为 75-125nm;最优选为 100-125nm。

[0020] 用于本发明的薄膜光伏电池的任选的减反射材料可以选自适合用于光伏电池的任何减反射材料。所述减反射层可以任选完全覆盖透明导电膜的一个表面,或者可以任选选择性地覆盖所述透明导电膜的一个表面的一部分。

[0021] 本发明的薄膜光伏电池任选包括与所述透明导电膜电连接的电极以及与所述后接触件电连接的电极,以促进所述薄膜光伏电池连入电网。

[0022] 根据 ASTM E927-05,使用 AM 1.5G 光源模拟阳光,测得本发明的薄膜光伏电池的装置效率 $\geq 9\%$;更优选 9-18%。

[0023] 本发明的薄膜光伏电池制造方法,包括:提供基片;提供后接触件;提供 p-型半导体吸收层,其中,所述后接触件与所述 p-型半导体吸收层电连接;在所述 p-型半导体吸收层上提供 n-型半导体层;提供介电有机材料层前体;将所述介电有机材料层前体施加在所述 n-型半导体层上,形成介电有机材料层;以及,在所述介电有机材料层上形成透明导电膜;任选的,提供与所述透明导电膜电接触的前电极。

[0024] 在本发明的薄膜光伏电池制造方法中,通过任何常规处理方法提供与所述 p-型半导体吸收层电连接的后接触件。例如,可以通过以下方法将所述后接触件施加于基片的表面(或者施加于 p-型半导体吸收层的一侧):溅射,层叠,印刷,溶胶-凝胶,化学浴沉积,电沉积,化学气相沉积,物理气相沉积,原子层沉积,沉积导电籽晶层,电镀,喷涂和热解。任选的,所述后接触件以均匀的层的形式沉积于基片的表面(或者沉积于 p-型半导体吸收层的一侧)。任选地,将所述后接触件施加于基片一个表面的一个或多个部分之上。

[0025] 在本发明的薄膜光伏电池制造方法中,通过任何常规的加工方法将所述 p-型半导体吸收层提供在后接触件的表面上(或者当所述后接触件与 p-型半导体吸收层的一个侧面连接的时候,提供在基片的一个表面上)。例如,可以通过以下方法形成 p-型半导体吸收层:蒸发,溶液生长,溅射,化学气相沉积和液相沉积(例如湿涂覆,喷涂,旋涂,刮涂)。任选地,所述 p-型半导体吸收层以均一的层的形式施加于后接触件(或基片)的一个完整表面上。任选地,所述 p-型半导体吸收层施加在后接触件(或基片)的一个表面的一个或多个部分上。

[0026] 任选地,所述 p-型半导体吸收层包含第 1a-1b-3a-6a 族材料。当所述 p-型半导体吸收层包含第 1a-1b-3a-6a 族材料的时候,本发明的方法可以进一步包括:任选地,提供包括纳的第 1a 族源材料;提供第 1b 族源材料;提供第 3a 族源材料;任选地提供第 6a 族硫源材料;提供第 6a 族硒源材料;通过以下方式在基片上形成第 1a-1b-3a-6a 族前体材料:任选地使用第 1a 族源材料沉积钠,使用第 1b 族源材料沉积第 1b 族材料,使用第 3a 族源材料沉积第 3a 族材料,任选地使用第 6a 族硫源材料沉积硫材料,以及使用第 6a 族硒源材料沉积硒材料;对前体材料进行处理,形成化学式为 $\text{Na}_L\text{X}_m\text{Y}_n\text{S}_p\text{Se}_q$ 的第 1a-1b-3a-6a 族材料;式中, X 是选自铜和银的至少一种第 1b 族材料,优选是铜; Y 是选自铝、镓和铟的至少一种第 3a 族材料,优选铟和镓; $0 \leq L \leq 0.75$; $0.25 \leq m \leq 1.5$; $n = 1$; $0 \leq p < 2.5$; $0 < q \leq 2.5$ 。较佳的是, $0.5 \leq (L+m) \leq 1.5$ 且 $1.8 \leq (p+q) \leq 2.5$ 。较佳的是, Y 是 $(\text{In}_{1-b}\text{Ga}_b)$, 其中 $0 \leq b \leq 1$ 。更优选的是,所述第 1a-1b-3a-6a 族材料的化学式为 $\text{Na}_L\text{Cu}_m\text{In}_{(1-d)}\text{Ga}_d\text{S}_{(2+e)(1-f)}\text{Se}_{(2+e)f}$;其中 $0 \leq L \leq 0.75$, $0.25 \leq m \leq 1.5$, $0 \leq d \leq 1$, $-0.2 \leq e \leq 0.5$, $0 < f \leq 1$;其中 $0.5 \leq (L+m) \leq 1.5$, $1.8 \leq \{(2+e)f+(2+e)(1-f)\} \leq 2.5$ 。任选地,将第 1a 族源材料,第 1b 族源材料,第 3a 族源材料,第 6a 族硫源材料和第 6a 族硒源材料中的一种或多种混合。可以

通过已知的方法对前体材料的组分进行处理,形成化学式为 $\text{Na}_l\text{X}_m\text{Y}_n\text{S}_p\text{Se}_q$ 的第 1a-1b-3a-6a 族材料。

[0027] 根据本发明使用的第 1a 族源材料包括用于通过以下技术沉积钠(第 1a 族材料)的任意常规媒介:液相沉积技术,真空蒸发技术,化学气相沉积技术,溅射技术或者用来在基片上沉积钠的任何其他常规工艺。较佳的是,所述第 1a 族源材料可以与第 1b 族源材料,第 3a 族源材料,第 6a 族硫源材料或第 6a 族硒源材料中的一种或多种结合。或者,可以使用独立的第 1a 族源材料沉积钠。

[0028] 适合根据本发明使用的第 1b 族源材料包括用来使用以下方法沉积第 1b 族材料的任何常规媒介:液体沉积技术,真空蒸发技术,化学气相沉积技术,溅射技术或者任何其他用来沉积第 1b 族材料的常规工艺。较佳的是,所述第 1b 族材料包括铜和银中的至少一种;更优选为铜。任选地,所述第 1b 族源材料除了包含第 1b 族材料以外,还包含硒(例如 Cu_iSe_j , Ag_hSe_j)。

[0029] 适合用于本发明的第 3a 族源材料包括用来使用以下方法沉积第 3a 族材料的任何常规媒介:液体沉积技术,真空蒸发技术,化学气相沉积技术,溅射技术或者用来沉积第 3a 族材料的任何其他常规工艺。较佳的是,所述第 3a 族材料包含镓、铟和铝中的至少一种;更优选是镓和铟。任选地,所述第 3a 族源材料除了包含第 3a 族材料以外,还包含硒(例如 InSe , GaSe)。任选地,所述第 3a 族源材料除了包含第 3a 族材料以外,还包含铜和硒(例如 CIGS 纳米颗粒)。

[0030] 适合用于本发明的第 6a 族硫源材料包括用来使用以下技术沉积硫的任意常规媒介:液体沉积技术,真空蒸发技术,化学气相沉积技术,溅射技术或者用来沉积硫的任何其他的常规方法。

[0031] 适合用于本发明的第 6a 族硒源材料包括用来使用以下方法沉积硒的任何常规媒介:液体沉积技术,真空蒸发技术,化学气相沉积技术,溅射技术或者用来沉积硒的任何其他的常规方法。

[0032] 在本发明的薄膜光伏电池制造方法中,通过任何常规的加工方法将所述 n- 型半导体层提供在 p- 型半导体吸收层上。例如,可以通过溶液生长(例如化学浴沉积)、溅射和蒸发形成 n- 型半导体层。任选地,将 n- 型半导体层施加在 p- 型半导体吸收层的整个表面上。任选地,将所述 n- 型半导体层施加在所述 p- 型半导体吸收层的一个表面的一个或多个部分上。

[0033] 在本发明的薄膜光伏电池制造方法中,通过液体加工技术在 n- 型半导体层上提供所述介电有机层。合适的液体加工技术包括湿涂覆,喷涂,旋涂,刮涂,接触印刷,顶部进料反印刷,底部进料反印刷,喷嘴进料反印刷,凹版印刷,微凹版印刷,反微凹版印刷,缺角轮直接印刷(comma direct printing),辊涂,狭缝模头涂覆,迈耶棒涂覆,唇形件直接涂覆,双重唇形件直接涂覆,毛细涂覆,喷墨印刷,喷墨沉积,喷雾热解和喷雾沉积。任选地,所述介电有机层以多个离散的层的形式施加。任选地,所述介电有机层以单个均一的层的形式施加在 n- 型半导体层的整个表面之上。任选地,所述介电有机层以单独的层的形式施加在所述 n- 型半导体层的一个表面的一个或多个部分上。

[0034] 较佳的是,所述介电有机材料由液体溶液沉积在 n- 型半导体材料上。较佳的是,在沉积介电有机材料的过程中,所述 n- 型半导体材料的温度低于 100°C 。较佳的是,在将介

电材料沉积在 n 型半导体材料上之后,所述介电有机材料随后在低于 200°C 的温度下固化。较佳的是,所述介电有机材料沉积的膜厚度为 25-150nm;更优选为 50-100nm。

[0035] 在本发明的薄膜光伏电池制造方法中,通过任何常规的加工方法在介电有机层上提供透明导电膜。例如,可以使用旋涂、喷雾沉积(包括喷雾热解)、化学气相沉积、物理气相沉积和溅射沉积透明导电膜。任选地,所述透明导电膜是导电的氧化物层(例如铝掺杂的氧化锌层),其中,使用溶液加工的透明金属纳米线丝网材料(即旋涂,喷雾沉积的)沉积透明导电膜。任选地,所述透明导电膜是透明导电氧化物,其中,所述透明导电膜使用化学气相沉积或溅射沉积。任选地,所述透明导电膜包含银纳米棒。

[0036] 在以下实施例中详细描述本发明的一些实施方式。

[0037] 实施例 1-4:薄膜光伏电池

[0038] 按照以下方式制备测试薄膜光伏电池:在玻璃基片的表面上溅射沉积一层钼,形成平均厚度为 1 微米的后接触件。通过使用国家可再生能源实验室三步法(National Renewable Energy Laboratory 3stage process)(例如如美国专利第 5,441,897 号和第 5,436,204 号所述),通过共蒸发生长平均厚度为 2 微米的 CIGS 型吸收层(即 p-型半导体吸收层)。然后通过使用 60°C 的 0.0015M CdSO₄ 溶液,1.5M NH₄OH 溶液和 0.0075M 硫脲溶液,通过化学浴沉积(CBD)在 p-型半导体吸收层的表面上沉积具有表 1 所述的平均厚度的 CdS 层(即 n-型半导体层)。然后使用 2.8% 的 GR 650F 甲基硅倍半氧烷(商业购自美国俄亥俄州的科技玻璃公司(Technoglass, Ohio))在丙二醇甲基醚乙酸酯(PGMEA)中的溶液,使用表 1 所述的旋转速度,在 CdS 层上旋涂一个硅倍半氧烷层(即介电有机层),然后在 200°C 固化 2 分钟。表 1 中提供了沉积的硅倍半氧烷层的厚度。然后由 Al₂O₃ 掺杂的 ZnO 靶在硅倍半氧烷层上溅射沉积厚度为 120 纳米的铝掺杂氧化锌层(即透明导电膜)。然后通过阴影掩模,使用电子束蒸发在铝掺杂的氧化锌层上沉积镍/铝指状电极(finger electrode)。所述光伏电池的活性面积为 0.5cm²。根据 ASTM E927-05,使用 AM 1.5G 光源模拟阳光,由电流-电压曲线测量电池的效率。结果列于表 1。

[0039] 表 1

[0040]

| 实施 例# | 旋转速度(rpm) | 硅倍半氧烷厚 度(nm) | CdS 厚度(nm) | 效率(%) |
|----------|-----------|-----------------|------------|-------|
| 1 | 1000 | 86 | 50 | 9.12 |
| 2 | 2500 | 51 | 50 | 10.37 |
| 3 | 1000 | 86 | 100 | 9.46 |
| 4 | 2500 | 51 | 100 | 9.6 |