



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115084395 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 20

(21) 申请号 202211003358.0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.08.22

H01L 51/48 (2006.01)

(71) 申请人 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司

H01L 51/42 (2006.01)

H01L 51/44 (2006.01)

地址 102209 北京市昌平区北七家未来科技城华能人才创新创业基地实验楼A楼

申请人 华能新能源股份有限公司

(72) 发明人 肖平 赵政晶 赵志国 赵东明
李新连 蔡子贺 刘云 伏丰义
秦文涛

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 王欢

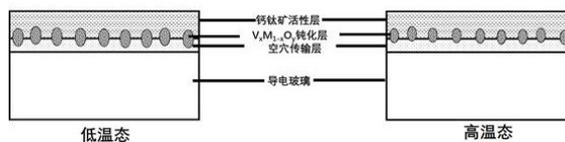
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法和钙钛矿太阳能电池

(57) 摘要

本发明提供了一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法和钙钛矿太阳能电池,方法包括以下步骤:在空穴传输层上制备含钒纳米薄膜后450~550℃下退火;或在空穴传输层上将含钒纳米粉体250~350℃下退火后形成分散液,烘干,得到钝化层;再在所述钝化层上制备钙钛矿吸收层;所述钝化层的组成为 $V_{1-x}M_xO_y$; $0 \leq x \leq 1$; $2 < y < 2.5$ 所述M选自Mg、Cu、Cr、W、Nb、Mo、B、H、Zr、Sn、La和Ti中的一种或多种。该处理方法在钙钛矿吸收层和空穴传输层界面形成钝化层,作为界面缓冲层,能够有效提高材料界面稳定性,进而提高太阳能电池的稳定性。



1. 一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法,包括以下步骤:
在空穴传输层上制备含钒纳米薄膜后450~550℃下退火;
或在空穴传输层上将含钒纳米粉体250~350℃下退火后形成分散液,烘干,得到钝化层;
再在所述钝化层上制备钙钛矿吸收层;
所述钝化层的组成为 $V_{1-x_1}M_{x_1}O_y$; $0 \leq x_1 \leq 1$; $2 < y < 2.5$;
所述M选自Mg、Cu、Cr、W、Nb、Mo、B、H、Zr、Sn、La和Ti中的一种或多种。
2. 根据权利要求1所述的处理方法,其特征在于,所述钝化层为P型掺杂的 VO_2 纳米粉体层、W掺杂 VO_2 纳米粉体层、Al掺杂 VO_2 纳米粉体层、或P型掺杂的 VO_2 薄膜层。
3. 根据权利要求1所述的处理方法,其特征在于,所述450~550℃下退火的空气分压1000~10000Pa,时间6min以上;
所述250~350℃下退火的空气分压为 $1 \times 10^3 Pa \sim 1 \times 10^5 Pa$,时间50s以上。
4. 根据权利要求1所述的处理方法,其特征在于,所述钙钛矿吸收层按照以下方法制得:
配置碘化铅和碘化铯的混合溶液,得到 PbI_2 前驱体溶液;
将甲脒氢碘酸盐和氯化甲胺的混合溶液,得到有机盐溶液;
在所述钝化层上涂覆 PbI_2 前驱体溶液,再涂覆有机盐溶液,退火,形成钙钛矿吸收层。
5. 一种钙钛矿太阳能电池,其特征在于,包括依次设置的基底、空穴传输层、钝化层和钙钛矿吸收层;
所述钝化层为权利要求1~4任一项所述处理方法形成的钝化层。
6. 根据权利要求5所述的钙钛矿太阳能电池,其特征在于,所述钝化层的厚度小于等于30微米。
7. 根据权利要求5所述的钙钛矿太阳能电池,其特征在于,所述空穴传输层为 NiO_{x_2} 薄膜($x_2 \leq 1$)。

一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法和钙钛矿太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能电池技术领域,尤其涉及一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法和钙钛矿太阳能电池。

背景技术

[0002] 钙钛矿太阳能电池主要由透明导电基板、电子传输层、钙钛矿层、空穴传输层和背电极组成。太阳能电池是一种将光能转换为电能的半导体光电器件,在能源转化领域具有重要研究价值。

[0003] 钙钛矿太阳能电池为多层膜堆垛结构,由于钙钛矿材料稳定性差,在使用过程中存在明显的离子迁移,会导致器件界面处失稳或电荷传输层材料降解等不宜。此外,太阳能电池热循环服役条件下,由于钙钛矿吸光层与电荷传输之间的热膨胀系数不匹配易产生较大的剪切应力,从而在界面处脱层导致器件失效。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法和钙钛矿太阳能电池,该处理方法在钙钛矿吸收层和空穴传输层界面形成钝化层,作为界面缓冲层,能够有效提高材料界面稳定性,进而提高太阳能电池的稳定性。

[0005] 本发明提供了一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法,包括以下步骤:
在空穴传输层上制备含钒纳米薄膜后450~550℃下退火;
或在空穴传输层上将含钒纳米粉体250~350℃下退火后,进行分散形成分散液,烘干,得到钝化层;

再在所述钝化层上制备钙钛矿吸收层;

所述钝化层的组成为 $V_{1-x}M_xO_y$; $0 \leq x \leq 1$; $2 < y < 2.5$;

所述M选自Mg、Cu、Cr、W、Nb、Mo、B、H、Zr、Sn、La和Ti中的一种或多种。

[0006] 图1为钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法的退火或烘干示意图;其中,低温态为粉体分散液烘干形成钝化层示意图,高温态为薄膜退火形成钝化层示意图。

[0007] 本发明优选通过磁控溅射制备含钒纳米薄膜。

[0008] 在本发明中,所述含钒纳米薄膜为 VO_2 薄膜;所述含钒纳米粉体选自 $V_{0.99}W_{0.01}O_2$ 纳米粉体、或 VO_2 纳米粉体、或 $V_{0.95}Al_{0.05}O_2$ 纳米粉体;经退火或烘干后,形成的钝化层的组成为 $V_{1-x}M_xO_y$; $0 \leq x \leq 1$; $2 < y < 2.5$;具体实施例中,所述钝化层为P型掺杂的 VO_2 纳米粉体层、W掺杂 VO_2 纳米粉体层、Al掺杂 VO_2 纳米粉体层、或P型掺杂的 VO_2 薄膜层。

[0009] 在本发明中,所述450~550℃下退火的空气分压1000~10000Pa,时间6min以上;具体实施例中,高温态处理的条件包括温度540℃、时间1000s、空气分压为5000Pa。

[0010] 所述250~350℃下退火的空气分压为 1×10^3 Pa~ 1×10^5 Pa,时间50s以上。具体实施例中,低温态处理的条件包括温度250℃,时间为3000s,空气分压为10000Pa;或包括温度

300℃、时间3000s,空气分压13000Pa;或包括温度250℃、时间3000s,空气分压10000Pa。

[0011] 所述分散液采用的溶剂优选为醇类溶剂,更优选为乙醇。在本发明中,所述烘干的温度优选为100~150℃;烘干的时间优选将分散液中溶剂基本挥发。

[0012] 在本发明中,所述钙钛矿吸收层按照以下方法制得:

配置碘化铅和碘化铯的混合溶液,得到 PbI_2 前驱体溶液;

将甲脒氢碘酸盐和氯化甲胺的混合溶液,得到有机盐溶液;

在所述钝化层上涂覆 PbI_2 前驱体溶液,再涂覆有机盐溶液,退火,形成钙钛矿吸收层。

[0013] 本发明提供了一种钙钛矿太阳能电池,包括依次设置的基底、空穴传输层、钝化层和钙钛矿吸收层;

所述钝化层为上述技术方案所述处理方法形成的钝化层。

[0014] 在本发明中,所述钝化层的厚度小于等于30微米。

[0015] 在本发明中,所述空穴传输层为 NiO_{x2} 薄膜($x2 \leq 1$)。

[0016] 本发明提供了一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法,包括以下步骤:在空穴传输层上制备含钒纳米薄膜后450~550℃下退火;或在空穴传输层上将含钒纳米粉体250~350℃下退火后形成分散液,烘干,得到钝化层;再在所述钝化层上制备钙钛矿吸收层;所述钝化层的组成为 $V_{1-x1}M_{x1}O_y$; $0 \leq x1 \leq 1$; $2 < y < 2.5$;所述M选自Mg、Cu、Cr、W、Nb、Mo、B、H、Zr、Sn、La和Ti中的一种或多种。该处理方法在钙钛矿吸收层和空穴传输层界面形成钝化层,作为界面缓冲层,能够有效提高材料界面稳定性,进而提高太阳能电池的稳定性。

附图说明

[0017] 图1为钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的低温态和高温态的处理方法的示意图;

图2为本发明实施例1中p型掺杂 VO_2 纳米粉体的XPS图;

图3为本发明实施例1中界面处理和界面未处理制备的电池的电压-电流密度曲线;

图4为本发明实施例1中界面处理和界面未处理制备的电池的稳定性测试;

图5为本发明实施例2中界面处理和界面未处理制备的电池的电压-电流密度曲线;

图6为本发明中界面处理和界面未处理制备的电池的电压-电流密度曲线;

图7为本发明中界面处理和界面未处理制备的电池的稳定性测试;

图8为本发明中界面处理和界面未处理制备的电池的电压-电流密度曲线。

具体实施方式

[0018] 为了进一步说明本发明,下面结合实施例对本发明提供了一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法和钙钛矿太阳能电池进行详细地描述,但不能将它们理解为对本发明保护范围的限定。

[0019] 采用PCE测试实施例和比较例制备的电池的电流密度-电压(JV)曲线,测试在kethley 2400系统测试完成;测试条件:模拟光强为 100mW cm^{-2} (AM 1.5G)扫描速率为 0.1V s^{-1} (步长为 0.02V ,时间延迟为200ms),扫描区间为1.2V到-0.2V,氙灯的功率输出由NERL

(National Renewable Energy Laboratory)标准的KG5标准Si电池校准。

[0020] 稳定性测试钙钛矿电池在氮气手套箱中85℃条件下,进行电池热稳定性测试。

[0021] 实施例1

称取1.16gVOSO₄粉末分散到20mL去离子水连续搅拌10min后,获得蓝色透明的溶液。放置于70℃水浴加热环境持续搅拌,然后将0.3mL水合肼溶(N₂H₄·H₂O,80 wt%) 缓慢滴加到上述溶液中,逐渐变为浅蓝色悬浊液。继续搅拌15min,待悬浊液稳定后加入适量1mol/LNaOH 水溶液,最后将沉淀物经去离子水、无水乙醇、丙酮依次洗涤,最终得到前驱体。将前驱体分散到30mL去离子水中,分散均匀后转移到容积为50mL高压水热釜中。将高压水热釜加热到260℃,恒温保持24h,待反应完毕后自然冷却至室温。将初产物用去离子水洗涤3次,放置在真空干燥箱内60℃干燥6h,获得VO₂纳米粉体。取适量粉体转移至真空快速热处理炉,250℃,空气分压10000Pa,退火3000s,获得p型掺杂VO₂纳米粉体。将5mg退火后VO₂纳米粉体分散到1mL无水乙醇中,超声分散12h,获得高分散溶液A。

[0022] 将1*1cmFTO薄膜(玻璃厚度2mm,FTO膜层厚度100nm)玻璃分别经过乙醇、异丙醇(IPA)和丙酮各清洗30分钟,用氮气枪吹干。采用磁控溅射方法在FTO薄膜玻璃表层溅射一层致密NiO_{x2}薄膜(厚度20nm,x2≤1),溅射功率为80W,30min。将上述溅射完的薄膜用氧等离子体处理10min,功率2kW。

[0023] 取50μL溶液A均匀铺在NiO_{x2}薄膜表面,胶机参数设置为,速度2500rpm,时间30s;然后放在120℃加热台,烘干5min。

[0024] 称量600mg碘化铅(PbI₂)和6mg碘化铯(CsI)溶解于900μLN,N-二甲基甲酰胺(DMF)和100μL二甲基亚砷(DMSO)溶液中,70℃加热搅拌使之充分溶解,得到PbI₂前驱体溶液B。将80mg甲脒氢碘酸盐(FAI)、8mg氯化甲胺(MACl)溶解于1mL的IPA溶液中,搅拌使之充分溶解,得到有机盐溶液C。

[0025] 取40μL的B溶液均匀铺在上述退火处理后的薄膜表面,匀胶机参数设置为,速度2000rpm,时间30s;随后置于75℃热台1min,形成涂层。取70μL的C溶液均匀铺在涂覆B溶液后形成的涂层表面,匀胶机参数设置为,速度3000rpm,时间30s;随后将上述器件转移至130℃热台退火15min。同样不进行A层旋涂的样品作为对比例,分别得到钙钛矿薄膜(400nm)。

[0026] 在上述制备的钙钛矿薄膜表面蒸镀一层C60电子传输层(40nm),得到电池。

[0027] 将电子传输层转移到热蒸镀设备中,真空度达到1×10⁻⁵Pa的条件下开始蒸镀电极(Au),厚度为100nm;得到电池。

[0028] 表1 实施例1制备的电池的光伏测试结果

	开路电压 (V)	填充因子 (%)	电流密度 (mA cm ⁻²)	光电转换效率 (%)
通过处理	1.08	76.85	24.84	19.70
未处理	1.05	66.45	21.39	14.91

实施例2

称取1.16gVOSO₄粉末和0.013g钨酸铵分散到20mL去离子水70℃连续搅拌10min后,获得蓝色透明的溶液。放置于70℃水浴加热环境持续搅拌,然后将0.3mL水合肼溶(N₂H₄·H₂O,80 wt%) 缓慢滴加到上述溶液中,逐渐变为浅蓝色悬浊液。继续搅拌15min,待

悬浊液稳定后加入适量1mol/LNaOH 水溶液,最后将沉淀物经去离子水、无水乙醇、丙酮依次洗涤,最终得到前驱体。将前驱体分散到30mL去离子水中,分散均匀后转移到容积为50mL高压水热釜中。将高压水热釜加热到260 °C,恒温保持24 h,待反应完毕后自然冷却至室温。将初产物用去离子水洗涤3次,放置在真空干燥箱内60°C干燥6 h,获得W掺杂VO₂纳米粉体。取适量粉体转移至真空快速热处理炉,300°C,空气分压13000Pa,退火3000s,获得纳米粉体V_{0.99}W_{0.01}O₂。

[0029] 将5mg退火后W掺杂VO₂纳米粉体分散到1mL无水乙醇中,超声分散12h,获得高分散溶液A。

[0030] 将1*1cmFTO薄膜(玻璃厚度2mm,FTO膜层厚度100nm)玻璃分别经过乙醇、异丙醇(IPA)和丙酮各清洗30分钟,用氮气枪吹干。采用磁控溅射方法在FTO薄膜玻璃表层溅射一层致密NiO_{x2}薄膜(厚度20nm,x2≤1),溅射功率为80W,30min。将上述溅射完的薄膜用氧等离子体处理10min,功率2kW。

[0031] 取50μL溶液A均匀铺在NiO_{x2}薄膜表面,胶机参数设置为,速度2500rpm,时间30s;然后放在120°C加热台,烘干5min。

[0032] 称量600mg碘化铅(PbI₂)和6mg碘化铯(CsI)溶解于900μLN,N-二甲基甲酰胺(DMF)和100μL二甲基亚砷(DMSO)溶液中,70°C加热搅拌使之充分溶解,得到PbI₂前驱体溶液B。将80mg甲脒氢碘酸盐(FAI)、8mg氯化甲胺(MACl)溶解于1mL的IPA中,搅拌使之充分溶解,得到有机盐溶液C。

[0033] 取40μL的B溶液均匀铺在上述退火处理后的薄膜表面,匀胶机参数设置为,速度2000rpm,时间30s;随后置于75°C热台1min,形成涂层。取70μL的C溶液均匀铺在涂覆B溶液后形成的涂层表面,匀胶机参数设置为:速度3000rpm,时间30s;随后将上述器件转移至130°C热台退火15min。同样不进行A层旋涂的样品作为对比例,分别得到钙钛矿薄膜(400nm)。

[0034] 在上述制备的钙钛矿薄膜表面蒸镀一层C60电子传输层(40nm),得到电池。

[0035] 将电子传输层转移到热蒸镀设备中,真空度达到1×10⁻⁵Pa 的条件下开始蒸镀电极(Au),厚度为100nm;得到电池。

[0036] 表2 实施例2制备的电池的光伏参数

	开路电压 (V)	填充因子 (%)	电流密度 (mA cm ⁻²)	光电转换效率 (%)
通过处理	1.07	76.32	24.90	20.41
未处理	1.05	66.45	21.39	14.91

实施例3 (Al掺杂)

称取1.16gVOSO₄粉末和0.053g硝酸铝分散到20mL去离子水连续搅拌10min后,获得蓝色透明的溶液。放置于70°C水浴加热环境持续搅拌,然后将0.3mL水合肼溶(N₂H₄·H₂O, 80 wt%) 缓慢滴加到上述溶液中,逐渐变为浅蓝色悬浊液。继续搅拌15min,待悬浊液稳定后加入适量1mol/LNaOH 水溶液,最后将沉淀物经去离子水、无水乙醇、丙酮依次洗涤,得到前驱体。将前驱体分散到30mL去离子水中,分散均匀后转移到容积为50mL高压水热釜中。将高压水热釜加热到260°C,恒温保持24 h,待反应完毕后自然冷却至室温。将初产物用去离子水洗涤3次,放置在真空干燥箱内60°C干燥6h,获得V_{0.95}Al_{0.05}O₂纳米粉体。取适量粉体转

移至真空快速热处理炉,250℃,空气分压10000Pa,退火3000s,获得纳米粉体。

[0037] 将5mg退火后Al掺杂VO₂纳米粉体分散到1mL无水乙醇中,超声分散12h,获得分散溶液A。

[0038] 将1*1cmFTO薄膜(玻璃厚度2mm,FTO膜层厚度100nm)玻璃分别经过乙醇、异丙醇(IPA)和丙酮各清洗30分钟,用氮气枪吹干。采用磁控溅射方法在FTO薄膜玻璃表层溅射一层致密NiO_{x2}薄膜(厚度20nm,x2≤1),溅射功率为80W,30min。将上述溅射完的薄膜用氧等离子体处理10min,功率2kW。

[0039] 取50μL溶液A均匀铺在NiO_{x2}薄膜表面,胶机参数设置为,速度2500rpm,时间30s;然后放在120℃加热台,烘干5min。

[0040] 称量600mg碘化铅(PbI₂)和6mg碘化铯(CsI)溶解于900μLN,N-二甲基甲酰胺(DMF)和100μL二甲基亚砷(DMSO)溶液中,70℃加热搅拌使之充分溶解,得到PbI₂前驱体溶液B。将80mg甲脒氢碘酸盐(FAI)、8mg氯化甲胺(MACl)溶解于1mL的IPA中,搅拌使之充分溶解,得到有机盐溶液C。

[0041] 取40μL的B溶液均匀铺在上述退火处理后的薄膜表面,匀胶机参数设置为,速度2000rpm,时间30s;随后置于75℃热台1min,形成涂层。取70μL的C溶液均匀铺在涂覆B溶液后形成的涂层表面,匀胶机参数设置为:速度3000rpm,时间30s;随后将上述器件转移至130℃热台退火15min。同样不进行A层旋涂的样品作为对比例,分别得到钙钛矿薄膜(400nm)。

[0042] 在上述制备的钙钛矿薄膜表面蒸镀一层C60电子传输层(40nm),得到电池。

[0043] 将电子传输层转移到热蒸镀设备中,真空度达到1×10⁻⁵Pa的条件下开始蒸镀电极(Au),厚度为100nm,得到电池。

[0044] 表3 实施例3制备的电池的光伏参数

	开路电压 (V)	填充因子 (%)	电流密度 (mA cm ⁻²)	光电转换效率 (%)
通过处理	1.06	71.32	24.37	18.49
未处理	1.05	66.45	21.39	14.91

实施例4

将1*1cmFTO薄膜(玻璃厚度2mm,FTO膜层厚度100nm)玻璃分别经过乙醇、异丙醇(IPA)和丙酮各清洗30分钟,用氮气枪吹干。采用磁控溅射方法在FTO薄膜玻璃表层溅射一层致密NiO_{x2}薄膜(厚度20nm,x2≤1),溅射功率为80W,30min。将上述溅射完的薄膜用氧等离子体处理10min,功率2kW。

[0045] 1*1cmFTO/NiO_{x2}基底(玻璃厚度2mm,FTO膜层厚度100nm)依次放入丙酮、无水乙醇和去离子水中分别超声清洗十分钟,清洗完成后用氮气枪表面吹干;将清洗好的基片固定于磁控溅射样品台上,并放置到磁控溅射设备中。磁控溅射腔室抽真空至压强为1×10⁻⁴Pa,样品台升温至400℃,之后调整分子泵抽力并通入氩气(纯度99.9993%)直至腔室内压强稳定1Pa;溅射过程中O₂气和Ar气的总流量为50 sccm,氧氩比为1:49,溅射时间为3 min,直流(钨靶)功率固定为80 W,取出样品移至真空快速热处理炉,540℃,空气分压5000Pa,退火1000s,获得具有P型掺杂的VO₂修饰层(厚度15nm)的基底。

[0046] 称量600mg碘化铅(PbI₂)和6mg碘化铯(CsI)溶解于900μLN,N-二甲基甲酰胺(DMF)

和100 μ L二甲基亚砷(DMSO)溶液中,70 $^{\circ}$ C加热搅拌使之充分溶解,得到PbI₂前驱体溶液A。将80mg甲脒氢碘酸盐(FAI)、8mg氯化甲胺(MACl)溶解于1mL的IPA中,搅拌使之充分溶解,得到有机盐溶液B。

[0047] 取40 μ L的A溶液均匀铺在上述退火处理后的薄膜表面,匀胶机参数设置为,速度2000rpm,时间30s;随后置于75 $^{\circ}$ C热台1min,形成涂层。取70 μ L的B溶液均匀铺在涂覆A溶液后形成的涂层表面,匀胶机参数设置为,速度3000rpm,时间30s;随后将上述器件转移至130 $^{\circ}$ C热台退火15min。同样不进行A层旋涂的样品作为对比例,分别得到钙钛矿薄膜(400nm)。

[0048] 在上述制备的钙钛矿薄膜表面蒸镀一层C60电子传输层(40nm),得到电池。

[0049] 将电子传输层转移到热蒸镀设备中,真空度达到 1×10^{-5} Pa的条件下开始蒸镀电极(Au),厚度为100nm;得到电池。

[0050] 表4 实施例4制备的电池的光伏参数

	开路电压(V)	填充因子(%)	电流密度 (mA cm ⁻²)	光电转换效率 (%)
通过处理	1.07	67.87	24.43	17.69
未处理	1.08	68.39	21.33	15.72

由以上实施例可知,本发明提供了一种钙钛矿吸收层/空穴传输层界面的处理方法,包括以下步骤:在空穴传输层上制备含钒纳米薄膜后450~550 $^{\circ}$ C下退火;或在空穴传输层上将含钒纳米粉体250~350 $^{\circ}$ C下退火后形成分散液,烘干,得到钝化层;再在所述钝化层上制备钙钛矿吸收层;所述钝化层的组成为V_{1-x1}M_{x1}O_y;0 \leq x1 \leq 1;2<y<2.5;所述M选自Mg、Cu、Cr、W、Nb、Mo、B、H、Zr、Sn、La和Ti中的一种或多种。该处理方法在钙钛矿吸收层和空穴传输层界面形成钝化层,作为界面缓冲层,能够有效提高材料界面稳定性,进而提高太阳能电池的稳定性。钙钛矿太阳能电池还具有较高光电转换效率。

[0051] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。



图1

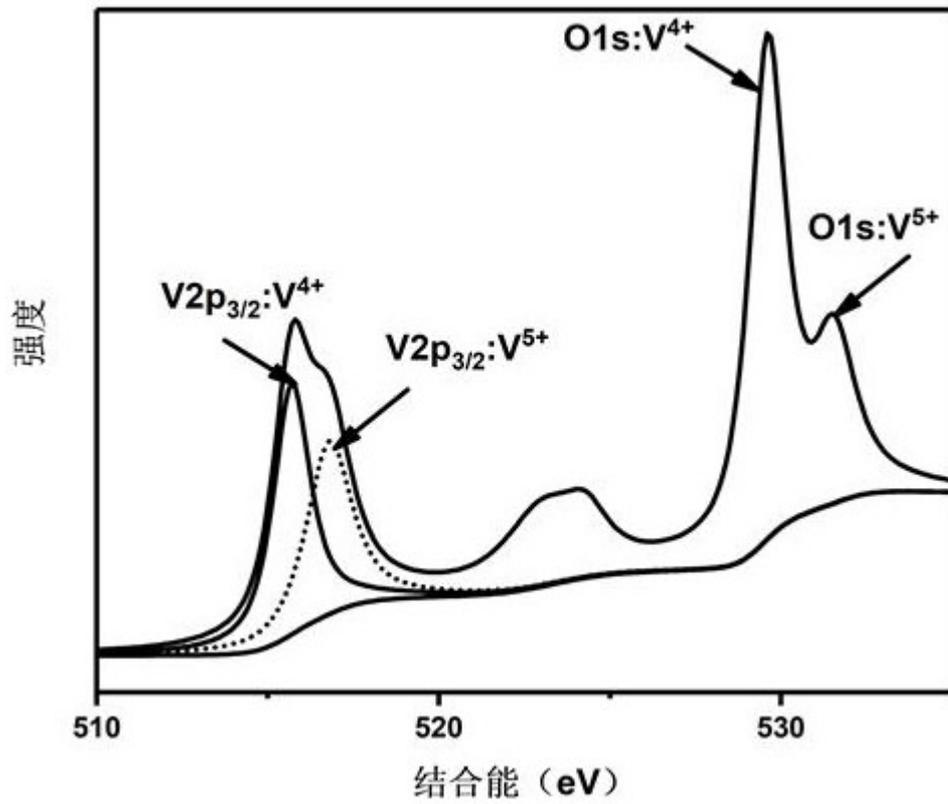


图2

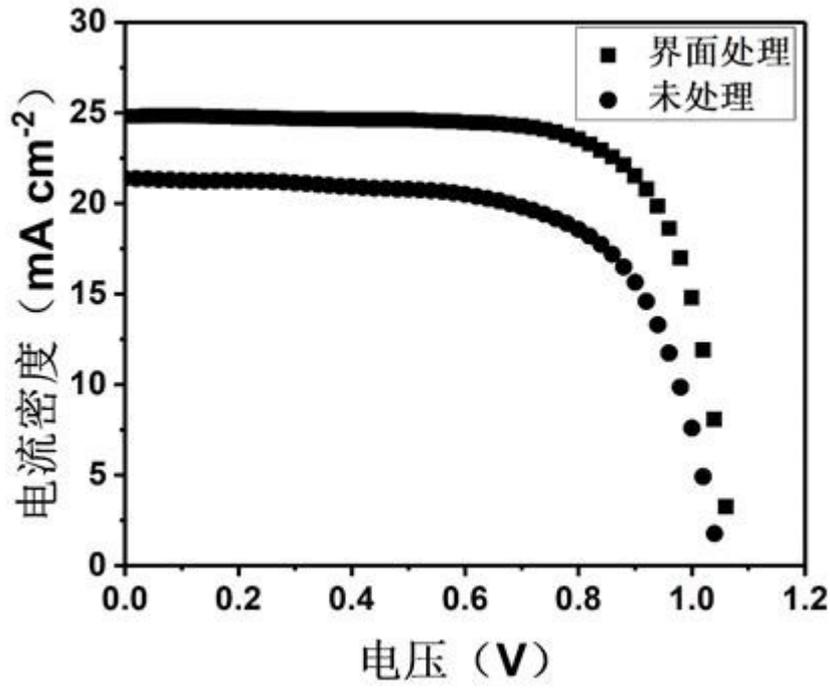


图3

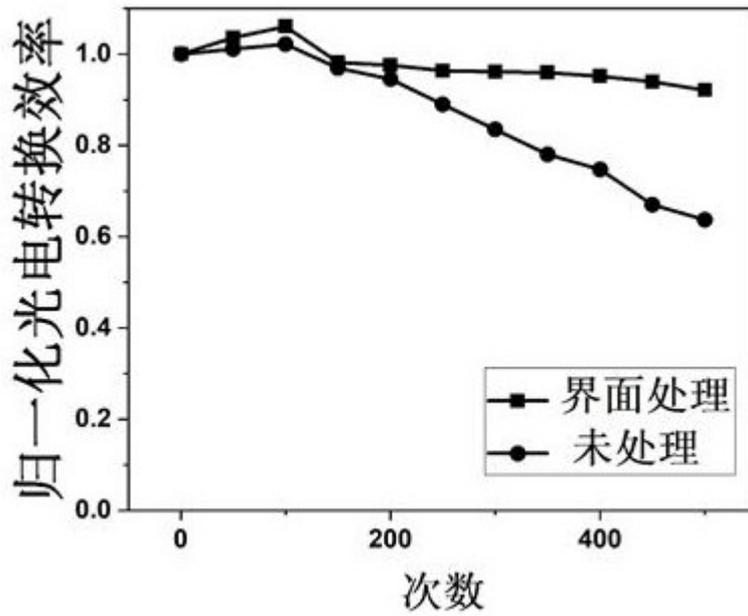


图4

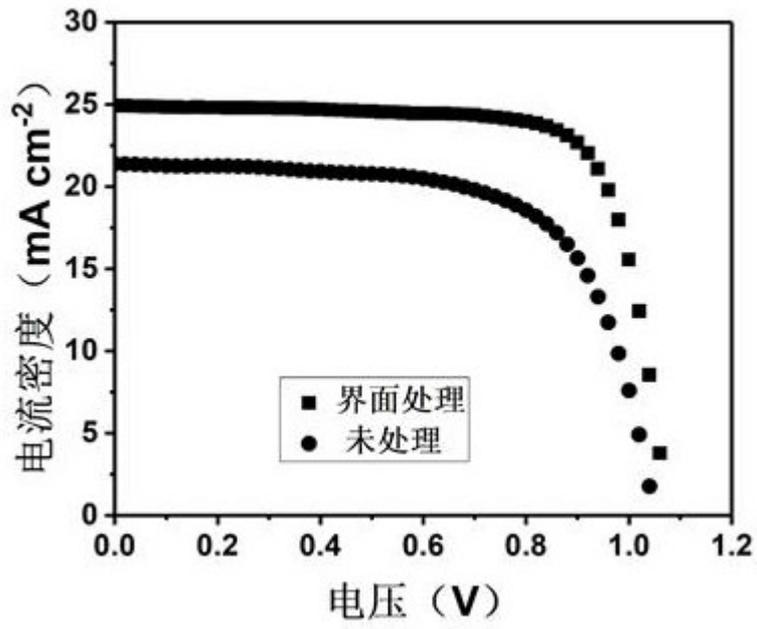


图5

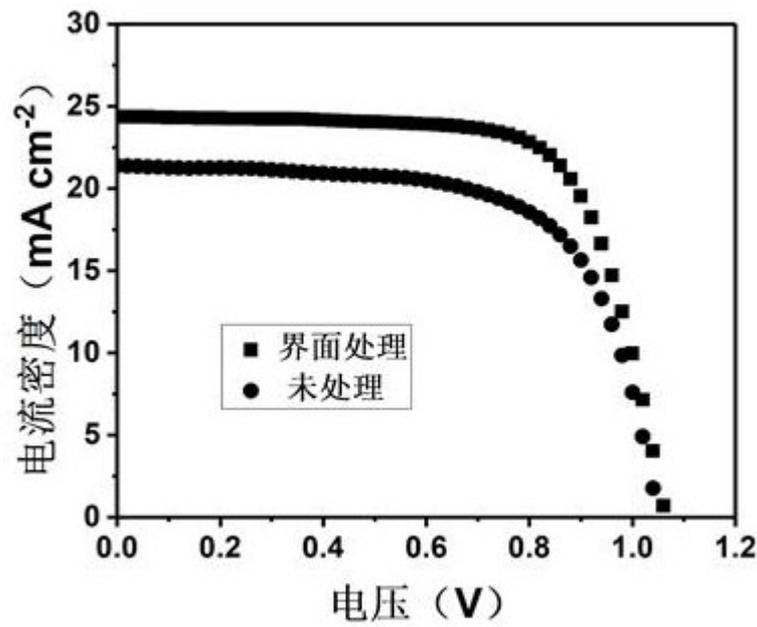


图6

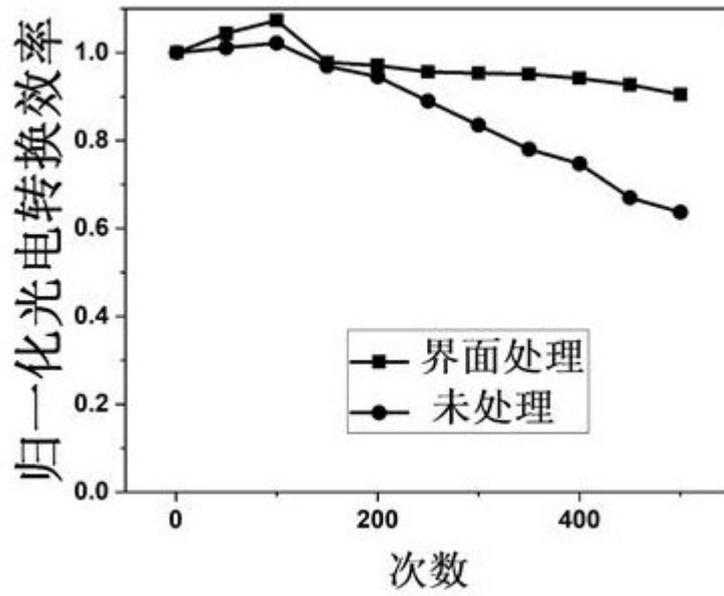


图7

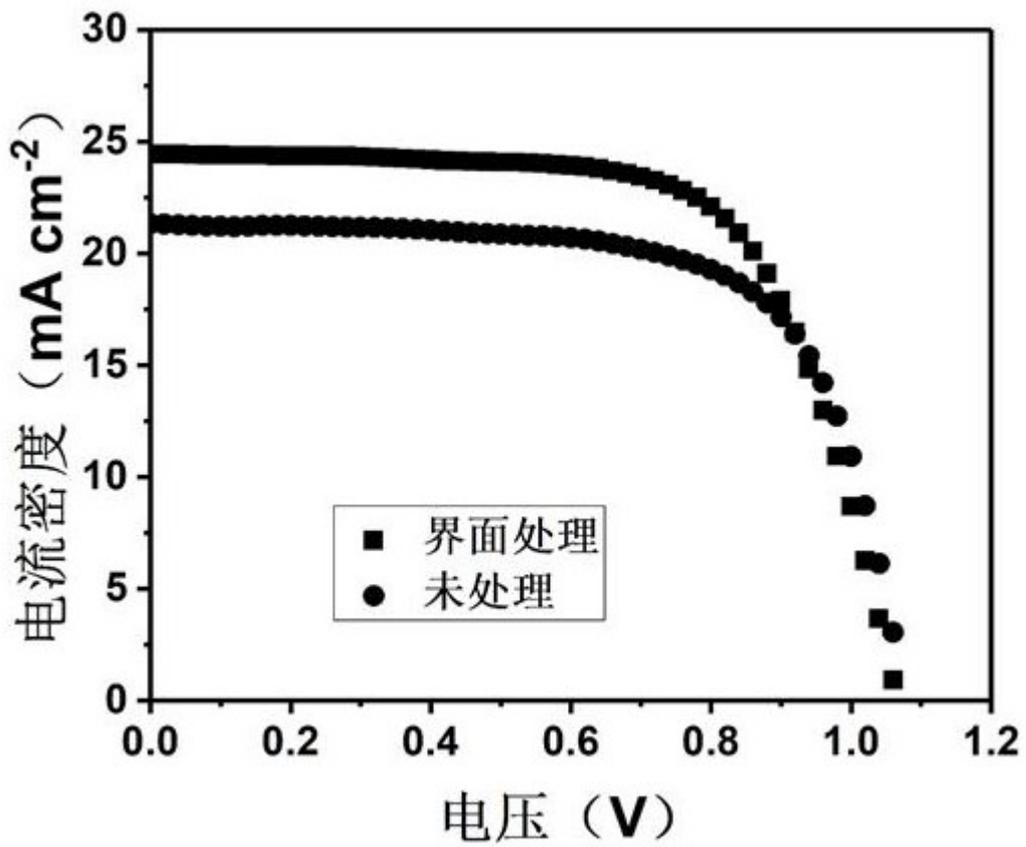


图8