(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110783466 A
(43)申请公布日 2020.02.11

(21)申请号 201911153239.1

(22)申请日 2019.11.22

(71)申请人 上海黎元新能源科技有限公司
地址 201400 上海市奉贤区奉浦大道1599号1栋2204

(72)发明人 毕恩兵 陈汉 王勐

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 陈烨 张印铎

(51)Int.Cl.
H01L 51/42(2006.01)
H01L 51/48(2006.01)

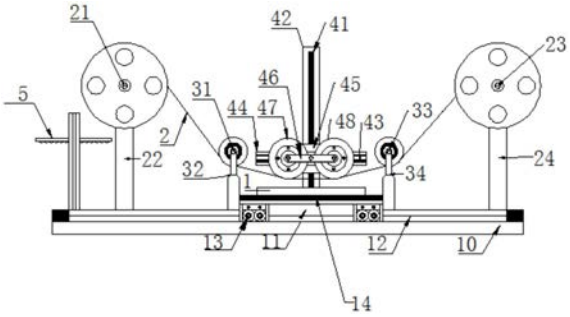
权利要求书3页 说明书15页 附图3页

(54)发明名称

钙钛矿薄膜涂布设备和用此设备制备钙钛矿吸光层的方法

(57)摘要

本发明公开了一种钙钛矿薄膜涂布设备和用此设备制备钙钛矿吸光层的方法，该设备包括传送装置、料膜辊装置、导向辊装置、滚压装置、风干装置与加热装置，传送装置包括：传送导轨和传送基座；料膜辊装置包括：料膜辊轮及料膜辊轮支架；料膜辊轮包括：第一、第二料膜辊轮；料膜辊轮支架包括：第一、第二支架；导向辊装置包括：导向辊轮和高度调节装置；导向辊轮包括：第一、第二导向辊轮；高度调节装置包括：第一、第二高度调节装置；滚压装置包括：支撑架，垂直导轨、固定架、滚轮模块和驱动件，滚轮模块包括至少一个滚轮；固定架与垂直导轨相连接，滚轮能在驱动件的驱动下沿着垂直导轨升降移动。本发明可用于制备大面积的钙钛矿薄膜。



CN 110783466 A

1.一种钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,包括:传送装置、料膜辊装置、导向辊装置、滚压装置、风干装置与加热装置;

所述传送装置包括:沿着水平方向纵长延伸的传送导轨和能相对所述传送导轨的纵长延伸方向移动的传送基座;沿着纵长延伸方向,所述传送导轨具有相对的第一端和第二端;

所述料膜辊装置包括:料膜辊轮及用于支撑所述料膜滚轮的料膜辊轮支架;所述料膜辊轮包括:靠近所述传送导轨第一端的第一料膜辊轮和靠近所述传送导轨第二端的第二料膜辊轮;所述料膜辊轮支架包括:用于支撑所述第一料膜辊轮的第一支架和用于支撑所述第二料膜辊轮的第二支架;

所述导向辊装置包括:导向辊轮和用于调节所述导向辊轮高度的高度调节装置;所述导向辊轮包括:第一导向辊轮和第二导向辊轮;所述高度调节装置包括:用于调节所述第一导向辊轮的第一高度调节装置和用于调节所述第二导向辊轮的第二高度调节装置;

所述滚压装置包括:支撑架,设置在所述支撑架上沿着高度方向延伸的垂直导轨、固定架、设置在所述固定架上的滚轮模块和驱动件,所述滚轮模块包括至少一个滚轮;所述固定架与所述垂直导轨相连接,所述滚轮能在所述驱动件的驱动下沿着所述垂直导轨升降移动。

2.如权利要求1所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,所述驱动件包括用于带动所述固定架以及所述固定架上的滚轮上下移动的第一电机、所述固定架上设置有横向导轨,所述驱动件还包括用于带动所述滚轮相对所述横向导轨水平移动的第二电机。

3.如权利要求2所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,所述加热装置设置在所述传送基座上,所述加热装置包括:加热件、温度传感器和温度调节器,所述温度传感器用于获取所述加热件的温度,所述温度调节器与所述温度传感器电性连接,用于将所述加热件的温度控制在0至300℃之间。

4.如权利要求2所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,所述风干装置设置有出风口,所述出风口吹出的风可将基底表面上的钙钛矿前驱液挥发干燥并形成钙钛矿薄膜。

5.如权利要求2所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,所述滚轮模块包括滚轮架和设置在所述滚轮架上的第一滚轮和第二滚轮,所述滚轮架通过导轨滑块与所述横向导轨相连接,所述滚轮模块能在所述第一电机的驱动下沿着所述垂直导轨升降移动,并且所述滚轮模块能在所述第二电机的驱动下沿着所述横向导轨往复移动。

6.如权利要求2所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,还包括与所述传送基座电性连接的控制系统,以及用于检测所述传送基座位置的传感器,所述控制系统能根据所述传感器的检测信息控制所述传送基座的运动状态。

7.如权利要求1或6所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,还包括基底,所述基底包括基板,所述基板上设置有多个附着层,所述基板上用于放置钙钛矿前驱液。

8.如权利要求7所述的钙钛矿薄膜涂布设备,其特征在于,所述第一料膜辊轮和所述第一料膜辊轮一个用于输出柔性软膜,一个用于卷取柔性软膜,

在所述滚轮的压制下,所述柔性软膜覆盖在所述基底表面,形成一种以基底为底层,柔性软膜为顶层,二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构。

9.一种应用权利要求7所述的钙钛矿薄膜涂布设备制备钙钛矿吸光层的方法,其特征在于,包括:

将沉积有钙钛矿前驱液的基底放置在传送装置的传送基座上，启动传送装置，通过传送基座输送到达滚压装置下方的预定位置时，停止传送装置；

启动料膜辊装置，利用所述第一料膜辊轮和第二料膜辊轮相配合，将未使用过的柔性软膜输送到基底上方；

启动导向辊装置，调节所述第一导向辊轮和第二导向辊轮的高度，至到达基底预定高度后停止，将所述柔性软膜撑平；

启动滚压装置的第一电机，下降滚轮至基底上方预定位置，利用所述滚轮对所述柔性软膜进行压制，使得柔性软膜覆盖在基底表面，形成一种以基底为底层，柔性软膜为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的初步紧密夹层结构；

启动所述滚轮装置上的第二电机，通过横向导轨，所述滚轮在基底上沿着基底边缘做水平滚动，对基底进行滚压，促进紧密夹层结构的形成；

滚压完成后，所述滚压装置上的第二电机停止运行，滚轮停止水平滚动，滚轮装置上的第一电机再次运行，通过垂直导轨，滚轮上升，抬离基底表面，到达预设高度后，垂直电机停止运行，滚轮悬停；

启动所述导向辊装置，第一导向辊轮和第二导向辊轮抬升，所述第一料膜辊轮开始运转，逐渐从基底表面剥离柔性软膜，使基底上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境介质中；

将基底上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底上形成钙钛矿前驱体薄膜；对所述钙钛矿前驱体薄膜经过加热处理后形成钙钛矿吸光层。

10.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述预设高度基于所述基底的厚度、需要涂布的钙钛矿层厚度以及柔性软膜的厚度确定。

11.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述方法还包括：对基底进行UV表面处理，对柔性软膜进行预处理，改变柔性软膜材料表面的浸润性。

12.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，在加热处理完毕后，基底通过传送装置从风干装置的出风口下方输送出来。

13.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述风干装置的出风口喷出的高压气体为压缩空气、氮气、氩气、氦气、氖气、氧气、二氧化碳中的至少一种，所述高压气体的流量为0-1000标准毫升/分钟。

14.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述基底为基板或具有一个或多个附着层的基板；

所述基板的材质包括玻璃、金属、陶瓷或耐高温有机聚合物中的任意一种；

所述附着层包括导电层、阻挡层、多孔层、空穴传输层或电子传输层中的任意一种。

15.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述钙钛矿前驱液的溶质为：PbI_2、$PbBr_2$、CH_3NH_3I与CH_3NH_3Br组成的混合物，$PbCl_2$与CH_3NH_3I组成的混合物，或PbI_2与CH_3NH_3I组成的混合物。

16.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述钙钛矿前驱液中的溶剂包括N,N-二甲基甲酰胺、二甲基亚砜、二甲基乙酰胺、N-甲基吡咯烷酮、γ-丁内酯和乙基吡咯烷酮中的一种或几种的组合。

17.如权利要求9所述的制备钙钛矿吸光层的方法，其特征在于，所述柔性软膜包括聚酰胺薄膜、聚酰亚胺薄膜、聚酯薄膜、聚碳酸酯薄膜、聚乙烯薄膜、聚氯乙烯薄膜、聚苯乙烯

薄膜、聚四氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、石墨烯薄膜中的任意一种。

钙钛矿薄膜涂布设备和用此设备制备钙钛矿吸光层的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池技术领域，特别涉及一种钙钛矿薄膜涂布设备和用此设备制备钙钛矿吸光层的方法。

背景技术

[0002] 近年来，钙钛矿太阳能电池受到广泛关注，现有制备钙钛矿薄膜的方法和设备多种多样。钙钛矿吸光层作为钙钛矿太阳电池的核心膜层，其制备工艺对钙钛矿吸光层具有决定性影响，以至决定钙钛矿太阳电池的性能。目前钙钛矿太阳电池在从实验室研究到大面积实用化研究进程中也存在着诸多问题，具体的制备钙钛矿吸光层的常用方法有一步溶液法、两步溶液法、气相辅助溶液法、共蒸沉积和刮刀法。其中，共蒸沉积和气相辅助溶液法由于涉及真空设备，成本高昂，不利于大规模生产降低成本。

[0003] 常规的一步溶液法工艺是先将钙钛矿溶液配置好，再取一定量溶液进行旋涂，最后，将旋涂好了的钙钛矿湿膜进行高温退火而形成钙钛矿薄膜。尽管此方法方便、快捷且成本低廉，但是这种方法做出的薄膜因为其工艺缺陷，很难将大面积的基底旋涂，所以难以规模化生产。

[0004] 在两步溶液法中，第一步就是利用溶液沉积一层钙钛矿薄膜预置层。预制层薄膜的品质直接决定了后续工艺得到的钙钛矿薄膜的品质。常规的钙钛矿薄膜预置层涂布工艺得到的薄膜不致密、缺陷多，具体表现为薄膜表面针孔多，粗糙度大，批次间可重复性差等。而且现有的两步溶液法中还存在无法快速均匀干燥预制层的问题和干燥过程中容易受环境对流影响的问题，这种方法做出的薄膜也很难规模化生产。

[0005] 刮刀法的推出一定程度上解决了钙钛矿的大面积成膜的问题。然而目前制备钙钛矿吸光层的技术仍然较为稀少，尤其是同时考虑制备机械化成本、生产时间、材料利用率和制备所得钙钛矿吸光层的质量的技术仍然需要进一步开发。

[0006] 所以为了实行大面积钙钛矿太阳能电池的规模化生产，就要设计一种生产成本低、成膜质量高并且简单易操作的钙钛矿薄膜涂布设备。

发明内容

[0007] 为了克服现有技术的缺陷，本发明提供一种钙钛矿薄膜涂布设备和用此设备制备钙钛矿吸光层的方法，可用于制备大面积的钙钛矿薄膜，进而克服现有技术的不足。

[0008] 本发明的上述目的可采用下列技术方案来实现：

[0009] 一种钙钛矿薄膜涂布设备，包括：传送装置、料膜辊装置、导向辊装置、滚压装置、风干装置与加热装置，所述传送装置包括：沿着水平方向纵长延伸的传送导轨和能相对所述传送导轨的纵长延伸方向移动的传送基座；沿着纵长延伸方向，所述传送导轨具有相对的第一端和第二端；所述料膜辊装置包括：料膜辊轮及用于支撑所述料膜滚轮的料膜辊轮支架；所述料膜辊轮包括：靠近所述传送导轨第一端的第一料膜辊轮和靠近所述传送导轨第二端的第二料膜辊轮；所述料膜辊轮支架包括：用于支撑所述第一料膜辊轮的第一支架

和用于支撑所述第二料膜辊轮的第二支架;所述导向辊装置包括:导向辊轮和用于调节所述导向辊轮高度的高度调节装置;所述导向辊轮包括:第一导向辊轮和第二导向辊轮;所述高度调节装置包括:用于调节所述第一导向辊轮的第一高度调节装置和用于调节所述第二导向辊轮的第二高度调节装置;所述滚压装置包括:支撑架,设置在所述支撑架上沿着高度方向延伸的垂直导轨、固定架、设置在所述固定架上的滚轮模块和驱动件,所述滚轮模块包括至少一个滚轮;所述固定架与所述垂直导轨相连接,所述滚轮能在所述驱动件的驱动下沿着所述垂直导轨升降移动。

[0010] 在一个优选的实施方式中,所述驱动件包括用于带动所述固定架以及所述固定架上的滚轮上下移动的第一电机、所述固定架上设置有横向导轨,所述驱动件还包括用于带动所述滚轮相对所述横向导轨水平移动的第二电机。

[0011] 在一个优选的实施方式中,所述加热装置设置在所述传送基座上,所述加热装置包括:加热件、温度传感器和温度调节器,所述温度传感器用于获取所述加热件的温度,所述温度调节器与所述温度传感器电性连接,用于将所述加热件的温度控制在0至300℃之间。

[0012] 在一个优选的实施方式中,所述风干装置设置有出风口,所述出风口吹出的风可将基底表面上的钙钛矿前驱液挥发干燥并形成钙钛矿薄膜。

[0013] 在一个优选的实施方式中,所述滚轮模块包括滚轮架和设置在所述滚轮架上的第一滚轮和第二滚轮,所述滚轮架通过导轨滑块与所述横向导轨相连接,所述滚轮模块能在所述第一电机的驱动下沿着所述垂直导轨升降移动,并且所述滚轮模块能在所述第二电机的驱动下沿着所述横向导轨往复移动。

[0014] 在一个优选的实施方式中,还包括与所述传送基座电性连接的控制系统,以及用于检测所述传送基座位置的传感器,所述控制系统能根据所述传感器的检测信息控制所述传送基座的运动状态。

[0015] 在一个优选的实施方式中,还包括基底,所述基底包括基板,所述基板上设置有多个附着层,所述基板上用于放置钙钛矿前驱液。

[0016] 在一个优选的实施方式中,所述第一料膜辊轮和所述第一料膜辊轮一个用于输出柔性软膜,一个用于卷取柔性软膜,在所述滚轮的压制下,所述柔性软膜覆盖在所述基底表面,形成一种以基底为底层,柔性软膜为顶层,二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构。

[0017] 一种应用上述的钙钛矿薄膜涂布设备制备钙钛矿吸光层的方法,包括:

[0018] 将沉积有钙钛矿前驱液的基底放置在传送装置的传送基座上,启动传送装置,通过传送基座输送到达滚压装置下方的预定位置时,停止传送装置;

[0019] 启动料膜辊装置,利用所述第一料膜辊轮和第二料膜辊轮相配合,将未使用过的柔性软膜输送到基底上方;

[0020] 启动导向辊装置,调节所述第一导向辊轮和第二导向辊轮的高度,至到达基底预定高度后停止,将所述柔性软膜撑平;

[0021] 启动滚压装置的第一电机,下降滚轮至基底上方预定位置,利用所述滚轮对所述柔性软膜进行压制,使得柔性软膜覆盖在基底表面,形成一种以基底为底层,柔性软膜为顶层,二者之间夹有钙钛矿前驱液的初步紧密夹层结构;

[0022] 启动所述滚轮装置上的第二电机，通过横向导轨，所述滚轮在基底上沿着基底边缘做水平滚动，对基底进行滚压，促进紧密夹层结构的形成；

[0023] 滚压完成后，所述滚压装置上的第二电机停止运行，滚轮停止水平滚动，滚轮装置上的第一电机再次运行，通过垂直导轨，滚轮上升，抬离基底表面，到达预设高度后，垂直电机停止运行，滚轮悬停；

[0024] 启动所述导向辊装置，第一导向辊轮和第二导向辊轮抬升，所述第一料膜辊轮开始运转，逐渐从基底表面剥离柔性软膜，使基底上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境介质中；

[0025] 将基底上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底上形成钙钛矿前驱体薄膜；对所述钙钛矿前驱体薄膜经过加热处理后形成钙钛矿吸光层。

[0026] 在一个优选的实施方式中，所述预设高度基于所述基底的厚度、需要涂布的钙钛矿层厚度以及柔性软膜的厚度确定。

[0027] 在一个优选的实施方式中，所述方法还包括：对基底进行UV表面处理，对柔性软膜进行预处理，改变柔性软膜材料表面的浸润性。

[0028] 在一个优选的实施方式中，在加热处理完毕后，基底通过传送装置从风干装置的出风口下方输送出来。

[0029] 在一个优选的实施方式中，所述风干装置的出风口喷出的高压气体为压缩空气、氮气、氩气、氦气、氖气、氧气、二氧化碳中的至少一种，所述高压气体的流量为0-1000标准毫升/分钟。

[0030] 在一个优选的实施方式中，所述基底为基板或具有一个或多个附着层的基板；

[0031] 所述基板的材质包括玻璃、金属、陶瓷或耐高温有机聚合物中的任意一种；

[0032] 所述附着层包括导电层、阻挡层、多孔层、空穴传输层或电子传输层中的任意一种。

[0033] 在一个优选的实施方式中，所述钙钛矿前驱液的溶质为：PbI_2、$PbBr_2$、CH_3NH_3I与CH_3NH_3Br组成的混合物，$PbCl_2$与CH_3NH_3I组成的混合物，或PbI_2与CH_3NH_3I组成的混合物。

[0034] 在一个优选的实施方式中，所述钙钛矿前驱液中的溶剂包括N,N-二甲基甲酰胺、二甲基亚砜、二甲基乙酰胺、N-甲基吡咯烷酮、γ-丁内酯和乙基吡咯烷酮中的一种或几种的组合。

[0035] 在一个优选的实施方式中，所述柔性软膜包括聚酰胺薄膜、聚酰亚胺薄膜、聚酯薄膜、聚碳酸酯薄膜、聚乙烯薄膜、聚氯乙烯薄膜、聚苯乙烯薄膜、聚四氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、石墨烯薄膜中的任意一种。

[0036] 有益效果

[0037] 本申请实施方式中所提供的钙钛矿薄膜涂布设备，利用本发明制备的钙钛矿薄膜，具有成膜性能好，钙钛矿晶粒大小可控(100nm-3μm)，薄膜厚度可控(50nm-2μm)等优点。本发明根据柔性软膜连续涂布制备钙钛矿薄膜的方法设计并制造，在保证低生产成本的同时，提高成膜质量，适合进行基底的钙钛矿薄膜大面积规模化生产。

附图说明

[0038] 下面结合附图和实施方式对本发明对进一步说明。

[0039] 图1是本申请一个实施方式中提供的钙钛矿薄膜涂布设备的主视图；

[0040] 图2是本申请一个实施方式中提供的钙钛矿薄膜涂布设备的侧视图；

[0041] 图3是本申请一个实施方式中提供的钙钛矿薄膜涂布设备的使用方法的步骤流程图。

[0042] 附图标记说明：

[0043] 1、基底；

[0044] 10、设备平台；

[0045] 11、传送基座；

[0046] 12、传送导轨；

[0047] 13、基座滑块；

[0048] 14、加热装置；

[0049] 2、柔性软膜；

[0050] 21、第一料膜辊轮；

[0051] 22、第一支架；

[0052] 23、第二料膜辊轮；

[0053] 24、第二支架；

[0054] 31、第一导向辊轮；

[0055] 32、第一升降气缸；

[0056] 33、第二导向辊轮；

[0057] 34、第二升降气缸；

[0058] 41、垂直导轨；

[0059] 42、支撑架；

[0060] 43、横向导轨；

[0061] 44、固定架；

[0062] 45、导轨滑块；

[0063] 46、滚轮架；

[0064] 47、第一滚轮；

[0065] 48、第二滚轮；

[0066] 5、出风口。

具体实施方式

[0067] 下面将结合附图和具体实施例，对本发明的技术方案作详细说明，应理解这些实施例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围，在阅读了本发明之后，本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落入本申请所附权利要求所限定的范围内。

[0068] 需要说明的是，当元件被称为“设置于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“上”、“下”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的，并不表示是唯一的实施方式。

[0069] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具

体的实施方式的目的，不是旨在于限制本申请。本文所使用的术语“和/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0070] 本申请说明书中提供了一种钙钛矿薄膜涂布设备，可用于制备大面积的钙钛矿薄膜，进而克服现有技术的不足。这样，在保证低生产成本的前提下，提高了成膜质量，改善了规模化生产工艺，极大地提高了钙钛矿成膜效率。

[0071] 下面请综合参阅图1至图2，详细阐述本申请说明书实施方式中所提供的钙钛矿薄膜涂布设备。钙钛矿薄膜涂布设备可以包括：传送装置、料膜辊装置、导向辊装置、滚压装置、风干装置和加热装置14。

[0072] 在本实施方式中，所述传送装置可以包括：沿着第一方向纵长延伸的传送导轨12和能相对所述传送导轨12的延伸方向移动的传送基座11。

[0073] 具体的，该传送装置可以包括：传送基座11、传送导轨12和设置在所述传送基座11和所述传送导轨12之间的基座滑块13。具体的，该传送导轨12可以为沿着第一方向纵长延生，该传送基座11通过基座滑块13与传送导轨12相连接，在传送导轨12上可以沿着所述第一方向作直线运动。

[0074] 在本实施方式中，所述加热装置14也设置在传送基座11上。所述加热装置14可以包括：其中，该加热件可以为加热线圈的形式，当然，该加热件还可以为其他形式本申请在此并不作具体的限定。当该加热件为加热线圈的形式时，该加热线圈可以内嵌于所述传送基座11平台底部的卡槽内。

[0075] 此外，该加热装置14还可以设置有温度传感器和温度调节器。该温度传感器用于获取该加热线圈的实时温度。所述温度调节器与所述温度传感器电性连接，用于调节该加热线圈的温度。该温度调节器和温度传感器相配合能够将加热线圈的温度控制在0-300℃之间。

[0076] 在本实施方式中，所述料膜辊装置可以包括：料膜辊轮及用于支撑所述料膜滚轮的料膜辊轮支架。所述料膜辊轮能相对所述料膜辊轮支架转动。其中，该料膜辊轮可以包括：第一料膜辊轮21和第二料膜辊轮23。该料膜辊轮支架包括：第一支架22和第二支架24。所述传送导轨12沿着其纵长延伸的第一方向具有相对的第一端和第二端，其中，该第一支架22设置在靠近所述传送导轨12的第一端，所述第二支架24设置在靠近所述传送导轨12的第二端。第一支架22和第二支架24的底部可以与该设备平台10连接。第一料膜辊轮21设置于第一支架22上，第二料膜辊轮23设置于第二支架24上。当然，该料膜辊轮装置还可以包括更多个料膜辊轮和料膜辊轮支架，具体本申请在此并不作具体的限定

[0077] 在本实施方式中，所述导向辊装置包括：导向辊轮和用于调节所述导向辊轮高度的高度调节装置。具体的，该高度调节装置可以为升降气缸。其中，该导向辊轮可以包括第一导向辊轮31和第二导向辊轮33。该升降气缸可以包括：第一升降气缸32和第二升降气缸34。其中，该第一导向辊轮31设置于第一升降气缸32的活塞轴上，在该升降气缸的作用下，能随着该第一升降气缸32的活塞轴做上下升降运动。该第二导向辊轮33可以设置于第二升降气缸34的活塞轴上，在该升降气缸的作用下，能随着该第二升降气缸34做上下升降运动。该第一升降气缸32、第二升降气缸34可以位于所述料膜辊装置与滚压装置之间，设置于该设备平台10的上方，底部与设备平台10相连接。

[0078] 在本实施方式中，所述滚压装置可以包括：垂直导轨41、支撑架42、横向导轨43、固

定架44、导轨滑块45、滚轮模块和驱动件。所述滚轮模块包括至少一个滚轮。

[0079] 其中，该滚压装置的支撑架42底部与设备平台10连接。垂直导轨41设置在支撑架42上。横向导轨43设置在固定架44上。固定架44通过导轨滑块45与垂直导轨41相连接。

[0080] 其中，该滚轮模块可以包括：滚轮架46、第一滚轮47、第二滚轮48。第一滚轮47和第二滚轮48都设置于滚轮架46上。滚轮架46通过导轨滑块45与横向导轨43相连接。滚轮模块随垂直导轨41做升降运动。滚轮模块随横向导轨43在与升降运动方向垂直的平面内作往复直线运动。

[0081] 具体的，所述驱动件可以包括：用于带动所述固定架44以及所述固定架44上的滚轮上下移动的第一电机、所述固定架44上设置有横向导轨43，所述驱动件还包括用于带动所述滚轮相对所述横向导轨43水平移动的第二电机。

[0082] 结合附图，第一滚轮47和第二滚轮48都是固定在滚轮架46的横梁上。滚轮架46是一个框型结构，内部可以用于安装两个滚轮，外侧装有导轨滑块45。滚轮本身并不发生运动，而是通过导轨滑块45在导轨上运动，而进行升降运动、往复直线运动。滚轮装有轴承，外套圆柱形滚筒，在基底1表面会在摩擦力作用下发生滚动，该滚轮的运动速度与设置的导轨运动速度是一致的。

[0083] 在一个实施方式中，该钙钛矿薄膜涂布设备还可以设置有风干装置。所述风干装置设置有出风口5，出风口5吹风可将基底1表面上的钙钛矿前驱液挥发干燥并形成钙钛矿薄膜。

[0084] 在一个实施方式中，钙钛矿薄膜涂布设备还可以包括：与所述传送基座11电性连接的控制系统，以及用于检测所述传送基座11位置的传感器。所述控制系统能根据所述传感器的检测信息控制所述传送基座11的运动状态。

[0085] 在本实施方式中，该传感器具体可以为光电传感器的形式。该滚压装置下方的设备平台10的左右两侧可以各装有一个光电传感器，当传送基座11前端运动到装有光电传感器的位置遮挡住传感器光线，控制系统发生指令，传送基座11随即停止运动。此处预定位置是指传送基座11的1/2处与设备的垂直导轨41底部1/2处在同一水平直线上。这个位置上传送基座11位于滚压装置正下方，滚压装置中心位置与传送基座11中心位置相垂直。

[0086] 如图3所示，本发明实施方式中还提供了一种应用前述钙钛矿薄膜涂布设备制备钙钛矿吸光层的方法，包括以下步骤：

[0087] 步骤S11：将沉积有钙钛矿前驱液的基底1放置在传送装置的传送基座11上，启动传送装置，通过传送基座11输送到达滚压装置下方的预定位置时，停止传送装置；

[0088] 步骤S12：启动料膜辊装置，利用所述第一料膜辊轮21和第二料膜辊轮23相配合，将未使用过的柔性软膜2输送到基底1上方；

[0089] 步骤S13：启动导向辊装置，调节所述第一导向辊轮31和第二导向辊轮33的高度，至到达基底1预定高度后停止，将所述柔性软膜2撑平；

[0090] 步骤S14：启动滚压装置的第一电机，下降滚轮至基底1上方预定位置，利用所述滚轮对所述柔性软膜2进行压制，使得柔性软膜2覆盖在基底1表面，形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的初步紧密夹层结构；

[0091] 步骤S15：启动所述滚轮装置上的第二电机，通过横向导轨43，所述滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平滚动，对基底1进行滚压，促进紧密夹层结构的形成；

[0092] 步骤S16:滚压完成后,所述滚压装置上的第二电机停止运行,滚轮停止水平滚动,滚轮装置上的第一电机再次运行,通过垂直导轨41,滚轮上升,抬离基底1表面,到达预设高度后,垂直电机停止运行,滚轮悬停;

[0093] 步骤S17:启动所述导向辊装置,第一导向辊轮31和第二导向辊轮33抬升,所述第一料膜辊轮21开始运转,逐渐从基底1表面剥离柔性软膜2,使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境介质中;

[0094] 步骤S18:将基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后,在基底1上形成钙钛矿前驱体薄膜;对所述钙钛矿前驱体薄膜经过加热处理后形成钙钛矿吸光层。

[0095] 以下,针对每个步骤进行详细说明。

[0096] 首先,步骤S11:先将沉积有钙钛矿前驱液的基底1放置在传送装置的传送基座11上,通过传送基座11输送到达所述滚压装置下方预定的位置时,停止传送装置。

[0097] 在本实施方式中,所述基底1为基板或具有一个或多个附着层的基板。基底1的形状一般为矩形,但也可以根据需求加工成其他形状,沉积钙钛矿前驱液的基底1表面是一平面。

[0098] 基板的构造上是表面光滑平整的玻璃、金属、陶瓷或耐高温有机聚合物。基板表面可根据生产需要制有附着层,附着层包括导电层、阻挡层、多孔层、空穴传输层或电子传输层。

[0099] 步骤S12:然后,启动所述料膜辊装置,第二料膜辊轮23和第一料膜辊轮21相配合,可以将未使用过的柔性软膜2输出至基底1上方。例如,第二料膜辊轮23可以输送未使用过的柔性软膜2,第一料膜辊轮21卷取使用过的柔性软膜2,直至将未使用过的新软膜输送到基底1上方。当然,也可以第二料膜辊轮23用于卷取,第一料膜辊轮21用于输送。

[0100] 步骤S13:之后,所述导向辊装置启动,第一导向辊轮31和第二导向辊轮33在第一升降气缸32和第二升降气缸34下降,到达预定高度后停止,撑平柔性软膜2,避免柔性软膜2下垂或歪斜破坏液面。

[0101] 在本实施方式中,该预定高度的设定与所述基底1的厚度、需要涂布的钙钛矿层厚度以及柔性软膜2的厚度这三个因素有关。本设备常用的基底1厚度一般在0.5mm-2mm之间,设定的预定高度会根据具体涂布需要在基底1厚度上高0.01mm-2mm。

[0102] 步骤S14:所述滚压装置启动,滚轮装置上的第一电机运行,通过垂直导轨41,滚压装置上的滚轮下降,当滚轮到达基底1上方预定的位置时,滚压装置的第一电机停止运行,在所述滚轮的压制下,柔性软膜2覆盖在基底1表面,形成一种以基底1为底层,柔性软膜2为顶层,二者之间夹有钙钛矿前驱液的初步紧密夹层结构。

[0103] 步骤S15:之后,所述滚轮装置上的横向电机运行,通过横向导轨43,所述滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平滚动,对基底1进行滚压,促进紧密夹层结构的形成。

[0104] 在本实施方式中,通过形成紧密夹层结构,能使钙钛矿前驱液液膜层厚度具有较高的一致性,保证了制备的钙钛矿薄膜具有良好的均匀性。其次,钙钛矿前驱液是依靠柔性软膜2与基板之间的毛细管引力逐渐展开的,因此基本不会在基底1和柔性软膜2之间的紧密夹层产生气泡,因而更容易形成均匀的钙钛矿前驱液液膜层。

[0105] 在本实施方式中,作沿边缘运动具体是指滚轮从基底1表面的首端滚动到基底1尾端。传送基座11的平台上设有一块1×10cm的垫片用于固定基底1防止滑动。其中,基底1靠

近垫片的一端为前端。滚轮滚动时就是从垫片处开始朝基底1尾端滚动，从而对整块基底1完成滚压。

[0106] 步骤S16：所述滚压装置上的横向电机停止运行，滚轮停止水平滚动，滚轮装置上的垂直电机再次运行，通过垂直导轨41，滚轮上升，抬离基底1表面，到达预设高度后，垂直电机停止运行，滚轮悬停。

[0107] 步骤S17：所述导向辊装置启动，第一导向辊轮31和第二导向辊轮33抬升，所述第一料膜辊轮21开始运转，逐渐从基底1表面剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境介质中。

[0108] 为了保证该柔性软膜2能够顺利从基底1表面剥离，首先，涂布的基底1会在使用前进行UV表面处理，加强钙钛矿溶液在基底1表面的固化能力，使钙钛矿前驱液留在基底1上。其次，会对柔性软膜2进行预处理，改变柔性软膜2材料表面的浸润性，以减少软膜表面粘连钙钛矿前驱液。再次，我们是以逐渐剥离柔性软膜2的，具体方式是钙钛矿前驱液液膜层逐步暴露于环境介质中，通过对剥离速度和温度的控制，能使钙钛矿前驱液留存在基底1表面，溶液中的溶剂也能被均匀、有序的除去，从而形成致密，均匀的钙钛矿层。

[0109] 步骤S18：所述风干装置的出风口5的风将基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿前驱体薄膜。所述加热线圈从基底1下方对基底1加热处理形成钙钛矿薄膜(即钙钛矿吸光层)。

[0110] 可选地，在加热处理完毕后，基底1通过传送装置从出风口5下方输送出来。

[0111] 在上述钙钛矿薄膜涂布设备的制备方法中，所述基底1为基板或具有一个或多个附着层的基板；所述基板可以选自玻璃、金属、陶瓷或耐高温有机聚合物(例如，PET板)；附着层包括导电层、阻挡层、多孔层、空穴传输层或电子传输层。

[0112] 本申请实施方式中所提供的钙钛矿薄膜涂布设备的功能是制备钙钛矿吸光层。其中，增加附着层的目的是为了后续加工制成钙钛矿太阳能电池。并且并不是基底1上都需要以上这些附着层，要根据所要制备的钙钛矿电池类型进行选择附着。

[0113] 所述钙钛矿太阳能电池包括平面异质结正向的钙钛矿太阳能电池或平面异质结反向的钙钛矿太阳能电池。

[0114] 所述平面异质结正向的钙钛矿太阳能电池中，从底层到顶层依次为：透明电极、电子传输层、钙钛矿吸光层、空穴传输层和金属电极。所述平面异质结反向的钙钛矿太阳能电池中，从底层到顶层依次为：基底1层、致密层、多孔层、钙钛矿吸光层、空穴传输层和背电极。

[0115] 导电层的功能是提供导电通路；阻挡层和多孔层的功能是抑制电子复合，提供电子传输通道；空穴传输层和电子传输层分别用于传输钙钛矿薄膜产生的正负电荷

[0116] 在上述钙钛矿薄膜涂布设备的制备方法中，钙钛矿前驱液中的溶质可以为PbI2、PbBr2、CH3NH3I与CH3NH3Br组成的混合物，PbC12与CH3NH3I组成的混合物，或PbI2与CH3NH3I组成的混合物。

[0117] 此外，钙钛矿前驱液的溶液、溶质可以按照本领域的常规材料选择。使用的柔性软膜2可以从本领域现有的常规材料中进行选择。

[0118] 在上述制备钙钛矿吸光层的方法中，钙钛矿前驱液中的溶剂包括N,N-二甲基甲酰胺(DMF)、二甲基亚砜(DMSO)、二甲基乙酰胺(DMCA)、N-甲基吡咯烷酮(NMP)、γ-丁内酯

(GBL)和乙基吡咯烷酮(NEP)中的一种或几种的组合。

[0119] 在上述制备钙钛矿吸光层的方法中,所使用的柔性软膜2包括:聚酰胺薄膜、聚酰亚胺薄膜、聚酯薄膜、聚碳酸酯薄膜、聚乙烯薄膜、聚氯乙烯薄膜、聚苯乙烯薄膜、聚四氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、石墨烯薄膜。还可以为复合材料(例如在基材上进行镀膜获得复合材料,使复合材料在整体上具有与钙钛矿前驱液不反应、表面光滑平整、耐高温等特征)。

[0120] 本发明是这样实现的,提供一种钙钛矿薄膜涂布设备的应用,把该钙钛矿薄膜软膜连续涂布设备用于制备钙钛矿太阳能电池中的钙钛矿吸光层。

[0121] 下面结合一种钙钛矿太阳能电池的钙钛矿吸光层的制备方法的具体实施例进一步对本发明进行说明。

[0122] 实施例1

[0123] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟,然后吹干;在基板上覆盖附着层作为涂布用的基底1。

[0124] 所述基底1由基板和附着于基板上的附着层组成,基板的材质为玻璃(粗糙度为10nm),玻璃上依次附着导电层和空穴传输层,所述导电层为掺杂氟的SnO_2层,所述空穴传输层为氧化镍层(厚度为20nm)。

[0125] (2)形成一种以基底1为底层,柔性软膜2为顶层,二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构,具体为:

[0126] a、钙钛矿前驱液的配置

[0127] 将PbI_2和CH_3NH_3I粉体按照摩尔比1:1溶于1毫升N,N-二甲基甲酰胺(DMF)配成0～2摩尔/升的钙钛矿溶液,将配置成的溶液在室温下搅拌1小时,然后使用孔径为200nm的过滤网过滤,得到$CH_3NH_3PbI_3$钙钛矿前驱液。

[0128] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上,在基底1表面上滴加新配置的钙钛矿前驱液,然后启动涂布设备,料膜辊装置输送新柔性软膜2,导向辊装置和滚压装置下压,使基底1盖上柔性软膜2,静置5-10s,滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动,对基底1进行滚压,使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜。

[0129] 其中,所述柔性软膜2为聚酰亚胺薄膜,厚度为0.025mm,宽度为基板宽度的1倍。柔性软膜2材料的选取需要满足以下要求:(1)所选择的材料不与钙钛矿前驱液中的物质发生反应;(2)所选择的材料能够在一定的高温环境下使用(根据工艺中的需要,选择具有一定耐温性能的材料)。优选地,所述被拖膜为导电薄膜,最好为透明的导电薄膜,以便于观察钙钛矿前驱液液膜层的状态。柔性软膜2的厚度要求在不易发生形变的同时具有轻薄柔韧的性质。软膜厚度过厚会挤压出钙钛矿前驱液,过薄则不足以形成紧密夹层。所以所述柔性软膜2的厚度为0.01-0.75mm,优选为0.0125mm。柔性软膜2的宽度要求能够全部覆盖基底1表面,一般为基底1宽度的1-2倍,优选为1倍。

[0130] (3)逐渐剥离柔性软膜2,使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中,具体为:

[0131] 保持基底1的固定状态,将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2,料膜辊装置运转带动柔性软膜2,将柔性软膜2剥离。其中,剥离的过程为:第一料膜辊轮21启动,将聚酰亚胺薄膜的一端掀起,第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜,匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上。其中,撕去的速率可以为55mm/s。

[0132] 经过实验发现,撕离柔性软膜2的速率会影响钙钛矿薄膜的厚度:速率过慢,制成

的钙钛矿薄膜过厚，薄膜缺陷增多；速率过快，柔性软膜2会带走部分钙钛矿前驱液，导致厚度变薄，制成的钙钛矿电池效率偏低；因此柔性软膜2最好被匀速地剥离，剥离的速度为1-150mm/s，优选为55mm/s。

[0133] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0134] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂直于基底1，通过风干装置将溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0135] 实施例2

[0136] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟，然后吹干；在基板上覆盖附着层作为涂布用的基底1；

[0137] 基底1由基板和附着于基板上的附着层组成，基板的材质为玻璃(粗糙度为30nm)，玻璃上依次附着导电层和空穴传输层，所述导电层为掺杂氟的SnO_2层，所述空穴传输层为氧化钛层(厚度为100nm)；

[0138] (2)形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构，具体为：

[0139] a、钙钛矿前驱液的配置

[0140] 将PbI_2和CH_3NH_3I粉体按照摩尔比1:1溶于1毫升N,N-二甲基甲酰胺(DMF)配成0～2摩尔/升的钙钛矿溶液，将配置成的溶液在室温下搅拌1小时，然后使用孔径为200nm的过滤网过滤，得到CH3NH3PbI3钙钛矿前驱液。

[0141] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上，启动涂布设备，料膜辊装置输送新柔性软膜2，导向辊装置和滚压装置下压，使基底1盖上柔性软膜2，使基底1盖上柔性软膜2，然后启动一侧料膜辊轮，将柔性软膜2一端拉起，露出2mm长的基底1，将新配置的钙钛矿前驱液通过露出的基底1与柔性软膜2之间的狭缝注入，注入结束后静置5-10s，滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动，对基底1进行滚压，使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜。

[0142] 所述柔性软膜2为聚酰亚胺薄膜，厚度为0.025mm，宽度为基板宽度的1倍。

[0143] (3)逐渐剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中，具体为：

[0144] 保持基底1的固定状态，将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2，料膜辊装置运转带动柔性软膜2，将柔性软膜2剥离，剥离的过程为：第一料膜辊轮21启动，将聚酰亚胺薄膜的一端掀起，第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜，匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上；撕去的速率为80mm/s。

[0145] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0146] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂直于基底1，通过风干装置将溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0147] 实施例3

[0148] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟，然后吹

干。

[0149] 所述基底1为基板层，基板的材质为氧化铝陶瓷(粗糙度为600nm)。

[0150] (2)形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构，具体为：

[0151] a、钙钛矿前驱液的配置

[0152] 将溶质$PbCl_2$和CH_3NH_3I与溶剂(DMSO和NEP组成的混合溶剂，体积比例DMSO:NEP＝3:2)进行混合，将混合后的溶液搅拌3-5小时，然后使用孔径为200nm的过滤网过滤，得到钙钛矿前驱液。

[0153] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上，启动涂布设备，料膜辊装置输送新柔性软膜2，导向辊装置和滚压装置下压，使基底1盖上柔性软膜2，使基底1盖上柔性软膜2，然后启动一侧料膜辊轮，将柔性软膜2一端拉起，露出2mm长的基底1，将新配置的钙钛矿前驱液通过露出的基底1与柔性软膜2之间的狭缝注入，注入结束后静置5-10s，滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动，对基底1进行滚压，使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜。

[0154] 所述柔性软膜2为聚酰亚胺薄膜，厚度为0.05mm，宽度为基板宽度的1倍。

[0155] (3)逐渐剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中，具体为：

[0156] 保持基底1的固定状态，将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2，料膜辊装置运转带动柔性软膜2，将柔性软膜2剥离，剥离的过程为：第一料膜辊轮21启动，将聚酰亚胺薄膜的一端掀起，第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜，匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上；撕去的速率为100mm/s。

[0157] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0158] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂直于基底1，通过风干装置将钙钛矿前驱液中的溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0159] 实施例4

[0160] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟，然后吹干；

[0161] 所述基底1为基板层，基板的材质为PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯基板，粗糙度为30nm)；

[0162] (2)形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构，具体为：

[0163] a、钙钛矿前驱液的配置

[0164] 将溶质PbI2和CH3NH3I粉体与溶剂(NMP)进行混合，将混合后的溶液搅拌2-3小时，然后使用孔径为200nm的过滤网过滤，得到钙钛矿前驱液。

[0165] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上，启动涂布设备，料膜辊装置输送新柔性软膜2，导向辊装置和滚压装置下压，使基底1盖上柔性软膜2，使基底1盖上柔性软膜2，然后启动一侧料膜辊轮，将柔性软膜2一端拉起，露出2mm长的基底1，将新配置的钙钛矿前

驱液通过露出的基底1与柔性软膜2之间的狭缝注入，注入结束后静置5-10s，滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动，对基底1进行滚压，使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜。

[0166] 所述柔性软膜2为聚酰亚胺薄膜，厚度为0.05mm，宽度为基板宽度的1倍。

[0167] (3)逐渐剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中，具体为：

[0168] 保持基底1的固定状态，将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2，料膜辊装置运转带动柔性软膜2，将柔性软膜2剥离，剥离的过程为：第一料膜辊轮21启动，将聚酰亚胺薄膜的一端掀起，第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜，匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上；撕去的速率为120mm/s。

[0169] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0170] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂直于基底1，通过风干装置将钙钛矿前驱液中的溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0171] 实施例5

[0172] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟，然后吹干；所述基底1为基板层，基板的材质为氧化铝陶瓷(粗糙度为600nm)。

[0173] (2)形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构，具体为：

[0174] a、钙钛矿前驱液的配置

[0175] 将溶质PbCl2和CH3NH3I与溶剂(DMSO和NEP组成的混合溶剂，体积比例DMSO:NEP＝3:2)进行混合，将混合后的溶液搅拌3-5小时，然后使用孔径为200nm的过滤网过滤，得到钙钛矿前驱液。

[0176] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上，启动涂布设备，料膜辊装置输送新柔性软膜2，导向辊装置和滚压装置下压，使基底1盖上柔性软膜2，使基底1盖上柔性软膜2，然后启动一侧料膜辊轮，将柔性软膜2一端拉起，露出2mm长的基底1，将新配置的钙钛矿前驱液通过露出的基底1与柔性软膜2之间的狭缝注入，注入结束后静置5-10s，滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动，对基底1进行滚压，使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜。

[0177] 所述柔性软膜2为聚酰亚胺薄膜，厚度为0.05mm，宽度为基板宽度的1倍。

[0178] (3)逐渐剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中，具体为：

[0179] 保持基底1的固定状态，将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2，料膜辊装置运转带动柔性软膜2，将柔性软膜2剥离，剥离的过程为：第一料膜辊轮21启动，将聚酰亚胺薄膜的一端掀起，第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜，匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上；撕去的速率为100mm/s。

[0180] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0181] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂

直于基底1，通过风干装置将钙钛矿前驱液中的溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0182] 实施例6

[0183] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟，然后吹干；

[0184] 所述基底1为基板层，基板的材质金属Al(粗糙度为50nm)；

[0185] (2)形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构，具体为：

[0186] a、钙钛矿前驱液的配置

[0187] 溶质PbI_2、$CH(NH_2)_2I$、CH_3NH_3Br与溶剂(DMF和NMP组成的混合溶剂，体积比例DMF:NMP＝1:2)进行混合，将混合后的溶液搅拌15-17小时，然后使用孔径为200nm的过滤网过滤，得到钙钛矿前驱液。

[0188] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上，启动涂布设备，料膜辊装置输送新柔性软膜2，导向辊装置和滚压装置下压，使基底1盖上柔性软膜2，使基底1盖上柔性软膜2，然后启动一侧料膜辊轮，将柔性软膜2一端拉起，露出2mm长的基底1，将新配置的钙钛矿前驱液通过露出的基底1与柔性软膜2之间的狭缝注入，注入结束后静置5-10s，滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动，对基底1进行滚压，使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜。

[0189] 所述柔性软膜2为聚酰亚胺薄膜，厚度为0.025mm，宽度为基板宽度的1.2倍。

[0190] (3)逐渐剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中，具体为：

[0191] 保持基底1的固定状态，将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2，料膜辊装置运转带动柔性软膜2，将柔性软膜2剥离，剥离的过程为：第一料膜辊轮21启动，将聚酰亚胺薄膜的一端掀起，第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜，匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上；撕去的速率为75mm/s。

[0192] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0193] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂直于基底1，通过风干装置将钙钛矿前驱液中的溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0194] 实施例7

[0195] (1)将基板依次经过活性剂、去离子水、乙醇、丙酮进行超声清洗20分钟，然后吹干；在基板上覆盖附着层作为涂布用的基底1；

[0196] 所述基底1由基板和附着于基板上的附着层组成，基板的材质为玻璃(粗糙度为20nm)，玻璃上依次附着导电层和空穴传输层，所述导电层为掺杂氟的SnO2层，所述空穴传输层为氧化镍层(厚度为100nm)；

[0197] (2)形成一种以基底1为底层，柔性软膜2为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的紧密夹层结构，具体为：

[0198] a、钙钛矿前驱液的配置

[0199] 将溶质PbI2、CH(NH2)2I、CH3NH3Br与溶剂(DMF和NMP组成的混合溶剂，体积比例DMF:NMP＝1:2)进行混合，将混合后的溶液搅拌15-17小时，然后使用孔径为200nm的过滤网过滤，得到钙钛矿前驱液；

[0200] b、先将步骤(1)的基底1固定于传送基座11上，在基底1表面上滴加新配置的钙钛矿前驱液，然后启动涂布设备，料膜辊装置输送新柔性软膜2，导向辊装置和滚压装置下压，使基底1盖上柔性软膜2，静置5-10s，滚轮在基底1上沿着基底1边缘做水平往复滚动，对基底1进行滚压，使钙钛矿前驱液在基底1和柔性软膜2之间形成连续的钙钛矿前驱液液膜；

[0201] 所述柔性软膜2为聚四氟乙烯薄膜，厚度为0.01mm，宽度为基板宽度的1.2倍；

[0202] (3)逐渐剥离柔性软膜2，使基底1上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境中，具体为：

[0203] 保持基底1的固定状态，将导向辊装置和滚压装置抬离柔性软膜2，料膜辊装置运转带动柔性软膜2，将柔性软膜2剥离，剥离的过程为：第一料膜辊轮21启动，将聚酰亚胺薄膜的一端掀起，第一料膜辊轮21卷取聚酰亚胺薄膜，匀速地将聚酰亚胺薄膜从基底1上；撕去的速率为85mm/s；

[0204] (4)基底1上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底1上形成钙钛矿薄膜，具体为：

[0205] 开启传送装置，传送基座11将基板运送到达风干装置下方，开启风干装置，风向垂直于基底1，通过风干装置将钙钛矿前驱液中的溶剂快速挥发；然后开启加热装置14，进行热处理，随着溶剂的蒸发，溶质在基底1上结晶为钙钛矿层，即成为钙钛矿太阳能电池的吸光层。

[0206] 在申请所提供的每个实施例使用了不同的钙钛矿前驱液、基底1、柔性软膜2及工艺参数。每个实施例中选取不同的钙钛矿前驱液组合，说明本设备可以涂布多种钙钛矿前驱液，并不限制于一种或者几种钙钛矿配方，有着更广泛的应用。其中，实施例1、2、7使用了材质为玻璃的常规基底1，说明本设备可以制作本领域内常规的钙钛矿电池。实施例3、4、5、6使用了材质为金属、陶瓷或耐高温有机聚合物的基底1，说明了本设备可以在特殊材料上涂布钙钛矿吸光层，证明本设备适用范围广。

[0207] 本申请所提供的钙钛矿薄膜涂布设备提供了两种加液方式分别是实施例1中的“先加液后盖膜”和实施例2-7中的“先盖膜后加液”，可根据钙钛矿前驱液的性质灵活选择。具体的，选取钙钛矿前驱液如果不能过长时间暴露在环境中可选择“先盖膜后加液”，如果需要先暴露在环境中一段时间再涂布可选择“先加液后盖膜”。

[0208] 实施例1-6实施例选取的柔性软膜2是聚酰亚胺薄膜，具有强亲水性。实施例7中选取的柔性软膜2是聚四氟乙烯薄膜，具有强疏水性。不同柔性软膜2的选取是为了满足对不同钙钛矿薄膜厚度的需要。要求钙钛矿薄膜厚度薄时，可选择聚酰亚胺薄膜，由于强亲水性会带走部分溶液，使钙钛矿薄膜厚度降低；要求钙钛矿薄膜厚度厚时，可选择聚四氟乙烯薄膜，由于强疏水性会使钙钛矿前驱液更多地留在基底1表面，使钙钛矿薄膜厚度增加。

[0209] 利用本发明制备的钙钛矿薄膜，具有成膜性能好，钙钛矿晶粒大小可控(100nm-3μm)，薄膜厚度可控(50nm-2μm)等优点。本发明根据柔性软膜连续涂布制备钙钛矿薄膜的方法设计并制造，在保证低生产成本的同时，提高成膜质量，适合进行基底1的钙钛矿薄膜大面积规模化生产。

[0210] 需要说明的是，在本申请的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的和区别类似的对象，两者之间并不存在先后顺序，也不能理解为指示或暗示相对重要性。此外，在本申请的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0211] 本说明书中的上述各个实施方式均采用递进的方式描述，各个实施方式之间相同相似部分相互参照即可，每个实施方式重点说明的都是与其他实施方式不同之处。

[0212] 以上所述仅为本发明的几个实施方式，虽然本发明所揭露的实施方式如上，但所述内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式，并非用于限定本发明。任何本发明所属技术领域的技术人员，在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下，可以在实施方式的形式上及细节上作任何的修改与变化，但本发明的专利保护范围，仍须以所附权利要求书所界定的范围为准。

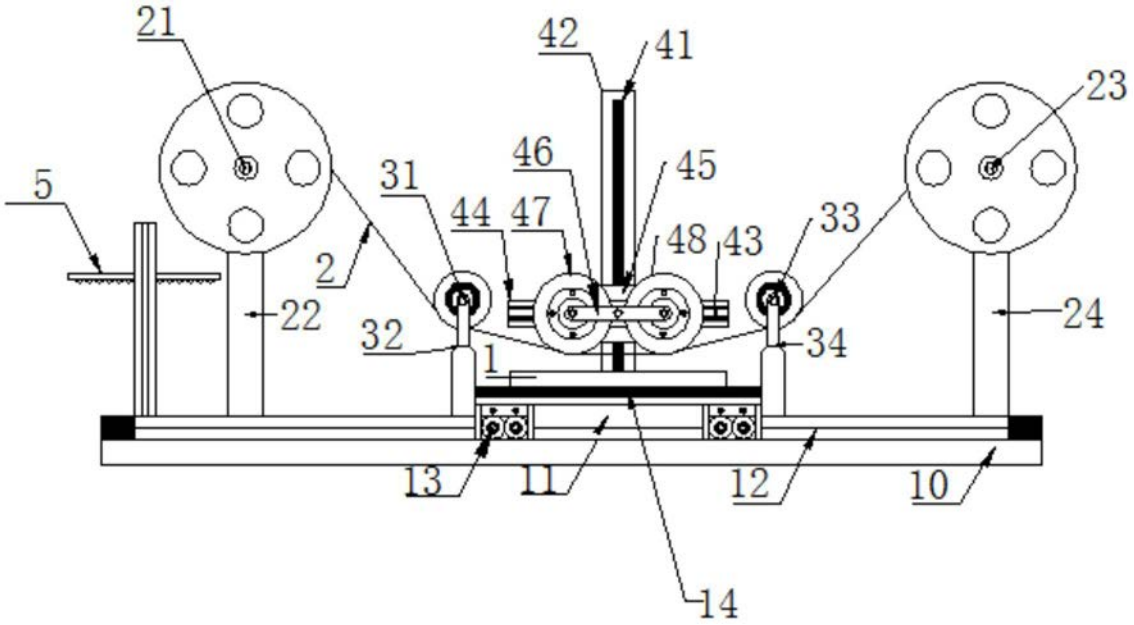


图1

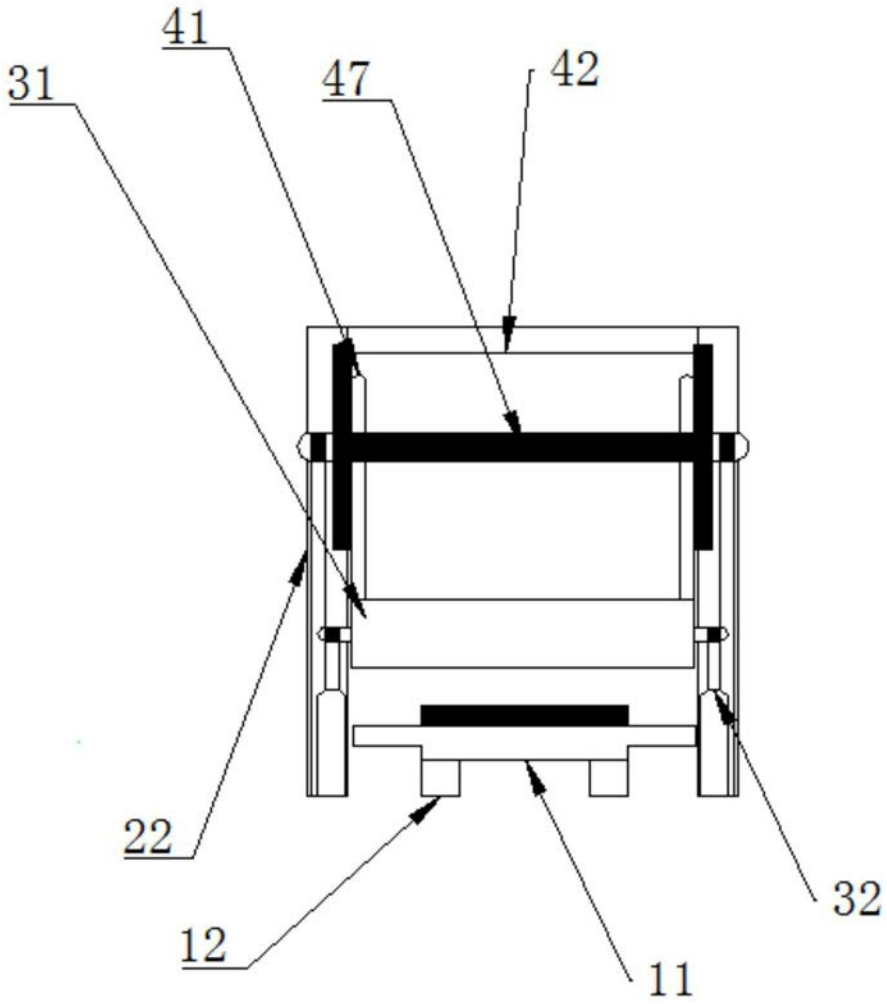


图2

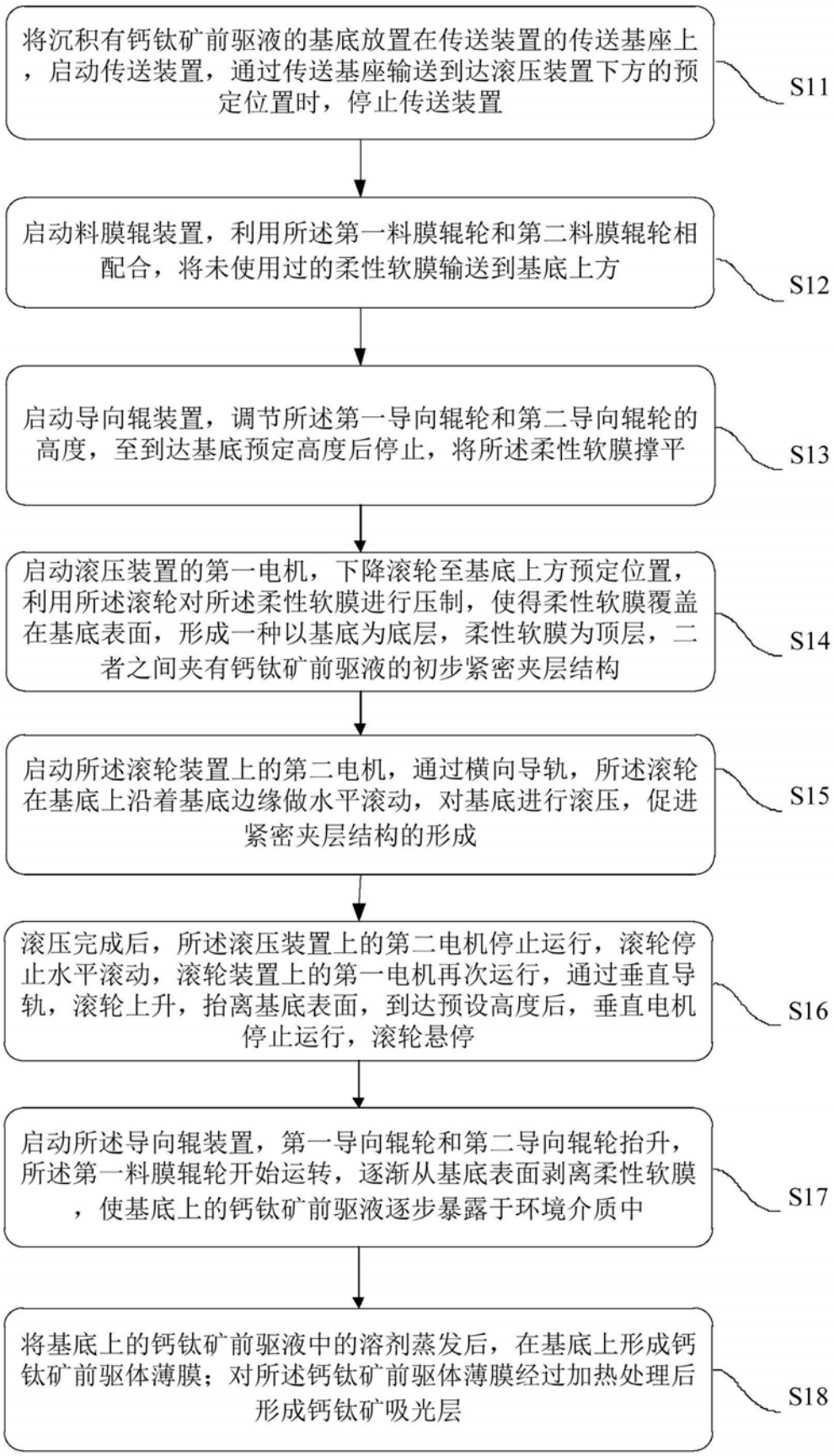

将沉积有钙钛矿前驱液的基底放置在传送装置的传送基座上，启动传送装置，通过传送基座输送到达滚压装置下方的预定位置时，停止传送装置
S11
启动料膜辊装置，利用所述第一料膜辊轮和第二料膜辊轮相配合，将未使用过的柔性软膜输送到基底上方
S12
启动导向辊装置，调节所述第一导向辊轮和第二导向辊轮的高度，至到达基底预定高度后停止，将所述柔性软膜撑平
S13
启动滚压装置的第一电机，下降滚轮至基底上方预定位置，利用所述滚轮对所述柔性软膜进行压制，使得柔性软膜覆盖在基底表面，形成一种以基底为底层，柔性软膜为顶层，二者之间夹有钙钛矿前驱液的初步紧密夹层结构
S14
启动所述滚轮装置上的第二电机，通过横向导轨，所述滚轮在基底上沿着基底边缘做水平滚动，对基底进行滚压，促进紧密夹层结构的形成
S15
滚压完成后，所述滚压装置上的第二电机停止运行，滚轮停止水平滚动，滚轮装置上的第一电机再次运行，通过垂直导轨，滚轮上升，抬离基底表面，到达预设高度后，垂直电机停止运行，滚轮悬停
S16
启动所述导向辊装置，第一导向辊轮和第二导向辊轮抬升，所述第一料膜辊轮开始运转，逐渐从基底表面剥离柔性软膜，使基底上的钙钛矿前驱液逐步暴露于环境介质中
S17
将基底上的钙钛矿前驱液中的溶剂蒸发后，在基底上形成钙钛矿前驱体薄膜；对所述钙钛矿前驱体薄膜经过加热处理后形成钙钛矿吸光层
S18

图3