

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 7 月 18 日 (18.07.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/149012 A1

- (51) 国际专利分类号:
H10K 39/12 (2023.01) **H10K 30/57** (2023.01)
H10K 39/15 (2023.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/138544
- (22) 国际申请日: 2023 年 12 月 13 日 (13.12.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310033153.5 2023年1月10日 (10.01.2023) CN
- (71) 申请人: 隆基绿能科技股份有限公司 (**LONGI GREEN ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国陕西省西安市长安区航天中路388号, Shaanxi 710100 (CN)。
- (72) 发明人: 解俊杰 (**XIE, Junjie**); 中国陕西省西安市长安区航天中路388号, Shaanxi 710100 (CN)。吴兆 (**WU, Zhao**); 中国陕西省西安市长安区航天中路388号, Shaanxi 710100 (CN)。刁一凡 (**DIAO, Yifan**); 中国陕西省西安市长安区航天中路388号, Shaanxi 710100 (CN)。
- (74) 代理人: 北京润泽恒知识产权代理有限公司 (**BEIJING RUN ZEHENG INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM**); 中国北京市海淀区中关村南大街甲18号北京国际C座6层606, Beijing 100081 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: STACKED SOLAR CELL

(54) 发明名称: 叠层太阳能电池

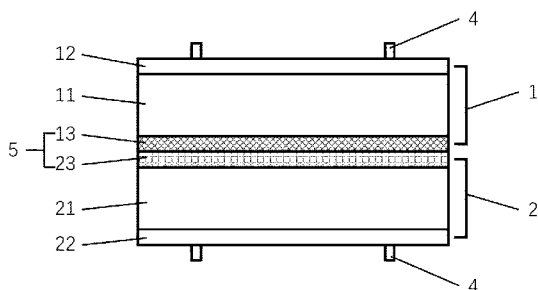


图 2

(57) Abstract: A stacked solar cell, comprising: an upper-layer cell (1) and a lower-layer cell (2) which are sequentially stacked. The upper-layer cell (1) comprises a second carrier transport layer (13); the lower-layer cell (2) comprises a second carrier transport layer (23); the second carrier transport layer (13) of the upper-layer cell (1) and the second carrier transport layer (23) of the lower-layer cell (2) form a series tunnel junction (5). According to the design principle of the series tunnel junction (5), by combining material selections of the carrier transport layers of the upper-layer cell (1) and the lower-layer cell (2), the series tunnel junction (5) is constructed by using the second carrier transport layer (13) of the upper-layer cell (1) and the non-silicon-based second carrier transport layer (23) of the lower-layer cell (2) while meeting the requirement for energy level matching, thereby solving the problem of strong composition effect of silicon-based tunnel junctions.



(57) 摘要: 一种叠层太阳能电池, 包括: 依次层叠设置的上层电池(1)、下层电池(2); 上层电池(1)包括第二载流子传输层(13); 下层电池(2)包括第二载流子传输层(23); 上层电池(1)的第二载流子传输层(13)和下层电池(2)的第二载流子传输层(23)构成串联隧道结(5)。该串联隧道结(5)的设计原则是结合上层电池(1)和下层电池(2)载流子传输层的材料选择, 在满足能级匹配的要求的基础上, 利用上层电池(1)的第二载流子传输层(13)和下层电池(2)的非硅基第二载流子传输层(23)构建串联隧道结(5), 从而解决硅基隧道结较强复合效应的问题。

叠层太阳能电池

相关申请的引用

本申请要求在 2023 年 01 月 10 日提交中国专利局、申请号为 202310033153.5，名称为“叠层太阳能电池”的中国专利申请的优先权，
5 其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及太阳能电池技术领域，具体涉及一种叠层太阳能电池。

10 背景技术

具有单一吸收层的单结太阳能电池，其能量转换效率的理论上限受到 Shockley-Queisser 理论极限的限制，无论什么样的吸收层材料，作为单结结构的太阳能电池，其效率无法超过 33.7%。因此，根据吸收窗口的不同，分别采用不同的吸收层材料进行叠加，制备多结吸收层结构的
15 叠层太阳能电池，其效率可以突破上述上限。据理论研究，两结叠层电池的效率可达到 44-46%，三结叠层的效率可超过 50%。

在现有的叠层电池的技术路线当中，以“钙钛矿电池”为上层电池，“晶硅电池”为下层电池构建的钙钛矿-晶硅叠层电池，兼具成本和效率优势，被认为是最具大规模应用前景的叠层电池。经过不到 10 年的发展，
20 目前钙钛矿-晶硅叠层电池的转换效率已经达到了 31.3%，且仍有极大的提升空间。

但目前的钙钛矿-晶硅叠层电池中的串联结构要么使用复合层，要么使用隧道结串联结构，其中隧道结串联结构由重掺杂的 n 型硅和重掺杂的 p 型硅接触组成一个硅基隧道结，重掺 n-Si 导带电子基于量子隧穿效应隧穿至重掺 p-Si 的价带，实现导电串联。然后，重掺硅中具有大量的
25 自由载流子和晶硅缺陷，电子传输过程中会有较强的俄歇复合和缺陷复合效应，导致较大的效率损失，影响电池效率。

发明内容

针对上述问题，本申请提出了一种叠层太阳能电池。

本申请提供一种叠层太阳能电池，具体方案如下：

一种叠层太阳能电池，包括：依次层叠设置的上层电池、下层电池；

5 上层电池包括第二载流子传输层；

下层电池包括第二载流子传输层；

上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层构成串联隧道结。

10 进一步，上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层的导电类型相反。

进一步，上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层分别为 P 型导电层或 N 型导电层，

其中，在 P 型导电层的导带底、价带顶和费米能级的位置分别用 E_{c-p} 、 E_{v-p} 、 E_{f-p} 来表示，N 型导电层的导带底、价带顶和费米能级的位置分别用 E_{c-n} 、 E_{v-n} 、 E_{f-n} 来表示的情况下，需要满足如下公式(1)~(3)：

$$E_{v-p} \geq E_{c-n} \quad (\text{公式 1})$$

$$E_{f-p} \leq E_{v-p} \quad (\text{公式 2})；\text{且}$$

$$E_{f-n} \geq E_{c-n} \quad (\text{公式 3})。$$

20 进一步，隧道结中上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层界面处的空间电荷区域的宽度大于 0 且小于等于 10nm。

进一步，上层电池还包括第一载流子传输层和吸收层；

下层电池还包括第一载流子传输层和吸收层。

进一步，上层电池为宽带隙太阳能电池。

25 进一步，上层电池选自钙钛矿太阳能电池、铜铟镓硒太阳能电池、碲化镉太阳能电池或 III-V 族化合物太阳能电池。

进一步，上层电池的第一载流子传输层为电子传输层且上层电池的第二载流子传输层为空穴传输层；或者，

上层电池的第一载流子传输层为空穴传输层且上层电池的第二载流子传输层为电子传输层。

进一步,上层电池的电子传输层的材料为 C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、WO₃、ZnSnO₄、SrTiO₃、Ga₂O₃、In₂O₃、
5 Ta₂O₅、MoS₂、Nb₂O₅或功函数大于 0 且小于等于 5.0 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

进一步,上层电池的空穴传输层的材料为氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、TFB (聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))])、F8、功函数大于等于 5.0 eV 的 P 型半导体材料和功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。
10

进一步,下层电池为窄带隙太阳能电池。

进一步,下层电池为薄膜电池或单晶硅电池。

进一步,下层电池的第一载流子传输层为电子传输层且下层电池的第二载流子传输层为空穴传输层;或者,
15

下层电池的第一载流子传输层为空穴传输层且下层电池的第二载流子传输层为电子传输层。

进一步,下层电池的电子传输层的材料为 C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、WO₃、ZnSnO₄、SrTiO₃、Ga₂O₃、In₂O₃、
20 Ta₂O₅、MoS₂、Nb₂O₅、功函数大于 0 且小于等于 4.4 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

进一步,下层电池的空穴传输层的材料为氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、TFB (聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))])、F8、功函数大于等于 5.2 eV 的 P 型半导体材料和功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。
25

本申请技术效果如下：

上层电池第二载流子传输层和下层电池第二载流子传输层导电类型相反。两个导电类型相反的半导体接触后，当它们满足一定能带、厚度和结构满足一定要求时，可以形成隧道结，电子从P区的价带注入至N区的导带，实现导通串联的功能。

本申请提供了一种用于上层电池-下层电池串联结构的非硅基隧道结结构。该隧道结结构的设计原则是结合上层电池和下层电池载流子传输层的材料选择，在满足能级匹配的要求的基础上，利用上层电池的传输层和下层电池的（非硅基）传输层构建隧道结，从而解决硅基隧道结的上述较强复合效应的问题。

附图说明

附图用于更好地理解本申请，不构成对本申请的不当限定。其中：

图1为现有技术中的钙钛矿-晶硅叠层电池的结构示意图；

图2为本申请中的叠层太阳能电池的结构示意图；

图3为本申请中的隧道结的导电原理示意图；

图4为实施例1中的叠层太阳能电池的结构示意图；

图5为实施例2中的叠层太阳能电池的结构示意图；

附图标记说明

1：上层电池，2：下层电池，3：上下电池之间的串联结构，

4：电极；11：钙钛矿吸收层，12：第一载流子传输层，13：第二载流子传输层；21：晶硅吸收层，22：第一载流子传输层，23：第二载流子传输层；13和23共同组成串联隧道结5。

具体实施例

以下对本申请的示范性实施例做出说明，其中包括本申请实施例的各种细节以助于理解，应当将它们认为仅仅是示范性的。因此，本领域普通技术人员应当认识到，可以对这里描述的实施例做出各种改变和修改，而不会背离本申请的范围和精神。同样，为了清楚和简明，以下的描述中省略了对公知功能和结构的描述。在本申请中上下位置依据光线

入射方向而定，光线入射处为上。

在现有的叠层电池的技术路线当中，以“钙钛矿电池”为上层电池，“晶硅电池”为下层电池构建的钙钛矿-晶硅叠层电池，兼具成本和效率优势，被认为是最具大规模应用前景的叠层电池。经过不到 10 年的发展，
5 目前钙钛矿-晶硅叠层电池的转换效率已经达到了 31.3%，且仍有极大的提升空间。

如图 1 所示，为两端结构的钙钛矿-晶硅叠层电池的器件结构示意图。图中，1 为上层电池，2 为下层电池，3 为上下电池之间的串联结构。目前使用在叠层电池上的串联结构主要有两种：一、TCO（透明导电氧化物）
10 复合层，如图 1 中 a 所示；二、隧道结串联结构，如图 1 中 b 所示。

在图 1 的 a 中，3 为 TCO 复合层，通常用 ITO、FTO、AZO 等透明导电氧化物材料制备。然而，TCO 的寄生吸收、较差的横向电导率会导致较大的效率损失，影响叠层电池的效率；

在图 1 的 b 中，3 为隧道结，由重掺杂的 n 型硅和重掺杂的 p 型硅接触组成（“31 为 n^{++} -Si，32 为 p^{++} -Si”或“31 为 p^{++} -Si，32 为 n^{++} -Si”）
15 一个硅基隧道结，重掺 n-Si 导带电子基于量子隧穿效应隧穿至重掺 p-Si 的价带，实现导电串联。然后，重掺硅中具有大量的自由载流子和晶硅缺陷，电子传输过程中会有较强的俄歇复合和缺陷复合效应，导致较大的效率损失，影响电池效率。

20 因此，在钙钛矿-晶硅叠层电池中，在分别优化钙钛矿上层电池、晶硅下层电池的基础上，设计高效率、低损失的上下层电池之间的串联结构，是进一步提升转换效率所亟需解决的关键技术问题。

本申请提供了一种叠层太阳能电池，包括：依次层叠设置的上层电池 1、下层电池 2；上层电池 1 包括第二载流子传输层 13；下层电池 2 包
25 括第二载流子传输层 23；上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和下层电池 2 的第二载流子传输层 23 构成串联隧道结。

在本申请的一些实施方式中，上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和下层电池 2 的第二载流子传输层 23 的导电类型相反。

在本申请的一些实施方式中，上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和
30 下层电池 2 的第二载流子传输层 23 分别为 P 型导电层或 N 型导电层，上层电池的第二载流子传输层为 P 型导电层，下层电池的第二载流子传输层为 N 型导电层；或者上层电池的第二载流子传输层为 N 型导电层，下

层电池的第二载流子传输层为 P 型导电层。

其中，在 P 型导电层的导带底、价带顶和费米能级的位置分别用 E_{c-p} 、 E_{v-p} 、 E_{f-p} 来表示，N 型导电层的导带底、价带顶和费米能级的位置分别用 E_{c-n} 、 E_{v-n} 、 E_{f-n} 来表示的情况下，需要满足如下公式(1)~(3)：

$$\begin{aligned} 5 \quad & E_{v-p} \geq E_{c-n} \quad (\text{公式 1}) \\ & E_{f-p} \leq E_{v-p} \quad (\text{公式 2}); \text{ 且} \\ & E_{f-n} \geq E_{c-n} \quad (\text{公式 3}). \end{aligned}$$

在本申请中， E_{c-p} 、 E_{v-p} 、 E_{f-p} 、 E_{c-n} 、 E_{v-n} 、 E_{f-n} 可以在常用的半导体手册中查询，也可以通过“紫外可见吸收光谱”和“紫外光电子能谱”两种
10 测试方法结合分析测试得到。

在本申请中，导带是指由自由电子形成的能量空间，即固体结构内自由运动的电子所具有的能量范围。导带底是导带的最低能级，在半导体中，导带底到真空中自由电子能级的间距，称为半导体的亲和能，即是把一个电子载流子从半导体内部拿到真空中去所需要的能量。

15 价带，也称为价电带，指已充满电子的原子轨道能级所形成的低能量带，其中，处在原子轨道中并呈键合状态的电子称为价电子，由这些价电子所占有的许多能级可加以归并并视为一个单一的连续的能量范围。价带顶是指价带中能量最高的能级位置；导带底是指导带中能量最低的能级位置。

20 禁带，指在能带结构中能态密度为零的能量区间。

在本申请中，费米能级是指费米能级温度为绝对零度时固体能带中充满电子的最高能级。

在本申请的一些实施方式中，隧道结中上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和下层电池 2 的第二载流子传输层 23 界面处的空间电荷区域的
25 宽度大于 0 且小于等于 10nm，优选为大于 0 且小于等于 5nm，进一步优选为大于 0 且小于等于 2nm。

在本申请中，隧道结中上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和下层电池 2 的第二载流子传输层 23 界面处的空间电荷区域的宽度也称为隧道结的结区，该隧道结的结区一定要足够窄，才能实现电子从 N 区导带向 P
30 区价带的隧穿。如果结区过宽的话，隧穿阻力过大，甚至无法隧穿。一般要实现有效隧穿，隧道结的结区的宽度大于 0 且小于等于 10nm，优选为大于 0 且小于等于 5nm，进一步优选为大于 0 且小于等于 2nm；

例如，隧道结的结区的宽度可以为 0.01nm、0.1nm、0.2nm、0.3nm、0.4nm、0.5nm、0.6nm、0.7nm、0.8nm、0.9nm、1.0nm、1.1nm、1.2nm、1.3nm、1.4nm、1.5nm、1.6nm、1.7nm、1.8nm、1.9nm、2.0nm、2.1nm、2.2nm、2.3nm、2.4nm、2.5nm、2.6nm、2.7nm、2.8nm、2.9nm、3.0nm、3.1nm、3.2nm、3.3nm、3.4nm、3.5nm、3.6nm、3.7nm、3.8nm、3.9nm、4.0nm、4.1nm、4.2nm、4.3nm、4.4nm、4.5nm、4.6nm、4.7nm、4.8nm、4.9nm、5.0nm、5.1nm、5.2nm、5.3nm、5.4nm、5.5nm、5.6nm、5.7nm、5.8nm、5.9nm、6.0nm、6.1nm、6.2nm、6.3nm、6.4nm、6.5nm、6.6nm、6.7nm、6.8nm、6.9nm、7.0nm、7.1nm、7.2nm、7.3nm、7.4nm、7.5nm、7.6nm、7.7nm、7.8nm、7.9nm、8.0nm、8.1nm、8.2nm、8.3nm、8.4nm、8.5nm、8.6nm、8.7nm、8.8nm、8.9nm、9.0nm、9.1nm、9.2nm、9.3nm、9.4nm、9.5nm、9.6nm、9.7nm、9.8nm、9.9nm、10.0nm 或其之间的任意范围。

在本申请中，隧道结的结区的宽度可以通过本领域常用的方法进行检测，例如可以通过 TOF-SIMS 设备来测试结区的厚度，TOF-SIMS (Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry) 是通过用一次离子激发样品表面，打出极其微量的二次离子，根据二次离子因不同的质量而飞行到探测器的时间不同来测定离子质量的极高分辨率的测量技术。

在本申请中，利用本申请的方案，可以实现 N 区导带电子注入 P 去价带的空态，产生隧穿电流，具体如下：在图 3 的 a 中，N 型半导体和 P 型半导体接触，在未加外电压的情况下，N 型半导体和 P 型半导体的费米能级对齐，此时无电流；在隧道结上施加正向偏压，P 区费米能级下移，N 区费米能级上移，N 区导带电子注入 P 去价带的空态，产生隧穿电流；当 $E_{f-n} - E_{c-n} = E_{v-p} - E_{f-p}$ 时，隧穿电流达到最大，如图 3 的 b 所示；继续施加正向偏压，当 $E_{c-n} = E_{v-p}$ 时，N 区导带电子无法注入 P 区价带的空态，隧穿电流达到最小值，如图 3 的 c 所示。当继续增大正向偏压时，N 导带电子将漂移至 P 区导带，这时候再继续增大的电流将不是隧穿电流，将变为常规的 PN 结导电机制。

如图 2 所示，上层电池 1 还包括第一载流子传输层 12 和吸收层 11，即上层电池 1 依次设置有第一载流子传输层 12、吸收层 11 和第二载流子传输层 13。

在本申请的一些实施方式中，上层电池 1 为宽带隙太阳能电池，优

选地，上层电池的吸收层的禁带宽度为 1.5-2.5eV，优选为 1.6-1.9eV；例如，上层电池的吸收层的禁带宽度可以为 1.5eV、1.6eV、1.7eV、1.8eV、1.9eV、2.0eV、2.1eV、2.2eV、2.3eV、2.4eV、2.5eV 或其之间的任意范围。

5 在本申请的一些实施方式中，上层电池为薄膜太阳能电池结构、整面的单结薄膜电池或划线串联的薄膜太阳能电池组件。

在本申请的一些实施方式中，上层电池 1 选自钙钛矿太阳能电池、铜铟镓硒太阳能电池、碲化镉太阳能电池或 III-V 族化合物太阳能电池，优选为钙钛矿太阳能电池。

10 在本申请的一些实施方式中，上层电池 1 的第一载流子传输层 12 和第二载流子传输层 13 导电类型相反，上层电池 1 的第一载流子传输层 12 为电子传输层且上层电池 1 的第二载流子传输层 13 为空穴传输层；或者，上层电池 1 的第一载流子传输层 12 为空穴传输层且上层电池 1 的第二载流子传输层 13 为电子传输层。

15 在本申请的一些实施方式中，上层电池的电子传输层的材料为 N 型半导体材料。

在本申请的一些实施方式中，上层电池的电子传输层的材料为 C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、WO₃、ZnSnO₄、SrTiO₃、Ga₂O₃、In₂O₃、Ta₂O₅、MoS₂、Nb₂O₅ 或功函数大于 0 且小于等于 5.0 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

20 在本申请中，C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、WO₃、ZnSnO₄、SrTiO₃、Ga₂O₃、In₂O₃、Ta₂O₅、MoS₂、Nb₂O₅ 为 N 型半导体材料。

在本申请中，功函数大于 0 且小于等于 5.0 eV 的 N 型半导体材料为 NaOH 改性的 ITO、Na₂SO₄ 改性的 ITO 或 Al 掺杂的 ZnO。由于材料的表面功函数是会依据表面处理的方式不同，而发生变化。在本申请的一些实施方式中，NaOH 改性的 ITO 的功函数为 3.71eV，Na₂SO₄ 改性的 ITO 的功函数为 4.53eV，Al 掺杂的 ZnO 的功函数为 4.62eV。

30 在本申请的一些实施方式中，上层电池的空穴传输层的材料为氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、TFB（聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))]）、F8、功函数大于等于 5.0 eV

的 P 型半导体材料和功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

在本申请中，上层电池的空穴传输层的材料通常是 n 型半导体材料。可以是有机半导体，也可以是无机半导体，其中氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、TFB（聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))]）、F8 均为 N 型半导体材料。

在本申请中，功函数大于等于 5.0 eV 的 P 型半导体材料为 $(1-x)\text{NiO}_2:x\text{NiO}$ 固溶体。由于材料的表面功函数是会依据表面处理的方式不同，而发生变化。在本申请的一些实施方式中， $(1-x)\text{NiO}_2:x\text{NiO}$ 固溶体的功函数根据表面处理的方式不同，其功函数为 6.0 eV。

在本申请中，功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料选自氧化钼、氧化钒、氧化钨中的一种或两种以上。

如图 2 所示，下层电池 2 还包括第一载流子传输层 22 和吸收层 21，即下层电池 2 依次设置有第一载流子传输层 22、吸收层 21 和第二载流子传输层 23。

如图 2 所示，在本申请的一些实施方式中，下层电池 2 为窄带隙太阳能电池，优选地，下层电池 2 的吸收层的禁带宽度为 0.7-1.4eV，优选为 0.9-1.2 eV；例如，下层电池的吸收层的禁带宽度可以为 0.7eV、0.8eV、0.9eV、1.0eV、1.1eV、1.2eV、1.3eV、1.4eV 或其之间的任意范围。

如图 2 所示，在本申请的一些实施方式中，下层电池 2 为薄膜电池或单晶硅电池，优选为单晶硅电池；进一步优选为 PERC、Topcon、HJT、POLO 或 DASH，优选为 HJT、DASH；更优选为 DASH。

在本申请的一些实施方式中，下层电池的第一载流子传输层和第二载流子传输层导电类型相反，下层电池的第一载流子传输层为电子传输层且下层电池的第二载流子传输层为空穴传输层；或者，下层电池的第一载流子传输层为空穴传输层且下层电池的第二载流子传输层为电子传输层。

在本申请的一些实施方式中，下层电池的电子传输层的材料为 N 型半导体材料，优选为有机半导体材料或无机半导体材料。

在本申请的一些实施方式中，下层电池的电子传输层的材料为 C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、 WO_3 、 ZnSnO_4 、

SrTiO_3 、 Ga_2O_3 、 In_2O_3 、 Ta_2O_5 、 MoS_2 、 Nb_2O_5 、功函数大于 0 且小于等于 4.4 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

在本申请中，C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、 WO_3 、 ZnSnO_4 、 SrTiO_3 、 Ga_2O_3 、 In_2O_3 、 Ta_2O_5 、 MoS_2 、 Nb_2O_5 为 N 型半导体材料。

在本申请的一些实施方式中，下层电池的空穴传输层的材料为可以是 p 型半导体材料。可以是有机半导体，也可以是无机半导体。

在本申请的一些实施方式中，下层电池的空穴传输层的材料为氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、TFB（聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))]）、F8、功函数大于等于 5.2 eV 的 P 型半导体材料和功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

在本申请中，功函数大于等于 5.2 eV 的 P 型半导体材料为 NiO_{2+x} 。

在本申请的一些实施方式中， NiO_{2+x} 的功函数为 6.0 eV。

在本申请中，功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料为氧化钼、氧化钒、氧化钨中的一种或两种以上。

在本申请中，功函数又称功函、逸出功，在固体物理中被定义成：把一个电子从固体内部刚刚移到此物体表面所需的最少的能量。功函数可以通过 UPS（紫外光电子能谱）的方法进行测量。

在本申请中，禁带宽度是指价带顶能级和导带底能级之间的能级差值。禁带宽度可以通过 UPS（紫外光电子能谱）和 UV-vis（紫外可见光吸收光谱）协同分析测的。

在本申请的一些实施方式中，如图 2 所示，4 为电极；1 为上层钙钛矿电池，其中 11 为钙钛矿吸收层，12 为第一载流子传输层，13 为第二载流子传输层；2 为下层电池，其中 21 为晶硅吸收层，22 为第一载流子传输层，23 为第二载流子传输层；上层电池的第一载流子传输层 12 和上层电池的第二载流子传输层 13 导电类型相反，下层电池的第一载流子传输层 22 和下层电池的第二载流子传输层 23 导电类型相反，上层电池的第二载流子传输层 13 和下层电池的第二载流子传输层 23 导电类型相反，共同组成串联隧道结 5，当上层电池的第二载流子传输层 13 为 P 型，下层电池的第二载流子传输层 23 为 N 型，当上层电池的第二载流子传输层

13 为 N 型，下层电池的第二载流子传输层 23 为 P 型。

在本申请的一些实施方式中，上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和下层电池 2 的第二载流子传输层 23 构成串联隧道结。串联隧道结满足如下：上层电池 1 的第二载流子传输层 13 和下层电池 2 的第二载流子传输层 23 的导电类型相反；且满足如下公式(1)~(3)： $E_{v-p} \geq E_{c-n}$ (公式 1)， $E_{f-p} \leq E_{v-p}$ (公式 2)；且 $E_{f-n} \geq E_{c-n}$ (公式 3)；隧道结的结区的宽度大于 0 且小于等于 10nm，优选为大于 0 且小于等于 5nm，进一步优选为大于 0 且小于等于 2nm。

在本申请的一些实施方式中，当上层电池的第二载流子传输层 13 的材料为 Spiro-OMeTAD 时，下层电池的第二载流子传输层 23 的材料可以为 MoO_x 或 V_2O_5 或 WO_3 。其中，Spiro-OMeTAD 为 P 型， $E_{v-p} = -5.2\text{eV}$ ， $E_{f-p} = -5.25\text{eV}$ ； V_2O_5 为 N 型， $E_{c-n} = -6.5\text{eV}$ ， $E_{f-n} = -6.4\text{eV}$ ； WO_3 为 N 型， $E_{c-n} = -6.4\text{eV}$ ， $E_{f-n} = -6.3\text{eV}$ ； MoO_x 为 N 型， $E_{c-n} = -6.42\text{eV}$ ， $E_{f-n} = -6.35\text{eV}$ ；隧道结的结区的宽度大于 0 且小于等于 10nm。可以看出，此时，满足公式(1)~(3)，实现
15 遂穿串联。

在本申请的一些实施方式中，当上层电池的第二载流子传输层 13 的材料为 PEDOT:PSS 时，下层电池的第二载流子传输层 23 的材料可以为 V_2O_5 。其中，PEDOT:PSS 为 P 型， $E_{v-p} = -5.2\text{eV}$ ， $E_{f-p} = -5.3\text{eV}$ ； V_2O_5 为 N 型， $E_{c-n} = -6.5\text{eV}$ ， $E_{f-n} = -6.4\text{eV}$ ；隧道结的结区的宽度大于 0 且小于等于 10nm。
20 可以看出，此时，满足公式(1)~(3)，实现遂穿串联。

在本申请的一些实施方式中，当上层电池的第二载流子传输层 13 的材料为 WO_3 时，下层电池的第二载流子传输层 23 的材料可以为 NiO。其中， WO_3 为 N 型， $E_{c-n} = -6.4\text{eV}$ ， $E_{f-n} = -6.3\text{eV}$ ；NiO 为 P 型， $E_{v-p} = -5.4\text{eV}$ ， $E_{f-p} = -5.5\text{eV}$ ；隧道结的结区的宽度大于 0 且小于等于 10nm。可以看出，此时，满
25 足公式(1)~(3)，实现遂穿串联。

实施例 1

如图 4 所示，上层电池为钙钛矿电池，下层电池为 DASH 结构晶硅电池，钙钛矿电池和 DASH 结构晶硅电池组成叠层太阳能电池，其中：

41 为 ITO 上电极；

30 12 为 C60 电子传输层；

11 为 $CsPbI_3$ 钙钛矿吸收层，带隙 1.7eV；

13 为 PEDOT:PSS (P 型)， $E_{v-p} = -5.2\text{eV}$ ， $E_{f-p} = -5.3\text{eV}$ ；

23 为 V_2O_5 (N 型), $E_{c-n}=-6.5\text{eV}$, $E_{f-n}=-6.4\text{eV}$;

13 和 23 共同组成串联隧道结, 隧道结的结区的宽度为 2nm;

21 为 N 型单晶硅吸收层, 带隙为 1.12eV;

22 为 NiO_x 空穴传输层;

5 42 为银栅线下电极。

实施例 2

如图 5 所示, 上层电池为钙钛矿电池, 下层电池为钙钛矿电池, 上层电池的钙钛矿电池和下层电池的钙钛矿电池组成叠层太阳能电池, 其中:

10 41 为 IT0 上电极;

12 为 PTAA 空穴传输层;

11 为 $CsPbI_3$ 钙钛矿吸收层, 带隙 1.7eV;

13 为 WO_3 (N 型), $E_{c-n}=-6.4\text{eV}$, $E_{f-n}=-6.3\text{eV}$; ;

23 为 NiO (P 型), $E_{v-p}=-5.4\text{eV}$, $E_{f-p}=-5.5\text{ eV}$;

15 13 和 23 共同组成串联隧道结, 隧道结的结区的宽度为 5nm

21 为 $CsSnI_3$ 钙钛矿吸收层, 带隙 1.25eV;

22 为 SnO_2 电子传输层;

42 为 IT0 导电玻璃衬底。

实施例 3

20 实施例 3 与实施例 1 的区别仅在于, 13 为 Spiro-OMeTAD (P 型), $E_{v-p}=-5.2\text{eV}$, $E_{f-p}=-5.25\text{ eV}$; 23 为 V_2O_5 (N 型), $E_{c-n}=-6.5\text{eV}$, $E_{f-n}=-6.4\text{eV}$; 其余条件相同。

实施例 4

25 实施例 4 与实施例 1 的区别仅在于, 13 为 Spiro-OMeTAD (P 型), $E_{v-p}=-5.2\text{eV}$, $E_{f-p}=-5.25\text{ eV}$; 23 为 WO_3 (N 型), $E_{c-n}=-6.4\text{eV}$, $E_{f-n}=-6.3\text{eV}$; 其余条件相同。

实施例 5

实施例 5 与实施例 1 的区别仅在于, 隧道结的结区的宽度为 10nm, 其余条件相同。

30 实施例 6

实施例 6 与实施例 1 的区别仅在于, 隧道结的结区的宽度为 12nm, 其余条件相同。

对比例 1

对比例 1 与实施例 1 的区别仅在于, 13 为 Spiro-OMeTAD (P 型), $E_{v-p}=-5.2\text{eV}$, $E_{f-p}=-5.25\text{eV}$; 23 为 SnO_2 (N 型), $E_{c-n}=-4.3\text{eV}$, $E_{f-n}=-4.33\text{eV}$; 其余条件相同。

5

对比例 2

对比例 2 与实施例 1 的区别仅在于, 13 为 PEDOT:PSS (P 型), $E_{v-p}=-5.2\text{eV}$, $E_{f-p}=-5.3\text{eV}$; 23 为 ZnO (N 型), $E_{c-n}=-4.0\text{eV}$, $E_{f-n}=-4.2\text{eV}$; 其余条件相同。

表 1

	12	13			23			22	隧道结的结区厚度
		材料	E_{v-p} 或 E_{c-n}	E_{f-p} 或 E_{f-n}	材料	E_{c-n} 或 E_{v-p}	E_{f-n} 或 E_{f-p}		
实施例 1	G60 电子传输层	PEDOT:PSS (P 型)	-5.2eV	-5.3 eV	V_2O_5 (N 型)	-6.5eV	-6.4eV	NiO_x 空穴传输层	2nm
实施例 2	PTAA 空穴传输层	WO_3 (N 型)	-6.4eV	-6.3eV	NiO (P 型)	-5.4eV	-5.5 eV	SnO_2 电子传输层	5nm
实施例 3	G60 电子传输层	Spiro-OMeTAD (P 型)	-5.2eV	-5.25 eV	V_2O_5 (N 型)	-6.5eV	-6.4eV	NiO_x 空穴传输层	2nm
实施例 4	G60 电子传输层	Spiro-OMeTAD (P 型)	-5.2eV	-5.25 eV	WO_3 (N 型)	-6.4eV	-6.3eV	NiO_x 空穴传输层	2nm
实施例 5	G60 电子传输层	PEDOT:PSS (P 型)	-5.2eV	-5.3 eV	V_2O_5 (N 型)	-6.5eV	-6.4eV	NiO_x 空穴传输层	10nm
实施例 6	G60 电子传输层	PEDOT:PSS (P 型)	-5.2eV	-5.3 eV	V_2O_5 (N 型)	-6.5eV	-6.4eV	NiO_x 空穴传输层	12nm
对比例 1	G60 电子传输层	Spiro-OMeTAD (P 型)	-5.2eV	-5.25 eV	SnO_2 (N 型)	-4.3eV	-4.33eV	NiO_x 空穴传输层	2nm
对比例 2	G60 电子传输层	PEDOT:PSS (P 型)	-5.2eV	-5.3 eV	ZnO (N 型)	-4.0eV	-4.2eV	NiO_x 空穴传输层	2nm

表 1 中 12 表示上层电池的第一载流子传输层, 13 表示上层电池的第二载流子传输层, 23 表示下层电池的第二载流子传输层, 22 表示下层电池的第一载流子传输层。

- 5 现有的复合串联层: 该串联结构依赖于电子和空穴在具有电阻的导电材料(如金属、透明导电氧化物等)中的复合, 而其电阻会引起能量的损失, 导致电流的降低。而在本申请中, 由于隧穿复合串联和现有的复合层的导电机制不同, 导致其串联电阻极低, 可以认为是零电阻串联。本申请的隧道结中, 由于电子是 n 型材料价带到 p 型材料导带直接跃迁, 跃迁机制依赖于量子隧穿模式。该模式没有隧穿势垒, 没有能量的损失。
- 10

实施例 6 因隧道结的结区的宽度大于 10nm, 结区过宽的话, 隧穿阻力过大, 导致不能实现隧穿。

对比例 1-2 因不满足公式(1)~(3), 串联电阻较大, 导致不能实现隧穿。

- 尽管以上结合对本申请的实施方案进行了描述, 但本申请并不局限于上述的具体实施方案和应用领域, 上述的具体实施方案仅仅是示意性的、指导性的, 而不是限制性的。本领域的普通技术人员在本说明书的启示下和在不脱离本申请权利要求所保护的范围的情况下, 还可以做出很多种的形式, 这些均属于本申请保护之列。
- 15

权 利 要 求

1、一种叠层太阳能电池，包括：依次层叠设置的上层电池、下层电池；

上层电池包括第二载流子传输层；

5 下层电池包括第二载流子传输层；

上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层构成串联隧道结。

2、根据权利要求 1 的叠层太阳能电池，

10 上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层的导电类型相反。

3、根据权利要求 2 的叠层太阳能电池，

上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层分别为 P 型导电层或 N 型导电层，

15 其中，在 P 型导电层的导带底、价带顶和费米能级的位置分别用 E_{c-p} 、 E_{v-p} 、 E_{f-p} 来表示，N 型导电层的导带底、价带顶和费米能级的位置分别用 E_{c-n} 、 E_{v-n} 、 E_{f-n} 来表示的情况下，需要满足如下公式(1)~(3)：

$$E_{v-p} \geq E_{c-n} \quad (\text{公式 1})$$

$$E_{f-p} \leq E_{v-p} \quad (\text{公式 2})；\text{且}$$

$$E_{f-n} \geq E_{c-n} \quad (\text{公式 3})。$$

20 4、根据权利要求 1~3 中任一项的叠层太阳能电池，

隧道结中上层电池的第二载流子传输层和下层电池的第二载流子传输层界面处的空间电荷区域的宽度大于 0 且小于等于 10nm。

5、根据权利要求 1~4 中任一项的叠层太阳能电池，

上层电池还包括第一载流子传输层和吸收层；

25 下层电池还包括第一载流子传输层和吸收层。

6、根据权利要求 5 的叠层太阳能电池，

上层电池为宽带隙太阳能电池。

7、根据权利要求6的叠层太阳能电池，

上层电池选自钙钛矿太阳能电池、铜铟镓硒太阳能电池、碲化镉太阳能电池或III-V族化合物太阳能电池。

8、根据权利要求5的叠层太阳能电池，

5 上层电池的第一载流子传输层为电子传输层且上层电池的第二载流子传输层为空穴传输层；或者，

上层电池的第一载流子传输层为空穴传输层且上层电池的第二载流子传输层为电子传输层。

9、根据权利要求8的叠层太阳能电池，

10 上层电池的电子传输层的材料为C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、WO₃、ZnSnO₄、SrTiO₃、Ga₂O₃、In₂O₃、Ta₂O₅、MoS₂、Nb₂O₅或功函数大于0且小于等于5.0 eV的N型半导体材料中的一种或两种以上。

10、根据权利要求8的叠层太阳能电池，

15 上层电池的空穴传输层的材料为氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、TFB（聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))]）、F8、功函数大于等于5.0 eV的P型半导体材料和功函数大于等于6 eV的N型半导体材料中的一种或两种以上。

20 11、根据权利要求5的叠层太阳能电池，

下层电池为窄带隙太阳能电池。

12、根据权利要求11的叠层太阳能电池，

下层电池为薄膜电池或单晶硅电池。

13、根据权利要求5的叠层太阳能电池，

25 下层电池的第一载流子传输层为电子传输层且下层电池的第二载流子传输层为空穴传输层；或者，

下层电池的第一载流子传输层为空穴传输层且下层电池的第二载流

子传输层为电子传输层。

14、根据权利要求 13 的叠层太阳能电池，

下层电池的电子传输层的材料为 C60、PC61BM、PC71BM、ICBA、氧化锡、氧化锌、氧化钛、CdS、CdSe、 WO_3 、 $ZnSnO_4$ 、 $SrTiO_3$ 、 Ga_2O_3 、 In_2O_3 、
5 Ta_2O_5 、 MoS_2 、 Nb_2O_5 、功函数大于 0 且小于等于 4.4 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

15、根据权利要求 13 的叠层太阳能电池，

下层电池的空穴传输层的材料为氧化镍、CuSCN、碘化亚铜、氧化亚铜、氧化铜、铬酸亚铜、Spiro-OMeTAD、PTAA、PEDOT-PSS、PEDOT、P3HT、
10 TFB（聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯胺))]）、F8、功函数大于等于 5.2 eV 的 P 型半导体材料和功函数大于等于 6 eV 的 N 型半导体材料中的一种或两种以上。

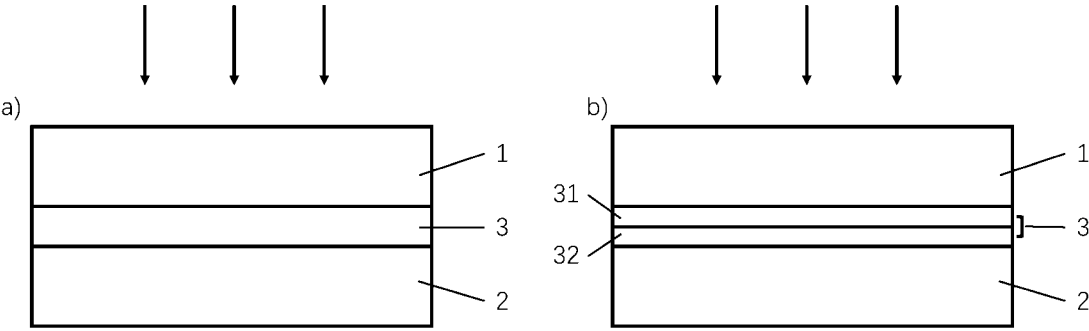


图 1

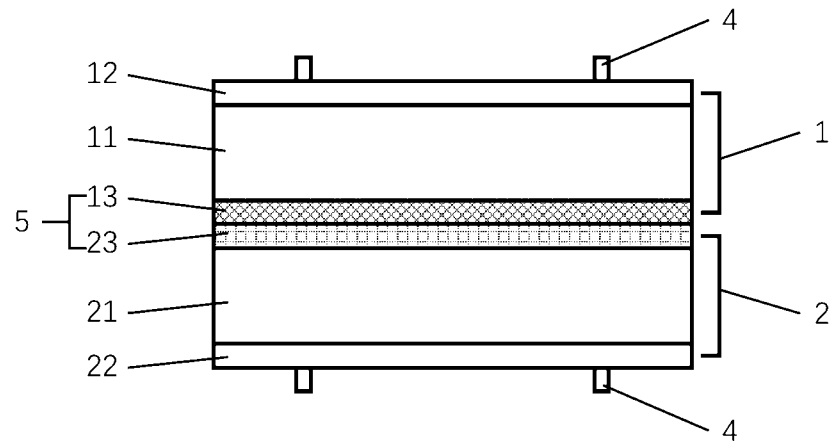


图 2

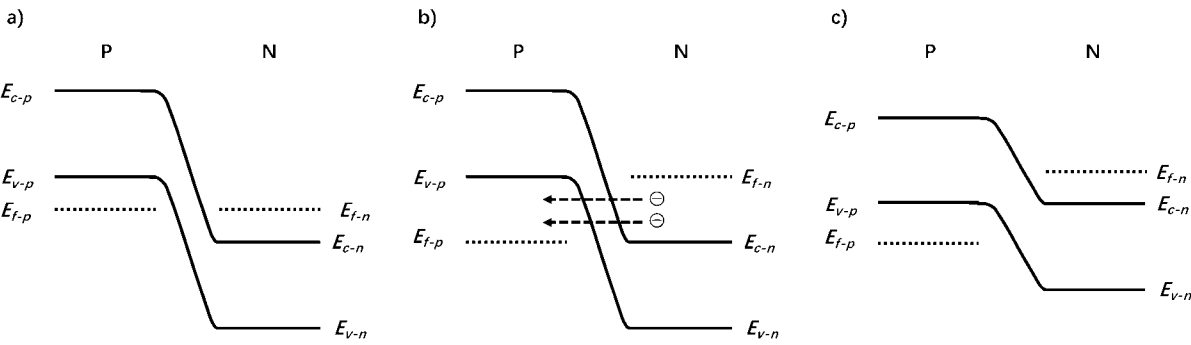


图 3

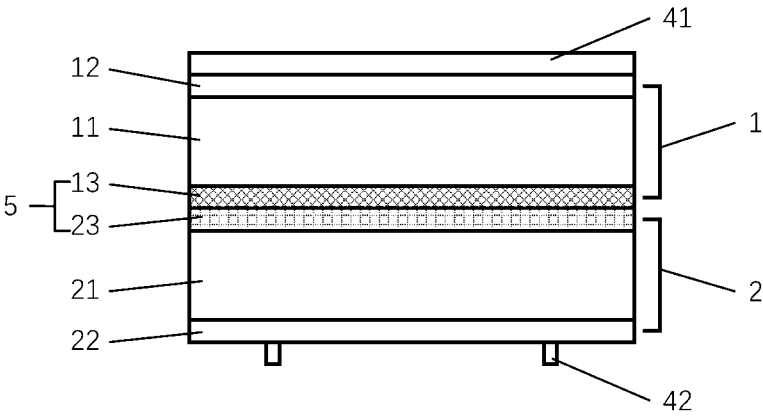


图 4

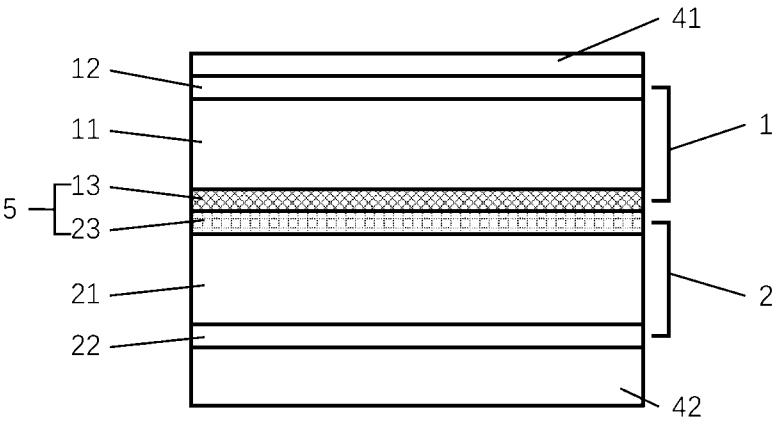


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/138544

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H10K39/12(2023.01)i; H10K39/15(2023.01)i; H10K30/57(2023.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:H10K; H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI; 百度学术, BAIDU SCHOLAR: 太阳能电池, 光伏, 钙钛矿, 隧穿, 电子传输层, 空穴传输层, solar cell, photovoltaic, perovskite, tunnel, electron transport layer, ETL, hole transport layer, HTL

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116056476 A (LONGI GREEN ENERGY TECHNOLOGY CO. LTD.) 02 May 2023 (2023-05-02) description, paragraphs 5-137, and figures 1-5	1-15
X	HEO, Jin Hyuck et al. "CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ -CH ₃ NH ₃ PbI ₃ Perovskite-Perovskite Tandem Solar Cells with Exceeding 2.2 V Open Circuit Voltage" <i>Advanced Materials</i> , Vol. 28, No. 25, 03 July 2016 (2016-07-03), pages 1-5 ISSN: 0935-9648, page 1, left-hand column, paragraph 1 to page 5, and left-hand column, paragraph 2	1-15
Y	HEO, Jin Hyuck et al. "CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ -CH ₃ NH ₃ PbI ₃ Perovskite-Perovskite Tandem Solar Cells with Exceeding 2.2 V Open Circuit Voltage" <i>Advanced Materials</i> , Vol. 28, No. 25, 03 July 2016 (2016-07-03), pages 1-5 ISSN: 0935-9648, page 1, left-hand column, paragraph 1 to page 5, and left-hand column, paragraph 2	14-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "D" document cited by the applicant in the international application
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 March 2024

Date of mailing of the international search report

18 March 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/138544

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ZHANG, Meng et al. "Efficient interconnecting layers in monolithic all-perovskite tandem solar cells" <i>Energy & Environmental Science</i> , Vol. 15, No. 8, 27 May 2022 (2022-05-27), pages 3152-3170 ISSN: 1754-5692, page 3158, section 3.1, paragraph 1-page 3159, section 3.1, paragraph 2	1-15
Y	ZHANG, Meng et al. "Efficient interconnecting layers in monolithic all-perovskite tandem solar cells" <i>Energy & Environmental Science</i> , Vol. 15, No. 8, 27 May 2022 (2022-05-27), pages 3152-3170 ISSN: 1754-5692, page 3158, section 3.1, paragraph 1-page 3159, section 3.1, paragraph 2	14-15
X	CN 113206123 A (NANJING UNIVERSITY) 03 August 2021 (2021-08-03) description, paragraphs 8-52, and figure 2	1-13
Y	CN 113206123 A (NANJING UNIVERSITY) 03 August 2021 (2021-08-03) description, paragraphs 8-52, and figure 2	14-15
A	CN 115472711 A (LONGI LEYE PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 December 2022 (2022-12-13) entire document	1-15
A	US 2016163904 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 09 June 2016 (2016-06-09) entire document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/138544

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116056476	A	02 May 2023	None			
CN	113206123	A	03 August 2021	None			
CN	115472711	A	13 December 2022	WO	2024001330	A1	04 January 2024
US	2016163904	A1	09 June 2016	US	10535791	B2	14 January 2020
				WO	2016090179	A1	09 June 2016

A. 主题的分类

H10K39/12(2023.01)i; H10K39/15(2023.01)i; H10K30/57(2023.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:H10K; H01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI;百度学术: 太阳能电池, 光伏, 钙钛矿, 隧穿, 电子传输层, 空穴传输层, solar cell, photovoltaic, perovskite, tunnel, electron transport layer, ETL, hole transport layer, HTL

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116056476 A (隆基绿能科技股份有限公司) 2023年5月2日 (2023 - 05 - 02) 说明书第5-137段, 图1-5	1-15
X	HEO, Jin Hyuck 等. "CH3NH3PbBr3 - CH3NH3PbI3 Perovskite - Perovskite Tandem Solar Cells with Exceeding 2.2 V Open Circuit Voltage" Advanced Materials, 第28卷, 第25期, 2016年7月3日 (2016 - 07 - 03), 第1-5页 ISSN: 0935-9648, 第1页左栏第1段-第5页左栏第2段	1-15
Y	HEO, Jin Hyuck 等. "CH3NH3PbBr3 - CH3NH3PbI3 Perovskite - Perovskite Tandem Solar Cells with Exceeding 2.2 V Open Circuit Voltage" Advanced Materials, 第28卷, 第25期, 2016年7月3日 (2016 - 07 - 03), 第1-5页 ISSN: 0935-9648, 第1页左栏第1段-第5页左栏第2段	14-15

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"D" 申请人在国际申请中引证的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年3月13日

国际检索报告邮寄日期

2024年3月18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

陈树华

电话号码 (+86) 020-28958391

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	ZHANG, Meng 等. "Efficient interconnecting layers in monolithic all-perovskite tandem solar cells" Energy & Environmental Science, 第15卷, 第8期, 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27), 第3152-3170页 ISSN: 1754-5692, 第3158页3.1部分第1段-第3159页3.1部分第2段	1-15
Y	ZHANG, Meng 等. "Efficient interconnecting layers in monolithic all-perovskite tandem solar cells" Energy & Environmental Science, 第15卷, 第8期, 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27), 第3152-3170页 ISSN: 1754-5692, 第3158页3.1部分第1段-第3159页3.1部分第2段	14-15
X	CN 113206123 A (南京大学) 2021年8月3日 (2021 - 08 - 03) 说明书第8-52段, 图2	1-13
Y	CN 113206123 A (南京大学) 2021年8月3日 (2021 - 08 - 03) 说明书第8-52段, 图2	14-15
A	CN 115472711 A (隆基乐叶光伏科技(西咸新区)有限公司) 2022年12月13日 (2022 - 12 - 13) 全文	1-15
A	US 2016163904 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 2016年6月9日 (2016 - 06 - 09) 全文	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/138544

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	116056476	A	2023年5月2日	无			
CN	113206123	A	2021年8月3日	无			
CN	115472711	A	2022年12月13日	WO	2024001330	A1	2024年1月4日
US	2016163904	A1	2016年6月9日	US	10535791	B2	2020年1月14日
				WO	2016090179	A1	2016年6月9日