(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 12 月 19 日 (19.12.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/255409 A1

(51) 国际专利分类号:
C07F 9/54 (2006.01) *H10K 30/50* (2023.01)
H10K 30/88 (2023.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/086861

(22) 国际申请日: 2024 年 4 月 9 日 (09.04.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310708422.3 2023年6月14日 (14.06.2023) CN

(71) 申请人: 宁德时代未来能源（上海）研究院有限公司(**CONTEMPORARY AMPEREX FUTURE ENERGY RESEARCH INSTITUTE (SHANGHAI) LIMITED**) [CN/CN]; 中国上海市闵行区园美路 58 号 1 幢 2 层 203、204 室, Shanghai 200241 (CN)。宁德时代新能源科技股份有限公司 (**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 贾博宇 (**JIA, Boyu**); 中国上海市闵行区园美路58号1幢2层203、204室, Shanghai 200241 (CN)。梁伟风(**LIANG, Weifeng**); 中国上海市闵行区园美路58号1幢2层203、204室, Shanghai 200241 (CN)。顾帅 (**GU, Shuai**); 中国上海市闵行区园美路58号1幢2层203、204室, Shanghai 200241 (CN)。史若璇(**SHI, Ruoxuan**); 中国上海市闵行区园美路58号1幢2层203、204室, Shanghai 200241 (CN)。陈国栋 (**CHEN, Guodong**); 中国上海市闵行区园美路58号1幢2层203、204室,

(54) **Title:** PHOSPHORUS-CONTAINING PASSIVATOR, PEROVSKITE SOLAR CELL, PHOTOVOLTAIC MODULE, PHOTOVOLTAIC SYSTEM AND ELECTRICAL APPARATUS

(54) 发明名称: 含磷钝化剂、钙钛矿太阳能电池、光伏组件、光伏系统及用电装置

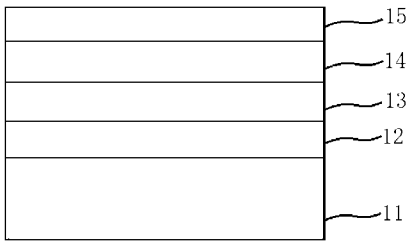


图 1

(57) **Abstract:** A phosphorus-containing passivator, a perovskite solar cell, a photovoltaic module, a photovoltaic system and an electrical apparatus. The phosphorus-containing passivator comprises an ionic compound, the ionic compound comprising a cationic group, and the cationic group having a structure as shown in a formula (I): A-L-B (I), in which A represents an organophosphorus group with a lone pair, B represents an organophosphorus salt group with positive charges, and L represents a linking group between the organophosphorus group and the organophosphorus salt group. The lone pair of the organophosphorus group can form a relatively strong P-Pb coordination bond with coordinatively unsaturated lead ions in a bulk phase and/or at upper and lower interfaces of a perovskite light-absorbing layer, thereby passivating defects of undercoordinated lead ions. In addition, the organophosphorus salt group can form low-dimensional perovskite at the upper and lower interfaces of the perovskite layer, thereby passivating the interfaces of the perovskite layer, and suppressing migration of ions. In this way, the cooperation of the organophosphorus group and the organophosphorus salt group can improve the photoelectric properties and stability of perovskite solar cells.

(57) 摘要: 一种含磷钝化剂、钙钛矿太阳能电池、光伏组件、光伏系统及用电装置；其中的含磷钝化剂包括离子化合物，离子化合物包括阳离子基团，阳离子基团具有如式(I)所示的结构：A-L-B(I)；其中，A表示带有孤对电子的有机磷基团，B表示带有正电荷的有机磷盐基团，L表示所述有机磷基团和所述有机磷盐基团之间的连接基团。有机磷基团的孤对电子可与钙钛矿吸光层体相和/或上下界面处不饱和配位的铅离子形成较强的P-Pb配位键，钝化低配位铅离子缺陷；有机磷盐基团可在钙钛矿层上下界面处形成低维钙钛矿，钝化钙钛矿层界面，抑制离子迁移；通过有机磷基团和有机磷盐基团的协同作用可提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

WO 2024/255409 A1

[见续页]

Shanghai 200241 (CN)。 郭永胜(**GUO, Yongsheng**); 中国上海市闵行区园美路58号1幢2层203、204室, Shanghai 200241 (CN)。

(74) 代理人:北京华进京联知识产权代理有限公司 (**ACIP LAW OFFICES**); 中国北京市海淀区知春路7号致真大厦A1403, Beijing 100191 (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))。

说 明 书

含磷钝化剂、钙钛矿太阳能电池、光伏组件、光伏系统及用电装置

本申请引用于2023年06月14日递交的名称为“含磷钝化剂、钙钛矿太阳能电池、光伏组件、光伏系统及用电装置”的第202310708422.3号中国专利申请，其通过引用被全部并入本申请。

技术领域

本申请涉及太阳能电池技术领域，特别涉及一种含磷钝化剂、钙钛矿太阳能电池、光伏组件、光伏系统及用电装置。

背景技术

钙钛矿太阳能电池属于第三代太阳能电池，具有优异的光电特性、高光吸收系数、载流子寿命长及扩散长度较长等诸多特点，已成为第三代新型太阳能电池中的佼佼者。

然而，钙钛矿太阳能电池在制备成薄膜时，体相及表面会存在大量缺陷，包括深能级陷阱的低配位 Pb^{2+}、Pb 团簇、低配位卤化物离子、离子迁移产生的反位缺陷 PbI_3^-，浅能级缺陷的卤素 X^-空位和 A 位阳离子空位，而大量缺陷的存在影响钙钛矿太阳能电池的光电性能及其稳定性。

发明内容

本申请是鉴于上述课题而进行的，其目的包括，提供一种含磷钝化剂、钙钛矿太阳能电池、光伏组件、光伏系统及用电装置，以提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

本申请是通过如下的技术方案实现的。

本申请的第一方面提供一种含磷钝化剂，所述含磷钝化剂包括离子化合物，所述离子化合物包括阳离子基团；所述阳离子基团具有如下式(I)所示的结构：

A-L-B

(I)

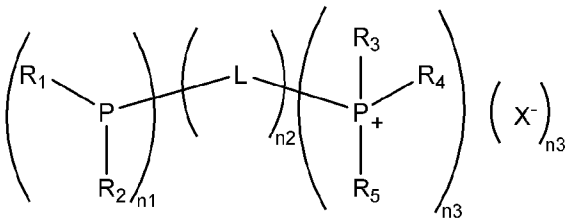
其中，A 表示带有孤对电子的有机磷基团，B 表示带有正电荷的有机磷盐基团，L 表示所述有机磷基团和所述有机磷盐基团之间的连接基团。

本申请的含磷钝化剂中含有带有孤对电子的有机磷基团和带有正电荷的有机磷盐基团，有机磷基团的孤对电子可与钙钛矿吸光层体相和/或上下界面处不饱和配位的铅离子形成较强的 P-Pb 配位键，钝化低配位铅离子缺陷；有机磷盐基团可在钙钛矿层上下界面处形成低维钙钛矿，钝化钙钛矿层界面，抑制离子迁移；因此，通过有机磷基团和有机磷盐基团的协同作用可提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

在一些实施例中，所述离子化合物还包括阴离子基团，所述阴离子基团包括卤素阴离子、类卤素阴离子、四氟硼酸根离子、六氟磷酸根离子和二甲磺酰胺根离子中的一种或多种。卤素阴离子和含卤素的阴离子基团可分别钝化碘离子空位，减少能量损失。

在一些实施例中，所述 L 包括取代或未取代的亚烷基、取代或未取代的亚环烷基以及取代或未取代的芳基亚芳基中的一种或多种。

在一些实施例中，所述含磷钝化剂具有如下式(II) 所示的结构：



(II)

其中，R_1、R_2、R_3、R_4、R_5 包括取代或未取代的烷基、取代或未取代的环烷基以及取代或未取代的芳基中的任意一种；

L 包括取代或未取代的亚烷基、取代或未取代的亚环烷基、取代或未取代的芳基亚芳基中的任意一种；

X 包括卤素阴离子和含卤素的阴离子基团中的任意一种；

$1 \leqslant n1 \leqslant 4$，$1 \leqslant n2 \leqslant 10$，$1 \leqslant n3 \leqslant 4$，n1、n2、 n3 为整数。

在一些实施例中，所述 R_1、所述 R_2、所述 R_3、所述 R_4、所述 R_5 包括碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、苯基以及取代的苯基中的任意一种；所述取代的苯基中具有的取代基包括卤素、烷基、环烷基、烷氧基、烷硫基、烷硅基和烷氧硅基中的一种或多种；

可选地，所述取代的苯基中具有的取代基包括卤素、碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、碳原子数为 1-10 的烷氧基、碳原子数为 1-10 的烷硫基、碳原子数为 1-10 的烷硅基和碳原子数为 1-10 的烷氧硅基中的一种或多种。

在一些实施例中，所述 R_1、所述 R_2 包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种；

可选地，所述 R_1、所述 R_2 相同地包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种。

在一些实施例中，所述 R_3、所述 R_4、所述 R_5 包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种；

可选地，所述 R_3、所述 R_4、所述 R_5 相同地包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种。

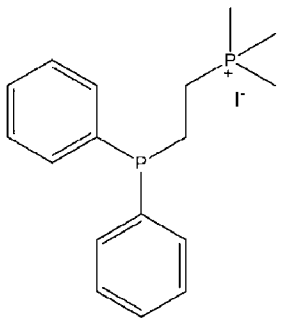
在一些实施例中，所述 L 包括碳原子数为 1-10 的亚烷基、碳原子数为 1-10 的亚环烷基、亚苯基以及取代的亚苯基中的任意一种；所述取代的亚苯基中具有的取代基包括卤素、烷基、环烷基、烷氧基、烷硫基、烷硅基和烷氧硅基中的一种或多种；

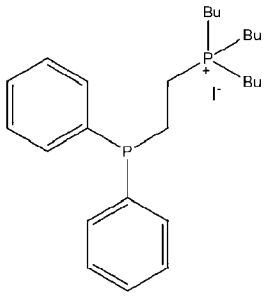
可选地，所述取代的亚苯基中具有的取代基包括卤素、碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、碳原子数为 1-10 的烷氧基、碳原子数为 1-10 的烷硫基、碳原子数为 1-10 的烷硅基以及碳原子数为 1-10 的烷氧硅基中的一种或多种。

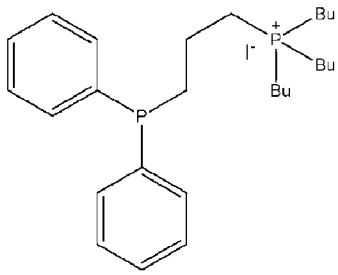
在一些实施例中，所述 L 包括碳原子数为 1-10 的亚烷基中的任意一种。

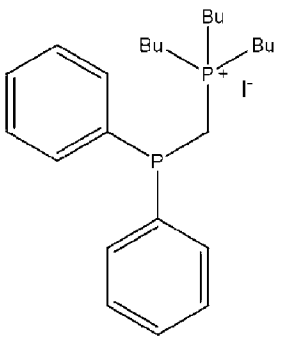
在一些实施例中，所述 X 包括碘离子和四氟化硼离子中的任意一种。

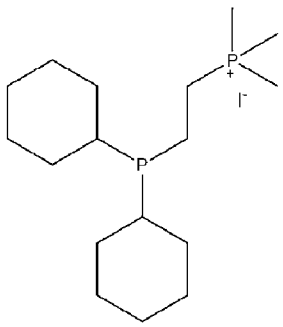
在一些实施例中，所述含磷钝化剂包括以下结构式中的任意一种：

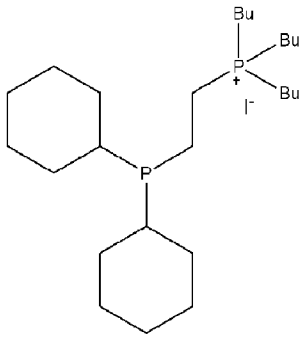

M1、

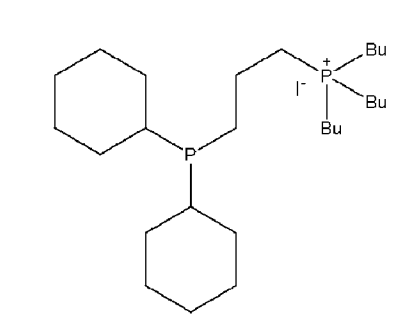

M2、

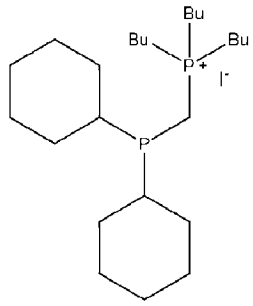

M3、

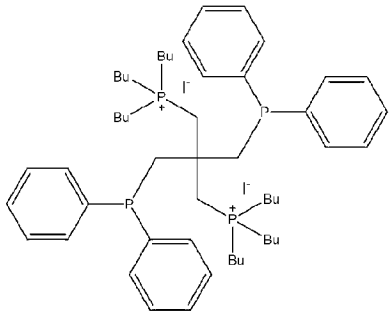

M4、

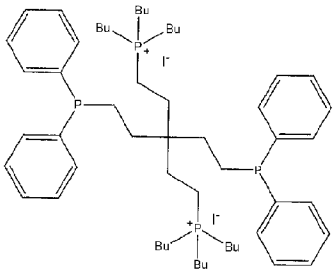

M5、

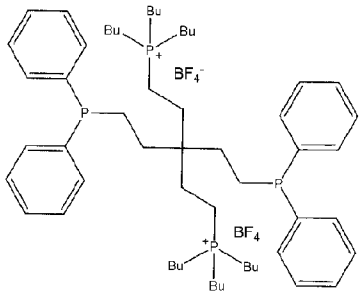

M6、

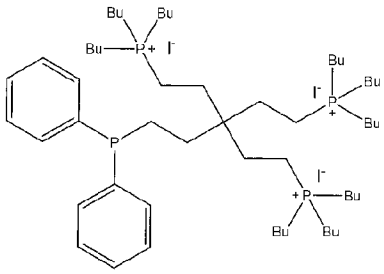

M7

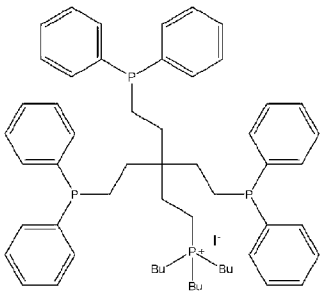

M8

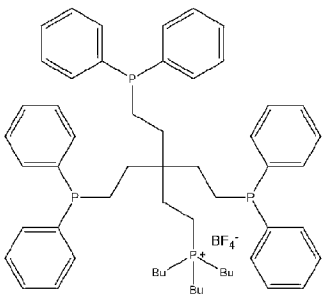

M9

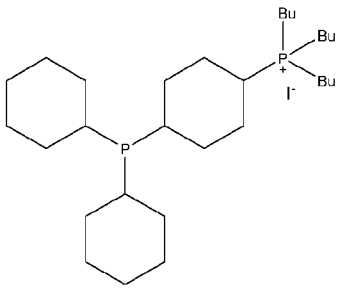

M10

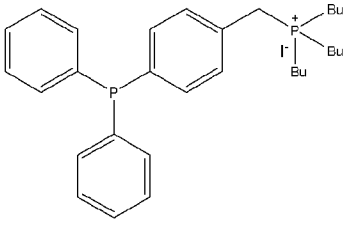

M11

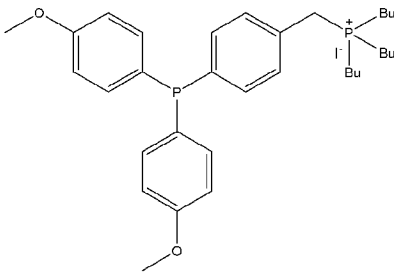

M12

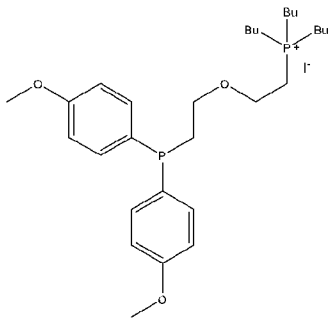

M13


M14


M15


M16


M17


M18

本申请的第二方面提供了一种钙钛矿太阳能电池，所述钙钛矿太阳能电池包含本申请第一方面的含磷钝化剂。通过制备过程中加入含磷钝化剂，制备得到含有含磷钝化剂的钙钛矿太阳能电池，含磷钝化剂可协调钝化低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷，减少电荷在钙钛矿吸光层体现和/或界面处的能量损失，提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

在一些实施例中，所述钙钛矿太阳能电池包括钙钛矿吸光层，所述钙钛矿吸光层包含所述含磷钝化剂；在制备钙钛矿吸光层时直接加入含磷钝化剂，钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。

可选地，所述含磷钝化剂在所述钙钛矿吸光层中的质量占比为 0.01%-1%；可选为 0.05%-0.5%。含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比在上述范围内时，可有效钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。

在一些实施例中，所述钙钛矿太阳能电池包括层叠设置的钙钛矿吸光层和钝化层，所述

钝化层位于所述钙钛矿吸光层的入光侧或出光侧，所述钝化层包含所述含磷钝化剂；可选地，所述钝化层的厚度为 0.1nm-10nm；可选为 1nm-10nm。

在钙钛矿吸光层的上表面或下表面形成钝化层，可钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷；钝化层的厚度在上述范围内时，可有效钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。

在一些实施例中，所述钙钛矿吸光层包括分子式为 ABX_3 或 A_2CDX_6 的活性材料；

可选地，所述分子式为 ABX_3 或 A_2CDX_6 的活性材料具有下述特征中的至少一项：

(1)A 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 A 包括一价脒基阳离子、一价胺基阳离子和 Cs^+中的一种或多种；

(2)B 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 B 包括 Pb^{2+}和 Sn^{2+}中的一种或多种；

(3)C 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 C 包括 Ag^+；

(4)D 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 D 包括 Bi^{3+}、Sb^{3+}、和 In^{3+}中的一种或多种；

(5)X 包括有机阴离子和无机阴离子中的一种或多种；可选地，所述 X 包括 Br^-和 I^-中的一种或多种。

在一些实施例中，所述钙钛矿吸光层具有下述特征中的至少一项：

(1)所述钙钛矿吸光层的厚度为 100nm-1000nm；

(2)所述钙钛矿吸光层的带隙宽度包括 1.2eV -2.3eV。

钙钛矿吸光层的厚度在上述范围内时，可有效吸收太阳光，实现最佳的光电转换效率和稳定性。钙钛矿吸光层的带隙宽度在上述范围内时，可具有较高的可见光吸收效率。

在一些实施例中，所述钙钛矿太阳能电池还包括位于所述钙钛矿吸光层的出光侧的电子传输层、阻挡层和电极层，所述电子传输层、所述阻挡层和所述电极层依次层叠设置，其中所述电子传输层更临近所述钙钛矿吸光层；

可选地，所述阻挡层的材料包括 2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲、SnO_2、ZnO 以及含铈氧化物中的一种或多种；

可选地，所述阻挡层的厚度为 0.5nm-20nm。

阻挡层可有效阻挡空穴的传输，减少由于电荷复合而引起的能量损失；采用上述材料制备阻挡层，可使得阻挡层具有较低的价带顶，进一步提高阻挡层对于空穴的传输作用；阻挡层的厚度在上述范围内时，即可以有效阻隔空穴，又不至于过厚影响电子传输。

本申请的第三方面提供了一种光伏组件，包括本申请第二方面的钙钛矿太阳能电池。钙钛矿太阳能电池的光电转换效率高且稳定性好，可提高光伏组件的光电效率和稳定性。

本申请的第四方面提供了一种光伏系统，包括本申请第三方面的光伏组件。光伏系统利用光伏组件中的钙钛矿太阳能电池，将太阳辐射能直接转换成电能，效率高、稳定性好。

本申请的第五方面提供了一种用电装置，包括本申请第二方面的钙钛矿太阳能电池。

附图说明

为了更清楚地说明本申请的技术方案，下面将对本申请中所使用的附图作简单介绍。显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施方式，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据附图获得其他的附图。

图 1 是本申请一实施方式提供的钙钛矿太阳能电池的结构示意图。

图 2 是本申请一实施方式提供的钙钛矿太阳能电池的结构示意图。

图 3 是本申请一实施方式提供的钙钛矿太阳能电池的结构示意图。

图 4 是本申请一实施方式的钙钛矿太阳能电池用作电源的用电装置的示意图。

具体实施方式

为了便于理解本申请，下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了

本申请的较佳实施例。但是，本申请可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使对本申请的公开内容的理解更加透彻全面。

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例的目的，不是旨在于限制本申请。

本申请中，以开放式描述的技术特征中，包括所列举特征组成的封闭式技术方案，也包括包含所列举特征的开放式技术方案。

为了简明，本文仅具体地公开了一些数值范围。然而，任意下限可以与任意上限组合形成未明确记载的范围；以及任意下限可以与其它下限组合形成未明确记载的范围，同样任意上限可以与任意其它上限组合形成未明确记载的范围。此外，每个单独公开的点或单个数值自身可以作为下限或上限与任意其它点或单个数值组合或与其它下限或上限组合形成未明确记载的范围。

本申请所公开的“范围”以下限和上限的形式来限定，给定范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的，选定的下限和上限限定了特别范围的边界。这种方式进行限定的范围可以是包括端值或不包括端值的，并且可以进行任意地组合，即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如，如果针对特定参数列出了 60-120 和 80-110 的范围，理解为 60-110 和 80-120 的范围也是预料到的。此外，如果列出的最小范围值 1 和 2，和如果列出了最大范围值 3，4 和 5，则下面的范围可全部预料到：1-3、1-4、1-5、2-3、2-4 和 2-5。在本申请中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示 a 到 b 之间的任意实数组合的缩略表示，其中 a 和 b 都是实数。例如数值范围“0-5”表示本文中已经全部列出了“0-5”之间的全部实数，“0-5”只是这些数值组合的缩略表示。另外，当表述某个参数为≥2 的整数，则相当于公开了该参数为例如整数 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 等。

本申请中，涉及到数值区间，如无特别说明，上述数值区间内视为连续，且包括该范围的最小值及最大值，以及这种最小值与最大值之间的每一个值。进一步地，当范围是指整数时，包括该范围的最小值与最大值之间的每一个整数。此外，当提供多个范围描述特征或特性时，可以合并该范围。换言之，除非另有指明，否则本文中所公开之所有范围应理解为包括其中所归入的任何及所有的子范围。

如果没有特别的说明，本申请的所有实施方式以及可选实施方式可以相互组合形成新的技术方案。

如果没有特别的说明，本申请的所有技术特征以及可选技术特征可以相互组合形成新的技术方案。

如果没有特别的说明，本申请的所有步骤可以顺序进行，也可以随机进行，优选是顺序进行的。例如，所述方法包括步骤(a)和(b)，表示所述方法可包括顺序进行的步骤(a)和(b)，也可以包括顺序进行的步骤(b)和(a)。例如，所述提到所述方法还可包括步骤(c)，表示步骤(c)可以任意顺序加入到所述方法，例如，所述方法可以包括步骤(a)、(b)和(c)，也可包括步骤(a)、(c)和(b)，也可以包括步骤(c)、(a)和(b)等。

如果没有特别的说明，本申请所提到的“包括”和“包含”表示开放式，也可以是封闭式。例如，所述“包括”和“包含”可以表示还可以包括或包含没有列出的其他组分，也可以仅包括或包含列出的组分。

在本文的描述中，需要说明的是，除非另有说明，“以上”、“以下”为包括本数，“一种或几种”中“几种”的含义是两种及两种以上。

在本文的描述中，除非另有说明，术语“或（or）”是包括性的。也就是说，短语“A 或（or）B”表示“A，B，或 A 和 B 两者”。更具体地，以下任一条件均满足条件“A 或 B”：A 为真（或存在）并且 B 为假（或不存在）；A 为假（或不存在）而 B 为真（或存在）；或 A 和 B 都为真（或存在）。除非另有说明，本申请中使用的术语具有本领域技术人员通常所理解的公知含义。除非另有说明，本申请中提到的各参数的数值可以用本领域常用的各种测量方法进行测

量（例如，可以按照在本申请的实施例中给出的方法进行测试）。

相关技术中，钙钛矿太阳能电池在制备成薄膜时，体相及表面会产生大量缺陷，这些缺陷的存在影响钙钛矿太阳能电池的光电性能及其稳定性，钝化缺陷是制备钙钛矿太阳能电池时亟需解决的问题。

目前，填补这些缺陷的方法主要可分为路易斯酸、路易斯碱、阴离子、阳离子钝化等，现有报导的路易斯碱钝化剂多为含氮、硫、氧等原子的分子或离子，钝化效果有限。

基于上述问题，本申请的第一方面提供了一种含磷钝化剂，该含磷钝化剂包括离子化合物，离子化合物包括阳离子基团，阳离子基团具有如下式(I)所示的结构：

A-L-B

(I)

其中，A 表示带有孤对电子的有机磷基团，B 表示带有正电荷的有机磷盐基团，L 表示所述有机磷基团和所述有机磷盐基团之间的连接基团。

需要说明的是，阳离子基团中含有的有机磷基团的个数可以为一个，也可以为多个，可根据实际需要设定；阳离子基团中含有的有机磷盐基团的个数可以为一个，也可以为多个，可根据实际需要设定。有机磷盐基团中可以带有一个正电荷，也可以带有多个正电荷。

阳离子基团中的有机磷基团和有机磷盐基团通过基团 L 进行连接。

可理解地，含磷钝化剂中含有带有孤对电子的有机磷基团和带有正电荷的有机磷盐基团，有机磷基团的孤对电子可与钙钛矿吸光层体相和/或上下界面处不饱和配位的铅离子形成较强的 P-Pb 配位键，钝化低配位铅离子缺陷；有机磷盐基团可在钙钛矿层上下界面处形成低维钙钛矿，钝化钙钛矿层界面，抑制离子迁移；因此，通过有机磷基团和有机磷盐基团的协同作用可提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

在一些实施方式中，离子化合物还包括阴离子基团，所述阴离子基团包括卤素阴离子、类卤素阴离子、四氟硼酸根离子、六氟磷酸根离子和二甲磺酰胺根离子中的一种或多种。卤素阴离子和含卤素的阴离子基团可分别钝化碘离子空位，减少能量损失。

需要说明的是，卤素阴离子是指由卤族元素得到一个电子后形成的阴离子。含卤素的阴离子基团是指由卤族元素和其他元素共同形成的阴离子基团。

本申请的离子化合物含有的有机磷基团、有机磷盐基团以及卤素阴离子和/或含卤素的阴离子基团，可协调钝化低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷，减少电荷在钙钛矿吸光层体现和/或界面处的能量损失，提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

在一些实施方式中，L 包括取代或未取代的亚烷基、取代或未取代的亚环烷基以及取代或未取代的亚芳基中的一种或多种。

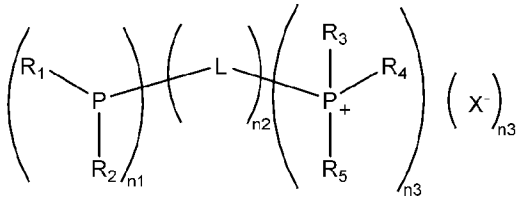
亚烷基指在烷基的基础上除去一个氢原子衍生形成具有两个单价基团中心的烃基，其可以是饱和的支链烷基或饱和的直链烷基。例如，“C_1~C_9 亚烷基”是指烷基部分包含 1~9 个碳原子，每次出现时，可以互相独立地为 C_1 亚烷基、C_4 亚烷基、C_5 亚烷基、C_6 亚烷基、C_7 亚烷基、C_8 亚烷基或 C_9 亚烷基。合适的实例包括但不限于：亚甲基(-CH_2-)、1,1-亚乙基(-$CH(CH_3)$-)、1,2-亚乙基(-CH_2CH_2-)、1,1-亚丙基(-$CH(CH_2CH_3)$-)、1,2-亚丙基(-$CH_2CH(CH_3)$-)、1,3-亚丙基(-$CH_2CH_2CH_2$-)和 1,4-亚丁基(-$CH_2CH_2CH_2CH_2$-)。

亚环烷基是指在环烷基的基础上除去一个氢原子衍生形成具有两个单价基团中心的包含环碳原子的非芳香族烃，可以为单亚环烷基、或螺亚环烷基、或桥亚环烷基。包含该术语的短语，例如，“C_3~C_9 亚环烷基”是指包含 3~9 个碳原子的亚环烷基，每次出现时，可以互相独立地为亚环丙烷基、亚环丁烷基、亚环戊烷基、亚环己烷基、亚环庚烷基、亚辛环烷基或亚壬环烷基。此外，亚环烷基还可含有一个或多个双键，含有双键的亚环烷基的代表性实例包括亚环戊烯基、亚环己烯基、亚环己二烯基和亚环丁二烯基。

亚芳基是指在芳香环化合物的基础上除去两个氢原子衍生形成的芳族烃基，可以为单环亚芳基、或稠环亚芳基、或多环亚芳基，对于多环的环种，至少一个是芳族环系。例如，“C_6~C_{20} 亚芳基”是指包含 6~20 个碳原子的亚芳基，每次出现时，可以互相独立地为 C_6 亚芳基、C_{10}

亚芳基、C_{14}亚芳基、C_{18}亚芳基或C_{20}亚芳基。

作为一种可能的实施方式，含磷钝化剂具有如下式(II) 所示的结构：



(II)

其中，R_1、R_2、R_3、R_4、R_5包括取代或未取代的烷基、取代或未取代的环烷基以及取代或未取代的芳基中的任意一种；

L 包括取代或未取代的亚烷基、取代或未取代的亚环烷基、取代或未取代的亚芳基中的任意一种；

X 包括卤素阴离子和含卤素的阴离子基团中的任意一种；

$1 \leqslant n1 \leqslant 4$，$1 \leqslant n2 \leqslant 10$，$1 \leqslant n3 \leqslant 4$，n1、n2、 n3 为整数。

需要说明的是，R_1、R_2、R_3、R_4、R_5分别包括取代或未取代的烷基、取代或未取代的环烷基以及取代或未取代的芳基中的任意一种。n1、n2、 n3 分别为整数。

烷基是指包含伯（正）碳原子、或仲碳原子、或叔碳原子、或季碳原子、或其组合的饱和烃。包含该术语的短语，例如，“C_1~C_9烷基”是指包含 1~9 个碳原子的烷基，每次出现时，可以互相独立地为C_1烷基、C_2烷基、C_3烷基、C_4烷基、C_5烷基、C_6烷基、C_7烷基、C_8烷基或C_9烷基。

环烷基是指包含环碳原子的非芳香族烃，可以为单环烷基、或螺环烷基、或桥环烷基。包含该术语的短语，例如，“C_3~C_9环烷基”是指包含 3~9 个碳原子的环烷基，每次出现时，可以互相独立地为 C_3 环烷基、C_4 环烷基、C_5 环烷基、C_6 环烷基、C_7 环烷基、C_8 环烷基或C_9 环烷基。合适的实例包括但不限于：环丙基、环丁基、环戊基、环己基和环庚基。另外，“环烷基”还可含有一个或多个双键，含有双键的环烷基的代表性实例包括环戊烯基、环己烯基、环己二烯基和环丁二烯基。

芳基是指在芳香环化合物的基础上除去一个氢原子衍生的芳族烃基，可以为单环芳基、或稠环芳基、或多环芳基，对于多环的环种，至少一个是芳族环系。例如，“C_6~C_{20}芳基”是指包含 6~20 个碳原子的芳基，每次出现时，可以互相独立地为C_6芳基、C_{10}芳基、C_{14}芳基、C_{18}芳基或C_{20}芳基。合适的实例包括但不限于：苯、联苯、萘、蒽、菲、二萘嵌苯、三亚苯及其衍生物。

需要说明的是，“取代或未取代”表示所定义的基团可以被取代，也可以不被取代。当所定义的基团被取代时，应理解为任选被本领域可接受的基团所取代，包括但不限于：烷基、烷氧基、烯基、炔基、芳基、杂芳基、杂烷基、杂环基、氨基、卤素。

在一些实施例中，R_1、R_2、R_3、R_4、R_5包括碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、苯基以及取代的苯基中的任意一种；取代的苯基中具有的取代基包括卤素、烷基、环烷基、烷氧基、烷硫基、烷硅基和烷氧硅基中的一种或多种。

需要说明的是，R_1、R_2、R_3、R_4、R_5分别包括碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、苯基以及取代的苯基中的任意一种。

在一些可选的实施方式中，取代的苯基中具有的取代基包括卤素、碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、碳原子数为 1-10 的烷氧基、碳原子数为 1-10 的烷硫基、碳原子数为 1-10 的烷硅基和碳原子数为 1-10 的烷氧硅基中的一种或多种。

烷氧基是指具有-O-烷基的基团，即烷基经由氧原子连接至母核结构。包含该术语的短语，例如，“C_1~C_9烷氧基”是指烷基部分包含 1~9 个碳原子，每次出现时，可以互相独立地为C_1烷氧基、C_4烷氧基、C_5烷氧基、C_6烷氧基、C_7烷氧基、C_8烷氧基或C_9烷氧基。合适的实例包括但不限于：甲氧基(-O-CH_3或-OMe)、乙氧基(-O-CH_2CH_3或-OEt)和叔丁氧基(-O-$C(CH_3)_3$

或-OtBu)。

烷硫基是指在烷基的基础上至少一个碳原子被硫元素所替代，烷基经由硫原子连接至母核结构。

烷硅基是指在烷基的基础上至少一个碳原子被硅元素所替代，烷基经由硅原子连接至母核结构。

烷氧硅基是指在烷基的基础上至少一个碳原子被硅元素所替代，烷氧基经由硅原子连接至母核结构。

在一些实施方式中，R_1、R_2 包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种。

需要说明的是，R_1、R_2 分别包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种。

在一些可选的实施方式中， R_1、R_2 相同地包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种。

在一些实施方式中，R_3、R_4、R_5 包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种。

需要说明的是，R_3、R_4、R_5 分别包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种。

在一些可选的实施方式中，R_3、R_4、R_5 相同地包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种。

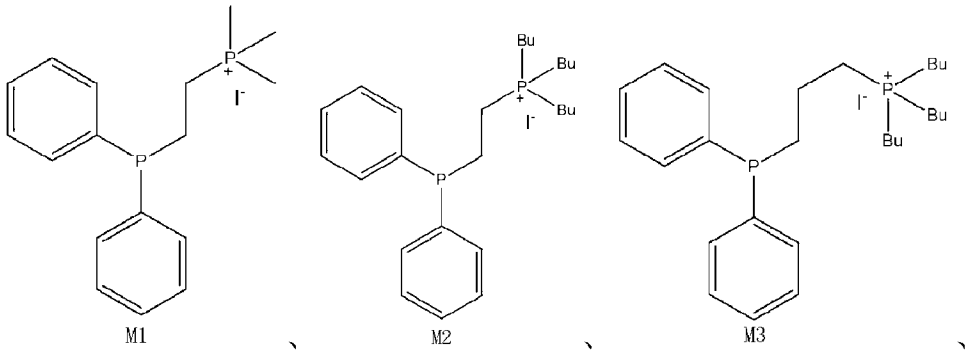
作为一种可能的实施方式，L 包括碳原子数为 1-10 的亚烷基、碳原子数为 1-10 的亚环烷基、亚苯基以及取代的亚苯基中的任意一种；所述取代的亚苯基中具有的取代基包括卤素、烷基、环烷基、烷氧基、烷硫基、烷硅基和烷氧硅基中的一种或多种。

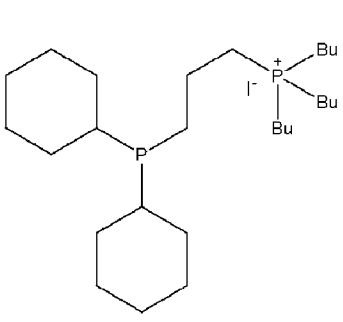
在一些可选的实施方式中，取代的亚苯基中具有的取代基包括卤素、碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、碳原子数为 1-10 的烷氧基、碳原子数为 1-10 的烷硫基、碳原子数为 1-10 的烷硅基以及碳原子数为 1-10 的烷氧硅基中的一种或多种。

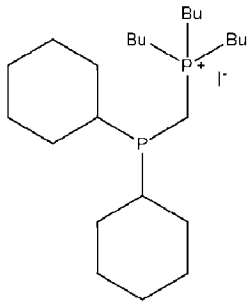
在一些实施方式中，L 包括碳原子数为 1-10 的亚烷基中的任意一种。

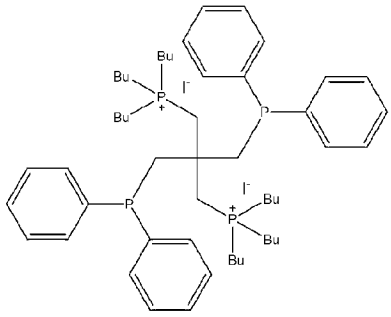
在一些实施方式中，X 包括碘离子和四氟化硼离子中的任意一种。

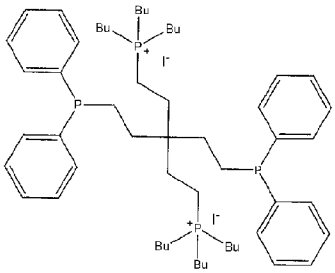
在一些实施例中，含磷钝化剂包括以下 M1-M14 结构式中的任意一种：

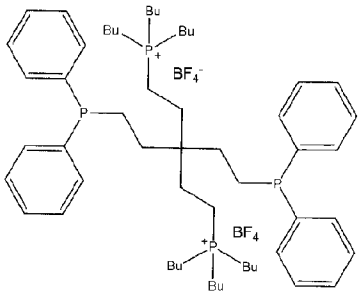


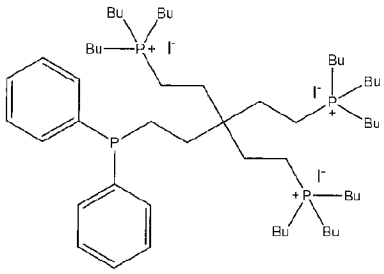

M7、

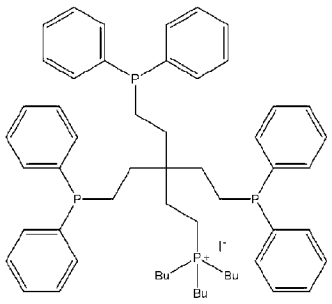

M8、

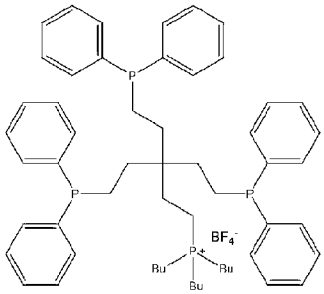

M9、

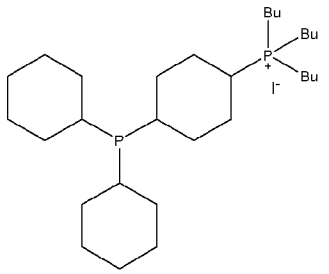

M10、

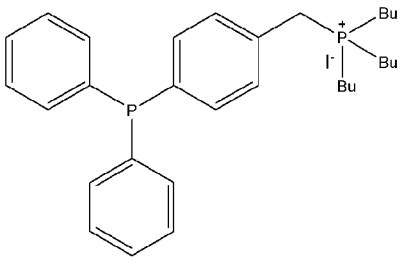

M11、

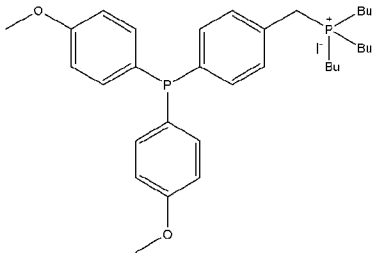

M12、

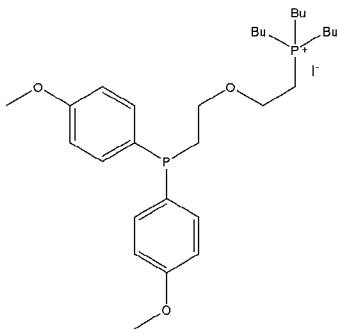

M13、


M14、


M15、


M16、


M17、


M18。

本申请的第二方面提供了一种钙钛矿太阳能电池，其包括本申请第一方面的含磷钝化剂。通过制备过程中加入含磷钝化剂，制备得到含有含磷钝化剂的钙钛矿太阳能电池，含磷钝化剂可协调钝化低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷，减少电荷在钙钛矿吸光层体现和/或界面处的能量损失，提高钙钛矿太阳能电池的光电性能和稳定性。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池包括钙钛矿吸光层，所述钙钛矿吸光层包含所述含磷钝化剂；在制备钙钛矿吸光层时直接加入含磷钝化剂，钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。

在一些可选的实施方式中，含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比为0.01%-1%；作为示例，含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比可以为但不限于0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、0.2%、0.25%、0.3%、0.35%、0.4%、0.45%、0.5%、0.55%、0.6%、0.65%、0.7%、0.75%、0.8%、0.85%、0.9%、0.95%、1%以及上述任意两个数值之间的范围。含磷钝化剂在钙钛矿

吸光层中的质量占比在上述范围内时，可有效钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。可选地，含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比为 0.05%-0.5%。

作为示例，上述提及的含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比可采用下述方法进行测定：获取钙钛矿吸光层粉末，通过元素分析方法测定吸光层中磷元素的含量。

在一些实施例中，钙钛矿太阳能电池包括层叠设置的钙钛矿吸光层和钝化层，钝化层位于钙钛矿吸光层的入光侧或出光侧，钝化层包含含磷钝化剂。在钙钛矿吸光层的上表面或下表面形成钝化层，可钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。

需要说明的是，入光侧是指太阳光穿入钙钛矿吸光层的一侧；出光侧是指太阳光穿出钙钛矿吸光层的一侧。

在一些可选的实施例中，钝化层的厚度为 0.1 纳米-10 纳米(nm)；作为示例，钝化层的厚度可以为但不限于 0.1nm、0.5nm、1nm、2nm、3nm、4nm、5nm、6nm、7nm、8nm、9nm、10nm 或者上述任意两个数值之间的范围。钝化层的厚度在上述范围内时，可有效钝化钙钛矿吸光层的低配位铅离子缺陷、界面缺陷和碘离子空位缺陷。可选地，钝化层的厚度为 1nm-10nm。

作为示例，上述提及的钝化层的厚度可采用椭偏仪、原子力显微镜等仪器进行测定。

在一些实施方式中，钙钛矿吸光层包括分子式为 ABX_3 或 A_2CDX_6 的活性材料。

可选地，A 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；进一步可选地，A 包括一价脒基阳离子、一价胺基阳离子和 Cs^+中的一种或多种。

可选地，B 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；进一步可选地，B 包括 Pb^{2+} 和 Sn^{2+}中的一种或多种。

可选地，C 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；进一步可选地，C 包括 Ag^+。

可选地，D 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；进一步可选地，D 包括 Bi^{3+}、Sb^{3+}、和 In^{3+}中的一种或多种。

可选地，X 包括有机阴离子和无机阴离子中的一种或多种；进一步可选地，X 包括 Br^- 和 I^-中的一种或多种。

在一些实施方式中，钙钛矿吸光层的厚度为 100nm-1000nm；作为示例，钙钛矿吸光层的厚度可以为但不限于 100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、1000nm 或者上述任意两个数值之间的范围。钙钛矿吸光层的厚度在上述范围内时，可有效吸收太阳光，实现最佳的光电转换效率和稳定性。

作为示例，上述提及的钙钛矿吸光层的厚度可采用椭偏仪、原子力显微镜等仪器进行测定。

在一些实施方式中，钙钛矿吸光层的带隙宽度包括 1.2 电子伏特-2.3 电子伏特(eV)。作为示例，钙钛矿吸光层的带隙宽度可以为但不限于 1.2eV、1.3eV、1.4eV、1.5eV、1.6eV、1.7eV、1.8eV、1.9eV、2 eV、2.1eV、2.2eV、2.3eV 或者上述任意两个数值之间的范围。钙钛矿吸光层的带隙宽度在上述范围内时，可具有较高的可见光吸收效率。

作为示例，上述提及的钙钛矿吸光层的带隙宽度可采用下述方法测定：用紫外-可见分光光度计测定钙钛矿吸光层的吸收图谱，用光致发光荧光光谱仪测定钙钛矿吸光层的发射图谱，通过吸收图谱和发射图谱的交点可计算出钙钛矿吸光层的带隙宽度。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池还包括透明导电基底、电子传输层、空穴传输层和电极层；透明导电基底、电子传输层、钙钛矿吸光层、空穴传输层和电极层依次层叠设置，形成正式器件结构，钙钛矿吸光层包含含磷钝化剂。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池还包括透明导电基底、电子传输层、空穴传输层和电极层；透明导电基底、空穴传输层、钙钛矿吸光层、电子传输层和电极层依次层叠设置，形成反式器件结构，钙钛矿吸光层包含含磷钝化剂。

如图 1 所示为一种钙钛矿太阳能电池的结构示意图，其中 11 表示透明导电基底，12 表示电子传输层或者空穴传输层，13 表示钙钛矿吸光层，14 表示空穴传输层或者电子传输层，

15 表示电极层。当 12 表示电子传输层、14 表示空穴传输层时，透明导电基底、电子传输层、钙钛矿吸光层、空穴传输层和电极层依次层叠设置形成正式器件结构，钙钛矿吸光层含有含磷钝化剂。当 12 表示空穴传输层、14 表示电子传输层时，透明导电基底、空穴传输层、钙钛矿吸光层、电子传输层和电极层依次层叠设置形成反式器件结构，钙钛矿吸光层含有含磷钝化剂。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池还包括透明导电基底、电子传输层、空穴传输层和电极层；透明导电基底、电子传输层、钝化层、钙钛矿吸光层、空穴传输层和电极层依次层叠设置，形成正式器件结构，钝化层含有含磷钝化剂。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池还包括透明导电基底、电子传输层、空穴传输层和电极层；透明导电基底、电子传输层、钙钛矿吸光层、钝化层、空穴传输层和电极层依次层叠设置，形成正式器件结构，钝化层含有含磷钝化剂。

如图 2 所示为一种钙钛矿太阳能电池的结构示意图，其中 21 表示透明导电基底，22 表示电子传输层，23 表示钝化层或钙钛矿吸光层，24 表示钙钛矿吸光层或钝化层，25 表示空穴传输层，26 表示电极层。23 表示钝化层、24 表示钙钛矿吸光层时，透明导电基底、电子传输层、钝化层、钙钛矿吸光层、空穴传输层和电极层依次层叠设置形成正式器件结构，钝化层含有含磷钝化剂。23 表示钙钛矿吸光层、24 表示钝化层时，透明导电基底、电子传输层、钙钛矿吸光层、钝化层、空穴传输层和电极层依次层叠设置形成正式器件结构，钝化层含有含磷钝化剂。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池还包括位于钙钛矿吸光层的出光侧的电子传输层、阻挡层和电极层，电子传输层、阻挡层和电极层依次层叠设置，其中电子传输层更临近钙钛矿吸光层。阻挡层可有效阻挡空穴的传输，减少由于电荷复合而引起的能量损失。

在一些可选的实施方式中，阻挡层的材料包括 2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲(BCP)、SnO_2、ZnO 以及含铈氧化物中的一种或多种。采用上述材料制备阻挡层，可使得阻挡层具有较低的价带顶，进一步提高阻挡层对于空穴的传输作用。

在一些可选的实施方式中，阻挡层的厚度为 0.5nm-20nm。作为示例，阻挡层的厚度可以为但不限于 0.50nm、1nm、2nm、3nm、4nm、5nm、6nm、7nm、8nm、9nm、10nm、11nm、12nm、13nm、14nm、15nm、16nm、17nm、18nm、19nm、20nm 或者上述任意两个数值之间的范围。阻挡层的厚度在上述范围内时，即可以有效阻隔空穴，又不至于过厚影响电子传输。

作为示例，上述提及的阻挡层的厚度可采用椭偏仪、原子力显微镜等仪器进行测定。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池包括依次层叠设置的透明导电基底、空穴传输层、钝化层、钙钛矿吸光层、电子传输层、阻挡层和电极层；钝化层含有含磷钝化剂。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池包括依次层叠设置的透明导电基底、空穴传输层、钙钛矿吸光层、钝化层、电子传输层、阻挡层和电极层；钝化层含有含磷钝化剂。

如图 3 所示为一种钙钛矿太阳能电池的结构示意图，其中 31 表示透明导电基底，32 表示空穴传输层，33 表示钝化层或钙钛矿吸光层，34 表示钙钛矿吸光层或钝化层，55 表示电子传输层，36 表示阻挡层，37 表示电极层。33 表示钝化层、34 表示钙钛矿吸光层时，透明导电基底、空穴传输层、钝化层、钙钛矿吸光层、电子传输层、阻挡层和电极层依次层叠设置形成反式器件结构，钝化层含有含磷钝化剂。33 表示钙钛矿吸光层、34 表示钝化层时，透明导电基底、空穴传输层、钙钛矿吸光层、钝化层、电子传输层、阻挡层和电极层依次层叠设置形成反式器件结构，钝化层含有含磷钝化剂。

透明导电基底用于光入射。在一些实施方式中，透明导电基底包括：基底和导电材料层；导电材料层位于基底临近钙钛矿吸光层的一侧。

在其中的一些实施例中，导电材料层中的导电材料包括掺氟二氧化锡(FTO)、铟锡氧化物(ITO)、掺铝氧化锌(AZO)、掺硼氧化锌(BZO)、掺铟氧化锌(IZO)中的一种或多种。

在其中的一些实施例中，透明导电基底的厚度为 10nm-1000nm；透明导电基底的厚度在

上述范围内时，在保证光透过的同时，可增加其导电能力。作为示例，透明导电基底的厚度可以包括但不限于：10nm、50nm、100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、1000nm 或者上述任意两个数值组成的范围。

本申请中基底可以为但不限于玻璃基底或柔性基底；柔性基底的材料可举例如（但不限于）有机聚合物材料，进一步地，可由如下材料中的一种或多种按不同比例混合：包括但不限于聚乙烯醇（PVA）、聚酯（PET）、聚酰亚胺（PI）、聚萘二甲酯乙二醇酯（PEN）、聚二甲基硅氧烷（PDMS）等。

电子传输层，能够抽取并传输电子载流子，并可阻挡自由空穴通过。在一些实施方式中，电子传输层采用的材料包括 TiO_2、ZnO、SnO_2、[6,6]-苯基 C_{61} 丁酸甲酯($PC_{61}BM$)、[6,6]-苯基 C_{71} 丁酸甲酯($PC_{71}BM$)、富勒烯 C_{60}(C_{60})、富勒烯 C_{70}(C_{70})、萘二酰亚胺（NDI）类材料、苝二酰亚胺（PDI）类材料，以及上述物质的衍生物、掺杂物、钝化物和掺杂钝化物中的一种或多种。

在一些实施方式中，电子传输层的厚度为 5nm-100nm。作为示例，电子传输层的厚度可以包括但不限于：5nm、10nm、20nm、30nm、40nm、50nm、60nm、70nm、80nm、90nm、100nm 或者上述任意两个数值组成的范围。电子传输层的厚度在上述范围内时，可使电子传输效果达到最优。

空穴传输层，能够抽取并传输空穴载流子，并可阻挡自由电子通过。在一些实施例中，空穴传输层采用的材料包括金属氧化物、聚合物、小分子，以及上述物质的衍生物、掺杂物、钝化物和掺杂钝化物中的一种或多种。可选地，金属氧化物包括氧化镍、氧化钼和氧化钨中的一种或多种。可选地，聚合物包括聚(3, 4-乙烯二氧噻吩) :聚(苯乙烯磺)(PEDOT:PSS)、聚[双(4- 苯基) (2,4,6- 三甲基苯基) 胺](PTAA)、聚[双(4-苯基)(4-丁基苯基)胺](Poly-TPD)中的一种或多种。可选地，小分子包括 4-(3,6-二甲基咔唑-9-基)丁基膦酸（Me-4PACZ）、2-(3,6-二甲氧基咔唑-9-基)乙基膦酸(MeO-2PACZ)、4-(咔唑-9-基)丁基膦酸(4PACZ)中的一种或多种。

在一些实施例中，空穴传输层的厚度为 0.1nm-100nm。作为示例，空穴传输层的厚度可以包括但不限于：0.1nm、1nm、10nm、20nm、30nm、40nm、50nm、60nm、70nm、80nm、90nm、100nm 或者上述任意两个数值组成的范围。空穴传输层的厚度在上述范围内时，可使空穴传输效果达到最优。

在一些实施例中，电极层的材料包括有机导电材料和无机导电材料中的一种或多种；可选地，电极层采用的材料包括银、铜、碳、金、铝、铟锡氧化物、掺铝氧化锌、掺硼氧化锌和掺铟氧化锌中的一种或多种。

在一些可能的实施方式中，电极层的厚度为 10nm-1000nm；电极层的厚度在上述范围内时，可使电荷收集效果达到最优。作为示例，电极层的厚度可以包括但不限于： 10nm、50nm、100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、1000nm 或者上述任意两个数值组成的范围。

钙钛矿电池工作时，钙钛矿吸光层受到光照后，内部电子获得能量并挣脱钙钛矿吸光层的束缚而形成带负电的电子载流子，同时形成带正电的空穴载流子，从而得到电子空穴对，自由电子和自由空穴通过相应传输层以朝着相反的方向传递，使得电子和空穴流动起来，构成外部电流，实现了光能向电能的转换。进一步地，钙钛矿吸光层吸收光子后，受激产生电子空穴对，电子空穴对进一步解离形成带相反电荷的自由载流子，其中的自由电子通过电子传输层向正极传输，自由空穴通过空穴传输层向负极传输，两种自由载流子分别被相应的电极收集，进一步在钙钛矿电池的电路中形成光电流。

可理解地，透明导电基底和电极层一个作为正极，可收集经由电子传输层传输的电子载流子，另一个作为负极，可收集经由空穴传输层传输的空穴载流子。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池的制备方法包括如下步骤：在透明导电基底的具有导电材料层的一侧制备电子传输层；在电子传输层远离透明导电基底的一侧制备钙钛矿吸光层，钙钛矿吸光层含有含磷钝化剂；在钙钛矿吸光层远离电子传输层的一侧制备空穴传输

层；在空穴传输层远离钙钛矿吸光层的一侧制备电极层。采用该方法制得正式器件结构。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池的制备方法包括如下步骤：在透明导电基底的具有导电材料层的一侧制备空穴传输层；在空穴传输层远离透明导电基底的一侧制备钙钛矿吸光层，钙钛矿吸光层含有含磷钝化剂；在钙钛矿吸光层远离空穴传输层的一侧制备电子传输层；在电子传输层远离钙钛矿吸光层的一侧制备电极层。采用该方法制得反式器件结构。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池的制备方法包括如下步骤：在透明导电基底的具有导电材料层的一侧制备电子传输层；在电子传输层远离透明导电基底的一侧制备钝化层，钝化层含有含磷钝化剂；在钝化层远离电子传输层的一侧制备钙钛矿吸光层；在钙钛矿吸光层远离钝化层的一侧制备空穴传输层；在空穴传输层远离钙钛矿吸光层的一侧制备电极层。采用该方法制得正式器件结构。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池的制备方法包括如下步骤：在透明导电基底的具有导电材料层的一侧制备电子传输层；在电子传输层远离透明导电基底的一侧制备钙钛矿吸光层，在钙钛矿吸光层远离电子传输层的一侧制备钝化层，钝化层含有含磷钝化剂；在钝化层远离钙钛矿吸光层的一侧制备空穴传输层；在空穴传输层远离钝化层的一侧制备电极层。采用该方法制得正式器件结构。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池的制备方法包括如下步骤：在透明导电基底的具有导电材料层的一侧制备空穴传输层；在空穴传输层远离透明导电基底的一侧制备钝化层，钝化层含有含磷钝化剂；在钝化层远离空穴传输层的一侧制备钙钛矿吸光层；在钙钛矿吸光层远离钝化层的一侧制备电子传输层；在电子传输层远离钙钛矿吸光层的一侧制备阻挡层；在阻挡层远离电子传输层的一侧制备电极层。采用该方法制得反式器件结构。

在一些实施方式中，钙钛矿太阳能电池的制备方法包括如下步骤：在透明导电基底的具有导电材料层的一侧制备空穴传输层；在空穴传输层远离透明导电基底的一侧制备钙钛矿吸光层；在钙钛矿吸光层远离空穴传输层的一侧制备钝化层，钝化层含有含磷钝化剂；在钝化层远离钙钛矿吸光层的一侧制备电子传输层；在电子传输层远离钙钛矿吸光层的一侧制备阻挡层；在阻挡层远离电子传输层的一侧制备电极层。采用该方法制得反式器件结构。

在其中的一些实施方式中，可采用旋涂、喷涂、刮涂、狭缝涂布和卷对卷印刷中的一种制备钝化层。

在其中的一些实施方式中，制备钝化层时包括制备钝化层浆液的步骤，制备钝化层浆液时采用的溶剂包括水、甲醇、乙醇、异丙醇、N,N-二甲基甲酰胺、二甲亚砜、氯仿、氯苯和甲苯中的一种或多种，含磷钝化剂在钝化层浆液中的浓度为 0.001mg/mL-10mg/mL；例如，含磷钝化剂在钝化层浆液中的浓度可以为但不限于 0.001mg/mL、0.01mg/mL、0.1 mg/mL、1 mg/mL、2mg/mL、3mg/mL、4mg/mL、5mg/mL、6mg/mL、7mg/mL、8mg/mL、9mg/mL、10mg/mL 或者上述任意两个数值之间的范围。

可理解地，本申请涉及的所述钙钛矿电池的结构可以不限于前述列举的结构层。还可以根据需求引入其他的功能层，如缓冲层。在一些实施例中，所述钙钛矿电池可以设置能级合适的缓冲层，可发挥降低能级势垒、促进能级匹配、提高载流子抽取效率、同时还起到钝化界面缺陷态、保护光吸收层、抑制水分子、氧气对电池氧化分解、提高光电转换效率、改善钙钛矿电池稳定性等作用中的一种或多种。根据缓冲层所处位置的不同，缓冲层的类型可包括空穴传输层与阳极之间的缓冲层、电子传输层与阴极之间的缓冲层、空穴传输层与吸收层之间的缓冲层、电子传输层与吸收层之间的缓冲层四种。能够用于钙钛矿电池中缓冲层的材料可以包括但不限于：Cu_2O、NiO、AZO、TiO_2等。

本申请的第三方面提供了一种光伏组件，包括本申请第二方面的钙钛矿太阳能电池。

上述钙钛矿太阳能电池的光电转换效率高且稳定性好，可提高光伏组件的光电效率和稳定性。

上述包括一个或多个钙钛矿太阳能电池，可根据具体的应用场景选择；进一步地，上述光伏组件中包括多个钙钛矿太阳能电池，多个钙钛矿太阳能电池串联或并联连接形成电池片。

在其中一些实施例中，上述光伏组件还包括光伏玻璃层、粘结层和背板。

电池片的两个表面分别设有粘结层，在其中一个粘结层中远离电池片的表面设有背板，在另一个粘结层中远离电池片的表面设有光伏玻璃层。

光伏玻璃层和背板用于保护保护钙钛矿太阳能电池，其具有密封、绝缘、防水的作用；粘结层起到粘结光伏玻璃层与电池片、粘结背板与电池片的作用。

可选地，光伏玻璃层的材质为钢化玻璃，背板的材质采用 TPT(聚氟乙烯) 或 TPE (热塑性弹性体)材质，粘结层的材质采用 EVA(聚乙烯-聚醋酸乙烯酯共聚物)。

进一步地，上述光伏组件还包括接线盒及外框。

接线盒用于保护整个光伏组件的发电系统，它相当于一个电流中转站，当有电池片出现短路，接线盒会自动断开短路的电池串。

外框可以起到支撑和保护整个光伏组件的作用，边框可采用铝合金材质，其强度、耐腐蚀性优异。

进一步地，通过硅胶来粘结、密封边框与光伏组件中其他部位的连接处。光伏组件可以将太阳能转化为电能，或送往蓄电池中存储起来，或推动负载工作。

在其中一些实施例中，上述光伏组件为太阳能电池板。

本申请的第四方面提供了一种光伏系统，包括本申请第三方面的光伏组件。

光伏系统利用上述光伏组件中的钙钛矿太阳能电池，将太阳辐射能直接转换成电能，效率高、稳定性好；进一步地，上述光伏系统为光伏发电系统。

光伏组件是光伏发电系统中的核心部分，上述光伏系统中，包括一个或多个光伏组件，可根据具体的应用场景选择；进一步地，上述光伏系统中包括多个光伏组件时，多个光伏组件形成光伏阵列。

上述光伏系统可以是独立光伏发电系统，也可以是并网光伏发电系统。

独立光伏发电系统包括光伏阵列、蓄电池组、充电控制器、电力电子变换器(逆变器)、负载等。其工作原理是，太阳辐射能量经过光伏阵列首先被转换成电能，然后由电力电子变换器变换后给负载供电，同时将多余的电能经过充电控制器后以化学能的形式储存在储能装置中，这样在日照不足时，储存在电池中的能量就可经过电力电子逆变器、滤波和工频变压器升压后变成交流 220V、50 Hz 的电能供交流负载使用。

并网光伏发电系统包括光伏阵列、高频 DC/DC 升压电路、电力电子变换器(逆变器)和系统监控。其工作原理是，太阳辐射能量经过光伏阵列转换后，再经高频直流变换后变成高压直流电，然后经过电力电子逆变器逆变后向电网输出与电网电压相频一致的正弦交流电流。

上述两种光伏发电系统各有特点，可根据具体的应用场景选择。

本申请第五方面提供了一种用电装置，包括本申请第二方面的钙钛矿太阳能电池。

在其中一些实施例中，上述钙钛矿太阳能电池可以用作用电装置的发电装置。发电装置的类型可以包括但不限于集成式发电。发电装置的位置可以包括但不限于汽车的车顶、背板等位置。

进一步地，上述用电装置可以包括移动设备，例如手机、笔记本电脑等、电动车辆、电气列车、船舶及卫星、发电系统等，但不限于此。

图 4 是作为一个示例的用电装置。该用电装置为汽车，进一步可以为纯电动车、混合动力电动车、或插电式混合动力电动车等。

作为另一个示例的用电装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑、计算器等。

作为另一个示例的用电装置可以是可穿戴式设备，如手表等。

以下结合实施例进一步说明本申请的有益效果。

为了使本申请所解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚，以下将结合实施例和附图进行进一步详细说明。显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的，决不作为对本申请及其应用的任何限制。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动

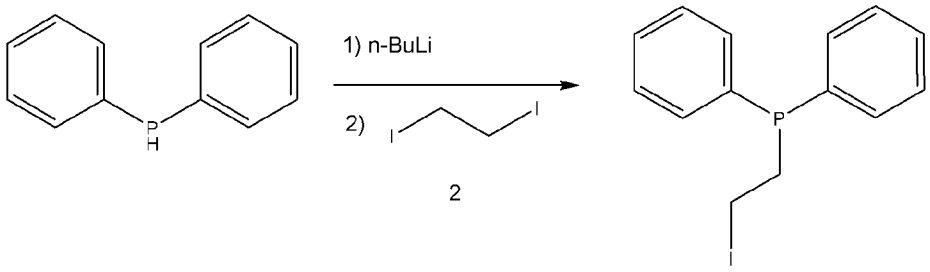
前提下所获得的所有其他实施例都属于本申请保护的范围。本申请的实施例和对比例中所用的材料均可以通过商购获得。

实施例中未注明具体技术或条件的，按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市购获得的常规产品。

一、含磷鎓化剂的制备

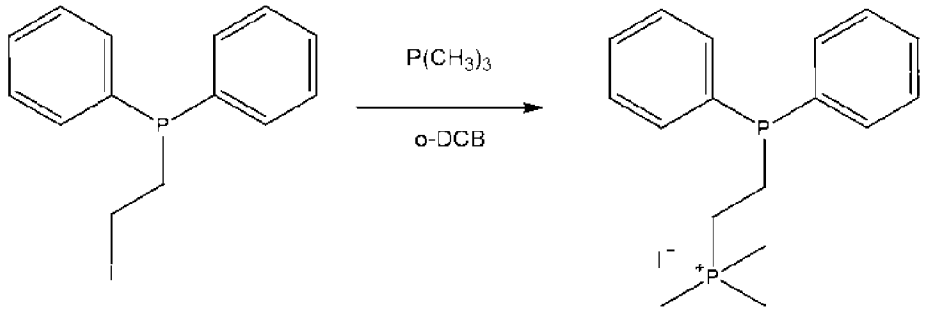
1、含磷鎓化剂 M1 的制备

过程 1：将 1.86g 化合物 1 和 10mL 四氢呋喃加入三口瓶 1 中，待化合物 1 溶解后，温度降至-78℃，滴加 4mL 浓度为 2.5M 的正丁基锂（*n*-BuLi）的正己烷溶液至三口瓶 1 中，搅拌 2h 备用。在三口瓶 2 中加入 2.81g 化合物 2 和 10mL 四氢呋喃，待化合物 2 溶解后，将三口瓶 1 中的溶液滴加至三口瓶 2 中，搅拌 12h。反应结束后经层析色谱硅胶柱处理得 2.79g 的化合物 3，产率为 80%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 3.03-2.98(m, 2H), 2.01-1.96 (m, 2H)。反应过程如下：



1 2 3

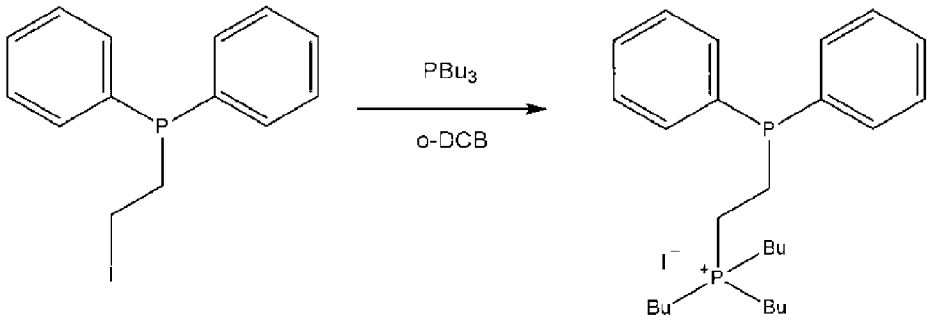
过程 2：将 340mg 化合物 3、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）、10mL 邻二氯苯（*o*-DCB）加入三口瓶 3 中，160°C 加热 12h，反应结束后析出的沉淀溶解在 10mL 水中，用 10mL×3 二氯甲烷洗涤水相三次，最后用减压蒸馏的方式除去水，获得 408mg 的含磷鎓化剂 M1，产率为 98%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.54-2.50 (m, 2H), 1.50-1.46 (m, 2H), 0.89 (s, 9H)。反应过程如下：



3 M1

2、含磷鎓化剂 M2 的制备

含磷鎓化剂 M2 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：由过程 2 中将 76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 三丁基膦（PBu_3），经反应和后处理步骤最终获得 526mg 的含磷鎓化剂 M2，产率为 97%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.54-2.48 (m, 8H), 1.50-1.38 (m, 14H), 0.90 (s, 9H)。反应过程如下：

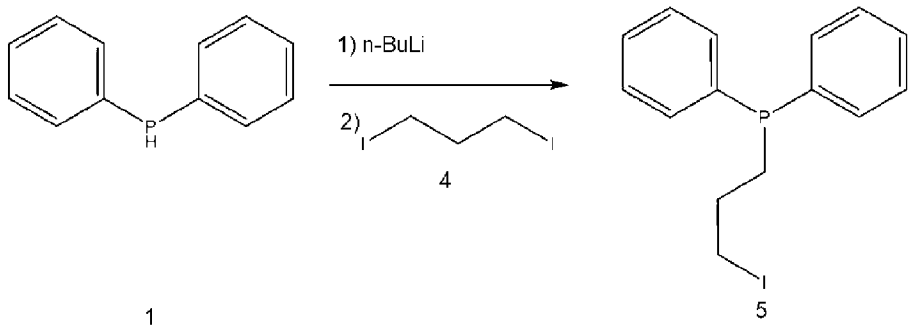


3 M2

3、含磷鎓化剂 M3 的制备

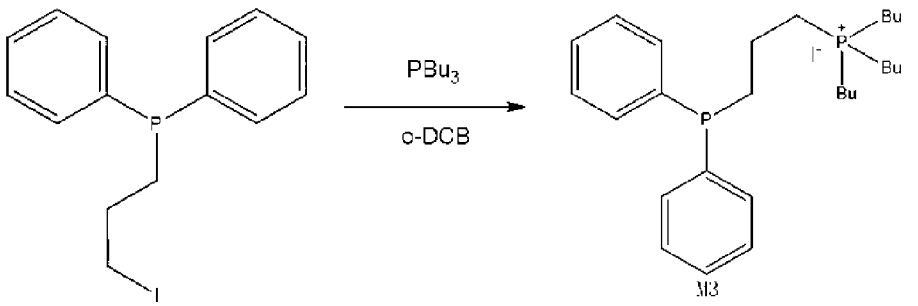
含磷鎓化剂 M3 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：

(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 2.96g 化合物 4，反应后得 2.83g 的化合物 5，产率为 80%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.94-2.88(m, 2H), 1.91-1.86 (m, 2H), 1.45-1.39 (m, 2H)。反应过程如下：



1 4 5

(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 354mg 的化合物 5、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 536mg 的含磷鎓化剂 M3，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.54-2.50 (m, 8H), 1.50-1.36 (m, 16H), 0.89 (s, 9H)。反应过程如下：

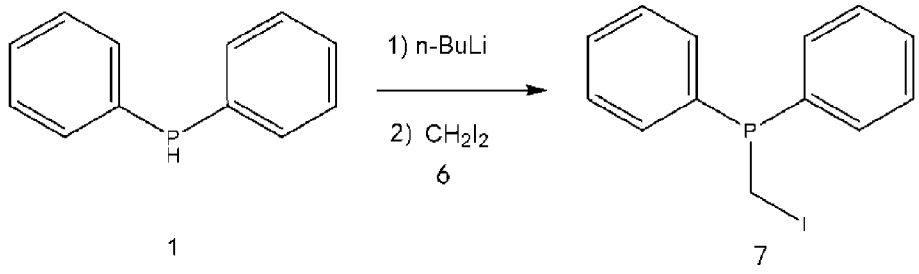


5 M3

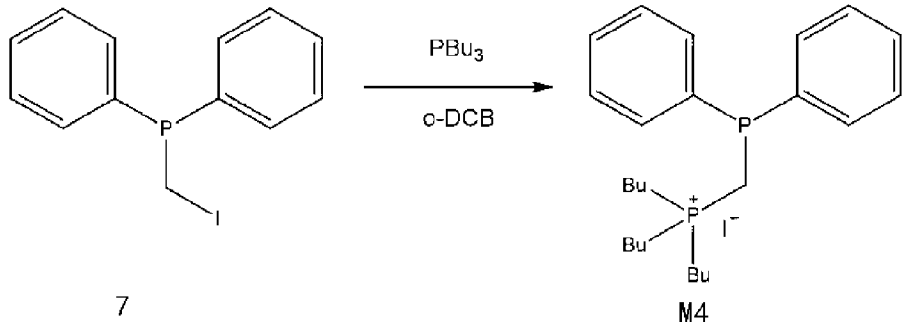
4、含磷鎓化剂 M4 的制备

含磷鎓化剂 M4 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：

(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 2.67g 化合物 6，则反应后得 2.36g 的化合物 7，产率为 72%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.96 (d, J = 7.2 Hz, 2H)。反应过程如下：



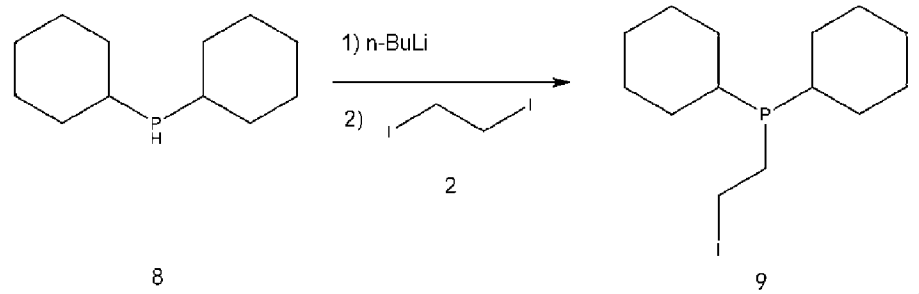
(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 326mg 的化合物 7、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为202mg的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得524mg的含磷鎓化剂M4，产率为99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.55-2.51 (m, 8H), 1.51-1.34 (m, 12H), 0.91 (s, 9H)。反应过程如下：



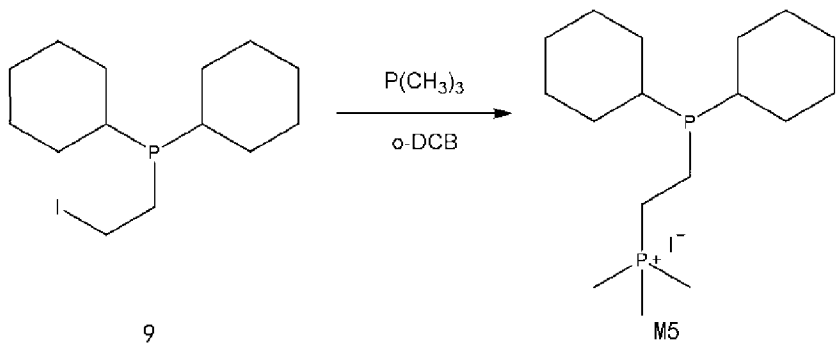
5、含磷鎓化剂 M5 的制备

含磷鎓化剂 M5 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：

(1)过程 1 中将 1.86g 的化合物 1 替换为 1.98g 化合物 8，则反应后得 2.82g 的化合物 9，产率为 79%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 3.03-2.98 (m, 2H), 2.07-1.95 (m, 2H), 1.62-1.29 (m, 22H)。反应过程如下：



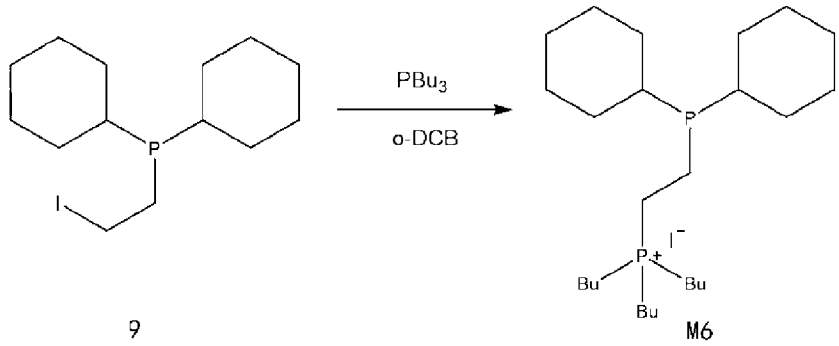
(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 352mg 的化合物 9，经反应和后处理步骤最终获得423mg 的含磷鎓化剂 M5，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 2.58-2.48 (m, 2H), 1.62-1.29 (m, 24H) , 0.90 (s, 9H)。反应过程如下：



6、含磷鎓化剂 M6 的制备

含磷鎓化剂 M6 的制备和含磷鎓化剂 M5 的区别在于：

过程 2 中将 76mg 三甲基膦替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 423mg 的含磷鎓化剂 M6，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 2.58-2.48 (m, 8H), 1.62-1.29 (m, 30H) , 0.89 (s, 9H)。反应过程如下：

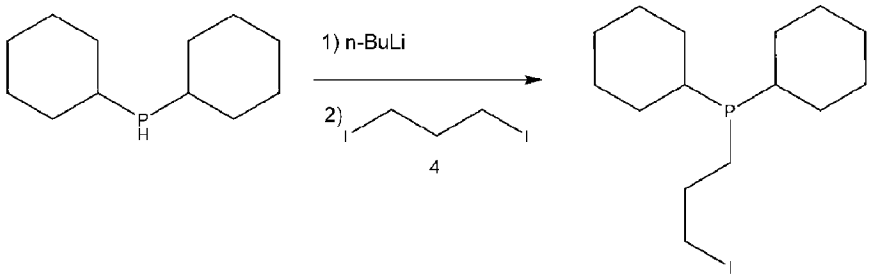


9 M6

7、含磷鎓化剂 M7 的制备

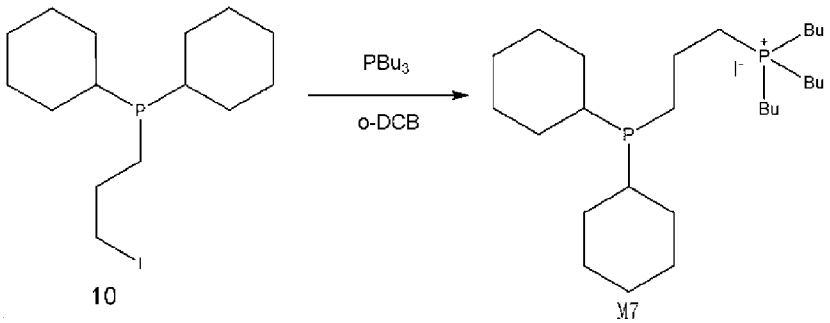
含磷鎓化剂 M7 的制备和含磷鎓化剂 M5 的区别在于：

(1) 过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 2.96g 化合物 4，则反应后得 2.82g 的化合物 10，产率为 79%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 3.03-2.98 (m, 2H), 2.07-1.95 (m, 2H), 1.62-1.29 (m, 26H)。反应过程如下：



8 4 10

(2)过程 2 中将 352mg 化合物 9 替换为 366mg 的化合物 10，经反应和后处理步骤最终获得 551mg 的含磷鎓化剂 M7，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 2.58-2.48 (m, 2H), 1.64-1.27 (m, 32H) , 0.90 (s, 9H)。反应过程如下：

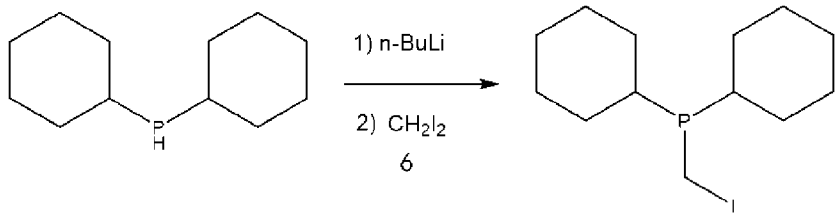


10 M7

8、含磷鎓化剂 M8 的制备

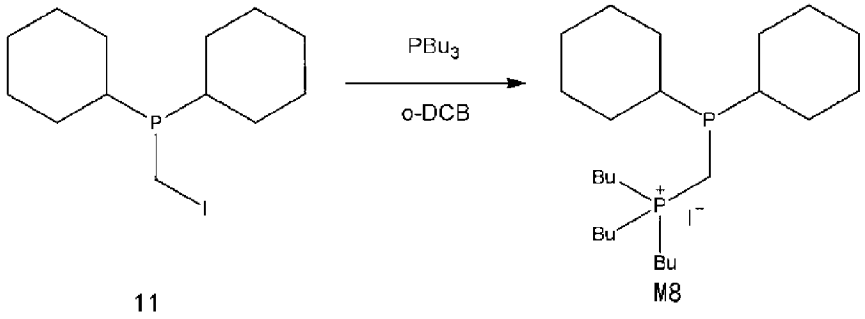
含磷鎓化剂 M8 的制备和含磷鎓化剂 M5 的区别在于：

(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 2.67g 化合物 6，则反应后得 2.88g 的化合物 11，产率为 78%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 3.09-2.98 (m, 2H), 1.62-1.29 (m, 22H)。反应过程如下：



8 11 。

(2)过程 2 中将 352mg 化合物 9 替换为 352mg 的化合物 11，经反应和后处理步骤最终获得 423mg 的含磷鎓化剂 M8，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 2.58-2.48 (m, 6H), 1.62-1.29 (m, 28H) , 0.90 (s, 9H)。反应过程如下：

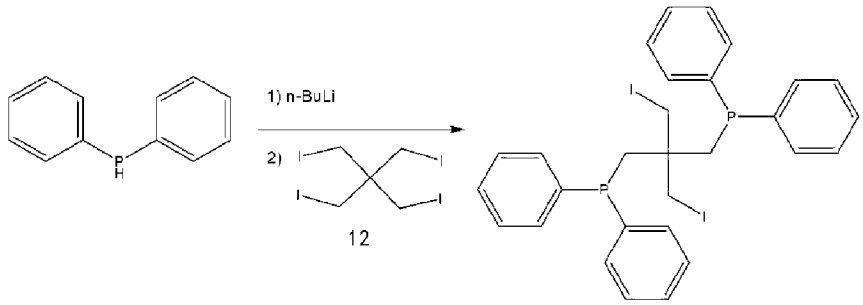


11 M8 。

9、含磷鎓化剂 M9 的制备

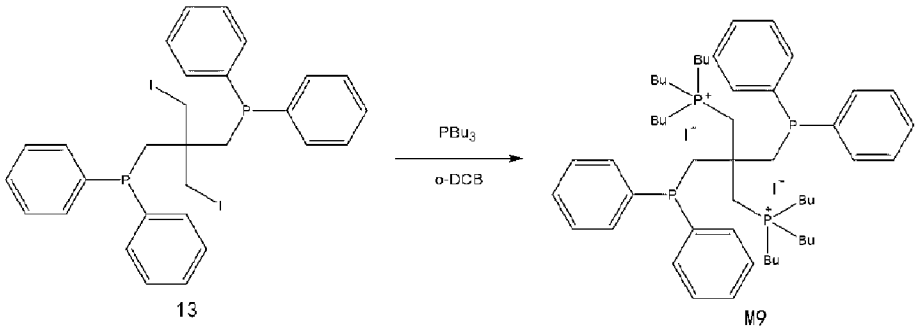
含磷鎓化剂 M9 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：

(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 2.88g 化合物 12，则反应后得 1.25g 的化合物 13，产率为 37%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 8H), 2.79 (s, 4H), 1.30 (d, J = 7.2 Hz, 4H)。反应过程如下：



1 13 。

(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 346mg 的化合物 13、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 541mg 的含磷鎓化剂 M9，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 8H), 2.55-2.51 (m, 16H), 1.51-1.34 (m, 24H), 0.91 (s, 18H)。反应过程如下：

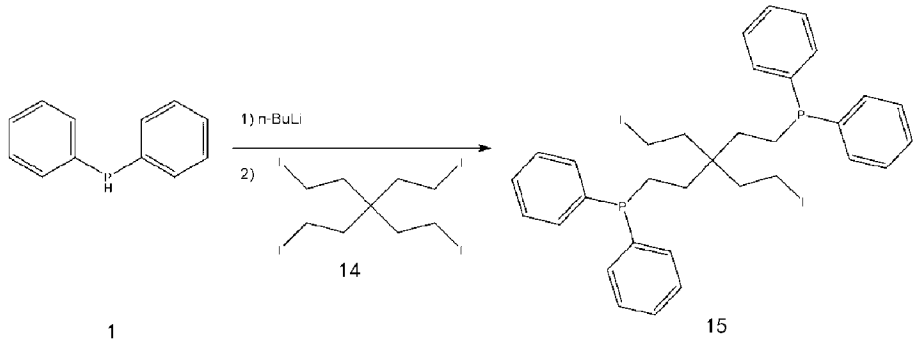


13 M9 。

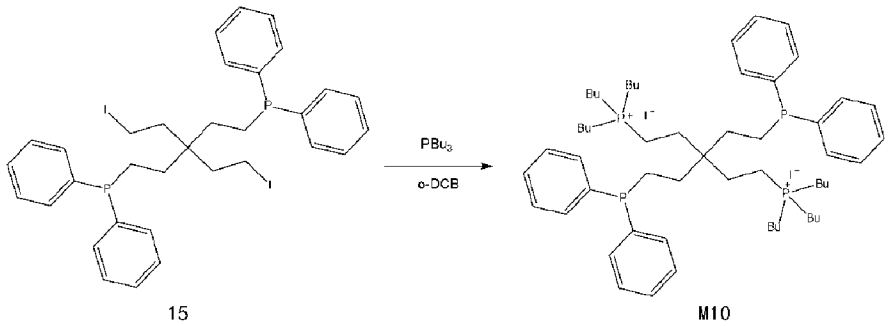
10、含磷鎓化剂 M10 的制备

含磷鎓化剂 M10 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：

(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 3.16g 化合物 14，则反应后得 1.27g 的化合物 15，产率为 34%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 8H), 2.95-2.87 (m, 4H), 1.47-1.38 (m, 4H), 1.24-1.17 (m, 4H)。反应过程如下：

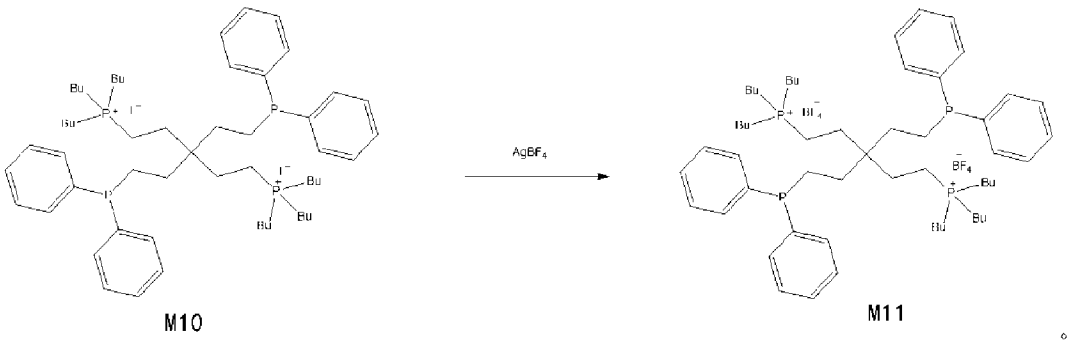


(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 374mg 的化合物 15、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 446mg 的含磷鎓化剂 M10，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 8H), 2.50-2.42 (m, 16H), 1.41-1.14 (m, 40H), 0.90 (s, 18H)。反应过程如下：



11、含磷鎓化剂 M11 的制备

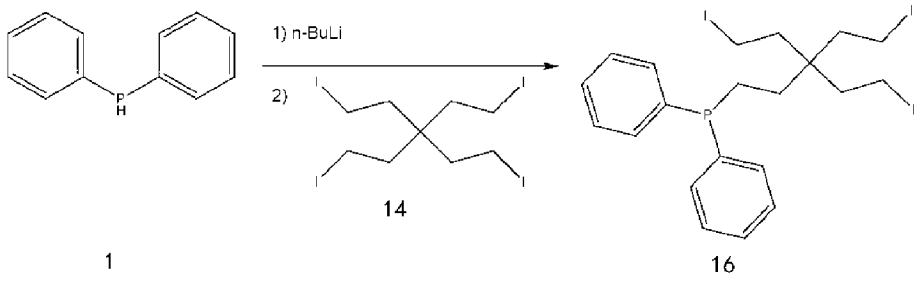
将 100 mg 含磷鎓化剂 M10 通过离子交换树脂获得 98mg 的含磷鎓化剂 M11，产率为 98%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 8H), 2.50-2.42 (m, 16H), 1.41-1.14 (m, 40H), 0.90 (s, 18H)。反应过程如下：



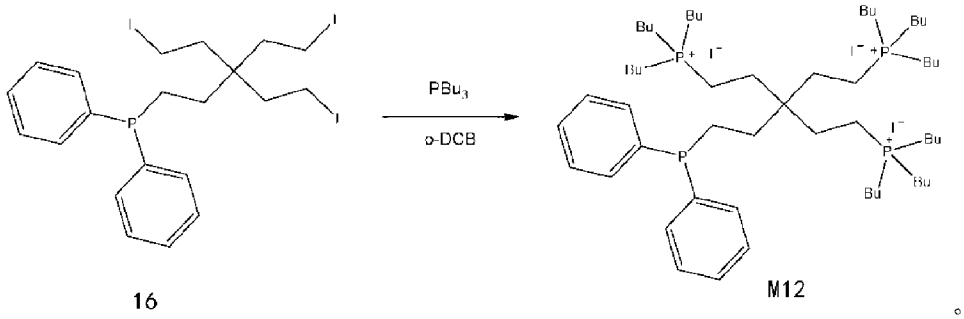
12、含磷鎓化剂 M12

含磷鎓化剂 M12 的制备和含磷鎓化剂 M10 的区别在于：

(1)过程 1 中将 3.16g 化合物 14 替换为 6.31g，则反应后得 1.27g 的化合物 16，产率为 34%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.95-2.87 (m, 6H), 1.47-1.38 (m, 2H), 1.24-1.17 (m, 8H)。反应过程如下：



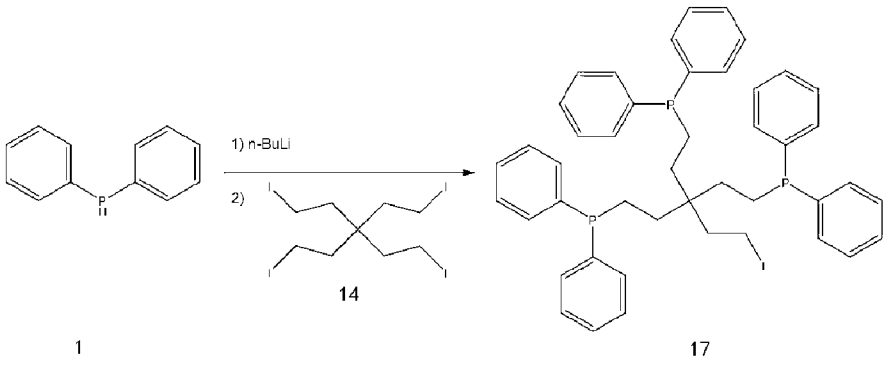
(2)过程 2 中将 374mg 的化合物 15 替换为 229mg 的化合物 16，经反应和后处理步骤最终获得 415mg 的含磷鎓化剂 M12，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 6H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 2.50-2.42 (m, 6H), 1.41-1.14 (m, 64H), 0.90 (s, 27H)。反应过程如下：



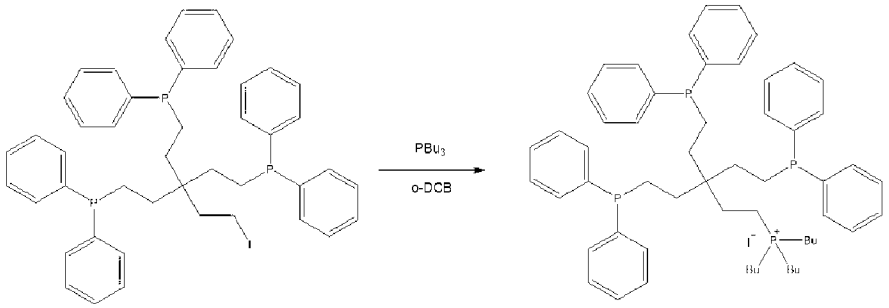
13、含磷鎓化剂 M13

含磷鎓化剂 M13 的制备和含磷鎓化剂 M10 的区别在于：

(1)过程 1 中将 3.16g 化合物 14 替换为 2.11g，则反应后得 1.51g 的化合物 17，产率为 56%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 18H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 2.95-2.87 (m, 2H), 1.47-1.38 (m, 6H), 1.24-1.17 (m, 8H)。反应过程如下：



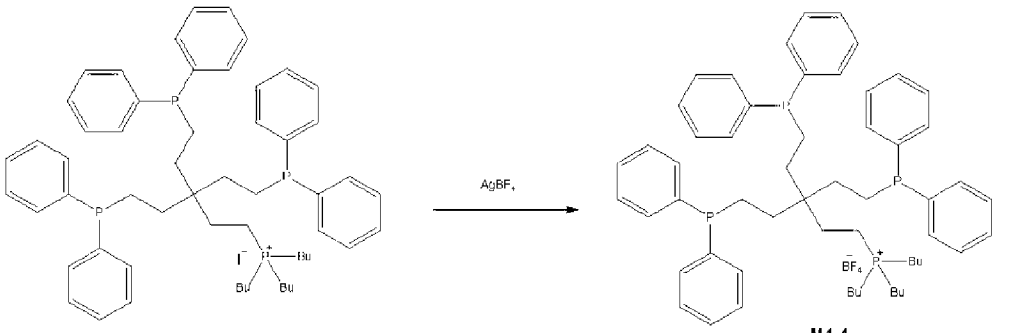
(2)过程 2 将 374mg 的化合物 15 替换为 806mg 的化合物 17，经反应和后处理步骤最终获得 998mg 的含磷鎓化剂 M13，产率为 98%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 18H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 2.50-2.42 (m, 14H), 1.41-1.14 (m, 32H), 0.90 (s, 9H)。反应过程如下：



17 M13

14、含磷鎓化剂 M14

将 100 mg 含磷鎓化剂 M13 通过离子交换树脂获得 98mg 的含磷鎓化剂 M14，产率为 98%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.42 (d, J = 7.2 Hz, 12H), 7.15 (d, J = 7.2 Hz, 8H), 2.50-2.42 (m, 16H), 1.41-1.14 (m, 40H), 0.90 (s, 18H)。反应过程如下：

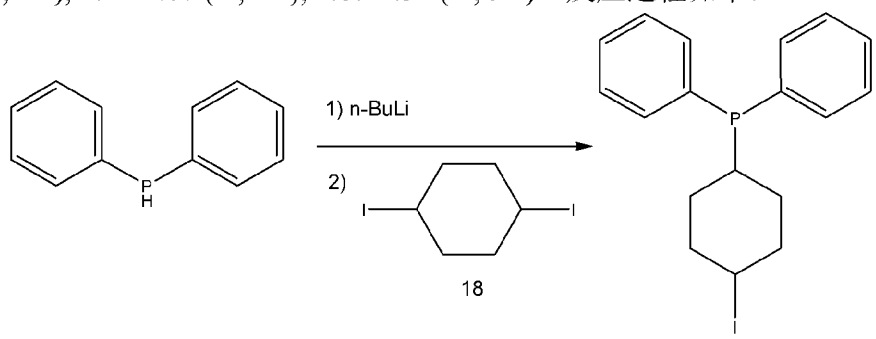


M13 M14

15、含磷鎓化剂 M15

含磷鎓化剂 M15 的制备和含磷鎓化剂 M1 的区别在于：

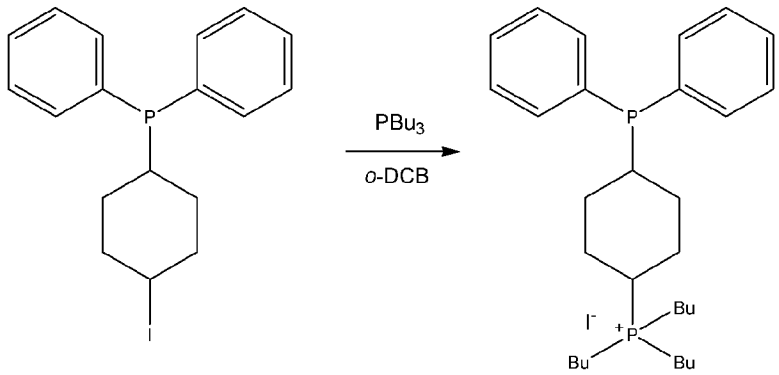
(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 3.36g 化合物 18，则反应后得 1.26g 的化合物 19，产率为 32%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.44-7.40 (m, 6H), 7.17-7.13 (m, 4H), 4.02-3.98 (m, 2H), 2.11-2.07 (m, 4H), 1.67-1.32 (m, 5H)。反应过程如下：



18

1 19

(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 394mg 的化合物 19、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 587mg 的含磷鎓化剂 M15，产率为 98%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.44-7.40 (m, 6H), 7.17-7.13 (m, 4H), 2.48-2.44 (m, 6H), 1.63-1.56 (m, 4H), 1.45-1.41 (m, 2H), 1.32-1.26 (m, 16H), 0.91-0.87 (m, 9H)。反应过程如下：

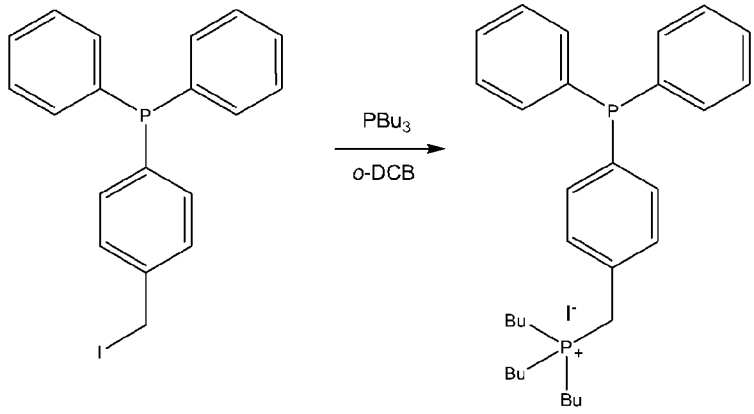


19 M15

16、含磷钝化剂 M16

含磷钝化剂 M16 的制备和含磷钝化剂 M1 的区别在于：

无需进行过程 1 的反应过程。过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 394mg 的化合物 20、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 601mg 的含磷钝化剂 M16，产率为 99%，测得其 ^1H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.47-7.42 (m, 6H), 7.19-7.13 (m, 8H), 2.64 (s, 2H), 1.42-1.36 (m, 18H), 0.93-0.89 (m, 9H)。反应过程如下：

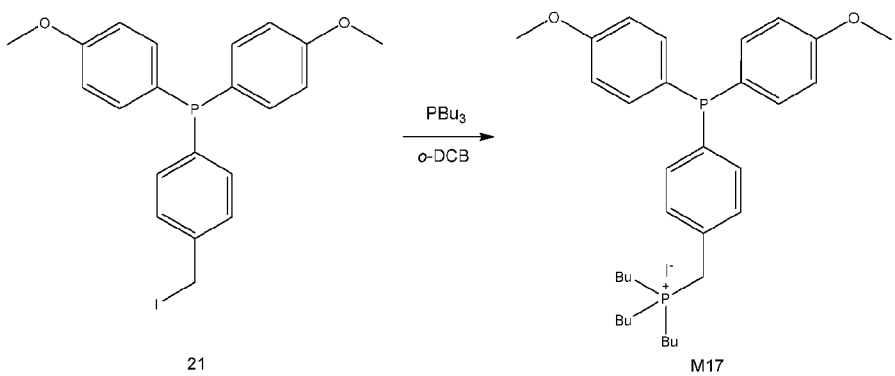


20 M16

17、含磷钝化剂 M17

含磷钝化剂 M17 的制备和含磷钝化剂 M1 的区别在于：

无需进行过程 1 的反应过程。过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 462mg 的化合物 21、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 632mg 的含磷钝化剂 M17，产率为 95%，测得其 ^1H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.19-7.13 (m, 8H), 7.00-6.96 (m, 4H), 3.81 (s, 6H), 2.64 (s, 2H), 1.42-1.36 (m, 18H), 0.93-0.89 (m, 9H)。反应过程如下：

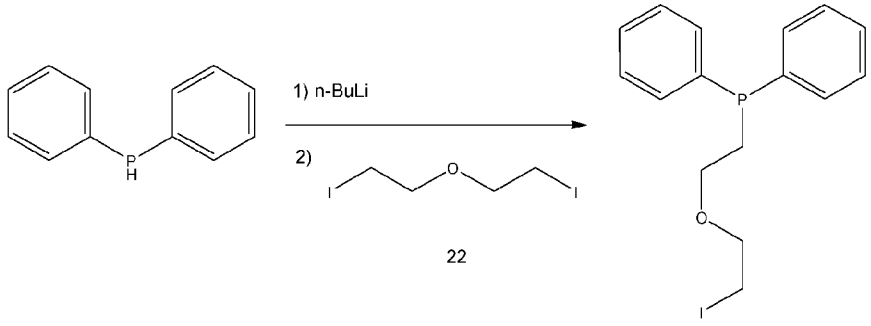


21 M17

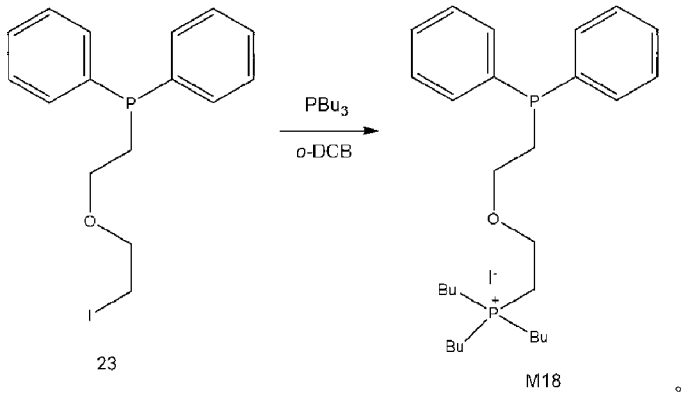
18、含磷钝化剂 M18

含磷钝化剂 M18 的制备和含磷钝化剂 M1 的区别在于：

(1)过程 1 中将 2.81g 的化合物 2 替换为 3.33g 化合物 22，则反应后得 1.57g 的化合物 23，产率为 41%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, CD_2Cl_2) δ 7.44-7.40 (m, 6H), 7.17-7.13 (m, 4H), 3.96-3.92 (m, 4H), 3.13-3.08 (m, 2H), 1.63-1.60 (m, 2H)。反应过程如下：



(2)过程 2 中将 340mg 化合物 3 替换为 384mg 的化合物 23、76mg 三甲基膦（$P(CH_3)_3$）替换为 202mg 的三丁基膦，经反应和后处理步骤最终获得 582mg 的含磷钝化剂 M18，产率为 99%，测得其 ^{1}H NMR (400 MHz, D_2O) δ 7.44-7.40 (m, 6H), 7.17-7.13 (m, 4H), 3.43-3.39 (m, 4H), 1.63-1.56 (m, 4H), 1.45-1.36 (m, 18H), 0.91-0.87 (m, 9H)。反应过程如下：



二、钙钛矿太阳能电池的制备

实施例 1

(1)取 20 片规格为 2.0*2.0cm 的 FTO 导电玻璃，两端通过激光刻蚀各去掉 0.35cm 的 FTO，裸露出玻璃基底，用水、丙酮、异丙醇依次超声清洗刻蚀后的 FTO 导电玻璃数次，FTO 导电玻璃在氮气枪下吹干溶剂，放入紫外臭氧机中进一步清洗；其中，FTO 导电玻璃表示采用掺氟二氧化锡作为导电材料在玻璃基底的一侧表面形成导电材料层后得到的玻璃；

(2)在紫外臭氧处理后的 FTO 基片上以 4000rpm 的速率旋涂 10mg/mL 的氧化镍纳米颗粒（水溶液为溶剂），在 100℃热台上退火处理 30min，制备厚度为 35nm 的空穴传输层；

(3)称取摩尔比为 97:3:95:5 的碘化铅、碘甲脒、碘化铯和溴化铅，以及占前述四种物质的 1wt%的含磷钝化剂 M1，将固体粉末均溶解在体积比为 100:1 的 DMF 与 DMSO 的混合溶液中，搅拌 3h，用 0.22μm 有机滤膜过滤，得到钙钛矿前驱体溶液，在空穴传输层上以 3000rpm 旋涂钙钛矿前驱液，100℃下退火 30 min，冷却至室温，获得厚度为 500nm 的钙钛矿吸光层；

(4)在钙钛矿吸光层上以 1500rpm 旋涂 $PC_{61}BM$ 的氯苯溶液，100℃下退火 10 min，制备厚度约为 30nm 的电子传输层；然后以 5000rpm 旋涂 BCP 的异丙醇溶液制备厚度为 5nm 的阻挡层；

(5)将获得到片子放入蒸镀机，蒸镀金属电极 Cu ，制备厚度约为 100nm 的电极层。

实施例 2-18 和 21-24

实施例 2-18 和 21-24 中钙钛矿太阳能电池的制备方法和实施例 1 中钙钛矿太阳能电池的制备方法基本相似，区别主要在于：含磷钝化剂的种类和/或用量、阻挡层的材料种类、阻挡层的厚度、钙钛矿吸光层的材料种类、钙钛矿吸光层的厚度、透明导电基底的种类和、电子传输层的种类和/厚度、空穴传输层的种类和/或厚度、电极层的种类和/或厚度中的至少一项不同，具体详见表 1。

可理解的是，制备钙钛矿吸光层时采用的原料种类和/或用量不同时，则制备得到的钙钛矿吸光层的材料种类不同，且由制备得到的钙钛矿吸光层的种类反推制备钙钛矿吸光层时加入的原料种类和用量，因此基于清楚简洁的目的，下述表 1 中仅列出各实施例和对比例中制备得到的钙钛矿吸光层的材料种类即可。

实施例 19

实施例 19 中钙钛矿太阳能电池的制备方法和实施例 1 中钙钛矿太阳能电池的制备方法的区别主要在于：未将含磷钝化剂 M1 加在钙钛矿吸光层中，在制备完成钙钛矿吸光层后，将 0.5mg/mL 的溶解有含磷钝化剂 M1 的异丙醇溶液以 3000rpm 的转速旋涂在钙钛矿吸光层表面，制备得到厚度为 5nm 的钝化层。

实施例 20

实施例 20 中钙钛矿太阳能电池的制备方法和实施例 1 中钙钛矿太阳能电池的制备方法的区别主要在于：未将含磷钝化剂 M1 加在钙钛矿吸光层中，在制备完成空穴传输层后，将 0.5mg/mL 的溶解有含磷钝化剂 M1 的异丙醇溶液以 3000rpm 的转速旋涂在空穴传输层表面，制备得到厚度为 5nm 的钝化层。

实施例 25-26

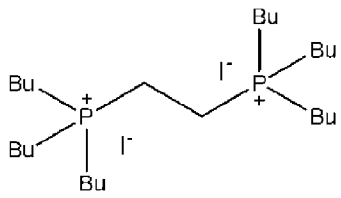
实施例 25-26 中钙钛矿太阳能电池的制备方法和实施例 19 中钙钛矿太阳能电池的制备方法的区别在于：钝化层的厚度不同，具体详见表 1。

对比例 1

对比例 1 和实施例 21 的区别在于：未添加含磷钝化剂，其他均相同，具体详见表 1。

对比例 2

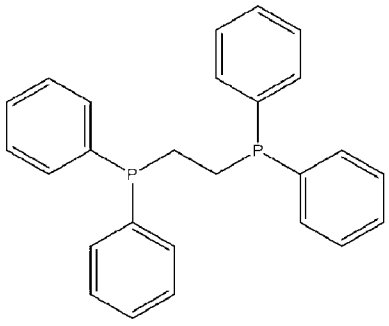
对比例 2 和实施例 21 的区别在于：采用具有下述结构的钝化剂 X 替代含磷钝化剂 M1，其他均相同。具体详见表 1。



X

对比例 3

对比例 3 和实施例 1 的区别在于：采用具有下述结构的钝化剂 Y 替代含磷钝化剂 M1，其他均相同。具体详见表 1。



Y

上述各实施例和对比例的参数测试如表 1 所示。

表 1

组别	钙钛矿吸光层				钝化层		阻挡层		透明导电基底	空穴传输层		电子传输层		电极层	
	钙钛矿材料	钝化剂种类	n1	厚度(nm)	钝化剂种类	厚度(nm)	材料种类	厚度(nm)	种类	种类	厚度(nm)	种类	厚度(nm)	种类	厚度(nm)
实施例 1	FAMACs三元钙钛矿	M1	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 2	FAMACs三元钙钛矿	M2	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 3	FAMACs三元钙钛矿	M3	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 4	FAMACs三元钙钛矿	M4	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 5	FAMACs三元钙钛矿	M5	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 6	FAMACs三元钙钛矿	M6	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 7	FAMACs三元钙钛矿	M7	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 8	FAMACs三元钙钛矿	M8	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 9	FAMACs三元钙钛矿	M9	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 10	FAMACs三元钙钛矿	M10	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 11	FAMACs三元钙钛矿	M11	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 12	FAMACs三元钙钛矿	M12	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 13	FAMACs三元钙钛矿	M13	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 14	FAMACs三元钙钛矿	M14	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例 15	FAMACs三元钙钛矿	M15	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO 导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100

实施例16	FAMACs三元钙钛矿	M16	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例17	FAMACs三元钙钛矿	M17	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例18	FAMACs三元钙钛矿	M18	0.1%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例19	FAMACs三元钙钛矿	/	/	500	M1(上钝化)	5	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例20	FAMACs三元钙钛矿	/	/	500	M1(下钝化)	5	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例21	FAMACs三元钙钛矿	M1	0.01%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例22	FAMACs三元钙钛矿	M1	0.05%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例23	FAMACs三元钙钛矿	M1	0.5%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例24	FAMACs三元钙钛矿	M1	1%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例25	FAMACs三元钙钛矿	/	/	500	M1(上钝化)	1	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
实施例26	FAMACs三元钙钛矿	/	/	500	M1(上钝化)	10	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
对比例1	FAMACs三元钙钛矿	/	/	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
对比例2	FAMACs三元钙钛矿	X	0.01%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100
对比例3	FAMACs三元钙钛矿	Y	0.01%	500	/	/	BCP	5	FTO导电玻璃	氧化镍	35	$PC_{61}BM$	30	Cu	100

注“/”代表不存在该结构或物质。

其中，n1表示含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比，BCP表示2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲，$PC_{61}BM$表示[6,6]-苯基 C_{61} 丁酸甲酯；FTO表示掺氟二氧化锡，其中氟的掺杂量为5%的原子百分比；M1上钝化表示制备完成钙钛矿吸光层后，在钙钛矿吸光层的表面制备钝化层，M2下钝化表示制备完成空穴传输层后，在空穴传输层的表面制备钝化层。

需要说明的是，上述各实施例和对比例中空穴传输层、电子传输层、钙钛矿吸光层、钝化层、阻挡层以及电极层的厚度采用原子力显微镜测定得到。

三、钙钛矿太阳能电池性能测试

光电转换效率测试

采用光焱的太阳光模拟器，根据国家标准 IEC61215 进行测试，采用晶硅太阳能电池校正光的强度，使其达到同一太阳光强度，AM 1.5，将上述各实施例和对比例中钙钛矿太阳能电池分别与与数字源表连接，光照下测定第 3 天和第 30 天的光电转换效率，结果如表 2 所示。

表 2

实施例	钝化剂	钝化剂在体相中的添加含量（%）或钝化剂在界面处的厚度（nm）	最优效率（%）	第 30 天效率（%）	第 30 天效率保留百分比（%）
实施例 1	M1	0.1%	24.63	23.94	97.2
实施例 2	M2	0.1%	24.83	23.99	96.6
实施例 3	M3	0.1%	23.74	23.22	97.8
实施例 4	M4	0.1%	24.88	24.21	97.3
实施例 5	M5	0.1%	25.15	24.87	98.9
实施例 6	M6	0.1%	25.11	24.73	98.5
实施例 7	M7	0.1%	23.41	22.87	97.7
实施例 8	M8	0.1%	24.91	23.71	95.2
实施例 9	M9	0.1%	24.15	23.82	98.6
实施例 10	M10	0.1%	24.91	23.84	95.7
实施例 11	M11	0.1%	24.84	23.90	96.2
实施例 12	M12	0.1%	24.51	23.47	95.8
实施例 13	M13	0.1%	24.87	23.94	96.3
实施例 14	M14	0.1%	24.59	24.15	98.2
实施例 15	M15	0.1%	23.98	22.99	95.9
实施例 16	M16	0.1%	24.53	23.41	95.4
实施例 17	M17	0.1%	24.71	23.15	93.7
实施例 18	M18	0.1%	24.68	24.01	97.3
实施例 19	M1 上钝化	5nm	24.51	23.87	97.4
实施例 20	M1 下钝化	5nm	24.76	23.57	95.2
实施例 21	M1	0.01%	21.51	19.72	91.7
实施例 22	M1	0.05%	22.52	21.03	93.4
实施例 23	M1	0.5%	23.19	21.85	94.2
实施例 24	M1	1%	20.04	17.88	89.2
实施例 25	M1 上钝化	1nm	21.93	18.85	86.0
实施例 26	M1 上钝化	10nm	20.75	18.17	87.6
对比例 1	无	无	19.73	16.43	83.3
对比例 2	X	0.01%	19.84	17.01	85.7
对比例 3	Y	0.01%	19.77	16.94	85.7

由表 2 中实施例 1-26 和对比例 1-3 的结果比对可知，在制备钙钛矿太阳能电池时加入本申请的含磷钝化剂，可提高钙钛矿太阳能电池的光电转换效率和稳定性。

实施例 1 和实施例 21-24 的区别在于含磷钝化剂在钙钛矿吸光层中的质量占比不同，由实施例 1 和实施例 21-24 的结果可知，当 M1 在钙钛矿层中添加含量为 0.1%左右时，钙钛矿电池器件表现出的效率达到更优，稳定性更高。

实施例 19 和实施例 25-26 的区别在于钝化层的厚度不同，由实施例 19 和实施例 25-26 的结果可知，当 M1 在钙钛矿层上界面单独成层，厚度为 5nm 左右时，钙钛矿电池器件表现

出的效率达到更优，稳定性更高。

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准，说明书及附图可以用于解释权利要求的内容。

权 利 要 求 书

1.一种含磷钝化剂，所述含磷钝化剂包括离子化合物，所述离子化合物包括阳离子基团；所述阳离子基团具有如下式(I)所示的结构：

A-L-B

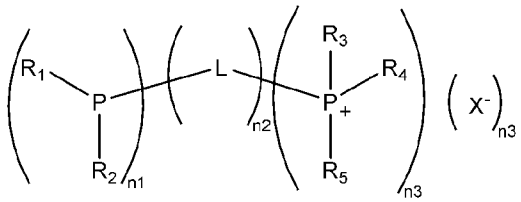
(I)

其中，A 表示带有孤对电子的有机磷基团，B 表示带有正电荷的有机磷盐基团，L 表示所述有机磷基团和所述有机磷盐基团之间的连接基团。

2.如权利要求 1 所述的含磷钝化剂，其中所述离子化合物还包括阴离子基团，所述阴离子基团包括卤素阴离子、类卤素阴离子、四氟硼酸根离子、六氟磷酸根离子和二甲磺酰胺根离子中的一种或多种。

3.如权利要求 1 至 2 任一项所述的含磷钝化剂，其中所述 L 包括取代或未取代的亚烷基、取代或未取代的亚环烷基以及取代或未取代的亚芳基中的一种或多种。

4.如权利要求 1 至 3 任一项所述的含磷钝化剂，其中所述含磷钝化剂具有如下式(II) 所示的结构：



(II)

其中，R_1、R_2、R_3、R_4、R_5 包括取代或未取代的烷基、取代或未取代的环烷基以及取代或未取代的芳基中的任意一种；

L 包括取代或未取代的亚烷基、取代或未取代的亚环烷基、取代或未取代的亚芳基中的任意一种；

X 包括卤素阴离子和含卤素的阴离子基团中的任意一种；

$1 \leqslant n1 \leqslant 4$，$1 \leqslant n2 \leqslant 10$，$1 \leqslant n3 \leqslant 4$，n1、n2、 n3 为整数。

5.如权利要求 4 所述的含磷钝化剂，其中所述 R_1、所述 R_2、所述 R_3、所述 R_4、所述 R_5 包括碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、苯基以及取代的苯基中的任意一种；所述取代的苯基中具有的取代基包括卤素、烷基、环烷基、烷氧基、烷硫基、烷硅基和烷氧硅基中的一种或多种；

可选地，所述取代的苯基中具有的取代基包括卤素、碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、碳原子数为 1-10 的烷氧基、碳原子数为 1-10 的烷硫基、碳原子数为 1-10 的烷硅基和碳原子数为 1-10 的烷氧硅基中的一种或多种。

6.如权利要求 4 至 5 任一项所述的含磷钝化剂，其中所述 R_1、所述 R_2 包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种；

可选地，所述 R_1、所述 R_2 相同地包括碳原子数为 1-10 的环烷基和苯基中的任意一种。

7.如权利要求 4 至 6 任一项所述的含磷钝化剂，其中所述 R_3、所述 R_4、所述 R_5 包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种；

可选地，所述 R_3、所述 R_4、所述 R_5 相同地包括碳原子数为 1-10 的烷基中的任意一种。

8.如权利要求 1 至 7 任一项所述的含磷钝化剂，其中所述 L 包括碳原子数为 1-10 的亚烷基、碳原子数为 1-10 的亚环烷基、亚苯基以及取代的亚苯基中的任意一种；所述取代的亚苯基中具有的取代基包括卤素、烷基、环烷基、烷氧基、烷硫基、烷硅基和烷氧硅基中的一种或多种；

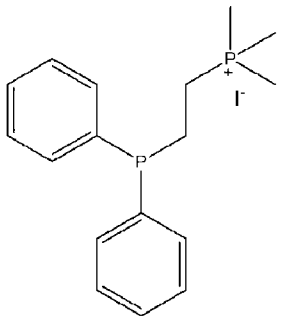
可选地，所述取代的亚苯基中具有的取代基包括卤素、碳原子数为 1-10 的烷基、碳原子数为 1-10 的环烷基、碳原子数为 1-10 的烷氧基、碳原子数为 1-10 的烷硫基、碳原子数为 1-10

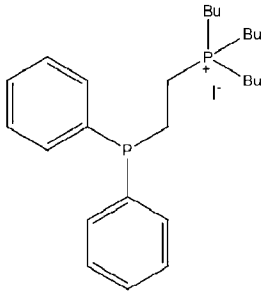
的烷硅基以及碳原子数为 1-10 的烷氧硅基中的一种或多种。

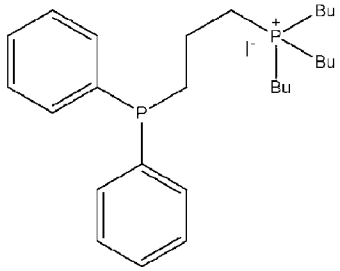
9.如权利要求 1 至 8 任一项所述的含磷鎓化剂，其中所述 L 包括碳原子数为 1-10 的亚烷基中的任意一种。

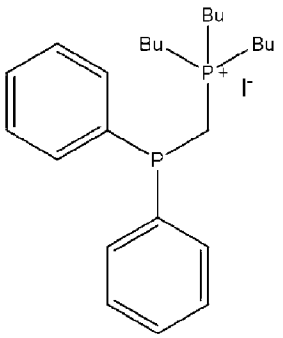
10.如权利要求 4 至 9 任一项所述的含磷鎓化剂，其中所述 X 包括碘离子和四氟化硼离子中的任意一种。

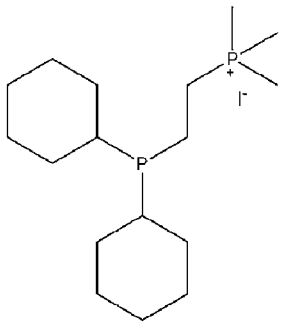
11.如权利要求 1 至 10 任一项所述的含磷鎓化剂，其中所述含磷鎓化剂包括以下结构式中的任意一种：

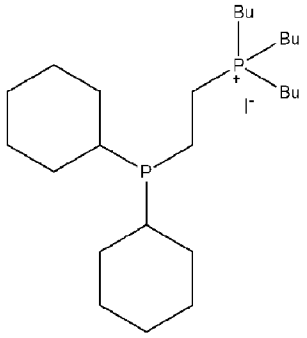

M1、

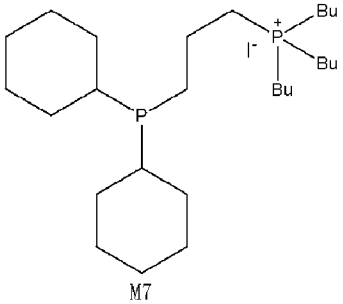

M2、

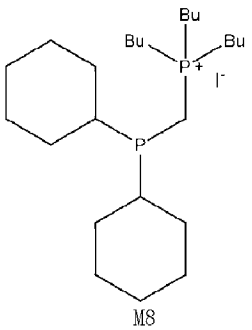

M3、

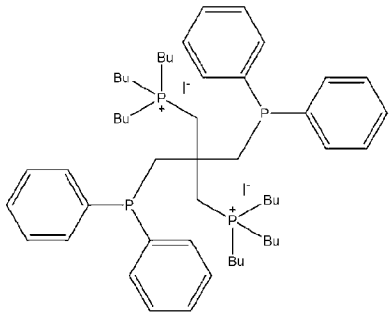

M4、

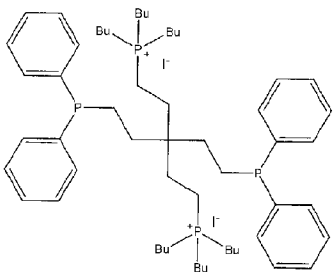

M5、

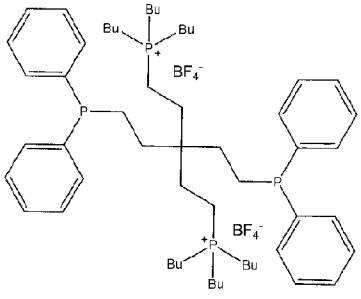

M6、

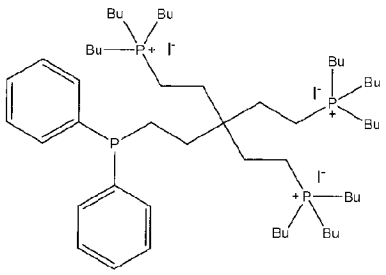

M7、

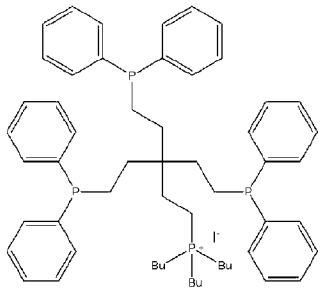

M8、

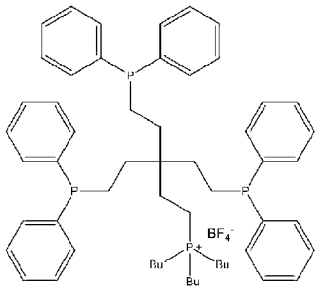

M9、

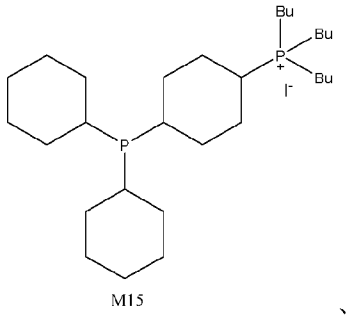

M10、

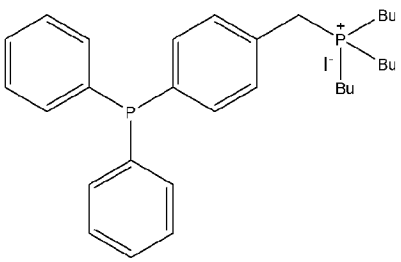

M11、

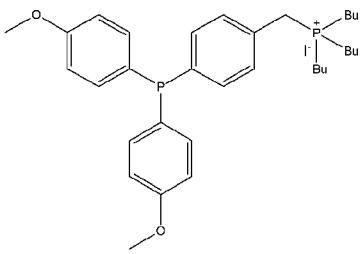

M12、

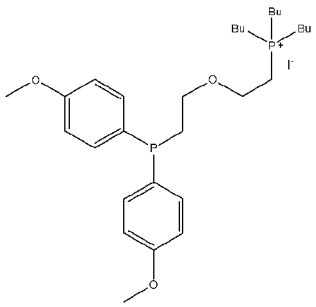

M13、


M14、


M15、


M16、


M17、


M18。

12.一种钙钛矿太阳能电池，所述钙钛矿太阳能电池包含如权利要求 1 至 11 任一项所述的含磷钝化剂。

13.如权利要求 12 所述的钙钛矿太阳能电池，其中所述钙钛矿太阳能电池包括钙钛矿吸光层，所述钙钛矿吸光层包含所述含磷钝化剂；

可选地，所述含磷钝化剂在所述钙钛矿吸光层中的质量占比为 0.01%-1%；可选为 0.05%-0.5%。

14.如权利要求 12 所述的钙钛矿太阳能电池，其中所述钙钛矿太阳能电池包括层叠设置的钙钛矿吸光层和钝化层，所述钝化层位于所述钙钛矿吸光层的入光侧或出光侧，所述钝化层包含所述含磷钝化剂；

可选地，所述钝化层的厚度为 0.1nm-10nm；可选为 1nm-10nm。

15.如权利要求 13 至 14 任一项所述的钙钛矿太阳能电池，其中所述钙钛矿吸光层包括分子式为 ABX_3 或 A_2CDX_6 的活性材料；

可选地，所述分子式为 ABX_3 或 A_2CDX_6 的活性材料具有下述特征中的至少一项：

(1)A 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 A 包括一价脒基阳离子、一价胺基阳离子和 Cs^+中的一种或多种；

(2)B 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 B 包括 Pb^{2+}和 Sn^{2+}中的一种或多种；

(3)C 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 C 包括 Ag^+；

(4)D 包括有机阳离子和无机阳离子中的一种或多种；可选地，所述 D 包括 Bi^{3+}、Sb^{3+}、和 In^{3+}中的一种或多种；

(5)X 包括有机阴离子和无机阴离子中的一种或多种；可选地，所述 X 包括 Br^-和 I^-中的一种或多种。

16.如权利要求 13 至 15 任一项所述的钙钛矿太阳能电池，其中所述钙钛矿吸光层具有下述特征中的至少一项：

(1)所述钙钛矿吸光层的厚度为 100nm-1000nm；

(2)所述钙钛矿吸光层的带隙宽度包括 1.2eV -2.3eV。

17.如权利要求 13 至 16 任一项所述的钙钛矿太阳能电池，其中所述钙钛矿太阳能电池还包括位于所述钙钛矿吸光层的出光侧的电子传输层、阻挡层和电极层，所述电子传输层、所述阻挡层和所述电极层依次层叠设置，其中所述电子传输层更临近所述钙钛矿吸光层；

可选地，所述阻挡层的材料包括 2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲、SnO_2、ZnO 以及含铈氧化物中的一种或多种；

可选地，所述阻挡层的厚度为 0.5nm-20nm。

18.一种光伏组件，包括如权利要求 12 至 17 任一项所述的钙钛矿太阳能电池。

19.一种光伏系统，包括权利要求 18 所述的光伏组件。

20.一种用电装置，包括如权利要求 12 至 17 任一项所述的钙钛矿太阳能电池。



图 1



图 2

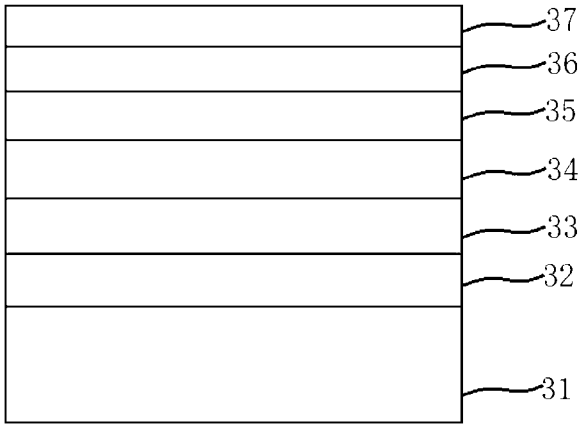


图 3

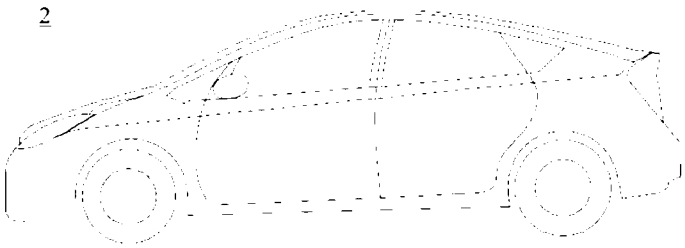


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2024/086861

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C07F9/54(2006.01)i; H10K30/88(2023.01)i; H10K30/50(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/CPC: C07F9/-,H10K30/-

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)

CNTXT, ENTXTC, ENTXT, DWPI, VEN, VCN, CNKI, STN: 钝化, 钙钛矿, 太阳能, 电池, 磷盐, 磷酸根, 有机磷, 有机膦, 二苯基磷, 二苯基膦, 三甲基膦, 三甲基磷, 三丁基磷, 三丁基膦, 二碘乙烷, 二溴乙烷, soler cell, battery, perovskite, 829-85-6, 594-09-2, 624-73-7, 57137-55-0, 998-40-3, 5055-11-8, 55178-11-5, 138710-66-4, 138710-62-0, 106-93-4, 结构式检索, structural formula search

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109920915 A (WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 June 2019 (2019-06-21) description, paragraphs 9-28	1-20
A	WO 2015092397 A1 (ISIS INNOVATION LIMITED) 25 June 2015 (2015-06-25) claims 1-26	1-20
A	WO 2023003520 A2 (NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY) 26 January 2023 (2023-01-26) claims 1-26	1-20
A	CN 114621288 A (HENAN NORMAL UNIVERSITY) 14 June 2022 (2022-06-14) claims 1-5	1-20
A	CN 111655818 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 11 September 2020 (2020-09-11) claims 1-6	1-20

☑ 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	Date of mailing of the international search report
26 June 2024	**01 July 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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RENAUD Eric et al. "31P spin lattice relaxation time measurements of the amphiphilic ligands [Ph2P(CH2)nPMe3]+ in solution and tethered to a solid cationic exchange resin via the tetra-alkylphosphonium groups" *Journal of Molecular Catalysis,* Vol. 80, 31 December 1993 (1993-12-31), pages 43-48	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/086861

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109920915	A	21 June 2019	None			
WO	2015092397	A1	25 June 2015	KR	20210075194	A	22 June 2021
				KR	102367217	B1	24 February 2022
				JP	2019091908	A	13 June 2019
				JP	6734412	B2	05 August 2020
				EP	3667751	A1	17 June 2020
				ES	2776161	T3	29 July 2020
				US	2016380125	A1	29 December 2016
				US	10777693	B2	15 September 2020
				JP	2019096891	A	20 June 2019
				JP	6772308	B2	21 October 2020
				EP	3084854	A1	26 October 2016
				EP	3084854	B1	05 February 2020
				KR	20160100355	A	23 August 2016
				KR	102261749	B1	07 June 2021
				US	2021057591	A1	25 February 2021
				US	11799039	B2	24 October 2023
				JP	2017501576	A	12 January 2017
				JP	6524095	B2	05 June 2019
				PL	3084854	T3	13 July 2020
				US	2021028319	A1	28 January 2021
WO	2023003520	A2	26 January 2023	WO	2023003520	A3	13 April 2023
CN	114621288	A	14 June 2022	None			
CN	111655818	A	11 September 2020	EP	3747973	A1	09 December 2020
				EP	3747973	A4	20 October 2021
				JP	2019131655	A	08 August 2019
				US	2021061829	A1	04 March 2021
				TW	201936889	A	16 September 2019
				TWI	756508	B	01 March 2022
				WO	2019150823	A1	08 August 2019
				KR	20200111755	A	29 September 2020

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2024/086861

A. 主题的分类

C07F9/54(2006.01)i；H10K30/88(2023.01)i；H10K30/50(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/CPC：C07F9/−,H10K30/−

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））

CNTXT,ENTXTC,ENTXT,DWPI,VEN,VCN,CNKI,STN:钝化,钙钛矿,太阳能,电池,磷盐,磷酸根,有机磷,有机膦,二苯基磷,二苯基膦,三甲基膦,三甲基磷,三丁基磷,三丁基膦,二碘乙烷,二溴乙烷,soler cell,battery,perovskite,829−85−6,594−09−2,624−73−7,57137−55−0,998−40−3,5055−11−8,55178−11−5,138710−66−4,138710−62−0,106−93−4,结构式检索

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
A	CN 109920915 A (武汉理工大学) 2019年6月21日 (2019 - 06 - 21) 说明书第9−28段	1−20
A	WO 2015092397 A1 (ISIS INNOVATION LIMITED) 2015年6月25日 (2015 - 06 - 25) 权利要求1−26	1−20
A	WO 2023003520 A2 (NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY) 2023年1月26日 (2023 - 01 - 26) 权利要求1−26	1−20
A	CN 114621288 A (河南师范大学) 2022年6月14日 (2022 - 06 - 14) 权利要求1−5	1−20
A	CN 111655818 A (住友化学株式会社) 2020年9月11日 (2020 - 09 - 11) 权利要求1−6	1−20

☑ 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	国际检索报告邮寄日期
2024年6月26日	2024年7月1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	受权官员 安娜 电话号码 (+86) 010−53962197

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
A	RENAUD Eric等. "31P spin lattice relaxation time measurements of the amphiphilic ligands [Ph2P(CH2)nPMe3]+ in solution and tethered to a solid cationic exchange resin via the tetra-alkylphosphonium groups" 《Journal of Molecular Catalysis》, 第80卷, 1993年12月31日 (1993 - 12 - 31), 第43-48页	1-20

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/086861

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	109920915	A	2019年6月21日	无			
WO	2015092397	A1	2015年6月25日	KR	20210075194	A	2021年6月22日
				KR	102367217	B1	2022年2月24日
				JP	2019091908	A	2019年6月13日
				JP	6734412	B2	2020年8月5日
				EP	3667751	A1	2020年6月17日
				ES	2776161	T3	2020年7月29日
				US	2016380125	A1	2016年12月29日
				US	10777693	B2	2020年9月15日
				JP	2019096891	A	2019年6月20日
				JP	6772308	B2	2020年10月21日
				EP	3084854	A1	2016年10月26日
				EP	3084854	B1	2020年2月5日
				KR	20160100355	A	2016年8月23日
				KR	102261749	B1	2021年6月7日
				US	2021057591	A1	2021年2月25日
				US	11799039	B2	2023年10月24日
				JP	2017501576	A	2017年1月12日
				JP	6524095	B2	2019年6月5日
				PL	3084854	T3	2020年7月13日
				US	2021028319	A1	2021年1月28日
WO	2023003520	A2	2023年1月26日	WO	2023003520	A3	2023年4月13日
CN	114621288	A	2022年6月14日	无			
CN	111655818	A	2020年9月11日	EP	3747973	A1	2020年12月9日
				EP	3747973	A4	2021年10月20日
				JP	2019131655	A	2019年8月8日
				US	2021061829	A1	2021年3月4日
				TW	201936889	A	2019年9月16日
				TWI	756508	B	2022年3月1日
				WO	2019150823	A1	2019年8月8日
				KR	20200111755	A	2020年9月29日