



亮点介绍

甲胺气体处理修复钙钛矿薄膜缺陷

张志国^{①*}, 李永舫^{①②*}

① 中国科学院化学研究所;

② 苏州大学材料与化学化工学部

*通讯作者, E-mail: zgzhangwhu@iccas.ac.cn; liyf@iccas.ac.cn

收稿日期: 2015-08-03; 接受日期: 2015-08-05; 网络版发表日期: 2015-09-06

有机无机杂化钙钛矿由于其独特的光、电、磁性能以及制备工艺简单、成本低等特点, 一直备受关注, 特别是自 2009 年第一次将其应用于太阳能电池以来, 钙钛矿太阳能电池的能量转换效率由 3.8% 迅速上升到目前的 20.1%^[1], 并且钙钛矿在二极管和激光器件等领域也受到了广泛关注. 在这些器件中, 钙钛矿活性材料是其核心部分, 钙钛矿膜的好坏是影响器件性能的关键因素, 因此, 对钙钛矿成膜性的研究具有重要意义.

溶液法制备是钙钛矿器件的优势之一, 而其薄膜质量与钙钛矿的制备工艺密切相关. 传统的一步溶液法制备的钙钛矿薄膜成膜性差. 为改善其成膜性, 向钙钛矿前驱体溶液($\text{PbI}_2:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}=1:1$)中加入添加剂, 如 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 、 NH_4Cl 、 HI 等, 可有效改善钙钛矿的成膜性和结晶性能. 另外, 引入 PbCl_2 和

PbAc_2 也可有效改善钙钛矿的成膜性. 最近报道的抗溶剂法可以在很大程度上改善钙钛矿的成膜性, 唯一的不足是实现此工艺的大面积均匀制备还存在一定的困难.

最近, 中国科学院青岛生物能源与过程研究所与美国布朗大学合作开发出了一一种全新的气体后修复技术, 解决了钙钛矿大规模成膜不均匀性问题, 从而有望促进钙钛矿太阳能电池的大规模生产^[2].

中国科学院青岛生物能源与过程研究所逢淑平和崔光磊等^[2]在研究中发现, 有机-无机杂化钙钛矿材料可以与甲胺气体直接反应生成一种可以流动的液体, 当从甲胺环境中移出后, 液体中的甲胺在常温下很快便可移出, 从而重新生成钙钛矿(图 1). 反应机理是甲胺分子与钙钛矿中碘之间较强的相互作用使其能够快速插入到钙钛矿结构中, 从而使钙钛矿

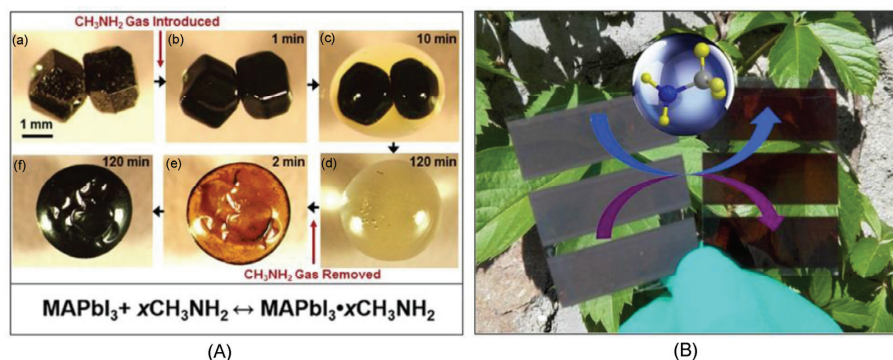


图 1 (A) 钙钛矿单晶在甲胺气氛下的演变过程; (B) PET 基底上的钙钛矿薄膜气体修复前后的对比^[2]

引用格式: 张志国, 李永舫. 甲胺气体处理修复钙钛矿薄膜缺陷. 中国科学: 化学, 2016, 46: 323–324

材料中 PbI_6 的排列由三维变为低维结构. 同时, 由于甲胺分子在体系中的扩散特性, 使低维排列的 PbI_6 结构具有良好的流动性, 这种可以流动的新材料属于一种在甲胺气氛中的平衡态. 当外界甲胺气体的浓度变低时材料中多余的甲胺分子会自发扩散出去, 从而引起 PbI_6 结构的重构, 最终形成 PbI_6 的三维排布结构. 这种新奇的现象应用到钙钛矿薄膜的制备过程中可以实现缺陷的快速修复. 他们首先将传统的溶液法制备的钙钛矿薄膜经甲胺气体处理, 膜变成液态相, 将膜移出甲胺氛围后, 甲胺气体移出, 得到新的钙钛矿膜, 这种膜平整度和均匀性高、缺陷少、粗糙度低. 整个

晶体结构重构过程仅需几秒钟的时间, 且结构重构后的结晶性和晶格取向性得到明显提高, 提高了载流子的传输性能, 从而提高了光伏器件的能量转换效率.

钙钛矿薄膜太阳能电池展现出了诱人的发展前景. 在现有技术基础上, 进一步提高稳定性和探索发展适合工业化生产的电池的大面积制备工艺十分必要. 然而大面积制备的钙钛矿薄膜均匀性较差, 存在一些致命的缺陷. 这里介绍的甲胺气体修复钙钛矿薄膜缺陷工艺有望用于大面积高效率钙钛矿太阳能电池的制备, 对促进钙钛矿太阳能电池的实际应用具有重要的意义.

参考文献

- 1 Yang WS, Noh JH, Jeon NJ, Kim YC, Ryu S, Seo J, Seok SI. *Science*, 2015, 348: 1234–1237
- 2 Zhou Z, Wang Z, Zhou Y, Pang S, Wang D, Xu H, Liu Z, Padture NP, Cui G. *Angew Chem Int Ed*, 2015, 54: 9705–9709