

## 无机-有机钙钛矿材料在新型薄膜太阳能电池中的应用

近年来,以 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 为代表的具有钙钛矿晶型的有机金属卤化物在光电领域的应用吸引了广泛的研究兴趣。

作为一种新兴的半导体光电转换材料,它具有高消光系数( $10^5 \text{ cm}^{-1}$ )、

长载流子寿命( $\sim \mu\text{s}$ )、低缺陷态浓度、低激子束缚能以及可低成本溶剂制备等诸多优点。基于该类材料的薄膜太阳能电池(钙钛矿太阳能电池)的光电转换效率已经超过22%,超过了多晶硅太阳能电池,具有较好的应用前景。同时,该材料在光电探测、发光、高能射线探测及非线性光学等方面均展现出良好的性能,成为光电物理、材料(器件)物理和化学等交叉领域的研究热点。中国科研人员在高效无空穴传输材料器件、新材料的探索和应用、材料制备的物理化学过程调控、大面积器件研发、器件稳定性以及高效发光等方面均做出了积极的贡献。

基于钙钛矿薄膜电池的研究现状,中国科学院物理研究所孟庆波研究员领导的研究团队近期以“*Inorganic-organic halide perovskites for new photovoltaic technology*”为题发表在《国家科学评论》(National Science Review, 2017)的论文,从钙钛矿材料的结构特征、材料制备技术以及关键物理特性等方面对该类材料和器件的发展进行了综述和探讨。

该论文着重探讨和总结了钙钛矿材料的半导体掺杂、结电场、缺陷态、离子迁移及其诱导的半导体性质演化等关键物理特性。理论研究表明,三元钙钛矿材料的自掺杂(比如原子缺失、间隙和替位)可以诱导产生p型或n型载流子。目前,实验上已经初步能够通过控制薄膜沉积的物理化学过程实现对钙钛矿载流子类型的调控,比如:在两步法中实现了甲胺铅碘空穴浓度的控制。此外,通过杂原子掺杂也可以获得异质结电池所期望的p型载流子。基于该类材料普遍存在的p型掺杂,在n-TiO<sub>2</sub>/钙钛矿吸光层/空穴传输层结构的器件中可以观测到存在于TiO<sub>2</sub>/钙钛矿吸光层间的单边异质结,且耗尽区主要分布于钙钛矿层内。而钙钛矿吸光层/空穴传输层间并未观测到结的存在。这表明钙钛矿电池更可能是一种单异质结电池,而非传统认为的p-i-n型电池。关于该类材料的深缺陷态能级,实验上已经采用了多种方法进行测量,均表明这种低温溶液法制备的钙钛矿薄膜材料的缺陷态浓度可以低至 $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ,从而保证了长的载流子寿命。最近,理论和实验测量均发现该类材料内显著的离子迁移,而离子迁移会导致材料掺杂和缺陷态的重新分布,进而影响器件的光电过程和稳定性。

这些关键物理特性的理解对于钙钛矿器件性能的提升和新应用的开发具有重要意义,同时也是正确评价和认知钙钛矿器件核心问题的基础。对于钙钛矿器件,较低稳定性是其进一步发展的瓶颈之一,而物理性质的稳定性是其关键所在,值得深入关注。

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/118174.html>