

基于离子间能量传递的宽带光谱调制

周佳佳¹ 滕 宇¹ 刘小峰² 邱建荣¹

(¹ 浙江大学材料系, 浙江 杭州 310027; ² 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

太阳能是一种取之不尽的清洁能源, 太阳光发电技术作为解决化石燃料枯竭和地球环境问题的绿色能源技术越来越受到重视。提高太阳能电池转换效率有两个途径: 一是改善电池结构, 开发新品种太阳能电池; 二是改变太阳光的光谱结构, 使其能被太阳能电池高效利用。近年来, 通过调制太阳光谱提高太阳能电池的光电转换效率受到广泛关注。目前, 已有大量有关通过稀土离子之间传能将近紫外及可见光子转换成可被太阳能电池高效利用的近红外光子的研究, 如基于 Tb^{3+} , Pr^{3+} , Tm^{3+} 与 Tb^{3+} 之间的传能的量子剪裁和光谱调制。但利用的 Tb^{3+} , Pr^{3+} , Tm^{3+} 的跃迁属 4f 内壳层的禁戒跃迁, 不仅吸收弱且频谱窄, 只有理论探讨的价值。

我们选择了具有高效宽带激发和发光特性的 Eu^{2+} , Ce^{3+} 和 Yb^{3+} 的组合, 实现了将 300~500 nm 不能被硅太阳能电池高效利用波段的一个光子转换成硅太阳能电池具有最高转换效率的 1 μm 附近一个以上近红外光子的光谱调制, 并探讨了配位场对光谱调制的影响。

选择 Eu^{2+} , Ce^{3+} 和 Yb^{3+} 共掺的玻璃或晶体, 通过时间分辨光谱证实了 Eu^{2+} 和 Ce^{3+} 向 Yb^{3+} 的能量传递。一个被激活

的 Eu^{2+} (或 Ce^{3+}) 可以向其周围近邻的两个 Yb^{3+} 进行协同能量传递, 实现从高能向低能的光子转换(图 1)。最高能量传递效率达到 74.6%, 最高量子效率达到 164.2%(图 2)。

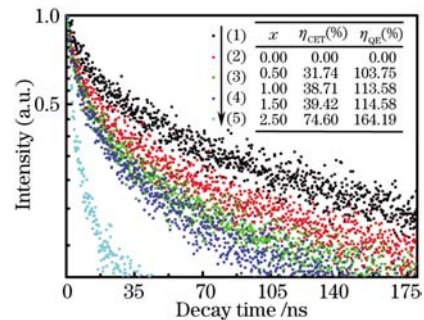


图 2 Eu^{2+} , Yb^{3+} (0~5 mol%) 共掺的硼酸盐玻璃的荧光衰减曲线; 插表为共掺玻璃的能量传递效率及量子效率

Eu^{2+} , Ce^{3+} 的激发和发光受配位场的强烈影响, 反过来使我们可通过选择合适的材料体系, 实现吸收和发射中心波长的操控。基于离子间能量传递的太阳光谱调制, 理论上可以有效提高太阳能电池光电转换效率, 并且突破太阳能电池光电转换效率的理论极限。我们瞄准提高硅太阳能电池的光电转换效率这一目标, 通过稀土离子的组合匹配, 调节基质组成, 调控活性中心的配位场, 实现了将 300~500 nm 的紫外可见光高效转换成 1 μm 的近红外光, 对于提高硅太阳能电池的光电转换效率有很好的应用前景。

项目基金: 国家自然科学基金(50872123, 50802083)、国家重点基础研究发展计划(2006CB8060007)和长江学者和创新团队发展计划(IRT0651)资助课题。

通信作者: 邱建荣, E-mail: qjr@zju.edu.cn

参考文献

- 1 J. Zhou et al., *Appl. Phys. Lett.*, 2009, **95**(14): 141101
- 2 X. Liu et al., *Opt. Lett.*, 2009, **34**(21): 3433
- 3 S. Ye et al., *J. Appl. Phys.*, 2009, **105**(6): 063508

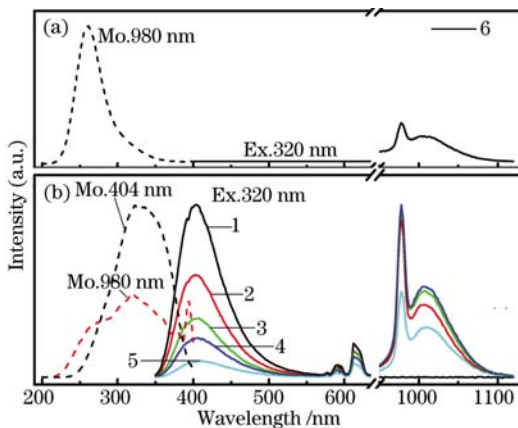


图 1 (a) 单掺镱离子硼酸盐玻璃的激发与发光光谱; (b) Eu^{2+} (1 mol%) Yb^{3+} (0~5 mol%) 共掺的硼酸盐玻璃的激发与发光光谱