

实验简报

Monarc Pro CL 系统和 EDAX Octane Elite Super 探测器

标题

通过能量色散谱和阴极荧光谱定量分析太阳能电池中的痕量元素

使用的 Gatan 设备

通过 Monarc® Pro 阴极荧光 (CL) 系统和 EDAX Octane Elite 能量色散x射线谱 (EDS) 探测器实现对成分和晶体结构的精确分析及同步的谱学成像。

背景

薄膜太阳能电池的采用是政府节能计划实现的关键环节之一，通过对诸如 CdTe/CdSeTe 器件成分和晶体结构更深入的理解和控制，我们仍有很大的机会去进一步提高这些器件的效率。但是，没有一种单一的表征技术能够提供对这类材料的全面理解，因而需要使用 EDS 和诸如 CL 的发光表征技术的多模态分析。在此我们展示 EDS 和 CL 谱学数据的同步采集和分析的新方法，能够揭示低至痕量的 Se 的元素分布。

材料和方法

通过安装在扫描电子显微镜 (SEM) 上的 EDAX Octane Elite Super EDS 探测器和 Monarc Pro CL 系统对多层 CdTe/CdSe_xTe_{1-x} (厚度为 2500/500 nm) 太阳能电池进行了分析。使用 DigitalMicrograph® 软件对经由 7° 聚焦离子束抛光制备的截面样品上超过 30 x 40 μm 的区域进行了谱成像 (或高光谱分布) 的同步采集。利用 Monarc 系统的 EDS 兼容采集镜实现了高效的工作流程。在如今使用了 EDAX APEX EDS 软件高级分析引擎的 DigitalMicrograph 软件中完成分析。

从 EDS 分布图中可以看到，Se 以非均匀的横向分布形式向 CdTe 层发生了扩散。但是，在距离结合处 ~2 μm 以内的区域内 Se 的浓度就跌落至最小检测限之下。作为对比，CL 分布图揭示了晶体结构，并能够看到 Se 的扩散沿着晶界得到了增强。此外，分别通过 EDS 和 CL (使用 CdSe_xTe_{1-x} 的电子带隙宽度计算) 确定的 Se 分布具有很好的相关性，并且 CL 揭示了 Se 距离结合处深至 15 μm 以及低至 <0.5 at. % 的扩散行为。

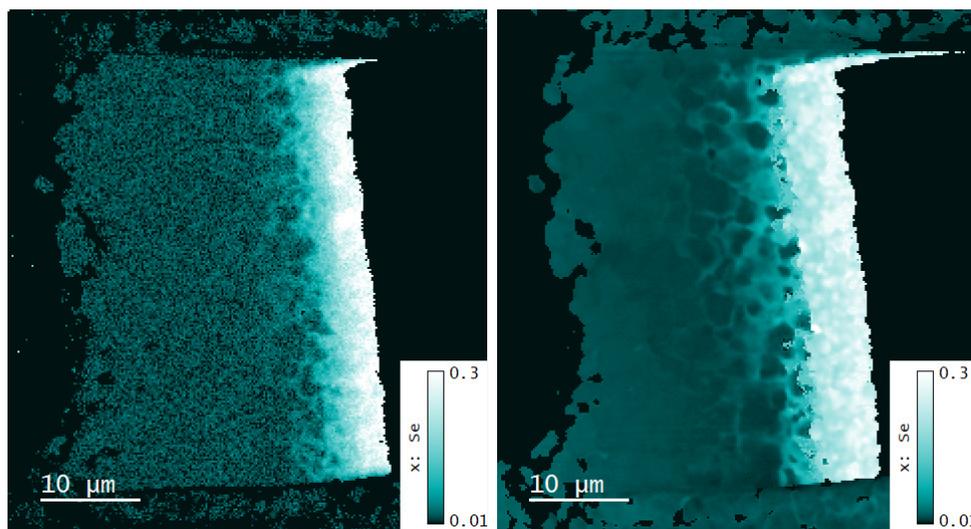


图 1. 通过 EDS (左图) 和 CL (右图) 得到的 Se/Te 比值，抛光表面从左 (上表面) 至右 (基体)。由 CL 确定的成分基于 NLLS 对峰位的分析， $E_g(x) = (1-x)E_{gCdTe} + xE_{gCdSe} - bx(1-x)$ 并使用将发光波长 (带隙) 和 CdSeTe 合金的成分关联起来，假设弯曲系数 $b = 0.725$ eV [1]。

致谢

感谢 Prof. M Walls, Professor of Photovoltaics for Power Systems in the Centre for Renewable Energy Systems Technology (CREST) at Loughborough University 提供样品。

Gatan 是世界领先的用于增强和扩展电子显微镜的仪器和软件制造商之一——从样品制备操作到成像与分析。

小结

CL 和 EDS 信号得到了同步采集，使得这两种表征技术之间实现精确的像素对应。通过 EDS 完成了元素定量分析，而通过 CL 得到了晶界和痕量元素的分布图。同步采集的能力带来了超越单独使用其中任何一种技术的显著优势。EDS 和 CL 数据相互补充，带来了更为完整的样品分析，包括优于或接近其中任一技术自身的元素定量检测下限的能力。

参考文献

[1] J Yang, et al., Chinese Physics B: Rapid Communication 28 086106 (2019).