

## 光电国家实验室薄膜太阳能电池研究进展

3月27日,《自然·能源》(Nature Energy)在线发表了光电国家实验室唐江教授课题组关于稳定无毒硒化锑薄膜太阳能电池的研究新成果,该论文题为“Stable 6%-efficient Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> solar cells with a ZnO buffer layer”。

在能源危机和环境压力下,全球范围内掀起了新能源的研究浪潮,太阳能应用独占鳌头。薄膜太阳能电池具有制作成本低、弱光和高温发电性能好、轻质可柔性等特性,在光伏建筑集成、移动供电等方面相对硅基太阳能电池具有竞争优势。目前市场上最成功的薄膜太阳能电池是碲化镉(CdTe)电池,但Cd剧毒而Te非常稀缺。

唐江教授课题组一直专注于新型硒化锑(Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>)薄膜太阳能电池研究。课题组先后在《先进能源材料》(Advanced Energy Materials)、《ACS应用材料与界面》(ACS Applied Materials and Interface)、《应用物理快报》(Applied Physics Letters)、《光伏进展》(Progress in Photovoltaics)以及《自然·光子学》(Nature Photonics)刊发论文,研究证实硒化锑具有类似碲化镉的材料简单、制备快速、光电性质优异等核心优势,但硒化锑本身无毒且元素丰度高,有望成为“绿色的碲化镉”,发展潜力巨大。

该研究采用硝酸锌水溶液喷雾热解的方法制备氧化锌(ZnO)代替了之前的硫化镉(CdS)作为硒化锑薄膜太阳能电池的缓冲层,材料本身和制备方法都是绿色、经济的。由于硒化锑是一维链状材料,即(Sb<sub>4</sub>Se<sub>6</sub>)<sub>n</sub>的分子链通过范德华力在两个方向上堆积而成,类似于结晶一维高分子,因此其薄膜取向非常重要,对器件性能有极大的影响。

实验发现,随机取向的氧化锌能诱导[221]取向的硒化锑薄膜,而[001]取向的氧化锌则诱导出[120]取向的硒化锑薄膜;基底和硒化锑薄膜取向高度关联。界面原子模型分析显示随机取向氧化锌表面暴露出更多的(100)面,有利于与随后生长的硒化锑成键,降低界面总能量,从而实现取向诱导。由此制备的器件界面缺陷少,复合损失下降,偏压外量子效率谱和变温开路电压测试都证实了这一点。

通过氧化锌成膜工艺和硒化锑背场处理的系列优化,研究人员最终取得了光电转换效率达5.93%的顶衬结构(FTO/ZnO/Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/Au)的硒化锑薄膜太阳能电池,并得到Newport公司的第三方权威认证。更重要的,由此制备的太阳能电池在未封装条件下表现出优异的稳定性,能够经历双85(温度85 °C,湿度85%)、持续最大功率点工作、强紫外光照射、热震荡等苛刻的考验,稳定性基本达到薄膜太阳能电池应用工业要求的IEC61646标准。相对于硫化镉缓冲层,使用氧化锌缓冲层器件稳定性明显提高的原因是:第一性原理计算显示Zn原子在硒化锑中的扩散能比Cd原子要大,高角暗场扫描透射电镜(HAADF-STEM)下的空间元素分布结果表明Cd在硒化锑中扩散接近50nm,而Zn的扩散则微乎其微,因此ZnO/Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>的异质界面扩散小,稳定性高。单色光开路电压衰减测试也显示氧化锌的吸光少,光生空穴对硒化锑的破坏得到抑制。该研究不仅发展了一维链状材料取向调控的新思路与新方法,而且初步解决了太阳能电池应用四大关键因素(效率、稳定性、低成本和低毒性)中的后三点,实现了较大的进展。

文章发表后,美国材料学会(MRS)和物理学会(APS)会士,美国阿贡国家实验室Supratik Guha博士在同期的《自然·能源》(Nature Energy)撰写了“Buffer against degradation”的news&views的论述性文章,评论到“唐及其同事取得的毒性降低和稳定性提高是一个里程碑式进展”(The reduced toxicity and improved stability shown by Tang and colleagues are significant milestones)。

本研究工作得到国家重点研发计划、基金委重点研发计划培育项目和优青项目经费支持。博士生王亮,李康华和陈超,博士后李登兵为论文的共同第一作者,唐江教授为论文通讯作者。该工作也得到光电国家实验室宋海胜副教授、李露颖副教授、牛广达副研究员,中科院半导体所邓惠雄副研究员,中山大学黄丰教授的支持和帮助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/106443.html>