

超高温陶瓷基太阳能吸收涂层研究取得系列进展

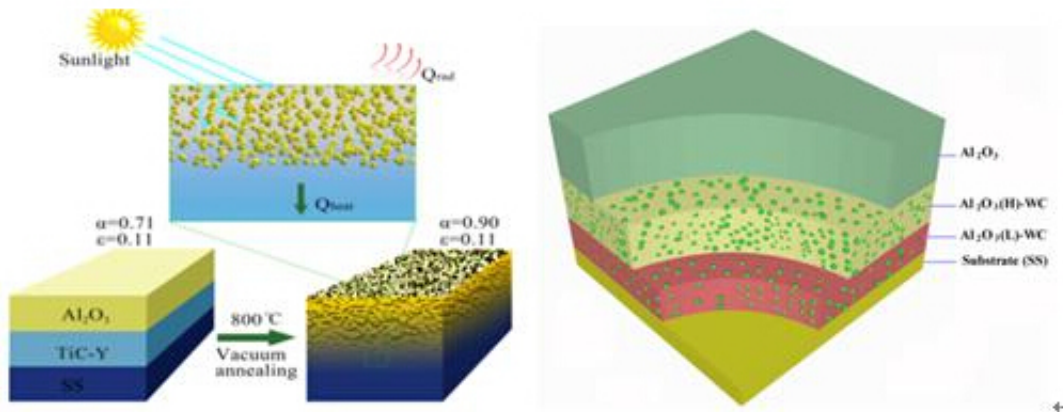
高温太阳能吸收涂层是太阳能光热发电的核心材料，同样在重质油开采、海水淡化、冬季区域性供暖以及应对雾霾等领域扮演着重要角色。高温太阳能吸收涂层应具备高的吸收率、低的发射率和良好的热稳定性能。然而，太阳能光热发电关键技术和核心材料的欠缺，严重制约了相关产业的发展。近年来，关注度较高的金属-电介质复合涂层由于在高温条件下易发生金属氧化、扩散等问题，最终导致涂层光学性能衰减。如何克服上述缺点，制备性能优异的太阳能吸收涂层，一直是新材料和能源研究领域面临的挑战。

超高温陶瓷(TiC、WC、HfC、ZrC和TiN)具有高熔点、高硬度、高导热率、良好的抗氧化性和抗热震性、中等热膨胀系数和潜在的光谱选择特性。近年来，中国科学院兰州化学物理研究所甘肃省黏土矿物应用重点实验室（环境材料与生态化学研究发展中心）研究员刘刚、博士高祥虎率先在国际上开展了超高温陶瓷基高温太阳能光谱选择性吸收涂层的可控制备及构效关系研究。他们与德国亚琛工业大学教授Wolfgang Theiss合作，通过光学软件模拟，获取了不锈钢、超高温陶瓷、光学玻璃、氧化铝等材料的光学常数，并以此为基础成功模拟设计出各类超高温陶瓷基太阳能吸收涂层。依据光学模拟结果，利用磁控溅射技术，以不锈钢(SS)为基底，在3000℃的沉积温度下制备出了SS/TiC/Al₂O₃、SS/TiC-Y/Al₂O₃、SS/TiC-ZrC/Al₂O₃、SS/TiC-WC/Al₂O₃、SS/Al₂O₃(L)-WC/Al₂O₃(H)-WC/Al₂O₃、SS/TiN/Al₂O₃等系列高温太阳能吸收涂层。该类太阳能吸收涂层吸收率大于0.92、发射率小于0.12，且具有良好的热稳定性能(大于600℃)、抗腐蚀性能和抗热震性能。部分涂层在真空8000℃的环境下具有良好的长期热稳定性能，是目前所报道的耐高温性能最佳的太阳能吸收涂层之一。

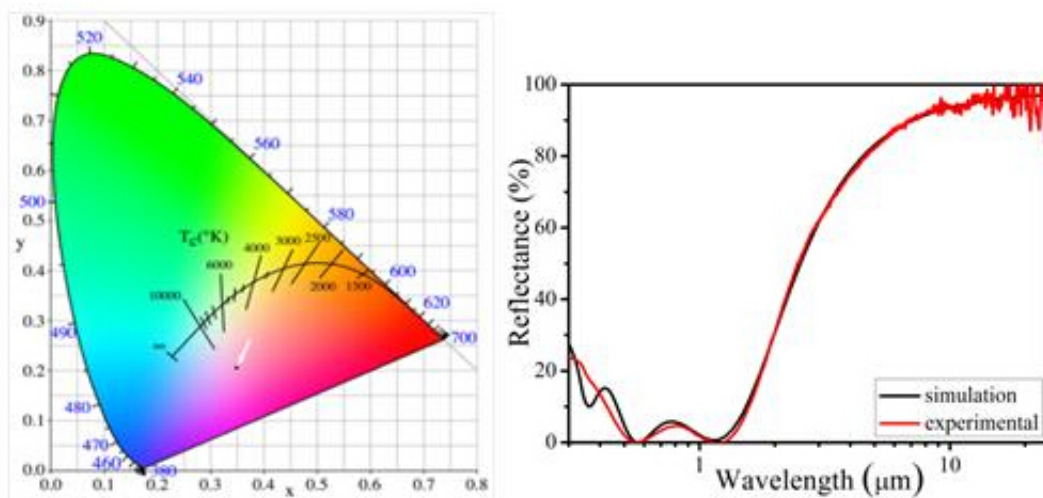
研究人员利用现代分析表征技术，深入研究了此类涂层的构效关系并阐明了其在高温下光学性能衰减机理：随着热处理温度的提高，过渡金属碳化物太阳能吸收涂层的拉曼光谱中ID/IG比值逐渐升高，即sp²C含量逐渐升高，从而引起涂层表面石墨化过程的加剧，最终导致涂层光学性能的衰减。为抑制高温拟合过程中sp²C含量的增加，研究人员利用双靶共溅射技术制备出SS/TiC-ZrC/Al₂O₃吸收涂层。该复合陶瓷涂层具有高的吸收率(大于0.92)、低的发射率(0.11)和高的长期热稳定性能(7000℃)。此外，研究人员在膜系设计中引入微量的稀土元素钇，通过高温(8000℃，5h)真空热处理，最终制备出了具有微孔形结构的超高温陶瓷太阳能吸收涂层，其吸收率大于0.90、发射率小于0.11，在8000℃高温条件下具有良好的长期热稳定性能，开辟了一种新的微孔形超高温陶瓷制备方法。同时，研究人员还制备出了紫色高温太阳能吸收涂层(SS/TiC-WC/Al₂O₃)，并对其进行了色度研究，绘制了色度图。

该研究工作提供了一种简单且具有普适性的高温太阳能吸收涂层制备新方法，丰富和发展了高温太阳能吸收涂层膜系理论，揭示了涂层构效关系，阐明了高温下光学衰减机理，极大拓展了超高温陶瓷在太阳能光热发电中的应用，为此类高温太阳能吸收涂层的可控制备奠定了理论基础，在中低温太阳能吸收涂层研究领域同样具有重要的应用价值。相关研究成果发表在Solar Energy Materials & Solar Cells、RSC Advances、Optical Materials、Surface Engineering、Journal of Materials Engineering and Performance 等期刊上。同时申请了国家专利，申请号：201610418110.9，201610418136.3，201610418437.6，201610418415.X，201610424296.9，201510983832.4，201510983817.X。

该系列研究工作得到了国家自然科学基金青年基金(51402315)、中科院太阳能行动计划、中科院修缮购置专项等项目的长期支持。



(左) 微孔形太阳能吸收涂层制备示意图；(右) 全陶瓷太阳能吸收涂层结构示意图



(左) 彩色高温太阳能吸收涂层色度图；(右) 光学模拟设计高温太阳能吸收涂层反射谱图

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/107954.html>