

兰州化物所二硫化钼/类金刚石碳复合薄膜研究取得系列进展

随着航空航天、先进核能等领域的迅速发展，其机械运动部件服役工况也愈加多变、复杂、苛刻，对表面润滑与防护薄膜材料抗辐照、多特性等方面提出愈来愈高的要求，致使传统过渡金属二硫化物薄膜（TMD）及类金刚石碳膜（DLC）等单一组分的润滑薄膜材料面临严峻挑战。

中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室辐照环境下润滑与防护材料组王鹏、许佼近年来一直致力于TMD/DLC二元复合及其多元掺杂薄膜的研究。近期，该课题组首次成功制备了Mo-S-N二元复合薄膜以及Mo-S-C-N多元复合薄膜，并对其性能进行了深入研究。结果表明：非金属元素C/N共掺杂使溅射薄膜表面更为致密平整，断面柱状结构特征显著减弱。经过参数优化的C/N共掺杂可有效降低N掺杂MoS₂薄膜对潮湿大气环境的敏感性，在大幅提升薄膜机械强度和韧性的同时保持薄膜在真空及潮湿大气中的低摩擦、耐磨损性能，并且在空间及聚变辐照环境下表现出良好的抗辐照性能，为实现该复合薄膜体系低摩擦、抗辐照与自适应性的一体化协同开辟了新途径。

通过摩擦界面微区分析发现，TMD/DLC复合薄膜体系的自适应性受非润滑相被选择性转移出接触表面的演变过程影响显著：在摩擦化学反应中，润滑相的定向有序化程度决定了薄膜的最低摩擦系数，非润滑相的选择性转移程度决定了薄膜的最低磨损率。同时，自适应复合薄膜微纳结构与选择性转移行为之间亦存在明显关联，(002)晶面取向择优的MoS₂富集层非常有利于薄膜在真空及干燥气氛中快速形成二维层状结构高度定向有序的TMD转移膜（图1），使薄膜磨合时间明显缩短，该工作为优化润滑相与非润滑相不同摩擦化学反应的协同效应提供了技术支持。相关研究结果发表在ACS Appl. Mater. Interfaces.7 (2015) 12943-12950, J. Phys. D: Appl. Phys. 48 (2015) 175304, Surf. Coat. Technol.296 (2016) 185-191, Appl. Surf. Sci. 364 (2016) 249-256, Sci. Rep.6 (2016) 25378, Fusion Eng. Des. 104 (2016) 40-45, 摩擦学学报. 36 (2016) 1-6, Appl. Surf. Sci.406 (2017) 30-38以及Phys. Chem. Chem. Phys. 19 (2017) 8161-8173等期刊，并被Phys. Chem. Chem. Phys.选为2017年19期封底（back cover图2）。

以上工作解决了长寿命、高载荷关节轴承表面镀膜处理过程及复杂多变环境服役过程中遇到的承载力低、环境敏感导致薄膜失效等问题，在国内EAST托卡马克装置远程操作臂关节轴承以及微小卫星太阳能帆板二次展开机构的润滑与防护领域获得成功应用(图3)。

该系列研究工作得到了国家自然科学基金项目（51227804和11475236）、兰州化物所人才项目以及固体润滑国家重点实验室的长期支持。

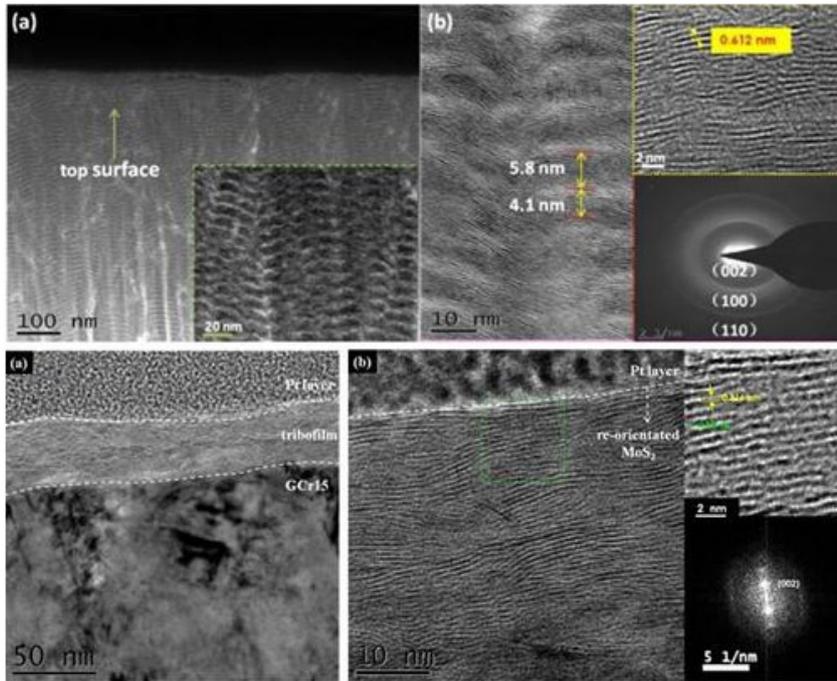


图1. 自形成纳米多层 $\text{MoS}_2/\text{S-C-N}$ 薄膜及在真空环境下转移膜截面HRTEM图像

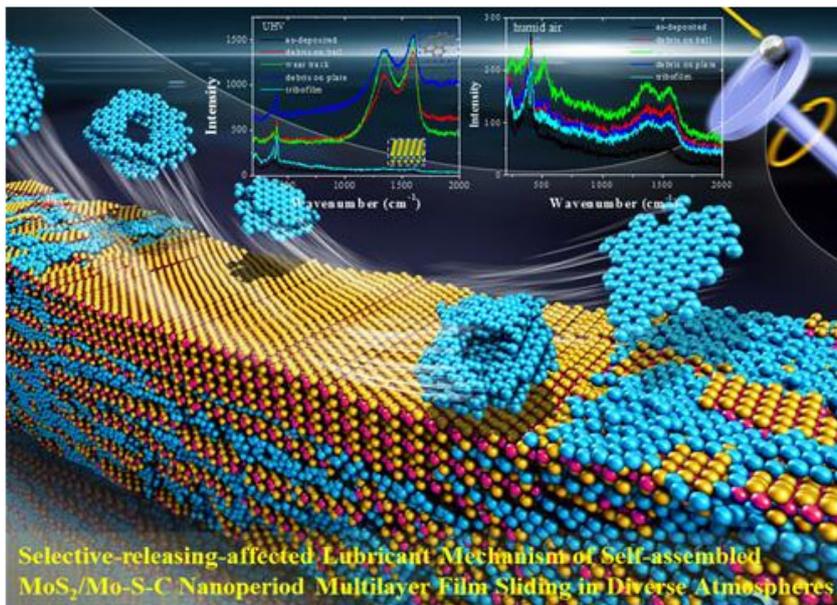


图2. 高真空环境下自形成纳米多层薄膜 $\text{MoS}_2/\text{Mo-S-C}$ 选择性转移行为示意图



图3. EAST托卡马克装置远程操作臂及Spark微小卫星太阳能帆板二次展开机构的润滑与防护

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/107394.html>