

高真空环境下氟化类金刚石碳基薄膜失效本质和延寿研究获进展

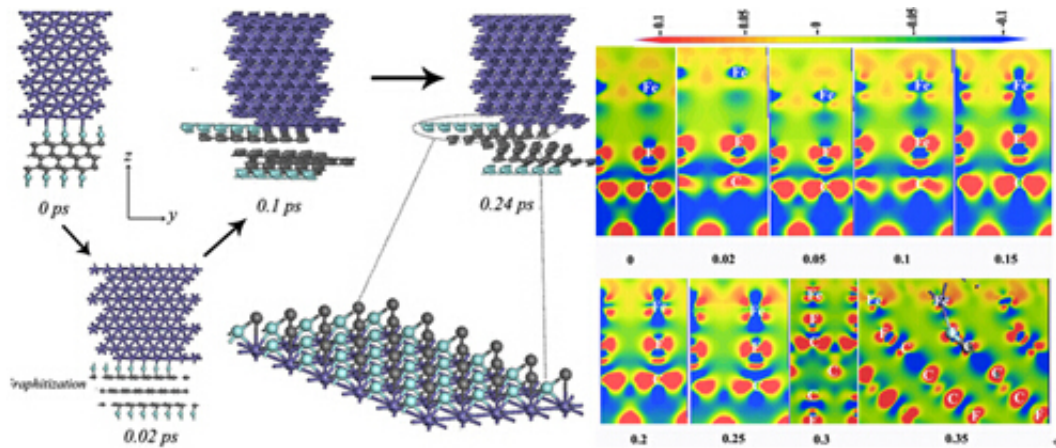


图1 利用第一性原理和分子动力学方法研究摩擦界面行为

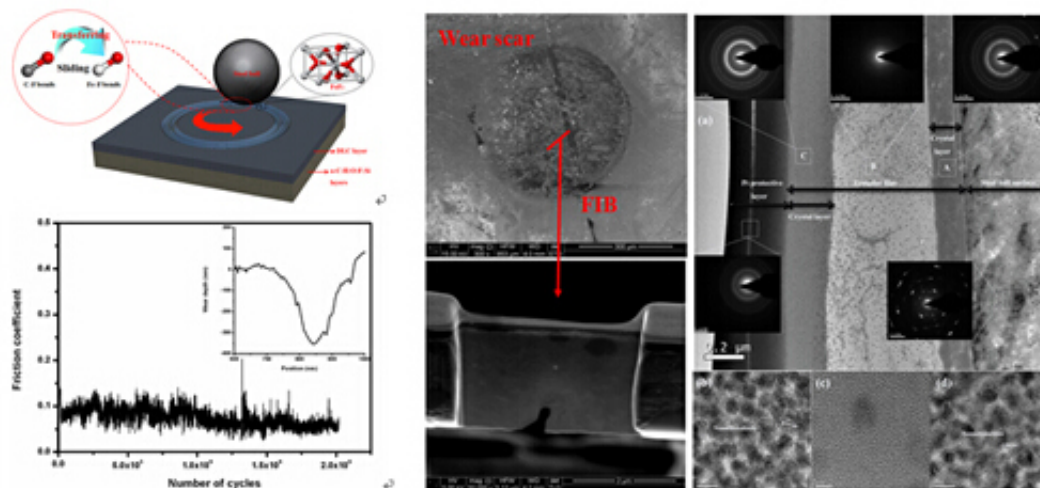


图2 利用接触界面摩擦化学及薄膜微观结构设计实现高可靠和超耐磨特性构筑

中国科学院兰州化学物理研究所研究员王立平和副研究员鲁志斌带领的研究小组近期在高真空环境氟化非晶碳基薄膜的失效本质和延寿方面取得新的突破。

目前，我国空间机械装备对运动机构提出了比以往更加苛刻的高精度、高可靠、长寿命等方面的性能要求。由于其在高真空环境下优异的摩擦学性能，氟化非晶碳基薄膜是高真空环境下理想的固体润滑薄膜材料。但是氟化非晶碳基薄膜在高真空条件下摩擦过程中通常表现为瞬间突然磨损失效，且迄今为止，这种磨损失效的本质机制仍不清楚，其磨损寿命根本无法满足高可靠和超长寿命的苛刻要求。

兰州化物所研究小组和乌普萨拉大学教授Jansson课题组针对氟化碳基薄膜高真空摩擦失效本质及延寿机制开展了系列理论计算和实验研究。3篇研究论文相继发表在近期出版的Scientific Reports (2015, 5, 9419 和 2015, 5, 11119以及2015,5,12734)上。

高真空环境下，非晶碳基薄膜材料的摩擦学行为和摩擦接触界面处原子尺度的信息密切相关，然而在原子尺度下原位观察摩擦行为极为困难。运用第一性原理计算和分子动力学模拟能够掌握并理解原子尺度细节，因此是在原子尺度下深入理解氟化非晶碳基薄膜材料摩擦机制的有效工具。利用第一性原理计算和分子动力学方法，结合压缩应力-应变关系，该课题组第一次确认在高真空条件下塑形变引起的石墨化产生的接触界面间的强粘着直接导致了薄膜的本质失效。此外，课题组设计的真空下氟化非晶碳基薄膜摩擦模型试验验证了该薄膜在高真空中的本质失效机制是石墨化

引起的界面之间的强粘着，和计算预测结果相一致。进一步的研究表明摩擦界面的C-F键和C-C键对周围的应力场分布和化学环境非常敏感，当施加应力或改变对偶材料的成键状态时，与摩擦密切相关的界面电荷分布发生明显改变，导致界面C-F键和C-C键的键长和键能发生相应变化，从而影响界面的稳定性和粘着相互作用。

在此基础上，研究人员成功实现了氟化非晶碳基薄膜在高真空条件下的超长磨损寿命设计和可控制备。通过成分设计和多层界面微观结构构筑，研究人员成功设计制备了具有低内应力的氟化非晶碳基薄膜，通过摩擦界面调控原位生成热力学和结构稳定的FeF₂纳米晶摩擦膜，避免了摩擦界面之间强的粘着，该非晶碳基薄膜在高真空下表现出低摩擦和超低磨损等优良的摩擦学特性。这为进一步拓展碳基薄膜在空间技术领域的应用奠定了扎实的理论 and 材料体系基础。

上述研究工作得到了国家自然科学基金委优秀青年基金和甘肃省杰出青年基金以及中科院卓越青年科学家培养计划项目的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/81496.html>