

W 对 Si 掺杂类金刚石薄膜高温摩擦学行为的影响研究

余伟杰^{1,2}, 黄伟九^{1,2,3*}, 王军军^{2*}

(1. 重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400030; 2. 重庆理工大学 材料科学与工程学院, 重庆 400054; 3. 重庆文理学院 新材料技术研究院 402160)

摘要: 采用等离子体辅助反应磁控溅射技术制备了以 W 为过渡层的掺 Si 类金刚石薄膜 (W/Si-DLC) 以及以 W 梯度掺杂的 Si/W 共掺的类金刚石薄膜 (Si:W-DLC)。利用拉曼光谱仪 (Raman)、纳米压痕仪 (Nano-indentor)、X 射线光电电子能谱仪 (XPS) 和摩擦磨损实验机等方法分析了薄膜的结构、力学性能、表面成键特性和不同温度下的摩擦学行为。结果表明, 随着温度的升高, 两种薄膜的 I_D/I_G 值都不断升高, 两种薄膜都发生不同程度的石墨化转变。W/Si-DLC 和 Si:W-DLC 薄膜在 RT ~ 500 °C 温度范围内的摩擦系数都能保持在 0.2 以下。分别根据两种薄膜在 500 °C 下的磨痕进行 XPS 和力学性能的检测 results 提出两种薄膜在 500 °C 下的减摩机理: 其中 W/Si-DLC 薄膜在 500 °C 环境下被磨穿后 W 过渡层参与摩擦过程并发生摩擦化学反应生成 WC 和 WO_3 后与发生严重石墨化的碳膜形成新的复合减摩涂层。相比于梯度 W 掺杂 Si:W-DLC 薄膜的硬度从 500 °C 退火 30 min 前的 21.6 ± 0.6 GPa 下降到退火后的 11.1 ± 1.1 GPa, 降幅为 48.6%; 不掺 W 的 Si-DLC 的硬度在 500 °C 退火 30 min 后的硬度为 7.3 ± 0.9 GPa, 较沉积态时的 19.8 ± 0.5 GPa 下降了 63.1 %。在高温环境下维持一定的力学性能和生成的 WO_3 润滑相和薄膜的石墨化的协同作用是 Si:W-DLC 薄膜在 500 °C 获得低摩擦系数的关键。

关键词: 类金刚石; 高温摩擦; 钨过渡层; 钨梯度掺杂

作者简介: 余伟杰, 1988 年 6 月, 466212362@qq.com。主要研究方向为碳基薄膜的制备及其减摩抗磨机理研究

* Corresponding authors: E-mail address: huangweijiu@cqwu.edu.cn (Weijiu Huang)
wangjunjun@cqut.edu.cn (Junjun Wang)

重庆市科技创新与应用发展项目 (cstc2019jscx-fxydX0046); 国家自然科学基金 (51805063); 重庆市教科委科技攻关项目 (JQN201801134); 重庆市材料表面与界面科学重点实验室项目 (KFJJ2007)