
石墨烯修复告别“大水漫灌”开启“精准滴灌”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18081.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

石墨烯修复告别“大水漫灌”开启“精准滴灌”。



石墨烯薄膜缺陷的快速修复过程示意图。（赵文杰提供）

近期，中国科学院宁波材料技术与工程研究所海洋实验室苛刻环境材料耦合损伤与延寿团队，设计了一种快速、精准修复石墨烯薄膜缺陷的方法，可以在15分钟内高效地修复石墨烯薄膜上多尺度和多类型缺陷，在提高石墨烯薄膜腐蚀防护性能的同时不影响石墨烯优异的导电性能。

该研究工作以《以精确快速的自组装缺陷修复方法消除石墨烯涂层的电偶腐蚀效应》为题正式发表在材料领域高水平期刊《先进功能材料》（Advanced Functional Materials）。

天生缺陷期待精准修复

自问世以来，石墨烯以其优异的化学稳定性和不透过性，被认为是最具潜力且已知最薄的防腐材料。化学气相沉积法（CVD）则常用来制备大面积和高品质的石墨烯薄膜，但CVD法生长石墨烯的过程中，不可避免地会引入不同类型和不同尺寸的本征缺陷，例如空位、针孔、裂纹和石墨烯岛晶界等。

缺陷的存在，导致金属基体直接暴露在腐蚀介质中，引发金属基体和石墨烯之间的电偶腐蚀，加速了金属基体的腐蚀速度。这些缺陷除了会降低石墨烯薄膜的防腐性能外，还会降低电学性能，尤其是在腐蚀发生以后。

已有的一些修复石墨烯缺陷的方法，比如通过原子层沉积（ALD）方法在石墨烯上沉积钝化氧化锌、氧化铝等氧化物。氧化物覆盖整个石墨烯表面，可以提升石墨烯膜层的耐腐蚀性能。

但是，ALD方法耗时数小时，并且对缺陷缺少高选择性，沉积在石墨烯的无缺陷区域的氧化物往往会大幅降低石墨烯的电性能。

创新方法，揭示机制

上述文章通讯作者、宁波材料所研究员赵文杰告诉《中国科学报》，修复石墨烯缺陷的最大挑战是高效性和精准性，同时又不影响其化学稳定性和电学性能。

研究团队基于溶液蒸发过程中1H,1H,2H,2H-全氟辛硫醇（PFOT）分子在石墨烯缺陷位置的原位自组装，通过硫醇与缺陷位点暴露的铜基底形成化学键快速修复缺陷。采用原子力显微镜和拉曼光谱联用技术验证了PFOT修复石墨烯缺陷的精准度，发现PFOT选择性吸附在不同类型和尺寸的石墨烯缺陷上，在石墨烯完整区域没有出现PFOT分子。

他们通过显微红外、XPS和DFT计算揭示了化学键的形成机制，实验表征和DFT计算得出的结果具有非常好的一致性。PFOT分子与暴露在缺陷位置的基底铜原子和石墨烯缺陷边缘的碳原子形成非常强的共价键，并且，PFOT分子与完整无缺陷的石墨烯表面形成弱的范德华键，很容易去除，这就是PFOT精准修复石墨烯缺陷的原因。

此外，硫醇与基底铜原子和缺陷边缘碳原子之间的化学键导致PFOT分子扩散到缺陷位置的Ehrlich-Schwoebel势垒降低。这就使得PFOT分子可以很快（仅在15分钟内）且精准的修复石墨烯缺陷。

普适性修复法或影响工业领域

赵文杰表示，该石墨烯耐蚀薄膜缺陷精准修复的方法展现出普适性，具备三个关键要素：

修复物质须与金属基底有牢固的化学键合，确保长期的化学稳定性，使修复具有长效性；修复物质不会与无缺陷的石墨烯形成化学键，确保修复过程不影响石墨烯的电学性能；修复物质含有疏水性官能团，降低腐蚀性介质在表面的润湿性，从而提升石墨烯膜层的防腐蚀性能。

因此，如果说以往的修复方式是大水漫灌式，本成果实现的则是精准滴灌式定点修复。

对此成果，《先进功能材料》审稿人认为，作者通过系统的实验表征和第一性原理计算，修复了石墨烯薄膜表面存在的多尺度、多类型的缺陷，消除了石墨烯与铜基底之间潜在的电偶腐蚀，并深刻揭示了修复机制，该修复方法可以应用于其他修复过程，这项工作将激发电子工业、涂层和传感器领域对石墨烯薄膜修复的广泛研究。（来源：中国科学报张楠）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adfm.202110264>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：赵文杰等 来源：《先进功能材料》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发