
研究用于检测二氧化硫的还原氧化石墨烯基传感器上金属纳米颗粒的修饰 MDPI Chemosensors

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39869.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！

研究用于检测二氧化硫的还原氧化石墨烯基传感器上金属纳米颗粒的修饰 MDPI Chemosensors。论文标题：Investigating the Metallic Nanoparticles Decoration on Reduced Graphene Oxide-Based Sensors Used to Detect Sulfur Dioxide

论文链接：<https://www.mdpi.com/2227-9040/12/2/24>

期刊名：Chemosensors

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/chemosensors>

文章导读

尽管石墨烯及其衍生物 (如GO和rGO) 因其独特的二维结构和大比表面积在传感领域极具潜力，但纯石墨烯的零带隙限制了其应用，而rGO则通过提升电导率成为更理想的传感基体。然而，rGO的传感性能仍有优化空间，与金属纳米粒子 (如铂、铜) 结合形成复合材料被视为一种有效策略，能够利用纳米粒子的催化效应、防止石墨烯片层团聚以及协同提升整体响应。本篇由法国国家科学研究中心Amadou L. Ndiaye老师团队撰写并在 Chemosensors

期刊发表的文章，系统比较两种将纳米粒子负载到rGO表面的方法：化学修饰法 (原位还原金属离子) 和物理修饰法 (热蒸发沉积)。研究通过调控金属离子浓度和沉积时间，分别优化了两种方法下的纳米粒子负载量，并详细表征了所得复合材料中纳米粒子的形貌、尺寸及分布差异。研究团队发现，化学修饰倾向于产生随机分布、粒径较宽的纳米粒子，而物理修饰则能形成更均匀、更细小的纳米粒子。此外，尽管物理修饰能实现更高的表面覆盖率，但实验结果表明，化学修饰法制备的、具有较低纳米粒子负载量的复合材料展现出更优的SO₂气体响应性能。

研究过程与结果

本文研究了Cu/Pt纳米粒子修饰还原氧化石墨烯 (rGO) 用于检测二氧化硫 (SO₂)。通过化学和物理两种方法将纳米粒子负载到rGO上。其中，化学法得到的纳米粒子随机分布、尺寸不均 (1-100 nm)，物理法得到的纳米粒子分布均匀、尺寸较小 (1-20 nm)。实验发现，化学修饰、且纳米粒子负载量较低时气体响应最佳。这是因为纳米粒子与rGO之间存在协同增强效应，同时纳米粒子对rGO有催化作用。物理修饰虽然覆盖率更高，但减少了rGO裸露表面，反而降低了气体响应。结果表明，气体响应依赖于纳米粒子与裸露rGO表面的共同作用。

1. 化学修饰与物理修饰rGO/纳米颗粒的表征

(1) 扫描电子显微镜与透射电子显微镜表征：通过SEM和TEM图像对比分析发现，无论是化学修饰还是物理修饰，Cu纳米粒子在rGO表面均倾向于形成较大尺寸的团聚体，而Pt纳米粒子则形成更小尺寸的分布。原始rGO表面平整，修饰后均出现明显的纳米颗粒结构，证实了两种修饰方法的有效性，同时揭示了不同金属在相同修饰方法下具有差异化的形貌特征 (图1)。

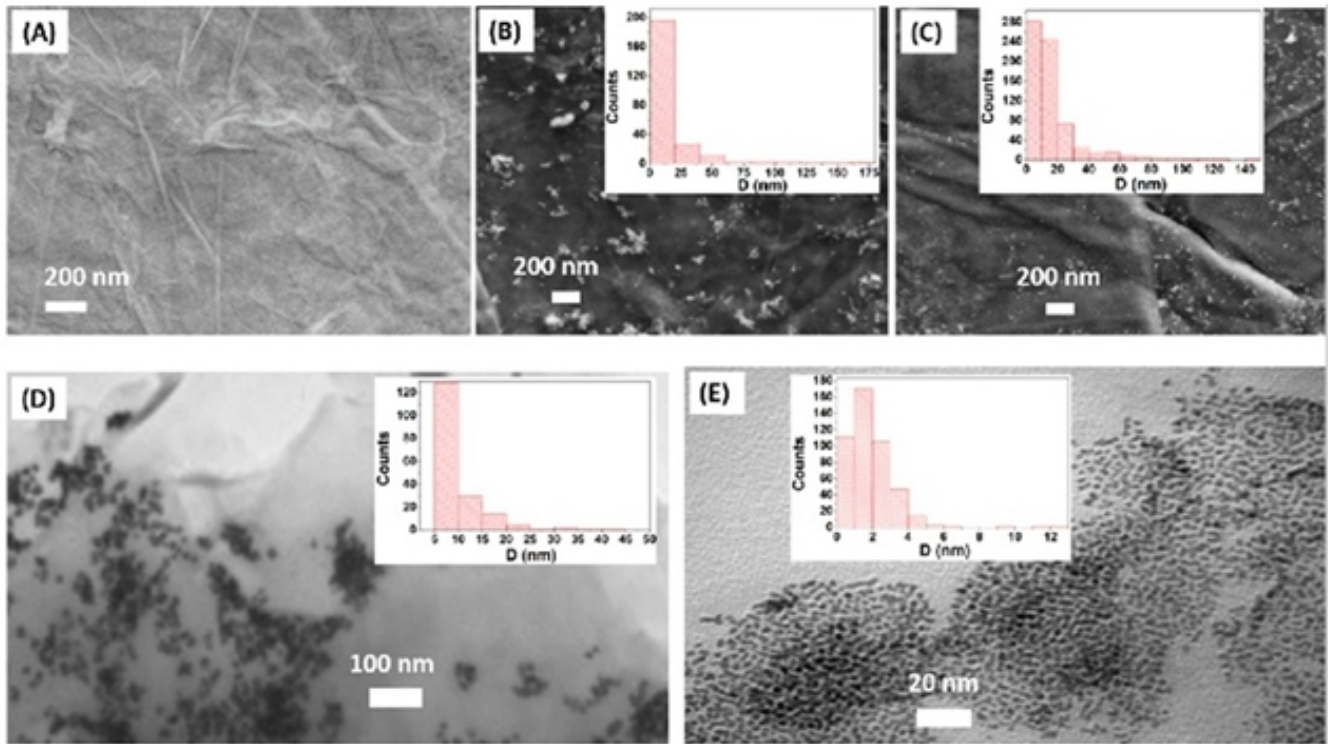


图1. 还原氧化石墨烯 (rGO) 的扫描电子显微镜图像 (A)，以及化学修饰的纳米复合材料rGO/Cu (B) 和rGO/Pt (C)；物理修饰的纳米复合材料rGO/Cu_{22 Å} (D) 和rGO/Pt_{25 Å} (E) 的透射电子显微镜图像。

(2) X射线衍射：XRD分析表明，化学修饰的rGO/Pt复合材料显示出明确的Pt晶体结构衍射峰。而化学修饰的rGO/Cu中同时检测到金属Cu和Cu₂O的衍射峰，说明Cu纳米粒子在化学还原过程中存在部分氧化。物理修饰的复合材料在XRD谱中未出现明显的纳米粒子特征峰，表明其沉积的纳米粒子结晶性较差或尺寸过小 (图2)。

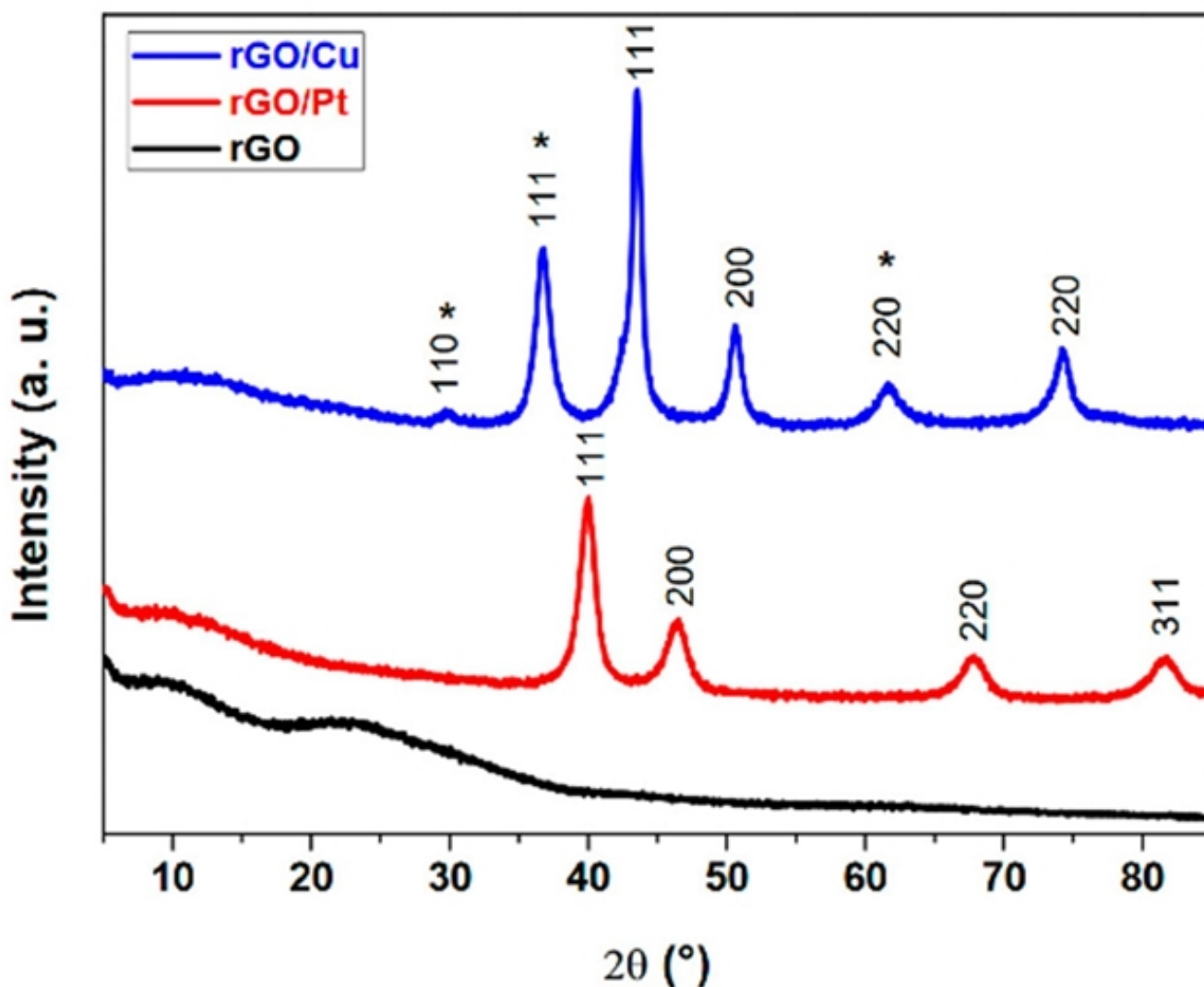


图2. 还原氧化石墨烯 (rGO) 及其化学修饰纳米复合材料rGO/Cu和rGO/Pt的X射线衍射谱图。标注为*的峰对应rGO/Cu纳米复合材料中的Cu₂O组分。

2. 化学修饰rGO/纳米颗粒纳米复合材料的传感器响应

(1) 化学修饰rGO/Pt纳米复合材料的传感器响应：对于化学修饰的rGO/Pt SO₂传感器，其性能优化关键在于控制适中的纳米粒子负载量以利用其诱导的n型掺杂效应，而非提高工作温度。过多的纳米粒子负载或升高温度均会损害传感器的响应性能 (图3)。

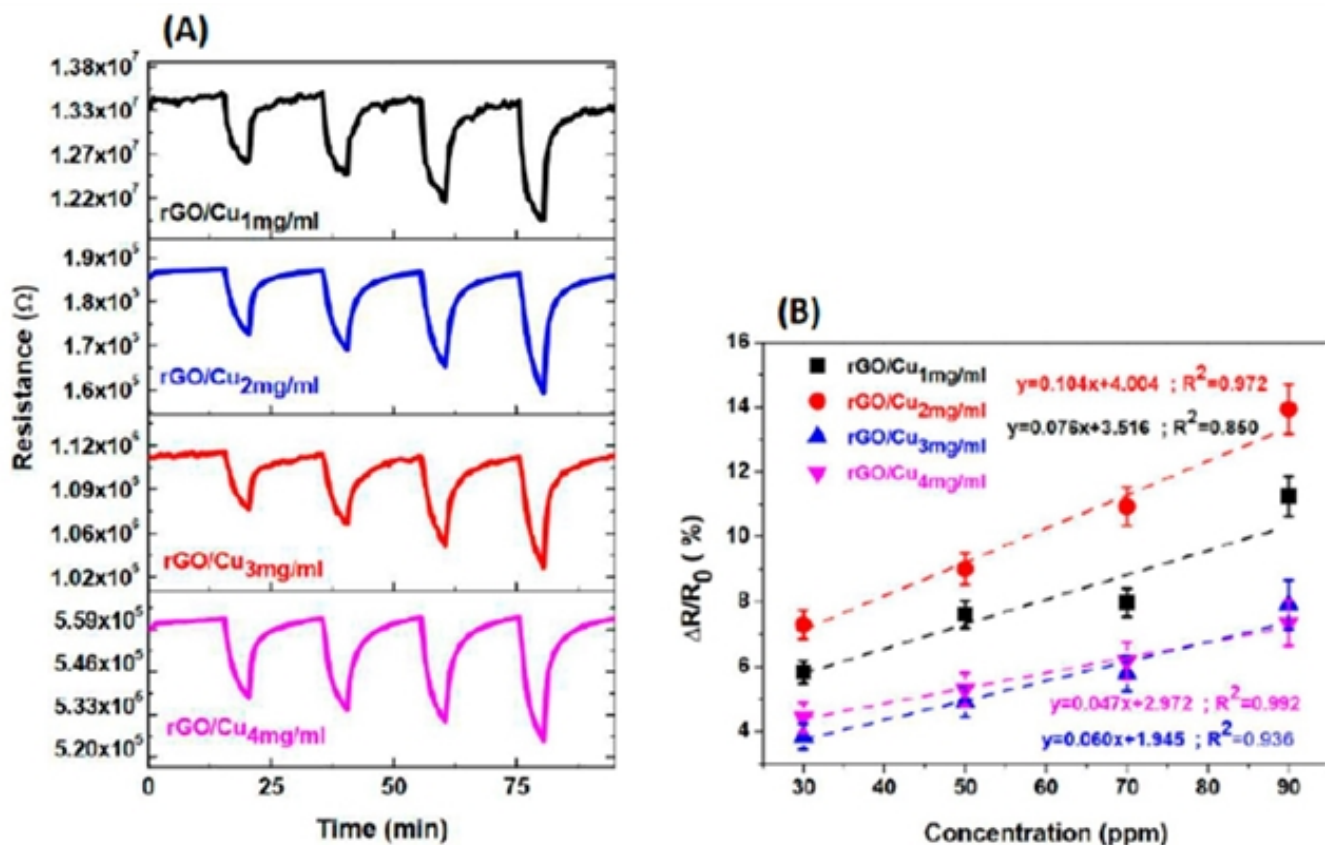


图3. 化学修饰的rGO/Pt纳米复合材料在室温下暴露于10 – 90 ppm范围内二氧化硫浓度时的传感器响应 (A)；以及在不同温度下暴露于80 ppm浓度时的响应 (B)。

(2) 化学修饰rGO/Cu纳米复合材料的传感器响应：研究结果显示，所有测试的前驱体浓度 (1-4 mg/mL) 均能产生有效响应，且材料表现出n型半导体特性。其中，2 mg/mL的浓度展现出最佳性能，被确定为化学修饰rGO/Cu体系的最佳负载量 (图4)。

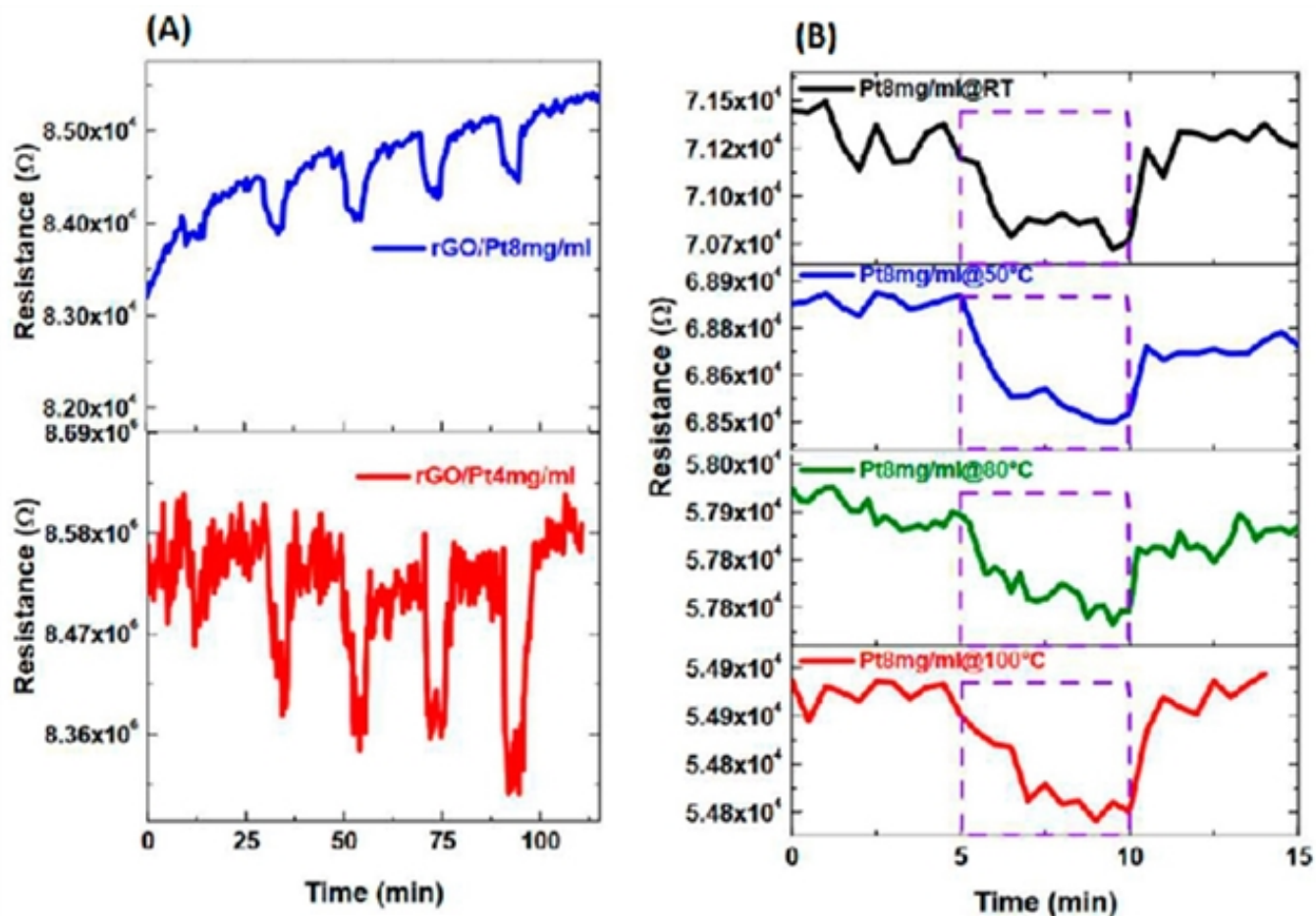


图4. 化学修饰的rGO/Cu纳米复合材料在30 – 90 ppm范围内SO₂浓度下的传感器响应 (A) 及对应校准曲线 (B)。

3. 物理修饰rGO/NP纳米复合材料的传感器响应

(1) 物理修饰Pt/rGO性能受限：无论沉积厚度 (25 Å 或 50 Å)，物理修饰的rGO/Pt复合材料在室温下对SO₂的响应信号噪声大、难以利用，且升高温度无法改善性能 (图5)。

(2) 物理修饰Cu/rGO性能更优且存在负载量优化点：物理修饰的rGO/Cu复合材料表现出清晰的n型响应。其中，较低负载量 (rGO/Cu 12 Å) 的传感器响应优于其对应的化学修饰最佳样品 (rGO/Cu 2mg/mL)。对于Cu体系，在优化负载量的前提下，物理修饰可以取得比化学修饰更佳响应；而对于Pt体系，物理修饰在本研究条件下则表现不佳 (图5)。

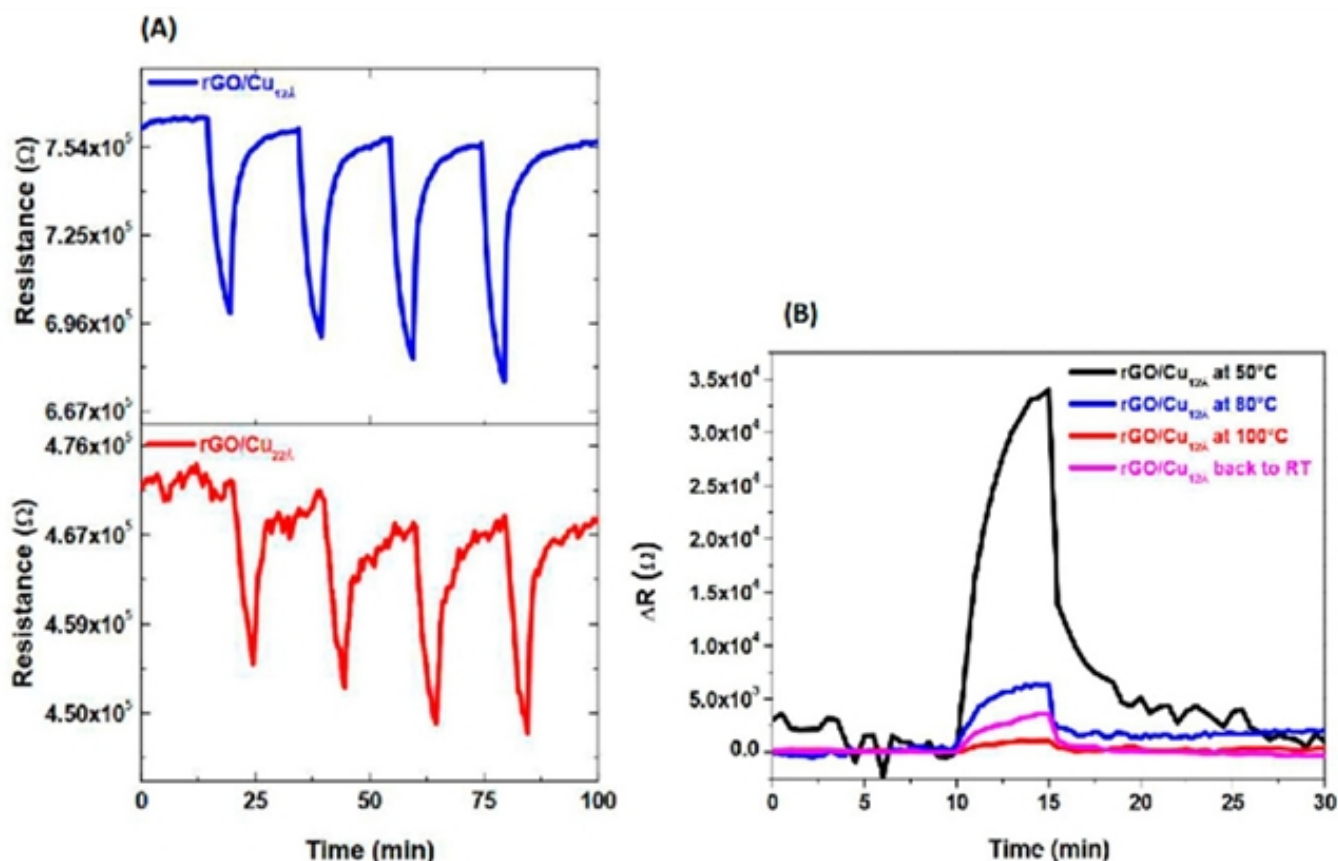


图5. 物理修饰的rGO/Cu12 Å和rGO/Cu22 Å在室温下暴露于二氧化硫时的响应 (A)；以及rGO/Cu12 Å在室温和不同温度下的响应 (B)。

文章总结

本研究通过化学与物理两种方法将金属纳米粒子 (Cu、Pt) 修饰于还原氧化石墨烯表面，系统评价了其对二氧化硫的气敏性能。结果表明，化学修饰虽形成不均匀的纳米粒子团聚，却因其在保留充足裸露石墨烯表面的同时，有效强化了纳米粒子与基体间的协同作用，展现出更优的传感响应，其中Cu纳米粒子的性能优于Pt。物理修饰虽可实现粒子的均匀分布，但因过度覆盖石墨烯活性表面，反而削弱了气固相互作用与整体响应。研究同时发现，升高温度对化学修饰体系改善有限，仅对物理修饰有轻微提升。核心结论指出：传感器性能不仅取决于纳米粒子的分布与催化活性，更依赖于裸露石墨烯表面与纳米粒子之间的平衡与协同；过度修饰会因屏蔽活性位点而导致性能下降。这为设计高性能石墨烯基气敏材料提供了明确指导：需在纳米粒子负载量与基底暴露面积之间寻求最佳配比。

引用格式：

Ruiz, E.; Varenne, C.; De Lima, B.S.; Gueye, T.; Pauly, A.; Brunet, J.; Mastelaro, V.R.; Ndiaye, A.L. Investigating the Metallic Nanoparticles Decoration on Reduced Graphene Oxide-Based Sensors Used to Detect Sulfur Dioxide. *Chemosensors* 2024, 12, 24.

Chemosensors 期刊介绍

主编：Nicole Jaffrezic-Renault, CNRS/Univeristy of Lyon, France; Jin-Ming Lin, Tsinghua University, China

期刊范围涵盖化学传感理论；机理和检测原理；开发、制造技术；化学分析方法在食品、环境监测、医药、制药、工业、农业等方面的应用。

2024 Impact Factor 3.7 2024 CiteScore 7.3 Time to First Decision 19.1 Days Acceptance to Publication 2.6 Days

来源：Chemosensors

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](https://www.iikx.com)转发