
用于过氧化氢检测的低成本碳糊层 Cu(II) 交换型沸石安培传感器 MDPI Chemosensors

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39843.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！

用于过氧化氢检测的低成本碳糊层 Cu(II) 交换型沸石安培传感器 MDPI Chemosensors。论文标题：Low-Cost Carbon Paste Cu(II)-Exchanged Zeolite Amperometric Sensor for Hydrogen Peroxide Detection

论文链接：<https://www.mdpi.com/2227-9040/12/2/23>

期刊名：Chemosensors

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

研究背景

近年来，铜改性沸石在电化学领域展现出巨大潜力，例如用于制备稳定性良好的改性电极，并作为高灵敏度传感器，用于检测多巴胺、抗坏血酸等多种物质。过氧化氢 (H₂O₂) 作为一种重要的氧化剂，其检测在食品、医药、环境监测等领域具有重要意义。然而，传统的H₂O₂检测方法如比色法、光谱法等往往存在操作繁琐、成本高昂或易受干扰等问题。相比之下，电化学方法(如伏安法和安培法)以其高灵敏度、快速响应和低检测限等优势，成为更具前景的检测手段。

本篇是罗马尼亚-同位素与分子技术国家研究与发展研究所 Codruta Varodi老师团队撰写并在Chemosensors 期刊发表的文章，创新性地利用天然沸石(火山凝灰岩)的离子交换特性，通过铜离子改性制备了一种低成本、环境友好的碳糊安培传感器，用于H₂O₂的高效检测。由于选用矿床的沸石样品化学组成均匀且品质优异，保证了传感器批次间的一致性。研究通过化学分析、光谱学和显微技术对改性沸石进行了系统表征，并采用循环伏安法和安培法评估了改性电极的电化学性能。结果表明，该传感器在检测H₂O₂时表现出优异的分析性能，包括高灵敏度和低检测限，为其在环境监测、食品安全及医疗诊断等领域的实际应用提供了可靠基础。

研究过程和结果

本研究旨在探索利用铜交换沸石火山凝灰岩(天然存在且易于制备应用)制备新型低成本碳糊安培法传感器检测过氧化氢的可能性。通过化学分析、能量色散X射线光谱、比表面积测定、电子显微镜、X射线衍射光谱及傅里叶变换红外光谱等手段,确定了沸石火山凝灰岩的特性。成功构建的传感器在pH值为7条件下工作,施加电位为 $-150\text{ mV Ag/AgCl/KCl}_{\text{sat}}$,表现出 0.87 mA M^{-1} 的灵敏度、 $10\text{ }\mu\text{ M}$ 的检测限以及高达 $30\text{ mM H}_2\text{O}_2$ 的线性范围。这些优异的过氧化氢检测电分析参数(低检测限与高灵敏度)表明,该传感器有望应用于环境监测、食品检测及医疗领域的多种分析物检测。

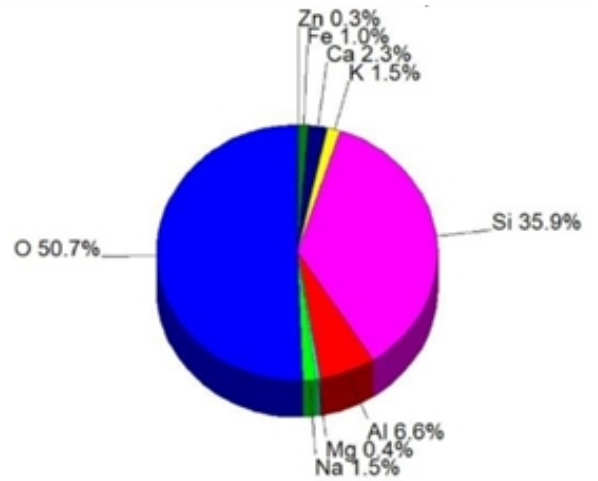
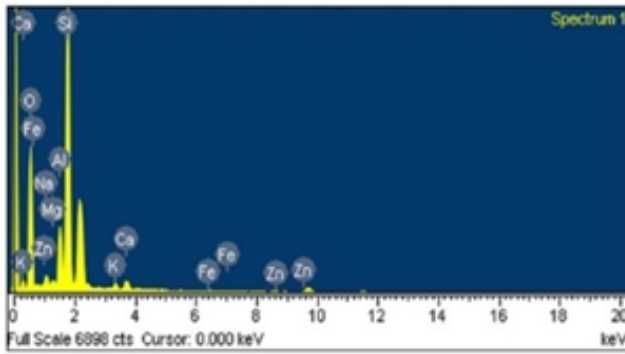
1 改良沸石的制备及电极制备

(1) 改性沸石的制备:以罗马尼亚马奇卡斯地区天然沸石凝灰岩为原料,经研磨筛选至 $0.2-0.4\text{ }\mu\text{m}$ 粒径、水洗干燥后,先以 1 M NaCl 溶液进行碱性处理。随后在动态柱交换装置中,使不同浓度($0.25-16.6\text{ g Cu}^{2+}/\text{L}$)的硫酸铜溶液流过沸石填充柱,实现铜离子交换。交换后的样品经 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 干燥6小时,并于 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 空气中煅烧4小时。通过分光光度法测定溶液铜离子浓度变化,计算沸石对铜的吸附量。

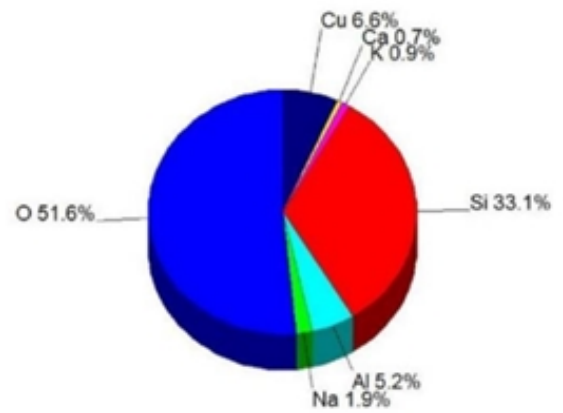
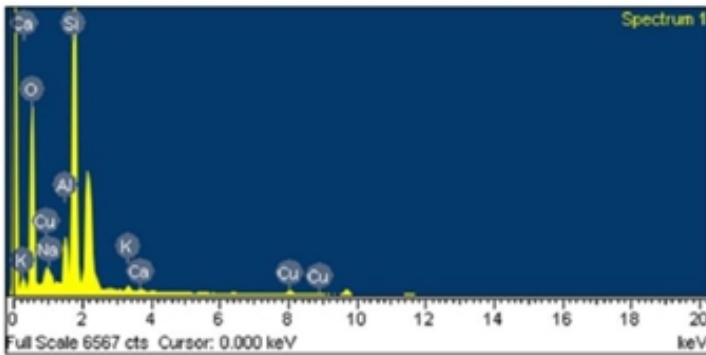
(2) 电极制备:将制备的沸石或铜改性沸石样品与石墨粉按质量比 $2:1$ 混合,加入石蜡油作为粘合剂,在玛瑙研钵中手工研磨混合 10 min 制得均匀碳糊。将该碳糊填入聚四氟乙烯管中,插入铜丝作为电连接,制成修饰碳糊电极(Z-CPE或Cu-Z-CPE)。

2 天然及改性沸石样品的物理与化学表征

(1) 天然沸石(Z)被证实其主要元素为硅(Si)、铝(Al)、氧(O),并含有钠(Na)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)等可交换阳离子(图1)。铜改性沸石(Cu-Z)除上述元素外,明确检测到了铜(Cu)的信号,直接证明了铜离子通过离子交换成功负载于沸石结构(图1)。对Cu-Z及其电极材料(Cu-Z-CPE)多个区域的分析表明,铜含量在 1.3% 至 6.6% 之间波动,平均值为 3.95% 。



A



B

图1. Z (A) 和Cu-Z (B) 样品的SEM-EDS光谱及原子量组成。

(2) 未改性沸石样品的平均BET比表面积为 $35.7 \text{ m}^2/\text{g}$ 。经铜离子交换及后续热处理(干燥与煅烧)改性后,比表面积小幅下降至约 $30 \text{ m}^2/\text{g}$;经改性后,孔径分布发生明显变化:小尺寸孔隙的孔隙减少,同时在较大孔径处出现了新的分布节点(图2)。

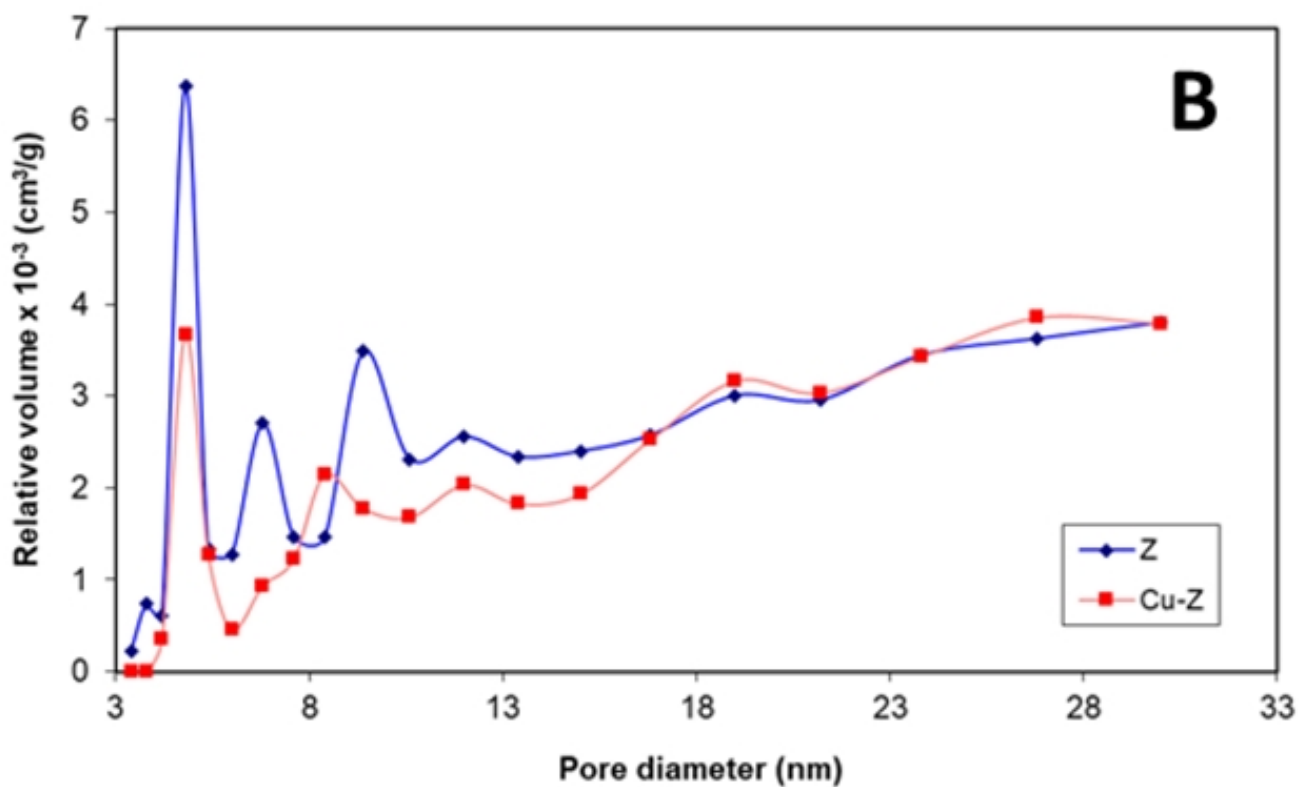
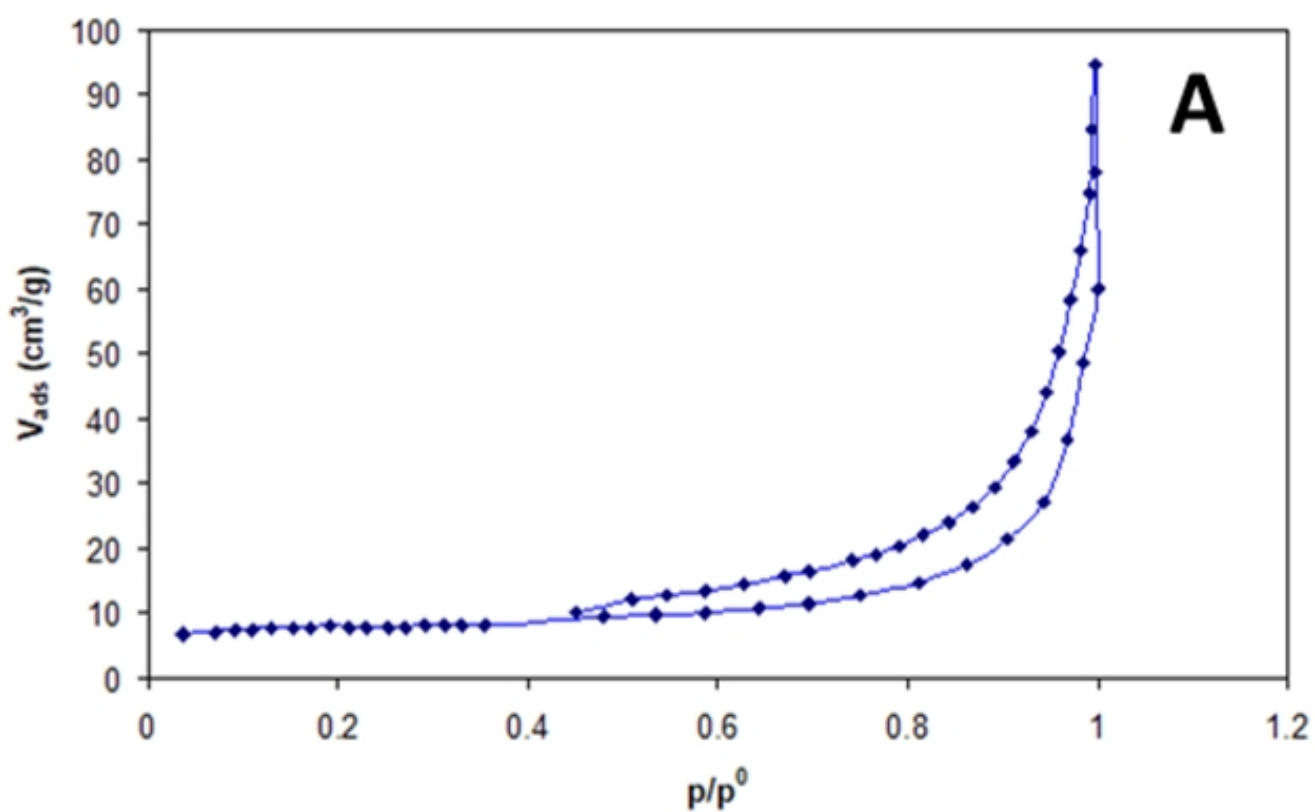


图2. 未改性样品N₂吸附-脱附等温线 (A) 及BJH孔径分布图 (B), 分别对应未改性样品(Z) 与铜改性样品 (Cu-Z)。

3 电化学与过氧化氢电催化测量

电化学表征通过在磷酸盐缓冲溶液中进行循环伏安测试，考察了不同电极的性能及影响因素。在 pH = 7、扫描速率 10 mV/s 的条件下，富铜沸石修饰电极 (Cu-Z-CPEs) 展现出一对明显的氧化还原峰 (图3)，其响应显著优于沸石修饰电极 (Z-CPEs) 和未修饰的碳糊电极 (CPEs)。该氧化还原过程的分析得出以下关键电化学参数：峰电位、形式标准电位、峰电流比、表面覆盖率，这些参数表明，铜离子已成功负载于沸石中并具备电催化活性，且修饰电极的氧化还原过程具有准可逆特征。

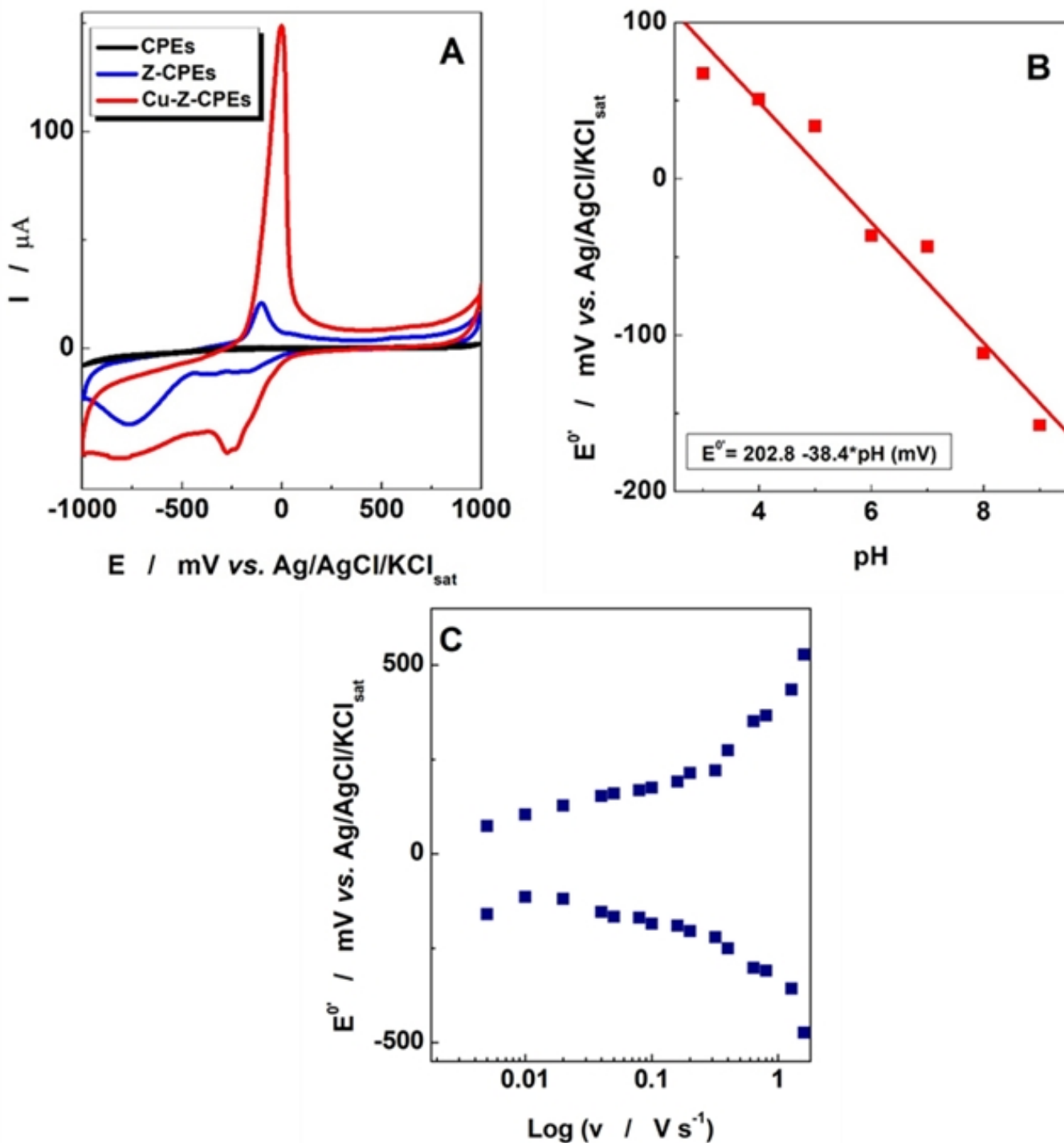


图3. 对应于所得改性电极的循环伏安图 (A) ; Cu – Z – CPE电极的标准电位pH依赖性 (B) 及 ($E_p - E_0$) 随扫描速率对数变化的实验依赖性 (C)。实验条件：起始电位, -1000 mV vs. Ag/AgCl/KCl饱和溶液；扫描速率, 10 mV s⁻¹ (A) ; 50 mV s⁻¹ (B) ; 支撑电解质, 0.1 M磷酸盐缓冲溶液, pH 7 (A,C)。

文章总结

本研究通过一系列物理化学表征手段证实了铜离子成功交换至天然沸石 (火山凝灰岩) 的结构中。利用该材料与石墨粉、石蜡油复合, 成功制备了一种用于检测过氧化氢 (H₂O₂) 的低成本安培传感器。系统性的电化学研究表明, 该改性电极对H₂O₂具有良好的电催化还原活性。在优化的实验条件 (如pH 7) 下, 传感器表现出优异的分析性能: 灵敏度为0.87 mA/M, 检测限低至10 μM, 线性范围达0.3 mM。综上所述, 该工作不仅开发了一种性能可靠、成本低廉且环境友好的H₂O₂电化学传感器, 为其在环境监测、食品分析与医疗诊断等领域的实际应用奠定了基础; 同时也为天然沸石的高价值功能化利用提供了新途径。

引用格式:

Gligor, D.; Maicaneanu, S.A.; Varodi, C. Low-Cost Carbon Paste Cu(II)-Exchanged Zeolite Amperometric Sensor for Hydrogen Peroxide Detection. *Chemosensors* 2024, 12, 23.

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