

用于电催化二氧化碳还原的非常规相JANUS



能源和环境

碳中和

节能/发电/管理/储存 (电池)

纳米技术与新材料

机会

自工业革命以来，大气中二氧化碳（CO₂）浓度急剧上升，对全球生态系统构成严重威胁。电化学二氧化碳还原反应（CO₂RR）利用可再生电力将过量的CO₂转化为高附加值的化学品和燃料，为实现碳中和提供了一条有前景的路径。在所有产物中，多碳（C₂₊）化合物（如乙烯）因其更高的能量密度和经济价值而特别受青睐。铜（Cu）因其对关键反应中间体合适的吸附强度，是生成C₂₊产物最独特的催化剂。然而，增强铜基催化剂的传统策略——如控制晶面、应变、缺陷、成分、尺寸和维度——一直局限于铜的传统面心立方（fcc）相。尽管已有关于非常规相金属纳米材料（如4H金、2H钴）的报道，但非常规相铜基异质纳米材料，特别是在非常规相金（Au）模板上实现铜位点选择性生长的材料，其合成仍然是一个重大挑战。本专利旨在满足对先进纳米材料的需求，以克服这些合成限制，并显著提高CO₂RR转化为高价值C₂₊产物的效率和选择性。

技术

本发明提供了一种新型纳米材料，包含金纳米结构和铜纳米结构，两者均为异质相形式，具体为面心立方-2H-面心立方（fcc-2H-fcc）结构。其核心创新在于，将非常规异质相铜（如fcc-2H-fcc Cu）通过位点选择性外延生长在非常规异质相金纳米结构（如fcc-2H-fcc Au纳米棒）上。这是通过一种种子生长法实现的，该方法精确控制还原动力学、表面活性剂选择（如油胺和十二胺的混合物）以及铜前驱体的浓度和注入速率。通过精细调节这些参数，该方法能够形成各种纳米结构形态，包括Janus纳米结构（铜在金纳米棒一侧不对称生长）、同轴异质纳米结构和核壳纳米结构。金和铜组分中的fcc-2H-fcc异质相以基本晶格匹配的方式排列，创造了独特的界面。这些非常规相界面使关键中间体（如CO）的吸附构型多样化，提高了CO溢流效率，降低了C-C耦合的过电位，并通过电子调制提高了整体电化学活性。该纳米材料可作为CO₂RR的高效串联催化剂，显著促进CO₂向多碳产物的转化。

优势

- 实现了非常规异质相铜在非常规异质相金纳米结构上的位点选择性生长，克服了一个关键的合成挑战。
- fcc-2H-fcc异质相结构使CO吸附构型（顶位和桥位）多样化，促进了高效的C-C耦合。
- 在-1.1 V vs. RHE下，对C₂₊产物（高达84.3%）和乙烯（C₂H₄）（高达55.5%）表现出优异的法拉第效率（FE）。
- 在流通池中，对C₂₊产物实现了高部分电流密度（220.8 mA cm⁻²，FE为61.3%），达到了工业相关阈值。

备注

IDF: 1633

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

4

发明人

范战西教授

马洋博博士

查询: kto@cityu.edu.hk

Develop
Concept

Proof
Concept

Build Value

- 与传统fcc铜催化剂相比，显示出更高的阴极能效和更低的C₂H₄生成起始电位。
- 在长期CO₂电解（10小时）过程中表现出优异的催化和结构稳定性。
- 该合成方法通过调整还原剂和前驱体注入速率，可以精确控制纳米结构形态（Janus、同轴、核壳）。

应用

- 主要用作将CO₂电化学还原为高附加值多碳化学品和燃料（如乙烯、乙醇）的高性能催化剂。
- 集成到电解槽和流通池中，用于可扩展的二氧化碳转化技术，旨在实现碳捕集与利用（CCU）。
- 潜在应用于其他电催化过程，其中定制的异质相界面和串联催化是有益的。
- 用于基础研究，以研究非常规相纳米材料的结构-性能关系以及C-C耦合的反应机理。

