

富含缺陷的二硫化钼单层膜、其生产方法及用途



节能/发电/管理/储存 (电池)

纳米技术与新材料

机遇

通过电化学水分解向绿色氢能转型，需要高活性、低成本的 electrocatalysts 来替代昂贵的贵金属（如铂）。二维二硫化钼（MoS₂）因其优异的传质和电子传输能力而成为一种有前景的候选材料。然而，一个重大限制阻碍了其广泛应用：MoS₂的催化活性主要局限于其原子级薄的边缘位点，而占据绝大部分面积的基面则基本保持惰性。这极大地限制了可用活性位点的密度。虽然缺陷工程（如制造硫空位）可以激活基面，但现有方法（如等离子体暴露或离子束辐照）需要复杂的外部刺激，并且在材料生长过程中缺乏精确的可控性。因此，迫切需要一种简单、可控的方法，能够在合成过程中直接将高密度缺陷引入MoS₂单层，从而将惰性基面转化为高活性催化表面，以实现高效的析氢反应。

技术

本专利公开了一种创新的盐辅助化学气相沉积（CVD）方法，用于生产富含缺陷的MoS₂单层膜。其核心创新在于，在CVD过程之前，用氯化钾（KCl）溶液对生长基底（例如二氧化硅）进行预处理。在随后约800-840°C的高温气相沉积过程中，KCl的存在直接诱导了正在生长的MoS₂单层膜基面内形成高密度的硫空位（V_S）和双硫空位（V_{2S}）。通过改变KCl溶液的浓度，可以精确调控空位密度，在最佳浓度为2.5 M时，空位密度最高可达3.35×10¹⁴ 每平方厘米（约占硫位点的29%）。这种原位缺陷工程方法无需进行合成后处理。所得的单层膜可以使用聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）辅助的湿法转移工艺转移到目标基底（如电极）上。当作为电催化剂集成到微电化学电池中时，这种富含缺陷的基面表现出优异的析氢反应（HER）催化活性。

优势

- 合成简单可控：KCl辅助CVD方法是一个简单的一步法工艺，将缺陷创造直接整合到生长阶段，避免了复杂的后处理。
- 高缺陷密度：能够在传统惰性的基面上创造极高的硫空位密度（高达3.35×10¹⁴/cm²）。
- 增强的催化活性：富含空位的基面对HER具有高活性，其性能显著优于仅依赖有限边缘位点的原始MoS₂。
- 优异的性能指标：该电催化剂在达到100 mA/cm²电流密度时表现出约158.8 mV的低过电位，以及约54.3 mV/dec的小塔菲尔斜率，表明其反应动力学高效。
- 成本效益高：使用丰富、低成本的材料（Mo、S、KCl）作为高性能催化剂，替代铂等贵金属催化剂。

备注

IDF:1552

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

3

发明人

潘萍博士

李淑惠教授

梁嘉豪

查询: kto@cityu.edu.hk

Develop
Concept

Proof
Concept

Funding

Build Value

- 性能可调：通过改变基底预处理中使用的KCl溶液浓度，可以调节缺陷密度及相关催化活性。

应用

- 制氢用电催化剂：作为水电解槽和氢燃料电池电极的关键组成部分，用于高效生产绿色氢气。
- 微电化学器件：集成到微型化电化学电池中，用于局部催化研究或便携式能量转换装置。
- 能量存储与转换：潜在应用于HER以外的其他催化反应，如金属空气电池中的析氧或氧还原反应。
- 半导体器件：缺陷工程化的单层膜可用于传感器、晶体管或光电器件，这些器件需要定制的电子特性。
- 基础研究：作为平台材料，用于研究二维材料中缺陷密度、应变和催化活性之间的关系。

