

正孔電荷分離層による半導体増感型熱利用発電の高効率化の試み- CuO@Fe₂O₃ ナノチューブ応用



Synthesis of CuO@Fe₂O₃ Nanotubes for High-Efficiency Semiconductor-Sensitized

Thermal Cell Enabled by a Hole-Electron Separation Layer

Science Tokyo¹, (株) elleThermo² ○(DC)孫 曉艷¹, 松下 祥子^{1,2}

Science Tokyo¹, elleThermo, Ltd.², ○(DC)Xiaoyan Sun¹, Sachiko Matsushita^{2,2}

E-mail: sun.x.0a14@m.isct.ac.jp

1. 緒言

我々は低温熱を直接電気に変換する新規技術、半導体増感型熱利用発電 (Semiconductor-sensitized Thermal Cell, STC) を研究している^[1]。STC は色素増感型太陽電池をベースにしており、熱励起された電子の酸化還元反応によって発電する (Fig. 1)。STC は「回復時間」や「再放電」などのユニークな特性を備えており、低温熱エネルギーの効率的な活用に新たな可能性を提供する。しかし新しい技術であり、電極での電子逆反応抑制等も行われていない。本研究では、半導体電極にヘテロ結合を導入することで正孔電子分離の促進を狙い、発電効率の向上を目指した。

2. 実験方法

本研究では、水熱合成法を用い、Cu 基板上に CuO ナノチューブの主体を成長させ、次にその主体上に Fe₂O₃ を成長させることで、正孔電荷分離層となる CuO@Fe₂O₃ ナノチューブを合成した。CuO@Fe₂O₃ ナノチューブを有する Cu 基板をハーフセルとして使用し、CuCl/CuCl₂@PEG600 電解液中で CV 測定やキャリア濃度評価などの電気化学測定を行った。ケルビンプローブ (FAC-2、理研計器) による材料のフェルミ準位測定と Mott-Schottky 解析を組み合わせて、バンド構造を詳細に明らかにした。また、FTO 対電極を取り付け電池化した後、発電性能の評価を行った。

3. 結果および考察

TEM 観察の結果、CuO ナノチューブの主体上に粒径約 10 nm の Fe₂O₃ パウダーが多数生成していることが確認された (Fig. 2)。CuO ナノチューブの成長時間が 10 分間である条件下では、優れた放電特性と回復能力を示した。電極面積 0.126 cm² において、40℃で、開放電圧 0.58 V および短絡電流 4.24 μA の発電特性が確認された。さらに、20 nA 定電流放電—4 h 開放電圧測定による評価の結果、120 回以上のサイクルにおいて回復特性が維持されることを確認した。材料のバンド構造解析結果に基づき、各組成のバンド位置が近接し、熱励起電流が円滑に流れる可能性を示唆した。

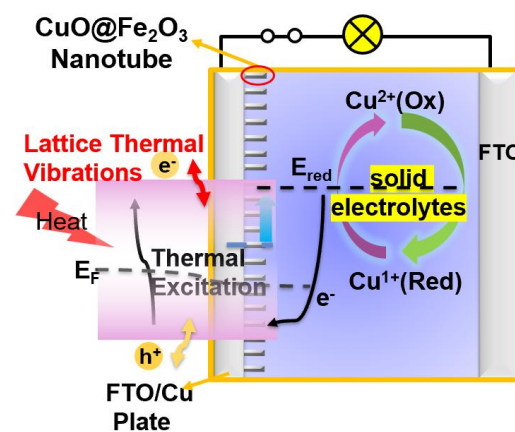


Fig. 1 Schematic image of the Semiconductor-sensitized thermal cell introduced CuO@Fe₂O₃ nanotubes as a hole-electron separation layer.

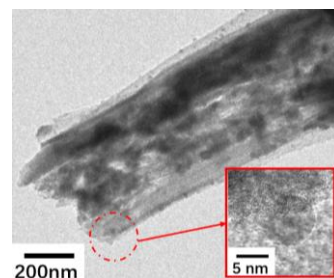


Fig. 2 TEM image of CuO@Fe₂O₃ nanotube.

[1] Kohata, H.; Mei, B.; Wang, Y.; Mizukoshi, K.; Isobe, T.; Nakajima, A.; Matsushita, S. Electrolyte Thickness Dependence upon Ge-Sensitized Thermal Cells. *Energy Fuels* 2022, 36 (18), 11619–11626.