

ECR プラズマ作製による Cu/Cu₂O 系 PV セルの特性向上実験

Improvement experimental of the property of Cu/Cu₂O PV cell by ECR plasma fabrication

茨城大院理工 ○(M2) 鈴木祐太, (B) 加藤 将, 佐藤直幸, 池畑 隆

Ibaraki Univ. ○Yuta Suzuki, Susumu Kato, Naoyuki Sato, Takashi Ikehata

E-mail: 18nm930y@vc.ibaraki.ac.jp

1. はじめに

Cu₂O 系 PV セルは, Si 系よりも短波長帯で光吸収係数が 1 桁高く, 理論変換効率は 17 % 程度である. さらに, 安価で無毒なので多接合型 PV セルのトップセルとして産業界も注目している. 本研究では, 作製前後の化学的な処理がなく, 低気圧下で低純度(99.96 %)の銅シート(無酸素銅, 15×15×0.2 mm)への酸素磁化プラズマ照射による Cu と O の 2 元素構成 PV セルの作製を行っている^(*). 低気圧下で高密度・高解離度の磁化プラズマを用いることで, 高速かつ低温で Cu 表層へ局所的に Cu₂O が形成できる. これまで, 酸素プラズマによる酸化と水素プラズマによる還元を繰り返す工程を取り入れて, 光起電力特性を向上してきた. さらに PV 特性の向上に向けて窒素を導入した混合プラズマによる特性への影響を観察した.

2. 実験方法

真空容器内の圧力を 10⁻⁴ Pa 台まで排気した後, 99.9999 % (6N) 純度の水素又は 6N 酸素ガスを導入する. 次に, 一様磁場(~0.1 T)を印加し, マイクロ波(2.45 GHz)電力を供給して導波管内部に ECR プラズマを生成し, Cu シートへ照射する. Cu/Cu₂O の作製における基本工程を下記に示す.

- (1) 前処理: 水素プラズマ照射
- (2) 酸化層形成: 酸素プラズマ照射
- (3) 後処理(終端と還元): 水素プラズマ照射

その後, 真空中で針状の金メッキプローブの先端を基板の Cu₂O 面に接触させて, 太陽光の照度に近い白色 LED を照射して光起電力特性を計測する.

3. 実験結果と検討

「繰り返し酸化還元処理」 酸素-水素プラズマの照射による酸化還元[(2)と(3)]を繰り返した試料の光起電力特性を Fig.1 示す. 1 回の酸化還元と比べて, 8 回目の処理で 2 倍近い光起電力特性が得られた. これは, 光を吸収する役割である酸化層中の Cu₂O の組成比の増加や Cu/Cu_xO_y 界面や Cu_xO_y 層での不純物抑制, VI 特性上の I_{sc} の極性から, 真性半導体となって

いた Cu₂O のフェルミレベルが伝導帯に近づき, n 型半導体の性質が強まることで開放電圧 V_{oc}, 短絡電流 I_{sc} ともに向上したと考えられる.

「酸素-窒素混合プラズマ作製」 6N 窒素ガスを導入した試料では短絡電流が 0.3 mA 向上した(Fig.2). これは, 酸化層中の欠陥が窒素で補填されてキャリアの再結合が軽減されたことが原因と思われる. また, 酸素ガスのみで作製では 10⁴ Ω 台だった膜厚抵抗が窒素導入により 10² Ω 台まで減少した.

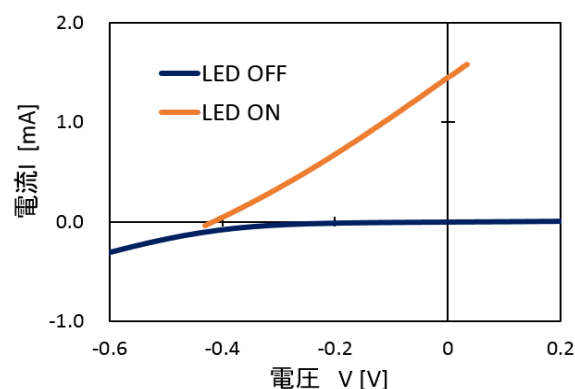


Fig.1 PV property of cell fabricated by repeated redox treatment (V_{oc}=410 mV, I_{sc}=1.45 mA).

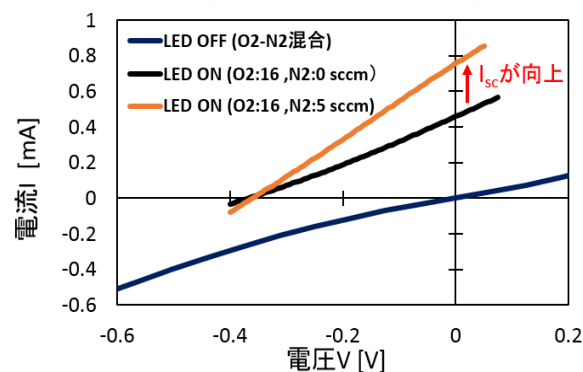


Fig.2 Effect of nitrogen gas introduction on PV property.

4. まとめ

Cu₂O の作製において, 酸化還元処理を繰り返したり, 窒素を導入することで光起電力特性が向上した.

(*) 佐藤直幸 他: “水素-酸素磁化プラズマを用いた Cu/Cu₂O 系 PV セルの作製プロセス”, 平成 27 年度電気学会基礎・材料・共通部門大会, 18-D-p2-1, pp.281-286 (2015).