

TCOリフトオフによる薄膜太陽電池レーザースクライブ

奈良崎愛子¹・西永慈郎²・高田英行¹・鳥塚健二¹・佐藤正健¹・

新納弘之³・上川由紀子²・石塚尚吾²・柴田肇²

産業技術総合研究所 ¹電子光技術研究部門 先進レーザープロセッシンググループ

²太陽光発電研究センター 化合物薄膜チーム

³機能化学研究部門

研究の目的

レーザースクライブの特長:

- ▶ デッドエリアの低減
- ▶ 新しいスクライブ構造の導入
- ▶ 高速・非接触加工 (生産性向上)

GOAL: All-Laser-Scribing

- P1 Laser scribe (LS)
- P2 Laser scribe (LS)
- P3 Laser scribe (LS)

Mainstream of current market:
P1 Laser scribe (LS)
P2 Mechanical scribe (MS)
P3 Mechanical scribe (MS)

課題: レーザ加工時の熱による電池効率低下

CIGS太陽電池のフェムト秒レーザースクライブ

光源: フェムト秒レーザー開発機 ($\lambda=1040$ nm, $\Delta\sigma=300$ fs)
試料: AIST製CIGS薄膜太陽電池 (小面積セル, 面積 0.5 cm²)

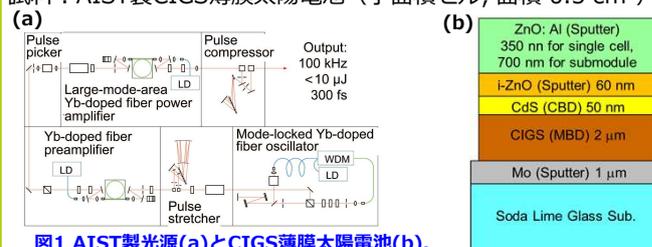


図1 AIST製光源(a)とCIGS薄膜太陽電池(b).

薄膜太陽電池のTCOリフトオフによるレーザースクライブ

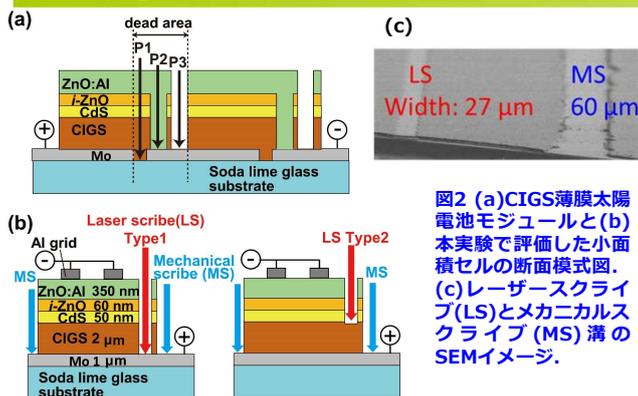


図2 (a)CIGS薄膜太陽電池モジュールと(b)本実験で評価した小面積セルの断面模式図。(c)レーザースクライブ(LS)とメカニカルスクライブ(MS)溝のSEMイメージ。

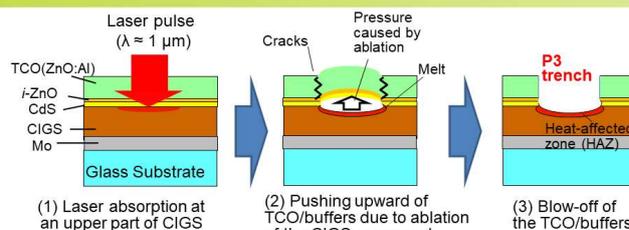


図3 上部透明電極剝離 (TCOリフトオフ, LS Type2) によるレーザースクライブ。

Table 1. Solar cell parameters of CIGS single cells laser-scribed under different conditions.

Sample	Laser scribe conditions	Eff. (%)	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm ²)	FF	$R_{sh, dark}$ (Ω/cm ²)
#1	Type1 (200 kHz, 10 μJ, 1 scan)	4.1	0.531	29.9	0.257	20
#2	Type1 (100 kHz, 2 μJ, 4 scans)	16.7	0.733	30.4	0.749	920
#3	Type2 (20 kHz, 2 μJ, 1 scan)	17.4	0.734	30.7	0.775	4760
Ref	Only mechanical scribe	17.8	0.721	31.3	0.787	6840

レーザ照射による熱影響評価: TCOリフトオフ導入による熱影響低減

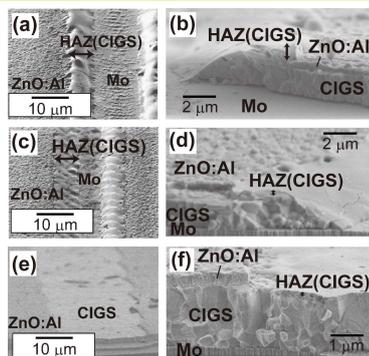


図4 LS溝のSEMイメージ: (a, b) Sample #1, (c, d) #2, (e, f) #3.

走査型広がり抵抗顕微鏡法 (SSRM; Scanning Spreading Resistance Microscopy):
バイアスが印加された試料表面を導電性探針で走査し、抵抗値の分布を二次元的に計測することで探針直下の広がり抵抗を可視化。

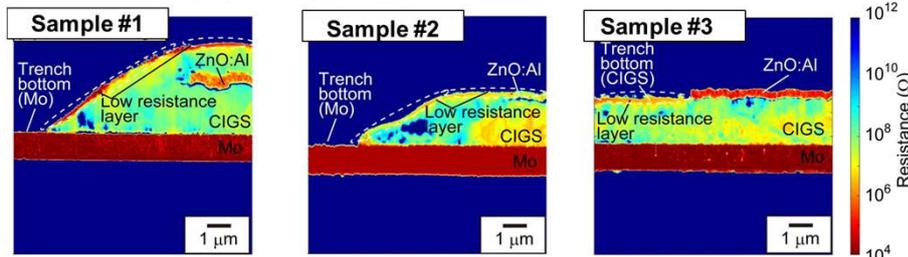


図5 レーザースクライブ溝断面のSSRMイメージ。

結論

- ▶ CIGS薄膜太陽電池において、超短パルスレーザーを利用した透明電極剝離 (TCOリフトオフ) によるレーザースクライブ(LS)実施。
- ▶ 小面積セルにおいて、メカニカルスクライブにせまる変換効率を達成。
- ▶ スクライブ溝の走査型広がり抵抗顕微鏡ならびにSEM観察より、熱影響層 (Heat-Affected Zone, HAZ) を可視化し、本手法による高いシャント抵抗値と変換効率達成のメカニズムを解明。

参考文献

1. A. Narazaki, J. Nishinaga, H. Takada, T. Sato, H. Niino, K. Torizuka, Y. Kamikawa-Shimizu, S. Ishizuka, H. Shibata, and S. Niki, *Appl. Phys. Express*, **11**, 032301 (2018).
2. A. Narazaki, T. Sato, H. Niino, H. Takada, K. Torizuka, J. Nishinaga, Y. Kamikawa-Shimizu, S. Ishizuka, H. Shibata, and S. Niki, *Proc. SPIE*, 10091, 100911E (2017).
3. J. Nishinaga, Y. Kamikawa, T. Koida, H. Shibata, and S. Niki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 072301 (2016).