

CIGS太陽電池のレーザースクライブ技術開発

- 走査型広がり抵抗顕微鏡法によるスクライブ溝評価 -

奈良崎愛子¹・佐藤正健¹・高田英行²・鳥塚健二²・西永慈郎³・上川由紀子³・石塚尚吾³・柴田肇³
産業技術総合研究所 ¹機能化学研究部門 光材料化学グループ
²電子光技術研究部門 超高速フォトニクスグループ
³太陽光発電研究センター 化合物薄膜チーム

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)

(a)

(b)

図1 AIST製光源(a)とCIGS太陽電池(b).

レーザースクライブ試料の構造と電池特性

(a) CIGS single cell ($S=0.5$ cm²)

(b)

(c)

図3 上部透明電極剥離スクライブのモデル.

表1 小面積セルの電池特性.

	Eff (%)	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA·cm ⁻²)	FF	$R_{sh, dark}$ (Ω ·cm ²)
Laser-scribed	17.9	0.734	31.4	0.775	4760
Reference (four MS sides)	18.3	0.736	31.1	0.798	4710

図4 小面積セルのJ-V曲線.

走査型広がり抵抗顕微鏡法によるスクライブ溝評価

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断面のSSRMイメージ.

- 溝底面のCIGS層上部(<100 nm)に、低抵抗層形成
- 溝側面部において、TCO上部電極とCIGS低抵抗層の顕著な重なりは見られない

結論

- > CIGS太陽電池の超短パルスレーザースクライブ(LS)を実施。
- > 小面積セルにおいて、レーザー照射時の熱影響を低減可能な上部電極剥離LSを導入し、変換効率17.9%を達成。
- > LS溝の走査型広がり抵抗顕微鏡観察より、溝底面のCIGS層上部(<100 nm)に、低抵抗層の形成が確認された。一方で、溝側面部において懸念されるTCO上部電極と先のCIGS低抵抗層のコンタクトは見られず、本手法による比較的高いシャント抵抗値と変換効率実現に寄与していると考えられる。

参考文献

1. 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).
2. A. Narazaki, R. Kurosaki, T. Sato, H. Niino, H. Takada, K. Toriduka, J. Nishinaga, Y. Kamikawa-Shimizu, S. Ishizuka, H. Shibata, and S. Niki, *Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, **11**, 130 (2016).
3. J. Nishinaga, Y. Kamikawa, T. Koida, H. Shibata, and S. Niki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 072301 (2016).