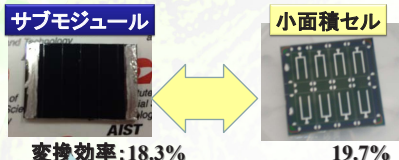


高性能CIGS太陽電池 サブモジュールの作製と特性評価

上川由紀子、山田昭政、小牧弘典、石塚尚吾、飯岡 正行、樋口博文、
松原浩司、柴田肇、仁木栄

産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター

研究の目的



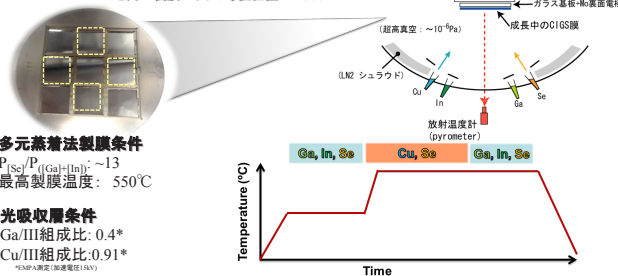
研究目的:
小面積セルと同条件(同時)で光吸収層(裏面電極、バッファ層)を製膜した高性能サブモジュールと小面積セルとの太陽電池特性を比較し、特性差の原因を詳細に調べる。

光吸収層製造: 高品質小面積セルと同一製造方法(同一製膜パッチ)
集積化工程: 量産化向けモジュールと同等の工程

実験

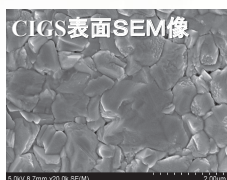
製膜方法: 3段階法 (多元蒸着法)

光吸収層製造:
小面積セルとサブモジュールを同一製膜パッチ、等価位置にて製膜

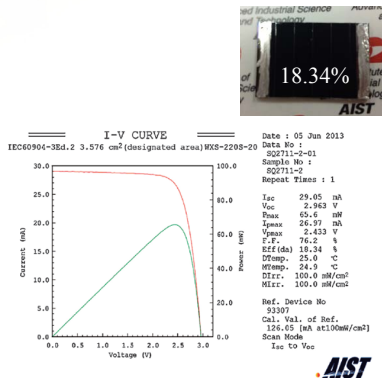


結果

CIGS光吸収層SEM像



CIGS太陽電池サブモジュールのIV曲線

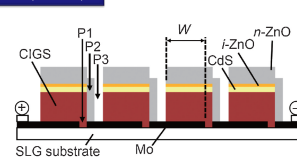


試料構造と工程

製造方法、膜厚

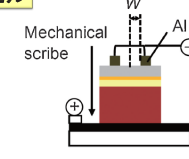
- Mo : インライン型DCスパッタ, 膜厚 ~1 μm
- CIGS : 多元蒸着法 (3段階法), ~2 μm
- CdS : 溶液成長法 (CBD), ~60 nm
- i-ZnO : インライン型RFスパッタ, ~40 nm
- n-ZnO : インライン型DCスパッタ, 0.7 μm (サブモジュール), 0.35 μm (小面積セル)

サブモジュール



Dead area: ~0.17 mm (~3.3%)
P1 : レーザスクライピング
P2/P3 : メカニカルスクライピング

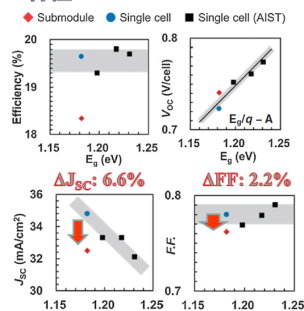
小面積セル



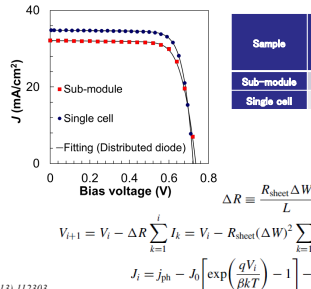
W(サブモジュール): ~4.8 mm
W(小面積セル) : 1.2 mm

考察

PV特性

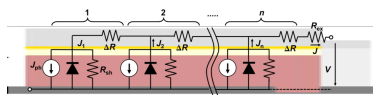


分布ダイオードモデルによるIV曲線フィッティング

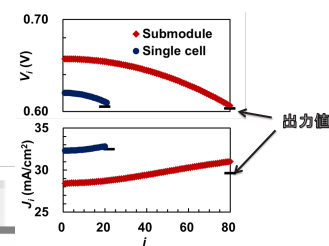


Sample	η (%)	J_0 (mA/cm ²)	β	R_{sh} (kΩ/cm ²)	R_{sheet} (Ω/□)	TCO膜厚 R_{sheet} (Ω/□)
Sub-module	18.34*	4.0×10^{-6}	1.39	1.7	15.0	18
Single cell	19.65	1.4×10^{-7}	1.45	1.8	42.4	32

分布ダイオードモデルの等価回路



電圧、電流密度の面内分布 (シミュレーション結果)



結論

高品質CIGS光吸収層を用いてサブモジュールを作製し、変換効率18.34%を得た。サブモジュールと小面積セルとの変換効率差の要因を解析した。

- TCOにおける光吸収損失 ~3%
- デッドエリアにおける損失 ~3.3%
- TCOにおける電圧降下に起因した分布ダイオード効果 ~2%

→ TCOの透明度および電気伝導度向上が重要

参考文献

[1] Yukiko Kamikawa-Shimizu, Hironori Komaki, Akimasa Yamada, Shogo Ishizuka, Masayuki Iioka, Hirofumi Higuchi, Miwako Takano, Koji Matsubara, Hajime Shibata, and Shigeru Niki, Applied Physics Express, 6 (2013) 112303.
[2] S. Furue, S. Ishizuka, A. Yamada, M. Iioka, H. Higuchi, H. Shibata, and S. Niki, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 119 (2013) 163.
[3] S. Ishizuka, A. Yamada, P. Fons, and S. Niki, Prog. Photovoltaics, 21 (2013) 544.
[4] H. Komaki, S. Furue, A. Yamada, S. Ishizuka, H. Shibata, K. Matsubara, and S. Niki, Prog. Photovoltaics, 20 (2012) 595.
[5] H. Komaki, H. Higuchi, M. Iioka, A. Yamada, T. Yoshiyama, S. Ishizuka, H. Shibata, K. Matsubara, and S. Niki, Proc. 19th Int. Photovoltaic Science and Engineering Conf. Exhibit., 2009.