

スマートスタック/面積電流整合/低倍率集光を組み合わせた多接合太陽電池(SMACモジュール)に関する研究

馬場将亮¹、牧田紀久夫²、水野英範³、高遠秀尚³、菅谷武芳²、山田昇¹

¹長岡技術科学大学 大学院工学研究科

²産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 先進多接合デバイスチーム

³産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

研究の目的

スマートスタック (SS)

スマートスタック(SS)は金属ナノ粒子を利用した接合手法
 ・高い透過性(光学損失 <math>< 2\%</math>)
 ・低い接合抵抗 ($\approx 1.5 \Omega \text{cm}^2$)
 ・フレキシブルな太陽電池設計が可能

面積電流整合 (ACM)

面積電流整合技術(ACM)は2端子多接合太陽電池の電流整合技術
 ボトムセルをトップセルより大きくすることによって電流整合
 太陽光の一部は直接ボトムセルに注入

低倍集光 (LC)

太陽光集光は太陽電池の面積を削減する技術
 低倍集光技術(LC)は太陽光追尾が不要
 SSとACMを用いた太陽電池に対する集光器の最適化は新しいアプローチ

高効率低コスト太陽電池モジュール

SMAC module

SMart stacking with Area current matching and Concentration

解析

When C_{top} is given, I_{hi} and I_{li} are determined by
 $I_{hi} = C_{top}$
 $I_{li} = (A_{bottom} - C_{top} \times A_{top}) / (A_{bottom} - A_{top})$

A_{bottom}/A_{top} 比 [A_{top} is const.]	1~2.25
集光倍率 [-]	C_{top} 1~2.25
電極・界面抵抗 [Ωcm^2]	R_E, R_I 1
セル温度 [K]	300

光学モデル

電気モデル

解析結果

コストの指標としてパフォーマンスファクター P_{max}/A_{top} を定義

SS+ACM+LCで最大のパフォーマンスファクターを示し、効率率は30%超

実験

GaAs/InGaAsP 試作太陽電池

人工日光 (1 sun, AM1.5G, Collimation $\pm 2.5^\circ$)

冷却ステージ (20°C)

実験装置

非集光条件での発電特性

集光条件での発電特性

各条件の比較

SS only	: レンズなし, マスクあり
SS+ACM	: レンズなし, マスクなし
SS+ACM+LC	: レンズあり, マスクなし

解析と同様にSS+ACM+LCで最大のパフォーマンスファクター

まとめ

- 解析の結果、2端子2接合SMACモジュールの変換効率は30%を超える。SMACモジュールのパフォーマンスファクターは集光器によって適切な放射照度分布を与え、ボトム/トップの面積比を増加させることによって改善される。
- 製作した2端子2接合太陽電池 (GaAs/InGaAsP) の発電実験の結果は解析の結果と傾向が一致し、本コンセプトの有効性を示している。SMACモジュールは、高効率低コスト多接合太陽電池モジュールに向けた有望なモジュールデザインと考えられる。

参考文献

- [1] H. Mizuno, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 101, 1-5 (2012).
- [2] K. Makita, et al., *42nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*. 78 (2012).
- [3] J. Yang, et al., *IEEE J. Photovoltaics*, 4, 1149-1155 (2014).
- [4] SA. Hadi, et al., *42nd IEEE Photovoltaic Specialist Conference*. #376 (2015).