

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)の屋外評価

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手法
 ・高い光透過性(光学損失 < 2%)
 ・低い接合抵抗 (< 1.0Ωcm²)
 フレキシブルな太陽電池設計が可能 [1, 2]

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入射 [3]

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 Areal current matching and Concentration [4]

光学解析

年間の直達光分布(東京南向き、傾斜角35°設置)
 拡張AMeDAS気象データを基に算出

年間の94%の直達日射が入射角60°の範囲に分布
 半角許容入射角60°程度のレンズを設計

最適設計したレンズ
 材料: シリコン
 幾何学的集光倍率: 2X

角度特性解析モデル

レンズの角度特性

半角許容入射角がβ=0°の際、トップセル、全セル面積に対してそれぞれ59°, 60°
 トップセルに対する光学効率を低く抑える事によって、広い半角許容入射角を実現

屋外実験

Silicone lens (2X)
 試作SMACモジュール

2端子GaAs/Siタンデム太陽電池の面積

トップセル A _{top} [mm ²]	5.66 × 5.66
ボトムセル A _{bottom} [mm ²]	8 × 8
電極面積とA _{top} の比 [-]	0.13

屋外実験評価装置

Tilted angle: 35°, facing south

GTI: Global tilted irradiance
 GNI: Global normal irradiance
 DNI: Direct normal irradiance

試作SMACモジュールの屋外実験結果

GTIは200 ~ 1000 W/m²の範囲で変化した。
 J_{sc, sim}は測定したGTI, DNIおよび計算によって得たαを基に計算した。

1-sun

Current [mA] vs Voltage [V] I-Vカーブ

SMAC module (red line)
 Solar cell (without lens) (black line)

SMACモジュールに入射する直達日射I_{beam}はDNIと入射角αを用いて
 I_{beam} = DNI · cos(α) で求められる。

SMACモジュールの理論短絡電流J_{sc, sim}はI_{beam}, GTIおよびレンズの角度特性を用いて下記の損失を考慮して計算した。

- ・光学の損失 : レンズのフレネル損失, 角度特性
- ・電極影による損失 : トップセル上の電極の影による損失
- ・電流不整合損失 : トップ, ボトムセル間の電流不整合による損失

J_{sc, m}/J_{sc, sim}の測定時間中における平均値は0.96であり、試作SMACモジュールは、ほぼ設計通りの性能を示している。
 GTIに対するモジュールの変換効率は、αおよび日射量の影響を受けずほぼ一定であった。

結論

- 東京南向き35°設置の直達光日射分布から入射角60°の範囲に94%の日射が存在することが明らかとなった。そこで、入射角が約60°のレンズを設計し、製作した。
 - 試作SMACモジュールを屋外において評価した結果、入射角、日射量の影響を受けず設計通りの性能を示した。
- 以上より、SMACモジュールの設計手法を確立することができた。

参考文献

- [1] H. Mizuno et al., *Appl. Phys. Lett.*, 101, 191111 (2012).
- [2] K. Makita et al., *27th EUPVSEC*, 78-80 (2012).
- [3] J. Yang et al., *IEEE J. Photovoltaics*, 4, 1149-1155 (2014).
- [4] M. Baba et al., *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, 25, 255-263 (2017).