

# 3端子型スマートスタック多接合太陽電池の作製と性能評価

太野垣 健<sup>1</sup>、牧田 紀久夫<sup>1</sup>、立花 福久<sup>2</sup>、水野 英範<sup>2</sup>、大島 隆治<sup>1</sup>、高遠 秀尚<sup>2</sup>、菅谷 武芳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

- 太陽光発電の利用多様化に向けて太陽電池の高効率化技術の開発が進められており、太陽光の広範なスペクトルを効率よく利用する多接合太陽電池の研究が進められている。
- 多接合太陽電池は、高い変換効率を示す一方で、トップセルとボトムセルの電流マッチが必要であり、太陽光スペクトルの変動によって各サブセルで生成される光電流バランスが崩れた際には効率低下するという問題点がある。
- スペクトル変動による出力低下が抑制できる3端子型多接合太陽電池が提案されており[1]、本研究においては、スマートスタック接合技術を活用して、3端子型のタンデム太陽電池の作製を実証した[2]。

## 実験

- バックコンタクト型のSiボトムセルとトップセルを接合することにより、3端子型タンデム太陽電池を作製した。

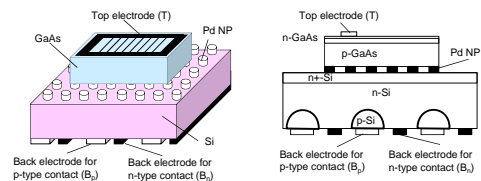


図1:3端子型多接合太陽電池の模式図[2]

## 結果

- トップサブセルには厚さ2 μmのGaAsを使用し、Au電極を事前に形成した。GaAsサブセルの面積は約0.56 × 0.56 cm<sup>2</sup>であり、これはボトムSiセルの面積よりも小さい(図2右)
- ボトムセルには、厚さ200 μmのCZ 1~5 Ωcm(100) n型Siウェーハを備えた、研磨された両面ミラーから製造されたバックコンタクト型Siセルを使用した。エミッタとBSFエリアに使用される背面金属電極は、スクリーン印刷と焼成技術によって形成した。

テーブル1:3端子型太陽電池特性[2]

CHARACTERISTICS UNDER OPEN- AND SHORT-CIRCUIT CONDITIONS.				
	$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	$V_{oc}$ (V)	Fill factor	Power density (mW/cm <sup>2</sup> )
T-B <sub>p</sub> (B <sub>n</sub> -B <sub>p</sub> open)	8.81	1.43	0.73	9.22
T-B <sub>p</sub> (B <sub>n</sub> -B <sub>p</sub> short)	8.80	1.04	0.67	6.11
B <sub>p</sub> -B <sub>p</sub> (T-B <sub>n</sub> open)	15.3	0.53	0.54	4.41
B <sub>p</sub> -B <sub>p</sub> (T-B <sub>n</sub> short)	6.5	0.45	0.58	1.69

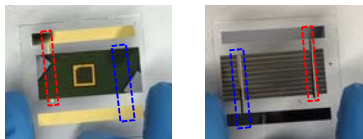


図2:3端子型多接合デバイスの前面(左)および背面(右)のデジタルカメラ画像。破線は、バックコンタクト電極を示す。

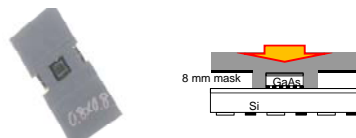


図3:3端子型モジュール(左)と模式図[2]

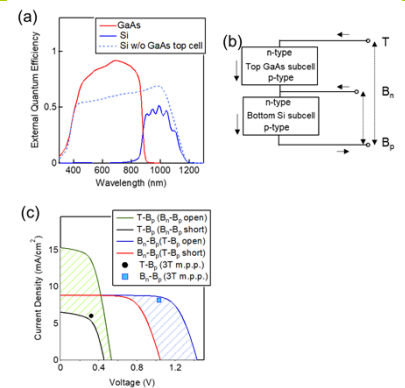


図4 (a) EQEカーブ、(b)3端子型モジュールの等価回路、(c)開放および短絡条件における電流電圧曲線 [2]。

## 考察

- 照射光スペクトルの変動に対する、発電量の変動を評価した。2端子型と3端子型、4端子型の比較を行った。

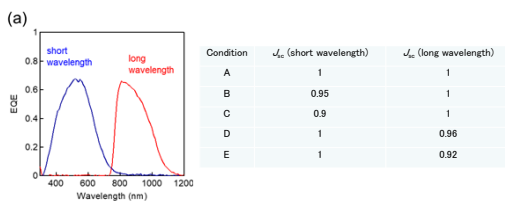
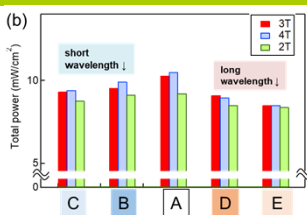


図5: (a) 照射光スペクトルの変動における基準セルの応答スペクトルについて、(b)3端子型、2端子型モジュールの発電量評価[2]



- 3端子タンデムの合計電力は、さまざまなスペクトル条件下でもトップおよびボトムサブセルによって生成された電力の合計に等しいことがわかった。

今後の課題:  
3端子型モジュールの作製へ向けて

- 通常のモジュール:直列回路 (電流マッチセル間の接続)
- 3,4端子モジュール: 並列回路 (voltage-matched configuration)

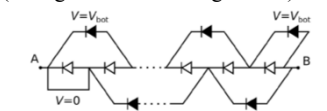


図6:3端子型モジュールの回路[3,4]

## 結論

- 導電性ナノ粒子アレイを使用して結合されたIII-Vトップセルとバックコンタクト型Siボトムセルで構成される3端子タンデム太陽電池を実証した。
- 3端子タンデムによって抽出された合計電力を評価したところ、3端子タンデムの合計電力は、さまざまなスペクトル条件下でもトップおよびボトムサブセルによって生成された電力の合計に等しいことがわかった。

本研究は、国立研究開発法人NEDO「超高効率・低コストIII-V化合物太陽電池モジュールの研究開発」の委託の下で行われた。

## 参考文献

- T. Nagashima, K. Okumura, K. Murata, and Y. Kimura, "Three-terminal tandem solar cells with a back-contact type bottom cell," Proc. 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 1193-1196, 2000.
- T. Tayagaki, K. Makita, T. Tachibana, H. Mizuno, R. Oshima, H. Takato, and T. Sugaya, "Three-terminal tandem solar cells with a back-contact-type bottom cell bonded using conductive metal nanoparticle arrays," IEEE J. Photovoltaics. (under review).
- J. M. Gee, "A comparison of different module configurations for multi-band-gap solar cells", Sol. Cells 24, 147-155 (1988).
- M. Zehender et al., "Module interconnection for the three-terminal heterojunction bipolar transistor solar cell", AIP Conf. Proc. 2012, 040013 (2018).