

3端子型GaAs/Siタンデム太陽電池の性能評価

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

産業技術総合研究所

1 再生可能エネルギー研究センター 2 ゼロエミッション国際共同研究センター

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タンデム太陽電池の研究が進められている。
- タンデム太陽電池が高い効率を得るためには、トップセルとボトムセルの電流マッチが必要であり、最適なバンドギャップエネルギーの材料を選択しなければならないという制約がある。
- 3端子タンデム太陽電池は電流ミスマッチにより効率が低下しないタンデム太陽電池であり[1]、本研究では、スマートスタック接合技術を活用して作製した3端子GaAs/Siタンデム太陽電池[2]において、その性能評価をおこなった[3]。

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端子タンデム太陽電池を作製した。

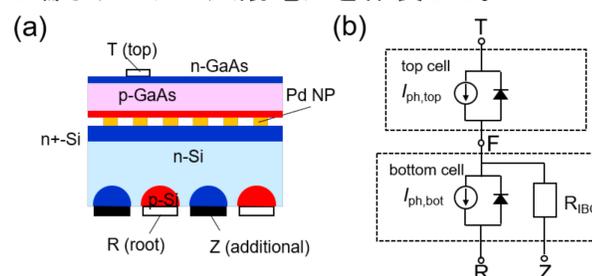


図1 (a)3端子タンデム合太陽電池の模式図と(b)等価回路図[3]

結果

- トップセルには厚さ2 μmのGaAsを使用し、Au電極を事前に形成した。トップセルの面積はボトムSiセルの面積よりも小さい(図2)
- ボトムセルには、n型Siウエーハ((100)両面研磨、1~5 Ωcm、厚さ200 μm)から作製し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。

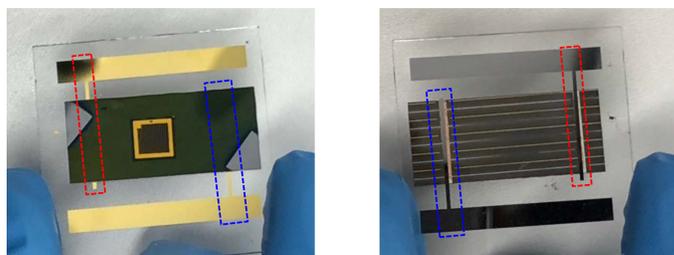


図2:3端子タンデム太陽電池の前面(左)および背面(右)のデジタルカメラ画像[2]。

- GaAsトップセルに覆われていないSiボトムセルを遮光し、照射面積を同一にした。
- 素子の3つの電極から2つをソースメータの各チャンネルに使用した。2チャンネル測定では、3つの接点のうちの1つを共通の接点として使用した。例:Z電極をCommon → CZ
- 各チャンネルにおける出力の和を総出力とした。

$$P_{CZ} = P_{ZT} + P_{RZ} = I_{TZ} V_{ZT} + I_{ZR} V_{RZ}$$

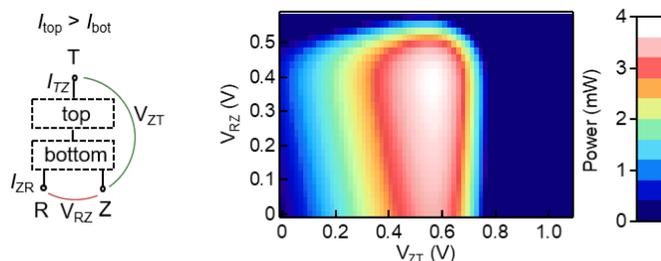


図3: CZ接続における出力コンターマップ[3]。

考察

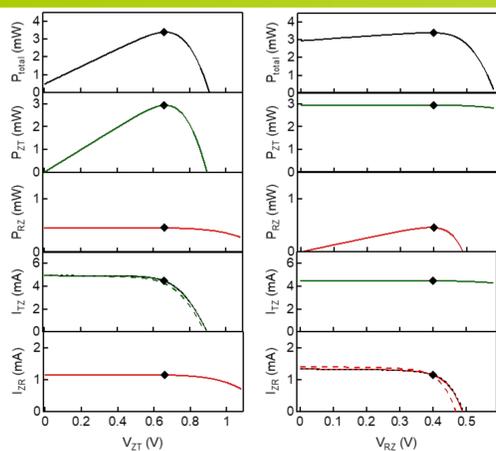


図4: CZ接続における電流電圧曲線[3]。

- 各チャンネルにおける電流電圧曲線は等価回路モデルで理解することができた。
- 最大出力は、接続方法によらず、同一の値が得られることが分かった。

$$P_{CZ} = P_{CT} = P_{CR} = I_{top} V_{top} + I_{bot} V_{bot} - (I_{top} - I_{bot})^2 R_{IBC}$$

Connection	P_{ZT} mpp (mW)	V_{ZT} mpp (V)	P_{RZ} mpp (mW)	V_{RZ} mpp (V)	P_{RT} mpp (mW)	V_{RT} mpp (V)	P_{total} (mW)
CZ	2.94	0.66	0.46	0.40	-	-	3.40
CT	2.20	0.66	-	-	1.21	1.06	3.41
CR	-	-	-1.31	0.40	4.71	1.06	3.39

表1:3端子タンデム太陽電池特性[3]。

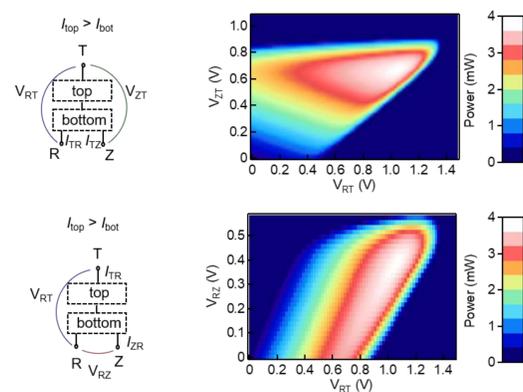


図5: CT(上図)およびCR(下図)接続における出力コンターマップ[3]。

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、電極への接続方法によらず、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値が得られることがわかった。

本研究は、国立研究開発法人NEDO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," IEEE Photovoltaic Specialist 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. **10**, 358–362 (2020).
- T. Tayagaki, K. Makita, T. Tachibana, H. Mizuno, R. Oshima, H. Takato, and T. Sugaya, "Impact of loading topology and current mismatch on current-voltage curves of three-terminal tandem solar cells with interdigitated back contacts", Sol. Energy Mater. Sol. Cells **221**, 110901 (2021).