

# 新型太陽電池高精度性能評価技術

吉田正裕・佐々木あゆ美・上田孝・志村陽哉・石井勇希・菱川善博  
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 評価・標準チーム

## 研究の背景と目的

種々の新型太陽電池が開発され、その高効率化が精力的に進められている。これら新型太陽電池の性能特性を高精度に評価するには、個々の特徴（電気・光の応答性）に応じた性能評価法の開発が必要である（評価・標準チームにおける取り組みは右欄参照）。

高精度性能評価法開発の一環として、太陽電池の光応答性に着目し、その光応答性評価とそれを踏まえた性能評価法の開発に取り組んでいる。本発表では、①I-V測定の時応答性が遅く、その起源に関して未解明な点の多いペロブスカイト太陽電池について、分光感度特性の時応答性を評価した。また、②分光感度測定時のバイアス電圧依存性に関して、シリーズ抵抗の効果に着目し、その影響についての考察と検証実験を実施した。

## 新型太陽電池の高精度性能評価法の開発

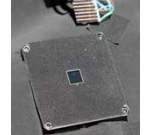
◆ 太陽電池の応答性（電気、光）に応じた性能評価法の開発

新型太陽電池	特徴・特性	性能評価法開発
高効率結晶Si ヘテロ接合、バックコンタクト	高V <sub>oc</sub> 化、高容量性 I-Vヒステリシス	I-V測定掃引速度の最適化
両面受光型	Bi-faciality	表面・裏面照度応答性、線形性検証
CIGS、薄膜	過渡応答（高速、低速）	I-V測定掃引速度の最適化
ペロブスカイト 色素増感	遅い応答時間 I-Vヒステリシス 特性の不安定性	低速掃引 I-V測定（数秒～数百秒） V <sub>pm</sub> max ホールド法やMPPT法等による 最適測定手法の開発

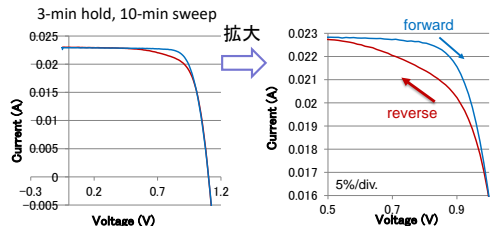
新型太陽電池の性能評価法詳細は、評価・標準チームからの成果報告（ポスターNo.14, 58, 60）も参照 [1, 2].

## ①ペロブスカイト太陽電池の光応答波形測定

### ペロブスカイト太陽電池セル



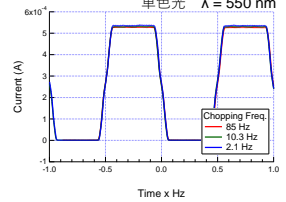
- planar型
- 面積 ~ 1 cm<sup>2</sup>
- 変換効率 ~ 19%



掃引時間10分のI-V測定においても、ヒステリシスが見られる。このヒステリシスの起源として、キャパシタンスモデルによる議論がなされている[3, 4].

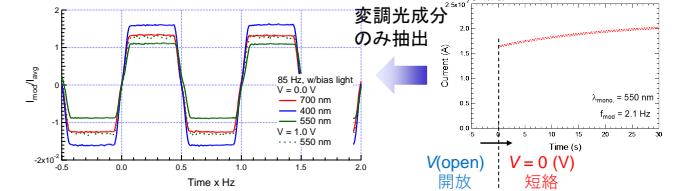
### 光応答波形の変調周波数依存性・・・変調された単色光照射時の光電流波形を観察

#### 1) 白色バイアス光照射なし



- 白色バイアス光照射の有無に関わらず、光応答波形に変調周波数依存性はほとんど見られない。
- 光応答時間は非常に短い。I-V測定とは異なる応答。
- 応答時間下限見積もり  
応答時間 τ < 1.1 ms (周波数応答 > 140 Hz以上)。
- 単色光波長依存性もなし。

#### 2) 白色バイアス光 (1-Sun相当) 照射時



白色バイアス光による光電流に、変調光成分のみ抽出  
V(open) 開放  
V(0) 短絡

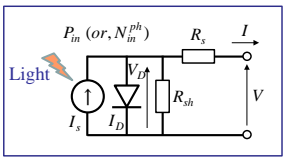
## ②分光感度測定時のバイアス電圧依存性・・・シリーズ抵抗の影響について

### 分光感度・・・ダイオードモデルによる解析

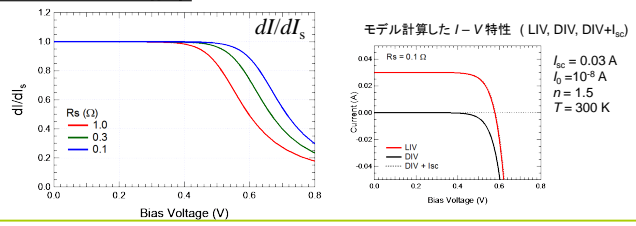
$$I = I_s - I_0 \left[ \exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{nkT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}}$$

$$SR = \frac{dI}{dP_{in}}, \quad I_s \propto P_{in} \text{ (or } N_{in}^{ph}) \text{ とすると}$$

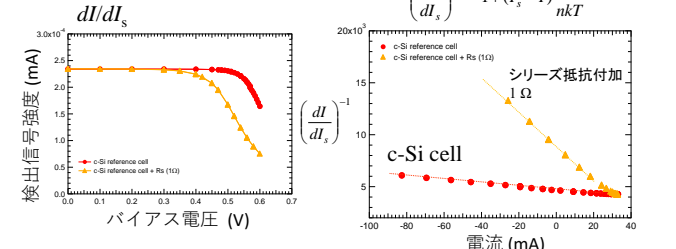
$$\frac{dI}{dI_s} = \frac{1}{1 + I_0 \exp\left(\frac{qV_D}{nkT}\right) \frac{qR_s}{nkT} - \frac{R_s}{R_{sh}}} \approx \frac{1}{1 + (I_s - I) \frac{qR_s}{nkT}}$$



### シミュレーション結果



### 検証実験(c-Si基準セル)



c-Si基準セル  
傾き (=  $qR_s/nkT$ ) ~ 3.6 (●)  
→  $n = 1.5, T = 300 \text{ K (仮定)} \rightarrow R_s \sim 0.14 \Omega$   
(シリーズ抵抗 (1Ω) 付加時 (●))  
傾き ( $qR_s/nkT$ ) ~ 51 →  $R_s \sim 1.5 \Omega$

シリーズ抵抗の影響により分光感度にバイアス電圧依存性が現れる。  
→  
・電極コンタクト抵抗  
・セル内部での拡散/再結合電流変化などを評価する手法としての可能性

## まとめと今後の展開

- 今回測定したペロブスカイト太陽電池では、分光感度光応答波形に変調周波数依存性(周波数 < 85 Hzの範囲)がほとんど見られなかった。I-V特性の時応答とは違っていることがわかった。
- 分光感度にシリーズ抵抗の影響によるバイアス電圧依存性が現れる。シリーズ抵抗を評価する一手法になりうる可能性がある。

### 今後の展開:

- LED高速変調光源による過渡応答・時間分解測定法の開発
- 種々の新規太陽電池での光応答、光出力波形の基礎評価

## 参考文献

- 志村陽哉, 石井勇希, 吉田正裕, 菱川善博, “両面受光型太陽電池の片面および両面照射時における実測電流値の線形性”, 平成28年度太陽/風力エネルギー講演論文集, p. 335 (2016) (太陽/風力エネルギー学会 (松山市)).
- Y. Hishikawa, H. Shimura, T. Ueda, A. Sasaki, and Y. Ishii, *Curr. Appl. Phys.* **16**, 898 (2016).
- L. Cojocaru, S. Uchida, P. V. V. Jayaweera, S. Kaneko, J. Nakazaki, T. Kubo, and H. Segawa, *Chem. Lett.* **44**, 1750 (2015).
- K. Miyano, M. Yanagida, N. Tripathi, and Y. Shirai, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 093903 (2015).

<謝辞>本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の受託研究として実施したものであり、関係各位に感謝する。