

IV特性の温度・照度依存性に直列抵抗が及ぼす影響

菱川善博、吉田正裕

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

研究の目的

- ・最近重要性を増している、結晶シリコン太陽電池IV特性の温度特性高精度評価技術・補正技術を開発する。
- ・出力電圧、直列抵抗 R_s 、 n 値等、温度係数TCに影響する要素を明らかにして定量化する。

背景

- ・太陽電池の設置稼働量が増加するにつれて、屋外のような温度条件で動作する太陽電池の性能を正確に評価するニーズが高まっている。
- ・ヘテロ接合、裏面電極、PERC等の新構造は、いずれも温度係数が小さく高温動作時の性能低下が少ないメリットがある。この点でも温度係数の高精度な評価が重要である。

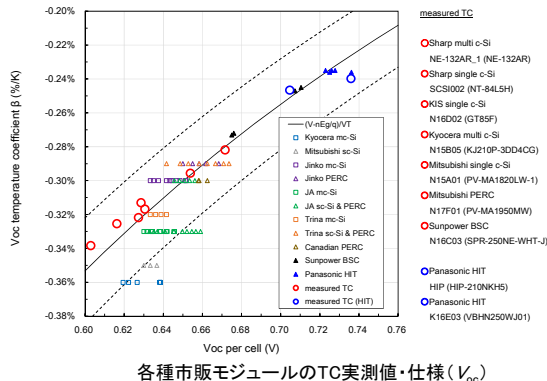
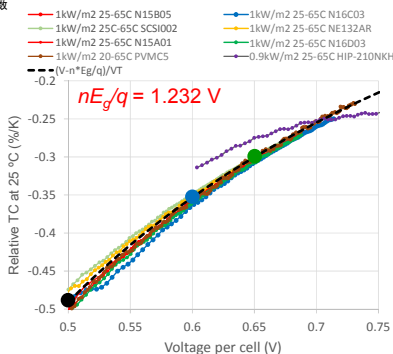
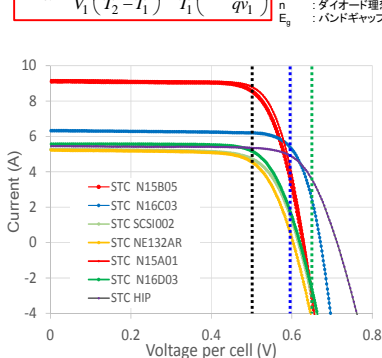
従来の知見

結晶シリコン太陽電池のTCは型式にかかわらずほぼ同一の関係式に従う。しかし、 $R_s=0$ の式が合う理由が不明であった*。

*セル全体の R_s の値は2照度法で求めた値で定義
実測0.1~0.3 Ω/モジュール、2~5 mΩ/セル

$$TC_{rel} = \frac{1}{V_1} \left(\frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} \right) = \frac{1}{T_1} \left(1 - \frac{nE_g}{qV_1} \right)$$

TC_{cell}: 電圧温度係数/セル
V₁, V₂: 電圧, 電圧/セル
n: ダイオード理想係数
E_g: バンドギャップ

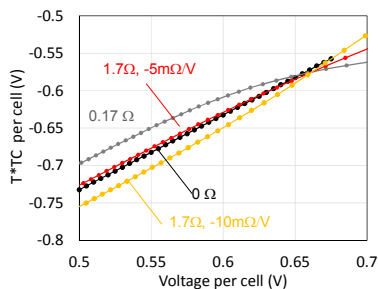


各種市販モジュールのTC実測値・仕様 (V_{oc})

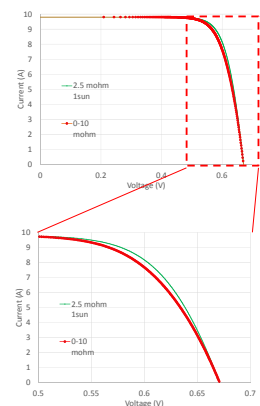
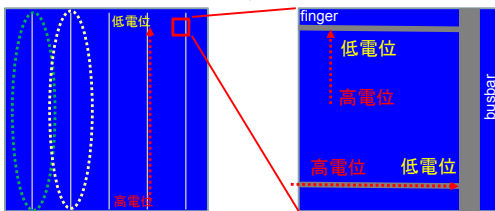
考察

R_s 等のパラメータに電圧依存性を仮定すると実測値に合う(シミュレーション結果)

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



シミュレーション例: セル内電位の分布 → セル全体の R_s が電圧依存性を示す要因例



結論

- ・結晶シリコン太陽電池のIV特性全体に応用できる温度依存性を考慮したTC式がセル、モジュールともに適用できることを確認できた(高精度)。STC補正としてIECに提案中。
- ・ $R_s \neq 0$ のデバイスでも成立(汎用性)。 R_s の電圧依存。
- ・セル内の面内不均一性(電位、 R_s 等)を考慮すると、セル全体としての R_s の電圧依存、温度特性、照度特性共に実験結果を説明できる。セル内電位の分布等が要因(ただし他の要素も有り得る)。
- ・(応用)IV温度照度補正、シミュレーション高精度化

参考文献

Y. Hishikawa, T. Doi, M. Higa, K. Yamagoe, H. Ohshima, T. Takenouchi, and M. Yoshita, "Voltage-Dependent Temperature Coefficient of the I-V Curves of Crystalline Silicon Photovoltaic Modules", IEEE J. Photovol. 8-1 (2018) 48-53.

O. Breitenstein, "Understanding the current-voltage characteristics of industrial crystalline silicon solar cells by considering inhomogeneous current distributions", Opto-Electron. Rev. 21-3 (2013) 259-282.

Y. Hishikawa, T. Takenouchi, M. Higa, K. Yamagoe, H. Ohshima, and M. Yoshita, "Translation of Solar Cell Performance for Irradiance and Temperature from a Single I-V Curve without Advance Information of Translation Parameters", IEEE J. Photovol. 9-5 (2019) 1195-1201.

謝辞: 本研究はNEDO委託研究の一環として実施したものであり、関係各位に感謝いたします。