

湿熱ストレスによる c-Si 太陽電池劣化部位の同定と温度特性解析

Localization and Characterization of Degraded Front-Contact in c-Si PV Cells / Modules Exposed to Hygrothermal Stress Conditions

○棚橋 紀悟、坂本 憲彦、柴田 肇、増田 淳（産総研）

○Tadanori Tanahashi, Norihiko Sakamoto, Hajime Shibata, and Atsushi Masuda (AIST)

緒言: 長期屋外曝露された結晶シリコン太陽電池 (c-Si PV) モジュールは、湿熱ストレスで産生される酢酸などにより経年劣化することが知られている。我々は、本劣化現象を模擬・加速する「PV セル酢酸蒸気曝露試験」などにおいて、セル表面電極の腐食に由来する交流インピーダンスシグナル (Fig. 1: Z_3 成分) が、本劣化現象を反映して変化することを示してきた [1,2]。しかし、この Z_3 成分の出現と変動が発電特性低下や超微形態変化 (表面電極と Si エミッタ間の間隙形成) と同期することは確認できているものの、 Z_3 成分の起源を電気シグナルから確定することはできていなかった。本報告では、 Z_3 成分の起源を明らかにするとともに、その温度特性解析結果を示す。

方法: 湿熱ストレスを負荷した PV モジュールを模擬した試料を、c-Si PV セルを高湿高温条件下で酢酸蒸気に曝露することで作製した。本試料の表面電極を機械的に分断し、Fig. 2 に示す電極間の交流インピーダンスシグナルを観測・解析した。当該ストレスに起因する Z_3 成分が以下の特徴を示せば、 Z_3 成分の起源は表面電極下と特定できると考えた。これは、(1) 電極接続の差異により個々の電極由来キャパシタンスを推定でき、(2) 両表面電極間のキャパシタンスの測定値と (個々の電極由来の) キャパシタンスからの合成計算値が一致し、かつ (3) 表面電極内にキャパシタンス起源が存在しない、という劣化部位同定の推定手法である。

結果と考察: Table I に、(分断した) 各表面電極に起因するキャパシタンスと、表面電極間における測定値および (直列接続を仮定した) 計算値を示す。計算値 ($0.69 \mu\text{F}$) と測定値 ($0.65 \mu\text{F}$) は良く一致していた。また、表面電極内にはキャパシタンス起源は確認できなかった。これらの結果から、セル表面電極の腐食に由来する Z_3 成分の起源は、表面電極下部であると結論した。また、異なる被覆面積を持つバスバー部位とフィンガー部位の (単位面積あたりの) キャパシタンスに差異がない ($0.51 - 0.62 \mu\text{F}/\text{cm}^2$) ことから、バスバー電極下部およびフィンガー電極下部は同等の劣化状態を示すも

のと推定できた。

さらには、温度を変えて Z_3 成分を測定した結果、 R_3 は温度依存性を示さないが、 C_3 は大きな温度依存性を示すなどの特徴的な温度特性を示した。これらは、表面電極接合部における (劣化に伴う) 整流性発現と密接に関連していると想定された。

謝辞: 本検討は、NEDO 委託研究により実施した。関係各位に深謝申し上げます。

[1] T. Tanahashi et al., *Proc. 43rd IEEE PVSC*, 2016, pp. 1075–1079.

[2] T. Tanahashi et al., *Proc. 44th IEEE PVSC*, 2017 (to be published).

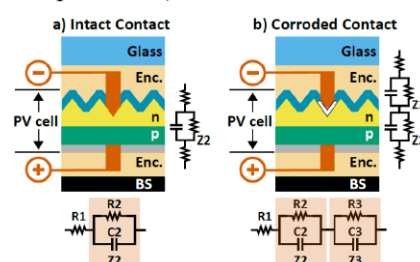


Fig. 1. Evolution of AC equivalent circuit by the formation of gap under front electrode.

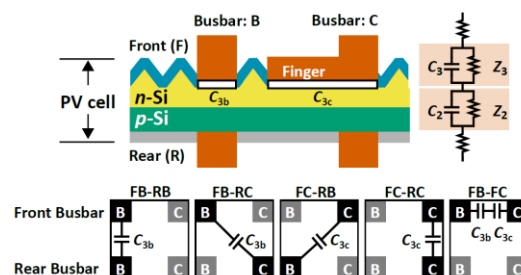


Fig. 2. Preparation of single-comb PV cell-piece, and the contacts to identify the localization of degraded site(s).

Table I. Reconstitution of C_3 at 0 V bias-loading conditions.				
C_3 Subcomponents		C_3 (μF)	Area ^a (cm^2)	C_3 ($\mu\text{F}/\text{cm}^2$)
C_{3b}	FB-RB	1.01	1.99	0.51
	FB-RC			
C_{3c}	FC-RB	2.21	3.55	0.62
	FC-RC			
C_{3c}/C_{3b}		2.19	1.79	1.22
$C_{3b} + C_{3c}$	Calc.	0.69		
	Fx-RB			
	Fx-RC			
Meas.		0.65		

^a Area indicates the estimated area of front electrodes.