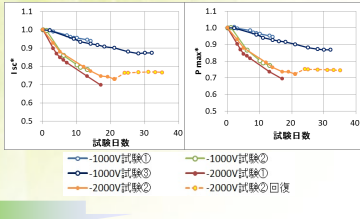


ヘテロ接合結晶シリコン太陽電池の電圧誘起劣化要因

山本千津子¹ 山口世力² 大平圭介² 増田淳¹
 1 産業技術総合研究所 2 北陸先端科学技術大学院大学

研究の背景

ヘテロ接合結晶シリコン (SHJ) 太陽電池の電圧誘起劣化 (PID) が、短絡電流の低下に起因することを世界に先駆けて報告してきたが¹⁾、短絡電流低下の要因は明確化されていなかった。



さらに長時間のPID試験で生じる現象と、短絡電流劣化要因の分析結果について報告する。

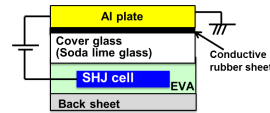
試験内容

単セルモジュールを使用
 試験前後で電流-電圧特性評価、EL測定を行った。

[SHJ cell]
 15.6 cm × 15.6 cm
 リアエミッター、TCO (IWO)
[Module]
 18 cm × 18 cm
 封止材 EVA
 バックシート PVF/PET/PVF

アルミ法

モジュールの受光面側に導電性シート、アルミ板、重石用ガラスの順に重ね、クリップで固定する。
 セルの端子を短絡させ、高電圧電源のマイナス極に接続し、接地したアルミ板と電源のプラス極を接続する。



【PID試験条件】
 PID試験電圧: -2000 V
 試験温度: 85°C
 試験湿度: 2%未満
 回復試験電圧: +2000 V

PID試験結果

ヘテロ接合太陽電池のPID現象はIscのみ低下することが確認されていたが、更に長期間の試験を行い変化を確認した。

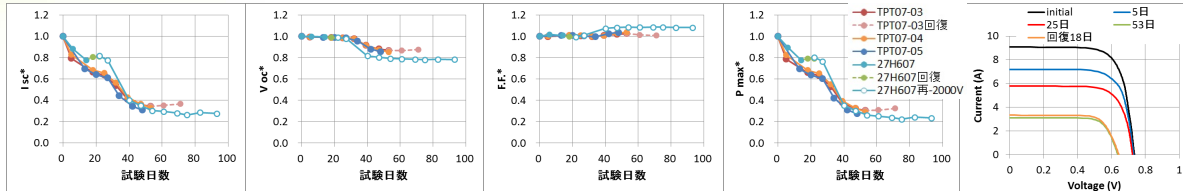


図1 -2000 VでのPID試験結果

Vocは試験日数30日あたりから低下し始めた。
 +2000 V → -2000 V試験では低下は見られなかったが、-2000 V → +2000 V → -2000 Vの試験では、2回目の-2000 V試験時にもPmaxは大きく低下した。

分析結果

◆EVA分析<紫外可視透過吸収スペクトル>

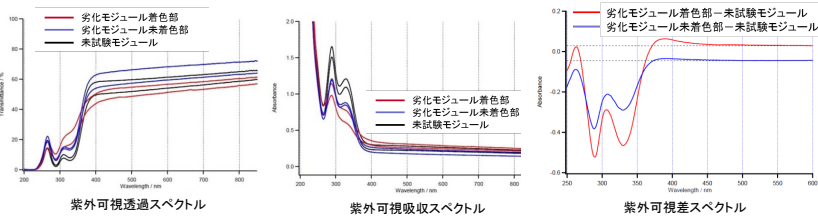


図2 EVA分析結果

290, 340 nmの吸収ピークは、未試験モジュールより劣化モジュール(着色部)の方が小さい。
 ⇒酸化防止剤や紫外線吸収剤の減少または構造変化の可能性ある。
 劣化モジュール(着色部)では、400~450 nmの吸収帯が増加しており、わずかに黄変しているものと考えられる。⇒EVAまたはEVAに含まれる添加剤成分の劣化の可能性ある。

◆ダイナミックSIMS分析

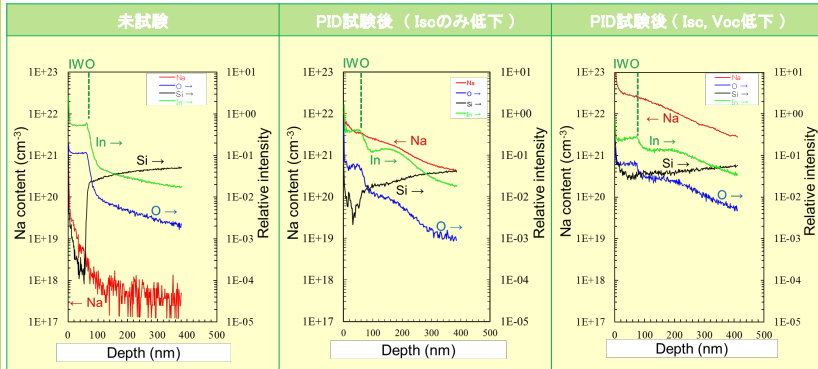


図4 ダイナミックSIMS分析結果

PID未試験品 < PID劣化品 (Iscのみ低下) < PID劣化品 (Isc, Voc低下) の順にNaの量が増えていることが確認された。
 In₂O₃の還元はカバーガラスからのNaの拡散に起因する可能性がある。

◆透明導電膜分析

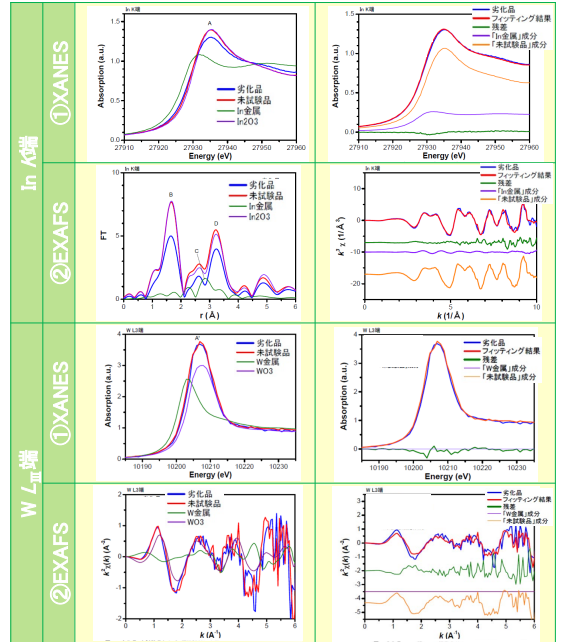


図3 透明導電膜分析結果

In K端のXANES: 未試験モジュール、劣化モジュールともに、In₂O₃標準試料のスペクトルとよく一致し、両者とも主にはIn³⁺として存在する。一方、劣化モジュールでは信号のエネルギーや強度が未試験モジュールよりも若干低く、フィッティングの結果、24%のIn金属の混在が示唆された。
 In K端のEXAFS: 未試験モジュールはIn₂O₃標準試料のスペクトルとよく一致し、In₂O₃と同様の配位環境にある。一方、劣化モジュールでは強度が未試験モジュールよりも低く、異なる配位環境の成分の混在が示唆され、フィッティングの結果、33%のIn金属の混在が示唆された。
 Wでも同様の分析を行ったところ、還元成分の混在は示唆されなかった。

まとめ

ヘテロ接合結晶シリコン太陽電池のPID試験において、まず短絡電流が減少するが、試験の進行にともない、開放電圧も減少する。
 PIDによる短絡電流の低下は封止材のわずかな着色にも起因するものの、主要因は透明導電膜の主成分であるIn₂O₃の還元に起因する。PID試験後には30%前後の金属In成分が透明導電膜に含まれる。一方で、添加物であるWO₃の還元は確認されなかった。このことから、PIDによる短絡電流密度の低下は、In₂O₃系透明導電膜を使用する場合において、普遍的な課題となる可能性がある。
 In₂O₃の還元はカバーガラスからのNaの拡散に起因する可能性がある。