

n 型 c-Si 太陽電池モジュールの長時間電圧誘起劣化後の回復挙動

Recovery behaviors of n-type c-Si-wafer-based photovoltaic modules after long-duration potential-induced degradation

北陸先端大¹, 産総研², [○]小松 豊¹, 山口 世力¹, 増田 淳², 大平 圭介¹

JAIST¹, AIST², [○]Yutaka Komatsu¹, Seira Yamaguchi¹, Atsushi Masuda², Keisuke Ohdaira¹

E-mail: s1610073@jaist.ac.jp

緒言: これまで, p 型結晶シリコン(c-Si)太陽電池に関する電圧誘起劣化(PID)の研究が行われてきたが, 変換効率が低い n 型 c-Si 太陽電池の普及が今後進むと予想されており, その PID の現象解明が急務となっている. Hara らは, n 型フロントエミッター(n-FE) c-Si 太陽電池モジュールにおいて, カバーガラス表面を基準としてセル側に負の電圧を印加することにより, 開放電圧(V_{oc})と短絡電流密度(J_{sc})の低減に特徴づけられる PID が生じることを報告し^[1], Yamaguchi らは, 120 秒以内という短時間で劣化が飽和することを報告した^[2]. さらに, 我々はこの短時間での劣化飽和後の PID の挙動を調査し, 曲線因子(FF)の低下や V_{oc} のさらなる低下が起こることを見出し, 計 3 段階の劣化に分類できることを報告した^[3]. 今回我々は, n-FE c-Si 太陽電池モジュールの各段階の劣化後の試料に対して逆バイアスを印加し, その回復挙動を調査したので報告する.

実験方法: 20×20 mm² の SiN_x/SiO₂ 積層パッシベーション構造をもつ n-FE c-Si セルを白板強化ガラス/EVA/セル/EVA/バックシートの順に重ねてラミネートし, モジュールを作製した. 温度 85 °C, 湿度<2%RH の環境下で, カバーガラス表面に設置した Al 板を基準としてセル側に-1000 V を印加することにより, PID 試験を行った. PID 試験による劣化を確認した後, PID 試験と同じ環境下で, Al 板を基準としてセル側に+1000 V を印加することにより, 回復試験を行った.

結果・考察: Fig. 1 に PID 試験前後および回復試験後の 1 sun 光照射下での J - V 特性を示す. PID 試験時間は(a)120 秒, (b)12 時間, (c)480 時間で, それぞれ第 1, 第 2, 第 3 の劣化に対応している. 回復試験時間は事前の劣化試験の時間と同じに設定した. 120 秒劣化させた試料に対して回復試験を行うと, 劣化は完全に回復した. これは, 表面 SiN_x 膜中に蓄積した正電荷の放出によると報告されている^[2]. 12 時間劣化させたモジュールにおいても, 劣化はほぼ完全に回復した. これは, SiN_x 膜からの正電荷の放出とともに, pn 接合の空乏層に導入された Na の外方拡散に起因すると考えられる. 一方, 480 時間劣化させた試料に対して回復試験を行った場合には, わずかにしか回復しなかった. これは, 長時間 PID 試験によってセルの奥深くに拡散した Na は回復試験後も Si 内部に残存し, この残存した Na が再結合中心として働くためと考えられる. これらの結果は, 回復の程度が劣化の程度に強く依存することを示唆する.

謝辞: 本研究は, NEDO「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の委託により実施された.

参考文献: [1] K. Hara *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **140**, 361 (2015), [2] S. Yamaguchi *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 112301 (2016), [3] 小松他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会 (2017).

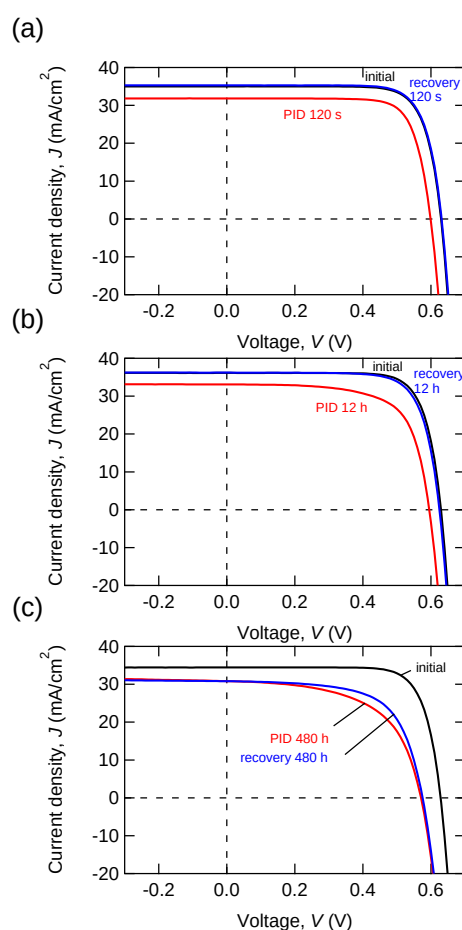


Fig. 1. One-sun-illuminated J - V curves of the n-FE c-Si photovoltaic modules before and after the PID tests and after the recovery tests: (a) the first degradation, (b) the second degradation, and (c) the third degradation.