n型フロントエミッタ型結晶 Si 太陽電池モジュールの Na 侵入型電圧誘起劣化とその回復

Na-invasion-type potential-induced degradation of n-type front-emitter crystalline silicon photovoltaic modules and its recovery

北陸先端大¹, 筑波大², 新潟大³ ^O大平 圭介¹, 小松 豊¹, 山口 世力^{1,2}, 増田 淳³ JAIST¹, Univ. of Tsukuba², Niigata Univ.³, ^oKeisuke Ohdaira¹, Yutaka Komatsu¹, Seira Yamaguchi^{1,2}, Atsushi Masuda³

E-mail: ohdaira@jaist.ac.jp

n型フロントエミッタ型(n-FE)結晶 Si 太陽電池は、優れた発電性能を有することから、今後の 普及拡大が期待されており、電圧誘起劣化(PID)などの長期信頼性に関する知見も重要である。 我々はこれまで、n-FEモジュールが、挙動や機構の異なる三段階のPIDを示すことを報告した[1-3]。 今回我々は、p-n 接合の空乏層への Na 侵入に起因する第二段階の PID とその回復挙動について、 より詳細に調査した結果を報告する。

市販の n-FE セルを 20 mm 角に劈開し、カ バーガラス/エチレン-酢酸ビニル共重合体 (EVA)/n-FE セル/EVA/バックシート構造のモ ジュールを作製した。PID 試験は、湿度負荷 の無い 85 °C の恒温槽内で、モジュールのカ バーガラス表面に導電性ゴムシートを介し て接触させた AI 板を基準として、セルに-50 V, -200 V, -600 V, -1000 V の負バイアスを印 加することで行った。また、一部のモジュー ルには、-1000 V での PID 試験後、+1000 V の正バイアス印加による回復試験も行った。 評価は、J-V 測定および EQE 測定により行っ た。

図1に、n-FE モジュールの初期値で規格化 した最大出力(Pmax)の PID 試験時間依存性を 示す。試験開始から1 min 前後で発現する、 第一段階の電荷蓄積型 PID (PID-p)の挙動に は、明確な PID 試験電圧依存性が見られる。 これに対し、試験時間1h程度から発現する、 第二段階の Na 侵入型 PID の挙動には、-50 V の場合を除き、大きな電圧依存性が見られな い。この結果は、カバーガラスからドリフト



Fig. 1 Normalized P_{max} of n-FE modules as a function of PID-stress duration.



Fig. 2 Normalized J_{sc} , V_{oc} , and FF of n-FE modules as a function of recovery test duration.

してくる Na ではなく、元々セル表面付近に存在する Na が FF 低下の要因である可能性を示唆す る。図 2 に、-1000 V、12 hの PID 試験後の n-FE モジュールの短絡電流密度(J_{sc})、開放電圧(V_{cc})、 曲線因子(FF)の回復試験時間依存性を示す。それぞれの値は、PID 試験前の初期値で規格化してあ る。PID-p により低下した J_{sc} と V_{cc} は、劣化の飽和に要する時間と同程度である~1 min の正バイ アス印加により初期値まで回復する。一方、劣化に 10 h 程度を要した、Na 侵入型の PID による FF 低下は、わずか 5 s の正バイアス印加で、初期値まで急速に回復する。以上のように、n-FE モ ジュールの Na 侵入型の PID は、特異な劣化および回復挙動を示すことが分かった。 謝辞:本研究は、NEDO の委託により実施された。

参考文献: [1] S. Yamaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 122301 (2018), [2] Y. Komatsu et al., Microelectron. Reliab. 84, 127 (2018), [3] K. Ohdaira et al., Appl. Phys. Express 12, 064004 (2019).