

p 型結晶シリコン太陽電池の電圧誘起劣化モデルの一検討

Study on potential induced degradation of p-type c-Si photovoltaic modules

岐大工¹, 産総研² ○吉田 弘樹¹, 大橋 史隆¹, 原 由希子², 城内 紗千子²,
増田 淳², 野々村 修一¹

Gifu Univ.¹, AIST², ○Hiroki Yoshida¹, Fumitaka Ohashi¹, Yukiko Hara²,

Sachiko Jonai², Atsushi Masuda², Shuichi Nonomura¹

E-mail: hiroki@gifu-u.ac.jp

太陽電池モジュールにおける電圧誘起劣化(potential induced degradation: PID)発生について幾つかのメカニズムが提案されているが, その詳細は明確にはなっていない。筆者らは p 型多結晶シリコン太陽電池を光で加熱する PID 回復方法が, 従来の加熱方法より 6 倍程回復速度を高められることを示した[1][2]。また, 逆バイアス・電流パルスで劣化箇所を局所加熱することによる, 10 ms オーダーの極めて高速な PID 回復現象を見出した[3][4]。光照射が PID を緩和する報告 [5], 逆バイアス電圧が PID を促進する報告[6]がされている。これらは, 光および外部印加バイアス電圧に起因する pn 接合部の電界と空乏層が PID 現象に影響しているものと推定し, 検討と実験を行った。

図 1 はバイアス電圧 $V_{bias} = 0, -0.4 V$ での pn 接合部近傍の電界であり, PID 試験における外部電界相当の数 10 kV/cm である。n 層表面に Na イオンが存在すると, Na イオンは表面下の比較的低い電界でドリフトして空乏層の n 層端に達し, 空乏層内の高い電界で p 層端まで高速にドリフトする。

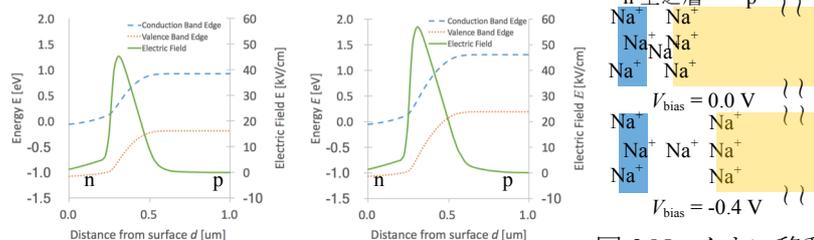
そこからは熱拡散によって移動すると考えた。図 2 に示す電界と空乏層による Na イオン移動モデルでは, V_{bias} を負に大きくすることによって Na イオンが p 層の深部へ移動し, 零バイアスにおけるシャント抵抗値 R_{sh} の回復が示唆される。図 3 は逆バイアス印加による回復実験結果であり, V_{bias} をステップ状に負に大きくする度に R_{sh} が急激に回復している。さらに $V_{bias} = -15.0 V$ まで継続した後, $-12.5 V$ に戻すステップ電圧を印加したが, R_{sh} の急激な回復は見られなかった。図 4 (a) は PL で得られた結晶粒の像であり, 右下部に関心領域を示す。図 (b) は拡大図であり, 結晶粒単位で PID 劣化/回復していることが分かる。

光照射および外部印加によるバイアス電圧によって Na イオンが n 層表面から空乏層の p 層端までドリフトし, 逆バイアス・電流パルスが印加された場合には局所的な加熱によってドリフトがさらに加速されると考えると, これまでの報告 [1][3][5][6]とも矛盾しない。

【謝辞】本研究は NEDO プロジェクトの一環として実施されたものであり, 関係各位に感謝する。

【参考文献】

- [1] 吉田他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 19a-W321-7 (2016).
- [2] 吉田, 野々村, 大橋, 特許出願番号: 特願 2016-056313 (2016), 特開 2017-175683 (2017).
- [3] 吉田他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 16p-211-18 (2017).
- [4] 吉田, 野々村, 大橋, 志知, 特許出願番号: 特願 2017-036400 (2017).
- [5] 原, 増田, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 14a-A24-2 (2016).
- [6] 城内, 増田, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 16p-211-11 (2017).



(a) $V_{bias} = 0.0 V$

(b) $V_{bias} = -0.4 V$

図 1 バンド図と pn 接合部近傍の電界 (pc1d)

図 2 Na イオン移動モデル

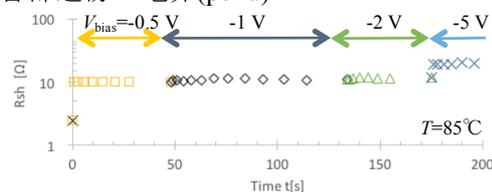
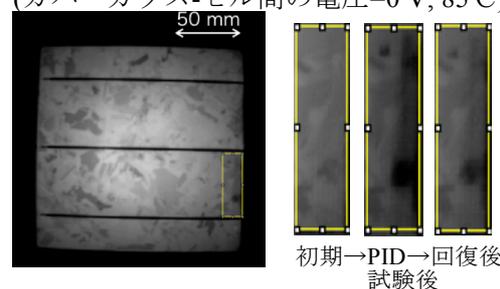


図 3 逆バイアス電圧 V_{bias} による R_{sh} の回復 (カバーガラス-セル間の電圧=0 V, 85°C)



(a) PL 画像 (b) 関心領域の拡大図
図 4 PID 試験/回復における結晶粒像