

n-PERT セルの SiN_x 膜の組成および SiO_2 膜の膜厚が 分極型 PID 挙動に与える影響

Influences of the Chemical Composition of SiN_x Layers and the Thickness of SiO_2 Layers on Polarization-Type PID in n-PERT Solar Cells

¹新潟大, ²豊田工大, ³北陸先端大 ○山口 世力¹, 中村 京太郎², 仙波 妙子¹, 大平 圭介³,
大下 祥雄², 増田 淳¹

¹Niigata Univ., ²TTI, ³JAIST, ○Seira Yamaguchi¹, Kyotaro Nakamura², Taeko Semba¹,
Keisuke Ohdaira³, Yoshio Ohshita², Atsushi Masuda¹,

E-mail: s-yama@eng.niigata-u.ac.jp

$\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ 積層膜を有する n-PERT セルは, 負バイアス下において, SiN_x 膜中への電荷蓄積に起因する PID を生じる [1–4]. Janssen らは, 硝酸酸化法で作製した極薄 SiO_2 膜を有するセルにおいて, Si リッチな SiN_x 膜の使用によりこの種の PID が大幅に抑制されることを報告した [3]. 一方, 我々の実験では, ~10 nm の厚さの熱酸化膜を有するセルでは, SiN_x 膜の組成によらず劣化挙動は一定であった [4]. これらの結果は, 劣化を十分に低減するには, Si リッチな SiN_x 膜と十分に薄い SiO_2 膜を併用する必要があることを示唆する. 本研究は, SiN_x 膜の組成と SiO_2 膜の膜厚が PID 挙動と劣化の安定性に与える影響を調べた.

屈折率 (RI) の異なる SiN_x 膜および膜厚 (d_{ox}) の異なる SiO_2 膜を有する 4 種の n-PERT セルを作製した: (a) RI = 2.0, d_{ox} = 9 nm, (b) RI = 2.2, d_{ox} = 9 nm, (c) RI = 2.0, d_{ox} = 2 nm, (d) RI = 2.2, d_{ox} = 2 nm. これらを用いて典型的な部材からモジュールを作製し, -1000 V, 85 °C の条件下で PID 試験を行った. その後, 劣化の保持特性を調べるために, 水冷却ステージ上で最長 4 h の 1 sun 光照射を行った.

Fig. 1 の左側に $P_{\text{max}}/P_{\text{max},0}$ の PID 試験時間依存性を示す. 本研究の RI および d_{ox} の範囲では劣化挙動に大きな差はない. このことは, PID の抑止を実現するためには, より Si リッチな SiN_x 膜あるいはより薄い SiO_2 膜を用いる必要があることを示唆する. 実際に, Janssen らの研究では, エミッタ界面付近の SiN_x の RI を 2.4 程度まで高くし, かつ硝酸酸化法で作製した 1 nm 程度の SiO_2 膜が用いられていた [3].

一方, Fig. 1 の右側に示すように, その後の光照射による回復挙動には大きな差が生じた. d_{ox} = 9 nm の 2 種類の試料では, 回復が比較的遅く, その挙動は RI の大小によらない. 一方で, d_{ox} = 2 nm の試料はそれらふたつの試料と比較して回復が速い. このことは, d_{ox} が小さいほど, SiN_x 膜に過剰に蓄積した正電荷が Si 基板との間のキャリア輸送によって消失しやすいことを示唆する. また, RI = 2.2 の SiN_x 膜ではより急速な回復が観察されるが, これは RI = 2.0 の SiN_x 膜よりも高い光導電性 [5] に起因するキャリア輸送のさらなる促進が原因であると考えられる. 逆に, d_{ox} が大きい場合, SiN_x 膜の導電性によらず, 過剰に蓄積した電荷は安定して保持される傾向にあることが示唆される.

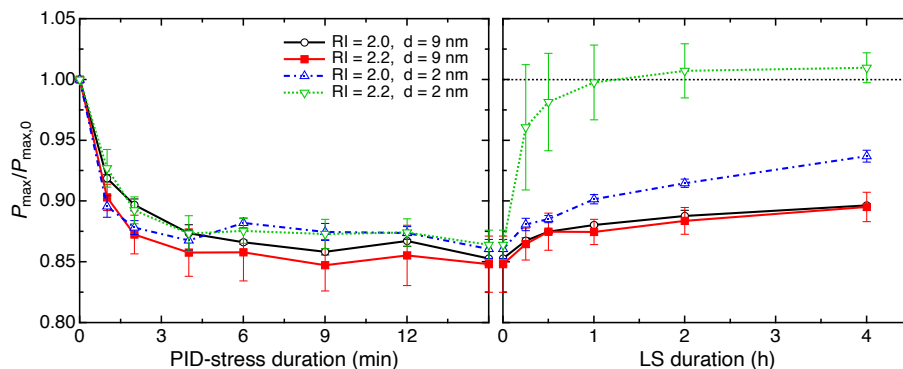


Fig. 1. Influences of the RI of the SiN_x layers and the d_{ox} on the PID behavior (left) and the 1-sun-light-soaking-induced recovery behavior (right) of the n-PERT cell modules.

謝辞: 本研究は NEDO の委託および池谷科学技術振興財団からの支援を受けて実施された.

参考文献: [1] K. Hara et al., *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **140**, 361 (2015)., [2] S. Yamaguchi et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **57**, 122301 (2018)., [3] G. J. M. Janssen et al., *IEEE J. Photovolt.* **9**, 608 (2019)., [4] S. Yamaguchi et al., *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **226**, 111074 (2021)., [5] D. C. Nguyen et al., *Sol. Energy* **199**, 55 (2020).