

表面側にp⁺エミッタ層を有するn型結晶シリコン太陽電池の電圧誘起劣化とその飽和挙動

山口 世力¹, 増田 淳², 大平 圭介¹

¹北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
²産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

研究の目的

n型結晶シリコン (n型c-Si) 太陽電池: 変換効率が高く, 注目を集めている
 大規模太陽光発電システム等でn型c-Si太陽電池をより活用するためには,
 電圧誘起劣化 (PID) に関する知見が重要

n型c-Si太陽電池のPIDは,¹⁾
 ・ J_{sc} および V_{oc} の低下に特徴づけられる
 ・ 反射防止膜中の正電荷の蓄積による表面再結合の増大に起因する
 ことが知られているが, 劣化の時間依存性に関する知見は得られていない

本研究の目的

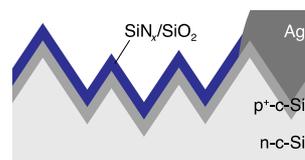
- ・ n型c-Si太陽電池のPIDの時間依存性を明らかにする
- ・ 得られた結果に基づき劣化メカニズムの詳細を議論する

実験

セルおよびモジュールの構造

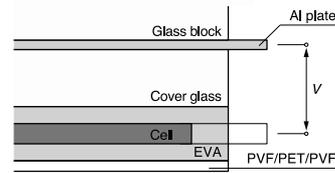
表面p⁺エミッタ, SiN_x/SiO₂パッシベーション膜を有するn型c-Siセル

標準的なモジュール構造



PID試験

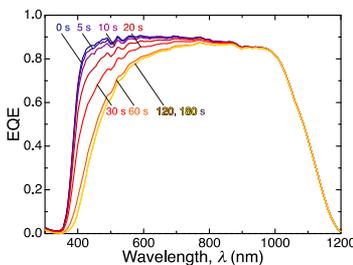
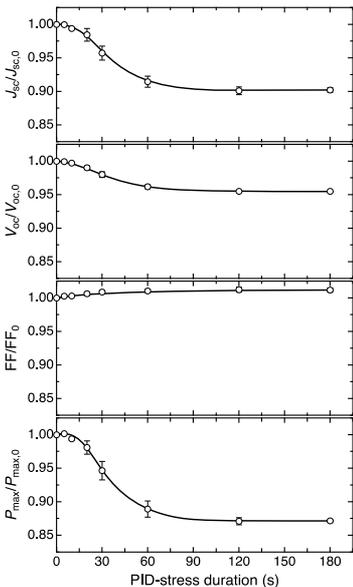
温度85°C, 湿度<2%RHの環境下で, セルに対して-1000 Vの電圧を印加することでPID試験を実施



結果と考察

フォトJ-V特性

急速に劣化し, 急速に飽和する



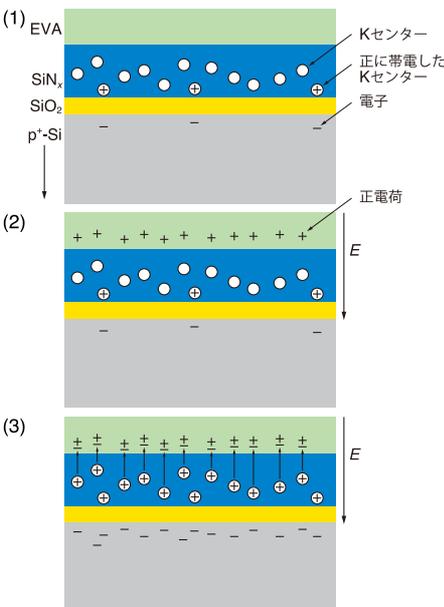
正電荷蓄積のモデル

帯電中心の候補: Kセンター²⁾ (・Si≡N₃)
 ・ 電子の引き抜きにより正に帯電
 ・ 80 nmのSiN_x中に10¹² cm⁻²程度存在

帯電のモデル

1. SiN_x中にKセンターが分布
2. 電界により陽イオンがSiN_x表面に到達 (形成)
3. 陽イオンがKセンターの電子を引き抜き, Kセンターが正に帯電 → 表面再結合増大

このモデルによって飽和挙動をうまく説明できる

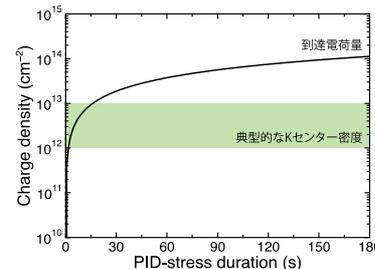


飽和挙動の説明

リーク電流密度: 0.1 μA/cm²
 Kセンター密度: ~10¹² cm⁻²

120 s以内に Kセンター密度 < 到達電荷量 という状況が実現

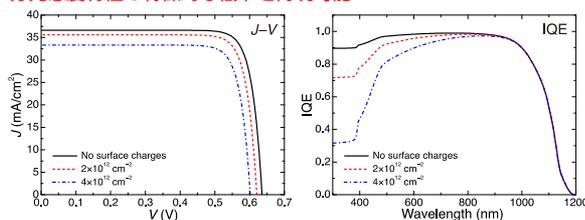
→ 蓄積電荷密度が Kセンター密度に制限されるという仮説により, 飽和挙動を説明可能



メカニズムの検証実験

検証①: PC1Dシミュレーション

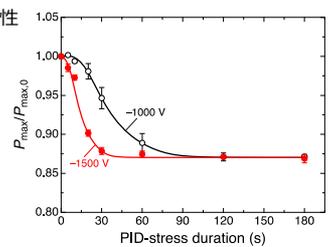
10¹² cm⁻²オーダーの正の表面電荷によって, V_{oc}, J_{sc} および 分光感度特性の特徴的な低下を再現可能



検証②: 飽和挙動の電圧依存性

電圧の上昇に対して, 劣化の飽和値は変わらず, 劣化速度のみが変化

→ 劣化の飽和値がKセンター密度に制限されるという仮説と矛盾しない



結論

n型c-Si太陽電池のPID:

- ・ 非常に短い時間で生じ, 急速に飽和する
- ・ 短時間での劣化と飽和挙動は, Kセンターからの電荷の引き抜きによって説明できる

謝辞: 本研究はNEDOの委託により実施された。関係各位に感謝いたします。有益なご議論を頂いた産総研の原浩二郎博士に感謝いたします。

参考文献

- 1) K. Hara, S. Jonai, and A. Masuda, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **140**, 361 (2015).
- 2) V. Sharma, C. Tracy, D. Schroder, S. Herasimenka, W. Dauksher, and S. Bowden, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 053503 (2014).

本研究に関する主な成果

S. Yamaguchi, A. Masuda, and K. Ohdaira, *Appl. Phys. Express* **9**, 112301 (2016).