

屋内PID試験による信頼性評価： n型単結晶Si太陽電池モジュール

原 浩二郎^a・小川 錦一^a・岡林 裕介^b・松崎 弘幸^b・増田 淳^a

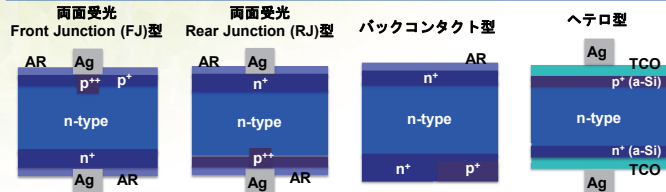
産業技術総合研究所 ^a太陽光発電研究センター モジュール信頼性チーム
^b分析計測標準研究部門 ナノ分光計測研究グループ

研究の目的

さらなる高信頼性(高効率・低コスト)太陽電池モジュールの実現

本研究の内容

各種の高効率・n型単結晶Si太陽電池モジュールにおけるPIDの評価と対策

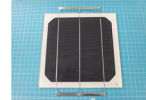


背景: SunPowerがバックコンタクト型ではじめてPIDを報告: R. Swanson *et al.*, PVSEC-15 (2005).

実験

屋内PID試験 → 短期間でのPID再現を目的

アルミ法



両面受光・n型Siセル (国内メーカー)

単セルモジュール



アルミ板から電圧印加 (±1000 V, 85°C)

→ 簡便に短時間でPIDを再現可能



チャンパー法



市販モジュール: フレームから電圧印加 (85°C+85%)

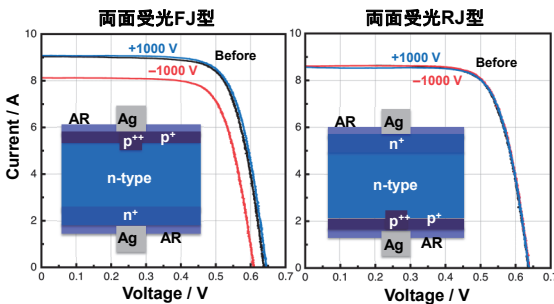
結果

・両面受光セル・表面構造の影響

・両面受光FJ型のEL, PL画像の変化

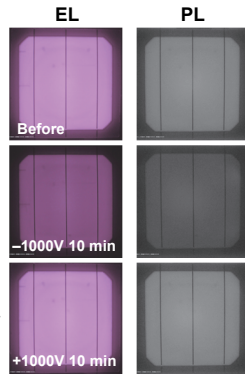
・市販モジュールのPID試験結果

PID試験: (1) -1000 V, 85°C, 10 min and (2) +1000 V, 85°C, 10 min



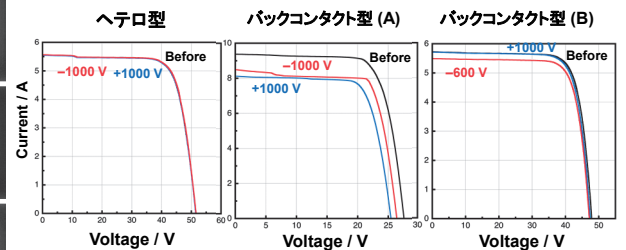
両面受光FJ型: 負電圧で劣化 (正電圧で回復)

両面受光RJ型: 劣化なし



セル全面均一に暗所化

PID試験: (1) +1000 V, 85°C+85%, 96 h and (2) -1000 V, 85°C+85%, 96 h



劣化なし

正電圧で劣化 (負電圧で一部回復)

負電圧で劣化 (正電圧で劣化なし)

劣化の有無や劣化電圧の極性はセル構造に大きく依存

考察

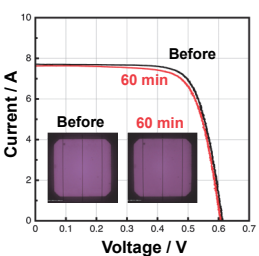
・両面受光FJ型-Si₃N₄層なし

・PIDによる分光感度特性の変化

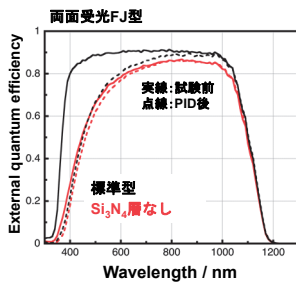
・過渡吸収測定によるキャリア再結合過程の評価

・n型SiモジュールにおけるPIDメカニズムの考察

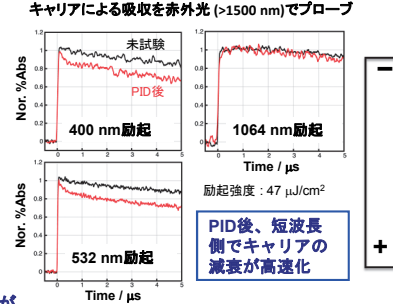
PID試験: -100 V, 60°C, 60 min



Si₃N₄層なし: 劣化わずか

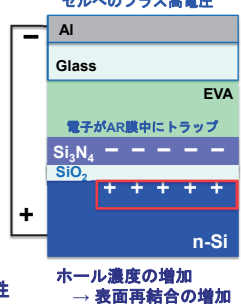


吸収係数が高い短波長の分光感度が Si₃N₄層なしと同レベルまで低下



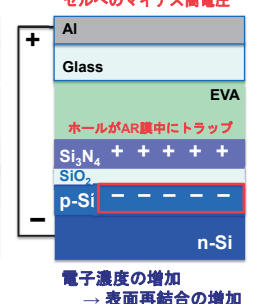
表面再結合の促進が劣化原因の可能性

バックコンタクト型セルへのプラス高電圧



ホール濃度の増加 → 表面再結合の増加

両面受光FJ型セルへのマイナス高電圧



電子濃度の増加 → 表面再結合の増加

結論・まとめ

n型単結晶Si太陽電池モジュールにおけるPID

- セル表面での電荷蓄積 (Surface polarization) が劣化の主要原因
→ 表面再結合が促進 (Na⁺等は原因ではない)
p型セルよりも低電圧・低温で起こりやすい
Si₃N₄層のパッシベーション効果の消失か?
- 劣化の有無や電圧の極性はセル表面構造に依存
両面受光FJ型、RJ型、バックコンタクト型、ヘテロ型など
- 高体積抵抗部材やヘテロ構造 (最表面TCO) 等で対策、低減可能



参考文献

- ・R. Swanson *et al.*, PVSEC-15, Shanghai (2005).
- ・K. Hara *et al.*, RSC Adv., 4, 44291 (2014).
- ・K. Hara, S. Jonai, and A. Masuda, RSC Adv., 5, 15017 (2015).
- ・K. Hara *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 140, 361 (2015).

謝辞

- ・信越化学工業: 大和田 寛人 氏、降旗 智欣 氏
- ・日清紡メカトロニクス: 仲濱 秀斉 氏、飯田 浩貴 氏、高木 靖史 氏
- ・佐賀県工業技術センター: 河合 信次 氏、福元 豊 氏、玉井 富士夫 氏
- ・産総研: 城内 紗千子 氏、白澤 勝彦 氏、古部 昭広 氏 (現徳島大学)、石井 徹之 氏 (現電力中央研究所)、佐藤 梨都子 氏、山本 千津子 氏