

# n型結晶Si太陽電池モジュールの長時間電圧誘起劣化とその回復

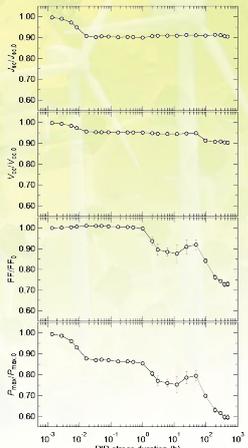
小松 豊<sup>1</sup>, 山口 世力<sup>1</sup>, 増田 淳<sup>2</sup>, 大平 圭介<sup>1</sup> (北陸先端科学技術大学院大学<sup>1</sup>, 産業技術総合研究所<sup>2</sup>)

## 研究の背景・目的

n型フロントエミッター(n-FE)  
c-Si太陽電池モジュールの  
長時間の電圧誘起劣化(PID)試験  
における劣化挙動<sup>[1]</sup>

| 劣化段階 | 劣化挙動                   | 劣化要因                                                              |
|------|------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 第1劣化 | $J_{SC}$ , $V_{OC}$ 低下 | 表面 $SiN_x$ 膜中への正電荷蓄積による表面再結合増大 <sup>[2-4]</sup>                   |
| 第2劣化 | FF低下                   | セルエッジ/表面 $SiN_x$ 膜を通してp-n接合の空乏層に侵入したNaによって形成された多数の欠陥準位による空乏層での再結合 |
| 第3劣化 | $V_{OC}$ , FF低下        |                                                                   |

n-FE c-Si太陽電池モジュールの各段階の劣化後の試料に対して逆バイアスを印加し回復挙動を調査



## 実験

### ● モジュールの作製

セル:  $SiN_x/SiO_2$ 積層パッシベーション構造を有する n-FE c-Siセル (20×20 mm<sup>2</sup>)

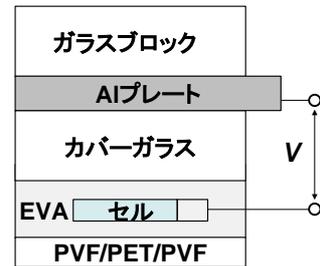
カバーガラス/EVA/セル/EVA/バックシート構造のモジュールを作製

### ● PIDおよび回復試験

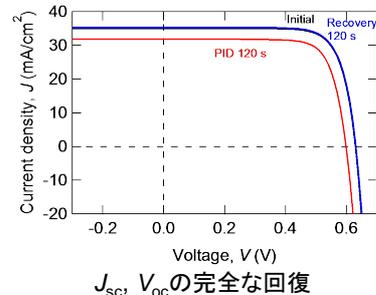
接地したAlプレート基準としてセル側に電圧を印加

### 試験条件

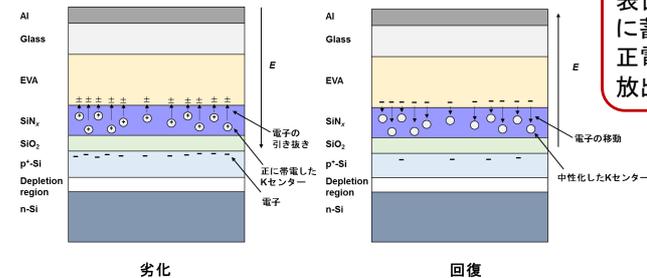
PID:  $V = -1000 V$  回復:  $V = +1000 V$   
 $T = 85 °C \leq 2\%RH$  (湿度制御なし)



## 第1劣化と回復

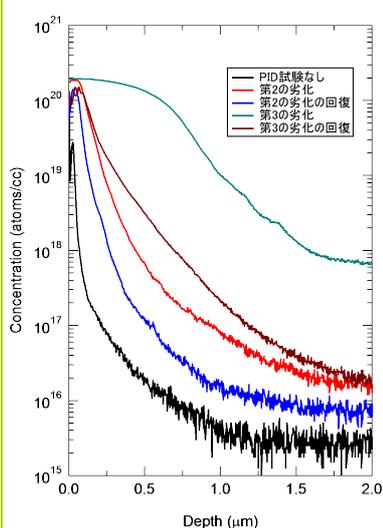


E: モジュールのAlフレーム-セル間の電位差に起因して生じた電界  
O: Kセンター( $SiN_x$ 膜中に存在する両性の欠陥)



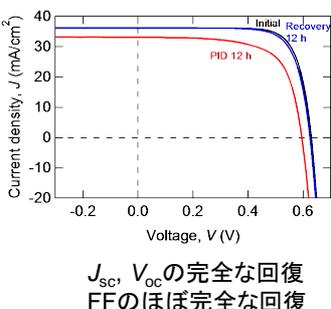
表面 $SiN_x$ 膜に蓄積した正電荷の放出<sup>[3]</sup>

## SIMSプロファイル

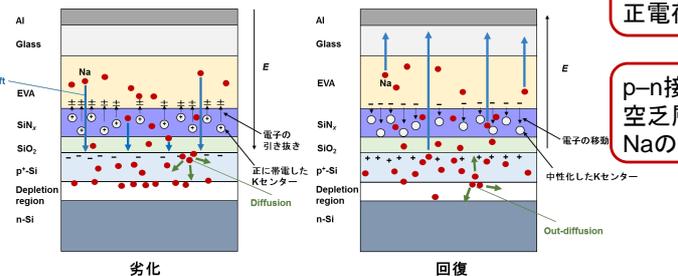


- 長時間PID試験により多数のNaがセル内に導入
- 回復試験によりNaがセル内から外方拡散

## 第2劣化と回復



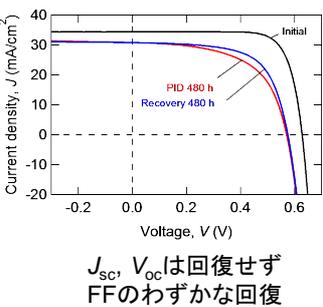
E: モジュールのAlフレーム-セル間の電位差に起因して生じた電界  
O: Kセンター( $SiN_x$ 膜中に存在する両性の欠陥) ● Na  
↓: Naのドリフト ↓↓: Naの拡散



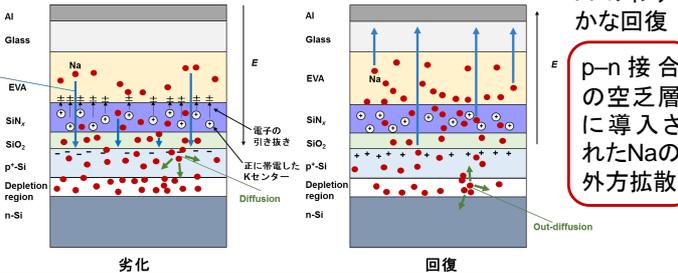
表面 $SiN_x$ 膜に蓄積した正電荷の放出

+  
p-n接合の空乏層からのNaの外方拡散

## 第3劣化と回復

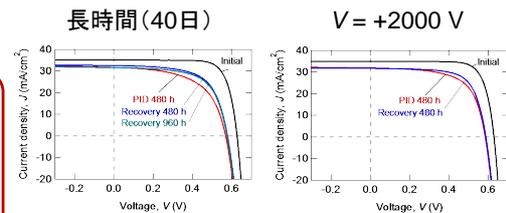


E: モジュールのAlフレーム-セル間の電位差に起因して生じた電界  
O: Kセンター( $SiN_x$ 膜中に存在する両性の欠陥) ● Na  
↓: Naのドリフト ↓↓: Naの拡散



FFのわずかな回復

p-n接合の空乏層に導入されたNaの外方拡散



長時間(40日)、高電圧( $V = +2000 V$ )の回復試験でもほとんど回復せず

## 結論

### n-FE c-Si太陽電池モジュールの劣化/回復挙動

|      |           |
|------|-----------|
| 第1劣化 | 完全に回復     |
| 第2劣化 | ほぼ完全に回復   |
| 第3劣化 | ほとんど回復しない |

- 長時間PID → 多数のNaが導入
- 回復試験 → Naが外方拡散

## 参考文献

- [1] Y. Komatsu *et al.*, Microelectronics Reliability **84**, 127 (2018).
- [2] K. Hara *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **140**, 361 (2015).
- [3] S. Yamaguchi *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 112301 (2016).
- [4] S. Bae *et al.*, Energy Sci. Eng. **5**, 30 (2017).

謝辞: 本研究はNEDOの委託により実施された。関係各位に感謝する。