

薄膜シリコン太陽電池のPID現象と光照射効果

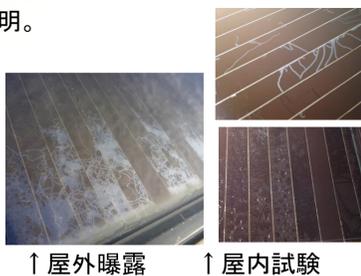
原由希子・増田 淳
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター モジュール信頼性チーム

研究の目的

- メガソーラーなどで薄膜シリコン太陽電池の剥離が確認されているものの、PIDの実態やメカニズムについて不明な点が多い。
- 以前、屋内PID試験による剥離の再現に成功した[1]。
- 結晶シリコン太陽電池では光照射によりPIDが遅延されることが知られている[2]が薄膜シリコン太陽電池では不明。

以下の調査を行い実態とメカニズムを探る

- 剥離の検証
- TCOとして使用されるSnO₂:F(FTO)膜への直接電圧印加
- 光照射による影響



実験

アルミ法PID試験

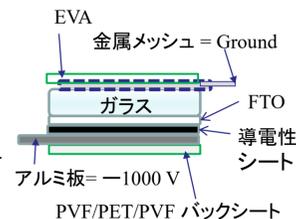
受光面ガラスに『①導電性シート、②アルミ板、③重石用ガラス』の順に重ね、クリップで固定し密着させる。
85°Cのドライチャンパー内でアルミ板に対しセルの端子に-1000 Vを印加する。

メッシュ法PID試験

受光面ガラスに金属メッシュとEVAを積層・ラミネートし、メッシュに対しセル端子に-1000 Vを85°Cのドライチャンパー内、もしくは室内でキセノンランプによる光照射をしながら印加する。

SnO₂:F(FTO)への電圧印加

ガラス側に金属メッシュとEVAを積層・ラミネートし、FTO側に①導電性シート、②アルミ板、③バックシートを重ね、メッシュに対しアルミ板に-1000 Vを印加。



結果

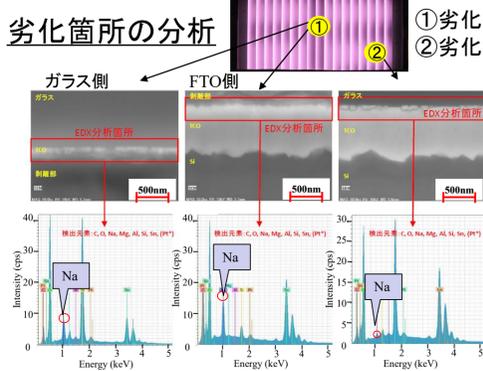
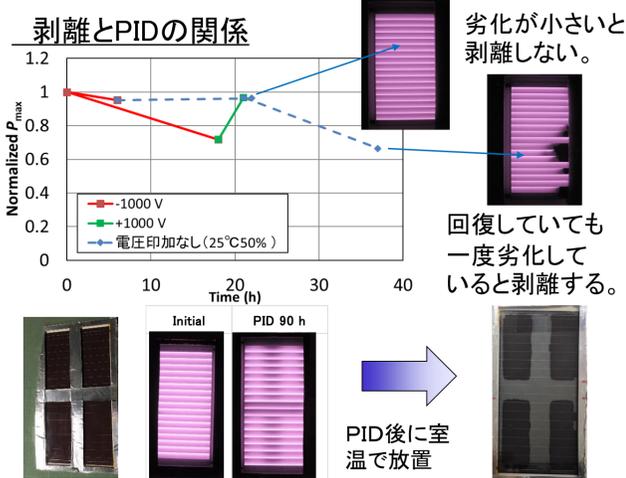
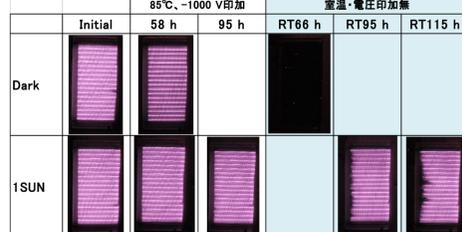
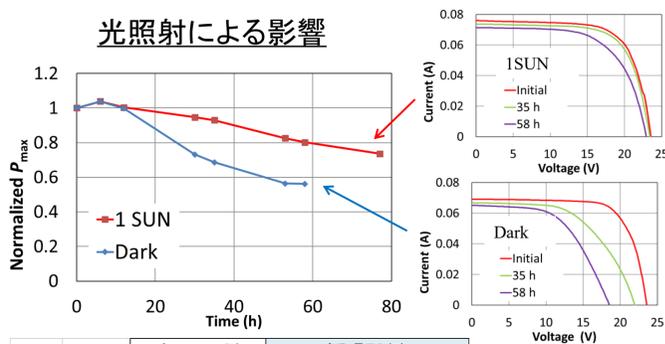


表2 原子数濃度 [at%]

元素	観察箇所① ガラス側	観察箇所② TCO側	観察箇所③ ガラス/TCO界面
C	16.3	31.9	11.1
O	59.5	50.4	54.2
Na	2.8	5.2	0.3
Mg	1.0	0.2	0.7
Al	0.2	0.0	0.2
Si	18.4	1.5	18.3
Sn	5.8	10.9	15.3
合計	100.0	100.0	100.0



PID試験時に光照射すると劣化が遅延し、試験後の剥離の進行も遅くなる。

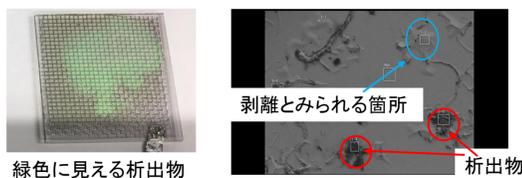
- テープの位置だけ劣化し、劣化箇所だけ剥離する。
- 乾燥状態のPID時には剥離せず、大気中の湿度環境下で剥離する。

- ガラス/FTO界面の剥離を確認。
- 剥離部で未劣化部の10倍以上のNaを検出。

結果の検証と考察

剥離について

- 剥離箇所はガラス/FTO界面
→ 薄膜シリコン太陽電池のPIDはFTOが原因?
→ FTO単体に電圧印加すると析出物が見られ、抵抗の上昇が確認できた。

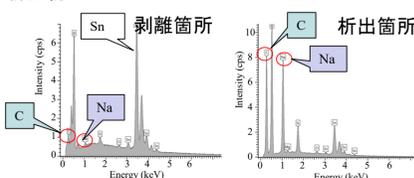


- 乾燥状態の電圧印加時には剥離は見られない?
→ 分析では、目視で確認できなかった剥離を確認。

- 大気中の湿度により可視的な剥離が進行する。
→ 水分浸入が原因

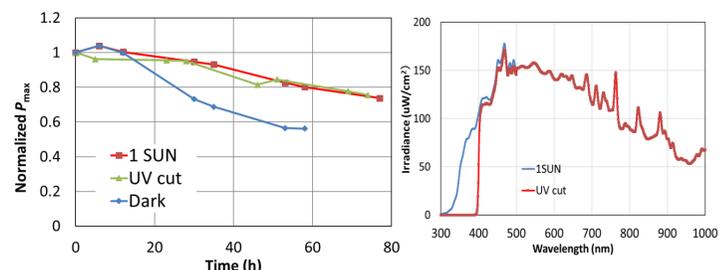
剥離のメカニズム

電界によりNaがFTOへ移動 → ガラス/FTO界面で剥離(不可視) → NaのFTO内移動・析出 → FTOの抵抗上昇 → 水分浸入により完全に剥離(可視化)



光照射効果について

- 紫外光が影響を及ぼしているのか?
→ 400 nm以下をカットした光でも抑制効果があり、必ずしも紫外光成分が必要ではない。



結論

薄膜シリコン太陽電池の剥離

- 電圧印加により劣化した箇所のみ剥離し、一度劣化すると回復後でも剥離が進行する。
- 電圧印加により目視できない剥離が起きている。水分浸入により剥離が進行し可視化する。
- 剥離箇所はガラス/FTO界面であり、Naが多く認められた。ガラス基板からのNaの移動が剥離の原因と考えられる。

電圧印加時の光照射効果

- 光照射により劣化の進行を抑えられ、剥離の進行も遅くなる。
- 紫外光を含まなくても電圧印加による劣化が抑制される。
- 光照射がなぜPIDを抑制するのは今後の検討課題。

参考文献

- [1] A. Masuda and Y. Hara, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 04CS04 (2017).
- [2] A. Masuda and Y. Hara, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 08GR13 (2018).

謝辞

本研究はNEDO「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の委託により実施された。