

光照射を含む複合加速試験の実施と劣化メカニズムの調査

辺田 祐志¹・Ngo T. H. Trang¹・土井 卓也²・増田 淳²

- 1) デュポン株式会社(太陽光発電技術研究組合, 2015年2月まで出向)
- 2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

研究の背景・目的

近年、PVモジュールの長期信頼性と耐久性を適切に評価する試験方法の開発が強く望まれている。長期屋外曝露されたモジュールを構成する高分子材料の劣化に紫外線が大きく影響していることが強く示唆されているが、**現行IEC試験では、紫外線照射によるモジュールの劣化を十分に評価することが出来ない**ため、紫外線耐性に劣るモジュールが量産・出荷されている可能性が高い。本研究では、紫外線照射試験と現行IEC試験の組み合わせ、および各々の単一試験を実施することにより、**紫外線が出力低下やモジュール劣化に影響を与えていることを確認した**。

実験方法

サンプル

単セルモジュール
白板半強化ガラス, Fast cure EVA, 多結晶シリコンセル, バックシート (PVF/PET/PVF), からなるラミネート品を AIフレーム、およびシリコンシーラントにて端面封止



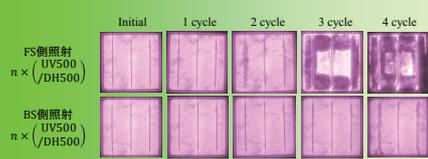
サンプル外観

試験条件

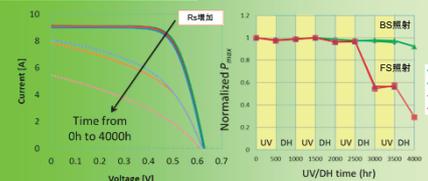
紫外線照射: キセノンランプ: 90W/m² at 300-400nm, 槽内温度65°C(モジュール温度80-90°C), 湿度制御なし, 端子接続なし(開放)
DH試験: 85°C, 85%RH
Hot試験: 90°C

結果・考察

紫外線/DH複合試験後のEL画像



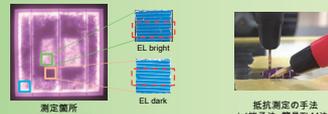
紫外線/DH複合試験後の発電特性



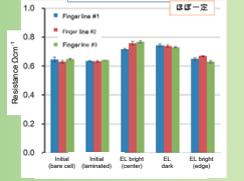
- FS側照射の場合のみ発電特性の低下を確認
- 紫外線照射、DH単一試験とは異なる変化挙動
- 直列抵抗(rs)増加による発電特性の低下

フィンガー電極抵抗測定

測定箇所をモジュールよりサンプリング後、4端子電極法によりフィンガー電極の線抵抗、及びコンタクト抵抗(簡易TLM法)を測定



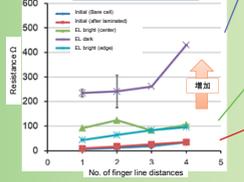
フィンガー電極線抵抗



フィンガー電極 SEM断面画像



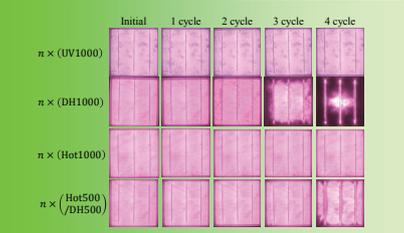
Ag/セルコンタクト抵抗



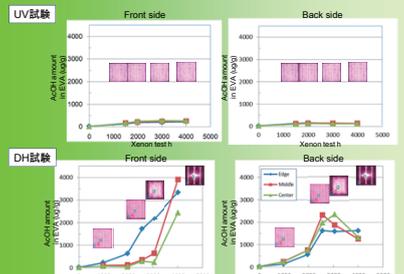
- 表Ag電極の線抵抗に変化なし
- EL暗部では、著しいコンタクト抵抗増加を観察
⇒ 20年程度の実稼働モジュールと同じ傾向(参考文献2)
- EVA中の残存酢酸量は、400~900ppm程度と低濃度
- EL暗部では電極封止を確認

コントロール試験のEL画像

コントロール試験として、下記の比較試験を実施
紫外線照射、DH試験: 単一因子での劣化の確認
Hot (90°C乾熱)試験: 光照射試験の熱的影響の検証
Hot/DH複合試験: 光照射試験の熱/DHの相互作用効果の検証

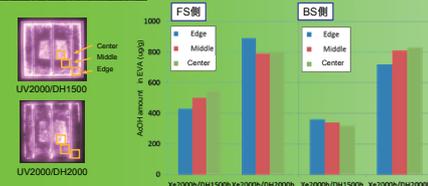


封止材中の酢酸量の測定

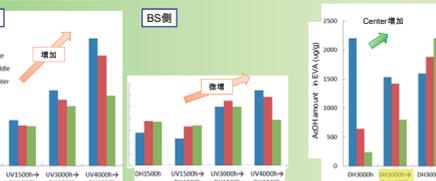


- DH試験を除き、顕著な劣化は確認されず
- DH試験では、3サイクル目から顕著な劣化を確認
- EL発光輝度とFS側の酢酸量に相関を確認
⇒ 増量モジュールよりも多い(参考文献2)

封止材中の酢酸量の測定

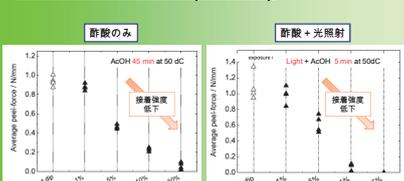


各層試験による酢酸量の増加



- 照射時間の増加に伴い、FS側EVA中の酢酸発生量が著しく増加
- BS側の酢酸量増加は紫外線/DH複合試験と異なる傾向
⇒ 短時間のサイクルによる水分浸入促進などが酢酸発生量に影響している可能性
- 高温環境においては、場所により酢酸量の増減が異なる
⇒ UV/DH複合試験におけるE明暗パターン形成に影響している可能性

酢酸・光照射の電極への影響(参考文献4)



- 酢酸濃度により電極のセルへの接着性が低下
- さらに光照射を組み合わせることで、劣化が著しく加速される

結論

- 【結論】
- ✓ 単一試験と複合試験の比較により**紫外線が出力低下に大きく関与**することが示された
- ✓ EL暗部において、フィンガー電極の**コンタクト抵抗増加**による出力低下が起きていることが示された
- ✓ DH試験にて、EL画像の輝度(明暗)、コンタクト抵抗値、酢酸量に相関があり、酢酸が電極腐食に大きく関与していることが示された
- ✓ 紫外線照射により生じた封止材(EVA)の何らかの劣化が、その後のDH試験での酢酸発生量に大きく影響を及ぼすことが確認された

【今後の課題】

- ✓ 紫外線照射後のDH試験における酢酸発生メカニズムの解明
- ✓ EVA封止材中の酢酸濃度と滞留時間がコンタクト抵抗増加に及ぼす影響の評価

参考文献

1. 第1期「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」成果報告書、2011年9月、全327頁
2. 第1期「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」中間成果報告書、2012年12月、全268頁
3. 第11期「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」最終成果報告書、2014年3月、全418頁
4. Kraft, A.; Labusch, L.; Ensslen, T.; Durr, L.; Bartsch, J.; Glatthaar, M.; Glunz, S.; Reinecke, H., "Investigation of Acetic Acid Corrosion Impact on Printed Solar Cell Contacts," *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 5, no. 3, pp. 736-743, May 2015.

謝辞

本研究の成果は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究で得られたものである