

研究分野紹介 モジュール技術

太陽光発電研究センター
モジュール信頼性チーム
増田 淳

モジュール技術

- 固定価格買取制度も始まり、太陽電池の初期特性だけでなく、長期信頼性にも大きな関心が寄せられている。
 - 太陽電池の長期信頼性を主に支配するのは、セルを含むモジュール部材ならびにモジュール構造である。
 - モジュールの劣化機構を解明するとともに、長期信頼性を有するモジュールを開発することは喫緊の課題である。
 - モジュールの信頼性を正確に評価可能な試験法の開発も併せて重要である。
-

酸による電極の腐食にと
もなう電極／セル界面で
のコンタクト抵抗の上昇

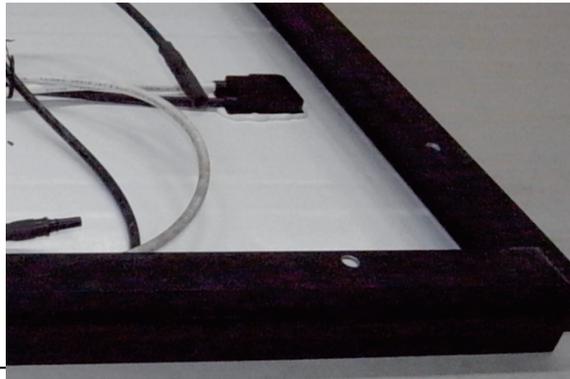
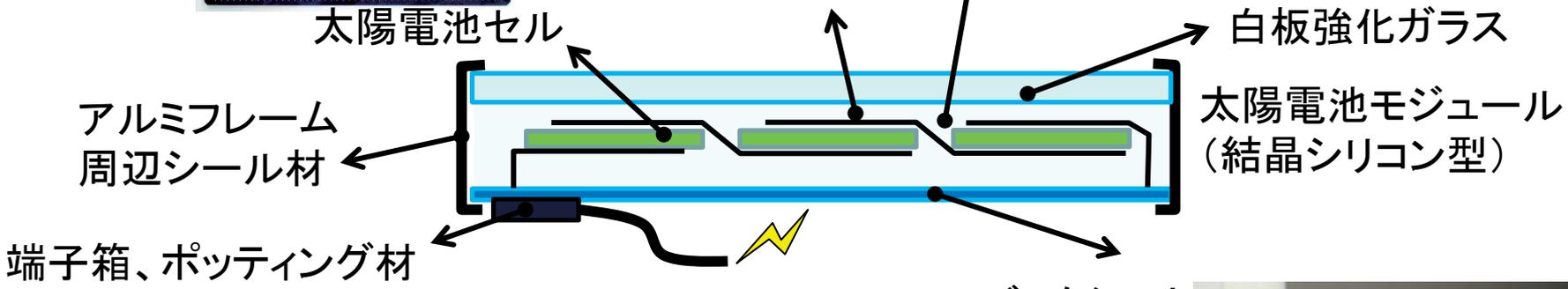
化学的腐食劣化

温度サイクル、
風圧、積雪による
破断、剥離

物理的・機械的劣化

紫外光による着色

高システム電圧に起
因するガラスからの
ナトリウム拡散によ
る電圧誘起劣化



反射紫外光
による着色

バックシートからの微量
水分浸入による封止材
からの酸発生

化学的腐食劣化



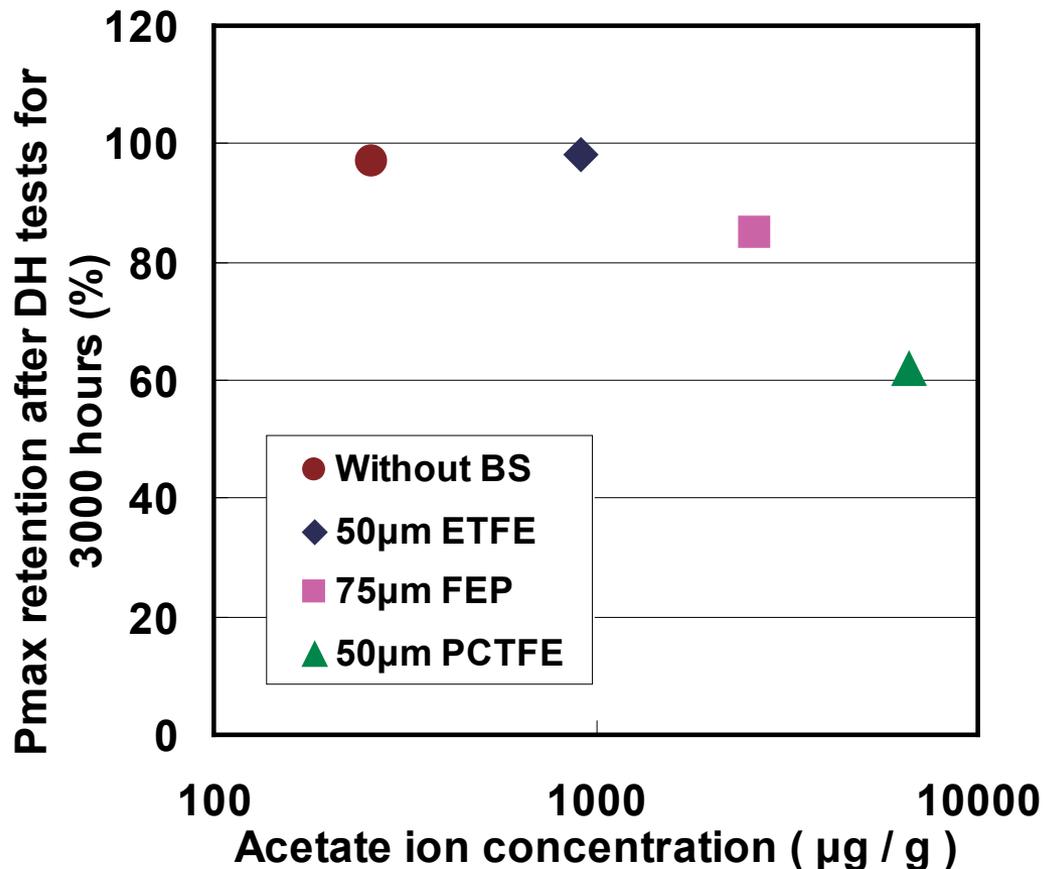
研究の二つの目標

モジュールの信頼性向上・長寿命化
⇒発電コスト低減

信頼性試験法の開発
⇒信頼性・寿命の明確化

モジュールの劣化機構

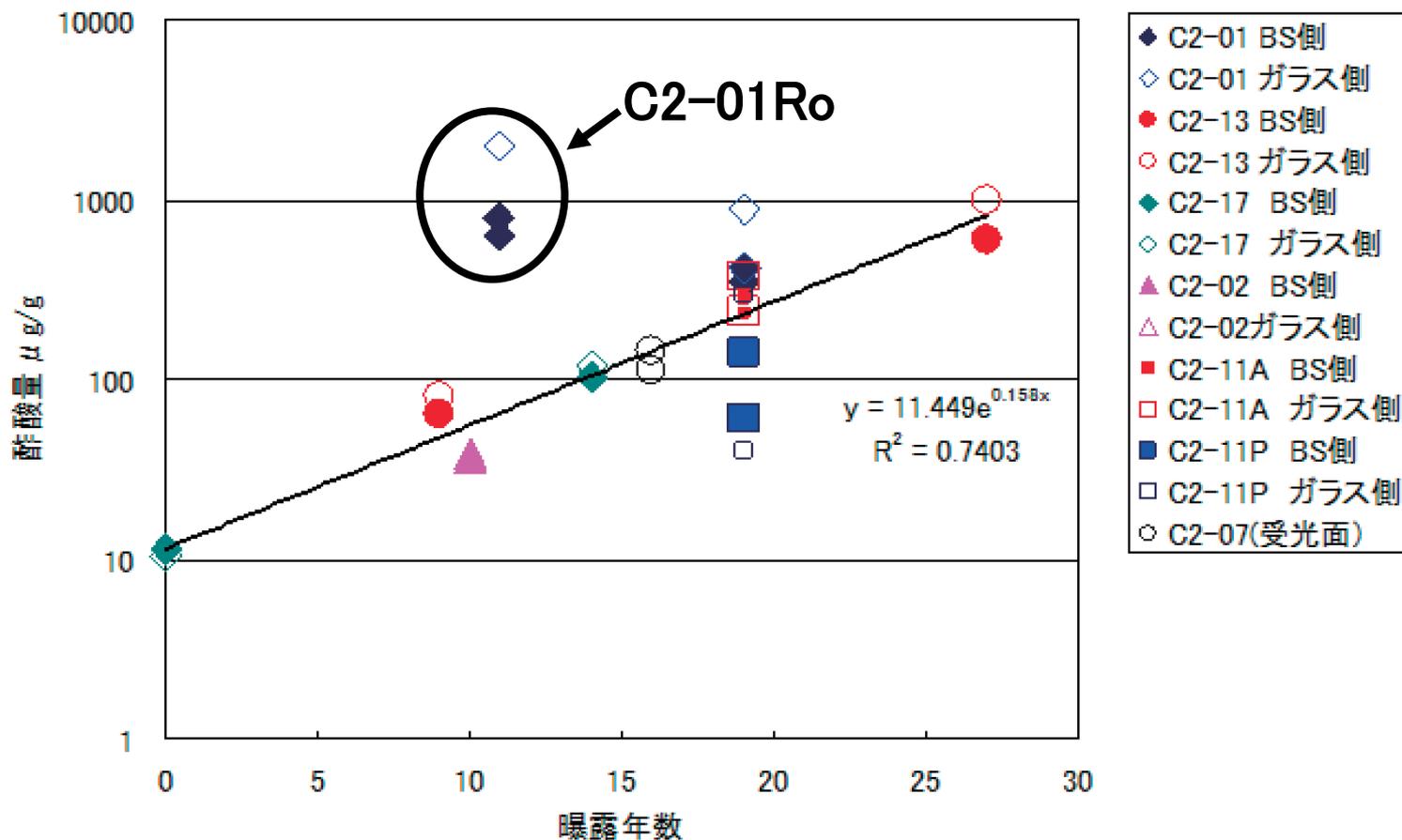
Relationship between acetic acid concentration and P_{max} retention after DH test for 3000 h in crystalline Si PV modules



Larger amount of acetic acid remains in the module showing higher degradation.

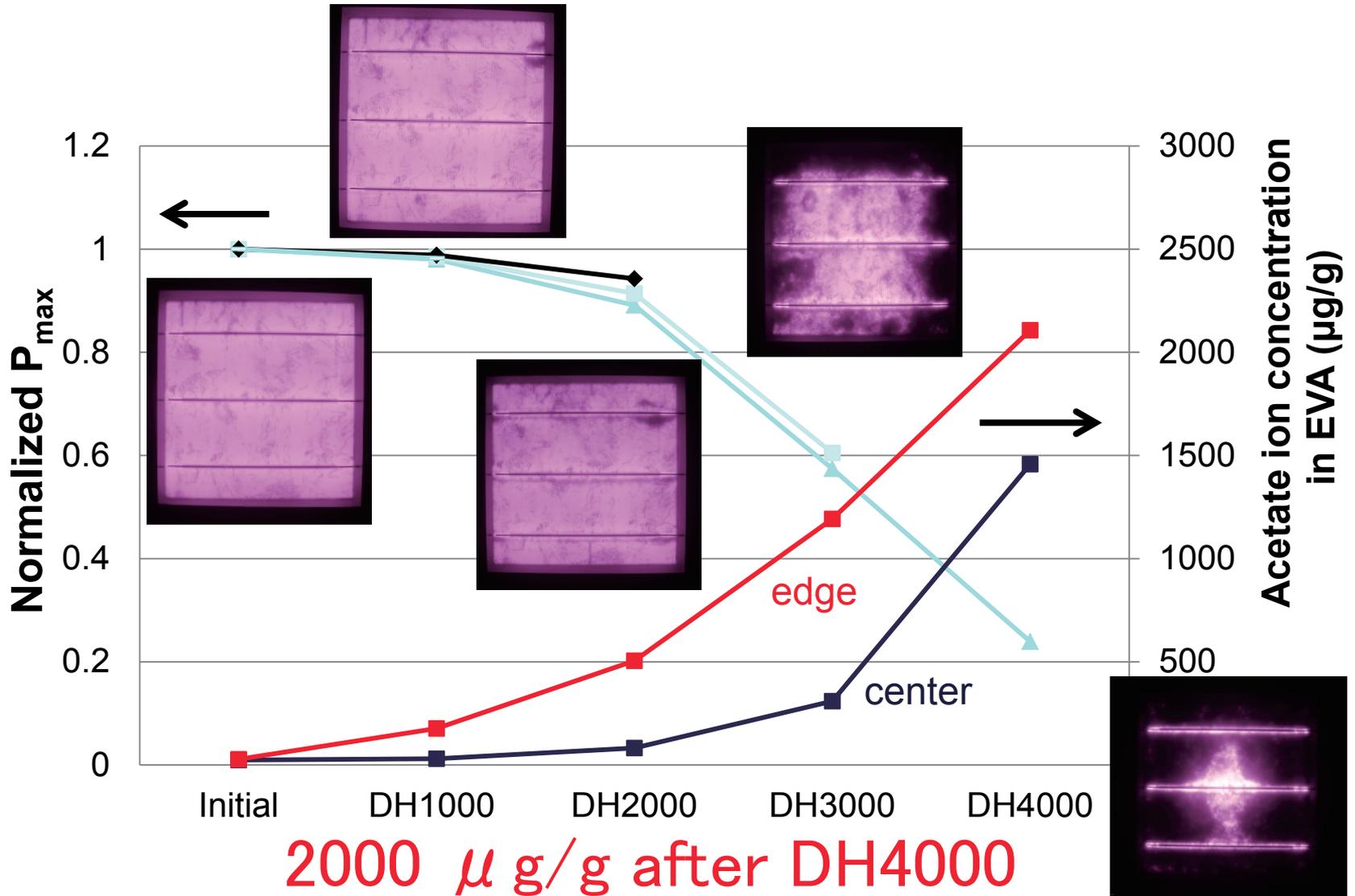
M. Miyashita and A. Masuda,
Proc. EUPVSEC 2013, p. 2828.

曝露年数と残留酢酸量は比較的よい相関



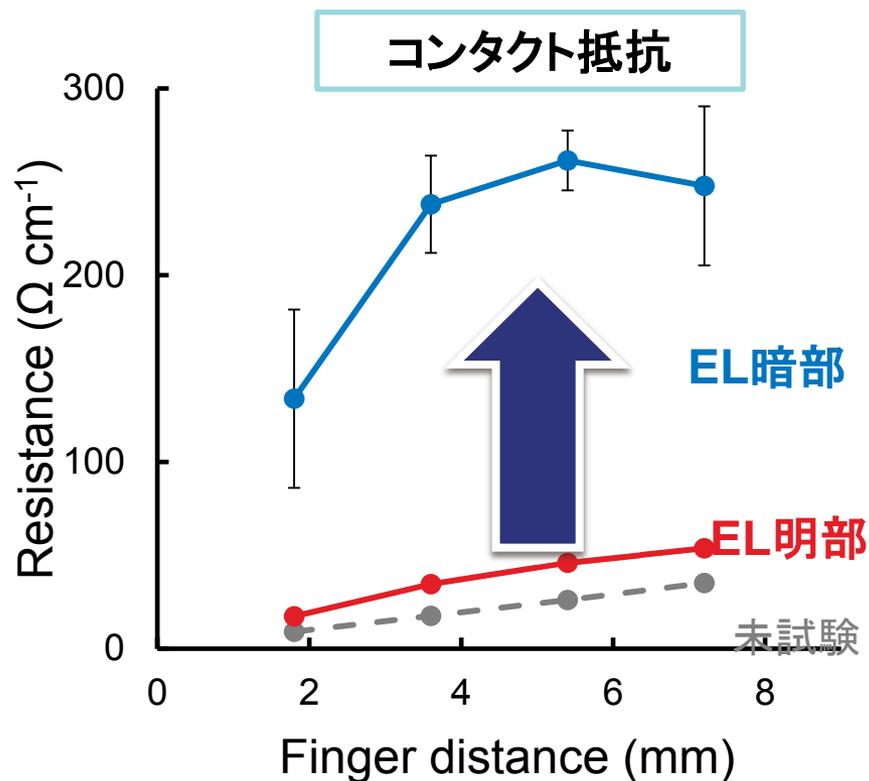
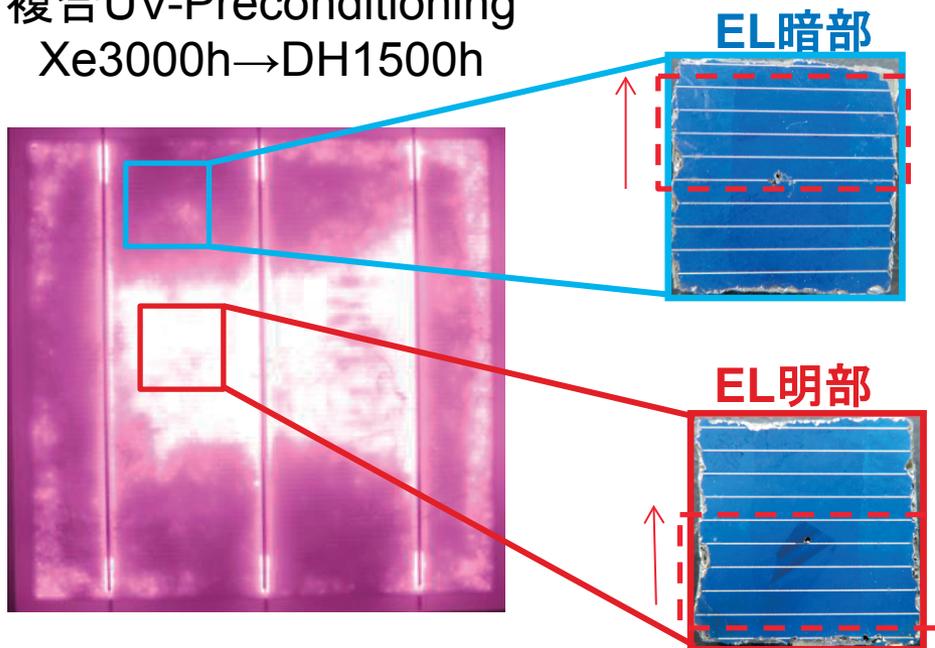
出典：第II期高信頼性太陽電池モジュール
開発・評価コンソーシアム最終成果報告書

Acetate ion concentration at glass side for modules with PVF/PET/PVF back sheet



フィンガー電極の抵抗変化

複合UV-Preconditioning
Xe3000h→DH1500h

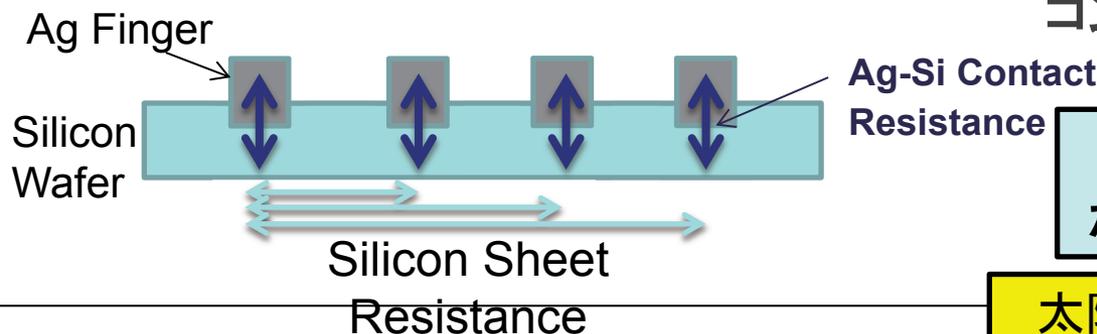


EL明部に比べ、EL暗部では大きなコンタクト抵抗の増加が確認された。



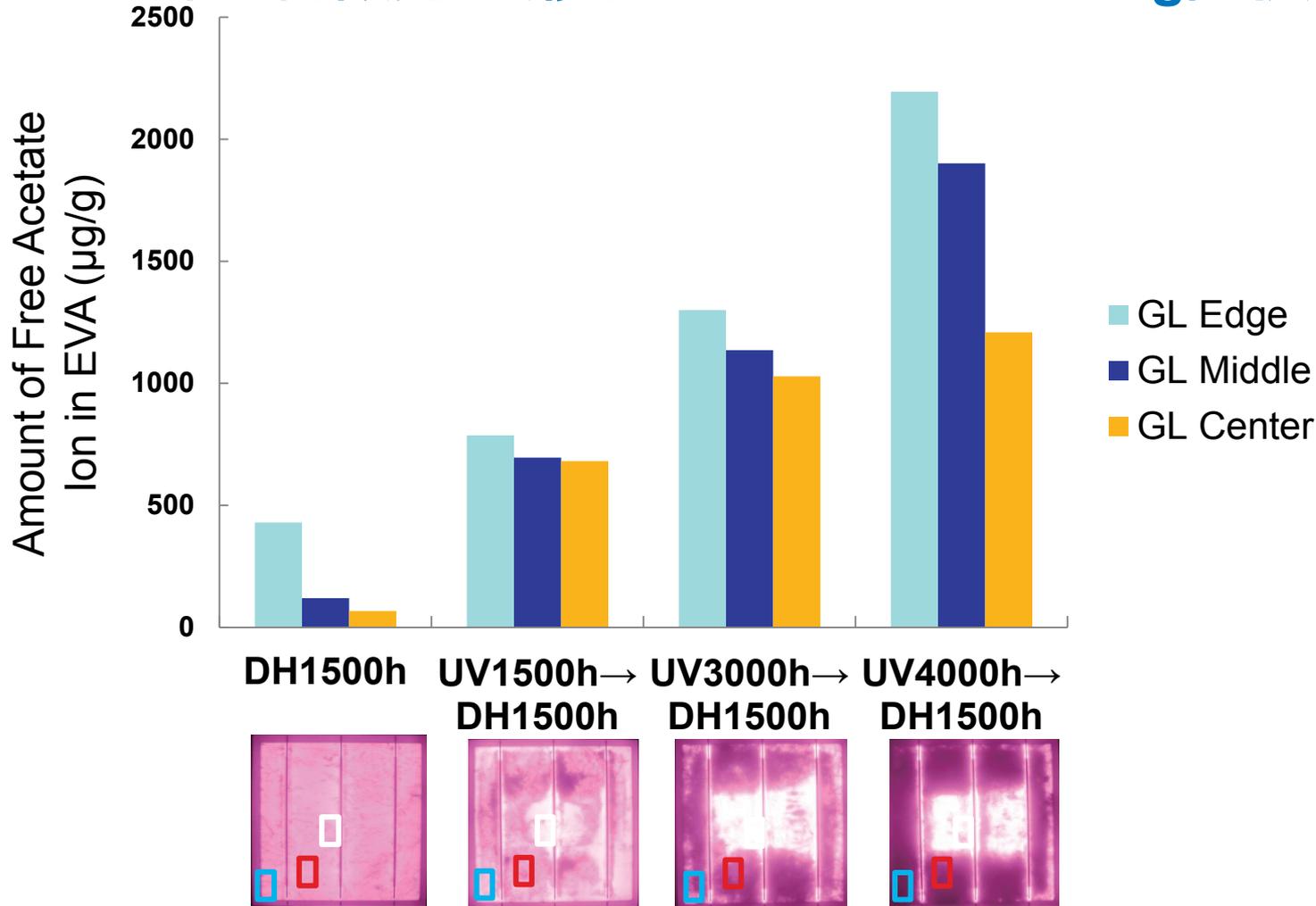
フィンガーのコンタクト抵抗の増加がモジュール出力低下の直接原因

Simplified Transmission Line Model



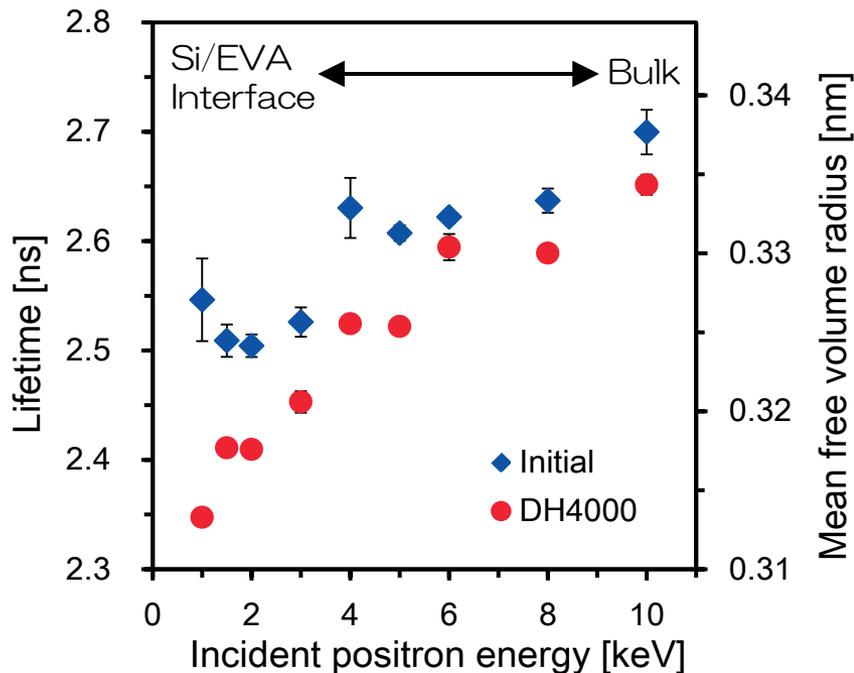
太陽光発電技術研究組合との共同研究

EVA中の酢酸発生(複合UV-Preconditioning試験)

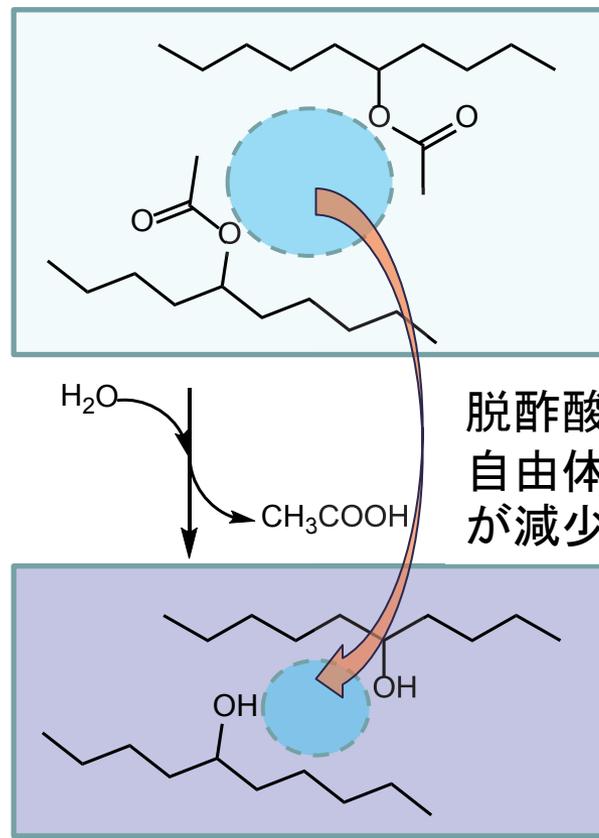


モジュールへの事前光照射時間が長いほど、DH試験で発生する酢酸量も多くなる。

EVAの陽電子消滅寿命測定結果



マテリアルライフ学会第26回研究発表会(2015.7.3)、
第52回アイソトープ・放射線研究発表会(2015.7.9)にて発表予定



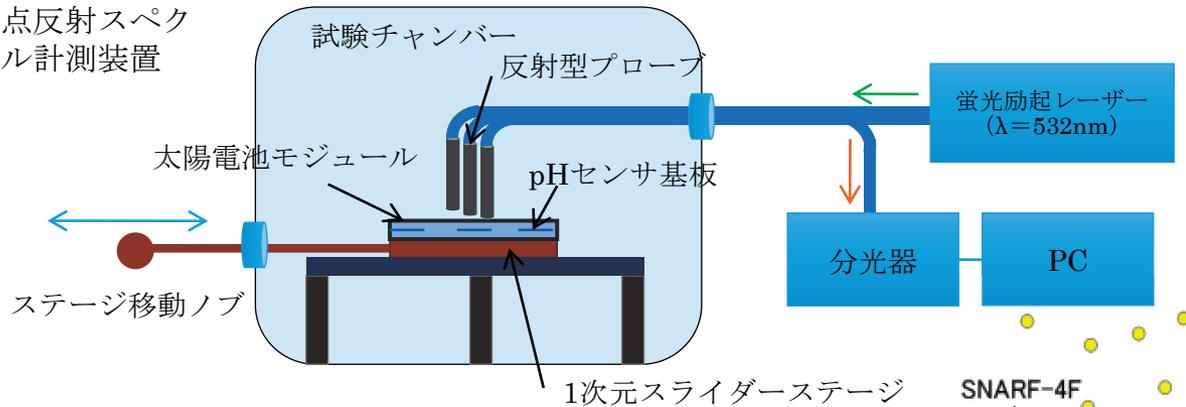
脱酢酸により
自由体積サイズ
が減少

所内・機能化学研究部門との共同研究

電流電圧特性やEL特性等のマクロな解析だけでなく、微視的分析を併用することにより、劣化メカニズムに迫ることが期待される。

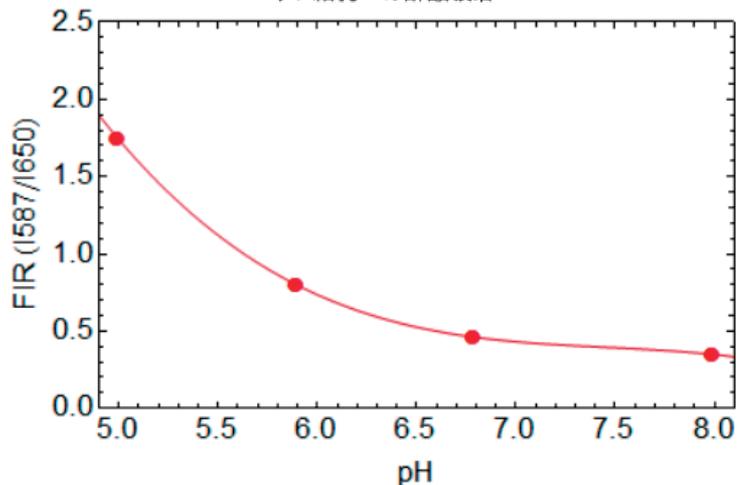
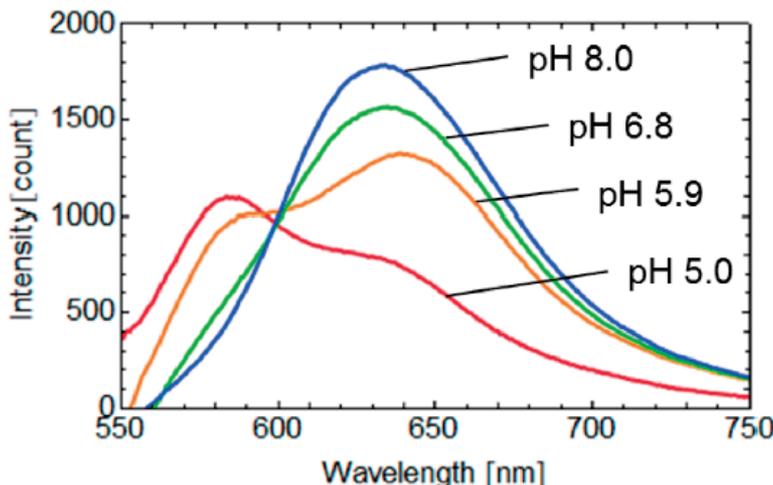
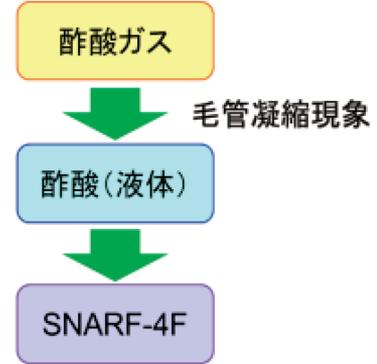
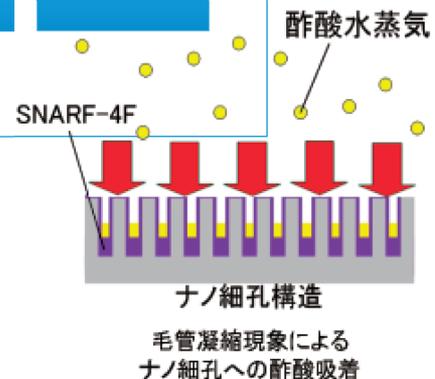
太陽電池モジュール内での酢酸発生の実時間観測

多点反射スペクトル計測装置



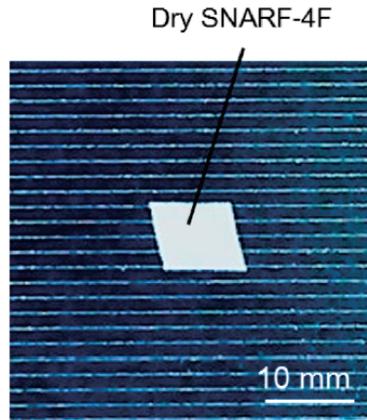
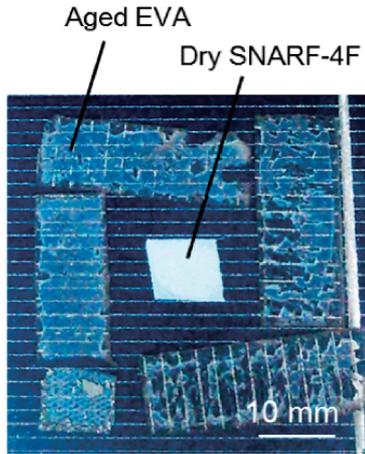
浅香 孝他:ポスター
講演40番(6月24日)

東京農工大学との共同研究



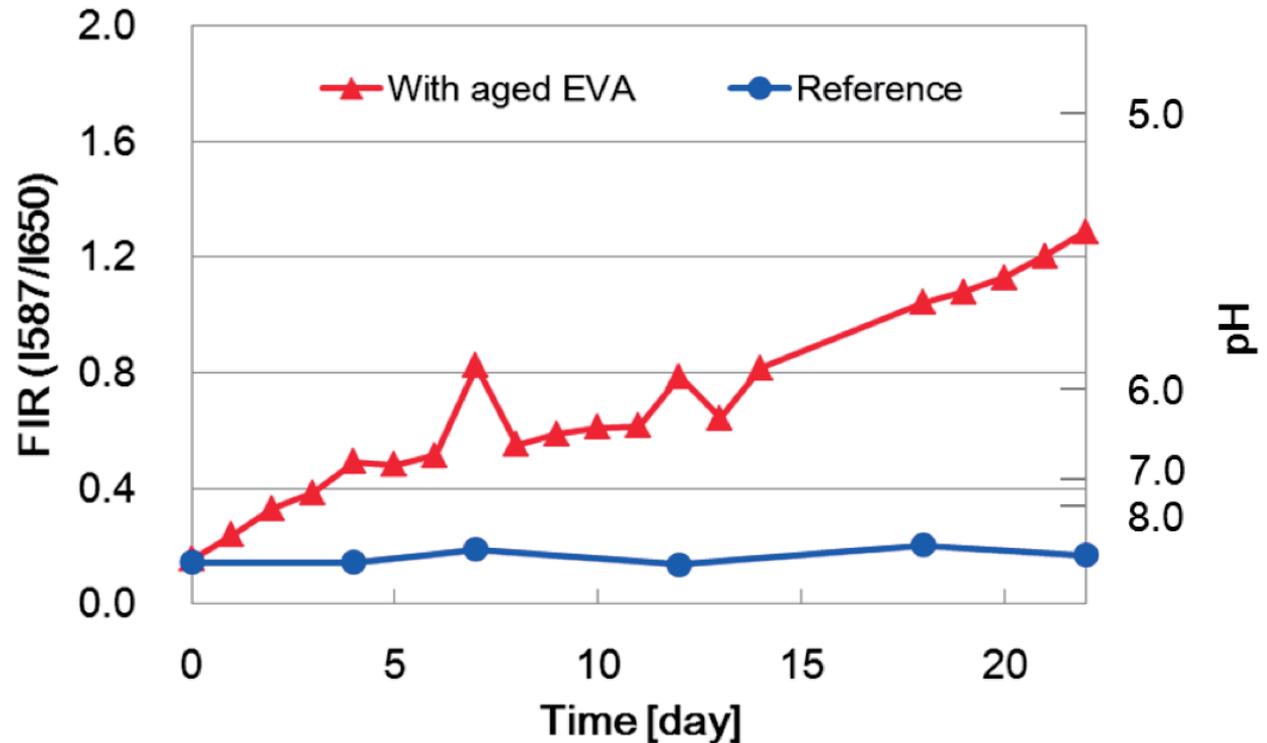
毛管凝縮現象による
ナノ細孔への酢酸吸着

太陽電池モジュール内での酢酸発生の実時間観測



浅香 孝他:ポスター
講演40番(6月24日)

東京農工大学との共同研究



モジュール内残留酢酸量を指標とすれば、**DH4000が概ね屋外曝露30年に相当**

結晶シリコン太陽電池の化学的劣化には、少なくとも1000 $\mu\text{g/g}$ のオーダーの残留酢酸イオンが必要(セルにも依存)

紫外光照射も劣化に大きな影響を与える可能性が高い

本来、DH試験と屋外曝露の酢酸量は一対一に対応しないはずである(曝露地域によっても異なる)

化学的劣化(腐食)が進めば、物理的・機械的劣化も起こり易い?

残留酢酸量のみならず、酢酸発生量やモジュール内滞留時間も重要

完璧を求めるのは困難だが、指標作りは大切

電圧誘起劣化(PID)現象

PIDの研究課題

- メカニズムの解明と対策

ガラスからのNa拡散→無アルカリガラス、化学強化ガラス
封止材→体積抵抗率、アイオノマー他
反射防止膜→組成、透明導電膜
太陽電池の種類→p型、n型、薄膜系(薄膜Si、CIGS)

- 試験法、試験条件

チャンバー法、水張り法、アルミ張り法
温度、湿度、印加電圧、時間
屋外での発生事例との比較検討

- 回復

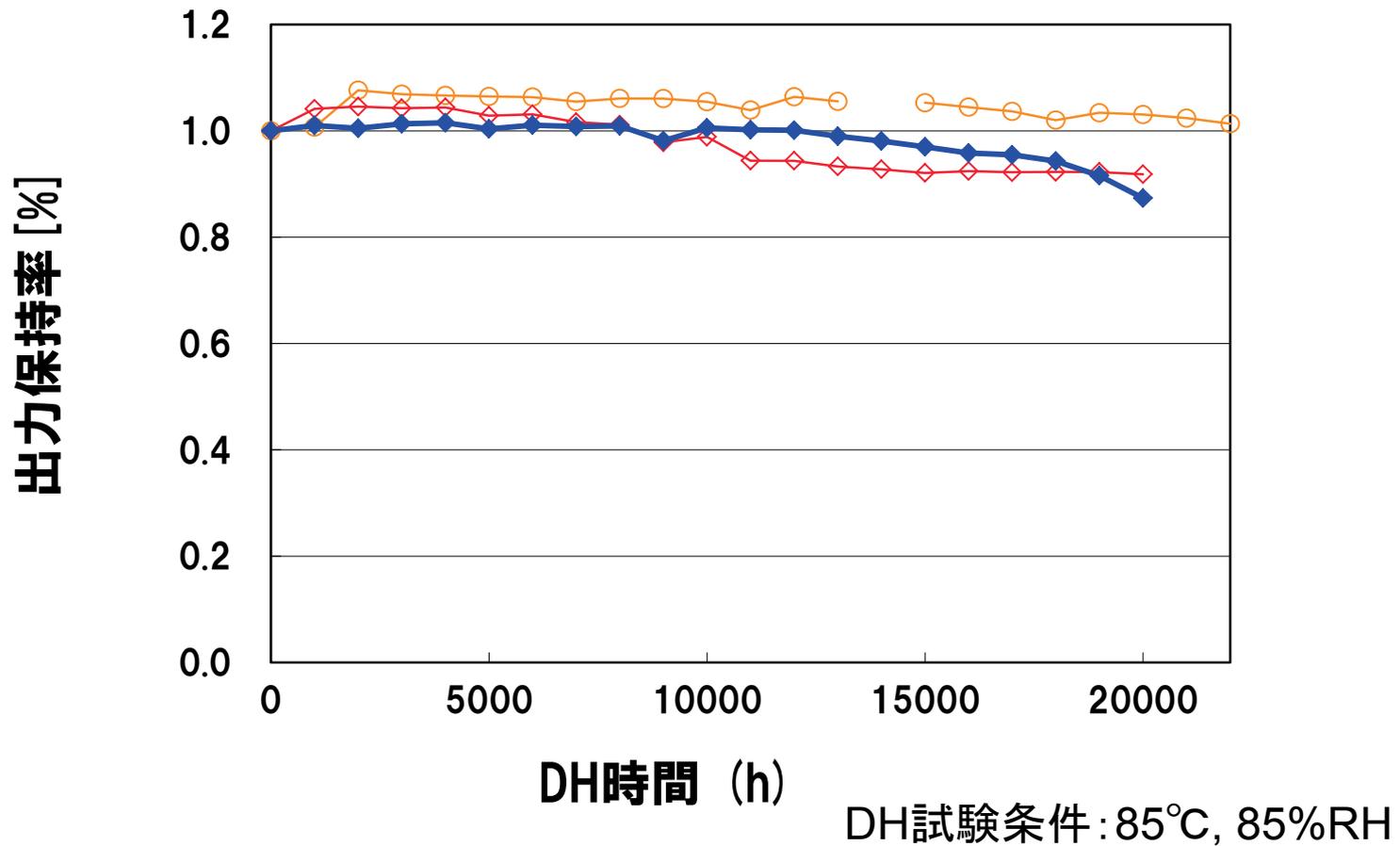
完全回復、部分回復、自然回復、逆電圧印加による回復

PIDに関する最近のトピックス

- CIGSでのPID現象の確認とアイオノマー封止材使用による抑制
Yamaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys., in press.
- n型結晶Si太陽電池でのPID現象の解析(短波長側の分光感度の減少)
Hara et al., Solar Energy Mater. Solar Cells **140** (2015) 361.
- 事前逆電圧印加によるPID抑制効果
原由希子 他:ポスター講演47番(6月24日)
- Na拡散はPIDの十分条件ではない可能性(アイオノマーの使用によりPIDは抑制されるが、Naは拡散)
城内 紗千子 他:ポスター講演46番(6月24日)
- 屋外でのPID再現試験(散水によるPIDの促進)
Sakurai et al., Proc. 29th EUPVSEC, p. 3355.

モジュールの信頼性向上

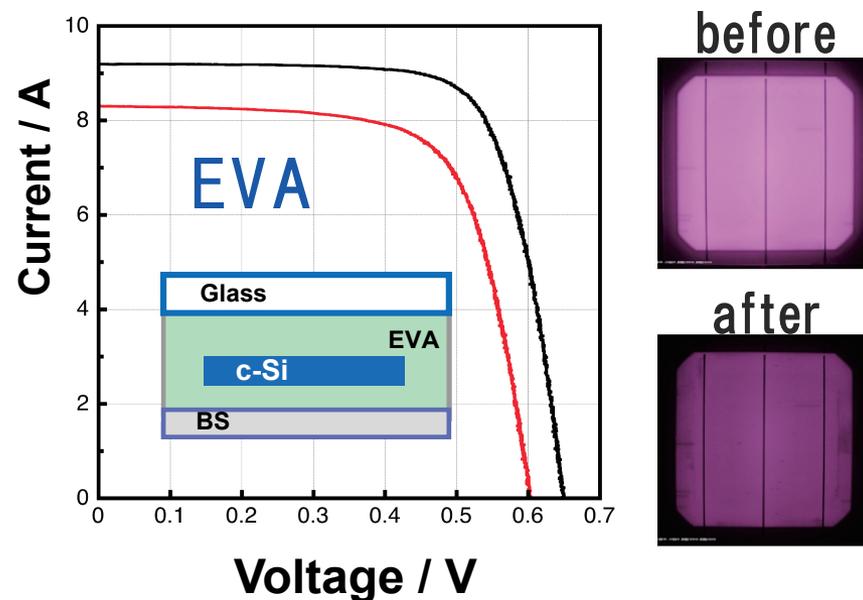
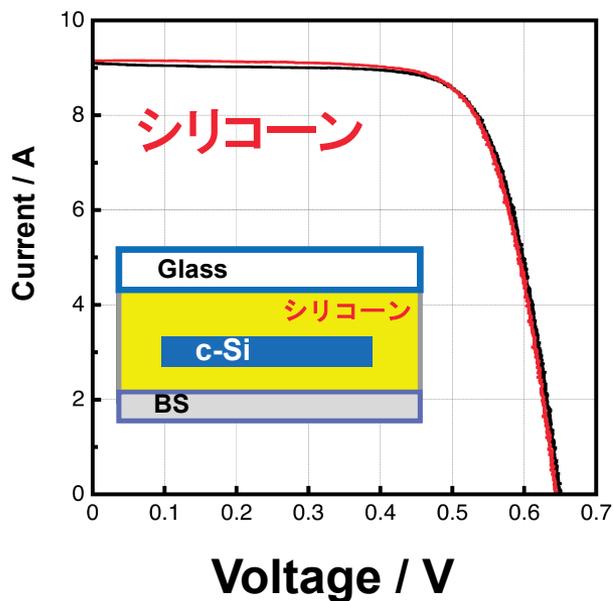
新規PVB系封止材



アモルファスシリコンモジュールにおいて、
新規PVB系封止材の優位性実証

成果例：PID耐性

シリコン封止材のEVAに対する優位性



AI法、n型結晶シリコンセル、-1000V、85°C、2時間

大和田 寛人 他:ポスター講演36番(6月24日)

信越化学工業との共同研究

まとめ

- 結晶シリコン系モジュールにおける長期屋外曝露と高温高湿試験の相関性の指標として、モジュール内残留酢酸量の有効性が示唆された。
 - 紫外光照射がモジュールの化学的劣化に大きな影響を与えている可能性が示唆された。
 - PIDは未だに解決された現象ではなく、特にn型結晶シリコン太陽電池モジュール等に対して、さらなる研究開発が必要である。
 - 新規モジュール部材の有効性を検証し、モジュールの信頼性向上が期待される結果を得た。
-