

陽電子消滅寿命法による結晶Si太陽電池封止材の劣化解析

萩原 英昭^a、国岡 正雄^a、須田 洋幸^a、原 由希子^b、増田 淳^b
^a 機能化学研究部門、^b 太陽光発電研究センター

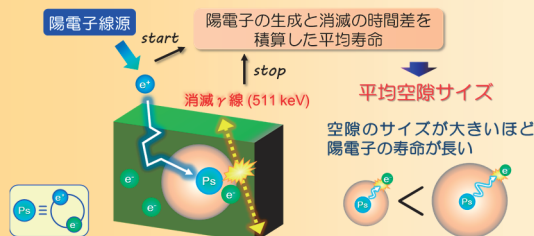
研究の目的

- 結晶Si太陽電池モジュールの劣化の一因として、封止材EVAの加水分解で発生する酢酸による、電極の腐食が指摘されている。
- ダンプヒート (DH) 試験を行ったモジュールの、EVA中の残留酢酸量について、イオンクロマトグラフィー (IC) 法による評価が行われている。[1]
- DH試験前後のEVAの自由体積サイズの変化を陽電子消滅寿命法 (PALS) により解析し、IC法やELイメージと合わせて、酢酸の発生メカニズムを考察した。

陽電子消滅寿命法

Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy (PALS)

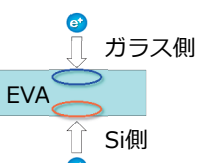
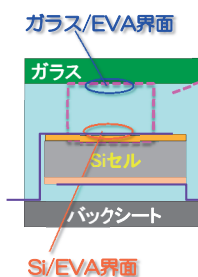
→ サブナノ～ナノメートルスケールの空隙サイズを評価可能



実験

単セルモジュールのDH試験を実施 (85 °C, 85%RH, 0 ~ 4000 h)

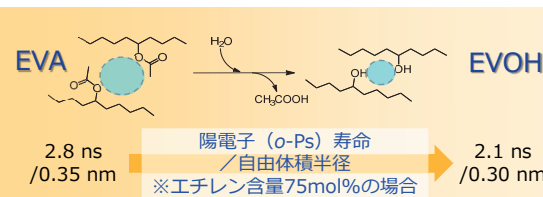
取り出したEVAフィルム (約0.4 mm厚)
 > ガラス界面側の表面近傍
 > Si界面側の表面近傍
 をそれぞれPALSで分析



測定条件

- 室温、高真空中 (10^{-8} Pa以下)
- 陽電子ビーム径: 約5 mm
- 陽電子ビーム打込みエネルギー: 1.0 ~ 10 keV

(参考)



結果と考察

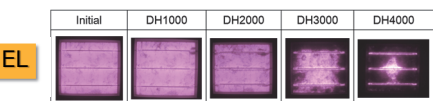


Fig. 1. EL images of the DH-tested PV modules.

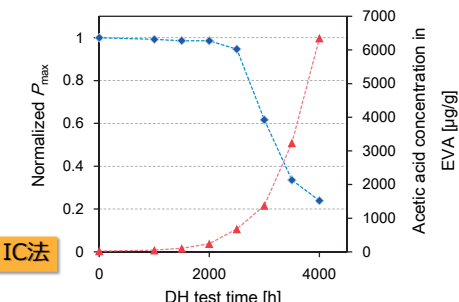


Fig. 2. Acetic acid concentration at the center of the glass side and normalized P_{max} as a function of DH test time.

・DH試験3000時間以降に酢酸の発生が顕著に観測された

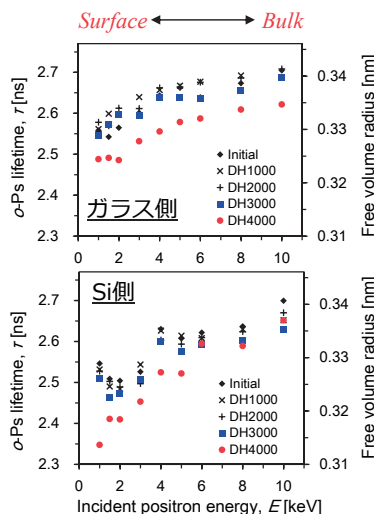
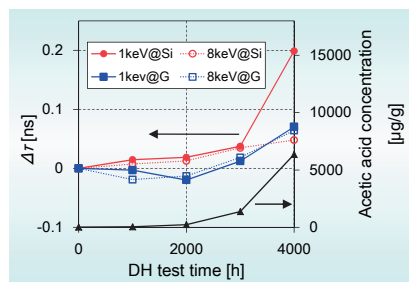


Fig. 3. o-Ps lifetime as a function of E ; (A): glass side, (B): Si side. The free-volume hole radius is shown on the right axis. Reprinted with permission from Ref [3].



陽電子の打ち込み深さ $Z_m = \left(\frac{40}{\rho}\right) E^{1.6}$
 ρ : 材料密度
 E : 陽電子打ち込みエネルギー

PALS ・DH試験3000時間後から、自由体積サイズの減少が観測された。
 ・自由体積サイズの変化量は、ガラス側では深さ方向で変わらなかったが、Si側では、表面近傍で大きくなっていることがわかった。

➡ EVA/Siセル界面近傍における加水分解の促進を示唆

結論

- DH試験を行った結晶Si太陽電池モジュール中のEVAをPALSにより評価した結果、残留酢酸量 (IC法により評価) の増加と相関して、自由体積サイズが減少することがわかった。
- EVA/Siセル界面近傍での自由体積サイズの減少が顕著であり、この領域での加水分解反応の促進が示唆された。

参考文献

- [1] A. Masuda, N. Uchiyama, and Y. Hara, Jpn. J. Appl. Phys., **54**, 04DR04 (2015).
- [2] Y. Kobayashi, K. Haraya, Y. Kamiya, and S. Hattori, Bull. Chem. Soc. Jpn., **65**, 160 (1992).
- [3] H. Hagihara, Positron Sciences, **6**, 29 (2016).

謝辞: 本研究の一部は、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」プロジェクトの一環として行われました。関係者に感謝いたします。