

太陽電池モジュールの信頼性に封止材が与える影響: IonomerとPOEの比較

永山 敬¹, 飛永 駿¹, 原 由希子², 増田 淳²

¹三井・ダウ ポリケミカル株式会社, ²産業技術総合研究所

研究の目的

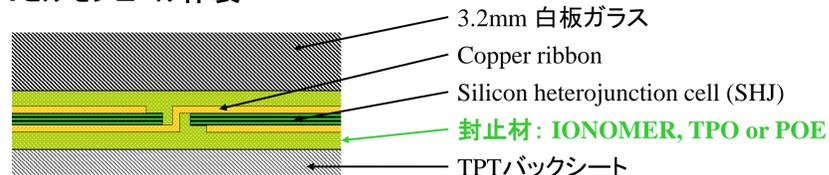
Ionomerは、内部に存在するイオンが凝集して会合体構造を形成するため、同じエチレンコポリマーであるethylene vinyl acetate (EVA)や polyolefin elastomer (POE)と比較して優れた性能を有する; 機械的物性、水蒸気バリア性、絶縁性、接着性、熱伝導率など。特に、他の封止材材料と比較して非常に高い弾性率を持つことは、ionomerの大きな特徴のひとつとして知られている。

一方、太陽電池封止材の弾性率については、高い方が良い^{1,2}、あるいは低い方が良い^{3,4}という両方の説がそれぞれ報告されている。

そこで、ionomer, 熱可塑性POE (TPO), POE封止材をそれぞれ用いて作製したモジュールに対して、ダンプヒート試験(DH)とサーマルサイクル試験(TC)の複合試験⁵を実施し、封止材の物性が実際に太陽電池モジュールの信頼性に及ぼす影響について検討した。

実験

4セルモジュール作製

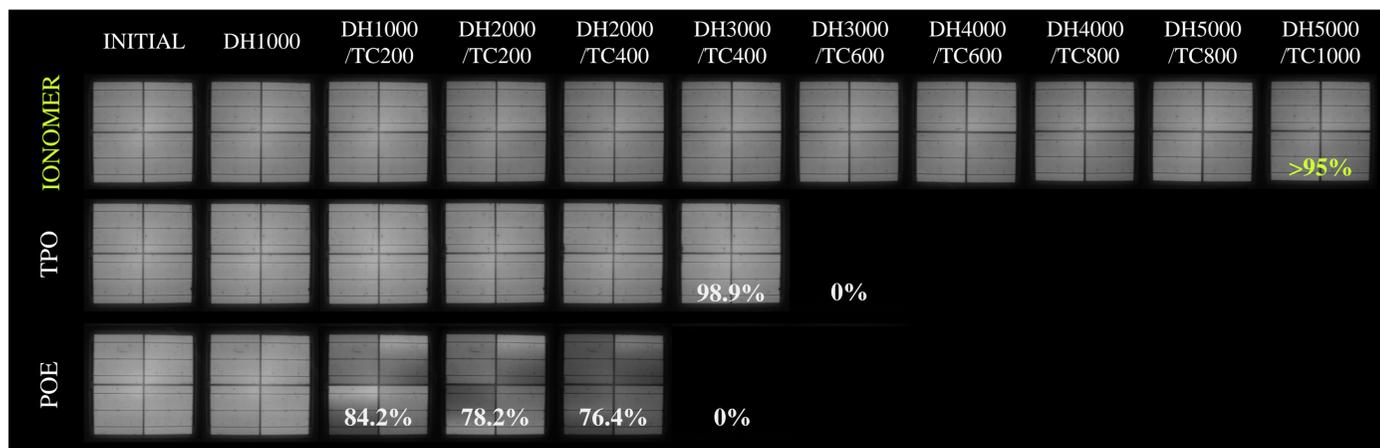


DH/TC複合試験

DH 1000 hおよびTC 200 cyclesを交互に繰り返して、EL, $I-V$ 測定を実施した。

- Damp heat test (DH, 85 °C, 85% RH条件)
- Thermal cycling test (TC, -40 \leftrightarrow +85 °C, ramp at 1.5 °C/min)

結果と考察



- Ionomer封止材を使用したモジュールにはDH/TC 5サイクル経過後にも劣化が見られなかった。
- 一方、TPO, POE封止材のモジュールについては、DH1000/TC200, 1-3サイクル時点で、 R_s の増加によるものと推測される顕著な劣化が確認され、最終的には発電量が0%となることが確認された。

Figure 1. EL images and P_{max} retentions of four-cell modules fabricated with silicon heterojunction cells and different encapsulants in the cyclic sequential test of DH and TC.

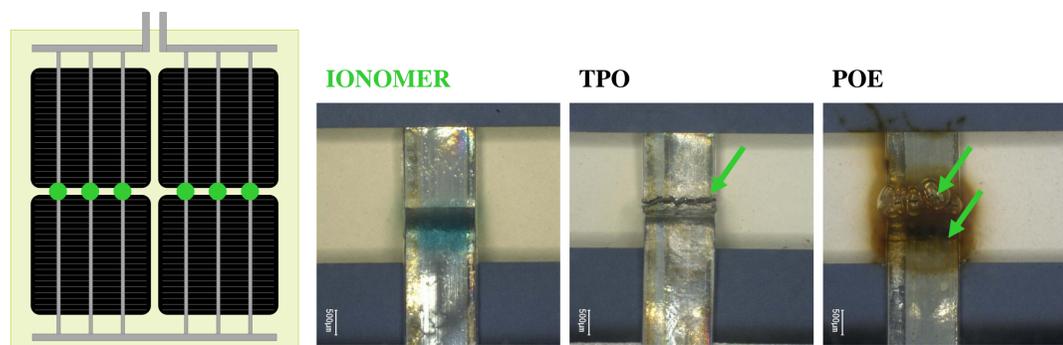


Figure 2. Typical optical microscope image of each module for the copper ribbon between cells (highlighted by ● in the left schematic image) after cyclic DH/TC test. Fractures of the ribbons are clearly seen in the TPO- and the POE-modules (shown by the arrows).

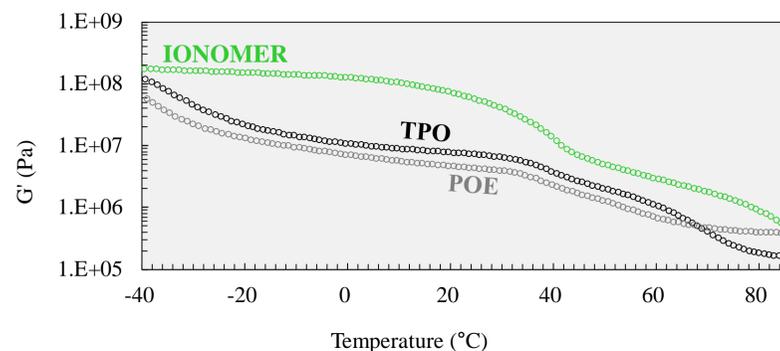


Figure 3. Storage shear modulus measured by dynamic mechanical analysis from -40 to +85 °C. Ionomer consistently shows higher modulus.

- モジュール各部の局所的な電気抵抗を測定し、TPOおよびPOEモジュールでは、セル間のリボン端子部 (highlighted by ● in Figure 2) の電気抵抗がすべて ∞ Ω となっていることを特定した。セル間のリボン端子を顕微鏡で観察したところ、リボンの亀裂が確認された。
- DH/TC試験で確認されたモジュールの劣化進行度合いは、Owen-Bellini *et al.*¹の提唱した通り封止材の弾性率に依存しており、アイオノマーの持つ高い弾性率がセルおよびリボンの位置安定性を高め、サーマルサイクルによって部材間に生じるストレスを軽減したものと考察される。

結論

- ガラス/バックシート構成の4セルモジュールを用いて、封止材の物性がDH/TC試験での信頼性に与える影響について検討した。
- TPOおよびPOE封止材を用いたモジュールでは、DH1000/TC200, 1-3サイクル後に劣化が見られ、発電量が0%となった。
- 発電量が0%となった原因は、リボンの亀裂による R_s の著しい増加と考察された。
- Ionomerのように高弾性率の封止材を用いることで、セル・リボンの位置安定性を高めることができ、サーマルサイクルにより部材間に生じるストレスを軽減可能であることが示唆された。

参考文献

- [1] M. Owen-Bellini *et al.*, *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 8, no. 1, pp. 183–188, 2018.
- [2] J. Lippiatt *et al.*, *Proc. 2018 IEEE 7th World Conf. Photovolt. Energy Conversion*, pp. 3819–3824, 2018.
- [3] R. Mickiewicz *et al.*, *Proc. 26th Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf.*, pp. 3157–3161, 2011.
- [4] K. N. Rengarajan *et al.*, *Procedia Eng.*, vol. 139, pp. 76–86, 2016.
- [5] A. Masuda *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 55, no. 4S, pp. 04ES10-1-7, 2016.