

薄膜シリコン系太陽電池モジュールの屋外曝露による劣化特性 Degradation properties of thin-film silicon photovoltaic modules due to outdoor exposure

産総研¹, 電中研², °崔 誠佑¹, 千葉 恭男¹, 佐藤 梨都子¹, 石井 徹之², 増田 淳¹

AIST¹, CRIEPI², °Sungwoo Choi¹, Yasuo Chiba¹, Ritsuko Sato¹, Tetsuyuki Ishii², Atsushi Masuda¹

E-mail: choi-sungwoo@aist.go.jp

【はじめに】薄膜シリコン材料を用いて、これまでにアモルファスシリコン(a-Si:H)単接合、a-Si:Hと微結晶シリコン($\mu\text{c-Si:H}$)或いはアモルファスシリコンゲルマニウム(a-SiGe:H)を組み合わせた多接合太陽電池が実用化されている。このような薄膜シリコン系太陽電池では、光照射初期に出力が低下する現象(Staebler-Wronski 効果)[1]と熱アニールにより出力が回復する現象がある。また、結晶シリコン系太陽電池と異なる季節変動挙動を示すことが知られている[2]。我々は、各種太陽電池の屋外曝露による発電量の経年劣化に注目し、実際に運用されている太陽光発電システムから劣化要因を抽出し、経年劣化を反映させた高精度な発電量評価技術を開発する研究を行っている。本研究では、屋外に設置した薄膜シリコン系太陽電池モジュールを定期的に取り外し、ソーラーシミュレータを用いた標準試験条件での室内測定により劣化特性と発電量の相関を調べたので報告する。

【実験及び結果】表1は、実験に用いた3種5型式の薄膜シリコン系太陽電池モジュールの構成、公称出力と屋外曝露開始時期を示す。屋外曝露では、直流回路を非接地とした複数枚のモジュールで太陽電池アレイを構成し、高周波絶縁トランス方式を採用しているマルチストリング型パワーコンディショナを用いて系統連系している。室内測定により経年劣化の振る舞いを検証するために、架台からモジュールを取り外し、測定前に全てのモジュールに対して洗浄を行った。室内のソーラーシミュレータを用いて電流-電圧(I - V)特性を測定した。季節変動挙動を調べるために夏季と冬季に室内測定を行った。図1に、室内測定出力値を銘板値(nominal values)で規格化した値の平均値の屋外曝露年数依存性を纏めた結果を示す。a-Si:H a と a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$ a 太陽電池モジュールは曝露から長くとも4年程度以内に出力の飽和が観測された。これは、a-Si:H に固有の光劣化が概ね飽和したためと考えられる。a-Si:H b と a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$ b 太陽電池モジュールも概ね3年半程度以内に屋外曝露による性能低下が飽和している。a-Si:H/a-SiGe:H 太陽電池モジュールは曝露開始から1年半程度で安定な特性を示している。全ての型式の1アレイを対象に標準条件での室内測定を夏季に2回(2016年と2017年)実施した結果では、光劣化の熱アニール効果に伴う特性の回復を観測した。室内測定の結果と発電量の相関については当日詳細に報告する。

【謝辞】本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「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。

【参考文献】[1] D. L. Staebler and C. R. Wronski, Appl. Phys. Lett. 31, 292 (1977).

[2] R. R  ther and J. Livingstone, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 36, 29 (1994).

Table 1. Types and configurations of installed thin-film Si PV systems.

種類	構成	総出力 (kW)	公称出力 (W)	曝露開始 (月/年)
a-Si:H a	2Sx5Px5A	5.0	100	09/2010
a-Si:H b	3Sx6Px1A	1.35	75	07/2011
a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$ a	5Sx2Px4A	5.12	128	09/2010
a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$ b	4Sx4Px1A	1.76	110	07/2011
a-Si:H/a-SiGe:H	3Sx6Px1A	1.24	69	08/2014

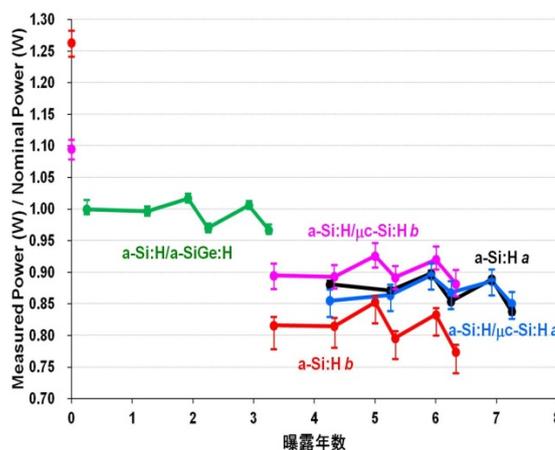


Fig. 1. Relation between years of outdoor exposure and normalized P_{MAX} values for various a-Si:H related modules.