

モスアイフィルムによるサブストレート型薄膜シリコン太陽電池の光取り込みの改善 Enhanced light absorption in thin-film Si solar cells using moth-eye anti-reflection films

産総研¹, PVTEC², 福島大³, °齋 均¹, 松井 卓矢¹, 鯉田 崇¹, 齊藤 公彦³,

吉田 功², 近藤 道雄¹

AIST¹, PVTEC², Fukushima Univ.³, °Hitoshi Sai¹, Takuya Matusi¹, Takashi Koida¹, Kimihiko Saito³,

Isao Yoshida², Michio Kondo¹

E-mail: hitoshi-sai@aist.go.jp

【はじめに】薄膜シリコン太陽電池は資源的制約が無く安価・安全な太陽電池として期待されているが、普及に向けた最大の課題は発電効率の向上であり、バンドギャップの異なる a-Si:H や μ c-Si:H を積層した多接合型太陽電池の開発が進められている[1]。高効率化に向けては、ボトムセル材料となる μ c-Si:H サブセルの高電流化が必須であり、光閉じ込め用テクスチャ構造の高度化が重要である。我々はこうした観点から、ハニカム型の規則性テクスチャ構造をプラットフォームとし、テクスチャ構造の各パラメータと太陽電池特性の相関を系統的に調べ、active area 評価にて $J_{SC} > 30 \text{ mA/cm}^2$ を達成した[2,3]。今回、反射防止構造として知られるモスアイ構造を利用した光取り込みの改善について検討し、更なる高電流化・高効率化を実現したので報告する。

【実験】フォトリソグラフィ及びエッチングを適用しハニカム型テクスチャ基板を作製し、反射層となる Ag/ZnO:Ga をスパッタ製膜して太陽電池基板とした。この上に n-i-p μ c-Si:H 層をプラズマ CVD 法で、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO) 窓電極及び楕形 Ag 電極をスパッタ法で製膜し、サブストレート型 μ c-Si:H 太陽電池とした。更にこの表面に PET を基材とするモスアイフィルムを貼付して光取り込みの改善を図るとともに、太陽電池に設けたテクスチャ構造との相互作用を検証した。評価時の面積には、遮光マスクで Ag 電極を含む素子面積を規定する designated area (da) を用いた。

【結果と考察】サブストレート型 μ c-Si:H 太陽電池に対してモスアイフィルムを適用した場合の光吸収量 (1 - 反射率) 及び外部量子効率 (EQE) スペクトルを図 1 に示す。モスアイフィルムの適用により、光吸収量および EQE が全波長帯に渡って向上し $J_{SC} = 30 \text{ mA/cm}^2$ (da) を実現した。特に、ITO 単層膜では反射が十分抑制できない波長 350 - 500nm, 600 - 1000 nm 帯での改善が顕著であり、空気より屈折率が高いフィルムを挿入する

ことで反射防止条件が緩和されたためと考えられる。一方、今回の ITO 単層反射防止膜の設計波長である 550nm においても、モスアイフィルムの適用で光吸収量・EQE が若干改善した。Ag 電極無しの試料ではこのような変化が見られないことから、この改善は Ag 電極で反射した光がフィルム内部に閉じ込められて一部が太陽電池に再入射することによる、シャドウロス低減効果と考えられる。以上の効果は、太陽電池が良好な光閉じ込め構造を有する場合に顕著に現れた。こうした光取り込みの改善と並行して発電層の膜質改善にも取り組み、 μ c-Si:H 単接合太陽電池としては世界最高となる発電効率 10.8% ($V_{OC} = 0.523 \text{ V}$, $J_{SC} = 28.24 \text{ mA/cm}^2$, $FF = 73.2\%$, セル膜厚 $2 \mu\text{m}$) を達成した[4]。

【謝辞】本研究は NEDO の委託を受け、産総研 NPPP の支援を受けて実施された。セル作製及び評価では AIST 菱川様、志村様、牧田様の御協力を受けた。【文献】[1] S. Kim et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells **119** (2013) 26-35. [2] H. Sai et al., Appl. Phys. Lett. **101** (2012) 173901. [3] H. Sai et al., Appl. Phys. Lett. **102** (2013) 053509. [4] Solar cell efficiency tables (ver. 43), Prog. Photovolt: Res. Appl. **22** (2014) 1-9.

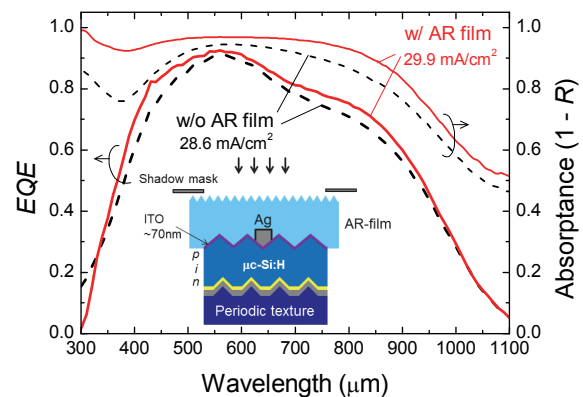


図 1. ハニカム型テクスチャ基板上に形成した n-i-p 型 μ c-Si:H 太陽電池に対しモスアイフィルムを適用した際の光吸収量及び EQE スペクトル。セル膜厚 $3.5 \mu\text{m}$, 評価面積 1.04 cm^2 (da)。図中では太陽電池断面の模式図。