

分光エリプソメトリーによるテクスチャー型 a-Si:H/ μ c-Si:H タンデム太陽電池構造の評価

Characterization of textured a-Si:H/ μ c-Si:H tandem solar cell structures by spectroscopic ellipsometry

岐阜大学 未来型太陽光発電システム研究センター ○村田 大輔, 湯口 哲也, 藤原 裕之
Gifu Univ., CIPS, ○Daisuke Murata, Tetsuya Yuguchi, Hiroyuki Fujiwara
E-mail: fujiwara@gifu-u.ac.jp

【はじめに】テクスチャー型 a-Si:H/ μ c-Si:H タンデム太陽電池では、モジュール面内の構造不均一性が変換効率を大きく低下させるため、モジュール面内の構造評価が高効率化の重要な因子となっている。そこで我々は、高速・非破壊での構造評価が可能な分光エリプソメトリー(SE)を適用し、テクスチャー型 a-Si:H/ μ c-Si:H 構造の解析が可能な光学モデルの構築を試みた。

【実験】 μ c-Si:H および a-Si:H 層は、通常のプラズマ CVD を用い、基板温度 190 °C によりテクスチャー型 SnO₂ 基板(Asahi-U 基板)上に形成した。特に今回は、簡易的なタンデム構造として、 μ c-Si:H i 層(2000 nm)および a-Si:H i 層(200 nm)をテクスチャー基板上に作製した。また、a-Si:H 層上の μ c-Si:H 成膜では、 $R=[H_2]/[SiH_4]=100$ (~50 nm)で作製した μ c-Si:H 層上に $R=50$ の μ c-Si:H 層(~1950 nm)を形成した。

【結果】図 1 は、a-Si:H/ μ c-Si:H 構造の SE 測定から得られるエリプソメトリー ψ スペクトル(白丸)および本研究で確立した光学モデルにより計算したスペクトル(実線)を示している。図の挿入図は、a-Si:H/ μ c-Si:H 構造に対する光学モデルを示しており、このモデルでは、テクスチャー構造による不均一性を表すため、膜厚の異なる 2 つの光学モデルを使用している¹⁾。さらにこのモデルでは、テクスチャー構造の光学応答を表すため、 μ c-Si:H 層の表面ラフネスおよび μ c-Si:H/a-Si:H/SnO₂:F の界面構造に対し、各混合相の体積分率が連続的に変化する有効媒質近似多層モデル¹⁾を適用した。また、 μ c-Si:H²⁾、a-Si:H³⁾および SnO₂:F⁴⁾の各誘電関数には、これまでに確立した誘電関数モデルを用いた。図 1 から確認される様に、測定・解析スペクトルは広いエネルギー範囲で良く一致した。図 2 は、同じ試料から得られる断面 TEM 像を示し、図の実線は図 1 の SE 解析から求めた膜厚構造を示している。図 2 に示す様に、試料は 100 nm 程度のテクスチャー構造を持つにも関わらず、SE 結果は TEM の結果と極めて良く一致した。以上の結果から、SE の非接触評価により、テクスチャー型 a-Si:H/ μ c-Si:H 太陽電池構造の高精度評価が可能であることが初めて明らかとなった。

1) Akagawa et al., *J. Appl. Phys.* **110**, 073518 (2011). 2) Yuguchi et al., *J. Appl. Phys.* **111**, 083509 (2012).
3) Kageyama et al., *Phys. Rev. B*, **83**, 195205 (2011). 4) Sago et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **51**, 10NB01 (2012).

【謝辞】この開発は、独立行政法人科学技術振興機構の研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム)による成果である。

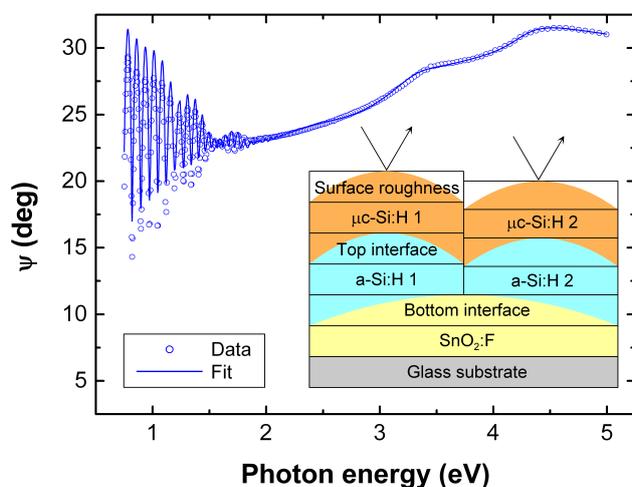


Fig 1. ψ spectrum obtained from the textured μ c-Si:H/a-Si:H/SnO₂:F structure.

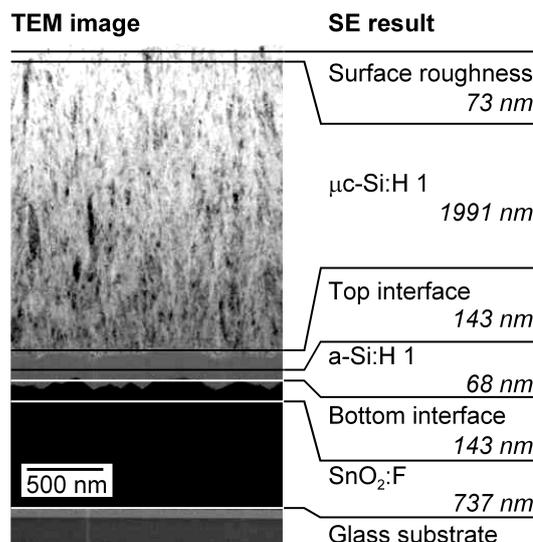


Fig 2. Cross-sectional TEM image of the textured μ c-Si:H/a-Si:H/SnO₂:F structure.