

新規分光感度シミュレーション法によるテクスチャー型 a-Si:H 太陽電池の光学損失評価

Characterization of optical losses in textured a-Si:H solar cells by novel quantum efficiency simulation method

岐阜大学 未来型太陽光発電システム研究センター¹,
産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター²

○村田 大輔¹, 松井 卓矢², 藤原 裕之¹

Gifu University, CIPS¹, AIST²

○Daisuke Murata¹, Takuya Matsui², and Hiroyuki Fujiwara¹

E-mail: fujiwara@gifu-u.ac.jp

【はじめに】a-Si:H 系太陽電池では、短絡電流密度(J_{sc})を増加させるため、透明導電膜を用いたテクスチャー構造が導入されているが、テクスチャー構造による光散乱効果のため、太陽電池の光学シミュレーションは一般に困難である。本研究では、テクスチャー型 a-Si:H 太陽電池の分光感度を計算することを目的として、光学アドミタンス法¹⁾に実際のデバイスから得られる測定反射スペクトルを適用して計算を行う手法を新たに開発した。特にこの手法では、表面/界面構造の厳密なモデル化が不用であり、高精度な分光感度シミュレーションを比較的容易に行うことが可能である。

【実験および計算方法】テクスチャー型 a-Si:H 太陽電池の構造は、Ag/ZnO:Al/ μ c-Si:H(n)/a-Si:H(i)/a-SiC:H(i)/a-SiC:H(p)/SnO₂:F/ガラス基板(Asahi-U 基板)とし、Si 層は PECVD により作製した。太陽電池の変換効率は、9.7 % (J_{sc} =14.9 mA/cm², V_{oc} =867 mV, FF=0.751)である。分光感度の計算では、図 1 の挿入図に示す平坦な光学モデルを仮定し、光学アドミタンス法に太陽電池の実験反射スペクトルを適用して太陽電池各層の光吸収を算出した。各層の光学定数には、分光エリプソメトリーにより平坦基板上に作製した単膜から得られた結果を用いた。計算に使用した太陽電池各層の厚さは、TEM から確認される膜厚と一致している。但し、テクスチャーの光散乱による光路長の増加を考慮するため、波長 625 nm 以上では a-Si:H i 層の吸収係数 α を、係数 m を用いて $\alpha_{eff}=m\alpha$ からモデル化した。

【結果および考察】図 2 は、テクスチャー型 a-Si:H 太陽電池の外部量子効率(EQE)スペクトル(白丸)および上記の手法から計算した太陽電池各層の吸収スペクトル(実線)を示している。図 2 に示す様に、シミュレーションから計算される a-Si:H i 層の光吸収は、EQE の測定スペクトルと非常に良く一致し、a-Si:H i 層におけるキャリア収集効率が高いことが確認された。さらに、波長 750 nm 以下での太陽電池各層の電流損失は、SnO₂:F 層が 3.95 mA/cm² および a-SiC:H p 層が 0.85 mA/cm² であり、光反射に起因する電流損失は、3.72 mA/cm² である。そのため、この a-Si:H 太陽電池の J_{sc} (~15 mA/cm²)をさらに改善するためには、SnO₂:F 層のフリーキャリア吸収およびデバイスの反射を低減することが必要であるが、特に反射損失は全波長領域で顕著に見られ、テクスチャー構造の改善が必要であることが示された。結果として、本研究ではテクスチャー型 a-Si:H 太陽電池の分光感度を高精度に計算できる新規シミュレーション技術を確立した。

1) H. A. Macleod, *Thin-Film Optical Filters* (CRC Press, NY, 2010).

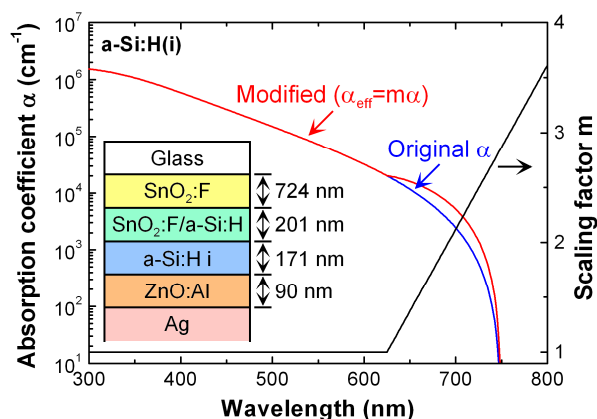


Figure 1. Absorption coefficient α of the a-Si:H i layer and the scaling factor m for $\lambda > 625$ nm. The inset shows the optical model.

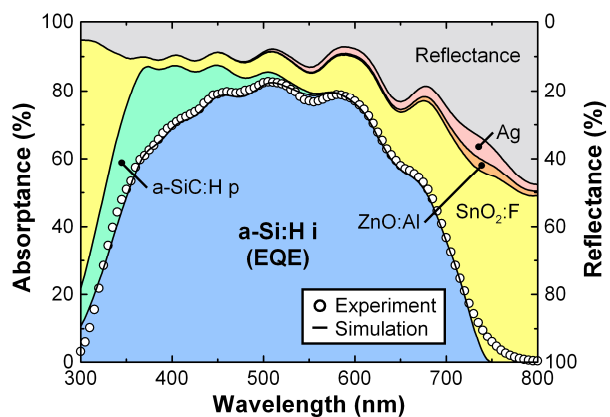


Figure 2. EQE spectrum of the textured a-Si:H solar cell and the absorbance spectra of the component layers.