

## 超薄型 a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池の光学損失解析

### Analysis of the optical losses in ultra-thin a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells

岐阜大学 電気電子・情報工学科<sup>1</sup>,

産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター<sup>2</sup>

○今井 友貴<sup>1</sup>, 齋 均<sup>2</sup>, 小沢 将征<sup>1</sup>, 田辺 まゆみ<sup>2</sup>, 松井 卓矢<sup>2</sup>, 藤原 裕之<sup>1</sup>

Gifu University<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>

°Y. Imai<sup>1</sup>, H. Sai<sup>2</sup>, M. Kozawa<sup>1</sup>, M. Tanabe<sup>2</sup>, T. Matsui<sup>2</sup>, and H. Fujiwara<sup>1</sup>

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

【はじめに】 a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型(SHJ)太陽電池では、水素化アモルファスシリコン a-Si:H による良好なパッシベーションにより、50  $\mu\text{m}$  の薄型 c-Si ウェハにおいて 750 mV を超える高い開放電圧が得られている<sup>1)</sup>。一方、薄型ウェハ太陽電池では、c-Si 層での光吸収が急激に低下し、短絡電流密度( $J_{sc}$ )の減少に伴う変換効率低下が生じる<sup>2)</sup>。しかし、薄型 c-Si 太陽電池における光学損失については、詳細な知見は得られていない。そこで本研究では、ウェハ厚の異なる SHJ 太陽電池に対して分光感度シミュレーションを行い、その解析から薄型 SHJ 太陽電池における  $J_{sc}$  損失機構を明らかにした。

【解析方法】 SHJ 太陽電池には、標準構造[ITO/a-Si:H(p)/a-Si:H(i)/c-Si/a-Si:H(n)/ITO/Ag]を用い、c-Si ウェハ厚を 34~267  $\mu\text{m}$  で変化させた。各層の光吸収の算出に関しては、我々がこれまでに開発した新しい手法を用いた<sup>3)</sup>。この新手法では、太陽電池を平坦な多層構造と仮定して計算を行うが、ピラミッド型 c-Si テクスチャーの光散乱効果を考慮するため、実際のデバイスから得られる実験反射率を適用して計算を行う。さらに、この計算手法では、c-Si 層におけるインコヒーレント吸収を再現するため、我々が開発した CPA(連続位相近似)法を適用して計算を行っている。また実際の計算では、実効的な光路長の増大を考慮してウェハ厚を 1.27 倍にし、各層の光学定数には文献<sup>4)</sup>の値を適用した。

【結果】 図 1 は、ウェハ厚が 34  $\mu\text{m}$  の薄型 SHJ セル(効率 19.1%)から得られる EQE スペクトル(白丸)、反射率スペクトル(四角)、そして分光感度シミュレーションから算出した吸収率スペクトル(実線)を示している。この図から確認される様に、解析から得られた EQE 値は全波長領域で実験値と極めて良く一致し、太陽電池構成層の電流損失を算出することが可能となった。図 2 は、各 SHJ セルの EQE 解析より算出したウェハ厚に対する  $J_{sc}$  および各層の  $J_{sc}$  損失を示している。図に示す様に、いずれの SHJ セルでも反射損失および入射側の ITO 層による吸収損失が支配的であり、ウェハ厚の減少に伴い、それらの  $J_{sc}$  損失が顕著に増加することを初めて明らかにした。この結果は、c-Si ウェハが薄くなると、c-Si の光吸収が急激に低下し、その結果、入射光がそのまま裏面層で反射され、外部に出てしまうことを意味している。そのため、薄型 SHJ セルでは、高度な光閉じ込め技術の開発が  $J_{sc}$  低下を抑制するために必要となることが示された。

【謝辞】 本研究の一部は NEDO の委託を受けて実施した。薄型ウェハはコマツ NTC (株) より提供を受けた。関係各位に感謝する。

1) Augusto et al., J. Appl. Phys. **121**, 205704 (2017), 2) Sai et al., Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 08RB10 (2018), 3) Nakane et al., J. Appl. Phys. **122**, 203101 (2017), 4) H. Fujiwara, R. W. Collins, editor, *Spectroscopic Ellipsometry for Photovoltaics*, Springer (2019): in press.

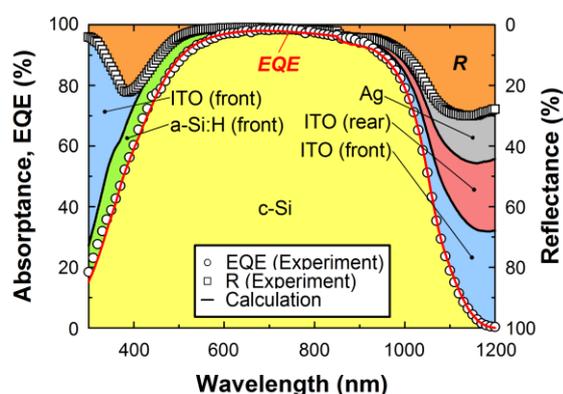


Figure 1. EQE spectrum of the a-Si:H/c-Si solar cell with a c-Si-wafer thickness of 34  $\mu\text{m}$ .

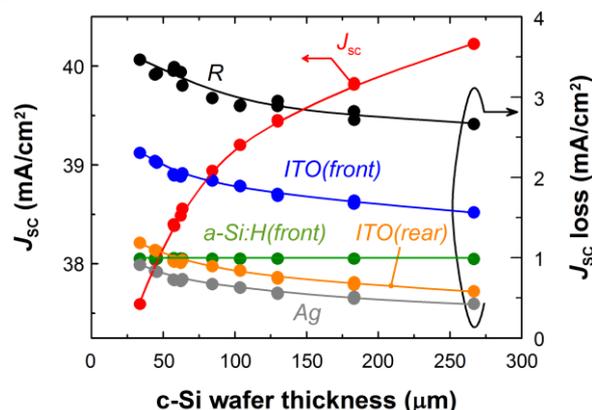


Figure 2. Variation of  $J_{sc}$  and  $J_{sc}$  losses in SHJ solar cells with c-Si wafer thickness.