

a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池の発電特性と界面 i 層の微細構造の相関 Effect of the microstructure of interfacial i-layers on the photovoltaic performance in a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells

産総研¹, 台湾国立交通大²,

齋 均¹, 陳 柏瑋^{1,2}, 許 宏榮¹, 松井 卓矢¹, 布村 正太¹, 松原 浩司¹

AIST¹, National Chiao Tung University²,

°H. Sai, P.-W. Chen^{1,2}, H.-J. Hsu¹, T. Matsui¹, S. Nunomura¹, K. Matsubara¹

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

【はじめに】水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) は結晶シリコン (c-Si) 表面に対する優れたパッシベーション性を有し、c-Si 表面に a-Si:H の i/p および i/n 積層膜を形成する a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池 (SHJ セル) では、25%を超える高い発電効率が実現されている[1]。しかし、高効率 SHJ セルを実現するために必要な a-Si:H の諸特性は必ずしも明らかにされていない。また p 層製膜による少数キャリア寿命の低下[2]や、界面での固相エピタキシャル成長と付随する特性低下の可能性[3]も報告されている。Liu らは、エピタキシャル成長の抑制を意図し、ポーラスな界面層の挿入によって p 層製膜後も高い少数キャリア寿命が維持できることを報告している[2]が、詳細は明らかではない。本研究では、より詳細な知見を得るため、界面層の微細構造を制御し SHJ セルの発電特性との相関を調べた。

【実験】アルカリテクスチャ化済みの n 型 FZ-Si ウェーハ (~3 Ωcm, ~270 μm) を洗浄後、プラズマ CVD 装置 (13.56 MHz) にて i, p, n 型の a-Si:H 各層を製膜し、pi/N/in 構造を作製した (N は n 型ウェーハ)。p 層側の i 層は二段階製膜 (i_1+i_2) とし、純 SiH₄ プラズマで界面層 (i_1 , 厚さ 4 nm) を、水素希釈 SiH₄ プラズマでバルク層 (i_2 , 6 nm) を順に積層製膜した。また i_1 層の膜質は製膜圧力・パワー密度を変化させて調整した。QSSPC 法にて有効ライフタイムを評価後、両面に ITO/Ag 電極をスパッタ製膜して太陽電池とし、発電特性を評価した。別途、 i_1 層単膜 (~10 nm) について FT-IR 測定を行い、膜質指標として微細構造因子 (R^*) を以下の式で求めた。

$$R^* = I_{2100} / (I_{2100} + I_{2000})$$

ここで I_{2100} 、 I_{2000} はそれぞれ Si-H 結合に起因する波数 2100 cm⁻¹(high-stretching mode)及び 2000 cm⁻¹(low-stretching mode)付近の吸収ピークの積分強度であり、 R^* が大きいほど疎な膜になる。

【実験結果および考察】図 1 は i/N/in 及び pi/N/in 構造における i_1 層の R^* と iV_{oc} 及び iFF の相関を示す。 R^* は 0.35~0.85 の範囲で変化させた。 R^* の増大に伴って iV_{oc} 及び iFF が向上し、p 層製膜後の特性低下が減少した。このように高い R^* を持つ i_1 層の適用はパッシベーション特性改善に有効であった。一方、太陽電池特性の評価からは、 R^* が J_{sc} や直列抵抗にも影響することが示唆された。これらの結果から、パッシベーション特性のみならず透明性やキャリア輸送特性も含めて i_1 層を最適する必要性が示唆された。

【謝辞】本研究は NEDO の委託を受け実施したもので関係各位に感謝する。

【参考文献】[1] D. Adachi et al., Appl. Phys. Lett. 107, 233506 (2015). [2] S. De Wolf and M. Kondo, Appl. Phys. Lett. 90, 1 (2007). [3] W. Liu et al., J. Appl. Phys. 120, 175301 (2016).

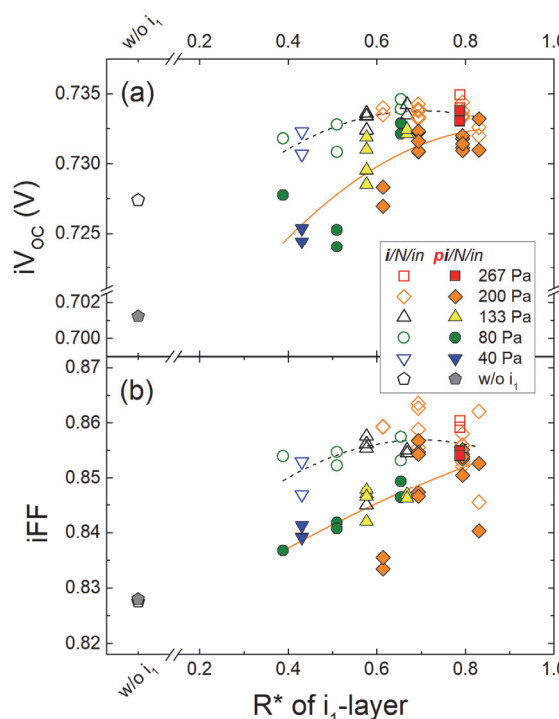


Fig. 1. (a) iV_{oc} and (b) iFF of the passivated wafers with $i_2i_1/N/in$ and $pi_2i_1/N/in$ structures, as a function of the microstructure factor R^* of the i_1 -layers on the p-side.