

シリコンナノクリスタル層のキャリア分離効果による 結晶シリコン太陽電池の短波長感度の向上

Improvement of Blue Response due to

Carrier Separation Effect of Nanocrystalline Si Layer

阪大産研¹, CREST-JST², 学振特別研究員³ ○(D) 鬼塚 裕也^{1,2,3}, 今村 健太郎^{1,2}, 小林 光^{1,2}

ISIR, Osaka Univ.¹, CREST-JST.², JSPS Research Fellow³, Yuya Onitsuka^{1,2,3}, Kentaro

Imamura^{1,2}, Hikaru Kobayashi^{1,2}

E-mail: onitsuka42@sanken.osaka-u.ac.jp

我々は、結晶 Si 表面の極低反射化手法として化学的転写法 (SSCT 法) を開発し、反射防止膜を必要としない単純構造の太陽電池を高効率化することによって太陽電池の発電コストの低下を目指している。SSCT 法では、HF/H₂O₂ 混合溶液中で白金触媒と Si を接触させることで、Si 表面に Si ナノクリスタル層 (nc-Si 層) を形成する。これにより、10 秒程度の短時間処理で 3 % 以下の極低反射表面を得ることができる。一方で、nc-Si 層は莫大な表面積を持つが、リンケイ酸ガラスを用いてパッシベーションすることで、表面再結合速度が顕著に低減する。これにより、反射防止膜を持たない単純な pn 接合単結晶 Si 太陽電池で 19.8 % の高変換効率を達成している^[1]。本研究では、SSCT 法の条件を最適化することで、短波長感度の向上に成功したので報告する。

Fig. 1 に、従来の条件と、最適化した条件で 7.5 秒の SSCT 処理を施して作製した結晶 Si 太陽電池の内部量子効率 (IQE) を示す。最適化した条件では、波長 300 nm 付近で 75 % 以上の高い内部量子効率を得られた。断面 TEM 像の観察から、最適化した条件での SSCT 法では、従来条件よりも薄い nc-Si 層が形成されることが確認された。一方で、XPS を用いた価電子帯スペクトルの測定では、従来条件と同等以上に価電子帯下端のエネルギーが低エネルギー側にシフトしていることが確認された。このエネルギーシフトは、nc-Si 層のバンドギャップが量子サイズ効果により拡大していることを示唆している。nc-Si 層のサイズは深さと共に増加し、バンドギャップは深さと共に減少する結果、graded band-gap 構造が形成されている。このバンドギャップの拡大は、生成したキャリアを効果的に分離し、表面再結合を低減させる効果があると考えられる^[2]。最適化した条件で形成した nc-Si 層では、より薄い層かつ、拡大したバンドギャップにより、急峻なバンド勾配が nc-Si 層に形成されることで効果的に nc-Si 層で光生成するキャリアを分離し、短波長感度が向上したと考えられる。

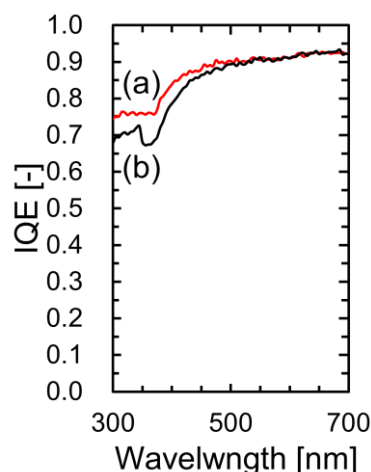


Fig. 1 IQE of pn-junction solar cells having <nc-Si layer/p-Si> structure formed with (a) optimized and (b) normal SSCT condition.

[1] D. Irixhika, et.al., Solar RRL., 1, 1700061, 2017.

[2] 今村ら, 2017 年第 78 回秋季応物, 6p-A204-9