

graded band-gap 構造のシリコンナノクリスタル層/結晶シリコン 太陽電池の短波長領域での量子効率の向上

Improvement of blue light response of graded band-gap nanocrystalline Si layer/crystalline Si solar cells

阪大産研¹, CREST-JST² °今村 健太郎^{1,2}, 鬼塚 裕也^{1,2}, 小林 光^{1,2}

ISIR, Osaka Univ.¹, CREST-JST², °Kentaro Imamura^{1,2}, Yuya Onitsuka^{1,2}, Hikaru Kobayashi^{1,2}

E-mail: k.imamura@sanken.osaka-u.ac.jp

我々は化学的転写法を用いることでシリコン表面を極低反射化し、反射防止膜を用いない単純構造 pn 接合太陽電池で 20%に近い変換効率を達成している。化学的転写法では、フッ化水素酸と過酸化水素の混合溶液中に浸漬したシリコン基板に白金触媒体を接触させることで、シリコン表面に 150~300nm のシリコンナノクリスタル層を形成する。シリコンナノクリスタル層は莫大な表面積をもつが、リンケイ酸ガラス(PSG)を用いた PSG パッシベーションによって、シリコンナノクリスタル層表面は効果的にパッシベーションされ、太陽電池の短波長領域 (300~400nm) での量子効率は 80%以上が得られる。この優れた短波長光に対する量子効率は、①PSG によるシリコンナノクリスタル層の充填と PSG の主成分である SiO₂とシリコンとの良好な Si/SiO₂界面特性、②粒界が存在しないネットワーク構造によるシリコンナノクリスタル層内での再結合の防止、③シリコンナノクリスタル層の graded band-gap 構造によるキャリア分離効果の結果生じると考えられる。

Graded band-gap 構造は図 1 に示すように、シリコンナノクリスタル層のバンドギャップが表面方向に向けて徐々に増加する構造であり、そのバンド構造によってホールの表面への移動が抑制され、シリコンナノクリスタル層で光生成した電子とホールの再結合が防止される。本研究では、シリコンナノクリスタル層の graded band-gap 構造の短波長領域での量子効率向上への寄与を一次元デバイスシミュレーターSCAPS[1]を用いて検討した。価電子帯スペクトル測定、ケルビンプローブフォース顕微鏡測定、フォトルミネッセンス測定から求めたシリコンナノクリスタル層のバンド構造と、TEM 観測によるシリコンナノクリスタル層の層厚、SIMS 測定から求めたドーパント濃度プロファイルをシミュレーションに反映させ検討を行った。シミュレーションから graded band-gap 構造によって短波長領域での量子効率が向上すること、バンド構造をより急峻に変化させることが更なる短波長量子効率の向上に寄与することが確かめられた。

[1] M. Burgelman, P. Nollet and S. Degraeve, Thin Solid Films, 361-362, 527-532 (2000).

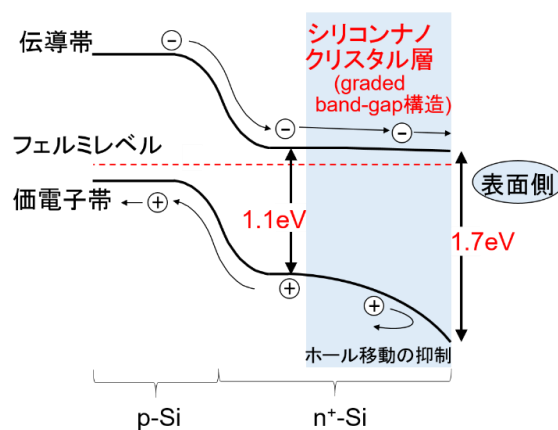


図 1. シリコンナノクリスタル層/結晶シリコン太陽電池のエネルギーバンド構造