

シリコンナノクリスタル層/結晶シリコン太陽電池のバンド構造の検討

Investigation of band structure for nanocrystalline Si layer/crystalline Si solar cells

°今村 健太郎、鬼塚 裕也、小林 光 (阪大産研, CREST-JST)

°Kentaro Imamura, Yuya Onitsuka, Hikaru Kobayashi (ISIR, Osaka Univ., CREST-JST)

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

我々は、結晶シリコン表面の新規な極低反射化手法である化学的転写法を開発し、反射防止膜を必要としない単純構造 pn 接合太陽電池に応用することで、低コストプロセスで結晶シリコン太陽電池の高効率化を目指している。化学的転写法は、白金触媒を装着したローラーを HF、 H_2O_2 混合溶液中に浸漬した Si 基板に 7.5~15 秒接触させる簡単な方法であり、シリコン表面に 250nm 程度のシリコンナノクリスタル層を形成することで、反射率 3%以下のシリコン表面を実現する。膨大な表面積を持つシリコンナノクリスタル層は、リンケイ酸ガラス(PSG)を用いてパッシベーションすることで、単純構造でありながら 19.5%の変換効率を達成している[1]。

本研究では、形成したシリコンナノクリスタル層のバンド構造を X 線光電子分光(XPS)の価電子帯スペクトルとケルビンフォース顕微鏡(KPFM)によって解析した。図 1 の b は、化学的転写法を結晶シリコン基板に 15 秒間施した後の価電子帯スペクトルである。また a は、化学的転写法を施す前のスペクトルである。化学的転写法によってシリコンナノクリスタル層を形成することで、価電子帯上端のエネルギーが高エネルギー側に 0.4eV シフトしていることがわかる。これらの結果は、シリコンナノクリスタル層の価電子帯は結晶シリコンに比較して 0.4eV 低いエネルギーに位置していることを示している。これは、化学的転写法によって形成したシリコンナノクリスタル層のバンドギャップが量子サイズ効果によって広がったことを示唆しており、価電子帯のシフトは、結晶シリコンからのホールの表面側への拡散を防止する障壁として作用し、シリコンナノクリスタル層中でのキャリア再結合を抑制すると考えられる。価電子帯と同様に、バンドギャップの広がり伝導帯下端のシフトも引き起こすと考えられるが、シリコンナノクリスタル層にリンをドーピングすることでフェルミ準位を制御し、伝導帯を表面方向に向かって低エネルギー側にシフトさせることで、結晶シリコンからの表面方向への電子の移動がスムーズに行えていることが KPFM 測定から示唆された。

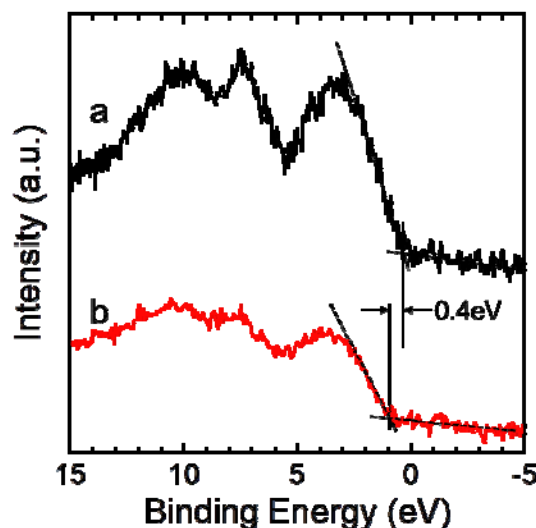


図 1. シリコンナノクリスタル層/結晶シリコン構造の価電子帯スペクトル：
(a) 化学的転写処理なし、(b) 化学的転写処理を 15 秒

[1] K. Imamura, D. Irishika, and H. Kobayashi, Prog. Photovolt., 25, 358-366, 2017.