

シリコンヘテロ接合型太陽電池のアトムプローブ分析

Silicon Heterojunction Solar Cells Analyzed by Atom Probe Tomography

東北大金研¹, パナソニック(株)ライフソリューションズ社²○清水 康雄¹, 韓 斌¹, 海老澤 直樹¹, 市橋 由成², 橋口 大樹²,片山 博貴², 松本 光弘², 寺川 朗², 井上 耕治¹, 永井 康介¹IMR Tohoku Univ.¹, Panasonic Corp.²°Y. Shimizu¹, B. Han¹, N. Ebisawa¹, Y. Ichihashi², T. Hashiguchi²,H. Katayama², M. Matsumoto², A. Terakawa², K. Inoue¹, and Y. Nagai¹

E-mail: yshimizu@imr.tohoku.ac.jp

背景: 高変換効率を目指し, シリコンヘテロ接合型 (Silicon Heterojunction: SHJ) 太陽電池の研究開発が盛んに実施されている[1]. 成膜・ドーピング条件に関する基礎的な知見を得るために, 現状では平坦基板を用いて SIMS を代表とする分析手法で評価されている. しかし, 実用的なテクスチャ上の成膜条件は平坦基板で得られる情報を元に判断せざるを得ない. 従来の分析手法のみでは, テクスチャ斜面の直接的なドーパント分布の取得およびその定量が困難であるため, その評価法の確立が急務とされている. 我々は, 原子レベルの位置分解能で実空間上の元素分布評価が可能である3次元アトムプローブ (Atom Probe Tomography: APT) 法をテクスチャ構造の薄膜シリコン太陽電池に適用した. 本研究では, APT法の適用に向けた実験体系を構築するとともに, 異なるホウ素 (B) 添加条件: $(\text{CH}_3)_3\text{B}$ および B_2H_6 による差を検証した.

実験: Fig. 1(a)に示す通り, テクスチャ構造上にアモルファスSi (a-Si) 層とITO透明電極(TCO)層を形成した試料を用意した. a-Si中のB添加では, $(\text{CH}_3)_3\text{B}$ あるいは B_2H_6 ガスを用いた. 集束イオンビーム (Focused Ion Beam: FIB) を用いて, 分析対象層を APT 用針状試料に含む最適な加工条件を導出し [Fig. 1(b)], APT (CAMECA 社製, LEAP4000XHR) 法で得られる3次元アトムマップをもとに構成元素の濃度分布を導出した.

結果: Fig. 1(c)に SHJ 太陽電池を構成する主要元素のアトムマップを示す. このように FIB を駆使してテクスチャ斜面上の元素分布を得ることに成功した. ここでは, $(\text{CH}_3)_3\text{B}$ ガスにより添加されたBを明瞭に捉えることができた. また, a-Si層に存在する水素を検出できており, その濃度定量の可能性を見出している. 本講演では, 異なるB添加条件で炭素量の差を議論し, APT法を用いたSHJ太陽電池分析の優位性を示す.

謝辞: 本研究の一部は, NEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム」の助成を受けて実施したものである.

参考文献:

- [1] M. Taguchi *et al.*, Prog. Photovoltaics 13, 481 (2005).

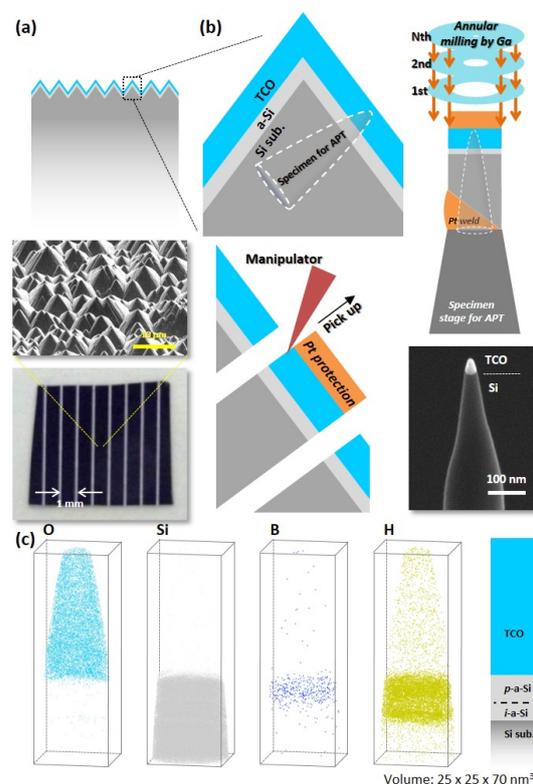


Fig. 1 (a) Schematic illustration and SEM image of Si heterojunction with intrinsic thin-layer structure on a textured Si single-crystalline wafer. (b) Specimen preparation process for APT measurement. SEM image of final shape of needle-shape specimen. (c) Atom map (O, Si, B, and H) around Si heterojunction including B-doped a-Si layer introduced by $(\text{CH}_3)_3\text{B}$ gas.