

ヘテロ接合型 Ge 太陽電池の接合界面 TEM 評価

TEM Analysis of the Junction Interface of Ge Heterojunction Solar Cells

東京都市大学 総合研究所¹, 福島大学 共生システム理工学類²

○陶山 直樹¹, 齊藤 公彦², 中田 和吉¹, 石川 亮佑¹, 小長井 誠¹

Tokyo City Univ.¹, Fukushima Univ.², ○Naoki Suyama¹, Kimihiko Saito²,

Kazuyoshi Nakada¹, Ryouyusuke Ishikawa¹ and Makoto Konagai¹

E-mail: nsuyama@tcu.ac.jp

【はじめに】超薄型 Si 系多接合太陽電池のボトムセルとして、ヘテロ接合型 Ge 太陽電池の高効率化を検討している。p 型 c-Ge 基板の低抵抗化 ($0.016 \Omega \text{ cm}$)、前処理の検討 (HCl 処理)、エミッタ界面 i 型 a-Si 層膜厚の最適化 (14nm) により、変換効率 8.6% が得られた¹。一方、低抵抗 Ge 基板では i-a-Si:H 層の最適膜厚が増加することが分かった¹。今回、i-a-Si:H 層の最適膜厚増加について透過電子顕微鏡 (TEM) により評価したので報告する。

【実験方法】本研究では抵抗率 $0.006 \Omega \text{ cm}$ から $0.3 \Omega \text{ cm}$ までの 3 種類の Ge 基板を用いた。基板前処理は HF 処理に HCl 処理を加え、Ge 表面上に形成した i-a-Si:H 層厚みを 4~14nm と変化させ、裏面側には同一の BSF 構造を設けた¹。接合界面構造評価には TEM を用い、得られた高分解能 TEM 像から微小領域のフーリエ変換により回折図形を求め、格子面間隔をマッピング(空間分解能 1.7nm)することにより結晶構造情報をナノメートルスケールで可視化した。

【結果と考察】抵抗率 $0.006 \Omega \text{ cm}$ の Ge 基板上に i-a-Si:H 層を 8nm 形成したセル断面 TEM 像を Fig.1 に示す。i-a-Si:H 層が Ge 基板表面近傍で部分的に結晶化しており、Fig.2a の高分解能 TEM 像より Ge 基板に三次元島状構造で Si が 5~8nm の領域に渡ってヘテロエピタキシャル成長していることがわかった。面間隔マッピング (Fig.2b,c) より、Si/Ge 界面が揺らいでみえるのは、Si のエピ成長によるもので Ge 表面は平坦(A-B ライン)であること、Ge 基板上に結晶成長した Si 領域は [011]方向に引っ張り、[100]方向に圧縮応力が存在することが分かった。エピ成長による結晶化で低抵抗化を図りながらも、本来なら 格子不整合により発生するミスフィット転位も抑制され、良好な界面特性を示しているものと考えられる。Si/Ge 界面組成、不純物及び容量分布評価によるエピ成長機構、pn 接合解析については当日報告する。

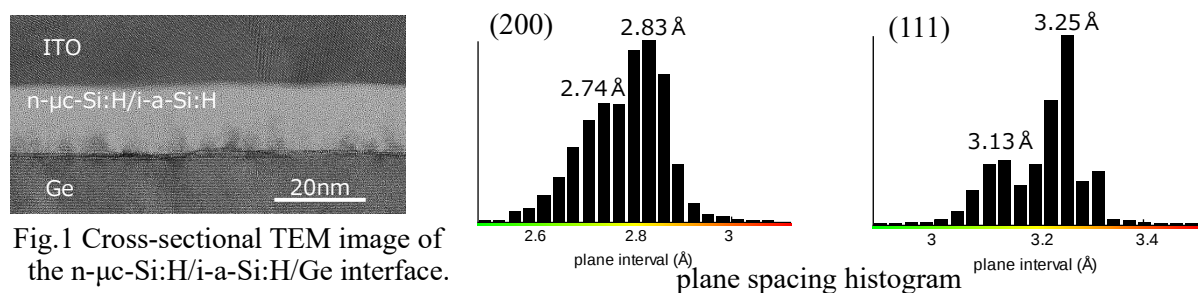


Fig.1 Cross-sectional TEM image of the n- μ c-Si:H/i-a-Si:H/Ge interface.

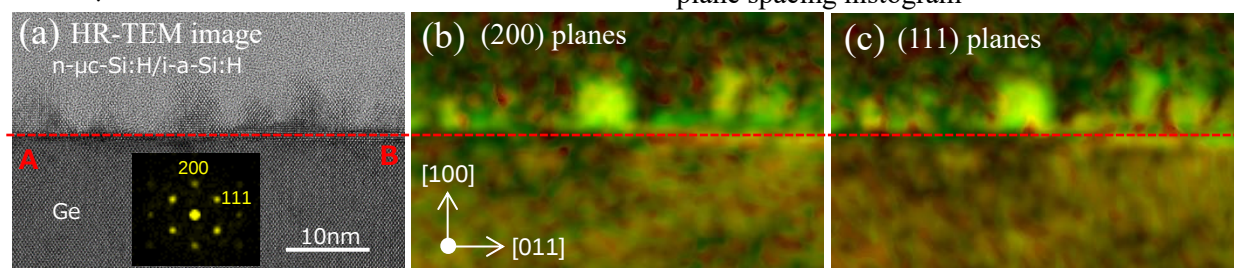


Fig.2 The spacing mapping of (200) and (111) planes calculated from high-resolution TEM image of the p- μ c-Si:H/i-a-Si:H/Ge interface.

1) 齊藤他, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 (2022)

謝辞: 本研究は JST 「MIRAI」 の支援を受けた。