

多接合太陽電池に向けた Si 基板上格子整合系 GaAsPN *p-i-n* 接合の結晶成長Growth of GaAsPN *p-i-n* junctions on Si substrate with lattice matching condition  
toward multi-junction solar cells

°佐藤 健人<sup>1</sup>、山根 啓輔<sup>1</sup>、後藤 聖也<sup>1</sup>、高橋 賢二郎<sup>1</sup>、関口 寛人<sup>1</sup>、岡田 浩<sup>2,1</sup>、若原 昭浩<sup>1</sup>  
(1.豊橋技科大院・工、2.豊橋技科大 EIIRIS)

°Kento Sato<sup>1</sup>, Keisuke Yamane<sup>1</sup>, Masaya Goto<sup>1</sup>, Kenjiroh Takahashi<sup>1</sup>,  
Hiroto Sekiguchi<sup>1</sup>, Hiroshi Okada<sup>2,1</sup>, Akihiro Wakahara<sup>1</sup>  
(1.Toyohashi Tech., 2.Toyohashi Tech. EIIRIS.)

E-mail: sato-ke@int.ee.tut.ac.jp, wakahara@ee.tut.ac.jp

GaAsPN 混晶は大面積 Si 基板上に無欠陥で形成でき、かつ高効率多接合セルに必要とされるバンドギャップを実現できる数少ない材料の一つである[1]。これまでに我々は成長後に熱処理を施すことにより 5%以上の高窒素組成 GaAsPN 混晶において導電性制御が可能であることを見だし、GaP 基板上 *pin*-GaAsPN の成長に成功した[2]。本稿では、これまでに開発してきた GaP/Si ヘテロ成長技術[3]を組み合わせ、Si 基板上に格子整合系 GaAsPN *p-i-n* 接合を実現することを目的とする。

分子線エピタキシー(MBE)法を用いて、図 1 に示す *p-i-n* 構造を成長した。基板には[110]方向に 4° 微傾斜した Si 微傾斜基板を用いた。Si 基板の保護酸化膜を熱処理により除去した後、最適化した表面拡散促進エピタキシー(MEE)法により GaP 層を 30 nm 成長した。GaP 層の成長後、通常の MBE 法で *pin*-GaAsPN を成長した。GaAsPN の As および N 組成はそれぞれ、19%および 6%とした。これは、Si に格子整合し、バンドギャップ 1.7 eV に相当する組成である[4]。また、GaP 層の合計の厚さは Si 基板上での臨界膜厚(60 nm)以内とした。

図 1 に各層ごとの<1-10>方向から観測した RHEED 像を示す。GaP 層は MEE 成長開始から成長終了にかけて RHEED 像は 1×1 から徐々に 2×4 ストリークパターンに変遷し、*pin*-GaAsPN の成長開始から成長終了まで 2×4 ストリークパターンを維持した。これは、原子層レベルで平坦な成長が進行したことを示しており、結果として図 2 に示すように 2 inch 基板上にクラックフリーかつ鏡面の試料が得られた。図 3 に X 線(004) 2θ-ω 対称回折の測定結果および図 1 に示す層構造を緩和率 0%の条件においてシミュレーションした結果を示す。Si 基板にほぼ格子整合した GaAsPN 混晶が得られており、GaP 層にも緩和は見られていない。GaAsPN 層の XRC-FWHM は 11 arcsec であり、Si 基板と同等の値が得られた。以上の結果から、Si 基板上 GaAsPN *p-i-n* 接合構造の成長に成功したといえる。

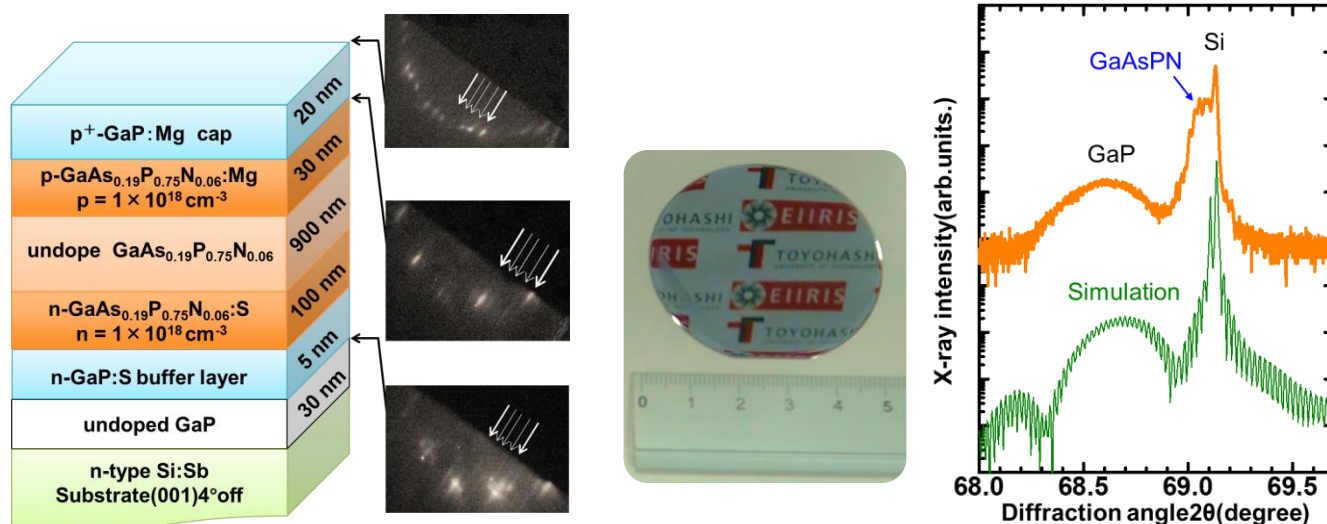


図 1. *p-i-n* 構造と各層の RHEED 像

図 2. 成長後のウェハー写真

図 3. X 線(004)対称回折プロファイル

[1] J. F. Geisz, et al., IEEE Photovoltaic Specialist Conf. (2002), pp.864-867.

[2] K. Sato, et al., E-MRS 2016, Warsaw University of Technology, Poland.

[3] K. Yamane et al., J. Cryst. Growth **312** (2010) 2179. [4] K. Yamane, et al., IEEE Conf. (2014), 2792-2796.

謝辞：本研究の一部は内藤科学技術振興財団の助成のもとに行われた。