

## 中間バンド型太陽電池に向けた GaAs:N $\delta$ ドープ超格子の MBE 成長 MBE Growth of GaAs:N $\delta$ -Doped Superlattices for Intermediate Band Solar Cells

埼玉大理工<sup>1</sup>, 東大先端研<sup>2</sup> ○鈴木 智也<sup>1</sup>, 長田 一輝<sup>1</sup>, 八木 修平<sup>1</sup>, 内藤 駿弥<sup>2</sup>,  
土方 泰斗<sup>1</sup>, 岡田 至崇<sup>2</sup>, 矢口 裕之<sup>1</sup>.

Saitama Univ.<sup>1</sup>, RCAST, The Univ. of Tokyo<sup>2</sup>, °T. Suzuki<sup>1</sup>, K. Osada<sup>1</sup>, S. Yagi<sup>1</sup>, S. Naito<sup>2</sup>,  
Y. Hijikata<sup>1</sup>, Y. Okada<sup>2</sup>, H. Yaguchi<sup>1</sup>.

E-mail: tsuzuki@opt.ees.saitama-u.ac.jp

[序論] III-V-N 混晶半導体 GaAsN は、 $E_c$  及び  $E_v$  と呼ばれる 2 つの伝導帯サブバンドが形成される特異なバンド構造を有することから<sup>[1]</sup>、高効率な中間バンド型太陽電池 (IBSC) の吸収層材料として期待されている。我々は、これまでに GaAs 中へ N を周期的に  $\delta$  ドープした超格子 (SL) 構造を用いることで、一様に N ドープされた GaAsN に比べ  $E_c$  バンドに起因する光学遷移が増強され、中間バンド材料としての光学特性が改善することを明らかにした<sup>[2]</sup>。我々がこれまで有機金属気相成長 (MOVPE) 法により作製した GaAs:N  $\delta$  ドープ SL では、成長温度の制約から SL 中の平均 N 濃度が 0.15% 以下に制限されていた。一方で、詳細平衡モデルによる解析から IBSC の変換効率を 60% 以上にするためには、SL 中の平均 N 濃度は 3~4% 程度必要であるとの指針を得ている<sup>[3]</sup>。そこで今回、より低温成長が可能な分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて N 濃度を高めた SL を作製し、中間バンド型太陽電池材料としての特性を評価した。

[実験方法] 試料は MBE 法により GaAs(001) 基板上に成長した。N  $\delta$  ドープ層の形成は、成長中断した GaAs の表面に N 源を一定時間照射することで行い、 $\delta$  ドープ層形成と GaAs の成長を周期的に繰り返す事で、周期 6nm, 積層数 20 層の SL を作製した。SL 成長時の基板温度は 500°C とした。試料構造と光学特性を XRD 及びフォトリフレクタンス (PR) により評価した。

[結果及び考察] 図 1 に  $\delta$  ドープ層形成時の N 照射時間 10~120 s で作製した試料の XRD パターンを示す。明確な SL サテライトピークが観察されたことから、周期構造の形成が確認できた。0 次ピーク角度からこれらの SL 中の平均 N 濃度は 0.28~1.50% と見積もられ、MOVPE 法で作製した試料に比べ N の取り込み量を大幅に増加させることができた。図 2 に平均 N 濃度 1.4% の SL の PR スペクトルを示す。1.2~1.3eV と 1.55~1.8eV に、それぞれ  $E_c$  及び  $E_v$  バンドに関連した SL ミニバンドの光学遷移が観測され、中間バンド型のエネルギー構造の形成を確認した。当日は、SL を導入した太陽電池の特性を評価した結果についても報告する。

[1] W. Shan *et al.*, *Phys. Rev. B* 62, 7 (2000).

[2] S. Noguchi *et al.*, *IEEE J. Photovoltaics*, 3, 1287 (2013).

[3] S. Yagi *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* 52, 102302 (2013).

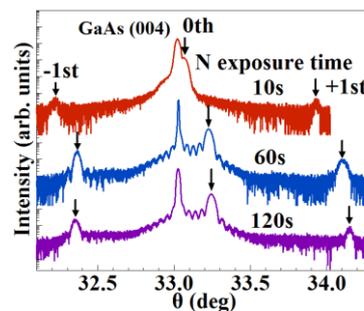


Fig 1. 0-2 $\theta$  XRD patterns of GaAs:N  $\delta$ -doped SLs around GaAs (004) reflection.

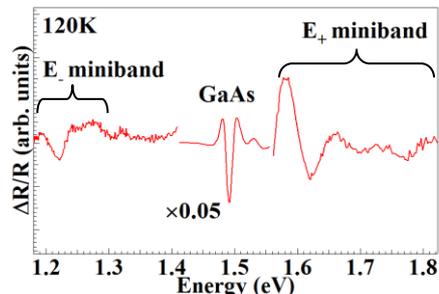


Fig. 2. A PR spectrum of a SL with an average N composition of 1.40%.