

## 原子状水素援用 MBE による Ga(In)NAs 薄膜の残留キャリアと水素照射効果

## Background Carrier and Atomic-H Irradiation on Ga(In)NAs Thin Films by H-MBE

東大院工<sup>1</sup>、東大先端研<sup>2</sup> ○何 軼倫<sup>1,2</sup>、宮下 直也<sup>2</sup>、岡田 至崇<sup>1,2</sup>Univ. of Tokyo, School of Eng.<sup>1</sup>, Univ. of Tokyo, RCAST<sup>2</sup>○Yilun He<sup>1,2</sup>, Naoya Miyashita<sup>2</sup>, Yoshitaka Okada<sup>1,2</sup>

E-mail: heyilun@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】III-V 系希釈窒化物混晶半導体の GaInNAs は、1.0 eV 帯のバンドギャップを実現できることから、4 接合太陽電池の第 3 セル材料として期待されている<sup>[1]</sup>。これまでに、*i*-GaInNAsSb を用いた *p-i-n* 接合を形成し、内蔵電界を利用して少数キャリア収集効率の向上が得られている<sup>[2]</sup>。GaInNAs(Sb)太陽電池において、*i* 層中の残留キャリア密度（非意図的なドーピング）の制御が重要であるが、その起源は明らかになっていない。化学ビームエピタキシー法による GaNAs 中において、窒素(N)と水素(H)による N-H 結合の形成が報告されており<sup>[3]</sup>、残留キャリア起源と考えられている。本研究では、原子状水素援用分子線エピタキシー(H-MBE)法により作製した Ga(In)NAs 薄膜の物性を評価した。

【実験と結果】H-MBE 法を用い、Fig.1 に示したように、*n* 型 GaAs 基板上に *i*-GaAs / *i*-GaNAs / *n*-GaAs 構造を作製した。N は RF 窒素プラズマを用いて照射し、N 組成を 1.0 % とした。原子状水素は、超高純度水素ガスをタングステン熱フィラメントに接触させることにより生成した<sup>[4]</sup>。原子状水素は水素分圧  $6 \times 10^{-6}$  Torr、クラッキング効率 ~ 1 % の条件で供給した。原子状水素照射ありおよびなしの条件で作製した

<i>i</i> -GaAs	50 nm
<i>i</i> -GaNAs	100 nm
With supply of atomic hydrogen	
<i>n</i> -GaAs Buffer	300 nm
<i>n</i> -GaAs Substrate	

Fig.1 Schematic structure of GaNAs thin film

GaNAs 薄膜について、容量-電圧 (C-V) 測定を用い、キャリア密度分布の比較を行った。

Fig.2 に 300K における C-V 測定の結果を示す。原子状水素照射のない場合キャリア密度の最小値が約  $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  であるのに対し、原子状水素照射のある場合では、キャリア密度が約  $8 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  と増加した。このことから、原子状水素の照射が残留キャリア密度の増加に寄与することが分かった。水素の取り込みによってドナーまたはアクセプター性の複合欠陥準位が生じたことが考えられる。これらの欠陥と N、あるいは N-H 結合との関係について、現在検討を進めている。

【謝辞】本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託研究により実施されたものであり、関係各位に感謝致します。

[1] D. J. Friedman *et al.*, *J. Cryst. Growth*, **195** (1998) 409.

[2] N. Miyashita *et al.*, *Prog. Photovolt: Res. Appl.* **24** (2016) 28.

[3] O. Elleuch *et al.* *J. Alloys Compd.* **649** (2015) 815.

[4] A. Sutoh *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34** (1995) L1379.

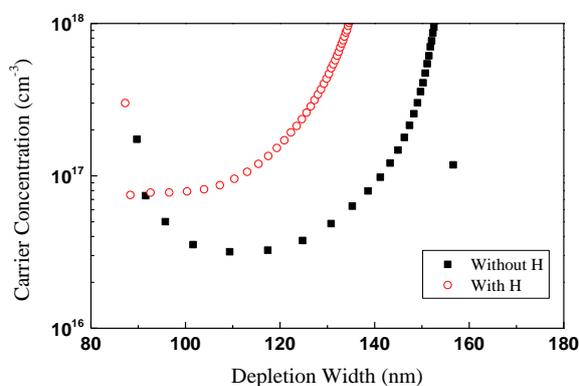


Fig.2 Plots of the carrier concentration versus depletion width (300 K)