

# 薄膜化した $p$ -GaInAsP ベース層を有する 1.3- $\mu\text{m}$ 帯 $npn$ -AlGaInAs/InP トランジスタレーザの発振特性 Lasing Characteristics of 1.3- $\mu\text{m}$ $npn$ -AlGaInAs/InP Transistor Laser with Thinned $p$ -GaInAsP Base Layer

○只野 翔太郎<sup>1</sup>、吉田 匠<sup>1</sup>、金子 貴晃<sup>1</sup>、西山 伸彦<sup>1</sup>、荒井 滋久<sup>1,2</sup>

東京工業大学 <sup>1</sup>電気電子工学専攻、<sup>2</sup>量子ナノエレクトロニクス研究センター

○Shotaro Tadano<sup>1</sup>, Takumi Yoshida<sup>1</sup>, Takaaki Kaneko<sup>1</sup>, Nobuhiko Nishiyama<sup>1</sup>, and Shigehisa Arai<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Electrical and Electronic Engineering, <sup>2</sup> QNERC, Tokyo Institute of Technology

E-mail: tadano.s.aa@m.titech.ac.jp

## はじめに

光通信の光源として利用されるレーザダイオードの変調速度を超える高速動作が期待される素子として、トランジスタレーザ (TL) が提案されている [1]。これまで当研究室では、1.3  $\mu\text{m}$  帯 TL の室温連続発振を達成してきた [2]。今回、TL の  $p$ -GaInAsP ベース層を薄膜化することにより、良好な発振特性を維持したまま電流増幅率を向上させることに成功したのでご報告する。

## 結果

Fig. 1 に作製した素子の構造を示す。 $n$ -InP 基板上に AlGaInAs 歪補償 5 層量子井戸を成長し、メサストライプ形成後に電流狭窄層となる埋め込みヘテロ構造を形成した。次に活性層直上に  $p$ -GaInAsP ベース層、両脇に  $p^+$ -GaInAs コンタクト層を成長した。その後  $n$ -InP コレクタ層、 $n^+$ -GaInAs コンタクト層を成長し、コレクタメサ、ベースメサおよび Ti/Pt/Au 電極の形成を行った。今回、 $p$ -GaInAsP ベース層膜厚を従来の 100 nm から 50 nm へと薄膜化した。

Fig. 2 に、作製した素子のベース接地におけるエミッタ電流-光出力 ( $I_E$ - $P$ ) 特性を示す。ストライプ幅  $W_s = 1.3 \mu\text{m}$ 、共振器長  $L = 500 \mu\text{m}$  の素子において、しきい値電流  $I_{th} = 12 \text{ mA}$  ( $J_{th} = 1.9 \text{ kA/cm}^2$ )、両端での外部微分量子効率  $\eta_d = 33\%$ 、微分抵抗  $49 \Omega$  を得た。

Fig. 3 にエミッタ接地におけるコレクタ/エミッタ間電圧-コレクタ電流 ( $V_{CE}$ - $I_C$ ) 特性を示す。(a) は Fig. 2 の素子 (ベース層膜厚 50 nm)、(b) は  $p$ -GaInAsP ベース層膜厚 100 nm の素子であり、どちらも  $W_s = 1.3 \mu\text{m}$ 、 $L = 500 \mu\text{m}$  である。ベース層膜厚 50 nm の素子ではコレクタ電流が大きく増加しており、これは、薄膜化により  $p$ -GaInAsP ベース層における発光に寄与しないキャリアの再結合が減少したためと考えられる。Fig. 3 より求められる電流増幅率  $\beta (= I_C/I_B)$  は (a) の素子で 0.14、(b) の素子で 0.02 であり、ベース層薄膜化により約 7 倍に増加させることに成功した。今後、ベース層のバンドギャップを減少させ、エネルギー障壁を低くすることにより、更なるコレクタ層へのキャリア引き抜き量の向上が期待される。

**謝辞**：本研究は JSPS 科研費 (#25709026, #15H05763) の援助により行われた。

## 参考文献

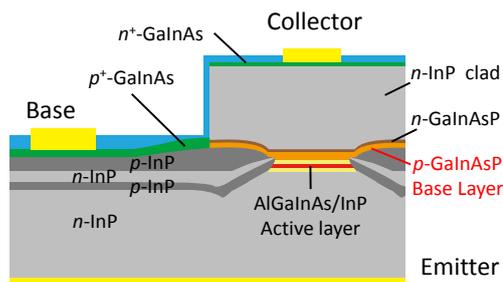


Fig. 1. The structure of the fabricated  $npn$ -AlGaInAs/InP TL.

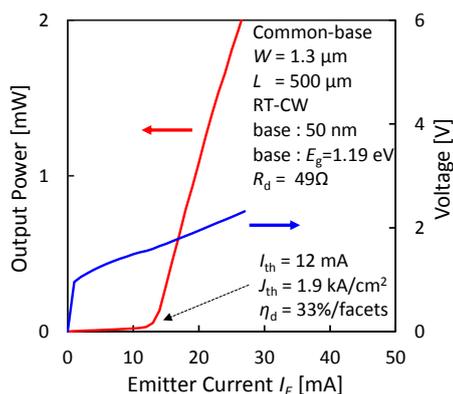


Fig. 2.  $I_E$ - $P$  characteristics.

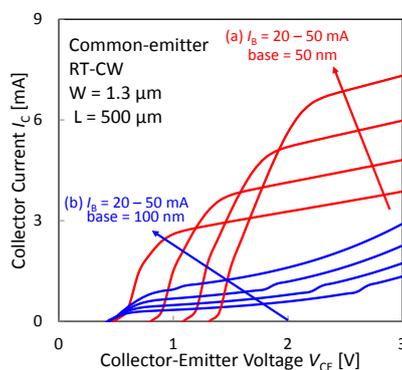


Fig. 3.  $V_{CE}$ - $I_C$  characteristics; (a) This work  $\beta = 0.14$ , (b) Previous work  $\beta = 0.02$ .

[1] M. Shirao et al., *IEICE Electronics Express*, vol. 9, no. 23, pp. 1792-1798, Dec. 2012.

[2] N. Sato et al., *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 19, no. 4, 1502608, Aug. 2013.