

# GalnAsP/InP リッジ導波路半導体薄膜 DR レーザの 高速動作下におけるエネルギーコスト

Energy cost of GalnAsP/InP ridge-waveguide membrane Distributed-Reflector lasers

中村 なぎさ<sup>1</sup>、吉田 崇将<sup>1</sup>、方 偉成<sup>1</sup>、高橋 直樹<sup>1</sup>、  
雨宮 智宏<sup>1,2</sup>、西山 伸彦<sup>1,2</sup>、荒井 滋久<sup>1,2</sup>

Nagisa Nakamura<sup>1</sup>, Takamasa Yoshida<sup>1</sup>, Weicheng Fang<sup>1</sup>, Naoki Takahashi<sup>1</sup>,  
Tomohiro Amemiya<sup>1,2</sup>, Nobuhiko Nishiyama<sup>1,2</sup>, and Shigehisa Arai<sup>1,2</sup>  
東京工業大学 工学院電気電子系<sup>1</sup>、科学技術創成研究院<sup>2</sup>

Dept. of Electrical and Electronic Engineering<sup>1</sup>, Institute of Innovation Research (IIR)<sup>2</sup>,  
Tokyo Institute of Technology, \*E-mail: nakamura.n.ae@m.titech.ac.jp

## 1. はじめに

大規模集積回路上オンチップ光集積に向けた低消費電力光源として、我々は半導体薄膜レーザを提案[1]し、その低電流・高効率動作および低電流高速変調動作を報告してきた[2-5]。前回さらなる低消費電力化を可能とするリッジ導波路型薄膜 DR レーザを提案し[6]、今回高速動作に対する消費電力・エネルギーコストの理論検討を行ったので、ご報告する。

## 2. 計算結果及び検討

Fig. 1 に半導体薄膜 DR レーザの構造図を示す。活性領域は先行研究[4]と同じく GalnAsP5 層量子井戸を用いており、活性層幅は  $0.8 \mu\text{m}$ 、コア厚は  $270 \text{ nm}$  である。断面構造は Fig. 2 に示すリッジ薄膜導波路構造となっている。この構造では活性領域への強光閉じ込めにより電極と活性領域間の距離をより短縮することができ、低消費電力動作化が可能になる[6]。

これまでの報告では  $10 \text{ Gbps}$  動作時の受光器の最小受信電力  $-13 \text{ dBm}$  ( $@\text{BER}=10^{-9}$ )、光源とのリンクロス  $-5 \text{ dB}$  とし光源の光出力  $-8 \text{ dBm} = 0.16 \text{ mW}$  として光源の消費電力を見積もってきた。今回はリンクロス  $-1 \text{ dB}$ 、回折格子の結合係数  $\kappa$  を  $4000 \text{ cm}^{-1}$  (回折格子深さ約  $100 \text{ nm}$ ) として消費電力およびエネルギーコストの理論解析を行った。

Fig. 3 に、信号速度を  $10 \text{ Gbps}$  および  $20 \text{ Gbps}$  としたときの光源の消費電力の DFB 領域長依存性を示す。下凸曲線は光出力で規定される消費電力、破線で示す右上がり曲線は変調可能周波数で規定される消費電力であり、 $10 \text{ Gbps}$  動作時には光出力  $0.063 \text{ mW}$  の条件で規定されるが、 $20 \text{ Gbps}$  動作時には光出力よりも変調可能周波数で規定されることがわかった。 $10 \text{ Gbps}$  動作時に DFB 領域長は  $L_{\text{DFB}} = 8 \mu\text{m}$  まで短縮可能であり、消費電力は  $0.15 \text{ mW}$ 、 $20 \text{ Gbps}$  動作時に DFB 領域長は  $L_{\text{DFB}} = 6 \mu\text{m}$  まで短縮可能であり、消費電力は  $0.36 \text{ mW}$  と見積もられた。このときエネルギーコストはそれぞれ  $15 \text{ fJ/bit}$ 、 $18 \text{ fJ/bit}$  となり、 $20 \text{ fJ/bit}$  を下回る低エネルギーコスト動作が可能である。さらに受光器の最小受信電力が  $5 \mu\text{W}$  に低下すれば、エネルギーコストは  $12 \text{ fJ/bit}$  まで下がる見込みである。

**謝辞** 本研究は、JSPS 科研費 (#15H05763、#17H03247、#16H06082)、JST-CREST (JPMHCR15N6) の援助により行われた。

## 参考文献

- [1] S. Arai et al., *IEEE J. Sel. Top. Quan. Electron.* **17**, 1381 (2011).
- [2] T. Hiratani et al., *IEEE J. Sel. Top. Quan. Electron.* **21**, 1503410 (2015).
- [3] D. Inoue et al., *Opt. Express* **24**, 18571 (2016).
- [4] T. Tomiyasu et al., *Appl. Phys. Express* **10**, 062702 (2017).
- [5] T. Tomiyasu et al., *Appl. Phys. Express* **11**, 012704 (2018).
- [6] 中村他、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、19a-B203-1、東京、2018 年 3 月。

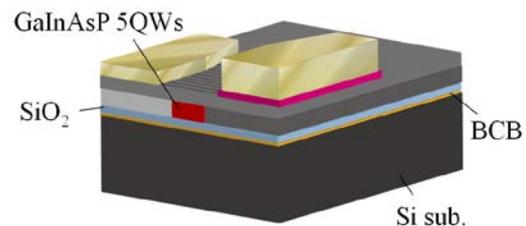


Fig. 1 Schematic of membrane DR laser.

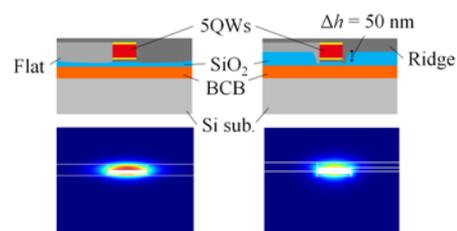


Fig. 2 Cross section and mode distribution of membrane DR laser; (a) conventional structure, (b) ridge-waveguide structure.

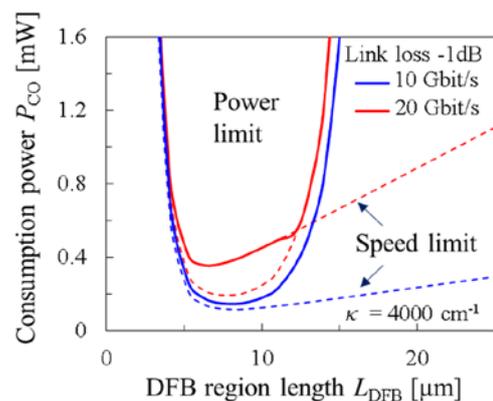


Fig. 3 DFB section length dependence of power consumption of ridge-waveguide type membrane DR laser for transmission speeds of  $10 \text{ Gbit/s}$  and  $20 \text{ Gbit/s}$  for a link loss of  $-1 \text{ dB}$ .