

オンチップ光配線に向けた半導体薄膜レーザの 低消費電力構造の検討

Design of low-power-consumption membrane laser for on-chip optical interconnection

東京工業大学, 量子ナノエレクトロニクス研究センター¹ 電気電子工学専攻²

○進藤 隆彦¹, 土居 恭平², 二見 充輝², 雨宮 智宏¹, 西山 伸彦², 荒井 滋久^{1,2}

¹ Quantum Nanoelectronics Research Center, ² Dept. of Electrical and Electronic Engineering,
Tokyo Institute of Technology

○Takahiko Shindo¹, Kyohei Doi², Mitsuaki Futami², Tomohiro Amemiya¹, Nobuhiko Nishiyama²,
and Shigehisa Arai^{1,2}

E-mail: arai@pe.titech.ac.jp, http://www.pe.titech.ac.jp/AraiLab/

はじめに LSI の高速化に伴う配線内での遅延や消費電力の増大という問題解決に向け、光配線が有望視されている。我々は光配線用光源として強光閉じ込め構造を用いた半導体薄膜 DFB レーザを提案し[1]、これまでに横方向電流注入構造を用いた電流注入動作を実現してきた[2]。今回、半導体薄膜レーザの低消費電力動作化に向けた構造検討を行ったのでご報告する。

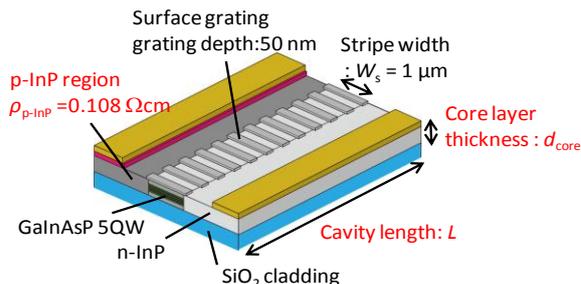


Fig. 1 Schematic structure of membrane laser.

結果 オンチップ光配線用光源には、10 Gb/s の伝送速度に対して 100 fJ/bit 以下のエネルギーコストが要求される。光配線に用いられる PIN フォトダイオードの最小受光強度を 0.05 mW(-13 dBm)、導波路への結合損失と伝搬損失を合計 5 dB と仮定すると、半導体薄膜レーザに要求される光出力強度は 0.16 mW(-8 dBm)以上となる。Fig. 1 に半導体薄膜レーザの模式図を示す。レーザでの総合的な消費電力を見積もるため、実際の半導体薄膜レーザの素子抵抗のうち最も支配的となる p-InP 層の抵抗率 $\rho_{p\text{-InP}}$ を $0.108 \Omega \cdot \text{cm}$ (ドーピング量 $4 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 時) とし、素子全体の抵抗として仮定した。

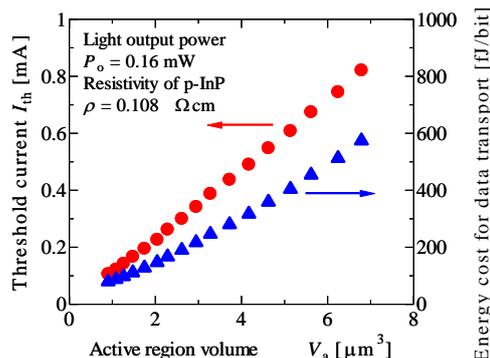


Fig. 2 Calculated threshold current and energy cost for data transport.

Fig. 2 にはしきい値電流(左縦軸)および光出力強度 0.16 mW で駆動した際のエネルギーコスト(右縦軸)を示す。ここでは屈折率結合係数を変化させ、その際に最もしきい値電流が低くなる共振器長を選択している。活性層体積に対してしきい値電流およびエネルギーコストの低減が確認され、活性層体積を $1.3 \mu\text{m}^3$ 以下にする微細共振器を形成することで 100 fJ/bit を満たすエネルギーコストが実現可能である。

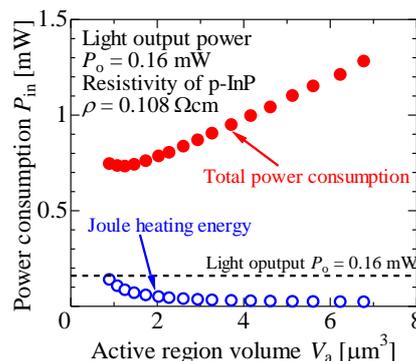


Fig. 3 Calculated power consumption.

Fig. 3 には光出力強度 0.16 mW で駆動した際の消費電力(赤○印)を示す。活性層体積 $1.3 \mu\text{m}^3$ で消費電力が最小となり、0.73 mW で動作可能であることが示されている。これは屈折率結合係数 2700 cm^{-1} 、共振器長 $40 \mu\text{m}$ の半導体薄膜レーザに相当する。さらに光閉じ込め効果を増大させ活性層体積を低減した場合、素子抵抗に起因するジュール熱による消費電力増大および電力効率低下が生じることが明らかとなった。低消費電力動作と電力効率の向上には、素子抵抗の低減と動作時の光出力強度に応じた活性層体積の設計が必要である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費(#24246061, #22360138,

#21226010, #23760305, #10J08973)、総務省 SCOPE および総合科学学術会議により制度設計された JSPS-FIRST プログラムの援助により行われた。

参考文献

- [1] S. Sakamoto, et al., *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 13, no. 5, pp. 1135-1141, Sep. 2007.
- [2] M. Futami et al., *Proc. Int. Conf. Indium Phosphide and Related Materials (IPRM2012), Th-2C*, Aug. 2012.