

# Si 基板上 GaInAsP/InP 薄膜 DFB レーザの直接変調応答

## Direct Modulation Response of GaInAsP/InP Membrane DFB Laser on Si substrate

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

井上 大輔<sup>1</sup>, 平谷 拓生<sup>1</sup>, 福田 快<sup>1</sup>, 富安 高弘<sup>1</sup>, 雨宮 智宏<sup>2</sup>, 西山 伸彦<sup>1</sup>, 荒井 滋久<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Elect. and Electron. Engineering, <sup>2</sup>Quantum Nanoelectro. Res. Center, Tokyo Institute of Technology

°Daisuke Inoue<sup>1</sup>, Takuo Hiratani<sup>1</sup>, Kai Fukuda<sup>1</sup>, Takahiro Tomiyasu<sup>1</sup>,

Tomohiro Amemiya<sup>2</sup>, Nobuhiko Nishiyama<sup>1</sup>, and Shigehisa Arai<sup>1,2</sup>

E-mail: inoue.d.ac@m.titech.ac.jp, arai@pe.titech.ac.jp

**はじめに** オンチップ光配線技術は LSI のグローバル配線層における遅延や発熱増大の解決方法として有望であり、その光源には極低消費電力動作が要求される[1]。我々は半導体薄膜構造による強光閉じ込め効果を用いた薄膜 DFB レーザを提案し、これまでに Butt-jointed Built-in 集積導波路を有する薄膜 DFB レーザの低しきい値電流動作[2]、p-i-n PD との集積化[3]を実現してきた。

今回、BCB 貼り付け法によって Si 基板上に貼り付けをした薄膜 DFB レーザの直接変調応答の測定を行い、DFB レーザとして最も高い電流変調効率 (Modulation current efficiency factor: MCEF)  $9.9 \text{ GHz}/\text{mA}^{1/2}$  を得たのでご報告する。

**結果** Fig. 1 に今回測定したコア層厚 270 nm の薄膜 DFB レーザの構造図を示す。オンチップ光配線としての集積回路形成を見越し、導波路層が集積されている状態で測定を行った。活性層は GaInAsP の 5 層歪補償量子井戸である。回折格子周期 298 nm の均一回折格子 DFB レーザと、同じ周期の  $\lambda/4$  シフト DFB レーザを同一ウェーハ上に用意した。両素子共にストライプ幅は  $0.7 \mu\text{m}$ 、共振器長は  $80 \mu\text{m}$  である。しきい値電流はどちらの素子も  $0.27 \text{ mA}$ 、前端面からの外部微分量子効率はそれぞれ 12% と 14% であり、以前に報告した両側に出力導波路構造を集積した素子[2]に比べて 2 倍以上高い効率が得られた。

測定は GS 型の高周波プローブを直接デバイスに落として電流を注入し、先球ファイバで集光したレーザ出力を EDFA で増幅した後、バンドパスフィルタで一部の ASE 光を除去して帯域 20GHz の PIN-PD で受光して行った。Fig. 2 には均一回折格子薄膜 DFB レーザの異なるバイアス電流に対する小信号変調応答特性を示す。バイアス電流  $I_b = 1.03 \text{ mA}$  における -3dB 帯域は 9.5 GHz であり、同じバイアス電流における  $\lambda/4$  シフト薄膜 DFB レーザの -3dB 帯域は 7.5 GHz であった。

Fig. 3 には小信号変調応答特性から見積もった注入電流に対する緩和振動周波数変化を示す。電流変調効率 (MCEF) は均一回折格子薄膜 DFB レーザでは  $9.9 \text{ GHz}/\text{mA}^{1/2}$ 、 $\lambda/4$  シフト薄膜 DFB レーザでは  $8.6 \text{ GHz}/\text{mA}^{1/2}$  が得られ、これまで報告された DFB レーザの中で最も高い値となった[4]。今後は、集積された薄膜 DFB レーザと PIN-PD 間での信号伝送を目指す。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費(#24246061, #15H05763, #25709026, #25420321, #15J04654, #15J11776)の援助により行われた。

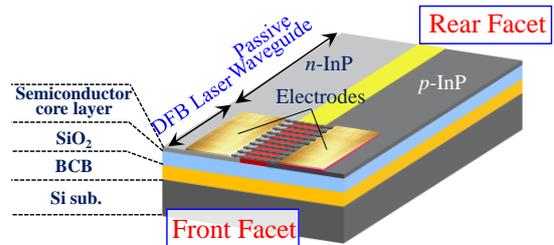


Fig. 1 Device structure.

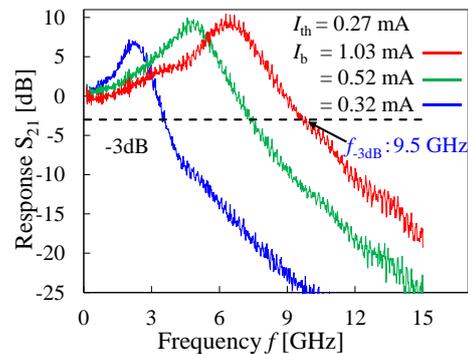


Fig. 2 Small signal modulation response of membrane DFB laser with uniform grating.

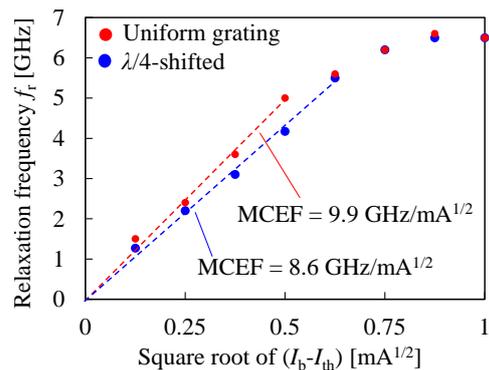


Fig. 3 Relaxation frequency obtained from small signal modulation response.

### 参考文献

- [1] D. A. B. Miller, *Proc. IEEE*, vol. 97, no. 7, pp. 1166–1185, July 2009.
- [2] D. Inoue et al., *Opt. Exp.* vol. 23, no. 6, pp. 7771–7778, April. 2015.
- [3] D. Inoue et al., *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, vol. 21, no. 6, Nov./Dec. 2015.
- [4] S. Matsuo et al., *European Conference on Optical Communication 2014 (ECOC2014)*, Mo.4.4.3, Sept. 2014.