

Si 上半導体薄膜 DR レーザの高効率・高速変調特性 High Efficiency and High-speed Modulation Characteristics of Membrane Distributed-Reflector Laser on Si

中村 なぎさ¹、富安 高弘^{1*}、平谷 拓生^{1**}、井上 大輔¹、福田 快¹、瓜生 達也¹、
雨宮 智宏^{1,2}、西山 伸彦^{1,2}、荒井 滋久^{1,2}

Nagisa Nakamura¹, Takahiro Tomiyasu^{1*}, Takuo Hiratani^{1**}, Daisuke Inoue¹, Kai Fukuda¹,
Tatsuya Uryu¹, Tomohiro Amemiya^{1,2}, Nobuhiko Nishiyama^{1,2}, and Shigehisa Arai^{1,2}

東京工業大学 ¹工学院電気電子系、² 科学技術創成研究院、
*現・古河電気工業株式会社、**現・住友電気工業株式会社

Dept. of Electrical and Electronic Eng.¹, Institute of Innovation Research (IIR)², Tokyo Institute of Technology

*Currently *Furukawa Electric Co., Ltd., ** Sumitomo Electric Industries, Ltd.

E-mail: nakamura.n.ae@m.titech.ac.jp

1. はじめに

オンチップ光配線の実現には、低電流駆動(<1 mA)かつ高速直接変調(>10 Gbit/s)動作が可能な極低消費電力半導体レーザーが必要である。この要求を満たすため、我々は半導体薄膜 DFB・DR レーザを提案・実現してきた[1,2]。本研究では薄膜 DR レーザにおいて高効率かつ高速動作を実現したので、ご報告する。

2. 実験結果及び検討

Fig. 1 に作製した BCB 貼り付け Si 上薄膜 DR レーザの構造を示す。この素子は先行研究[2]と同じ 5 層 GaInAsP 量子井戸 (コア厚 270 nm) の初期成長基板上に作製されているが、高効率動作に向けた 2 つの構造変更点がある。光吸収損失の削減のため、再成長された p -InP サイドクラッド層の不純物濃度 N_A は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ から $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に低減した。また不純物濃度 N_A の低減による抵抗の増加を補償するため、 p 側電極と活性領域間の距離 $W_{p\text{-act}}$ を $3 \mu\text{m}$ から $1.6 \mu\text{m}$ まで短縮した。

Fig. 2 に作製した素子の光出力特性と電圧特性を示す。この素子の DFB 領域長と DBR 領域長はそれぞれ $32 \mu\text{m}$ と $50 \mu\text{m}$ であり、活性層幅 W_s は $0.8 \mu\text{m}$ である。しきい値電流 $I_{\text{th}} = 0.21 \text{ mA}$ (しきい値電流密度 $J_{\text{th}} = 820 \text{ A/cm}^2$)、前端面外部微分量子効率 $\eta_{\text{df}} = 32\%$ であり、従来の薄膜 DFB・DR レーザに比べ高効率となった。またバイアス電流 0.64 mA において最大電力変換効率 $\eta_{\text{PCmax}} = 12\%$ が得られた。 W を $0.8 \mu\text{m}$ まで短縮して、さらに AR コーティング等により端面の反射をなくすことにより、 $\eta_{\text{PCmax}} = 30\%$ まで向上できる可能性がある。

Fig. 3 にこの素子の小信号変調応答における 3dB 帯域幅および緩和振動周波数を示す。 $f_{3\text{dB}}$ および f_r はそれぞれ $15 \text{ GHz/mA}^{1/2}$ 、 $12 \text{ GHz/mA}^{1/2}$ であった。この f_r は先行研究に比べ高い値が得られている[1]。また 15 Gbit/s 大信号変調において、平均受信電力 -0.4 dBm における NRZ 信号変調 (PRBS $2^{31}-1$) の場合、バイアス電流 1.08 mA 、変調電圧 0.522 V で 5.7×10^{-13} の BER が得られた。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (#15H05763、#25709026、#15J04654、#15J11776、#16H06082、#17H03247)、JST-CREST (JPMJCR15N6) の援助により行われた。

参考文献

- [1] D. Inoue et al., *Optics Express*, vol. 24, no. 16, pp. 18571-18579, July. 2016.
- [2] T. Hiratani et al., *Appl. Phys. Express*, vol. 10, no. 3, 032702, Feb. 2017.

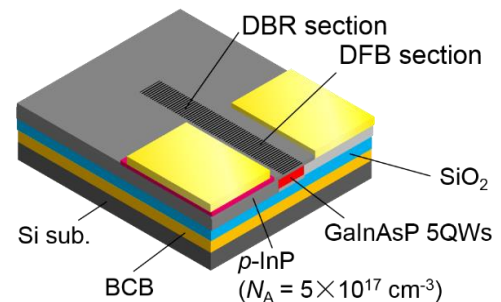


Fig. 1 Schematic of membrane DR laser.

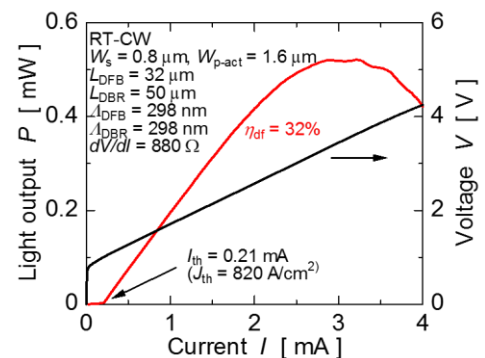


Fig. 2 Light output and voltage characteristics of membrane DR laser.

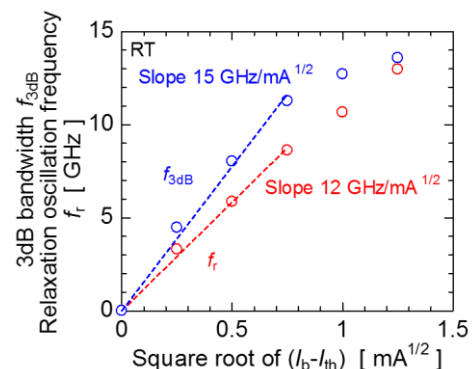


Fig. 3 3dB bandwidth and relaxation oscillation frequency obtained from small signal modulation response.