

GaInAsP/InP 半導体薄膜レーザの低消費電力動作に向けた構造設計

Design of GaInAsP/InP Semiconductor Membrane Laser for Low Power Operation

東京工業大学 電気電子工学専攻¹, 量子ナノエレクトロニクス研究センター²○平谷 拓生¹, 進藤 隆彦², 雨宮 智宏², 西山 伸彦¹, 荒井 滋久^{1,2}¹ Dept. of Electrical and Electronic Engineering, ² Quantum Nanoelectronics Research Center, Tokyo Institute of Technology○Takuo Hiratani¹, Takahiko Shindo¹,Tomohiro Amemiya², Nobuhiko Nishiyama¹, and Shigehisa Arai^{1,2}

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

はじめに オンチップ光配線の実現に向けた極低消費電力動作可能な光源として、我々は半導体薄膜レーザを提案し、電流注入動作を実現している[1]。一方、大きな屈折率結合が得られるフォトニック結晶構造を利用したデバイスでは、さらなる小型化および低消費電力動作が期待できる[2]。今回、半導体薄膜レーザへのフォトニック結晶線欠陥光導波路構造の導入に向けた設計を行ったのでご報告する。

結果 Fig. 1はフォトニック結晶線欠陥光導波路構造を導入した半導体薄膜レーザの構造である。BCB 貼り付けを用いた横方向電流注入構造を持つデバイスのコア層両脇に 5 列の周期的な空気孔を有している。線欠陥は周期構造から 1 列除いた W_s 光導波路とした。計算の際は周期構造の格子定数 $a = 440$ nm とし空気孔半径 r を変化させた。5 層の GaInAsP 歪補償量子井戸および光閉じ込め層からなるコア層が i-InP に挟まれており、下部クラッドは SiO₂、上部クラッドは空気である。この構造に対して、コア厚 d_{core} およびストライプ幅 W_s を変化させて Q 値の評価を行った。

共振波長は線欠陥構造で生じるバンド端波長での共振[3]を利用して、FDTD 法によりバンド端波長が 1.55 μm となるように空気孔半径 r を決定した。また、Q 値は FDTD 法によりエネルギーの減衰から求め、共振器長が 5.28 μm の場合について計算を行った。Fig. 2 は $W_s = 380$ nm としたときのコア厚に対する Q 値の依存性であり、 $d_{\text{core}} = 190$ nm のときに Q 値が最大となっている。このときの W_s に対する Q 値の依存性は Fig. 3 のようになり、 $W_s = 340$ nm で Q 値が最大となっている。このとき、理想的な半導体薄膜 DFB レーザの活性層体積 1.2 μm^3 [4]と比較して、大幅に小さな 0.05 μm^3 という値となっている。

謝辞 計算法についてご指導いただいた横浜国立大学、馬場俊彦教授に感謝致します。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] M. Futami et al., *Proc. Int. Conf. Indium Phosphide and Related Materials (IPRM2012)*, Th-2C, Aug 2012.
 [2] S. Matsuo et al., *Optics Express*, Vol. 20, No. 4, pp. 3773-3780, Feb. 2012.

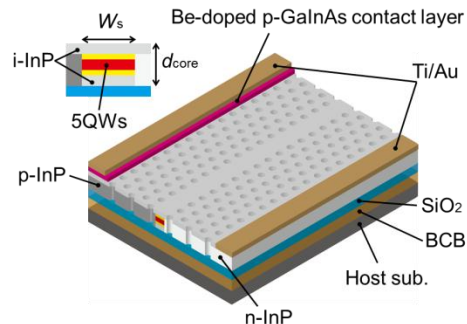


Fig. 1 Schematic view of the membrane photonic crystal laser.

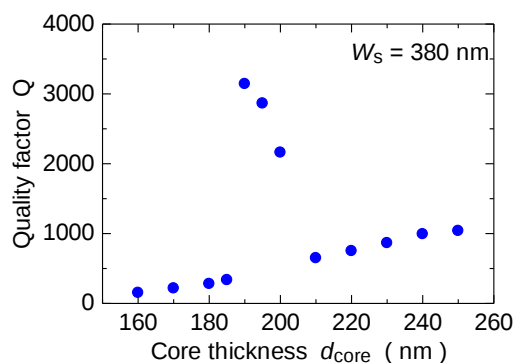


Fig. 2 Calculated Quality factor Q dependence on the core thickness d_{core} .

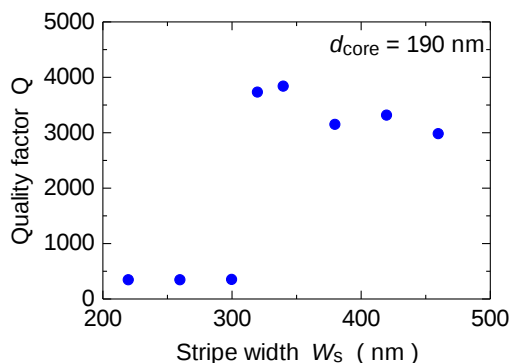


Fig. 3 Calculated Quality factor Q dependence on the stripe width W_s .

- [3] A. Sugitatsu et al., *Electronics Letters*, Vol. 39, No. 2, pp. 213-215, Jan. 2003.
 [4] T. Shindo et al., *23rd IEEE International Semiconductor Laser Conference (ISLC2012)*, TuP17, Oct. 2012.