

半導体薄膜光集積に向けた OMVPE による GaInAsP の Butt-Joint 再成長

GaInAsP Butt-Joint Regrowth for Membrane Photonic Integration by OMVPE

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

○井上 大輔¹, 李 智恩¹, 進藤 隆彦², 二見 充輝¹, 土居 恭平¹

雨宮 智宏², 西山 伸彦¹, 荒井 滋久^{1,2}

¹Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology

²Quantum Nanoelectronics Research Center, Tokyo Institute of Technology

○Daisuke Inoue¹, Jieun Lee¹, Takahiko Shindo², Mitsuki Futami¹, Kyohei Doi¹

Tomohiro Amemiya², Nobuhiko Nishiyama¹, and Shigehisa Arai^{1,2}

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

はじめに 我々はチップ内光配線技術に用いるプラットフォームとして Si 上 III-V 族半導体薄膜光集積回路を提案し、これまでに半導体薄膜レーザの電流注入動作[1]、低損失 GaInAsP 細線導波路[2]、横接合型薄膜光検出器[3]を実現してきた。これらの素子のモノリシック集積法として今回、Butt-Joint 再成長を利用する方法を提案し、結晶性及び平坦性が良く高い結合効率が期待できる薄膜 (175 nm) GaInAsP/InP 構造を得たのでご報告する。

結果 目標とした集積構造は Fig.1 に示すように、半導体薄膜レーザと GaInAsP 細線導波路を Butt-Joint 結合したものである。まず、InP 基板の上に 5 層の GaInAsP 歪補償量子井戸とその上下に 15 nm の i-GaInAsP 光閉じ込め層(OCL)から構成される活性層、および 50 nm の i-InP 表面保護層からなる 220 nm の薄膜構造を初期成長基板として用意した。

次に SiO₂ (50 nm) を堆積し、幅 13 μm、長さ 10~300 μm の島状マスクを形成した後、CH₄/H₂ 反応性イオンエッチングにより i-InP 層を、ウェットエッチングで下の OCL 層まで除去して下の i-InP 層を露出させた。その後、OMVPE 法を用いて i-InP バッファ層を成長温度 600 °C、成長時間 3 sec で 3 nm、i-GaInAsP 層(λ_g = 1.22 μm)を 650 °C、7 min で 155 nm、i-InP cap 層を 650 °C、1 min で 20 nm 成長した。

Fig.2 には、半導体薄膜構造にした時の Butt-Joint 結合部における結合効率とレーザ部への戻り光量の GaInAsP 膜厚依存性を示す。今回試作した構造 (GaInAsP 層厚 155 nm) では結合効率 98%、戻り光量 -42dB が見積もられた。

Fig.3 には、活性層と再成長された GaInAsP の成長界面を<011̄>方向から観察した SEM 写真を示す。この結晶方位では再成長後に成長界面に隙間を生じる傾向が強いが、今回ウェットエッチングによる 50° のメサ角度の形成と、マスク直下に 160 nm のサイドエッチングを入れることにより、Butt-Joint 結合部付近において 5 nm 以下の凹凸しかない平坦な表面を得ることに成功した。また、フォトルミネッセンス測定から Butt-Joint 結合部付近の半値幅及び発光強度は通常の成長のものと同様変わらないことが確認された。今後は Butt-Joint 再成長技術を用いて半導体薄膜 DFB レーザと GaInAsP 細線導波路の集積デバイスの作製を目指す。

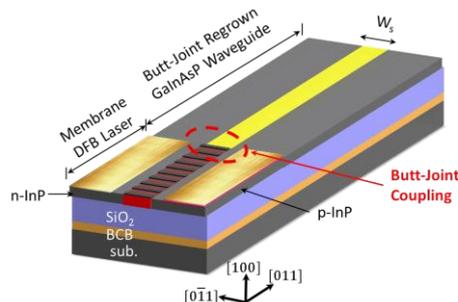


Fig.1 Schematic structure of the membrane DFB laser.

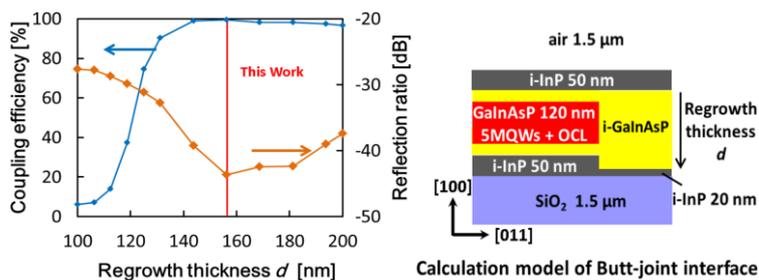


Fig. 2 Regrown GaInAsP thickness dependence of Butt-Joint coupling efficiency and reflection ratio. (Stripe width = 1 μm)

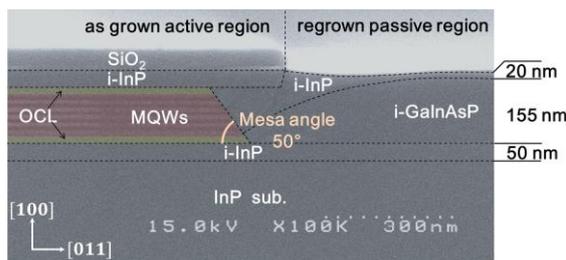


Fig. 3 SEM image of the Butt-Joint interface observed from <011̄> direction.

謝辞 本研究は JSPS 科研費(#24246061, #22360138, #21226010, #23760305, #10J08973)、総務省 SCOPE、総合科学学術会議で制度設計された 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, Th-2C*, Aug. (2012)
- [2] J.Lee, et al., *Jpn. J. App. Phys.*, **51** 042201 (2012).
- [3] Y.Yamahara et al., 2012 電子情報通信学会, C-4-15, Sep., (2012)