



「極低消費電力光回路に向けた光・電子デバイス」

(平成 19～23 年度 特別推進研究 (課題番号: 19002009))

「Si 系 LSI 内広帯域配線層の為の InP 系メンブレン光・電子デバイス」

所属 (当時)・氏名: 東京工業大学・量子ナノエレクトロニクス研究センター・教授・荒井 滋久

(現所属: 東京工業大学・科学技術創成研究院・教授)

1. 研究期間中の研究成果

本特別推進研究では、LSI 上の金属配線層での信号速度制限を打破する可能性のある広帯域光配線の実現を目指し、その基本要素と考えられる極低消費電力光デバイスおよび超高速電子デバイスの研究を行った。

極低消費電力光源として、考案した厚さ 200-300 nm の半導体薄膜(メンブレン)構造レーザの室温連続動作を実現し、通常のレーザと同等の内部量子効率 70% を達成した。

LSI チップ間のテラヘルツ無線通信用超小型光源として、共鳴トンネルダイオード(RTD)の高性能化を行い、電子デバイスでは初めての 1 THz を超える室温発振に成功した。

InP 系 MOSFET としてソースのドーピングを成長で行うことでドレイン電圧 0.5 V において 2 mA/μm を超える高電流密度を初めて実現した。

2. 研究期間終了後の効果・効用

Si 基板上に絶縁ポリマーを介して貼り付けたメンブレン構造分布反射型(Distributed-Reflector: DR)レーザにおいて、図 1 に示すように、広帯域光配線用光源の目標性能値に迫る低い値電流 0.21 mA、高微分量子効率 32%、変調効率 12 GHz/mA^{1/2}、1 mA 動作で 15 Gbit/s の高速変調動作と、いずれもこれまでにない高性能特性が得られた。

また、図 2 に示すように、メンブレンレーザと PIN-フォトダイオードを集積した光リンクを作製し、10 Gbit/s の信号伝送を達成した。今後、低消費電力・高速伝送応用の配線用光回路だけでなく、種々の応用可能性が開くと期待される。

テラヘルツ光源に関しては、RTD の高性能化を引き続き行っており、1.92 THz の高周波発振、0.6 mW の高出力化、周波数可変機能の集積など大きな成果をあげている。現時点においても、1THz 以上の室温発振が可能な電子デバイスは RTD 以外には報告されていない。

InP 系 MOSFET で、ドレイン電圧 0.5 V での 2.4 mA/μm は最高記録のままである。現在はさらなる低電圧動作に向けて同様にソースを成長で形成する InP 系縦型トンネル FET の研究を行っている。

テラヘルツ光源の成果は多くの解説論文でとりあげられるなど、テラヘルツ分野に大きなインパクトを与え、国内外の研究機関で RTD テラヘルツ発振器の研究開発が開始される契機となった他、無線通信だけでなく、イメージングや分光分析など種々の応用への研究が始まっている。

CMOS 応用に向けた高移動度チャネル InP 系 MOSFET で、電流密度を目指す場合はソースのドーピングを成長で行うようになった。

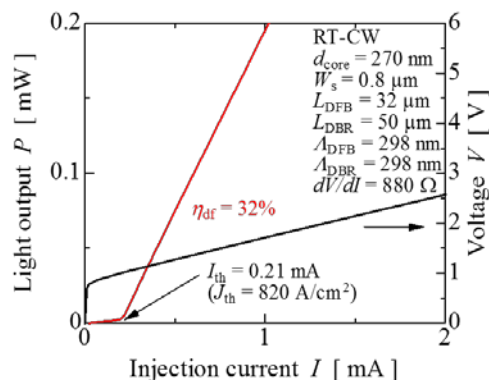


図1. メンブレン構造 DR レーザの低電流・高効動作特性

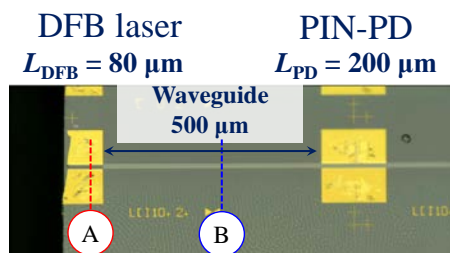


図2. メンブレン構造レーザと PIN-フォトダイオードを集積した薄膜光集積回路