プロトン注入による 3 次元的抵抗・吸収制御型高効率 VCSEL の設計

Design of 3D controlled resistance and absorption for high-efficiency VCSEL by proton implantation

東工大未来研 O(M2)坂元 駿斗, 宮本 智之

FIRST, Tokyo Tech, OHayato Sakamoto and Tomoyuki Miyamoto E-mail: sakamoto.h.ad@m.titech.ac.jp

1. はじめに

光無線給電の給電効率改善には、光源高効率化が必要である。光源は、アレイ集積可能・面状ビームの VCSEL が有望だが、既存の構造・プロセスは最適化が進み、効率改善は容易でない。そこで 3 次元的構造制御による効率改善の可能性からプロトン注入型 VCSEL を提案する (Fig.1). VCSEL の効率抑制要因の電気抵抗・光吸収はキャリア濃度に依存するがトレード・オフ関係である。プロトン注入のキャリア不活化を 3 次元的に制御し、電気抵抗・光吸収それぞれの優位領域に合わせてキャリア濃度形成して高効率化を目指している。

今回、VCSEL内の3次元的キャリア濃度変化による電気抵抗と光吸収を数値解析し、必要な構造探索を行ったので報告する.

2. キャリア濃度変化時の依存性

GaAs % 980 nm 帯 VCSEL の解析結果を Fig.2 に示す.電気抵抗は VCSEL 全構造(軸対象)の 3 次元有限要素法,光吸収は平板の伝達行列法の解析結果である. プロトン注入前(通常 VCSEL)の DBR キャリア濃度を $2\times10^{18} \text{cm}^{-3}$ とし,出射窓から目的深さ(最大 $2.5\,\mu$ m 程度)までプロトン注入してキャリア濃度を $5\times10^{16} \sim10^{18} \text{cm}^{-3}$ に変化させた場合の結果である.

キャリア濃度の影響は、 2×10^{17} cm⁻³以下では 光吸収の改善効果は小さく、電気抵抗増加が比 較的大きい.このためプロトン注入によるキャ リア濃度制御は 2×10^{17} cm⁻³以上が適当である.

3. プロトン注入位置変化時の依存性

Fig.2 から、プロトン注入深さが影響する. そこでプロトン注入を行う深さ位置範囲を変化させて解析した. Fig.3 に注入深さ範囲概略図を示す. 範囲は、①注入なし、②0-2 μ m、③0-1 μ m、④0.5-1.5 μ m、⑤1-2 μ m である.

Fig.4 に各構造の電気抵抗と光吸収の解析結果を示す. 出射窓付近に注入せず,深い位置にプロトン注入した④⑤は,通常 VCSEL①に比べて抵抗9%増/吸収28%減,抵抗30%増/吸収83%減と比較的良好な特性が期待される.

さらに、3次元的なキャリア濃度制御ができる手法を活用し、元の VCSEL (DBR) のキャリア濃度を大幅に増加して電気抵抗を低減し、光吸収はプロトン注入で抑制する構造が有望

である. DBR キャリア濃度を 2×10¹⁹cm³ とした場合, ④⑤の構造において, 先の通常 VCSEL①に比べてそれぞれ抵抗 5%増/吸収30%減,抵抗 25%増/吸収 89%減となる.

現在、実験的なプロトン注入型 VCSEL の検証を進めており、その結果も報告予定である.

謝辞:

本研究の一部は住重アテックスの援助を得た.

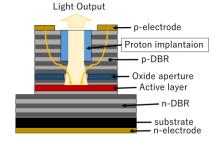


Fig.1 Schematic structure of proton implant VCSEL

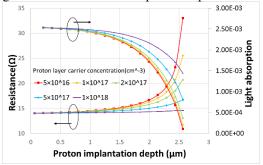


Fig.2 Resistance and absorption dependence on implantation depth and carrier density

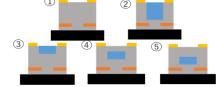


Fig.3 Imprantation range dependence

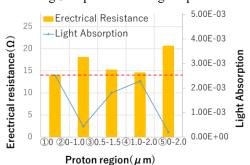


Fig.4 Result of implantation range dependence (Dashed line is normal VCSEL's characteristics