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 系 980nm 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 2×10¹⁸cm-3 と し、出射窓から目的深さ(最大 2.5µm 程度)ま でプロトン注入してキャリア濃度を 5×10¹⁶~1 ×10¹⁸cm⁻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、2×10¹⁷cm-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 2×10¹⁷cm-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、②0-2µm、③0-1μm,④0.5-1.5μm, ⑤1-2μm 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 2×10¹⁹cm-3 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. Light Output







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





0



0.00E+00