

プロトン注入による 3 次元的抵抗・吸収制御型高効率 VCSEL の評価

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

東工大未来研 [○](M2)坂元 駿斗, 宮本 智之

FIRST, Tokyo Tech, [○]Hayato 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、光源の高効率化が必要である。光源には、アレイ集積可能・面状ビームの VCSEL が有望だが、構造・プロセスの最適化が進み、効率の改善は容易でない。VCSEL の効率抑制要因はキャリア濃度に依存する電気抵抗と光吸収であるが、これらはトレード・オフ関係にある。そこで Fig. 1 に示す 3 次元的キャリア分布制御を行うプロトン注入型 VCSEL を提案している[1]。プロトン注入のキャリア不活化を、電気抵抗・光吸収それぞれの有意領域に合わせて 3 次元的に制御して高効率化を目指している。

今回、プロトン注入型 VCSEL を実際に製作し、特性評価を行ったので報告する。

2. 製作デバイスの概要

デバイスは、一般的な VCSEL ウェハを用い、メサ高さ 3.45 μm 、メサ直径 30 μm 、出射窓径 15 μm 、選択酸化アパーチャ径 10 μm とした。今回、プロトン注入型 VCSEL の特性評価のため、3 つのデバイスを製作した。A) プロトン注入なし、B) プロトン注入低濃度、C) プロトン注入高濃度である。酸化狭窄層の上方の活性領域直上にプロトンを注入している。プロトン注入分布の深さ方向の半値全幅は 0.33 μm 程度である。なお、注入量高の C) は完全絶縁、低の B) は電気伝導度が残るプロトン注入条件とした。

3. プロトン注入型 VCSEL の評価

製作した VCSEL の室温 cw における典型的な I-V 特性を Fig. 2 に示す。微分抵抗 (I-V 特性の傾き) は、プロトン注入量の増加に従い増加する傾向であった。

典型的な I-L 特性を Fig. 3 に示す。プロトン注入なしの A) に比べて、電気伝導度を残した B) のスロープ効率と最高出力が向上した。一方で完全絶縁条件の C) は、発振は確認できたが、スロープ効率と最高出力は低くなった。これは、抵抗の増大に加えて、過剰なプロトン注入によるデバイスへのダメージが影響したと考えている。なお、前回報告したように[1]、高効率デバイスには、B) に相当する電気伝導度を残す構造が適すると考えている。ピーク効率は、それぞれ A) 15.2%, B) 19.4%, C) 5.9% であった。

Fig. 2, 3 の結果から B) は A) に比べて、プロ

トン注入により抵抗値は増加したものの、光吸収が抑制され、総合的に特性 (スロープ効率, ピーク出力, 効率) が向上したと考えている。本手法向けに VCSEL ウェハを最適化することでより高特性が期待できる。

謝辞:

本研究の一部は住重アテックス, ツルギフォトリクス財団, および, NEDO 「モビリティへの移動中給電用光無線給電の技術ポテンシャル・技術課題調査」の援助により実施された。

参考文献:

[1] 坂元, 宮本, 応物 2019 秋, 20p-E204-4.

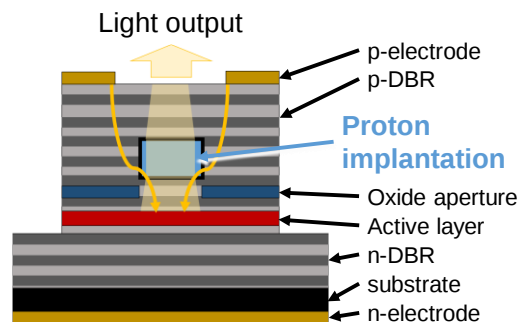


Fig. 1 Schematic structure of proton implantation VCSEL

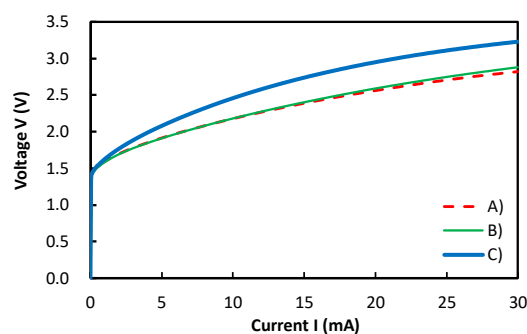


Fig. 2 I-V characteristics of fabricated VCSELs

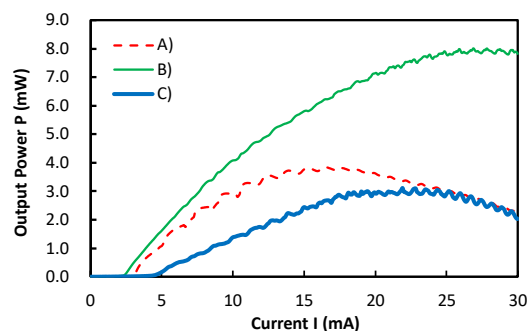


Fig. 3 I-L characteristics of fabricated VCSELs