

光無線給電高効率化のための自然放出光利用 VCSEL の数値解析

Numerical simulation of VCSEL using spontaneous emission

for high-efficiency optical wireless power transmission

東工大未来研 [○]須田 義久, 宮本 智之

FIRST, Tokyo Institute of Technology, [○]Yoshihisa Suda, Tomoyuki Miyamoto

E-mail: suda.y.ab@m.titech.ac.jp

【背景】光無線給電は、小型・大電力・遠距離・エネルギー漏洩抑制の利点があり、無線給電システムの利用拡大に有効である[1]。実現上の重要課題はシステム高効率化である。光源の半導体レーザ(LD)効率はこれまでに十分高効率化されてきたが、いっそうの高効率化が必要である。

本研究は、光無線給電用レーザの電力変換効率増加手法として、レーザ光に加え自然放出光を併用することを提案している。長距離応用には課題があるが、比較的短距離の高効率化に有効と考えている。前回の報告で、自然放出光の併用により、効率増加が期待できること、光取出しに課題があることを報告した[2]。今回は、自然放出光の光取出し効率の数値解析を行ったので報告する。

【解析モデル】光源に2次元アレイ化可能な面発光レーザ(VCSEL)を想定している。前回報告では、自然放出光利用に向けて、1) 既存 VCSEL は、レーザ光出射窓以外は電極で覆っているため、出射窓拡張(電極範囲を制限)による自然放出光取出し効率化、2) LED で利用される全反射抑制用表面微細パターン形成による取出し効率化の適用可能性を提案した。今回、これらの効果を2次元FDTD法で数値解析した。

解析構造は、表面出射型GaAs VCSELで、波長1μm、メサ幅15μm、酸化アパーチャ幅5μmにおいて、活性層の5μm範囲に点光源を11点均等に配置して解析した。自然放出光解析のため、3つの偏光を考慮した33条件の解析の強度分布の和として解析した。

【解析結果と考察】Fig.1に出射窓幅に対する光取出し効率を示す。出射窓拡張で2倍以上まで光取出し効率を増加することが確認できる。なお、出射窓幅をほぼメサ幅(メサ幅-2μm)とした時のメサ幅に対する光取出し効率は、メサ幅が30μm程度までは増加するが、それ以上は飽和する。これは、半導体の屈折率が高いために全反射が制限するためである。

次に、メサ幅15μm、出射窓幅13μm、アレイピッチ30μmとし、1) 通常構造、2) 出射窓内の中心5μm幅以外に全反射抑制用の凹凸構造(ピッチ0.29μm、45°の三角形形状)を設けた構造、3) メサ側面とポリマー上の金属電極を除き、メサ上部のみに金属電極がある構造、4) 3)の構造に2)の全反射抑制用の凹凸構造を設けた構造、の

光取出し効率の解析を行った。Fig.2に1)と3)の構造図を示す。結果をTable 1に示す。1)に対し2)3)4)どの場合も光取出し効率が大きく向上する。なお、今回の解析では、基板側へ向かう光は考慮できていないため、実際の取出し効率はさらに増加可能と考えている。

【まとめ】VCSELの自然放出光取出し効率のFDTDによる数値解析を行い、出射窓拡大・メサ径拡大・表面微細パターン導入・メサ側面金属の除去が自然放出光併用型VCSELにおける光取出し効率向上に有効であることを示した。

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス」(管理法人：(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO))によって実施された。

【参考文献】 [1] 光無線給電検討会，<http://vcsel-www.pi.titech.ac.jp/owpt>. [2] 須田,宮本, 応物 2016 年秋, 16p-A35-3.

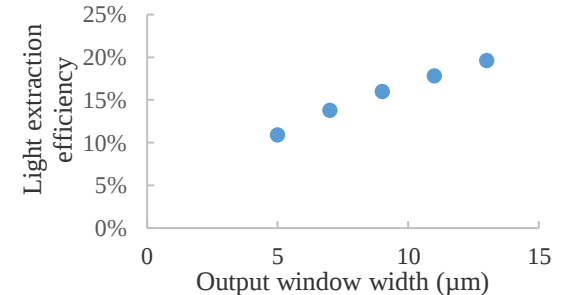
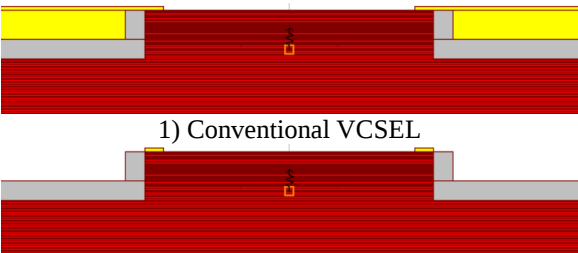


Fig. 1 Light extraction efficiency dependence on output window width.



3) VCSEL without metal on mesa-side
Fig. 2 VCSEL structures for numerical simulation

Table 1			
	Fine surface pattern	Metal on mesa-side	Light extraction efficiency
1)	without	with	20.4%
2)	with	with	27.0%
3)	without	without	35.4%
4)	with	without	39.7%